

电子电路识图技巧

孙余凯 吴鸣山 项绮明 等编著

电气电路 快速识图技巧

- 电气控制电路识图知识纵横
- 生产机械、机床和机电产品电路识图技巧
- 电力系统输配电和低压电路识图技巧
- 电气仪表、灯光照明和电气保护电路识图技巧



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

电子电路识图技巧

电气电路 快速识图技巧

打造电气电路识图的全擎风暴

名师讲解 轻松入门
稳步突破 快速提高



天启

<http://www.tqxbook.com>

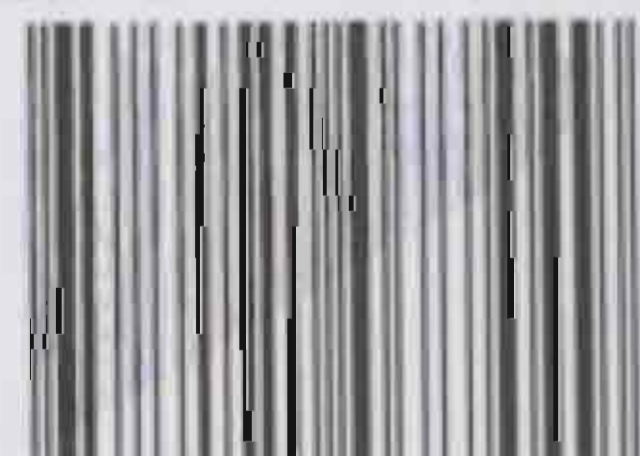


责任编辑：谭佩香 徐子湖

责任美编：刘晓磊

本书贴有激光防伪标志，凡没有防伪标志者，属盗版图书。

ISBN 978-7-121-07744-9



9 787121 077449 >

定价：33.00元

内容提要

电子电路识图技巧

电气电路快速识图技巧

赵立国 Anndy

孙余凯 吴鸣山 项绮明 等编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书从初学者的角度出发,首先介绍电气电路快速识图必备的基础知识及电气控制电路的图形符号、文字符号、电气图类型,以及学看电气电路图的要领、快速读识电气电路图的基本方法与步骤;然后以各种常见电气电路图为例,详细介绍了机械、生产机床和机电产品电气控制单元电路、电力网、变配电和低压电路、电气仪表电路、灯光照明、电气保护,以及其他电路的快速识图方法和分析技巧。

本书识图示例中的实用电路设计新颖、结构合理、性能优良、实用性强,既可以独立研读,又可组合应用,或稍加修改为即可完成新产品设计,使所设计的电气产品性能达到最佳效果。基础知识部分通俗易懂,可作为中等电气技术职业学校和相关专业学校(机电一体化院校等)教材,也可作为电气技术企业在岗或下岗人员培训教材,还可供电气控制产品开发的技术人员和广大电气技术爱好者学习参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电气电路快速识图技巧 / 孙余凯等编著. —北京: 电子工业出版社, 2009.1
(电子电路识图技巧)
ISBN 978-7-121-07744-9

I. 电… II. 孙… III. 电路图—识图法 IV. TM02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 177425 号

责任编辑: 谭佩香 徐子湖

印 刷: 北京市天竺颖华印刷厂

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 19.5 字数: 475 千字

印 次: 2009 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 5000 册 定价: 33.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前言

随着我国现代化建设事业的不断发展,各部门、各行业从事电气工作的人员迅速增加,尤其以青年就业者居多,他们急需学习电气控制技术。为此,我们编写了这本融实用性、启发性、资料性于一体的入门类通俗读物。

本书是以初级电气人员为对象,重点选编了最基本、最常用、最新颖的电气电路为识图对象。由于各种复杂的电气控制电路,都是由基本单元电路典型应用方式根据实际需要经过参数重新配置,电路重新组合(指不同应用方式典型应用电路之间、典型应用电路与其他类型单元电路之间等)并进行电路扩展后得到的。因此,各种电气电路的基本典型应用方式是各种专用电气电路的基础,无论是产品设计、产品开发,还是产品维修,都离不开电气电路最基本的典型应用方式。

本书正是从这些最基本的电气电路的典型应用入手,详细介绍了其应用特点、工作原理以及识图方法,书中所提供的典型应用电路具有新颖、实用的特点,通过简明扼要地讲述它们的工作原理、电路功能,读图的切入点以及应用中注意事项,使读者一看就懂、一学就会,为读者应用这些电路提供了方便。

本书共分为6章,各章分类明确,每一章介绍一个专题,解剖一种或两种类型的电路,便于查找与应用。

第1章介绍了读识电气电路图必须具备的基础知识。在这一章里,首先,介绍电气电路中常用的图形符号,然后,介绍电子控制电路中的文字符号与其他符号,最后,介绍电气电路图的类型与特点,以及读识电气电路图的一般方法与步骤。

第2~6章分别介绍各种类型电气电路的识图技巧,包括:常用生产机械电气控制单元电路、机床和机电产品电路、电力系统输配电和低压电路、电气仪表电路、灯光照明和电气保护电路。

本书在编排上,从基础知识入手,以讲解识图为基点,然后逐步深入介绍典型应用,最后介绍实用电路的识图,使读者能尽快掌握电气电路的识图技巧与应用技术,进而熟练地读懂各种复杂电气电路构成的电气产品电路图。

本书所选题材,内容由浅入深。由于现今的电气电路与电子技术结合的越来越紧密,故本书除以电气电路为识图对象外,还选用了一些电气与电子技术结合在一起的各种实用

电路，选入了一少部分为扩大青年电气技术视野和丰富实用技术知识的电路作为读图的对象。这样做的目的，兼顾了不同层次读者的需求，既适用于初学电气技术的读者，对于其他层次的电气技术人员，也可以通过阅读本书，不断提高技术水平。因为这些读图示例所举的实用电路的应用方式、设计理念，能使国内的电气电路设计者拓展思路，并能更好地应用于自己的新产品的设计中。

本书的特点，一是实用性强，所选用的示例实用电路，绝大多数是实际工作中遇到的；二是条理清楚，内容充实，文字简炼，通俗易懂。

为了便于传授和识图，并与实际电路接轨，对原机型的电路图中不符合国家标准的图形及符号未作修改，以使学习者能在原电路板上准确找到相对应的元器件。在此，特别加以说明。

本书由孙余凯、吴鸣山、项绮明统稿，参加本书编写的人员还有：胡家珍、孙余正、张书杰、吴永平、王燕芳、孙余贵、许风生、陈帆、孙静、周志平、陈芳、徐绍贤、吕颖生、金宜全、吕晨、项宏宇、孙庆华、刘英、王五春、孙莹等。

本书在编写过程中，参考了大量的国内外有关电气技术方面的期刊、书籍资料，以及张建明、沈桂明、许永才、张彪、李定宣、周兴华等同志的文章资料，在此一并向有关作者深表谢意！

由于编者水平有限，书中难免会有不妥之处，恳请专家和读者在使用本书时批评指正。

编著者

2008年11月

目 录

第 1 章 电气电路快速识图的必备知识	1
1.1 电气电路常用的文字符号	1
1.1.1 文字符号的类型	1
1.1.2 文字符号的选用	8
1.1.3 电气仪表常用文字符号	9
1.1.4 电力图中回路编号	11
1.2 电气电路常用的图形符号	12
1.2.1 图形符号的基本概念	12
1.2.2 电气电路图常用图形符号	16
1.3 接线端子与特定导线的标记代号	39
1.3.1 标记代号	39
1.3.2 颜色标记的代号	40
1.4 电气图的类型与特点	41
1.4.1 线路与电路的基本概念	41
1.4.2 电气图的分类	41
1.4.3 电气图的表达方式	42
1.4.4 概略图	43
1.4.5 电路图	45
1.4.6 安装接线图和接线表	49
1.5 电气图的组成与读识技巧	50
1.5.1 电气图的组成	50
1.5.2 读识电气图须知	51
1.5.3 快速读识电气电路图的基本方法	52
1.5.4 快速读识电气电路图的基本步骤	53
第 2 章 常用生产机械电气控制单元电路识图技巧	55
2.1 读识电气控制单元电路的方法与步骤	55

2.1.1	电气控制电路图的组成.....	55
2.1.2	电气控制电路原理读识.....	55
2.2	读识三相电动机全压控制电路.....	62
2.2.1	读识刀开关控制电路.....	62
2.2.2	读识按钮开关式电动机点动控制电路.....	62
2.2.3	读识两只接触器式电动机正、反向点动控制电路.....	63
2.2.4	读识由一只交流接触器构成的具有自锁和过载保护的电动机正转控制电路.....	64
2.2.5	读识一只接触器式具有过载保护的电动机正转控制电路.....	65
2.2.6	读识无辅助触点交流接触器式电动机正转控制电路.....	66
2.2.7	读识交流接触器式电动机点动、联动正转控制电路.....	66
2.2.8	读识交流接触器联锁式电动机正、反转控制电路.....	67
2.2.9	读识联锁按钮开关式电动机正、反转控制电路.....	68
2.2.10	读识按钮与接触器联锁式电动机正、反转控制电路.....	70
2.2.11	读识两只交流接触器式电动机点动、联动正、反转控制电路.....	70
2.2.12	读识两只交流接触器式电动机联锁控制电路.....	71
2.2.13	读识两只交流接触器式电动机自动往返控制电路.....	72
2.2.14	读识两只交流接触器式电动机间歇工作控制电路.....	74
2.2.15	读识两只继电器式单线远程电动机控制电路.....	75
2.2.16	读识一只交流接触器式三地控制电动机电路.....	76
2.3	读识三相电动机降压启动控制电路.....	77
2.3.1	读识频敏变阻器式电动机启动控制电路.....	77
2.3.2	读识3只电阻式电动机减压启动控制电路.....	80
2.3.3	读识时间继电器式电动机自耦变压器启动控制电路.....	81
2.3.4	读识电阻绕线式异步电动机启动控制电路.....	82
2.3.5	读识具有启动KY主触头粘连保护装置式电动机Y- Δ 启动控制电路.....	83
2.3.6	读识延时带直流能耗制动的Y- Δ 启动的控制电路.....	84
2.3.7	读识3只交流接触器式延边三角形启动控制电路.....	86
2.3.8	读识双速异步电动机从 Δ 形启动到Y-Y运转的控制电路.....	87
2.4	读识三相电动机变速控制电路.....	88
2.4.1	读识三速异步电动机启动和自动加速控制电路.....	89
2.4.2	读识3只交流接触器式三速异步电动机启动及加速控制电路.....	90
2.4.3	读识电源变压器式电动机能耗制动控制电路.....	91
2.4.4	读识两只电阻式电动机不对称反接制动控制电路.....	92
2.4.5	读识3只交流接触器式电动机降压启动和反接制动控制电路.....	93

2.4.6	读识一只交流接触器式电动机短接制动控制电路	94
2.4.7	读识 RC 并联电路式异步电动机自励发电-短接制动控制电路	95
2.4.8	读识交流接触器式电动机抱闸式制动控制电路	97
2.4.9	读识电容和电阻式电动机电磁制动控制电路	98
2.4.10	读识一只二极管式电动机能耗制动控制电路	99
2.4.11	读识两只二极管式电动机能耗制动控制电路	100
2.5	读识三相电动机保护电路	102
2.5.1	读识电流互感器式三相电动机保护电路	102
2.5.2	读识光电耦合器式三相电动机缺相保护电路	103
2.5.3	读识漏电继电器式三相电动机保护电路	105
2.5.4	读识单相晶闸管式记忆型缺相指示电路	106
2.5.5	读识中间继电器式三相电动机缺相保护电路	107
2.5.6	读识直流灵敏继电器式三角形接法电动机缺相保护电路	108
2.5.7	读识用检测电流变化进行断相保护的电动机电路	109
2.5.8	读识直流灵敏继电器式星形接法电动机缺相保护电路	110
2.5.9	读识互感器式三相电动机断相保护电路	112
2.5.10	读识交流接触器式三相电动机缺相自动保护控制电路	113
2.6	读识由供水、断水、喷水控制电路	114
2.6.1	读识由 CD4013 构成的水箱水位检测遥控接收电路	114
2.6.2	读识由 CD4093 构成的水箱水位检测遥控发送电路	115
2.6.3	读识由 LM324 构成的具有缺相保护功能的蓄水池自动供水电路	117
2.6.4	读识由 NE555 构成的自动洗手控制电路	119
2.6.5	读识由 4 只晶体管组成的自动抽水电路	119
2.6.6	读识由 555 时基电路构成的红外线水龙头自动控制电路	121
2.6.7	读识振荡检测式自动浇灌控制电路	122
2.6.8	读识由时间继电器组成的苗圃自动喷洒控制电路	123
2.6.9	读识由 CC4093B 构成的水泵自动控制电路	125
第 3 章 机床和机电产品电路识图技巧		127
3.1	读识生产机床电气控制电路图的方法与步骤	127
3.1.1	机床电气控制电路的特点	127
3.1.2	机床电气控制接线图的特点	129
3.1.3	机床电气控制电路识图要领	129
3.2	读识钻床电气控制电路	132

40	3.2.1	读识 Z3040 型摇臂钻床电气控制电路	132
20	3.2.2	读识 Z3040 型摇臂钻床工作原理	134
70	3.3	读识车床电气控制电路	136
80	3.3.1	读识 C6150A 型车床电气控制电路	136
00	3.3.2	读识 C6150A 型车床工作原理	136
001	3.4	读识磨床电气控制电路	140
501	3.4.1	读识 M7475B 型圆台平面磨床电气控制电路	140
500	3.4.2	读识 M7475B 型圆台平面磨床工作原理	140
601	3.5	读识万能铣床控制电路	148
201	3.5.1	读识 X62W 型万能铣床电气控制电路	149
401	3.5.2	读识 X62W 型万能铣床工作原理	149
501	3.6	读识卧式镗床控制电路	154
801	3.6.1	读识 T68 型卧式镗床电气控制电路指导	155
901	3.6.2	读识 T68 型卧式镗床工作原理	156
011	3.7	读识滚齿机控制电路	158
511	3.7.1	读识 Y3150 型滚齿机电气控制电路	158
611	3.7.2	读识 Y3150 型滚齿机工作原理	159
411	3.8	读识龙门刨床横梁夹紧机械控制电路	159
411	3.8.1	读识龙门刨床横梁夹紧机械控制电路	159
211	3.8.2	读识龙门刨床横梁夹紧机械控制电路工作原理	160
511	3.9	读识行车控制电路	161
911	3.9.1	读识行车电气控制电路	161
411	3.9.2	读识行车电气控制电路工作原理	162
151	3.10	读识等离子切割机电气控制电路	162
551	3.10.1	读识 LGK8—63 型等离子切割机电气控制电路	163
651	3.10.2	读识 LGK8—63 型等离子切割机工作原理	163
251	3.11	读识混凝土搅拌机电气控制电路	164
751	3.11.1	读识锥型 JZ350A 型混凝土搅拌机电气控制电路	164
	3.11.2	读识锥型 JZ350A 型混凝土搅拌工作原理	165
521	3.12	读识电焊机电气控制电路	166
751	3.12.1	读识交流电焊机常用电路	167
951	3.12.2	读识交直流两用弧焊机电路	167
051	3.12.3	读识双向晶闸管节能式交流电焊机电路	169
551	3.2.4	读识单时基电路节能式交流电焊机电气控制电路	170

302	3.12.5	读识双时基电路节能式交流电焊机电路.....	171
012	3.12.6	读识晶闸管与时基电路混合节能式交流电焊机电路.....	173
012	3.13	读识塑料封口机控制电路.....	175
012	3.13.1	读识单晶闸管式塑料封口机控制电路.....	175
012	3.13.2	读识晶体管式塑料封口机控制电路.....	176
012	3.13.3	读识时基电路式塑料封口机控制电路.....	178
	第4章	电力系统输配电和低压电路识图技巧.....	179
012	4.1	读识电力网、变配电电路的方法与步骤.....	179
	4.1.1	电力系统电路图类型.....	180
012	4.1.2	读识电力网、变配电电路图要领.....	181
012	4.2	读识变电、配电系统电路.....	186
012	4.2.1	读识变电主接线电路.....	186
012	4.2.2	读识配电接线电路.....	188
012	4.2.3	读识小型变电所配电系统电路.....	190
012	4.2.4	读识架空线路单回路树干式高压配电供电系统电路.....	191
012	4.2.5	读识架空线路单侧双回路供电系统电路.....	192
012	4.3	读识交流并网控制电路.....	192
012	4.3.1	读识光耦合器式交流并网控制电路.....	192
012	4.3.2	读识双运算放大器式交流并网控制电路.....	194
012	4.4	读识无功功率补偿电路.....	195
012	4.4.1	读识6~10 kV 高压母线无功功率补偿电路.....	195
012	4.4.2	读识低压配电线路分组补偿电容器电路.....	196
012	4.4.3	读识低压配电变压器无功补偿电容器自动切换电路.....	196
012	4.5	读识三相电源相序指示、校正电路.....	199
012	4.5.1	读识发光二极管式三相电源断相指示电路.....	199
012	4.5.2	读识电力变压器断相声光报警电路.....	199
012	4.5.3	读识一只晶体管式三相交流电源相序检测电路.....	199
012	4.5.4	读识相序保护器式电源相序自动调控保护电路.....	200
012	4.5.5	读识双J-K 主从触发器式三相交流电相序校正电路.....	202
012	4.5.6	读识单向晶闸管式三相电源相序指示和控制电路.....	205
012	4.6	读识单相电源指示、校正电路.....	207
012	4.6.1	读识一只继电器式防市电极性接反电路.....	207
012	4.6.2	读识交流接触器式单相相线与零线接错切换电路.....	208

4.6.3	读识光敏电阻式电源火线、地线自动校正电路.....	208
4.6.4	读识三只晶体管式交流火线校正电路.....	210
4.7	读识其他低压电路.....	211
4.7.1	读识保险管熔断指示电路.....	211
4.7.2	读识电力变压器自动降温控制电路.....	212
4.7.3	读识低压配电室用万能式断路器及其自动合闸电路.....	213
4.7.4	读识压电陶瓷元器件式电力线传输防盗报警电路.....	214
4.7.5	读识数字集成电路式电源线断点检测电路.....	215
第 5 章 电气仪表电路识图技巧		217
5.1	读识电气仪表电路的方法与步骤.....	217
5.2	读识测电笔电路.....	218
5.2.1	读识声、光提示式多功能测电笔电路.....	218
5.2.2	读识蜂鸣器集成电路感应式测电笔电路.....	219
5.2.3	读识发光二极管指示式测电笔电路.....	220
5.3	读识电度表电路.....	221
5.3.1	读识具有节能功能的单相电度表电路.....	221
5.3.2	读识单相顺入式电度表电路.....	222
5.3.3	读识单相跳入式电度表电路.....	223
5.3.4	读识带互感器式电度表电路.....	224
5.3.5	读识三相三线 60° 无功电度表电路图.....	225
5.3.6	读识三相三线制电度表电路图.....	225
5.3.7	读识三相四线制电度表电路图.....	226
5.4	读识功率表电路.....	227
5.4.1	读识单相功率表测量单相交流电的电路.....	227
5.4.2	读识单相功率表测量三相四线制电源功率电路.....	227
5.4.3	读识单相功率表测量三相三线制电源功率电路.....	228
5.4.4	读识三相功率表测量三相电路功率电路.....	228
5.5	读识兆欧表电路.....	229
5.5.1	读识单时基式兆欧表电路.....	229
5.5.2	读识数字触发器式兆欧表电路.....	230
5.5.3	读识机械手摇式兆欧表电路.....	232
5.6	读识钳形表电路.....	233
5.6.1	读识 MG41—VAW 型钳形三用表电路.....	233

5.6.2	读识 MG28 型多用钳形表电路	235
5.6.3	读识 MG31—2 交流钳形表电路	236
5.7	读识电流表电路	236
5.7.1	读识直流电流表常用接线电路	236
5.7.2	读识交流电流表常用接线电路	237
5.7.3	读识三相交流电流表测量常用接线电路	237
5.7.4	读识监视电动机运行的电流表切换电路	238
5.8	读识电压表电路	239
5.8.1	读识交流/直流两用电压表测量三相交流电压电路	239
5.8.2	读识交流/直流两用电压表测量单相交流电压电路	240
5.8.3	读识直流电压表常用接线电路	240
5.8.4	读识运算放大器式自动换挡电压表电路	240
5.9	读识模拟式万用表电路	242
5.9.1	读识 MF500 型万用表电气电路	242
5.9.2	读识 MF—47 型万用表电气电路	249
5.10	读识数字万用表电路	251
5.10.1	读识数字万用表 A/D 转换电路	251
5.10.2	读识数字式万用表 AC/DC 自动转换电路	254
5.10.3	读识数字式万用表交流电压挡电路	255
5.10.4	读识数字式万用表直流电压挡电路	256
5.10.5	读识数字式万用表自动关机电路	257
5.10.6	读识数字式万用表测温电路	258
5.10.7	读识数字式万用表电容测量电路	259
第 6 章	灯光照明和电气保护电路识图技巧	263
6.1	读识声控照明灯电路	263
6.1.1	读识由 5G167 构成的声控多功能彩灯控制电路	263
6.1.2	读识由 LC182 构成的声控多路灯光控制电路	264
6.1.3	读识时基式声控照明电路	265
6.1.4	读识晶闸管式声控照明灯电路	266
6.1.5	读识双功率放大式声控照明灯电路	267
6.2	读识光控照明灯电路	268
6.2.1	读识时基电路 CB555 构成的光控调光灯电路	268
6.2.2	读识 LM339 构成的多功能光控照明灯电路	269

6.2.3	读识受光控制的继电器式照明灯电路	271
6.2.4	读识光电池式光触发照明灯电路	271
6.2.5	读识无触点的光控照明灯电路	272
6.2.6	读识 CD4066 式光控触摸自动延时照明灯电路	273
6.3	读识声与光复合控制照明灯电路	274
6.3.1	读识 555 时基电路式声光控台灯电路	274
6.3.2	读识 CD4011B 式声光控触摸延时节电照明电路	276
6.3.3	读识 CC4011 式声光控照明灯自动控制电路	277
6.3.4	读识延迟熄灭式光敏声控照明电路	278
6.3.5	读识压电声光控延时照明电路	280
6.3.6	读识 TC4011BP 式光声控照明电路	281
6.4	读识电子节能灯电路	282
6.4.1	读识 ESL—13U 型双 U 形节能灯电路	282
6.4.2	读识绿世界牌节能灯电路	283
6.4.3	读识 DFZ 型节能灯电路	285
6.4.4	读识 SYZ—40 II 型节能灯电路	286
6.5	读识漏电保护电路	287
6.5.1	读识 GB—2 型漏电保护器电路	287
6.5.2	读识信协牌 DZL18—20 型漏电保护器电路	289
6.5.3	读识 DBK2—10A 型漏电保护器电路	291
6.5.4	读识 SG201 型漏电保护器电路	292
6.5.5	读识 JLB—10G 型漏电保护器电路	294
6.5.6	读识 LBK32—30 型漏电保护器电路	294
6.5.7	读识 DBQ—1 型漏电保护器电路	295
6.5.8	读识 YSDH2 型漏电保护器电路	296
6.5.9	读识江南牌 LBK15—30 型漏电保护器电路	297
6.5.10	读识 KY01A 型漏电保护器电路	298
参考文献		300

第 1 章 电气电路快速识图的必备知识

电气电路图简称电气电路或电气线路，是进行技术交流不可缺少的手段。

电气电路图是一种用各种电气符号、图线来表示电气系统中相关电气装置、设备、元器件之间的连接关系，并用其阐述电气产品的原理、构成、功能，以及指导电气设备与电路的安装、接线、运行、维护、管理的工程语言。

电气电路图主要由各种单元电路组成，各单元电路又由各种元器件或零部件根据不同功能的需要组合而成的。因此，要做到会看图和看懂图，首先，要掌握看电气电路图的基本知识，也就是要充分了解电气电路图的构成、种类、特点，以及在工程中的作用，认识电气电路的图形符号、文字符号及其含义，了解绘制电气电路图的一些规定与看图的基本方法、步骤，为看懂整张电气电路图打下基础。

1.1 电气电路常用的文字符号

文字符号是用来表示电气设备、电气线路、电气装置的名称、状态、特征和功能的一种字符代码。

1.1.1 文字符号的类型

电气设备常用的文字符号分为基本文字符号和辅助文字符号两类。文字符号既可以是单一的字母代码或数字代码，又可以是字母与数字的组合。

1. 基本文字符号

基本文字符号用来表示电气设备、电气线路、电气装置和电气元器件的种类名称，分为单字母符号和双字母符号。

(1) 单字母符号

单字母符号按拉丁字母将各种电气设备、装置和元器件划分为 23 大类，每大类用一个专用单字母符号表示，如“C”表示电容器类，“R”表示电阻器类等，对于标准中未列入大类分类的各种电气元器件、设备，则可以用字母“E”来表示，如表 1-1 所列。

(2) 双字母符号

双字母符号由一个表示种类的单字母符号与另一字母组成，其结合形式应以单字母符号在前、另一字母在后的次序列出，如“GB”表示蓄电池，“G”为电源的单字母符号。只有当用单字母符号不能满足要求、需要将大类进一步划分时，才采用双字母符号，以便较详细和更具体地表述电气设备、装置和元器件。如“F”表示保护器件类，而“FU”表示熔断器，“FR”表示具有延时动作的限流保护器件等。按规定，双字母符号的第一位字母只允许按表 1-1 所列单字母所表示的种类使用。

电气设备常用基本文字符号如表 1-1。

表 1-1 电气线路基本文字符号的含义及其新旧对照

电气设备、装置 和元器件种类	举 例		基本文字符号		IEC	旧符号 (GB315)	
	中文名称	英文名称	单字母	双字母			
组件部件	分离元器件放大器	Amplifier using discrete components	A	—	=	FD	
	激光器	Laser					
	调节器	Regulator					
	本表其他地方未提及的 组件、部件						
	电桥	Bridge					
	晶体管放大器	Transistor amplifier				AB	DQ
	集成电路放大器	Integrated circuit amplifier				AD	BF
	磁放大器	Magnetic amplifier				AJ	—
	电子管放大器	Valve amplifier				AM	CF
	印制电路板	Printed circuit board				AV	GF
	抽屉柜	Drawer				AP	—
	支架盘	Rack				AT	—
			AR	=	—		
非电量到电量 变换或电量到 非电量变换器	热电传感器	Thermoelectric sensor	B	—	—	—	
	热电池	Thermo-cell					
	光电池	Photoelectric cell					
	测功计	Dynamometer					
	晶体换能器	Crystal transducer					
	送话器	Microphone					
	拾音器	Pick up					
	扬声器	Loudspeaker					
	耳机	Earphone					
	自整角机	Synchro					
	旋转变压器	Resolver					
	模拟和多级数字	Analogue and multiple-step					
	变换器或传感器(用做指示 和测量)	Digital transducers of sensors (as used indicating of measuring purposes)					
	压力变换器	Pressure transducer				BP	YB
	位置变换器	Position transducer				BQ	WZB
旋转变换器(测速发电机)	Rotation transducer (tachogenera-tor)	BR	(CSF)				
温度变换器	Temperature transducer	BT	WDB				
速度变换器	Velocity transducer	BV	SB, SDB				
电容器	电容器	C	—	=	C		
二进制元器件 延迟器件 存储器件	数字集成电路和器件	Digital integrated circuits and devices:	D	—	=	—	
	延迟线	Delay line					
	双稳态元器件	Bistable element					
	单稳态元器件	Monostable element					
	磁心存储器	Core storage					
	寄存器	Register					
	磁带记录机	Magnetic tape recorder					
盘式记录机	Disk recorder						

(续表)

电气设备、装置 和元器件种类	举 例		基本文字符号		IEC	旧符号 (GB315)
	中文名称	英文名称	单字母	双字母		
其他元器件	本表其他地方未规定的器件			—	=	—
	发热器件	Heating device	E	EH	=	—
	照明灯	Lamp for lighting		EL	=	ZD
	空气调节器	Ventilator		EV	=	—
保护器件	过电压放电器件避雷器	Over voltage discharge device Arrester		—	=	BL
	具有瞬时动作的 限流保护器件	Current threshold protective device with instantaneous action		FA	=	—
	具有延时动作的 限流保护器件	Current threshold protective device with time-lag action	F	FR	=	—
	具有延时和瞬时动作的限流 保护器件	Current threshold protective device with instantaneous and time-lag action		FS	=	—
	熔断器	Fuse		FU	=	RD
	限压保护器件	Voltage threshold protective device		FV	=	—
发电机 电源	旋转发电机振荡器	Rotating genetrar Oscillator		—	=	F
	发生器	Generator		GS	=	TF
	同步发电机	Synchronous generator	G	GA	=	YF
	异步发电机	Asynchronous generator		GB	=	XDC
	蓄电池	Battery		GF	=	BP
	旋转式或固定式变频器	Rotating or static frequency converter		—	=	—
信号器件	声响指示器	Acoustical indicator	H	HA	=	FM, JL LB
	光指示器	Optical indicator		HL	=	GP
	指示灯	Indicator lamp		HL	=	SD
继电器 接触器	—	—		—	=	J
	瞬时接触继电器	Instantaneous contactor relay		KA	=	—
	瞬时有或无继电器	Instantaneous all or nothing relay		KA	=	—
	交流继电器	Alternating relay		KA	=	LJ
	闭锁接触继电器(机械闭锁 或永磁铁式有或无继电器)	Latching contactor relay (all-or-nothing relay with mechanical latch or permanent magnet)	K	KL	=	—
	双稳态继电器	Bisable relay		KL	=	—
	接触器	Contactor		KM	=	C
	极化继电器	Polarized relay		KP	=	YLJ
	簧片继电器	Reed relay		KR	=	—
	延时有或无继电器	Time-delay all-or-nothing relay		KT	=	SJ
	逆流继电器	Reverse curret relay		KR	=	NLJ
电感器 电抗器	感应线圈	Induction coil	L	—	=	DQ DK
	线路陷波器	Line trap		—	=	—
	电抗器(并联和串联)	Reactors (shunt and series)		—	=	—
电动机	电动机	Motor		—	—	D
	同步电动机	Synchronous motor		MS	—	TD
	可做发电机或电动机用的 电机	Machine capable of use as a gen- Erator or motor	M	MG	—	—
	力矩电动机	Torque motor		MT	—	—

(续表)

电气设备、装置 和元器件种类	举 例		基本文字符号		IEC	旧符号 (GB315)	
	中文名称	英文名称	单字母	双字母			
模拟元器件	运算放大器	Operational amplifier	N	—	=	—	
	混合模拟/数字器件	Hybrid analogue/digital device		—			
测量设备 试验设备	指示器件	Indicating devices	P	—	=	CB	
	记录器件	Recording devices		—			
	积算测量器件	Integrating measuring devices		—			
	信号发生器	Signal generator		—	—	—	—
	电流表	Ammeter		PA	=	A	
	(脉冲)计数器	(Pulse) Counter		PC	=	IS	
	电度表	Watt hour meter		PJ	=	—	
	记录仪器	Recording instrument		PS	=	—	
	时钟、操作时间表	Clock, Operating time meter		PT	=	—	
电力电路的开关器件	电压表	Voltmeter	PV	=	V		
	断路器	Circuit-breaker	Q	QF	=	DL, ZK	
	电动机保护开关	Motor protection switch		QM	=	—	
隔离开关	Disconnecter (isolator)	QS		=	GK		
电阻器	电阻器	Resistor	R	—	=	R	
	变阻器	Rheostat		—			
	电位器	Potentiometer		RP	=	W	
	测量分路表	Measuring shunt		RS	=	FL	
	热敏电阻器	Resistor with inherent variability Dependent on the temperature		RT	=	—	
	压敏电阻器	Resistor with inherent variability Dependet on the voltage		RV	=	—	
控制、记忆、信号电路的开关器件选择器	拨号接触器	Dial contact	S	—	=	—	
	连接级	Connecting stage		—			
	控制开关	Control switch		SA	=	KK	
	选择开关	Selector switch		SA	=	—	
	按钮开关	Push-button		SB	=	AN	
	机电式有或无传感器 (单级数字传感器)	All-or-nothing sensors of mechanical and electronic nature (one-step digital sensors)		—	—	—	
	液体标高传感器	Liquid level sensor		SL	=	—	
	压力传感器	Pressure sensor		SP	=	—	
	位置传感器(包括接近传感器)	Position sensor (including proximity-sensor)		SQ	=	ZDK, ZK XWK, XK	
变压器	转数传感器	Rotation sensor	SR	=	—		
	温度传感器	Temperature sensor	ST	=	—		
	电流互感器	Current transformer	T	TA	=	LH	
	控制电路电源用变压器	Transformer for control circuit supply		TC	=	KB	
	电力变压器	Power transformer		TM	=	LB	
磁稳压器	Magnetic stabilizer	TS		=	WY		
电压互感器	Voltage transformer	TV		=	YH		



(续表)

电气设备、装置 和元器件种类	举 例		基本文字符号		IEC	旧符号 (GB315)	
	中文名称	英文名称	单字母	双字母			
调制器 变换器	鉴频器	Disriminator	U	—		—	
	解调器	Demodulator				—	
	变频器	Frequency changer				—	
	编码器	Coder				BP	
	交流器	Converter				BL	
	逆变器	Inverter				ZB	
	整流器	Rectifier				ZL	
	电报译码器	Telegraph translator				—	
电子管 晶体管	气体放电管	Cas-discharge tube	V	—	=	—	
	二极管	Diode		VD		D	
	晶体管	Transistor		—		BG	
	晶闸管	Thyristor		—		—	
	电子管	Electronic tube		VE		G	
	控制电路用电源的整流器	Rectifier for control circuit supply		VC		—	
传输通道 波导天线	导线	Conductor	W	—	=	DX	
	电缆	Cable				DL	
	母线	Busbar				M	
	波导	Waveguide				—	
	波导定向耦合器	Waveguide directional couper				—	
	偶极天线	Dipole				—	
	抛物天线	Parbolic aerial				—	
端子 插头 插座	连接插头和插座	Connecting plug and socket	X	—	=	—	
	接线柱	Clip				JX	
	电缆封端和接头	Cable sealing end and joint				—	
	焊接端子板	Soldering terminal strip				—	
	连接片	Link				XB	LP
	测试插孔	Test jack				XJ	CK
	插头	Plug				XP	CT
	插座	Socket				XS	CZ
	端子板	Terminal board				XT	—
电气操作的机 械器件	气阀	Pneumatic valve	Y	—	=	—	
	电磁铁	Electromagnet		YA		DT	
	电磁制动器	Electromagnetically operated brake		YB		ZDT	
	电磁离合器	Electromagnetically operated clutch		YC		CLH	
	电磁吸盘	Magnetic chuck		YH		DX	
	电动阀	Motor operated valve		YM		—	
	电磁阀	Electromagnetically operated valve		YV		DCF	
终端设备 混合变压器 滤波器 均衡器 限幅器	电缆平铺网络	Cable balancing network	Z	—	=	—	
	压缩扩展器	Compandor				LB	
	晶体滤波器	Crysal filter				—	
	网络	Network				—	

2. 辅助文字符号

电气设备、装置和元器件的种类名称用基本文字符号表示，而它们的功能、状态和特征是用辅助文字符号来表示的。通常，辅助文字符号由表示功能状态和特征的英文单词的前一二位字母构成，也可采用常用缩略语或约定俗成的习惯用法构成，一般不能超过三个字母。例如，表示“启动”采用“START”的前两位字母“ST”作为辅助文字符号；表示“停止（STOP）”的辅助文字符号必须再加一个字母，即“STP”。

辅助文字符号也可放在表示种类的单字母符号后边组成双字母符号，如“SP”表示压力传感器，“YB”表示电磁制动器。为简化文字符号起见，若辅助文字符号由两个以上的字母组成，则允许只采用其第一位字母进行组合，如“MS”表示同步电动机等。

某些辅助文字符号本身具有独立的、确切的含义，故这类辅助文字符号也可以单独使用，如“M”表示中间线，“PE”表示保护接地，“N”表示电源的中性线，“ON”表示接通等。

电气线路图中常用的辅助文字符号含义及其新旧符号对照如表 1-2 所列。

表 1-2 电气线路图中常用的辅助文字符号含义及其新旧符号对照

序号	文字符号	名称	英文名称	IEC	旧符号(GB315)
1	A	电流	Current	—	L
2	A	模拟	Analog	—	—
3	AC	交流	Alternating current	=	JL
4	A AUT	自动	Automatic	—	Z
5	ACC	加速	Accelerating	—	—
6	ADD	附加	Add	—	F
7	ADJ	可调	Adjustability	—	—
8	AUX	辅助	Auxiliary	—	F
9	ASY	异步	Asynchronizing	—	Y
10	B BRK	制动	Braking	—	—
11	BK	黑	Black	=	—
12	BL	蓝	Blue	=	A
13	BW	向后	Backward	—	—
14	C	控制	Control	—	K
15	CW	顺时针	Clockwise	—	—
16	CCW	逆时针	Counter clockwise	—	—
17	D	延时(延迟)	Delay	—	—
18	D	差动	Differential	=	—
19	D	数字	Digital	—	—
20	D	降	Down, Lower	—	J
21	DC	直流	Direct current	=	ZL
22	DEC	减	Decrease	—	—
23	E	接地	Earthing	=	—
24	EM	紧急	Emergency	—	—
25	F	快速	Fast	—	—
26	FB	反馈	Feedback	—	—
27	FW	正, 向前	Forward	—	Z



第1章 电气电路快速识图的必备知识

(续表)

序号	文字符号	名称	英文名称	IEC	旧符号(GB315)
28	GN	绿	Green	=	L
29	H	高	High	=	G
30	IN	输入	Input	—	SR
31	IND	增	Increase	—	—
32	IND	感应	Induction	—	—
33	L	左	Left	—	—
34	L	限制	Limiting	—	—
35	L	低	Low	=	D
36	LA	闭锁	Latching	—	LS
37	M	主	Main	—	Z
38	M	中	Medium	—	Z
39	M	中间线	Mid-wire	=	—
40	M MAN	手动	Manual	—	S
41	N	中性线	Neutral	=	—
42	OFF	断开	Open,off	—	DK
43	ON	闭合	Close,on	—	BH
44	OUT	输出	Output	—	SC
45	P	压力	Pressure	—	—
46	P	保护	Protection	—	—
47	E	保护接地	Protective earthing	=	—
48	PEN	保护接地与中性线共用	Protective earthing neutral	=	—
49	PU	不接地保护	Protective unearthing	=	—
50	R	记录	Recording	—	—
51	R	右	Right	—	—
52	R	反	Reverse	—	F
53	RD	红	Red	=	H
54	R RST	复位	Reset	—	—
55	RES	备用	Reservation	=	BY
56	RUN	运转	Run	—	—
57	S	信号	Signal	—	X
58	ST	启动	Start	—	Q
59	S SET	置位, 定位	Setting	—	—
60	SAT	饱和	Saturate	—	—
61	STE	步进	Stepping	—	—
62	STP	停止	Stop	—	T
63	SYN	同步	Synchrongizing	—	T
64	T	温度	Temperature	—	—
64	T	时间	Time	—	S
66	TE	无噪声(防干扰)接地	Noiseless earthing	=	—
67	V	真空	Vacuum	—	—
68	V	速度	Velocity	—	—
69	V	电压	Voltage	—	Y
70	WH	白	White	=	B
71	YE	黄	Yellow	=	U

3. 数字代码

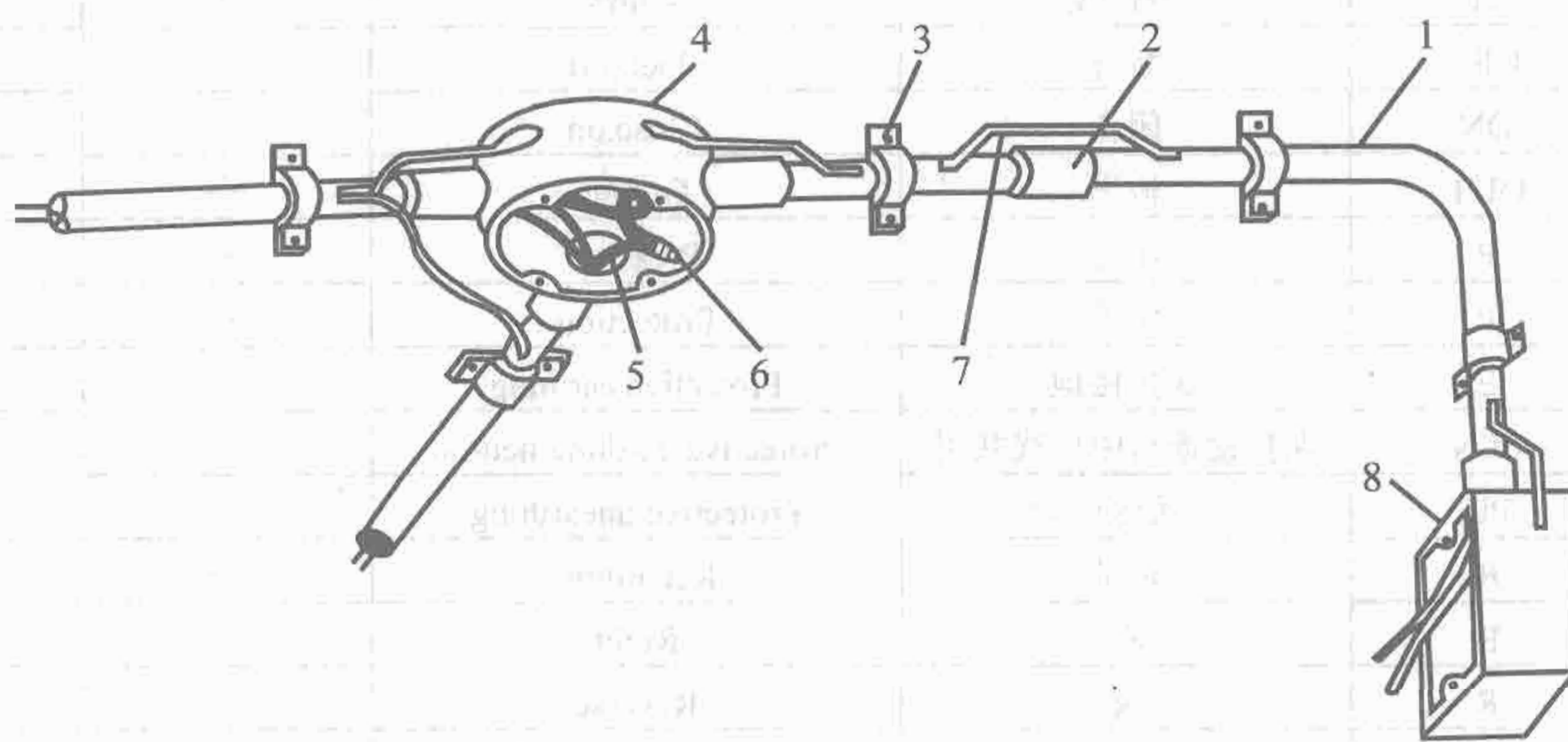
文字符号除了具有字母符号以外，还有数字代码。常用数字代码的使用方法通常有以下两种类型。

(1) 数字代码与字母符号组合使用

这种表示方法就是将数字代码与字母符号组合在一起，用于表示同一类电气设备、元器件、线路的不同编号。数字代码即可以放在电气设备、装置、电气线路或元器件的前面（例如，三个相同的变压器 1T、2T、3T，此时数字代码的大小与文字符号的大小相同），也可以放在电气设备、装置、电气线路或元器件的后面（例如，三个相同的继电器 KA1、KA2、KA3，此时的数字代码通常作为下标）。

(2) 数字代码单独使用

钢管明敷布线示意图如图 1-1 所示，数字代码单独使用时，表示各种装置、零件或元器件与种类或功能，需按序编号，并且在技术说明中应对数字代码的含义加以说明。



1—钢管；2—管箍；3—管卡；4—分线盒；
5—电线；6—线接头；7—跨接地线；8—接线盒

图 1-1 钢管明敷布线示意图

在电气线路图中，有些电气图形符号的连线外标注有数字，这些数字通常被称为线号，线号是区别电路接线的重要标志。

1.1.2 文字符号的选用

电气设计人员在设计电气图纸时，对文字符号的选用有如下规律。

1. 优选符号

在一般情况下，当编制电气线路图及电气技术文件时，应优先选用基本文字符号、辅助文字符号及它们的组合。而在基本文字符号中，通常是优先选用单字母符号。只有当单字母符号不能满足要求时，才采用双字母符号。基本文字符号不超过两位字母，辅助文字符号不超过三位字母。

2. 辅助文字符号的使用

辅助文字符号可单独使用，也可将首位字母放在表示项目种类的单字母符号后面组成双字母符号。

3. 符号的补充

当基本文字符号和辅助文字符号不够用时，可按有关电气名词术语国家标准或专业标准中规定的英文术语缩写进行补充。

4. 不允许用的文字符号

由于字母“I”、“O”容易与数字“1”、“0”相混淆，因此，通常不允许用这两个字母作为文字符号。

1.1.3 电气仪表常用文字符号

为了与国际接轨，近年来生产的电气仪表几乎都采用外文字母标示量程、功能和性能等。这类外文字母在数字式仪表上应用最多，绝大部分是英文语句或单词，甚至是缩写。例如：

- 数字万用表标示为 DIGITAL MULTIMETER，缩写为“DMM”；
- 在数字万用表大电流量程的插孔旁边标示的“MAX 10SEC”，表示此插孔做测量用，最长不能超过 10s，而且此插孔未设熔丝保护措施。

电气测量仪表常用文字符号如表 1-3 所列。

表 1-3 电气测量仪表常用文字符号

文字符号	名称	文字符号	名称
A	安培表	Hz	频率表
MA	毫安表	λ	波长表
μ A	微安表	$\cos \varphi$	功率因数表
kA	千安表	φ	相位表
Ah	安培小时表	Ω	欧姆表
V	伏特表	M Ω	兆欧表
mV	毫伏表	n	转速表
kV	千伏表	h	小时表
W	瓦特表（功率表）	θ (t°)	温度表（计）
kW	千瓦表	\pm	极性表
var	乏表（无功功率表）	ΣA	和量仪表（如电量和量表）
Wh	瓦时表（电度表）		
varh	乏时表		

指针式万用表和数字式万用表上的外文字母含义如表 1-4 和表 1-5 所列。

表 1-4 指针式万用表上的外文字母含义

外文字母(单词或语句)	中文含义	量程符号	量 程	用 途	备 注
DC	直流	DCV	直流电压	直流电压测量	用 V 或 V- 表示
		DCA	直流电流	直流电流测量	用 A 或 A- 表示
AC	交流	ACV	交流电压	交流电压测量	用 V 或 V~ 表示
		ACA	交流电流	交流电流测量	用 A 或 A~ 表示
OHM (OHMS)	欧姆	OHM (OHMS)	欧姆	元器件值测量	用 Ω 或 R 表示
BATT	电池	BATT	用以检验表内电池电压(容量)		国产 7050、7001、
GOOD	好、好的	是 BATT 量程的刻度标示。如指针指示在 GOOD 标示范围之内,表明表内电池容量充足;如指针指示在 BAD 标示范围之内,表明表内电池容量不足,应更换			7002、7004、7005、7007、M1015B 等指针式万用表设此量程
BAD	坏、坏的				
ADI	调节、校准	—	—	—	标尺在欧姆零位调节旋钮旁
OFF	关、关机	OFF	关机	有些指针式表设有此挡,当量程开关拨至此挡时,就将表头动圈短路,增大阻尼,以防震动,损坏表头	
MDOEL	型号	仪表型号			—
HEF	晶体三极管直流电流放大倍数测量插孔与挡位				—
DIOOE PROTECTION	测量机构保护				—
MADE IN CHINA	中国制造				—

表 1-5 数字式万用表上的外文字母含义

项 目	外文字母(单词或语句)	中文含义	备 注
量 程 类	RANGE	量程转换	—
	AUTO RANGE	自动量程转换	—
	MANUAL RANGE	手动量程转换	—
	AUTO/MANUAI RANGE	自动/手动量程转换	—
熔 丝 类	FUSE	熔丝	—
	FUSED	设熔丝保护	—
	UNFUSED	未设熔丝保护	—
按 键	ON/OFF	开/关	—
	HOLD	数据保持	按动此键,可使测量数据保持
	PK HOLD	峰值(数据)保持	按动此键,能自动记录测量过程中的最大数据
	DATA	数据储存	—
	COM	模拟地公共插口	—
	MAX	最大、最大值	—
	MIN	最小、最小值	—
	DOWN	由大到小	—
	UP	由小到大	—
	TEMP	温度(测量)	—
	AUTO CAL	自动校准	—
	SEC	秒	—
	EACH	每次、各自	—
	AUTP POWER OFF	自动关机	—
FUSE PROVIDED	电路熔丝保护	—	

1.1.4 电力图中回路编号

电气电力图中的回路有编号特性, 这些回路包括直流回路、交流回路与电缆数字标号组。

1. 直流回路的数字标号

电力图中直流回路的数字标号如表 1-6 所列。

表 1-6 电力图中直流回路的数字标号

回路名称	数字标号组			
	一	二	三	四
正电源回路	1	101	201	301
负电源回路	2	102	202	302
合闸回路	3~31	103~131	203~231	303~331
跳闸回路	33~49	133~149	233~249	333~349
保护回路	01~099			
发电机励磁回路	601~699			
信号及其他回路	701~999			
绿灯或合闸回路 监视继电器回路	5	105	205	305
红灯或跳闸回路 监视继电器回路	35	135	235	335
备用电源自动合闸回路	50~69	150~169	250~269	350~369
开关设备的位置信号回路	70~89	170~189	270~289	370~389
事故跳闸音响信号回路	90~99	190~199	290~299	390~399

2. 电缆数字标号组

电力图中电缆数字标号如表 1-7 所列。

表 1-7 电力图中电缆数字标号组

电缆数字标号	电缆起止点
110~110	主控制室到汽机房
111~115	主控制室到 6~10kV 配电装置
116~120	主控制室到 35kV 配电装置
121~125	主控制室到 110kV 配电装置
126~129 其中: 126	主控制室到变压器
127	控制屏到变压器端子箱
128	控制屏到变压器调压装置
	控制屏到变压器套管电流互感器
130~149 其中: 145	主控制室内屏间联系电缆
146	6~10kV 母线保护屏
147	35kV 母线保护屏
	110kV 母线保护屏
150~159	汽机间内联系电缆
160~169	35kV 配电装置内联系电缆
170~179	其他配电装置内联系电缆
180~189	110kV 配电装置内联系电缆
190~199	变压器处联系电缆

3. 交流回路的数字标号

电力图中交流回路的数字标号如表 1-8 所列。

表 1-8 电力图中交流回路的数字标号

回路名称	电压等级	回路标号组				
		A 组	B 组	C 组	中性线(N)	零序(L)
保护装置及测量 表计的电流回路	—	A401~A409	B401~B409	C401~C409	N401~N409	L401~L409
		A411~A419	B411~B419	C411~C419	N411~N419	L411~L419
		A421~A429	B421~B429	C421~C429	N421~N429	L421~L429
		A491~A499	B491~B499	C491~C499	N491~N499	L491~L499
		A501~A509	B501~B509	C501~C509	N501~N509	L501~L509
		A591~A599	B591~B599	C591~C599	N591~N599	L591~L599
保护装置及测量 表的电压回路	—	A601~A609	B601~B609	C601~C609	N601~N609	L601~L609
		A611~A619	B611~B619	C611~C619	N611~N619	L611~L619
		A621~A629	B621~B629	C621~C629	N621~N629	L621~L629
在隔离开关辅助触 点和隔离开关位置 继电器触点后的电 压回路	110kV	A710~A719	B710~B719	C710~C719	N710~N719	L(X)710~L(X)719
	220kV	A720~A729	B720~B729	C720~C729	N720~N729	L(X)720~L(X)729
	35kV	A730~A739	B730~B739	C730~C739	N730~N739	L730~L739
	6~10kV	A760~A769	B760~B769	C760~C769		
母线差动保护公用 的电流回路	110kV	A310	B310	C310	N310	
	220kV	A320	B320	C320	N320	
	35kV	A330		C330	N330	
	6~10kV	A360		C360	N360	
绝缘监察电压表 公用回路	—	A700	B700	C700	N700	
控制、保护、 信号回路	—	A1~A399	B1~B399	C1~C399	N1~N399	

1.2 电气电路常用的图形符号

电气电路的图形符号主要是用于图样或其他文件以表示一个设备或概念（如接地）的图形、标记与字符。图形符号是构成电气线路图的基本单元，是电气“工程语言”的“词汇”和“单词”。因此，希望初学者一定要熟悉它们，并牢记不忘。

1.2.1 图形符号的基本概念

图形符号一般由符号要素、一般符号、限定符号及方框符号组成。

1. 符号要素

符号要素是一种具有确定意义的简单图形，通常表示元器件的轮廓或外壳，如图 1-2 所示。这些简单图形必须同其他图形组合以构成一个设备或概念的完整符号。例如，由发光二极管、反相器等符号要素组成的集成电路光耦合器的符号，如图 1-3 所示。组合使用符号要素时，其布置可以同符号表示的设备实际结构不一样。

2. 一般符号

一般符号是表示一类产品和此类产品特征的一种很简单的图形符号，如开关、熔断器

等符号，如图 1-4 所示。

3. 限定符号

限定符号用以提供附加信息，是一种加在其他符号上的图形符号，限定符号通常不能单独使用。如在电阻器一般符号的基础上，分别加上不同的限定符号，则可得到可变电阻器、压敏电阻器、预调电位器、滑线电位器、光敏电阻器与热敏电阻器等图形符号，如图 1-5 所示。








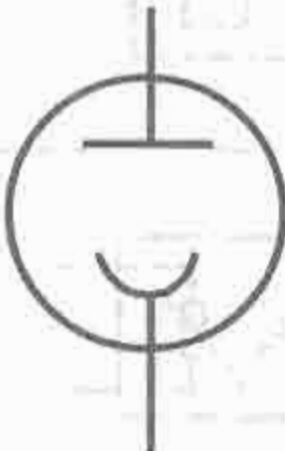


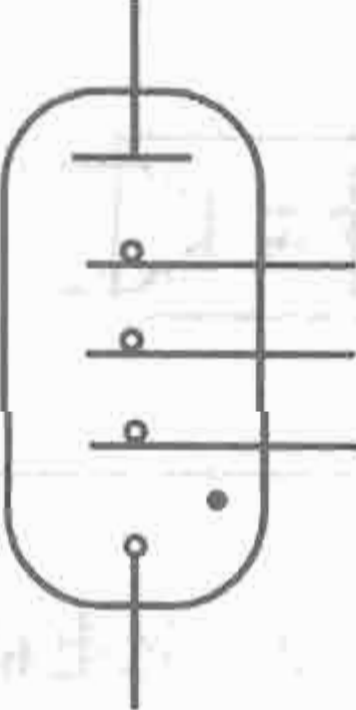
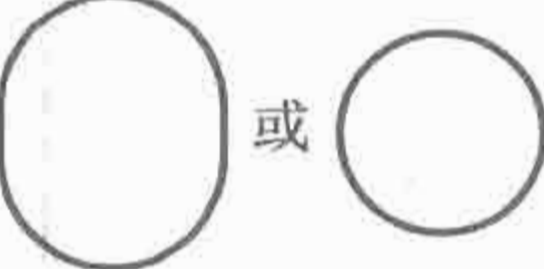




序号	图形符号	符号说明	应用举例	举例说明	旧符号(GB312)
1		物件，如设备、器件、功能单元、元器件、功能 注：符号轮廓内应填入或加上适当的符号或代号以表示物件的类别，如需要可采用其他形状的轮廓		电能发生器一般符号	—
				调制器、解调器或鉴别器一般符号	
				频率表	
2		外壳(球或箱) 注：(1)若有需要，则可使用其他形状的轮廓 (2)若具有特殊的防护性能，则可加注以引起注意 (3)若肯定不会引起混乱，则外壳可省略。如果外壳与其他物件有连接，则必须示出外壳符号。必要时，外壳可以断开画出		光电管、光电发射二极管	
				多极充气稳压管	
3		边界线 注：用于表示在物理上、机械上或功能上相互关联的对象组的边界长短线可任意组合	—	—	—
4		屏蔽、护罩 屏蔽符可画成任何方便的形状	—	—	
5		防止无意识直接接触通用符号 星号(*)应由具备无意识直接接触防护的设备或器件的符号代替	—	—	—

图 1-2 符号要素的简单图形及其说明

序号	图形符号	符号名称或含义
1		光电二极管型光电耦合器
2		达林顿型光电耦合器
3		光电三极管型光电耦合器
4		光电二极管和半导体管 (NPN型)光电耦合器
5		集成电路光电耦合器
6		磁耦合器 磁隔离器
7		光电耦合器 光电隔离器 (示出发光二极管和光电半导体管)

图 1-3 光电耦合器的组成符号示意

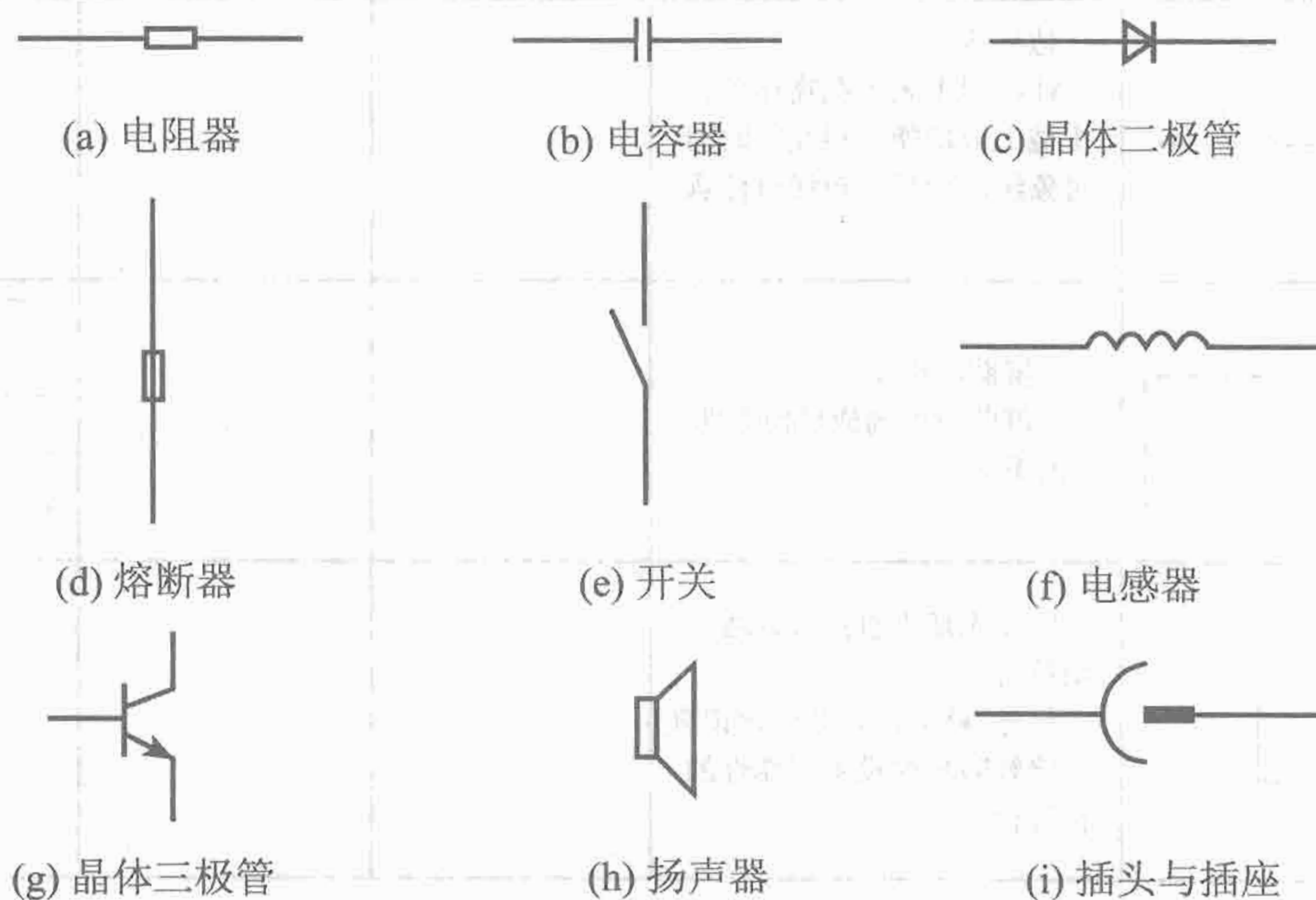


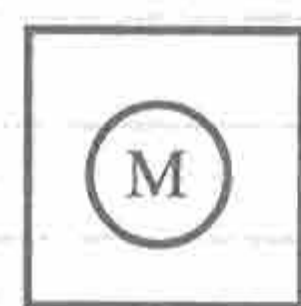
图 1-4 常见的一般符号示意图

序号	新 符 号		旧 符 号	
	名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
1	热敏电阻器 注： θ 可用 t° 代替		热敏电阻	
2	滑线式变阻器		可断开电路的电阻器	
3	有固定抽头的电阻器		有抽头的固定电阻	
4	带固定抽头的可变电阻器		带抽头的可变电阻器	
5	分流器		分流器	
6	滑动触点电位器		电位器的一般符号	
7	预调电位器		微调电位器	
8	电阻器的一般符号		电阻器的一般符号	
9	可变电阻器		变阻器	
10	压敏电阻器		压敏电阻	
11	光敏电阻器		光敏电阻器	

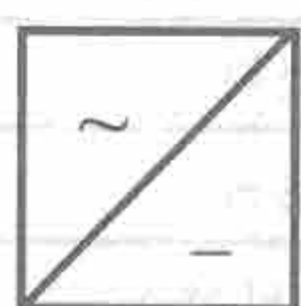
图 1-5 限定符号举例示意图

4. 方框符号

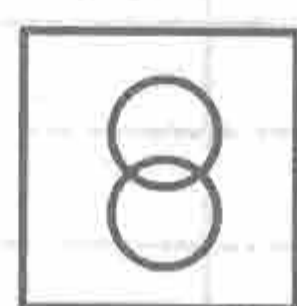
方框符号用于表示元器件、设备等的组合及其功能，是既不给出元器件、设备的细节，也不考虑所有连接的一种简单的图形符号，通常只用于电气概略图，如图 1-6 所示。



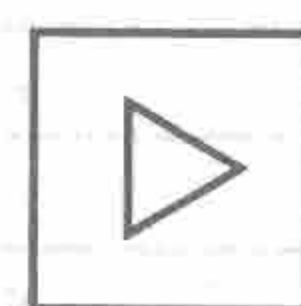
(a) 电动机



(b) 整流器



(c) 变压器



(d) 放大器

图 1-6 方框符号举例示意图

方框符号通常在使用单线表示法的图中,也可用在示出全部输入和输出接线的图中。必须说明的是,图形符号仅适用于器件、设备或装置之间在系统之中的外部连接,而不适用于装置、设备内部的自身连接,符号的构成不包括连接线。但为了清晰起见,本书举例的符号通常带连接线示出。

1.2.2 电气电路图常用图形符号

电气电路图用图形符号通常由一般符号、限定符号及符号要素等组成。图形符号的构成方式有多种。电工常见电气电路图用图形符号如下。

1. 电流、电压的种类符号

在电工电气电路图中,电流、电压的种类符号及其说明如图 1-7 所示。

序号	图形符号	说明	旧符号(GB312)	
1		直流 注:电压可标注在符号右边,系统类型可标注在符号左边 示例:2/M— 220/110V表示直流、带中间线的三线制220V(两根导线与中间线之间为100V)		
2	50Hz	交流 频率值或频率范围可标注在符号的右边 示例:交流,50Hz		
	100~600kHz	示例:交流,频率范围为100~600kHz,电压值也可标注在符号右边,相数和中心线存在		
	3/N 50Hz 380/220V	时可标注在符号左边 示例:交流,三相中性线,400V(相线与中性线之间为220V),50Hz		3/N 50Hz 380/220V
	3/N 50Hz/TN-S	示例:交流、三相、50Hz、具有一个直接接地点且中性线与保护导线全部分开的系统		3/N 50Hz/TN-S
3		相对低频(工频或亚音频)		
4		中频(音频)		
5		相对高频(超音频、载频或射频)		
6		具有交流分量的整流电流(当需要与整流并滤波的电流相区别时使用)		
7	+	正极性	+	
8	-	负极性	-	
9	N	中性(中性线)	N	
10	M	中间线	M	

图 1-7 电流、电压的种类符号及其说明

2. 电动机、发电机的种类符号

在电工电气电路图中，电动机、发电机的种类符号如图 1-8~1-10 所示。




















序号	新 符 号		旧 符 号	
	名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
1	星形连接的三相绕组		星形连接的三相绕组	
2	中性点引出的星形连接的三相绕组		有中性点引出的星形连接的三相绕组	
3	星形连接的六相绕组		星形连接的六相绕组	
4	换向绕组或补偿绕组		换向绕组或补偿绕组	
5	串励绕组		串励绕组	
6	并励或他励绕组		并励或他励绕组	
7	交流测速发电机		—	—
8	直流测速发电机		—	—
9	交流力矩电动机		—	—
10	三角形连接的三相绕组		三角形连接的三相绕组	
11	开口三角形连接的三相绕组		开口三角形连接的三相绕组	

图 1-8 电动机的种类符号

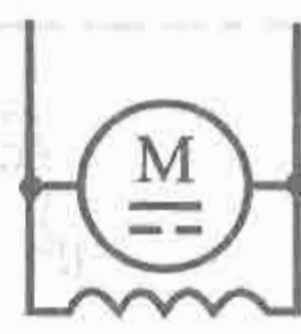
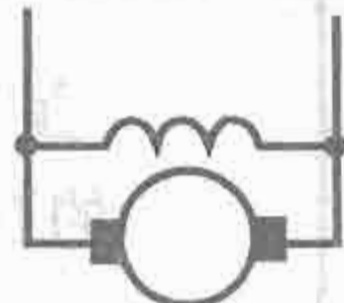
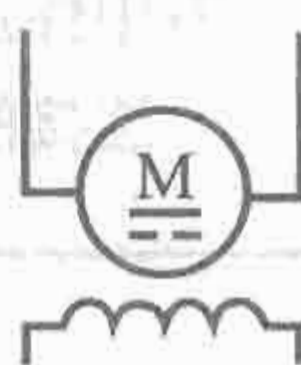
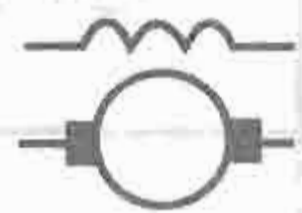
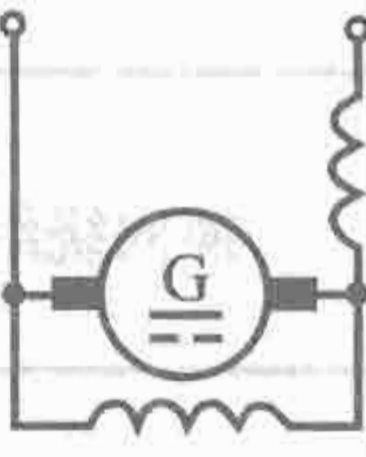
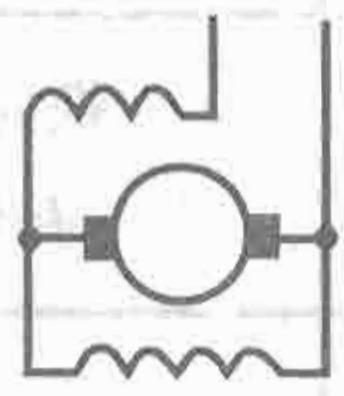
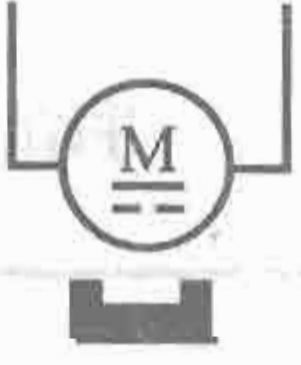
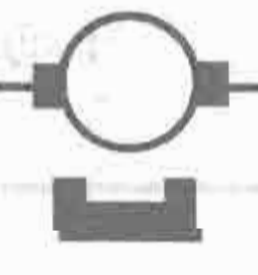

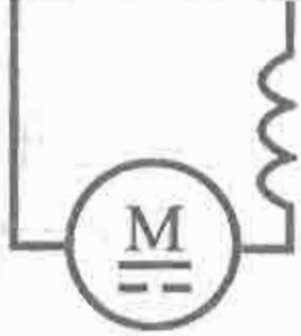

序号	新 符 号		旧 符 号	
	名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
1	并励式直流电动机		并励式直流电动机	
2	他励式直流电动机		他励式直流电动机	
3	复励式直流电动机		复励式直流电动机	
4	永磁直流电动机		永磁直流电动机	
5	直流力矩电动机		—	—
6	串励式直流电动机		串励式直流电动机	

图 1-9 直流电动机的种类符号

序号	新 符 号		旧 符 号	
	名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
1	三相永磁同步电动机		永磁三相同步电动机	
2	三相笼形异步电动机		三相鼠笼异步电动机	
3	单相笼形异步电动机		单相鼠笼异步电动机	
4	三相线绕转子异步电动机		三相滑环异步电动机	
5	单相交流串励电动机		单相交流串励换向器电动机	
6	三相交流串励电动机		三相串励换向器电动机	
7	单相永磁同步电动机		永磁单相同步电动机	

图 1-10 交流及同步电动机的种类符号

3. 变压器及变流器的种类符号

在电工电气电路图中，变压器及变流器的种类符号如图 1-11 和图 1-12 所示。


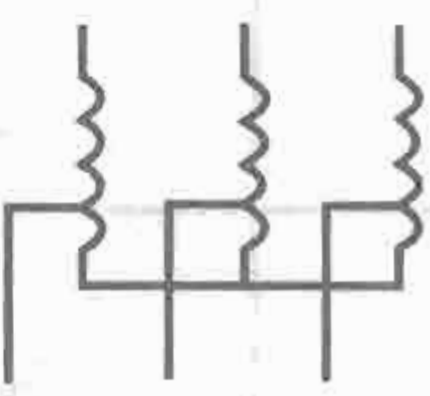

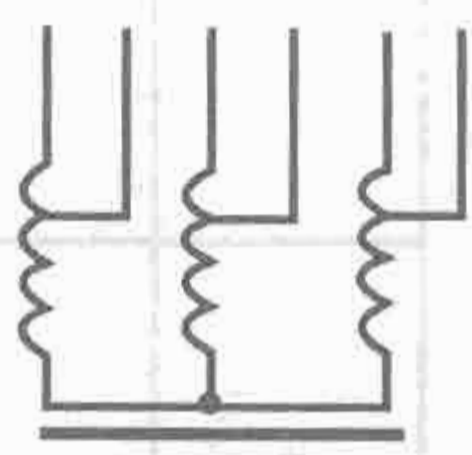


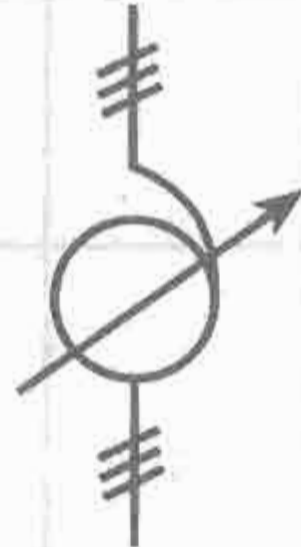
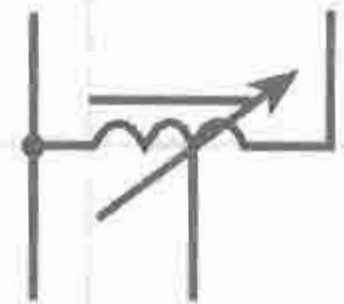

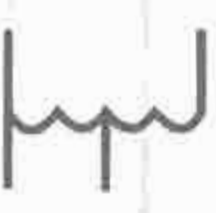






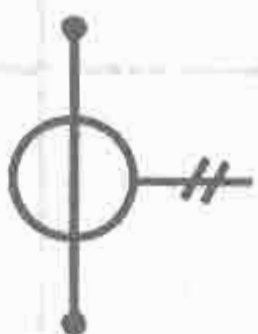

序号	新 符 号		旧 符 号	
	名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
1	三相自耦变压器 星形连接	形式1  形式2 	有铁芯的三相自耦变压器，绕组连接为星形	单线  多线 
2	可调压的单相自耦变压器	形式1  形式2 	连续调压有铁芯的单相自耦变压器	单线  多线 
3	单相自耦变压器	形式1  形式2 	单相自耦变压器	单线  多线 
4	电抗器、扼流圈		电抗器	
5	电流互感器	形式1  形式2 	单次级绕组 电流互感器	单线  多线 

图 1-11 自耦变压器及变流器的种类符号







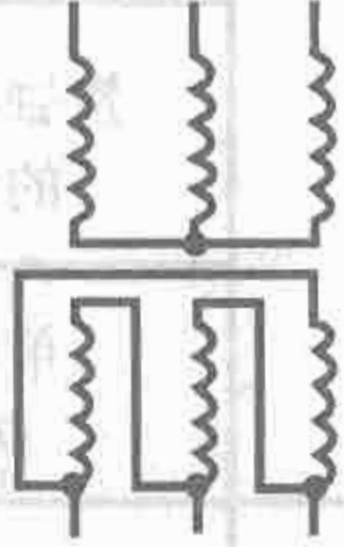
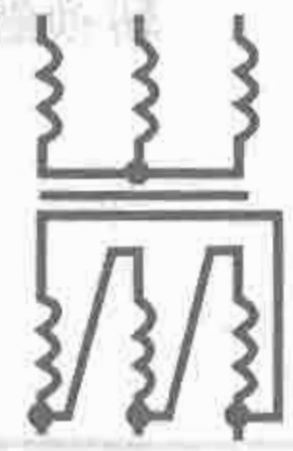










序号	新符号		新符号	
	名称	图形符号	名称	图形符号
1	三绕组变压器	形式1 	三绕组变压器	单线 
		形式2 		多线 
2	三绕组变压器星形-三角形连接	形式1 	有铁芯的三相双绕组变压器绕组连接：星形-三角形	单线 
		形式2 		多线 
3	具有有载分接开关的三相变压器星形-三角形连接	形式1 	可带负荷调整有铁芯的三相双绕组变压器绕组连接：星形-三角形	单线 
		形式2 		多线 
4	变压器的铁芯		变压器的铁芯	
5	双绕组变压器 (黑点表示瞬时电压极性)	形式1 	双绕组变压器	单线 
		形式2 		多线 

图 1-12 多绕组变压器的种类符号

4. 触点开关的种类符号

在电工电气电路图中，各种开关的种类符号如图 1-13~1-15 所示。

序号	新 符 号		旧 符 号	
	名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
1	切断(常闭)触头		开关和转换开关的 动断(常闭)触头	
			继电器的动断 (常闭)触头	
			接触器(辅助触头)、 启动器、控制器的动断 (常闭)触头	
2	先断后合的 转换触点		开关和转换 开关的切换触点	
			接触器和控制器 的切换触点	
			单极转换的 两个位置	
3	中间断开的 双向触点		单极转换 开关的3个位置	
4	先合后断的转换 触点(桥接)	形式1 	不切断转换 开关的触点	
			继电器先 合后断的触点	
			接触器、启动器、 控制器的不切断 转换触点	
5	动合常开触点	形式1 	开关和转换开关的 动合(常开)触头	
		形式2 	继电器的动合 (常开)触头	
		形式2 	接触器(辅助触头)、 控制器的动合 (常开)触头	

图 1-13 各种开关触点的种类符号






序号	新 符 号		旧 符 号	
	名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
1	延时闭合的动合触点		时间继电器延时闭合的动合(常开)触点	
			接触器延时闭合的动合(常开)触点	
2	延时断开的动合触点		时间继电器延时开启的动合(常开)触点	
			接触器延时开启的动合(常开)触点	
3	延时闭合动断(常闭)触点		时间继电器延时闭合动断(常闭)触点	
			接触器延时闭合动断(常闭)触点	
4	延时断开动断(常闭)触点		时间继电器延时开启动断(常闭)触点	
			接触器延时开启动断(常闭)触点	
5	吸合时延时闭合和释放时延时断开的动合(常开)触点		时间继电器延时闭合和延时开启动合(常开)触点	
			接触器延时闭合和延时开启动合(常开)触点	

图 1-14 各种延时开关触点的种类符号

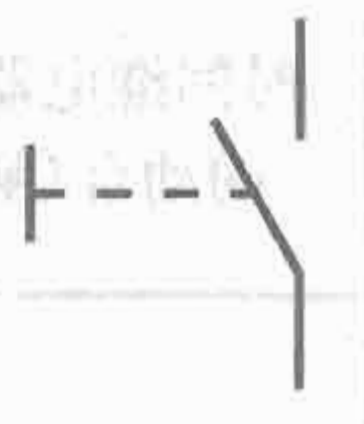


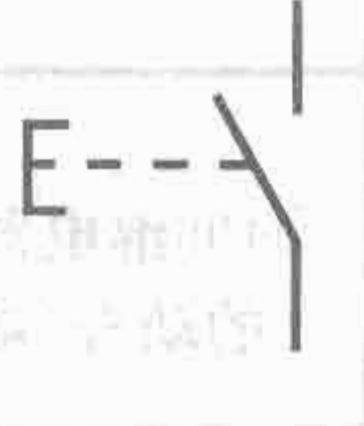
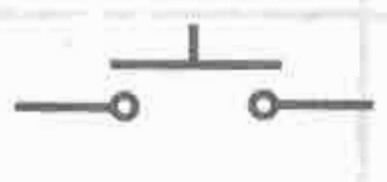
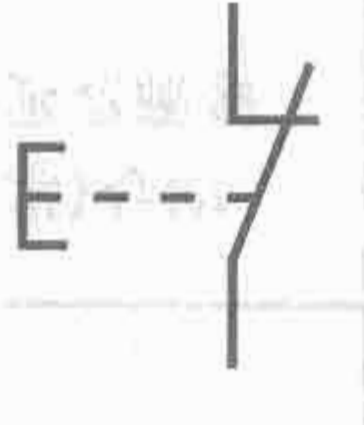

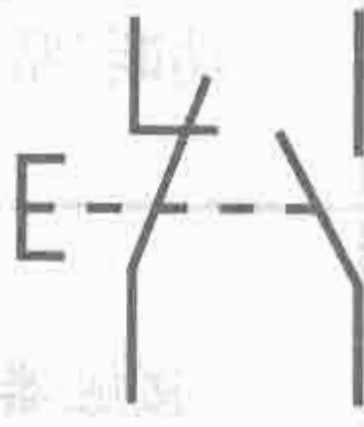
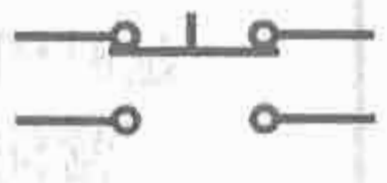
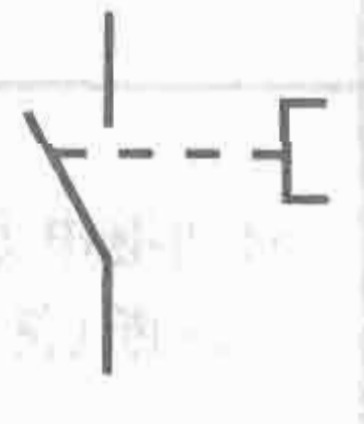


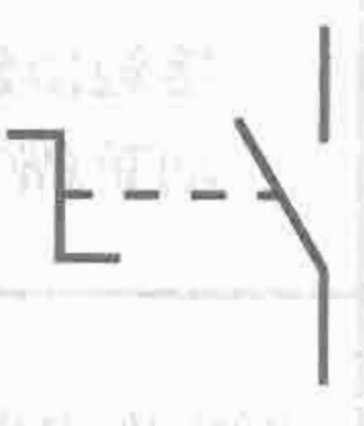

序号	新 符 号		旧 符 号	
	名称	图形符号	名称	图形符号
1	手动开关的一般符号			
2	动合(常开)按钮开关(不闭锁)		带动合(常开)触点, 能自动返回的按钮	
3	动断(常开)按钮开关(不闭锁)		带动断(常闭)触点, 能自动返回的按钮	
4	动断(常闭)和动合(常开)触点的按钮开关(不闭锁)		带动断(常闭)和动合(常开)触点, 能自动返回的按钮	
5	拉拔开关(不闭锁)			
6	旋钮开关、旋转开关(闭锁)		带闭锁装置的按钮	

图 1-15 手动、按钮、拉拔、旋钮开关的种类符号

(5) 位置开关、热敏开关、惯性开关的种类符号

在电工电气电路图中，位置开关、热敏开关、惯性开关的种类符号如图 1-16 所示。

序号	新 符 号		旧 符 号	
	名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
1	位置开关，动断触点 限制开关，动断触点		与工作机械联动的开关 动断(常闭)触点	
2	对两个独立电路做 双向机械操作的位 置或限制开关		—	—
3	热敏开关动合触 头(θ 可用温度代替)		温度继电器动 合(常开)触点	 或
4	具有热元器件的气体放 电管荧光灯启动器		荧光灯触发器	
5	惯性开关(突然 减速而动作)		离心式非电 继电器触点	
			转速式非电 继电器触点	
6	液位开关		液位继电器触点	
7	位置开关，动合触点 限制开关，动合触点		与工作机械联动的开关 动合(常开)触点	

图 1-16 位置开关、热敏开关、惯性开关的种类符号

6. 多位开关、负载开关的种类符号

在电工电气电路图中，多位开关、负载开关的种类符号如图 1-17 所示。

序号	新 符 号		旧 符 号	
	名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
1	负荷开关 (负荷隔离开关)		带灭弧罩的 单线三极开关	
			单线三极高压负荷开关	
2	隔离开关		单极高压隔离开关	
			单线三极高压隔离开关	
3	具有自动释放 的负荷开关		自动开关的动合 (常开)触点	
4	断路器		自动开关的动合 (常开)触点	
			高压断路器	
5	单极四位开关	形式1 	单极四位转换开关	
		形式2 		
6	三极开关单线表示		三极开关单线表示	
7	三极开关多线表示		三极开关多线表示	
8	开关一般符号	形式1 	单极开关	
	形式2 			

图 1-17 多位开关、负载开关的种类符号

7. 启动器的种类符号

符号类 启动器符号 8

在电工电气电路图中，启动器的种类符号如图 1-18 所示。

序号	新 符 号		旧 符 号	
	名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
1	调节-启动器		—	—
2	带自动释放的启动器		—	—
3	可逆式电动机：直接在线接触器式启动器或满压接触器式启动器		—	—
4	星形-三角形启动器		—	—
5	自耦变压器式启动器		—	—
6	带可控整流器的调节启动器		—	—
7	电动机启动器一般符号		—	—
8	步进启动器		—	—

图 1-18 启动器的种类符号

8. 接触器、操作器件的种类符号

在电工电气电路图中，接触器、操作器件的种类符号如图 1-19 所示。

序号	新 符 号		旧 符 号	
	名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
1	具有两个绕组的操作器件分离表示法	形式1 	双线圈 	
		形式2 	有n个线圈时，相应画出n个线圈 	
2	操作器件的一般符号	形式1 	接触器、继电器和磁力启动器的线圈 	
		形式2 		或
3	具有两个绕组的操作器件组合表示法		双线圈接触器和继电器的线圈 	
4	接触器(在非动作位置触点断开)		接触器动合(常开)触点 	
			带灭弧装置接触器动合(常开)触点 	
			带电磁吸弧线圈接触器动合(常开)触点 	
5	接触器(在非动作位置触点闭合)		接触器动断(常闭)触点 	
			带灭弧装置接触器动断(常闭)触点 	
			带电磁吸弧线圈接触器动断(常闭)触点 	

图 1-19 接触器、操作器件的种类符号

9. 继电器的种类符号

在电工电气电路图中，继电器的种类符号如图 1-20 所示。



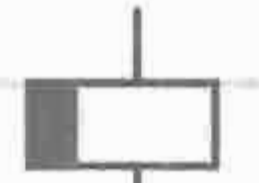
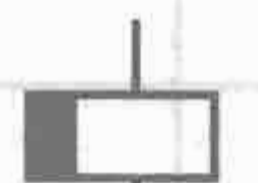







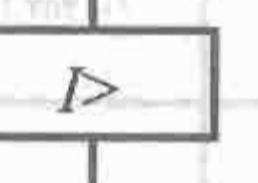
序号	新 符 号		旧 符 号	
	名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
1	欠电压继电器线圈		欠电压继电器线圈	
2	缓慢释放(缓放)继电器线圈		时间继电器缓放线圈	
3	缓慢吸合(缓吸)继电器线圈		时间继电器缓吸线圈	
4	缓吸和缓放继电器线圈		—	—
5	快速继电器(快吸和快放)的线圈		—	—
6	剩磁继电器的线圈	 	—	—
7	过电流继电器线圈		过流继电器线圈	

图 1-20 继电器的种类符号

10. 电磁阀、离合器、制动器的种类符号

在电工电气电路图中，电磁阀、离合器、制动器的种类符号如图 1-21 所示。

11. 传感器及传感开关的种类符号

在电工电气电路图中，传感器及传感开关的种类符号如图 1-22 所示。

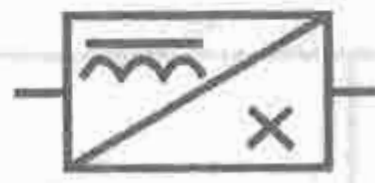
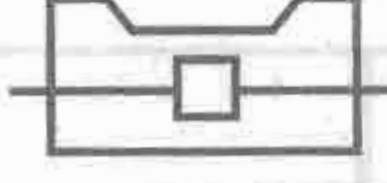
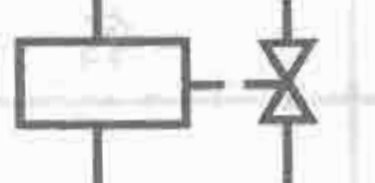
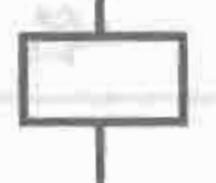
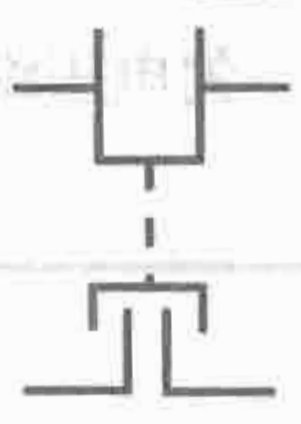
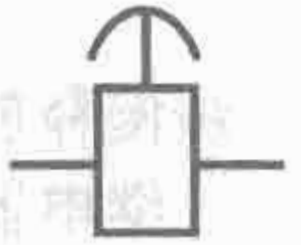
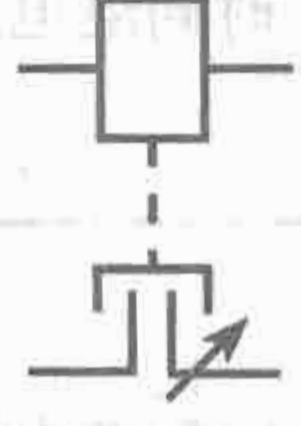
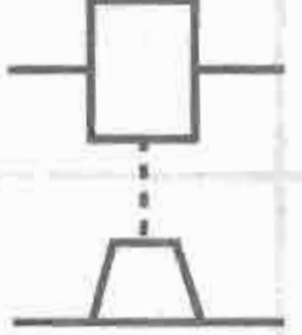
序号	新符号		旧符号	
	名称	图形符号	名称	图形符号
1	电磁吸盘		电磁吸盘	
2	电磁阀		电磁阀线圈	
3	电磁离合器		电磁离合器	
4	电磁转差离合器或电磁粉末离合器		电磁转差离合器或电磁粉末离合器	
5	电磁制动器		电磁制动器	图形符号同电磁离合器

图 1-21 电磁阀、离合器、制动器的种类符号






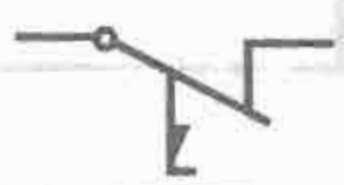
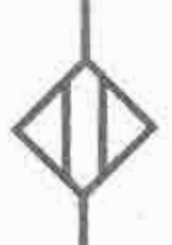
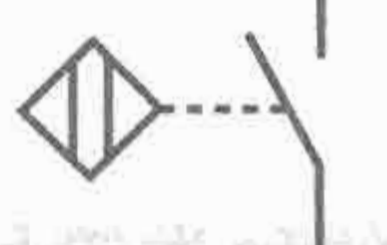
序号	新符号		旧符号	
	名称	图形符号	名称	图形符号
1	接触传感器		—	—
2	接触敏感开关动合触头		—	—
3	热继电器的驱动元器件(热元器件)		热继电器热元器件	
4	热继电器动断(常闭)触头		热继电器常闭触头	
5	接近传感器		—	—
6	接近开关动合触头		—	—

图 1-22 传感器及传感开关的种类符号

12. 熔断器的种类符号

在电工电气电路图中，熔断器的种类符号如图 1-23 所示。

序号	新 符 号		旧 符 号	
	名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
1	熔断器式负荷开关		—	
2	具有独立报警电路的熔断器		有信号的熔断器	
3	熔断器一般符号		熔断器	
4	供电端用粗线表示的熔断器		—	—
5	带机械连杆的熔断器 (撞击器式熔断器)		—	—
6	熔断器式开关		刀开关-熔断器	
7	熔断器式隔离开关		隔离开关-熔断器	

图 1-23 熔断器的种类符号

13. 电池的种类符号

在电工电气电路图中，电池的种类符号如图 1-24 所示。

序号	新 符 号		旧 符 号	
	名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
1	原电池或蓄电池		原电池或蓄电池 注：允许不注极性符号	
2	蓄电池组或原电池组 注：注明电压值时 允许的画法	48V 	蓄电池组或原电池组 注：注明电压值时 允许的画法	

图 1-24 电池的种类符号

14. 火花间隙、避雷器的种类符号

在电工电气电路图中，火花间隙、避雷器的种类符号如图 1-25 所示。



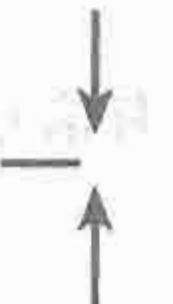



序号	新 符 号		旧 符 号	
	名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
1	火花间隙		火花间隙	
2	双火花间隙			
3	避雷器		避雷器的一般符号	

图 1-25 火花间隙、避雷器的种类符号

15. 测量仪器的种类符号

在电工电气电路图中，测量仪器的种类符号如图 1-26 所示。





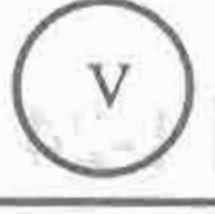









序号	新 符 号		旧 符 号	
	名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
1	指示仪表 注：“*”必须由字母代替 例如，Hz-频率表 φ -相位表 $\cos\varphi$ -功率因数表			
2	电流表		安培表	
3	电压表		伏特表	
4	功率表		瓦特表	
5	电度表(瓦时计)		瓦时计	
6	检流计		检流器	
7	示波器		示波器	

图 1-26 测量仪器的种类符号

16. 灯和信号器件的种类符号

在电工电气电路图中，灯和信号器件的种类符号如图 1-27 所示。

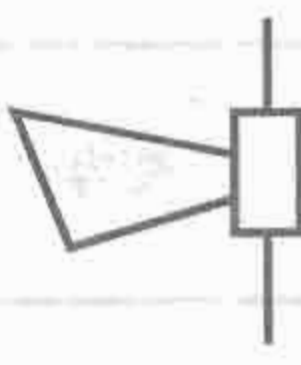
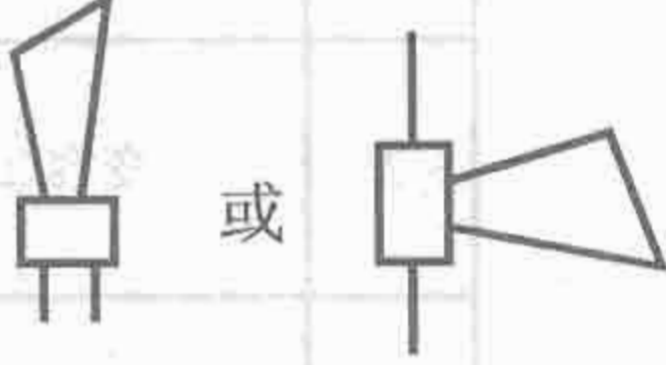
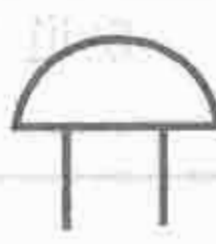




序号	新 符 号		旧 符 号	
	名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
1	电喇叭		电喇叭	
2	电铃		电铃一般符号	
3	灯的一般符号		照明灯	
			信号灯	

图 1-27 灯和信号器件的种类符号

17. 光电子、光敏器件的种类符号

在电工电气电路图中，光电子、光敏器件的种类符号如图 1-28 所示。

序号	新 符 号		旧 符 号	
	名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
1	光敏电阻		光敏电阻	
2	光电二极管		光电二极管	
3	光电池		光电池	
4	PNP型光电 半导体管		—	—
5	光电二极管型 光耦合器		—	—

图 1-28 光电子、光敏器件的种类符号

18. 晶体二极管的种类符号

在电工电气电路图中，晶体二极管的种类符号如图 1-29 所示。

序号	新 符 号		旧 符 号	
	名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
1	发光二极管		—	—
2	变容二极管		变容二极管	
3	隧道二极管		隧道二极管	
4	单向击穿二极管 (稳压二极管)		雪崩二极管	
			稳压二极管	
5	双向击穿二极管 (双向稳压二极管)		双向稳压二极管	
6	双向二极管、 交流开关二极管		双向二极管	
7	半导体二极管 一般符号		半导体二极管、半 导体整流器	

图 1-29 晶体二极管的种类符号

19. 电容器的种类符号

在电工电气电路图中，电容器的种类符号如图 1-30 所示。

序号	新 符 号		旧 符 号	
	名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
1	微调电容器		微调电容器	
2	电容器的一般符号		电容器的一般符号	
3	极性电容器		有极性的电解电容器	
4	可变电容器		可变电容器	

图 1-30 电容器的种类符号

20. 电感器的种类符号

在电工电气电路图中，电感器的种类符号如图 1-31 所示。












序号	新 符 号		旧 符 号	
	名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
1	电感器、线圈、绕组、扼流圈		电感线圈、绕组	
2	带磁芯(铁芯)的电感器		有铁芯的电感线圈	
3	磁芯(铁芯)有间隙的电感器		铁芯有空气隙的电感线圈	
4	带磁芯(铁芯)连续可调的电感器		—	—
5	有两个抽头的电感器	 或 	带抽头的电感线圈	
6	可变电感器		—	—

图 1-31 电感器的种类符号

21. 导线及其连接的种类符号

在电工电气电路图中，导线及其连接的种类符号如图 1-32 所示。

序号	新 符 号		旧 符 号	
	名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
1	导线的多线连接	形式1 	导线的双分支	
		形式2 		或
2	导线、电缆和母线的般符号		导线及电缆	
			母线	
3	三根导线的单线表示		三根导线的单线表示	
4	屏蔽导线		屏蔽的导线或电缆	
5	同轴电缆		同轴电缆	
6	端子		端子	
7	导线的连接	形式1 	导线的单分支	
		形式2 		

图 1-32 导线及其连接的种类符号

22. 连接器件的种类符号

在电工电气电路图中，连接器件的种类符号如图 1-33 所示。








序号	新 符 号		旧 符 号	
	名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
1	插头和插座		插接器一般符号	
2	接通的连接片	形式1  形式2 	连接片	
3	断开的连接片		连接片	

图 1-33 连接器件的种类符号

23. 普通晶体三极管的种类符号

在电工电气电路图中，普通晶体三极管的种类符号如图 1-34 所示。







序号	新 符 号		旧 符 号	
	名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
1	PNP型半导体管		PNP型半导体管	
2	NPN型半导体管		NPN型半导体管	
3	集电极接管壳的 NPN型半导体管		NPN型半导体管	

图 1-34 普通晶体三极管的种类符号

24. 场效应晶体管的种类符号

在电工电气电路图中，场效应晶体管的种类符号如图 1-35 所示。

25. 其他类型晶体三极管的种类符号

在电工电气电路图中，其他类型晶体三极管的种类符号如图 1-36 所示。

序号	新 符 号		旧 符 号	
	名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
1	耗尽型单栅P沟道 和衬底无引出线的绝缘 栅场效应半导体管		耗尽型P沟道场 效应晶体管	
2	耗尽型单栅N沟道 和衬底无引出线的绝缘 栅场效应半导体管		耗尽型N沟道场 效应晶体管	
3	P型沟道结型场 效应半导体管		P沟道结型场 效应晶体管	
4	N型沟道结型场 效应半导体管		N沟道结型场 效应晶体管	
5	增强型单栅P沟道 和衬底无引出线的绝缘 栅场效应半导体管		增强型P沟道场 效应晶体管	
6	增强型单栅N沟道 和衬底无引出线的绝缘 栅场效应半导体管		增强型N沟道场 效应晶体管	

图 1-35 场效应晶体管的种类符号

序号	新 符 号		旧 符 号	
	名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
1	三极晶体闸流管 注：没必要规定门 极类型时，用于表示 反向阻断三极晶闸管		普通晶体闸流管	
	反向阻断三极晶 体闸流管(阴极侧受控)			
3	可关断三极晶体闸 流管(阴极侧受控)		可关断晶体闸流管	
4	具有P型双基极 单结型半导体管		P型单结晶体管	
5	具有N型双基极单 结型半导体管		N型单结晶体管	

图 1-36 其他类型晶体三极管的种类符号

1.3 接线端子与特定导线的标记代号

标记是表明特征的记号，在电工电气电路图中得到了大量的采用。标记一般较醒目、简单、易识别，比文字说明效果更好，所以应用很广泛。

在电气电路图中，为了易于识别接线、配线、敷线、电器元器件与装备之间的相对安装位置，以及它们之间的电连接关系，需要对各种导线的连接标记、导线的颜色及接线端子的标记做出统一的规定，以方便设备维护，及时排除故障，确保人身和设备的安全。

1.3.1 标记代号

接线端子的标记是指用以连接器件和外部导体的导电件的标记，主要用于基本件（如熔断器、继电器、变压器及旋转电动机等）和由这些器件组成设备（如电动机控制设备）的接线端子标记，也适用于执行具有一定功能的特定导线线端（如电源接地和机壳接地等）的识别。

电气电路图中常用电器接线端子和特定导线的标记识别方法如下。

1. 交流系统

交流系统电器接线端子的标记有专门的标记方法：

1 相——标记符号为“U”；

2 相——标记符号为“V”；

3 相——标记符号为“W”；

中性线——标记符号为“N”。

2. 交流系统的电源

交流系统电源的特定导线标记方法如下：

1 相——标记符号为“L₁”，有的图纸上用“A”表示；

2 相——标记符号为“L₂”，有的图纸上用“B”表示；

3 相——标记符号为“L₃”，有的图纸上用“C”表示；

中性线——标记符号为“N”。

3. 直流系统的电源

直流系统电源的特定导线标记方法如下：

正极——标记符号为“L₊”，有的图纸上用“+”表示；

负极——标记符号为“L₋”，有的图纸上用“-”表示；

中间线——标记符号为“M”。

4. 保护接地线

保护接地线的电器，其接线端子和特定导线的共同标记通常用“PE”标记符号来表示。其图形符号如图 1-37 (a) 所示。

图号	图形符号	
	GB4026	GB4728
(a)		
(b)		
(c)		
(d)		
(e)		

图 1-37 电器接线端子和特定导线标记图形符号

5. 接地线

接地线的电器，其接线端子和特定导线的共同标记通常用“E”标记符号来表示。其图形符号如图 1-37 (b) 所示。

6. 无噪声接地线

无噪声接地线的电器，其接线端子和特定导线的共同标记通常用“JE”标记符号来表示。其图形符号如图 1-37 (c) 所示。

7. 接机壳或机架

接机壳或机架的电器，其接线端子和特定导线的共同标记通常用“MM”标记符号来表示。其图形符号如图 1-37 (d) 所示。

8. 等电位

等电位的电器，其接线端子和特定导线的共同标记通常用“CC”标记符号来表示。其图形符号如图 1-37 (e) 所示。

9. 不接地的保护导线

不接地的保护导线，其特定导线的标记用符号“PU”表示。

10. 保护接地线和中性线共用线

保护接地线和中性线共用线特定导线的标记，通常用“PEN”标记符号来表示。

1.3.2 颜色标记的代号

颜色标记的字母代码一般由该颜色的英文单词缩写表示。

1. 字母代码

电气线路图中常用颜色标记的字母代码见表 1-9。

表 1-9 电气线路图中常用颜色标记的字母代码

颜色名称	字母代码	颜色名称	字母代码
黑色	BK	灰色(蓝灰)	GY
棕色	BN	白色	WH
红色	RD	粉红色	PK
橙色	OG	金黄色	GD
黄色	YE	青绿色	TQ
绿色	GN	银白色	SR
蓝色(包括淡蓝)	BU	绿/黄双色	GNYE
紫色(紫红)	VT		

2. 同一部件的颜色组合

在同一部件上,有些用的是颜色组合标注方式,通常是按照表 1-9 中的顺序,将不同颜色的字母代码相连来表示。例如,红/蓝双色部件的颜色代码为 RDBU。

3. 不同部件的不同颜色

对于不同部件上的不同颜色,各颜色标记的字母代码之间是用“+ (加号)”隔开的。例如,具有两根黑色、一根棕色、一根蓝色和一根绿/黄双色的五芯电缆的颜色代码为 BK+BK+BN+BU+GNYE。

1.4 电气图的类型与特点

电气图是电气线路图或电气电路图、电气原理图的简称,是提供信息的一种方式。

1.4.1 线路与电路的基本概念

任何电源向外供电,任何用电设备要使用电能,都必须用导线将发电厂输出的电源与用电设备合理地连接起来(即经过变配电等系统),让电流形成回路,才能使电流在用电设备中做功。在电工学中,将这种电流通过的路径称为电路。而一般的电路都是用导线连接的,故又称其为线路。

1.4.2 电气图的分类

电气图有部分电路(也称局部电路)和系统电路,部分电路即为局部电路或叫单元电路。电气图的种类较多,常见的有:

- (1) 概略图,主要是用来表明系统的规模、整体方案、组成情况及主要特性等;
- (2) 电路图,是一种根据国家或有关部门制定的标准,用规定图形符号绘制的比较简明的电路,用来表示系统、装置的电气作用原理,可作为分析电路特性用图;
- (3) 接线图,是电气设备之间用导线相互连接的直实反映,它所连接电气设备的安装装置、外形和线路路径与实际情况一致,便于安装、接线和排除故障。

各种类型的电气图除了遵循电气图的一般规律外,还具有各自的特点。

1.4.3 电气图的表达方式

电气图常见的表达方式主要有简图、表图及表格三种。

1. 简图

所谓简图，就是用图形符号、带注释的方框或简化的外形，来表示系统或设备中各组成部分之间的相互关系，如图 1-38 (a) 所示为一种用方框来表示的电源整流器输入与输出电路之间的连接关系，图 1-38 (b) 所示是该电源整流器的电路原理图。

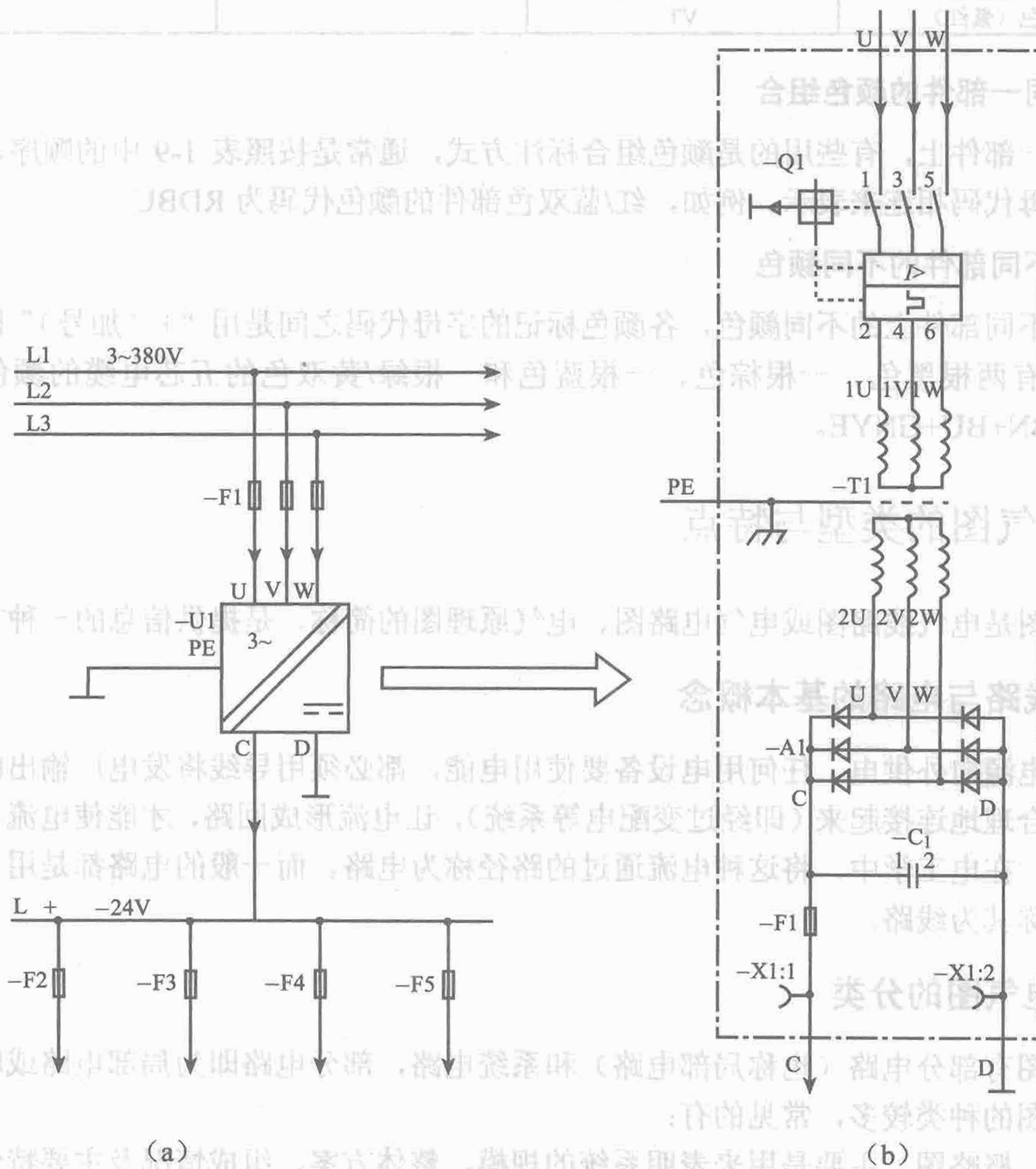


图 1-38 简图的方框图示例说明

由此可见，简图并不是指内容“简单”，而是指形式的“简化”，它是相对于严格按几何尺寸、绝对位置等而画出的机械或电子电路图。电气图的大多数图，如电气概略图（或称系统图或框图）、功能图、接线图及电路图均属于简图。

2. 表图

所谓表图是指用数量较少的专用图形符号和文字说明相结合的方法，来说明两个或两

个以上变量之间关系的一种图，如曲线、时序图及功能表图等。图 1-39 所示就是一种采用功能表图和说明补充信息的逻辑单元端子功能图示例。

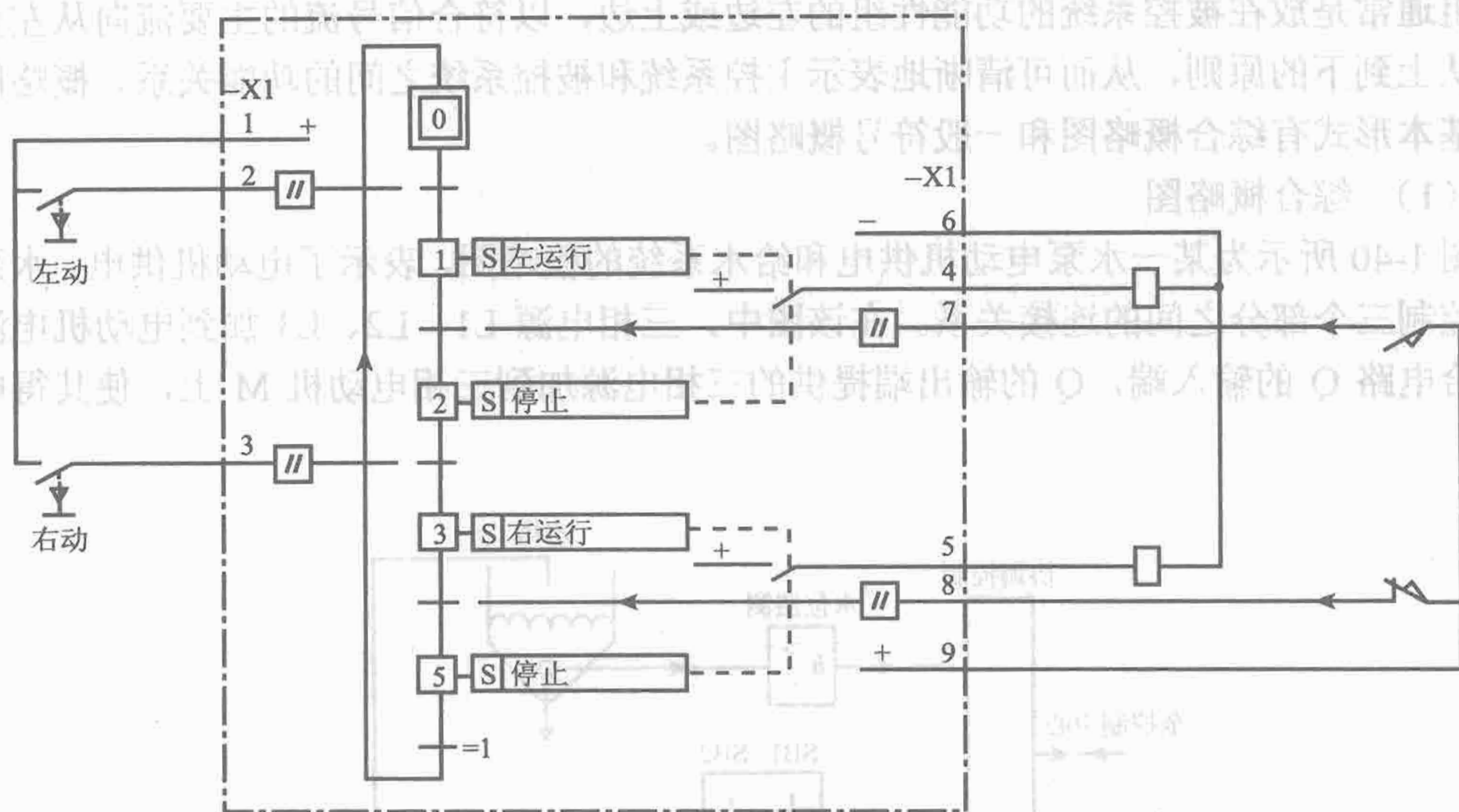


图 1-39 功能表图应用示例

但需注意，表图不能理解为图表。表图的表达形式主要是用图而不是用表。

3. 表格

所谓表格，就是将数据等内容采用纵横排列的方式将其表述出来，用来表述系统、成套设备中各组成部分的相互关系或连接关系，以及用以提供工作参数。

1.4.4 概略图

概略图也称为系统图或框图，是指表示系统、分系统、装置、部件、设备和软件中各项目之间主要关系和连接的相对比较简单简图，通常是采用单线表示法绘制而成。

1. 概略图提供的信息

- (1) 概略图从体系的角度概括地表述了设计的整体方案、简要工作原理和主要组成部分，以及各个组成部分之间的相互关系。
- (2) 概略图从功能的角度概括地表述了各个组成部分的主要特征，即对项目的功能和作用等做出简要的说明。

2. 概略图的作用

为了从整体上描述设计对象的基本构成和主要部件的相互关系，通常在对系统、分系统、成套装置及设备等进行设计时，都要绘制概略图。为进一步编制详细技术文件与电路图、接线图、平面图等进行有关的电气计算、选择导线、开关等设备，以及拟定配电装置的布置、安装位置的选择等提供主要依据，供电气安装、操作和维修时使用。

3. 概略图的基本形式

概略图通常是按功能布局法绘制而成的。在表示控制系统的概略图时，主控系统的功能性组通常是放在被控系统的功能性组的左边或上边，以符合信号流的主要流向从左到右或者从上到下的原则，从而可清晰地表示主控系统和被控系统之间的功能关系。概略图常用的基本形式有综合概略图和一般符号概略图。

(1) 综合概略图

图 1-40 所示为某一水泵电动机供电和给水系统的概略图，表示了电动机供电、水泵工作和控制三个部分之间的连接关系。在该图中，三相电源 L1、L2、L3 加到电动机电源控制供给电路 Q 的输入端，Q 的输出端提供的三相电源加到三相电动机 M 上，使其得电工作。

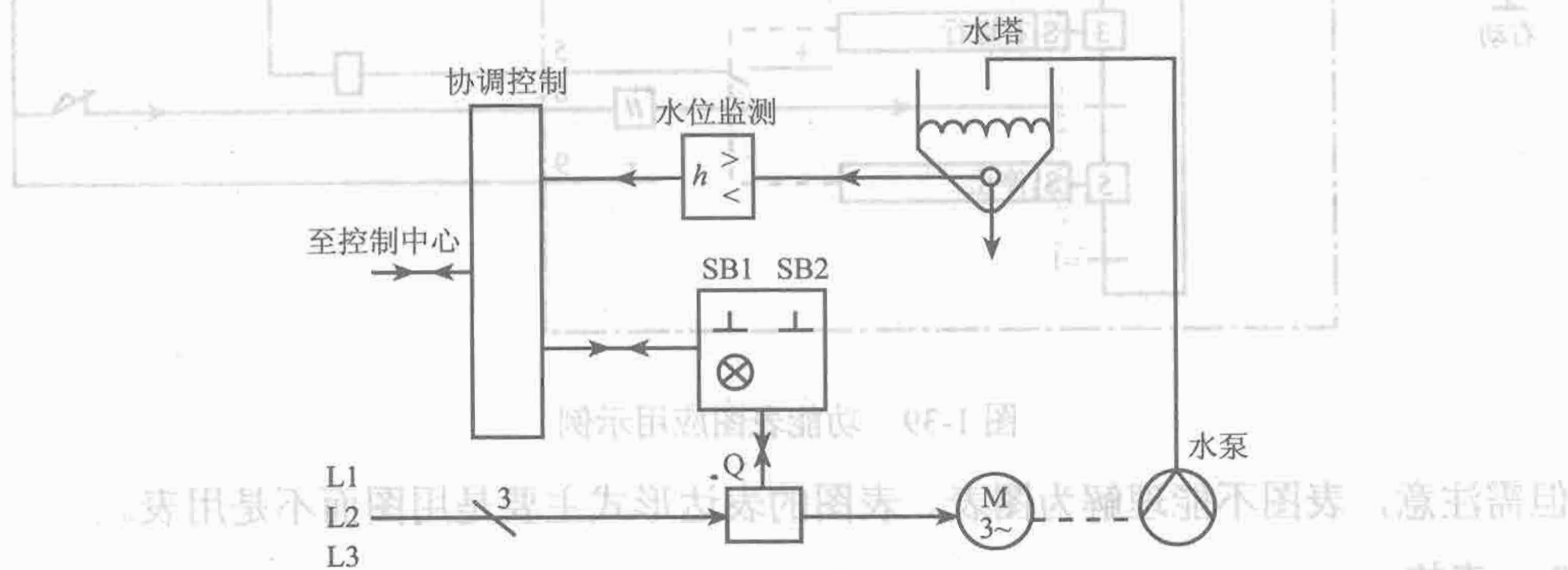


图 1-40 水泵电动机供电和给水系统的概略图

当电动机工作以后，带动水泵工作，将水泵入水塔。水塔内水位的高、低由水位监测系统进行检测，并将该检测信号送入协调控制电路。该信号送到控制中心电路后确定水泵电动机的状态。

- 当水位监测系统检测到水塔内的水位低于设定值时，控制中心电路接收到这一信号以后，发出水泵电动机启动运转的信号。该信号经协调控制电路→SB1、SB2 电路→Q 电路，为水泵电动机提供三相供电电源，使水泵电动机进入泵水工作状态。
- 当水塔内的水位达到最高设定值时，控制中心电路接收到这一信号以后，发出水泵电动机停止运转的信号，经有关电路处理后使水泵电动机供电中断，停止泵水。

(2) 一般符号概略图

图 1-41 (a) 所示是某供电系统概略图。在该图中，发电机 G 输出的电源，先经 T₁ 电力变压器进行升压（由于发电机的绝缘及运行安全的限制，发电机电压不能太高，一般为 3.15~15.75kV，为了提高输电效率，减小线路中的损耗，需要用高电压线路送电，故要先将发电机输出的电压进行升压）→高压输电线 W₁→区域变电所的降压变压器 T₂ 降压→高压输电线 W₂→用户变压器 T₃（也是降压变压器）→低压配电线去用户。

图 1-41 (b) 所示是某用户的照明配电系统概略图。在该图中，220 V 交流电源先经电力系统的开关 Q（断路器、刀开关等）→FU1 保险元器件后，再经 FU2、FU3、FU4 保险元器件分别提供给三户家庭做照明用电。

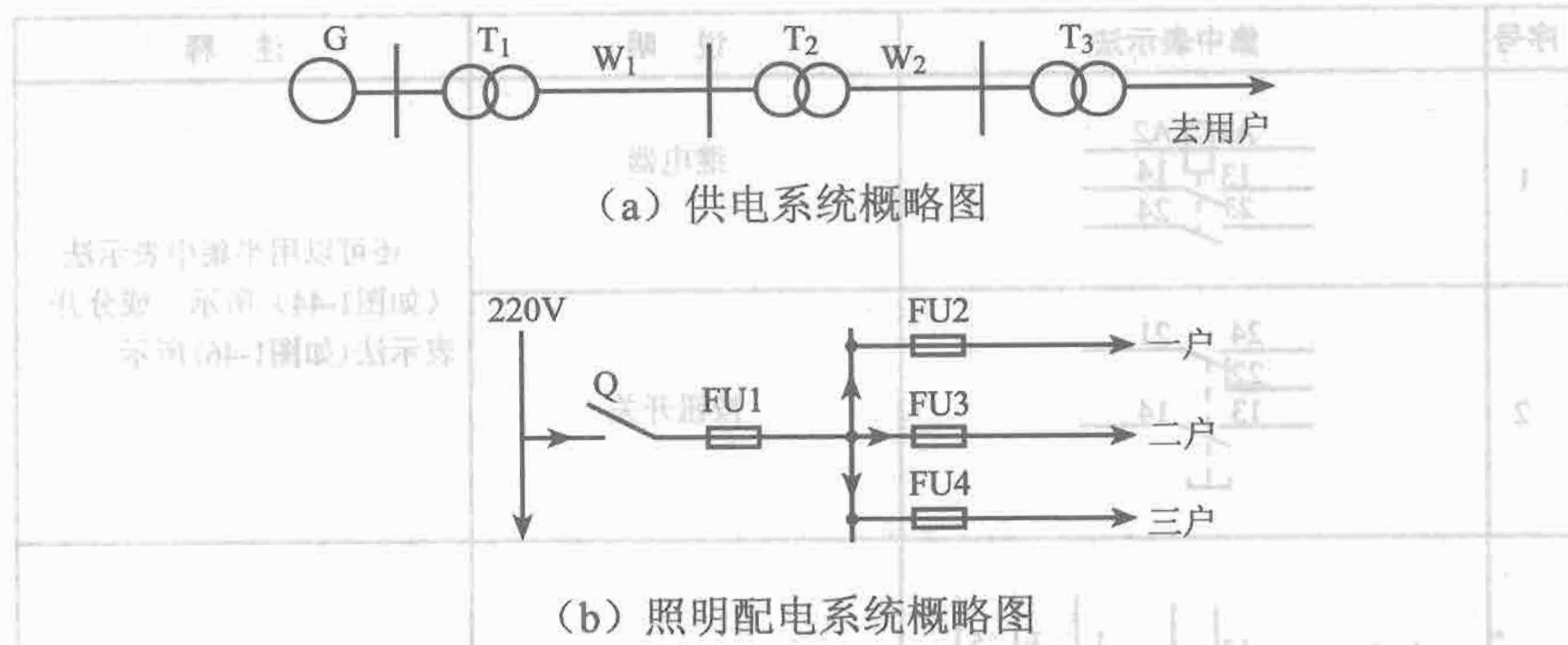


图 1-41 供电系统及用户照明配电系统概略图

1.4.5 电路图

1. 电路图的作用与基本特征

电路图是电路原理图的简称，通常是根椐电气线路图简化而来的。电路图的作用是表达电路的工作原理和连接状态，不讲究电气设备的形状、位置和导线走向的实际情况。

电气电路图类似于无线电设备的电原理图，图中的电气设备均采用图形符号和文字符号，并按工作顺序排列构成的一种简图。这种图对于详细了解电气设备的工作原理或工作过程，分析和计算电路特性，分析判断故障的大概部位很有好处，也为绘制接线图提供了依据。

电路图有的是单独绘制的，也有的是与接线图、功能图（表）等画在同一张图上的。

2. 读识电路图时应注意的几个方面

(1) 电气设备与元器件的表示方法方面

在电路图中，电气设备及元器件通常采用符号来表示，但也有例外，如有的采用简化的外形来表示，并以适当的形式标注了其代号、名称、型号、规格及数量等。

(2) 电气设备与元器件的工作状态方面

在电路图中，电气设备及元器件的可动部分通常可表示在非激励或不工作状态。

(3) 符号的布置方面

在电路图中，对于驱动部分和被驱动部分之间采用机械连接的设备 and 元器件（如图 1-42 所示序号 1 中继电器的线圈和触点），以及同一设备的多个元器件（如图 1-42 所示序号 2 中的转换开关的各对触点）。

3. 电路图中元器件和连接线的表示方法

在电路图中，元器件和连接线的几种特殊的表示方法有集中表示法、半集中表示法及分开表示法。

(1) 集中表示法

所谓集中表示法，是指将一个元器件各组成部分的图形符号绘制在一起的一种表示方法，如图 1-42 和图 1-43 所示。

序号	集中表示法	说明	注释
1		继电器	还可以用半集中表示法(如图1-44)所示,或分开表示法(如图1-46)所示
2		按钮开关	
3		手动或电动的带自动脱扣机构、脱扣线圈、过电流和过负载释放的断路器	还可以用半集中表示法(如图1-44)所示,或分开表示法(如图1-46)所示
4		三绕组变压器	可用分开表示法(如图1-46)所示表示
5		光耦合器	

图 1-42 集中表示法示例图

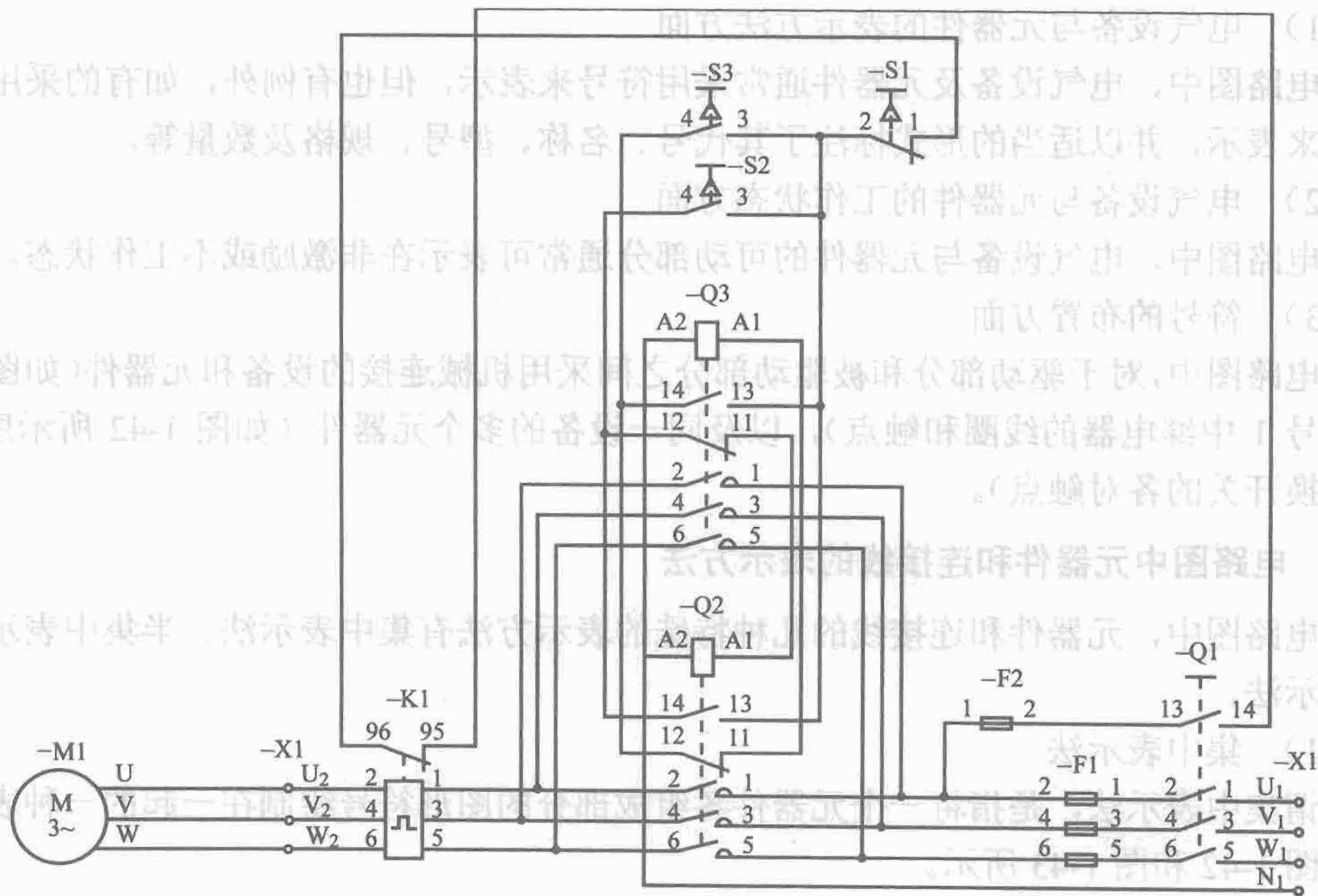


图 1-43 双向旋转驱动系统用集中表示法示意图

(2) 半集中表示法

所谓半集中表示法，是指将一个元器件各组成部分的图形符号在图上分开布置，其间的关系用机械连接线的表示方法，目的是为了简化电路，从而得到一个清晰的电路布局。机械连接线可以是直线，也可以折弯、分支和交叉。图 1-43 所示为双旋转驱动系统集中表示法示意图。

半集中表示法适用于内部具有机械联系的元器件，如图 1-44 和图 1-45 所示。这两图所表示的元器件与图 1-42（序号 1~3）和图 1-43 中的相同。

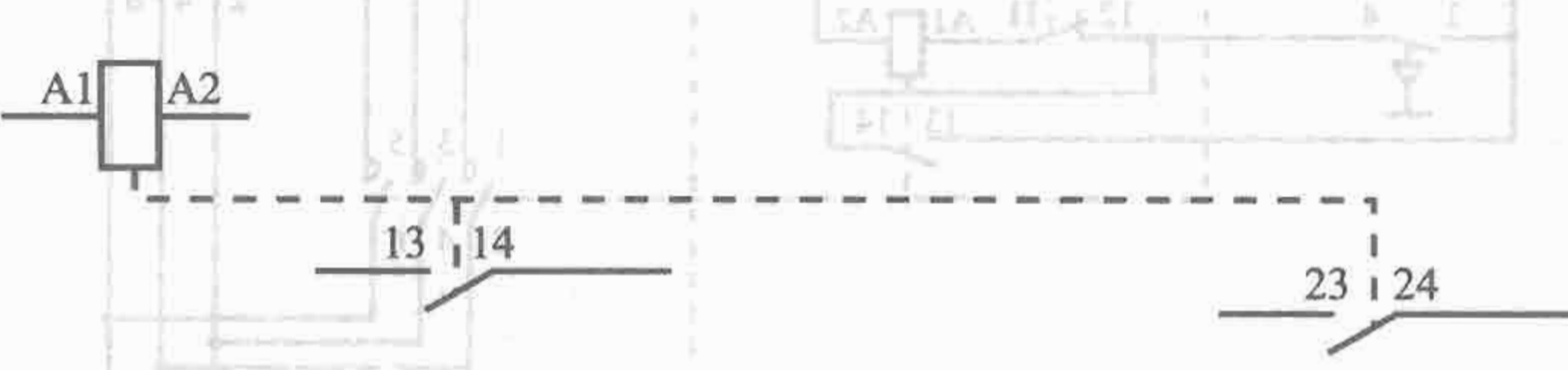
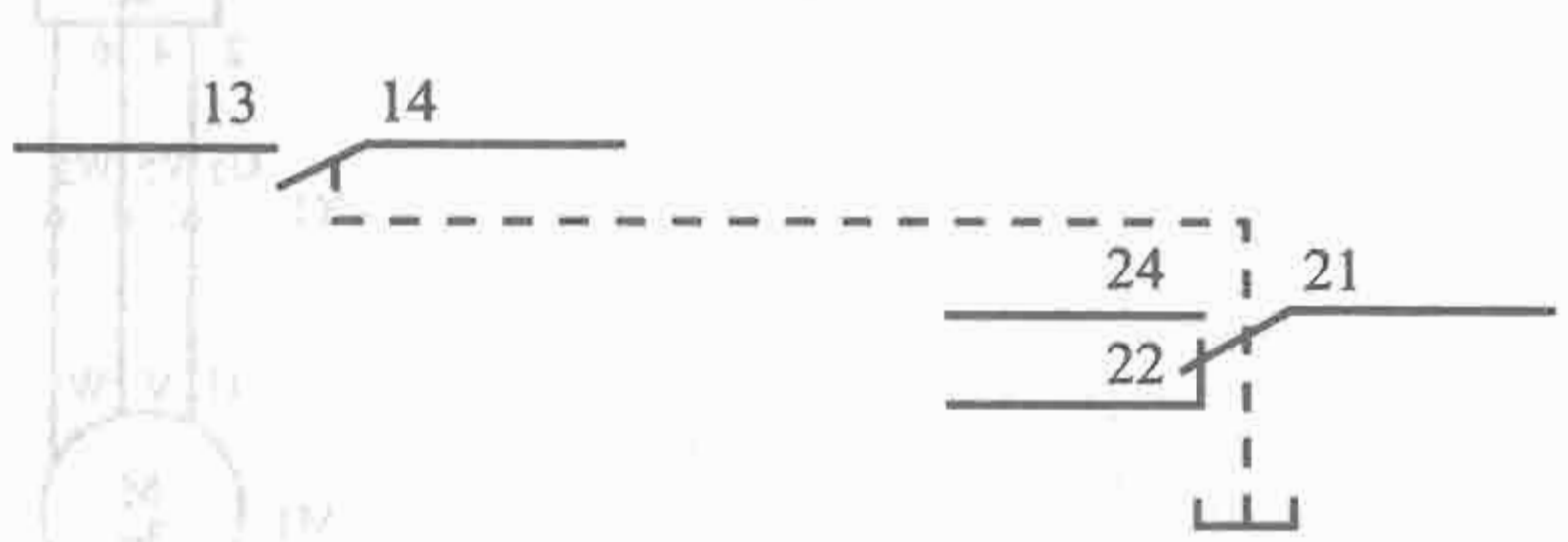
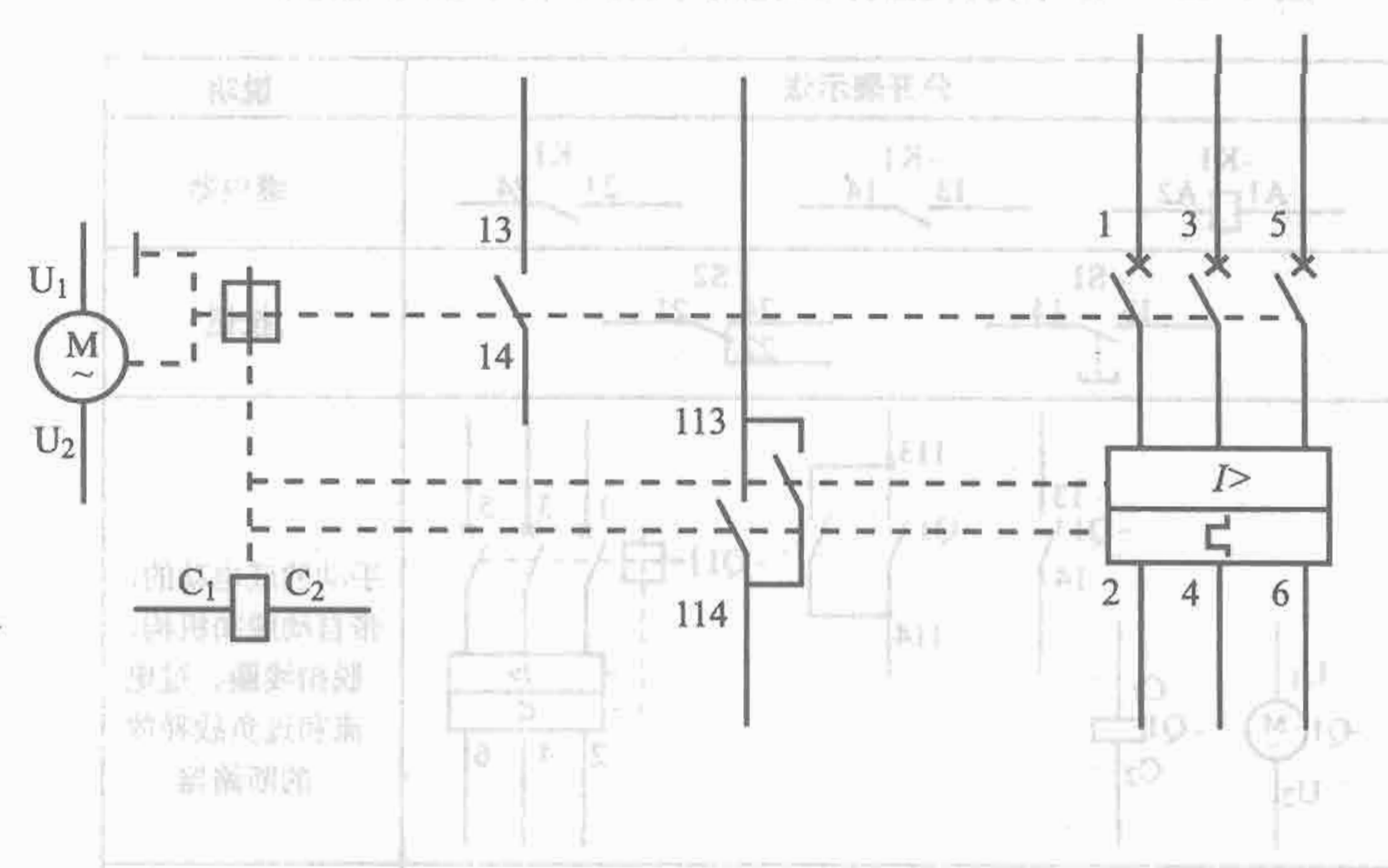
序号	半集中表示法	说明
1		
2		
3		<p>手动或电动的，带自动脱扣机构、脱扣线圈、过电流和过负载释放的断路器</p>

图 1-44 半集中表示方法示例图

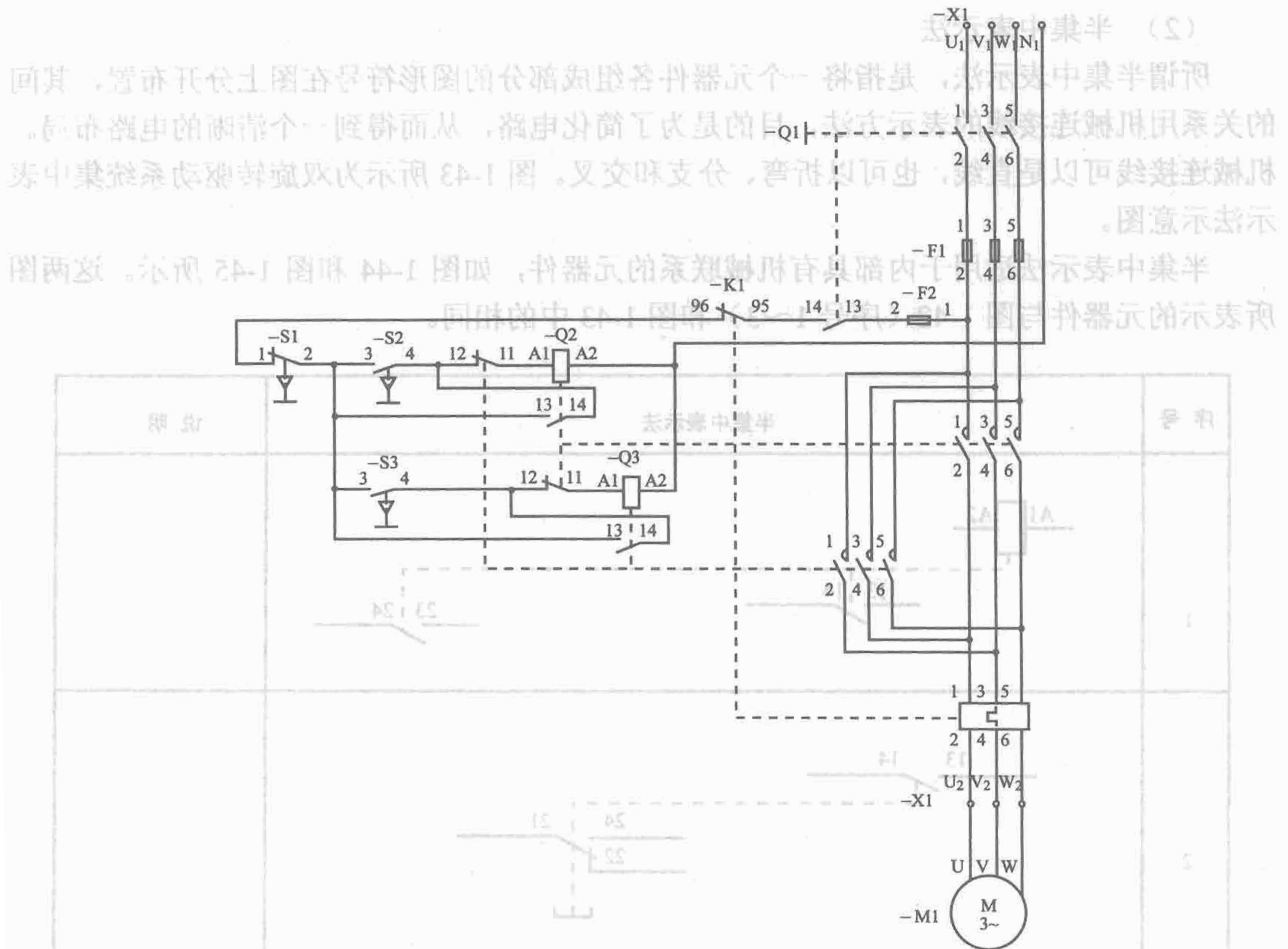


图 1-45 双向旋转驱动系统用半集中表示法示意图

序号	分开表示法	说明
1		继电器
2		按钮
3		手动的或电动的, 带自动脱扣机构、脱扣线圈、过电流和过负载释放的断路器
4		三绕组变压器
5		光耦合器

图 1-46 分开表示方法示意图

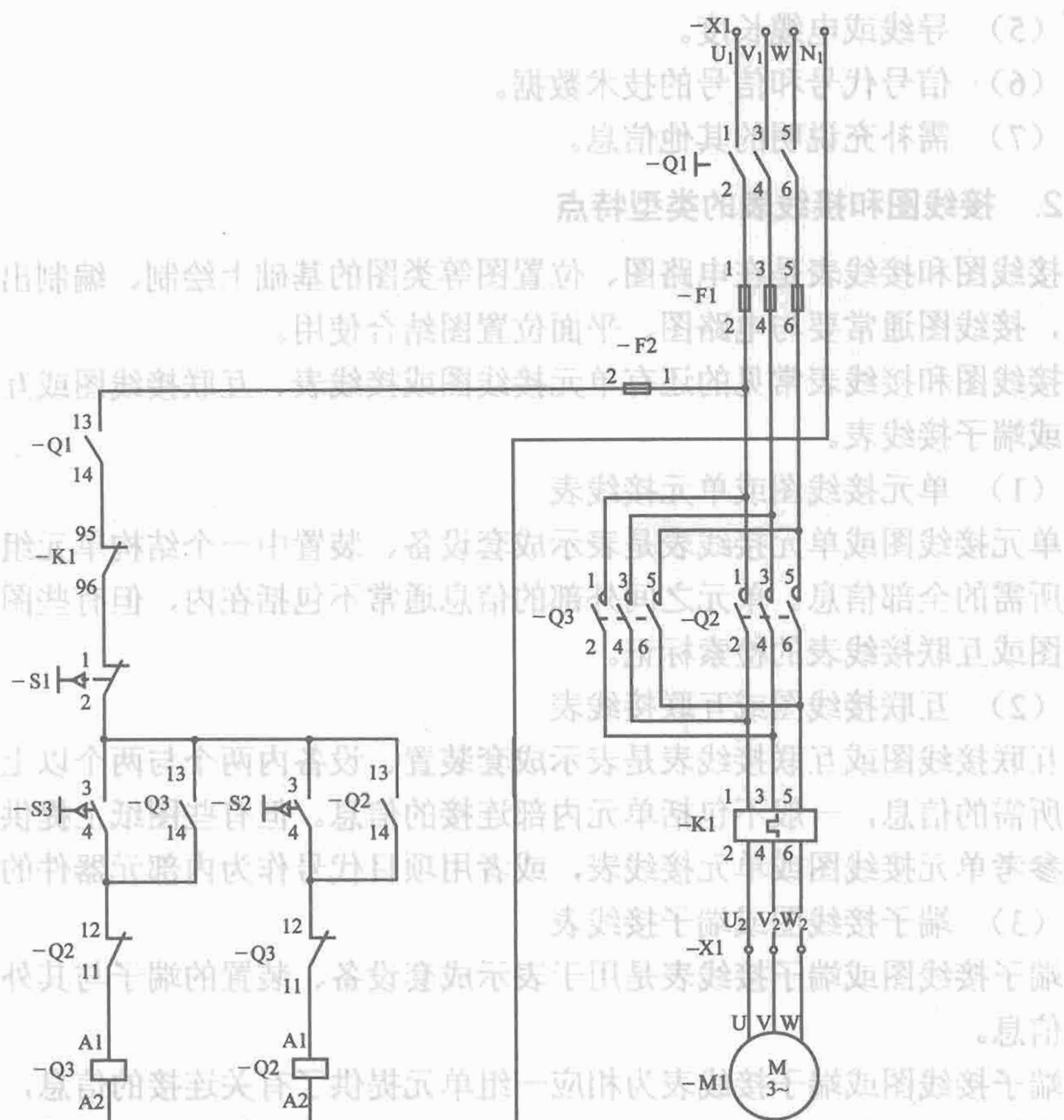


图 1-47 双向旋转驱动系统用分开表示方法示意图

1.4.6 安装接线图和接线表

接线图或接线表是表示元器件、器件、组件和装置之间实际连接关系的一种简图或表格，用于进行电气安装接线、线路检查、线路维修及故障排除。

接线图和接线表仅是表述相同内容的两种不同形式，两者的功能完全相同，可以单独使用，也可以组合在一起使用，通常以接线图为主，接线表进行补充。

1. 接线图和接线表包含的信息

接线图和接线表包含了每一连接点及所用导线或电缆的信息。对端子接线图和端子接线表，通常仅示出了一端。

在特殊情况下，接线图和接线表还包含有下述信息：

- (1) 导线或电缆种类的信息，如型号牌号、材料、结构、规格、绝缘颜色、电压额定值、导线数及其他技术数据。
- (2) 导线号、电缆号或项目代号。
- (3) 连接点的标记或表示方法，如项目代号和（或）端子代号、图形表示法、远端标记。
- (4) 导线的敷设、走向、端头处理、捆扎、绞合及屏蔽等说明方法。

- (5) 导线或电缆长度。
- (6) 信号代号和信号的技术数据。
- (7) 需补充说明的其他信息。

2. 接线图和接线表的类型特点

接线图和接线表是在电路图、位置图等类图的基础上绘制、编制出来的，故在实际使用时，接线图通常要与电路图、平面位置图结合使用。

接线图和接线表常见的还有单元接线图或接线表、互连接线图或互连接线表、端子接线图或端子接线表。

(1) 单元接线图或单元接线表

单元接线图或单元接线表是表示成套设备、装置中一个结构单元组内部各种元器件间连接所需的全部信息。单元之间外部的信息通常不包括在内，但有些图上提供了相应互连接线图或互连接线表的检索标记。

(2) 互连接线图或互连接线表

互连接线图或互连接线表是表示成套装置、设备内两个与两个以上单元之间线缆连接关系所需的信息，一般不包括单元内部连接的信息。但有些图纸上提供了适当的检索标记（如参考单元接线图或单元接线表，或者用项目代号作为内部元器件的检索标记）。

(3) 端子接线图或端子接线表

端子接线图或端子接线表是用于表示成套设备、装置的端子与其外部导线连接关系的所需信息。

端子接线图或端子接线表为相应一组单元提供了有关连接的信息，这些信息通常包含与同样的单元之间连接关系的互连接线图或互连接线表的同一形式的相同信息。

另外，接线图和接线表中还有电缆图和电缆表，但这类图、表在电气线路图中用得不多，故这里不再介绍。

1.5 电气图的组成与读识技巧

电气制图有一定的规范，了解和掌握电气制图的一般规则，有助于快速、准确地看图。

1.5.1 电气图的组成

电气图一般是由电路、技术说明和标题栏三部分组成。它们在图面上的分布位置如图 1-48 所示。

1. 电路

电路的结构形式和所能完成的任务是多样的，构成电路的目的常见有两个：一个是进行电能的传输、分配与转换；二是进行信息的传递和处理。后者采用电子电路构成的较多，下面重点介绍前者。



图 1-48 电气图图面上的分布位置

对于电能的传输、分配与转换的电路，一般是由主电路与辅助电路两个部分构成的。

(1) 主电路

主电路也称为一次回路，是电源向负载输送电能的电路。通常包括发电机、变压器、开关、接触器、熔断器以及负载等。

(2) 辅助电路

辅助电路也称为二次回路，是对主电路进行控制、保护、监测、指示的电路，通常包括继电器、仪表、指示灯、控制开关等。

一般情况下，主电路通过的电流较大，导线的线径较粗；而辅助电路中的电流较小，导线的线径也较细。

(3) 电路的结构

电路是电气图的主要构成部分。由于电器元件的外形和结构比较复杂，故在电路图中，都采用国家统一标准规定的图形符号和文字符号来代表电器元件的不同种类、规格以及安装方式。

电路图的结构形式较多，根据电气图的不同用途，有多种形式。有的仅绘制电路图，以便了解电路的工作过程及特点。有的仅绘制了装配图，以便了解各个电器元件的安装位置及配线方式。对于比较复杂的电路，通常还画出安装接线图。必要时，还要绘制分开表示的接线图（又称为展开接线图）、平面布置图等，以供各方面人员使用。

2. 技术说明

电气图中的文字说明与元件明细表等总称为技术说明。

(1) 文字说明

文字说明用来注明电路的某些要点及安装要求等，通常写在电路图的右上方，若说明较多，通常采用附页来说明。

(2) 元件明细表

元件明细表用来列出电路中元件的名称、符号、规格和数量等。元件明细表以表格的方式写在标题栏的上方，元件明细表中的序号是按自下而上进行编排的。

3. 标题栏

标题栏画在电路图的右下边，其中标注有工程名称、图名、图号，还有设计人员、制图人员、审核人员、批准人员的签名与日期等。标题栏是电路图的重要技术档案，栏目中的签名者对图中的技术内容要各负其责。

1.5.2 读识电气图须知

读识电气图之前，必须要知道的基本知识较多，但最主要的有以下几个方面：

1. 掌握一定的基础知识

学习掌握一定的电子、电工技术基本知识，了解各类电气设备的性能、工作原理，并清楚有关触点动作前后状态的变化关系。

2. 掌握典型电路的特性

对常用常见的典型电路，如过流、欠压、过负荷、控制、信号电路的工作原理和动作

顺序有一定的了解。

3. 掌握电气图形符号的含义

熟悉国家统一规定的电力设备的图形符号、文字符号、数字符号、回路编号规定通则及相关的国标。了解常见常用的外围电气图形符号、文字符号、数字符号、回路编号及国际电工委员会(IEC)规定的通用符号和物理量符号(见前文内容)。

4. 了解绘制二次回路图的基本方法

电气图中一次回路用粗实线,二次回路用细实线画出,一次回路画在图纸左侧,二次回路画在图纸右侧。由上而下先画交流回路,再画直流回路。同一电器中不同部分(如线圈、触点)不画在一起时用同一文字符号标注。对接在不同回路中的相同电器,在相同文字符号后面标注数字来区别。

5. 掌握开关、触点的图面状态

电路中开关、触点位置均在“平常状态”绘制。所谓“平常状态”是指:开关、继电器线圈在没有电流通过及无任何外力作用时触点的状态。通常说的动合、动断触点都指开关电器在线圈无电、无外力作用时它们是断开或闭合的,一旦通电或有外力作用时触点状态随之改变。

1.5.3 快速读识电气电路图的基本方法

读识电气电路图时,可结合以下几方面的内容去看图。

1. 结合电工、电子技术的基础知识

有些电气电路图虽然不算太复杂,但如果不从电路原理上掌握其连线规律,诊断线路故障就比较困难,所以要顺利修好常用电气设备,就必须读懂和掌握电气电路图,尤其是初学者,更要学会如何读识电气电路图。对于各类电气电路图的识别通常有以下识图要领。

由于各种输变配电、电力拖动、配电检测用仪器仪表、照明、家用电器等的电路或电路连接关系都是依据它们的工作原理,按一定的规律合理地连接在一起的,而这种合理的连接都是建立在电工与电子技术理论基础上的。因此,要想迅速、无误地读懂电气图,具备一定的电工、电子技术的基础知识是十分必要的。例如,电力拖动常用的三相鼠笼式异步电动机的双向控制(即正、反转控制),就是基于电动机的旋转方向是由三相电源的相序来决定的原理,采用两个交流接触器或倒顺开关来实现的,它是通过改变提供给电动机电源的相序,来达到正、反转控制目的的。

2. 结合典型应用电路

所谓典型应用电路,也就是其典型应用时的基础电路,这种电路的最大特点是既可以单独应用,也可以进行扩展后应用。电气线路的许多电路都是由若干个典型应用电路组合而成的。常见的典型应用电路有电动机启动、制动、正反转控制、过载保护、时间控制、顺序控制及行程控制等电路。

因此,熟悉了解各种典型应用电路,在读识电气图时,就可以将复杂的电气图划分为一个个单元的典型应用图,并能有效、迅速地分清主次环节,抓住主要矛盾,则可以快速

地读懂任何复杂的电路图。

3. 结合电气元器件的结构和工作原理

电气电路都是由各种电气元器件和配线组合而成的,如配电电路中的熔断器、断路器、互感器、负荷开关及电能表等;电力拖动电路中常用的各种控制开关、接触器和继电器等。在读识电气图时,如果了解了这些电气元器件的性能、结构、工作原理、相互控制关系及其在整个电路中的地位 and 作用,对尽快读懂电气图会很有帮助的。

4. 结合绘图规则

识读集中式、展开式电路图要本着先看一次电路,再看二次电路,先交流后直流的顺序,由上而下,由左至右逐步顺序渐进的原则,看各个回路,并对各回路设备元件的状况及对主要电路的控制,进行全面分析,从而了解整个电气系统的工作原理。

5. 结合有关图纸说明

图纸说明表述了该电气图的所有电气设备的名称及其数码代号,通过阅读说明可以初步了解该图有哪些电气设备。然后,通过电气设备的数码代号在电路图中找出该电气设备,再进一步找出相互连线、控制关系,就可以读懂该图,并了解到所读识电路的特点和构成。

6. 结合电气图形符号、标记符号

电气图是利用电气图形符号来表示其构成和工作原理的。因此,结合上面介绍的电气图形符号、标记符号读图,能顺利地读懂任何电气图。

1.5.4 快速读识电气电路图的基本步骤

要想尽快读懂电气图,通常可参考以下步骤进行。

1. 先阅读设备说明书

阅读设备说明书是为了了解设备的机械结构、电气传动方式,对电气控制有什么要求;电动机和电器元器件的分布情况及设备的使用操作方法;各种按钮、开关、熔断器等的作用。

2. 认真读懂图纸说明

读识电气图时,可先读懂图纸说明,其目的是为了了解设计的内容和施工中有什么具体要求,可以了解图纸的大体情况,以便于抓住读图的重点。电气图纸说明通常包括图纸目录、技术说明、元器件明细表和施工说明等,对它们都要认真读懂。

3. 读懂主题栏

在认真读懂图纸说明的基础上,进一步再读懂主题栏,其目的是为了了解该电气图的名称及标题栏中的相关内容,以便于对该电气图的类型、性质及作用等有明确的认识,同时也可以大致了解该电气图的内容。

4. 读懂概略图(系统图或框图)

在读完懂图纸说明和主题栏并对该图有了一个大概的认识以后,进一步就要读识概略图了。概略图反映的是电气图整个系统或分系统的概况,也就是它们的基本组成、相互关

系及其主要特征。因此，读懂了电气概略图就可为下一步理解系统或分系统的工作原理打下一定的基础，也为下一步理解电路图、接线图做好准备。

5. 读识电路图

电路图是电气图的核心，看图难度较大。但要理解系统或分系统的工作原理，就必须读懂电路图。对于较复杂的电路图，可先看懂相关的逻辑图和功能图，这对迅速读懂电路图很有帮助。

(1) 划分各个单元或功能电路

在读识电路图时，首先，必须掌握组成电路的各个元器件的基本功能和电气特性。在大概掌握整图的基本原理基础上，再把一个个单独的功能电路框出来（即画出来），这样就容易抓住每一部分的主要功能及特性。

在上述识图的基础上，再分清哪些是主电路和控制电路，哪些是交流电路和直流电路。读识图时，按照先看主电路，再看控制电路的顺序进行。

- 看主电路：通常是从下往上看，即从用电设备开始，经控制元器件，顺次往电源看；
- 看控制电路：应自上而下、从左至右识读图纸，即先看电源，再顺次看各条回路，分析各回路元器件的工作状况及其对主电路的控制。

(2) 各个分电路的读图

- 通过对主电路图部分的读识，主要要搞清用电设备是怎样从电源获得供电的，电源是经过哪些元器件和线路送到负载的；
- 通过对控制部分的读识，一定要弄清其控制回路是怎样构成的，各元器件之间的连接关系（如是顺序还是互锁等）、控制关系及在什么情况下回路能够成为通路状态或断路状态，进而就可搞清整个系统的控制原理。

6. 读识接线图

接线图是以电路图为依据画出来的，因此对照电路图来读识接线图则十分方便。读识接线图时，也是要先读识主电路，再看控制电路。

(1) 看接线图时，可以依据端子标记、回路标号，从电源端顺次看下去，主要是搞清线路的走向和电路的连接方法，即搞清每个元器件是怎样通过连线构成闭合回路的。

(2) 看主电路时，从电源输入端看起，顺次经控制元器件和线路到用电设备，与看电路图有所不同。

(3) 看控制电路时，可从电源的一端看起到电源的另一端，可按元器件的顺序对每个回路进行分析。

(4) 看连接导线时，由于接线图中的线号是元器件间导线连接的标号，通常线号相同的导线原则上都是接在一起的。接线图多采用单线表示，故对导线的走向应注意辨别，对端子板内外电路的连接也要读识清楚。

(5) 识读安装接线图要对照电气原理图，先一次回路，再二次回路顺序识读。识读安装接线图要结合电路原理图详细了解其端子标志意义、回路符号。对一次电路要从电源端顺序识读，了解线路连接和走向，直至用电设备端。对二次回路要从电源一端识读直至电源另一端。接线图中所有相同线号的导线，原则上都可以连接在一起。

第 2 章 常用生产机械电气控制单元电路识图技巧

以电动机或生产机械的电气控制装置为主要描述对象，表示其工作原理、电气接线、安装方法等的图样，称为电气控制图。电气控制图有简单的，也有复杂的，机床设备的电气控制图都比较复杂，但都是由简单的单个电气控制电路组合而成的，这些单个电气控制电路又称为电气控制单元电路，下面介绍这些典型的单元电路识图。

2.1 读识电气控制单元电路的方法与步骤

用选定的导线将电气设备或装置中的所有元件或部件相互连接成电流回路，即可构成一个电气控制电路图。

了解电气控制电路图的内在联系和组成特点，对于看懂电气控制电路图很有好处。

2.1.1 电气控制电路图的组成

图 2-1 所示为最基本的电气控制电路原理方框图。各种不同的电气控制电路图都是以此为基础扩展而成的。例如，有的将液压系统过压力和欠压力保护线路与图 2-1 所示电路组合在一起，就构成了具有液压系统过压力和欠压力自动控制电路；有的将电动机缺相保护电路与图 2-1 所示电路组合在一起，就构成了具有缺相保护功能的电气控制电路；有的工厂将电热蒸馏水断水控制电路与图 2-1 所示电路进行组合，负载不是用电动机，而是改为电热元件，正、反转控制仅使用正转或反转控制电路来控制电热元件的供电，这样就组成了具有电热蒸馏水断水保护的电气控制电路。

由此可见，图 2-1 所示电路方框图是读识和检修电气控制电路故障的基础。只要搞清了该电路图的工作原理及电压去向，则读懂其他电路图也就不难了。

2.1.2 电气控制电路原理读识

由图 2-1 所示可以看出，电气控制电路图主要是由主电路、控制电路，以及照明灯和指示灯电路三部分为主构成的。

1. 主电路

用于控制三相电动机的基本主电路如图 2-2 所示，主要是由 QS 电源开关、FU1~FU5 五只熔断器、KM1-1~KM1-3 三组常开主触点、KM2-1~KM2-3 三组常开主触点、FT 热保护继电器、M 三相电动机，以及相关连接线共同组成的。

(1) QS 开关

电源开关 QS 一般为刀开关，用于控制整个控制线路的三相供电电源。刀开关的好坏可用万用表测量判断。当合上时，刀开关的输入端与输出端应导通。



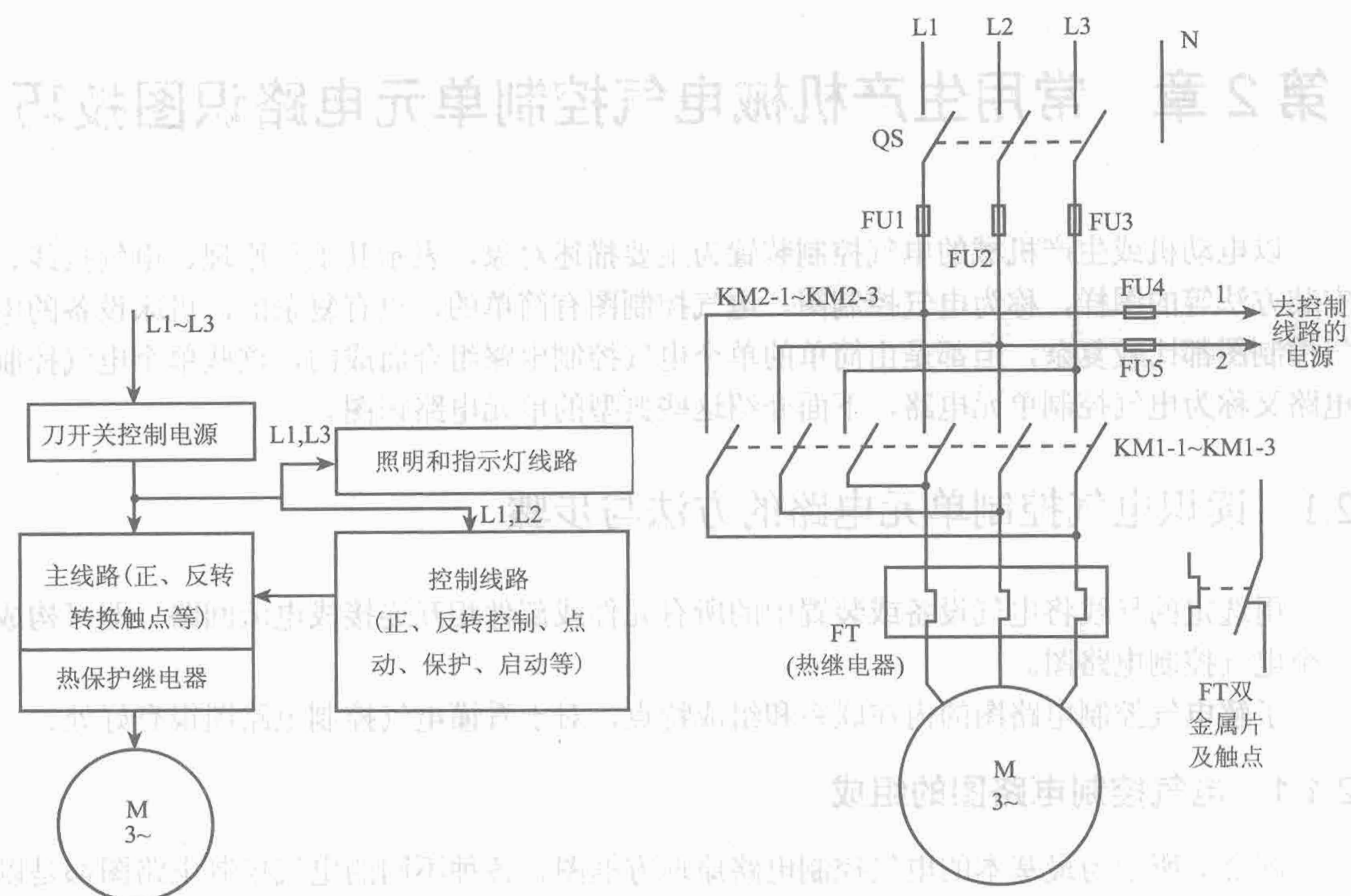


图 2-1 最基本的电气控制电路原理方框图

图 2-2 控制三相电动机的基本主电路

(2) FU1~FU3 熔断器

熔断器又称保险管，是整个控制系统的保险装置。当线路中流过超过规定的过大电流时，熔断器的熔丝自身因发热而熔断，切断线路，从而可防止烧坏线路的连接导线和用电设备，并把故障限制在最小范围内。因此，当熔断器的熔丝熔断之后，必须查明原因，排除故障后才能换上新熔丝。

熔断器熔断后，一般用观察法就可发现。对于较隐蔽的故障，需要进行详细检查。其具体方法是用万用表 $R \times 1 \Omega$ 电阻挡测量熔断器是否熔断。检查熔断器时应注意以下几点：

- 熔断器熔断后，必须真正找到故障原因，彻底排除故障隐患。
- 更换熔断器时，一定要用与原规定相同的熔断器来更换，不要随意使用比原规定容量大的熔断器。在控制线路上增加电气设备时不要随意改用容量大的熔断器，对于这种情况，最好另外再安装熔断器。
- 熔断器支架与熔断器接触不良会产生电压降和发热现象。因此，要特别注意检查熔断器支架有无氧化现象和脏污。有脏污和氧化物时，必须用细砂纸或金相砂纸打磨光，使其接触良好。

(3) FU4 与 FU5 熔断器

FU4 与 FU5 两只熔断器用于保护控制电路。这两只熔断器输出的电压是提供给电气控制电路的。有的电路中，照明电路所需的供电也取自此处。

(4) 热继电器 FT

热继电器是由双金属片和围绕在双金属片外面的电热丝（热元件）和触头三部分组成的。

- 热元件直接串接或间接串接在电动机定子绕组中，反映了电动机定子绕组电流的大小。
- 双金属片是由两种热膨胀系数不同的金属片（如铁镍铬合金和铁镍合金等）碾接在一起制成的。双金属片是感温元件，当电动机在额定负载或以下运行时，由热元件给予的热量不足以使金属片产生断开控制电路的形变。在电动机发生过载时，定子电路电流增大，热元件产生的热量大得足以使双金属片弯曲位移，其端部的动触头离开静触头，而此时触头在控制电路中是与交流接触器串联的，动、静触头分离后，交流接触器线圈断电释放，断开了电动机供电的电路，从而达到了过载保护的目。
- 双金属片是将等长的具有不同线膨胀系数的两种金属以机械方式碾压后形成一体制成的。受热时，线膨胀系数大的一面——主动层产生较大的延伸，线膨胀系数小的一面——从动层延伸量较小，这样导致它们由平直状态变为弯曲状态，主动层向从动层方向发生弯曲。这就是双金属片受热时弯曲形变的工作机理。
- 热继电器双金属片主动层多采用铁镍合金、高锰合金等材料，线膨胀系数为：

$$\alpha_1 = (13 \sim 20) \times 10^{-6} (1/^\circ\text{C})$$

从动层采用铁镍类合金（殷钢），线膨胀系数为：

$$\alpha_2 = (1 \sim 2) \times 10^{-6} (1/^\circ\text{C})$$

- 使用中，应定期去除尘埃和污垢。若双金属片中出现锈斑，则可用棉花蘸上汽油轻轻擦拭，切忌用砂纸打磨。
- 使用中要每年通电检验一次。另外，当主电路发生短路故障后，应检查发热元件和双金属片是否已发生永久性变形。若发生变形或无法做出判断时，则应进行通电试验。在调整时，绝不允许弯折双金属片。

热继电器保护特性的具体动作情况见表如 2-1 所列。

表 2-1 热继电器保护特性的具体动作情况

热继电器整定电流倍数（与被保护设备额定电流之比）	动作时间（min）	起始状态
1	长期不动作	—
1.2	20	从热态开始
1.5	2	从热态开始
6	6s	从热态开始

热继电器的整定电流是指感温元件长期工作所允许通过的最大电流值，超过此值后，热继电器便动作。整定电流的大小可通过热继电器上的整定电流装置调节，通常整定值为被保护设备的额定电流值。

2. 控制电路

用于控制三相电动机正、反转的基本控制电路如图 2-3（a）所示，主要由 SB1（停机按钮开关）、SB2（电动机正转启动按钮开关）、SB3（电动机反转启动按钮开关）、KM1（电动机正转控制交流接触器）、KM2（电动机反转控制交流接触器）、FT（热保护继电器的闭合触点）及相关连接线共同组成。

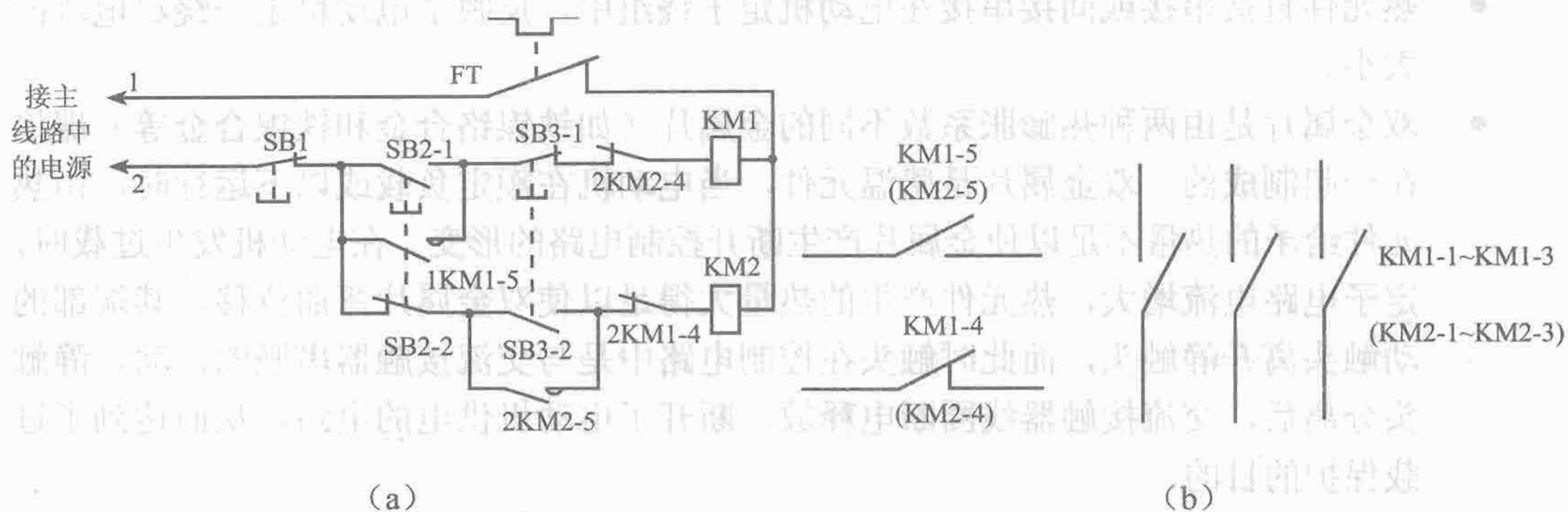


图 2-3 控制三相电动机的基本控制电路

(1) 按钮开关

SB1~SB3 均为按钮开关，在低压控制电路中它不直接控制主电路，而是被用来接通和分断控制线路，用于手动发出控制信号，操纵交流接触器、继电器或电气联锁线路，以实现对生产机械各种运动的远距离控制。

- 控制按钮的组成：控制按钮由按钮帽（操作头）、复位弹簧、桥式触头和外壳等组成，按钮的触头允许通过的电流很小，一般不超过 5A。
- 按钮开关的结构：其外形图、结构和原理示意图如图 2-4 所示。

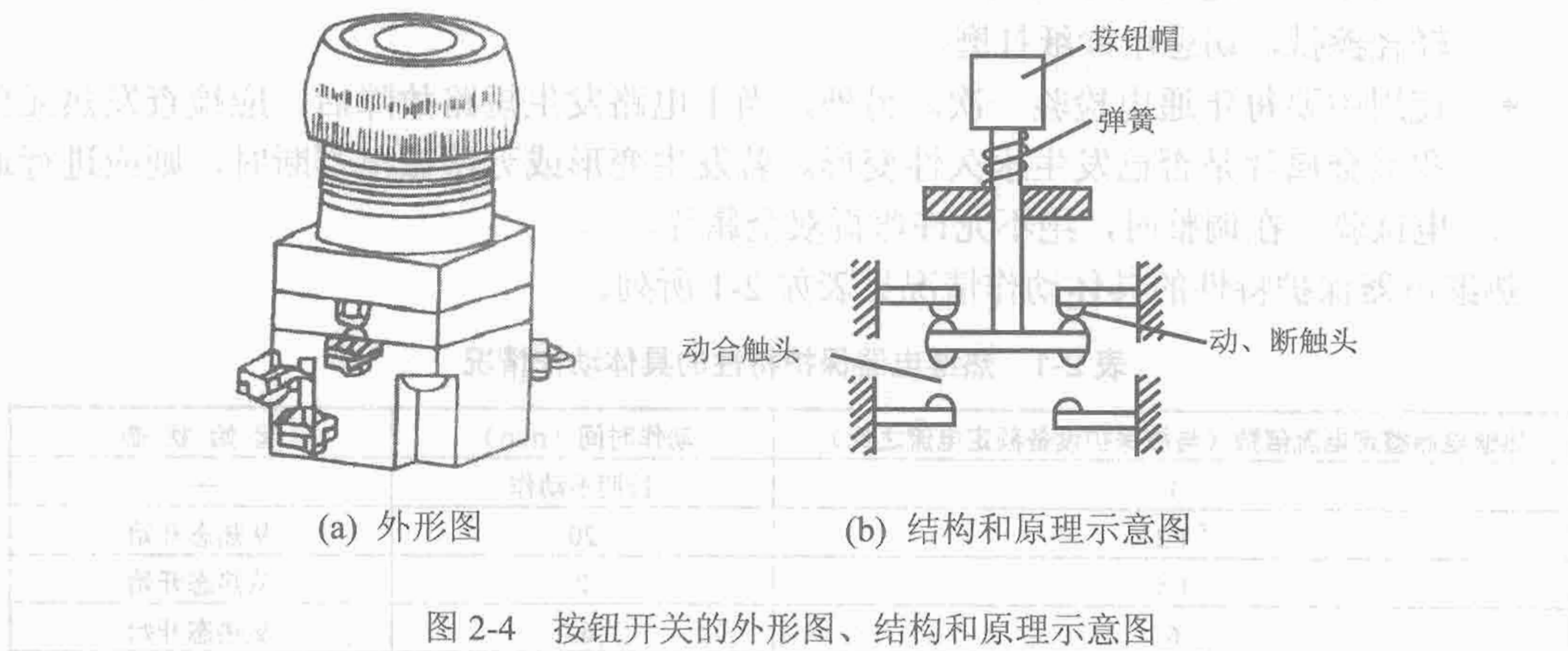


图 2-4 按钮开关的外形图、结构和原理示意图

- 按钮开关的类型：根据按钮开关的作用和触点配置情况，常分为三种类型。常开按钮又称为启动按钮，如图 2-5 (a) 所示，当未按下按钮时，触点是断开的，当按下按钮时，常开触点闭合，当松开按钮后，按钮自动复位，触点断开；常闭按钮又称为停止按钮，如图 2-5 (b) 所示，当未按下按钮时，触点是闭合的，当按下按钮时，常开触点断开；当松开按钮后，按钮自动复位，触点闭合；复合按钮又称为常闭、常开组合按钮，如图 2-5 (c) 所示，该按钮设置了两组触点，当未按下按钮时，其一组触点是断开的，另一组触点是闭合的；当按下按钮时，常闭触点先断开、常开触点后闭合；松开后，按钮自动复位，已闭合的常开触点先断开，已断开的常闭触点后闭合；其触点动作规律是：先断后合。

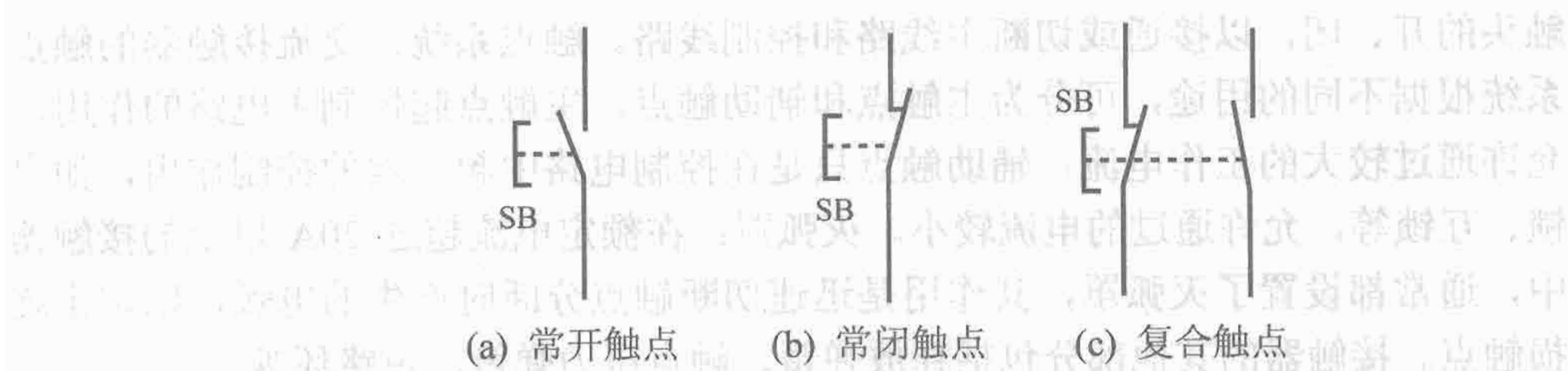


图 2-5 按钮开关图形及文字符号

- 按钮开关的颜色：控制按钮的色标颜色代表着按钮的功能，标在绘有图形符号的按钮上，能使操作者直观地了解机器操作和机器的功能，并起到美化机器的作用。停止按钮：通常采用红色；急停按钮：通常采用红色蘑菇头式；启动按钮：通常采用绿色或黑色。

上述按钮开关具有防护挡圈，防护挡圈高于按钮头，用于防止意外触动使机器误动作。

- 按钮开关的检查：按钮开关接触应良好，可用万用表电阻挡测量开关两端在按下按钮时，是否接通（指常开触点）或是否断开（指常闭触点）。由于按钮开关触点间的距离较小，如有油污等容易发生短路故障，因此应保持触点的清洁。

(2) 交流接触器

- 交流接触器的作用。交流接触器是用来接通或断开带负载的交流主线路或大容量控制线路的自动化切换电器，主要控制对象是各种电动机，但也可用来控制其他电力负载，如电热器、照明、电焊机及电容器组等。交流接触器不仅可以切换和接通线路，而且还具有欠电压和失电压释放保护功能。由于其控制容量大，故适用于频繁操作和远距离控制，在电气自动控制线路中应用相当广泛。
- 交流接触器的类型。交流接触器根据分类方式的不同可分为四种类型。按主触头控制电流分类：可分为直流接触器和交流接触器两种，其中，交流接触器又可按电源频率再分为工频（50 Hz 或 60 Hz）和中频（如 400 Hz）两种。按励磁电流分类：可分为直流励磁方式和交流励磁方式两类。按主触头极数分类：可分为单极、二极、三极、四极和五极。直流接触器通常为单极和二极的；交流接触器大多是三极的，双回路控制时要用四极的；多速电动机控制或者自动式自耦减压启动器中大多采用五极的。按触头驱动方式分类：可分为电磁接触器、气动接触器和液压接触器，电磁接触器应用最广。

另外，按初始工作状态的不同，接触器的触点又可分为动合触点和动断触点。动合触点是指在线圈断电时处于分断状态，线圈通电衔铁吸合时处于闭合状态的触点。动断触点与动合触点正好相反，衔铁释放时触点闭合，衔铁吸合时触点分断。

还有一种交流真空接触器，这种接触器采用了新型真空技术，触头间隙真空电弧不会外喷，介质恢复速度快、体积小、维修方便，适用于防爆、防腐、分断电容负载及电压在 1000 V 以上的场合使用。

- 交流接触器的组成。图 2-6 所示是一种较典型的交流接触器外形示意图，主要由四个部分组成。电磁系统：电磁系统包括电磁线圈、“山”字形铁芯和衔铁（静铁芯、动铁芯）等，线圈通电或断电时产生吸力或释放，使动铁芯做相应的动作，控制

触头的开、闭，以接通或切断主线路和控制线路。触点系统：交流接触器的触点系统根据不同的用途，可分为主触点和辅助触点。主触点起控制主电路的作用，允许通过较大的工作电流；辅助触点只是在控制电路中起一定的控制作用，如自锁、互锁等，允许通过的电流较小。灭弧罩：在额定电流超过 20A 以上的接触器中，通常都设置了灭弧罩，其作用是迅速切断触点分断时产生的电弧，以防止烧损触点。接触器的其他部分包括释放弹簧、触点压力弹簧、短路环等。

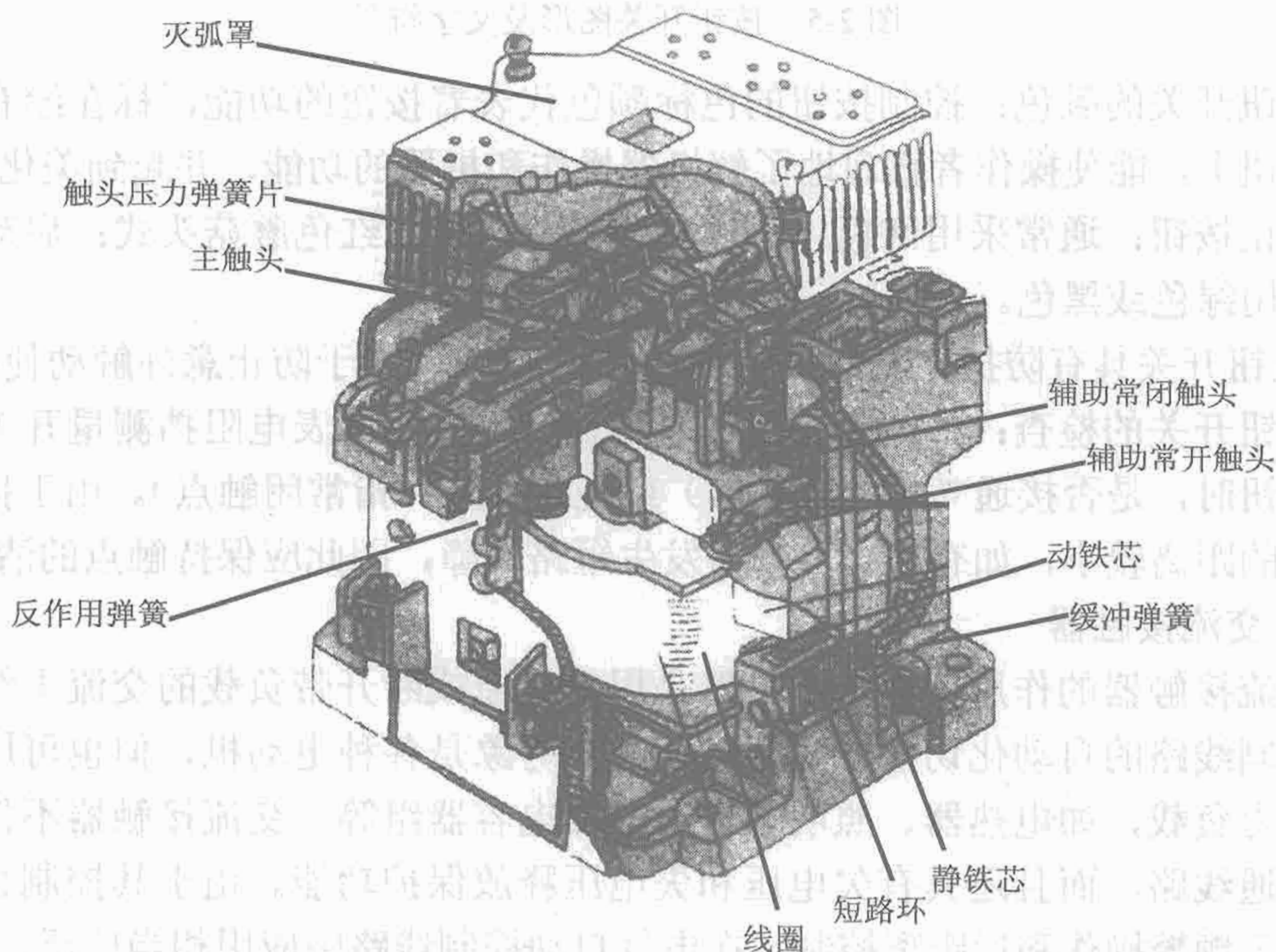


图 2-6 交流接触器外形示意图

释放弹簧的作用是在线圈断电时使衔铁和触点复位。触点压力弹簧的作用是增大触点闭合时的压力，增大触点的接触面积，减小接触电阻。短路环的作用是交变电流过零时维持动、静铁芯之间吸力，消除动、静铁芯之间的振动，从而防止触头的跳动，减小噪声。

接触器的工作原理示意图如图 2-7 所示。当按下按钮 S_1 时，线圈通电产生磁吸力将衔铁吸合，带动触点闭合，主触点的闭合使被控电动机通电工作；而辅助触点的闭合则实现了控制线路的自锁。当按下按钮 S_2 时，线圈断电，电磁吸力消失，在释放弹簧的作用下衔铁和触点复位，自动切断了电动机的工作电源，使其断电停止工作。

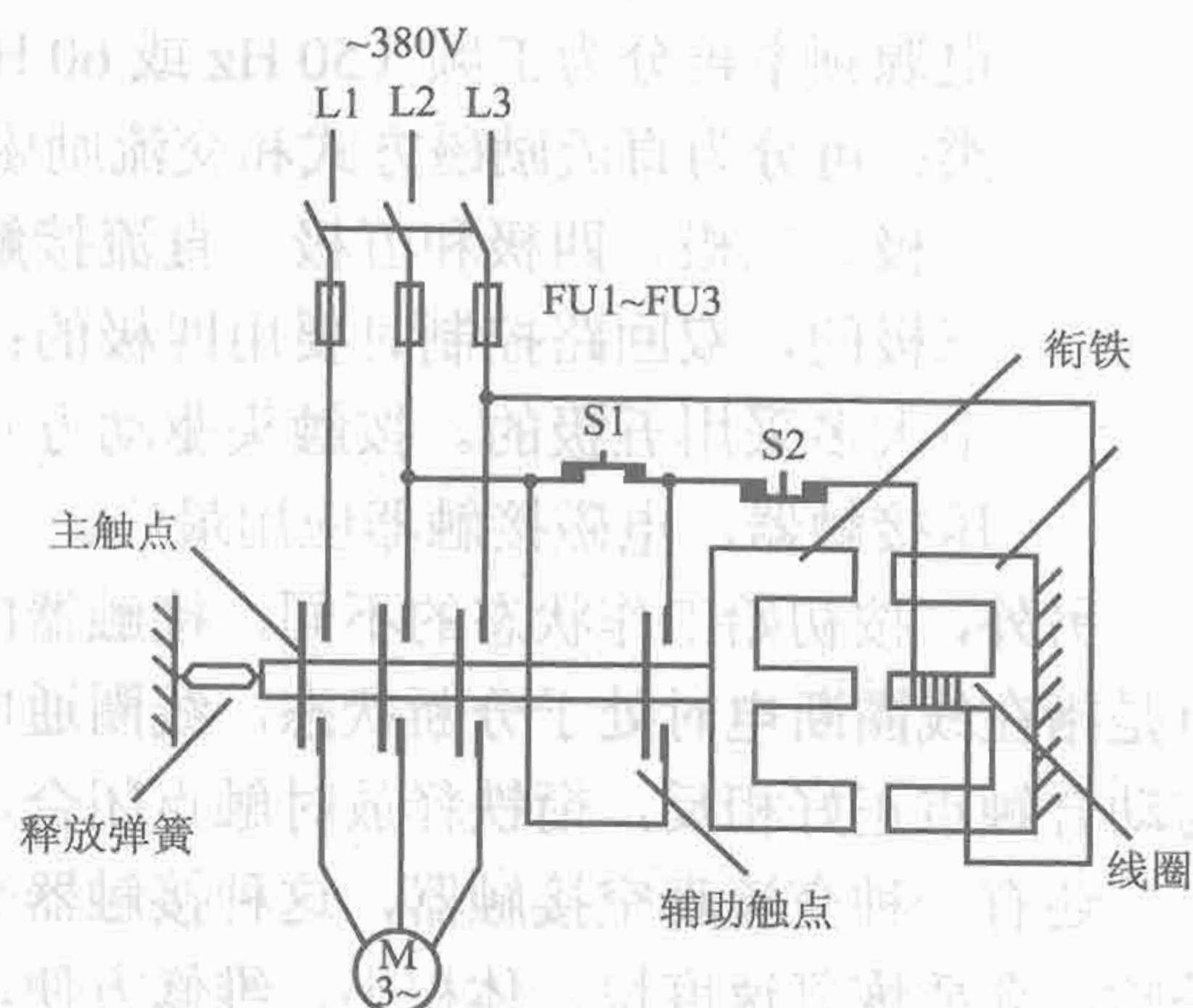


图 2-7 接触器的工作原理示意图

3. 照明灯和指示灯电路

照明灯和指示灯较常见的电路如图 2-8 所示, 主要由电源变压器 T、指示灯 HL、照明灯 EL 和照明灯开关 SA 及相关连接线等共同组成。

(1) 电源变压器 T

电源变压器 T 是一种电力降压变压器, 用于将电压降压后供照明灯和指示灯等使用。电源变压器较常见的绕组形式如图 2-8 所示, 其中:

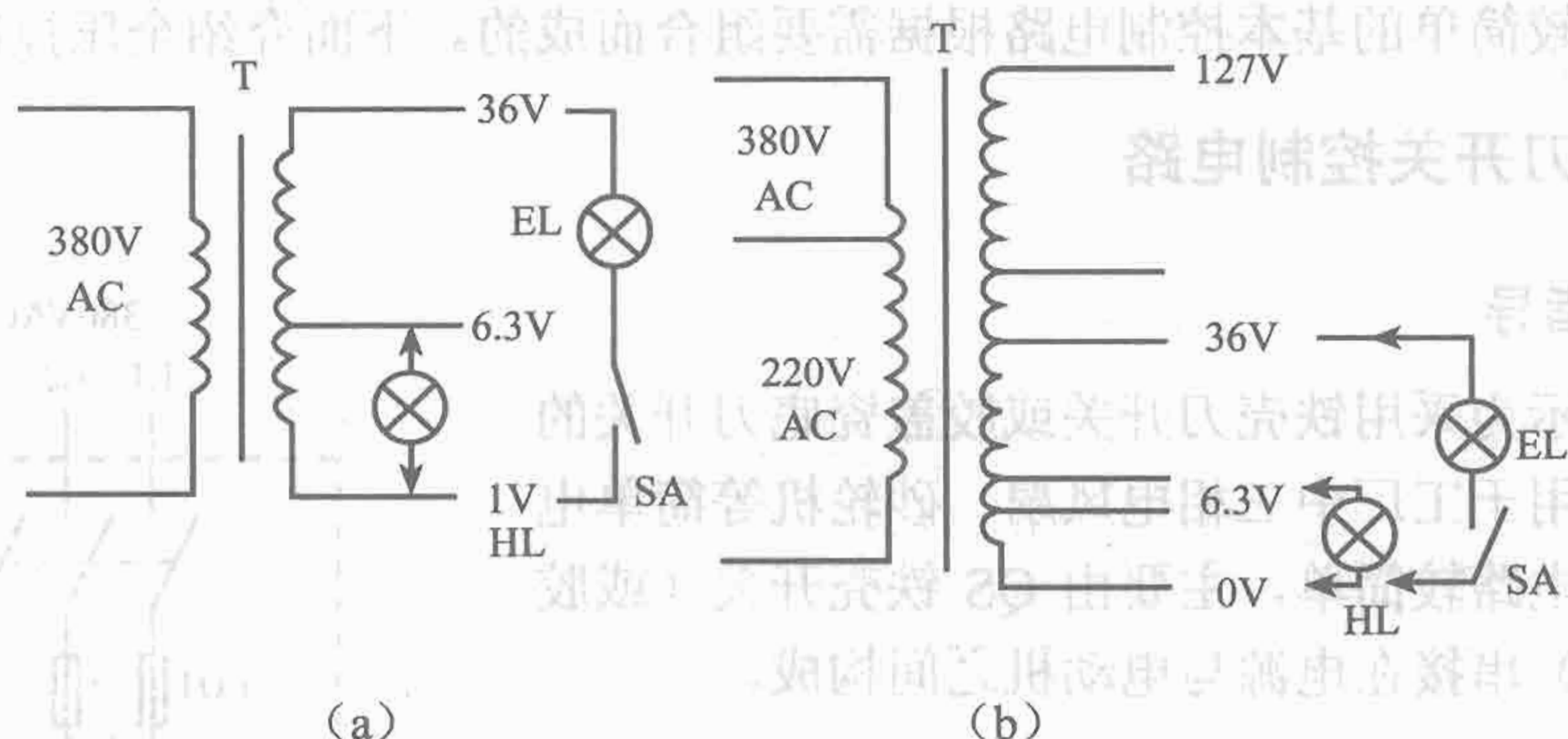


图 2-8 照明灯和指示灯较常见的电路

- 图 2-8 (a) 所示电路中的电源变压器 T 供照明灯和指示灯使用, 有两种类型: 一种是其初级与交流 220 V 配套使用 (即其一端接 $L_1 \sim L_3$ 相中的任一个相电压, 另一端接零线 N); 另一种是其初级与交流 380V 配套使用 (即其两端接 $L_1 \sim L_3$ 相中任两个相电压)。不管采用什么样的初级电压, 其次级都有 36V 与 6.3V 交流低压输出, 前者供照明灯使用, 后者供电源指示灯使用。SA 是控制照明灯的开关, 当其合上后, 照明灯 EL 就将被点亮发光。
- 图 2-8 (b) 所示电路中的电源变压器 T 不仅可供照明灯和指示灯使用, 它还有一组 127V 的交流电压输出端, 该电压大多作为控制线路的供电。这种变压器在机床设备上应用较多。变压器的初级有一个 220 V 抽头, 故可适应 220V 和 380V 两种电源。但应注意, 其次级电压与初级输入电压之间的对应关系, 绝不能将 380V 交流电压连接到 220V AC 引线端子上, 否则会使电源变压器因严重发热而烧坏。

正常的电源变压器, 其初级绕组由于所绕的漆包线较多、线径较细, 故都有一定的电阻值存在。若用万用表测量其电阻值为 ∞ , 则说明其已开路; 若测得的电阻值很小或为 0Ω , 则说明其局部绕组已出现短路或已烧坏。次级绕组由于用线较粗, 故其电阻值一般都较小, 若用万用表测得其电阻值为 ∞ , 则说明其已开路。

电源变压器 T 的初、次级之间应用一定的绝缘电阻, 用万用表 $R \times 10 \text{ k}\Omega$ 挡测量的电阻值应为 ∞ 。若有电阻存在, 则说明所测的电源变压器初、次级之间的绝缘已被破坏, 这样的变压器不能继续使用, 应及时更换。

(2) 照明灯和指示灯

照明灯泡和指示灯泡多属低压白炽灯泡, 前者为 36 V, 后者为 6.3 V。判断白炽灯泡是否损坏, 可直接观看其灯丝是否熔断。

2.2 读识三相电动机全压控制电路

工厂电气设备及生产机械一般都是由电动机拖动的，对电动机则是通过某种自动控制方式进行控制的。所谓全压控制就是控制电路加到电动机上的电压为全部电源电压。全压控制电路的类型较多，这主要是由于各种生产机械加工的对象不同和生产工艺要求不同，电气控制电路也就不同，有的比较简单，有的相当复杂。但任何复杂的电气控制电路，也都是由一些比较简单的基本控制电路根据需要组合而成的。下面介绍全压控制电路。

2.2.1 读识刀开关控制电路

1. 识图指导

图 2-9 所示为采用铁壳刀开关或胶盖瓷底刀开关的控制电路。多用于工厂中三相电风扇、砂轮机简单电气设备上。该电路较简单，主要由 QS 铁壳开关（或胶盖瓷底刀开关）串接在电源与电动机之间构成。

2. 工作原理

图 2-9 所示电路的工作原理较简单，当合上铁壳开关后，电动机即可得电工作，从而带动生产机械旋转。当拉下 QS 开关后，电动机就会断电停止工作。

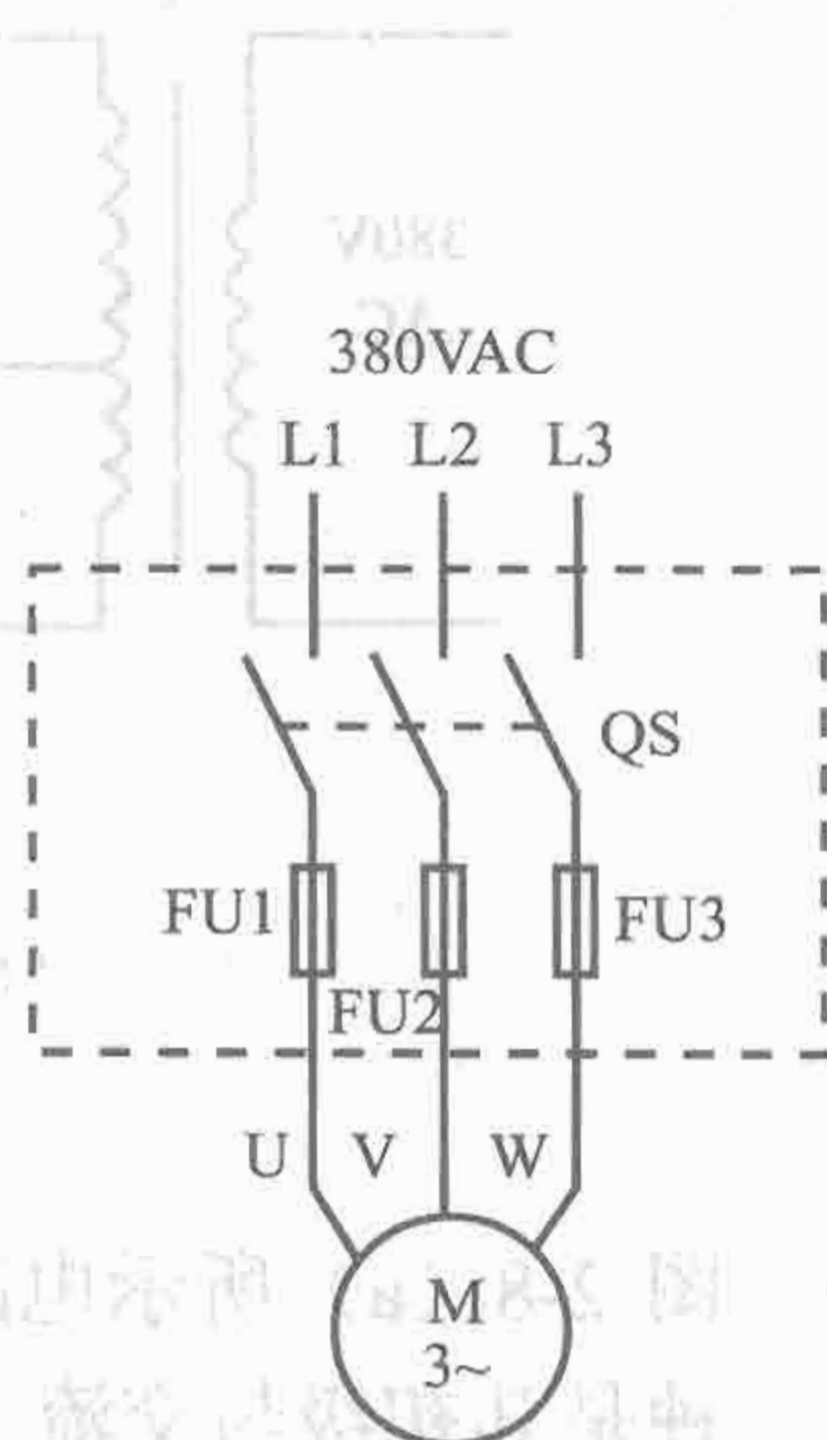


图 2-9 刀开关控制电路

2.2.2 读识按钮开关式电动机点动控制电路

图 2-10 所示是由按钮开关构成的电动机点动控制电路图，适用于机床和行车等设备的步进或步退控制。

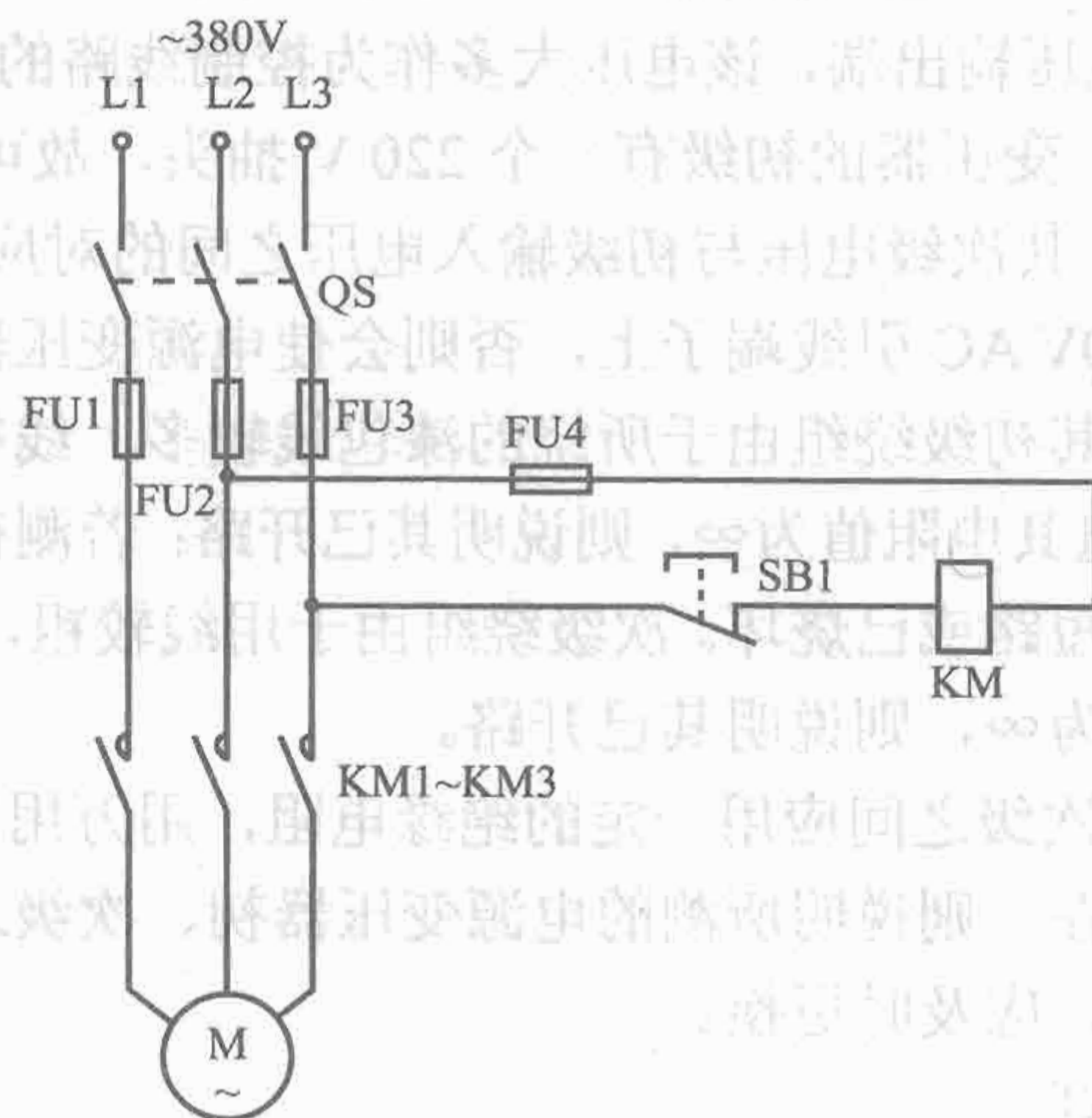


图 2-10 由按钮开关构成的电动机点动控制电路

1. 识图指导

图 2-10 所示电路较简单,是由一只按钮开关 SB1 控制着 KM 交流接触器线圈的供电,由交流接触器 KM1~KM3 三组主触点控制三相电动机 M 的三路供电。

2. 工作原理

当需要电动机工作时,按下点动按钮开关 SB1,其触点闭合得电,KM 交流接触器线圈得电吸合,电动机得电工作;当松开 SB1 时,KM 线圈断电释放,电动机停止运转。

2.2.3 读识两只接触器式电动机正、反向点动控制电路

图 2-11 所示是由两只接触器构成的电动机正、反向点动控制电路图。

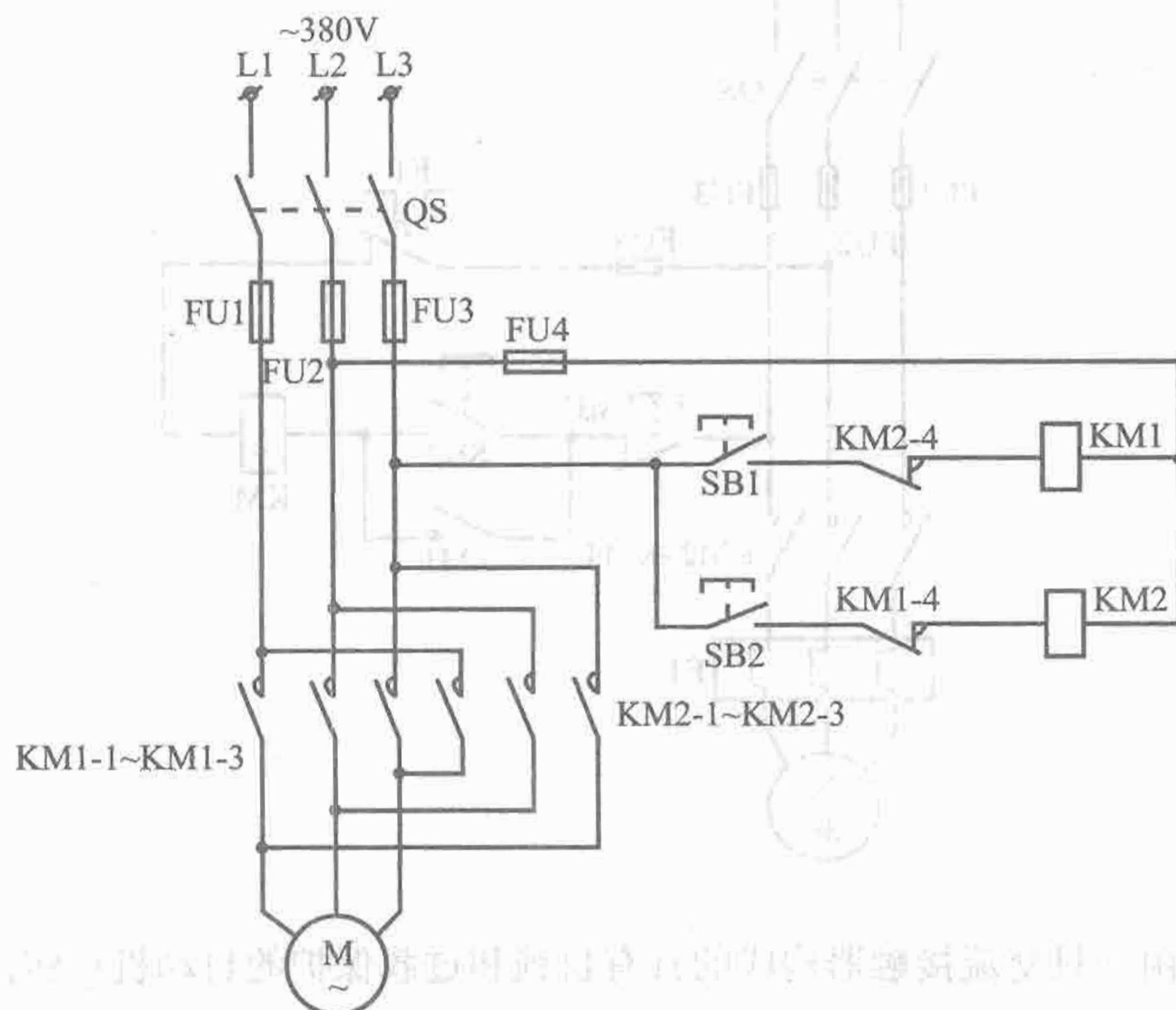


图 2-11 由两只接触器构成的电动机正、反向点动控制电路

1. 识图指导

图 2-11 所示电路是在图 2-10 所示电路的基础上,增加了一个按钮开关 SB2 和一个 KM2 交流接触器,同时又在各自交流接触器线圈的供电回路中串入了对方的一组常闭触点做联锁保护,以防两个交流接触器线圈同时接通造成两相电源短路。

KM1 与 KM2 的三相常开触点用于控制电动机接上相序不同的三相电压,以实现电动机的正、反向点动控制。

2. 工作原理

图 2-11 所示电路的工作原理可从以下两个方面来进行分析说明。

(1) 正转点动

按下正转点动开关 SB1 后, KM1 交流接触器线圈得电吸合,其常开触点 KM1-1~KM1-3 闭合后使得电动机得电运行,同时其常闭触点 KM1-4 断开,切断了交流接触器 KM2 线圈的供电通路,以防两个交流接触器同时工作。松开 SB1 后,电动机停转。

(2) 反转点动

当按下反转点动开关 SB2 后, KM2 交流接触器线圈得电吸合, 其 KM2-1~KM2-3 闭合使电动机反向转动, KM2-4 常闭触点断开, 切断了 KM1 线圈供电通路, 防止 KM1 误动作。

2.2.4 读识由一只交流接触器构成的具有自锁和过载保护的电动机正转控制电路

图 2-12 所示是由一只交流接触器构成的具有自锁和过载保护的电动机正转控制电路图。

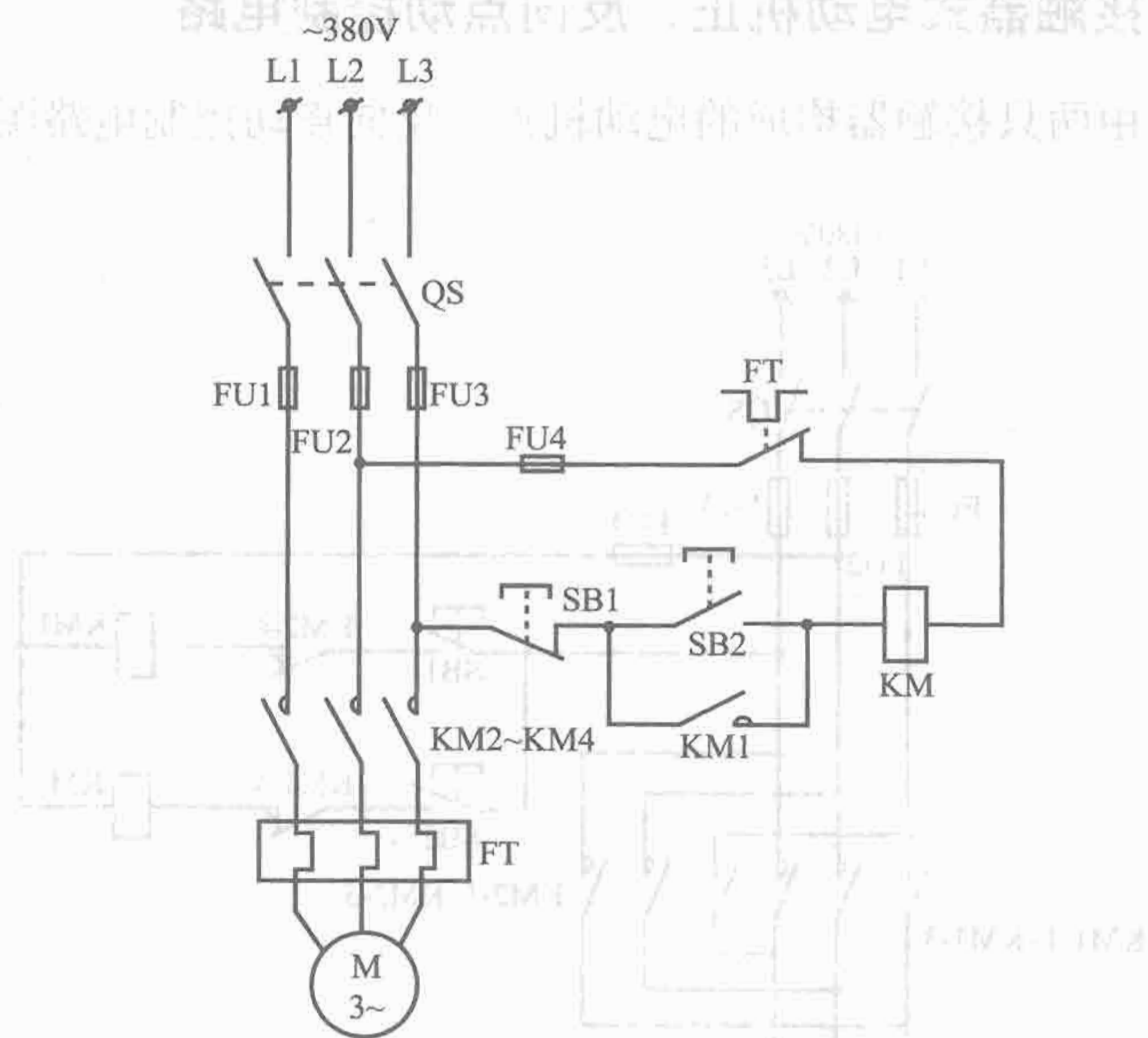


图 2-12 由一只交流接触器构成的具有自锁和过载保护的电动机正转控制电路

1. 识图指导

读识图 2-12 所示电路时, 应先搞清各图形符号的含义。QS 为电源开关; FU1~FU4 为保险元件; SB1 为停止按钮开关; SB2 为启动按钮开关; KM 为交流接触器, 其有四组常开触点, 其中的 KM1 为自锁触点, KM2~KM4 为三组常开触点, 用于控制三相电动机的供电。

2. 工作原理

图 2-12 所示电路的工作原理可从以下三个方面来进行分析说明。

(1) 启动控制

当按下启动按钮开关 SB2 后, KM 交流接触器线圈得电吸合, 其常开触点 KM1 闭合后进行自锁, 常开触点 KM2~KM4 闭合以后, 为电动机提供三相交流电, 使其得电运转。由于 KM1 触点的自锁作用, 当松开 SB1 以后, 控制电路仍保持接通状态, 电动机 M 仍继续保持运转状态。

(2) 停止控制

当需要停机时, 按下停止按钮开关 SB1, KM 线圈断电释放, 其四组常开触点

KM1~KM4 均断开, 电动机因失去供电而停转。

(3) 保护控制

当 FU1~FU3 中的 FU1、FU2 熔断或电源欠压时, 控制电路也会自动停机保护。

2.2.5 读识一只接触器式具有过载保护的电动机正转控制电路

图 2-13 所示是由一只交流接触器构成的具有过载保护的电动机正转控制电路图, 是工厂广泛应用的、最基本的电动机控制电路, 可实现对电动机启动、停止的自动控制及远距离控制、频繁操作, 并具有必要的保护, 如短路、过载、零电压(又称失电压)等保护功能。

1. 识图指导

图 2-13 所示电路中的主要图形符号所代表的元件与图 2-12 所示电路基本相同, 其常闭触点 FT(双金属片)串接在 KM 交流接触器线圈的控制回路中, 一旦电动机 M 过热, 就会使该触点断开而切断控制线路的回路。

2. 工作原理

图 2-13 所示电路的工作原理可从以下五个方面来进行分析说明。

(1) 启动控制

启动电动机时, 合上刀开关 QS, 按启动按钮 SB2 后, 交流接触器 KM 的吸引线圈得电吸合, 其主常开触点 KM2~KM4 闭合, 使电动机得到三相电压而启动工作。同时, KM 的常开触点 KM1 闭合后并接在 SB1 两端, 因此当松手断开启动按钮 SB2 开关后, 控制电路仍维持正常的工作。

(2) 停止控制

当需要停机时, 按下停止按钮开关 SB1, 交流接触器 KM 的吸引线圈断电释放, 其主触点 KM2~KM4 断开, 电动机因断电而停止工作。

(3) 短路保护

当电动机出现短路故障时, 短路电流就会使熔断器 FU1~FU3 中的熔体熔断, 从而切断了主回路, 使电动机的供电中断。

(4) 过载保护

当电动机过载或单相运行时, FT 动作, 其常闭触点断开, 将控制电路切断, 吸引线圈 KM 断电释放, 切断了电动机的主电路。

(5) 失电压(零电压)保护

当电网电压消失(如停电)而又重新恢复时, 要求电动机及其拖动的生产机械不能自动启动, 以确保操作人员和设备的安全。由于自锁触头 KM 的存在, 故当电网停电后, 不重新按启动按钮 SB2 电动机就不能启动。

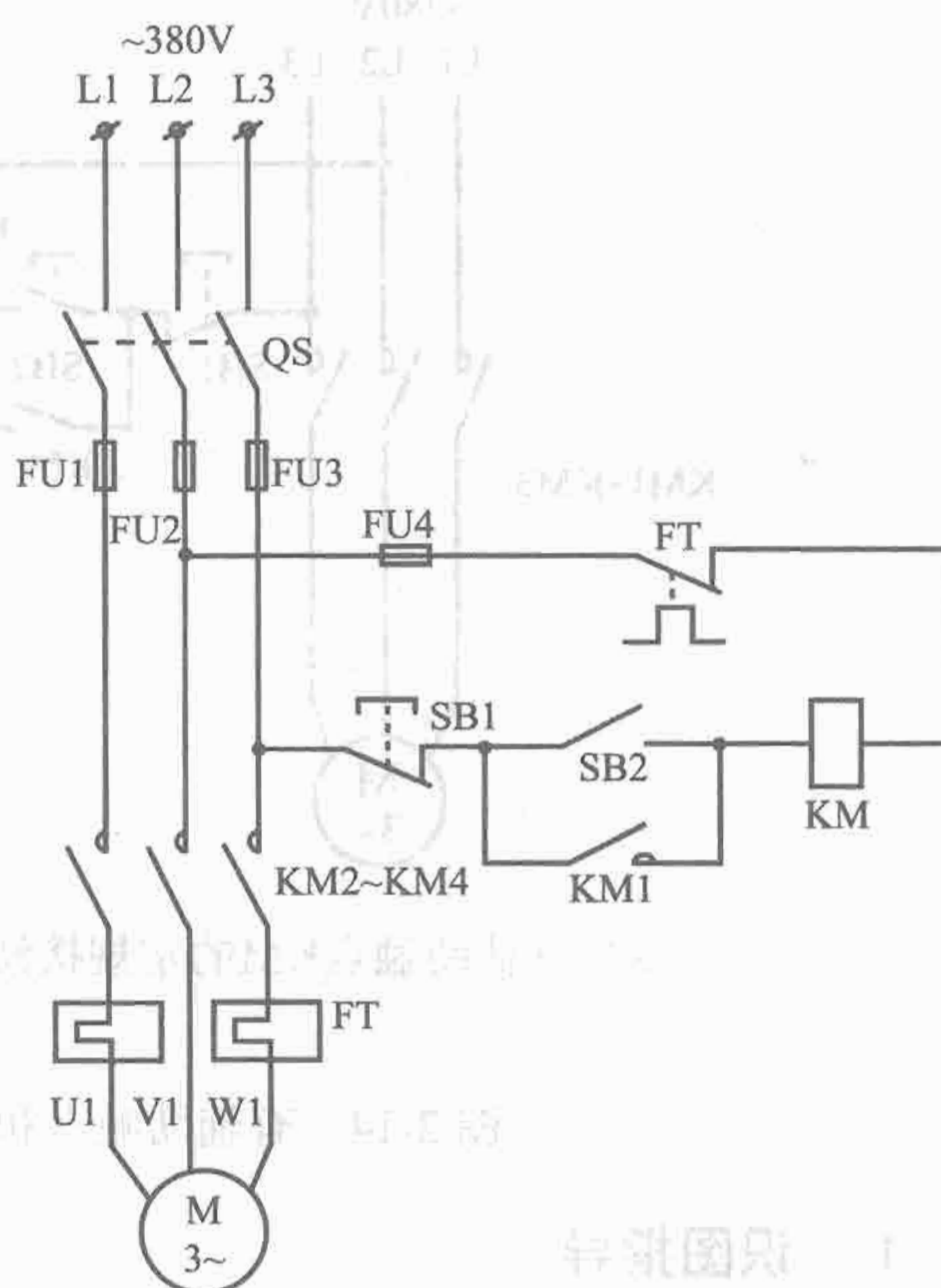


图 2-13 由一只交流接触器构成的具有过载保护的电动机正转控制电路

2.2.6 读识无辅助触点交流接触器式电动机正转控制电路

图 2-14 (b) 是由无辅助触点交流接触器构成的电动机正转控制电路图，适用于无辅助触点交流接触器的应用场合。

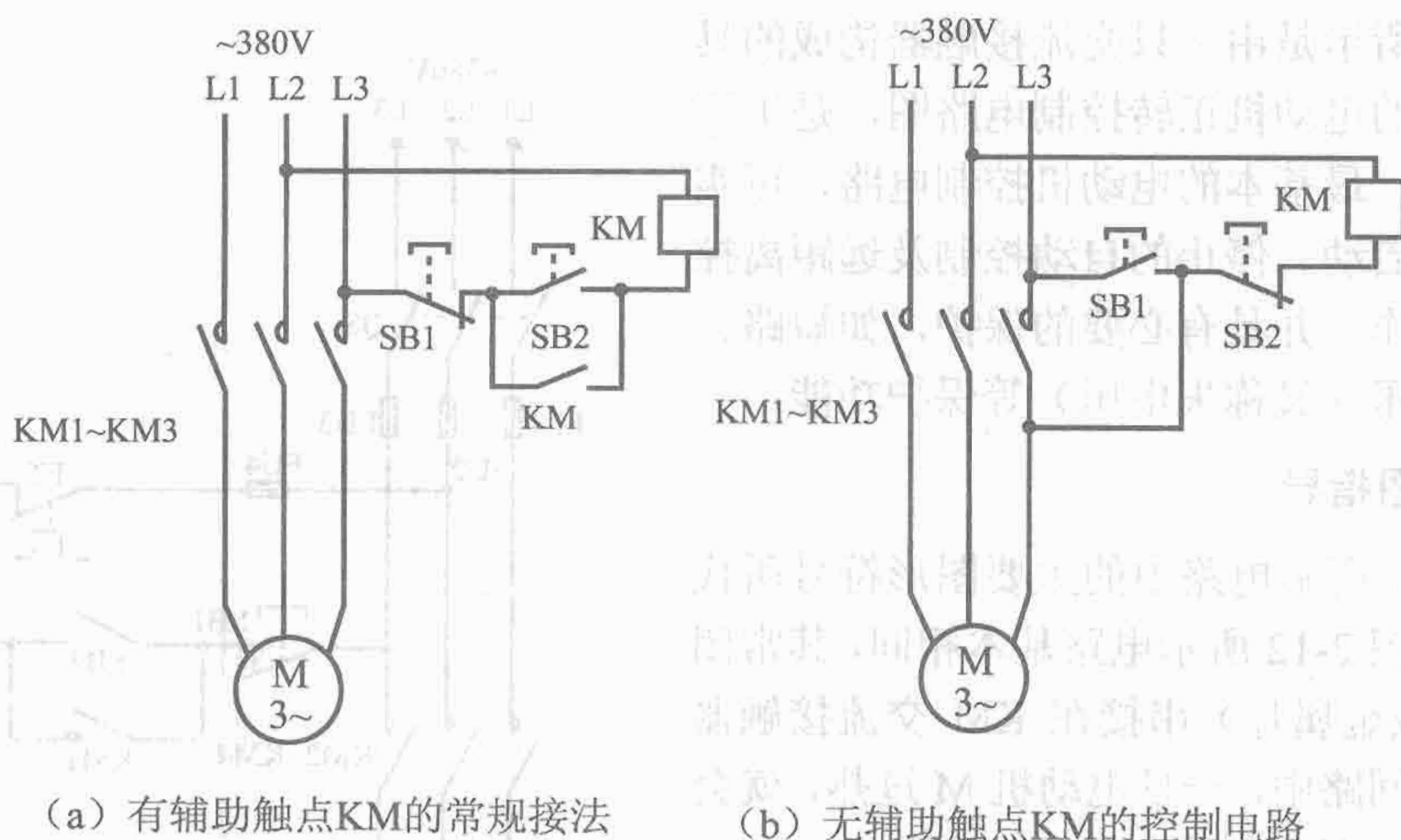


图 2-14 有辅助触点和无辅助触点的电动机正转控制电路

1. 识图指导

图 2-14 (a) 所示是有辅助触点的常规接法的控制电路图，与图 2-14 (b) 所示电路相比，利用的是主控制触点兼作辅助触点。

2. 工作原理

按下启动按钮开关 SB1 后，交流接触器 KM 线圈得电吸合，其常开主触点 KM1~KM3 闭合使电动机得电运转。同时，L3 这一路主触点闭合后进行自锁。

停机时，按下停机按钮 SB2，使 KM 线圈断电释放即可。

2.2.7 读识交流接触器式电动机点动、联动正转控制电路

图 2-15 所示是由一只交流接触器构成的电动机点动、联动正转控制电路图，适用于人工点动、又能长期运行的电动机。

1. 识图指导

图 2-15 所示电路是在具有自锁正转控制电路的基础上，增加了一只联动触点式点动按钮开关 SB3 构成的，故读识图 2-15 所示电路时，可参考图 2-12 所示电路的识图指导。

2. 工作原理

图 2-15 所示电路的工作原理可从以下三个方面来进行分析说明。

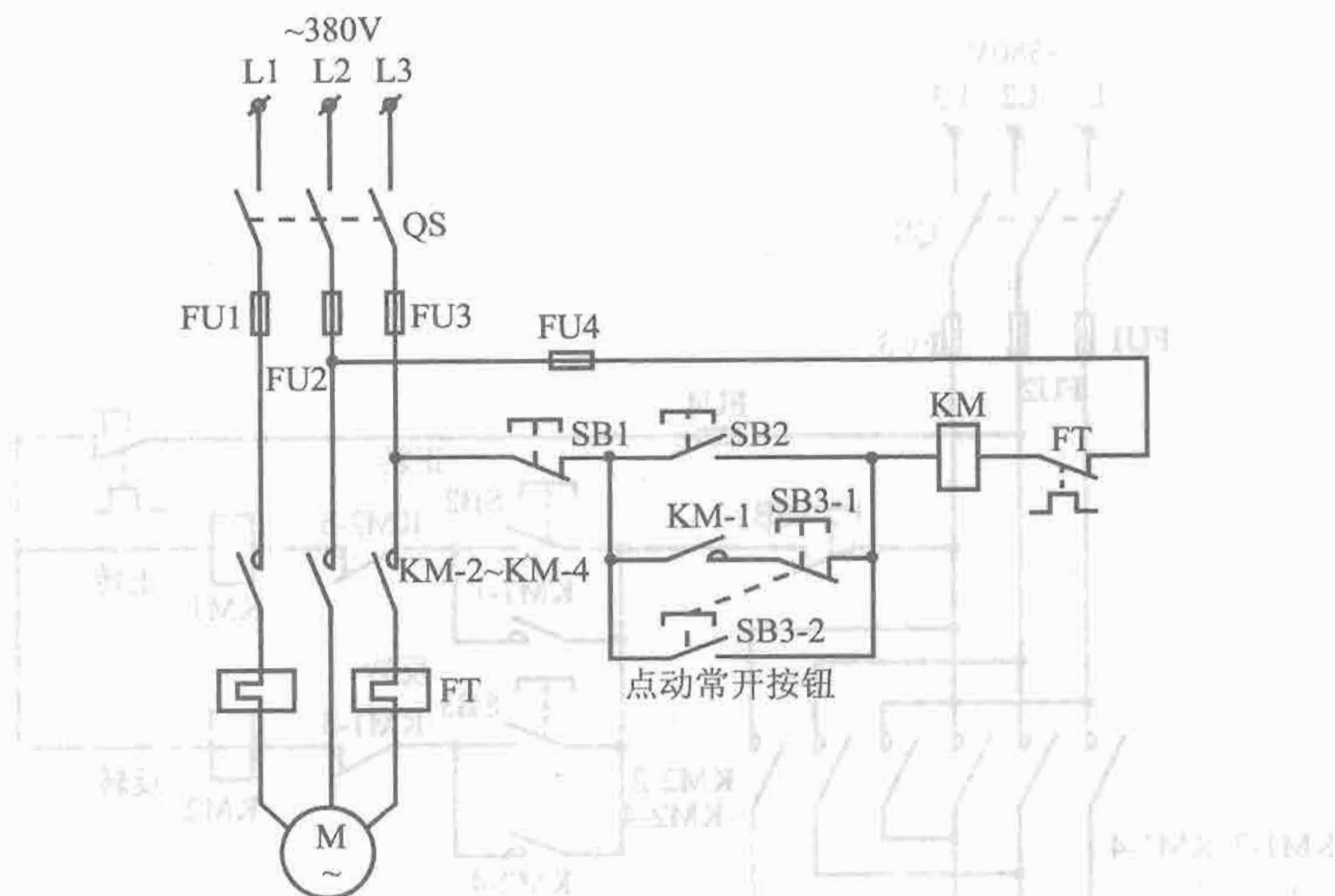


图 2-15 由一只交流接触器构成的电动机点动、联动正转控制电路

(1) 点动控制

当按下点动按钮开关 SB3 时，其常开触点 SB3-2 闭合，常闭触点 SB3-1 断开。前者使交流接触器 KM 线圈得电吸合，其 KM2~KM4 常开触点闭合，使电动机得电运行；后者使 KM1 自锁触点回路断开。

当放开 SB3 按钮开关后，其常开触点 SB3-2 先断开，KM 交流接触器线圈断电释放，使电动机停止转动。

(2) 正转连续控制

SB2 为启动按钮开关，当需要连续运转时，按下该开关，KM 交流接触器线圈得电吸合，其常开触点 KM1 闭合后进行自锁，KM2~KM4 常开触点闭合后，使电动机得电工作。

(3) 停止控制

当需要停机时，按下停止按钮开关 SB1，KM 线圈断电释放，其 KM2~KM4 主触点断开，使电动机停止运转。

2.2.8 读识交流接触器联锁式电动机正、反转控制电路

图 2-16 所示是由两只交流接触器构成的联锁式电动机正、反转控制电路图。

1. 识图指导

读识图 2-16 所示电路时，先应搞清线路的联锁含义。在图 2-16 所示电路中，KM1 和 KM2 两组常闭触点，KM1-5、KM2-5 即为联锁触点。这里是将一个接触器的常闭触点串在另一个接触器线圈回路中，则任一接触器线圈先得电后，即使按下相反方向的按钮，另一个接触器也无法得电，这种控制关系即为联锁，又称为互锁，也就是两者存在相互制约的关系。

2. 工作原理

图 2-16 电路的工作原理可从以下三个方面来进行分析说明。

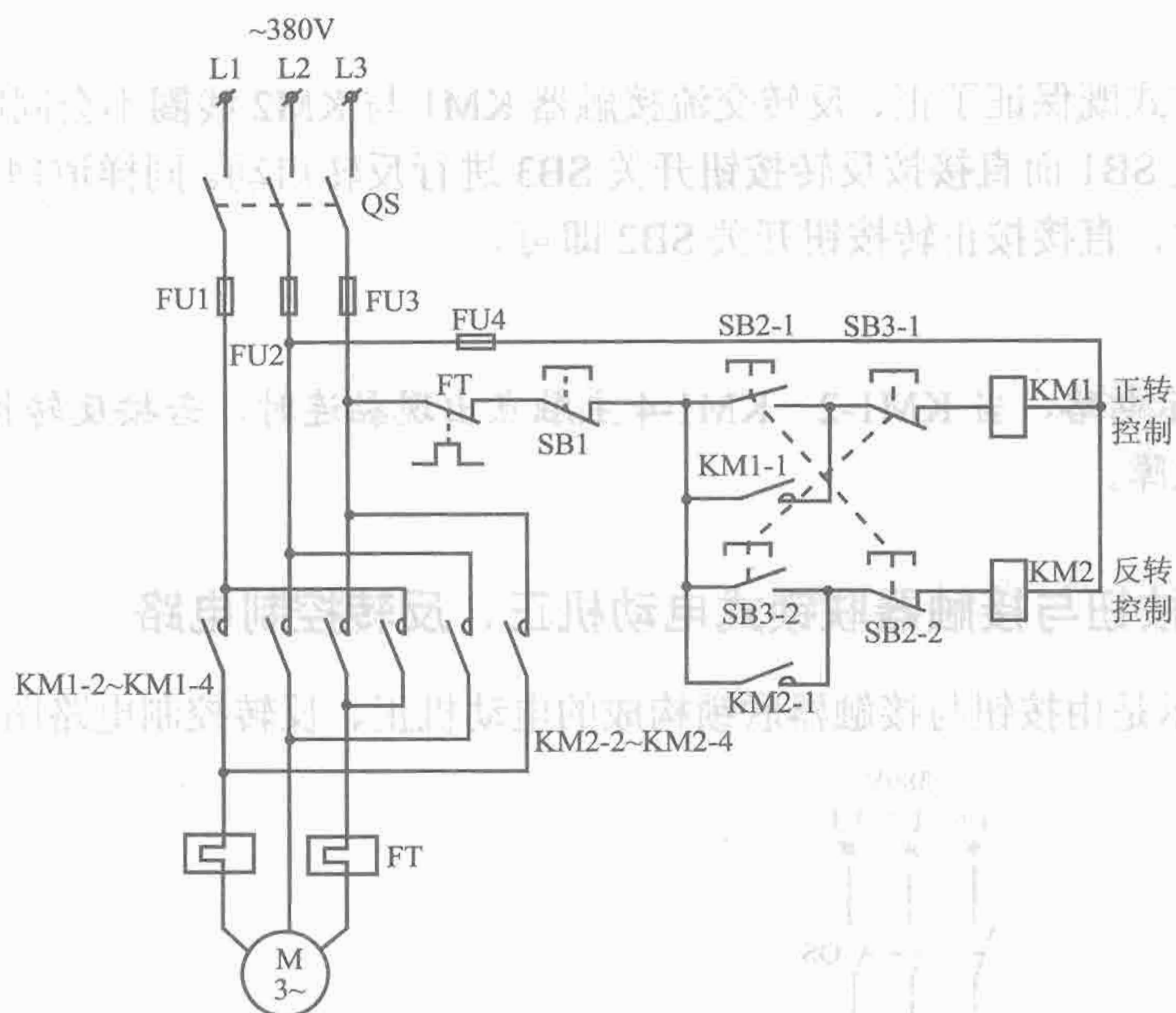


图 2-17 由联锁按钮开关构成的电动机正、反转控制电路

1. 识图指导

读识图 2-17 所示电路时,除了应先搞清各图形符号的含义外,还应搞清两只互锁开关 SB2、SB3 的触点状态和控制关系。

SB2 是正转按钮开关,其常开触点控制正转交流接触器 KM1 线圈电源接通,常闭触点控制 KM2 线圈断电;SB3 是反转按钮开关,其常开触点控制反转交流接触器 KM2 线圈电源接通,常闭触点控制 KM1 线圈断电。

KM1、KM2 是正、反转控制交流接触器,各有四组常开触点,一组用于自锁,另三组用于电动机的正、反转控制。

2. 工作原理

图 2-17 所示电路的工作原理可从以下两个方面来进行分析说明。

(1) 电动机正转控制

按下正转按钮开关 SB2 时,其常开触点 SB2-1 闭合,常闭触点 SB2-2 断开。当常开触点闭合后,使交流接触器 KM1 线圈得电吸合,其常开触点 KM1-1 闭合使电路进行自锁,同时常开触点 KM1-2~KM1-4 闭合以后,使电动机得电正转。

(2) 电动机反转控制

当电动机处于正转时,如需改为反转,可以不按停止按钮 SB1,直接按反转按钮开关 SB3。

当按下反转按钮 SB3 以后,首先是使接在正转控制线路中的常闭触点 SB3-1 断开,使正转交流接触器 KM1 线圈断电释放, KM1-1~KM1-4 常开触点均复位断开,使电动机断电做惯性运动,紧接着 SB3 的常开触点 SB3-2 闭合,使反转交流接触器 KM2 线圈得电吸合,其常开触点 KM2-1 闭合后进行自锁,同时常开触点 KM2-2~KM2-4 闭合后使电动机

立即启动反转。

上述控制方式既保证了正、反转交流接触器 KM1 与 KM2 线圈不会同时通电，又可以不用按停止按钮 SB1 而直接按反转按钮开关 SB3 进行反转启动。同样道理，当由反转运行换为正向运行时，直接按正转按钮开关 SB2 即可。

提示：

图 2-17 所示电路，当 KM1-2 ~ KM1-4 主触点出现黏连时，若按反转按钮 SB3 换向，则会发生短路故障。

2.2.10 读识按钮与接触器联锁式电动机正、反转控制电路

图 2-18 所示是由按钮与接触器联锁构成的电动机正、反转控制电路图。

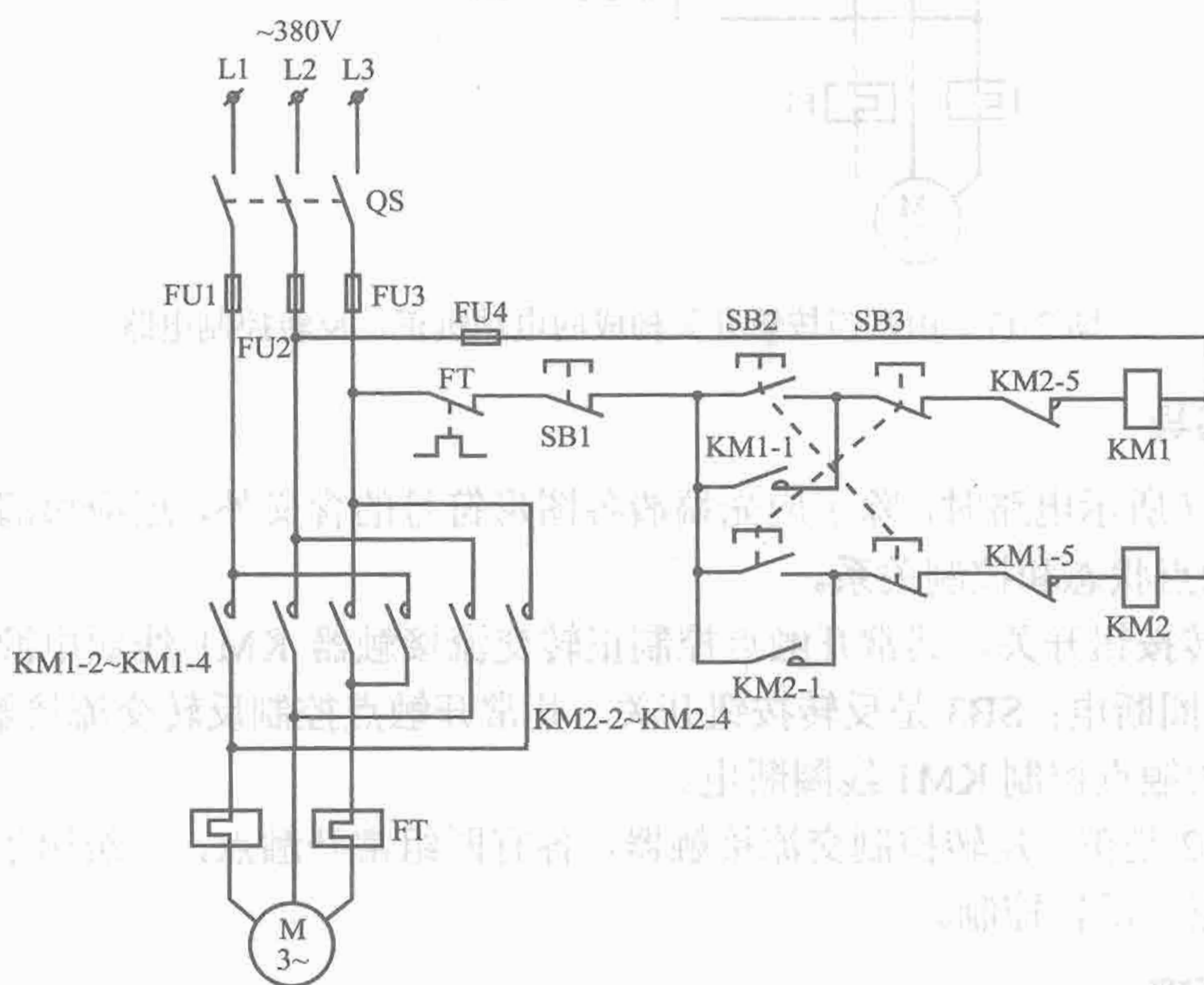


图 2-18 由按钮与接触器联锁构成的电动机正、反转控制电路

1. 识图指导

图 2-18 所示电路是将按钮联锁与接触器联锁两种控制线路结合在一起的，以取它们各自的优点并消除各自的不足，故对该图的读识，可参考图 2-16、2-17 所示电路的识图指导。

2. 工作原理

图 2-18 所示所示电路的工作原理与按钮联锁和接触器联锁的控制基本相同，读者可自行分析。但该电路在电动机正转或反转切换到另一个转向时不用按停止按钮。

2.2.11 读识两只交流接触器式电动机点动、联动正、反转控制电路

图 2-19 所示是由两只交流接触器构成的电动机点动、联动正、反转控制电路图，适用于工作较为复杂的场所。

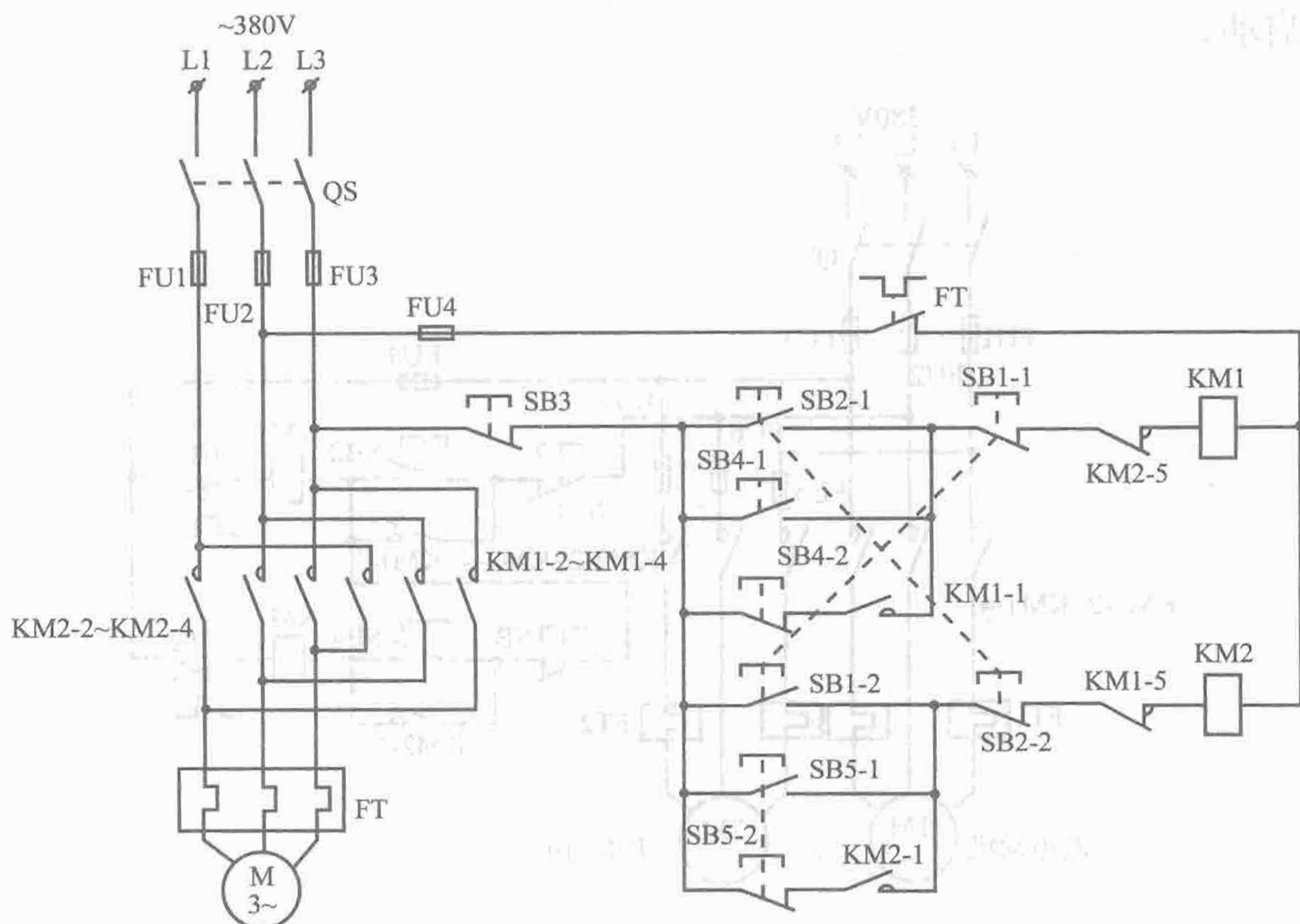


图 2-19 电动机点动、联动正、反转控制电路图

1. 识图指导

图 2-19 所示电路是按钮联锁正、反转控制电路（如图 2-17 所示）与两只交流接触器构成的正、反向点动线路（如图 2-11 所示）的综合，具有点动和联动的正、反转控制功能，并具有按钮及触点的联锁特点。

图 2-19 所示电路中，SB3 为停止按钮开关；SB1 为反转启动按钮开关；SB2 为正转启动按钮开关；KM1、KM2 为正、反转交流接触器，各有四组常开触点、一组常闭触点；SB4 和 SB5 为正、反向点动按钮。

2. 工作原理

图 2-19 所示电路的工作原理可从以下两个方面来进行分析说明。

(1) 正转控制

当按下 SB2 按钮开关后，其常开触点 SB2-1 闭合，接通了 KM1 线圈的供电，其 KM1-1 常开触点闭合自锁，KM1-2~KM1-4 常开主触点闭合，使电动机得电工作，KM1-5 常闭触点断开，切断了 KM2 线圈的供电通路。此时，按下点动按钮 SB4 即可实现对电动机的点动操作。

(2) 反转控制

当按下 SB1 开关后，其常开触点 SB1-2 闭合，接通了 KM2 线圈的供电，其 KM2-1 闭合自锁，KM2-2~KM2-4 闭合使电动机反向运转。此时，按下 SB5 即可对电动机进行反向点动控制。

2.2.12 读识两只交流接触器式电动机联锁控制电路

图 2-20 所示是由两只交流接触器构成的电动机联锁控制电路图，适用于生产机械上必须按一定的顺序启动电动机的场合。例如，车床主轴必须先启动油泵电动机，润滑系统润

滑后方可启动。

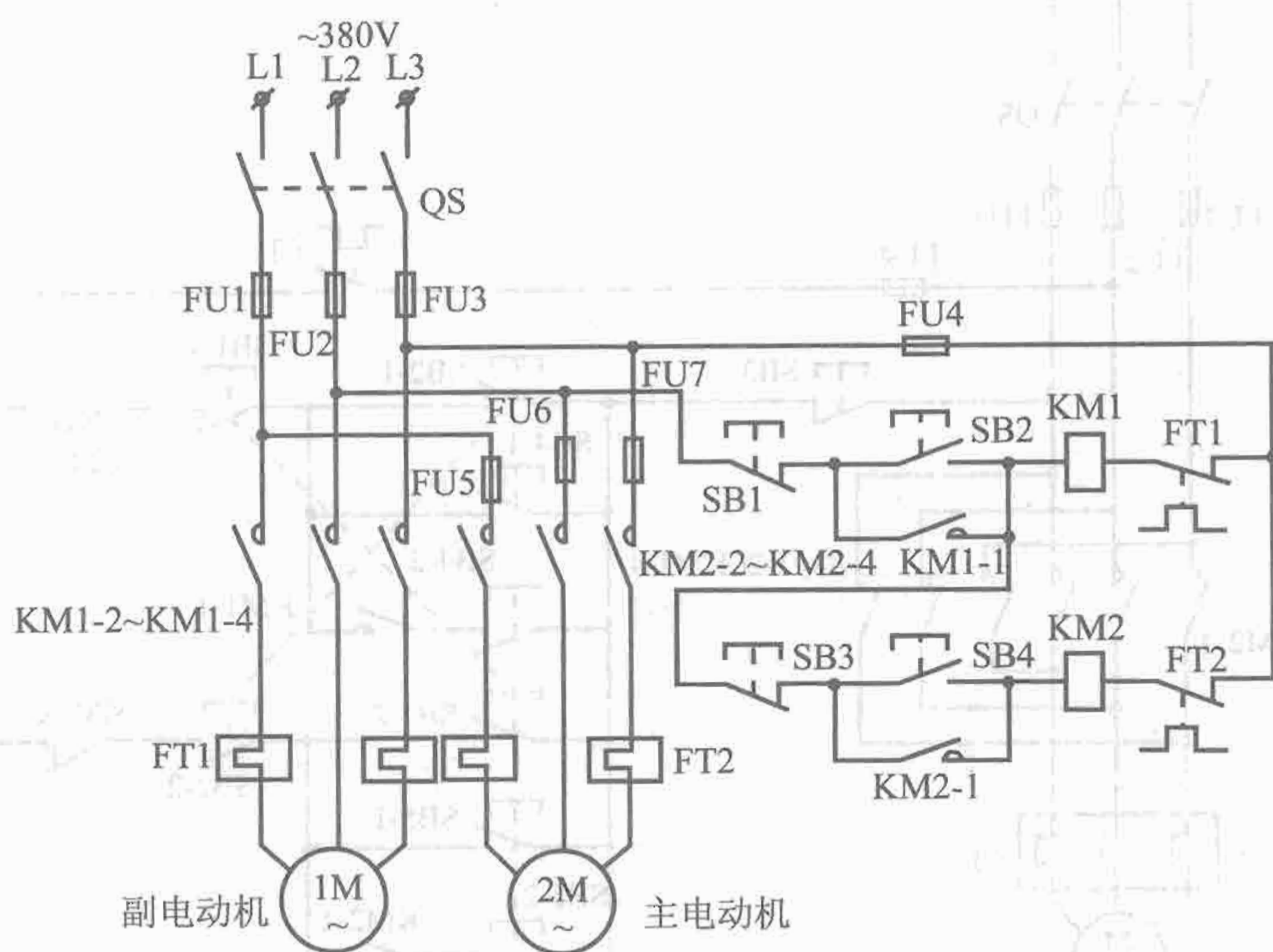


图 2-20 由两只交流接触器构成的电动机联锁控制电路

1. 识图指导

图 2-20 所示电路电路主要是由启动开关 SB2、SB4、停止开关 SB1、SB3，以及 KM1、KM2 交流接触器等组成的。

2. 工作原理

图 2-20 所示电路电路的工作原理可从以下两个方面来进行分析说明。

(1) 副电动机启动控制

当按下 SB2 启动按钮开关后，KM1 交流接触器线圈得电吸合，其 KM1-1 常开触点闭合后自锁，KM1-2~KM1-4 三组常开触点闭合后使副电动机 1M 得电进入工作状态。

(2) 主电动机启动控制

当 1M 电动机启动工作后，经 KM1-1 输出的 L2 相电压才会加到主电动机控制电路的 SB3 的左端。

按下主电动机启动按钮开关 SB4 以后，KM2 交流接触器线圈得电吸合，其 KM2-1 常开触点闭合后自锁，KM2-2~KM2-4 常开主触点闭合后，使主电动机 2M 得电也进入工作状态。

由以上分析可以看出，主电动机是否启动，受副电动机控制电路的控制。也就是说，当副电动机工作后，主电动机才能受控进入工作状态。但关机时，按 SB1 会使两台电动机均停止工作，而按 SB3 仅会使主电动机停止工作。

2.2.13 读识两只交流接触器式电动机自动往返控制电路

图 2-21 所示是由两只交流接触器构成的电动机自动往返控制电路图，适用于小容量电动机，且往返次数不太频繁的控制场合。

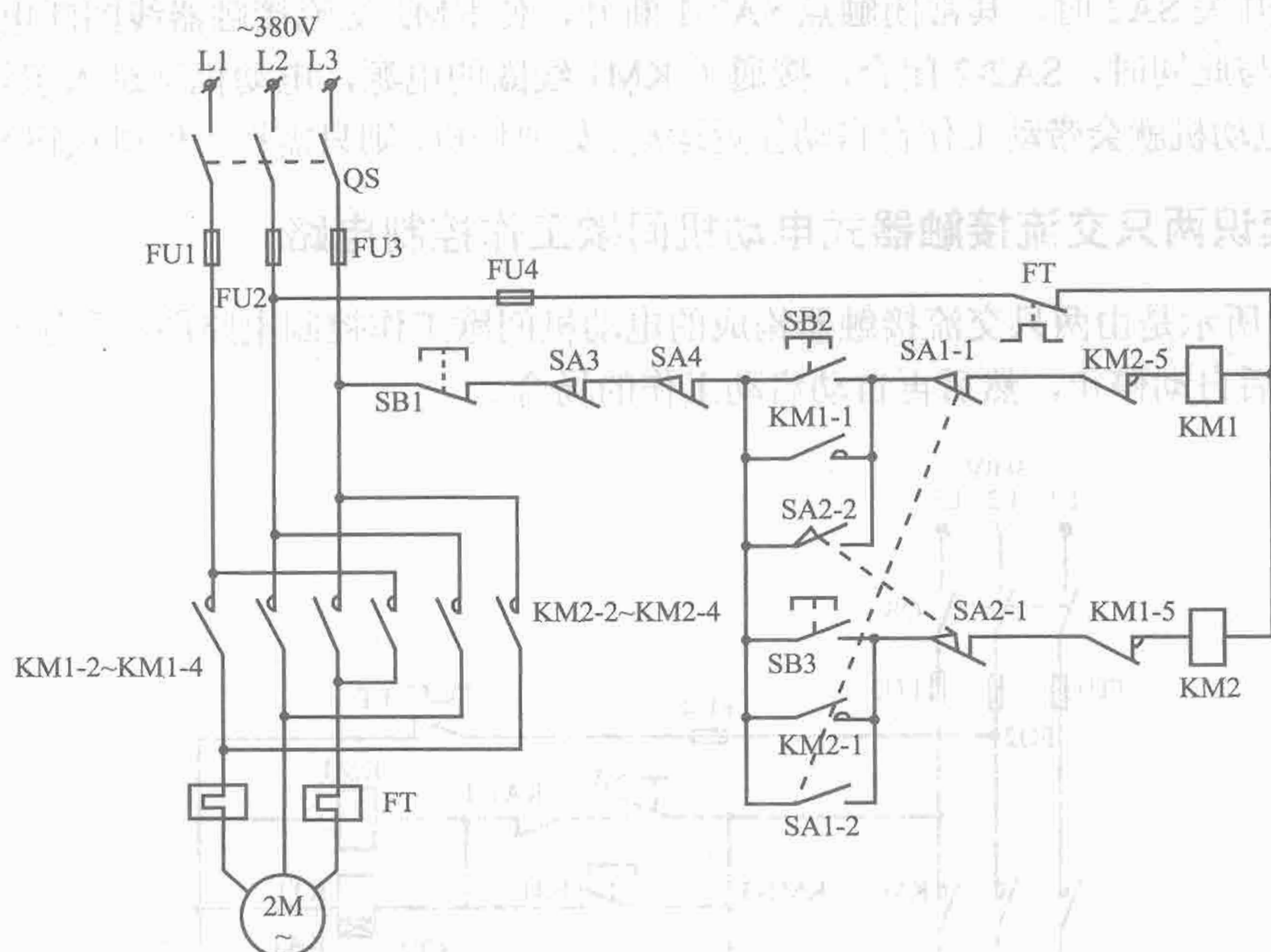


图 2-21 由两只交流接触器构成的电动机自动往返控制电路

1. 识图指导

读识图 2-21 所示电路时, 应先搞清各图形符号的作用, 以及有关触点的控制关系。

SB1 为停止按钮开关; SA1-1 和 SA1-2 是一种行程开关, 用于控制电动机正转时到设定的位置后停止, 并转换为反转方式; SA2-1 和 SA2-2 也是行程开关, 用于控制电动机反转时到设定的位置后停止, 并转换为正转方式; SB2 为正转启动按钮开关; SB3 为反转启动按钮开关; KM1 是正转交流接触器, 其 KM1-1 常开触点起自锁的作用, KM1-2~KM1-4 常开触点用于控制电动机正转, KM1-5 常闭触点用于控制 KM2 线圈的供电, KM2 是反转交流接触器, 其 KM2-1~KM2-5 的作用与 KM1 相应的触点相同。

SA3 和 SA4 也是两个行程开关, 安装在工作台循环运动的方向上, 并处于工作台正常的往返循环的行程之外, 用于做终端保护用, 以防 SA1 或 SA2 失效后造成事故。

2. 工作原理

图 2-21 所示电路的工作原理可从以下两个方面来进行分析说明

(1) 正转控制

按下正转启动按钮开关 SB2, KM1 交流接触器线圈得电吸合, 其常开触点 KM1-1 闭合后自锁, KM1-2~KM1-4 三组常开触点闭合, 使电动机启动正转, 通过机械传动装置拖动工作台向规定的方向运转, 当工作台上的挡铁碰撞行程开关 SA1 (固定在机床体上) 时, 其常闭触点 SA1-1 断开, 使 KM1 交流接触器线圈断电释放, 电动机断电; 与此同时, SA1 的常开触点 SA1-2 闭合, 使 KM2 交流接触器线圈得电吸合, 其常开触点 KM2-1 闭合后自锁, KM2-2~KM2-4 三组常开触点闭合, 使电动机进入反转运行。

(2) 反转控制

当电动机进入反转运行后, 又拖动工作台向与上述相反的方向运转。当工作台上的挡

铁碰撞行程开关 SA2 时, 其常闭触点 SA2-1 断开, 使 KM2 交流接触器线圈断电释放, 电动机断电; 与此同时, SA2-2 闭合, 接通了 KM1 线圈的电源, 电动机又进入正转状态。

这样, 电动机就会带动工作台自动往返运动。如要停机, 则只需按下停机按钮 SB1 即可。

2.2.14 读识两只交流接触器式电动机间歇工作控制电路

图 2-22 所示是由两只交流接触器构成的电动机间歇工作控制电路图, 适用于电动机运行一段时间后自动停止, 然后再自动启动工作的场合。

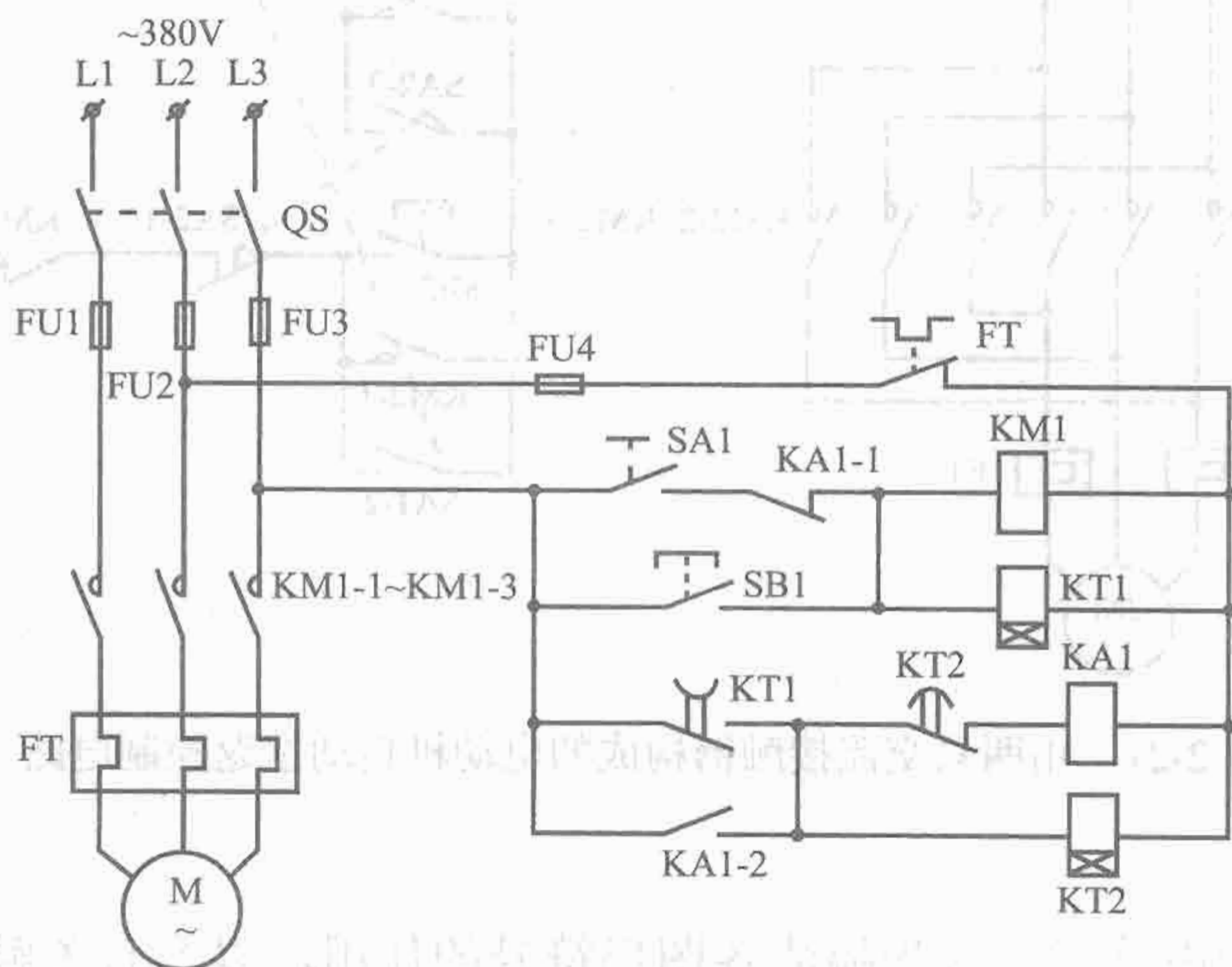


图 2-22 由两只交流接触器构成的电动机间歇工作控制电路

1. 识图指导

图 2-22 所示电路中, SA1 为间歇运行控制开关; SB1 为连续运行按钮开关; FT 为热保护继电器; KT1 为时间继电器, 有一组延时闭合触点 KT1 串接在 KA1 继电器线圈和时间继电器 KT2 线圈的供电回路中; KT2 也为时间继电器, 有一组延时断开触点; KM1 为交流接触器, 有三组常开主触点 KM1-1~KM1-3, 用于控制三相电动机的供电; KA1 为继电器, 有一组常开触点 KA1-2 和一组常闭触点 KA1-1。

2. 工作原理

合上电源开关 QS, 按下 SA1 开关后, 交流接触器 KM1 与时间继电器 KT1 线圈均得电工作。

(1) 当 KM1 线圈得电吸合后, 其常开触点 KM1-1~KM1-3 均闭合, 使三相电动机得电工作。

(2) 当电动机运行一段时间后, KT1 延时闭合触点闭合, 又接通了继电器 KA1 与时间继电器 KT2 线圈的供电。

(3) 当 KA1 得电吸合后, 其常闭触点 KA1-1 断开, 从而又切断了 KM1 与 KT1 线圈的供电, 使电动机停止工作。

(4) KT2 线圈得电后, 经一段时间后, 其延时断开触点断开, 使 KA1 线圈断电释放, 其常闭触点 KA1-1 又闭合, 再次使 KM1 线圈得电吸合, 电动机重新工作。

上述过程重复进行，由此就实现了电动机的间歇运行。

2.2.15 读识两只继电器式单线远程电动机控制电路

图 2-23 所示是由两只继电器构成的单线远程电动机控制电路图，适用于电动机分散但又需要集中控制和监视的场所，如水厂等。

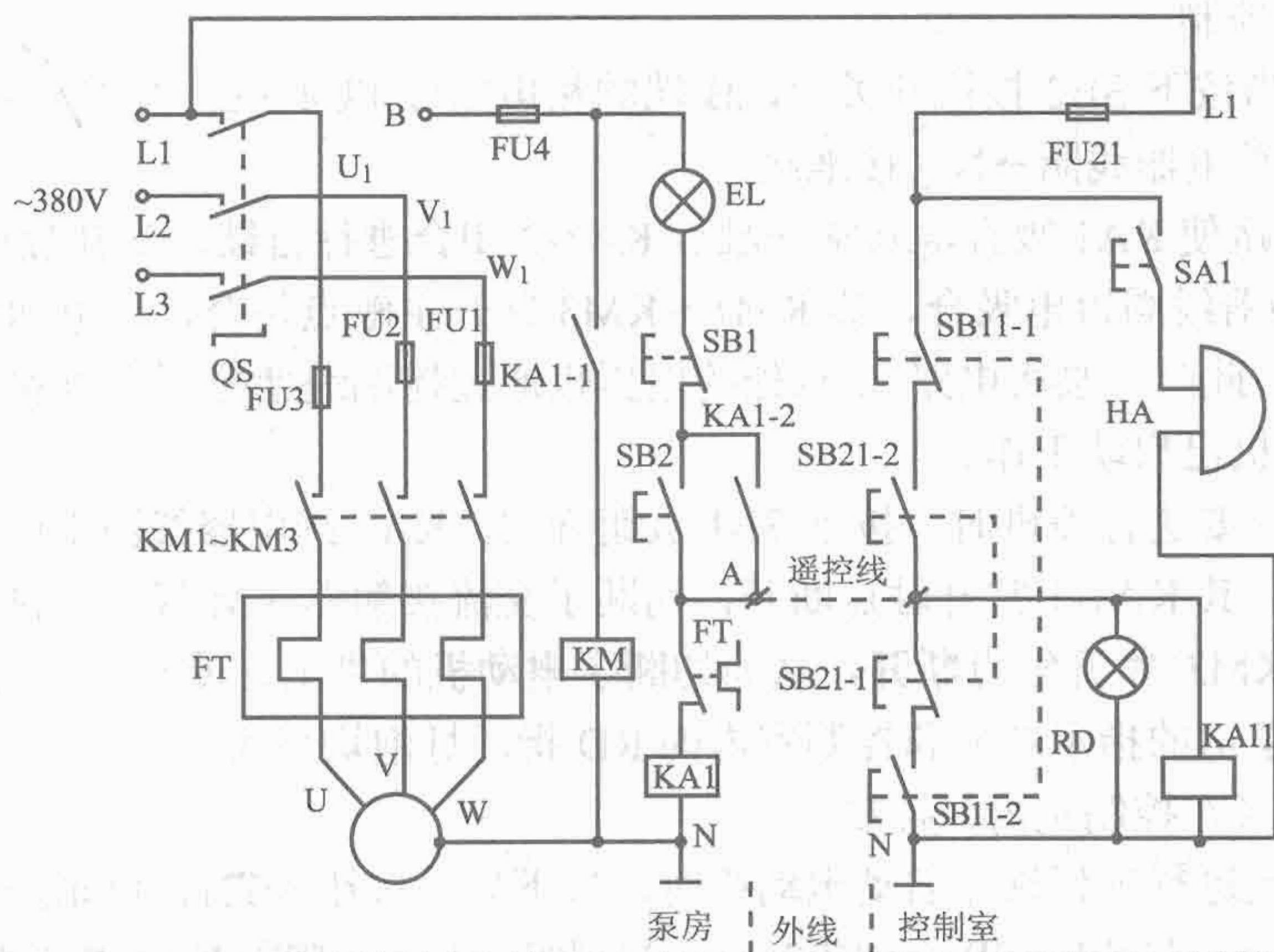


图 2-23 由两只继电器构成的单线远程电动机控制电路

1. 识图指导

读识图 2-23 所示电路时，可将其分为三部分来读识，先搞清这三部分各图形符号所代表的元件，再看整个电路的控制关系。

EL 为 100 W 白炽灯泡；FU4 为泵房控制电路的保险元件；FU1~FU3 为电动机保险元件；FU21 为控制室控制电路保险元件；SB1 为泵房停止开关；SB2 为泵房启动开关；FT 为热继电器保护触点；SB21 为控制室用启动按钮开关，这是一种具有一组常开触点、一组常闭触点的双连开关；SB11 为控制室用停止按钮开关，这也是一种具有一组常开触点、一组常闭触点的双连开关；RD 为控制室灯泡；HA 为报警电铃；SA1 用于控制报警电铃的状态；QS 为电源开关。

KA1、KA11 为 220 V 的 JE7 中间继电器。KA1 的设置是为了使电路具有通用性，以便于调整。RD、KA11、SA1、HA 的设置是为了监视电动机的工作状态。

KA1 继电器有两组常开触点，一组常开触点 KA1-2 用于自锁，另一组常开触点 KA1-1 用于控制交流接触器 KM 线圈的供电，由 KM 的三组常开主触点 KM1~KM3 控制电动机的三相电源的接通与断开。

泵房的控制电路与控制室之间的电路仅用一根控制线进行连接；控制室内的 L₁ 相电源就近连接在三相电源的一端；泵房的 B 端应连接在控制相线上，它是这样确定的：

先短接 SB21 的常开按钮开关 SB21-2 两端，再将 KA1 线圈的任一端与电路断开；然

后将控制室的控制线引到泵房并接到电动机控制盘上的 A 点；最后测量 B 点与 L1、L2、L3 之间的电压，电压为零的就是控制室中使用的控制相 L1，只要将 B 点与测出的控制相线连接牢固，则 B 端连接结束，将短接线和断开的 KA1 线圈一端恢复正常即可。

2. 工作原理

图 2-23 所示电路的工作原理可从以下两个方面来进行分析说明。

(1) 泵房控制

- 启动：当按下 SB2 按钮开关后，B 端的相电压经 FU4→EL 灯泡→SB1→SB2→FT→KA1 继电器线圈→N（接地线）。

上述电流通路使 KA1 吸合，其常开触点 KA1-2 闭合进行自锁，常开触点 KA1-1 闭合使 KM 交流接触器线圈得电吸合，其 KM1~KM3 常开主触点闭合，使电动机得电工作，EL 灯泡也点亮。此时，泵房电路 A 点处的电压也通过控制线使控制室内的 RD 指示灯点亮，以示泵电动机已启动工作。

- 停止：当要进行停机时，按下 SB1 按钮开关，KA1 继电器线圈中的电流通路断开而释放，其 KA1-1 常开触点断开，切断了交流接触器 KM 线圈的供电而释放，其 KM1~KM3 常开触点断开，从而切断了电动机的供电，使其停止运转，同时 EL 灯泡（泵房的指示灯）和控制室内的 RD 指示灯均熄灭。

(2) 远程（在控制室内）控制

- 启动：当进行远程操作启动电动机时，按下启动按钮 SB21，则形成的电流通路：
L1 相电源→FU21→SB11→SB21-2→控制线→A 点→FT→KA1 继电器线圈→N 点。

上述这一电流通路使 KA1 得电吸合，其常开触点 KA1-2 闭合进行自锁，松开 SB21 后，KA1 仍维持吸合状态；KA1-1 常开触点闭合后，会使 KM 交流继电器线圈得电吸合，其三组常开主触点 KM1~KM3 闭合，使电动机得电工作。

同时，L1 相电压还经 FU21→SB11-1→SB21-2→RD 指示灯→N 点，使 RD 在启动时点亮，当松开启动按钮开关 SB21 以后，也不会随之熄灭，因为当继电器 KA 的常开触点 KA1-2 自锁以后，泵房 A 点的电源通过控制线又加到了 RD 指示灯的上端，从而取代了从 SB21-2 送来的供电，故 RD 不会熄灭。此时，EL 灯泡也点亮，以示水泵房电动机进入工作状态。

- 停止：当需要远程（控制室内）操作电动机停止工作时，按下停止按钮 SB11，其常闭触点 SB11-1 断开，常开触点 SB11-2 闭合，等效于将泵房 A 点通过控制线→SB21-1→SB11-2→N 点，使 KA1 继电器线圈两端电压为 0V 而释放，其 KA1-1、KA1-2 均断开，使 KM 交流接触器也断电释放，电动机停止工作，EL 与 RD 均熄灭。

提示：

当 A 点与 N 点被短接时，白炽灯 EL 承受了控制电源的电压，这是该电路结构的关系。由以上分析可以看出，从两地分别进行操作电动机的启动和停止，是互不受影响的。

2.2.16 读识一只交流接触器式三地控制电动机电路

图 2-24 所示是由一只交流接触器构成的三地控制电动机电路图。

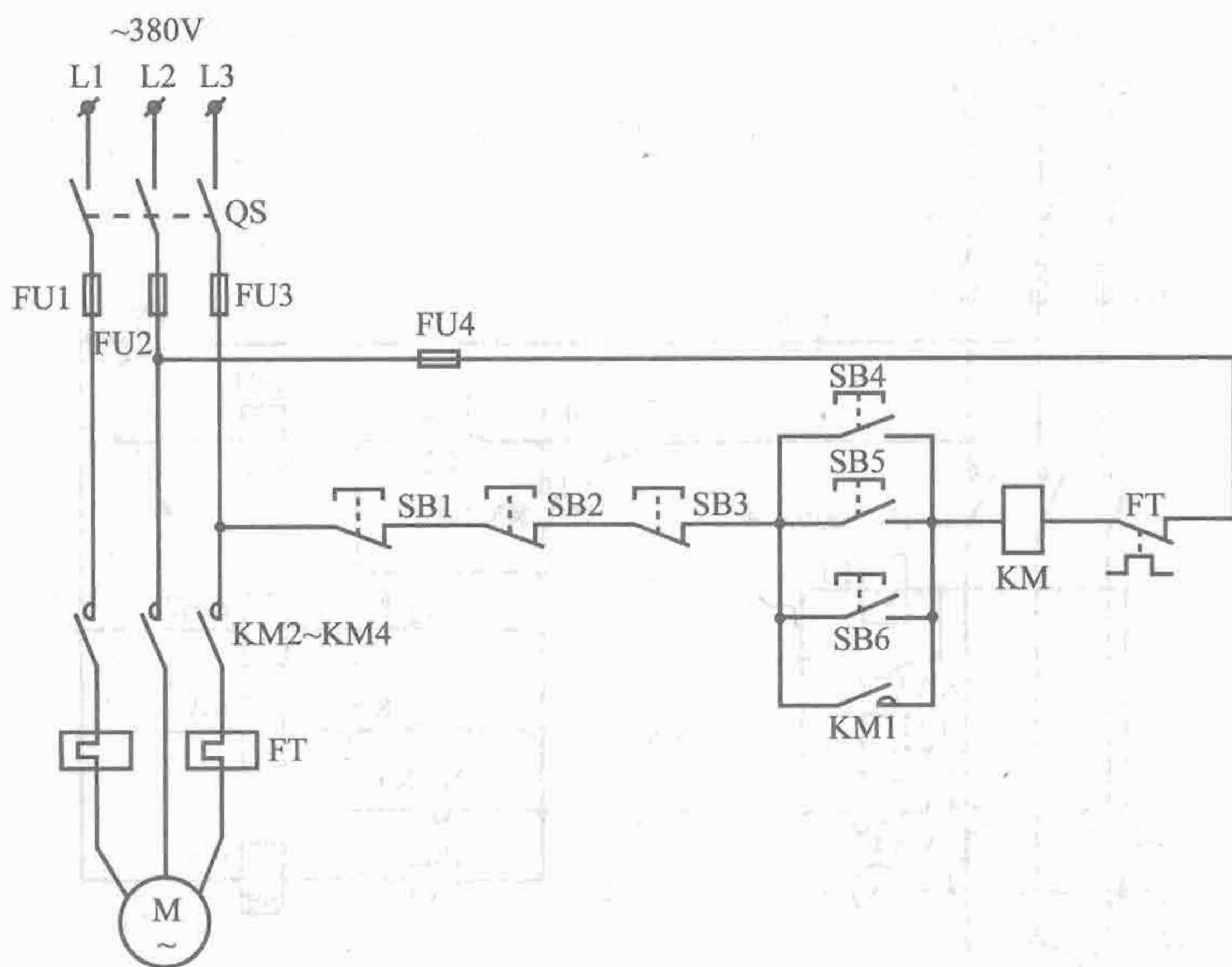


图 2-24 由一只交流接触器构成的三地控制电动机电路

1. 识图指导

图 2-24 所示电路较为简单。SB1~SB3 为三地控制电动机停止按钮开关；SB4~SB6 为三地控制电动机启动按钮开关。其中，SB1 和 SB4 为第一地点控制按钮，SB2 和 SB5 为第二地点控制按钮，SB3 和 SB6 为第三地点控制按钮。SB1~SB3 采用串联连接在交流接触器 KM 线圈供电回路中，SB4~SB6 三只开关并联后也串接在 KM 线圈回路中。

2. 工作原理

图 2-24 所示电路的三地控制方法和原理一样，以第一地点控制为例，其工作原理如下。

(1) 启动控制

按下 SB4 启动开关以后，KM 交流接触器线圈得电吸合，其常开触点 KM1 闭合后进行自锁，KM2~KM4 三组常开触点闭合后，为电动机提供三相交流电源，使其得电工作。

(2) 停机控制

当需要停机时，按下 SB1 停止按钮开关以后，KM 交流接触器线圈断电释放，其 KM2~KM4 主常开触点断开，从而切断了电动机的三相供电，电动机因此停止工作。

2.3 读识三相电动机降压启动控制电路

三相电动机降压启动方法有：电阻、电抗、自耦变压器、Y- Δ 降压、延边三角形启动等方式。

2.3.1 读识频敏变阻器式电动机启动控制电路

图 2-25 所示是由频敏变阻器构成的电动机启动控制电路图，是利用频敏变阻器的阻抗随着转子电流频率的变化自动变化的特点来实现的。

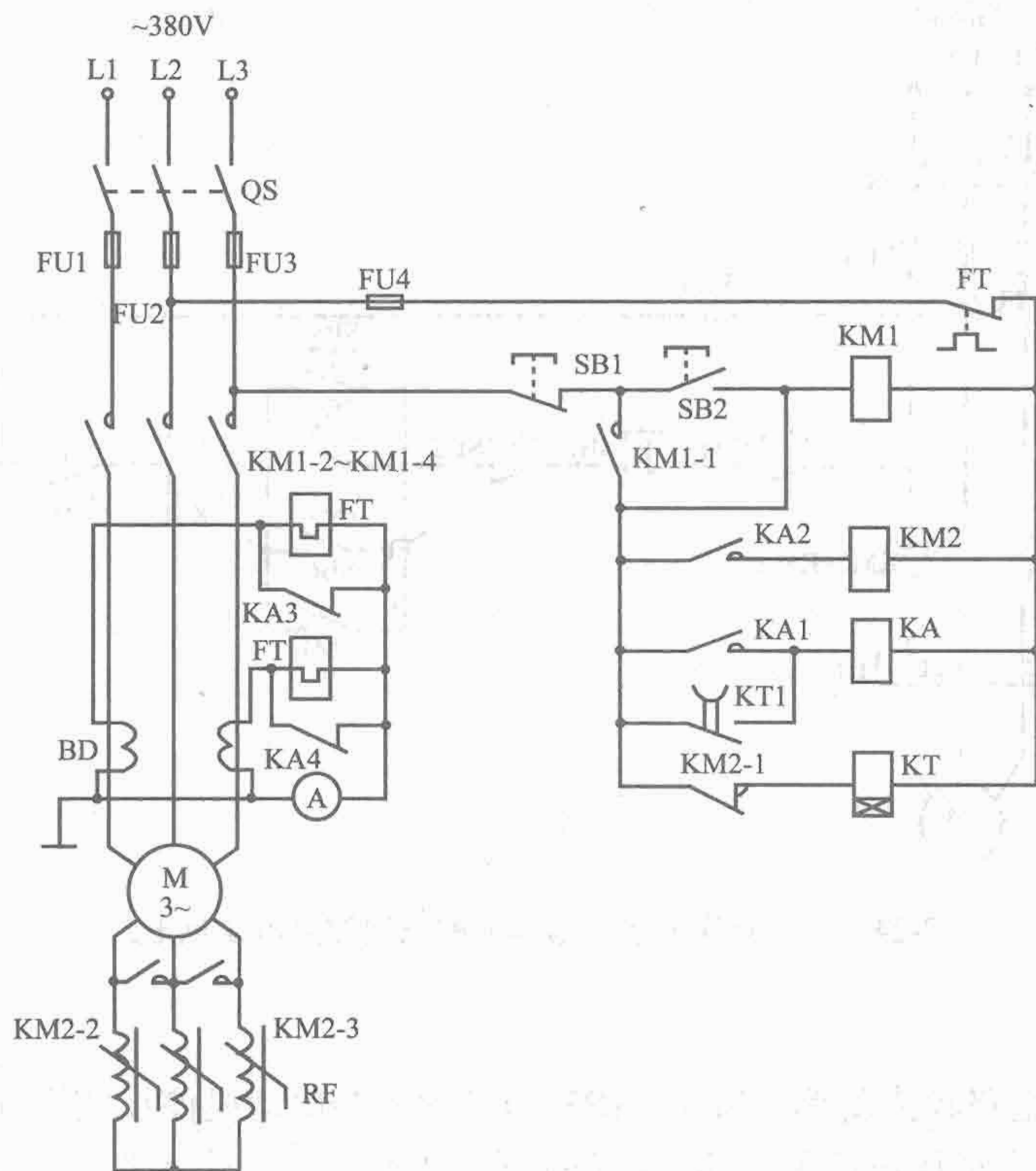


图 2-25 由频敏变阻器构成的电动机启动控制电路

1. 识图指导

读识图 2-25 所示电路时，应先搞清频敏变阻器的特性和功能。

频敏变阻器实质上是一个铁芯损耗非常大的三相电抗器，相当于一个等值阻抗。在电动机启动过程中，由于等值阻抗随转子启动电流中高频成分的减小而下降以达到自动变阻，为了使单台频敏变阻器的体积、质量不要过大，因此，当电动机容量大到一定程度时，就由多组频敏变阻器连接使用。连接种类有单组、两组串联、两组并联、两串联两并联等，如图 2-26 所示。

频敏变阻器在启动完毕后应切除短接，如电动机本身有短路装置，则可直接利用。如没有短路装置时，则可用外装刀开关短路，如图 2-26 (e) 所示。

图 2-25 所示电路正是利用频敏变阻器的上述特点来实现电动机启动的。RF 即为频敏电阻，是一种单组连接方式；SB1 为停止按钮开关；SB2 为启动按钮开关；KM1 为交流接触器线圈，其 KM1-1 为自锁触点，KM1-2~KM1-4 三组常开触点用于控制三相电动机的供电；KM2 为切换频敏变阻器的交流接触器，其 KM2-1 用于控制时间继电器 KT 线圈的供电，KM2-2 与 KM2-3 两组常开触点用于控制频敏变阻器的切入或接通；KA 为继电器，有两组常开触点和两组常闭触点，两组常开触点 KA1 和 KA2 用于控制 KM2 和 KA 线圈的供电，两组常闭触点 KA3 和 KA4 在启动时，将热继电器 FT 的发热元件短接，以免因启动时间过长而造成热继电器误动作，启动结束后，KA 又动作，将热继电器发热元件接入电路中；KT 为时间继电器，有一组延迟闭合触点 KT1。

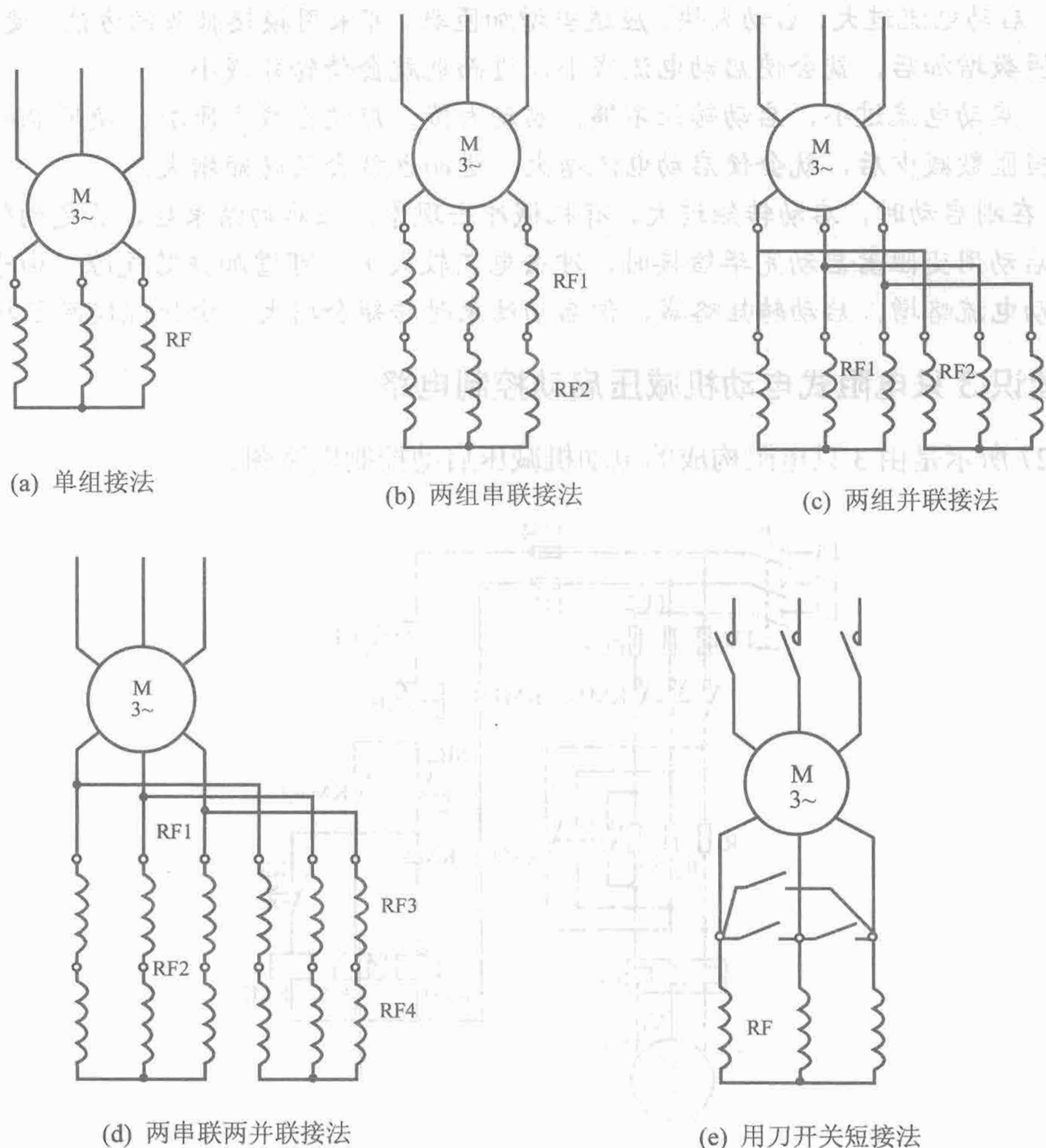


图 2-26 频敏变阻器启动线路的几种连接方法

2. 工作原理

当启动时，按下启动按钮开关 SB2，KM1 交流接触器线圈得电吸合，其 KM1-1 常开触点闭合后自锁；KM1-2~KM1-4 三组常开触点闭合后为三相电动机提供三相电源，电动机转子电路串入了频敏变阻器并启动。

当按下 SB2 后，KT 时间继电器线圈也同时得电工作，经延迟一段时间后，其 KT1 触点闭合，使 KA 继电器线圈也得电吸合，其 KA1 常开触点闭合后自锁，常闭触点 KA3 和 KA4 断开使热继电器发热元件投入运行，常开触点 KA2 闭合后，又接通了 KM2 交流接触器线圈的供电，使 KM2 得电吸合，其常闭触点 KM2-1 断开，切断了时间继电器 KT 线圈的供电，常开触点 KM2-2 和 KM2-3 闭合，使频敏变阻器 RF 被短接，启动过程结束，电动机进入正常运行状态。

提示

在使用过程中，如果出现以下情况，则应及时调整频敏电阻器的匝数和气隙：

(1) 启动电流过大,启动太快。应适当增加匝数,可采用换接抽头的方法,使用 100%匝数。当匝数增加后,就会使启动电流减小,进而也就会使转矩减小。

(2) 启动电流过小,启动转矩不够,启动太慢。应适当减小匝数,使用 80%或更少的匝数。当匝数减少后,就会使启动电流增大,进而也就会使转矩增大。

(3) 在刚启动时,启动转矩过大,有机械冲击现象。但启动结束后,稳定的转速又太低(偶尔启动用变阻器启动完毕短接时,冲击电流较大),可增加铁芯气隙。由于增加气隙会使启动电流略增,启动转矩略减,但启动结束时转矩会增大,由此就提高了转速。

2.3.2 读识 3 只电阻式电动机减压启动控制电路

图 2-27 所示是由 3 只电阻构成的电动机减压启动控制电路图。

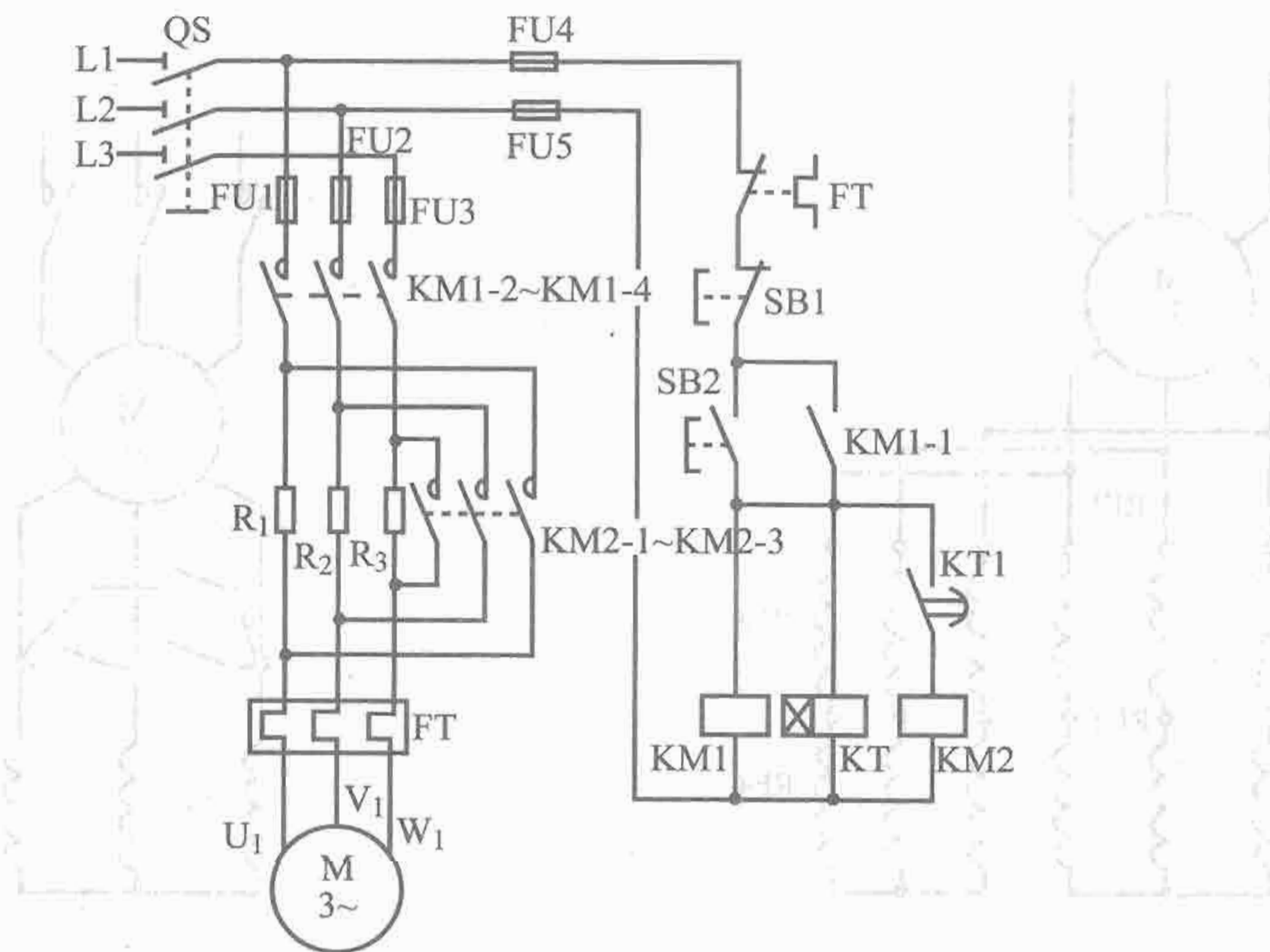


图 2-27 由 3 只电阻构成的电动机减压启动控制电路

1. 识图指导

图 2-27 所示电路中, FT 为热保护继电器; SB1 为停机按钮开关; SB2 为启动按钮开关; KM1 为交流接触器,其 KM1-1 常开触点用于自锁, KM1-2~KM1-4 三组常开主触点用于控制电动机的三相供电; KM2 为交流接触器,其三组常开触点 KM2-1~KM2-3 用于切换三只降压电阻的接入与断开; KT 为时间继电器,有一组延时闭合触点 KT1, FU1~FU5 为 5 只保险元件。

图 2-27 所示电路中各元件的控制关系如下:

SB2→KM1 线圈的供电→电动机的供电

↓

KT 线圈的供电→KM2 线圈的供电→R₁~R₃ 的接入或短接。

2. 工作原理

图 2-27 所示电路的工作原理可从以下两个方面来进行分析说明。

(1) 基本原理

图 2-27 所示采用的串联电阻减压启动是在三相定子电路中串入启动电阻 $R_1 \sim R_3$ ，从而降低了电动机绕组上的电压。待启动后，再将电阻短接，使电动机在额定电压下工作。

(2) 工作过程

当要启动电动机时，合上刀开关 QS，按下启动按钮 SB2 后，交流接触器 KM1 与时间继电器 KT 的线圈同时得电工作：

- 当 KM1 线圈得电吸合以后，其常开触点 KM1-1 闭合后自锁，KM1-2~KM1-4 三组常开触点闭合后，通过 $R_1 \sim R_3$ 启动电阻器为电动机定子绕组提供三相电源，使电动机得电启动工作。
- 当 KT 时间继电器线圈得电以后进入延时状态，当延时到达预定时间以后，其延时闭合触点 KT1 闭合，又接通了 KM2 交流接触器线圈的供电，其常开主触点 KM2-1~KM2-3 闭合，使 $R_1 \sim R_3$ 电阻器被短接，电动机进入正常运行状态。

提示：

定子串接电阻器减压启动的优点：按时间切除电阻器，动作可靠；减压启动提高了功率因数，有利于电网质量；电阻器价格低廉、结构简单。缺点：电阻器上的功率损耗大。通常仅在中、小容量电动机不经常启动时，采用这种启动方法。

2.3.3 读识时间继电器式电动机自耦变压器启动控制电路

图 2-28 所示是由时间继电器构成的电动机自耦变压器启动控制电路图。

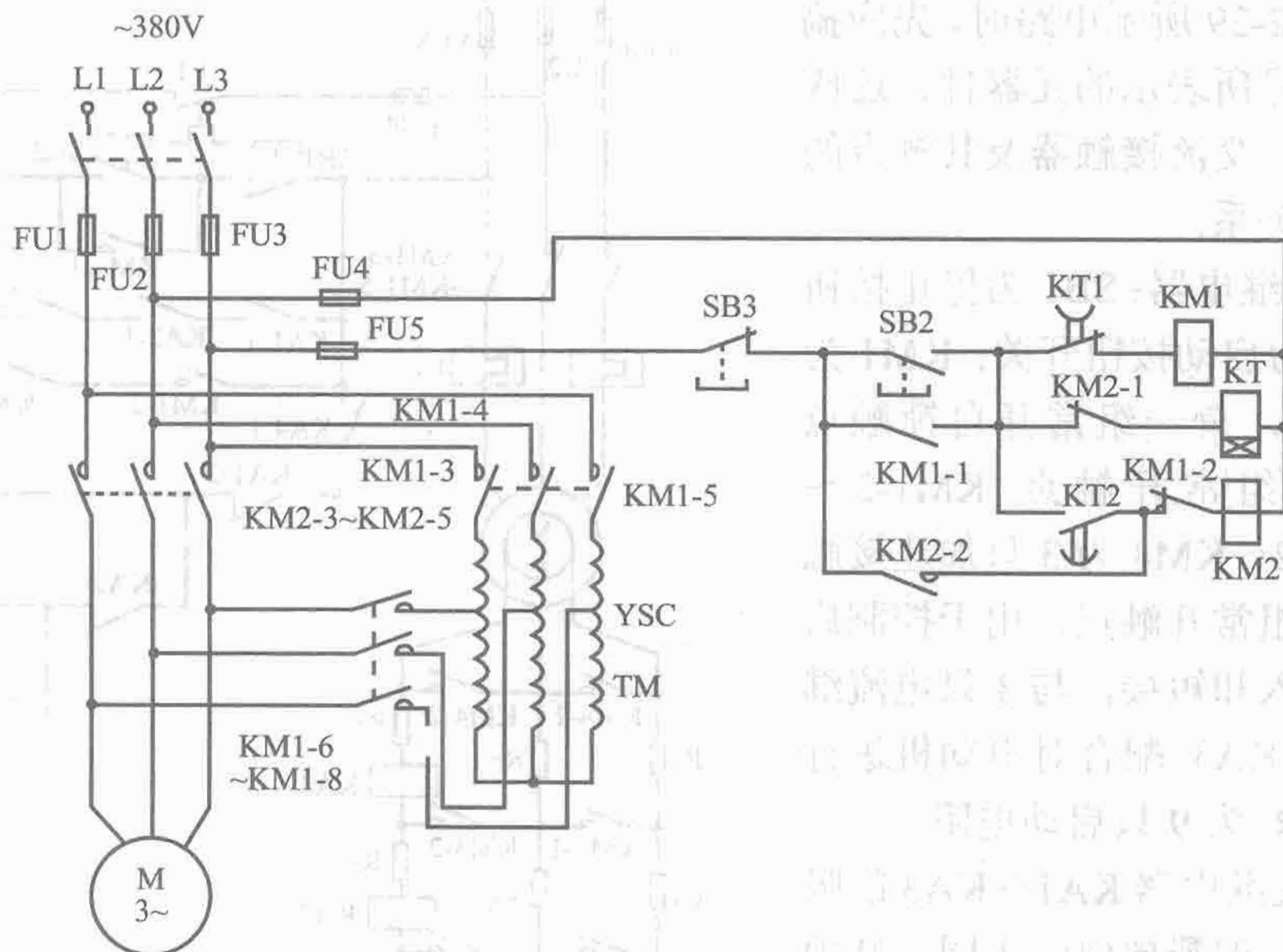


图 2-28 由时间继电器构成的电动机自耦变压器启动控制电路

1. 识图指导

图 2-28 所示电路中，SB3 为停止按钮开关；SB2 为启动按钮开关；KM1 为启动控制

交流接触器，其 KM1-1 为自锁触点，KM1-2 为互锁触点，KM1-3~KM1-8 用于将自耦变压器接入电动机供电回路中启动电动机；KT 为时间继电器，有一组延时断开常闭触点 KT1，一组延时闭合常开触点 KT2；KM2 为运转交流接触器，常开触点 KM2-2 用于自锁，常闭触点 KM2-1 用于控制时间继电器 KT 线圈的供电；三组常开触点 KM2-3~KM2-5 为电动机提供全压运行电源。

2. 工作原理

按下 SB2 启动开关后，KM1 和 KT 线圈均得电工作。

(1) 当 KM1 线圈得电吸合后，其 KM1-1 触点闭合后自锁；KM1-2 常闭触点断开；KM1-3~KM1-8 六组常开触点均闭合，使自耦变压器 TM 绕组串入了电动机供电回路中，使其得电启动工作。

(2) 当 KT 线圈得电后，其 KT1 触点延时一定时间后先断开，切断了 KM1 的供电，使其各组触点均复位；同时，KT 的 KT2 触点延时后闭合，使 KM2 线圈得电吸合，其 KM2-2 常开触点闭合后自锁，KM2-1 常闭触点断开，KM2-3~KM2-5 常开触点闭合后，使电动机进入正常全压工作状态。

2.3.4 读识电阻绕线式异步电动机启动控制电路

图 2-29 所示是由电阻构成的绕线式异步电动机启动控制电路图。

1. 识图指导

读识图 2-29 所示电路时，先应搞清各图形符号所表示的元器件，还应搞清继电器、交流接触器及其触点的状态和控制关系。

FT 为热继电器；SB1 为停止按钮开关；SB2 为启动按钮开关；KM1 为交流接触器，有一组常开自锁触点 KM1-1，四组常开触点 KM1-2~KM1-5；KM2~KM4 为 3 只加速接触器，均有两组常开触点，用于控制启动电阻的接入和短接，与 3 只电流继电器 KA1~KA3 配合对电动机进行启动；R₁~R₉ 为 9 只启动电阻。

3 只电流继电器 KA1~KA3 的吸合电流相同，但释放电流不同，其中 KA1 释放电流最大，KA3 释放电流最小，KA2 在 KA1 和 KA3 之间。

KA4 为中间继电器，用于保证在启动开始时使 R₁~R₉ 启动电阻均接

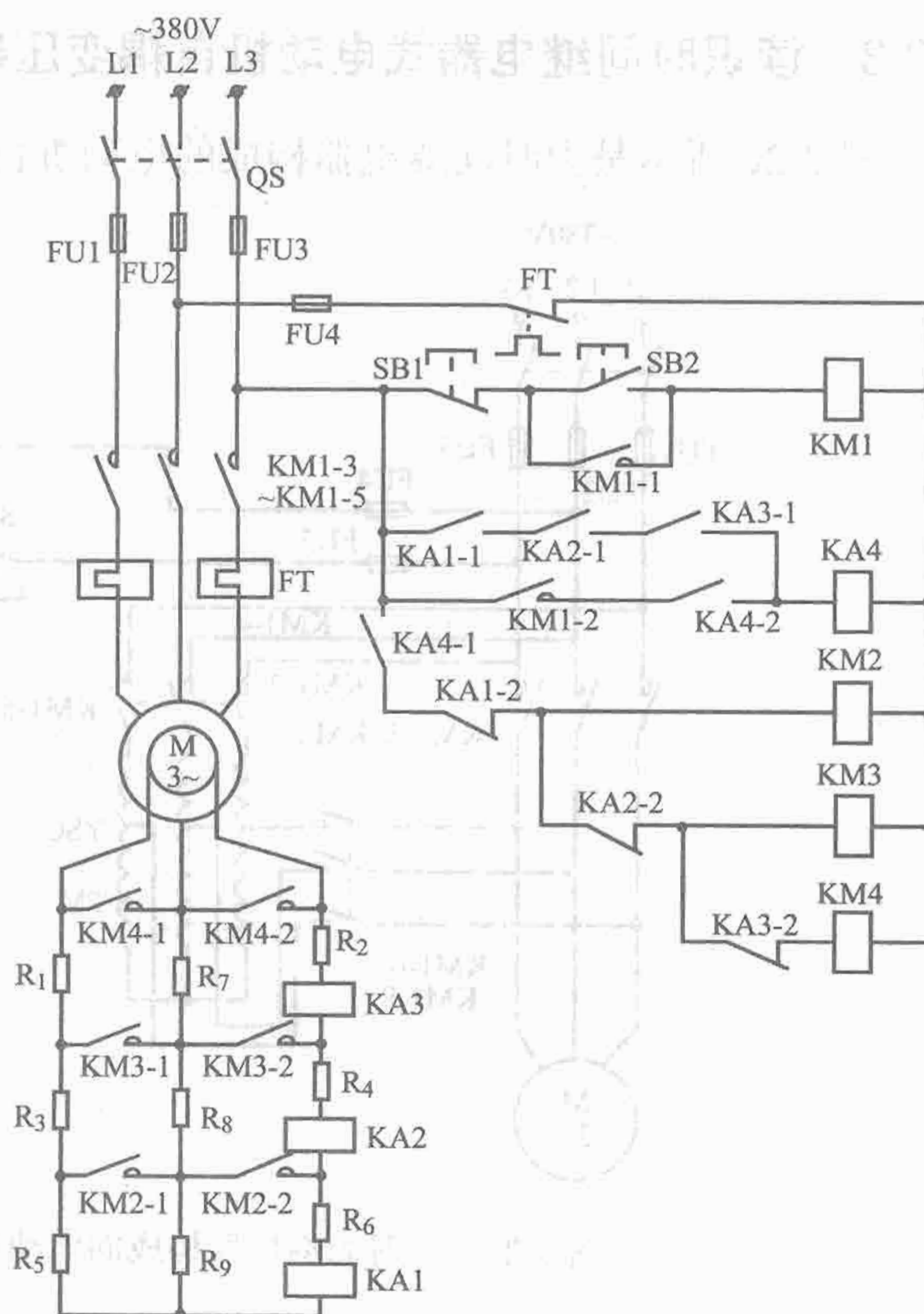


图 2-29 由电阻构成的绕线式异步电动机启动控制电路

入,当 KA1~KA3 的常闭触点均断开后,其常开触点才能闭合。如果立即闭合,则当电动机转子电流由零值上升的过程中,3 个电流继电器均尚未动作,其常开触点闭合,加速接触器 KM2~KM4 因获得供电而同时动作,将 $R_1\sim R_9$ 电阻均短接,由此就会造成电动机转子未串电阻而直接启动。

2. 工作原理

图 2-29 所示电路的工作原理可从以下三个方面来进行分析说明。

(1) 启动初始控制

按下启动按钮开关 SB2,交流接触器 KM1 线圈得电吸合,其 KM1-1 常开触点闭合后自锁,KM1-3~KM1-5 三组常开触点闭合后,为电动机定子提供三相供电,电动机转子电路中的 $R_1\sim R_9$ 电阻均串入电路中进行启动,KM1-2 常开触点也闭合。

(2) 加速准备控制

当 $R_1\sim R_9$ 全部串入电路进行启动时,3 只电流继电器 KA1~KA3 吸合,其常闭触点 KA1-2、KA2-2、KA3-2 均断开,使加速交流接触器 KM2~KM4 线圈的供电通路均断开而不会动作。

而 KA1~KA3 吸合后,其常开触点 KA1-1、KA2-1、KA3-1 闭合,就会使 KA4 中间继电器线圈得电吸合,其常开触点 KA4-2 闭合后进行自锁,KA4-1 常开触点闭合后,为电动机加速做好供电准备。

(3) 加速控制

当电动机转速升高以后,转子中的电流就会减小,由于 KA1 继电器所需的释放电流较大,故其首先释放,其常闭触点 KA1-2 闭合,使加速接触器 KM2 线圈得电吸合,其常开触点 KM2-1 与 KM2-2 均闭合,把 R_5 、 R_9 、 R_6 启动电阻均短接,使电动机的电流增大。当转速稳定以后,转子电流又减小,进而使 KA2 也释放,其常闭触点 KA2-2 闭合,使加速接触器 KM3 线圈得电吸合,其常开触点 KM3-1 和 KM3-2 均闭合,把启动电阻 R_3 、 R_8 、 R_4 均短接,以下过程与上相同,直到 $R_1\sim R_9$ 电阻全部被短接以后,电动机就完成了启动过程,进入正常运转状态。

2.3.5 读识具有启动 KY 主触头粘连保护装置式电动机 Y- Δ 启动控制电路

图 2-30 所示是一种具有启动 KY 主触头黏连保护装置的电动机 Y- Δ 启动控制电路图,该线路可以解决主触头 KY 熔焊黏连问题。

1. 识图指导

读识图 2-30 所示电路时,先应搞清各图形符号的含义及各种控制关系。QF 是一种带分闸线圈的断路器,用于断开启动装置总电源;KT1 是一种时间继电器;KY 是易黏连的主触头;K Δ 为用于三角形连接方式的转换控制触点。

2. 工作原理

启动时,如果主触头发生熔焊,Y- Δ 启动控制箱内控制电路中的时间继电器 KT (图 2-30 所示电路中未画出) 延时触点动作断开 KY 线圈的电源以后,KY4 常开触点 1-2 就不会断开,由此就不能使 KT1 时间继电器失电。这样,经过数秒延时以后,KT1 触点 1-2 就

会闭合,进而,会使 QF 线圈中的电流形成通路,使该断路器跳闸,切断电路,从而保护了电动机 M (KT1 整定时间比控制箱内时间继电器 KT 长数秒)不致被损坏。

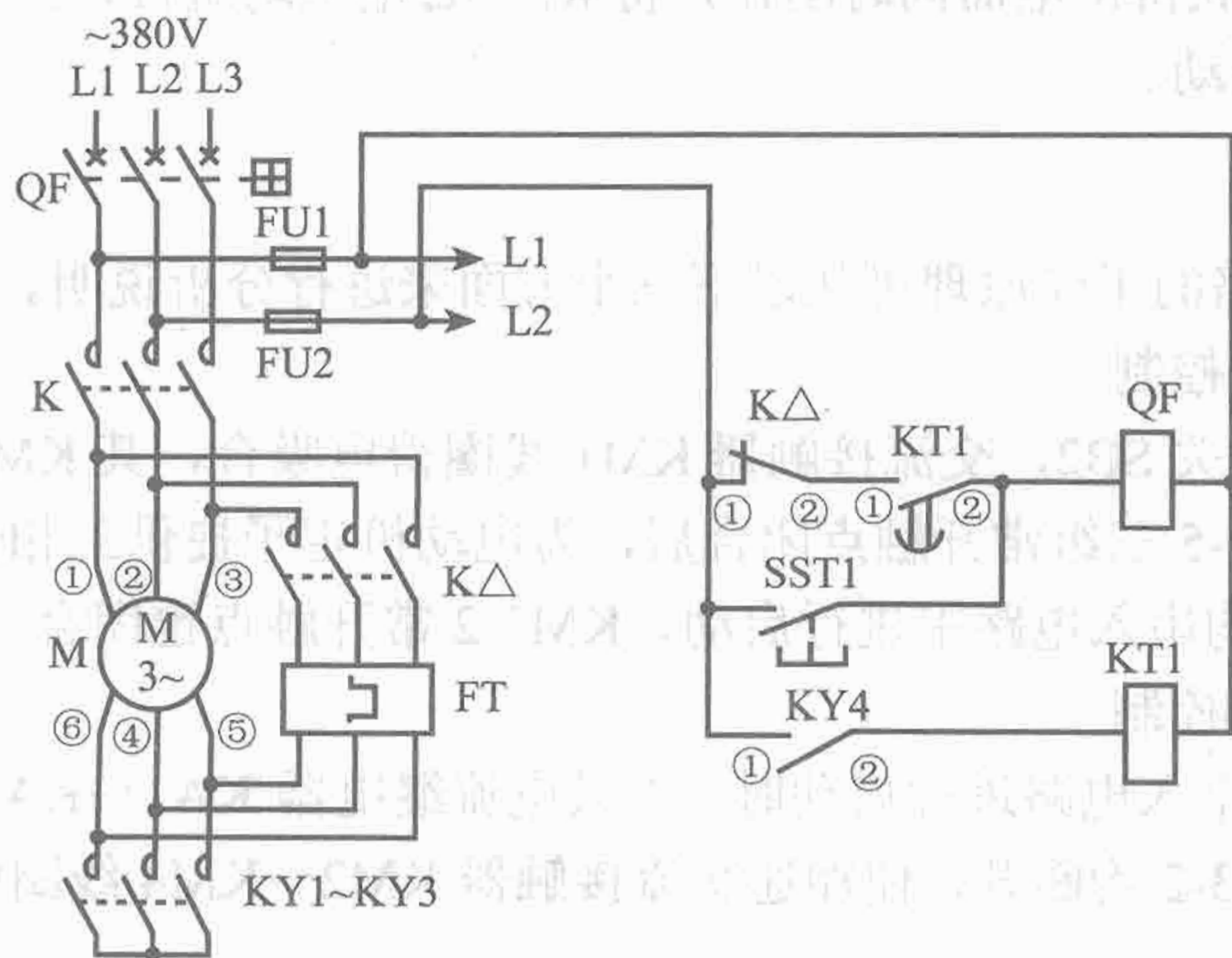


图 2-30 具有启动 KY 主触头黏连保护装置的电动机 Y-Δ 启动控制电路

按钮 SST1 的作用是:开机时可以作为设备的紧急按钮 (QF 跳闸) 使用,停机检修时可以检查分闸机构的可靠性。

提示

KT1 及原控制箱内的时间继电器 KT 最好使用定时准确、动作可靠的新型时间继电器,以使整个控制更可靠,防止发生误动作。

2.3.6 读识延时带直流能耗制动的 Y-Δ 启动的控制电路

图 2-31 所示是一种延时带直流能耗制动的 Y-Δ 启动控制电路图,这种电路在工厂企业中应用相当广泛。

1. 识图指导

读识图 2-31 所示电路时,应先搞清各图形符号所表示的元器件,以及各继电器、交流接触器线圈与其相对应的触点。

QS 为电源开关; SB2 为启动按钮开关; SB1 为停止按钮; KM1 为交流接触器,有四组常开触点 KM1-1~KM1-4; KM2 为交流接触器,有五组触点,一组常闭触点 KM2-1,四组常开触点 KM2-2~KM2-5; KM3 为交流接触器,有四组触点,一组常闭触点 KM3-1,三组常开触点 KM3-2~KM3-4; KM4 为交流接触器,有五组触点,一组常闭触点 KM4-1,四组常开触点 KM4-2~KM4-5; KT 为时间继电器。

2. 工作原理

图 2-31 所示电路的工作原理可从以下三个部分来进行分析说明。

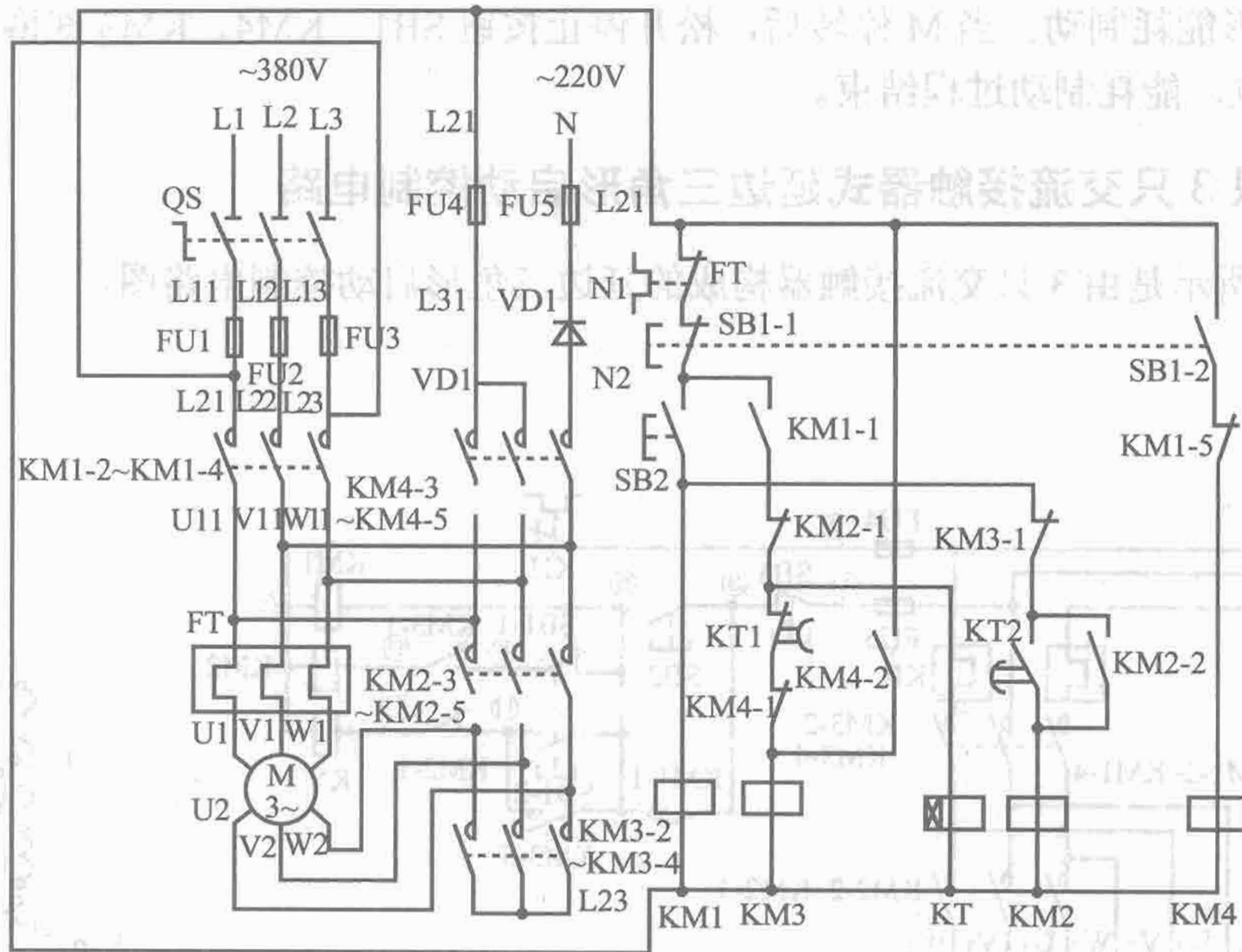


图 2-31 延时带直流能耗制动的 Y-Δ 启动控制电路图

(1) Y 形降压启动

当合上电源开关 QS，按下启动按钮 SB2 后，KM1 交流接触器线圈得电吸合，KM1-1 常开触点闭合自锁，KM1-2~KM1-4 常开触点闭合，接通了电动机的三相交流电源。

当 KM1-1 自锁触点闭合以后，也使交流接触器 KM3 线圈得电吸合，其常闭触点 KM3-1 断开了对 KM2 的联锁，常开触点 KM3-2~KM3-4 闭合以后，使电动机 M 的定子绕组接成 Y 形连接方式进行降压启动。

(2) Δ 形全压运行

当 KM1-1 自锁触点闭合以后，时间继电器 KT 线圈也得电工作，当电动机 M 转速上升到一定值时，KT 延时结束。KT 常闭触点断开使 KM3 交流接触器线圈断电，其常开触头 KM3-2~KM3-4 断开而解除了电动机定子绕组的 Y 形连接方式。

同时，由于 KM3 线圈断电，也使其常闭触点 KM3-1 复位闭合；KT 时间继电器线圈得电，也使其常开触点闭合，又使 KM2 交流接触器线圈得电吸合，其常开触点 KM2-2 闭合进行自锁，KM2-3~KM2-5 常开触点闭合，从而使电动机 M 定子绕组连接成 Δ 形（三角形）全压运行，KM2-1 常闭触点断开，从而使 KM3 交流接触器和时间继电器 KT 线圈均断电，KT1 和 KT2 延时触头均复位，从而完成了启动工作的动作过程。

(3) 能耗制动停转

按下停止按钮 SB1，SB1 常闭触头 SB1-1 先分断，KM1、KM2 交流接触器线圈断电，KM1-1、KM2-2 自锁触头分断解除自锁，KM1-2~KM1-4、KM2-3~KM2-5 主触点均断开，电动机 M 暂时断电并惯性运转，KM1-5 和 KM2-1 联锁触头复位。SB1 常开触头 SB1-2 后闭合，交流接触器 KM4 线圈得电吸合，其联锁触点 KM4-1 断开对 KM3 的联锁，KM4-3~KM4-5 常开主触点闭合接入直流电，KM4-2 常开触点闭合使 KM3 交流接触器线圈得电吸合，KM3-1 常闭触点断开对 KM2 的联锁，其 KM3-2~KM3-4 主触点闭合，使 M 定子绕

组又接成 Y 形能耗制动。当 M 停转后，松开停止按钮 SB1，KM4、KM3 线圈先后断电，各触头均复位，能耗制动过程结束。

2.3.7 读识 3 只交流接触器式延边三角形启动控制电路

图 2-32 所示是由 3 只交流接触器构成的延边三角形启动控制电路图。

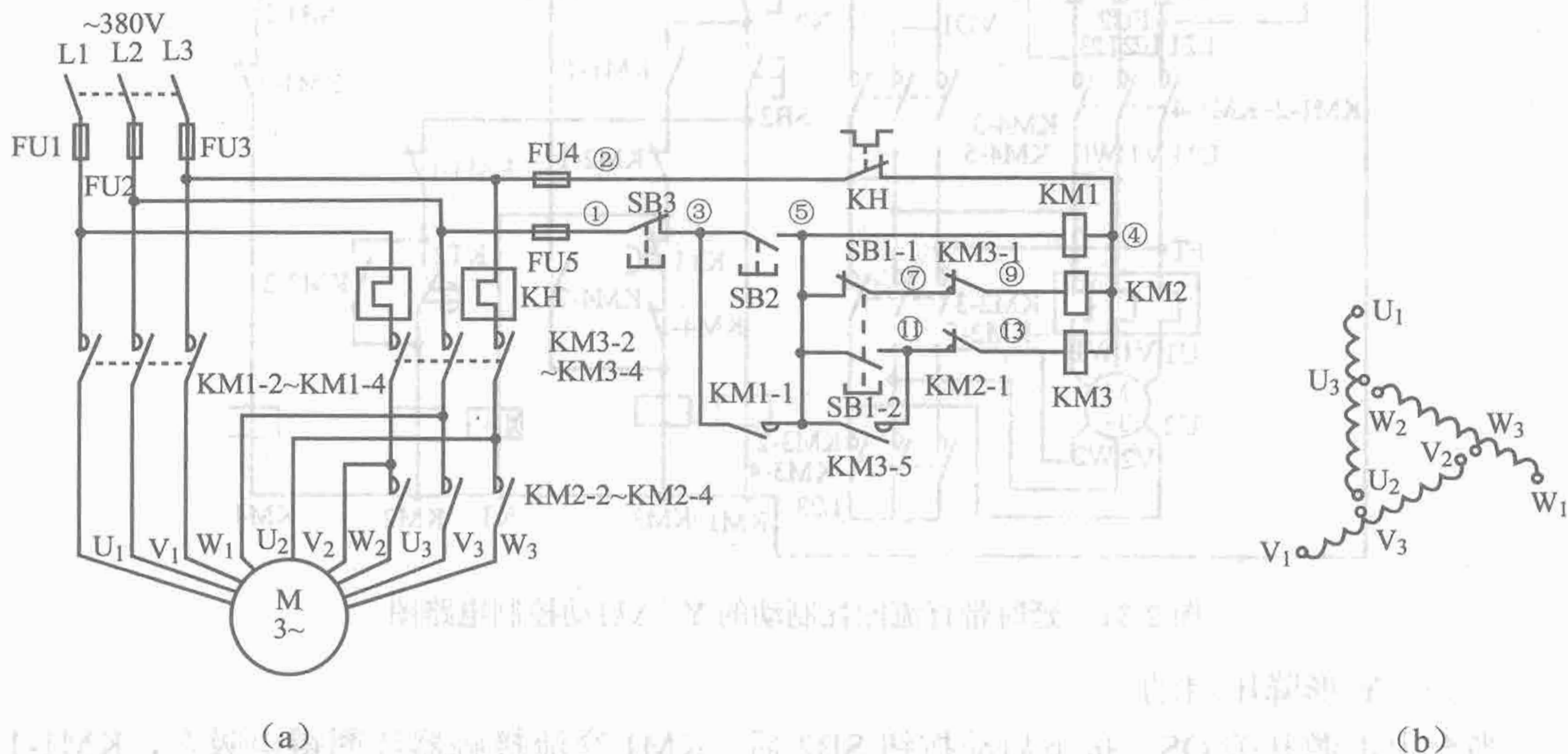


图 2-32 由 3 只交流接触器构成的延边三角形启动控制电路

1. 识图指导

图 2-32 所示电路中，SB3 为停止按钮开关；SB2 为启动按钮开关；SB1 为运行按钮开关；KM1 为启动控制交流接触器，其 KM1-1 为自锁触点，KM1-2~KM1-4 三组常开触点用于控制三相电动机的供电；KM2 为控制电动机成延边三角形的交流接触器，其 KM2-1 常闭触点用于互锁，KM2-2~KM2-4 三组常开触点控制电动机定子绕组组成延边三角形；KM3 为运行控制交流接触器，其 KM3-5 为自锁触点，KM3-1 用于控制 KM2 线圈的供电，KM3-2~KM3-4 三组常开触点控制电动机定子绕组组成△形进入正常运行状态。

2. 工作原理

图 2-32 所示电路的工作原理可从以下二个方面来进行分析说明。

(1) 启动控制

合上电源开关 QS，按下 SB2 后，交流接触器 KM1 线圈得电吸合，其 KM1-1 触点闭合后自锁，KM1-2~KM1-4 触点闭合后，使 L1、L2、L3 三相电源加到电动机定子绕组 U₁、V₁、W₁ 上。

同时，当 SB2 按下后，也使 KM2 交流接触器线圈得电吸合，其 KM2-1 常闭触点断开，常开触点 KM2-2~KM2-4 闭合后，使电动机定子绕组的 U₂、V₂、W₂ 端分别与 V₃、W₃、U₃ 接通，此时电动机定子绕组就形成了延边三角形进行启动，使电动机进入运行状态。

(2) 运行控制

当启动结束需要进入正常运转状态时，只要按下 SB1 按钮开关即可。

当按下 SB1 开关以后,其常闭触点 SB1-1 断开,从而切断了 KM2 线圈的供电,使 KM2 交流接触器断电释放,其常闭触点复位闭合, KM2-2~KM2-4 三组常开触点断开,使电动机定子绕组的 U_2 、 V_2 、 W_2 与 V_3 、 W_3 、 U_3 断开。常开触点 SB1-2 闭合以后,接通了交流接触器 KM3 线圈的供电,其常开触点 KM3-5 闭合自锁,常闭触点 KM3-1 断开后,切断了 KM2 线圈的电流通路, KM3-2~KM3-4 三组常开触点闭合后,使 L1~L3 三相电源与电动机定子绕组相接,形成 U_1 和 U_3 与 L1 相接, V_1 和 U_2 与 L2 相接, W_1 和 V_2 与 L3 相接。电动机呈 Δ 形连接进入正常运转状态。

表 2-2 中列出了几种电动机采用延边三角形与自耦变压器启动性能的比较。表 2-2 所列的字母含义为:

I_q 为启动电流;

I_{mq} 为满压启动时的启动电流;

M_q 为启动转矩;

M_{mq} 为满压启动时的启动转矩。

自耦变压器 60%抽头时启动转矩,相当于 Y 形接法时的启动转矩,故表 2-2 所列未给出 Y- Δ 启动性能。

表 2-2 延边三角形与自耦变压器启动性能的比较

型 号	启动方法	项 目			
		I_q (A)	I_q/I_{mq} (%)	M_q (N·m)	M_q/M_{mq} (%)
JQ2-5-2 10kW	满压启动	122	—	62	—
	自耦变压器 60%	40.5	33.1	15	24.2
	自耦变压器 80%	75.8	62.1	35	56.5
	$\Delta 1:3$	82	67.2	40	64.5
JQ2-62-4 17kW	满压启动	271	—	255	—
	自耦变压器 60%	85	31.4	63	24.7
	自耦变压器 80%	164	60.4	123	48.2
	$\Delta 1:1$	132	48.7	111	43.5
JQ2-62-6 13kW	满压启动	178	—	280	—
	自耦变压器 60%	58.7	33	72	25.7
	自耦变压器 80%	113	63.5	165	59
	$\Delta 1:2$	105	59	1485	53
JQ2-62-8 10kW	满压启动	120	—	270	—
	自耦变压器 60%	41.3	34.4	72	26.7
	自耦变压器 80%	75.5	55.8	150	55.6
	$\Delta 3:5$	67	49.1	129	48

2.3.8 读识双速异步电动机从 Δ 形启动到 Y-Y 运转的控制电路

图 2-33 (a) 所示是由一只中间继电器构成的双速异步电动机从 Δ 形启动到 Y-Y 运转的控制电路图。

1. 识图指导

图 2-33 所示电路中, SB1 为停止按钮开关; SB2 为启动按钮开关; KT 为时间继电器,

有一组常开延时断开触点 $KT1$; $KM1$ 为启动电动机用交流接触器; KA 为中间继电器; $KM2$ 为 Y - Y 转换控制交流接触器。各元件之间的控制关系如下:

$SB2 \rightarrow KT$ 得电 $\rightarrow KM1$ 线圈得电 \rightarrow 电动机得电启动

$KM1$ 线圈断电 $\leftarrow KT$ 断电 $\leftarrow KA$ 线圈得电 $\leftarrow KM2$ 线圈得电

电动机 Y - Y 运转

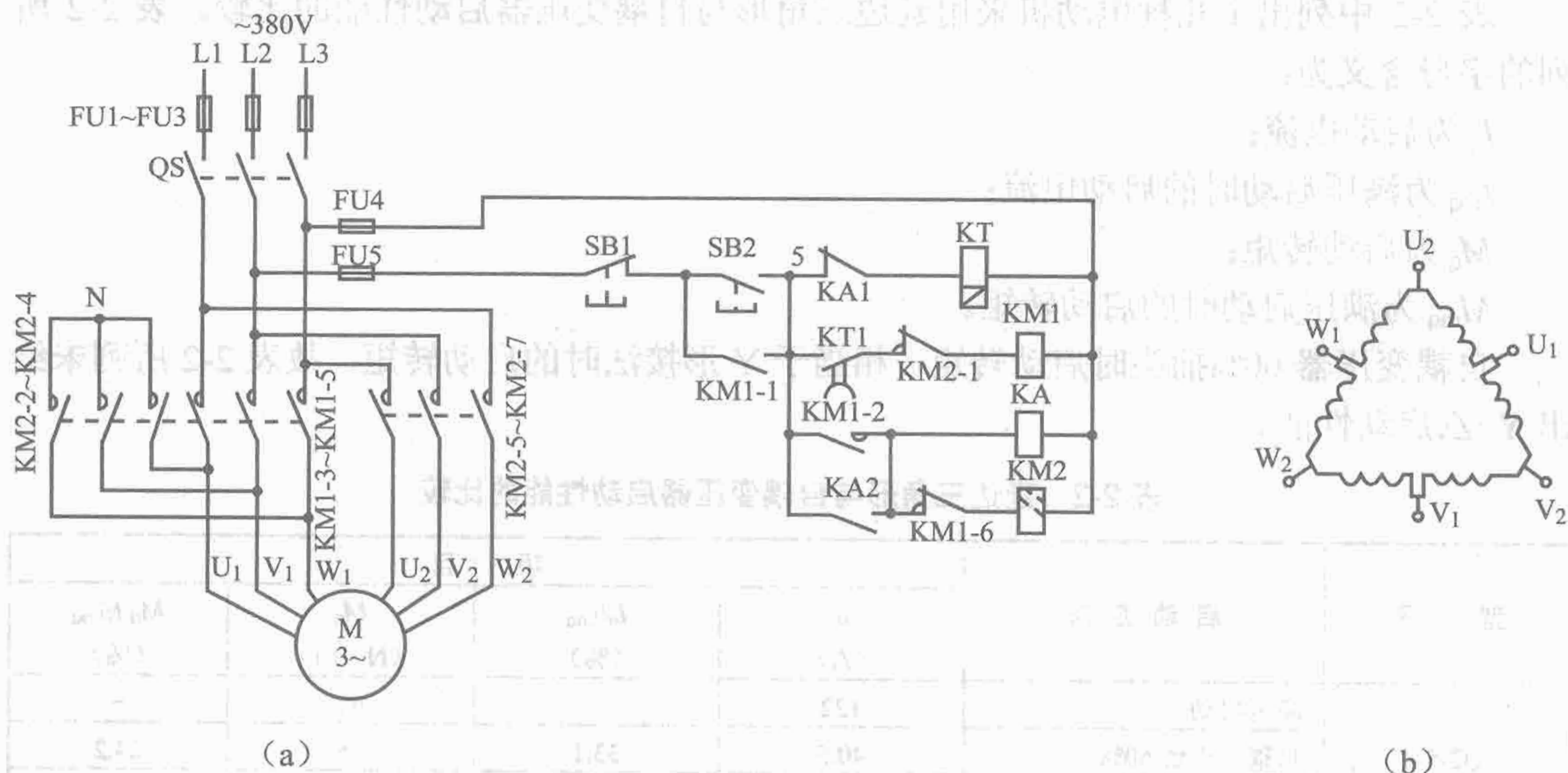


图 2-33 双速异步电动机从 Δ 形启动到 Y - Y 运转的控制电路图

2. 工作原理

图 2-33 所示电路的工作原理可从以下两个方面来进行分析说明。

(1) 启动控制

按下 $SB2$ 后, KT 时间继电器线圈得电工作, 其 $KT1$ 触点闭合, 使 $KM1$ 交流接触器线圈得电吸合, 其 $KM1-2$ 常开触点闭合, $KM1-1$ 常开触点闭合后自锁, $KM1-3 \sim KM1-5$ 常开触点闭合后, 使电动机得电启动运转。

(2) 加速控制

当 $KM1$ 线圈得电, 其 $KM1-2$ 触点闭合后, 使 KA 继电器线圈也得电吸合, 其常闭触点 $KA1$ 断开, 常开触点 $KA2$ 闭合, 延迟一段时间后, $KM1$ 线圈断电, 其 $KM1-6$ 复位闭合后, 使 $KM2$ 交流接触器线圈得电吸合, 其 $KM2-1$ 断开, $KM2-2 \sim KM2-7$ 六组常开触点均闭合, 使电动机定子绕组呈 Y - Y 连接方式而自动进入加速运行状态。

2.4 读识三相电动机变速控制电路

三相电动机变速控制电路主要有: 启动及加速控制电路、制动控制电路等。

2.4.1 读识三速异步电动机启动和自动加速控制电路

图 2-34 (a) 所示是由两只时间继电器构成的三速异步电动机启动和自动加速控制电路图。

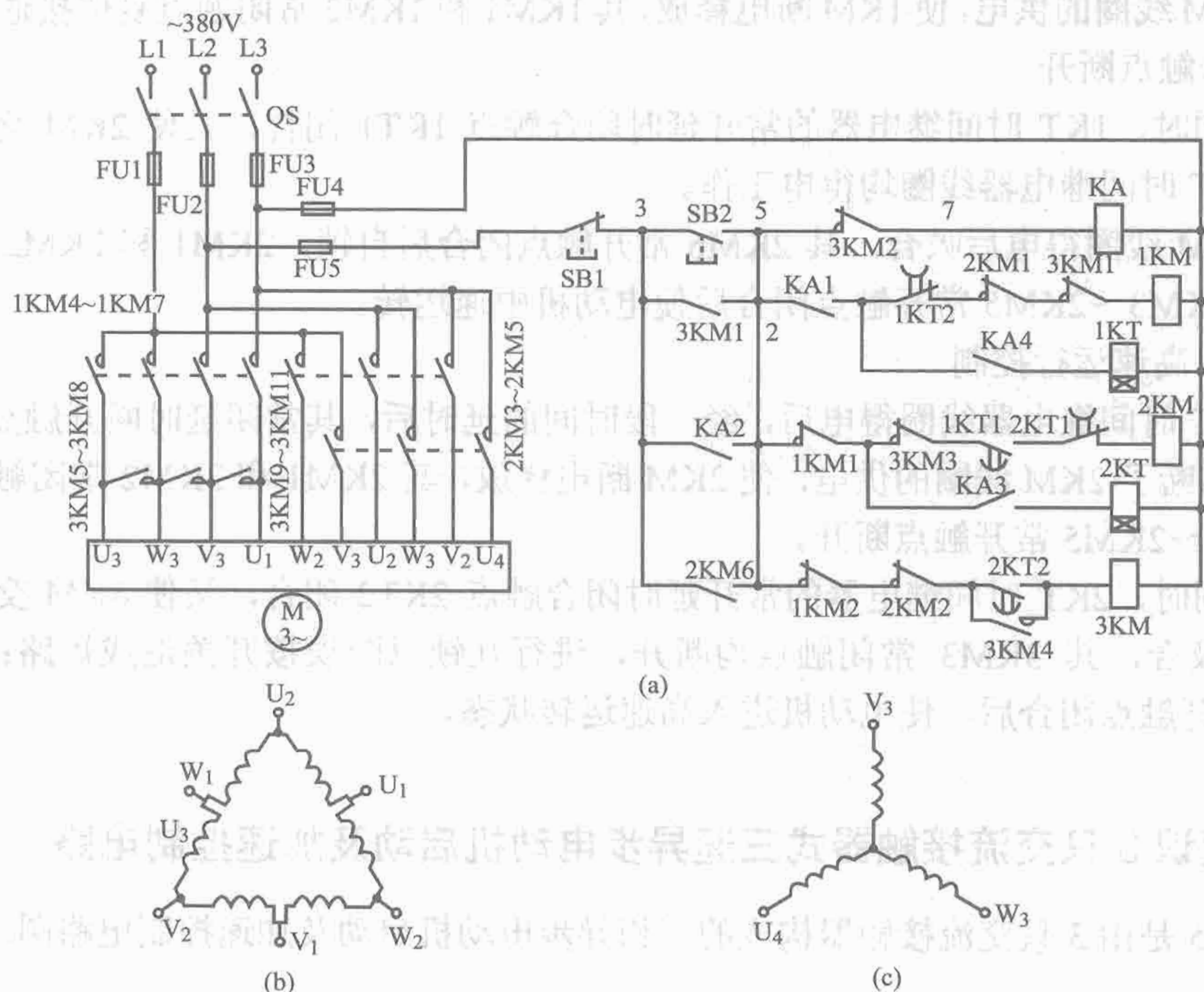


图 2-34 三速异步电动机启动和自动加速控制电路

1. 识图指导

图 2-34 (a) 所示电路中, SB1 为停止按钮开关; SB2 为启动按钮开关; KA 为中间继电器, 1 KM 为电动机低速运转控制交流接触器; 2 KM 为电动机中速运转控制交流接触器; 3 KM 为电动机高速运转控制交流接触器; 1KT 为时间继电器, 有一组常开延时闭合触点 1KT1, 一组常闭延时断开触点 1KT2; 2KT 也为时间继电器, 有一组常闭延时断开触点 2KT1, 一组常开延时闭合触点 2KT2。各元件的控制关系如下:

SB2 → KA 线圈供电 → 1KM 线圈的供电 → 电动机启动

↓

1KT 线圈 → 2KM 线圈供电 → 电动机中速运行

KA 线圈得电 → 2KT 线圈得电 → 3KM 线圈得电 → 电动机高速运行

2. 工作原理

图 2-34 所示电路的工作原理可从以下三个方面来进行分析说明。

(1) 启动控制

合上电源开关 QS, 按下启动开关 SB2 按钮后, KA 继电器线圈得电吸合, KA2 常开触点闭合后自锁, 其 KA1 与 KA4 常开触点闭合后, 使 1KM 与 1KT 线圈均得电工作。

当 1KM 线圈得电后吸合，其 1KM1 和 1KM2 常闭触点均断开，1KM4~1KM7 常开触点均闭合，使电动机得电启动低速运转。

(2) 中速运行控制

当 1KT 时间继电器线圈得电，经一段时间延时后，其常闭延时断开触点 1KT2 断开，切断了 1KM 线圈的供电，使 1KM 断电释放，其 1KM1 和 1KM2 常闭触点复位接通，1KM4~1KM7 常开触点断开。

与此同时，1KT 时间继电器的常开延时闭合触点 1KT1 闭合，又使 2KM 交流接触器线圈和 2KT 时间继电器线圈均得电工作。

当 2KM 线圈得电后吸合，其 2KM6 常开触点闭合后自锁，2KM1 和 2KM2 常闭触点均断开，2KM3~2KM5 常开触点闭合后使电动机中速运转。

(3) 高速运行控制

当 2KT 时间继电器线圈得电后，经一段时间的延时后，其常闭延时断开触点 2KT1 断开，从而切断了 2KM 线圈的供电，使 2KM 断电释放，其 2KM1 和 2KM2 常闭触点复位闭合，2KM3~2KM5 常开触点断开。

与此同时，2KT 时间继电器的常开延时闭合触点 2KT2 闭合，又使 3KM 交流接触器线圈得电吸合，其 3KM3 常闭触点均断开，进行互锁以防误按开关造成短路；3KM5~3KM11 常开触点闭合后，使电动机进入高速运转状态。

2.4.2 读识 3 只交流接触器式三速异步电动机启动及加速控制电路

图 2-35 是由 3 只交流接触器构成的三相异步电动机启动及加速控制电路图。

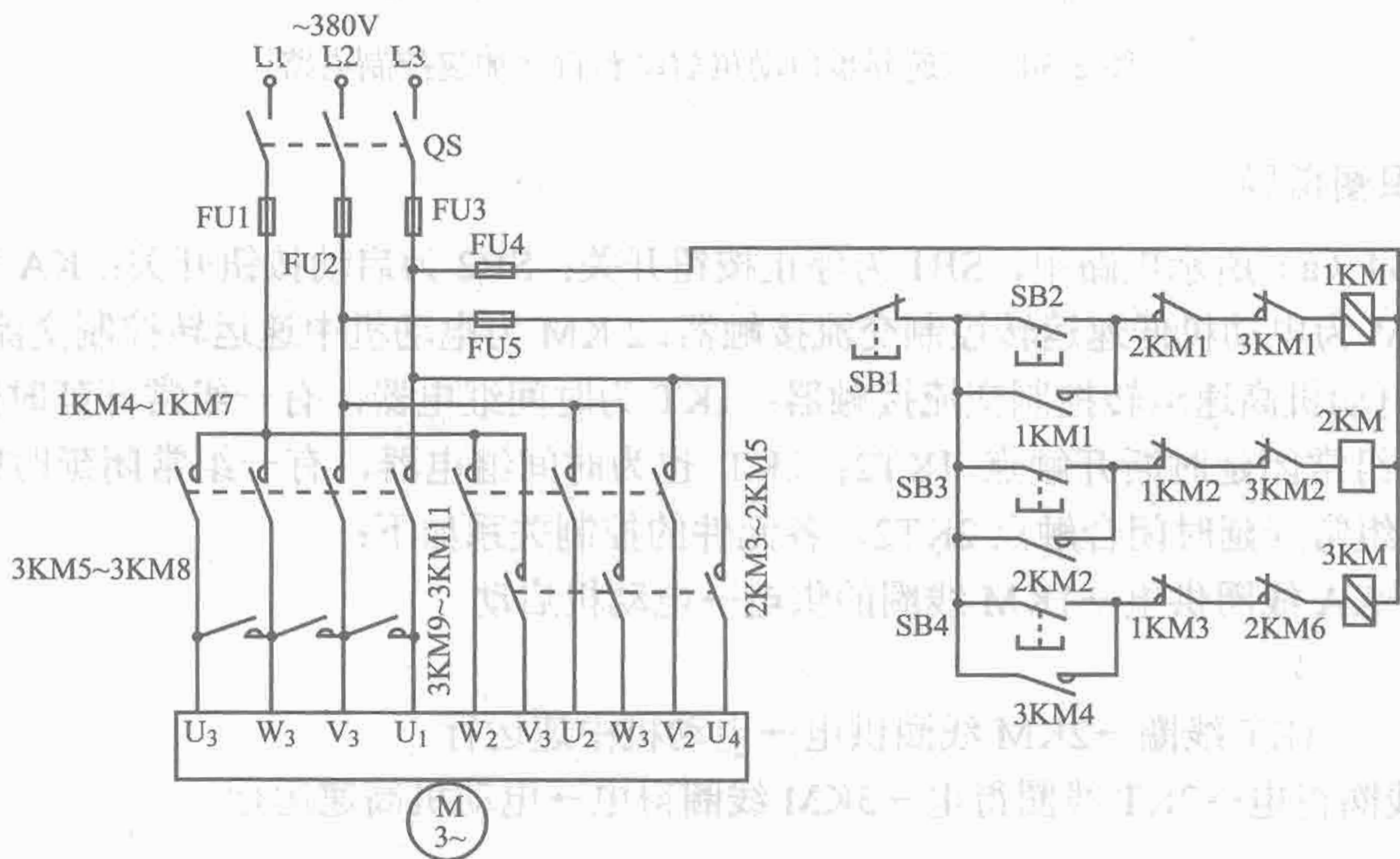


图 2-35 由 3 只交流接触器构成的三相异步电动机启动及加速控制电路

1. 识图指导

图 2-35 所示电路中，SB1 为停止按钮开关；SB2 为低速按钮开关；SB3 为中速按钮开

关；SB4 为高速按钮开关；1KM 为低速运转控制交流接触器；2KM 为中速运转控制交流接触器；3KM 为高速运转控制交流接触器。各元件的控制关系如下：

SB2→1KM 线圈供电→电动机低速运转

SB3→2KM 线圈供电→电动机中速运转

SB4→3KM 线圈供电→电动机高速运转

3 只交流接触器之间具有互锁作用。

2. 工作原理

图 2-35 所示电路的工作原理可从以下三个方面来进行分析说明。

(1) 低速运转

按下 SB2 启动开关后，1KM 线圈得电吸合，其 1KM1 触点闭合后自锁，1KM2、1KM3 触点断开互锁，1KM4~1KM7 闭合后使电动机低速运转。

(2) 中速运转

按下 SB3 启动开关后，2KM 线圈得电吸合，其 2KM2 触点闭合后自锁，2KM1、2KM6 触点断开互锁，2KM3~2KM5 闭合后使电动机中速运转。

(3) 高速运转

SB4 是高速运转启动开关，控制原理与上基本相同，读者可自行分析。

2.4.3 读识电源变压器式电动机能耗制动控制电路

图 2-36 是由一只电源变压器构成的电动机能耗制动控制电路图。

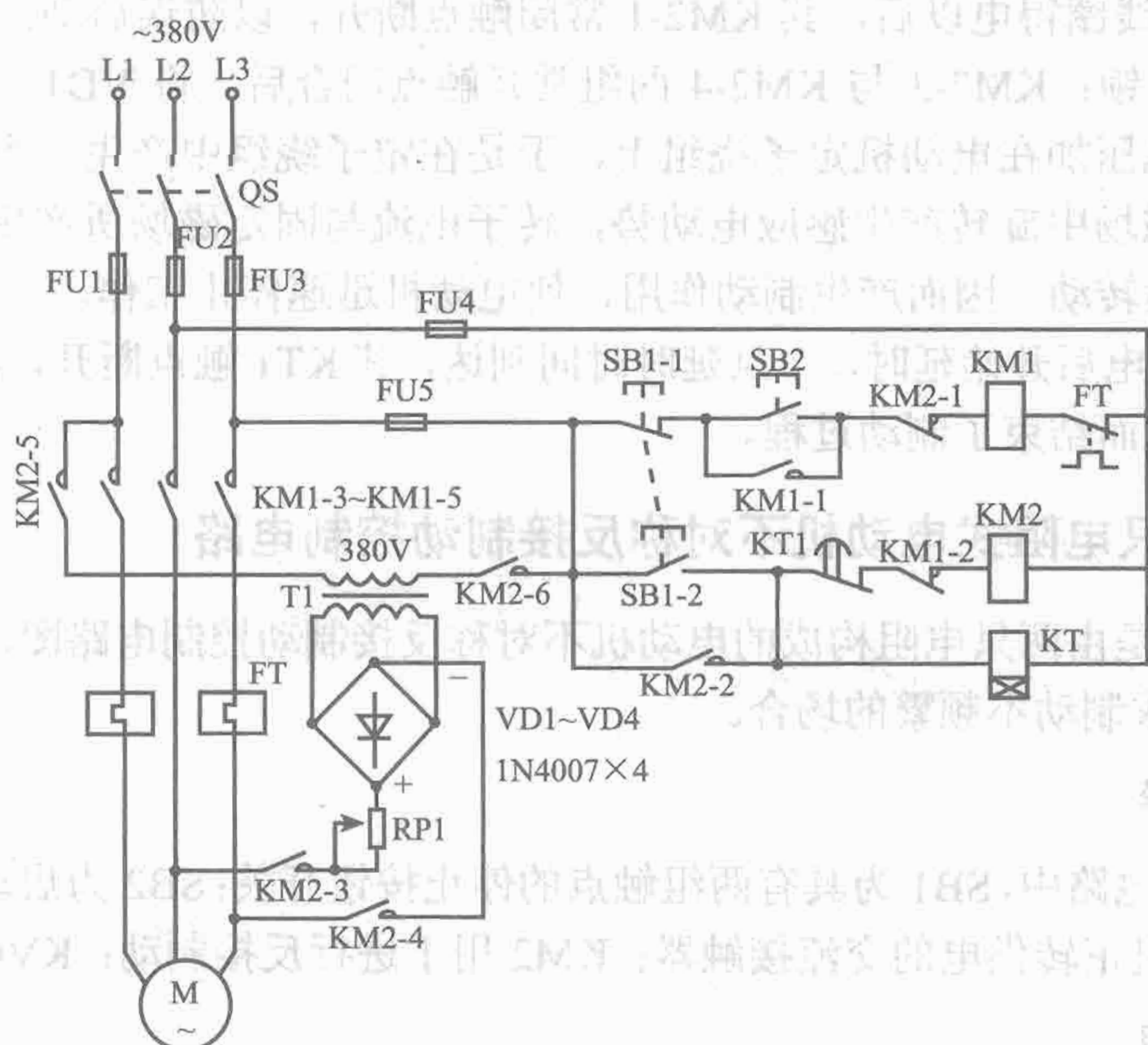


图 2-36 由一只电源变压器构成的电动机能耗制动控制电路

1. 识图指导

图 2-36 所示电路中，SB1 是一只具有双触点的停止按钮开关；SB2 为启动按钮开关；

KM1 为控制电动机三相供电电源的交流接触器；KM2 为控制制动的交流接触器；KT 为时间继电器，有一组常闭延时断开触点 KT1；T1 为电源变压器，其初级与 380V 供电相连，次级加到整流电路；VD1~VD4 为桥式整流电路，由 4 只整流二极管构成；RP1 为可调电位器。

图 2-36 所示电路中各元件的控制关系如下：

SB2→KM1→电动机的供电

SB1→KM1→电动机的断电

↓

KM2 与 KT→电动机进行制动

2. 工作原理

图 2-36 所示电路的工作原理可从以下两个方面来进行分析说明。

(1) 启动控制

合上电源开关 QS，按下 SB2 启动按钮开关后，KM1 交流接触器线圈得电吸合，其 KM1-1 常开触点闭合后自锁，KM1-2 常闭触点断开，KM1-3~KM1-5 常开触点闭合后，使电动机得电运转。

(2) 制动控制

当按下停止按钮开关 SB1 后，其常闭触点 SB1-1 断开，从而切断了 KM1 交流接触器线圈的供电，使 KM1-3~KM1-5 断开，电动机断电进入惯性运行状态；SB1-2 常开触点闭合后，由于 KM1-2 已复位闭合，故 KM2 交流接触器和时间继电器 KT 线圈同时得电。

- 当 KM2 线圈得电以后，其 KM2-1 常闭触点断开，以防误启动；KM2-2 常开触点闭合后自锁；KM2-3 与 KM2-4 两组常开触点闭合后，将 VD1~VD4 桥式整流后的直流电压加在电动机定子绕组上，于是在定子绕组中产生一个静止磁场，转子在这个磁场中旋转产生感应电动势，转子电流与固定磁场所产生的转矩阻碍了转子的继续转动，因而产生制动作用，使电动机迅速停止工作。
- 当 KT 得电后开始延时，一旦延时时间到达，其 KT1 触点断开，使 KM2 线圈断电释放，从而结束了制动过程。

2.4.4 读识两只电阻式电动机不对称反接制动控制电路

图 2-37 所示是由两只电阻构成的电动机不对称反接制动控制电路图，适用于容量较小的电动机，且要求制动不频繁的场所。

1. 识图指导

图 2-37 所示电路中，SB1 为具有两组触点的停止按钮开关；SB2 为启动按钮开关；KM1 为用于控制电动机正转供电的交流接触器；KM2 用于进行反接制动；KVC 为速度继电器。

2. 工作原理

图 3-37 电路的工作原理可从以下两个方面来进行分析说明。

(1) 正转启动控制

合上电源开关 QS，按下 SB2 启动按钮开关后，KM1 交流接触器线圈得电吸合，其

KM1-1 触点闭合后自锁，KM1-2 常闭触点断开，KM1-3~KM1-5 三组常开触点闭合后使电动机得电正向运转。当电动机运行速度达到 120 r/min 时，速度继电器 KVC 的常开触点 KVC1 闭合，为反接制动做好准备。

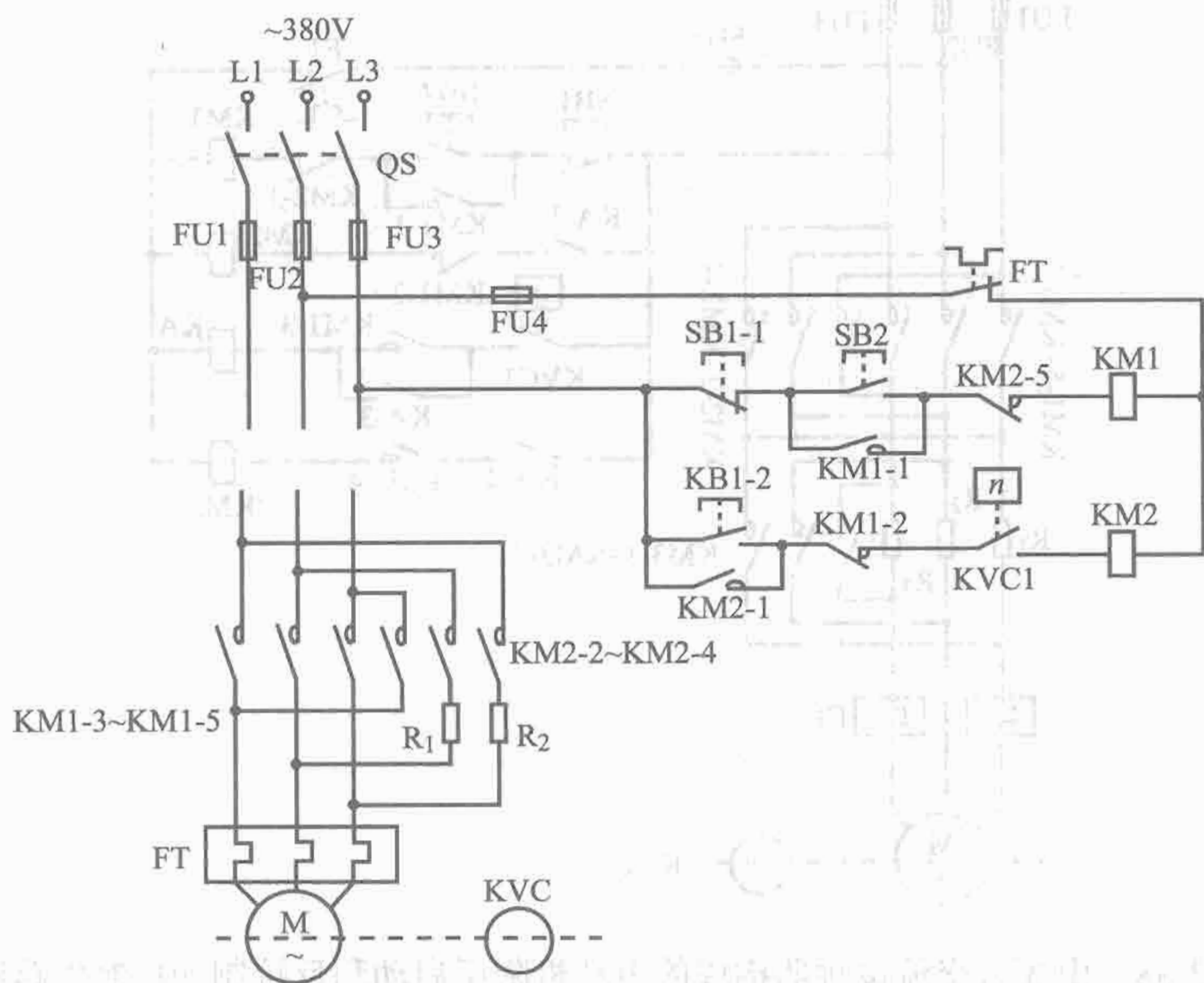


图 2-37 由两只电阻构成的电动机不对称反接制动控制电路

(2) 反接制动控制

当按下停止按钮开关 SB1 后，其常闭触点 SB1-1 断开，使 KM1 线圈断电释放，其所有的常开触点均断开，使电动机断电处于惯性运行状态；而 KM1 的常闭触点 KM1-2 复位后接通，使交流接触器 KM2 线圈得电吸合，其 KM2-1 触点闭合后自锁，KM2-5 断开，KM2-2~KM2-4 闭合后，使电动机由正转立即变为反转，使电动机正转速很快下降并停止。一旦电动机转速低于 120 r/min 时，速度继电器 KVC 的常开触点 KVC1 就会断开，电动机也就彻底脱离了电源。

2.4.5 读识 3 只交流接触器式电动机降压启动和反接制动控制电路

图 2-38 所示是由 3 只交流接触器构成的电动机降压启动和反接制动控制电路图。

1. 识图指导

图 2-38 所示电路中，SB1 为停止按钮开关；SB2 为启动按钮开关；KVC 为速度继电器，有一组常开触点 KVC1；KM1 为交流接触器，用于控制电动机的三相交流供电；KM2 为交流接触器，用于进行反接制动控制；KM3 为交流接触器，用于控制电动机的启动；KA 为中间继电器。

2. 工作原理

图 2-38 所示电路的工作原理可从以下两个方面来进行分析说明。

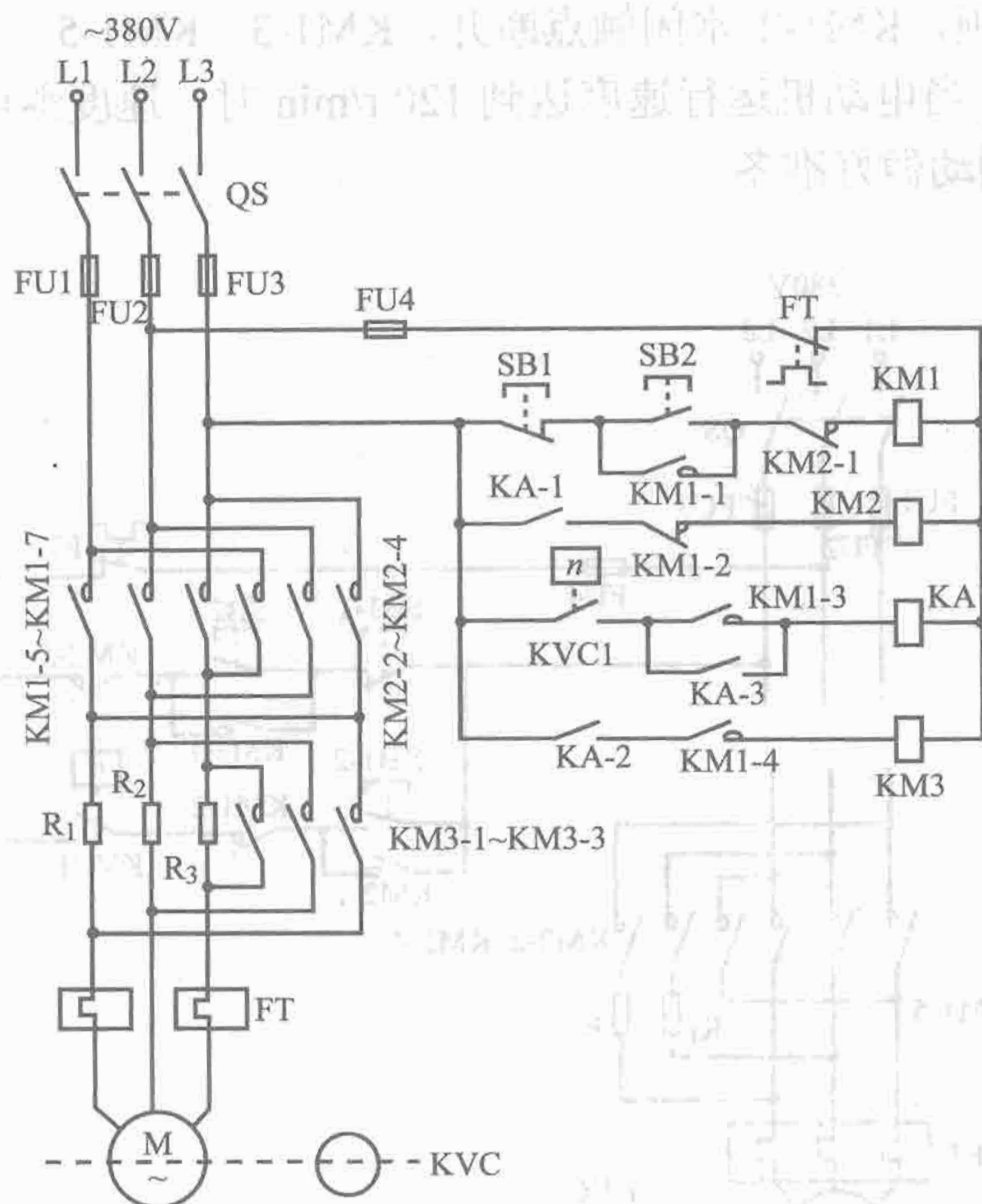


图 2-38 由 3 只交流接触器构成的电动机降压启动和反接制动控制电路图

(1) 启动控制

合上电源开关 QS，按下启动按钮开关 SB2 后，KM1 交流接触器线圈得电吸合，其 KM1-1 闭合后自锁，KM1-2 断开，KM1-3 与 KM1-4 常开触点闭合，为 KA、KM3 供电做好准备；KM1-5~KM1-7 三组常开主触点闭合，使电动机得电启动。

当电动机启动运转转速达到 120 r/min 以上时，速度继电器 KVC 的常开触点 KVC1 闭合，使 KA 中间继电器线圈也得电吸合，其 KA-3 闭合后进行自锁；KA-1 闭合，为反接制动做好准备；KA-2 常开触点闭合后，使 KM3 交流接触器线圈得电吸合，其 KM3-1~KM3-3 三组常开触点闭合后，使启动电阻 R₁~R₃ 被短接，电动机得到全部电压进入正常运行状态。

(2) 反接制动控制

当需要进行停机时，按下停机按钮开关 SB1 后，KM1 交流接触器线圈断电释放，其 KM1-1、KM1-5~KM1-7 常开触点均断开，使电动机 M 断电处于惯性运行状态；KM1-4 常开触点断开后，使 KM3 交流接触器线圈断电释放，其 KM3-1~KM3-3 三组主触点断开，使 R₁~R₃ 启动电阻接入了电路；KM1-2 常闭触点复位闭合后，使 KM2 交流接触器线圈得电吸合，其 KM2-1 常闭触点断开，KM2-2~KM2-4 常开触点闭合，使电动机被反接制动。

当电动机被反接制动使电动机转速下降时，一旦电动机转速低于 120 r/min，速度继电器 KVC 的常开触点 KVC1 断开，切断了中间继电器 KA 线圈的供电，其 KA-1 断开又切断了 KM2 线圈的供电，其 KM2-2~KM2-4 又断开，电动机电源也断开，制动结束。

2.4.6 读识一只交流接触器式电动机短接制动控制电路

图 2-39 所示是由一只交流接触器构成的电动机短接制动控制电路图，适用于小容量高

速异步电动机，以及制动要求不高的场合。

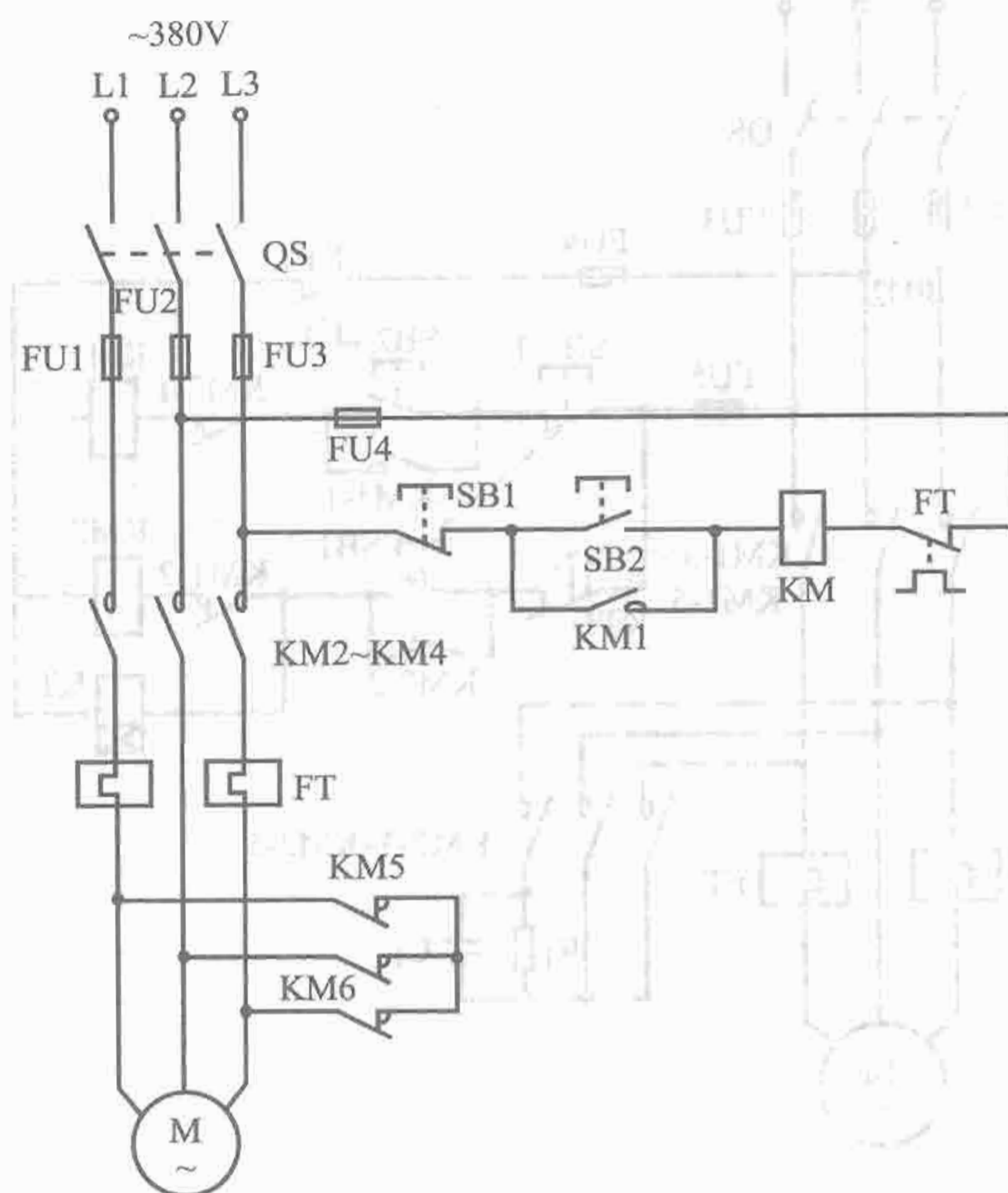


图 2-39 由一只交流接触器构成的电动机短接制动控制电路

1. 识图指导

图 2-39 所示电路较为简单，仅是在正转控制电路的基础上，增加了两组 KM5、KM6 常闭触点。识图时，可参考图 2-12 所示的识图指导。

2. 工作原理

图 2-39 所示电路的工作原理可从以下两个部分来进行分析说明。

(1) 启动控制

合上电源开关 QS，按下启动按钮开关 SB2 后，KM 交流接触器线圈得电吸合，其 KM1 触点闭合后自锁，KM2~KM4 常开触点闭合后为电动机提供三相交流供电，使电动机得电运转；同时，常闭触点 KM5 与 KM6 断开。

(2) 制动控制

当需要停机时，按下停止按钮开关 SB1 后，KM 交流接触器线圈断电释放，KM1~KM4 常开触点均断开，使电动机的供电断开，同时 KM5 与 KM6 常闭触点复位闭合，将定子绕组短接。此时，由于转子中仍存有剩磁，形成旋转磁场，该磁场切割定子绕组，在定子绕组中产生感应电动势。由于定子绕组已经被 KM5 与 KM6 闭合的触点短接，故在电动机的定子绕组回路中会产生感生电流。该电流又与旋转磁场相互作用，进而产生制动转矩，使电动机的转子被迫停止转动，从而实现了制动控制。

2.4.7 读识 RC 并联电路式异步电动机自励发电-短接制动控制电路

图 2-40 是由 RC 并联电路构成的异步电动机自励发电-短接制动控制电路图，适用于功率较小的三相鼠笼式异步电动机。

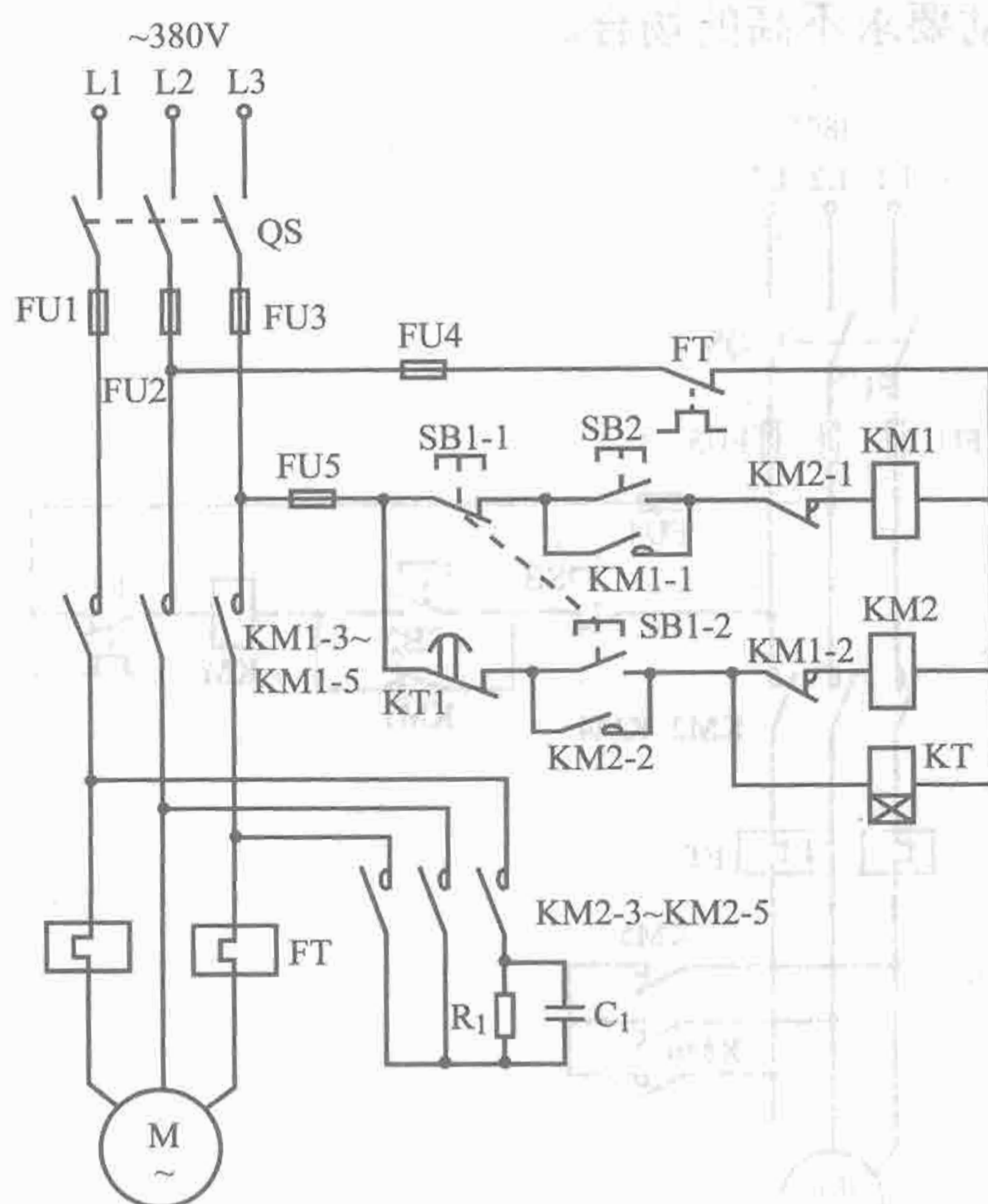


图 2-40 由 RC 并联电路构成的异步电动机自励发电-短接制动控制电路

1. 识图指导

图 2-40 所示电路中，SB1 为停止按钮开关；SB2 为启动按钮开关；KM1 为电动机三相供电控制用交流接触器线圈；KM2 为控制制动用交流接触器线圈；KT 为时间继电器，有一组常闭延时断开触点 KT1；R₁ 为电阻器，C₁ 为电容器，并联后供电动机自励发电进行制动。

图 2-40 所示电路中各元件的控制关系如下：

SB2→KM1→电动机的供电

SB1→KM1→电动机的断电

KT 与 KM2→电动机自励发电-短接制动

2. 工作原理

图 2-40 所示电路的工作原理可从以下几个方面来进行分析说明。

(1) 启动控制

合上电源开关 QS，按下 SB2 启动按钮开关后，KM1 交流接触器得电吸合，其 KM1-1 闭合后自锁，KM1-2 断开，KM1-3~KM1-5 闭合后使电动机得电启动工作。

(2) 制动控制

当按下停止按钮开关 SB1 后，其常闭触点 SB1-1 断开，使 KM1 线圈断电释放，其 KM1-2 触点复位后闭合，KM1-3~KM1-5 三组常开触点断开，使电动机断电。

同时，当 SB1-2 常开触点闭合后，使 KM2 交流接触器线圈得电吸合，其 KM2-2 闭合后自锁，KM2-1 断开，KM2-3~KM2-5 三组触点闭合后，使电动机的一相由 R₁ 与 C₁ 电路

采用自励发电制动，另外两相采用短接制动。

在 KM2 交流接触器线圈得电的同时，也使时间继电器 KT 线圈得电工作，进入延时工作状态，一旦延时时间到达后，其常闭延时断开触点 KT1 断开，使 KM2 交流接触器线圈断电释放，其 KM2-1 常闭触点复位闭合，KM2-3~KM2-5 三组常开触点断开，切断了制动线路，制动过程完毕。

提示：

自励发电的制动效果较好，当异步电动机的转子转速在外加转矩作用下大于同步转速时，则其转矩将用于抵抗外加转矩，这时电动机变成了发电机，故可起到制动作用。

2.4.8 读识交流接触器式电动机抱闸式制动控制电路

图 2-41 所示是由两只交流接触器构成的电动机抱闸式制动控制电路图，适用于电动机经制动停止以后，需用人工将工件或传动轴转动做一些调整的场合。

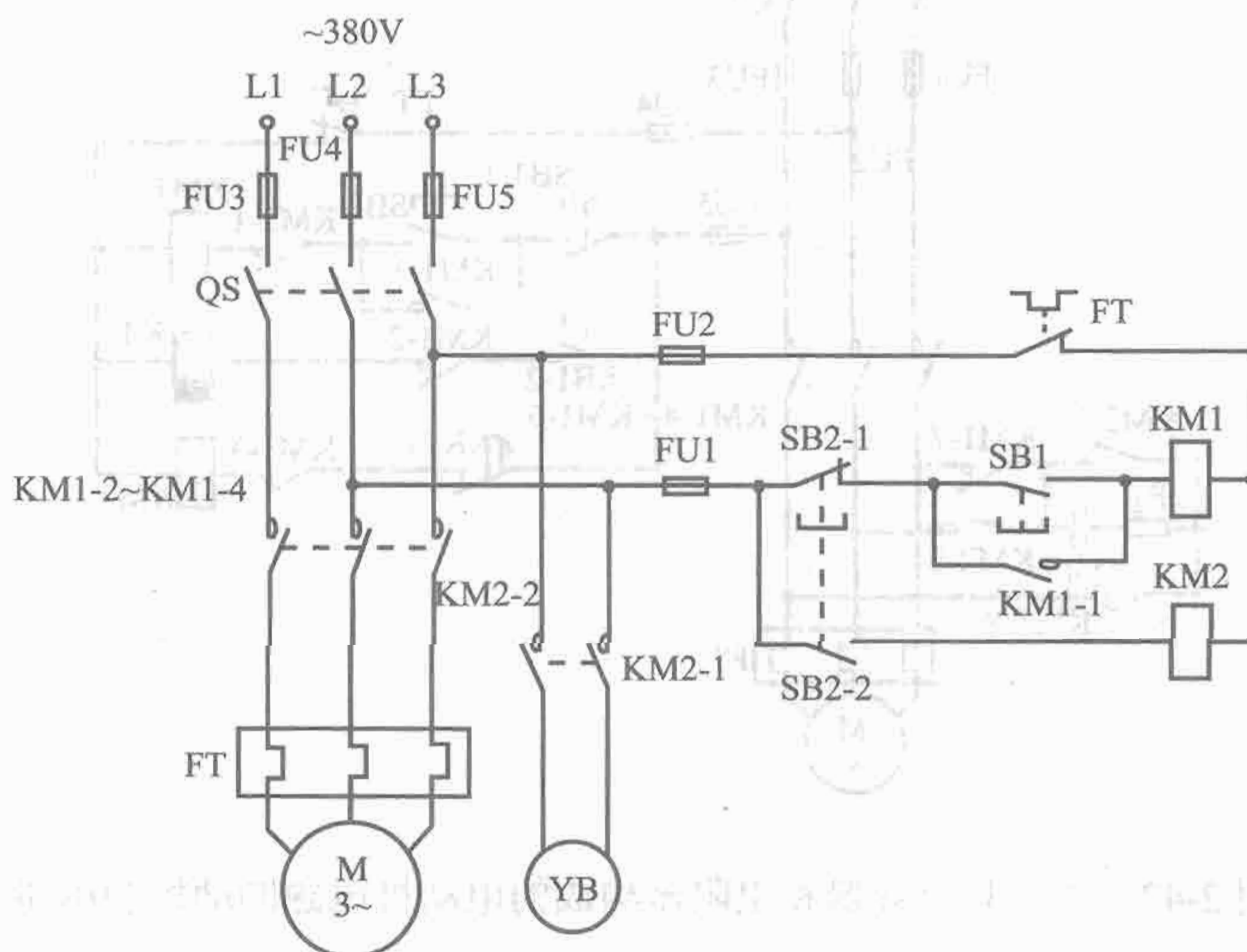


图 2-41 由两只交流接触器构成的电动机抱闸式制动控制电路

1. 识图指导

图 2-41 所示电路中，SB2 为停止按钮开关；SB1 为启动按钮开关；KM1 为控制电动机三相电源的交流接触器；KM2 为控制电磁铁 YB 动作的交流接触器；YB 为制动电磁铁。各元件的控制关系如下：

- SB1 → KM1 线圈供电 → 电动机的供电
- SB2 → KM1 线圈断电 → 电动机的断电
- ↓
- KM2 线圈通电 → 电磁铁 YB 供电 → 电动机被制动

2. 工作原理

图 2-41 所示电路的工作原理可从以下两个方面来进行分析说明。

(1) 启动控制

合上 QS，按下 SB1 后，KM1 得电吸合，其 KM1-1 触点闭合后自锁，KM1-2~KM1-4 闭合后使电动机得电运行。

(2) 制动控制

按下 SB2 开关后，其 SB2-1 断开，KM1 断电使电动机也断电；同时，SB2-2 闭合，使 KM2 线圈得电吸合，其 KM2-1 和 KM2-2 闭合，使 YB 动作，抱闸抱紧使电动机停止。松开 SB2 时，KM2 断电释放，YB 也释放，抱闸放松。

2.4.9 读识电容和电阻式电动机电磁制动控制电路

图 2-42 所示是由一只电容器和电阻器构成的电动机电磁制动控制电路图。

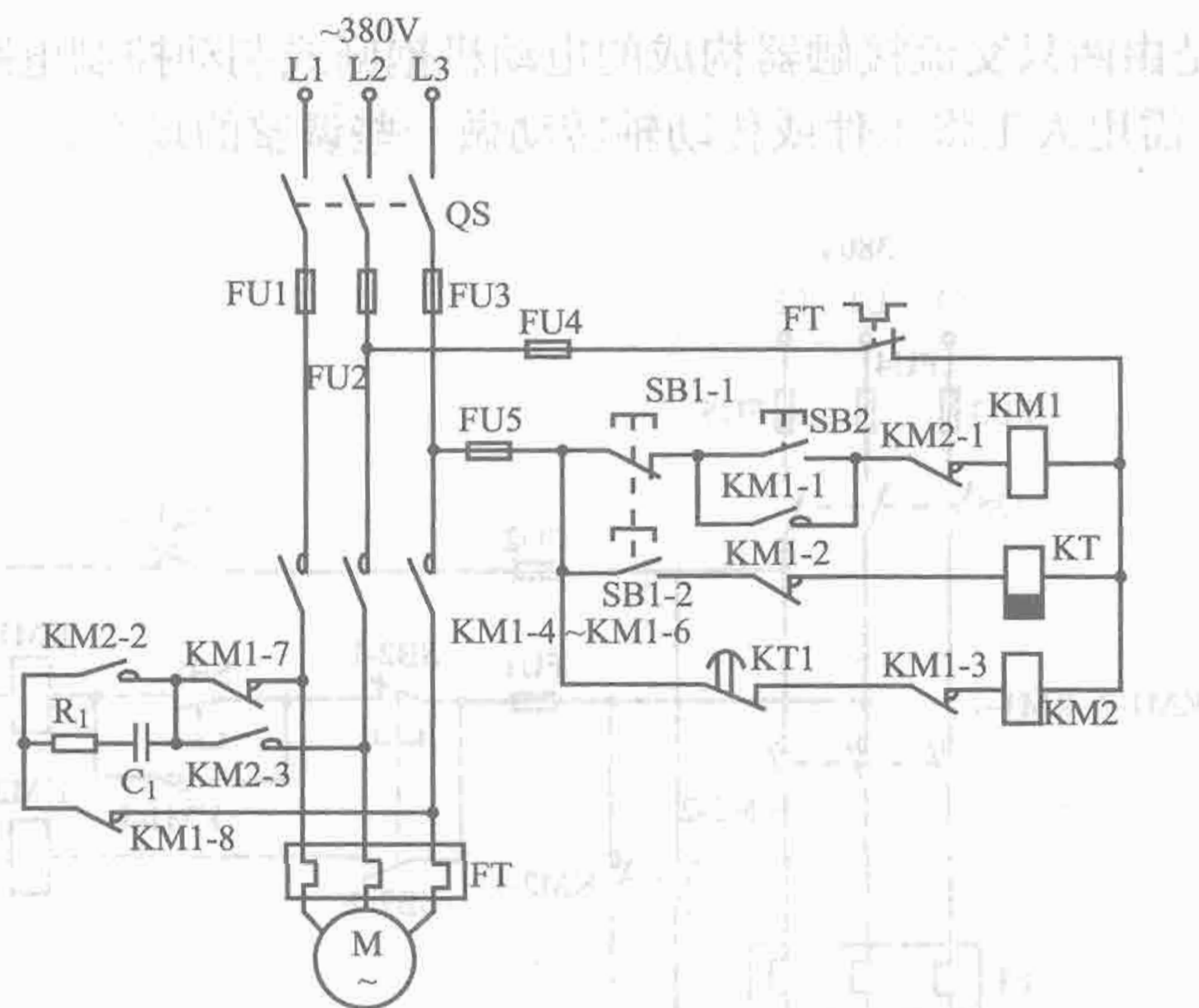


图 2-42 由一只电容器和电阻器构成的电动机电磁制动控制电路

1. 识图指导

图 2-42 所示电路中，SB1 为停止按钮开关；SB2 为启动按钮开关；KM1 为控制电动机电源的交流接触器；KT 为时间继电器，有一组常开延时断开触点 KT1；KM2 为控制制动的交流接触器；R₁、C₁ 为制动用电阻器和电容器。

图 2-42 所示电路中各元件的控制关系如下：

- SB2 → KM1 → 电动机的供电
- SB1 → KM1 → 电动机的断电
- ↓
- KT → KM2 → 电动机的制动

2. 工作原理

图 2-42 所示电路的工作原理可从以下两个方面来进行分析说明。

(1) 启动控制

合上电源开关 QS, 按下 SB2 启动按钮后, KM1 交流接触器线圈得电吸合, 其 KM1-1 闭合后自锁, KM1-2 与 KM1-3 常闭触点均断开, KM1-4~KM1-6 三组常开触点闭合后, 使电动机得电运行, KM1-7 与 KM1-8 常闭触点断开。

(2) 制动控制

按下停机按钮 SB1 后, 其常闭触点 SB1-1 断开, KM1 交流接触器线圈断电释放, 其常开触点 KM1-4~KM1-6 断开, 使电动机断电进入惯性运行状态; KM1-2、KM1-3、KM1-7、KM1-8 常闭触点均复位闭合, 使 C_1 与 R_1 串联电路并接在电动机定子绕组上, 以进行电动机制动。

当按下 SB1 后, 其常开触点 SB1-2 闭合, 使 KT 时间继电器线圈得电工作, 其延迟触点 KT1 闭合, 使 KM2 交流接触器线圈得电吸合, 其常闭触点 KM2-1 断开, KM2-3 和 KM2-2 常开触点闭合, 将电动机三相绕组短接进行电磁制动, 使电动机迅速停转。

同时, 由于松开 SB1 停止按钮后, 其常开触点又复位断开, 使 KT 时间继电器线圈断电释放, 其常开延时断开触点 KT1 经延时后断开, 从而又切断了 KM2 交流接触器线圈的供电而释放, 其 KM2-1 常闭触点又复位闭合, KM2-2、KM2-3 常开触点也复位处于断开状态, 为下一次电动机的启动做好准备。

KM2-2 常开触点闭合后也为电容器 C_1 提供了放电回路。

2.4.10 读识一只二极管式电动机能耗制动控制电路

图 2-43 所示是由一只二极管构成的电动机能耗制动控制电路图, 适用于 10 kW 以下电动机且对制动要求不是太高的场合。

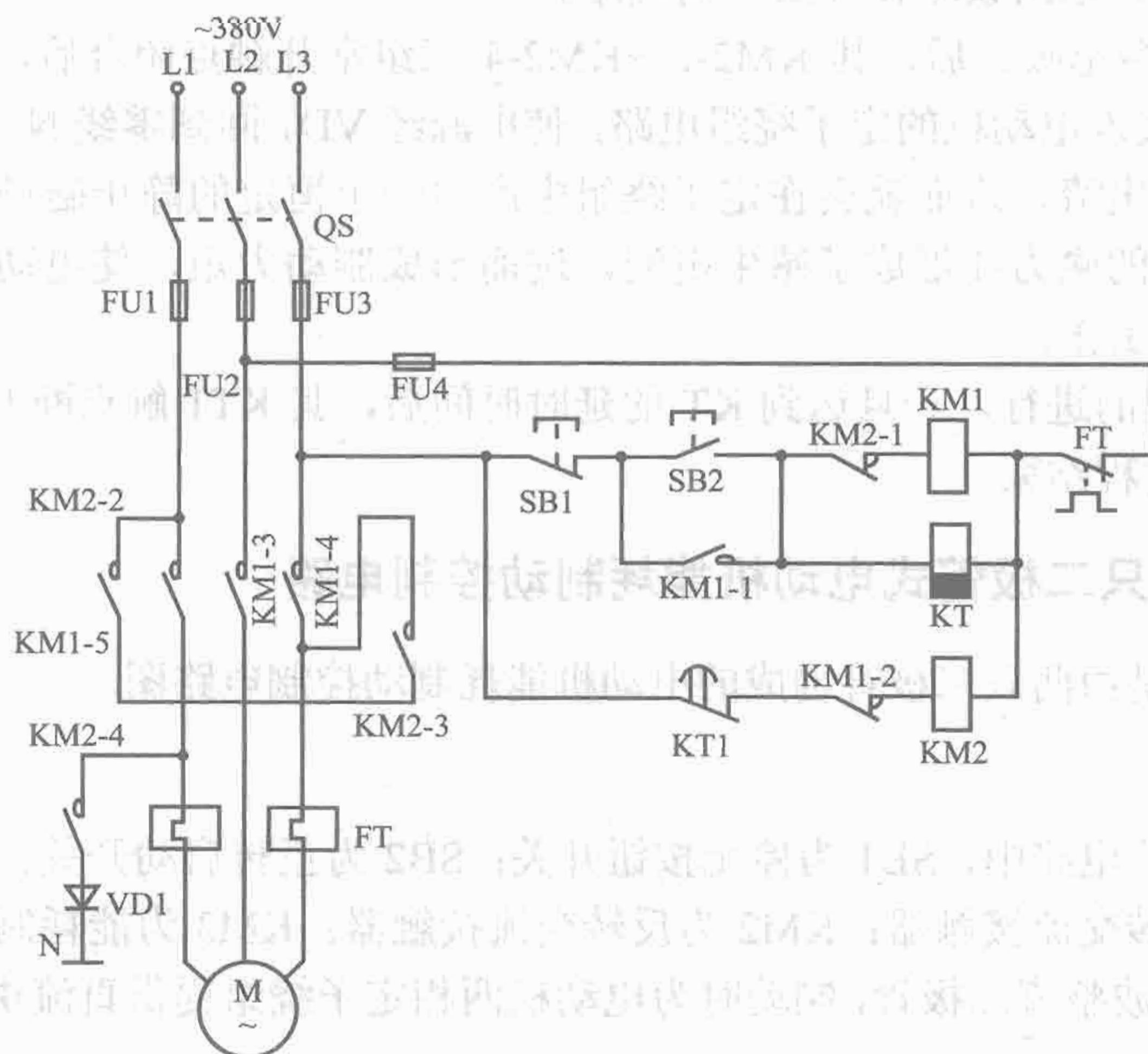


图 2-43 由一只二极管构成的电动机能耗制动控制电路

1. 识图指导

图 2-43 所示电路中, SB1 为停止按钮开关; SB2 为启动按钮开关; KM1 为正转控制交流接触器; KT 为时间继电器, 有一组常开延时断开触点 KT1; KM2 为制动控制交流接触器。

图 2-43 所示电路中各元件的控制关系如下:

SB2→KM1 电动机电源

↓
KT 时间继电器→KM2→电动机的制动

2. 工作原理

图 2-43 所示电路的工作原理可从以下两个方面来进行分析说明。

(1) 启动控制

当合上电源开关 QS, 按下 SB2 启动按钮开关后, KM1 交流接触器线圈得电吸合, 其 KM1-3~KM1-5 常开触点闭合后使电动机得电运转; KM1-1 常开触点闭合后自锁, 使 KT 时间继电器线圈得电工作, 其常开触点 KT1 闭合。此时, 由于 KM1-2 常闭触点断开, 故 KM2 线圈不会得电, 但此时已为制动做好了准备。

(2) 制动控制

当按下停机按钮 SB1 后, KM1 与 KT 线圈断电释放:

- 当 KM1 交流接触器线圈断电释放后, 其三组主触点 KM1-3~KM1-5 断开以后, 使电动机断电处于惯性运行状态; 一组常闭触点 KM1-2 复位闭合后, 使交流接触器 KM2 线圈得电吸合, 其常闭触点 KM2-1 断开, 切断了交流接触器 KM1 线圈的电流通路, 以防误动作导致相间短路。
- 当 KM2 得电吸合后, 其 KM2-2~KM2-4 三组常开触点闭合后, 使半波整流二极管 VD1 接入电动机的定子绕组电路, 使电源经 VD1 回到零线 N, 使定子绕组中通入了直流电流, 进而就会在定子绕组中产生一个恒定的静止磁场, 转子因切割该静止磁场的磁力线形成了感生电流, 进而形成制动力矩, 使电动机迅速被制动, 从而停止工作。

随着制动过程的进行, 一旦达到 KT 的延时时间后, 其 KT1 触点断开, 使 KM2 线圈断电释放, 制动过程结束。

2.4.11 读识两只二极管式电动机能耗制动控制电路

图 2-44 所示是由两只二极管构成的电动机能耗制动控制电路图。

1. 识图指导

在图 2-44 所示电路中, SB1 为停止按钮开关; SB2 为正转启动开关; SB3 为反转启动开关; KM1 为正转交流接触器; KM2 为反转交流接触器; KM3 为能耗制动交流接触器; VD1 和 VD2 为半波整流二极管, 制动时为电动机两相定子绕组提供直流供电; SQ1 和 SQ2 为限位开关。

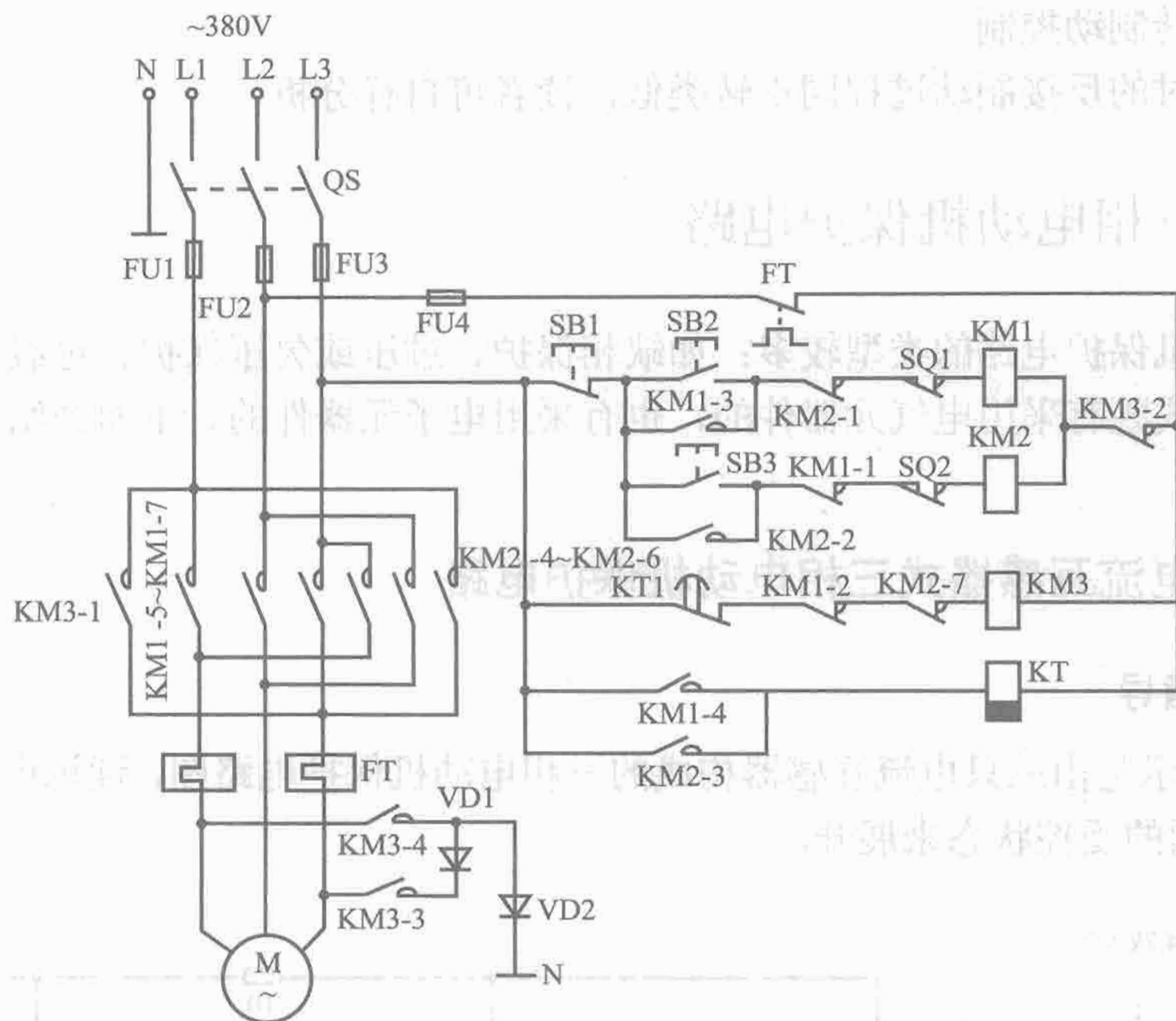


图 2-44 由两只二极管构成的电动机能耗制动控制电路

2. 工作原理

图 2-44 所示电路的工作原理可从以下四个方面来进行分析说明。

(1) 正转启动控制

当按下 SB2 后, KM1 交流接触器线圈得电吸合, 其 KM1-3 常开触点闭合后自锁; KM1-1 和 KM1-2 常闭触点断开; KM1-5~KM1-7 常开触点闭合后使电动机得电正向运转。同时, KM1-4 闭合后使时间继电器 KT 线圈得电吸合, 其常开延时断开触点 KT1 闭合, 为制动做准备。

(2) 正转制动控制

当需要停机时, 按下 SB1 停止开关后, KM1 交流接触器线圈断电释放, 其常开触点均断开, 使电动机失电进入惯性运转状态; 同时, KM1 的常闭触点复位闭合后, 使 KM3 交流接触器线圈得电吸合, 其常闭触点 KM3-2 断开, 常开触点 KM3-1、KM3-3、KM3-4 闭合后, 使 VD1 与 VD2 整流二极管投入工作, 整流后的直流电压加到电动机两相定子绕组上, 由此就可在定子绕组中产生一个恒定的静止磁场, 转子因切割这个直流磁场的磁力线而产生感生电流, 形成制动力矩, 使电动机的转速迅速降为零。

当 KM1 交流接触器线圈断电释放后, 其 KM1-4 常开触点断开, 使时间继电器 KT 线圈断电, 其 KT1 触点延时断开后, 使 KM3 交流接触器线圈也断电释放, 其常开触点断开后, 切断了直流制动整流电路, 至此正转制动结束。

(3) 反转启动控制

当按下 SB3 开关后, KM2 交流接触器线圈得电吸合, 其 KM2-2 闭合后自锁, KM2-2 断开, KM2-3 闭合后使 KT 线圈得电, 其 KT1 触点闭合, 为反转制动做准备; KM2-4~KM2-6 触点闭合后, 使电动机得电反向运转。

(4) 反转制动控制

反向转动时的反接制动过程同正转类似，读者可自行分析。

2.5 读识三相电动机保护电路

三相电动机保护电路的类型较多：如缺相保护、过压或欠压保护、过载保护、漏电保护等，电路形式既有采用电气元件的，也有采用电子元件的。下面介绍的是一些较典型的应用方式。

2.5.1 读识电流互感器式三相电动机保护电路

1. 识图指导

图 2-45 所示是由三只电流互感器构成的三相电动机保护电路图，读识电路图时，可从 KA 继电器线圈的受控状态来展开。

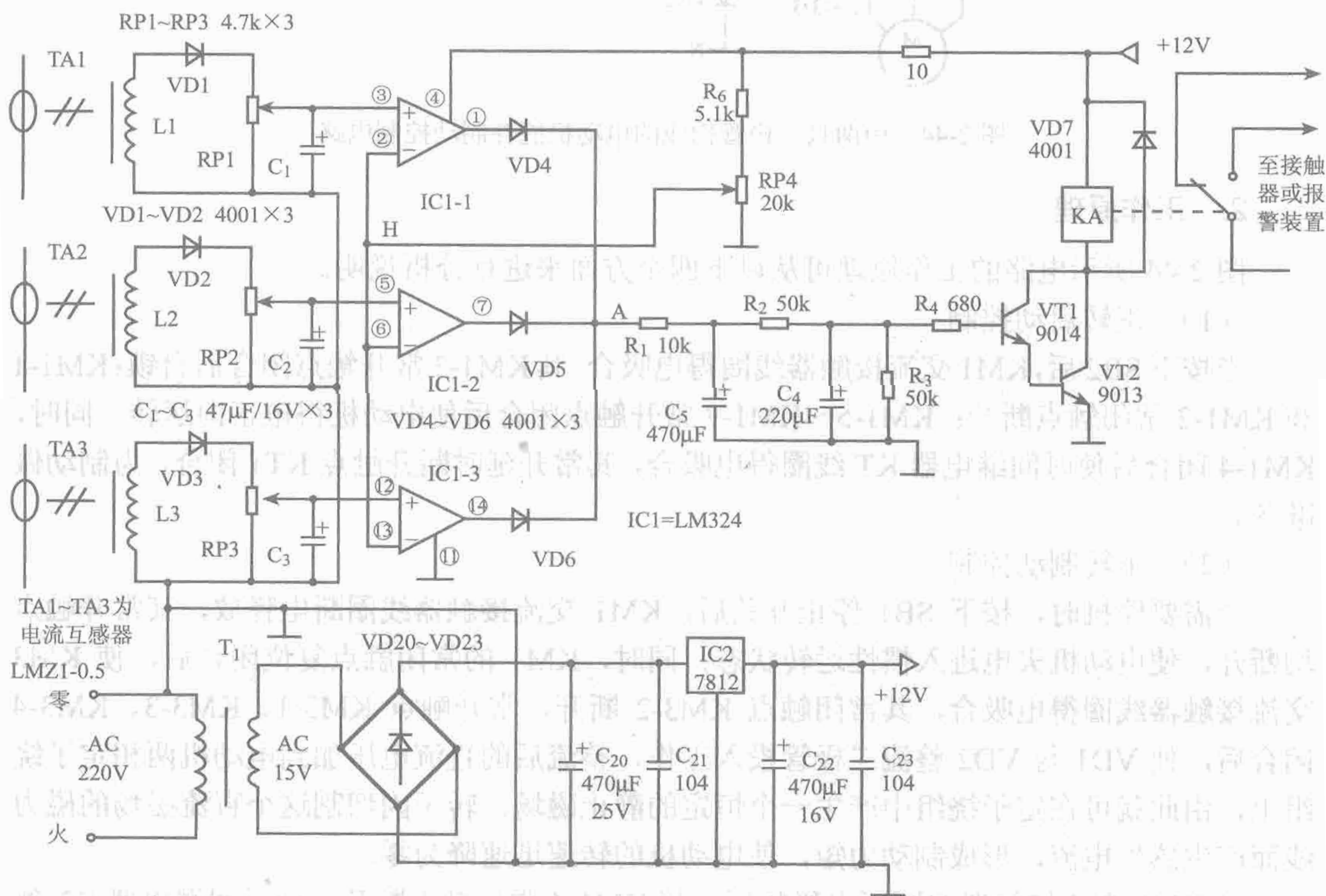


图 2-45 由三只电流互感器构成的三相电动机保护电路

KA 继电器的触点用于控制电动机交流接触器或报警装置，KA 继电器线圈中的电流受控于复合管 VT1、VT2 的状态，而 VT1 又受控于由 VD4~VD6 组成的或门电路，或门电路受 3 只电压比较器的控制，而 3 只比较器的比较电压是由 3 只电流互感器检测电动机工作电流后得到的。

IC1 的型号为 LM324, 是一块内含 4 只运算放大器的集成电路, 电路中仅用了其中的 3 只连接成电压比较器。比较器的基准电压由 R_6 、RP4 分压后得到。 R_6 是为了限制设定电压不至过高, 以免损坏 IC1 而设置的, 不可不用。

2. 工作原理

电流互感器用于 TA1~TA3 检测电动机工作电流的大小。一旦电动机缺相运行, 则另外两相电动机的电流将会升高许多(升高多少根据负载的大小而定), 对应的互感器二次绕组中感应电流就会增加。该电压经 VD1~VD3 半波整流、 C_1 ~ C_3 电容器滤波后, 一旦 IC1 的③、④、⑫脚中有两只引脚上的电压高于基准电压(即 H 点电压), 也就是运算放大器的同相输入端电压高于反相输入端电压时, IC1-1、IC1-2、IC1-3 中有两个运算放大器比较器输出高电平, 再经过由 VD4~VD6 组成的或门后使 A 点变为高电平。该电平经由 R_1 ~ R_4 、 C_5 、 C_4 延时限流以后, 加至 VT1 基极, 使 VT1、VT2 相继导通, KA 继电器线圈得电吸合, 进而使交流接触器或报警装置动作, 从而达到缺相保护的目。

R_1 ~ R_4 与 C_4 、 C_5 对开机的启动电流有延时作用, 延时时间的长短可通过改变这几只元器件的数值来进行调整, 也可根据实际需要确定。

供电电路由 T_1 电源变压器、IC2 三端稳压集成电路及 VD20~VD23 桥堆等组成。

220 V 交流电压加至电源变压器 T_1 的初级, 经变压后从次级输出 15 V 交流低压, 经 VD20~VD23 桥式整流、 C_{20} 滤波, IC2 稳压, 得到 12 V 直流电压给控制电路供电。

提示:

TA1、TA2、TA3 电流互感器铁芯中穿过的是电动机三根相线, 互感器的匝数应根据被保护电动机的功率大小来确定。

调整时, 可先在电动机的进线处装一单联开关做缺相调整用(空载缺相一般不会损坏电动机), 用导线分别在互感器铁芯上穿绕 3 匝, 再将 RP4 调到最大位置, 然后启动电动机, 调节 RP1~RP3, 使 IC1③、⑤、⑫脚上的电压相等, 且最大。回过来再调 RP4, 使 H 点电位略高于 IC1③、⑤、⑫脚上电位即可。

然后断开电动机进线外加接的开关, 使电动机缺相运行, 若几秒钟后继电器 KA 动作, 则调整结束。

2.5.2 读识光电耦合器式三相电动机缺相保护电路

图 2-46 是由 3 只光电耦合器构成的三相电动机缺相保护电路图。

1. 识图指导

读识图 2-46 所示电路时, 先应搞清 IC1~IC3 三只光电耦合器的工作特点及其控制关系。IC1~IC3 是三只光电耦合器可控开关, 其初级内部是一只发光二极管, 当该管通电发光后, 其次级内的光敏双向晶闸管就会导通。光电耦合器的初级受由 R_1 ~ R_3 、VD1~VD3、 C_1 ~ C_3 组成的供电电路的控制, 而该电路是否工作, 则与保险丝 FU1~FU3 是否熔断有关, 熔断时, 才会工作。IC1~IC3 次级内的双向晶闸管则控制着 KAJ 继电器线圈的状态, 而 KAJ 又控制着交流接触器 KM CJ 线圈的电流通路。

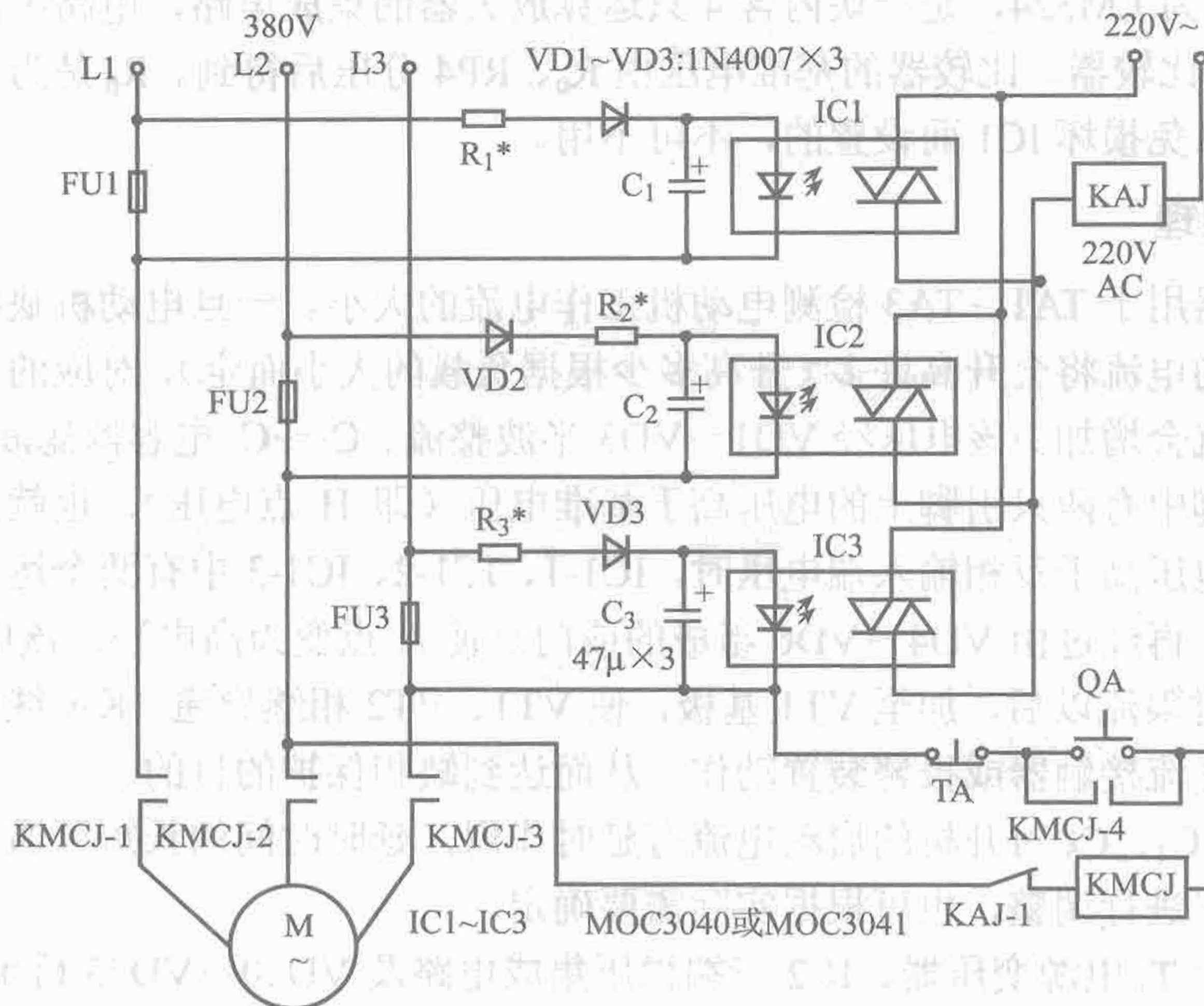


图 2-46 由 3 只光电耦合器构成的三相电动机缺相保护电路

2. 工作原理

图 2-46 所示电路的工作原理可从以下三个方面来进行分析说明。

(1) 供电电路

L1~L3 三相交流电源加到交流接触器 KMCJ 的三组主触点上, 工作后为三相电动机提供三相电源; L2 和 L3 两相供电还加到启动控制电路供启动用。

(2) 启动过程

当按下启动按钮开关 QA 以后, L2 和 L3 两相供电就会经 TA 停止按钮开关、闭合的启动按钮开关、KAJ-1 继电器常闭触点加到交流接触器 KMCJ 线圈的两端, 使其得电吸合, 其三组常开触点 KMCJ-1~KMCJ-3 闭合, 为电动机 M 提供三相交流电源, 使其得电工作; 一组常开触点 KMCJ-4 闭合后自锁, 以使 QA 按钮开关被松开以后, KMCJ 线圈仍保持供电, 使电动机 M 维持运转状态。

(3) 缺相保护

正常工作时, FU1~FU3 保险丝两端的电压降为零, 故 IC1~IC3 均处于截止状态。

当任一相保险丝熔断后, 以 L1 相保险丝 FU1 为例, L1 相电源经 R_1 降压、VD1 半波整流、 C_1 电容滤波, 就会使 IC1 内发光二极管导通发光, 其次级内的双向晶闸管就会导通, 进而使 KAJ 继电器线圈得电工作, 其常闭触点 KAJ-1 断开, 从而切断了交流接触器 KMCJ 线圈的供电, 其全部触点均断开, 从而实现了缺相保护的目。

提示:

$R_1 \sim R_3$ 的电阻值应根据电动机的参数由实际情况确定。

2.5.3 读识漏电继电器式三相电动机保护电路

图 2-47 所示是由漏电继电器组成的三相电动机保护电路，不仅适用于单台电动机，也适用于多台电动机的同时保护，主要保护功能有触电与漏电保护、缺相保护、短路保护，以及过载保护。

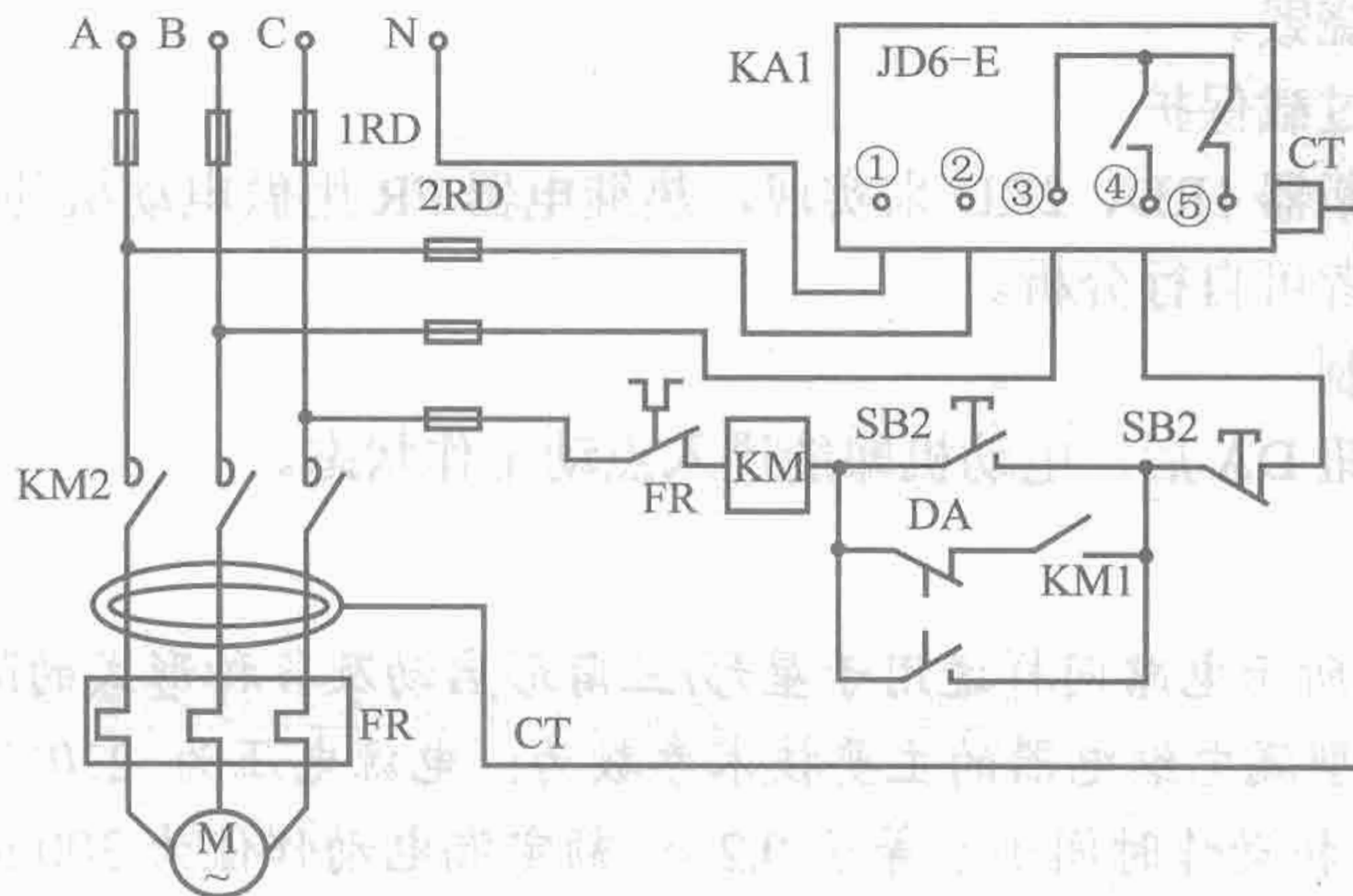


图 2-47 由漏电继电器组成的三相电动机保护电路

1. 识图指导

读识图 2-47 所示电路图时，应先对漏电继电器 KA1 (JD6-E) 有一个初步的了解。

漏电继电器 KA1 的①脚和②脚是 220 V 交流供电电源输入端，③脚为 B 相电源电压输入端，④脚是由内部触点接通以后输出 B 相电源提供给控制电路，⑤脚未使用，CT 端为零序电流互感器检测信号输入端。

图 2-47 所示电路中，SB2 为启动按钮，SB1 为停止按钮；KM 为交流接触器，KM1、KM2 是它的触点（常开方式）；DA 为点动按钮开关；FR 为热继电器。

2. 工作原理

图 2-47 所示电路的工作原理可从以下六个方面来进行分析说明。

(1) 供电通路

380 V 三相交流电压一路加到 KM 交流接触器的主触点 KM2 上；另一路分别经各自的熔断器 2RD 以后提供给控制线路。

(2) 电动机启动与停止过程

当按下 SB2 启动开关以后，交流接触器 KM 线圈中的电流通路形成而吸合，其常开触点 KM1 闭合以后进行自锁，KM2 常开触点闭合后使三相电动机得电工作。

当按下停止按钮 SB1 时，KM 交流接触器线圈失电而释放，KM1、KM2 触点均断开，使三相电动机停止工作。

(3) 漏电或触电保护

电动机在正常工作状态时，如果电动机漏电或人身触及漏电设备，则漏电继电器的零序电流互感器 CT 一旦检测到漏、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以后才能重新启动。

(4) 缺相保护

从图 2-47 所示电路中可以看出，A 相是漏电继电器的工作电源，B 相是从漏电继电器内部触点输出的交流接触器线圈控制电源，C 相是 380 V 交流接触器线圈的另一路工作电源。当发生三相电源任意缺一相时，图 2-47 所示电路均会自动停止工作，从而保护电动机不会因缺相运行而烧毁。

(5) 短路与过载保护

短路保护由熔断器 1RD、2RD 来实现，热继电器 FR 用做电动机的过载保护，其保护原理比较简单，读者可自行分析。

(6) 点动控制

当按下控制按钮 DA 后，电动机即能进入点动工作状态。

提示：

(1) 图 2-47 所示电路同样适用于星形/三角形启动及各种形式的降压启动线路。

(2) JD6-E 型漏电继电器的主要技术参数为：电源电压为 220VAC ± 20%；输出容量为 5 A/380 V；保护动作时间小于等于 0.2 s；额定漏电动作值为 300 mA；触电动作值为 50 mA；消耗功率为 5 W。

2.5.4 读识单相晶闸管式记忆型缺相指示电路

图 2-48 所示是由一只单相晶闸管构成的记忆型缺相指示电路图，适用于对工厂电控设备的三相电源缺相检测判断的场合。

1. 识图指导

读识图 2-48 所示电路时，可从单向晶闸管 SCR 的状态及受控过程来展开。

SCR 的触发极受按钮开关 SAN 的控制，当 SAN 闭合后，VD1~VD6 整流后的电压才会加到触发极使 SCR 导通。当 SCR 导通后，才会使发光二极管 LED1 点亮。

C₁~C₃ 可将三相电压降压后提供给整流电路，整流电路 VD1~VD6 将交流电压整流为直流后供后级检测电路使用。检测原理是利用不缺相时整流器直流侧的脉动电压没有过零点，而缺相时则有过零点这一特点来判断是否缺相的。

2. 工作原理

图 2-48 所示电路的工作原理可从以下两个方面来进行分析说明。

(1) 三相电不缺相

将图 2-48 所示检测指示电路中的 L1、L2、L3 端直接并联在 380 V 三相电网上。三相

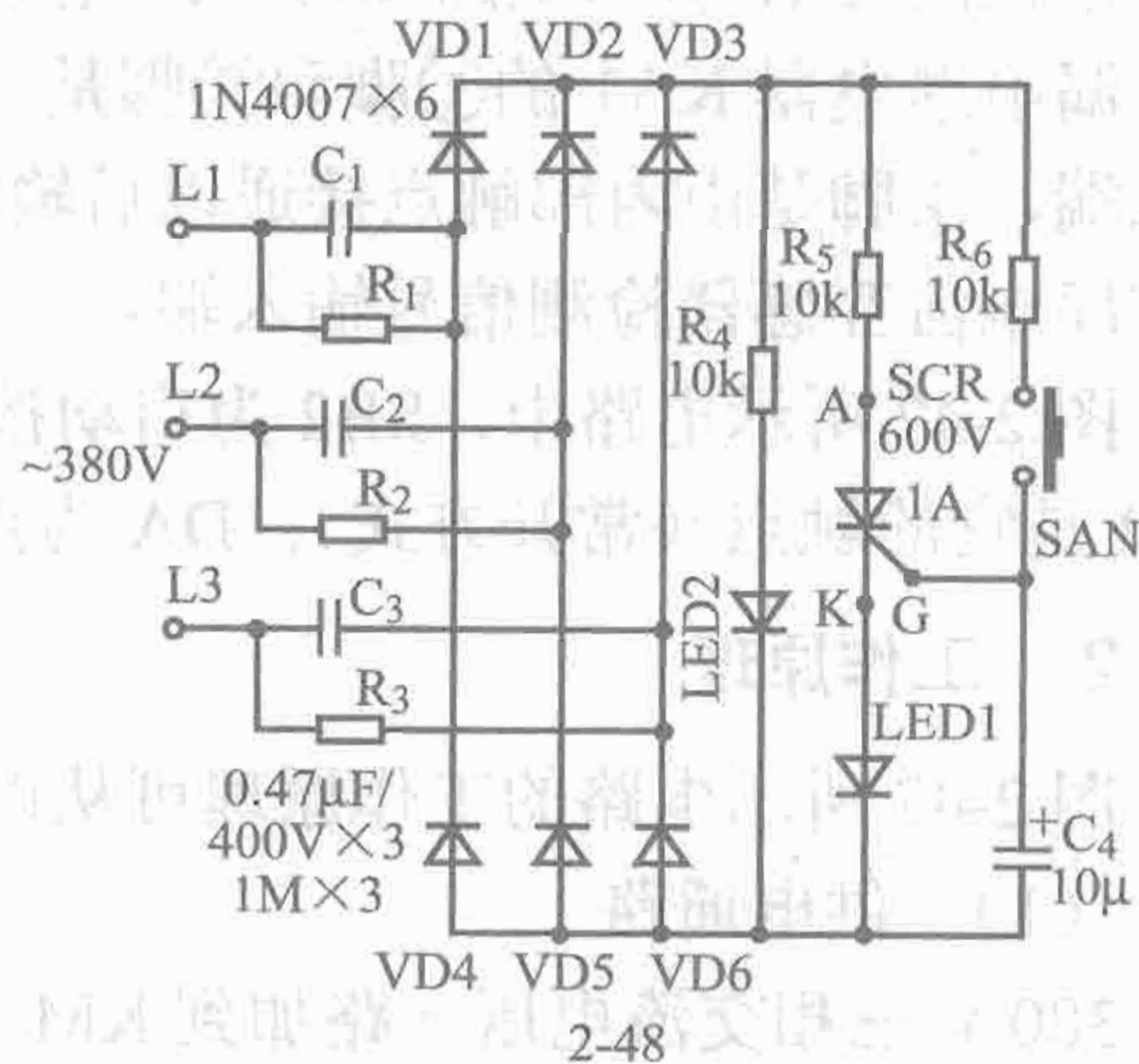


图 2-48 由一只单相晶闸管构成的记忆型缺相指示电路

电源的线电压经 $C_1 \sim C_3$ 、 $R_1 \sim R_3$ 电容降压，再经由 $VD1 \sim VD6$ 构成的桥式整流电路整流以后，就会从 $VD1 \sim VD3$ 的负极连接处输出脉冲的直流电压。此时，由于三相电正常不缺相，故整流器直流侧的脉动电压没有过零点，当按下 SAN 开关使其闭合后， $VD1 \sim VD3$ 负极处输出的电压就会经 R_6 、 SAN 加到 SCR 的触发极，使 SCR 导通。当松开 SAN 后， SCR 会维持导通，使 $LED1$ 发光二极管持续导通发光，以示三相电源不缺相。

$LED2$ 为整流电路工作状态发光二极管， R_4 为其限流电阻器，当 $VD1 \sim VD3$ 负极有电压输出时， $LED2$ 会导通发光。

(2) 三相电缺相

当由于某种原因（如保险丝熔断等）使电源缺相时，整流器直流侧的脉动电压不但脉动分量增加，且出现了过零点。因此，当按下 SAN 后， SCR 的阳极电流也过零点，导致其在过零点时自然关断，使 $LED1$ 熄灭，以示三相电源出现了缺相故障。此时， $LED2$ 也会出现时明时暗的变化。

2.5.5 读识中间继电器式三相电动机缺相保护电路

图 2-49 所示是由中间继电器等组成的三相电动机缺相保护电路图。

1. 识图指导

读识图 2-49 所示电路图时，应先搞清 KA 继电器及其触点的连接关系， KM 交流接触器的几组触点的状态。

2. 工作原理

图 2-49 所示电路的工作原理可从以下四个方面来进行分析说明。

(1) 供电通路

当合上电源开关 SA 以后，交流电源一路加到交流接触器 $KM-1$ 主触头上； $L2$ 、 $L3$ 两路电源经熔断器加到启动按钮开关 $SB2$ 上端。

(2) 启动过程

当按下启动按钮 $SB2$ 时，交流接触器 KM 的线圈、中间继电器 KA 的线圈先后得电，交流接触器 KM 的主触头 $KM-1$ 闭合，使电动机得电工作。同时，交流接触器 KM 的辅助触头 $KM-2$ 及中间继电器 KA 闭合，保证在松开启动按钮 $SB2$ 后，电动机维持正常工作。

(3) 停机过程

当按下停止按钮 $SB1$ 时，交流接触器 KM 的线圈断电，同时中间继电器 KA 的线圈断电，主触点断开，电动机停止工作。

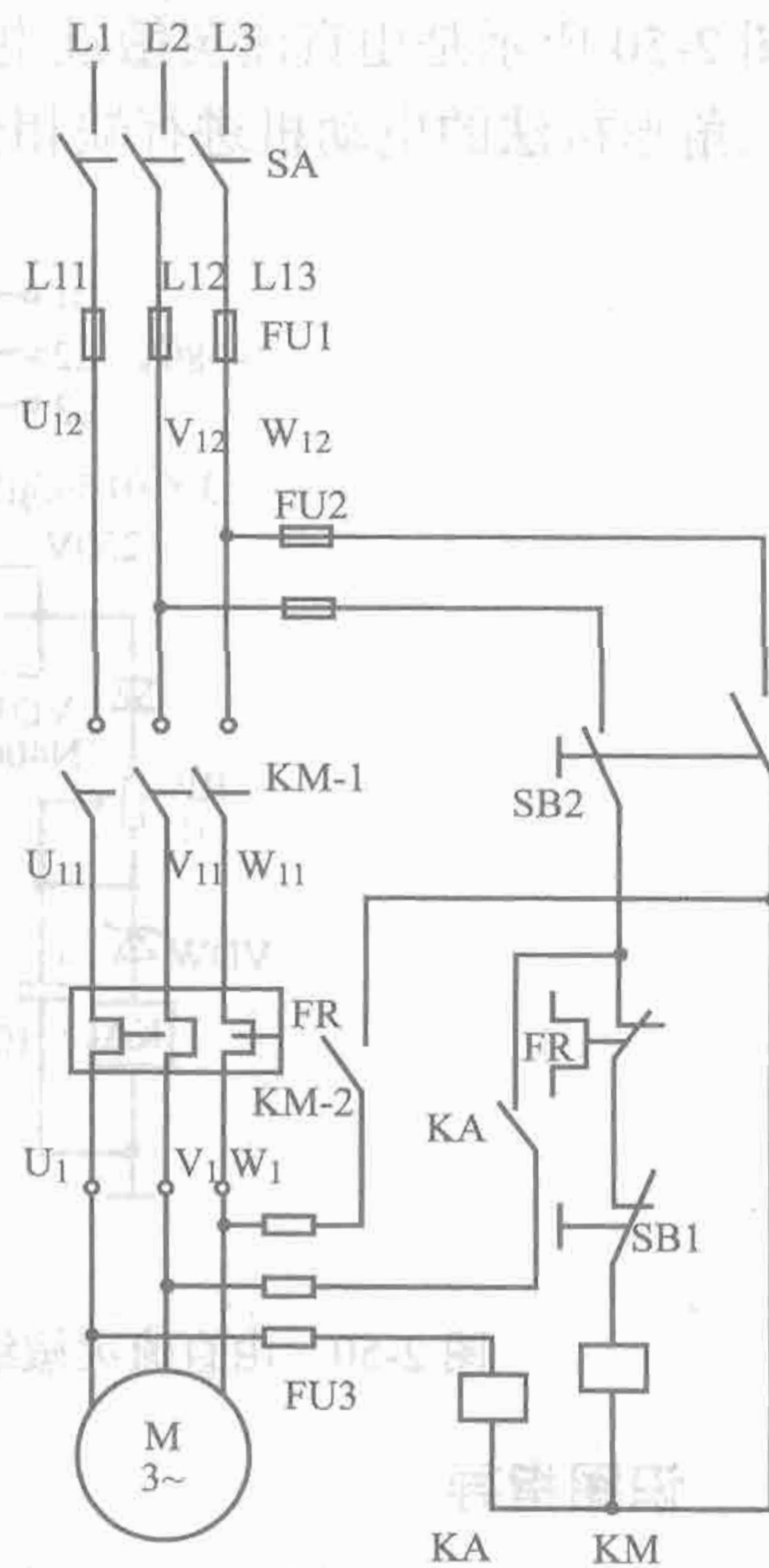


图 2-49 由中间继电器等组成的三相电动机缺相保护控制电路

(4) 缺相保护

假如电动机在运转过程中，电路出现异常电动机处于缺相运转时，该电路能立即断开交流接触器 KM 的线圈电压，使三相电动机停止转动，从而有效地保护了三相电动机。

提示：

三相电动机在使用过程中，由于某种原因缺相运行而烧毁的现象时有发生。造成三相电动机缺相运行有如下几种可能：

- 外部电网缺相；
- 转换开关 SA 接触不良，其某一相不能送往后级电动机；
- 某一保险丝熔断；
- 交流接触器 KM-1 触头烧毁或出现了接触不良；
- 热继电器 FR 的热元器件因某种原因而被烧断；
- 线路中的导线接头处有接触不良或断裂之处。

2.5.6 读识直流灵敏继电器式三角形接法电动机缺相保护电路

图 2-50 所示是由直流灵敏继电器构成的三角形接法电动机缺相保护电路图，适用于对采用三角形接法的电动机进行缺相保护。

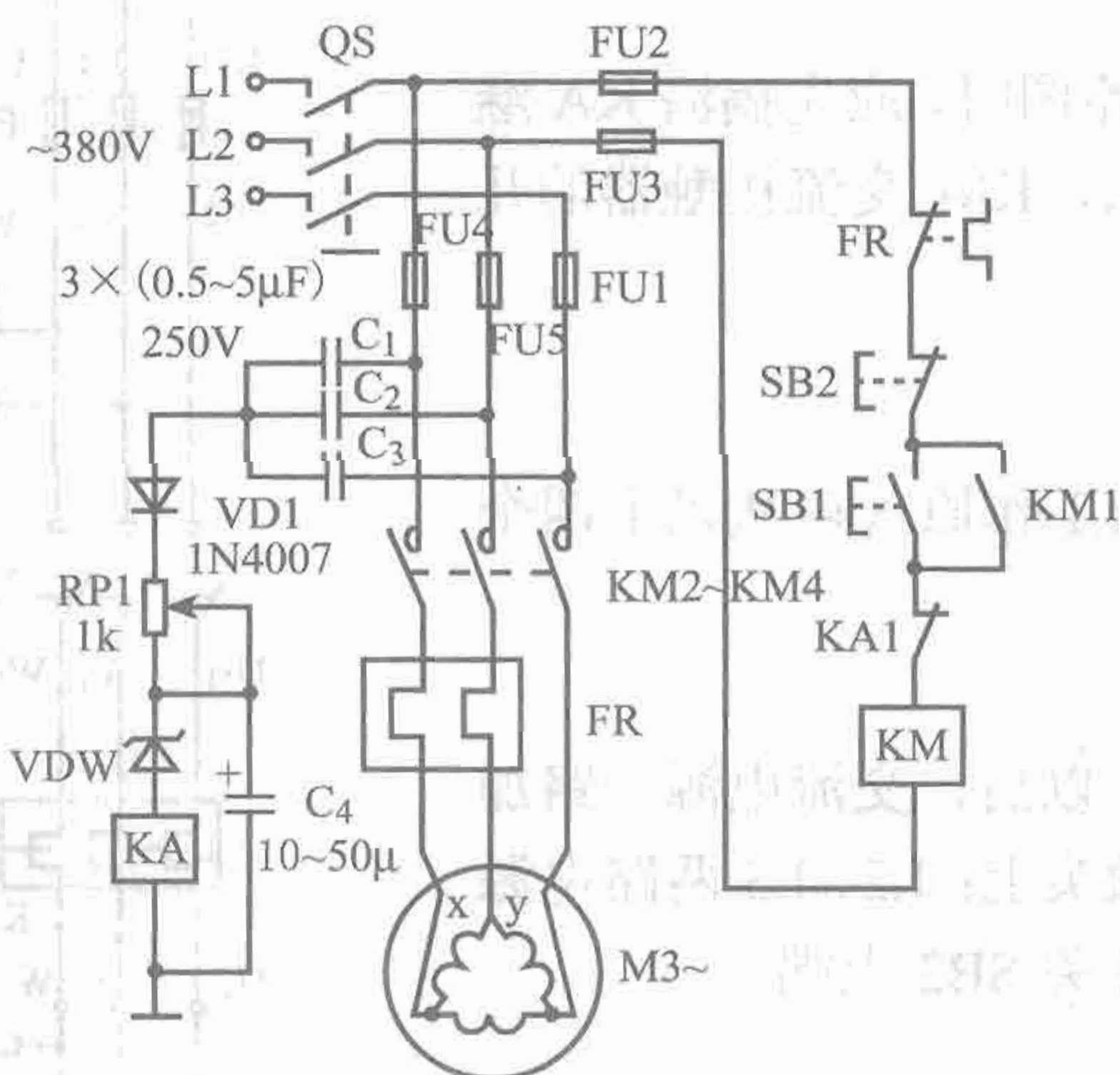


图 2-50 由直流灵敏继电器构成的三角形接法电动机缺相保护电路

1. 识图指导

图 2-50 所示的控制部分电路与星形接法的电动机缺相保护部分电路基本相同，仅是由于电动机采用△形接法以后，电动机绕组本身没有了中性点，故电路中加接了 3 只电容器 C₁~C₃ 且连接成 Y 形，人为地设置了一个中性点 O，保护电路中的元件作用和连接方式与星形接法基本相同。

C₁~C₃ 是一种容量值在 0.5~5 μF 之间、耐压为 250 V 的油浸电容器，接入了这 3 只参数相同的电容器后，还可以提高电动机的功率因数。

2. 工作原理

图 2-50 所示电路的启动和停止的控制工作原理与星形接法的缺相保护相同,在此不再重述。其缺相保护工作原理如下:

当提供给电动机的供电缺相或严重不平衡时, $C_1 \sim C_3$ 电容器的连接点 O 处就将有电压输出。该电压经 VD1 半波整流、RP1 限流降压、 C_4 电容器滤波以后,就会有直流电压加到 VDW 稳压二极管的负极上,一旦该电压使 VDW 齐纳击穿时,KA 继电器线圈中就会有电流通过而吸合,其常闭触点 KA1 断开,从而切断了 KM 线圈的供电,使电动机停止运转,达到了缺相保护的目的。

2.5.7 读识用检测电流变化进行断相保护的电动机电路

图 2-51 所示是由检测电流变化进行断相保护的电动机电路图。

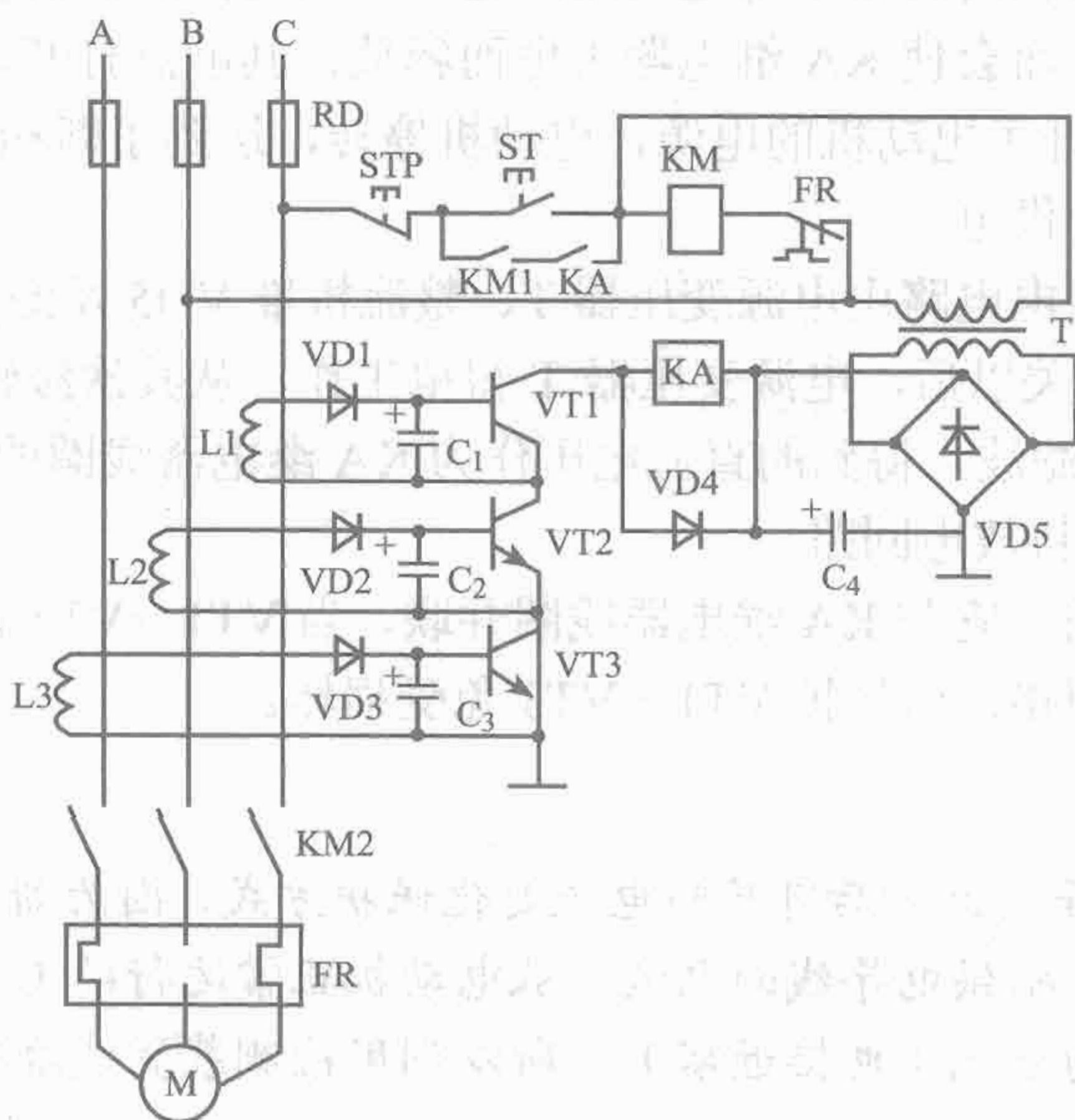


图 2-51 用检测电流变化进行断相保护的电动机电路

1. 识图指导

读识图 2-51 所示电路图时,应抓住 KA 继电器线圈及其工作状态来展开。KA 继电器的常开触点串接在交流接触器的 KM 自锁触点之间,一旦 KA 继电器受控动作,就会切断 KM 交流接触器自锁触点之间的电流通路,从而使 KM 交流接触器线圈中的电流通路也断开,切断对电动机 M 的供电。而 KA 继电器又受由 VT1~VT3 和 L1~L3 组成的与非门电流检测电路的控制。

2. 工作原理

图 2-51 所示电路的工作原理可从以下五个方面来进行分析说明。

(1) 磁环式电流传感器

L1~L3 都为同样的磁环式电流传感器,其一次侧是根据电动机工作电流的大小,选择

穿入磁环的匝数，一般不超过 6 匝；二次侧是用细漆包线绕成固定的匝数。

(2) 电动机启动过程

当按下启动开关 ST 时，交流接触器 KM 线圈中的电流通路形成并吸合，使其常开触点 KM1、KM2 闭合，电动机 M 启动工作。

当电动机运转以后，穿过三个磁环的电源线中都有交流电流通过，传感器二次侧线圈中就会有感应电压产生，这三支路感应的电压经 VD1、VD2、VD3 半波整流，C₁、C₂、C₃ 滤波以后，使由三极管 VT1、VT2、VT3 组成的与非门导通，进而使 KA 继电器线圈中的电流通路形成而吸合，其常闭触点 KA 闭合，使 KM1 触点自锁通路形成，维持 KM 交流接触器的状态。

(3) 断相保护

无论电动机 M 在启动前还是在运行中，也无论是由于供电电源还是自身的交流接触器等原因造成的断相，断相的线路中均无电流流通，对应的传感器就没有直流电压输出，相应的晶体管就截止，进而会使 KA 继电器失电而释放，其触点打开，KM 交流接触器失电释放，KM1、KM2 断开了电动机的电源，电动机停转，达到了断相保护的目的。

(4) 保护电路的供电

保护电路的直流供电电路由电源变压器 T、整流桥堆 VD5 及滤波电容器 C₄ 组成。

当按下 ST 启动开关以后，电源变压器 T 得电工作，从其次级输出交流低压。该电压经 VD5 桥式整流、C₄ 滤波，得到的直流电压作为 KA 继电器线圈的供电。

(5) KA 自感电势放电回路

VD4 为续流二极管，它与 KA 继电器线圈并联，当 VT1~VT3 截止时，可使 KA 线圈中的自感电动势自成回路，以保护 VT1~VT3 免受损坏。

提示：

图 2-51 所示电路采用断相后可反映电流变化保护方式，因为断相故障发生后，电流变化是很大的，至少有一根供电导线的电流，从电动机正常运行的工作电流，到改变为零或维持接触器线圈吸合的电流（也接近零），所以利用检测装置能准确地检测到这种电流的突变情况。

2.5.8 读识直流灵敏继电器式星形接法电动机缺相保护电路

图 2-52 (b) 所示是由直流灵敏继电器构成的星形接法电动机缺相保护电路图，适用于对采用星形接法的电动机进行缺相保护。

1. 识图指导

读识图 2-52 (b) 所示电路时，应先读懂图中各图形符号的含义及具有触点的元件，还应搞清其触点的状态及其控制关系。

QS 为组合电源开关；FU2 和 FU3 为启动控制电路供电的保险元件；FU1、FU4、FU5 为电动机的保险元件；FT 为热继电器，用于防止电动机过热损坏；SB2 为停止按钮开关；SB1 为启动按钮开关；KM 为交流接触器线圈，有四组常开触点，KM1 为自锁触点，KM2~KM4 为主触点，控制电动机三相电源的接通与断开；KA 为 JQX-4 型直流灵敏继

电器,有一组常闭触点 KA1 串接在交流接触器 KM 线圈的电流回路中,与 C_1 电容器、VDW 硅稳压二极管(稳压值为 $10\sim 14\text{ V}$)、RP1 电位器、VD1 整流二极管共同构成了缺相保护控制电路。其中,RP1 与 C_1 组成的滤波网络,用于使继电器 KA 吸合稳定,消除交流声,同时由于 C_1 的充电作用,还起到了抗干扰的功效。

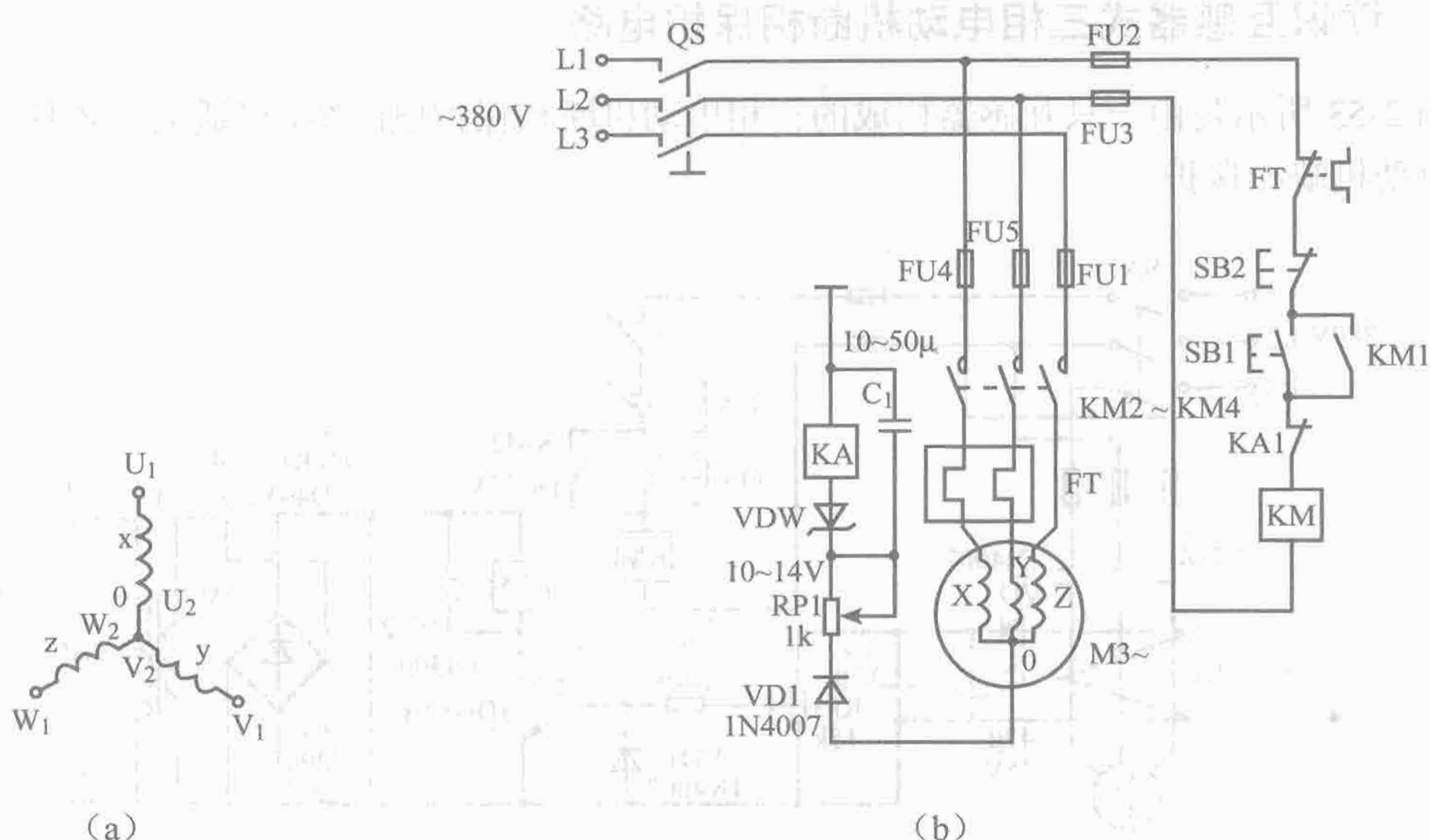


图 2-52 由直流灵敏继电器构成的星形接法电动机缺相保护电路

2. 工作原理

图 2-52 所示电路的工作原理可从以下三个方面来进行分析说明。

(1) 启动控制

闭合 QS 电源开关后,按下 SB1 启动按钮开关,交流接触器 KM 线圈得电吸合,其常开触点 KM1 闭合进行自锁,常开触点 KM2~KM4 闭合后,使电动机获得三相供电而启动运转。

(2) 缺相保护

星形接法的三相异步电动机正常运转时,其三组绕组中性点 0 (如图 2-52 (a) 所示)对地电压为 0 V 。而当三相供电出现严重不平衡时,0 点电位将升高至几十伏以上(一相开路时,0 点电压将上升到约 190 V)。

图 2-52 (b) 所示电路正是利用上述这一特点来进行检测并对缺相的电动机进行断电保护的,将 KA 继电器线圈串接在三相绕组中性点 0 与地线之间,并将该继电器的常闭触点串接在交流接触器 KM 线圈的控制回路中。

- 不缺相时:电动机运转正常,其 0 点输出的电压为 0 V ,VD1 不工作,继电器 KA 也不工作。
- 缺相时:电动机的供电电压缺相或三相电压严重不平衡时,0 点输出的电压经 VD1 半波整流、RP1 降压限流、 C_1 电容器滤波及 VDW 齐纳击穿后,就会使 KA 继电器线圈得电吸合,其常闭触点 KA1 就会断开,从而切断了 KM 交流接触器线圈的

供电而释放，其 KM1~KM4 常开触点均断开，从而又切断了电动机的供电，使其停止运转，达到了缺相保护的目的。

(3) 停止控制

当要使电动机停止工作时，按下停止按钮 SB2，KM 断电以后就会使电动机停止工作。

2.5.9 读识互感器式三相电动机断相保护电路

图 2-53 所示是由一只互感器构成的三相电动机断相保护电路图，可适应于各种功率的三相电动机缺相保护。

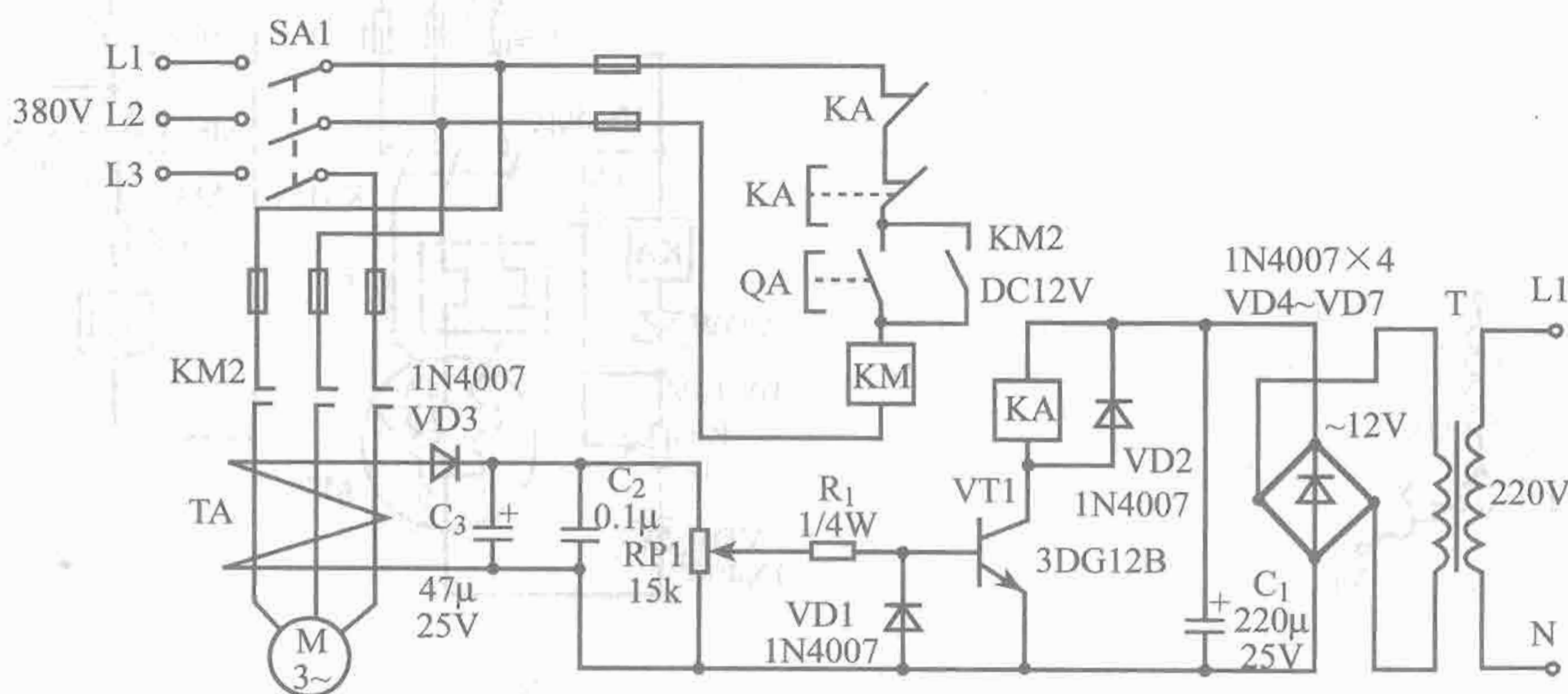


图 2-53 由一只互感器构成的三相电动机断相保护电路

1. 识图指导

读识图 2-53 所示电路图时，可从 KA 继电器的控制状态入手展开。

KA 继电器线圈受控于 VT1，VT1 受控于互感器检测并经 VD3、C₃ 整流滤波后的电压。而 KA 继电器的常闭触点串接在电动机启动控制线路中，用于控制交流接触器 KM 的接通与断开。

2. 工作原理

图 2-53 所示电路的工作原理可从以下三个方面来进行分析说明。

(1) 供电电路

当合上电源开关 SA1 以后，三相交流电源加到交流接触器 KM2 的常开主触点上，由主触点闭合接通三相电动机的供电。同时，L1 相和 L2 相还为电动机启动控制电路供电。

L1 相与接地 N 间的 220 V 交流电压加到电源变压器 T 的初级，经降压后从次级输出 12 V 交流低压。该电压经 VD4~VD7 桥式整流、C₁ 电容器滤波，得到直流电压加到继电器 KA 控制电路做工作电源。

(2) 启动过程

当合上 SA1 电源开关、按下启动开关 QA 时，交流接触器 KM 线圈中的电流通路形成并吸合，其常开触点 KM1 闭合进行自锁，KM2 常开触点闭合以后，使三相电动机得电运行。

(3) 缺相保护过程

电动机的三相引线一同穿入一只互感器 TA 中，当不缺相时，互感器感应电压为 0 V。

当缺一相或二相，或三相严重不平衡时，互感器感应电压迅速上升。该电压经 VD3 半波整流、 C_1 滤波及 RP1 和 R_1 分压后加到 VT1 的基极，使 VT1 饱和导通，继电器 KA 线圈得电吸合，使其常闭触点 KA 断开，从而切断了 KM 线圈的供电，其 KM2 触点断开，使三相电动机失电停止工作。

2.5.10 读识交流接触器式三相电动机缺相自动保护控制电路

图 2-54 所示是由交流接触器构成的三相电动机缺相自动保护控制电路图。

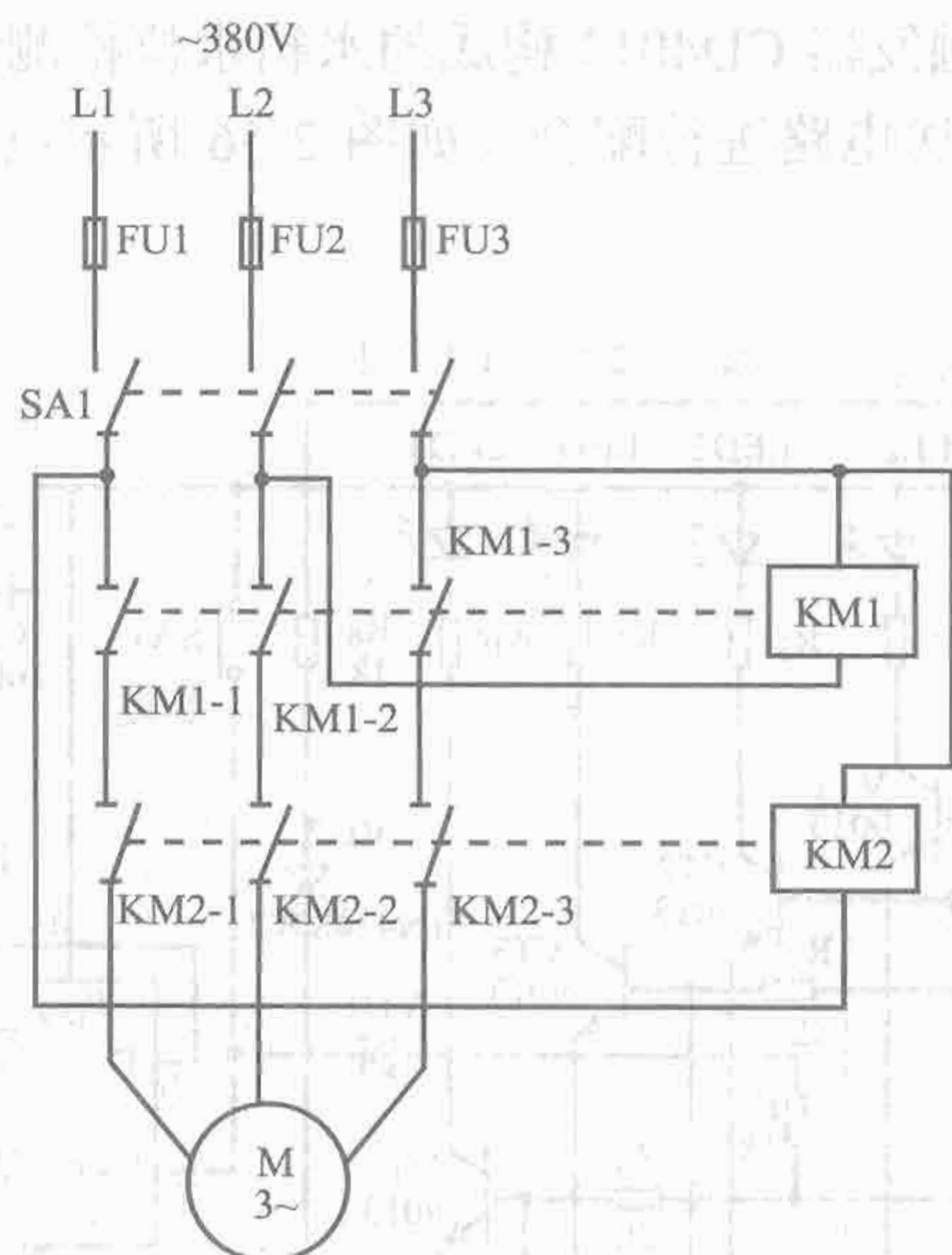


图 2-54 由交流接触器构成的三相电动机缺相自动保护控制电路

1. 识图指导

读识图 2-54 所示电路时，应先读懂图中各图形符号的含义，以及 KM1、KM2 触点的控制关系和状态。

L1、L2、L3 为三相交流电，SA1 为主电源开关，KM1、KM2 为交流接触器的两个 380 V 的线圈，KM1-1~KM1-3 为 KM1 交流接触器的三组常开主触点；KM2-1~KM2-3 为 KM2 交流接触器的三组常开主触点。两个交流接触器的线圈分别连接在 L1 和 L2、L1 和 L3 相电压之间，通电后，其触点就会闭合而为三相电动机供电。

2. 工作原理

图 2-54 电路的工作原理可从以下两个方面来进行分析说明。

(1) 三相电正常

当合上开关 SA1 后，交流接触器 KM1、KM2 均得电吸合，使它们的主触点均闭合，为电动机提供三相供电使其运转。

(2) 缺相保护

当三相电源异常，如 L3 缺相时，则使 KM1、KM2 两接触器线圈均断电，其触点断开，从而有效地保护了电动机不因缺相而损坏。L1、L2 缺相同样会使三相电动机断电。当缺相

的电源恢复正常后，交流接触器会自动吸合，使电动机又进入正常工作状态。

2.6 读识由供水、断水、喷水控制电路

供水、断水、喷水控制电路类型较多，多是与电子电路结合较紧密，这些电路包括抽水电路、自动水龙头、浇灌电路等。

2.6.1 读识由 CD4013 构成的水箱水位检测遥控接收电路

图 2-55 所示是由双 D 触发器 CD4013 构成的水箱水位检测遥控接收电路。与 CD4093 构成的水箱水位检测遥控发送电路进行配合（如图 2-56 所示电路），可实现对水箱、水塔等的水位进行遥控控制。

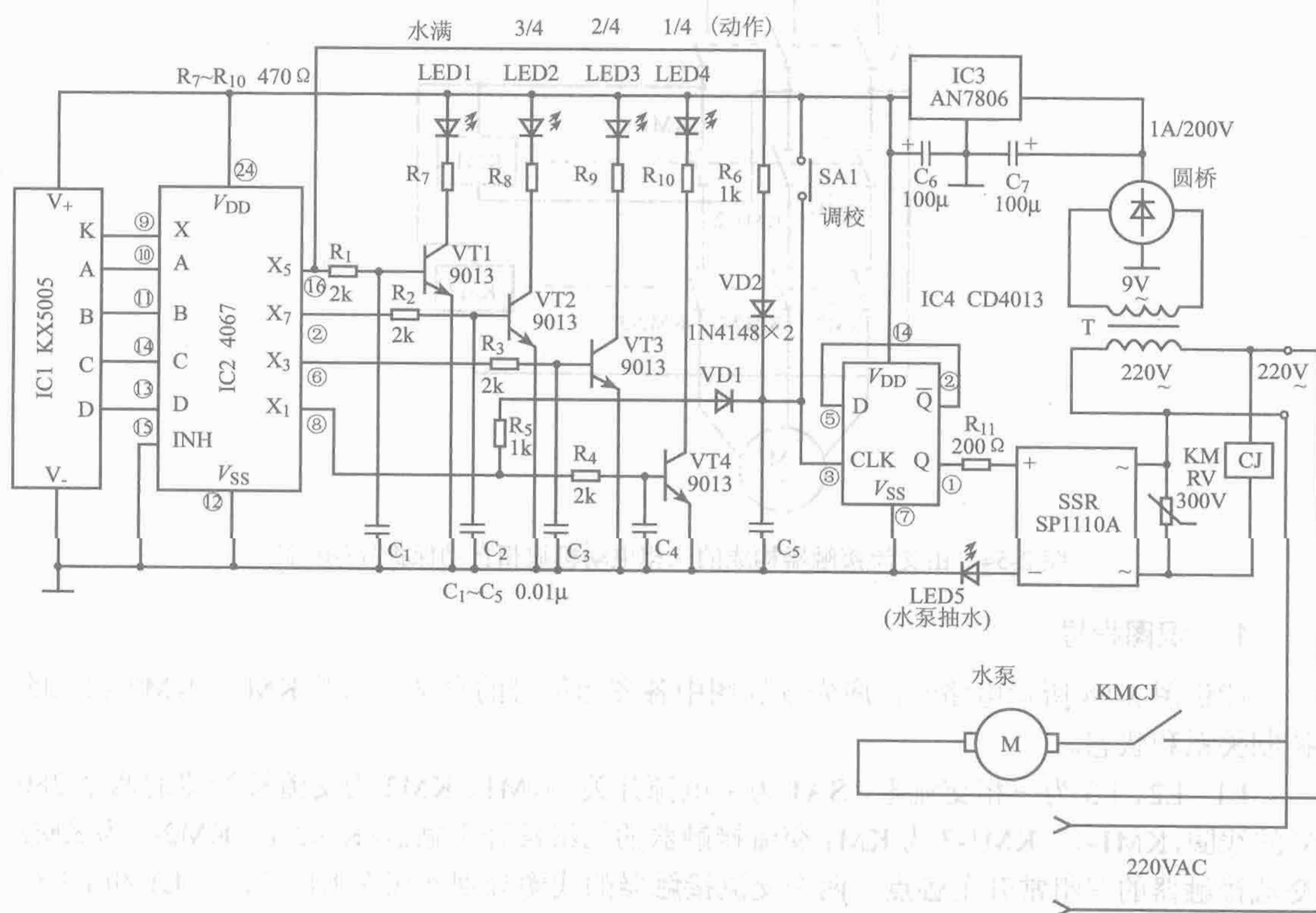


图 2-55 由双 D 触发器 CD4013 构成的水箱水位检测遥控接收电路

1. 识图指导

图 2-55 所示电路主要由 IC1~IC4 四块集成电路和 4 只晶体管 VT1~VT4 等构成。其中：IC1 的型号为 KX5005，是一块内含射频接收放大、解调、译码集成模块；IC2 的型号为 CD4067，是一块单 16 通道模拟开关集成电路；IC3 的型号为 AN7806，是一块稳压值为 6V 的三端固定稳压集成电路；IC4 的型号为 CD4013，是一块双 D 触发器集成电路。4 只晶体管 VT1~VT4 用于驱动 LED1~LED4 发光，以指示水箱中水位的高低。

2. 工作原理

图 2-55 所示电路的工作原理可从以下四个方面来进行分析说明。

(1) 供电电路

220 V 交流电压一路去水泵电动机驱动控制交流接触器 KMCJ 电路；另一路加至电源变压器 T 的初级，经变压后从其次级输出 9 V 交流低压，该电压经整流桥堆整流、 C_7 滤波、IC3 稳压，得到的 6 V 直流电压供接收电路使用。

(2) 遥控接收电路

遥控接收电路由 IC1 为主构成，IC1 内含接收天线，接收到遥控发射器的信号以后，经射频放大、解调、译码，得到的二进制码从其 A~D 端输出，加到 IC2 的相应端。

(3) 水位显示驱动电路

当水箱水位上升到 A 点（见图 2-56 所示电路）时，发射器输出 1111 代码，IC1（如图 2-55 所示）接收处理以后，从其 D~A 端也输出 1111 代码，IC1K 端输出的高电平通过 IC2 ⑨与⑩脚，经 R_1 电阻器加到 VT1 基极，使其导通，等效于将 R_7 电阻器下端接地，从而使 LED1 发光二极管导通发光，以示水箱内的水位达到了 A 位（水满）。

同样道理，随着水箱内水位的下降，LED2、LED3、LED4 依次点亮。

(4) 水泵电动机驱动电路

当图 2-56 所示电路中的水位下降到 C、D 间时，IC2（如图 2-55 所示）的⑧脚（ X_1 端）输出的高电平一方面经 R_4 电阻器加至 VT4 管基极，使其导通，又使发光二极管 LED4 导通发光；另一方面又经 R_5 电阻器、VD1 二极管加到 IC4③脚（CLK），使其①脚（Q 端）翻转输出高电平，该信号经 R_{11} 加到固态继电器 SSR（SP1110A）初级（+端），使其内的发光二极管导通发光，这样，一方面使发光二极管 LED5 导通发光，以示水泵进入抽水状态；另一方面使 SSR 次级内的双向可控硅导通，使交流接触器 KMCJ 线圈得电吸合，其常开触点 KMCJ 闭合接通了水泵电动机 M 的供电，使其得电工作开始向水箱内抽水。

当水箱内的水位上升到 A 高度时，IC2 的⑩脚输出高电平，这一信号一方面经 R_1 加到 VT1 基极，使其导通使 LED1 发光，以示水满；另一方面又经 R_6 、VD2 加到 IC4③脚，使其再次翻转，①脚输出低电平，SSR 截止，KMCJ 断电释放，使水泵 M 停止抽水。

SA1 为调校开关，也可作为紧急给水泵电动机通电或断电使用。

2.6.2 读识由 CD4093 构成的水箱水位检测遥控发送电路

图 2-56 所示是由 2 输入端四与非施密特触发器 CD4093 构成的水箱水位检测遥控发送电路。与图 2-55 所示电路进行配合（由 CD4069、CD4013 组成的遥控接收电路），可实现对水箱、水塔等的水位进行遥控。

1. 识图指导

图 2-56 所示电路主要由 IC1、IC2 两块集成电路为主构成。其中：

IC1 的型号为 CD4093，是一块 2 输入端四与非施密特触发器；IC2 的型号为 KX5010，是一块内含数据编码、射频振荡输出的无线电发射模块。LED1 为电源指示发光二极管， R_9 为其限流电阻器，SA1 为电源开关。

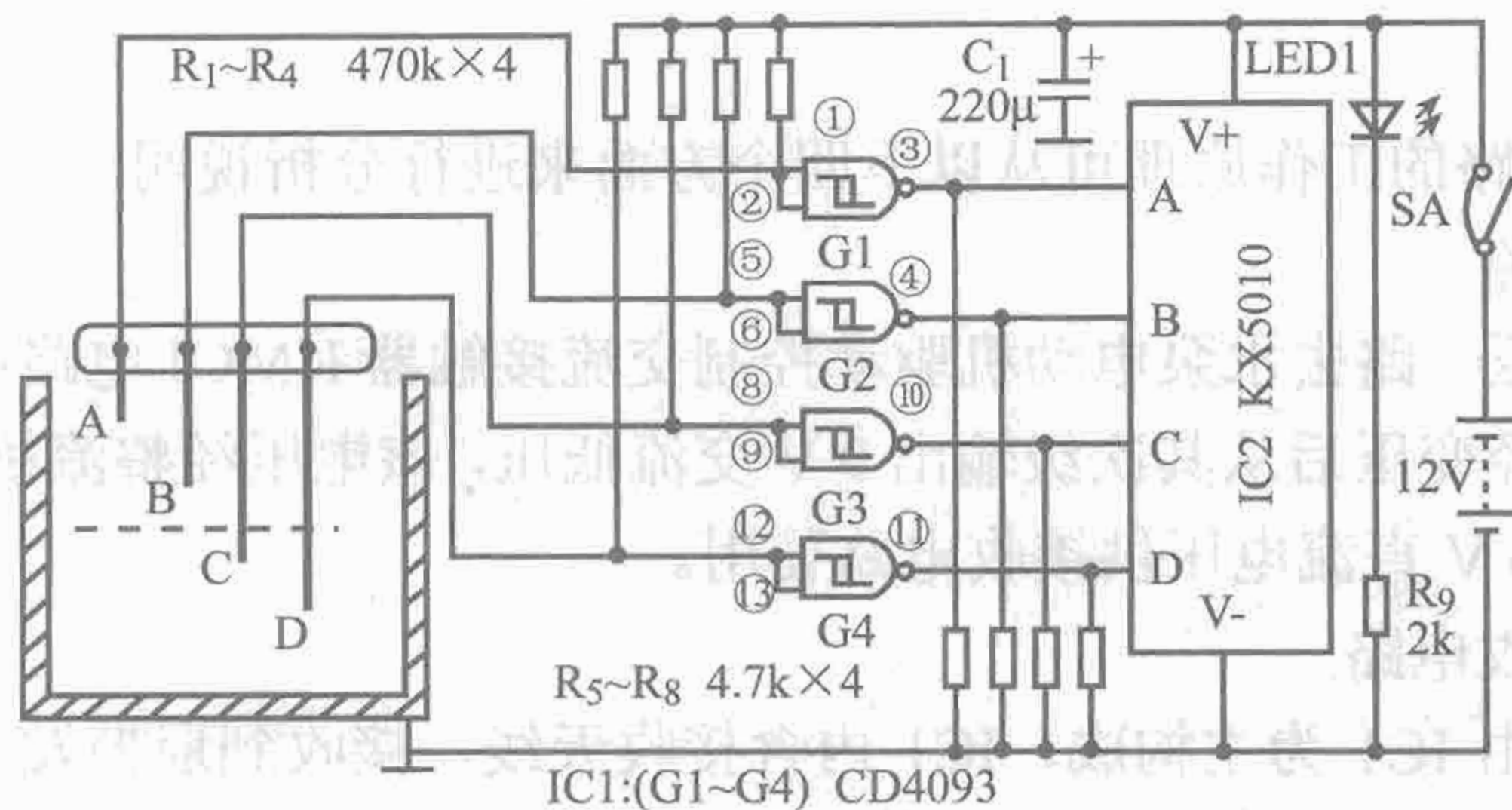


图 2-56 由 CD4093 构成的水箱水位检测遥控发送电路

2. 工作原理

IC1 集成块 G1~G4 的输入端与 4 根不锈钢探针 A、B、C、D 相连，这 4 根探针设置在水箱的不同高度上，用于检测水位高度用。

(1) 水箱无水

当水箱中无水时，IC1 G₁~G₄ 的信号输入端被 R₁~R₄ 电阻上拉为高电平，使其③、④、⑩、⑪脚输出均为低电平，输出代码为：0000。

(2) 水箱满水

当水箱中满水时，IC1 G₁~G₄ 的信号输入端由于水箱内水的导电作用而为低电平，使其③、④、⑩、⑪脚输出均为高电平，输出代码为 1111。

(3) 水位低于 A 高于 B

当水箱水位低于 A 高于 B 时，IC1 的 G₁ 信号输入端为高电平，G₂~G₄ 信号输入端由于水箱内水的导电作用而为低电平，使 IC1 的③脚输出低电平，④、⑩、⑪脚输出均为高电平，输出代码为：0111。

(4) 水位低于 B 高于 C

当水箱水位低于 B 高于 C 时，IC1 的 G₁、G₂ 信号输入端为高电平，G₃、G₄ 信号输入端由于水箱内水的导电作用而为低电平，使 IC1 的③、④脚输出低电平，⑩、⑪脚输出均为高电平，输出代码为：0011。

(5) 水位低于 C 高于 D

当水箱水位低于 C 高于 D 时，IC1 的 G₁~G₃ 信号输入端为高电平，G₄ 信号输入端由于水箱内水的导电作用而为低电平，使 IC1 的③、④、⑩脚输出均为低电平，⑪脚输出为高电平，输出代码为：0001。

上述这些二进制数的数据代码反映了水箱内水位的高低，利用这组代码即可遥控检测水位的高度。

(6) 遥控信号编码、发射电路

遥控信号的编码、发射电路主要由 IC2 无线电发射模块为核心构成。IC2 的 D~A 端输入四位二进制码，该信号通过 IC2 内部的编码、调制、振荡，最后由 IC2 内藏的天线向外发射。

R₅~R₈ 是 IC2 的四个信号输入端 D~A 下拉电阻器，C₁ 为电源滤波电容器。

提示:

图 2-56 所示电路的供电既可以是 12V 蓄电池、干电池,也可以用交流变直流的方式进行供电。

2.6.3 读识由 LM324 构成的具有缺相保护功能的蓄水池自动供水电路

图 2-57 所示是由四运算放大器 LM324 构成的具有缺相保护功能的蓄水池自动供水电路,适用于工厂、学校、矿山等水塔、水井的自动供水。

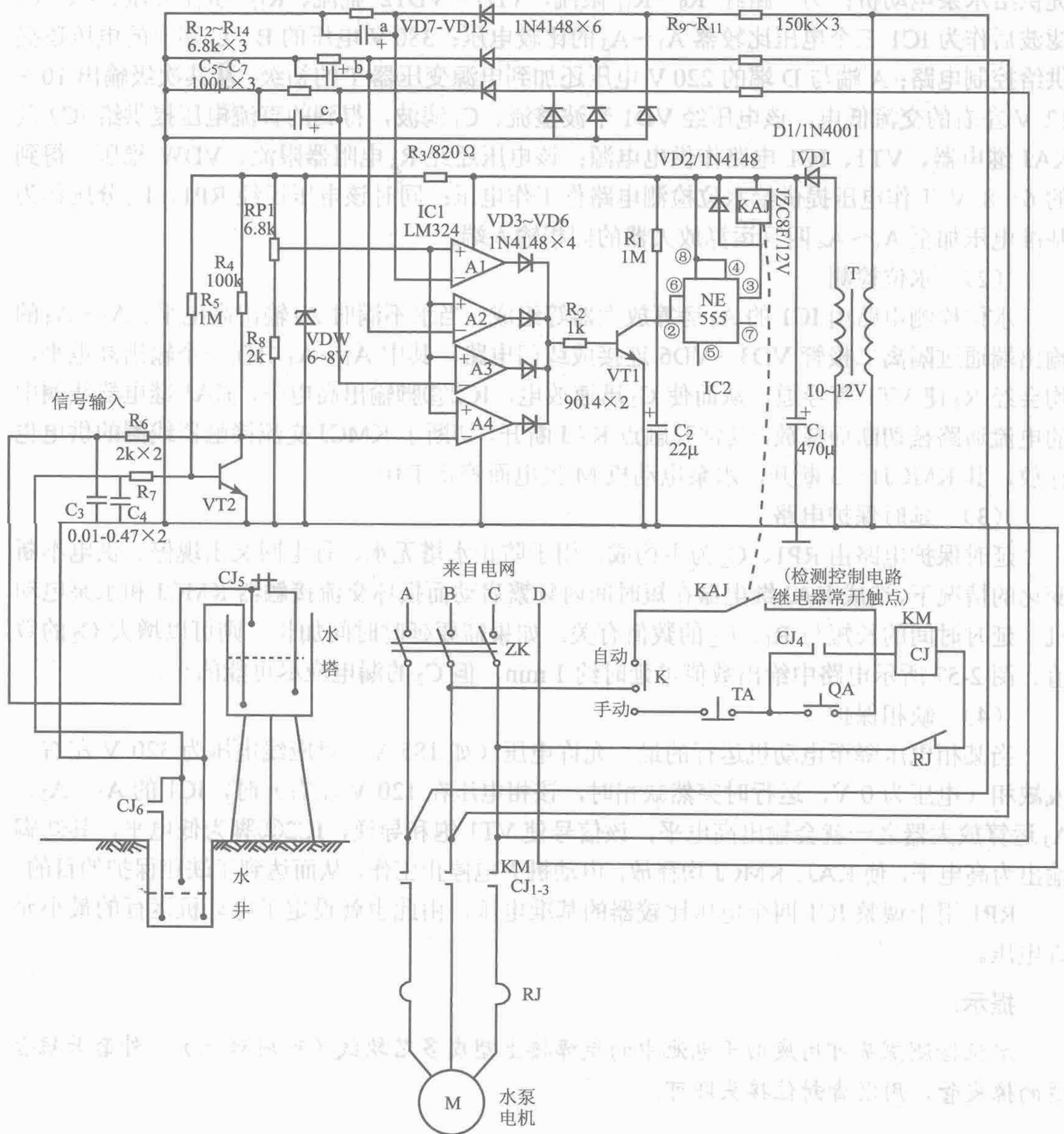


图 2-57 由 LM324 构成的具有缺相保护功能的蓄水池自动供水电路

1. 识图指导

图 2-57 所示电路主要由 IC1、IC2、VT1、VT2 以及 KAJ、KMCJ 等组成。其中：IC1 (LM324) 是一块四运算放大器，IC2 (NE555) 是时基电路。

2. 工作原理

图 2-57 所示电路的工作原理可从以下四个方面来进行分析说明。

(1) 供电电路

来自电网的 380 V 交流电压经空气开关 ZK 以后，一路由交流接触器 KMCJ₁₋₃ 闭合后提供给水泵电动机；另一路经 R₉~R₁₁ 限流，VD7~VD12 整流、R₁₂~R₁₄ 分压、C₅~C₇ 滤波后作为 IC1 三个电压比较器 A₁~A₃ 的比较电压；380 V 电压的 B、C 端上的电压还提供给控制电路；A 端与 D 端的 220 V 电压还加到电源变压器 T 的初级，从其次级输出 10~12 V 左右的交流低电，该电压经 VD1 半波整流、C₁ 滤波，得到的直流电压提供给 IC2 及 KAJ 继电器、VT1、IC1 电路作供电电源；该电压还经 R₃ 电阻器限流、VDW 稳压，得到的 6~8 V 工作电压提供给水位检测电路作工作电压；同时该电压还经 RP1、R₈ 分压作为基准电压加至 A₁~A₄ 四只运算放大器的同相输入端。

(2) 水位检测

水位检测电路由 IC1 的 A₄ 运算放大器等组成。当水不满时 A₄ 输出高电平。A₁~A₄ 的输出端通过隔离二极管 VD3~VD6 连接成或门电路，其中 A₁~A₄ 中任一个输出高电平，均会经 R₂ 使 VT1 管导通，从而使 C₂ 迅速放电，IC2 ③脚输出高电平，KAJ 继电器线圈中的电流通路被切断而释放，其常开触点 KAJ 断开，切断了 KMCJ 交流接触器线圈的供电也释放，其 KMCJ_{1~3} 断开，水泵电动机 M 失电而停止工作。

(3) 延时保护电路

延时保护电路由 RP1、C₂ 为主构成，用于防止水塔无水、且电网又出现停、供电不断变化的情况下，造成 KAJ 继电器在短时间内频繁启动而损坏交流接触器 KMCJ 和水泵电动机。延时时间的长短与 R₁、C₂ 的数值有关。如果需要延时时间加长，则可以增大 C₂ 的数值。图 2-57 所示电路中给出数值可延时约 1 min，但 C₂ 的漏电应尽可能的小。

(4) 缺相保护

当某相电压降至电动机运行的最小允许电压（如 185 V，对应线电压为 320 V 左右）或缺相（电压为 0 V，运行时突然缺相时，该相电压在 120 V 左右）时，IC1 的 A₁、A₂、A₃ 运算放大器之一就会输出高电平，该信号使 VT1 饱和导通，IC2 ②脚为低电平，其③脚输出为高电平，使 KAJ、KMCJ 均释放，电动机失电停止工作，从而达到了缺相保护的目。

RP1 用于调整 IC1 四个电压比较器的基准电压，由此也就设定了电动机运行的最小允许电压。

提示：

水位检测探头可用废旧干电池中的炭棒接上塑皮多芯软线（可用双线），外套长短合适的橡皮管，用沥青封住接头即可。

2.6.4 读识由 NE555 构成的自动洗手控制电路

图 2-58 所示是由时基集成电路 NE555 构成的自动洗手控制电路，适用于公共场所、列车洗漱间、宾馆、饭店，以及家庭卫生间等处。

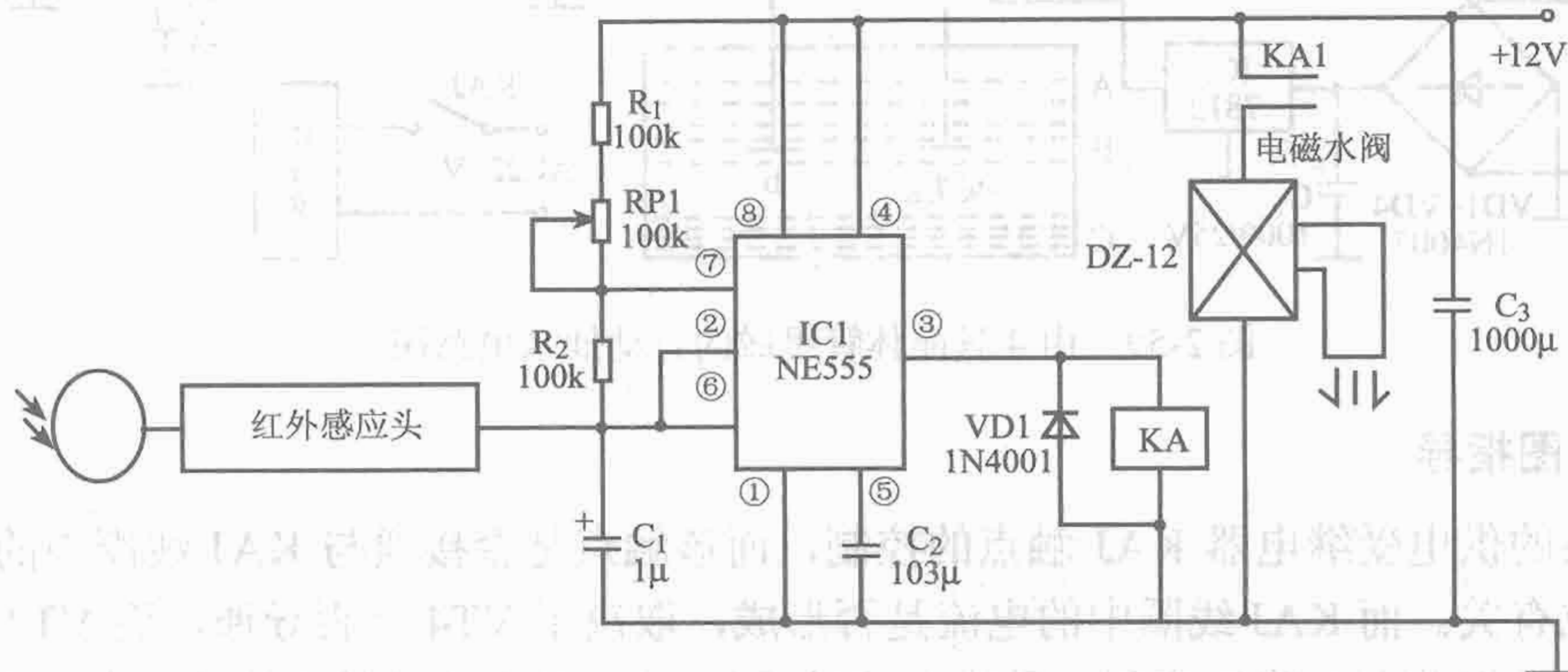


图 2-58 由时基集成电路 NE555 构成的自动洗手控制电路

1. 识图指导

图 2-58 所示电路主要是由 IC1 集成块及其元器件构成的， R_1 、 RP_1 、 R_2 、 C_1 构成定时电路，KA 继电器线圈受控于 IC1③脚，KA 的常开触点控制着电磁水阀的工作。

2. 工作原理

图 2-58 所示电路中控制部分与其他电路的定时电路基本相同，不同之处是在前端控制电路，即红外传感电路。由于市场上各种红外传感器品种繁多，功能各有千秋，用户可根据实际情况自行选用。

当人的手伸到红外线传感器前方时，红外传感器感应到手的信号时，红外感应头经对该信号进行处理以后输出低电平，该信号加到 IC1②脚与⑥脚后，IC1③脚输出电平翻转，由低电平翻转为高电平，该信号使 KA 继电器线圈得电工作，其常开触点 KA1 闭合，使电磁水阀线圈得电工作，放水洗手。

当人的手离开水龙头后，经延时电路延时 2~3 s 后，水阀自动关闭，从而实现了自动洗手功能。

提示：

电磁水阀型号为 DZ-12，由于使用 12V DC 的电源，故整个电路属于安全型单元。

2.6.5 读识由 4 只晶体管组成的自动抽水电路

图 2-59 所示是由 4 只晶体管组成的自动抽水电路图。读识该电路图时，应抓住继电器 KAJ 的状态来展开。

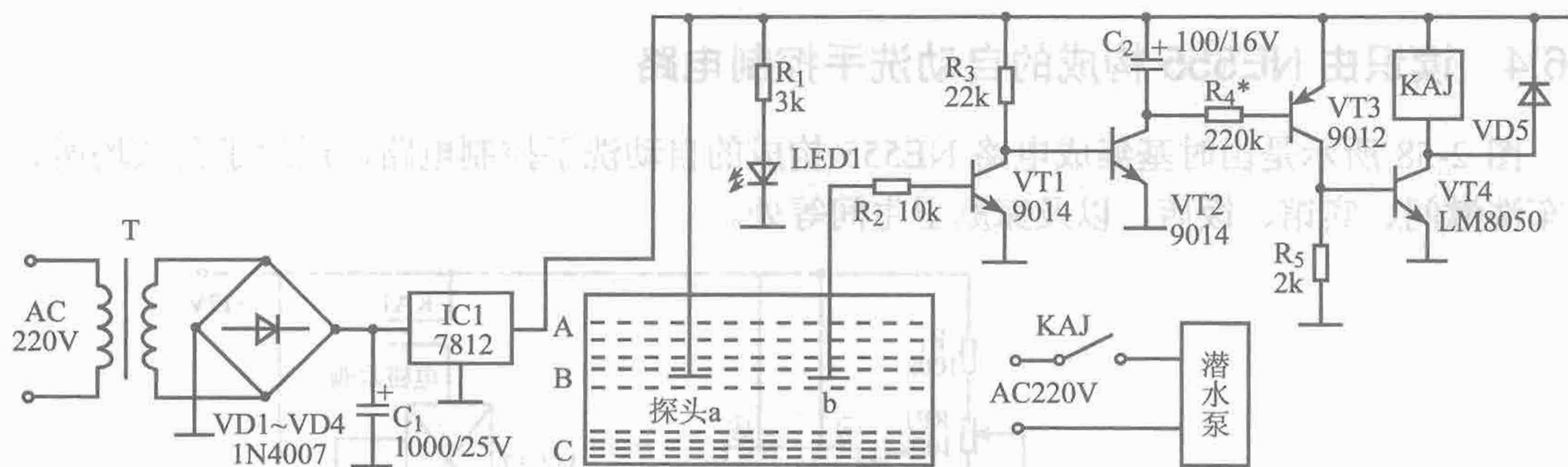


图 2-59 由 4 只晶体管组成的自动抽水电路图

1. 识图指导

潜水泵的供电受继电器 KAJ 触点的控制，而该触点是否接通与 KAJ 线圈中的电流通路是否形成有关。而 KAJ 线圈中的电流是否形成，取决于 VT4 是否导通，而 VT4 是否导通，则受其基极前面电路的控制。最终也就是受与 VT1 基极连接的水池内水位的控制。

2. 工作原理

图 2-59 所示电路的工作原理可从以下两个部分来分析说明。

(1) 供电电路

该电路由电源变压器 T、VD1~VD4、IC1 三端固定稳压集成电路组成。220 V 交流电压经 T 变换为交流低压后，经 VD1~VD4 桥式整流、C₁ 滤波及 IC1 稳压为 12 V 后提供给自动抽水控制电路。

(2) 自动抽水控制电路

- 如果蓄水池中的水位高于 B 点时，12V 电源通过探头 a 和 b 间水的电阻→R₂ 为 VT1 提供基极电流。VT1 饱和导通，VT2、VT3、VT4 相继截止，继电器 KAJ 线圈中无电流通过，其触点 KAJ 处于常开状态，潜水泵无供电而不工作。
- 当蓄水池中的水位低于 B 点以后，VT1 失去基极电流而截止，VT2、VT3、VT4 则相继导通。继电器 KAJ 线圈中的电流通路形成而吸合，其 KAJ 触点闭合接通了潜水泵的供电，使潜水泵进入抽水状态。

上述在 VT2 导通的瞬间，C₂ 电容器被充上了约为 12 V 的电压，该电压的极性为上正下负。

- 当水池水位随着抽上来的水再次上升到 B 点时，VT1 重新饱和导通，VT2 截止，C₂ 通过 R₄ 对 VT3 发射极放电，VT3、VT4 继续导通，潜水泵继续抽水。当水池水位接近 A 点时，因 C₂ 放电结束，VT3、VT4 截止，继电器 KAJ 断开，潜水泵停止抽水。

提示：

探头 a、b 可用导线制成；T 选 16 V/220 V 电源变压器；当 C₂=100 μF/25 V，R₄=220 kΩ 时，抽水时间约为 1 min，可根据要求确定 C₂、R₄ 的值；水池 B 点的确定，可根据停电后，B 点至 C 点的蓄水量能维持用户短时间内正常使用即可。

2.6.6 读识由 555 时基电路构成的红外线水龙头自动控制电路

1. 识图指导

图 2-60 所示是由 555 时基电路构成的红外线水龙头自动控制电路,该电路可在人手伸入水龙头时自动打开水龙头放水,而当手离开水龙头后,则又会自动关闭水龙头停止放水,适用于公共场合的卫生间、食堂、餐厅、学校等场合,不仅可以节约用水,还可防止各种传染病的扩散和传播。该电路主要由红外发射器、红外接收器、开关放大电路、光电耦合器及电磁阀等组成。

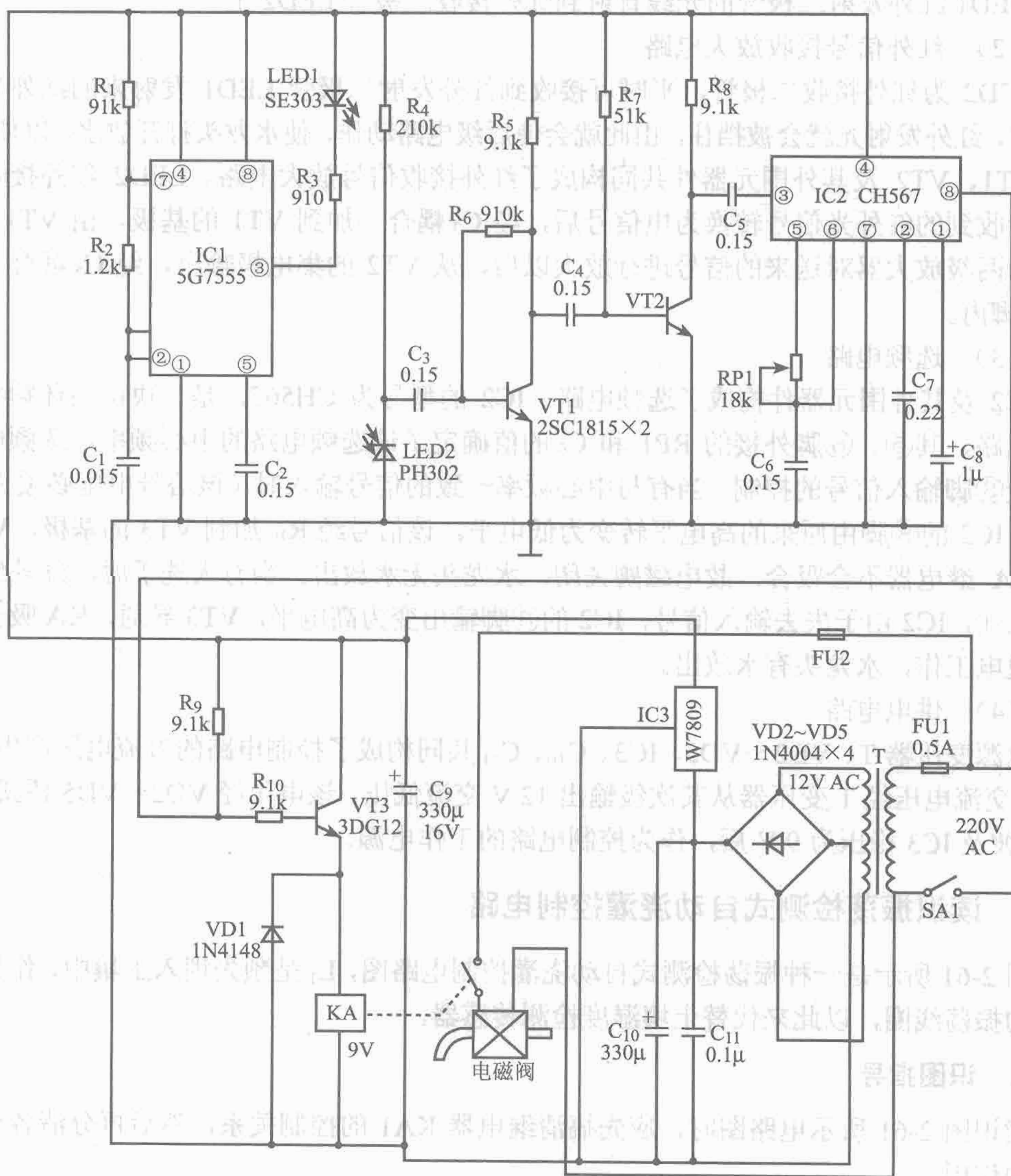


图 2-60 由 555 时基电路构成的红外线自动控制水龙头电路

2. 工作原理

图 2-60 所示电路的工作原理可从红外信号发射电路、红外信号接收放大电路、选频电路和供电电路四个部分来进行分析说明。

(1) 红外信号发射电路

IC1 与 R_1 、 R_2 、 C_1 、 C_2 共同构成了多谐振荡器，作为红外信号发射电路。多谐振荡器的振荡频率由 R_1 、 R_2 、 C_1 的值共同决定。发射电路的发射信号从 IC1 的③脚输出，经 R_3 由 LED1 发射二极管向外发射频率约为 1400 Hz 的调制红外信号。LED1 红外发射二极管安装在水龙头稍下方的一侧；另一侧装红外接收二极管，但两者应安装在同一直线上，以便使 LED1 红外发射二极管的光线直射到红外接收二极管 LED2 上。

(2) 红外信号接收放大电路

LED2 为红外接收二极管，平时可接收到红外发射二极管 LED1 发射来的红外光。当洗手时，红外发射光就会被挡住，由此就会使后级电路动作，使水龙头打开放水，以便洗手。

VT1、VT2 及其外围元器件共同构成了红外接收信号放大电路。LED2 红外接收二极管将接收到的红外光信号转换为电信号后，经 C_3 耦合，加到 VT1 的基极。由 VT1、VT2 构成的两级放大器对送来的信号进行放大以后，从 VT2 的集电极输出，经 C_5 耦合，加到 IC2③脚内。

(3) 选频电路

IC2 及其外围元器件构成了选频电路。IC2 的型号为 CH567，是一块锁相环频率译码集成电路，其⑤、⑥脚外接的 $RP1$ 和 C_6 的值确定了该选频电路的中心频率。选频电路的工作受③脚输入信号的控制，当有与中心频率一致的信号输入时（该信号电压必须大于 25 mV），IC2 的⑧脚由原来的高电平转变为低电平。该信号经 R_{10} 加到 VT3 的基极，VT3 截止，KA 继电器不会吸合，故电磁阀关闭，水龙头无水放出。当有人洗手时，红外线信号被手挡住，IC2 由于失去输入信号，IC2 的⑧脚输出变为高电平，VT3 导通，KA 吸合，电磁阀通电工作，水龙头有水放出。

(4) 供电电路

电源变压器 T、VD2~VD5、IC3、 C_{10} 、 C_{11} 共同构成了控制电路的直流电压产生电路。220 V 交流电压经 T 变压器从其次级输出 12 V 交流低压。该电压经 VD2~VD5 桥式整流、 C_{10} 滤波及 IC3 稳压为 9 V 后，作为控制电路的工作电源。

2.6.7 读识振荡检测式自动浇灌控制电路

图 2-61 所示是一种振荡检测式自动浇灌控制电路图， L_1 是预先埋入土壤中，作为振荡电路的振荡线圈，以此来代替土壤湿度检测传感器。

1. 识图指导

读识图 2-61 所示电路图时，应先搞清继电器 KA1 的控制关系，然后再分清各个单元电路的作用。

继电器 KA1 控制浇灌电磁阀的状态，但受 VT3 状态的控制。当 VT3 导通时，KA1 才吸合进入浇灌状态。而 VT3 又受 VT1 状态的控制，VT1 则受由 VT2 组成电路的控制。

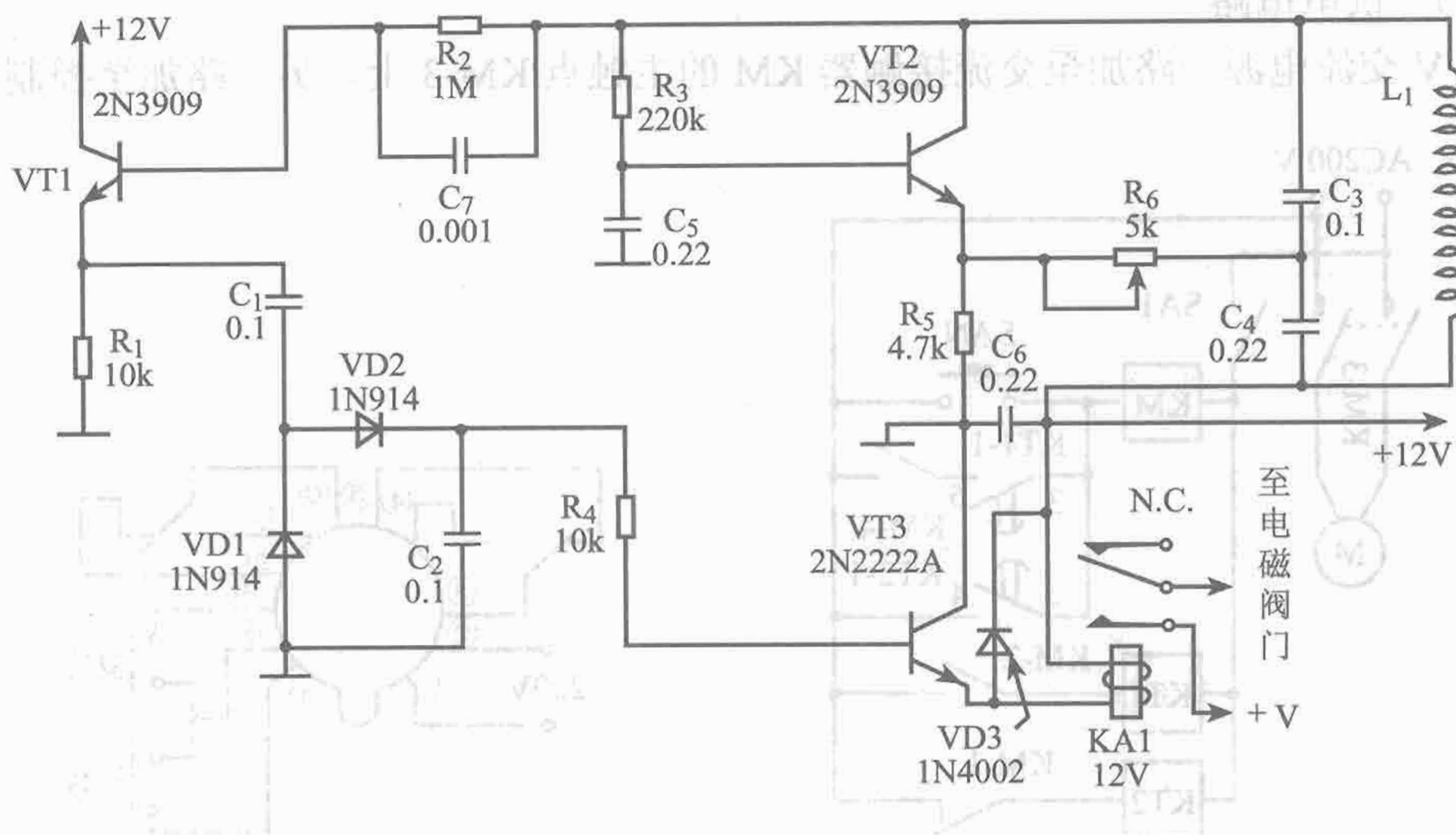


图 2-61 振荡检测式自动浇灌控制电路

晶体管 VT2 与 L_1 、 C_3 、 C_4 等组成了电容三点式振荡器。振荡频率由 L_1 、 C_3 、 C_4 的大小决定，其值约为 16 kHz。 R_6 用来调节振荡幅度。振荡信号经 C_7 、 R_2 加到射随器 VT1 的基极，再由 VT1 发射极经 C_1 送到检波器 VD1、VD2，以免检波器的低输入阻抗影响振荡器正常工作。

由 VD1、VD2、 C_1 组成倍压检波器，其输出的直流电压经 R_4 加到驱动管 VT3 的基极。

2. 工作原理

图 2-61 所示电路的工作原理可从以下两个方面来进行分析说明。

(1) 土壤过于干燥

当土壤过于干燥时， L_1 的 Q 值较高，振荡器启振，经 VD1、VD2 检波得到的直流电压使 VT3 饱和导通，继电器 KA1 吸合并接通电磁阀门对农作物进行浇灌。

(2) 土壤达到预定湿度

当土壤达到预定的湿度时，振荡器因 L_1 受潮， Q 值降低，振荡减弱或停振，VD1、VD2 整流器输出的直流电压不足以维护 VT3 导通，继电器 KA1 即释放并关断阀门自动停止浇灌。

2.6.8 读识由时间继电器组成的苗圃自动喷洒控制电路

图 2-62 所示是由时间继电器组成的苗圃自动喷洒控制电路图。其开停时间可人工进行设定，可喷洒 2 min、停止 30 min，然后再喷洒 2 min、停止 30 min，周而复始地工作。

1. 识图指导

读识图 2-62 所示电路图时，应先搞清交流接触器 KM 及时间继电器 KT1、KT2 线圈所对应吸合的触点。

2. 工作原理

图 2-63 所示电路的工作原理可从以下四个方面来进行分析说明。

(1) 供电电路

220 V 交流电源一路加至交流接触器 KM 的主触点 KM-3 上, 另一路加至控制电路。

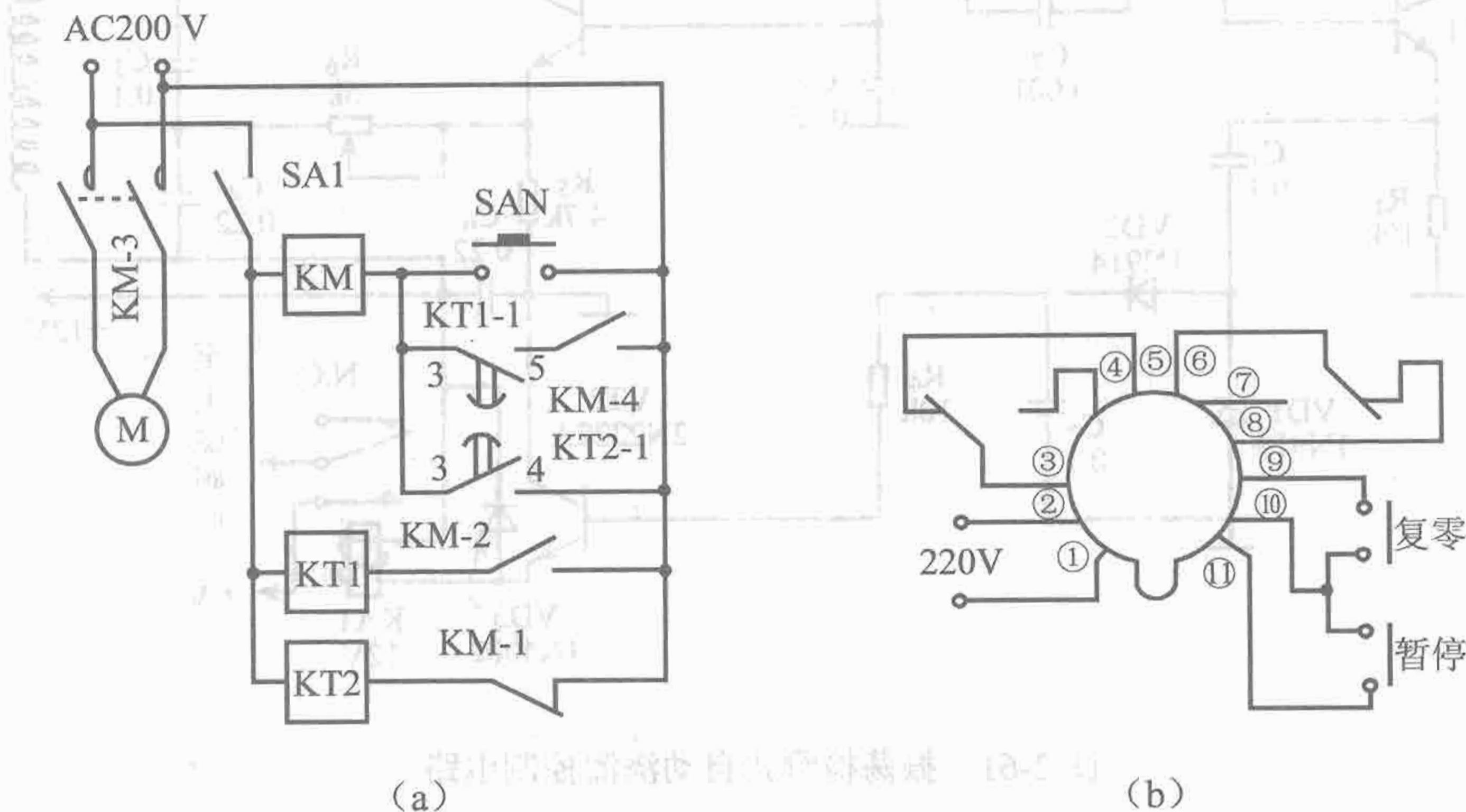


图 2-62 由时间继电器组成的苗圃自动喷洒控制电路

(2) 水泵启动抽水喷洒

当接通启动开关 SA1 以后, 时间继电器 KT2 线圈通过 KM-1 常闭触点形成回路, 开始工作, 所设定的延迟时间到达以后, 其 KT2-1 常开触点闭合, 进而使交流接触器 KM 线圈得电工作, 使几组触点动作。其中, KM-3 触点闭合以后接通了水泵电动机的供电, 开始抽水喷洒; 而辅助触点 KM-1 断开, 使时间继电器 KT2 失电, 其 KT2-1 触点断开; 但由于 KM 的常开触点 KM-3 已经闭合, 进而使 KM 线圈通过 KT1-1、KM-3 继续得电工作, 故而使水泵继续维持喷洒。

(3) 水泵停止喷洒

由于 KM-2 触点的闭合, 使 KT1 时间继电器线圈得电开始工作, 当其所设定的延迟时间到达时, KT1-1 触点断开, 使 KM 交流接触器线圈失去供电而释放, 其 KM-3 触点断开, 水泵电动机失去供电而停止工作。同时, 由于 KM-1 常闭触点的复位, 又使 KT2 时间继电器得电开始工作。

上述过程周而复始, 从而实现了自动定时喷洒的目的。

(4) 点动喷洒

如果通电以后需要立即进行喷洒, 则只要用点动开关 SAN 点动使水泵电动机启动即可进行喷洒。

提示:

(1) KT1、KT2 是一种具有数字显示的时间继电器。该继电器延时范围为 19 小时 59 分钟, 调整单位为分钟, 面板设有“+”、“-”按键, 时间可在其允许的范围内任意调整设定, 还具有复零和暂停功能。其接线方法如图 2-62 (b) 所示。

(2) KM 是一种 220V/10A 的交流接触器, 可选用符合这一参数的任意型号。

2.6.9 读识由 CC4093B 构成的水泵自动控制电路

1. 识图指导

图 2-63 所示是由 2 输入端四与非施密特触发器 CC4093B 构成的水泵自动控制电路。由于电路采用了电子开关控制方式,不存在机械触点,故具有无火花、无干扰、寿命长、自动手动功能、双色管指示控制状态,取样记忆部分与触发、电子开关部分分别采用独立供电,用光电耦合器进行高、低压的隔离,适用于 400 W 以下的家用单相清水泵的自动控制。

2. 工作原理

图 2-63 所示电路主要是由水位检测电路与供电电路两个部分组合而成。

(1) 水位检测电路

IC1 的型号为 CC4093B,是一块 2 输入端四与非施密特触发器。电路中仅使用了 3 只四与非施密特触发器。其中, IC1-3 与 IC1-2 构成了 RS 触发器,当储水池放满水,使 A、B、C 三电极均被水淹没后,RS 触发器的⑩脚输出低电平,IC2 输出的 8 V 电压经 VT1 导通的 c-e 极间,使 LED1 双色发光二极管内的绿色发光二极管导通发光,作为水满指示。由于 IC3 不工作,故水泵停止工作,不再向储水池中进水。

A~C 是安装在储水池中的水位电极。其中, B 为低水位检测电极检测的信号输入端, A 为高水位检测电极检测的信号输入端, C 为公共电极,安装在储水池最低层。

当储水池中的水位降低到 A 点以下时,由于 IC1-2 的⑩脚电位不变,故 RS 触发器处于记忆状态,电路不会动作。当水位继续下降到低于 B 点时,RS 触发器状态翻转,IC1-2 的⑩脚变为高电平,VT1 截止,LED1 内绿发光二极管也截止。此时,IC2 输出的 8 V 电压经 IC3 内的发光二极管、LED1 内红色发光二极管及 R₄ 电阻器使 LED1 内红色发光二极管发红光,以示水泵进入运行状态。同时,IC3 内发光二极管发光后使光敏三极管导通,进而又使 VT2 也导通,VD2~VD5 输出的 5 V 左右电压经 VT2、R₇ 加到 VS1 的触发极,使 VS1 导通,为水泵电动机提供供电,使水泵启动工作,向储水池内送水。当水位升到 B 点时,RS 触发器状态不变,当升到 A 点时,触发器又翻转,电动机 M 又停止工作。

(2) 供电电路

C₃、IC2、VD1、C₄ 及电源变压器 T、VD2~VD5、C₅ 共同构成了控制电路的直流电源产生电路。220 交流电压经电源变压器 T 变压后从其次级输出两组交流低压。其中,12 V 交流低压经 VD1 半波整流,C₄ 电容器滤波,得到的直流电压经 IC2 稳压为 8 V 后提供给水位检测和显示控制电路做工作电源;6 V 交流低压则经 VD2~VD5 桥式整流,C₅ 滤波,得到的直流电压作为水泵电动机驱动电路的工作电源。

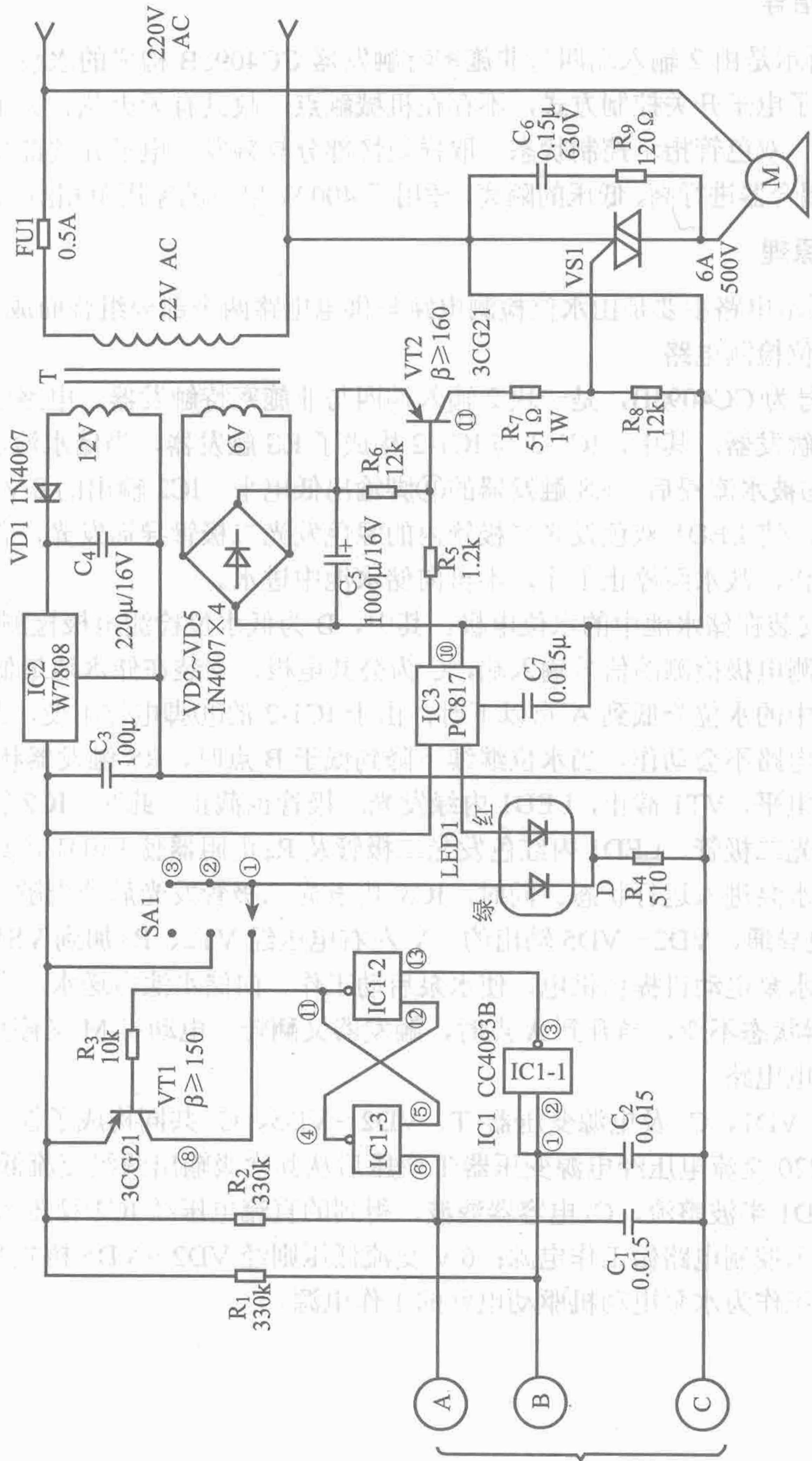


图 2-63 由 CC4093B 构成的水泵自动控制电路

第3章 机床和机电产品电路识图技巧

3.1 读识生产机床电气控制电路图的方法与步骤

3.1.1 机床电气控制电路的特点

机床电气控制装置和设备种类很多,各种装置和设备所使用控制元件的数量不等,其安装位置、接线方法等也各有差异,但不论是进口设备还是国产设备,也不论是大型设备还是小型设备,其电气控制电路的设计一般都遵循一定的规律。

1. 多部件设备可分开表示

在电路图上为了便于读识,由多个部件构成的电气元件和设备可采用集中表示法、半集中表示法或分开表示法。对于较复杂的控制电路多采用分开表示法。

同一电气元件的各部件可以不画在一起,可以根据其在电路中所起的作用分别画在不同的电路中,但属于同一电器上的各部件必须标注相同的文字符号。例如,图2-3(a)所示电路中的交流接触器KM1,其线圈和辅助触点(KM1-5、KM1-4)画在控制电路中[如图2-3(a)所示],而主触点KM1-1~KM1-3却画在主电路中(如图2-2所示),但都用了同一文字符号KM1来注明属同一电器。由于KM1的触点较多,故又在KM1后面加上了数字来区分。

由此可见,在读识分开表示的电气控制电路图时,可通过文字符号或项目代号来找出元件各部分之间的联系,尤其是交流接触器、继电器这类元件中电磁线圈与其触点之间的对应关系。

2. 无电磁线圈的元件

对于交流接触器、电压继电器、电流继电器及时间继电器来说,它们触点的动作是由其吸引线圈中电流的接通和断开来实现的。但对于有些电器,如行程开关、压力继电器、速度继电器、按钮开关及温度继电器等是没有吸引线圈的,只有触点。这些触点的动作是依靠外力或其他因素来实现的。因此,在读识电气控制线路图时,应注意到这一特殊点,也就是在控制电路图上是找不到这些电器元件的吸引线圈的。

3. 主电路与其他电路画法

在电气控制电路图中,电源电路、主电路、控制电路、照明电路及信号电路通常是分开来画的。

(1) 电源电路

电源电路通常采用水平线画法或垂直线画法,三相交流电源的相序 L_1 、 L_2 、 L_3 由上到下或由左至右依次排列画出,中性线N和保护地线PE画在相线下面或最右边,直流电源

通常是正端画在上面，负端画在下面；电源开关通常是水平画出的。

(2) 主电路

主电路，也就是每个受电的动力装置（如电动机等）及其保护器件（如热保护继电器的热元件、熔断器等），通常是垂直电源线画出的。主电路可以使用单线表示，也可以采用多线来表示。

(3) 控制电路和信号电路

控制电路和信号电路通常是垂直画在两条或几条水平电源线之间的。

电器的线圈、信号灯等耗电元件直接与下方 PE 水平线连接，而控制触点连接在上方水平电源线与耗电元件之间。

(4) 主、副电路排列方式

无论主电路还是辅助电路，它们中所使用的电器元件通常是根椐生产设备动作的先后顺序从上至下或从左至右依次排列，可以水平布置，也可以垂直布置。

由此可见，在读识电气控制电路时，也要掌握控制电路在编排上的这一特点，以使读图顺利。有的电气控制电路图上还在每一并联支路旁标出了这部分支路的控制作用，识图时如掌握了这些特点，则在分析控制线路图的工作原理时也就比较容易了。

(5) 简单主、副电路通常画在一起

在电气控制电路中，主电路与辅助电路是相辅相成的，通常是由辅助电路对主电路进行控制以实现某种功能的。对于不太复杂的电气控制电路图，从整体性和读识方便来考虑，主电路与辅助电路通常是画在一起的。

4. 交叉导线接点画法

在电气控制电路图中，对于具有直接联系的交叉导线的接点，通常是用小黑点表示的，没有直接联系的交叉导线的接点是不画小黑点的。

5. 元件标有位置编号

在电气控制电路图中，各元器件在图中通常标有位置编号，以供寻找对应的元器件，同时也将线路图分成图区，并在图的上方标明线路的用途、作用，在图的下方设置了区号。

6. 开关和触点的状态

在电气控制电路图中，各种电器开关和触点的状态，都是以线圈未通电时的状态画出的。

对于开关，是以手柄处于零位时的状态；对于行程开关、按钮等的接点，是以不受外力的状态；对于机械系统，是以原始位置为基础画出的。也就是说，图中表示的是以常态为准的。

必须说明的是，对于某一个电气控制电路，为了实现控制电动机等不同的运行方式，都具有多种相应的工作状态，故在有的电气控制电路图中，为了看图方便，还给出了某一种状态时的状态分析图。故在读识较复杂的电气控制电路图时，依据某一种状态时的状态分析图来解析整个控制系统的控制过程是很有帮助的。

7. 接线端有回路标号

在电气控制电路图中，电动机和电器的各接线端子均具有回路标号，读图时应注意这

一特点。

3.1.2 机床电气控制接线图的特点

电路接线图是根据相应的电路图而画成的,是以表示电气设备、装置和控制元件之间的相互控制关系为目的的,依据该图可分析出电路的工作过程。

而电气控制接线图则是以表示电气设备、装置和控制元件之间的相互具体接线关系为目的的,通常以接线方便、布线合理为原则而画出的。电气控制接线图上通常标注了每条线所连接的具体位置,每条线上还注明了具体明确的线号。电气控制接线图的特点归纳起来主要有以下四个方面。

1. 主、辅线路画图线径表示方法

在机床电气控制接线图中,主线路通常是用粗实线表示,辅助线路用细实线表示。对于每一个线束,通常都给出了导线的根数、型号、截面积及导线的敷设方法、穿线管的种类、管子的直径等。

2. 接线图给出的是元件实际位置

在机床电气控制接线图中,图中给出的各元器件的位置,就是该元器件在电气设备或装置中的实际位置。通常又将同一电器的各元件集中画在一起,然后用虚线框起来。例如,对于交流接触器来说,就是将其线圈、主触点、辅助触点都画在一起并用虚线框起来,使其成为一体,以符合实物的实际情况。

3. 图形、文字符号与线路图是一致的

在机床电气控制接线图中,各电器元件的图形符号、文字符号、端子的编号是与电气控制电路图一致的,这样,可便于对照查找。在线束的两端及中间分支出去的每一根导线,与电器元件相连接时,接线端脚处通常都标注了相应的标号。对于同一根导线的若干段,标注的是同一个标号,这对于分清各线的归属提供了很大的方便。

4. 实际电气连接关系

在机床电气控制接线图中,电动机、电器之间的连接是一种实际电气连接关系,图中走线的位置、方向与电气装置、设备基本相同。对于导线走向相同的多根导线,通常是采用合并画法,画成单线,这样可使接线图变得简单明了,不致太乱。对于控制板内和控制板外的各元器件之间的电气连接,通常是通过接线端子来进行电气连接的,这样便于保养和维修。

3.1.3 机床电气控制电路识图要领

机床电气控制设备、装置类型较多,这些设备、装置上的电气控制电路大都不一样,如果不从电路原理上掌握连线规律,诊断线路故障就比较困难。故要修好电气设备或装置,必须读懂和掌握电气控制电路图。尤其是初学者,更要学会如何读识电气控制电路图。读识各种电气控制电路图的识图要领归纳整理如下。

1. 认真读懂图注

图注说明了该机床电气控制电路所有设备的名称及其数码代号,通过读图注可以初步了解该电气控制电路中都使用了哪些元器件。然后,通过这些元器件的数码代号在电气控制电路图中找出该元器件,再进一步找出相互的连线、控制关系,以了解电气控制电路的特点和构成。

2. 分清主、辅线路

在拿到一张机床电气控制电路图时,应该先将整个电路划分一下,可根据以上介绍的主、辅线路的特征来进行,这样可使识图变得简单。然后再按照先看主电路,后看辅助电路的原则进入各个单元电路的识图。这样可使思路清晰,不会造成混乱。

在读识辅助电路中,还可根据各个小回路中控制元件的动作情况,进一步搞清辅助电路是怎样对主电路进行控制的,由此就可对整个控制电路有一个比较全面、完整的理解。在此基础上,对读懂整个电气控制电路的工作原理也就不难了。

3. 先看主电路

主电路典型的特征就是用电器所在的电路,看主电路时,通常可按以下步骤进行。

(1) 看用电器的使用情况

用电器通常是指消耗电能或者将电能转变为其他能量的电气设备或装置,如常见的电动机、电弧炉及空压机等。

看用电器使用情况时,要看清楚主电路中使用了哪些用电器,它们是什么类型的用电器、有哪些作用、在电路中是怎样进行连接的及还有哪些不同的要求等。

(2) 看控制元件是怎样控制用电器的

要看清楚主电路中的用电器采用了什么样的控制元件进行控制的,受几个控制元件的控制。例如,在图 2-2 所示电路中,三相异步电动机 M 的启动与停止是受交流接触器 KM1-1~KM1-3 和 KM2-1~KM2-3 常开主触点控制。

必须说明的是,图 2-2 所示电路的控制方法仅是一种。实际上,对于电器的控制方法较多,例如:

- 有的用电器仅用刀开关来进行控制,这是一种最简单的控制方法;
- 有的用电器采用启动器进行控制;
- 有的用电器采用交流接触器配合其他继电器进行控制;
- 有的用电器采用程序控制器进行控制;
- 有的用电器直接采用功率放大集成电路进行控制。

以上这些控制方式是依据不同的用电器来选择的,故应分清主电路中用电器与控制元件之间的对应关系。

(3) 看其他元件的状态及作用

进一步再看除用电器以外的其他元件,以及这些元件的作用。对于图 2-2 所示电路来说,主电路除用电器三相异步电动机 M 以外,还有交流接触器 KM1 与 KM2 的主触点、刀开关 QS、热继电器 FT 的热元件及熔断器 FU1~FU3。

主电路各元件和用电器通常比辅助电路中的控制元件少。读识主电路时,可以顺着电

源引入端向下（或由下向上）逐级观察。

（4）看主电路的供电特性

看主电路的供电时，要了解电源的种类及电压等级。电源分为直流电源与交流电源两大类。

● 直流电源

主电路有的是由直流发电机供电的，有的是由整流设备供电的。直流电源的电压等级常见的有以下几种，如 12 V、24 V、110 V、220 V、660 V 等。

● 交流电源

主电路多数情况下是由三相交流电网供电的，也有的是由交流发电机供电的。交流电源低电压等级常见的有以下几种，即 24 V、36 V、110 V、220 V、380 V 等，频率多为 50 Hz，高频交流发电机输出的交流电频率不为 50 Hz。

对于如图 2-2 所示的主电路，电路电源为 380 V 三相交流电，频率为 50 Hz。

4. 再看辅助电路

辅助电路的最大特征是通常都具有控制元件，如交流接触器、继电器及各种控制开关等，故也可以将其称为控制电路。看辅助电路时，通常可按以下步骤进行。

（1）看辅助线路的供电

辅助线路的供电也分为直流电源与交流电源两大类。其中：

- 直流电源：辅助电路使用的直流电源常见有以下几种，即 12V、24V、110V。
- 交流电源：辅助电路使用的交流电源常见为 127V、220V、380V 几种。其中，127V 多是由电源变压器将 380V 电压降压后得到的；220V 是取自三相电源的一根相线（火线）和一根零线；380V 是取自三相电源的两根相线。

在同一个电气控制电路中，如主电路供电为交流电，辅助电路供电为直流电，这多是在辅助线路中设置了整流电路，用于将交流电压整流后得到的。

在同一个电气控制电路中，如主电路和辅助电路都为交流供电，则辅助电路的供电通常都来自于主电路。例如，在图 2-2 与图 2-3（a）所示电路中，主电路和辅助电路均采用了交流电供电，辅助电路的供电就是取自主电路 FU4 与 FU5 熔断器的右端，故辅助电路也采用 380 V 进行供电。FU4 与 FU5 就是辅助电路的两只保险丝（有的电路上仅用一只保险丝）。

（2）看控制元件的控制关系

看辅助电路中的控制元件时，主要是要搞清楚这些控制元件的作用及其对主电路用电器之间的控制关系。

在电气控制辅助电路中，辅助电路通常是一个大回路（指电源电流回路），而在这个大回路中又包含了若干个小回路，每个小回路又具有一个或多个控制元件。一般来说，主线路中用电器越多，则辅助电路的小回路及控制元件亦越多。

例如，在图 2-2 所示与图 2-2（a）电路中，辅助电路有两个回路。SB1~SB3 三只按钮开关是用于控制交流接触器 KM1、KM2 线圈电流接通或断开的控制元件；而 KM1、KM2 两只交流接触器是通过其主触点（KM1-1~KM1-3、KM2-1~KM2-3）去控制主电路三相异步电动机 M 正转和反转的启动（SB2、SB3）和停止（SB1）的。

由上可见，搞清楚辅助电路中各控制元件的动作情况，了解了它对主电路用电器的控制作用，是迅速读懂其他各种电气控制电路图的关键。

(3) 看控制元件的互锁关系

在搞清楚了辅助电路中控制元件控制关系的基础上，进一步还应搞清楚辅助电路中各个控制元件之间的互锁（也称为制约）关系。这对于读懂整个电路图的工作原理也有很大的帮助。

在各种电气装置、电气设备的电气控制电路中，各个控制元件之间都不是孤立存在的，它们相互之间都存在着某种联系：有的元件之间是控制与被控制的关系；有的则是相互制约关系；有的则是联动关系。在各种电气控制辅助电路中，控制元件之间也存在着上述的各种制约关系。

综上所述，通过看主电路，要搞清楚用电设备是怎样从电源得到供电的，电源是经过哪些元件到达负载的；通过看辅助电路（控制线路），要搞清楚它的回路构成、各元件间的联系（如顺序、互锁等）、控制关系和在什么条件下回路可构成通路或断路，进而搞清整个电气控制电路的工作原理。

3.2 读识钻床电气控制电路

钻床是一种在厂矿企业应用比较广泛的机械加工设备，有台钻、立钻、摇臂钻等多种类型。尤以摇臂钻床应用最广泛。下面以 Z3040 型摇臂钻床为例，来介绍读识钻床电气控制电路的方法。

3.2.1 读识 Z3040 型摇臂钻床电气控制电路

图 3-1~3-4 为 Z3040 型摇臂钻床控制电路，主要是由主电路、控制电路，以及照明电路三大部分构成的。

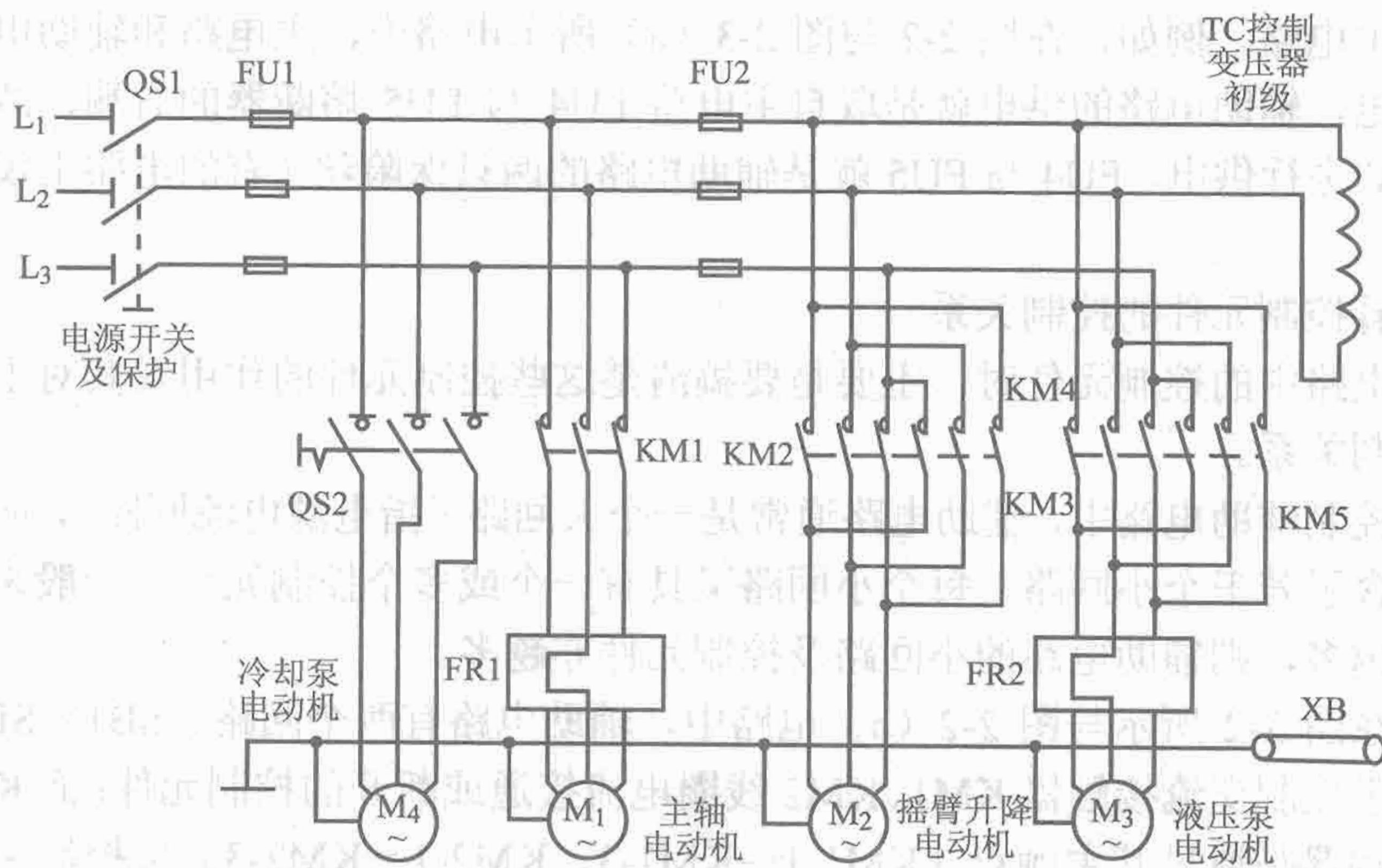


图 3-1 Z3040 型摇臂钻床主电路

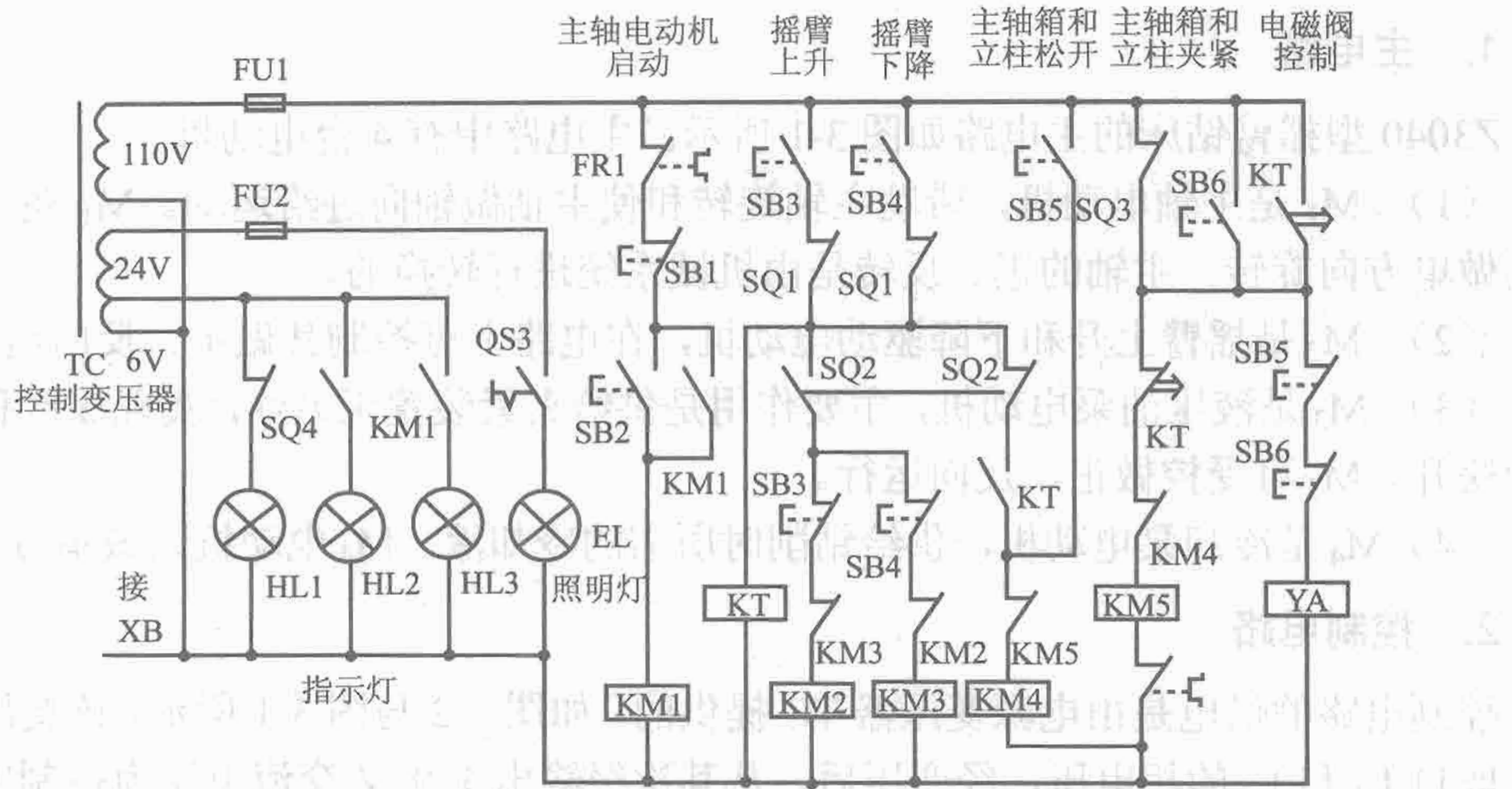


图 3-2 Z3040 型摇臂钻床控制与照明电路

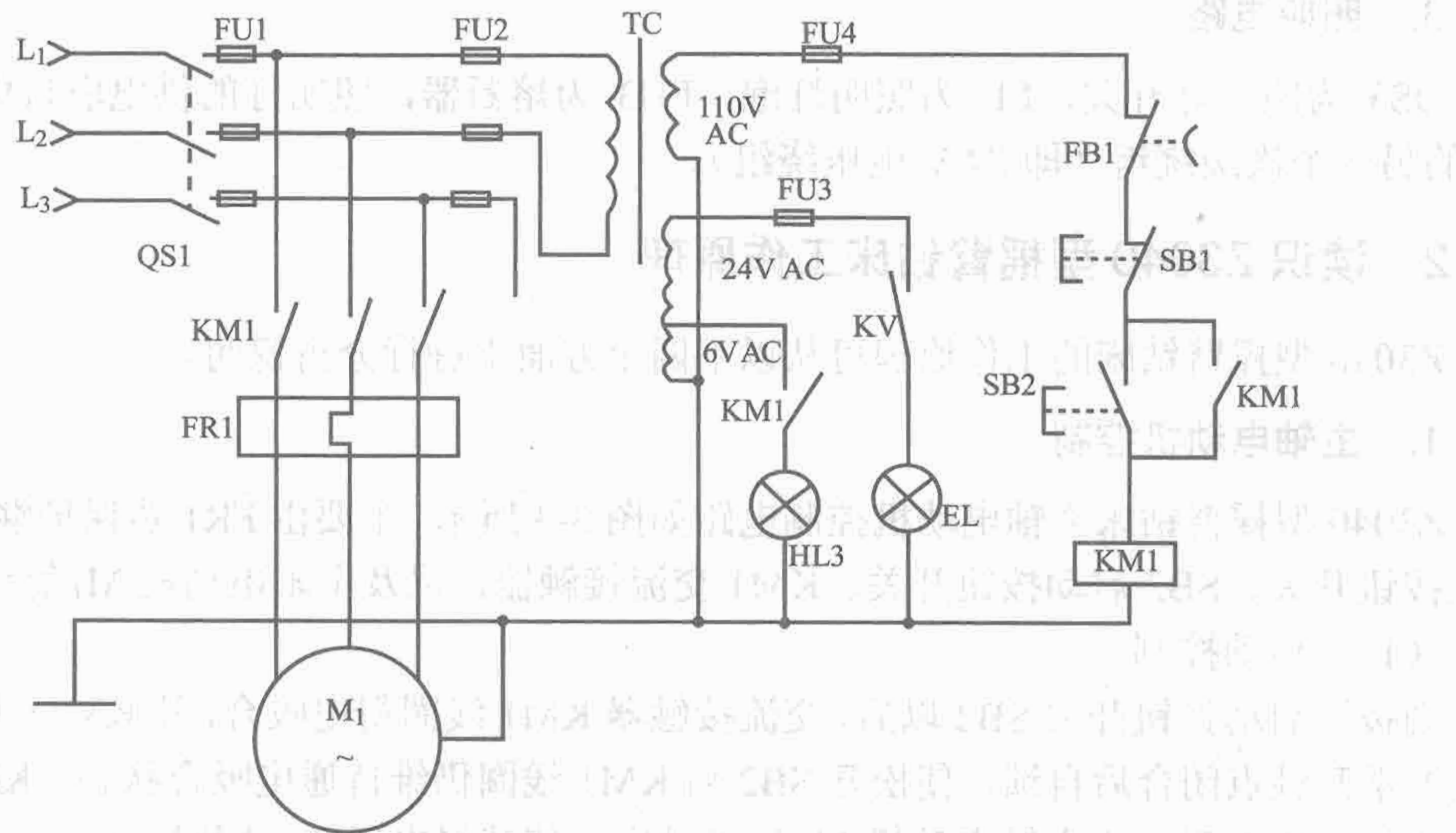


图 3-3 Z3040 型摇臂钻床主轴电动机控制电路

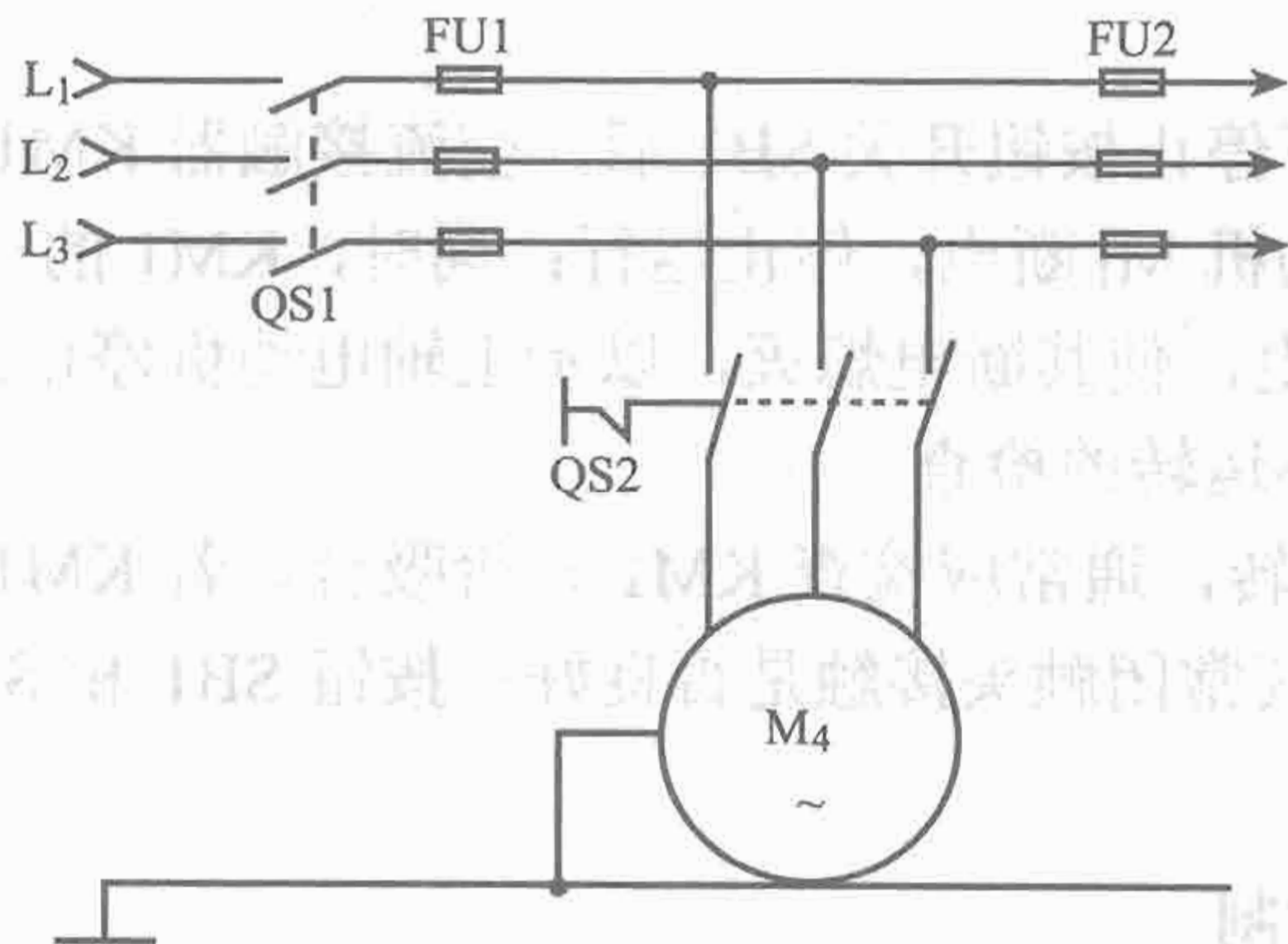


图 3-4 Z3040 型摇臂钻床冷却泵控制电路

1. 主电路

Z3040 型摇臂钻床的主电路如图 3-1 所示。主电路中有 4 台电动机。

(1) M_1 是主轴电动机，带动主轴旋转和使主轴做轴向进给运动。 M_1 在电路上只控制其做单方向旋转。主轴的正、反转是由机械系统进行转换的。

(2) M_2 是摇臂上升和下降驱动电动机，在电路上可控制其做正、反向运行。

(3) M_3 是液压油泵电动机，主要作用是供给夹紧装置压力油，实现摇臂和立柱的夹紧和松开。 M_3 可受控做正、反向运行。

(4) M_4 是冷却泵电动机，供给钻削时所需的冷却液。 M_4 电动机只做单方向旋转。

2. 控制电路

控制电路的供电是由电源变压器 TC 提供的，如图 3-2 与图 3-1 所示。该变压器初级的供电取自 L_1 和 L_2 的相电压，经变压后，从其次级输出 110 V 交流电压为控制电路供电。各个交流接触器的作用在图 3-2 所示电路中均已注明。

3. 照明电路

QS3 为照明灯开关，EL 为照明灯泡，FU3 为熔断器，照明灯的供电取自电源变压器 TC 的另一个次级绕组（即 24 V 电压绕组）。

3.2.2 读识 Z3040 型摇臂钻床工作原理

Z3040 型摇臂钻床的工作原理可从以下四个方面来进行分析说明。

1. 主轴电动机控制

Z3040 型摇臂钻床主轴电动机控制电路如图 3-3 所示，主要由 FR1 热保护继电器、SB1 停止按钮开关、SB2 启动按钮开关、KM1 交流接触器，以及主轴电动机 M_1 等组成。

(1) 启动控制

当按下启动按钮开关 SB2 以后，交流接触器 KM1 线圈得电吸合，其 KM1（并接在 SB2 两端）常开触点闭合后自锁，使松开 SB2 后 KM1 线圈仍维持通电吸合状态，KM1 的三组常开主触点闭合后，为主轴电动机 M_1 提供供电，使其得电运转；同时，KM1 还有一组常开触点闭合后，也接通了 HL3 指示灯的供电，使其得电点亮，以示主轴电动机进入工作状态。

(2) 停止控制

当需要停机时，按下停止按钮开关 SB1 后，交流接触器 KM1 线圈断电释放，使其常开触点断开后，主轴电动机 M_1 断电，停止运行；同时，KM1 的一组常开触点断开后，也切断了 HL3 指示灯的供电，使其断电熄灭，以示主轴电动机停止工作。

(3) 主轴电动机不运转的检查

主轴电动机 M_1 不运转，通常应检查 KM1 是否吸合。若 KM1 不吸合，则依次检查热继电器 FR1 是否动作，其常闭触头接触是否良好；按钮 SB1 和 SB2 的接线头是否脱落；KM1 的线圈是否断路。

2. 冷却泵电动机控制

Z3040 型摇臂钻床的冷却泵控制电路如图 3-4 所示，主要由冷却泵开关 QS2 和冷却泵

电动机 M_4 构成,且冷却泵电动机是直接受 QS2 开关控制的。出现冷却泵不工作故障不是 QS2 开关损坏就是 M_4 本身不良,或者是它们之间的连线有问题。

3. 摇臂控制电路

Z3040 型摇臂钻床上升与下降控制电路如图 3-2 所示,它是通过控制 M_2 电动机的正向运转和反向运转来实现的,相关电路如图 3-1 所示。

(1) 摇臂上升或下降控制过程

当按下上升按钮 SB3 (或下降按钮 SB4 后),时间继电器 KT 线圈得电吸合,其常开触点闭合后,交流接触器 KM4 和电磁铁 YA 同时得电吸合, M_3 电动机旋转,供给压力油。压力油经 2 位 6 通阀进入摇臂松开油缸,推动活塞和菱形块,使摇臂松开。

与此同时,活塞杆通过弹簧片压住限位开关 SQ2,由此就会使其两对触点均动作。其中:

- SQ2 的常闭触点断开, KM4 交流接触器线圈断电释放, M_3 电动机停转;
- SQ2 的常开触点闭合后,交接接触器 KM2 (或 KM3) 线圈得电吸合, M_2 启动运转,带动摇臂上升 (或下降)。

如果摇臂没有松开, SQ2 的常开触点不能闭合, KM2 (或 KM3) 也不能吸合,摇臂也就不会升降。

(2) 摇臂上升或下降到位

当摇臂上升 (或下降) 到所需的位置时,松开 SB3 (或 SB4), KM2 (或 KM4) 和 KT 断电释放, M_2 停转,摇臂停止升降。KT 的常闭触点经 1~3 s 延时后闭合,使交流接触器 KM5 得电吸合, M_3 反转,供给压力油。

这样,压力油经 2 位 6 通阀 (此时由于 KT 的常开触点尚未延时断开,故 YA 仍处于吸合状态) 进入摇臂夹紧油腔,反方向推动活塞,这时菱形块撑直并距离中心约 0.5 mm 而自锁,使顶块压紧两个杠杆的小头,杠杆绕轴转动,通过螺钉拉紧摇臂套筒,这样摇臂被夹紧在外立柱上。

与此同时,活塞通过弹簧片压住限位开关 SQ2, SQ2 的常闭触点断开, KM5 断电释放。同时 KT 的常开触点延时断开, YA 也断电释放, M_3 断电停转。

(3) 摇臂夹紧控制

Z3040 型摇臂钻床电路如图 3-1 与图 3-2。立柱、主轴箱的松开或夹紧是同时进行的。

当按下松开按钮 SB5 (或夹紧按钮 SB6) 后,交流接触器 KM4 (或 KM5) 线圈得电吸合, M_3 电动机得电旋转,供给压力油。压力油经 2 位 6 通阀 (此时 YA 处于释放状态) 进入立柱夹紧或松开油缸,推动活塞和菱形块,使立柱和主轴箱分别松开 (或夹紧),松开 (或夹紧) 指示灯亮。

出现摇臂升 (或降) 后不能夹紧故障,应对上述各元器件或部件的动作过程进行检查。

正常情况下,当摇臂上升 (或下降) 并夹紧后,活塞杆通过弹簧片压住 SQ3,使 SQ3 的常闭触点断开,使 KM5 和 YA 均断电释放。如果 SQ3 的位置调整不当,在摇臂夹紧后,不能使 SQ3 的常闭触点断开, M_3 电动机过载运行,由此就会导致摇臂升 (或降) 后夹过头故障。

如果立柱、主轴箱的松开和夹紧与标牌指示相反,则说明驱动系统的动作与规定方向

相反,这种情况通常多是由于三相电源的相序接反了,应将其纠正过来。

4. 供电与照明电路

主电路的电源电压为 380 V 交流电压;控制电路的电压是由控制变压器 TC 转换为 110 V AC 后提供的;照明电压 24 V AC,信号灯电路电压为 6 V AC,也是由 TC 控制变压器提供的。控制变压器的输入电压取自 L_1 与 L_2 间的 380 V 交流电压。主电路中设置了两组保护熔断器 FU1 与 FU2,分别保护相关电路。

3.3 读识车床电气控制电路

车床也是一种在工矿企业应用相当广泛的机械加工设备,根据加工尺寸的不同有各种类型。下面以 C6150A 型车床为例,来介绍读识车床电气控制电路的方法。

3.3.1 读识 C6150A 型车床电气控制电路

C6150A 型车床电气控制电路主要由主电路、电气控制电路,以及照明电路三个主要部分构成,它是由各种不同单元电路组合而成的。读识这些电路时,应先将其按三个主要部分划分一下,然后,对各个单元电路进行分析。

3.3.2 读识 C6150A 型车床工作原理

C6150A 型车床的工作原理可从以下三个单元电路来进行分析说明。

1. 主电动机控制电路

C6150A 型车床主电动机及其控制电路如图 3-5 所示。其中, QF1 为带过载短路保护的总电源开关; T 为隔离变压器,其次级有四个绕组, AC110V 次级绕组为主控制电路提供工作电源; FU5 为 AC110V 负载保险元件; QF2 为润滑电动机控制开关内带过流保护的热继电器触点; QF3 为冷却液电动机控制开关内带过流保护的热继电器触点; SQ8 是安装在挂轮箱内的行程开关,箱盖打开后或开关损坏(不能接通)会使整机不工作; SB1 与 SB2 为停止按钮; SB3 为启动按钮; KM1 与 KM2 为主电动机正、反转切换交流接触器,以改变主电动机的正、反转方向来改变主轴的转速变换。KM1、KM2 由各自辅助常闭触点互锁,其工作是由 SA2 切换的。

(1) 正转控制

当按下启动按钮 SB3 后, KM1 交流接触器线圈得电吸合,其常开触点 KM1-1 闭合后自锁,常闭触点 KM1-2 断开后互锁,三组主常开触点 KM1-3 闭合后,使主电动机 M_1 正向运转。

(2) 反转控制

当要进行反转时,按动 SA2 开关使其动触点与右端 23 触点接通,按下启动按钮 SB3 使 KM2 交流接触器线圈得电吸合,其常开触点 KM2-1 闭合后自锁,常闭触点 KM2-2 断开后互锁,三相主常开触点 KM2-3 闭合后,使主电动机 M_1 反向运转。

由上述分析可看出,上述控制回路中任一处异常时,均会导致主电动机不能启动。

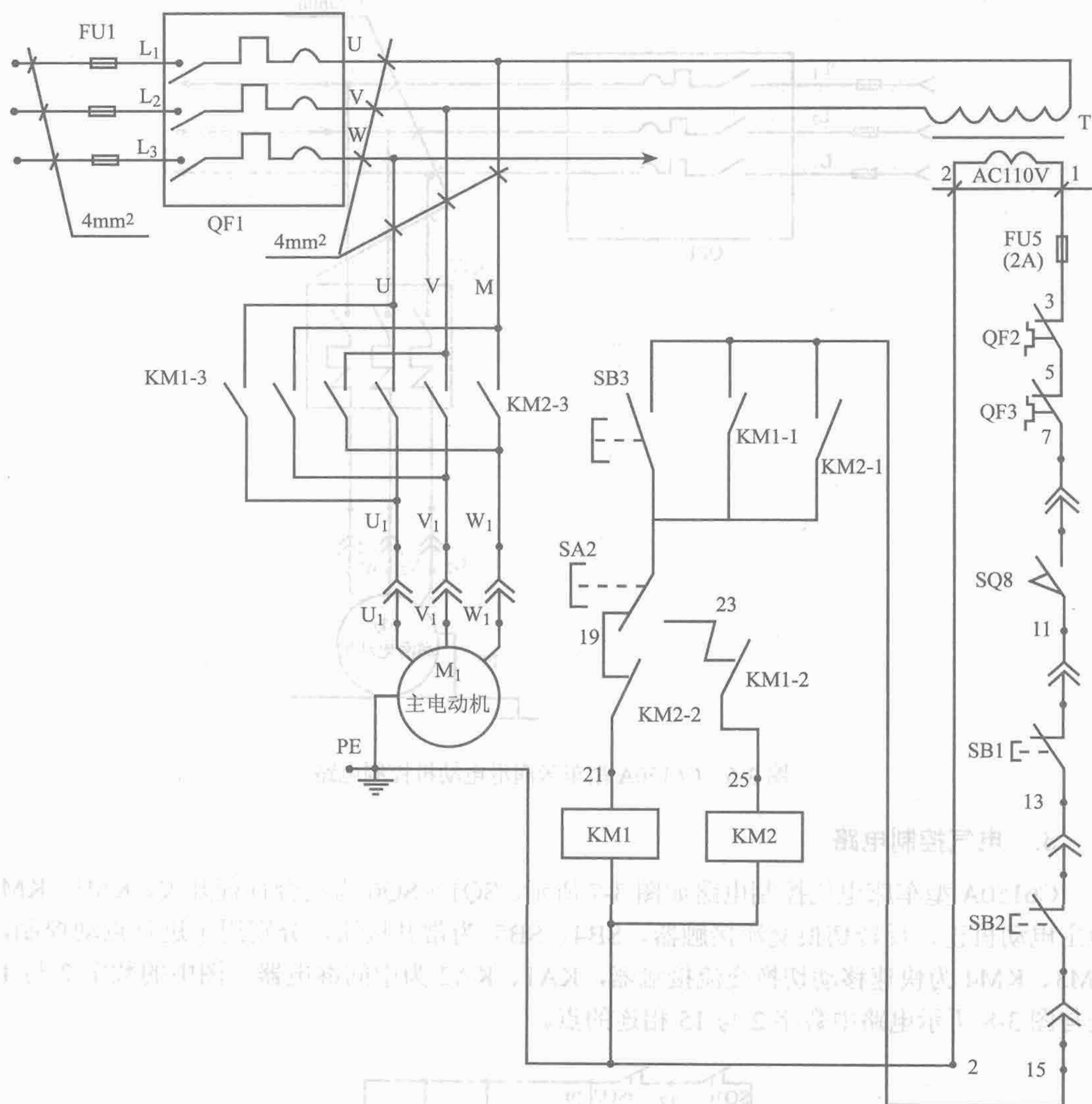


图 3-5 C6150A 型车床主电动机及其控制电路

出现主电动机不能启动故障，应检查三相电源是否正常；QF1 是否损坏；FU1 是否完好；隔离变压器交流 110 V 绕组输出电压及保险丝 FU5 是否正常；自动热保护继电器触点接触是否良好；挂轮箱盖是否未盖好或 SQ8 损坏；按钮 SB1、SB2 是否损坏；切换开关 SA2 是否正常；启动按钮 SB3 按下时触点导通是否良好；交流接触器 KM1 或 KM2 是否完好，其相互间的互锁常闭触点接触是否良好。

2. 润滑电动机控制电路

C6150A 型车床润滑电动机控制电路如图 3-6 所示。M₂ 即为润滑电动机，该电动机直接接受 QF2 自动空气开关的控制。当 QF2 接通以后，M₂ 电动机就会得电运转，为车床提供润滑剂。

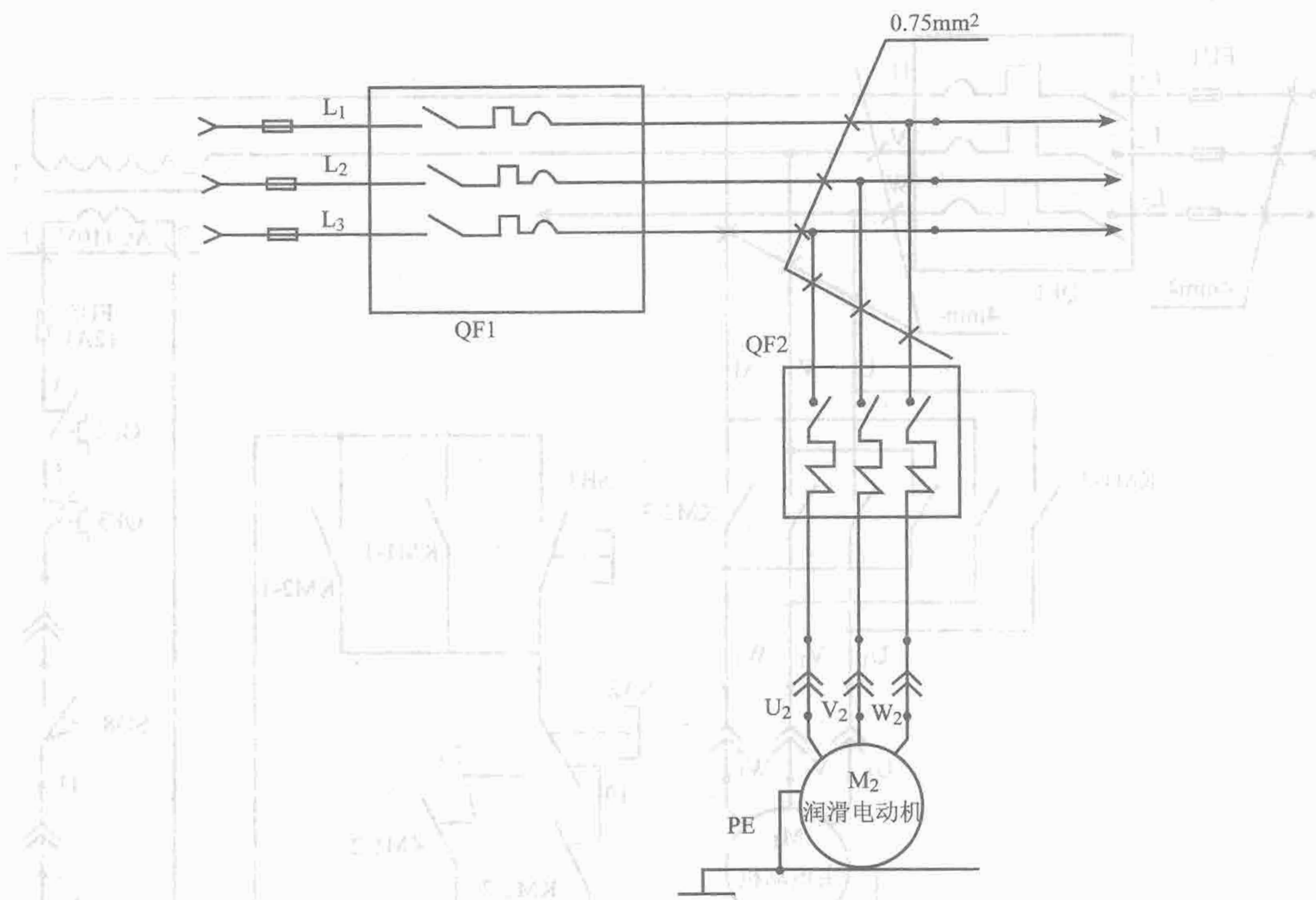


图 3-6 C6150A 型车床润滑电动机控制电路

3. 电气控制电路

C6150A 型车床电气控制电路如图 3-7 所示。SQ1~SQ6 为组合行程开关，KM1、KM2 为主电动机正、反转切换交流接触器，SB4、SB5 为常开按钮，分别用于进行点动控制，KM3、KM4 为快速移动切换交流接触器，KA1、KA2 为中间继电器。图中的数字 2 与 15 是与图 3-8 所示电路中数字 2 与 15 相连的点。

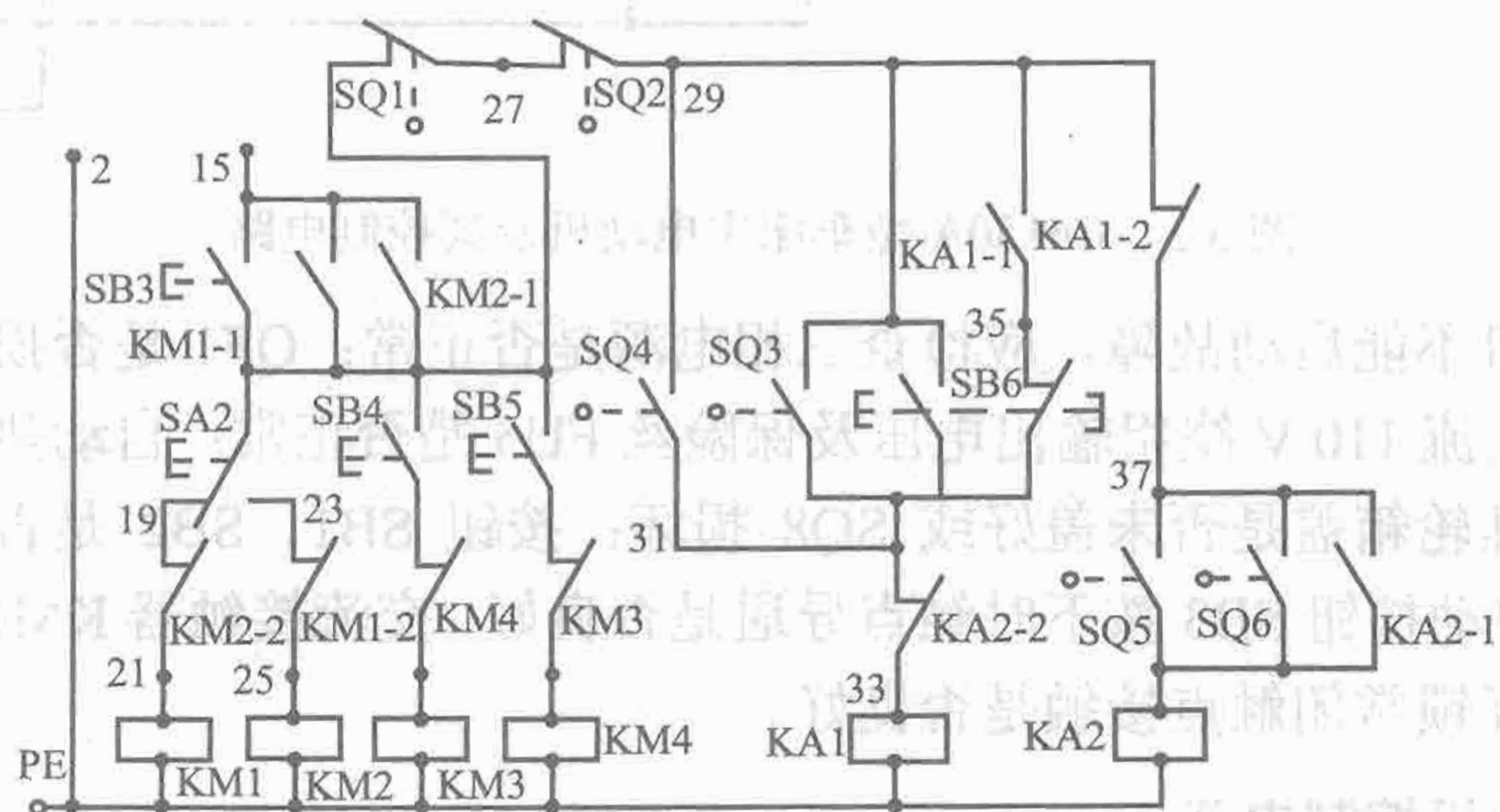


图 3-7 CA6150A 型车床电气控制电路

(1) 正、反转转速变换控制

在图 3-7 所示电路中，KA1、KA2 是控制电磁离合器 YC1、YC2（如图 3-8 所示）工作的继电器，由组合开关 SQ1~SQ6 控制其工作状态，两继电器通过各自的常闭触点进行

互锁，即 YC1、YC2 不能同时得电工作。通过 KM1、KM2 常开、常闭辅助触点的控制，KA1、KA2 又可分别交换控制 YC1、YC2，达到主轴正、反转时不同转速的变换。

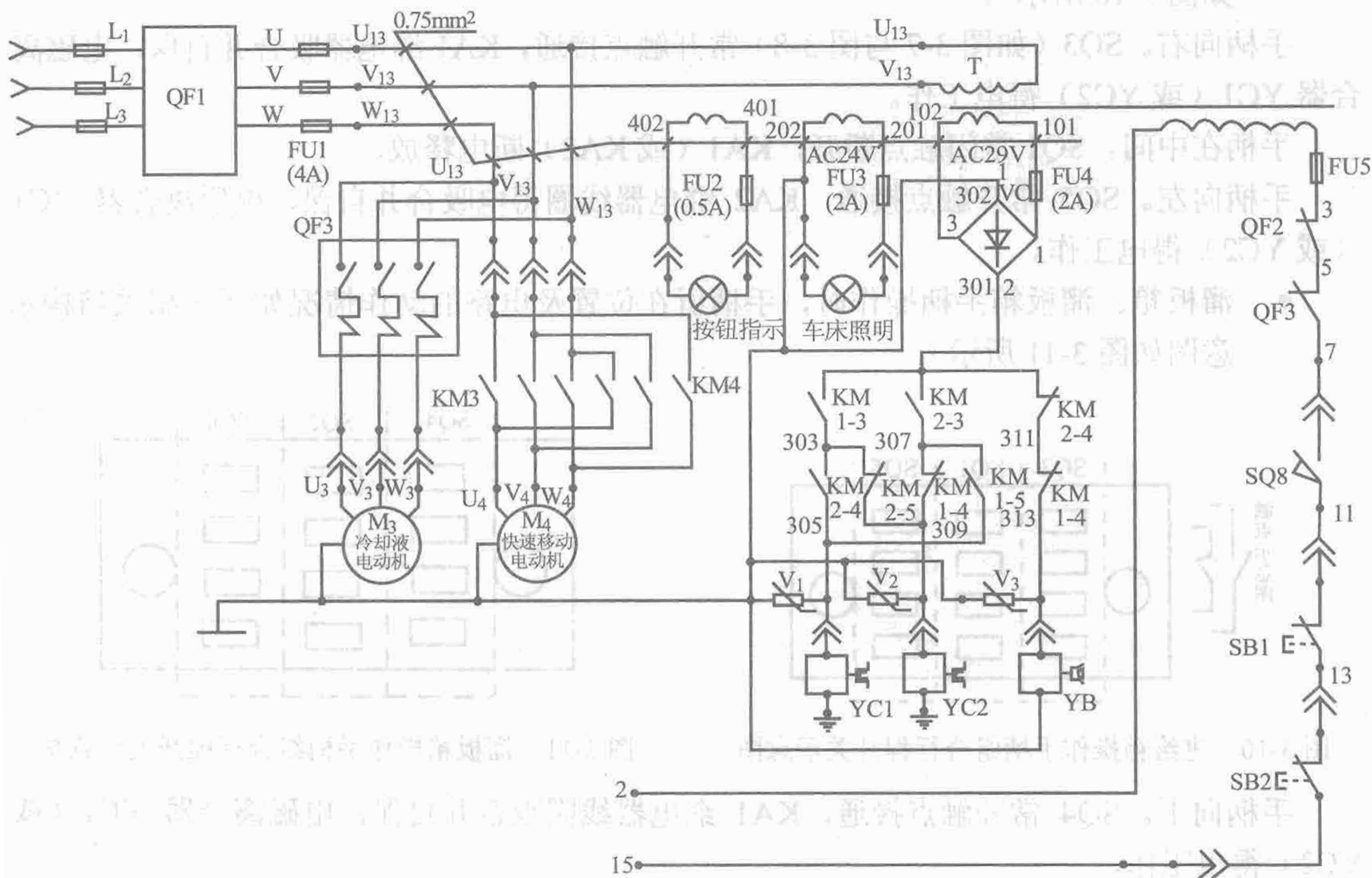


图 3-8 CA6150A 型车床主电路原理图

(2) 进给箱与溜板箱控制

C6150A 型车床的进给箱手柄与溜板箱手柄之间电气联锁，实现同步。平时，手柄操作后，靠一只弹簧使手柄自动回到两个空挡位置，两个空挡位置是手柄的经常位置，正转、停止（制动）和反转三个位置是暂时位置，如图 3-9 所示。主轴正、反转和制动既可在进给箱旁操作手柄，也可在溜板箱旁操作。

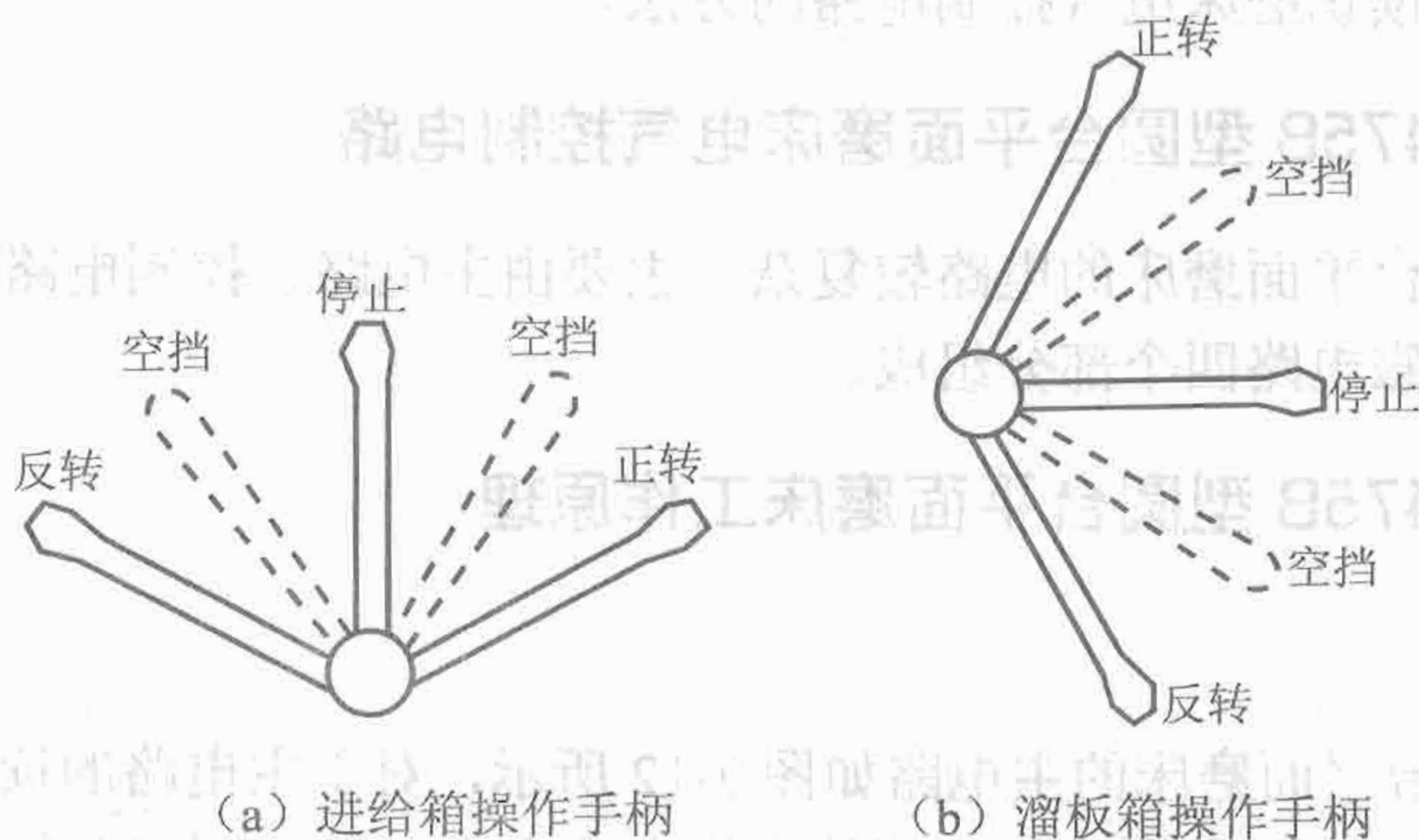


图 3-9 进给箱与溜板箱手柄位置示意图

手柄操作时，组合行程开关动作关系如下所述。

- 进给箱。进给箱手柄操作时，手柄所在的位置及电路的动作情况如下（相关电路如图 3-10 所示）。

手柄向右。SQ3（如图 3-7 与图 3-8）常开触点接通，KA1 继电器吸合并自保，电磁离合器 YC1（或 YC2）得电工作。

手柄在中间。SQ1 常闭触点断开，KA1（或 KA2）断电释放。

手柄向左。SQ5 常开触点接通，KA2 继电器线圈得电吸合并自保，电磁离合器 YC1（或 YC2）得电工作。

- 溜板箱。溜板箱手柄操作时，手柄所在位置及电路的动作情况如下（相关结构示意图如图 3-11 所示）。

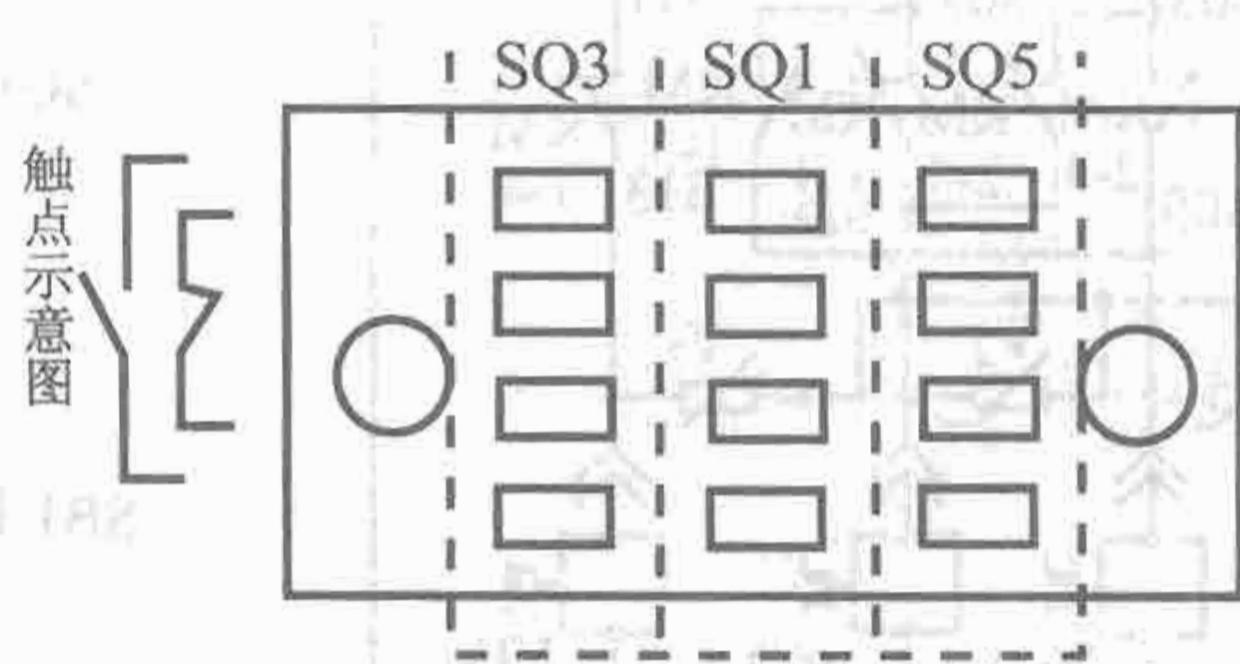


图 3-10 进给箱操作手柄组合行程开关示意图

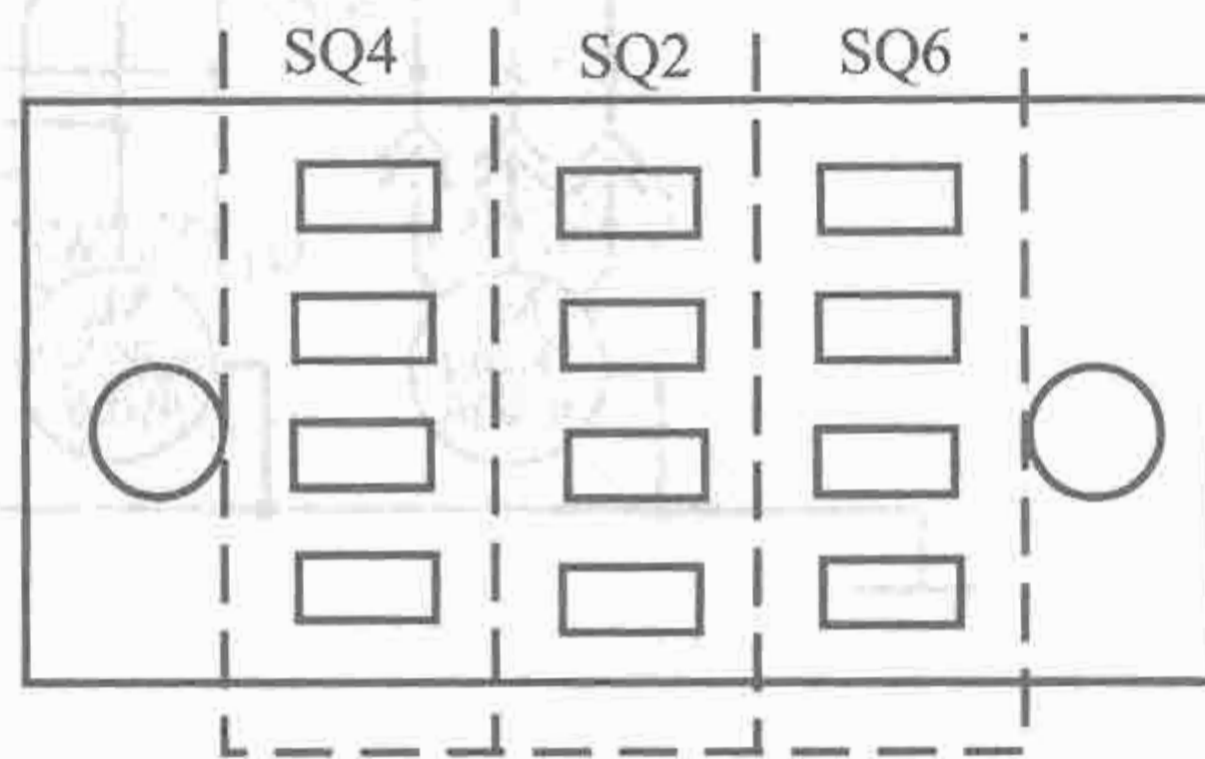


图 3-11 溜板箱操作手柄组合行程开关示意图

手柄向上。SQ4 常开触点接通，KA1 继电器线圈吸合并自保，电磁离合器 YC1（或 YC2）得电工作。

手柄在中间。SQ2 常闭触点断开，KA1（或 KA2）继电器断电释放。

手柄向下。SQ6 常开触点接通，KA2 继电器线圈吸合并自保，电磁离合器 YC1（或 YC2）得电工作。

3.4 读识磨床电气控制电路

M7475B 型圆台平面磨床是工厂企业使用的一种较广泛的磨加工机械设备。下面以该磨床为例，来介绍读识磨床电气控制电路的方法。

3.4.1 读识 M7475B 型圆台平面磨床电气控制电路

M7475B 型圆台平面磨床的电路较复杂，主要由主电路、控制电路、砂轮磨头电动机控制自动上磁与退磁电路四个部分组成。

3.4.2 读识 M7475B 型圆台平面磨床工作原理

1. 主电路

M7475B 型圆台平面磨床的主电路如图 3-12 所示，对于主电路的读识，可从左至右的顺序进行，对于电动机的供电情况，可从下往上推上去，逐一观察并思考：电动机是通过哪些控制元件获得电源的？与这些控制元件有关联的部件有哪些？

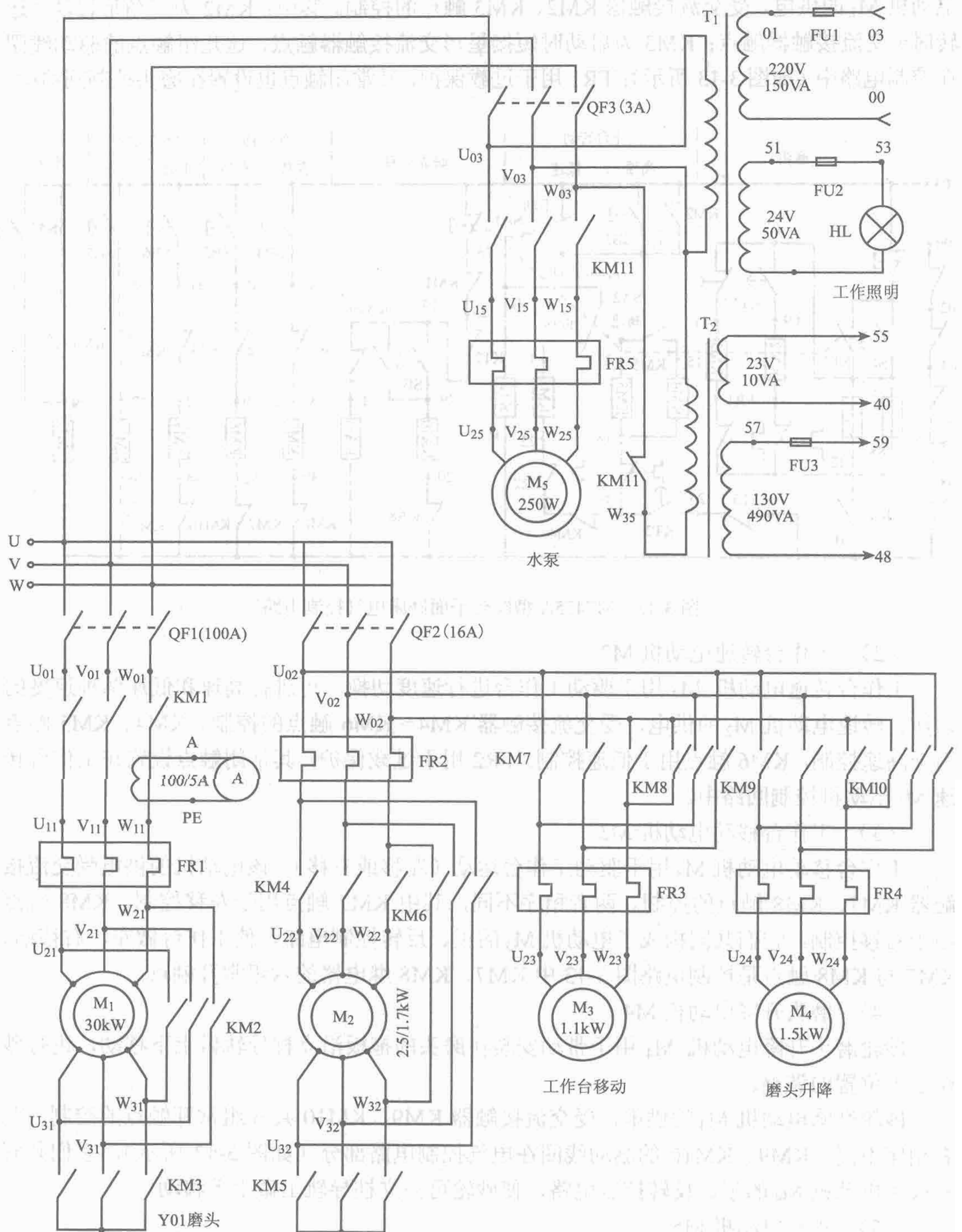


图 3-12 M7475B 型圆台平面磨床主电路

(1) 砂轮电动机 M1

砂轮电动机 M_1 用于驱动砂轮转动对工件进行磨削加工，是主要作用的电动机。砂轮

电动机 M_1 的供电，受交流接触器 KM_2 、 KM_3 触点的控制。其中： KM_2 为三角形接法（运转时）交流接触器触点； KM_3 为启动时短接星形交流接触器触点，这几组触点的驱动线圈在控制电路中（如图 3-13 所示）； FR_1 用于过载保护，其常闭触点也设置在磨头控制回路中。

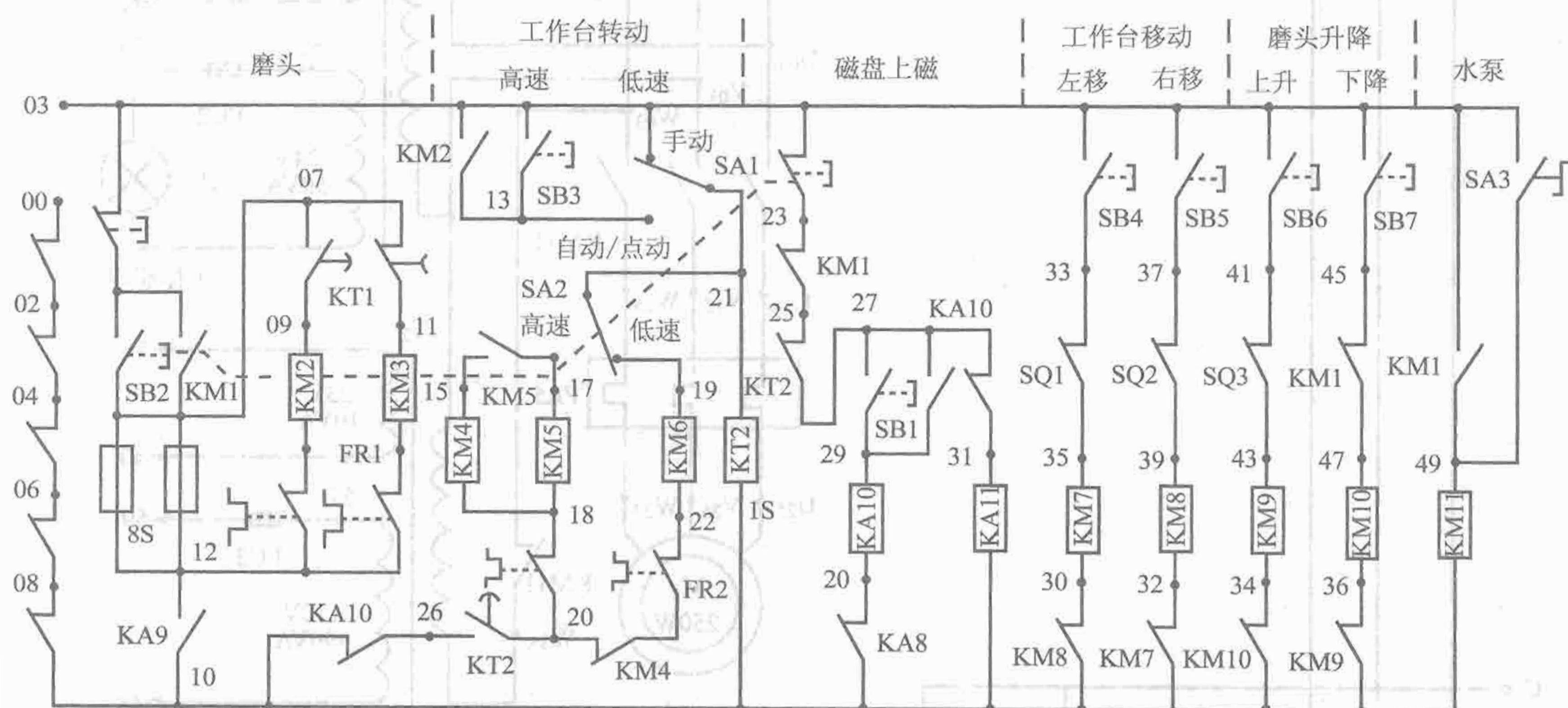


图 3-13 M7475A 型圆台平面磨床电气控制电路

(2) 工作台转速电动机 M_2

工作台转速电动机 M_2 用于驱动工作台进行速度切换，可进行高速和低速两种速度的切换。转速电动机 M_2 的供电，受交流接触器 $KM_4 \sim KM_6$ 触点的控制。 KM_4 、 KM_5 触点用于高速控制， KM_6 触点用于低速控制。 FR_2 用于过载保护，其常闭触点设置在工作台转速 M_2 电动机控制回路中。

(3) 工作台移动电动机 M_3

工作台移动电动机 M_3 用于驱动工作台运动（左移或右移）。该电动机的供电受交流接触器 KM_7 、 KM_8 触点的控制。两者相序不同，其中 KM_7 触点用于左移控制， KM_8 触点用于右移控制，它们共同构成了电动机 M_3 的正、反转控制电路，使工作台做左、右移动。 KM_7 与 KM_8 触点是控制电路图 3-13 中 KM_7 、 KM_8 继电器的六组常开触点。

(4) 磨头升降电动机 M_4

砂轮磨头升降电动机 M_4 用于带动安装在磨头的拖板沿立柱导轨做上下移动，进行砂轮上下位置的调整。

砂轮升降电动机 M_4 的供电，受交流接触器 KM_9 、 KM_{10} 共 6 组常开触点的控制，两者相序不同。 KM_9 、 KM_{10} 的驱动线圈在电气控制电路部分（如图 3-13 所示），它们共同构成了电动机 M_4 的正、反转控制电路，使砂轮可在立柱导轨上做上下移动。

(5) 水泵电动机 M_5

水泵电动机 M_5 又称为冷却泵电动机，用于提供冷却液。为砂轮和被磨削的工件提供冷却液，同时利用冷却液将磨下的铁屑冲走。

水泵电动机 M_5 的供电，受交流接触器 KM_{11} 三组常开触点的控制， KM_{11} 的驱动线圈在电气控制电路部分（如图 3-13 所示）。

2. 照明与控制电路的供电

照明与控制电路的供电由2只电源变压器 T_1 、 T_2 提供。其中： T_1 电源变压器的初级绕组与三相电源中的U、V相相连接，次级有二组交流电压输出，一组220V交流电压（即编号03、00两端输出的电压）作为电气控制电路（如图3-13所示）的工作电源。另一组24V交流电压用于点亮照明灯HL。

T_2 电源变压器的初级绕组与三相电源中的V、W相相连接，并且还受KA11常闭触点的控制。其次级也有二组交流电压输出，一组23V交流低压（即编号55与40两端输出的电压）作为上磁和磁盘电流检测电路（如图3-15所示）的工作电源；另一组130V交流电压用于磁盘驱动电路作工作电源（如图5-14所示）。

FU1~FU3是3只保护熔断器，当所保护的支路电流过大时，就会自动熔断，以保护 T_1 、 T_2 电源变压器不致过热损坏。

3. 电气控制电路

电气控制电路如图3-13所示。对控制电路的读识，可采用从上到下、从左到右的顺序进行，再配合用途区（最上层用虚线隔开的各部分说明）所提示的功能来看图。

（1）元器件作用

SB1~SB3分别为磨头停止、启动及工作台点动按钮开关；SB4~SB7分别为工作台左移、右移、磨头上升、下降按钮开关；SA1为工作台手动和自动/点动转换开关；SA2为工作台转速选择开关；SA3为冷却水泵手动开关；KT2为工作台点动或手动时的延时继电器（磁盘先上磁后转动）。SQ1~SQ3为限位开关，起保护作用；KM1~KM11为相应功能控制的交流接触器。

（2）磨头启动控制

当按下砂轮（磨头）启动按钮SB2以后，其常闭触点（即编号03与23之间的触点）断开后，使KA11继电器线圈断电释放，其主电路图（如图3-12所示）上的常闭触点（编号W03与W35之间的触点）复位后接通，电源变压器 T_2 得电工作，输出的两组交流电压提供给上磁和磁盘电流检测电路。使相应的电路得电工作后，KA9继电器常开触点闭合。

当按下SB2的同时，其常开触点（即编号05与07之间的触点）闭合后，由于KA9继电器常开触点的闭合，KM1与KM3交流接触器线圈同时得电吸合，使主电路（如图3-12所示）中砂轮电动机 M_1 呈星形连接进行启动。同时，当KM1线圈吸合后，其编号03与49间的一组常开触点闭合后，也使KM11交流接触线圈得电吸合，其三组常开触点闭合后就会使冷却水泵电动机 M_5 得电也同时工作。

当砂轮电动机 M_1 启动后，时间继电器KT1线圈得电使其常开、常闭触点接通和断开延时动作后，KM3交流接触器释放，KM2交流接触器线圈得电吸合，进而使砂轮电动机 M_1 以三角形接法进入运行状态。

（3）工作台转速控制

工作台转速控制电路由KM4~KM6、SA1、SA2等组成。工作台在点动或手动时，KT2先通电，其瞬时常闭触点（即编号25与27间的触点）断开，KA11断电接通上磁电路，一秒钟后，KT2延时常开触点（即编号20与26间的触点）接通后，接通了工作台控制电路的供电，工作台即可工作。

工作台的转速是通过 KM4~KM6 切换工作台转速电动机的不同连接方式来实现的，高速是通过 KM4、KM5 来切换的，低速是通过 KM6 来切换的。

(4) 工作台移动控制

工作台移动分为向左移动和向右移动两种工作方式。SB4 为向左移动按钮开关，用于控制交流接触器 KM7 线圈的供电，由 KM7 的三组常开触点控制工作台移动电动机 M₃ 运转驱动工作台向左移动。

SB5 为向右移动按钮开关，用于控制交流接触器 KM8 线圈的供电，由 KM8 的三组常开触点控制工作台移动电动机 M₃ 向另一方向运转驱动工作台向右移动。

(5) 砂轮升降控制

砂轮升降分为向上移动和向下移动两种工作方式。SB6 为向上移动按钮开关，用于控制交流接触器 KM9 线圈的供电，由 KM9 的三组常开触点控制砂轮向上升高。

SB7 为向下移动按钮开关，用于控制交流接触器 KM10 线圈的供电，由 KM10 的三组常开触点控制砂轮升降电动机 M₄ 向另一方向运转驱动砂轮向下降低。

(6) 冷却水泵电动机控制

冷却水泵电动机 M₅ 受 KM11 交流接触器的三组常开触点的控制，而 KM11 继电器线圈中的供电，受两条支路元件的控制。一路为手动控制方式，由 SA3 手动开关进行控制，当按下该开关后，KM11 线圈得电吸合后使冷却水泵电动机 M₅ 得电工作；另一路为自动控制，受 KM1 常开触点的控制与砂轮电动机 M₁ 同时工作。

4. 上磁和磁盘电流检测电路

上磁和磁盘电流检测电路间的连接方式如图 3-14 所示。PCB 板上安装的电路如图 3-15 所示，该电路中主要元器件的型号、要求如表 3-1 所列。

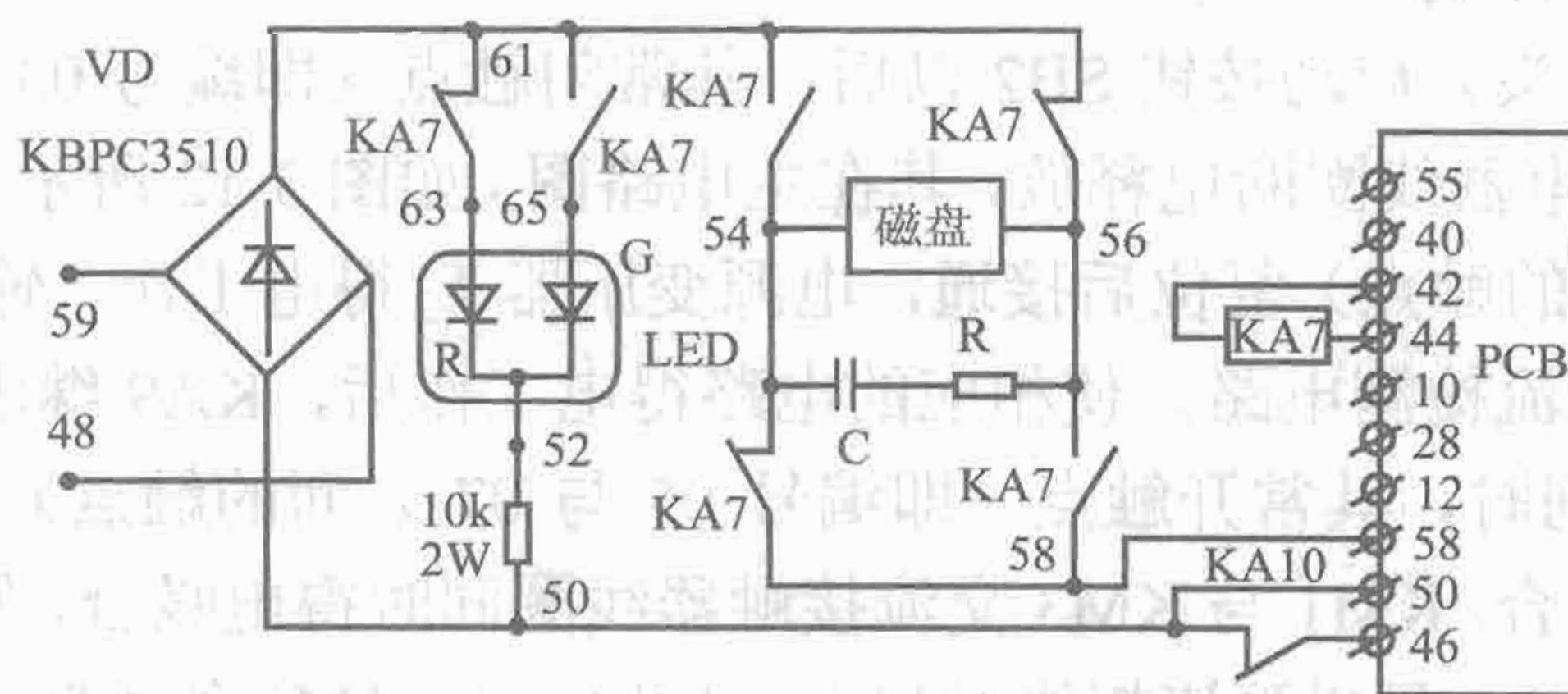


图 3-14 M7475A 圆台平面磨床上磁和磁盘电流检测间连接方式

表 3-1 磁盘电流检测电路主要元器件型号数据

编号	型号或数据要求	编号	型号或数据要求
IC3	μ PC358C、TL072	IC2	CA555、LM555、5G555
IC1	CC4017B、HCT4017	IC4	W7812、CW7812、AN7812
VS1~VS6	MCR100	VT7~VT10	S8050、C8050
KA1~KA6	选触点电流大于 10A 小型继电器	KA7	JQX38F (适当改动)
KA10、KA11	HH52 小型继电器	KM1、KM2	CJX1-63 交流接触器
KM3	CJX1-32	KM4~KM11	CJX1-9
KT1、KT2	JS14A (KT2 带有一组瞬时通断触点)	C ₈	CA 型钽电容器
R25~R31	RX21 型线绕电阻器	R20	用 2 只 8.2Ω/10W 线绕电阻器串联

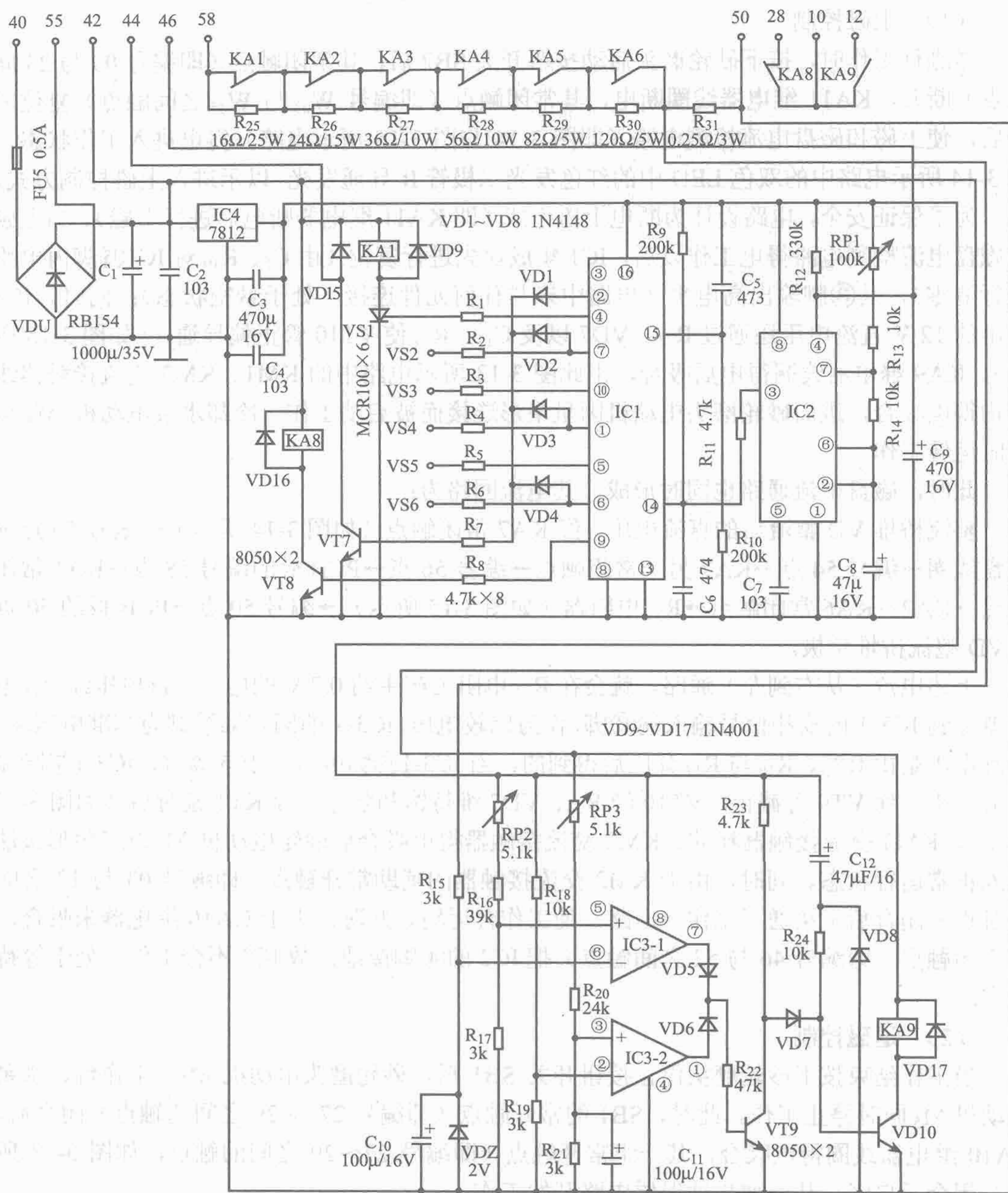


图 3-15 磁盘电流检测电路

在图 3-15 所示电路中，编号 40、55 是与主电路（如图 3-12 所示）中相应数字相连的引线，这 2 个数字与 42、44、46、58、50、28、10、12 数字编号是图 3-14 所示电路中 PCB 板上的编号。图 3-15 所示电路中 VS1~VS6 为六只单向晶闸管，分别用于控制 KA1~KA6 共六只继电器线圈的供电，这六只继电器与单向晶闸管的连接方式与 KA1 和 VS1 组成的电路连接方式完全一样，故电路中仅画出了 KA1 与 VS1 这一路，KA2 与 VS2、KA3 与 VS3、KA4 与 VS4、KA5 与 VS5、KA6 与 VS6 共 5 级同样的电路未画出。

(1) 上磁控制

当进行工作时,按下砂轮磨头启动按钮开关 SB2 后,其常闭触点(即编号 03 与 23 间触点)断开,KA11 继电器线圈断电,其常闭触点(即编号 W₀₃ 与 W₃₅ 之间触点)复位闭合后,使上磁和磁盘电流检测电路(即图 3-14 与图 3-15 所示电路)得电进入工作状态,图 3-14 所示电路中的双色 LED 中的红色发光二极管 R 导通发光。以示进入上磁控制方式。

为了保证安全,电路设计为断电上磁方式(即 KA11 继电器断电后进行上磁)。当上磁和磁盘电流检测电路得电工作以后,IC1 集成块先进行复位(由 C₅、R₁₀ 对 IC1⑮脚内电路进行清零),其③脚输出高电平(电路中未与任何元件连接,处于悬空状态);同时,IC4 输出的 12 V 直流电压还通过 R₂₃、VD7 以及 C₁₂、R₂₄ 使 VT10 管正偏导通,(如图 3-15 所示),KA9 继电器线圈得电后吸合,由此图 3-13 所示电路中的 KM1、KM3 交流接触器线圈均得电吸合,进而砂轮磨头电动机因呈星形连接而被启动工作,冷却水泵电动机 M₅ 也同时运转工作。

此时,磁盘电流通路也同时形成,其电流回路为:

整流桥堆 VD 整流后的直流电压,经 KA7 常闭触点(如图 3-14 所示)→编号 56 点→磁盘线圈→编号 54 点→KA7 另一常闭触点→编号 56 点→PCB 板的编号 58 点→KA1 常闭触点→KA2~KA6 常闭触点→R₃₁ 电阻器(如图 3-15 所示)→编号 50 点→PCB 板的 50 点→VD 整流桥堆负极。

上述电流(从右到左)通路,就会在 R₃₁ 电阻上产生约 0.7 V 的电压,该电压经 R₁₅ 电阻器加到 IC3-1 的反相信号输入端⑥脚,作为比较电压,IC3-1 的同相端⑤脚为基准电压端,基准电压是由 RP2、R₁₆ 与 R₁₇ 分压后得到的,当 IC3-1⑥脚电压大于⑤脚时,IC3-1⑦脚输出低电平,使 VT9 管截止,VT10 经 R₂₃、VD7 维持饱和状态,经 KT1 延时后(如图 3-13 所示),KM3 交流接触器释放、KM2 交流接触器得电吸合后砂轮电动机 M₁ 以三角形接法进入正常运行状态。同时,由于 KM2 交流接触器的辅助常开触点(即编号 03 与 13 之间的触点)闭合后又接通了工作台电路,使工作台运转。此时,由于 KA10 继电器未吸合,其常闭触点(即编号 46 与 52 之间触点)把 IC2 的④脚接地,故 IC2 不会工作,处于等待状态。

(2) 退磁控制

当工作结束按下砂轮磨头停止按钮开关 SB1 后,砂轮磨头电动机 M₁、工作台、水泵电动机 M₅ 同时停止工作。此时,SB1 的常开触点(即编号 27 与 29 之间的触点)闭合后,KA10 继电器线圈得电吸合,其一组常开触点(即编号 27~29 之间的触点,如图 3-13 所示)闭合后自锁,从而使自动退磁电路开始工作。

当 KA10 继电器线圈得电吸合后,IC2 的④脚与地线断开。这样,IC4 输出的 12 V 电压就会经 R₁₂ 电阻器对 C₉ 电容器进行充电,从而使 IC2④脚上的电压上升,当该电压升到 0.7 V 时,IC2 开始工作,这段充电时间用于确保退磁开始时工作台完全停止。

当 IC2 工作时,产生的第 1 个脉冲从 IC2③脚输出加到 IC1 的计数脉冲信号输入端⑭脚,从而使 IC1 的②脚输出变为高电平,③脚变为低电平,从而经 VD1、R₇ 加到 VT7 管基极,使 VT7 管导通,KA7 继电器线圈得电工作,其常开与常闭触点动作(即常开触点闭合,常闭触点断开),从而就形成了如下的电流通路:

整流桥堆 VD 输出的电压→经 KA7 常开已闭合的触点(即图 3-14 所示电路中编号 61

与 54 之间的触点) → 磁盘线圈 → KA7 常开已闭合的触点 (编号 56 与 58 之间的触点) → PCB 板的编号 58 点, 以后的路径与上磁时相同。

由于此时流过磁盘线圈的电流是从左到右的, 与上磁时反相, 故进入退磁工作方式。

与上述过程的同时, 由于编号 61 与 63 之间的 KA7 常闭触点断开, 故 LED 双色发光二极管中的红色指示灯熄灭, 而编号 61 与 65 之间的常开触点闭合后, 使双色 LED 中的绿色 (G) 发光二极管导通发出绿光, 以示退磁状态。

当 IC2③脚输出的第 2 个脉冲加到 IC1⑭脚后, IC1 的④脚输出端输出变为高电平, 单向晶闸管 VS1 被触发导通, KA1 继电器线圈得电吸合, 其常闭触点断开后, 使 R₂₅ 电阻器 (如图 3-15 所示) 串接到了上述的退磁电流回路中, 使磁盘电流下降三分之一。同时, KA7 继电器线圈断电释放, 磁盘进行退磁, 双色 LED 中的红灯导通点亮。

随后, 由 IC2 输出的脉冲信号使 IC1 的⑦脚、⑩脚、①脚、⑤脚、⑥脚依次输出的高电平, 使 VS2~VS6 单相晶闸管 (图 3-15 所示电路中未画出) 依次导通, KA2~KA6 继电器线圈依次得电吸合, 从而使 R₂₆~R₃₀ 电阻器也相继串入磁盘电流通路, 同时 KA7 继电器的常开、常闭触点也交替切换。如此循环, 直到 KA8 继电器线圈得电吸合后, 退磁工作才结束。

(3) 磁盘电流检测保护电路 (欠压或失磁保护)

IC3-1 及其外围的有关元件共同构成了磁盘电流检测电路。磁盘的工作电流在 R₃₁ 电阻器上的压降约为 0.7 V, 该电压经 R₁₅ 加到 IC3-1⑥脚, ⑤脚上的基准电压由 RP2、R₁₆ 与 R₁₇ 分压获得, 由 RP2 进行调节。调整 RP2 使 IC3-1⑦脚输出为低电平即可。一旦磁盘电流变小, 使 IC3-1⑤脚电压大于⑥脚时, IC3-1⑦脚输出的高电平就会经 VD5 加到 VT9 的基极, 使 VT9 饱和导通, 等效于将 VD7 二极管正极接地 (如图 3-15 所示), VT10 管因此而截止, KA9 继电器线圈断电处于释放状态, 砂轮磨头与工作台均停止工作, 从而实现了保护的目。

(4) 过压保护电路

IC3-2 及其外围的有关元件共同构成了过压保护电路, 如图 3-15 所示。IC3-2 的反相信号输入端②脚为基准电压输入端, 基准电压是由 IC4 输出的 12 V 稳定电压经 R₁₈ 与 R₁₉ 分压后得到的, IC3-2 的同相信号输入端③脚为比较电压输入端, 比较电压来自整流桥堆 VDU 整流、C₁ 电容器滤波后的电压, 该电压经 RP3、R₂₀ 与 R₂₁ 分压后得到的。调整 RP3 的电阻值, 可改变加到 IC3-2③脚上比较电压的高低, 进而可改变保护电路的启控点。通常在电源电压 (380 V 交流市电) 时, 调整 RP3 的值使 IC3-2①脚输出低电平即可 (或用调压器将 T₂ 电源变压器初级电压调为 418 V 左右, 调整 RP3 使 IC3-2 的①脚输出为高电平, 使 VT9 管导通即可)。

这样, 一旦交流电源电压升高时, VDU 整流桥输出的直流电压也会相应上升, IC3-2 ③脚上的比较电压也将升高, 当③脚上的电压大于②脚时, IC3-2①脚输出就会变为高电平, 该信号使 VD6 二极管正偏导通后, 进而又使 VT9 管正偏也导通, VT10 则截止, KA9 继电器线圈断电后释放, 使砂轮磨头与工作台同时停止工作, 从而实现了过压保护的目。

提示:

IC2 及其外围的有关元件组成的振荡器, 其振荡周期约为 1s 左右, 可通过调整 RP1 的

电阻值来实现。

C_{10} 、 C_{11} 电容器在电路中起延时作用，故在调整 $RP2$ 、 $RP3$ 的电阻值时应缓慢进行，以保证调整的有效性。

3.5 读识万能铣床控制电路

图 3-16 所示是 X62W 型万能铣床控制电路图，是工厂企业使用的一种较广泛的铣加工机械设备。

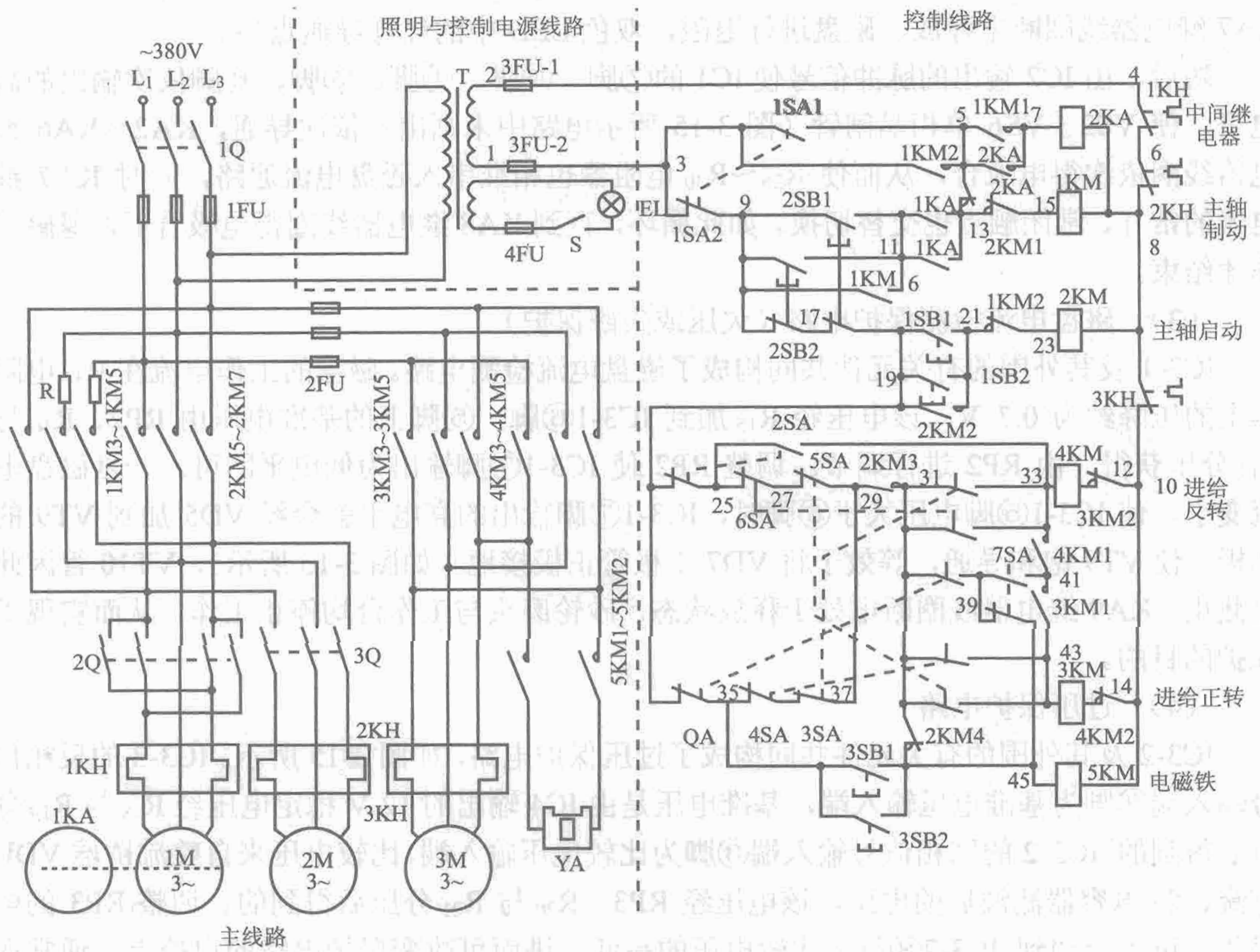


图 3-16 X62W 型万能铣床控制电路

图 3-16 所示电路中所用电器元件的代号、名称及型号如表 3-2 所列。

表 3-2 X62W 型万能铣床控制线路图电器元件的代号、名称及型号

代 号	名 称	型 号
1Q	总电源开关	HZ1-60/3
2Q	主轴正、反转开关	HZ3-131 倒顺
3Q	冷却泵开关	HZ1-10/3
1FU	熔断器	RL1-60/40
2FU	熔断器	RL1-15/10

(续表)

代 号	名 称	型 号
3FU	熔断器	RL1-15/4
4FU	熔断器	RL1-15/2
R	电阻器(反接制动用)	1A 0.45Ω
1KH	主轴电动机热继电器	JR10-10 35A
2KH	冷却泵电动机热继电器	JR10-10 0.45A
3KH	进给电动机热继电器	JR2-1 14.2~14.8A
1KM	主轴制动接触器	CJO-40
2KM	主轴启动接触器	CJO-40
3KM	进给正转接触器	CJO-20
4KM	进给反转接触器	CJO-20
5KM	电磁铁接触器	JZ7-44 127V
YA	牵引电磁铁	380V 150N
1M	主轴电动机	JOE-52/4
2M	冷却泵电动机	JCB-22
3M	进给电动机	JOE-41-4
T	变压器	BK-150 380/127/36V
QA	转换开关	HZ1-10/2 二极 10A
1SB	主轴启动按钮	LA2
2SB	主轴停止、反接按钮	LA2
3SB	进给快速按钮	LA2
1SA	主轴点动开关	LX-11K
2SA	工作台点动开关	LX-11K
3SA	工作台向右移动	LX3-11H
4SA	工作台向左移动	LX3-11H
5SA	工作台上升(或向前)移动	LX2-111
6SA	工作台下降(或向后)移动	LX2-111
1KA	速度继电器	PKC
S、EU	照明灯具	JC6-1
2KA	中间继电器	JZ7-44

3.5.1 读识 X62W 型万能铣床电气控制电路

图 3-16 所示电路主要是由主电路、控制电路、照明, 以及与控制电源电路构成的。

3.5.2 读识 X62W 型万能铣床工作原理

1. 主轴控制

主轴控制可分为启动控制、制动控制与限位控制三个方面来进行分析说明。

(1) 启动控制

1M 为主轴电动机, 2Q 为正、反转开关。当启动主轴电动机之前, 应先将 2Q 开关扳到主轴所需的旋转方向(左转或右转)位置, 然后按下 1SB1 或 1SB2, 交流接触器 2KM 线圈将得电吸合, 其 2KM2 常开触点闭合后自锁, 2KM5~2KM7 三组常开主触点闭合后, 1M 电动机就会得电工作, 按 2Q 设定的方向进行运转。

(2) 制动控制

由于机械性能的要求,当主轴停转时,需要主轴电动机迅速停止,所以在主轴系统中设置了主轴制动装置,是利用速度继电器来进行制动的。

(3) 限位控制

为了使主轴变速时齿轮易于啮合,在机械变速手柄上设置了主轴冲动用的限位开关1SA。当拉出变速手柄时,3、5点之间的触点1SA1闭合,1KM交流接触器线圈得电吸合,其1KM3~1KM5常开触点闭合,主轴电动机1M向着与工作时运转的相反方向冲动。

2. 工作台与台面的运行控制

工作台与台面的运行是由进给电动机3M做正、反向运转来实现的。这部分控制电路的工作受29、31点之间的2KM3常开触点的联锁,且是在主轴电动机1M工作以后才工作的。

(1) 工作台上升控制

将机械操作手柄扳到“上面”位置时(此手柄能进行上、下、前后四个方向的动作,并在同一操纵杆上的不同两点上装有两套手柄,以便进行两处的操作),机械杠杆将31、43点之间限位开关常开触点5SA闭合,使交流接触器3KM线圈得电吸合。其控制电路的电流通路为:

电源变压器T次级绕组2端输出的电压→3FU-1熔断器→4点→1KH热保护继电器闭合触点→6点→2KH热保护继电器闭合的触点→8点→3KH热保护继电器闭合的触点→10点→4KM2常闭触点→14点→3KM交流接触器线圈→43点→5SA常开已闭合后的触点→31点→2KM3常开已闭合的触点→29点→37点→3SA常闭触点→4SA常闭触点→35点→QA闭合的触点→19点→2SB1闭合的触点→17点→2SB2常闭触点→9点→1SA2常闭触点→3点→3FU-2熔断器→电源变压器T的1端。

上述电流通路使3KM吸合,其3KM3~3KM5三组常开触点闭合,进给电动机3M工作,带动工作台向上运转,待行至需要的位置时,只须将操作手柄扳回中间位置,使43、31点之间的5SA常开触点断开,于是3KM交流接触器线圈就会断电释放,3KM3~3KM5常开触点断开,3M电动机断电停转,工作台随之也停止运动。

(2) 工作台下控制

将操作手柄扳到“下面”的位置时,机械杠杆将31、33点之间的限位开关6SA常开触点闭合,从而就形成了以下的电流通路:

电源变压器T次级绕组2端→3FU-1→4点→1KH→6点→2KH→8点→3KH→10点→3KM2常闭触点→交流接触器4KM线圈→33点→6SA常开已闭合的触点→2KM3常开已闭合的触点→29点→37点→3SA→4SA→35点→QA→19点→2SB1闭合的触点→17点→2SB2常闭触点→9点→1SA2常闭触点→3点→3FU-2→T的1端。

上述电流通路使4KM交流接触器线圈得电吸合,其4KM3~4KM5三组常开触点闭合,使3M电动机得电工作,其运转方向与上升时相反,工作台就会向下移动。当将手柄扳到中间位置时,工作台就会停止下降。

(3) 台面向左移动控制

将位于台面前侧中央的操作手柄扳到“左面”的位置时,31、43点之间的限位开关4SA

常开触点闭合，从而就形成了如下的电流通路：

电源变压器 T 次级绕组的 2 端→3FU-1 熔断器→4 点→1KH→6 点→2KH→8 点→3KH→10 点→4KM2 常闭触点→交流接触器 3KM 线圈→43 点→4SA 常开已闭合的触点→31 点→2KM3 常开已闭合的触点→29 点→5SA 常闭触点→27 点→6SA 闭合的触点→25 点→2SA 常闭触点→19 点→2SB1 闭合的触点→17 点→2SB2 闭合的触点→9 点→1SA2 闭合的触点→3 点→3FU-2 熔断器→变压器次级 1 端。

上述电流通路使 3KM 交流接触器得电吸合，其 3KM3~3KM5 三组常开触点闭合后，使 3M 电动机得电工作，台面立即向左边移动。当将手柄扳到中间位置时，台面随即停止运行。

(4) 台面向右移动控制

将位于台面前侧中央的操作手柄扳到“右面”的位置时，31、33 点之间的限位开关 3SA 的常开触点闭合，从而就形成了以下的电流通路：

电源变压器 T 次级绕组的 2 端→3FU-1→4 点→1KH→6 点→2KH→8 点→3KH→10 点→3KM2 常闭触点→交流接触器 4KM 线圈→33 点→3SA 常开已闭合的触点→31 点→2KM3 常开已闭合的触点→29 点→5SA 常闭触点→27 点→6SA→25 点→2SA→19 点→2SB1→17 点→2SB2→9 点→1SA2→3 点→3FU-2→T 的 1 端。

上述电流通路使交流接触器 4KM 线圈得电吸合，其 4KM3~4KM5 三组常开触点闭合后，3M 电动机工作，其运转方向与向左时相反，工作台就向右方移动。当将手柄扳回中间位置时，台面立即停止移动。

(5) 冲动控制

进给机构在变速时也需冲动一下，当拉出变速手柄时，25、33 点之间的 2SA 限位开关常开触点闭合，进而就形成了以下的电流通路：

电源变压器 T 次级绕组的 2 端→3FU-1→4 点→1KH→6 点→2KH→8 点→3KH→10 点→3KM2 常闭触点→12 点→交流接触器 4KM 线圈→33 点→2SA 常开已闭合的触点→25 点→6SA 常闭触点→27 点→5SA 常闭触点→29 点→37 点→3SA 常闭触点→4SA 常闭触点→35 点→QA→19 点→2SB1 常闭触点→17 点→2SB2→9 点→1SA2 常闭触点→3 点→3FU-2→T 变压器次级 1 端。

上述电流通路使 4KM 交流接触器线圈得电吸合，其 4KM3~4KM5 三组常开触点闭合，使进给电动机 3M 进行冲动运转。

必须注意的是：在变速时，要将手柄迅速推回以打开 25、33 点之间的 2SA 开关，以使电动机在尚未达到较高转速时，4KM 交流接触器线圈断电释放，电动机停止运转。否则，手柄拉出时间过长，电动机转速升高就会使变速部分损坏。

3. 快速运行控制

铣床的常速进给是指电动机通过变速箱，按照预选好的转速带动工作台，或使台面向规定的方向移动。

铣床的快速运行：不受变速箱的限制，始终以一种速度（快速）工作，其方向与常规相同。

在如图 3-16 所示控制电路中，当用手动控制时，只须按下按钮 3SB1 或 3SB2 开关后，

就形成了如下的电流通路：

T 的 2 端→3FU-1→4 点→1KH→6 点→2KH→8 点→3KH→10 点→交流接触器 5KM 线圈→45 点→3SB1 或 3SB2 闭合的触点→35 点→QA→19 点→2SB1→17 点→2SB2→9 点→1SA2→3 点→3FU-2→T 的 1 端。

上述电流通路使交流接触器 5KM 线圈得电吸合，其 5KM1 与 5KM2 常开触点闭合后，使牵引电磁铁 YA 线圈得电吸合，将机械结构拉到快速位置。

当松开 3SB1 或 3SB2 按钮开关后，交流接触器 5KM 线圈断电释放，5KM1、5KM2 常开触点断开，牵引电磁铁 YA 释放，台面就由快速运行转变为常规速度运行。

总之，当进给电动机 3M 运转时，只要使牵引电磁铁 YA 线圈得电吸合，台面就进入快速运行状态。

4. 台面运行的自动控制

台面运行的自动控制是由台面前侧上的 1 号至 5 号撞块、操作手柄支点处八齿爪轮分别推动限位开关 4SA、3SA，以及 7SA 来实现的。其中，1 号至 5 号撞块的结构如图 3-17 所示。

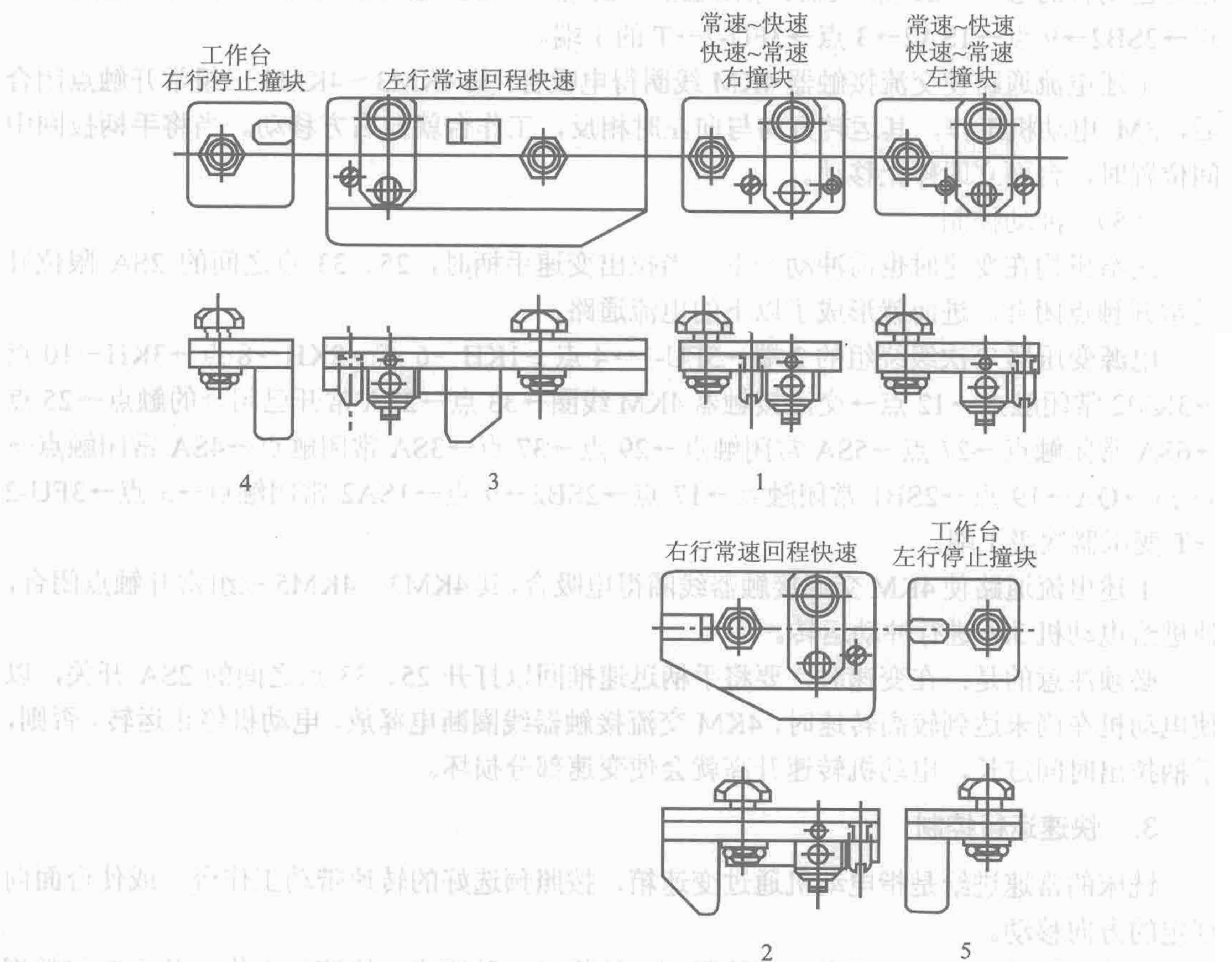


图 3-17 1 号至 5 号自动控制用撞块的结构示意图

识图(1) 单向自动控制

单向自动控制是按以下顺序进行的:

快速运行→常速进给→快速运行→停止

- 根据运行方向及行程距离的要求装好撞块,如向右进给,则可将1号左撞块、1号右撞块和4号或5号撞块(与进给方向有关)均安装在操作手柄左面(向右进给则都装在右面,为了保证工作台不超越最大行程,一般4号及5号撞块是不允许拆下的,这里仅指调整其位置而言)。
- 将QA转换开关扳到自动的位置上,一方面使35、19点之间的QA常闭转换触点断开,另一方面使31、39点之间的QA常开转换触点闭合,形成的电流通路:T变压器的2端→3FU-1→4点→1KH→6点→2KH→8点→3KH→10点→交流接触器5KM线圈→45点→7SA闭合的触点→39点→QA常开已闭合的触点→31点→2KM3常开已闭合的触点→5SA常闭触点→27点→6SA常闭触点→25点→2SA常闭触点→19点→2SB1常闭触点→17点→2SB2常闭触点→9点→1SA2常闭触点→3点→3FU-2→变压器T的1端。

上述电流通路使快速交流接触器5KM线圈得电吸合,其5KM1、5KM2常开触点闭合后,牵引电磁铁线圈得电跟着吸合(主轴运转状态)。

此时,如将中央手柄扳到“右面”,带动31、33点之间的限位开关3SA常开触点闭合,使交流接触器4KM线圈得电吸合,但由于快速行程机构已被牵引电磁铁的吸合拉到快速位置,故台面是以快速进给的速度向右移动的。

当台面移到第一块1号撞块,将八齿爪轮撞过一个角度时,45、39点之间的7SA限位开关的常闭触点断开,交流接触器5KM线圈断电释放,5KM1、5KM2常开触点断开,使牵引电磁铁YA线圈断电释放,台面由快速进给转变为常速进给。

当台面转为常速进给且移到第二块1号撞块时,又将八齿爪轮撞过一个角度,使45、39点之间的限位开关7SA又闭合,使5KM交流接触器线圈又得电吸合,牵引电磁铁YA又得电吸合,台面又以快速进给方式向右运行,直到4号(或5号)撞块将操作手柄撞到中间位置时,台面就会自动停止。

(2) 自动往复控制

自动往复控制是按以下顺序进行控制的:

快速运行→常速进给→快速回程→停止

以向右进给自动往复控制的方式为例,其工作过程如下:

- 将1号右撞块和3号撞块装在操作手柄的左方,4号撞块装在操作手柄的右方(如果是向左进给自动往复控制方式,则应将1号左撞块和2号撞块装在操作手柄的右方,5号撞块装在手柄左方)。
- 扳动手柄向右,台面就会进入快速运行→常速进给方式,这一工作过程与单向自动控制时相同,这里不再重述。当进给至预定的行程时,3号撞块就会将位于台面前方偏右部分的闭锁桩压下,使离合器不受手柄位置的影响。因此,当台面运行到3号撞块将操作手柄撞到中间位置时,台面继续向右,3号撞块的后半部分又将手柄撞到向左的位置,此时台面仍维持向右移动。

在上述这一过程中,由于39、41点之间的7SA常开触点闭合,虽然31、33点之间的

3SA 常开触点断开，但交流接触器 4KM 线圈仍不释放，故 14、10 点之间的 4KM2 常闭触点仍处于断开状态，所以 31、43 点之间的 4SA 虽闭合，但交流接触器 3KM 线圈仍不会得电吸合，台面一直向右移动。

- 随着台面向右移动，当 3 号撞块的另一端将八齿爪轮撞过一个角度，使 39、41 点之间的 7SA 触点断开时，交流接触器 4KM 线圈就会断电释放。由于操作手柄早已位于向左位置而且已将 31、43 点之间的 4SA 常开触点闭合，只待 14、10 点之间的常闭触点 4KM2 闭合，43、14 点之间的 3KM 交流接触器线圈得电吸合，使台面向左移动；又由于 39、45 点之间的 7SA 常闭触点的复位闭合，所以台面是快速向左移动（快速回程）的，最后由 4 号撞块将手柄撞到中间而自动停止。

(3) 自动往复循环控制

自动往复循环控制是按以下顺序进行控制的：

快速向右→常速进给向右→快速向左→常速进给向左，继而快速向右，循环工作。

以向右为起点的自动往复循环控制方式为例，其工作过程如下：

- 将 1 号右撞块与 3 号撞块装在操作手柄的左方，而 1 号左撞块及 2 号撞块装在手柄的右方，然后将手柄扳至向右位置，台面就会自动进入往复循环方式。
- 自动往复循环的过程与自动往复的过程相同，仅是两个方向均需要换向，读者可自行分析。

表 3-3、3-5 中列出了工作台的进给位置、前后上下限位位置及 QA 转换开关位置。

表 3-3 工作台进给位置

触点代号	左	停	右
4SA1	-	-	×
4SA2	×	×	-
3SA1	×	-	-
3SA2	-	×	×

表 3-4 前后上下限位位置

触点代号	前向上	停	后向下
6SA1	-	-	×
6SA2	×	×	-
5SA1	×	-	-
5SA2	-	×	×

表 3-5 转换开关 QA 位置

触点	手 动	自 动
1	-	×
2	×	-

3.6 读识卧式镗床控制电路

图 3-18 所示是 T68 型卧式镗床控制电路图，是工厂应用较广泛的一种镗加工机械。

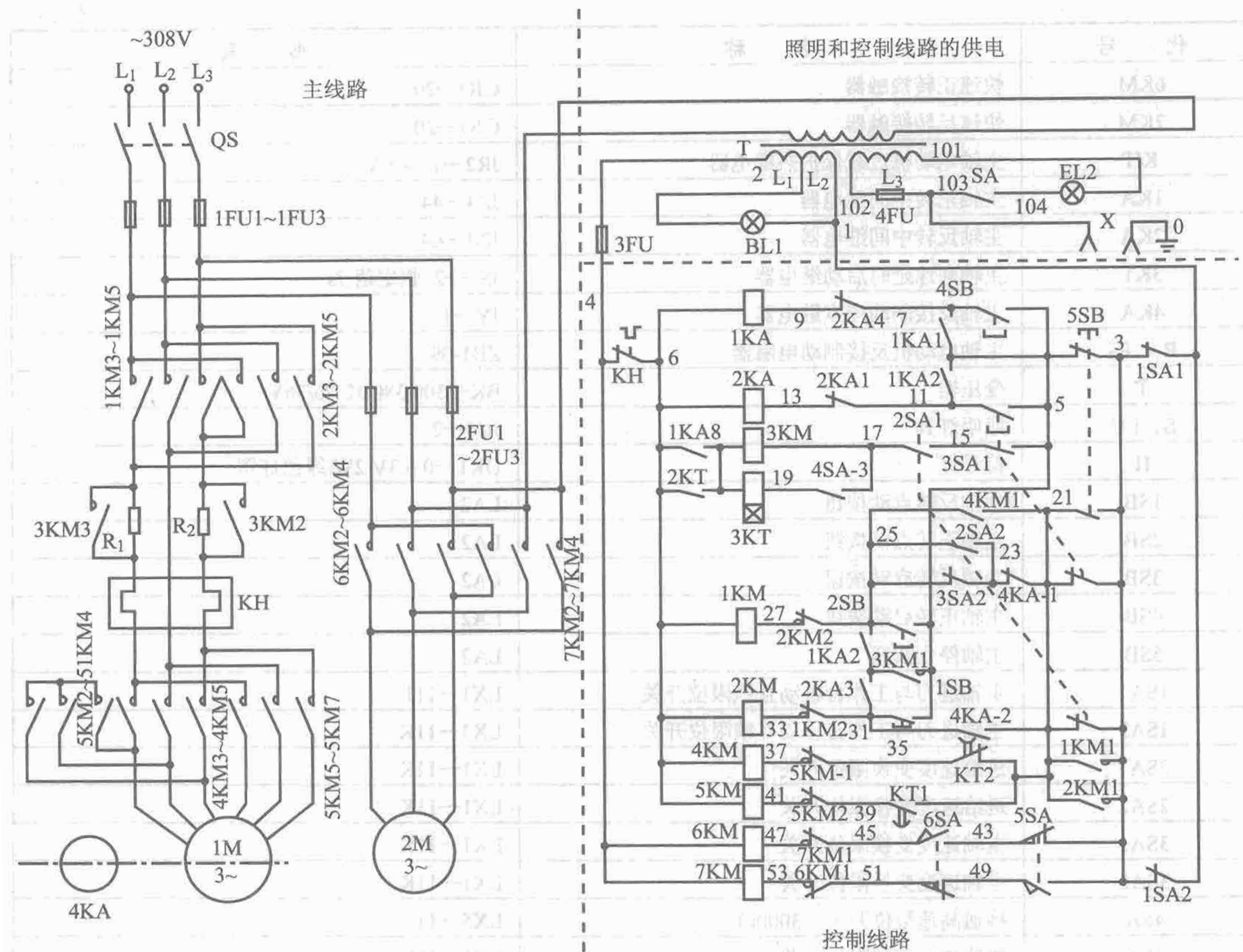


图 3-18 T68 型卧式镗床控制电路

3.6.1 读识 T68 型卧式镗床电气控制电路指导

图 3-18 所示电路中各元件代号、名称及型号如表 3-6 所列。

表 3-6 T68 卧式镗床控制电路图各元件代号、名称及型号

代号	名称	型号
1M	主轴旋转进给多速电动机	JDO252-4/25.2/7kW 1500/3000 r/min
2M	快速移动电动机	J42-42.8kW220/380V, 1500 r/min
Q	电源组合开关	HZ2-60/3
1FU	主回路熔断器	RL1-60 40A
2FU	快速回路熔断器	RL1-15 15A
3FU	控制回路熔断器	RL1-15 2A
4FU	照明电路熔断器	RL1-15 2A
1KM	主轴正转接触器	CJO-40
2KM	主轴反转接触器	CJO-40
3KM	主轴制动接触器	CJO-20
4KM	主轴电动机接触器 (150 r/min)	CJO-20
5KM	主轴电动机接触器 (3000 r/min)	CJO-40

(续表)

代 号	名 称	型 号
6KM	快速正转接触器	CJO—20
7KM	快速反转接触器	CJO—20
KH	主轴电动机过载保护热继电器	JR2—1 14.5A
1KA	主轴正转中间继电器	JZ4—44
2KA	主轴反转中间继电器	JZ4—44
3KT	主轴高速延时启动继电器	JS7—2 整定值 7s
4KA	主轴反接制动速度继电器	JY—1
R ₁ 、R ₂	主轴电动机反接制动电阻器	ZB1-09
T	变压器	BK—300 380/127/6/36V
S、EU	照明灯具	JC6—2
H	信号灯	DK1—0 6.3V 2W 绿色灯罩
1SB	主轴反转点动按钮	LA2
2SB	主轴正转点动按钮	LA2
3SB	主轴反转启动按钮	LA2
4SB	主轴正转启动按钮	LA2
5SB	主轴停止按钮	LA2
1SA1	主轴进刀与工作台移动互锁限位开关	LX1—11J
1SA2	主轴进刀与工作台移动互锁限位开关	LX3—11K
2SA1	进给速度变换限位开关	LX1—11K
2SA2	进给速度变换限位开关	LX1—11K
3SA1	主轴速度变换限位开关	LX1—11K
3SA2	主轴速度变换限位开关	LX1—11K
4SA	接通高速限位开关 (3000r)	LX5—11
5SA	快速移动正转限位开关	LX3—11K
6SA	快速移动反转限位开关	LX3—11K
X	工作台照明插座	BT-E 10

图 3-18 所示电路主要由主电路、控制电路、照明和控制电路的供电三部分构成。其传动机构分为主轴旋转、进给与快速移动两个部分。它们分别由三相交流电动机 1M、2M 带动。电气装置中的限位开关都与机械系统有着密切的关联。

3.6.2 读识 T68 型卧式镗床工作原理

1. 主轴旋转和进给控制

所谓进给与快速移动是指主轴、主轴箱及工作台纵横向的进给与快速移动。主轴旋转、进给的控制与多种环节均有联系。其中：

- 交流接触器 1KM 和 2KM 用于控制主轴电动机 1M 的点动和正反转。
- 交流接触器 4KM 和 5KM 及时间继电器 3KT 用于控制主轴电动机 1M 的 1500 r/min 或者 3000 r/min 变速运转。
- 继电器 1KA 和 2KA 用于控制主轴电动机 1M 的启动与停止。
- 交流接触器 3KM 用来短接制动电阻器 R₁ 与 R₂。

主轴和进给的变速是如图 3-18 所示电路图控制的主要部分。

交流(1) 主轴的变速控制

主轴的变速是采用变速操纵盘来进行调节的。当需要变换速度时,只要拉出变速的手柄即可。此时,5、15点之间的开关触点3SA1断开,交流接触器3KM线圈断电释放。随着交流接触器1KM线圈的断电释放,31、21点之间的速度继电器4KA的常开触点4KA-2由于主轴电动机1M的惯性而闭合,交流接触器2KM线圈得电吸合。其电流流程通路为:

1. 电源变压器T次级绕组的2端→3FU熔断器→4点→KH热保护继电器常闭触点→6点→交流接触器2KM线圈→33点→1KM2常闭触点→31点→4KA-2速度继电器常开已闭合的触点→21点→3SA1常闭触点→3点→1SA1常闭触点→1点。

主轴电动机1M是通过电阻器 R_1 与 R_2 进行反接制动的。当电动机转速下降到120 r/min以下时,31、21点之间的4KA-2常开触点复位断开。23、21点之间的4KA-1常闭触点复位后闭合,其目的是在齿轮啮合不良时,为主轴电动机1M的低速运转做好前提准备。

当进行变速时,若齿轮被卡住,手柄推合不上,则23、25点之间的开关触点3SA2处于闭合位置,由此就形成了以下的电流通路:

电源变压器T次级线圈的2端→3FU→4点→KH→6点→交流接触器1KM线圈→27点→2KM2常闭触点→25点→3SA2常闭触点→23点→4KA-1常闭触点→21点→3SA1闭合的触点→3点→1SA1闭合的触点→1点。

上述电流通路使交流接触器1KM线圈得电吸合,于是主轴电动机1M进行冲动运转。当速度达到120 r/min以上时,23、21点之间的4KA-1常闭触点断开,使交流接触器1KM线圈断电释放,其1KM3~1KM5三组常开触点断开,使电动机的电源被断开而停止工作。

当电动机断开进入惯性运转后,一旦其速度降低到120 r/min以下时,23、21点之间的常闭触点4KA-1又闭合,交流接触器1KM线圈又得电吸合,主轴电动机1M再次冲动运转,重复上述动作,直到齿轮顺利地啮合后,手柄才可以顺利推合上。

上述动作的目的是为了在变速时,主轴电动机1M能在120 r/min左右缓慢运转,以利于使齿轮顺利地啮合。

当齿轮啮合正常推上手柄以后,3SA1常开触点闭合。交流接触器3KM、1KM及4KM(或5KM)线圈得电吸合,使1M电动机得电工作,主轴按照选定的速度正转。当需要1M主轴电动机进入3000 r/min工作时,只要通过手柄将17、19点之间的4SA-3常开触点闭合,使3KT时间继电器线圈得电吸合,主轴电动机1M就会从1500 r/min而逐渐进入3000 r/min运行状态。

当1M主轴电动机在反转的情况下运转时,若需要进行变速,则只要将变速手柄拉出即可。其工作过程与上基本相同。

(2) 进给的变速控制

进给变速与主轴变速工作过程类型,只要推上进给变速手柄,压下2SA1和2SA2即可。读者可自行分析。

2. 快速移动控制

快速移动是通过2M电动机的正、反转来实现的,是通过交流接触器6KM、7KM线圈及其相应的触点来控制2M来达到快速移动的目的。

3. 指示灯及照明控制

电源变压器T有三组次级绕组,其中, L_1 与 L_2 绕组串联后为控制电路供电; L_2 绕组

还为指示灯 EL1 供电，只要合上电源开关 QS 后，EL1 就会点亮；L₃ 为照明灯 EL2 提供交流供电，当合上 SA 后，EL2 才会点亮；X 为工作台照明灯插座，供其他用途。

3.7 读识滚齿机控制电路

图 3-19 所示是 Y3150 型滚齿机控制电路图，是工厂企业应用较广泛的一种滚齿加工设备。

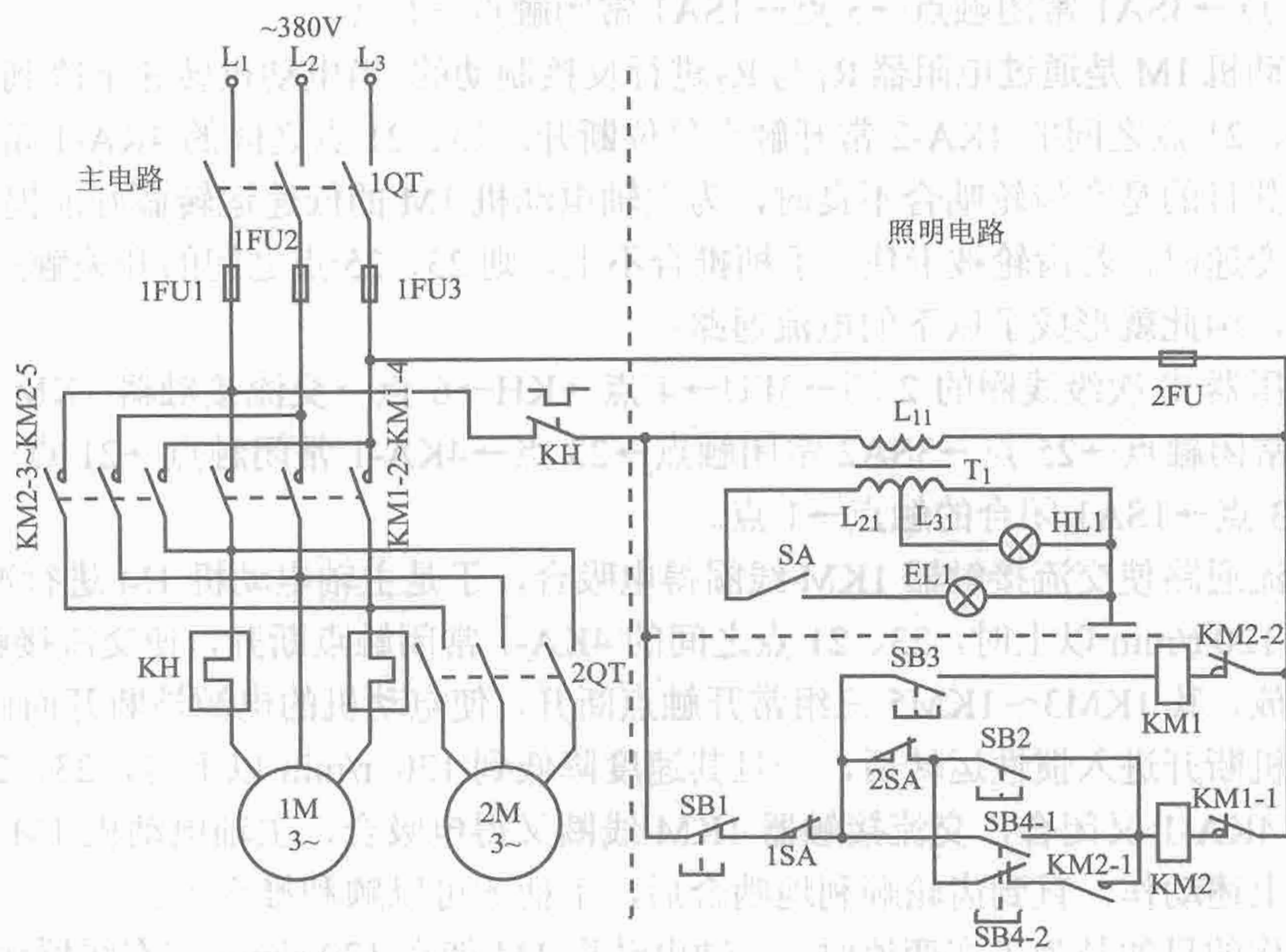


图 3-19 Y3150 型滚齿机控制电路

3.7.1 读识 Y3150 型滚齿机电控电路

图 3-19 所示由主电路、控制电路及照明电路等部分组成，电路中各元件代号、名称及型号如表 3-7 所示。

表 3-7 Y3150 滚齿机控制线路电器元件的代号、名称及型号

代 号	名 称	型 号	代 号	名 称	型 号
1QT	总电源开关	HZ1—25/3	KM1	交流接触器	CJO—10
2QT	冷却泵开关	HZ1—10/3	KM2	交流接触器	CJO—10
SA	照明灯开关	—	KH	热继电器	JR2—1
1FU	熔断器	RL1—60/20	1SA	极限开关	LX5—11
2FU	熔断器	RL1—15/15	2SA	终点开关	LX5—11
T ₁	变压器	BK—50 380/36/6.3V	HL1	指示灯	—
SB1	停止按钮	LA2	EL1	工作照明灯	JC2
SB2	启动按钮	LA2	1M	电动机	JC2—32—4
SB3	刀架向上按钮	LA2	2M	冷却泵电动机	JCB—22
SB4	刀架向下按钮	LA2			

图 3-19 所示控制电路主要是由正、反向点动、单向启动和限位装置等部分构成的。

3.7.2 读识 Y3150 型滚齿机工作原理

图 3-19 所示电路的工作原理可从启动控制、刀架控制、照明控制以及极限和终点开关四个方面来进行分析说明。

1. 启动控制

合上 1QT 电源开关, 按下启动按钮 SB2 开关后, KM2 交流接触器线圈得电吸合: 一方面使 KM2-3~KM2-5 三组常开触点闭合, 使 1M 电动机得电工作, 2M 冷却泵电动机则受冷却泵开关 2QT 的控制; 另一方面使 KM2-1 常开触点闭合后进行自锁, KM2-2 常闭触点断开进行互锁。

2. 刀架控制

刀架控制分为刀架向上和刀架向下两种控制方式, 其工作过程分别说明如下。

(1) 刀架向上

SB3 为刀架向上按钮开关, 当按下该开关后, KM1 交流接触器线圈得电吸合, 其 KM1-1 常闭触点断开进行互锁, KM1-2~KM1-4 三组常开触点闭合后, 使 1M 电动机得电正转, 刀架向上运行。

(2) 刀架向下

SB4 为刀架向下按钮开关, 当按下该开关后, 其 SB4-1 常开触点闭合后使 KM2 交流接触器线圈得电吸合, 其 KM2-2 常闭触点断开后互锁, KM2-3~KM2-5 三组常开触点闭合后, 1M 电动机得电反向运转, 刀架向下运行。

3. 照明控制

T₁ 电源变压器的初级连接在 L₁ 与 L₃ 相电压上, 次级的 L₂₁ 绕组为照明灯 EL1 提供 36 V 的交流安全电压, SA 为电源开关; L₃₁ 绕组为电源指示灯 HL1 提供 6.3 V 工作电源。

4. 极限和终点开关

若极限开关触点 1SA 断开, 机床将无法再工作, 这时需用机械手柄把滚刀架摇到使极限开关与撞块离开, 然后才能正常工作。

2SA 为终点开关, 工件加工完成后即自动停止。

3.8 读识龙门刨床横梁夹紧机械控制电路

图 3-20 所示是由两只交流接触器构成的龙门刨床横梁夹紧机构控制电路图。

3.8.1 读识龙门刨床横梁夹紧机械控制电路

图 3-20 电路中, SB1 为停机按钮开关; SB3 为电动机正转控制按钮开关, 也就是工件夹紧控制开关; SB2 为电动机反转控制按钮开关, 也就是工件松开控制开关; KM1 为电动机正转控制交流接触器, 其 KM1-1 为自锁常开触点, KM1-2 常闭触点串接在 KM2 线圈供电回路中, 用于控制其供电的接通与断开, KM1-3~KM1-5 三组常开触点用于控制电动机

M 的正转供电；KM2 为反转控制交流接触器，其 KM2-1 常闭触点用于控制 KM1 线圈的供电，KM2-2~KM2-4 三组常开触点用于控制电动机的反转供电；KA 为电流继电器，其常闭触点 KA1 串接在 KM1-1 自锁触点间，用于控制电动机在工件夹紧后自动停止工作。

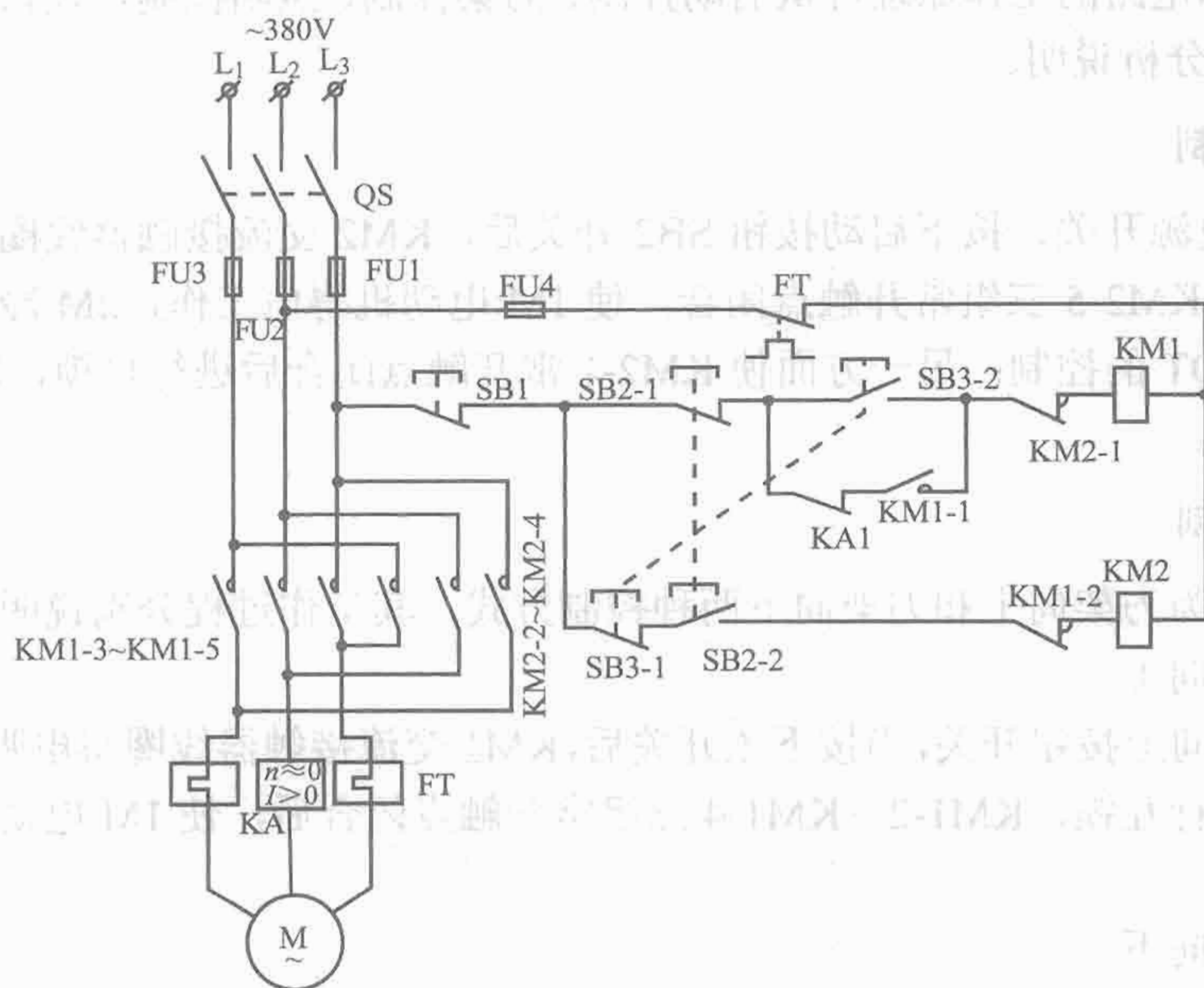


图 3-20 龙门刨床横梁夹紧机构控制电路

3.8.2 读识龙门刨床横梁夹紧机械控制电路工作原理

图 3-20 所示电路的工作原理可从以下两个方面来进行分析说明。

1. 工件（横梁）夹紧控制

按下 SB3 按钮开关后，其常开触点 SB3-2 闭合，常闭触点 SB3-1 断开，使交流接触器 KM1 线圈得电吸合，其常开触点 KM1-1 闭合后自锁，KM1-2 常闭触点断开互锁，KM1-3~KM1-5 三组常开触点闭合，电动机得电正转，通过丝杆联动铁板向前推动，使放在工作台上的工件（横梁）被慢慢地夹紧。

当夹紧丝杆被电动机带动下紧以后，电动机就会出现堵转，由此就会使电动机的电流逐渐增大。当这一电流增大到一定值时，KA 电流继电器就会动作，其 KA1 常闭触点断开，使 KM1 线圈的供电断开且释放，其主触点 KM1-3~KM1-5 均断开，电动机失电停转，就可对工件进行加工了。

2. 工件（横梁）松开控制

当工件加工结束后需要松开时，按下松开按钮 SB2 开关，其常开触点 SB2-2 闭合，常闭触点 SB2-1 断开，使 KM2 交流接触器得电吸合，其 KM2-1 常闭触点断开互锁，以防 KM1 线圈误工作，KM2-2~KM2-4 三组常开触点闭合以后，使电动机 M 获得反转电源而反向运转，并带动丝杆联动铁板向相反的方向运动，使放在工作台上的工件被慢慢松开。

龙门刨床横梁的夹紧多是由电动机拖动夹紧机构来实现的，并通常是由电动机驱动丝

杆联动铁板来夹紧工件（横梁）的。当夹紧力逐渐加大时，电动机的电流就会逐渐增加，当该电流增大到一定数值时，电动机必须停下来，否则电动机电流和夹紧力过大，不仅会使电动机线圈过热而烧毁，而且还会导致被夹紧的横梁（或物体）损坏。这种情况是绝对不允许出现的。

图 3-20 所示是利用电流继电器检测电动机的电流来控制电动机停止工作的，故该电路也适用于其他类型的机械夹紧机构。

3.9 读识行车控制电路

图 3-21 所示是由 8 挡按钮开关控制的行车控制电路图。

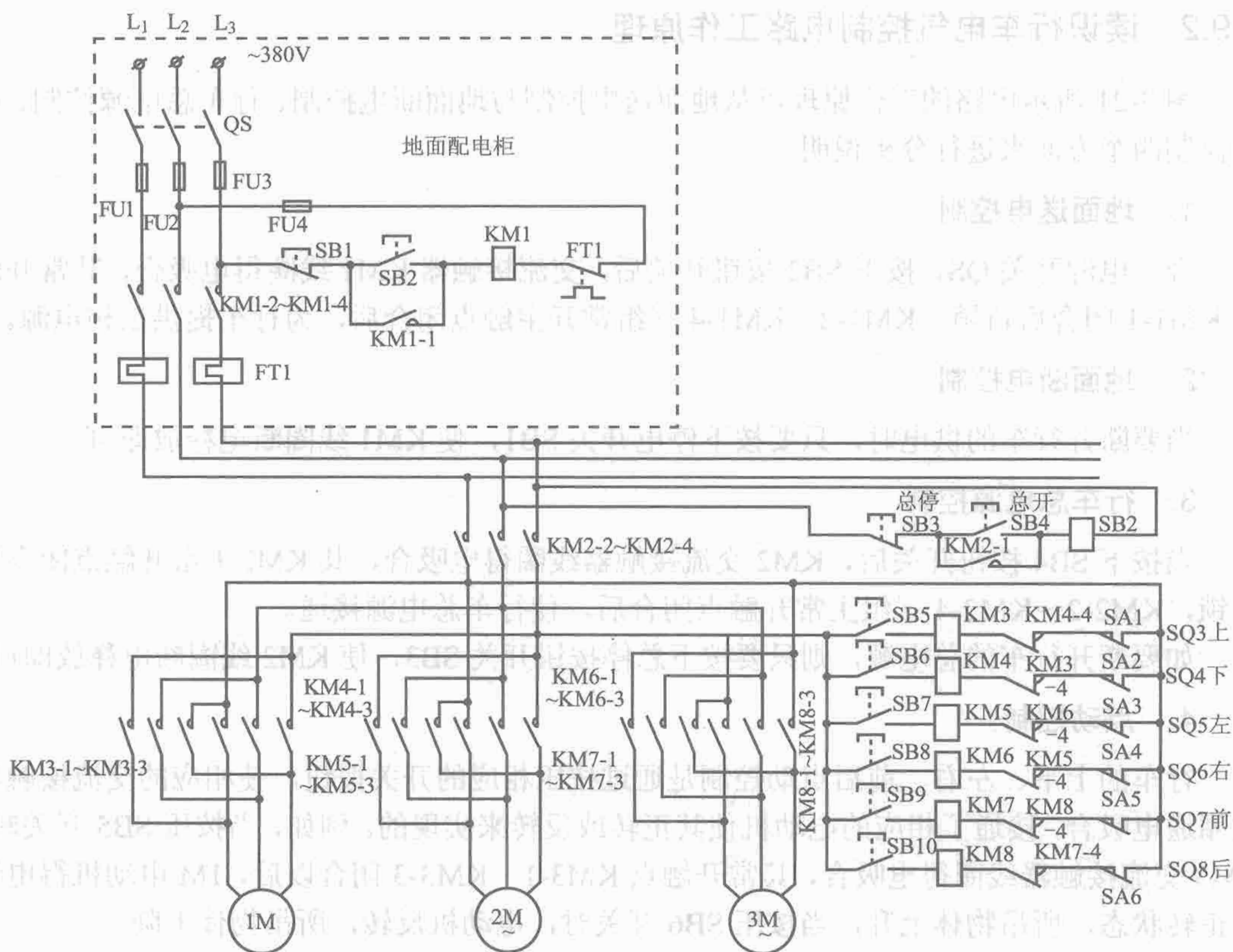


图 3-21 由 8 挡按钮开关控制的行车控制线路

3.9.1 读识行车电气控制电路

图 3-21 所示电路较为复杂，读识这类线路图时，可将其分为几个部分来分别识读。对于如图 3-21 所示电路来说，可将其分为地面控制部分和空中行车控制两部分。前者也就是装在地面配电柜内的控制元件，用于将三相交流电源经控制以后提供给空中的行车电路。

(1) 地面配电柜

地面配电柜中，QS 为电源开关；FU1~FU4 为保险丝；SB1 为供电切断按钮开关；SB2

为供电接通按钮开关;KM1为交流接触器,其有一组KM1-1常开触点作为自锁用,KM1-2~KM1-4三组常开主触点用于控制行车的三相供电电源;FT1为热保护继电器。

(2) 空中行车控制部分

SB3为控制行车电源断开的总开关;SB4为控制行车电源接通的总开关;KM2为交流接触器,其有一组常开触点KM2-1作为自锁用;另有三组常开触点KM2-2~KM2-4用于控制电动机及控制电路使用的三相交流电源;SB5~SB10为6只点动按钮开关,KM3~KM8为6只控制点动用的交流接触器,控制顺序为上、下、左、右;SA1~SA6为6只限位开关。

1M为起吊物上、下的电动机;2M为行车左、右移动的电动机;3M为行车前、后移动的电动机。

3.9.2 读识行车电气控制电路工作原理

图3-21所示电路的工作原理可从地面送电控制与地面断电控制、行车总电源控制、点动控制四个方面来进行分析说明。

1. 地面送电控制

合上电源开关QS,按下SB2按钮开关后,交流接触器KM1线圈得电吸合,其常开触点KM1-1闭合后自锁,KM1-2~KM1-4三组常开主触点闭合后,为行车提供三相电源。

2. 地面断电控制

当要断开行车的供电时,只要按下停电开关SB1,使KM1线圈断电释放即可。

3. 行车总电源控制

当按下SB4按钮开关后,KM2交流接触器线圈得电吸合,其KM2-1常开触点闭合后自锁,KM2-2~KM2-4三组主常开触点闭合后,使行车总电源接通。

如要断开行车的总电源,则只要按下总停按钮开关SB3,使KM2线圈断电释放即可。

4. 点动控制

行车的上下、左右、前后点动控制是通过按压相应的开关按钮,使相应的交流接触器线圈通电吸合,接通了相应的电动机使其正转或反转来实现的。例如,当按压SB5开关时,KM3交流接触器线圈得电吸合,其常开触点KM3-1~KM3-3闭合以后,1M电动机得电进入正转状态,所吊物体上升,当按压SB6开关时,电动机反转,所吊物体下降。

同样道理,当按压SB7、SB8时,2M电动机正转或反转,行车左、右移动;按压SB9、SB10时,3M电动机正转或反转,行车前、后移动。

3.10 读识等离子切割机电气控制电路

等离子切割以高温、高速的等离子弧为热能,熔化被切割的金属,并以高速气流将熔化的金属吹走。空气等离子切割机是以压缩空气为气源的。

等离子切割机可以对各种金属材料(不锈钢、碳钢、合金钢、铝、铜、镍、钛等)进行切割,具有切割速度快、切口窄、变形小、节省材料等特点。

LGK8-63 型等离子切割机是工矿企业应用较广泛的切割设备,下面以该设备为例,介绍等离子切割机电气控制电路读识方法。

3.10.1 读识 LGK8-63 型等离子切割机电气控制电路

LGK8-63 型等离子切割机电路如图 3-22 所示,主要由主回路、控制回路及气路三部分组成。

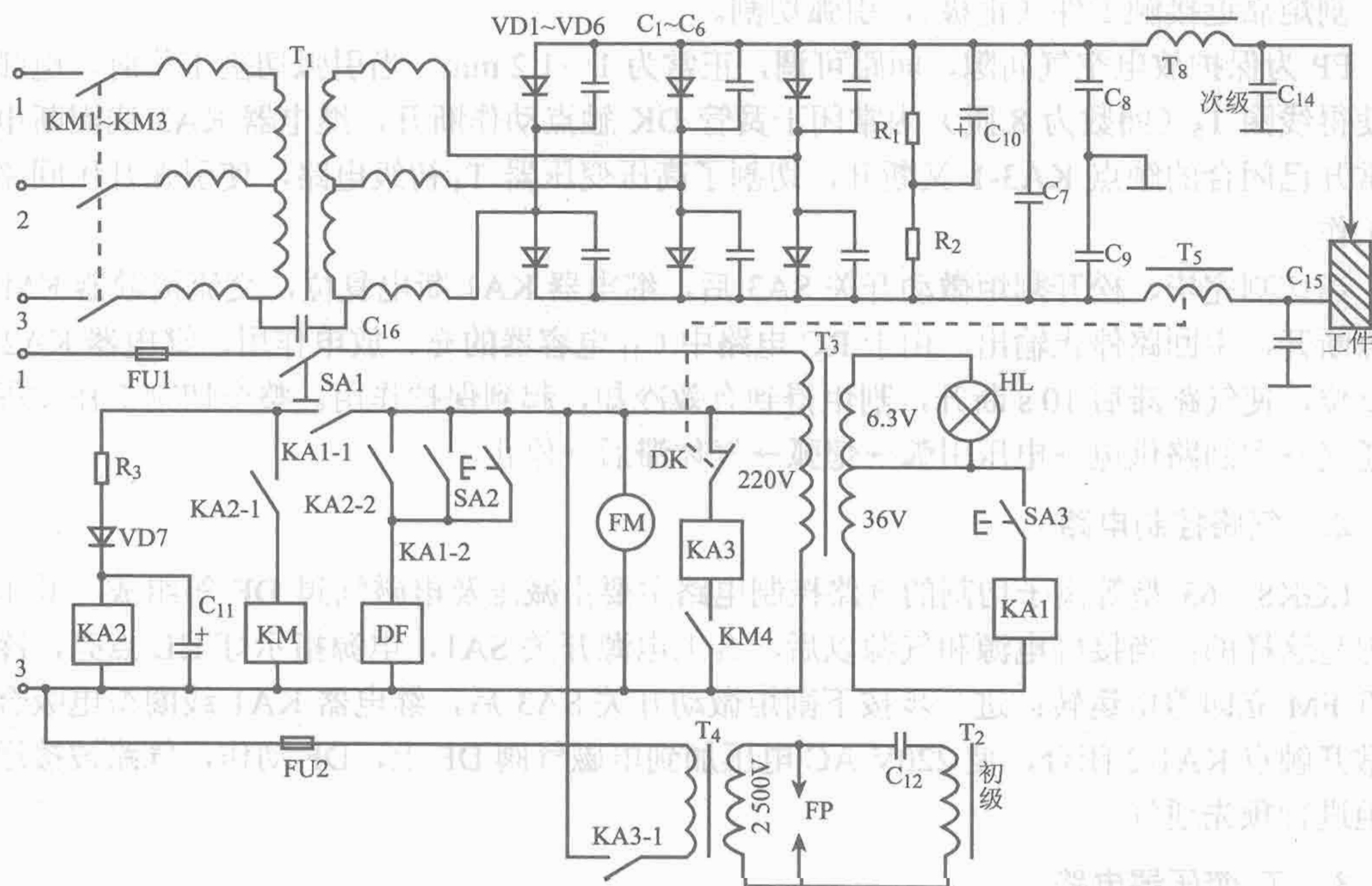


图 3-22 LGK8-63 型等离子切割机电路

(1) 主回路

主回路主要是由交流接触器 KM、三相电源变压器 T_1 、VD1~VD6、 C_1 ~ C_6 组成的三相桥式整流电路,以及 T_2 、 T_4 、FP、 C_{12} 组成的高频振荡器等构成的。

(2) 控制回路

控制回路主要由控制变压器 T_3 及 KA1~KA3、VD7、 C_{11} 、 R_3 等元件组成。

(3) 气路

气路部分主要由减压及电磁气阀 DF 组成。

3.10.2 读识 LGK8-63 型等离子切割机工作原理

LGK8-63 型等离子切割机电气控制电路的工作原理可从以下三个方面来进行分析说明。

1. 引弧切割过程

当按下 SA1、SA3 使气路接通的同时,KA1-1 常开触点闭合后,220 V 电源通过 R_3 、VD7 对电容器 C_{11} 充电,组成延时电路,经 3~5 s 充电结束。继电器 KA2 通电吸合,其常

开触点 KA2-1 闭合, 接触器 KM 也得电闭合, 主回路通电, 经过变压器 T_1 、整流桥、 T_5 通过连接线直接接至工件, 负极通过 T_2 输出。主回路得电的同时, 交流接触器 KM 的辅助常开触点 KM4 闭合后接通了继电器 KA3 线圈的供电, KA3 的常开触点 KA3-1 闭合后使 T_4 获得供电。 T_4 初级电压为 220 V, 取自变压器 T_3 初级自耦抽头, T_4 次级电压为 2500 V 左右, 输出至高压电容器 C_{12} ($0.01 \mu\text{F}/10 \text{kV}$, 两只并联)、变压器 T_2 (初级绕组绕 3 匝, 次级绕组绕 10 匝, 串接在工作主回路中)。通过变压器 T_2 在主回路的负极上感应叠加一高压, 割炬靠近接触工件 (正极), 引弧切割。

FP 为保护放电空气间隙, 间距可调, 正常为 $1 \sim 1.2 \text{ mm}$ 。当引弧切割工作时, 电弧电流使得线圈 T_5 (圈数为 8 匝) 内常闭干簧管 DK 触点动作断开, 继电器 KA3 线圈断电, 其常开已闭合的触点 KA3-1 又断开, 切割了高压变压器 T_4 初级电路, 使引弧升压回路停止工作。

当切割完毕、松开割炬微动开关 SA3 后, 继电器 KA1 断电复位, 交流接触器 KM 主触点断开, 主回路停止输出。由于 RC 电路中 C_{11} 电容器的充、放电作用, 继电器 KA2 延时复位, 使气路滞后 10 s 断开, 割炬得到有效冷却, 起到保护作用。整个切割工作过程为预通气 \rightarrow 主回路供电 \rightarrow 电压引弧 \rightarrow 熄弧 \rightarrow 气体滞后 \rightarrow 停止。

2. 气路控制电路

LGK8-63 型等离子切割的气路控制电路主要由减压及电磁气阀 DF 等组成。其工作过程是这样的: 当接好电源和气源以后, 合上电源开关 SA1, 电源指示灯 HL 点亮, 冷却风机 FM 立即得电运转; 进一步按下割炬微动开关 SA3 后, 继电器 KA1 线圈得电吸合, 其常开触点 KA1-2 闭合, 使 220V AC 电压加到电磁气阀 DF 上, DF 动作, 气路被接通, 割炬进行预先通气。

3. T_1 变压器电路

变压器 T_1 为 Y/Y 接法, 一次侧线电压为 380 V, 二次侧线电压为 170 V, 经整流后直流空载电压有效值为 240V, 有工作负载时输出为 120 V。

3.11 读识混凝土搅拌机电气控制电路

混凝土搅拌机是露天、移动建筑场所应用十分广泛的电气设备。下面以锥型 JZ350A 型搅拌机电气控制电路为例, 来介绍混凝土搅拌机电气控制电路的读识方法。

3.11.1 读识锥型 JZ350A 型混凝土搅拌机电气控制电路

图 3-23 所示为锥型 JZ350A 型混凝土搅拌机电气控制电路。该电路主要是由进料升降控制电路 (由 2M 电动机, 2KMF 与 2KMR 交流接触器, 上升按钮开关 2SBF, 上升限位开关 1ST 和 2ST, 下降按钮开关 2SBR, 下降限位开关等组成)、供水控制电路 (由供水电动机 3M, 水泵启动按钮开关 3SB, 3KM 交流接触器, KT 时间继电器, 供水停止按钮开关 3SB2 等组成)、搅拌和出料控制电路 (由搅拌电动机 M_1 , 搅拌启动按钮开关 1SBF, 交流接触器 1KMF 与 1KMR, 出料按钮开关 1SBR, 停止按钮开关 1SB 等组成), 以及各种保护电路等构成的。

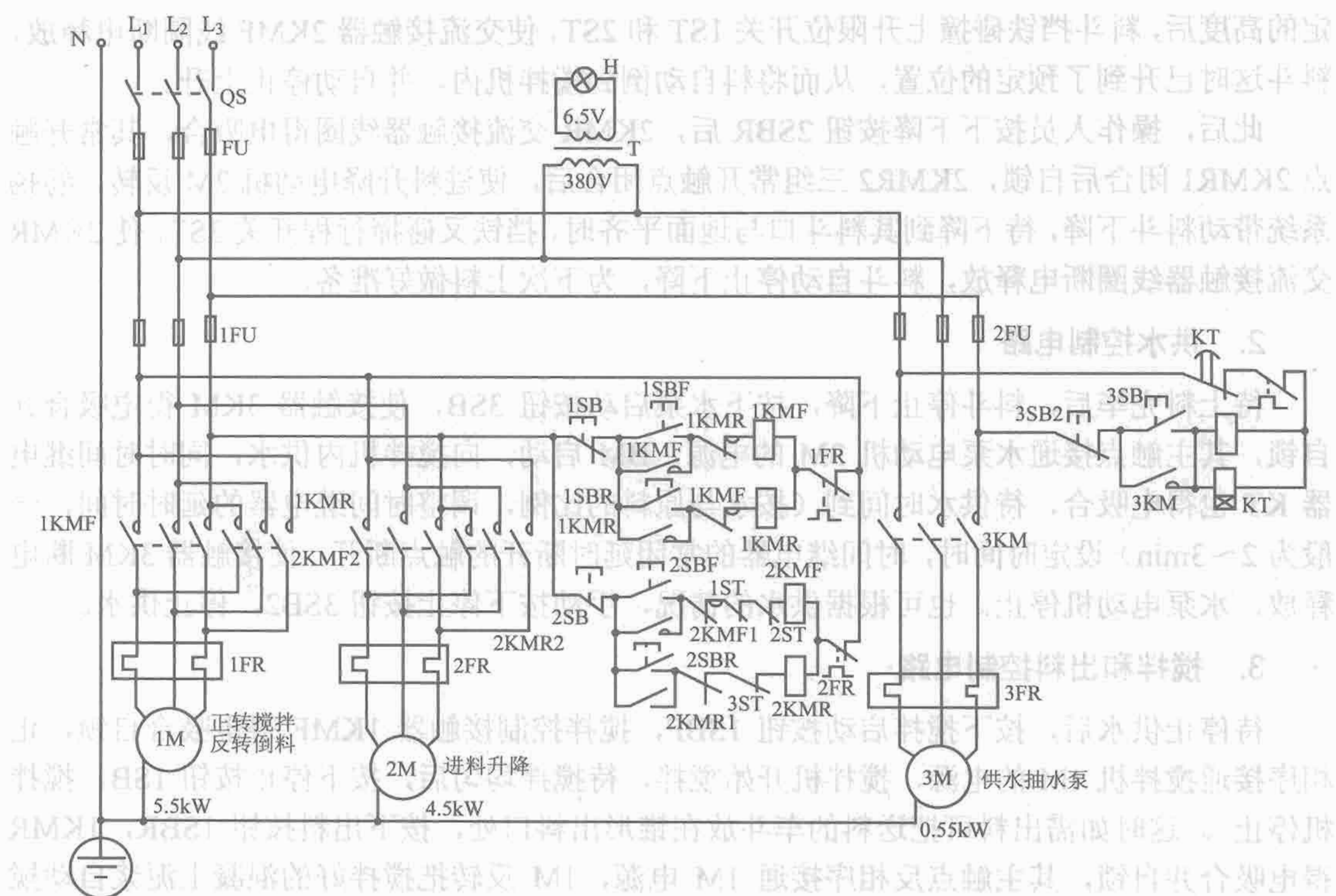


图 3-23 JZ350A 型混凝土搅拌机电气控制电路图

锥型 JZ350A 型混凝土搅拌机的外形结构如图 3-24 所示，当电动机 1M 正转时进行搅拌操作；1M 电动机反转时进行出料操作。

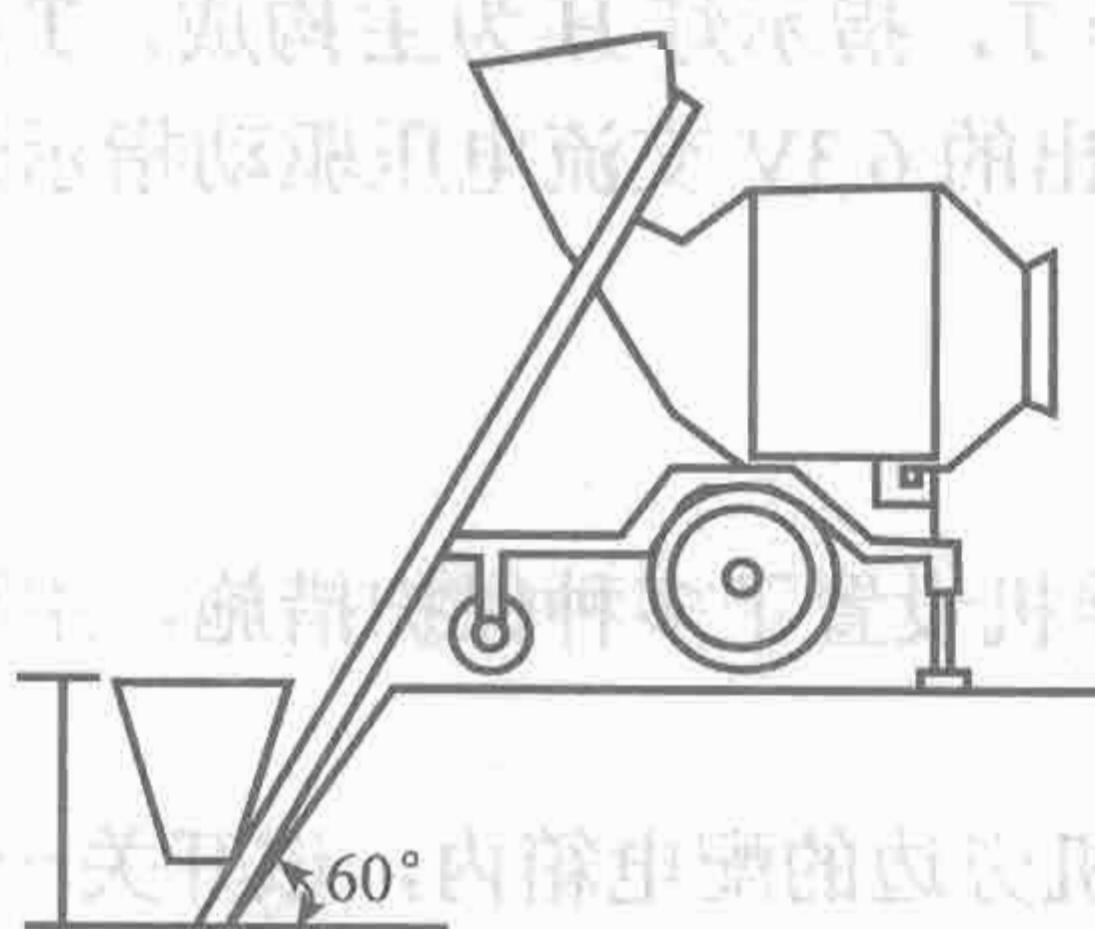


图 3-24 JZ350A 型混凝土搅拌机的外形结构示意图

3.11.2 读识锥型 JZ350A 型混凝土搅拌工作原理

锥型 JZ350A 型混凝土搅拌机电气控制电路的工作原理可从以下五个部分来进行分析说明。

1. 进料升降控制电路

当把原料水泥、砂子、石子按 1 : 2 : 3 的比例配好后，倒入料斗内，操作人员按下上升按钮开关 2SBF 后，2KMF 交流接触器线圈得电吸合，其常开触点 2KMF1 闭合后自锁，三组常开触点 2KMF2 闭合后，使上料卷扬电动机 2M 正转，料斗送料上升，当上升到一

定的高度后,料斗挡铁碰撞上升限位开关 1ST 和 2ST,使交流接触器 2KMF 线圈断电释放,料斗这时已升到了预定的位置,从而将料自动倒到搅拌机内,并自动停止上升。

此后,操作人员按下下降按钮 2SBR 后,2KMR 交流接触器线圈得电吸合,其常开触点 2KMR1 闭合后自锁,2KMR2 三组常开触点闭合后,使进料升降电动机 2M 反转,卷扬系统带动料斗下降,待下降到其料斗口与地面平齐时,挡铁又碰撞行程开关 3ST,使 2KMR 交流接触器线圈断电释放,料斗自动停止下降,为下次上料做好准备。

2. 供水控制电路

待上料完毕后,料斗停止下降,按下水泵启动按钮 3SB,使接触器 3KM 得电吸合并自锁,其主触点接通水泵电动机 3M 的电源,3M 启动,向搅拌机内供水,同时时间继电器 KT 也得电吸合,待供水时间到(按水与原料的比例,调整时间继电器的延时时间,一般为 2~3min)设定时间时,时间继电器的常闭延时断开的触点断开,使接触器 3KM 断电释放,水泵电动机停止。也可根据供水的情况,手动按下停止按钮 3SB2,停止供水。

3. 搅拌和出料控制电路

待停止供水后,按下搅拌启动按钮 1SBF,搅拌控制接触器 1KMF 得电吸合并自锁,正相序接通搅拌机 1M 的电源,搅拌机开始搅拌,待搅拌均匀后,按下停止按钮 1SB,搅拌机停止。这时如需出料可把送料的车斗放在锥形出料口处,按下出料按钮 1SBR,1KMR 得电吸合并自锁,其主触点反相序接通 1M 电源,1M 反转把搅拌好的混凝土泥浆自动搅拌出来。待出料完或运料车装满后,按下停止按钮 1SB,1KMR 断电释放,1M 停止转动和出料。

4. 指示灯电路

指示灯电路由电源变压器 T、指示灯 H 为主构成。T 的初级线圈连接在 L_1 与 L_2 相电源上,经变压后从 T 次级输出的 6.3V 交流电压驱动指示灯 H 点亮,以指示电源的通断状态。

5. 保护电路

锥型 JZ350A 型混凝土搅拌机设置了多种保护措施,主要有以下三个方面:

(1) 紧急停电开关

电源开关 QS 安装在搅拌机旁边的配电箱内,该开关一方面用来控制总电源的接通与断开;另一方面在搅拌机出现机械、电器方面的故障时,用于紧急断电使用。

(2) 互锁保护

为了防止电源短路,电气控制电路正反转交流接触器间设置了互锁保护装置。

(3) 过载与限位保护

图 3-23 所示电路中,1M~3M 电动机设有短路保护、长期过载保护、接地保护;料斗设置了升降限位保护措施。

3.12 读识电焊机电气控制电路

电焊机是利用电能加热使金属熔解,实现金属焊接的一种加工设备。电焊机的种类繁

多,应用较多的是手工电弧焊机。这类电弧焊机通常由弧焊电源和焊钳组成。可用来焊接碳钢、合金钢、不锈钢和耐热钢等材料。

3.12.1 读识交流电焊机常用电路

图 3-25 所示是交流电焊机常用电路图,各种交流电焊机的电路图与此基本相同。

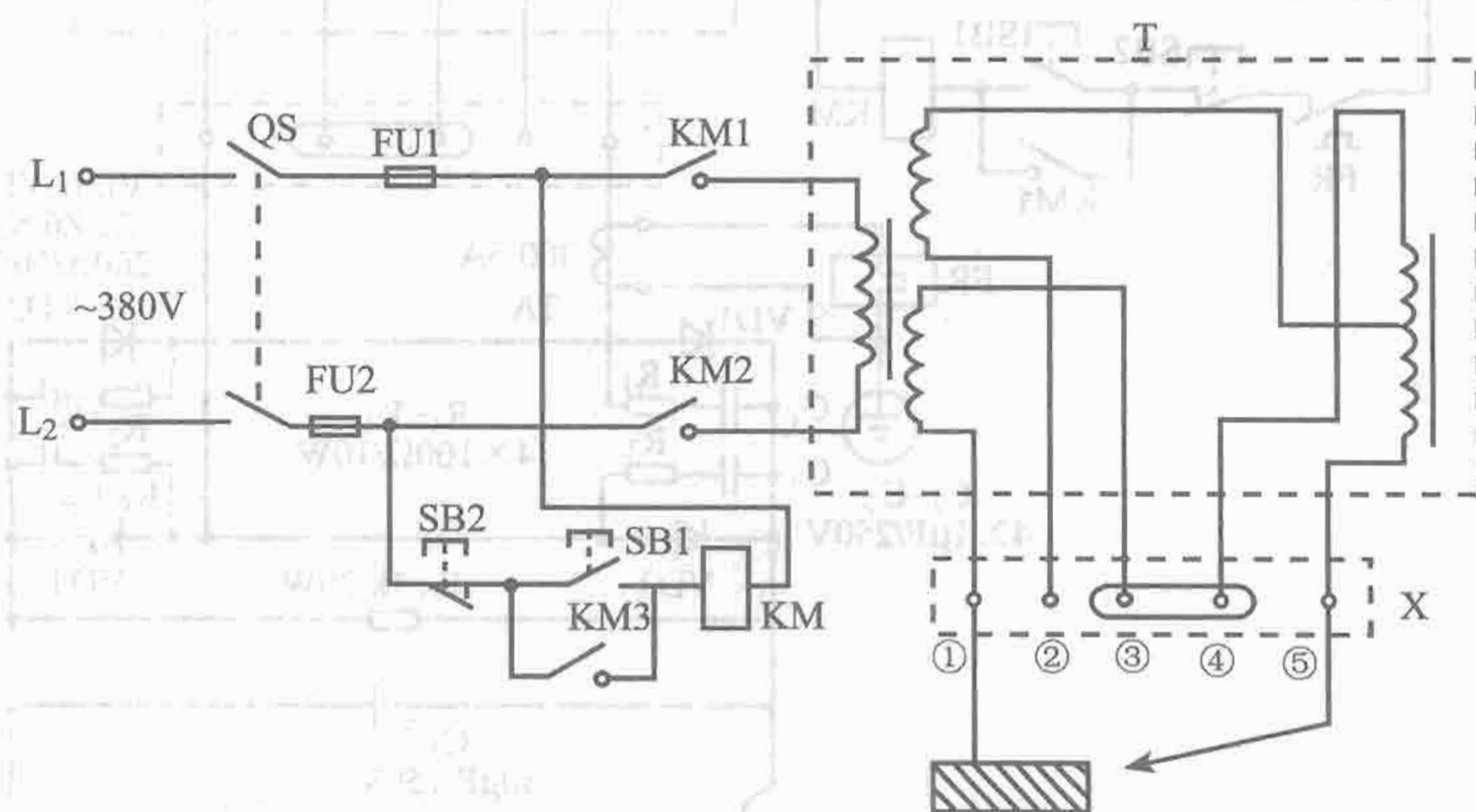


图 3-25 交流电焊机常用电路图

1. 识图指导

读识图 3-25 电路时,可从 KM 交流接触器的受控状态入手展开。KM 线圈受控于启动开关 SB1、SB2 停止按钮的控制,KM 交流接触器有 3 组常开触点 KM1、KM2、KM3; T 是电焊机变压器,受控于 KM1、KM2 常开触点; QS 是闸刀开关。

2. 工作原理

图 3-25 所示电路的工作原理可从以下两个方面来进行分析说明。

(1) 电焊机启动工作过程

当合上闸刀开关 QS 时,380 V 交流电压经 FU 保险元器件:一路去电焊机电路;另一路去电焊机控制电路。

当按下按钮开关 SB1 时,交流接触器 KM 线圈得电吸合,其 KM3 常开触点闭合而自锁,以便松开 SB1 按钮时,KM 线圈仍维持通电状态;KM1、KM2 两组常开触点闭合,使电焊机 T 得电工作,即可进入电焊状态。

(2) 电焊机停止工作过程

当按下停止按钮 SB2 时,KM 交流接触器线圈断电释放,其 KM1、KM2、KM3 常开触点均断开,从而使电焊机失电而停止工作。X 接线片上的②~④脚用于调整电焊机的电流。

3.12.2 读识交直流两用弧焊机电路

图 3-26 所示是一种交直流两用弧焊机电路,既适用于交流电源电压,又可使用直流电压,故适用于多种场合。

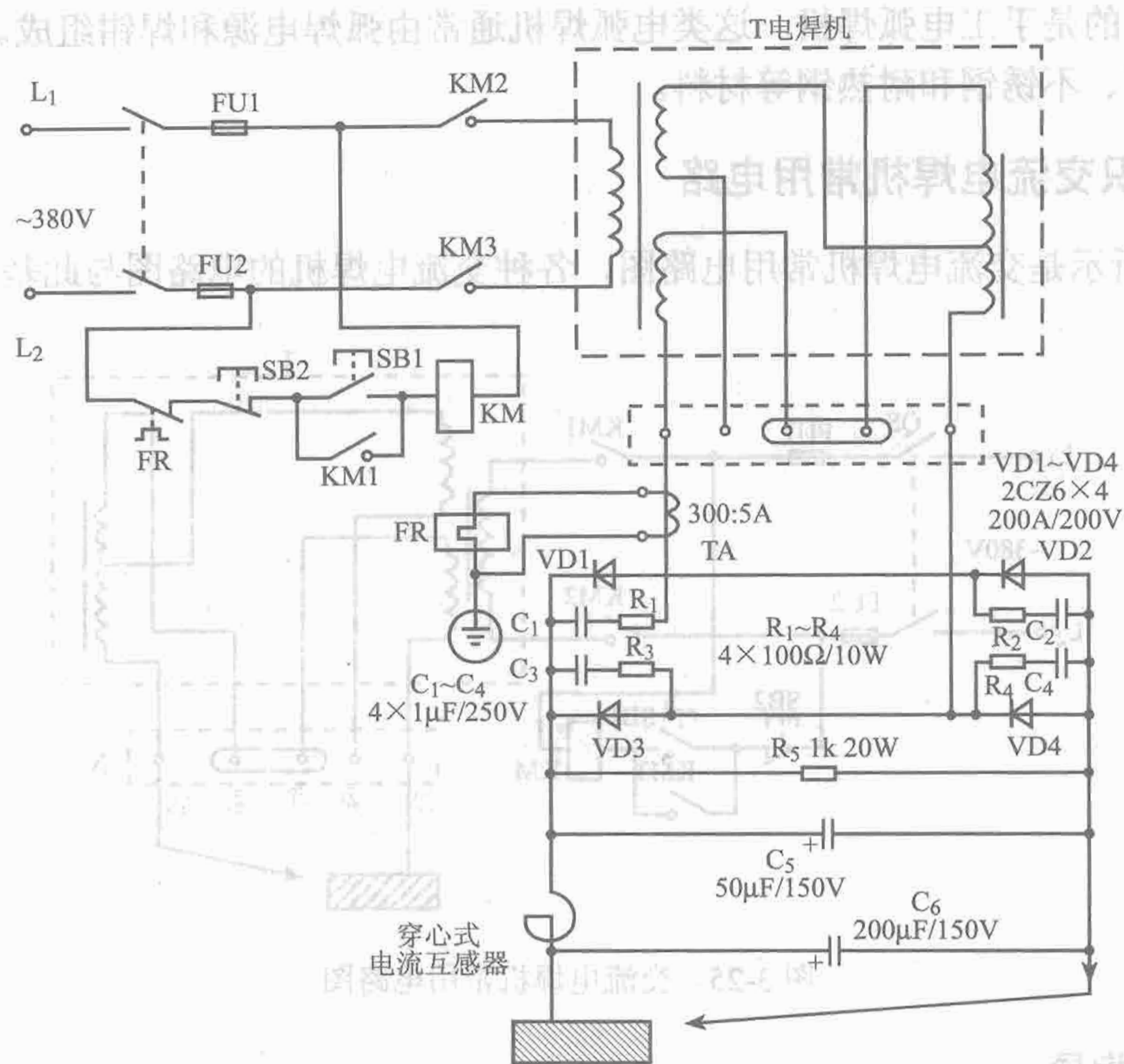


图 3-26 交直流两用弧焊机电路

1. 识图指导

图 3-26 所示电路中的虚线框为成品的交流电焊机，虚线方框的左边为电源输入与控制电路，虚线方框的下部为整流电路。虚线框内的交流电焊机的工作原理与上述普通电焊机基本相同。

2. 工作原理

图 3-26 所示电路的工作原理可从以下两个方面来进行分析说明。

(1) 控制电路

控制电路由交流接触器 KM、启动按钮开关 SB1、停止按钮开关 SB2 等组成。当按下启动按钮开关 SB1 后，KM 交流接触器线圈得电吸合，其常开触点 KM1 闭合后自锁，常开触点 KM2 与 KM3 闭合后，使电焊机得电工作。

若要关闭电焊机，则按下停止按钮开关 SB2 后，KM 交流接触器线圈就会断电释放，其 KA1~KA3 三组常开已闭合的触点断开后切断了电焊机的供电。

(2) 硅整流电路

VD1~VD4、C₁~C₄、R₁~R₄、R₅、C₅、C₆ 共同构成了硅整流电路。VD1~VD4 为四只硅整流二极管，C₁~C₄ 与 R₁~R₄ 两两串联并接在硅整流二极管 VD1~VD4 的两端，起过压保护作用。

FR 为过流保护用继电器，其常闭触点 FR 串接在控制电路回路中，用于保护整流元件不致过流损坏。一旦负载电流超过额定值时，电流互感器 TA 次级电流就会上升，当该电

流上升到一定值使 FR 继电器线圈动作时，其常闭触点 FR 断开后，就会使 KM 交流接触器线圈断电释放，其三组常开触点断开后，就会切断电焊机的电源，从而实现了过流保护的

目的。
C₅ 为滤波电容器，用于将硅整流元件整流后的电压进行平滑，R₅ 并接在 C₅ 电容器的两端，用来泄放 C₅ 上的电荷，故起泄放作用。

提示：

图 3-26 所示电路实际上就是在通用交流弧焊机加上一套整流装置得到的，这种方法可以推广到各种交流弧焊机上。

3.12.3 读识双向晶闸管节能式交流电焊机电路

图 3-27 所示是由一只双向晶闸管构成的具有节能功能的交流电焊机电路。该电路可在电焊机不工作时使交流电源切断，由此可以消除空载损耗，达到节约电能的目的。

1. 识图指导

读识图 3-27 所示电路时，可从双向晶闸管受控的情况来展开。

双向晶闸管在图 3-27 所示电路中作为交流电焊机的电源开关，在电源正、反向电压作用下都能导通，而且控制极在正、负脉冲作用下都可触发，所以，用它做电焊机的交流开关。其特点是电路简单、经济、维修方便、运行可靠。

双向晶闸管 VS1 的触发电压受控于 KAJ 继电器的常开触点 KAJ-1。而 KAJ 继电器又受微动开关 SA1 的控制。

电焊机的主电路主要由双向晶闸管 VS1、熔断器 FU、电焊机及电源开关 SA1 等组成。电焊机的控制电路由小型电源变压器 T₂、继电器 KAJ、微动开关 SA2、双向晶闸管 VS1 的触发控制极 G 及限流电阻器 R 等组成。

2. 工作原理

图 3-27 所示电路的工作原理可从电焊机工作与不工作两种情况来进行分析说明。

(1) 电焊机工作时

当电焊机工作时，合上电源开关 SA1，电源接通。操作者用手握电焊机焊枪，闭合微动开关 SA2，从而使 KAJ 继电器线圈中的电流通路形成而吸合，其常开触点 KAJ-1 闭合接通了双向晶闸管 VS1 的触发控制电路，VS1 被触发导通，从而使由 T₁ 变压器组成的电焊机得电，电焊机即可开始工作。

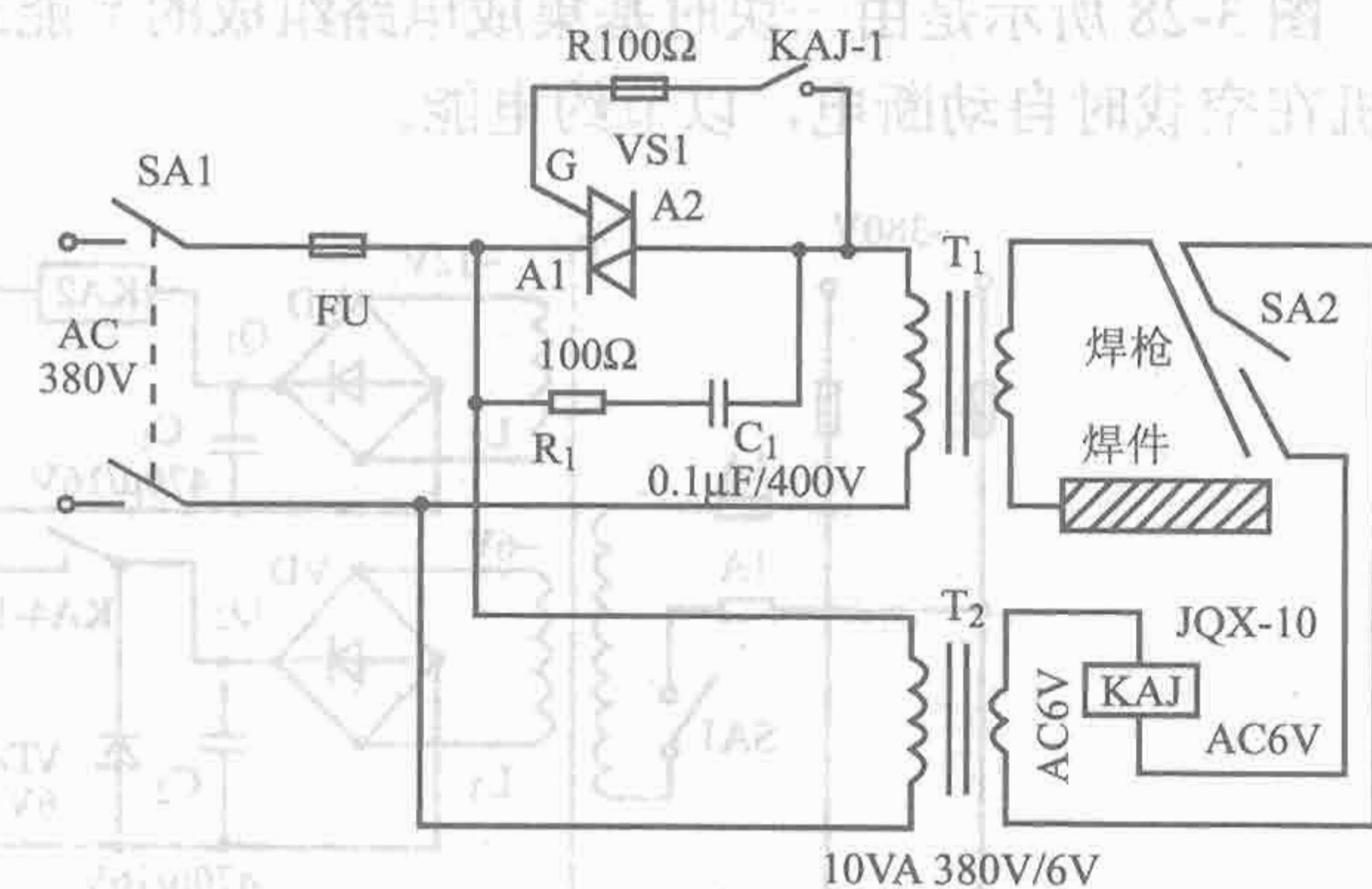


图 3-27 具有节电功能的交流电焊机电路

(2) 电焊机不工作时
当焊完一道焊缝以后,需要停顿一下,手稍一放松,微动开关 SA2 便断开,继电器 KAJ 线圈失电就会释放,其 KAJ-1 触点便会断开,双向晶闸管 VS1 因失去触发电流而关断,从而,使交流电源被切断,由此消除了空载损耗。

提示:

使用电焊机工作时,从焊完一道缝到焊接下一道焊缝时,经常要做些辅助工作。这时电焊机处于空载运行,即电焊机变压器的原绕组仍有空载电流,白白浪费电能。图 3-27 就是为了减少这种损耗而设计的电路,可使电焊机工作时有电,不工作时断电。

3.2.4 读识单时基电路节能式交流电焊机电气控制电路

图 3-28 所示是由一块时基集成电路组成的节能式电焊机控制电路图。该电路图可使电焊机在空载时自动断电,以节约电能。

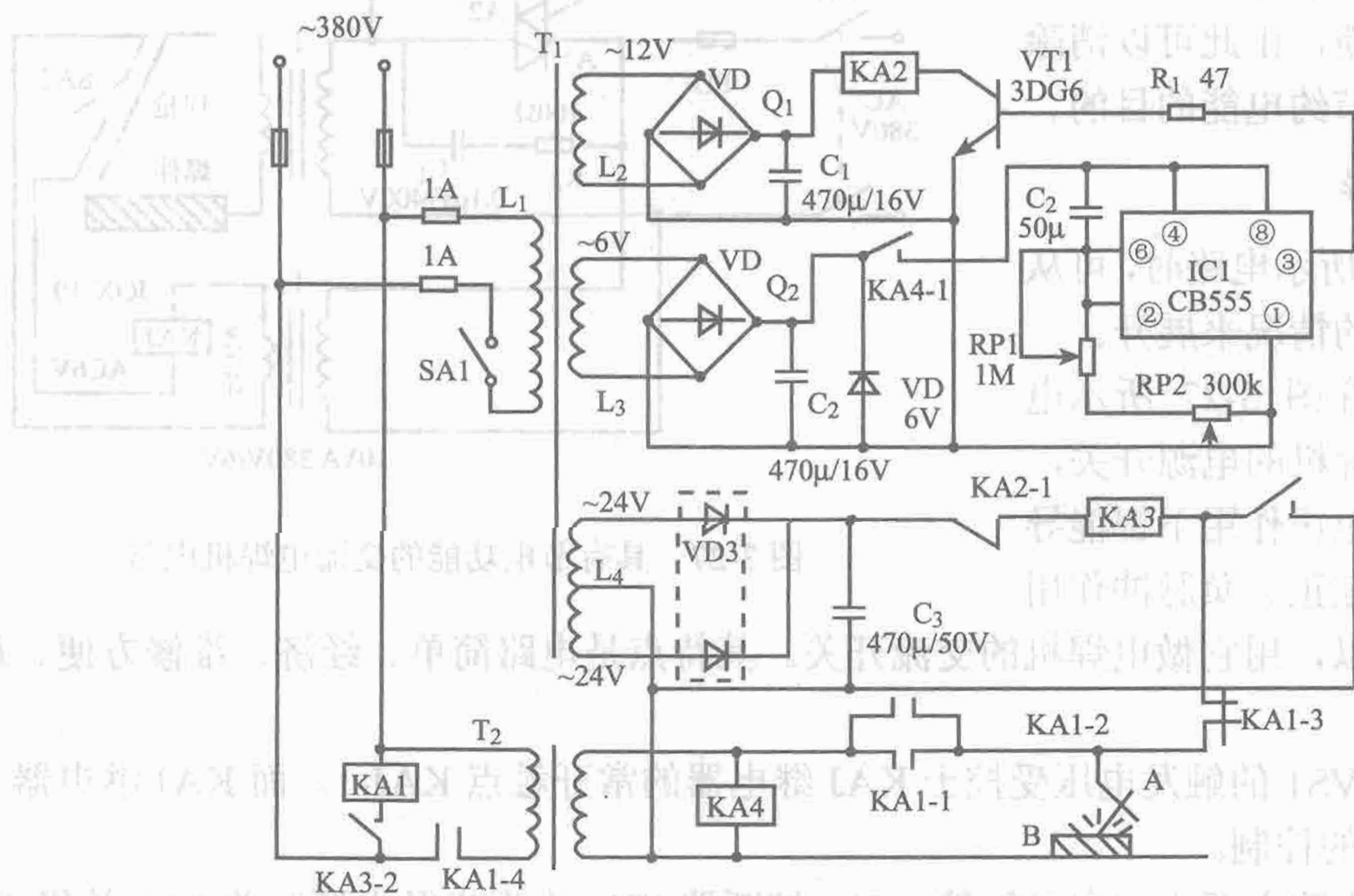


图 3-28 由单时基集成电路式电焊机节电电路图

1. 识图指导

读识图 3-28 所示电路时,先应根据图形符号认识其所代表的是什么元器件,对于有触点的器件,还应看清楚其触点是处于常开状态还是常闭状态。

IC1 是一块 CB555 时基集成电路,由其与外围元器件构成了延时电路,延时时间根据需要可通过调整 RP1、RP2 的值来确定。

T₁ 为 35 W 铁芯绕制的控制变压器,其次级有 4 个低压绕组(12 V、6 V、24 V、24 V)。T₂ 为电焊机变压器。

KA4 是 65 V 继电器,有一组常开触点 KA4-1; KA2 为 12 V 继电器,有一组延时断开触点 KA2-1; KA3 为 24 V 继电器,它有两组常开触点 KA3-1、KA3-2; KA1 为 380 V、

120 A 的交流接触器,它有三组常开触点 KM1-1、KM1-2、KM1-3,一组常闭触点 KM1-4。

由 IC1 组成的延时电路的工作受控于 KA4-1 触点,而 IC1 又控制着 VT1 的状态,KA2 继电器受控于 VT1。

图 3-28 所示电路中,SA1 为控制电路的电源开关,B 代表工件,A 代表电焊条。

2. 工作原理

图 3-28 所示电路的工作原理可从以下四个方面来进行分析说明。

(1) 供电通路

380 V 交流电源一路去下面的电焊机电路;另一路经 SA1 开关加到控制变压器 T_1 的初级,从其次级分别输出 4 组交流低电压,经各自的整流滤波电路处理后,得到的直流电压分别提供给各自的线路。

(2) 焊条 A 与工件 B 未接通

合上开关 SA1,控制变压器 T_1 次级 L_4 电压经半桥 VD3 整流以后,通过延时控制继电器触点 KA2-1→中间继电器 KA3 线圈→交流接触器 KA1-3 常闭触点→焊条 A。

由于焊条 A 与工件 B 未接通,故此时不能形成回路,中间继电器 KA3 线圈中的电流通路无法形成,这时电焊机电源未接通。

(3) 焊条 A 与工件 B 接通

当焊条 A 与工件 B 接通时,中间继电器 KA3 线圈电流通路形成而吸合,其常开触点 KA3-1 闭合自锁,而常开触点 KA3-2 闭合,接通了交流接触器 KA1 线圈的供电,使 KA1 得电吸合,其常闭触点 KA1-3 断开,使电焊电压不能加到 KA3 所在的回路上,保护元器件不被损坏,常开触点 KA1-4、KA1-2、KA1-1 闭合,使电焊机进入正常工作状态。

当电焊机工作时,电压继电器 KA4 不工作,因为电焊机工作电压为 30~36 V,空载电压为 60~65 V,而 KA4 的工作电压为 65 V,所以电焊机在有负载过程中,KA4 不会出现误动作。

(4) 焊条 A 与工件 B 分开

当焊接完成后,焊条 A 与工件 B 分开就会使电焊机处于空载状态,电焊机电焊变压器 T_2 次级的电压就会升高,由此就会使 KA4 继电器线圈得电吸合,其常开触点 KA4-1 闭合,使由 IC1 等组成的延时电路得电工作,经 15~60 s (延迟时间可根据需要调整 RP1、RP2 的阻值来确定)以后,IC1 的③脚输出变为高电平。该电平经 R_1 电阻器加到 VT1 基极,使其导通,进而使 KA2 继电器线圈得电吸合,其 KA2-1 触点断开,进而又使中间继电器 KA3 线圈断电释放,其常开触点 KA3-2 断开,KA1 交流继电器线圈因此而断电释放,其 KA1-4、KA1-2、KA1-1 触点均断开,KA1-3 则闭合,使电焊机停止工作,达到空载自动断电的目的。

提示:

IC1 的延迟时间也可通过改变 C4 的容量值来进行调整。

3.12.5 读识双时基电路节能式交流电焊机电路

图 3-29 所示是由时基电路 5G7555 构成的交流电焊机空载节电电路,可在电焊机空载时自动切断工作电源,又可自动接通电源,适用于对各种交流电焊机进行改造。

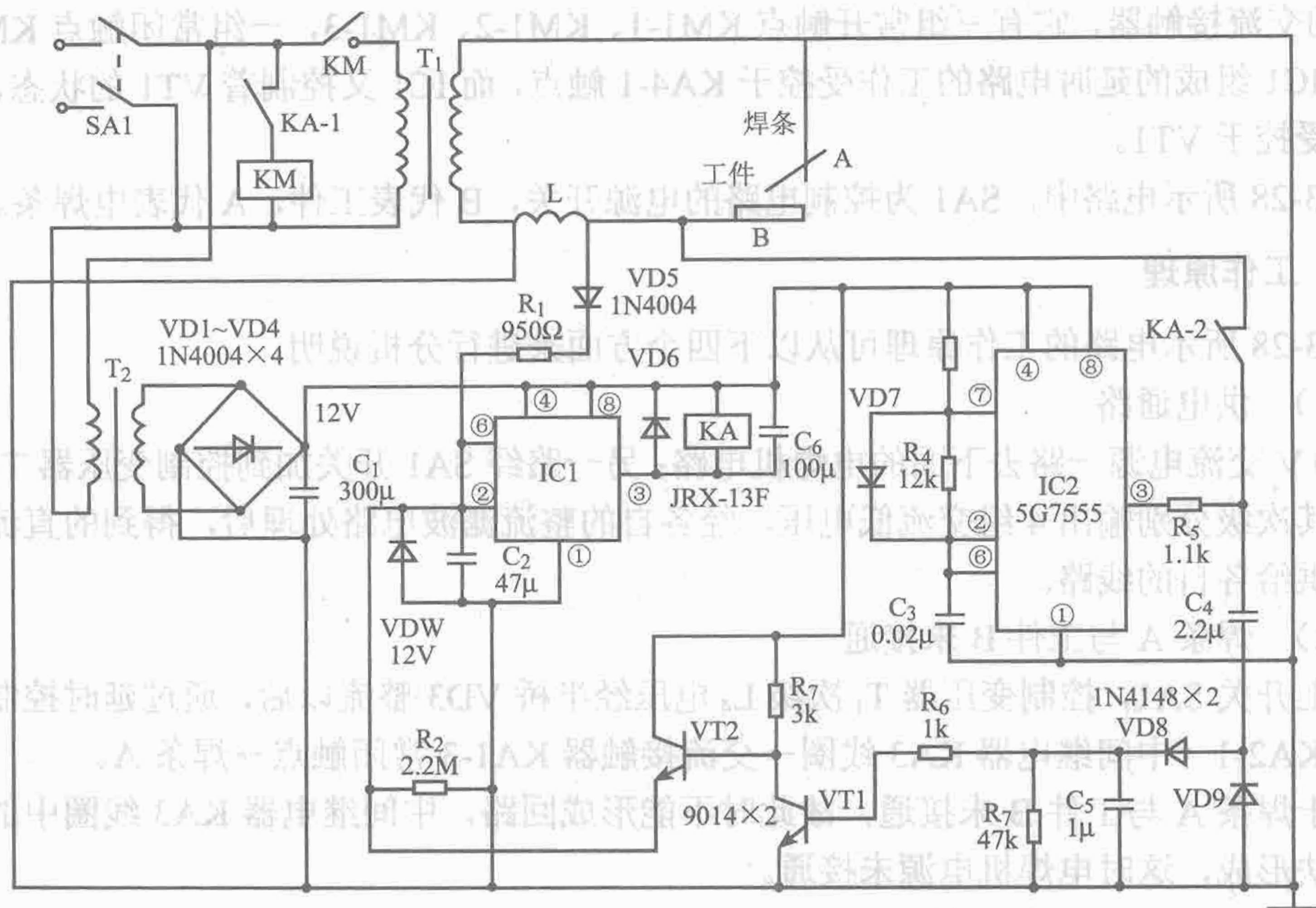


图 3-29 双时基电路节能式电焊机控制电路

1. 识图指导

读识图 3-29 电路时，应先从继电器 KA 的受控状态展开。KA 继电器线圈中的电流通路受 IC1 触发器状态的控制。而 KA 继电器有两组触点：一组常闭触点 KA-2 控制着 IC2 的工作，另一组常开触点 KA-1 控制着交流接触器 KM 线圈中的电流通路，进而由 KM 触点控制着电焊机的工作或停机。

由 IC2 及其外围元器件组成的是多谐振荡器，输出的信号用于控制 IC1，而 IC1 还受穿心式电流互感器 L 检测的信号控制。T₁ 为交流电焊机变压器。

2. 工作原理

图 3-29 所示电路的工作原理可从以下四个部分来进行分析说明。

(1) 供电通路

当合上电源开关 SA1 以后，220 V 交流电压分两路：一路去电焊机电路；另一路加到电源变压器 T₂ 初级，经降压后从其次级输出交流约为 10 V 的电压。该电压经 VD1~VD4 桥堆整流、C₁ 电容器滤波，得到的 12 V 直流电压给控制电路提供工作电源。

(2) 空载节能状态

在接通电源的初始状态，由于穿心式互感器 L 中无电流通过，故 C₂ 电容器两端的电压为 0 V，也就是 IC1 ②脚、⑥脚为低电平，③脚输出高电平，继电器 KA 线圈中因无电流通过而不会动作，交流接触器 KM 也不能工作，故电焊机因无供电而无法工作。

在上述电路得电的同时，由 IC2 等组成的多谐振荡器得电进入工作状态，产生频率为 10 kHz 左右的脉冲信号从 IC2 的③脚输出，经 R₅ 电阻器后分为两路：

一路加到交流电焊机变压器 T₁ 次级线圈的一端，T₁ 次级线圈的另一端与控制电路的“地”相接。由于 T₁ 次级绕组对 10 kHz 信号呈现较大的感抗，因此，该回路中的电流很

小,故电流互感器检测到的电压也较小,使 IC1②脚、⑥脚仍处于低电平。

另一路经 C_4 电容器耦合→VD8 与 VD9 全波整流, C_5 电容器滤波,得到的直流电压经 R_7 与 R_6 分压以后加到 VT1 基极,使其导通,集电极为低电平,VT2 截止, C_2 上仍无充电电压产生,故 IC1③脚仍维持高电平不变,电路处于空载节能状态。

(3) 焊接状态

当要进行焊接时,由于工件 B 与焊条 A 相接触,等效于将 IC2③脚输出的 10 kHz 左右脉冲信号短路(也相当于 C_4 电容器正极被接地),故 VT1 因此失去偏流而截止,其集电极为高电平,VT2 因此而导通。这样,+12 V 电压就将通过 VT2 导通的 c-e 极对 C_2 电容器进行充电,一旦 IC1 的②脚、⑥脚电压上升到 $\frac{2}{3}V_{CC}$ ($V_{CC}=12\text{ V}$ 电压)以上时,IC1 就将

发生翻转,其③脚由高电平转变为低电平→KA 继电器线圈中的电流通路形成而吸合,其 KA-1 常开触点闭合,使交流接触器 KM 线圈得电吸合,其常开触点 KM 闭合,从而接通了交流电焊机变压器 T_1 的供电电源,进入焊接状态。

当 KA 继电器线圈通电吸合以后,一方面其常开触点闭合接通 T_1 的电源进行焊接,由于 KA 继电器的常闭触点 KA-2 先于常开触点 KA-1 闭合前就断开了,故电焊机变压器 T_1 工作时次级的电压约为 30~35 V,交流电压不会进入控制电路。

一旦 KA-2 常闭触点断开以后,IC2③脚输出的约为 10 kHz 脉冲信号又可经 C_4 耦合至整流电路,进而又可使 VT1 导通,VT2 截止,切断了+12 V 电源对 C_2 电容器的充电回路。但是,由于电焊机工作时流过 T_1 次级线圈中电流很大,进而又使电流互感器 L 中检测到的电流增大。这一感应电流经 VD5 半波整流以后,通过 R_1 又对 C_2 电容器进行充电,进而又使 IC1②脚、⑥脚电位仍保持 $\frac{1}{3}V_{CC}$ 以上,IC1 仍保持原状态不变,其③脚仍保持低电平,KA 继电器、KM 交流接触器均保持吸合状态,保证 T_1 能正常工作。

(4) 停止焊接状态

当停止焊接时,由于工件与焊条脱开,交流电焊机 T_1 变压器次级电流也将消失,电流互感器中感应的电流也随之消失。此时, C_2 电容器通过 R_2 进行放电,放电时间常数为:

$$t=R_2 \times C_3$$

一旦 IC1 的②脚、⑥脚电位低于 $\frac{1}{3}V_{CC}$ 时,则 IC1 的③脚转变为高电平,同以上情况一样,电焊机又处于空载断电节能状态。

3.12.6 读识晶闸管与时基电路混合节能式交流电焊机电路

图 3-30 所示是由两块时基电路 CA555 与一只双向晶闸管构成的交流电焊机空载节电电路,适用于各种交流电焊机的改造。

1. 识图指导

读识图 3-30 所示电路时,可从两只 CA555 组成的单元电路的作用及控制关系入手。

IC1 与 R_2 、 R_3 、 C_3 、VD2 等组成了一个占空比不足 1:10 的脉冲振荡器,该电路是否工作受 KA1-2 常闭触点的控制,而 KA1-2 是继电器 KA1 的触点,KA1 继电器的状态则受

IC3 的控制。

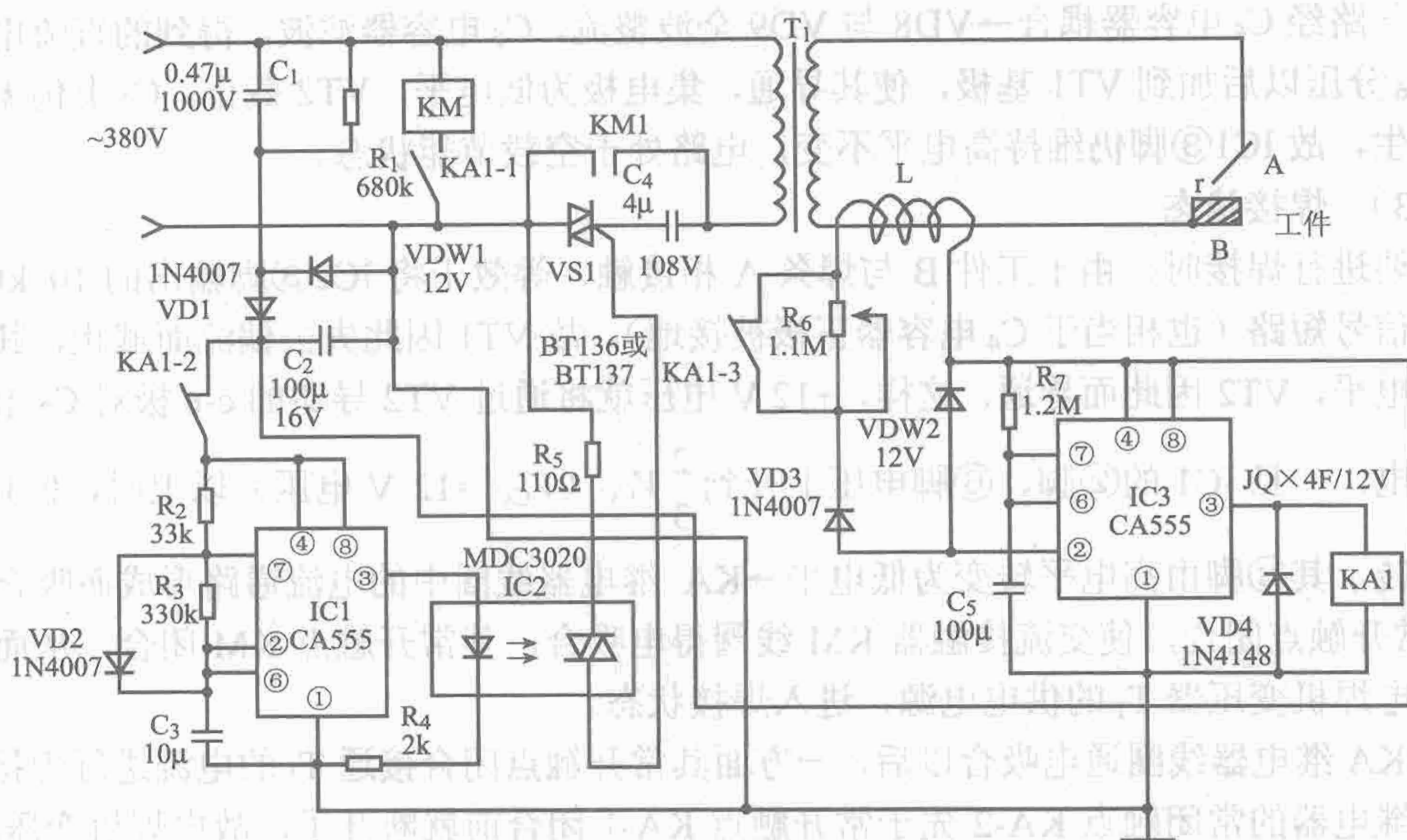


图 3-30 晶闸管与时基电路构成的交流电焊机空载节电电路

IC3 与 R₇、C₅ 等组成了单稳态电路，该电路的状态受 L 检测到的电压控制，而 L 中是否有感应电流通过，则受焊条 A 与工件 B 是否接触的控制。

IC1 的输出信号用于对晶闸管式光电耦合器 IC2 进行控制，IC2 又决定了双向晶闸管 VS1 的状态，而 VS1 可决定 C₄ 电容器是否投入工作。

T₁ 为交流电焊机，KM 为交流接触器，有一组常开触点 KM1，触点电流为 100 A 左右；L 是漏电保护器中的穿心电流互感器；VS1 为耐压 800 V 以上的双向晶闸管。

2. 工作原理

图 3-30 所示电路的工作原理可从供电电路、脉冲振荡电路、单稳态电路、焊条停止等四个方面来进行分析说明。

(1) 供电电路

380 V 交流电压经 C₁ 电容器降压，VDW1 限幅，VD1 半波整流，C₂ 电容器滤波，得到 12 V 直流电压。该电压一路加到 IC3 的⑧脚；另一路经 KA1-2 的闭合触点，为 IC1 提供工作电源，使控制电路得电工作。

(2) 脉冲振荡电路

脉冲振荡电路以 IC1 为主构成，产生的振荡脉冲从③脚输出，使光耦可控硅 IC2 内的发光二极管在脉冲信号的驱动下导通发光。IC2 内的光敏可控硅短暂导通，触发大功率双向晶闸管 VS1 以通 0.3 s、断 0.3 s 左右的周期工作。由于 IC1 输出脉冲的占空比约为 1:10，故空载损耗约为电焊变压器初级绕组中串接电容时的 1:10。

(3) 单稳态电路

未进行焊接时，电焊钳（电焊条）未与焊接工件接触，T₁ 变压器次级无电流，电流互感器 L 次级线圈中无感应电流产生，单稳态电路呈稳定状态，IC3 的③脚输出低电平，继电器 KA1 线圈无供电而不会动作，电路处于守候状态。

进行焊接时,焊条与工件接触, T_1 变压器次级就会有电流产生, L 次级就会有感应电压产生。该电压经VD3反向整流后,给IC3的②脚输出一个负向触发脉冲,单稳态电路进入暂稳态,从而使IC3的③脚输出电压由低电平翻转为高电平,进而使KA1线圈得电吸合,其常开触点KA1-1闭合,使交流接触器KM线圈也得电吸合,其常开触点KM1闭合,使380V交流电压直接加至电焊变压器 T_1 初级,电焊机进入全压供电状态,以便进入正常的焊接工作。

与此同时,当KA1线圈得电吸合以后,其常闭触点KM1-2断开了IC1的供电电源,使由IC1等组成的脉冲振荡电路停止工作;常闭触点KA1-2断开了IC1的供电电源,使由IC1等组成的脉冲振荡电路停止工作;常闭触点KA1-3断开,解除了电阻器 R_6 的短路状态,使 R_6 串联到 L 的电流回路中进行限流,以保护VDW2和IC3不被过流损坏。因为焊接时流过变压器 T_1 次级中的电流较大,故 L 中感应的电流也较大。

当继续进行焊接时,IC3的②脚一直保持低电平,暂稳延时结束后,由于KA1线圈电感的作用,IC3的③脚保持高电平,KA1、KM1保持吸合状态。

(4) 焊接停止

当焊接停止以后,IC3②脚上的低电平消失,IC3又回到稳态,其③脚又由高电平翻转为低电平,KA1-1常开触点又断开,进而KM1也断开,KA1-2和KA1-3常闭触点又复位闭合,控制电路又进入待工作状态。

3.13 读识塑料封口机控制电路

塑料封口机控制电路形式较多,广泛应用于食品、药品、日用化工以及各种电子、机械零配件等塑料包装袋的封口。下面介绍几种常见的塑料封口机控制电路的识图方法。

3.13.1 读识单晶闸管式塑料封口机控制电路

图3-31所示是由单向晶闸管构成的塑料封口机电路图,适用于塑料生产企业对塑料件进行封口。

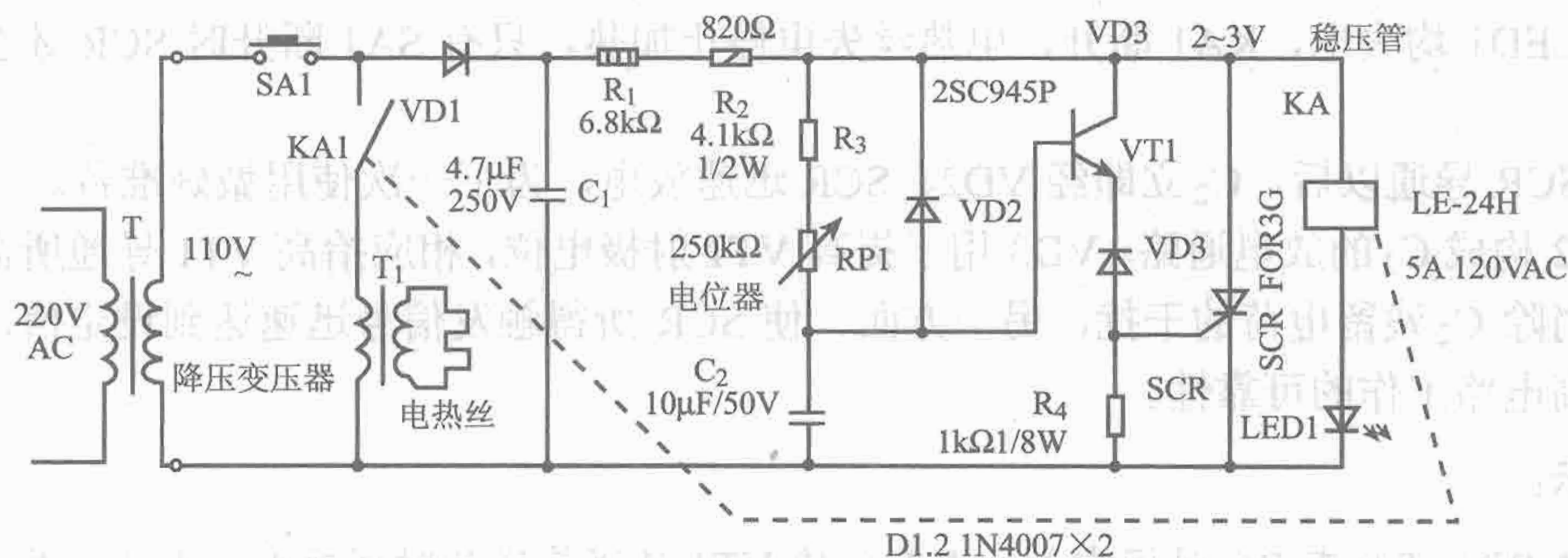


图 3-31 单向晶闸管式塑料封口机电路

1. 识图指导

读识图 3-31 所示电路时,可从单向晶闸管 SCR 的控制状态入手展开。

SCR 单向晶闸管并接在 KA 继电器线圈与发光二极管 LED1 串联电路的两端,用于控

制继电器 KA 线圈和 LED1 的状态。当 SCR 导通时, KA 继电器线圈与 LED1 均不会工作;当 SCR 截止时, KA 继电器线圈与 LED1 才会得电工作。

SCR 的触发信号来自于 VD3、VT1, 而 VT1 是否导通, 又受由偏置电阻器 R_3 、RP1 电位器、电容器 C_2 组成的 RC 时间常数设置电路的延时控制。 R_4 是 VT1 的射极电阻器。VT1 与 R_3 、RP1、 C_2 、VD2 实际上是一个受 RC 控制延时导通的射极输出器, 用于控制晶闸管 SCR 的工作状态。

具体控制顺序是: 110 V 交流电源经 SA1 联动电源开关, VD1 整流、 C_1 滤波及 R_1 、 R_2 降压至 24 V, 继电器 KA 通电动作, 其常开触点 KA1 闭合后, 110 V 交流电压又经 T_1 电源变压器降压, 从其次级输出交流电压给电热丝通电使其发热对塑料件进行封口, 封口结束后, 控制电路动作, 继电器 KA 线圈断电释放, KA1 打开, 电热丝停止加热。放开手柄, SA1 断开, 整机断电。

2. 工作原理

图 3-31 所示电路的工作原理可从以下两个方面来进行分析说明。

(1) 塑料封口过程

当 SA1 闭合的瞬间, 控制电路得电, R_2 电阻器降压后的 +24 V 直流电压通过 R_3 、RP1 对 C_2 进行充电, 由于 C_2 上的电压不会突变, C_2 相当于短路状态, 使 VT1 基极等效于接地, 故 VT1 不会工作, 发射极无电流, R_4 两端无电压产生, SCR 无触发电压而不会导通。这样, R_2 电阻器降压后的 +24 V 电压加到 KA 继电器线圈与发光二极管 LED1 串联电路上, 使 LED1 导通发光, 以示塑料封口机进入封口工作状态; 同时, KA 继电器线圈中的电流通路形成而吸合, 其常开触点 KA1 闭合后, 为降压变压器 T_1 提供 110 V 交流电压, 由其降压后驱动电热丝发热进行塑料封口。

(2) SCR 导通过程

随着 C_2 电容器上充电电荷的逐渐增加, 其上的端电压逐渐上升。当该电压达到一定值时, 就会使 VT1 导通, +24 V 电压就会经 VT1 导通的 c-e 结使 VD3 齐纳击穿, 进而在 R_4 两端产生压降, 触发 SCR 导通, 使 KA 继电器线圈与 LED1 串联电路的两端被短路, KA 线圈和 LED1 均失电, KA1 断开, 电热丝失电停止加热, 只有 SA1 断开时 SCR 才会停止导通。

当 SCR 导通以后, C_2 立即经 VD2、SCR 迅速放电, 为下一次使用做好准备。

VD2 构成 C_2 的放电通路, VD3 用于提高 VT1 射极电位, 相应抬高 VT1 导通所需基极电压, 消除 C_2 残留电荷的干扰, 另一方面, 使 SCR 所得触发信号迅速达到设定值, 二者均可提高电路工作的可靠性。

提示:

调整 RP1 可改变 RC 时间常数, 进而会使 VT1 延迟导通的时间改变, 由此就改变了电热丝通电加热的时间, 从而适应不同厚度材料封口的需要。

3.13.2 读识晶体管式塑料封口机控制电路

图 3-32 所示是由 3 只晶体管构成的台式塑料封口机控制电路, 适用于塑料生产企业对塑料件进行封口。

随着 C_2 电容器的放电，当放电至低于 VT_1 的截止电压时， VT_1 、 VT_2 同时截止， KAJ 释放，完成一次封口任务。

调节 RP_1 的阻值可改变封口的时间， VD_2 为封口计时电路提供稳定的电源。

3.13.3 读识时基电路式塑料封口机控制电路

图 3-33 所示是由 NE555 构成的塑料封口机控制电路。广泛应用于食品、药品、日化以及各种电子、机械零配件等塑料包装袋的封口。

1. 识图指导

图 3-33 所示电路中的 IC_1 与其外围元器件组成了延时控制电路，电热装置则由加热变压器 T_2 和铁铬铝扁热丝 HL 组成； T_1 为电源变压器； LED_1 为电源指示发光二极管； LED_2 为热合指示发光二极管； LED_3 为冷却指示发光二极管。

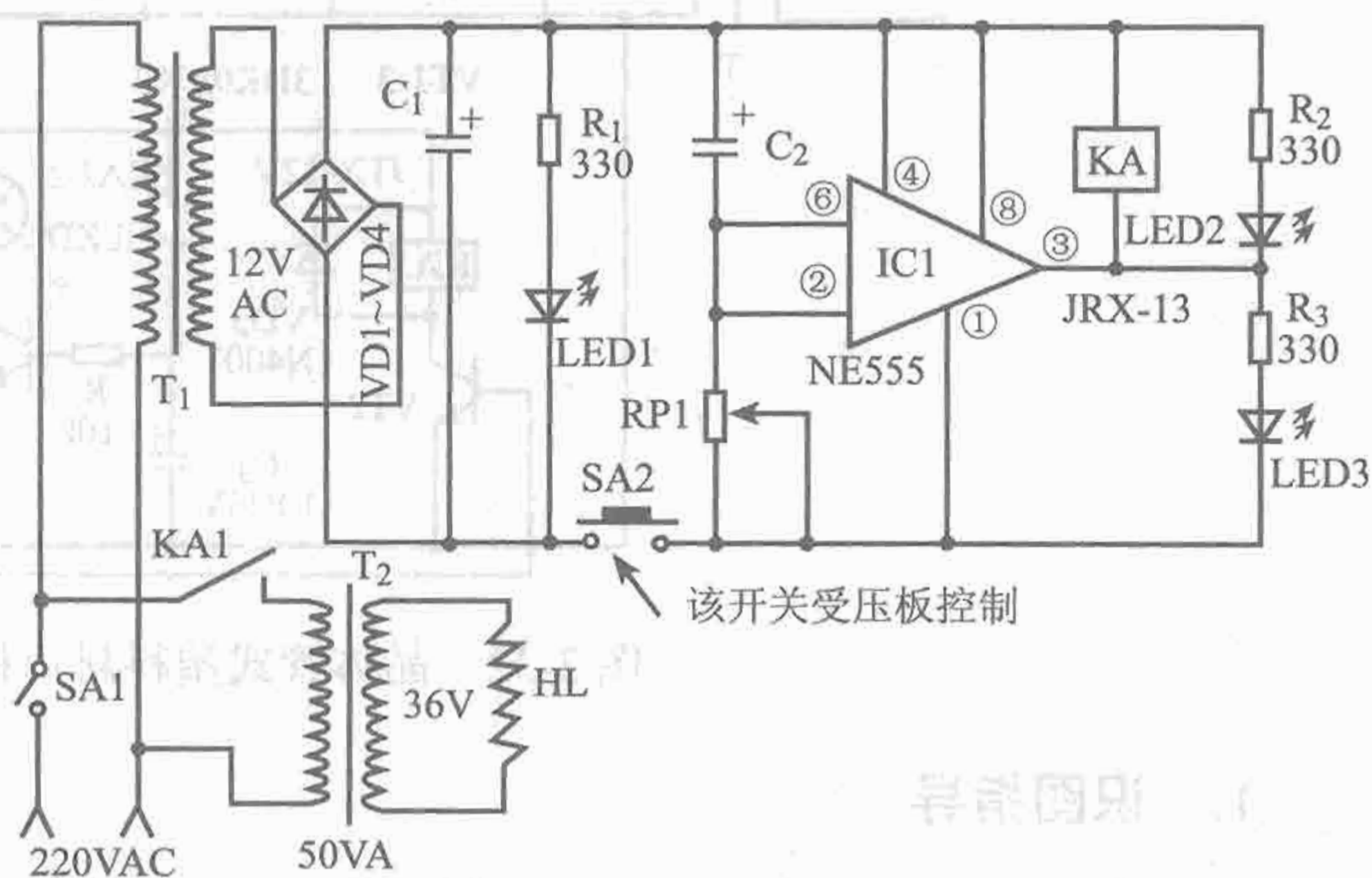


图 3-33 由 NE555 构成的塑料封口机控制电路

2. 工作原理

图 3-33 所示电路的工作原理可从以下两个方面来进行分析说明。

(1) 供电电路

220 V 交流电源一路加到封口加热变压器 T_2 初级与 KA_1 触点串联电路；另一路加到电源变压器 T_1 的初级，经变压后从其次级输出 12 V 的交流低压，该电压经 $VD_1 \sim VD_4$ (1N4004 \times 4) 桥式整流、 C_1 (1000 μ F) 滤波，得到的直流电压，一方面经 R_1 电阻器降压限流使 LED_1 导通发光，以示电源已进入工作状态；另一方面为控制电路提供工作电源。

(2) 封口控制过程

当需要进行封口时，将压板紧紧压下，从而带动微动开关 SA_2 被接通，控制电路得电，NE555 的②脚得到一正向脉冲（由于电容器 C_2 上的电压不会突变之故），其③脚输出低电平，该信号一方面使热合发光二极管 LED_2 点亮；另一方面也使 KA 继电器线圈得电工作，其常开触点 KA_1 闭合，使加热变压器 T_2 初级得电工作，从其次级输出 36 V 交流电压使扁热丝 HL 加热，使塑料袋被封口。

此后，电源通过 RP_1 对 C_2 进行充电，使 IC_1 ②脚电位逐渐下降，经 1~2 s 延时后，电路翻转， IC_1 的③脚由低电平翻转为高电平，使继电器 KA 释放，其常开触点 KA_1 复位断开，扁热丝 HL 停止发热， LED_2 发光二极管熄灭，冷却指示灯 LED_3 得电导通发光。

最后，放开压板，微动开关 SA_2 随之断开，至此完成了一次封口过程。

提示：

电位器 RP_1 可用来调节延迟时间，可根据不同厚度和材料的塑料袋，选用不同的加热时间，以满足封口要求。

第4章 电力系统输配电和低压电路识图技巧

电能不能大量的存储，故电能的生产、传输和使用必须同时进行。由此就形成了一个发电→供电→用电的整体，称为电力系统。

4.1 读识电力网、变配电电路的方法与步骤

在电力系统中，发电厂送出的电能要送到用户，必须由各种电力线路输送。为了提高输送效率，减少线路中的损耗，因此要用高压电线路来输送电能。

电力系统是指：发电、输电、变电和用电组成的“整体”，通常又把发电与用电之间属于输送和分配的中间环节称为电力网，电力系统的组成可用图4-1所示的简图来表示。

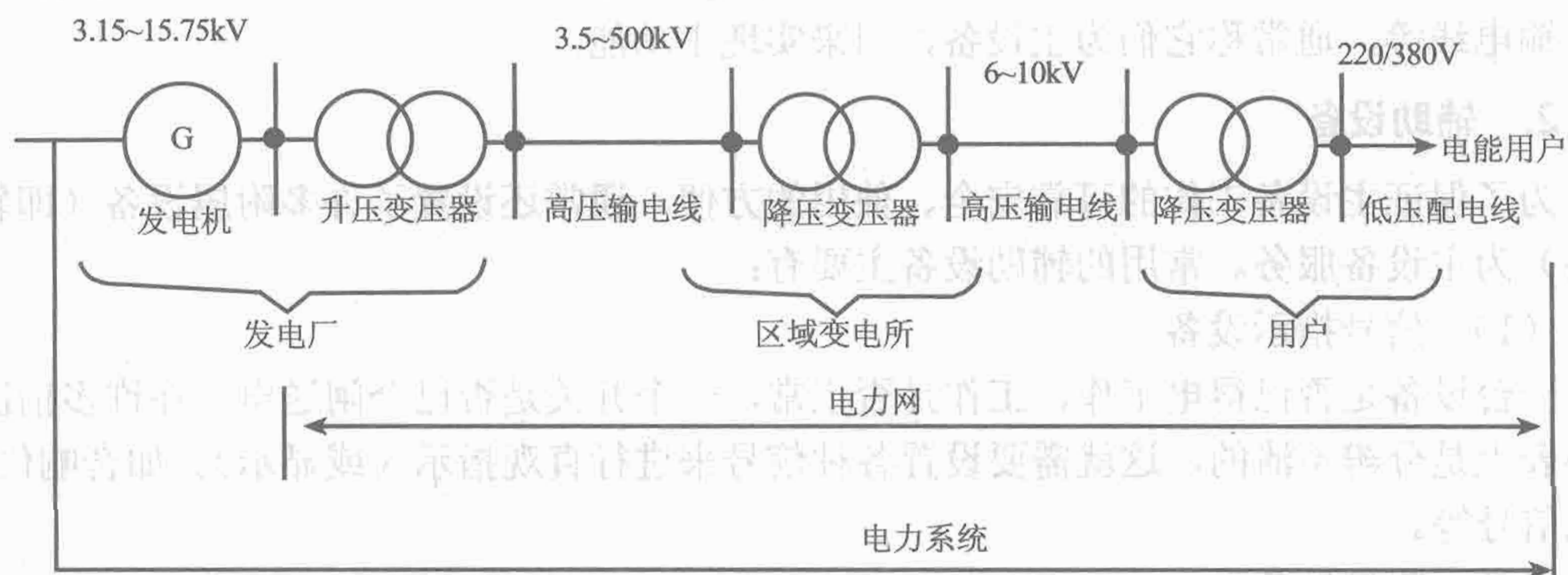


图 4-1 电力系统构成原理示意图

(1) 发电厂

发电厂按所用的能源不同，可分为火力发电厂、水力发电厂、原子能发电厂以及风力、地热、太阳能发电厂等。目前，我国仍以火力发电厂和水力发电厂占主导地位，原子能发电发展也很迅速。

(2) 升压

由于发电机的绝缘与运行安全的需要，发电厂的发电机发出的电压不是太高，一般在 3.15 ~ 15.75 kV 之间。因此，通常是将发电机输出的电压升压以后再经输电线路输送出去。

(3) 高压输电

根据电学的原理可知，当输送的电力（电功率）一定时，电压越高则电流越小，输电线路上的功率损耗也越小。电力的输送采用高电压正是基于这一原理来实现的。采用高电压输送时，由于输送的电流小，故可以减小输电导线的截面积。目前，我国高压输电电压等级主要有：35 kV、110 kV、220 kV、330 kV、500 kV 几种。

高压输电大多采用架空线形式，通常多采用钢芯铝绞线，通过绝缘瓷瓶将导线悬挂或支撑在铁塔或电杆上。每个高压瓷瓶约能承受 10 kV 电压，使用中可根据线路电压的高低

及受力的情况串接不同数量的瓷瓶。

(4) 变电（一次降压）

对于大容量的电网，当高压电输送至用户处时，先要经过一次变电（降压），即将电压降至 380 V 以后再分配给各个用电户。

(5) 配电

常见的配电电压有 6~10 kV 高压和 220 V 与 380 V 低压两种。以满足不同的需要。后者是由配电变压器进行第二次降压（即将 6~10 kV 高压进一步降压）后得到的。

4.1.1 电力系统电路图类型

电力系统电路图主要有主电路和辅助电路图两大类。其中：

- 主电路图：又称为一次系统图或一次回路图。
- 辅助电路图：又称为二次系统图或二次回路图。

1. 主设备

实现电能转换和传输的发、供、用电设备较多，例如：发电机、变压器、电动机、开关、输电线等，通常称它们为主设备，用来实现主功能。

2. 辅助设备

为了保证主设备工作的可靠安全、使用的方便，通常还设置了许多附属设备（即辅助设备）为主设备服务。常用的辅助设备主要有：

(1) 信号指示设备

一台设备是否已得电工作，工作是否正常，一个开关是否已合闸送电。在许多情况下从外表上是分辨不清的，这就需要设置各种信号来进行直观指示（或显示）。如音响信号、灯光信号等。

(2) 测量设备

灯光与音响信号仅能表示设备的大致工作情况，对于设备的详细运行状态以及其供电电源的质量就无能为力了，这就必须借助仪器、仪表来对各种电气参量进行监视测量，例如测量电压、频率的高低，电流、功率的大小，电能的多少等。常用的测量设备如电压表、电流表、电能表、功率表、相位表、频率表等。

(3) 保护设备

电气设备与电路在运行过程中，难免不会出现问题，如过载、过压、短路等，这就需要有一些保护装置来反映这些不正常的情况并对设备进行相应的保护（切换或断开负载或电源等），这些设备即为保护设置。

(4) 自动控制系统

对于某些高电压、大电流的开关设备，有的体积很大，并安装在一些不易（或不准）用手动操作的场合，这就需要有一套电气自动控制与电气操作系统。

(5) 辅助电路图

上述这些用来对主设备与系统进行监视、测量、保护及自动控制的设备，就称为辅助设备。把各种辅助设备按一定要求，一定顺序连接起来，用来表述电气工作原理的电路，即称为辅助电路图；用来说明电气安装接线的，称为辅助接线图。如果主要用于电气控制，

又可称为控制电路图和控制接线图。

3. 辅助电路图的特点

辅助电路图是电气图中的重要组成部分，与其他电气图相比，往往显得较复杂。主要特点归纳起来有以下两方面：

(1) 辅助设备数量较多

通常，在一张电气图上辅助设备比主设备要多得多。并且随着主设备电压等级的升高、容量的增大，要求的自动化操作与保护系统也越来越复杂，辅助设备的种类和数量也将越来越多。

(2) 辅助电路连线复杂

由于辅助设备数量较多，故连接辅助设备之间的连接线也很多，比主设备的连线要复杂的多。

4. 辅助电路图的类型

在电气图中，为了准确、简明地表示辅助电路的原理和接线，辅助电路图和接线图有以下两种：

(1) 电路图

辅助电路图中常见有集中式电路图、半集中式电路图、分开式电路图。

(2) 接线图

辅助接线图中常见有单元接线图或接线表、端子接线图或接线表、辅助电缆配置图或配置表、辅助设备平面布置图等。

辅助电路图通常是遵守电路图的有关规定；辅助接线图、表是遵守接线图和接线表的有关规定。

4.1.2 读识电力网、变配电电路图要领

一套复杂的电力系统、变配电系统主电路图总是由许多基本电气图组成的。掌握基本电气系统图主电路的特点及其阅读方法是阅读较复杂的电力系统、变配电系统主电路图的基础。

1. 电力系统主电路图识图要领

电力系统的主电路图的形式很多，但看图的方法是一致的，看主电路图一般可从主变压器开始，了解主变压器的技术参数，然后向上看其高压一次侧的接线，再看其低压侧的接线。可按电能的输送路径，即电源进线→母线→开关设备→馈线等的顺序进行。

(1) 主电路图主要电气设备符号

变配电系统的电气主接线（又称一次接线）是指由各种开关电器、电力变压器、母线、电力电缆、并联电容器等电气设备按一定的次序连接的接受电能和分配电能的电路。它是电气设备选择及确定配电装置安装方式的依据，也是运行人员进行各种倒闸操作和事故处理的重要依据。

变配电系统主接线的主要电气设备符号及其含义如图 4-2、4-3 所示。用规定的图例符号表示主要电气设备在电路图中连接的相互关系，称为电气主接线图。电气主接线图通常以单线图形式表示：在个别情况下，当三相电路中设备不对称时，则部分地用三线图表示。

设备名称	文字符号	图形符号	设备名称	文字符号	图形符号
变压器	T或TM		母线	W	
自耦变压器	TA		火花间隙	FV	
电流互感器	TA		避雷器	F	
电压互感器	TV		中性线	N	
电抗器	L		接地	E	
分裂电抗器	L		故障	d	

图 4-2 主电路主要电气设备符号及其含义 (1)

设备名称	文字符号	图形符号	设备名称	文字符号	图形符号
断路器	QF		闪燃、击穿		
负荷开关	Q		导线对地绝缘击穿		
隔离开关	QS		导线间绝缘击穿		
熔断器	FU		电动机	M	
跌开式熔断器	FU		发电机	G	
具有中间断开位置的双向隔离开关	QS		电容器	C	
	FU		照明灯	EL	

图 4-3 主电路主要电气设备符号及其含义 (2)

(2) 主电路图上主要参量说明

为了完善电气系统主电路图的功能,以便于编制详细的技术文件和供安装、操作、维修时参考,在电气系统的主电路图上通常还标注有与电气系统有关的一些参数,如安装容量、计算容量、负荷等级、线路电压损失等。对前两者的含义说明如下:

● 安装容量

所谓安装容量是指:某一电气系统或某一供电线路(干线)上安装的用电设备(包括暂时不用的设备,但不包含备用的设备)铭牌上所写的额定容量之和,通常用字母符号 P 表示安装容量,用 S 表示实际安装容量,单位为 KW 或 KVA,安装容量又称为设备容量。通常电气系统的安装容量 P 还应除以平均功率因数 $\text{Cos } \phi$,才为实际的安装容量 S 。它们之间的关系为:

$$S = P / \text{Cos } \phi$$

● 计算容量

通常,电气系统或干线上虽然安装了许多用电设备,但这些设备不一定都满载运行,也不一定同时都在工作,还有一些设备的工作是短暂的或间断的。因此,就不能完全根据安装容量的大小来确定地线和开关设备的规格。大量的实验表明,导体发热约要持续 30 min 左右才会升高至稳定的温度。故而在电气工程上通常将每隔 30 min 的负荷,绘制成负荷大小与时间关系的负荷曲线,其中的负荷最大值就被叫为计算容量;通常用字母及下标符号 P_{30} 、 S_{30} 、 Q_{30} 或 P_{js} 、 S_{js} 、 Q_{js} 来表示,其对应的电流就称做计算电流,用字母及下标符号 I_{30} 或 I_{js} 来表示。

对于三相用电系统来说,其计算电流表达式为:

$$I_{js} = S_{js} / (\sqrt{3} U_N) = P_{js} / (\sqrt{3} \cdot U_N) \cdot \text{Cos } \phi \cdot \eta$$

式中 U_N —额定电压值;

$\text{Cos } \phi$ —负荷的平均功率因数;

η —电气设备的平均效率。

● 需要系数

计算容量计算起来比较复杂,通常采用较简便的需要系数法来确定。需要系数是一种考虑了设备是否满负载、是否同时运行以及设备工作效率等因素而确定的一种综合系数,通常用字母 K 表示。 K 是一个小于 1 的数。

根据需要系数确定计算容量的计算公式为:

$$P_{js} = K \cdot P_s \cdot Q_{js}$$

式中 P_{js} —计算容量(有功计算负荷)。

Q_{js} —无功容量(无功计算负荷)。

P_s —设备的容量。

K —需要系数。

2. 电力系统辅助电路图识图要领

电力系统中的辅助电路图是一种由辅助设备(例如控制开关、继电器、监测仪表、自动装置、信号元件、控制电缆等)组成的电气连接电路。用于对主电路进行监测,并对主

电路进行控制。一旦主设备出现故障时，继电保护可以把故障部分迅速切除，并发出信号，以保证主设备安全、可靠、合理地工作。

辅助设备都为低压设备。读识这类电路的要领有以下几点：

(1) 先概略了解电路的全部内容

在读识辅助电路图时，先概略地了解一下电路的全部内容，如图样的名称、设备明细表、设计说明等，然后再大致看一遍图样的主要内容，尤其应看一下与辅助电路有关的主电路的连接情况，以此来准确地把握图样所表现的主题。

(2) 熟知开关触点的状态

在辅助电路图中，各种开关的触点均是按起始状态时的位置而画成的，通常是按钮未按下，开关未合闸，继电器线圈未通电、触点未动作时的状态。但在读识电路时，不能完全按起始状态来分析，否则很难读通电路的工作过程。

为了看图的方便，在有些电气辅助图中，还将图样或图样的一部分改画成某种带电状态的图，以使看图方便，这类图通常称为状态分析图。

(3) 熟知分开画法的规律

在辅助电路图中，同一设备的各个元件处于不同回路位置或不同图纸上的情况较多，这就是分开表示法。对于这类设备的电路，读图时，应从整体上去了解各个元件的作用。

对于辅助开关的开关状态：应从主开关的开合状态去进行分析。

对于继电器的开合状态：应从继电器线圈带电状态或其他感受元件的工作状态去分析。一般情况下，继电器的触点都为执行元件，可从其触点看线圈的状态。

顺便说明的是：在辅助电路图中，继电器是组成继电保护和自动装置的基本元件，工厂企业使用的继电器大多为电磁式或感应式，但继电器的基本工作原理大致相同：

- 当继电器线圈中通入的电流达到一定值时，其就会自动动作，带动触点闭合或打开。
- 当通过继电器线圈的电流或电压降到一定数值后，在反作用弹簧的作用下，继电器自动返回到原始状态。

故在读识继电器电路图时，可先看其线圈的物理变化，再看其触点的通、断状态。

(4) 复杂电路划分为基本电路读识

任何一个复杂的辅助电路，都是由多个基本电路（也称为单元电路）、基本环节根据不同的要求组合而成的。故在读识这类复杂电路时，可将其划分成若干部分来读识，由易到难、层层深入，分别将各个部分，各个回路看懂后，对于整个电路的读识也就不难了。

(5) 将各种图联系起来读识

辅助电路图的种类较多，如集中式辅助电路图、分开式辅助电路图、辅助电路单元接线图和接线表、辅助电路端子接线图和接线表等。对某一电气设备、装置和系统来说，这些图纸实际上是从不同的使用角度、不同的侧面，对同一对象采用不同的描述手段，故这些图纸是存在着一定的内部联系的。所以，在读识各种辅助电路图和接线图时，可以将这些图纸联系在一起读识，例如读识集中式电路图可以与分开式电路图相联系；读接线图可与电路图结合读识，由此就可使再复杂的电路也能被读懂。

3. 电力系统辅助电路图识图方法

读识辅助电路之前,可先搞清楚读识电路的继电保护装置的动作原理及其功能和图上所标符号表示的设备名称,然后再读图纸。看图的顺序通常可按先交流、后直流,交流看电源、直流找线圈,并抓住触点一个一个地读识。也可从上到下,从左到右一个不漏地读通各个供电回路。

(1) 先读交流回路

先读交流回路是指先对辅助电路的交流回路一一读懂以后,然后再根据交流回路的电气元件工作情况及特点,再读直流回路。交流回路通常都比较简单,比较容易看懂。

(2) 交流看电源,直流找线圈

读识交流回路可从电源入手。交流回路通常有电压回路和电流回路两种情况,可先识别出哪些是电流互感器,哪些为电压互感器。这两种互感器中传送的电流或电压各有什么作用,与直流回路之间有什么关系,这些电气量是由哪些继电器反应出来的,采用什么样的符号表示的,进一步再找与其相应的触点回路。当把每组互感器的辅助回路中所接的每个继电器一个一个读识完,并搞清楚它们设置在什么回路,与哪些回路有关系以后,读识整张图也就容易了。

(3) 读清每一个触点回路

读识辅助电路时,再找到继电器的线圈以后,进一步找出与之相应的触点。根据触点的闭合或断开导致的回路变化的情况,再进一步分析,直到查清整个控制回路的动作过程。

4. 需要说明的问题

读识辅助电路时,还要知道以下一些看图规律:

(1) 交、直流母线与其他线的区别

在辅助电路图中,直流母线或交流电压母线是用粗线条来表示的,用于区别其他回路的联络线。

(2) 文字符号方面

继电器的文字符号与其本身触点的文字符号相同;继电器与各种电器元件的文字符号与相应集中式接线图中的文字符号一致。

交流回路的标号除了采用三位数以外,前面还加注有文字符号。

(3) 编号(标号)方面

- 辅助电路回路多标注有固定的编号,如断路器的跳闸回路用 33, 133, 233, 333 等,合闸回路用 3, 103 等。
- 直流正极通常用奇数顺序编号,负极回路则按偶数顺序编号。回路经过元件(如电容器、电阻器、线圈等)后,其标号也随之改变。
- 继电器的触点和电器元件之间的连接线段大都有数字编号,或称为回路标号。
- 辅助电路的各种小母线和辅助小母线大都有标号。

(4) 标注方面

辅助电路中继电器和每一个小的逻辑回路的作用大都在分开式图的右侧注明。个别继电器或该继电器的触点如在另一纸图中表示,则多在图纸上标有去向,对任何引进触点或回路有的也标注有来处。

4.2 读识变电、配电系统电路

电力网是将各电压等级的输电线路与各种类型的变电所连接而成的网络。电力网分为输电网和配电网。

(1) 输电网：是以高压电甚至超高压将发电厂、变电所之间连接起来的送电网络，是电力系统的主网架。

(2) 配电网：是直接将电能送到用户的网络。该网络的电压根据用户需要而定。因此，配电网又分为高压（指 35 kV 及以上电压）配电网、中压（指 10 kV、6 kV、3 kV）配电网和低压（220 V、380 V）配电网。

4.2.1 读识变电主接线电路

工矿企业变电所主接线电路的基本形式常见有：单母线接线电路、双母线接线电路与桥式接线电路三种。下面主要对各种接线电路的特点与适用范围进行说明，供使用时参考。

1. 单母线接线电路

变电系统中的单母线接线通常可分为：单母线不分段主接线和分段主接线两种方式。

(1) 单母线不分段主接线。

单母线不分段主接线示意图如图 4-4 所示。这种接线的优点是线路简单，使用设备少，造价低。缺点是供电的可靠性和灵活性差，在对母线或母线隔离开关进行故障检修时会造用户停电，因此，它只适应于容量较小和对供电可靠性要求不高的乡镇中小型企业。

(2) 单母线分段主接线。

单母线分段主接线示意图如图 4-5 所示。单母线分段主接线克服了单母线不分段主接线的缺点可根据电源的数目把母线分段运行，也可单母线不分段运行。它可向比较重要的一级、二级负荷用户供电。

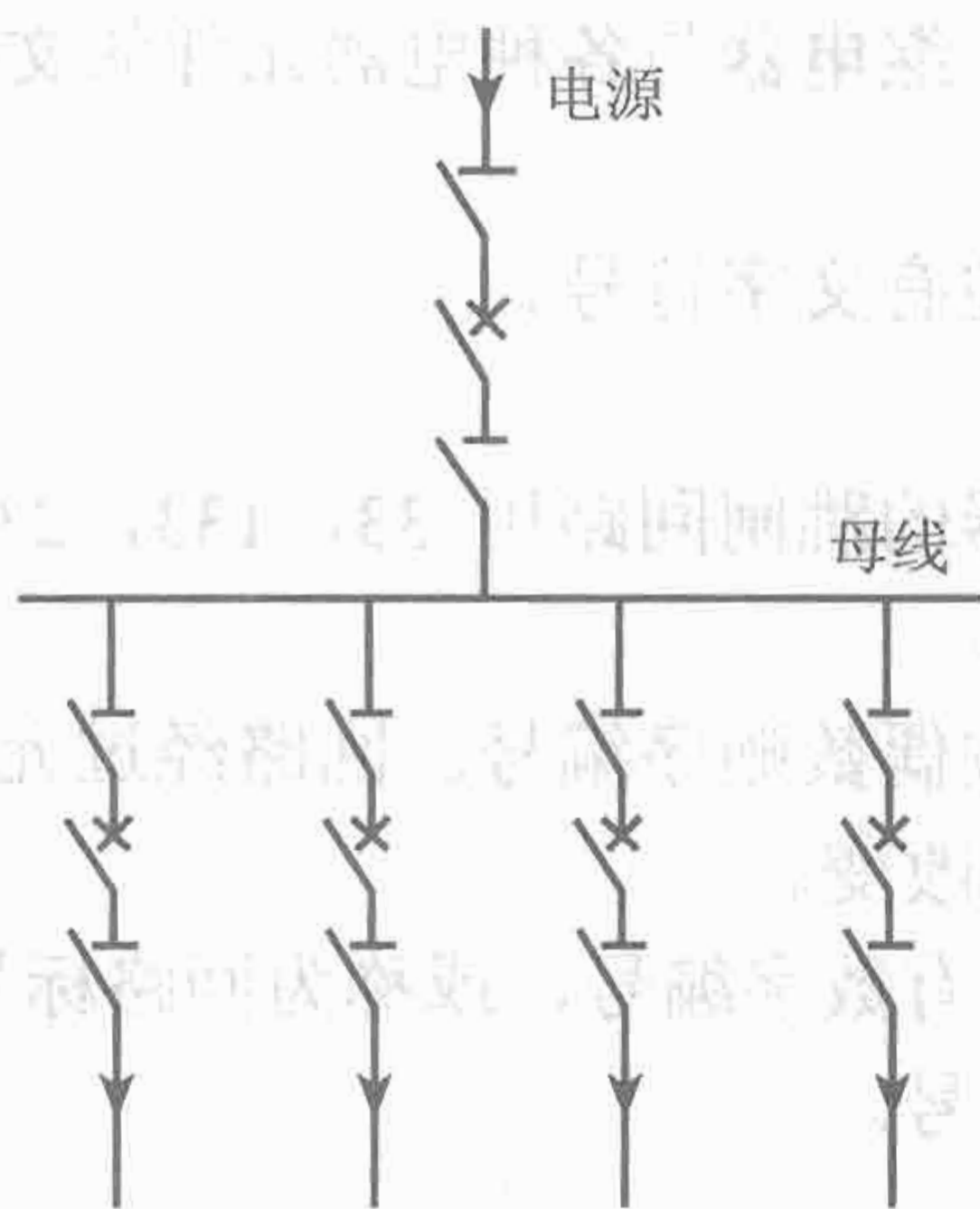


图 4-4 单母线不分段主接线示意图

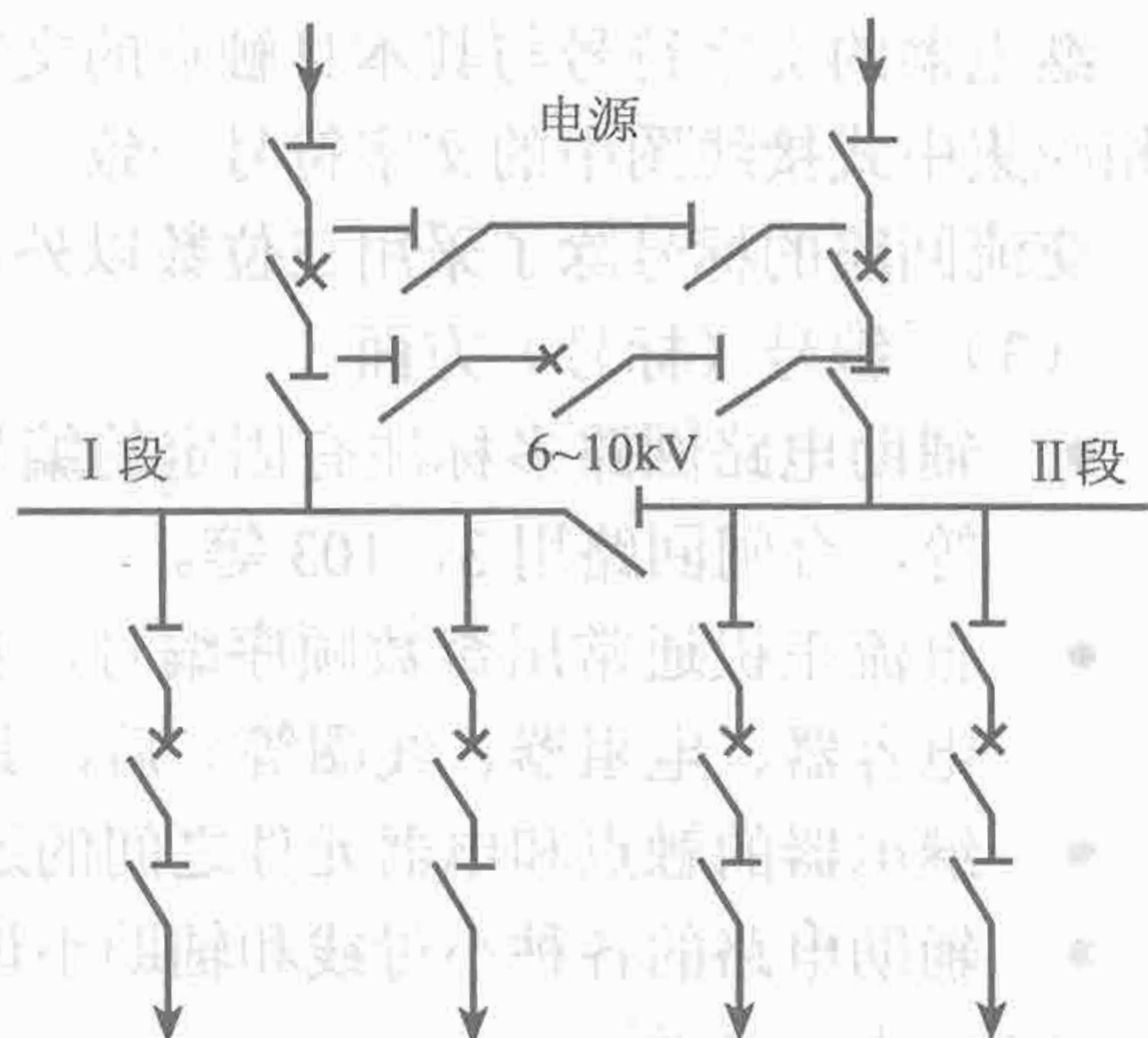


图 4-5 单母线分段主接线示意图

单母线分段主接线除按图 4-5 方式接线外,对于配电线路较多、负荷性质较重要的主变电所或高压配电所,也可采用单母线分段带旁路母线式主接线,其示意图如图 4-6 所示。它的特点是把主母线用断路器分段,且有一旁路母线配合。当检修设备时,可以利用旁路母线供电,以减少停电时间。

2. 双母线主接线。

双母线主接线克服了单母线主接线的缺点,两根母线互为备用,具有较高的可靠性和灵活性,适用于供电可靠性要求很高的大、中型发电厂和大型变电所。双母线主接线示意图如图 4-7 所示。

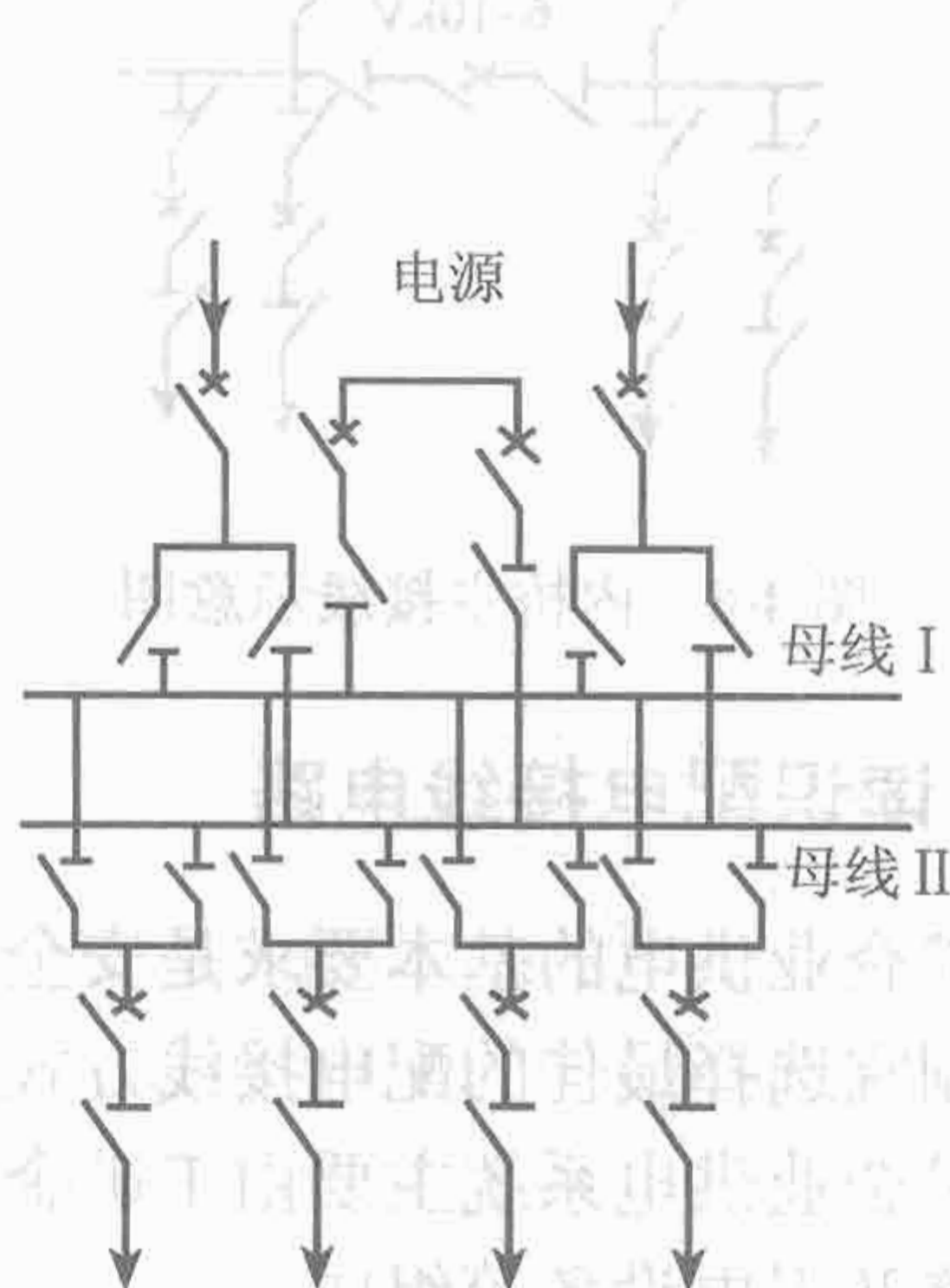
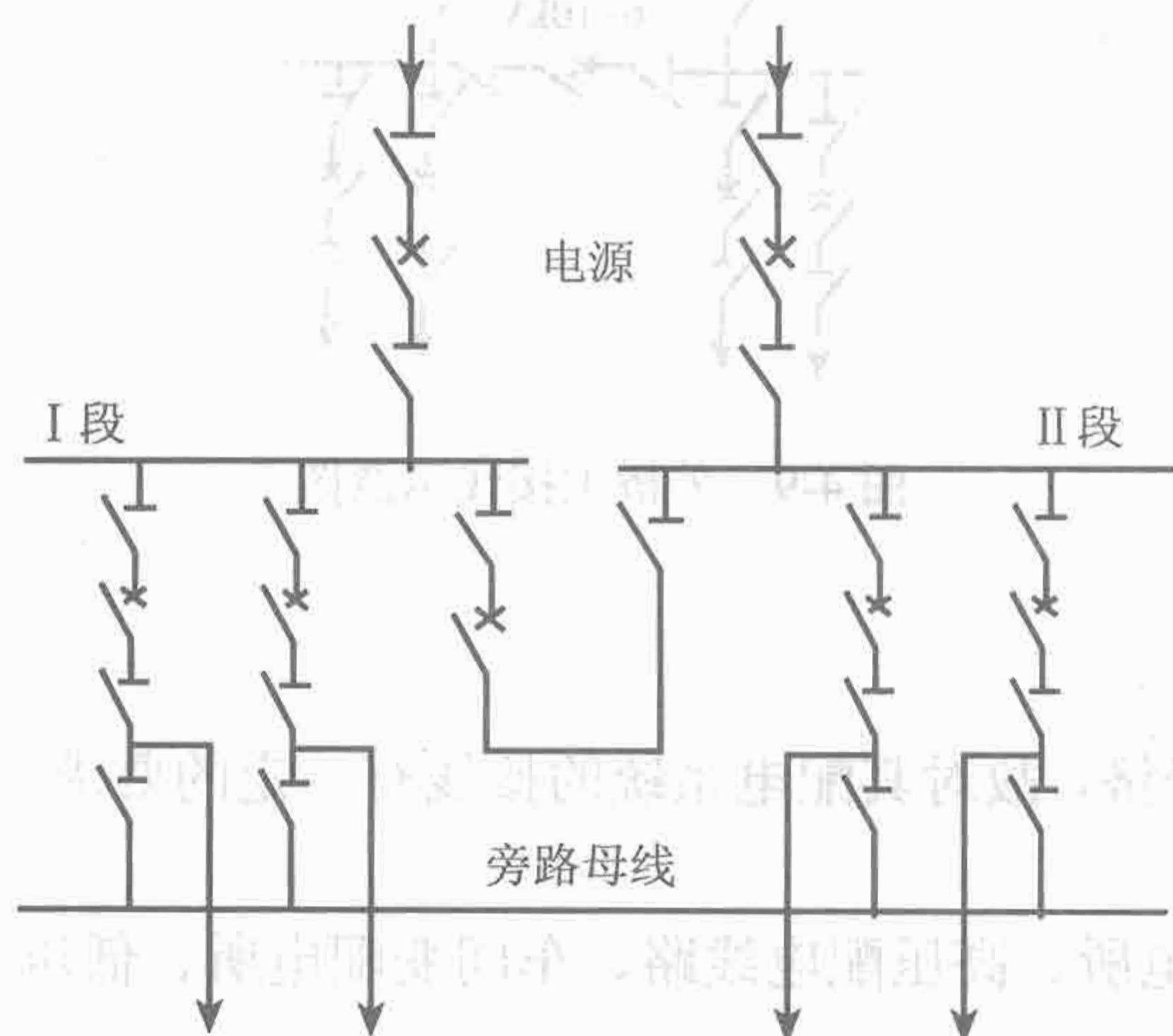


图 4-6 单母线分段带旁路母线式主接线示意图

图 4-7 双母线主接线示意图

3. 桥式主接线

桥式主接线实质上是单母线分段主接线的变形接线,适用于具有二回路电源进线,两台变压器终端的中、小企业总变电所等。其特点是有一条跨接的“桥”。它比单母线分段主接线简单,可减少断路器的数量。根据“桥”的横连位置不同,可分为内桥和外桥两种接线形式。

(1) 内桥主接线

内桥主接线示意图如图 4-8 所示。这种内接桥式的跨接桥靠近变压器侧,适用于 35 kV 以上的长线路和变压器不需经常操作的系统。它可以提高输电线路的灵活性。例如,当线路 L_1 发生故障进行检修时,把断路器 QF1 断开,此时可由线路 L_2 通过跨接桥使变压器 T_1 受电,而不致停电。当线路 L_2 发生故障进行检修时,同理可由 L_1 供电。由于可靠性高,可向一级、二级负荷用户供电。

(2) 外桥主接线

外桥主接线示意图如图 4-9 所示。将跨接桥接在靠近线路侧,使变压器的撤除和投入方便。它适用于 35 kV 以上供电线路较短且变压器需要经常操作的系统,可向一级、二级负荷用户供电。

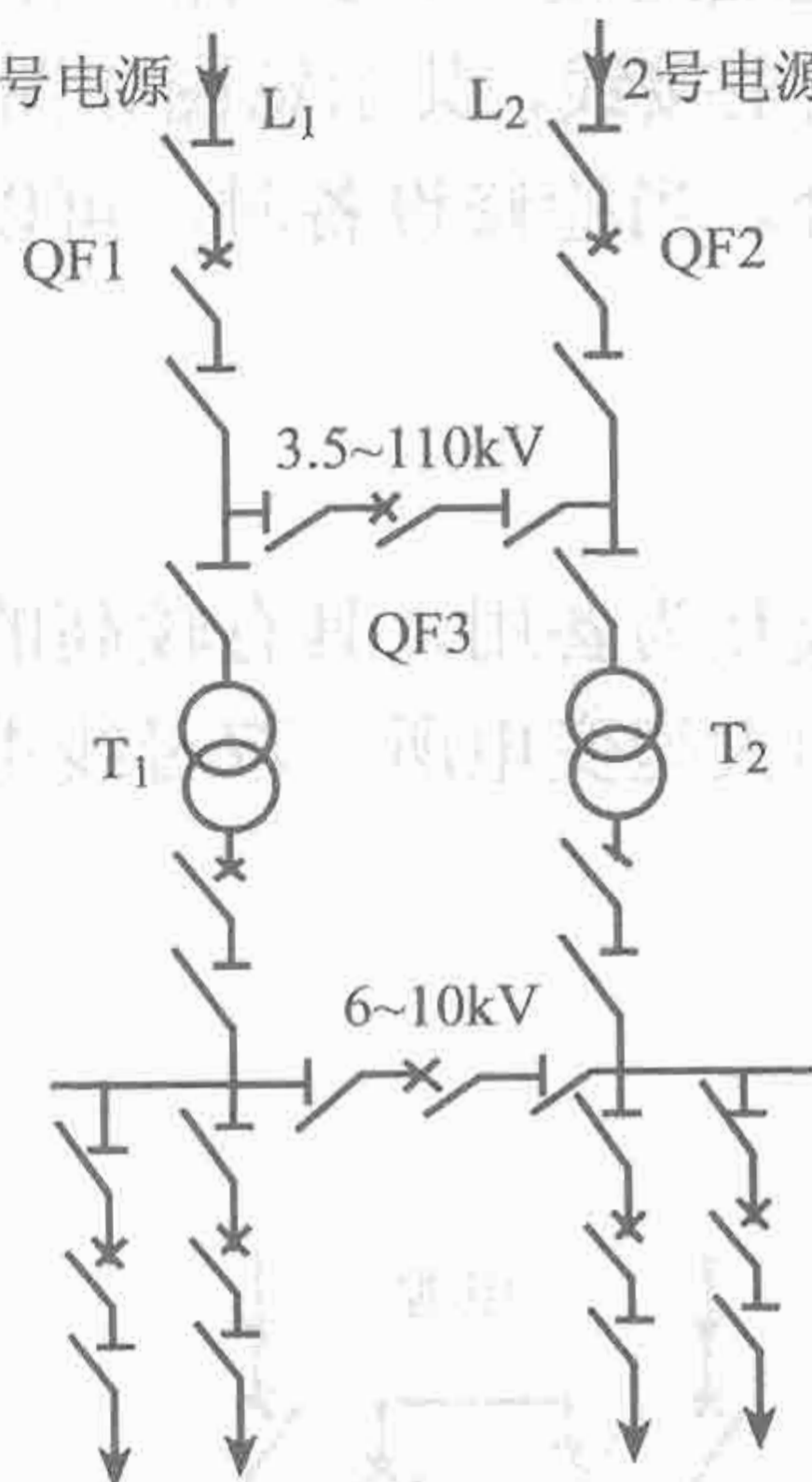


图 4-8 内桥主接线示意图

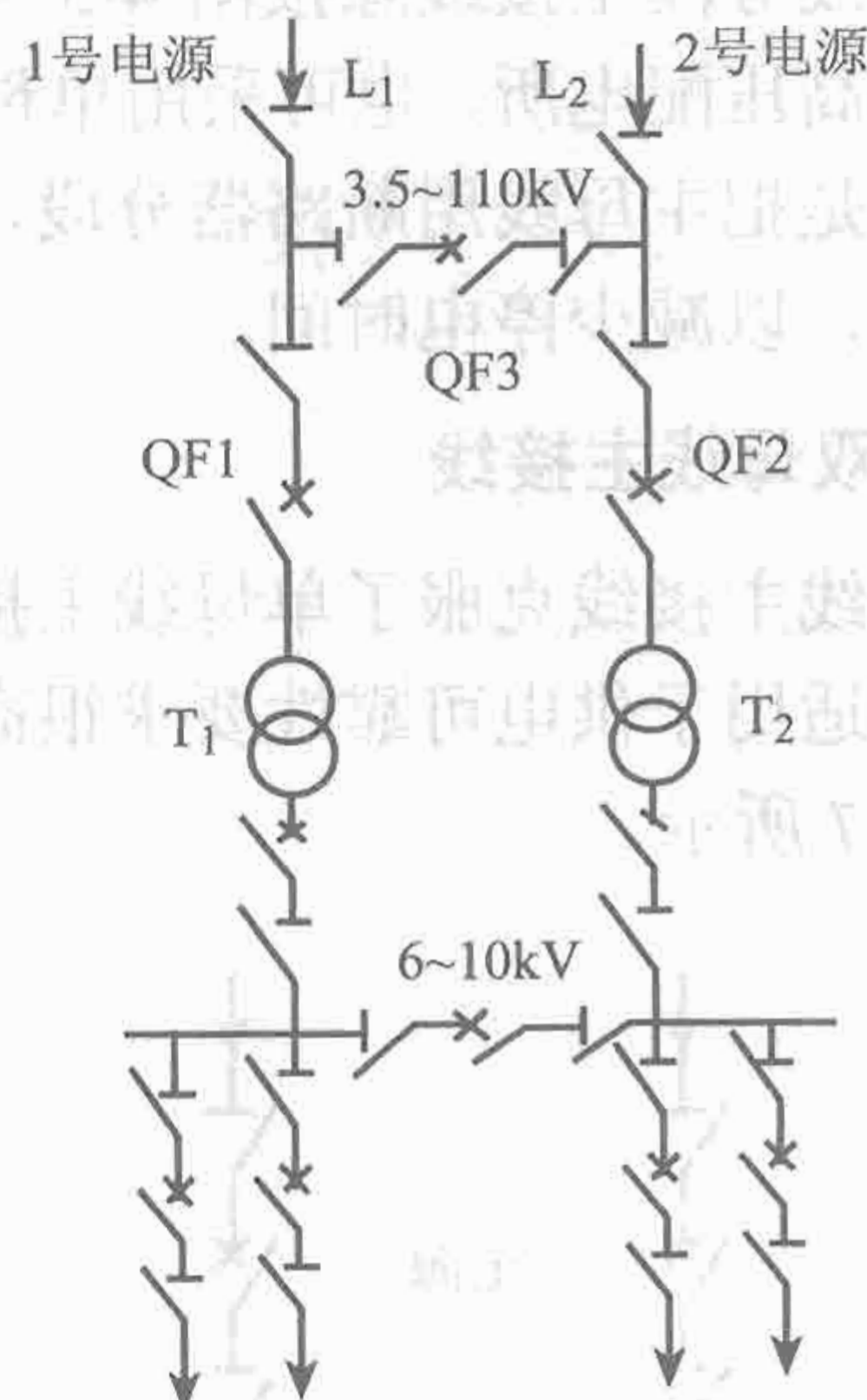


图 4-9 外桥主接线示意图

4.2.2 读识配电接线电路

工矿企业供电的基本要求是安全、可靠、经济，故对其配电系统的接线有一定的要求，要因地制宜选择最佳的配电接线方式。

工矿企业供电系统主要由工矿企业降压变电所、高压配电线路、车间变配电所、低压配电线路及用电设备等组成。

配电系统基本接线方式有放射式、树干式和环式。这3种电路的结构都十分简单，读识也十分简单，下面仅介绍各自的特点，供选用时参考。

1. 放射式供电系统

放射式供电系统的接线方式又分为三种：

(1) 简单放射式

放射式的接线方式如图 4-10 所示，该接线方式的线路敷设容易、维护方便。

简单放射式接线方式一般只适用于三级负荷和个别二级负荷。

(2) 高压侧或低压侧有联络线

高压侧或低压侧有联络线的配电系统接线方式如图 4-11 所示，这种连接方式运行中互不影响，高压侧或低压侧有联络线时，可适用于二级负荷。

(3) 两个独立电源的两条高压进线，母线分段双回路交叉供电

两个独立电源的两条高压进线，母线分段双回路交叉供电的配电系统接线方式如图 4-12 所示。这种连接方式便于装置自动化，但高压开关设备用得较多，投资也较多，可适用于一级负荷。

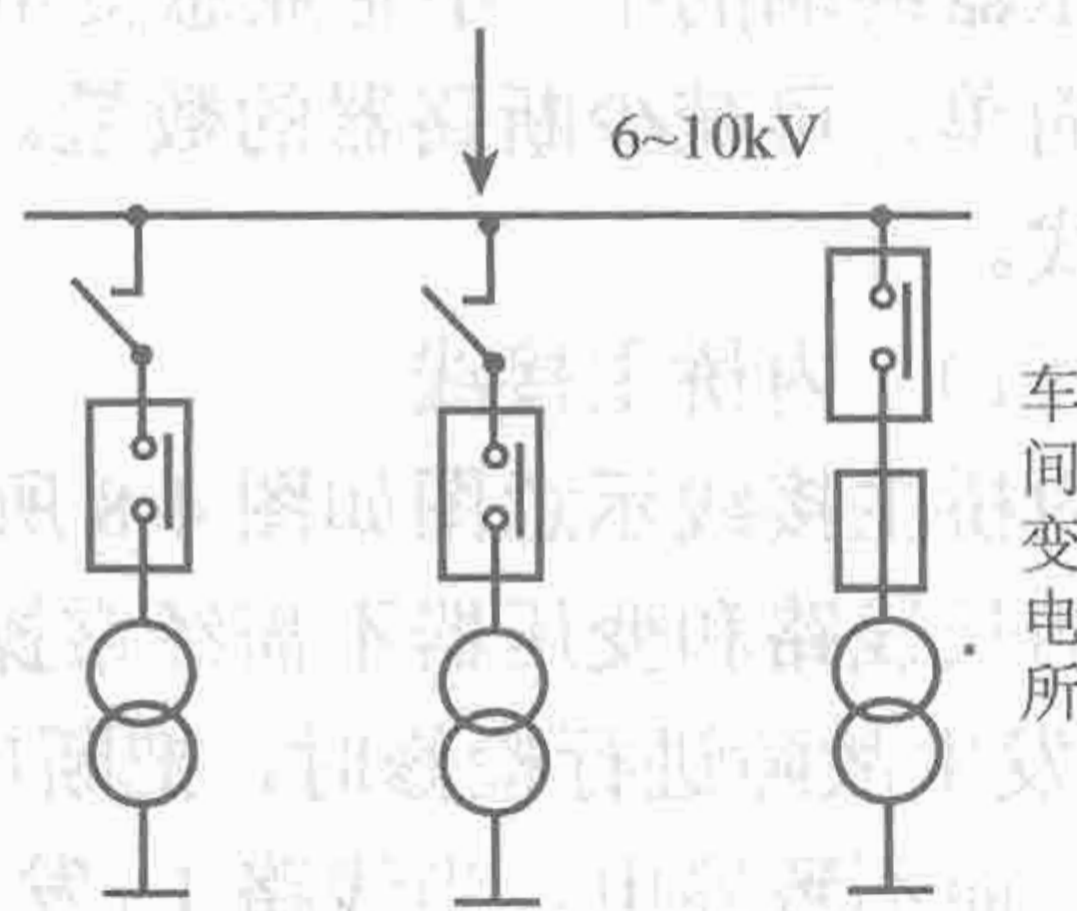


图 4-10 放射式配电系统接线方法

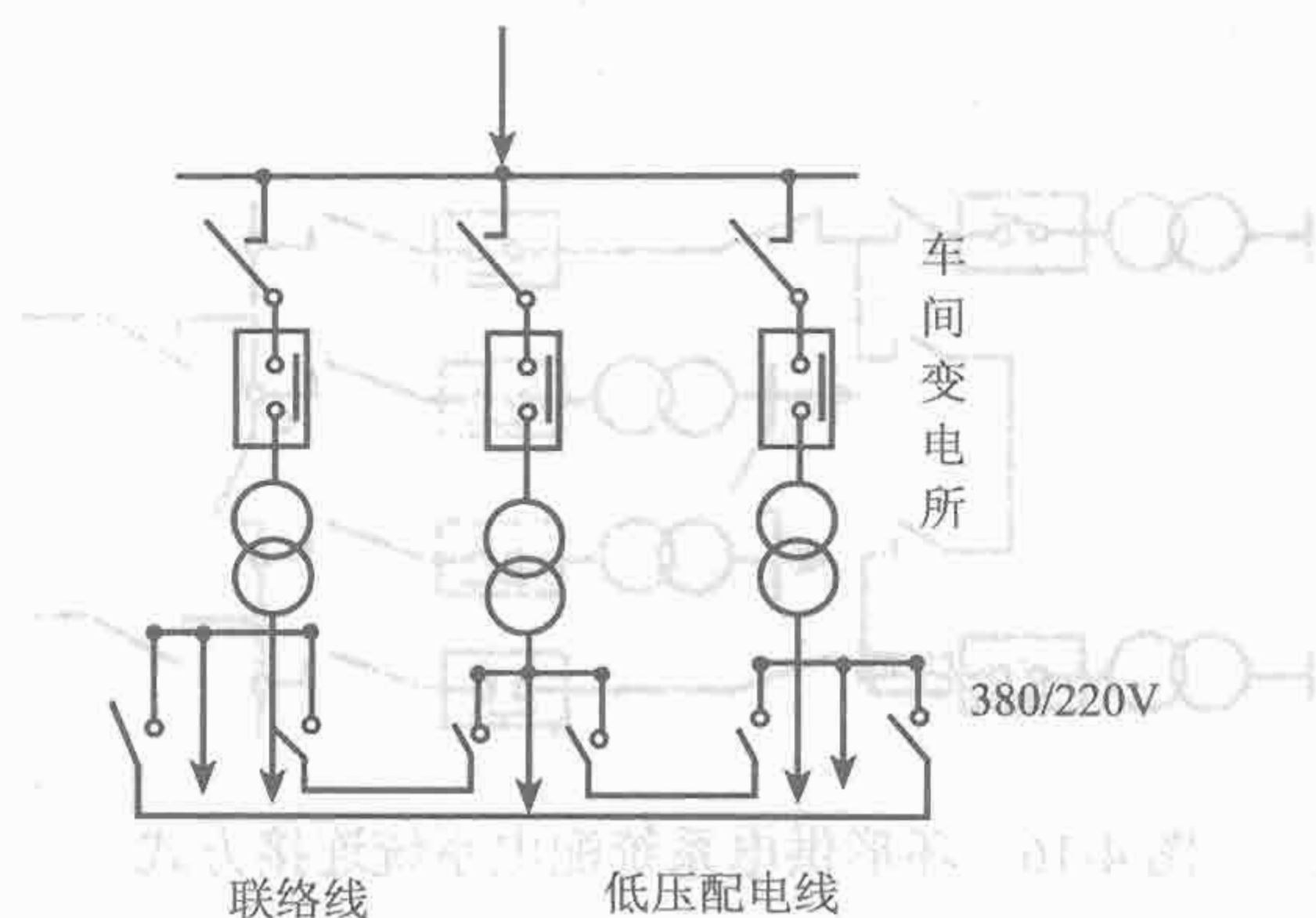


图 4-11 高压侧或低压侧有联络线

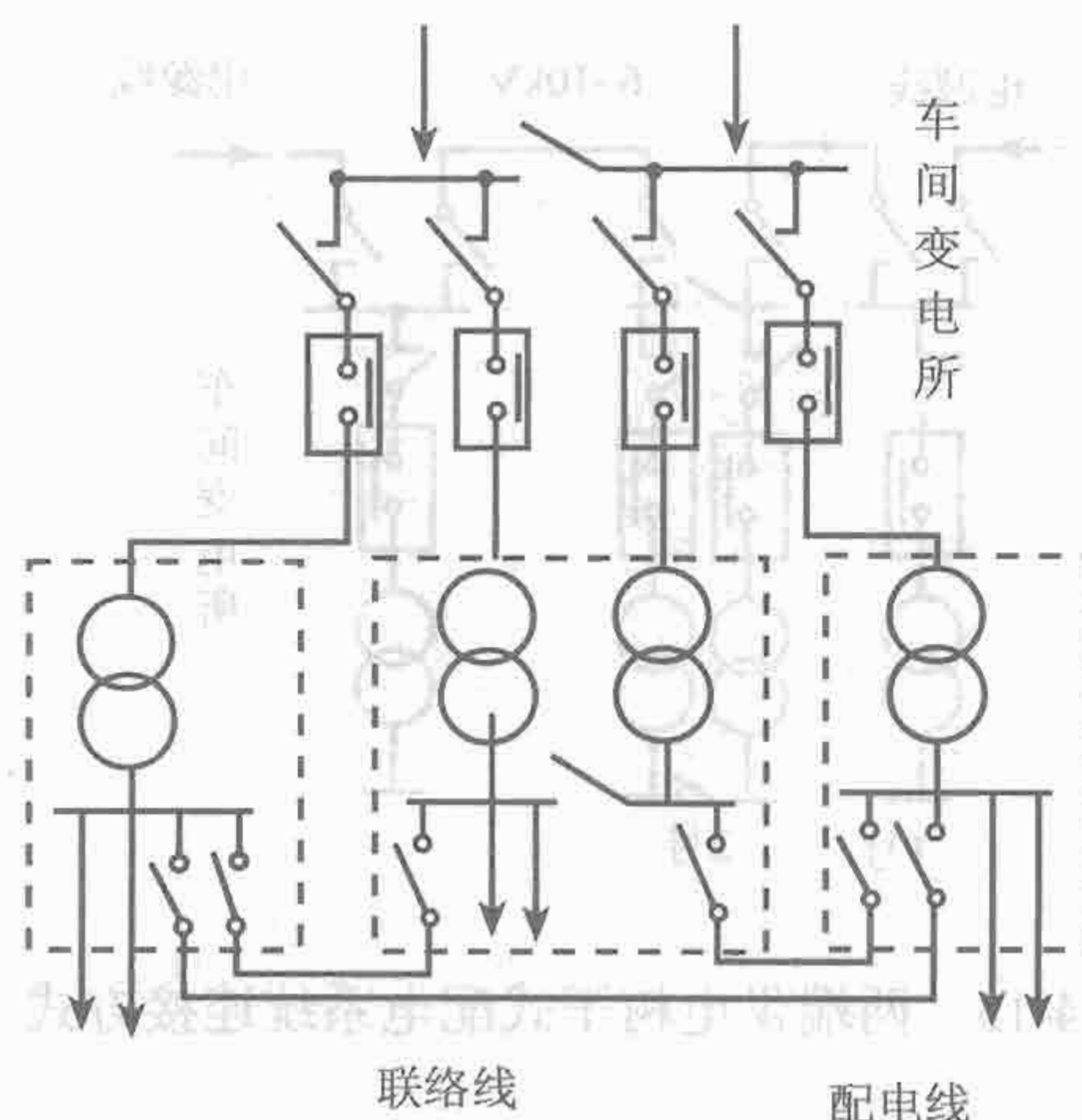


图 4-12 双电源、母线分段交叉供电

配电系统接线方式

配电系统连接方式

2. 树干供电系统

树干供电系统的连接方式也分为三种：

(1) 树干式

树干式配电系统的接线方式如图 4-13 所示，该接线方式接线简单、能减少线路的有色金属消耗量。但供电可靠性较差。树干式配电系统连接方式只适用于三级负荷。

(2) 双干线式

双干线式配系统的接线方式如图 4-14 所示，该接线方式采用的高压开关数量较少，如需装一台或二台高压开关柜，也可与低压配电屏装在一个室内。可适用于二级负荷。

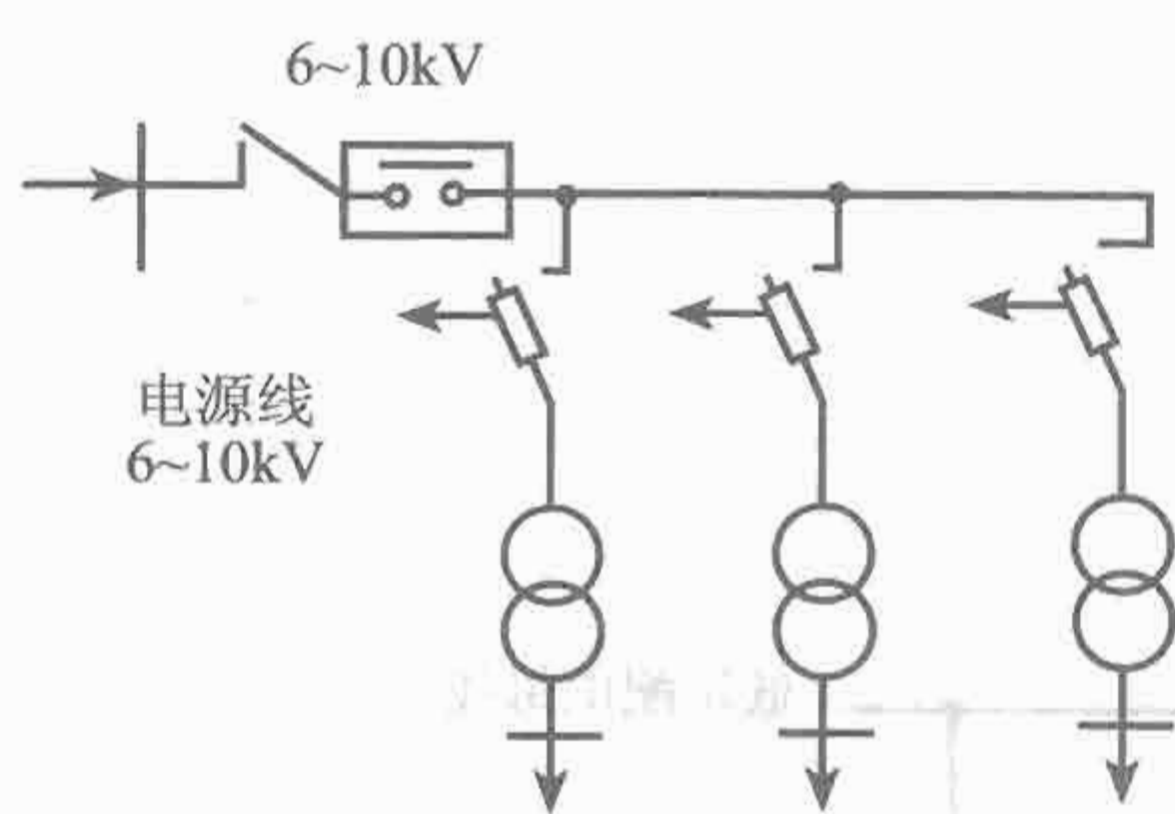


图 4-13 树干式配电系统连接方式

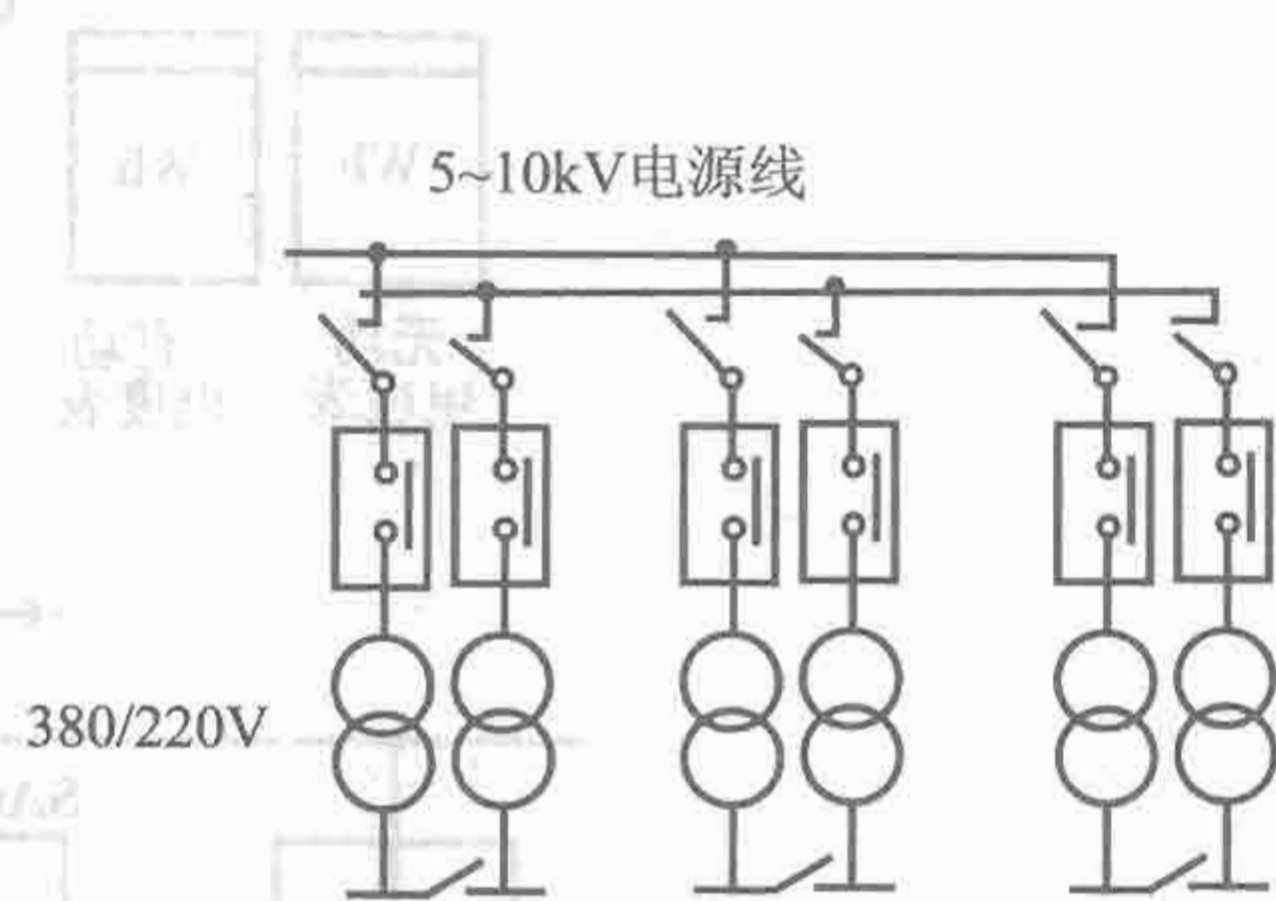


图 4-14 双干线式配电系统连接方式

(3) 两端供电树干式

两端供电的树干式接线方式如图 4-15 所示，该接线方式投资较少，但实现自动化适应性差或复杂。可适用于二级负荷，当低压侧有联络线时，甚至可以使用一级负荷。

3. 环形供电系统

环形供电系统实际上就是两端供电的树干式接线，其接线方式如图 4-16 所示，其优点与两端供电的树干式系统相同，多数环形接线采用“开口”运行方式。环形供电系统适用于二级负荷甚至一级负荷。

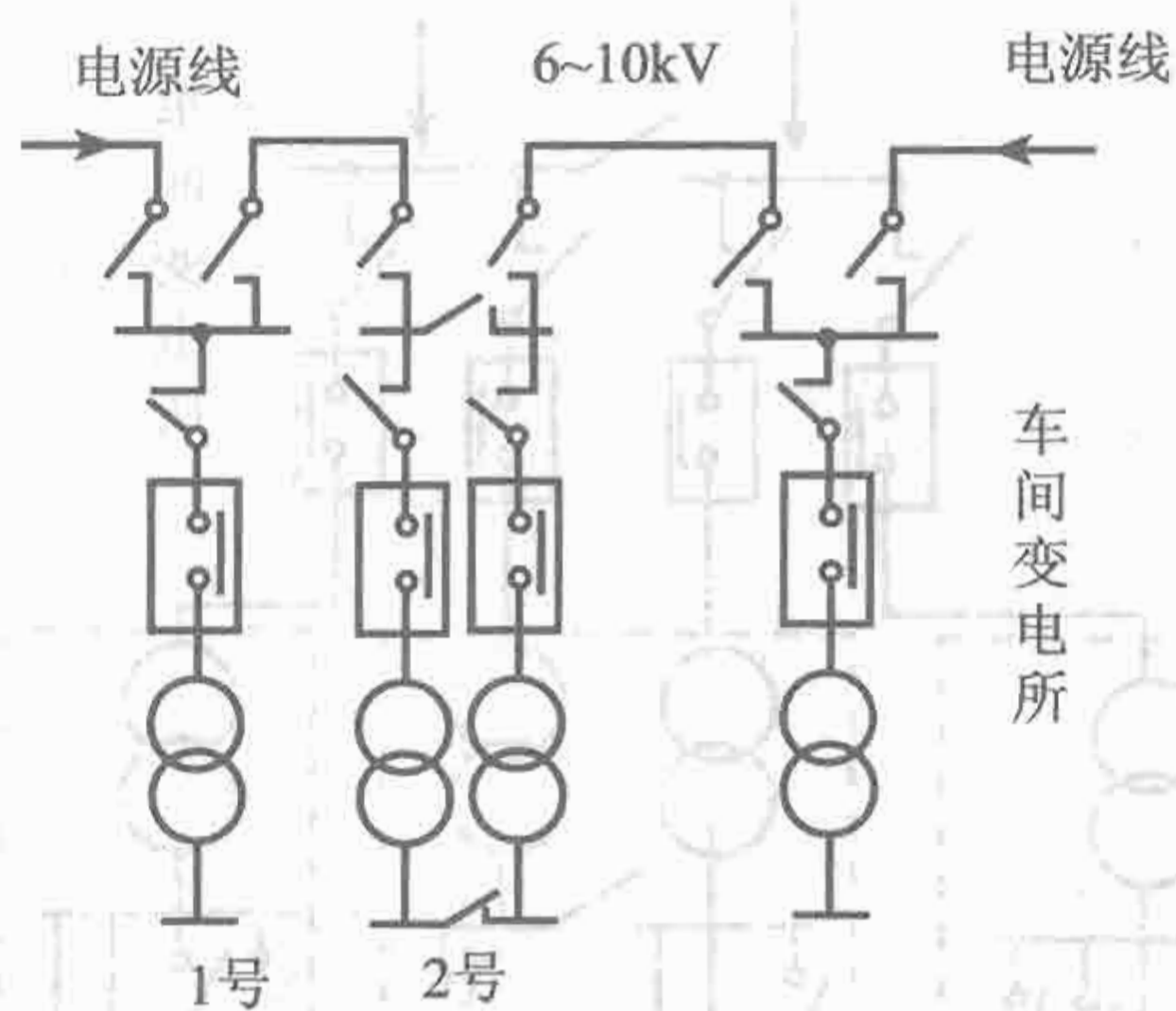


图 4-15 两端供电树干式配电系统连接方式

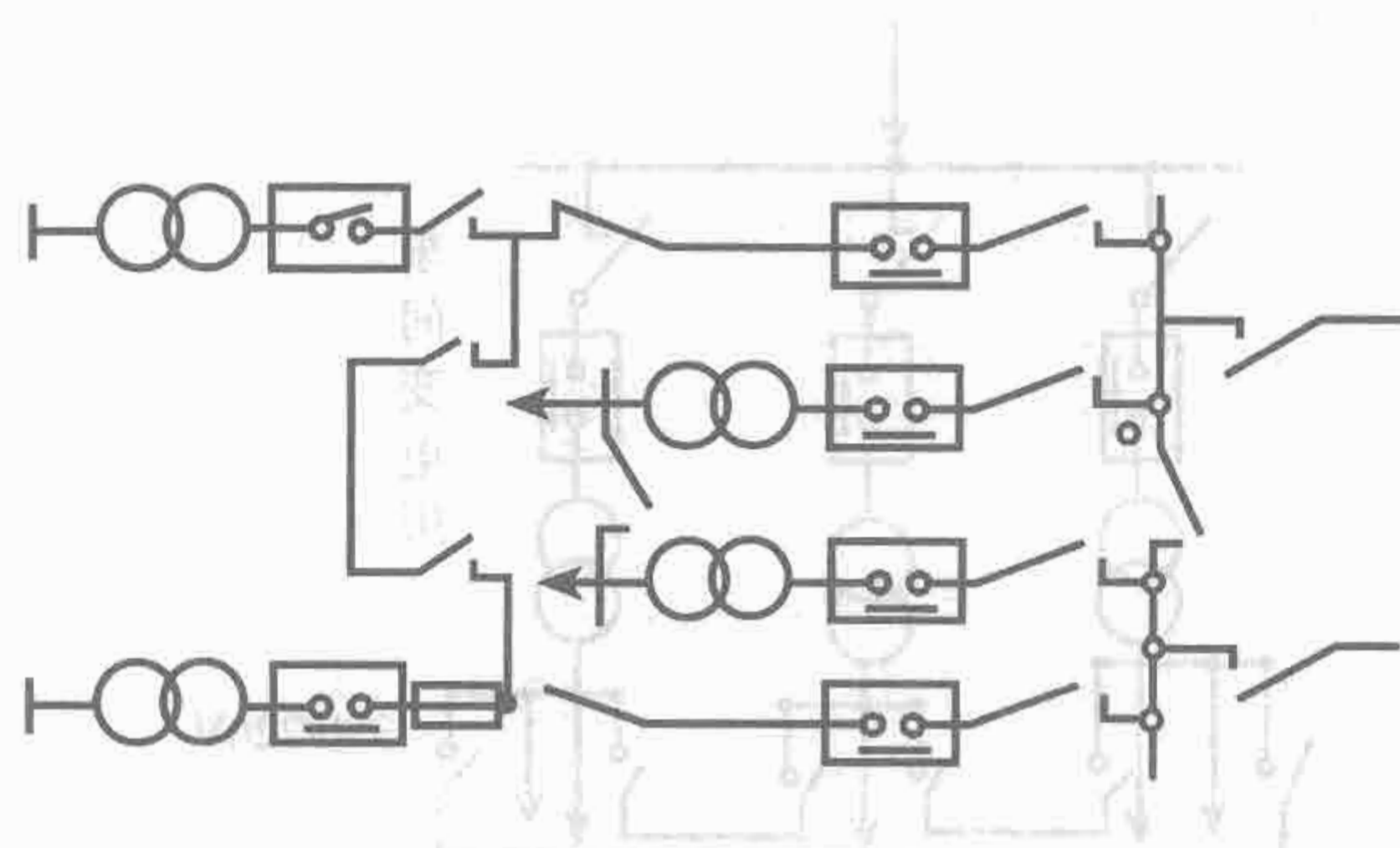


图 4-16 环形供电系统配电系统连接方式

4.2.3 读识小型变电所配电系统电路

图 4-17 所示是一种小型变电所常用的变电所配电系统电路。在中小型企业、单位应用较广。

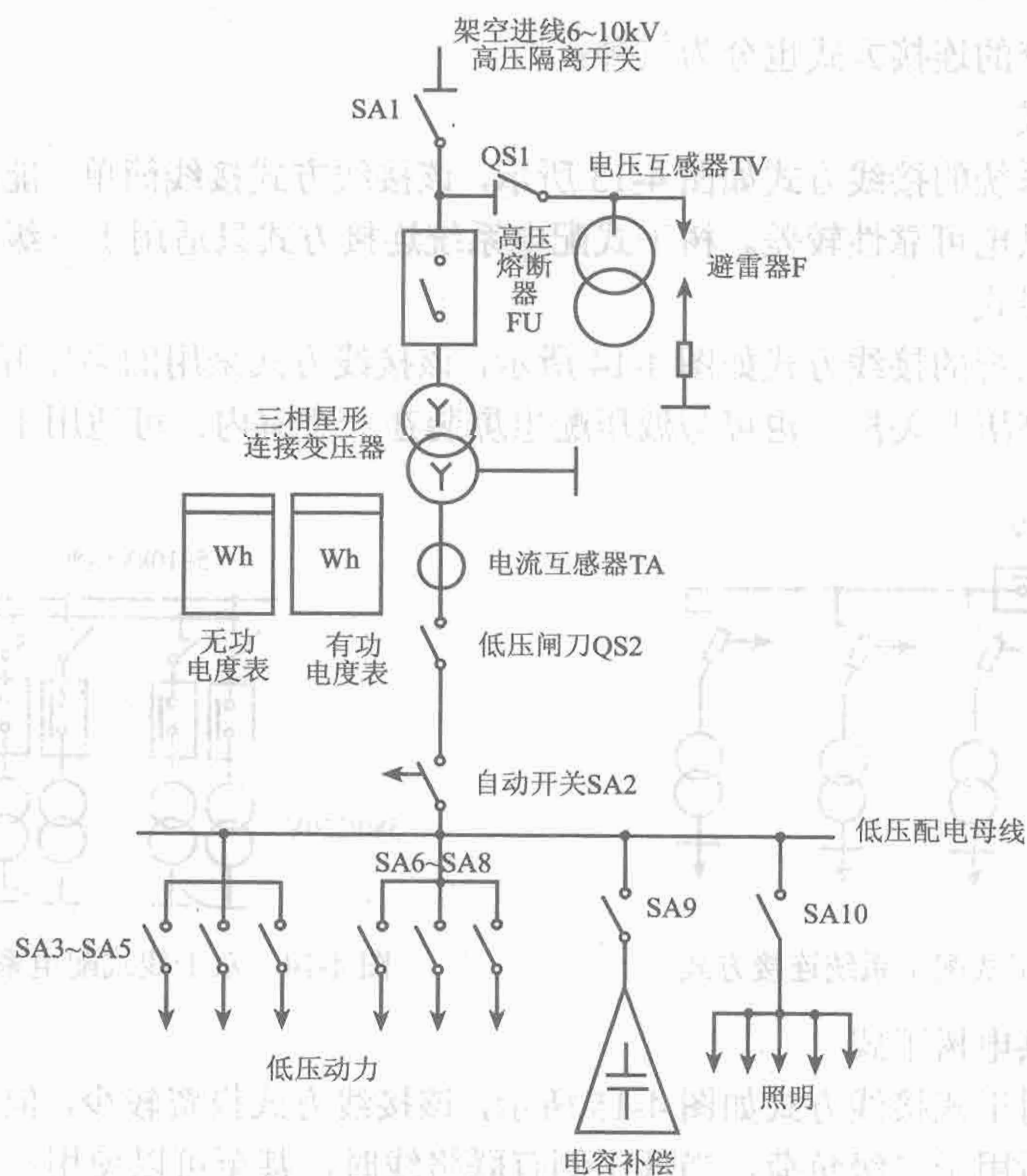


图 4-17 小型变电所配电系统电路图

1. 识图指导

读识图 4-17 所示电路图时，应先根据图形符号认识是什么元器件，为了使读者能清楚

地读懂电路图,图 4-17 所示电路中文字标注说明了各主要元器件图形符号所代表的元器件。

2. 工作原理

架空进线电压 6~10 kV 是经高压隔离开关 SA1, 高压熔断器 FU 以后进入变电所的。

为了防止雷电波沿架空线路侵入变电所, 在高压侧还安装了避雷器 F。当雷电由架空线路进入变电所后, 经 QS1 隔离开关, 由避雷器 F 引入地。高压侧还设置了电压互感器 TV。

从高压熔断器来的高压电进入三相星形连接的电力变压器变压后, 从其二次侧输出低压电。

为了测量各相负荷电流与测量电能消耗, 低压侧装设了电流互感器 TA (有的变电所在高压侧也装设了电流互感器, 用于测量包括电力变压器在内的有功与无功电能的消耗)。

电力变压器输出的低压电经低压闸刀 QS2 后加到自动开关 SA2 上。低压侧总开关 SA2 一般采用自动开关, 能够带负载操作, 而且能在过负荷、失压和短路时自动跳闸, 操作灵活方便。我国统一设计的自动开关有 DW10 系列与 DZ10 系列。

低压电通过自动开关 SA2 加到低压配电母线上, 再经过低压开关 SA3~SA10 和熔断器 (未画出), 通过架空线或电缆向各用电点输送。

4.2.4 读识架空线路单回路树干式高压配电供电系统电路

图 4-18 所示是架空线路单回路树干式高压配电供电系统电路图, 它适用于三级负荷配电。

1. 识图指导

读识图 4-18 所示电路时, 先应根据图形符号看懂各图形符号表示的是什么元器件。

图 4-18 所示电路中, T1、T2、T3 为三台变压器, 呈树干式排列。FU1~FU3 为熔断器 (或断路器), 起保护作用。

QS1~QS3 为隔离开关, 起隔离高压电源的作用, 可在检修时保证安全。1QS、2QS 为干线上的隔离开关, 其中, 1QS 为母线隔离开关, 起隔离电源作用, 供检修断路器时使用; 2QS 为线路隔离开关, 隔离用户侧反向送电或防止雷电等过电压通过线路侵入, 以保证安全, QF 为油断路器, 起切断负载电流或故障电流的作用。

2. 工作原理

6~10 kV 的高压电压→1QS 干线隔离开关→断路器 QF→干线隔离开关 2QS→架空线路后, 分三路分别经 QS1~QS3 隔离开关→FU1~FU3 保险元器件→T1~T3 电力变压器, 由电力变压器变压后给各用户供电。

提示:

对高压配电系统各开关的操作, 其断开顺序为: 先断断路器, 后断隔离开关; 闭合顺

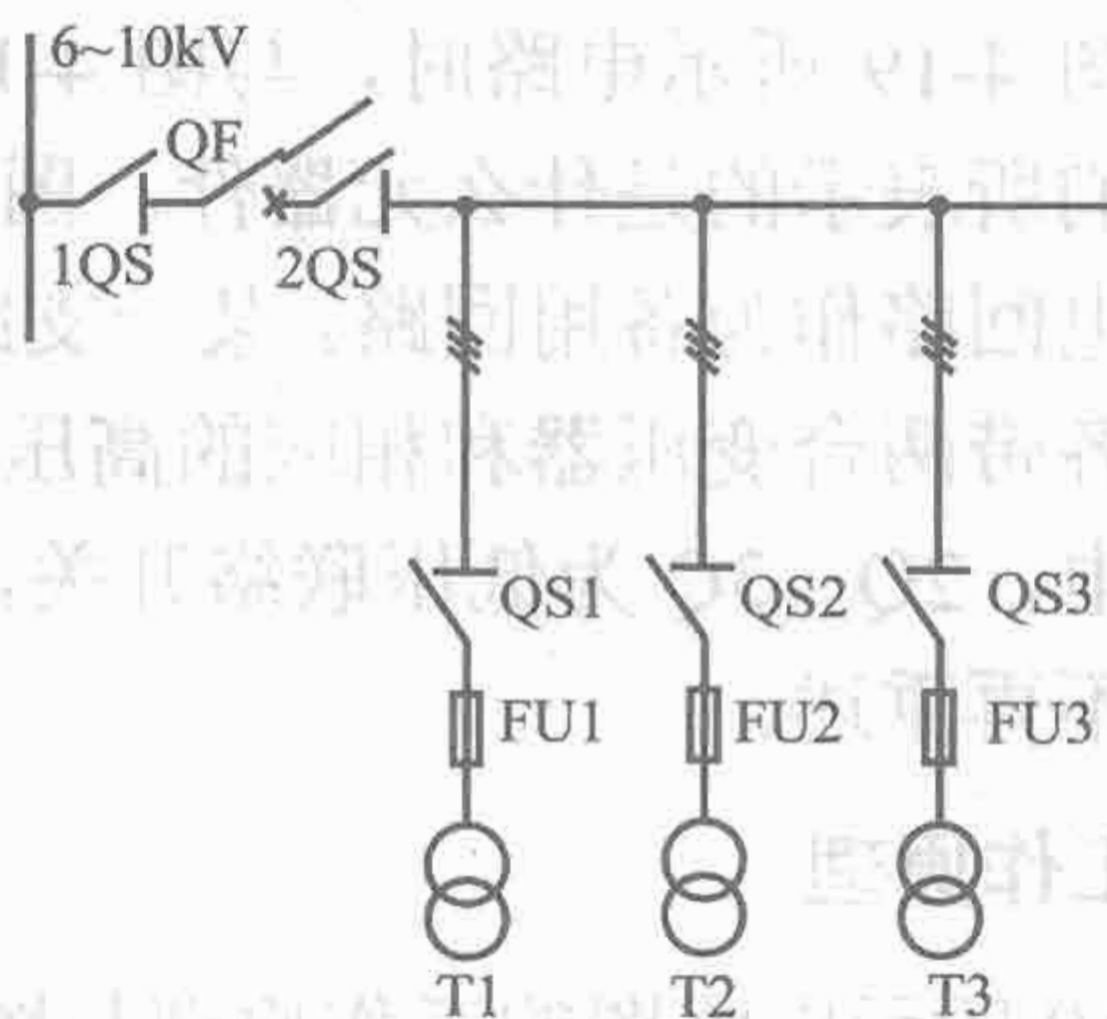


图 4-18 单回路树干式高压配电供电系统线路图

序为：先闭合隔离开关，后闭合断路器。

4.2.5 读识架空线路单侧双回路供电系统电路

图 4-19 所示是架空线路单侧双回路供电系统电路图。它适用于二、三级负荷的配电。

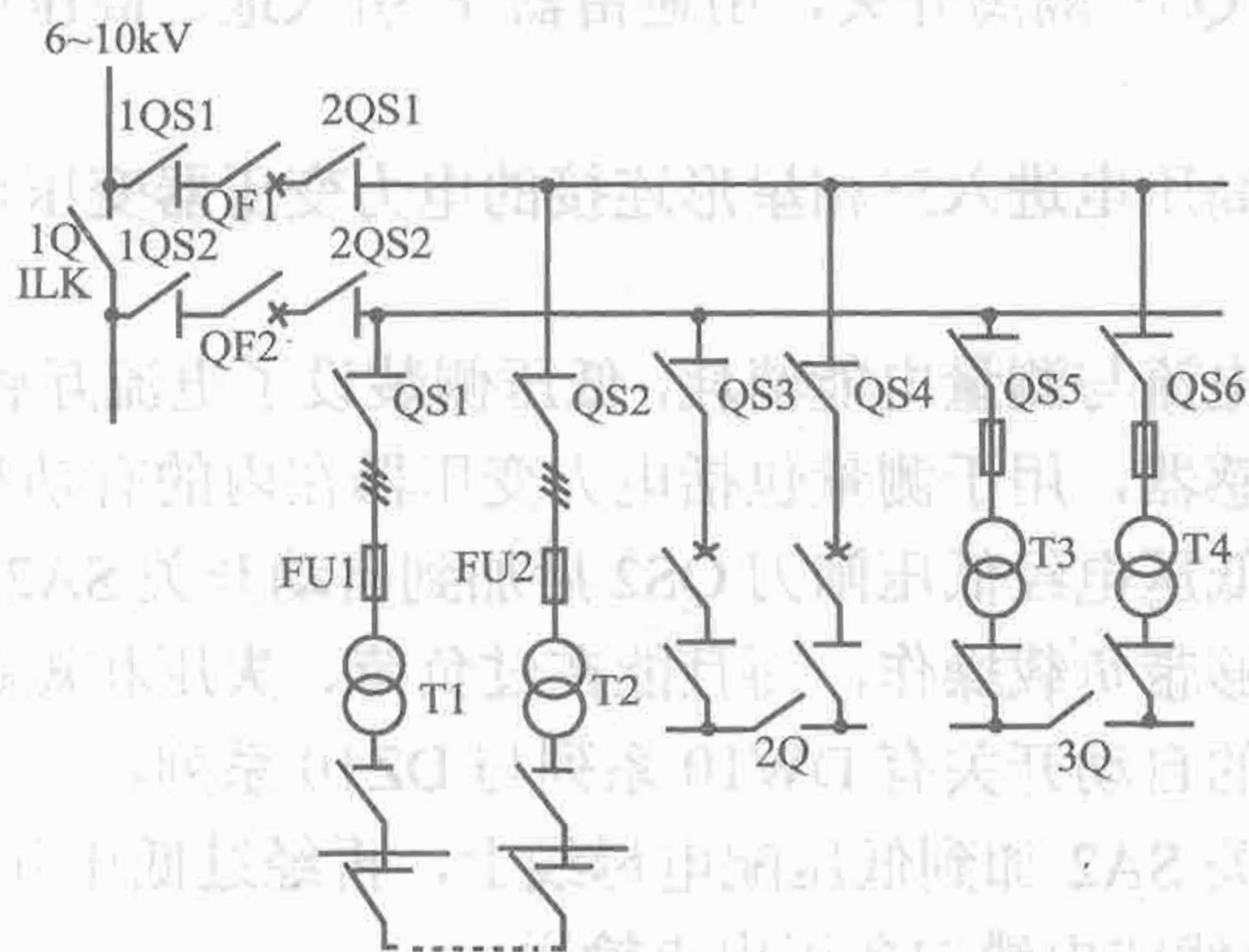


图 4-19 架空线路单侧回路供电系统电路图

1. 识图指导

读识图 4-19 所示电路时，与图 4-18 所示识图指导中的说明一样，也应先根据图形符号看懂它们所表示的是什么元器件。图 4-19 所示线路图是在图 4-18 所示的基础上又增加了一个供电回路作为备用回路。某一支路有问题时，可通过相应的开关转换使用另一支路。每条回路各带两台变压器和相应的高压用电装置。1Q 为高压联络开关，一路停电时，可由另一路供电。2Q、3Q 为低压联络开关，以保证可靠供电。其他元器件的作用与图 4-18 所示相同，不再重述。

2. 工作原理

图 4-19 所示电路图的工作原理与图 4-18 所示相同，读者可参考图 4-18 所示电路图自行分析。

4.3 读识交流并网控制电路

4.3.1 读识光耦合器式交流并网控制电路

图 4-20 所示是由光耦合器构成的交流并网控制电路图。它适用于小型发电站与电网并网。当三相指示灯同时熄灭时，说明此时已经并网。

1. 识图指导

读识图 4-20 所示电路时，可从 KAJ 继电器的受控情况入手展开。KAJ 继电器受控于 VT1 晶体管，而 KAJ 继电器的触点控制交流接触器 KM 线圈的供电，由交流接触器的三组触点来完成发电机的并网工作。

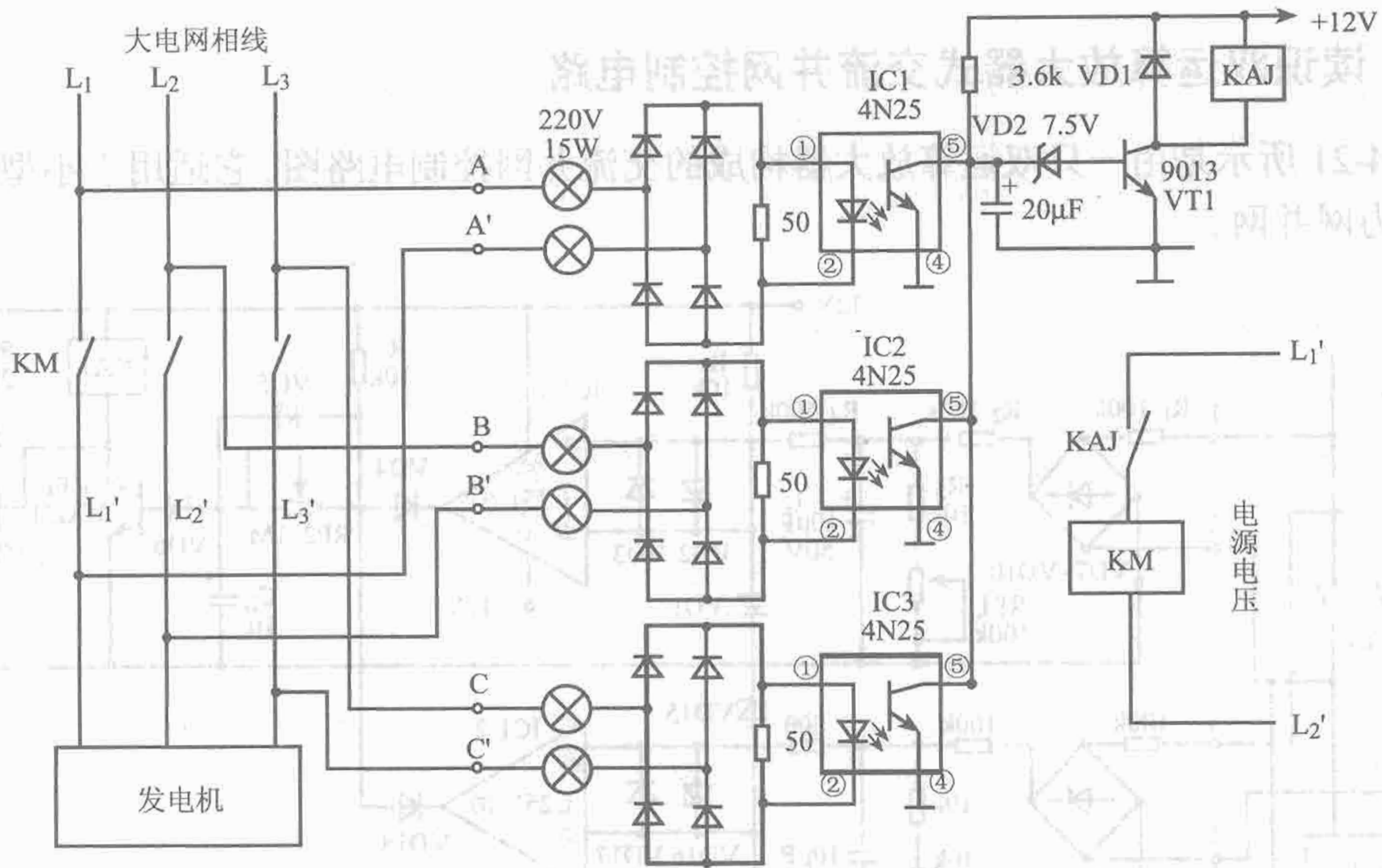


图 4-20 由光耦合器构成的交流并网控制电路图

VT1 晶体管受控于三只光耦合器 IC1~IC3 的工作状态。三只光耦合器构成的是或门电路，只要其中一路工作，均会使 VT1 截止。

2. 工作原理

图 4-20 所示电路的工作原理可从以下两个方面来进行分析说明。

(1) 供电电路

图 4-20 所示电路中的 12 V 直流供电电源，是由发电机的相电压经电源变压器降压（图 4-20 所示电路中未画出）、桥式整流、电容滤波、稳压后得到的，电源由手动或自动开关控制，并网以后切断电源，使并网器退出运行。

(2) 并网工作过程

在 A-A' 回路中串有 2 只 220 V、15 W 的白炽灯泡。该灯泡连接在此处有两个作用：

- 做并网指示灯使用，灯泡点亮时为未并网，灯泡熄灭（三路灯泡均应熄灭）时为并网状态；
- 做并网线路的降压电阻使用，灯泡的末端接有 4 只二极管组成的桥堆，该灯泡在这里可使电压适当下降后提供给整流桥堆。

B-B' 与 C-C' 回路的情况与连接方法与 A-A' 回路相同，不重述。

IC1~IC3 等共同组成的或门电路，其中一相检测电路中的灯泡点亮，VT1 均不会导通，KAJ 也就不会动作。只有在特定的条件下，即发电机的电压、频率、相序、相位与电网的都相同，电灯全部熄灭，KAJ 继电器才会动作，带动交流接触器吸合，实现并网工作。

提示：

并网时，应先调节好水轮机的转速和发电机的励磁，使发电机的电压、频率与电网相同，以便顺利并网。

4.3.2 读识双运算放大器式交流并网控制电路

图 4-21 所示是由一只双运算放大器构成的交流并网控制电路图。它适用于小型发电机组与电力网并网。

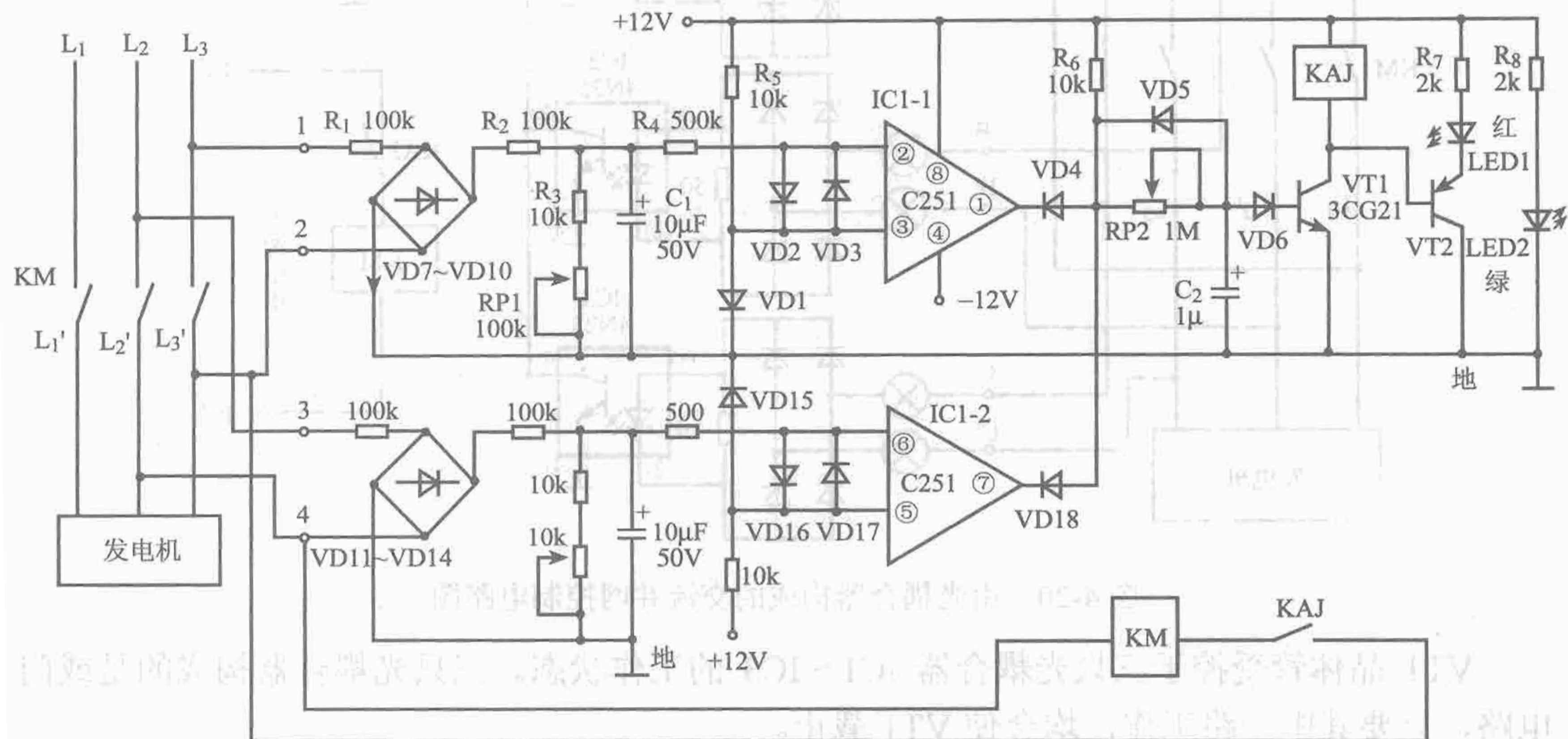


图 4-21 双运算放大器式交流并网控制电路图

1. 识图指导

读识图 4-21 所示电路时，可从 KAJ 继电器的受控状态入手展开。

KAJ 继电器线圈电流通路受控于 VT1 的状态，而 KAJ 继电器的 KAJ 触点控制加到交流接触器 KM 线圈上的电压，交流接触器的 KM 触点控制发电机与电力网并网。

晶体管 VT1 的状态，受控于由 IC1 等组成的两路相同电路的控制。

发电机与电力网的并网条件是：发电机组的三相交流电 L_1' 、 L_2' 、 L_3' 的电压、频率、相序必须与电网相同才能并网。前级电路正是利用这一特点来实现并网的，也就是说，IC1-1 与 IC1-2 两支路比较器的翻转状态均是输出（即①与⑦脚）高电平时，才能满足并网条件，电路才会动作以实现并网。

2. 工作原理

图 4-21 所示电路的工作原理可从以下三个方面来进行分析说明。

(1) 供电通路

电力网的三相 L_1 、 L_2 、 L_3 分别接到交流接触器 KM 主触点上端，发电机输出的三相电 L_1' 、 L_2' 、 L_3' 分别接到交流接触器 KM 主触点下端。当交流接触器 KM 受控使其主触点闭合时，即可实现电力网与小型发电机的并网。

电力网的 L_2 端与控制电路 3 端相连，4 端与发电机 L_2' 相线相连；电力网的 L_3 端与控制电路 1 端相连，2 端与发电机 L_3' 相线相连。这两组电源后面即为两组桥式整流电路，两者工作过程完全相同。

(2) 并网过程

L_3 与 L_3' 间的电压, 经 R_1 降压→VD7~VD10 桥式整流→ R_2 、 R_3 、RP1 限流分压→ C_1 滤波, 得到的直流电压作为取样电压。

C_1 是为了防止取样电压过零时间太短时电路误动作而设置的。

取样电压经 R_4 电阻器加到 IC1-1 的②脚, 与其③脚上的基准电压进行比较。③脚基准电压是由 12 V 经 R_5 使 VD1 导通后的压降来作为基准电压的, 该电压约为 0.6 V。

- 当 IC1-1 的②脚电压高于 0.6V 时, 其①脚输出-12V 电压, C_2 电容器经 VD5、VD4 迅速放电, 使 VT1、VT2 相继截止;
- 当 IC1-1 的②脚电压低于 0.6V 时, ①脚输出+12V 电压。IC1-2 支路原理与 IC1-1 支路相同。当 IC1-1 的①脚和⑦脚同时为 12V 的高电平时, 由于 VD4 与 VD18 均截止, 故 12V 电源就会经 R_6 →RP2 对 C_2 电容器进行充电, 随着 C_2 电压的升高, 一旦使 VD6 导通时, C_2 上的电压也加到 VT1 的基极, 使其也导通; 这样, 一方面使 KAJ 继电器线圈得电吸合, 其常开触点 KAJ 闭合, 使交流接触器 KM 线圈也得电吸合, 其常开触点 KM 闭合, 从而使电力网与发电机进行了并网; 在另一方面, 当 VT1 导通以后, 等效于将 VT2 基极接地, 进而又使 VT2 正偏导通, 相当于将 LED1 发光二极管负极接地, 从而使其导通发出红光, 以示电路处于并网工作状态。

(3) 电源指示电路

图 4-21 所示电路中, 12 V 直流供电电源是由发电机的相电压经电源变压器降压 (图 4-21 所示电路中未画出)、桥式整流、滤波、稳压后得到的。LED2 为该电源工作指示绿发光二极管, R_8 为其限流电阻器。

提示:

KAJ 继电器可以动作, 说明图 4-21 所示电路中取样电压过零的持续时间满足要求。如果取样电压仅是瞬间过零或过零的持续时间很短, 说明并网条件不满足, C_2 充了少量电后又立即进行了放电, 故 VT1 不能导通而无法并网。调节 RP2 可控制 KAJ 继电器延迟动作的时间, 通常应调在 0.5~1 s 之间。

4.4 读识无功功率补偿电路

4.4.1 读识 6~10 kV 高压母线无功功率补偿电路

图 4-22 所示是 6~10 kV 高压母线无功功率补偿电路图。

图 4-22 所示电路图是分为两组来对无功功率进行补偿的。一只电容器与一只保险器 FU 串联后分别并接在三相线路之间。三相交流电源共用了 3 个这样的串联电路, 两组补偿电路共用了 6 个这样的串联电路。

提示:

电力电容器可用于提高电网的功率因数, 利用电容电抗来减小线路中因电感电抗存在所造成的电压损耗, 可减少线路消耗, 增加线路输送容量。

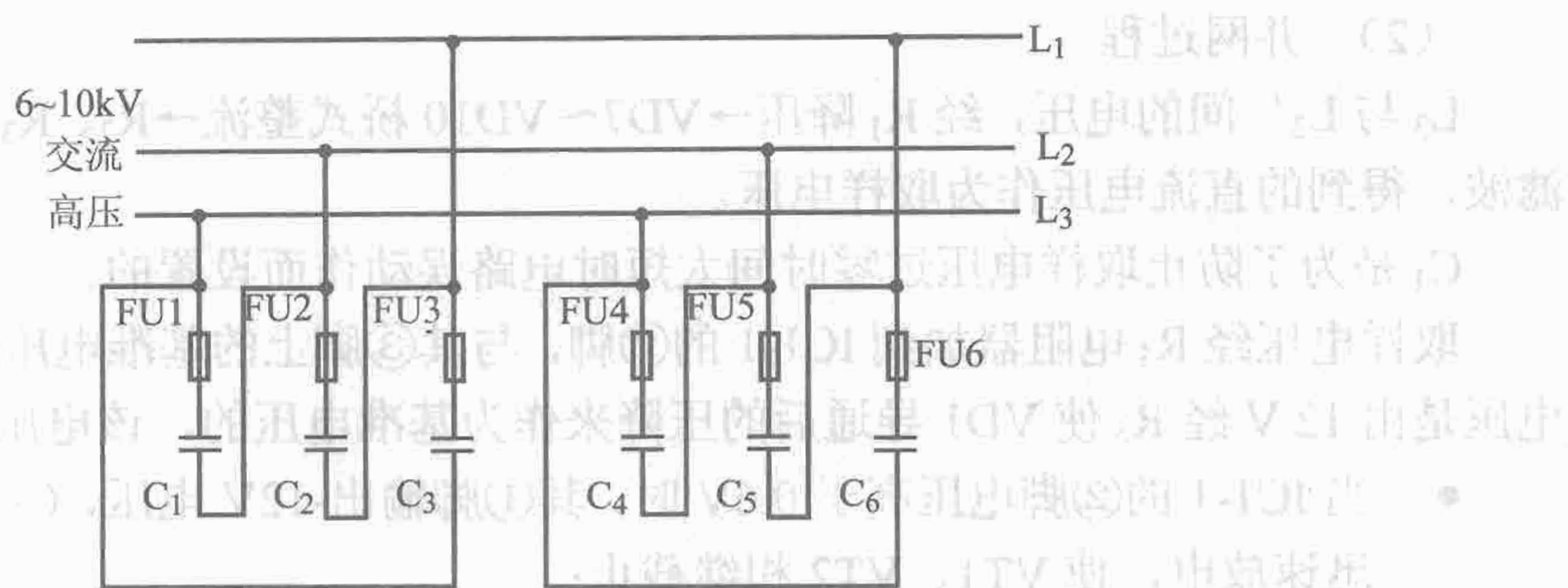


图 4-22 6~10kV 高压母线无功功率补偿电路图

4.4.2 读识低压配电线路分组补偿电容器电路

图 4-23 所示是低压配电线路分组补偿电容器线路图。它适用于变电所，用于提高电网的功率因数，起到减少线路消耗，增加线路输送容量的作用。

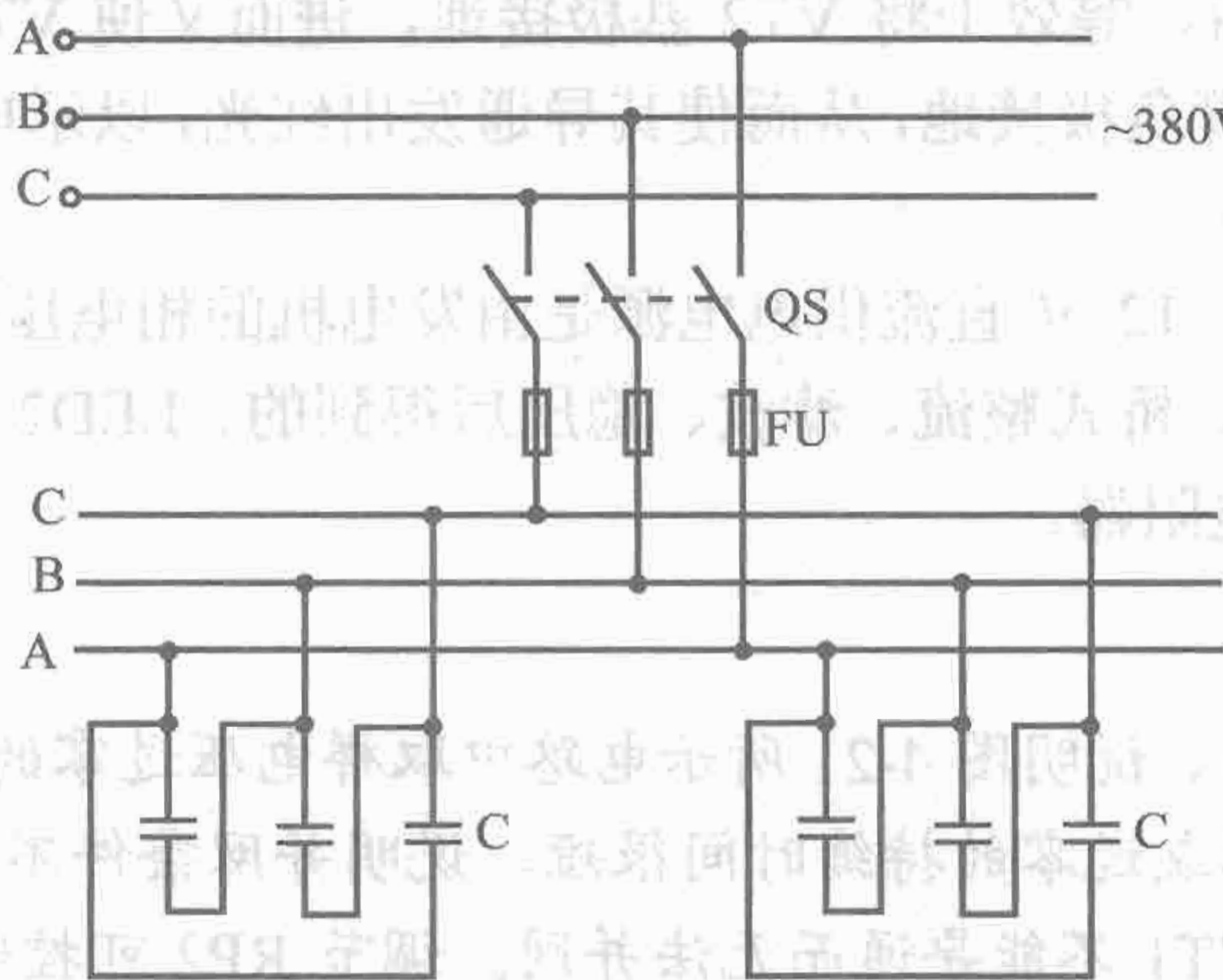


图 4-23 低压配电线路分组补偿电容器电路图

图 4-23 所示电路中，电容器是分别并接在三相电源上的，一组补偿电路使用了 3 只电容器，3 组共用了 6 只电容器。QS 是电源开关，用于切换进入变电所的三相电压。

提示：

做无功功率补偿的电容容量应根据用电负荷进行计算。电力电容补偿无功功率太多，会造成电容的电网上的补偿电压过高而使用电设备损坏，而补偿容量过小，则不能起到无功功率补偿的作用。

4.4.3 读识低压配电变压器无功补偿电容器自动切换电路

图 4-24 所示是由微电脑控制的低压配电变压器无功补偿电容自动切换电路图。它可在电力变压器节能降耗时使用。

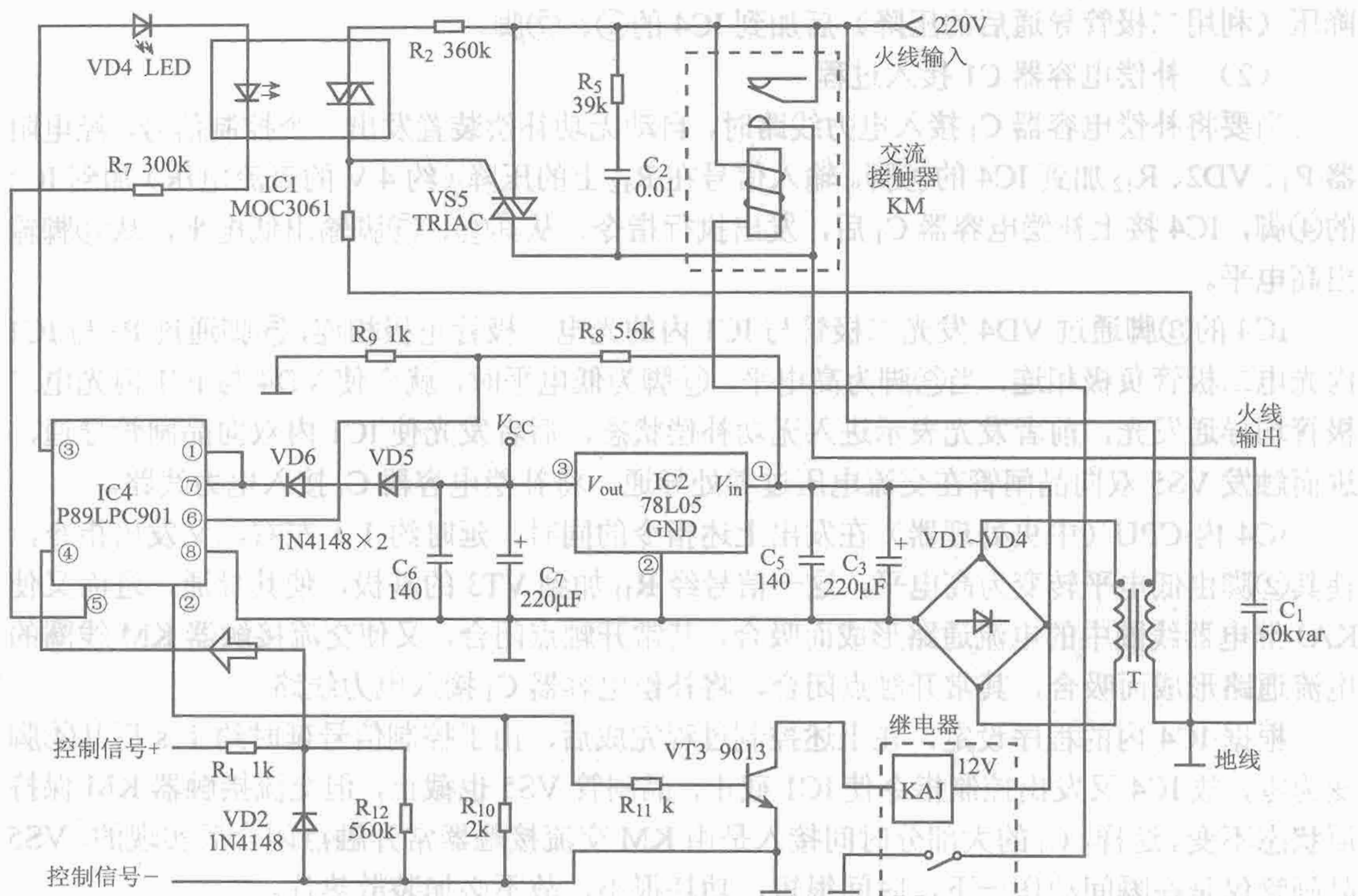


图 4-24 由微电脑控制的低压配电变压器无功补偿电容器自动切换电路图

1. 识图指导

读识图 4-24 所示电路时，可围绕微电脑 IC4 各引脚的功能来展开。

IC4 微电脑的型号为 P89LPC901，其④脚可作为有效复位输入或数字输入端口。当其内的 UCFG1 寄存器中的位 RPE（复位管脚使能）置位时，使能④脚属外部复位输入功能。当清零时，④脚可作为一个输入管脚。在上电过程中，连接到该管脚的外部电路不应将其电压拉低，否则将使器件一直处于复位状态。在上电完成后，④脚可根据 RPE 位的状态作为数字输入口。只有上电复位会暂时使 RPE 的设定失效，其他复位不会对 RPE 位的设定产生影响。

IC4 的③脚与⑤脚用于控制 IC1 的状态，而 IC1 又控制着 VS5 双向晶闸管的状态。

IC4②脚的信号用于控制 VT3 的状态，VT3 控制 KAJ 继电器，KAJ 继电器用于控制交流接触器 KM，可使补偿电容器 C₁ 接入电力线路。

IC4⑥脚为过压检测信号输入端；⑦脚为 IC4 内部比较器的一个输入端；①脚为 IC4 的供电电压输入端。

2. 工作原理

图 4-24 所示电路的工作原理可从以下五个方面来进行分析说明。

(1) 供电电路

220 V 交流电源加到电源变压器 T 的初级，经变压后从次级输出交流低压，该低压经 VD1~VD4 桥式整流、C₃ 滤波，IC2 (78L05) 稳压，得到 5 V 直流电压，经 VD5、VD6

降压（利用二极管导通后的压降）后加到 IC4 的①、⑦脚。

（2）补偿电容器 C₁ 接入过程

当要将补偿电容器 C₁ 接入电力线路时，自动无功补偿装置发出一个控制信号，经电阻器 R₁、VD2、R₁₂ 加到 IC4 的④脚。输入信号在 R₁₂ 上的压降（约 4 V 的直流电压）加到 IC4 的④脚，IC4 接上补偿电容器 C₁ 后，发出执行指令，从其②、⑤脚输出低电平，从③脚输出高电平。

IC4 的③脚通过 VD4 发光二极管与 IC1 内的光电二极管正极相连，⑤脚通过 R₇ 与 IC1 内光电二极管负极相连，当③脚为高电平，⑤脚为低电平时，就会使 VD4 与 IC1 内光电二极管均导通发光，前者发光表示进入无功补偿状态，后者发光使 IC1 内双向晶闸管导通，进而触发 VS5 双向晶闸管在交流电压过零处导通，将补偿电容器 C₁ 接入电力线路。

IC4 内 CPU（中央处理器）在发出上述指令的同时，延时约 1 s 左右，又发出指令，使其②脚由低电平转变为高电平，这一信号经 R₁₁ 加到 VT3 的基极，使其导通，进而又使 KAJ 继电器线圈中的电流通路形成而吸合，其常开触点闭合，又使交流接触器 KM 线圈的电流通路形成而吸合，其常开触点闭合，将补偿电容器 C₁ 接入电力线路。

根据 IC4 内的程序设定，在上述控制过程完成后，由于控制信号延时约 1 s 后其④脚变为零，故 IC4 又发出控制指令使 IC1 截止，晶闸管 VS5 也截止，但交流接触器 KM 保持原状态不变。这样，C₁ 的大部分时间接入是由 KM 交流接触器常开触点闭合后实现的，VS5 晶闸管仅是在瞬间动作一下，时间很短，功耗很小，故不必加装散热片。

（3）补偿电容器 C₁ 断开过程

当自动无功补偿装置发出补偿电容器 C₁ 断开信号时，IC4 的④脚变为低电平，CPU 发出相应的指令，使 IC1 内双向晶闸管导通→晶闸管 VS5 导通，延时 1 s 后，②脚由高电平变为低电平→VT3 截止→继电器 KAJ 失电→交流接触器与补偿电容器 C₁ 均断开，但此时补偿电容器 C₁ 通过晶闸管 VS5 继续运行。延时 1 s 后，IC4 发出控制指令，其③、⑤脚均输出低电平，进而又使 IC1 截止，VS5 将在电流过零处与补偿电容器 C₁ 断开，使补偿电容器 C₁ 脱离电力线。

（4）防干扰措施

由于自动无功补偿装置与 IC4 共用接地线，VD2 用于防止因控制信号接反而损坏后级电路。

晶闸管对外界触发非常敏感，为提高控制的可靠性，尤其是对开机冲击的预防，图 4-24 所示电路采用了平衡驱动方式，也就是光耦合器内发光二极管的导通需要 IC4③与⑤脚同时输出有效信号时，才会使光耦合器 IC1 和双向晶闸管 VS5 导通。任何一个引脚上的干扰信号均不会使其导通。

（5）过电压保护

当线路上的交流电压过高时，VD1~VD4 桥式整流、C₃ 电容器滤波后的电压也将升高，这一电压经 R₈ 和 R₉ 电阻器分压后加到 IC4⑥脚，一旦⑥脚电压高于⑦脚电压，IC4 内部电压比较器就会动作，迫使其②、③、⑤脚输出电压均为 0 V，使晶闸管 VS5、交流接触器 KM 均与 C₁ 电容器断开，从而起到了过电压保护的作用，以防 VS5、C₁ 损坏。

在上电复位时，IC4 的各端口的锁存器配置为无内部上拉的输入模式，故在 IC4 的②脚瞬间通常不会输出一个脉冲使 VT3 导通，为了保险，这里加设了下拉电阻器 R₁₀。

4.5 读识三相电源相序指示、校正电路

4.5.1 读识发光二极管式三相电源断相指示电路

图4-25所示是由发光二极管构成的三相电源断相指示电路图。

1. 识图指导

图4-25所示电路图较简单,它将发光二极管与限流电阻器串联连接在相电压之间。

2. 工作原理

正常供电时,LED1和LED2同时点亮。当 L_1 相断相时,LED1熄灭; L_2 相断相时,LED2熄灭; L_3 相断相时,LED1和LED2同时熄灭。

提示:

如果将图4-25所示电路中的发光二极管换成光耦器件,则可提供断相信号,用以驱动控制机构断电,以避免发生事故。

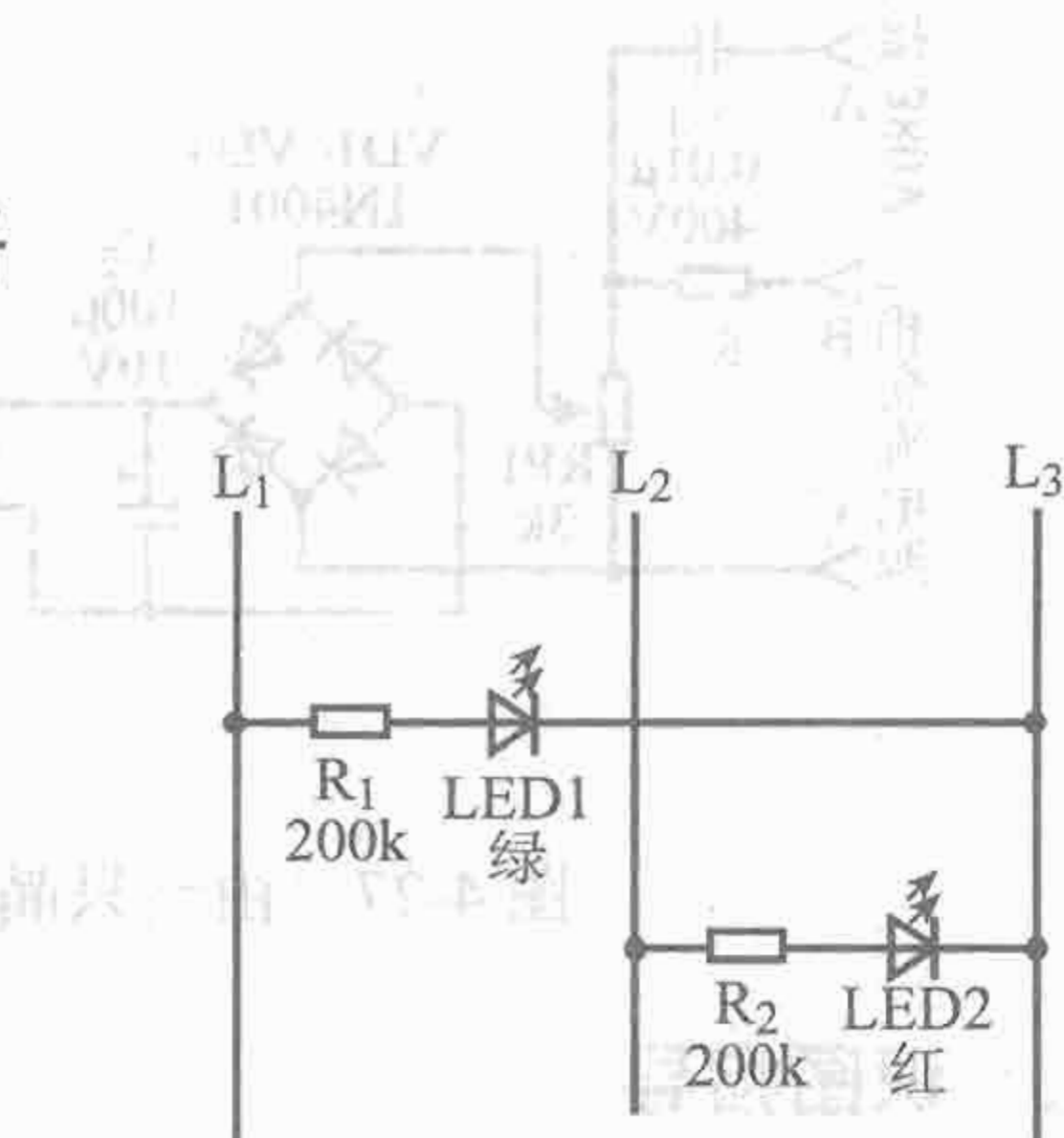


图4-25 由发光二极管构成的三相电源断相指示电路

4.5.2 读识电力变压器断相声光报警电路

图4-26所示是电力变压器断相声光报警电路图。它适用于320kV及其以下电力变压器的缺相监测,可及时发现断相故障,杜绝事故的发生。

1. 识图指导

图4-26所示电路图用3只电容器C分别与3只保险器串联, L_1 、 L_2 、 L_3 端接到电力变压器的低压总开关的出线端,将3只电容器C连接在一起,与声光报警指示灯HL1、电铃HA相连。

2. 工作原理

当电力变压器高压侧运行良好时,三相低压交流电平衡,三相电容器C在A点形成中性点,此点电压近于0V,指示灯HL1和电铃因无供电而不会动作。

一旦高压某一相熔丝熔断,A点对地就会有电压产生,由此就会使HL1和HA均得电工作,从而发出声光报警。

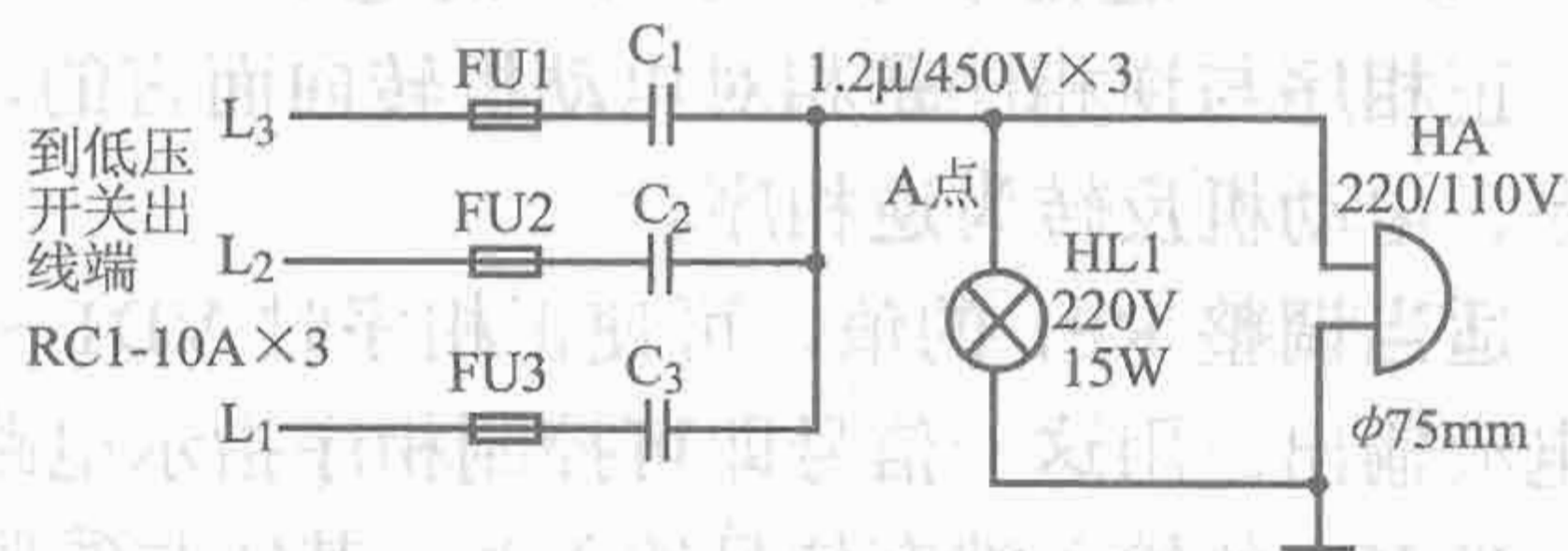


图4-26 电力变压器断相声光报警电路图

4.5.3 读识一只晶体管式三相交流电源相序检测电路

图4-27(a)所示是由一只晶体管构成的三相交流电源相序检测电路图。它适用于某

些设备不允许电动机反转的场合

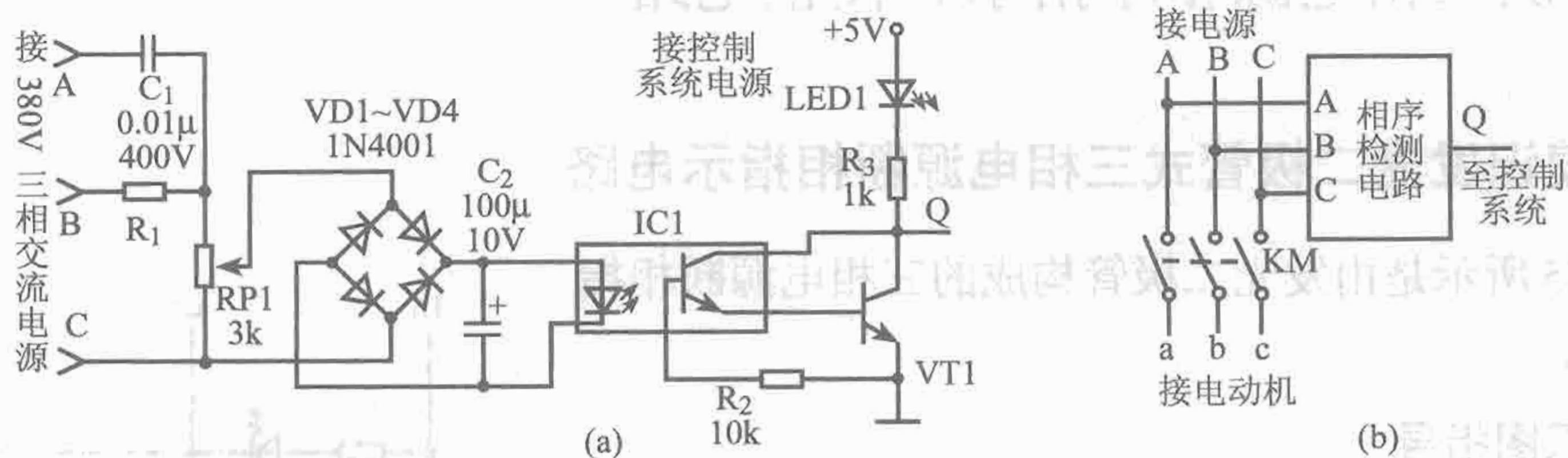


图 4-27 由一只晶体管构成的三相交流电源相序检测电路图

1. 识图指导

读识图 4-27 (a) 所示电路时, 可从 LED1 发光二极管的受控状态入手展开。

LED1 发光二极管用于指示三相交流电源相序是否正确, 它的状态受控于 VT1, 而 VT1 又受控于光电耦合器 IC1, IC1 又受控于 VD1~VD4 (正相序时整流器无电流输出, 逆相序时整流器有电流输出)。

2. 工作原理

电容器 C_1 、电阻器 R_1 和电位器 $RP1$ 组成相序检测电路, A、B、C 三端与三相交流电源相连。理论证明, 当 $X_{C1}=R_1$ 时, 正相序与逆相序两种情况下, $RP1$ 两端的电压关系为:

$$U_{正} \approx U_{逆}/3.7$$

式中 $U_{正}$ ——正相序时 $RP1$ 两端的电压;

$U_{逆}$ ——逆相序时 $RP1$ 两端的电压。

正相序与逆相序是相对电动机转向而言的, 图 4-27 (a) 所示电路以电动机正转为正相序、电动机反转为逆相序。

适当调整 $RP1$ 的值, 可使正相序时 VD1~VD4 组成的整流器无电流输出, 逆相序时有电流输出。用这一信号即可控制相序指示电路。该信号加到光耦合器 IC1 上。

当 IC1 的输入端有信号输入时, 其④与⑤脚内的发光二极管就会导通发光, 使其②脚输出为低电平; 输入端无信号输入时, 其④与⑤脚内的发光二极管截止, 其②脚输出为高电平。这一信号去控制系统供识别, 控制系统就是通过识别该电平的高、低来判断相序的, 一旦判断相序不正确, 就会使输出控制信号控制交流接触器 KM (如图 4-27 (b) 所示) 的触点断开, 则电动机与电源断开。其控制关系如下:

(1) 当 IC1②脚为高电平时 (此时 VT1 处于截止状态), 说明电动机转向正确, 高电平通过控制系统允许电动机运行。

(2) 当 IC1②脚为低电平时 (此时 VT1 处于导通状态), 说明电动机反转, 低电平通过控制系统使电动机不能启动, 起到保护设备的作用; 同时, 由于 VT1 的导通, 也使发光二极管 LED1 发光, 说明电动机要求的相序与电源不符。

4.5.4 读识相序保护器式电源相序自动调控保护电路

图 4-28 所示是由相序保护器构成的电源相序自动调控保护电路图。

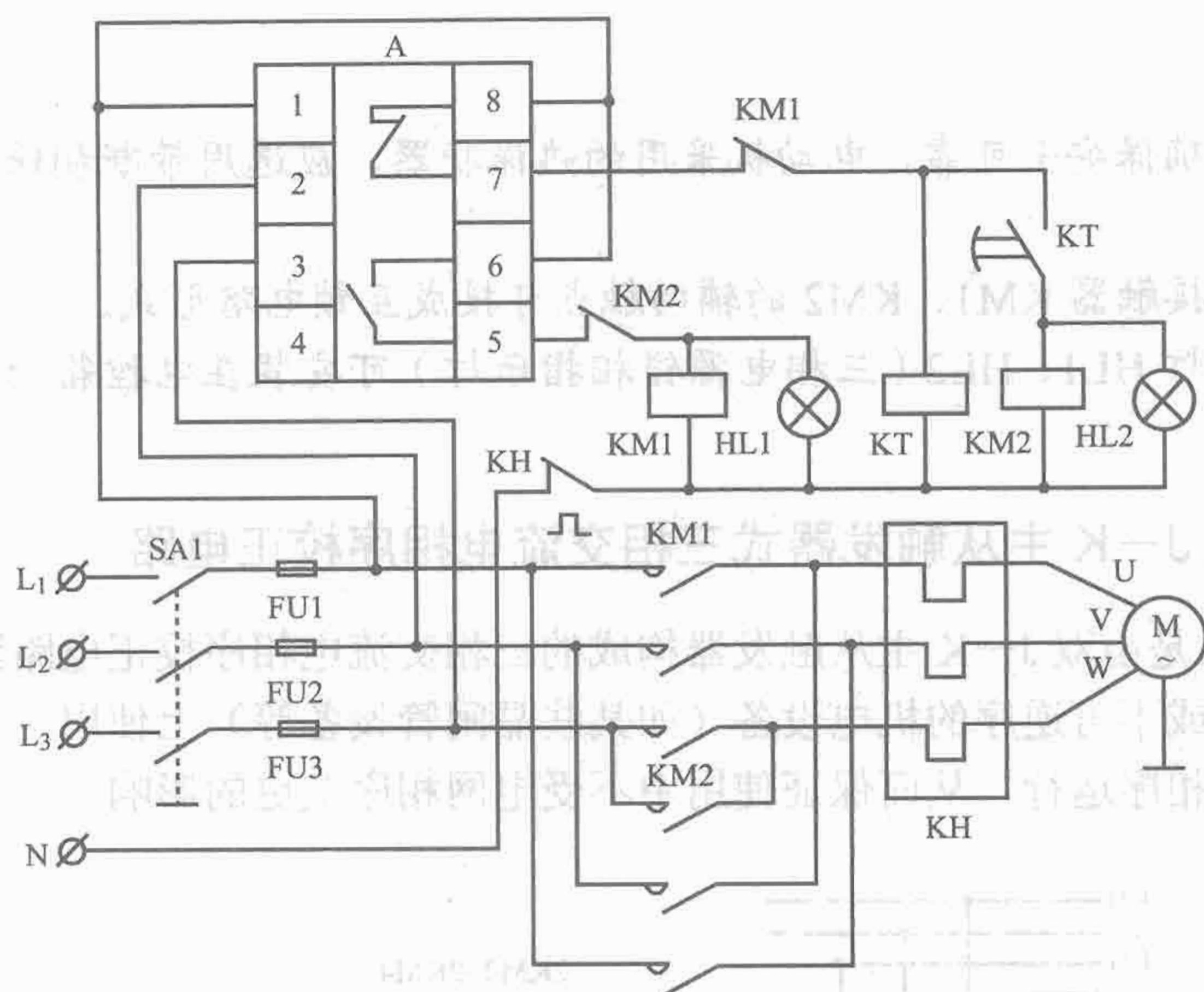


图 4-28 由相序保护器构成的电源相序自动调控保护电路图

1. 识图指导

读识图 4-28 所示电路图时, 先应将各元器件的功能搞清楚, 各继电器、交流接触器、时间继电器的触点处于何种状态 (常开还是常闭), 读识工作原理时, 可围绕相序保护器来进行。

2. 工作原理

图 4-28 所示电路的工作原理可从以下三个方面来进行分析说明。

(1) 相序正确

接通 SA1 开关后, 如果接入的三相电源相序正确时, 相序保护器 A 内部的继电器工作, 其⑦与⑧脚内的常闭触点断开, ⑤与⑥脚内的常开触点闭合, 从而使 HL1 灯点亮、KM1 交流接触器线圈得电吸合, 使其常开触点 KM1 闭合, 接触了电动机的三相供电, 使电动机按正确的方向运转。

(2) 相序错相

如果接入的三相电源错相, 相序保护器 A 内部的继电器不工作, 接触器 KM1 也不会工作, 而时间继电器 KT 延时一定时间后, 其触点 KT 吸合, 接通了换相接触器 KM2 线圈的供电使其吸合, 其 KM2 常开触点闭合, 仍然可以为电动机提供供电, 电动机仍可按正确的方向转动。

(3) 加入时间继电器的原因

当三相电源的相序正确时, 相序保护器 A 内部继电器为通电动作状态。但在通电以后, 继电器的常闭触点 (⑦与⑧脚内的触点) 的分离需要一定的时间, 如果不加入延时电路, 就会使换向接触器 KM2 在通电初始瞬间就有跳动的现象。在 KM2 线圈的电流回路中串接的时间继电器 KT, 就是为了消除这种不正常现象。时间继电器 KT 的设定时间通常在 1~2 s 范围内已足够, 故可以选用定时范围在 0~5 s 的时间继电器。

提示:

- (1) 为了确保安全可靠,电动机采用的热保护器,应选用带断相保护的三相热继电器 KH。
- (2) 交流接触器 KM1、KM2 的辅助触点可接成互锁电路形式。
- (3) 指示灯 HL1、HL2 (三相电源错相指示灯)可安装在电控箱面板上,以便于观察。

4.5.5 读识双 J-K 主从触发器式三相交流电相序校正电路

图 4-29 所示是由双 J-K 主从触发器构成的三相交流电相序校正电路图,适用在不允许电源相序变更或不可逆序的机电设备(如某些晶闸管设备等)上使用,以保证不可逆机电设备按规定的相序运行,从而保证使用中不受电网相序变更的影响。

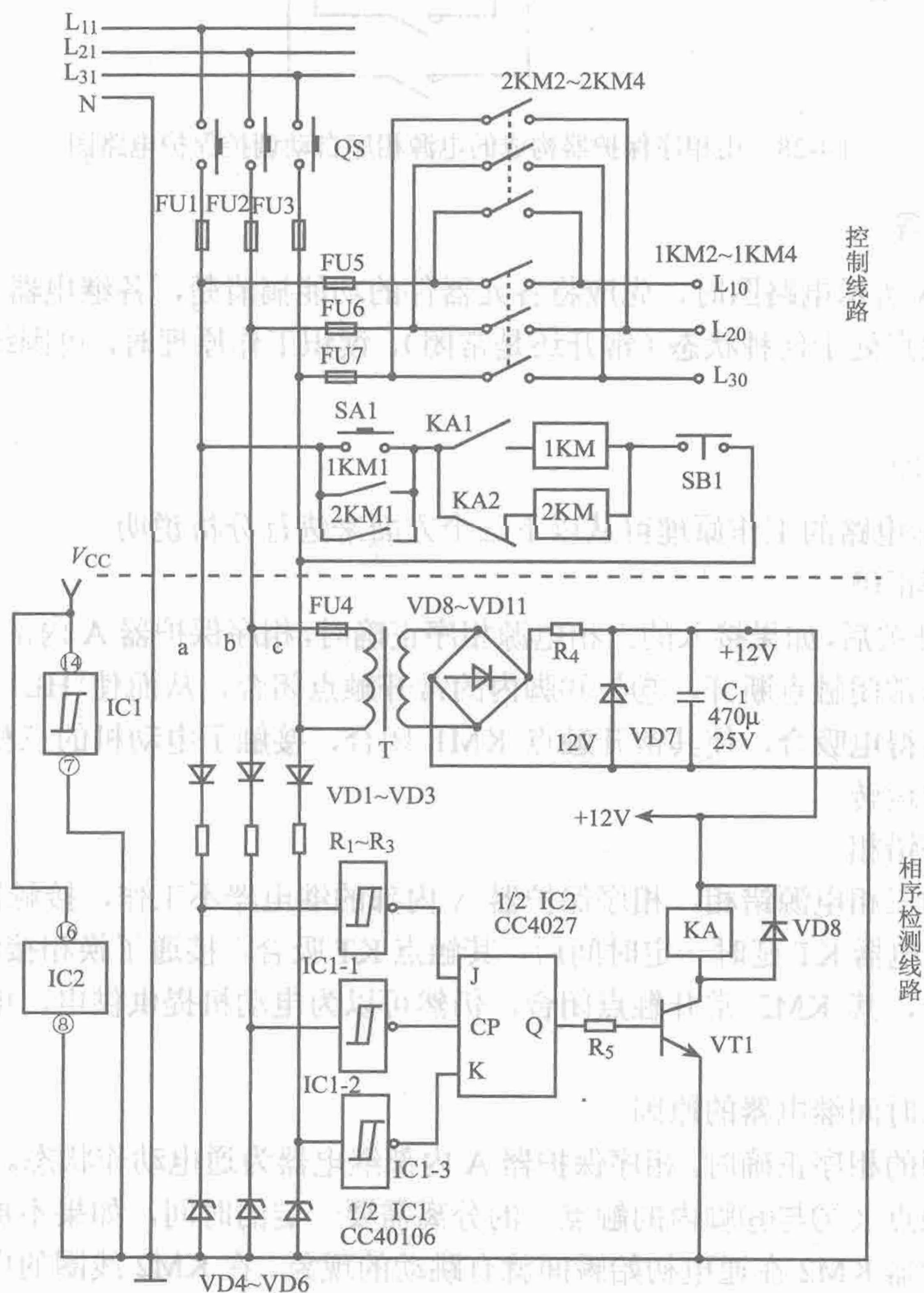


图 4-29 由双 J-K 主从触发器构成的三相交流相序校正线路图

1. 识图指导

读识图 4-29 所示电路时,可先搞清图中各图形符号所表示的元件及其作用,再搞清各种控制关系。

QS 为组合电源开关;FU1~FU7 为保险元件。为了便于理解电路,图 4-30 (a) 所示电路中画出了图 4-29 所示电路的方框图。图中未知相序的三相交流电源 L_{11} 、 L_{21} 、 L_{31} ,一路与理想相序开关相连,另一路与相序检测电路相连。相序检测结果输出一个控制信号去控制理想的相序开关,使理想相序开关输出恒定相序(如输出 L_{10} 、 L_{20} 、 L_{30} 为顺相序 A、B、C)。如果将它们与三相交流异步电动机电源线 U、V、W 对应相接,则电动机会顺时针方向旋转。

如果电网的相序发生了变化,则相序检测电路输出的控制信号就会控制理想相序开关,自动对电源的任两相进行切换,以保持原输出的相序不变,确保电动机的转向正确。

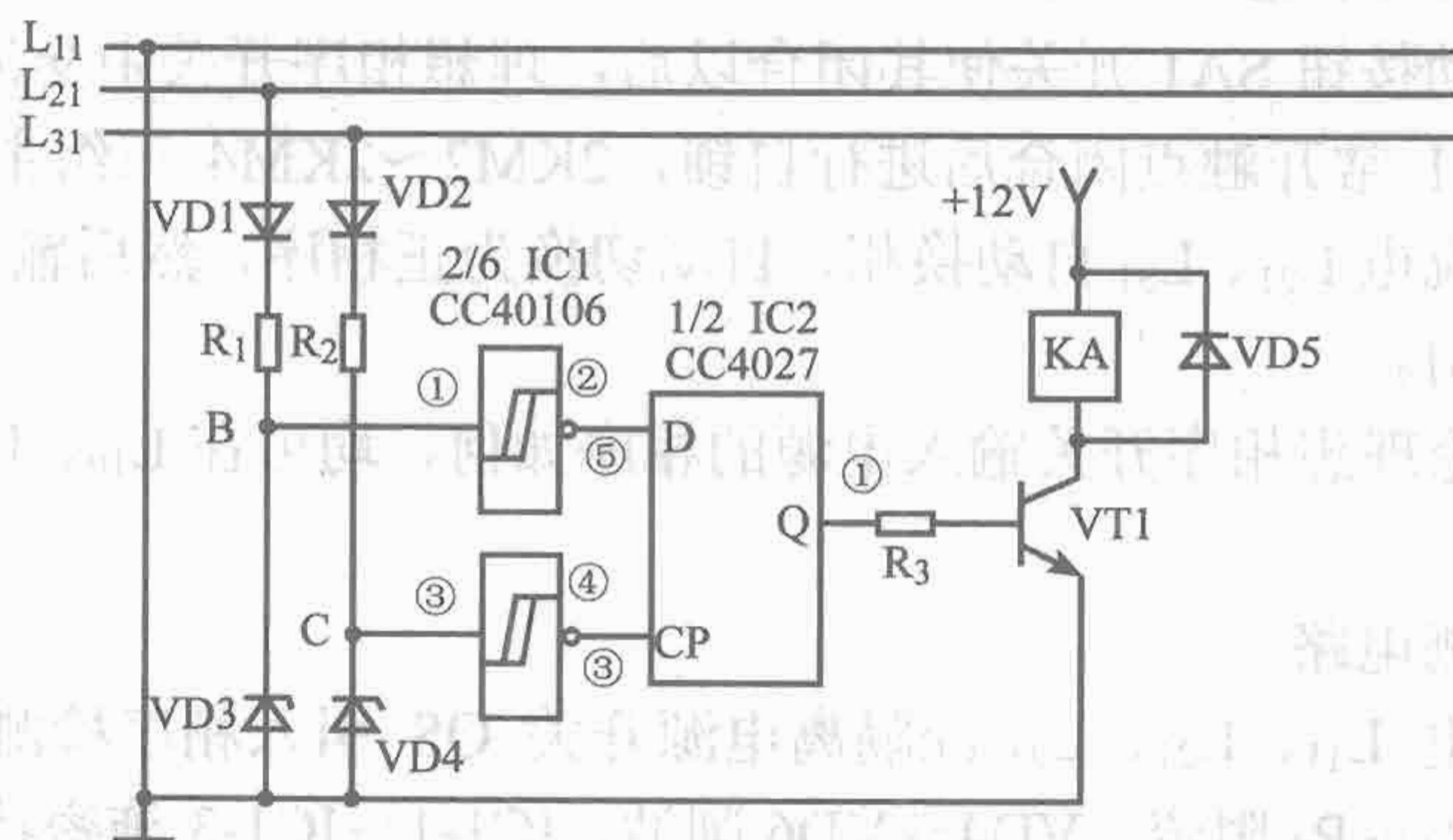
图 4-29 所示电路中虚线上部是用按钮控制后级电动机启动或停止的理想相序开关;虚线下部为相序检测线路。

(1) 理想相序开关

在理想相序开关电路中,SA1 为启动按钮开关;SB1 为停止按钮开关;1KM 为交流接触器,有四组常开触点,一组 1KM1 为自锁触点,另三组 1KM2~1KM4 主触点用于进行相序切换;2KM 也为交流接触器,有四组常开触点,一组 2KM1 为自锁触点,另三组 2KM2~2KM4 主触点用于进行相序切换。



(a)



(b)

图 4-30 相序校正方框图及三相三线相序检测电路图

(2) 相序检测电路

在相序检测电路中,电源变压器 T、 R_4 、VD7、 C_1 、VD8~VD11 组成了+12 V 的直流

电压整流、滤波、稳压电路，VD1~VD3、R₁~R₃、VD4~VD6 构成了三相电源的整流、限流、稳压电路；IC1 的型号为 CC40106，是一块六施密特触发器，电路中仅使用了其中的三个，用于对整流后的三相电压进行反相整形，变换后送到 IC2。

IC2 的型号为 CC4027，是一块双 J-K 主从触发器，用于控制 VT1 的状态，而 VT1 的导通与截止，就会使 KA 继电器线圈中的电流通路形成或断开。

KA 继电器有两组触点：一组常开触点 KA1 用于控制 1KM 交流接触器的供电；另一组常闭触点用于控制 2KM 交流接触器的供电。

VD8 为续流二极管，用于消除 KA 线圈产生的反尖峰电压，以防 VT1 损坏。

2. 工作原理

图 4-29 所示电路的工作原理可从以下三个方面来进行分析说明。

(1) 供电电路

L₁₁、L₂₁、L₃₁ 三相电源经电源开关 QS、FU1~FU3 保险元件后：一路经 FU5~FU7 保险元件，进行相序切换后由 L₁₀、L₂₀、L₃₀ 输出提供给后级负载电路；另一路经 VD1~VD3 半波整流、R₁~R₃ 限流、VD4~VD6 稳压二极管削波后提供给相序检测电路。

L₂₁ 和 L₃₁ 两相电压还经电源变压器 T 变压，从其次级输出低压交流。该电压经 VD8~VD11 桥式整流、R₄ 限流、C₁ 滤波、VD7 稳压，得到的+12V 直流电压提供给相序检测电路进行供电。

(2) 理想相序开关电路

- 当输入的三相交流电为正相序时，由相序检测电路控制继电器 KA 吸合，其常闭触点 KA2 被断开，常开触点 KA1 闭合。

此时，按下启动按钮 SA1 开关使其闭合以后，理想开关交流接触器 1KM 线圈得电吸合，其 1KM1 常开触点闭合后进行自锁，1KM2~1KM4 三组主触点闭合后，将输入的正相序三相交流电 L₁₁、L₂₁、L₃₁ 直接送到输出端 L₁₀、L₂₀、L₃₀，供后级负载使用。

- 当输入的三相交流电为逆相序时，经相序检测，继电器 KA 不动作，其常开触点 KA1 处于断开状态，常闭触点 KA2 处于闭合状态。

此时，按下启动按钮 SA1 开关使其闭合以后，理想相序开关中交流接触器 2KM 线圈得电吸合，其 2KM1 常开触点闭合后进行自锁，2KM2~2KM4 三组主触点闭合后，将输入的逆相序三相交流电 L₂₁、L₃₁ 自动换相，自动切换为正相序，然后输出至 L₁₀、L₂₀、L₃₀，提供给后级负载使用。

由此可见，无论理想相序开关输入电源的相序如何，均可在 L₁₀、L₂₀、L₃₀ 端输出正相序的三相交流电源。

(3) 相序检测电路

当输入的交流电 L₁₁、L₂₁、L₃₁ 经隔离电源开关 QS 引入相序检测电路输入端后，经 VD1~VD3 整流，R₁~R₃ 限流，VD4~VD6 削波，IC1-1~IC1-3 施密特反相整形，变换为与其负半周对应的正方波信号后，从 IC1 的②、④、⑥脚输出加到 IC2 的⑥、③、⑤脚。

- 当相序检测器输入为正相序时，经反相整形后的方波信号依次滞后 120° 相位角，分别加到 J-K 触发器 IC2 的 J、CP、K 端。

当 J-K 触发器的时钟 CP 上升沿到来时，J=1、K=0，故 J-K 触发器 IC2 的输出端①

脚输出为高电平。该信号经 R_5 加到 VT1 的基极，使其导通，继电器 KA 线圈得电吸合，其常开触点 KA1 闭合，常闭触点 KA2 断开，以后的过程同上所述。

- 当相序检测器输入为逆相序时（无论是怎样的逆相序），在 J-K 触发器 CP (IC2 ③脚) 上升沿到来时，均会有 $J=0$ 、 $K=1$ ，故触发器 IC2 的①脚输出为低电平。该信号使 VT1 的基极为低电平（经 R_5 电阻器）而截止，进而使 KA 继电器线圈断电释放，其常开触点 KA1 断开，常闭触点 KA2 闭合，以后的过程同上所述。

综上所述，无论加到相序检测器输入端的相序如何，经图 4-29 所示电路校正后，得到的均是正相序的三相交流电源提供给后级电路。

提示：

在图 4-29 所示电路图中，由于取样信号为相电压，故需要引入零线 N。这对于三相三线制供电的机电设备来说很不方便。其解决的方法是：将图 4-29 所示电路中的相序检测电路改换为图 4-30 (b) 所示的电路即可。

图 4-30 (b) 所示电路的工作过程如下。

(1) 输入为正相序

当输入为正相序时，假设 L_{11} 、 L_{21} 、 L_{31} 为 A、B、C 相，则 V_{BA} 超前 V_{CA} 60° 的相位角。因此，IC2 (CC4027) 双 D 触发器③脚 CP 上升沿（即 V_{CA} ）到来时，⑤脚 D 端（即 V_{BA} ）为高电平，故 IC2①脚输出为高电平，使 VT1 导通，KA 继电器线圈得电吸合。

(2) 输入为逆相序

当输入端无论是怎样的逆相序的，CP 上升沿到来时均有⑤脚为低电平，故 IC2①脚输出为低电平，VT1 截止，KA 继电器线圈断电释放。

4.5.6 读识单向晶闸管式三相电源相序指示和控制电路

图 4-31 所示是由单向可控硅构成的三相电源相序指示和控制电路图，是利用三相电源的相位关系来实现三相电源的相序指示及控制的。

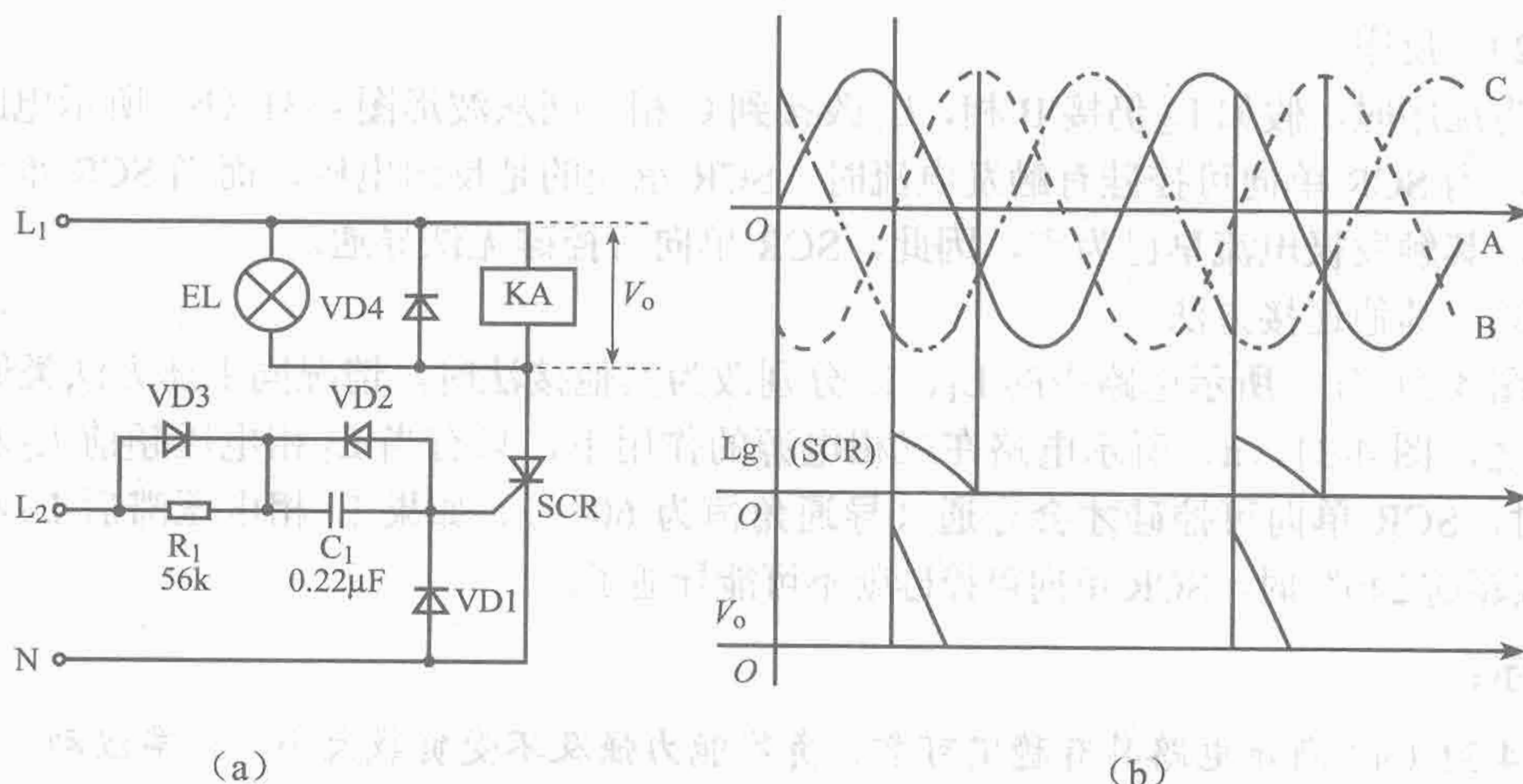


图 4-31 由单向可控硅构成的三相电源相序指示和控制电路图

1. 识图指导

读识图 4-31 所示电路时，可从单向可控硅 VS1 的控制状态入手。

SCR 单向可控硅控制着灯泡 EL 和继电器 KA 线圈的供电，而 KA 继电器的触点用于控制相关设备（根据需要选用常闭型或常开型等）。

SCR 的触发电压是电源过零信号，信号来自 L₂ 端所接的相电压。

当电路中的 L₁ 和 L₂ 端接 380 V 相电压时，EL 为 24 V 指示灯；KA 为 24 V 直流继电器；二极管 VD2 用于确保 SCR 的导通时刻处在 L₂ 相电压由负到正的过零处。VD1 的作用是保证 L₂ 电压由正的最大值开始下降，以及负半周时旁路 SCR 的触发极负向电流；VD4 为续流二极管，用于防止 KA 继电器线圈产生的反尖峰电压损坏 SCR 单向可控硅。

2. 工作原理

假设图 4-31 所示电路中的 L₁、L₂ 端分别接在三相电源的任意两相上，此时会出现以下两种情况。

(1) 正序

正序时，即 L₁ 为 A 相，L₂ 为 B 相（或 L₁ 为 B 相，L₂ 为 C 相，或 L₁ 为 C 相、L₂ 为 A 相）。当 L₂（B 相）由负到正过零时，可控硅 SCR 的触发极得到触发电流，此时 L₁（A 相）电压使 SCR 的阳极为正、阴极为负，故 SCR 单向可控硅导通，进而使 EL 灯泡点亮，KA 继电器线圈得电吸合，如表 4-1 所列。

表 4-1 三相电源正、反序时 EL 灯和 KA 继电器的状态

相 序	正 序			反 序		
L ₁	A	B	C	C	B	A
L ₂	B	C	A	B	A	C
EL 灯	点亮			熄灭		
KA 继电器	吸合			断开		

由波形图 4-31 (b) 所示电路中可以看出，SCR 的导通角为 60°。

(2) 反序

当为反序时，假如 L₂ 仍接 B 相，L₁ 改接到 C 相，则从波形图 4-31 (b) 所示电路中可以看出，当 SCR 单向可控硅有触发电流时，SCR 承受的是反向电压，而当 SCR 承受正向电压时，其触发极电流早已为零，因此，SCR 单向可控硅无法导通。

(3) 其他连接方法

当图 4-31 (a) 所示电路中的 L₁、L₂ 分别改为其他接法时，情况同上述方法类似。

总之，图 4-31 (a) 所示电路在三相电源的作用下，只有当 L₁ 相电压超前 L₂ 相电压 120° 时，SCR 单向可控硅才会导通（导通角恒为 60°）。如果 L₁ 相电压滞后 L₂ 相电压 120° 或超前 240° 时，SCR 单向可控硅就不可能导通了。

提示：

图 4-31 (a) 所示电路具有稳定可靠、负载能力强及不受负载大小、频率波动、相间不平衡误差的影响等特点，易于做成商品化的相序指示及控制电路。

4.6 读识单相电源指示、校正电路

4.6.1 读识一只继电器式防市电极性接反电路

图 4-32 所示是由一只继电器构成的防市电极性接反电路图，它适用于要求电源火线、地线固定连接不能接反的场合。

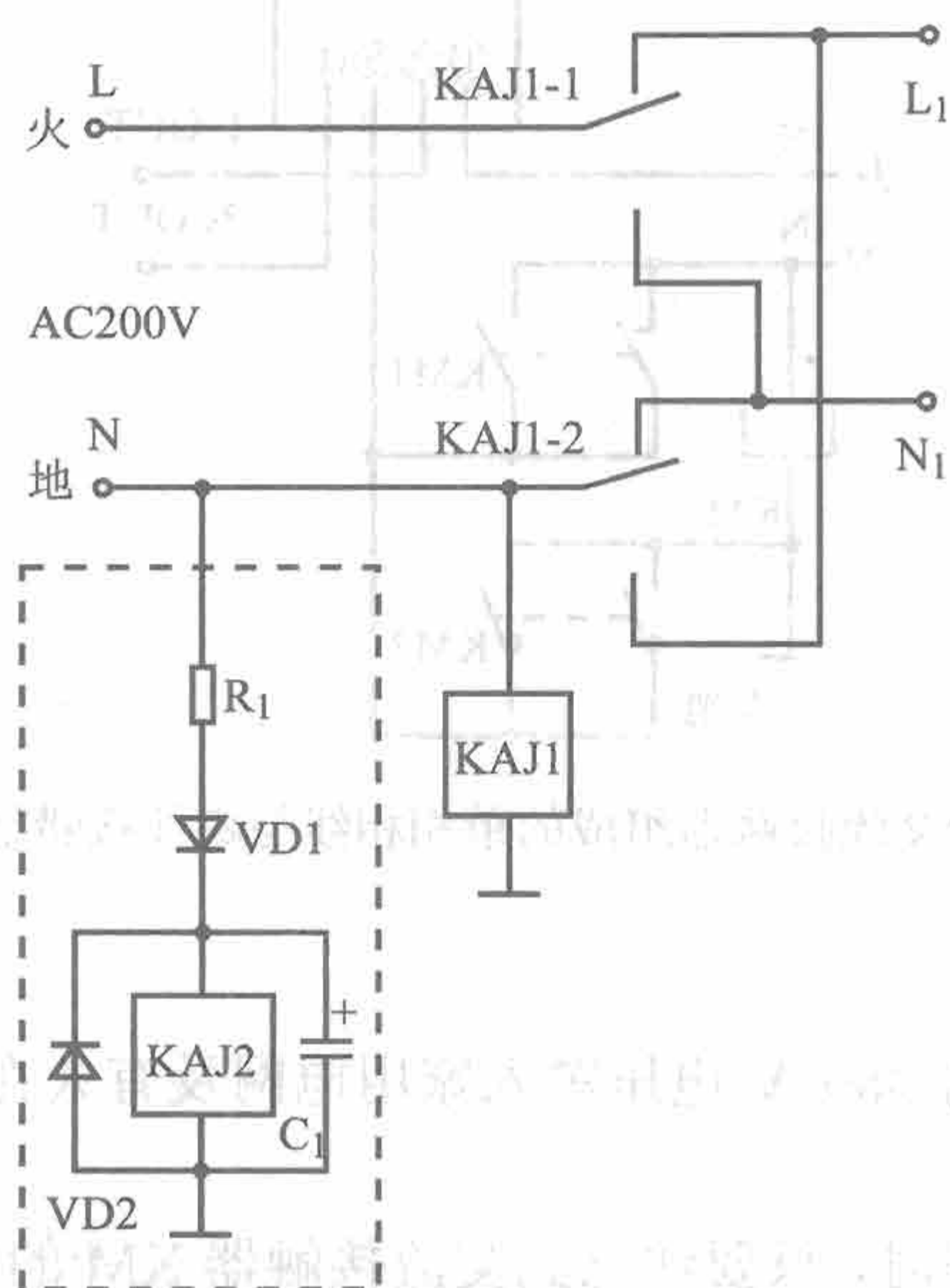


图 4-32 由一只继电器构成的防市电极性接反电路图

1. 识图指导

读识图 4-32 所示电路较容易，但应搞清虚线框内使用直流继电器时，继电器 KAJ2 与电路的连接情况，这里的 R_1 为降压电阻器，VD1 为半波整流二极管， C_1 为滤波电容器，VD2 为续流二极管。若使用的是交流 220 V 继电器 KAJ1，则虚线框内的电路就不要了。但不管使用交流继电器还是直流继电器，两者触点的连接方法是一样的，均与图 4-32 所示电路中 KAJ1-1、KAJ1-2 连接方法相同。

2. 工作原理

图 4-32 所示电路的工作原理可从以下两个方面来进行分析说明。

(1) 市电极性正确

在正常情况下，火线 L 接在上面一根线上，经 KAJ1-1 继电器的常闭触点从 L_1 端输出；地线 N 接在下面一根线上，经 KAJ1-2 继电器的常闭触点从 N_1 端输出。

(2) 市电极性接反

如果误将火线接到下面一根线，地线接到上面一根线，则火线上的电压就会使 KAJ1 继电器线圈中有电流通过而吸合，其上面一根线上所接的地线就会经 KAJ1-1 闭合的常开触点从 N_1 端输出，而其下面一根线上所接的火线就会经 KAJ1-2 闭合的常开触点从 L_1 端输

出，由此可使交流电源按原来的极性提供给后续线路，从而保证了供电线路的极性不变。

4.6.2 读识交流接触器式单相相线与零线接错切换电路

图 4-33 所示是由交流接触器组成的单相（220 V）相线与零线接错切换电路图。它适用于家庭电度表进户处。

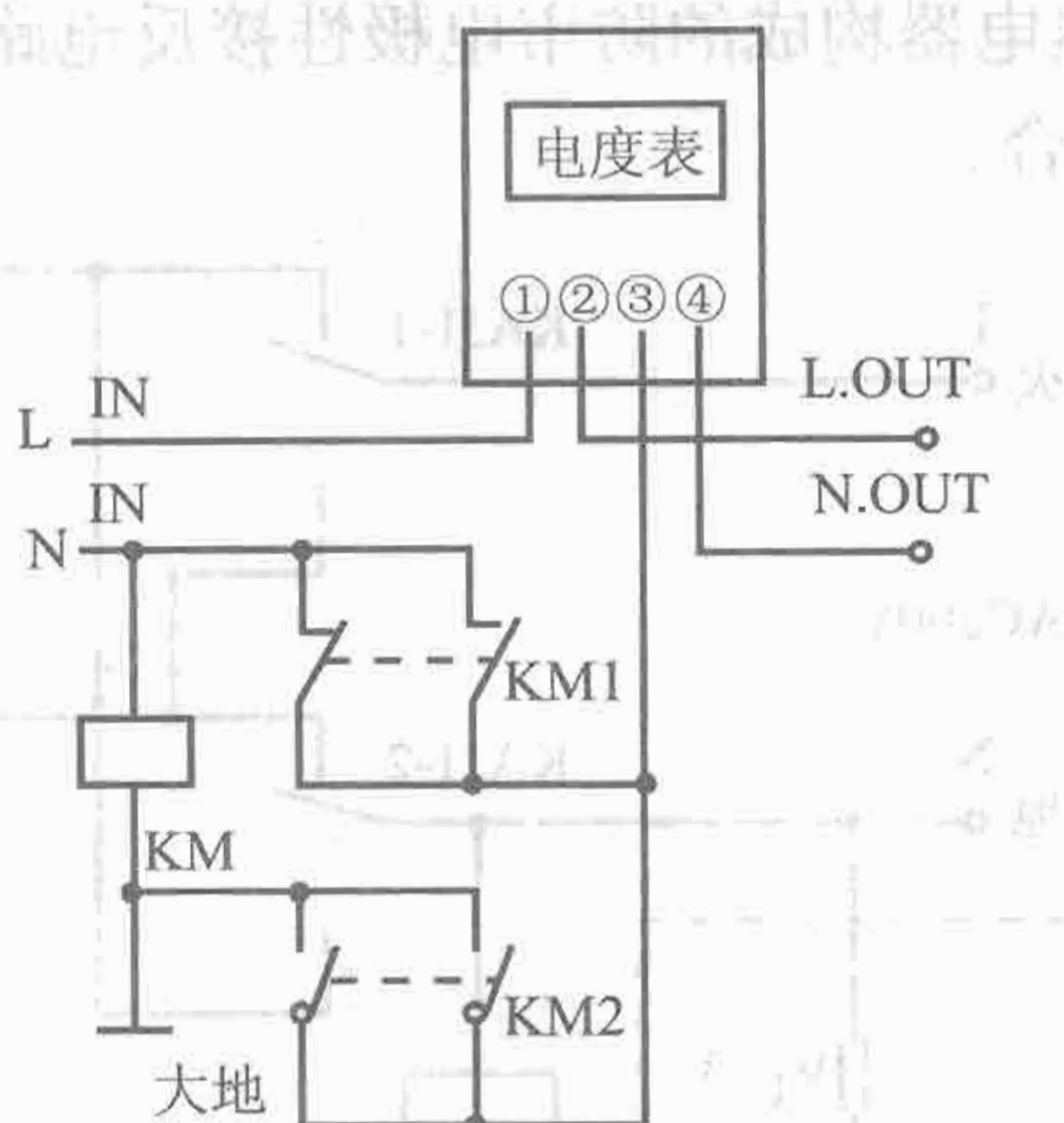


图 4-33 由交流接触器组成的单相相线与零线接错切换电路图

1. 识图指导

图 4-33 所示电路图可防 380 V 电压窜入家用电网及有人在表外交换“L”、“N”线进行室内窃电。

读识图 4-33 所示电路图时，只要注意到交流接触器 KM 的触点状态，读懂其工作原理就十分容易了。

2. 工作原理

图 4-33 电路的工作原理可从电源接线正常与 L、N 线接错两种情况来进行分析说明。

(1) 接线正常

当接线正确时，220 V 交流电压火线（L）直接加到电度表①脚，地线（N）通过 KM1 常闭触点加到电度表的③脚，经电度表计量以后的 220 V 交流电压从其②脚（火线）和④脚（地线）输出，提供给用户。

(2) L 与 N 线接错

当火线 L 与零线 N 接错，即火线 L 接到原地线 N 上时，就有 220 V 交流电压加到交流接触器 KM 两端，使 KM 线圈得电吸合，其 KM1 常闭触点断开，使电度表③脚和②脚之间无电压，而常开触点 KM2 闭合，又使电度表④与②脚间形成了正常的 220 V 交流电压提供给用户，以确保用电设备仍可正常工作。

4.6.3 读识光敏电阻式电源火线、地线自动校正电路

图 4-34 所示是由光敏电阻构成的电源火线、地线自动校正电路图，适用于安装在要求电源火线与地线不能接错的场合。

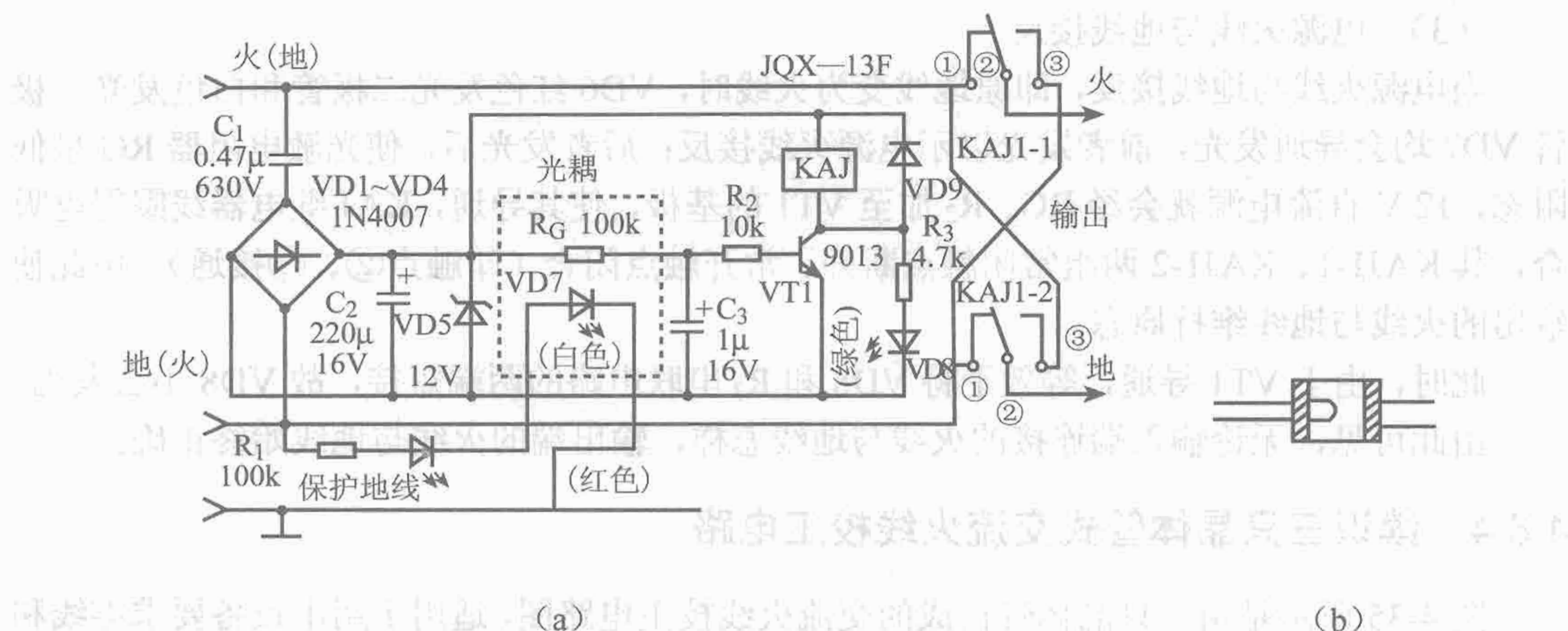


图 4-34 由光敏电阻构成的电源火线、地线自动校正电路图

1. 识图指导

读识图 4-34 所示电路时，可从继电器的受控状态入手。

KAJ 是一只 12 V 直流继电器，有两组触点，触点容量应根据所接负载确定。这两组触点用于切换电源火线与地线，以使输出的供电始终保持上端输出为火线，下端输出为地线。

KAJ 继电器线圈中的电流受 VT1 的控制，VT1 则受光敏电阻器 RG 受光状态的控制。RG 光敏电阻器在无光照射时，呈高阻状态，左端电压不能通过 RG 加到 VT1 的基极；有光照射到 RG 上时，呈低阻状态，左端电压就可通过 RG 加到 VT1 的基极。

VD7 是一只白色发光二极管，可作为照射光源与 RG 配合使用。两者是用一根直径为 6 mm 的黑色塑料管（长约为 10 mm），一端装入光敏电阻器，另一端装入白色发光二极管 VD7，两头用黑漆封牢而成的，如图 4-34 (b) 所示。这样，当 VD7 导通发光时，RG 的电阻值就会变小，呈低阻态；当 VD7 不发光时，RG 呈高阻态。

2. 工作原理

图 4-34 电路的工作原理可从以下三个方面来进行分析说明。

(1) 供电电路

C₁ 为降压电容器，由 VD1~VD4 可组成桥式整流电路，用于将交流电压整流成直流后，再经 C₂ 电容器滤波、VD5 稳压为 12 V 后提供给后级控制电路。

(2) 电源火线与地线连接正确

当电源进线的火线、地线连接正确时，火线经 C₁ 降压、桥式整流、VD5 稳压后的直流电压虽送到了后级电路，但由于 VD6、VD7 发光二极管中无电流流过而不能发光，光敏电阻器 RG 呈高阻状态，稳压电源不能通过 RG、R₂ 为三极管 VT1 提供足够的偏流，故 VT1 处于截止状态，KAJ 不工作，其常闭触点 KAJ1-1、KAJ1-2 闭合，使线路输出的火线与地线正确，即 KAJ1-1 输出电源火线，KAJ1-2 输出电源地线。

此时，由于 VT1 处于截止状态，故 VD1~VD4 桥式整流后的+12 V 电压通过 KAJ 继电器线圈及 R₃ 使绿色发光二极管 VD8 导通发光，以示电源火线与地线连接正确。

(3) 电源火线与地线接反

当电源火线与地线接反,即原地线变为火线时,VD6 红色发光二极管和白色发光二极管 VD7 均会导通发光,前者发光以示电源火线接反;后者发光后,使光敏电阻器 RG 呈低阻态,12 V 直流电源就会经 RG、 R_2 加至 VT1 的基极,使其导通,KAJ 继电器线圈得电吸合,其 KAJ1-1、KAJ1-2 两组常闭触点断开、常开触点闭合(即触点②、③接通),由此使输出的火线与地线维持原态。

此时,由于 VT1 导通,等效于将 VD8 和 R_3 串联电路的两端短接,故 VD8 不会发光。由此可见,无论输入端连接的火线与地线怎样,输出端的火线与地线始终正确。

4.6.4 读识三只晶体管式交流火线校正电路

图 4-35 所示是由三只晶体管构成的交流火线校正电路图,适用于用电设备要求零线和火线有固定接法的场合。该线路无论输入端零线、火线接法如何,均可使输出端火线与零线的接法保持固定,确保用电设备的安全。

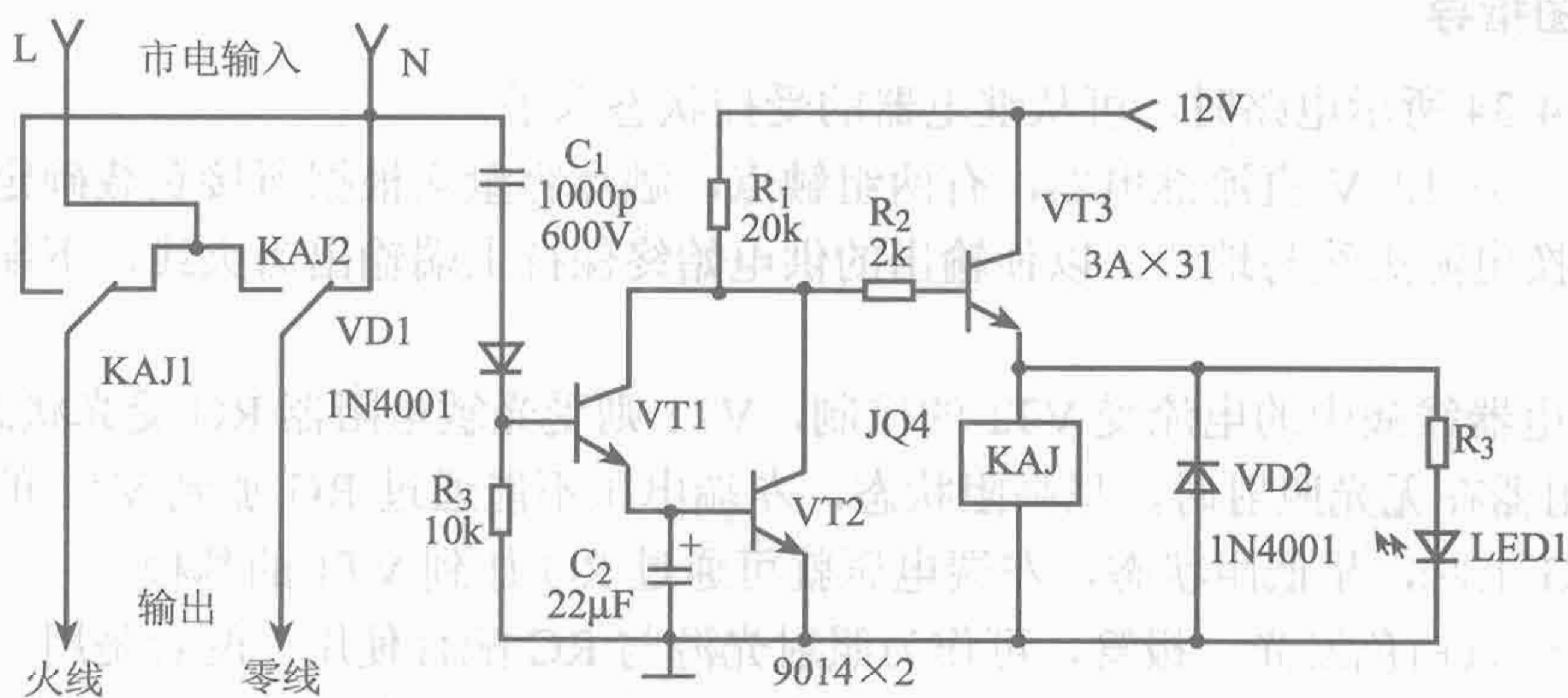


图 4-35 由三只晶体管构成的交流火线校正电路图

1. 识图指导

读识图 4-35 所示电路时,可从 KAJ 继电器的控制状态入手。

KAJ 继电器有两组常开和常闭双触点,用于对火线进行切换校正。KAJ 继电器线圈的供电受控于 VT3,VT3 受控于由 VT1 和 VT2 构成的复合管,VT1 的基极与降压整流电路输出端相连,当整流电路有电压输出时,就会使 VT1~VT3 工作,通过 KAJ 对火线进行校正。

2. 工作原理

图 4-35 所示电路的工作原理可从以下两个方面来进行分析说明。

(1) 市电零线接 C_1 的上端

当市电的零线接 C_1 电容器的上端,也就是按图 4-35 中所标的方式接上 L (火线) 和 N (零线) 电源以后, C_1 电容器上端对地电位为低电位,故 VD1 不会工作,后级电路也不会动作,电源按如图 4-35 所示的标定输出市电电压供电气设备使用。

(2) 市电火线接 C_1 的上端

当电源接反使市电火线接到了 C_1 电容器的上端时,该电压经 C_1 电容器降压,VD1 二

极管半波整流, R_3 分压, 得到的直流电压加到 VT1 的基极, 使 VT1 导通, 12 V 电压经 R_1 电阻器→VT1 导通的 c-e 结对电容器 C_2 进行充电。

随着 C_2 电容器两端的电压逐渐上升, 一旦该电压升高到一定值时, 就会使 VT2 导通, 等效于将 R_2 电阻左端接地, 使 VT3 正偏也导通, 12 V 电压就会经 VT3 导通的 e-c 结输出。该电压一方面使 LED1 发光二极管导通发光, 以示电源处于校正状态; 另一方面使继电器 KAJ 线圈得电吸合, 其两组 KAJ1、KAJ2 常闭触点断开, 常开触点闭合。此时, 市电是经 KAJ1、KAJ2 的两组常开触点仍按如图 4-35 所示中的左端为火线、右端为零线的方式向负载供电的。

由此可见, 图 4-35 所示相对于负载零线、火线的接法是固定的。

4.7 读识其他低压电路

4.7.1 读识保险管熔断指示电路

图 4-36 (a) 所示是一种直流保险管熔断指示电路图, 图 4-36 (b) 所示是用于交流电路的保险管熔断指示电路图。

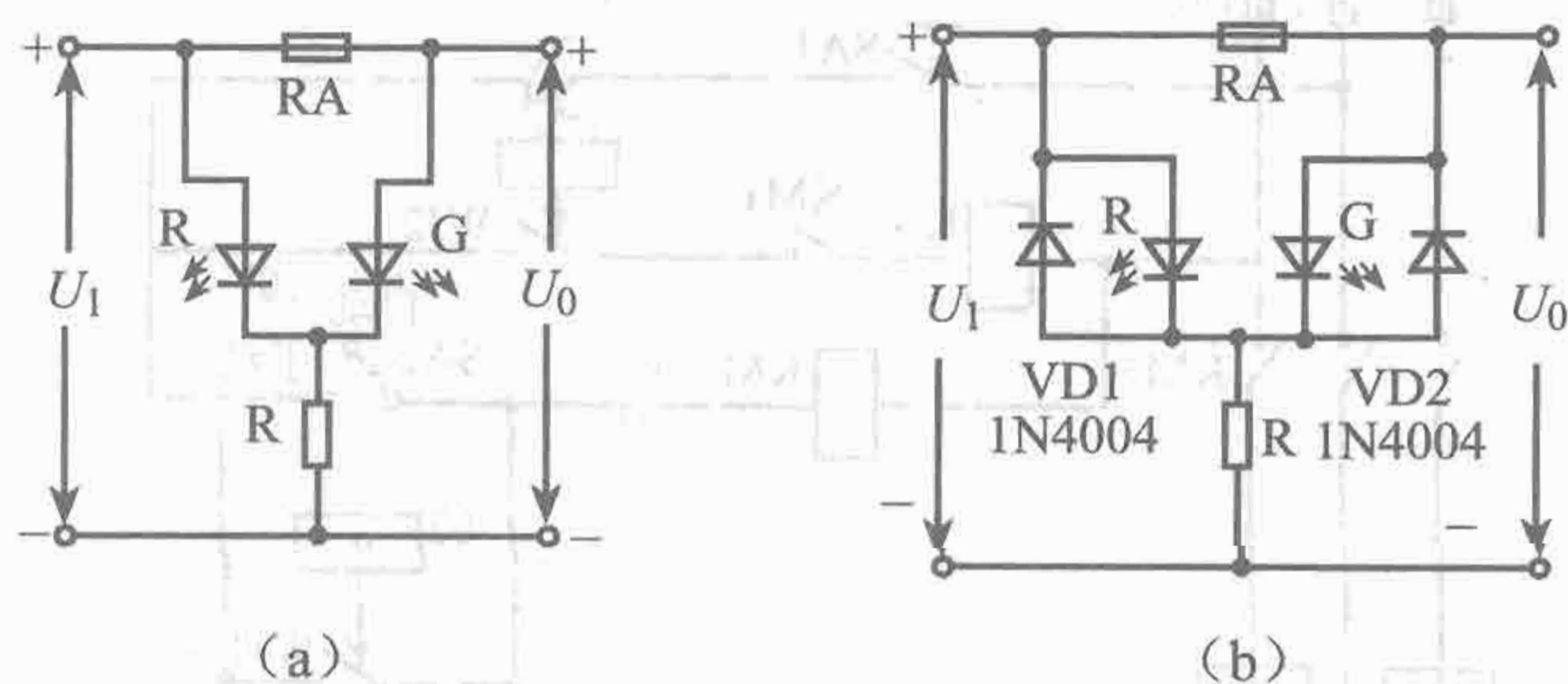


图 4-36 保险管熔断指示电路图

1. 识图指导

读识图 4-36 所示电路时, 主要应抓住发光二极管的发光特性。因为发光二极管通过几毫安的电流即可发光, 且红、绿两只发光二极管处于保险管的输入端与输出端, 保险管熔断后, 其输出端串接的发光二极管就不会点亮。由此就可很方便地读懂电路图的工作原理。

2. 工作原理

图 4-36 所示电路的工作原理可从以下三个方面来进行分析说明。

(1) 保险管完好

当保险管完好时, 双色发光二极管的红色极芯和绿色极芯同时发光, 混合形成黄色光(或橙色光)。

(2) 保险管熔断

当保险管熔断时, 就仅有红色极芯发光, 发光二极管显示红色。由此就可根据发光二极管的发光颜色判断保险管的好坏。

(3) R 的作用

R 为限流电阻器，用于将输入的电压进行降压和限流后提供给发光二极管。

提示：

R 的电阻值应根据输入电压 U_1 的不同而估算选择。当输入电压为交流 220V 时，该电阻器的阻值可在 91 ~ 150kΩ 之间选择，功率可选用 0.25W 及以上的。

4.7.2 读识电力变压器自动降温控制电路

图 4-37 所示是电力变压器自动降温控制电路图。电力变压器在夏季连续运行，当其自身温度超过 65℃ 时，自动控制风扇电动机启动工作为电力变压器进行降温，避免电力变压器过热而烧坏。

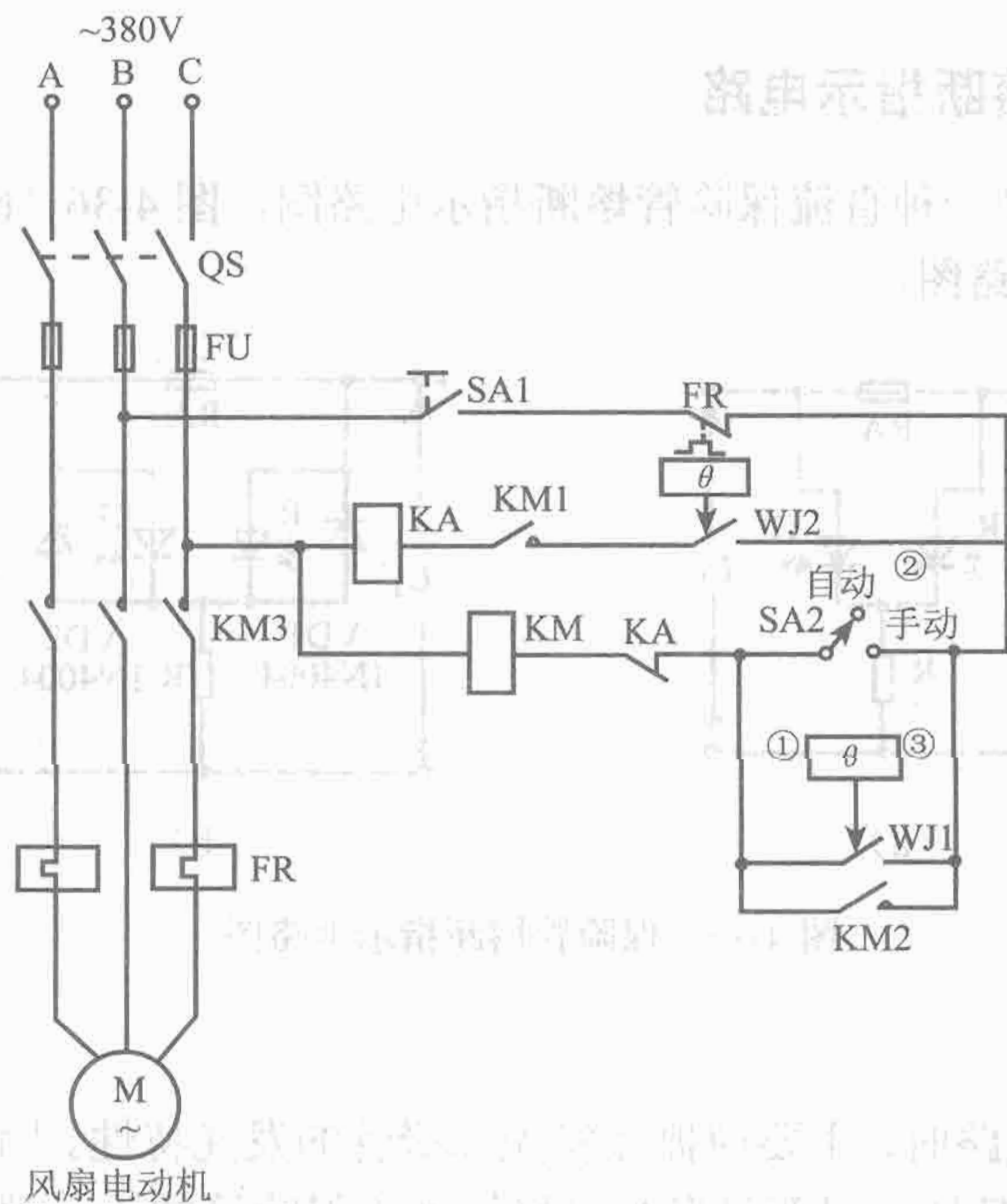


图 4-37 电力变压器自动降温控制电路图

1. 识图指导

读识图 4-37 所示电路时，先应根据图中的图形符号搞清图中使用了哪些元器件，具有触点的继电器和交流接触器，还应仔细分清各自的触点及其状态（常开还是常闭）。

图 4-37 所示电路中，SA1 为启动开关；WJ1 与 WJ2 为电接点温度计，WJ1 为电接点温度计的上限触点，WJ2 为下限触点；KA 为继电器线圈，其有一组常闭触点；KM 为交流接触器线圈，其有多组常开触点 KM1、KM2、KM3；SA2 为自动与手动转换开关；FR 为热保护器。

2. 工作原理

图 4-37 所示电路的工作原理可从以下两个方面来进行分析说明。

(1) 手动状态

当功能开关 SA2 的①与③触点间接通时，电路处于手动控制风扇电动机状态。此时，按下 SA1 自锁按钮，就会使 KM 交流接触器线圈得电吸合，其常开触点 KM2 闭合自锁，KM3 常开触点闭合，就会使风扇电动机得电工作，对电力变压器进行冷却。

(2) 自动状态

当功能开关 SA2 的①与②触点间接通时，电路处于自动控制风扇电动机状态。

- 当变压器运行、其温度上升到上限值时，WJ1 温度计的上限触点闭合，使 KM 交流接触器线圈得电吸合，其 KM1、KM2、KM3 常开触点均闭合，从而使风扇启动工作，为电力变压器降温。

- 当风扇启动工作为电力变压器进行降温，一旦变压器的温度下降到下限值时，WJ2 温度计下限触点闭合，进而使 KA 继电器线圈得电吸合，使其常闭触点断开，从而切断了交流接触器 KM 线圈的供电使其断电释放，其 KM1~KM3 触点均断开，从而使风扇电动机停止工作。

一旦变压器温度又上升到上限值时，重复上述动作。电路周而复始地进行工作。

4.7.3 读识低压配电室用万能式断路器及其自动合闸电路

图 4-38 所示是一种万能式断路器及其自动合闸电路图，可在失压跳闸后自动恢复供电，而在电路发生短路、过载保护动作时不启动合闸电路。

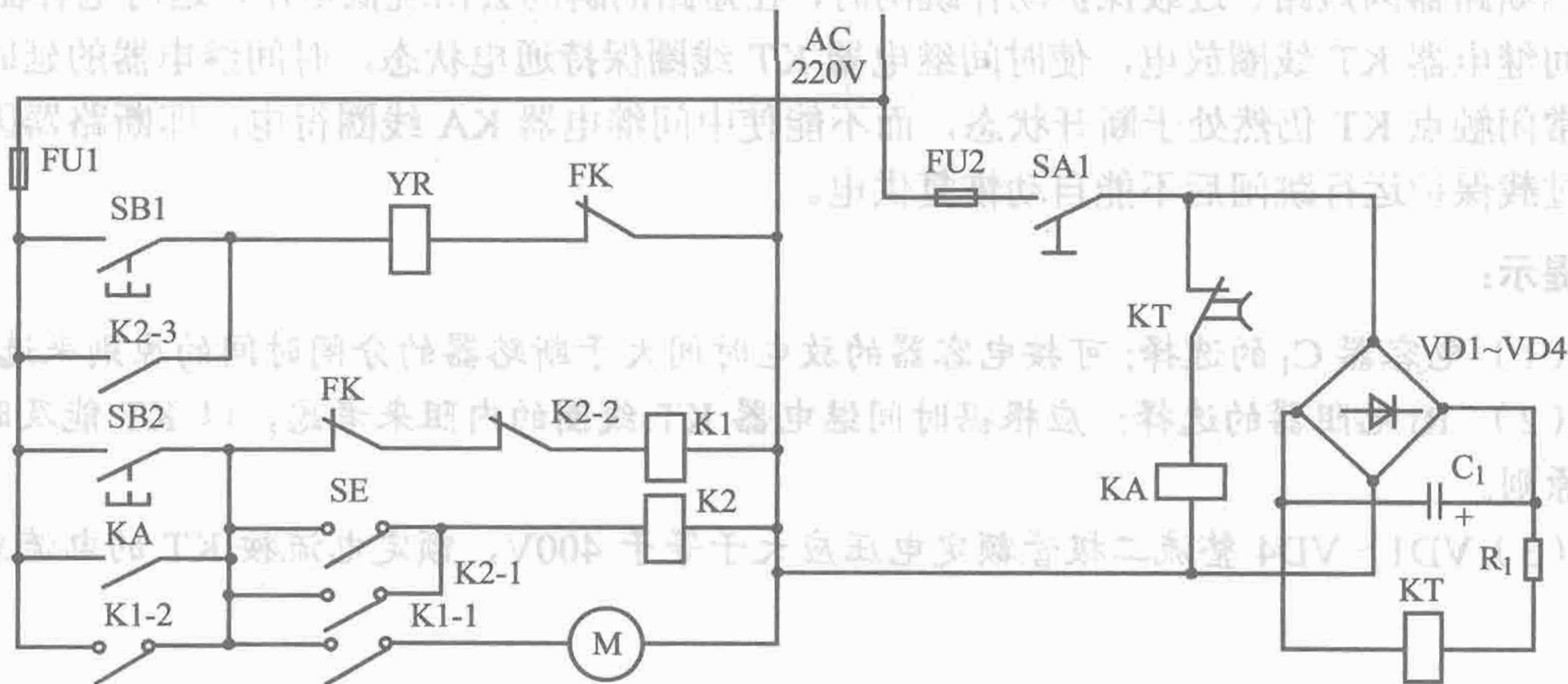


图 4-38 万能式断路器及其自动合闸电路图

1. 识图指导

读识图 4-38 所示电路时，应先根据图形符号搞清楚其是什么样的元器件，哪些是同一个元器件的触点，以及触点处于何种状态（常开还是常闭）。

KA 是中间继电器，有一组常开触点；KT 是时间继电器，有一组延时断开的常闭 KT 触点；SA1 为按钮开关；SB2 为断路器储能按钮；K1 为中间继电器，有两组常开触点 K1-1、

K1-2; K2 为中间继电器, 有两组常开触点 K2-1、K2-3, 一组常闭触点 K2-2; YR 为合闸线圈; SE 为终点触头; FK 为辅助触头; M 为储能电动机。

2. 工作原理

图 4-38 所示电路的工作原理可从以下三个方面来进行分析说明。

(1) 供电通路

交流 220 V 电源分别经 FU2、FU1 去两个支路: 一路经 FU1 去断路器电路 (图 4-38 所示左边电路); 另一路经 FU2、按钮开关 SA1: 一是接时间继电器的延时断开的常闭触头 KT 与中间继电器线圈 KA 串联支路; 二是接桥式整流滤波电路, 得到的直流供电提供给时间继电器 KT 线圈。

(2) 自动合闸过程

当断路器前端接上电源时, 若电压为正常值, 按下断路器储能按钮 SB2, 断路器合闸供电, 然后把按钮开关 SA1 合上, 220 V 交流电源经 VD1~VD4 桥式整流后的电压: 一方面对 C_1 电容器进行充电; 另一方面经 R_1 使时间继电器 KT 线圈得电工作, 经时间继电器延时断开的常闭触头 KT, 使中间继电器线圈 KA 处于断开状态。设置按钮开关 SA1 的目的, 是为了防止断路器前端接上电源时, 中间继电器 KA 动作使断路器自行合闸。

当停电时, 断路器的失压线圈动作断路器跳闸。当重新来电时, 因按钮开关 SA1 已经合上, 中间继电器 KA 线圈经时间继电器的延时断开的常闭 KT 触点得电而动作, 使中间继电器 KA 的常开触点闭合, 进而使 K_1 继电器线圈得电吸合, 其 K1-2、K1-1 两组常开触点均闭合, 使储能电动机 M 得电工作, 自动使断路器合闸而及时恢复供电。

(3) 短路、过载保护

当断路器因短路、过载保护动作跳闸时, 在短路的瞬间会出现低电压, 这时电容器 C_1 对时间继电器 KT 线圈放电, 使时间继电器 KT 线圈保持通电状态, 时间继电器的延时断开的常闭触点 KT 仍然处于断开状态, 而不能使中间继电器 KA 线圈得电, 即断路器因短路、过载保护运行跳闸后不能自动恢复供电。

提示:

(1) 电容器 C_1 的选择: 可按电容器的放电时间大于断路器的分闸时间的原则来选择。

(2) R_1 电阻器的选择: 应根据时间继电器 KT 线圈的内阻来考虑, 以 KT 能及时工作为原则。

(3) VD1~VD4 整流二极管额定电压应大于等于 400V, 额定电流按 KT 的电流来考虑。

4.7.4 读识压电陶瓷元器件式电力线传输防盗报警电路

图 4-39 (a) 所示是由压电陶瓷元器件构成的电力线传输防盗报警电路图。它可用于发生撬门入室行窃的报警, 报警信号由电力线传输。

1. 识图指导

读识图 4-39 (a) 所示电路图时, 可从光报警灯泡 EL1、EL2 的受控状态入手展开。

EL1 灯泡受控于门控开关 SA1; EL2 灯泡受控于 KA 继电器的常开触点 KA1; KA 继

电器又受控于 VD1 整流后的电压；VT1 与压电陶瓷元器件构成的振荡电路也受控于 VD1 整流后的电压；SA2 为不需要报警时的控制开关。

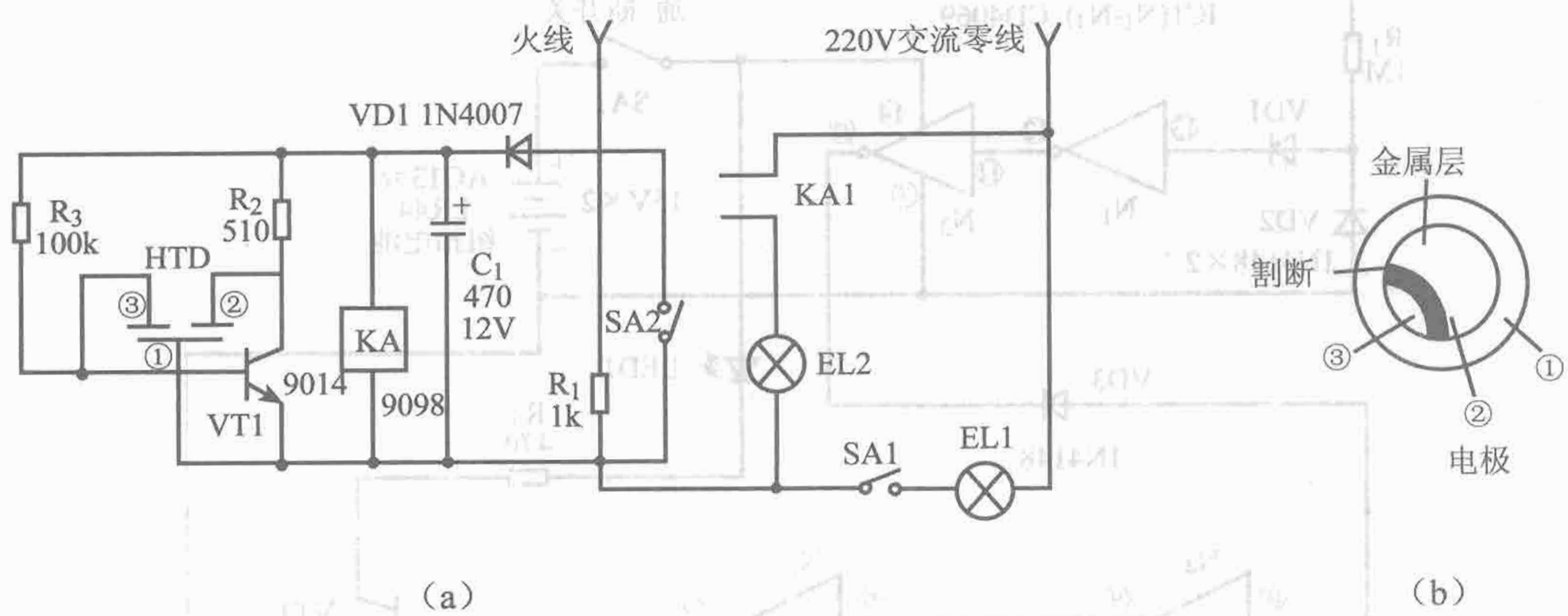


图 4-39 由压电陶瓷元器件构成的电力线传输防盗报警电路图

2. 工作原理

门控开关 SA1 和灯泡 EL1 安装在配电室内，其余元器件安装在值班室内。当窃贼破门而入时，使配电室的门控开关 SA1 闭合，EL1 点亮，使窃贼心惊。EL1 点亮后，串接在电力线中的 R₁ 上有分电压产生，该电压经 VD1 半波整流、C₁ 滤波，得到的直流电压去控制两方面的电路：

- (1) 一路使 KA 继电器线圈得电工作而吸合，其常开触点 KA1 闭合，使 EL2 灯泡点亮。
- (2) 另一路使 VT1 与 HTD 组成的振荡电路发声，使值班室内产生声、光报警信号。

提示：

SA1 可用干簧管，振荡电路中的压电陶瓷元器件 HTD 做反馈和发声用。但应将 HTD 中央有镀层的芯片割断增加一个电极，如图 4-39 (b) 所示。

4.7.5 读识数字集成电路式电源线断点检测电路

图 4-40 所示是由一块数字集成电路构成的电源线断点检测电路图。它可用于对单芯、2 芯和 3 芯电源电缆线断点位置的判断和确定。

1. 识图指导

读识图 4-40 所示电路时，可先将电路划分一下，根据其电路连接方式，确定其完成的功能。图 4-40 所示电路主要由一块 CD4069 六反相器 CMOS 数字集成电路构成。其中，它的第三 (N₃) 与第四 (N₄) 反相器构成了频率为 1000 Hz 左右的脉冲发生器，第一 (N₁) 与第二 (N₂) 反相器则用来探测火线中 220 V 交流电场是否存在，同时也具有将探头送来的微弱交流电压进行缓冲放大的作用。N₂ 反相器输出端⑩脚电位的高、低，用于控制由 N₃ 与 N₄ 组成的振荡器。

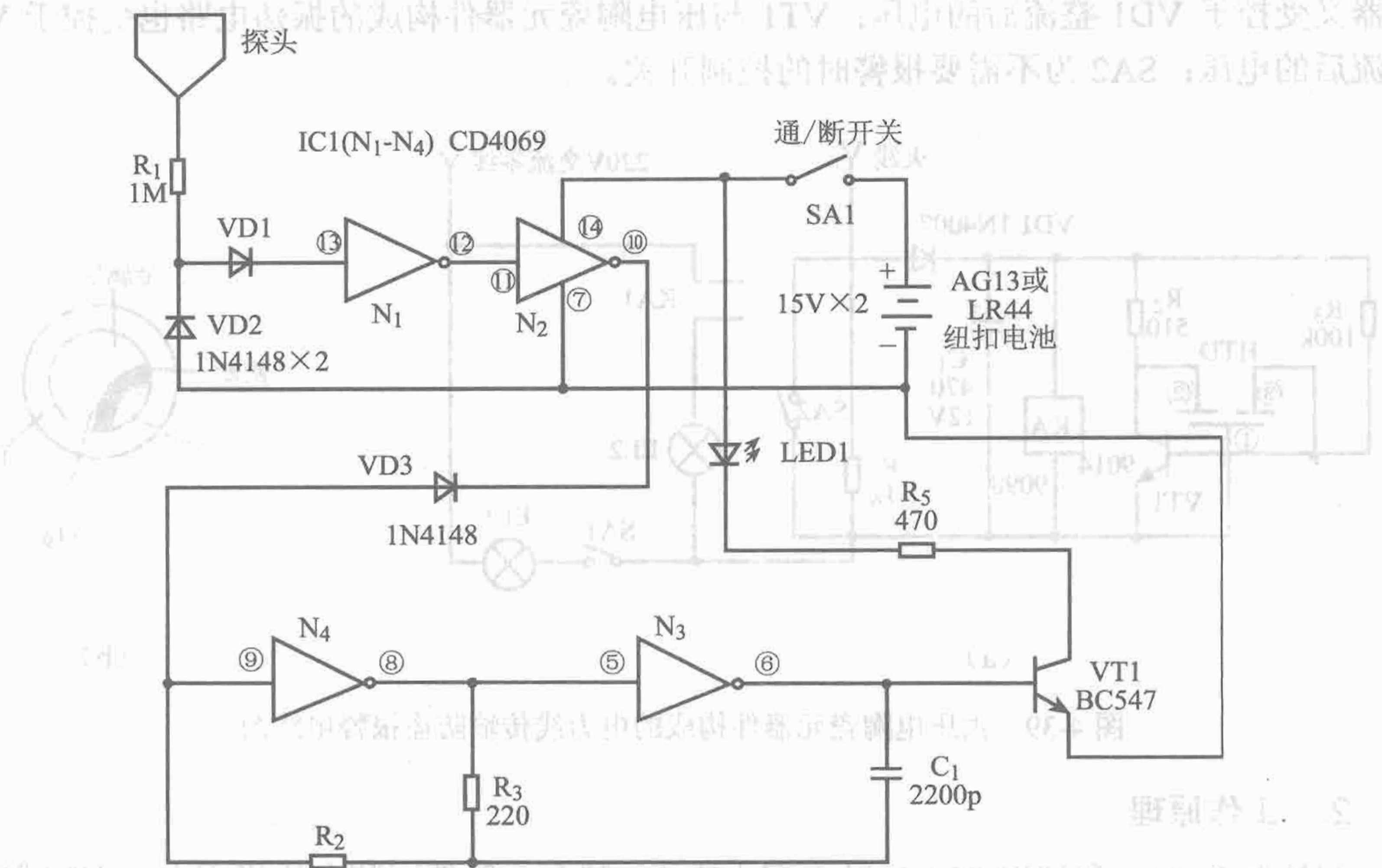


图 4-40 由一块数字集成电路构成的电源线断点检测电路图

2. 工作原理

用图 4-40 所示电路检测电源线断点时,应先将电源线另一端的负载断开,然后用万用表测出故障芯线,再将火线改接到故障芯线上,其他导线连接中线,用探头沿断线缓慢移动,若发现 LED1 发光二极管在某一处突然熄灭或点亮,则此处必定是断线点。其检测原理如下:

(1) 无断点处

此时探头可探测到交流电场,该信号经 R_1 降压、VD1 整流后得到的高电平信号加到 N_1 ⑬脚,经 N_1 与 N_2 两级反相器反相后使 N_2 的⑩脚(输出端)在交流电压的每个 50 Hz 的正半周间呈高电平,这一信号使 VD3 二极管反偏截止,振荡电路立即启动工作,产生的信号从 N_3 ⑥脚输出,由 VT1 去驱动 LED1 闪烁。由于闪烁频率为 50 Hz,故用肉眼看上去 LED1 发光二极管呈连续发光状态。

(2) 断点处

当感应探头移动到电源线断点时,相当于探头远离交流电场,无信号被检测到,故 N_2 ⑩脚输出为低电平,VD3 导通,振荡器立即停止工作,致使 N_3 反相器的⑥脚输出为低电平,这一信号使 VT1 立即截止,故 LED1 发光二极管立即停止发光(即熄灭)。

提示:

为了便于检测直径较粗的电源电缆线,可将探针弯成“J”形,以增加探测灵敏度。

第5章 电气仪表电路识图技巧

电气仪表是用来测量电流、电阻、电能、功率、相位角、频率等电气参数的仪表。常用的电气仪表有电流表、电压表、电度表、功率表、钳形电表、兆欧表、万用表、数字万用表等。

5.1 读识电气仪表电路的方法与步骤

电气仪表电路类型较多，品种也十分繁杂，既有由电气元件组成的电路，又有由电气、电子元件混合组成的电路。对于电气元件电路的读识，前面几章介绍的内容基本上也适用于电气仪表电路图。对于由电子元件（或电气与电子元件混合）组成的电路，需要说明以下几点。

1. 牢记电路图中各种元器件的符号及功能

要想顺利读懂电气仪表电子电路，就要从认识元器件开始。看电气仪表电子电路必须熟悉电路图中各符号所对应的元器件，了解基本功能，这就好比造房子，你先得明白砖、木材、水泥等的作用，才能建造高楼大厦。电子元器件虽很多，但电气仪表电子电路中常见的不过是电阻器、电容器、电感器、晶体二极管、晶体三极管、集成电路等，对这些基本电子元器件的符号及功能应牢记不忘，这样，看起电气仪表电子电路图时才会得心应手。

2. 搞清电路图的主要功能

任何一个电气仪表电子电路图，都是为了完成和实现该仪表的整体功能而设计的，搞清电路图的主要功能以及它的技术指标，就可从宏观上对该电气仪表电子电路图有一个初步的了解，故这一步也十分重要。

3. 分解复杂电路为单元电路

分解复杂电路为单元电路的方法，通常是以主要元器件为核心，将电路图分解为若干个单元电路，并画出方框图。一般来说，晶体管，集成电路等是各单元电路的核心元器件。因此，可以从晶体管或集成电路等主要元器件为标志，根据信号或电压等处理流程方向将电路分解为若干个单元电路，并据此画出电路原理方框图。方框图有助于掌握和分析电路图。

4. 抓住主单元电路

对于较简单的电气仪表电子电路，一般只有一个信号通道。对于较复杂的电气仪表电子电路，往往具有几个信号通道和若干个辅助通道，整机电路的基本功能是由主通道各单元电路实现的。故在分析电气仪表电子电路时，可以先分析主通道各单元电路的功能，以及各单元电路间的连接关系，然后，分析各单元电路的原理与功能。

5. 找出辅助电路与主电路间的关系

辅助通道的作用是提高基本电路的性能和增加辅助功能。在读懂了主通道电路的基本功能以及其工作原理以后，就可以对辅助电路的功能及与主电路的关系进行分析了。在搞清了主电路的基础上再对辅助电路进行分析就比较容易了，搞清了辅助电路的功能又可进一步加深对主电路的理解。

5.2 读识测电笔电路

5.2.1 读识声、光提示式多功能测电笔电路

图 5-1 (b) 所示是具有声、光提示结果的多功能测电笔电路图。图 5-1 (a) 所示是该测电笔的外形结构，图中的数字代号含义为：

- 1—接触要测量部位用改锥形笔头；
- 2—褐色绝缘的塑料笔身；
- 3—用于转换弱、中、高三挡的灵敏度开关；
- 4—用于指示弱挡位的红色发光二极管；
- 5—用于指示中、高挡位的绿色发光二极管；
- 6—供手触摸的触片；
- 7—喇叭 BL 的发声孔；
- 8—测电笔的笔夹。

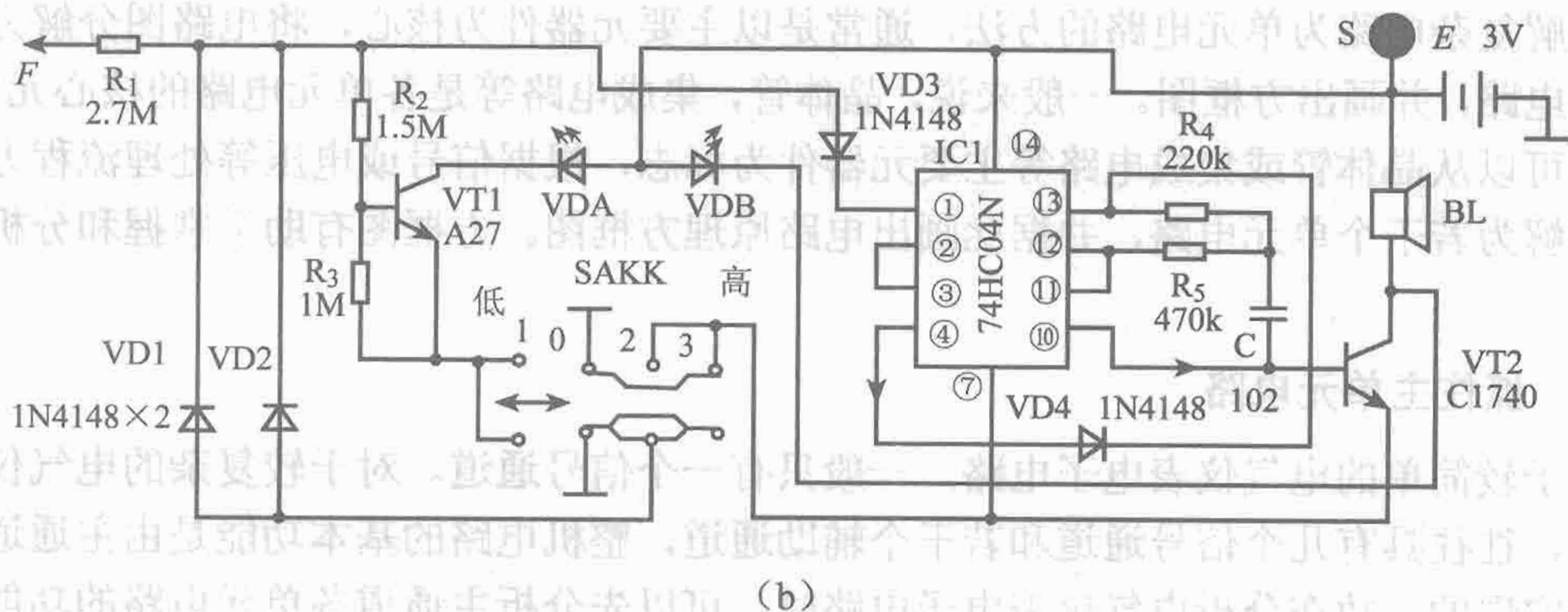
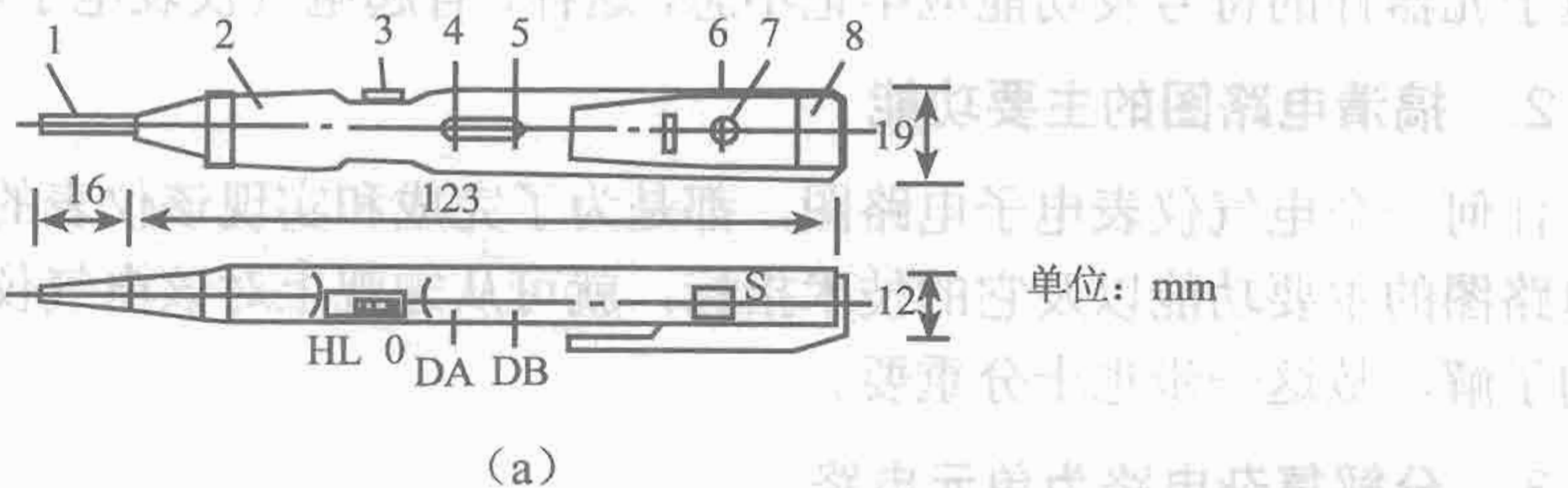


图 5-1 具有声、光提示式多功能测电笔电路图

1. 识图指导

读识图 5-1 (b) 所示电路图时, 先应搞清各元器件的控制关系。图中, VT1 受测试端 F 信号的控制, 发光二极管 VDA 受控于 VT1; 喇叭 BL 受控于 VT2, 同时也控制发光二极管 VDB, 而 VT2 则受 IC1 (74HC04N) ⑩脚输出信号的控制。

IC1 的型号为 74HC04N, 是一块六反相器。其内电路方框图如图 5-2 所示。根据图 5-1 (b) 所示电路中的连接方法可看出, F_1 、 F_2 连接成反相器方式, F_5 或 F_6 连接成振荡电路方式。

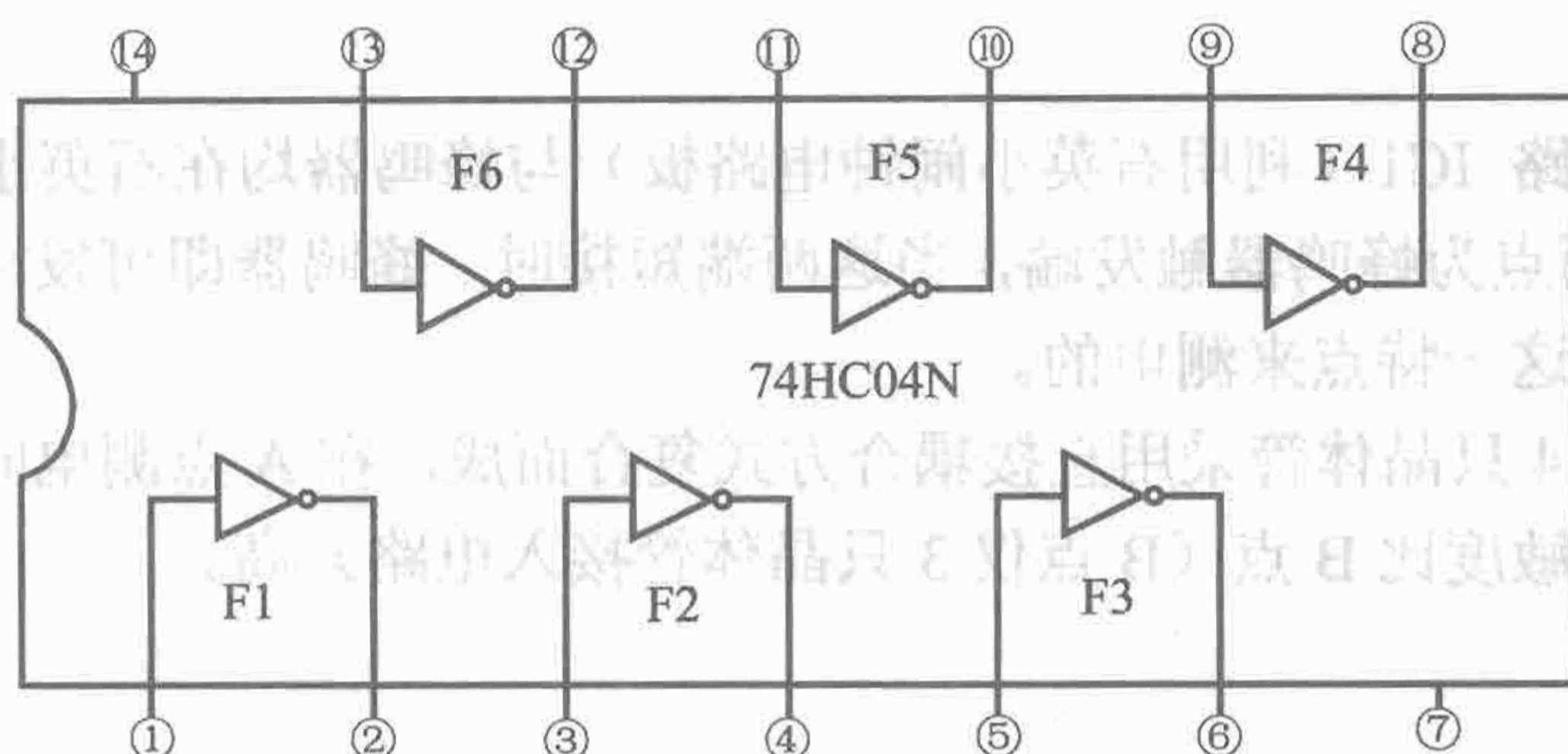


图 5-2 74HC04N 六反相器内电路方框图

2. 工作原理

图 5-1 (b) 所示电路的工作原理可从以下三个方面来进行分析说明。

(1) 高挡位

当将灵敏度选择开关 SAKK 拨在高灵敏挡位时, 测电笔 F 端被测信号直接经 R_1 、VD3 加到 IC1 的①脚, 经 IC1 内的 F_1 、 F_2 两个反相器反相后, 从④脚输出高电平。该信号经 VD4 加到 IC1 ⑬脚, IC1 内部 F_5 、 F_6 组成的振荡器产生的信号从⑩脚输出, 经 VT2 放大后, 一方面驱动微形喇叭 BL 发声, 另一方面使 VDB 闪亮。

(2) 中挡位

当 SAKK 拨至中挡位置时, 钳位二极管 VD1、VD2 接入, 灵敏度降低。

(3) 低挡位

当 SAKK 拨至低挡位置时, 只有 VD1 参与了信号放大, 信号使 VD1 导通后, 只有发光二极管 VDA 发光。

提示:

该测电笔灵敏度极高, 在多数情况下, 持笔时手指不需要接触 S 片。它除具有一般测电笔所有功能外, 不接触也可远测交流电压, 测试范围为 75 V ~ 110 kV。它还用来判别 1.2 ~ 250 V 直流电压的极性。

5.2.2 读识蜂鸣器集成电路感应式测电笔电路

图 5-3 所示是由蜂鸣器集成电路构成的感应式测电笔电路图。

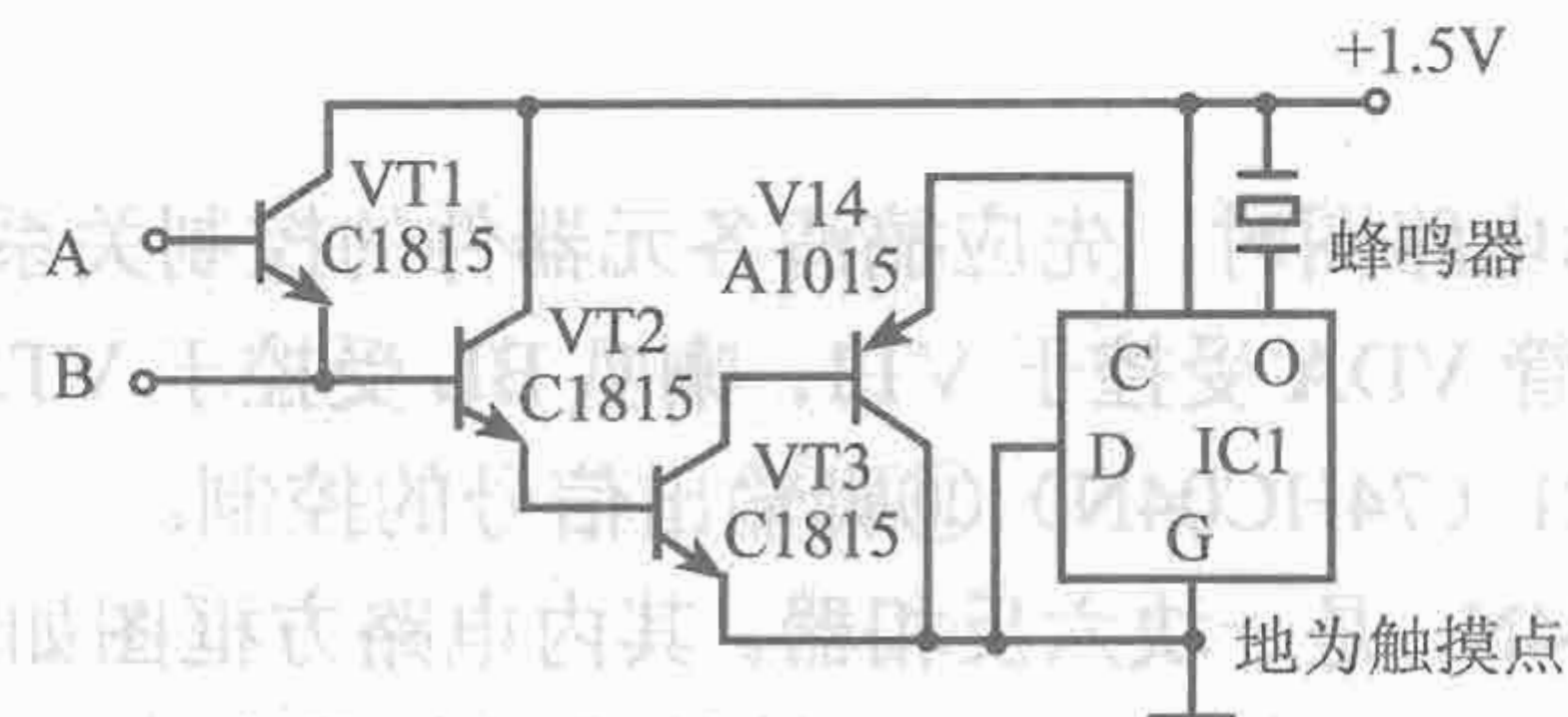


图 5-3 由蜂鸣器集成电路构成的感应式测电笔电路图

1. 识图指导

蜂鸣器集成电路 IC1（利用石英小闹钟电路板）与蜂鸣器均在石英小闹钟的小电路板上，它的 C 与 D 两点为蜂鸣器触发端，当这两端短接时，蜂鸣器即可发出蜂鸣音。该感应式测电笔正是利用这一特点来测电的。

VT1~VT4 共 4 只晶体管采用直接耦合方式复合而成。在 A 点测电时，因 4 只晶体管全接入，故测电灵敏度比 B 点（B 点仅 3 只晶体管接入电路）高。

2. 工作原理

(1) 当从 A 端输入感应信号时，VT1、VT2、VT3、VT4 相继导通，等效于将 IC1 的 C 与 D 点短接，由此就可使 IC1 被触发，输出驱动信号使蜂鸣器发声。

(2) 当从 B 端输入感应信号时，工作过程同上，仅是测电灵敏度比 A 点差一些。感应笔 A 端距离导线约 10~15 mm 就会发声，故可以较方便地判断导线是否带电。

提示：

测电的灵敏度与复合管的数量和放大倍数（ β 值）有关，可根据实际需要确定复合管的个数及它们的 β 值。

5.2.3 读识发光二极管指示式测电笔电路

图 5-4 (b) 所示是 MS18 型用发光二极管指示测电结果的测电笔电路图，图 5-4 (a) 是该测电笔的外形，其采用半透明的塑料外壳，强度和光洁度较好，图中各数字代表的元器件为：1-弹簧；2-电池；3-元器件安装印制板；4-限流电阻器。

1. 识图指导

读识图 5-4 (b) 所示电路图时，先应根据元器件的图形符号认识各个元器件。图中，S 为手触端；E 为供电的 3 V 纽扣电池；VT1、VT2 是 $\beta > 100$ 的三极管，连接成复合管方式；VD1 为红色 LED 发光二极管； R_1 是限流电阻器；F 是接触测电端。

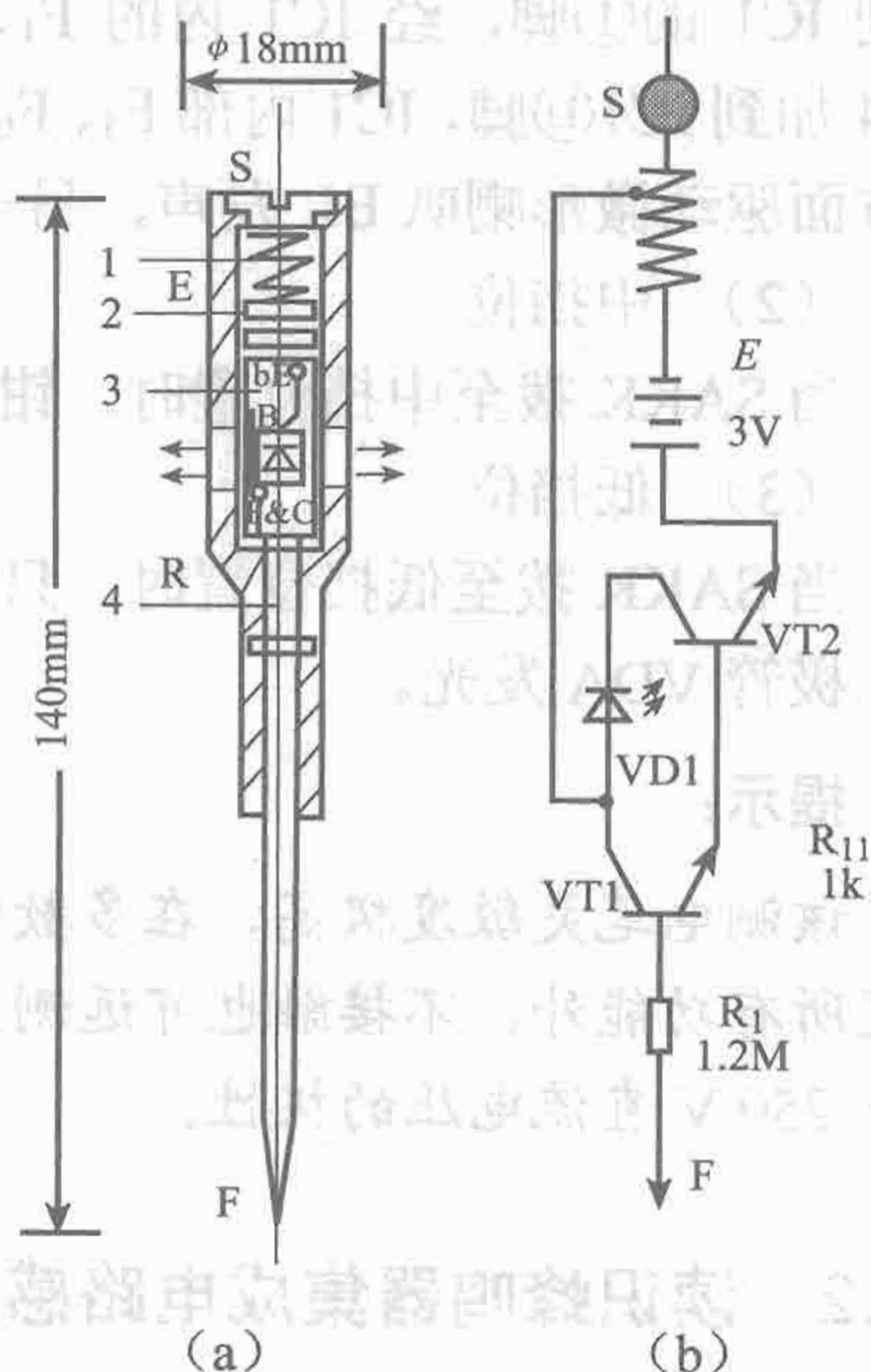


图 5-4 MS18 型测电笔外形与线路图

2. 工作原理

该测电管的灵敏度很高，用手触 S 端，不触及相线也能发光。遇到这种情况时，手指应离开 S 端，握住笔身的绝缘处，待灵敏度下降后，接触相线时才会发光。

该测电笔具有多种用途，具体情况如下：

(1) 可自测自检

用一只手按测电笔的 S 端，另一只手捏住 F 端，这时电源电压 E 的正极电流通过人体电阻 $\rightarrow R_1$ 电阻器 $\rightarrow VT1$ 的基极，使 $VT1$ 、 $VT2$ 复合端正偏导通，使发光二极管 $VD1$ 导通发光，表示该测电笔正常，同时，可用这种方法测导线的通、断。

(2) 直流电压极性鉴别

用测电笔的 F 端去接触直流电压的两端，当发光二极管 $VD1$ 导通发光时，此时 F 端接触的就是直流电压的正极，原因是正极电压会使 $VT1$ 、 $VT2$ 导通。

(3) 单只干电池电量估测

用测电笔 F 端接触干电池负极，手指触正极，如 $VD1$ 亮，说明电池已无电。同理，也可测试和鉴别二极管、三极管极性和好坏。

(4) 探测四周是否存在高压电场

用手握住测电笔 F 端，用 S 端接近物体，如对 10 kV 的交流电压电场进行测试，可在 30 mm 处使 $VD1$ 发光。

5.3 读识电度表电路

5.3.1 读识具有节能功能的单相电度表电路

图 5-5 所示是由 1 只双向晶闸管构成的电度表空载节电器电路，适用于家用单相电度表的改造，或设计生产电度表时使用。

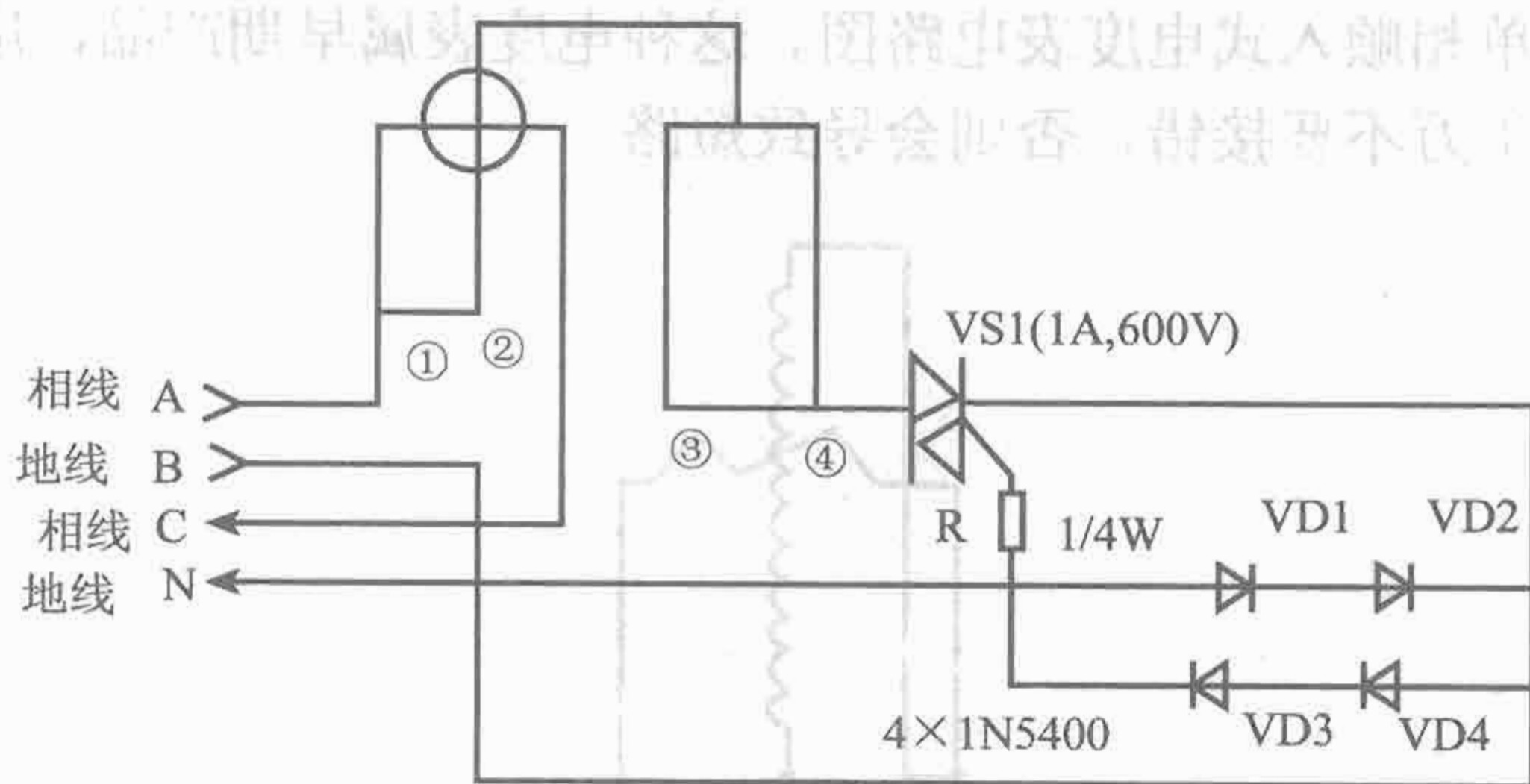


图 5-5 由 1 只双向晶闸管构成的电度表空载节电器电路

1. 识图指导

图 5-5 所示电路较简单，A 与 B 接交流 220 V 电源进线，C 与 N 为 220 V 交流电压输出端，与负载相连接。VS1 是一只耐压大于 600 V，电流大于 0.5 A 的双向晶闸管， $VD1 \sim VD4$ 是 4 只二极管。

2. 工作原理

单相电度表内装有电压、电流两只线圈，有负载时，两只线圈会同时有电流通过；无负载时，电流线圈断电，但电压线圈上仍会有电流通过，故仍会消耗电能。这部分电能白白浪费是十分可惜的。采用图 5-5 所示电路却可以节约这部分电能。

(1) 有负载时，电度表内的电压线圈得电工作

当电度表输出端 C、N 接上负载后，电流从 A 端（相线）即①脚进入电度表中的电流线圈，再由②脚输出 C 端，经过用户负载以后流回 N 端（输出地线），再经二极管 VD1、VD2 回到 B 端（输入地线）。

上述交流通路在 VD1~VD4 二极管上就会产生出约 2.4 V 的电压降，该电压降通过电阻 R 加到双向晶闸管 VS1 的控制极上，使 VS1 双向可控硅被触发而导通，等效于将电度表的③脚与④脚（两者连在一起）与市电 220 V 交流输入电压线（地线）B 接通，从而使电度表内的电压线圈得电工作，电度表进入正常的运转并进行计数。

(2) 无负载时，电度表内的电压线圈无电压，电度表不运转

当用户家中未使用电器，即电度表的负载断开以后，线路电流从 A 端即电度表①脚进入电流线圈，从②脚输出至 C 端，由于无负载，故电流在此中断，VD1~VD4 二极管上就没有电压降产生，双向晶闸管 VS1 因无触发电压而截止。由于电压线圈两端没有电压，也就不会再消耗电能，从而起到了节电的目的。

提示：

二极管的选用视电度表的容量而定，当使用 2A 电度表时，VD1~VD4 采用工作电压大于 50 V 的，可选用为 3 A 的 1N5400 型二极管。若有感性负载，应增大二极管的反向耐压。

5.3.2 读识单相顺入式电度表电路

图 5-6 所示是单相顺入式电度表电路图。这种电度表属早期产品，应注意与现在生产的电度表区别开，千万不要接错，否则会导致短路。

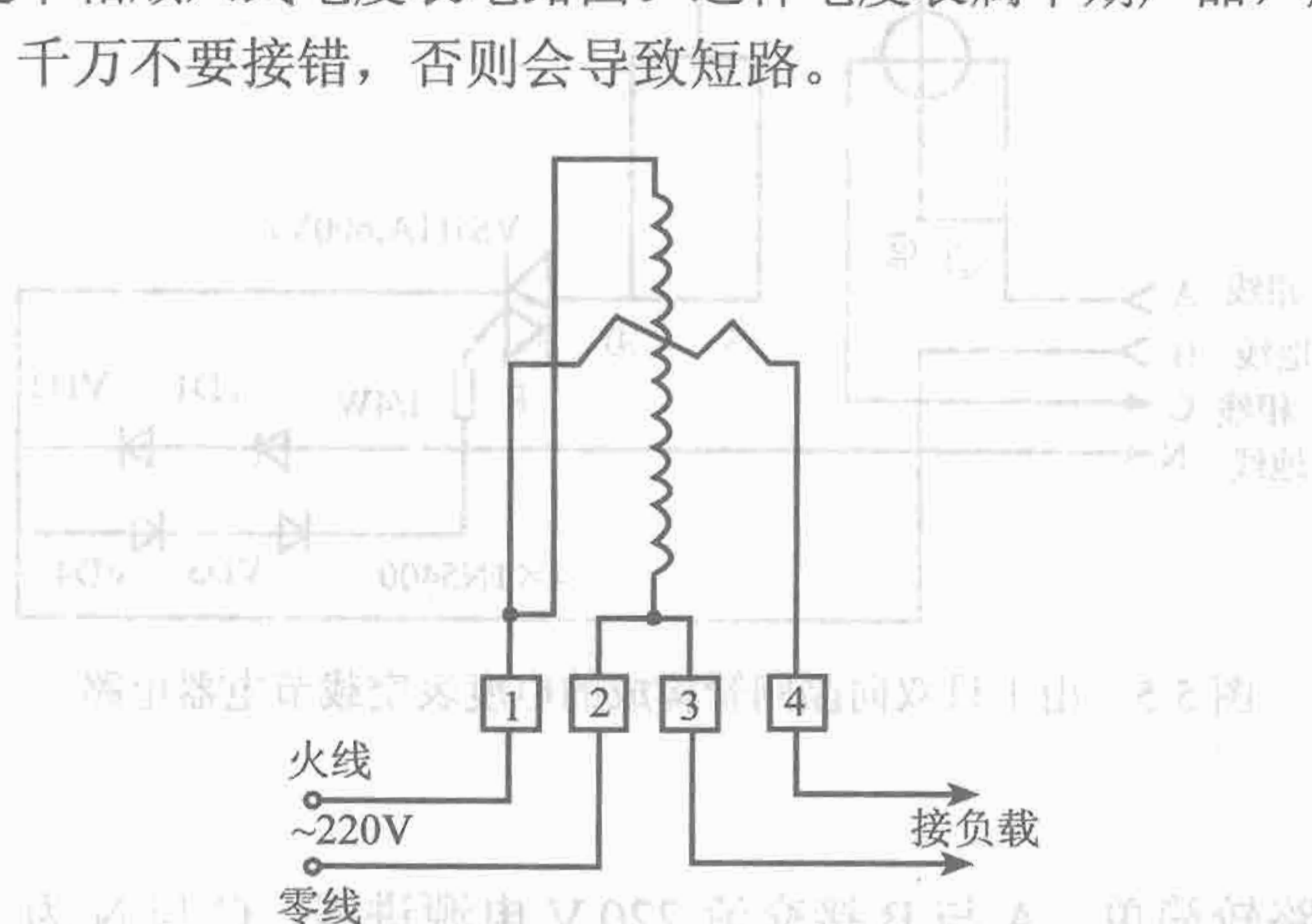


图 5-6 单相顺入式电度表电路

1. 识图指导

图 5-6 所示电路中,①脚为 220 V 电网火线输入端,②脚为零线输入端,③脚接用电器零线,④脚接用电器火线。

2. 工作原理

220 V 交流电压从电度表的①、②脚输入,经对电能进行计量后从③、④脚输出,提供给用户使用。

提示:

图 5-6 所示电路是①、②脚为进线端,③、④脚为出线端,而现在的电度表为①、③脚为进线端,②、④脚为出线端,接线时千万不要搞错。

常用电度表的电流规格与其所使用的负载之间的关系如下:

- (1) 电流规格为 1 (2) A: 选用负载最小为 11 W, 最大功率为 440 W。
- (2) 电流规格为 2.5 (5) A: 选用负载最小为 27.5 W, 最大功率为 1100 W。
- (3) 电流规格为 5 (10) A: 选用负载最小为 55 W, 最大功率为 2200 W。
- (4) 电流规格为 30 (60) A: 选用负载最小为 330 W, 最大功率为 13200 W。
- (5) 电流规格为 60 (20) A: 选用负载最小为 660 W, 最大功率为 26400 W。

5.3.3 读识单相跳入式电度表电路

图 5-7 所示是单相跳入式电度表电路图。这种电度表广泛用于照明电路中。

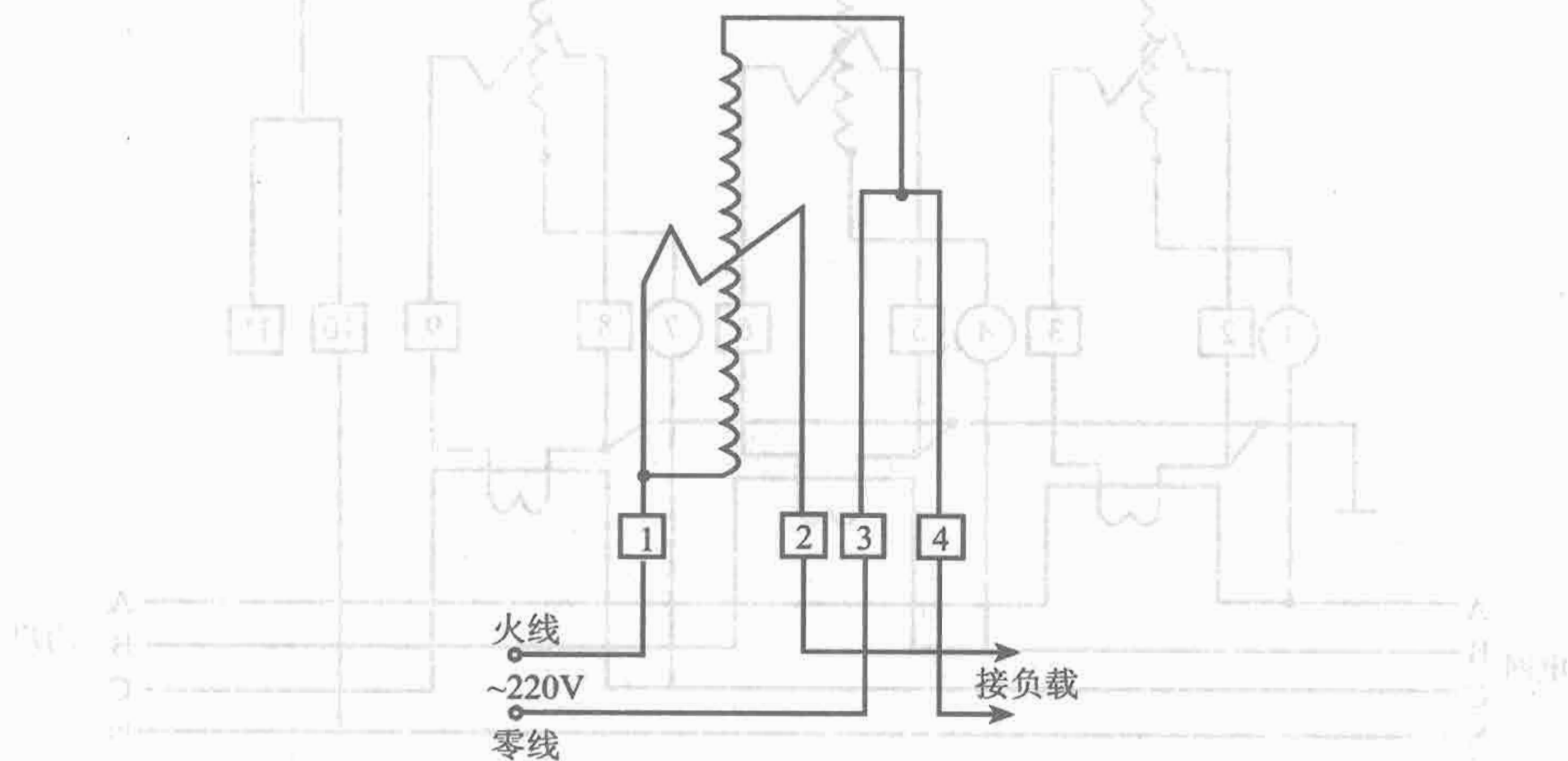


图 5-7 单相跳入式电度表电路

1. 识图指导

读识图 5-7 所示电路时,只要搞清电度表各引脚的功能,对它的工作原理也就一目了然了。

图 5-7 所示电路图中的电流线圈①脚接电网火线,②脚接用电器火线,③脚接电网零线输入线,④脚接用电器零线。

2. 工作原理

220 V 交流电源，经电度表①、③脚进入电度表后，通过电度表内的电流线圈（或电压元器件）时，在铝盘上会感应而产生涡流，这些涡流与交流磁通相互作用产生电磁力，使铝盘转动。同时，制动电磁铁与转动的铝盘也相互作用，产生制动力矩。当转动力矩与制动力矩平衡时，铝盘以稳定的速度转动。铝盘的转数与被测电能的大小成正比，从而测出所耗电能。

经检测后的交流电压从电度表的②、④脚输出，提供给用户负载使用。

提示：

电度表额定电压为 220V 时，其所带负载的容量应与电度表的电流规格相对应，如果负载的功率超过电度表的最大允许功率，就会造成电度表计数不准，超载较多时导致电度表被烧坏。在选用电度表时，一定要注意这一点。

5.3.4 读识带互感器式电度表电路

图 5-8 所示是带互感器电度表电路图。这是一种三相四线制 5 A 有功电度表，适用于那些用电量大（一般都在数百安培）的企业。

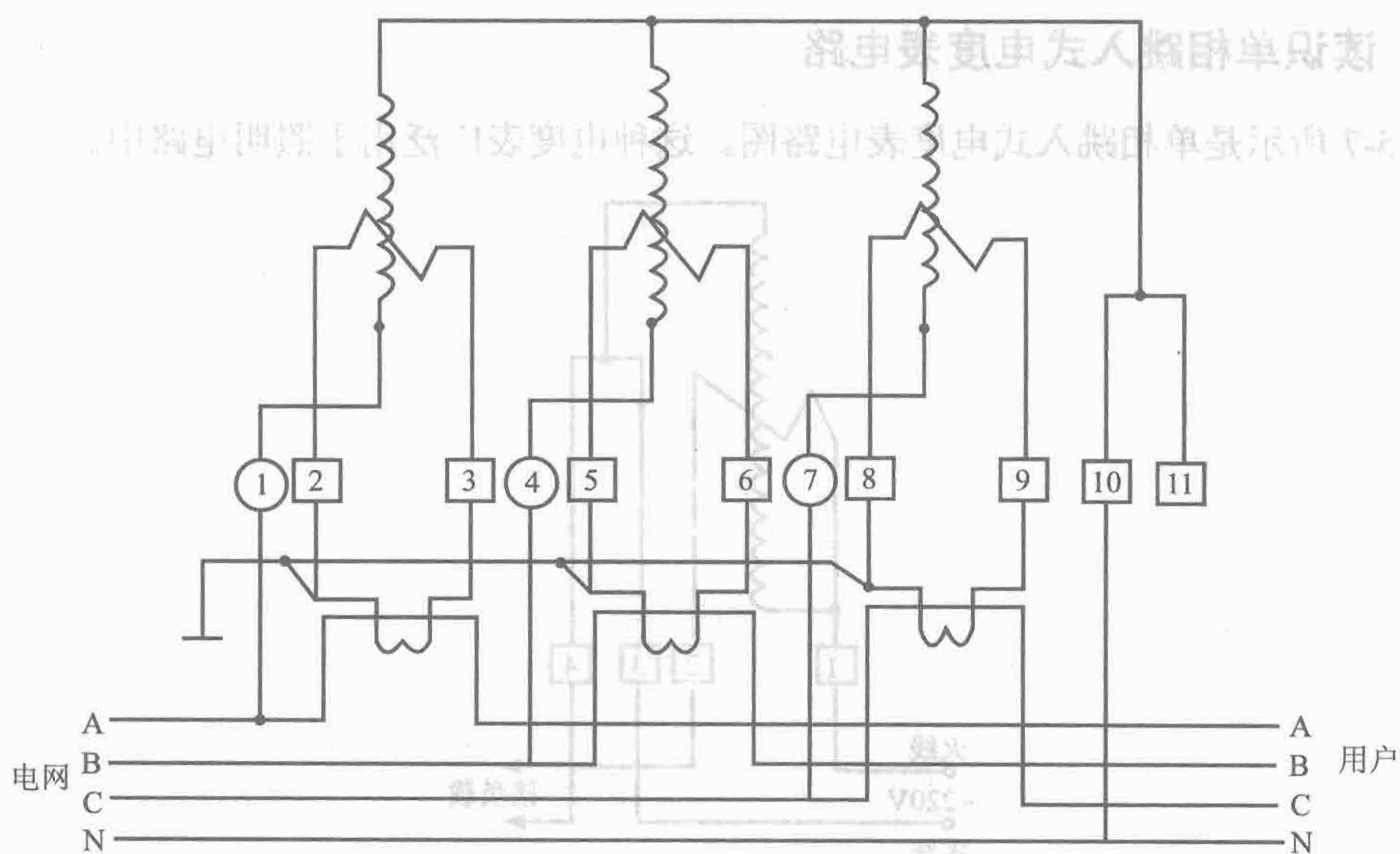


图 5-8 带互感器电度表电路

1. 识图指导

图 5-8 所示电路中电度表的①、④、⑦脚为三相电源的输入端。它是通过电流互感器来检测用电电能的。这一点与其他电度表不同，用户所用的供电，是经过互感器后得到的，由此可计算所使用的电能。

2. 工作原理

图 5-8 所示电路图的电度表是按相序接入的。电度表经电流互感器接入后，计数器的读数需乘互感器的感应比率才等于实际电度数。

例如，某电流互感器的感应比率为 500/5，应将计数器的读数（即电度表的读数）乘上该互感器的感应比率，才可得到实际的用电度数。这类互感器电度表线路最大可通过 500 A 的电流。

三相电源分别经 3 次互感器对用电量进行检测后，提供给后级用户使用。N 线是直接送到后级用户的。

提示：

对于用电量大的用户，应尽量采用这种间接测量方式的电度表。如果用直接测量方式的电度表，不仅不经济，而且电度表的接线螺丝也不可能承受如此大的电流，易导致接线螺丝处烧熔而损坏。

5.3.5 读识三相三线 60° 无功电度表电路图

图 5-9 所示是三相三线 60° 无功电度表电路图，它在电力系统中用于测量无功功率。

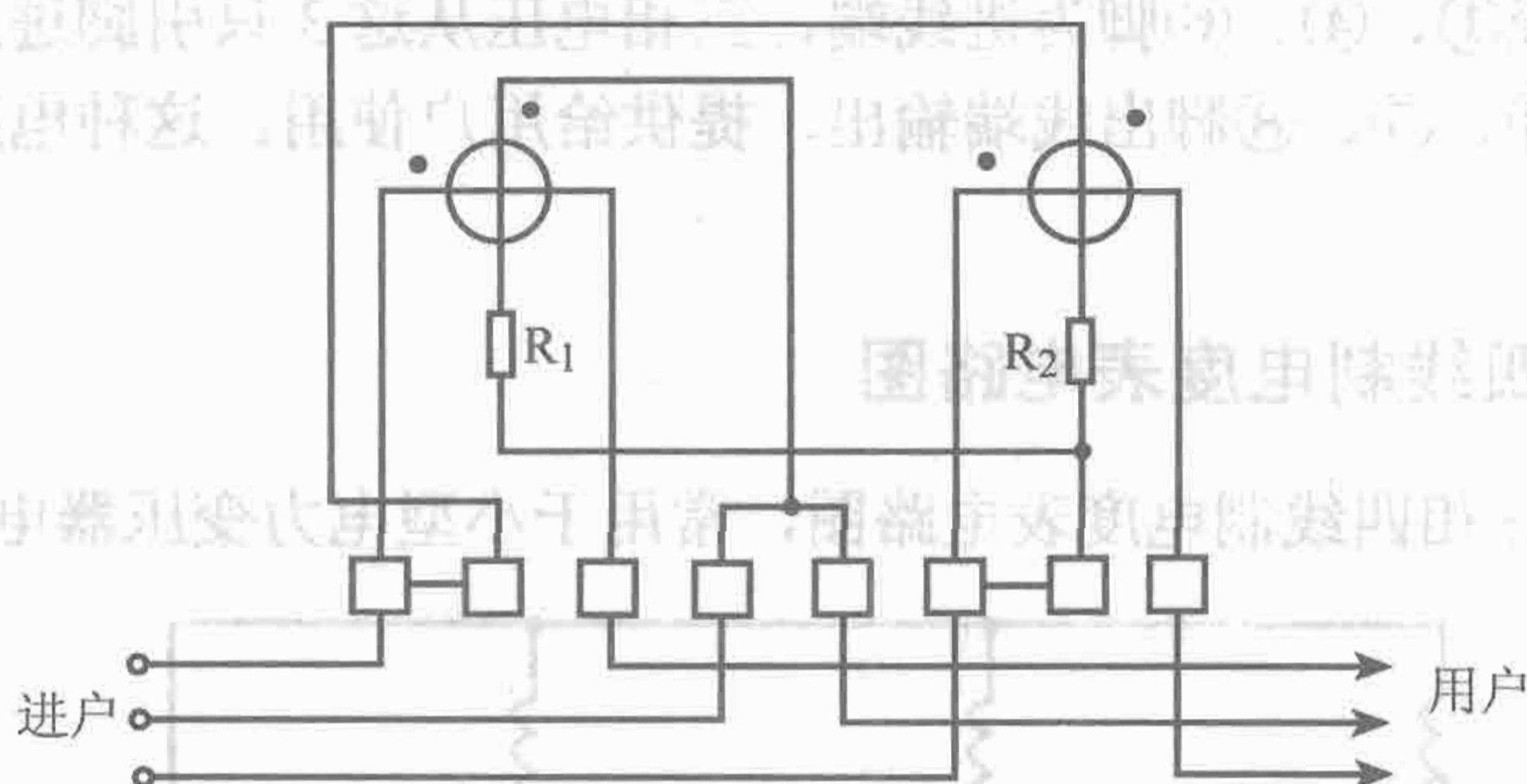


图 5-9 三相三线 60° 无功电度表电路图

1. 识图指导

读识图 5-9 所示电路时，应先搞清具有 60° 相角差的三相无功电度表（D×2 型）的特点。该表在负载功率因数 $\cos \varphi = 1$ 时，电压工作磁通 φ_u 与电流磁通 φ_i 的相位差不是 90° 而是 60°。通过对电压线圈串联的电阻器 R_1 、 R_2 的选择，可以改变 φ_u 的相位角，因此就可以得到 φ_u 、 φ_i 间 60° 相位差的要求。

2. 工作原理

从图 5-9 所示电路中可以看出，其接线方法与普通有功电度表完全相同，故其工作原理读者可自行分析。

5.3.6 读识三相三线制电度表电路图

图 5-10 所示是三相三线制电度表电路图，它广泛应用于电力系统中。

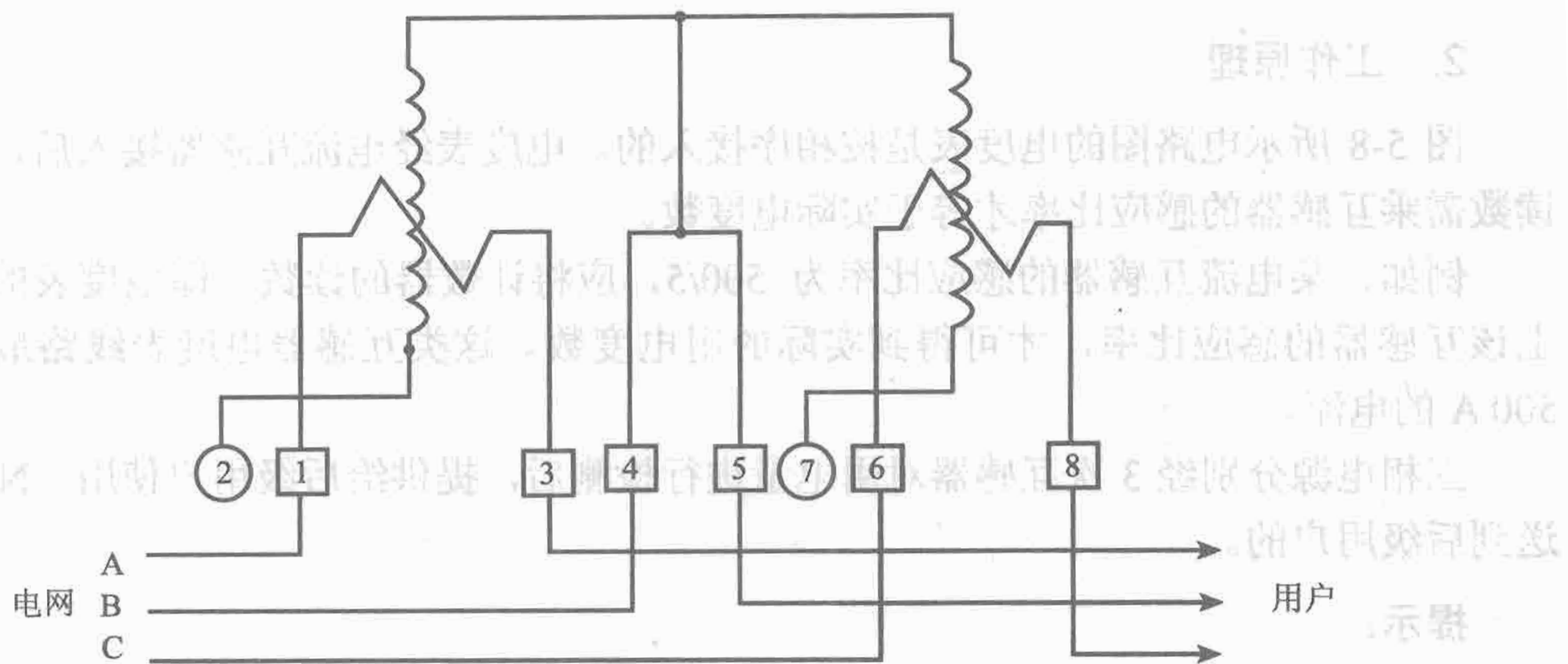


图 5-10 三相三线制电度表电路

1. 识图指导

读识图 5-10 电路时，应先看清楚该电路是按照三相交流电的正相序接线的，它的①、④、⑥脚为三相电源的输入端，③、⑤、⑧脚为三相电源的输出端。

2. 工作原理

该电路的电度表①、④、⑥脚为进线端，三相电压从这 3 只引脚进入电度表后，经对电能进行计量后从③、⑤、⑧脚出线端输出，提供给用户使用。这种电度表的最大测量范围为 40~80 A。

5.3.7 读识三相四线制电度表电路图

图 5-11 所示是三相四线制电度表电路图，常用于小型电力变压器电路上。

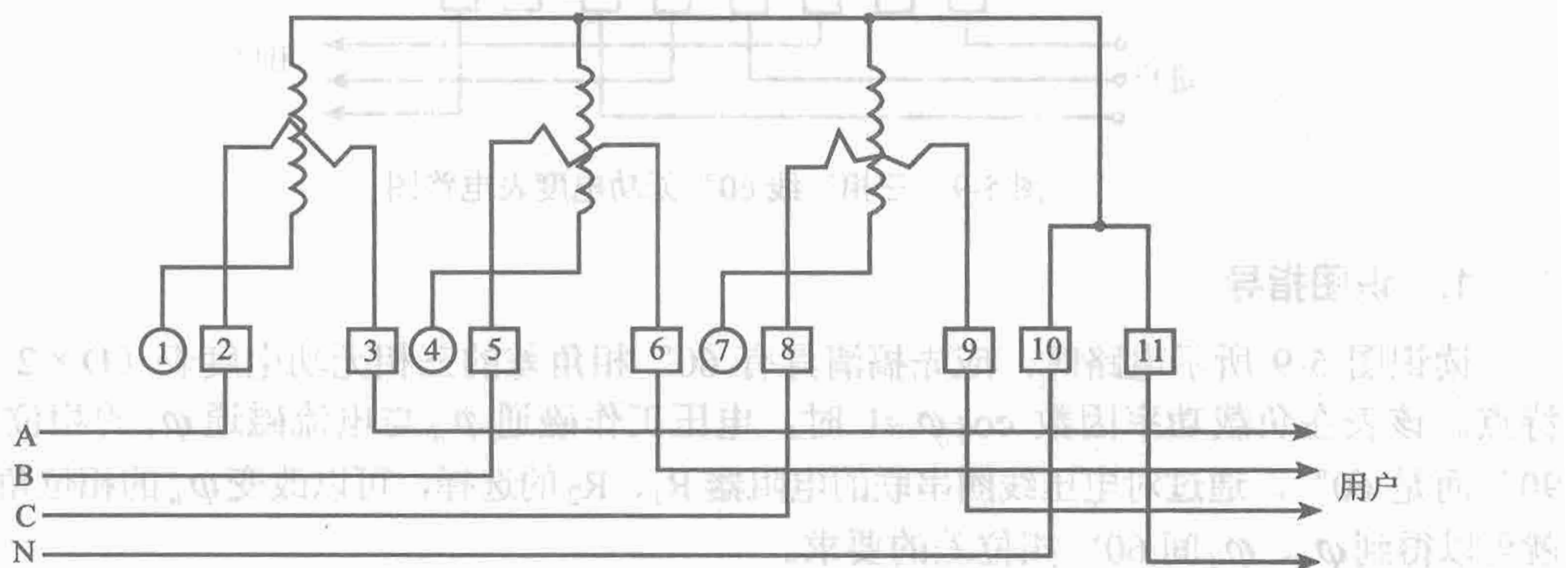


图 5-11 三相四线制电度表线路

1. 识图指导

图 5-11 所示电路中的电度表有 11 个接线端，故在接线时，应按照相序及端钮所标的线号连接，接线端标号为①、②、④、⑤、⑦、⑧、⑩的是进线端，为③、⑥、⑨、⑪的是出线端，所接负载应在额定负载的 50%~150%之间。

2. 工作原理

三相电源和 N 线从电度表的 4 个进线端输入, 经对电能进行计量后从 4 个出线端输出。

提示:

三相四线制电度表的常用规格有 5~10A, 10~25A 等。

5.4 读识功率表电路

5.4.1 读识单相功率表测量单相交流电的电路

图 5-12 所示是用单相功率表测量单相交流电的两种电路图。



图 5-12 用单相功率表测量单相交流电的两种电路图

图 5-12 所示电路很简单, 也容易理解, 但应记住: 功率表的接线必须遵守“发电机端”的规则。也就是应将标有“*”号的电流端钮接至电源端, 另一电流端钮接至负载端, 标有“*”号的电压端钮可接到任一电流端钮, 但另一电压端钮则应该接至负载的另一端。

图 5-12 所示电路中, W 即为单相功率表, 测量单相交流电压时, 可根据实际情况选择两种方法中的一种。

5.4.2 读识单相功率表测量三相四线制电源功率电路

图 5-13 所示是用单相功率表测量三相四线制电源功率电路图。

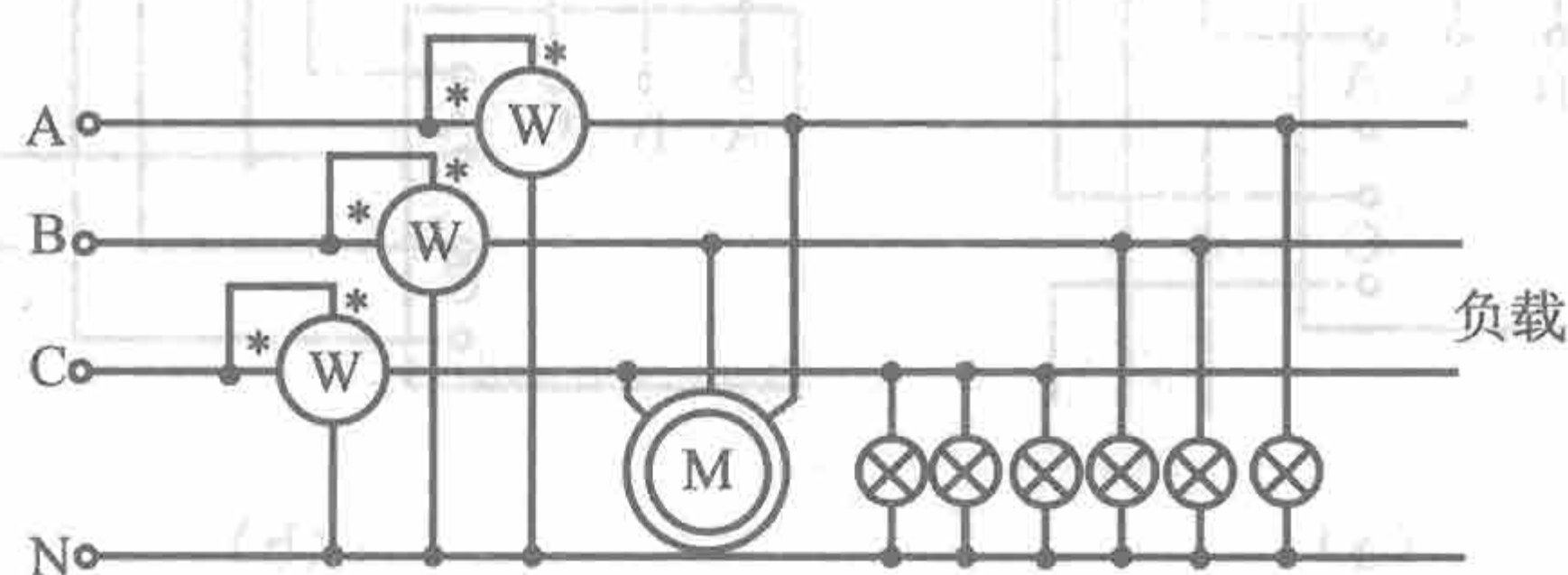


图 5-13 用单相功率表测量三相四线制电源功率电路

图 5-13 所示电路是用 3 只单相功率表与三相电源相连接进行功率测量的, 电路的总功率为 3 只功率表的读数之和。

图 5-13 所示电路中, M 为电动机负载, 6 只白炽灯泡, 有 3 只灯泡连接在 C 相与 N

线之间，使用 220 V 交流电源，2 只灯泡连接在 B 相与 N 线之间，也使用 220 V 交流电源，1 只灯泡连接在 A 相与 N 线之间，同样也使用 220 V 交流电源。图中“*”号表示接线应遵守“发电机端”规则。

5.4.3 读识单相功率表测量三相三线制电源功率电路

图 5-14 所示是用单相功率表测量三相三线制电源功率电路图。

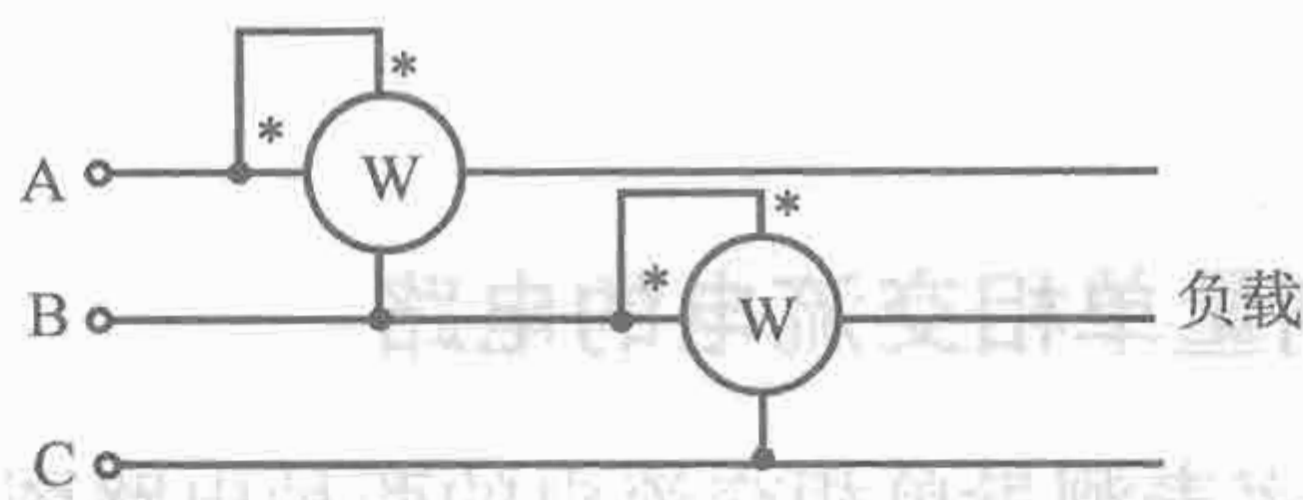


图 5-14 用单相功率表测量三相三线制电源功率电路

图 5-14 所示电路是用 2 只单相功率表与三相电源连接进行功率测量的，电路的总功率为两只功率表的读数之和。如果负载的功率因数低于 0.5，则会有一只功率表的读数为负值，即该功率表指针会反转。为了取得读数，这时需要将该功率表电流线圈的两个端钮对换，使指针往正方向偏转。这时所测量的功率应为两只功率表读数之差。

提示：

上述测量方法还可用于测量三相负载完全对称的三相四线制电路的功率。

5.4.4 读识三相功率表测量三相电路功率电路

图 5-15 所示是用三相功率表测量三相电路功率的电路图。

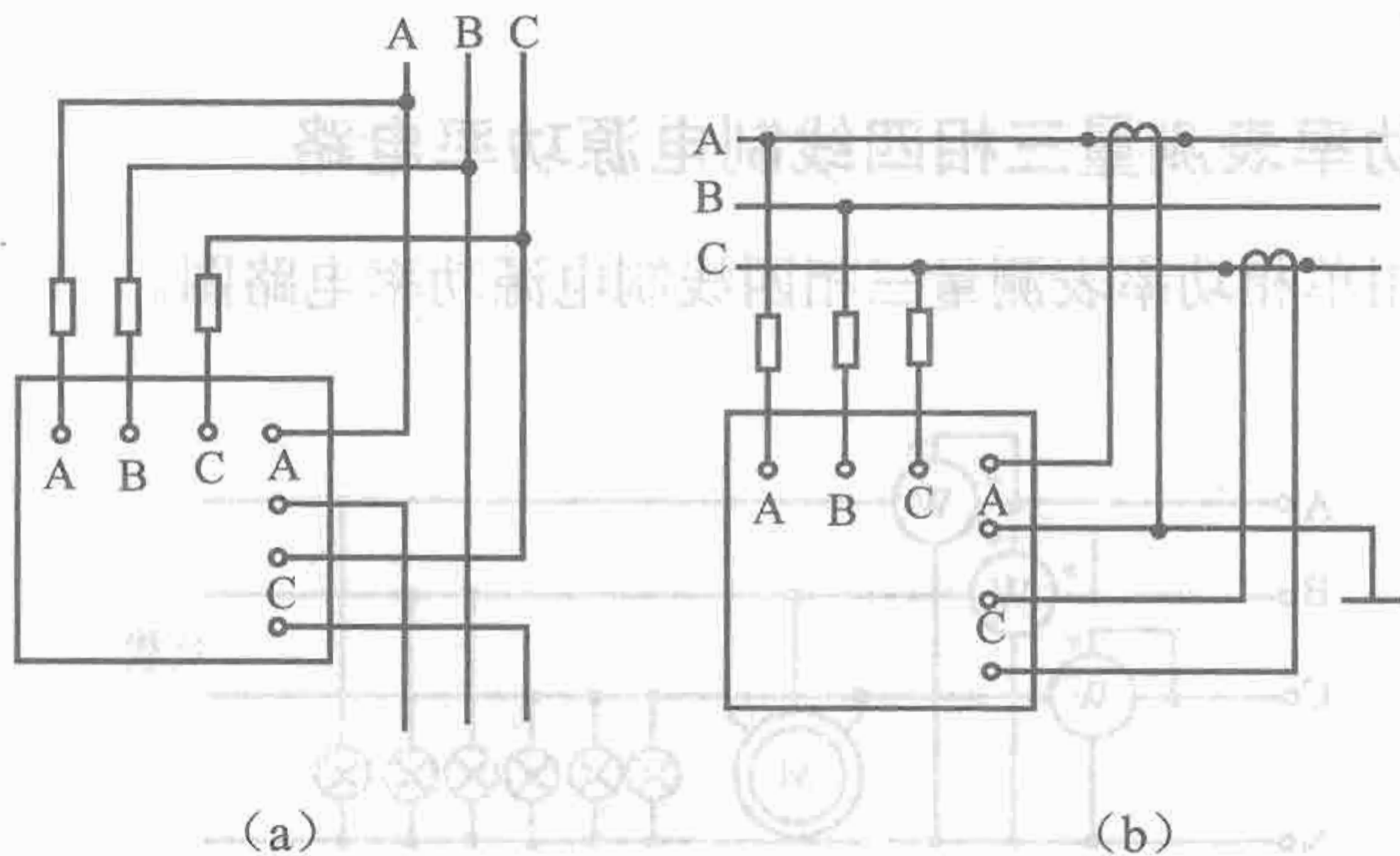


图 5-15 用三相功率表测量三相电路功率的电路图

三相功率表实际上相当于两个单相功率表组合在一起，它有两个电流线圈和两个电压线圈，分别接于电路中，其内部接法也相当于三相三线制电路的二功率表法，外部接线图如图 5-15 所示。

图 5-15 (a) 是用三相功率表测量三相电路功率直接接入法。

图 5-15 (b) 是带有电流互感器的测量三相电路功率的接入法。对于这类使用电流互感器或电压互感器测量功率的线路, 实际功率应为功率表的读数乘以电流互感器或电压互感器的变比值。

5.5 读识兆欧表电路

5.5.1 读识单时基式兆欧表电路

图 5-16 所示是由时基电路 NE555 构成的电子兆欧表电路, 测量绝缘电阻范围为 $0.1 \sim 500 \text{ M}\Omega$, 适用于对电气设备的绝缘性能进行检测。

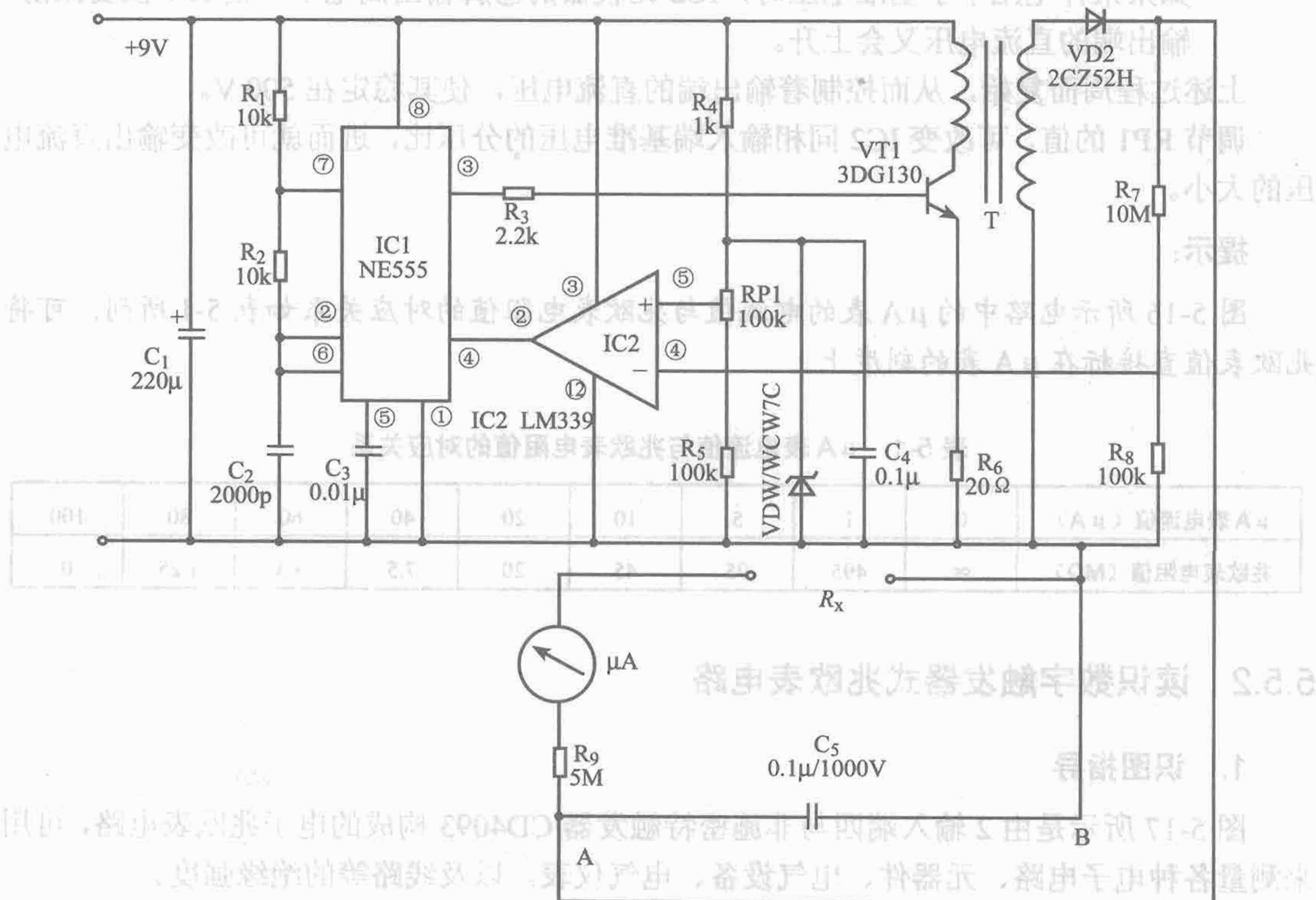


图 5-16 由时基电路 NE555 构成的电子兆欧表电路

1. 识图指导

图 5-16 所示电路主要由 85C1 系统 $100 \mu\text{A}$ 表头 (表头刻度应改制)、IC1 (NE555) 时基电路、IC2 (LM339) 四运算放大器中的一只、变压器 T (采用 $\Phi 26 \text{ mm}$ 罐形磁芯, 用 $\Phi 0.1 \text{ mm}$ 漆包线初级绕 35 匝、次级绕 800 匝制成的) 为主构成。

2. 工作原理

图 5-16 所示电路的工作原理可从以下两个方面来进行分析说明。

(1) 振荡电路

由时基电路 IC1 构成 20 kHz 的振荡电路产生的信号从③脚输出，经 R₃ 加到 VT1 管的基极，使 VT1 推动变压器 T 工作，产生的信号经 VD2 半波整流、C₅ 滤波，得到的直流 500 V 电压分为两路：一路经 R₉ 限流供微安表作为测量电压用；另一路作为比较器的采样电压。

(2) 稳压电路

VD2、C₅ 整流滤波后的 500 V 直流电压，经 R₇ 与 R₈ 分压后加到 IC2④脚，IC2 的基准电压由 R₄、RP1、R₅ 将 9 V 电压分压后得到。该电压加到 IC2 的同相信号输入端⑤脚。

这样，IC2 将其④脚与⑤脚电压进行比较：

- 如果采样电压（即④脚电压）大于基准电压（即⑤脚电压），比较器 IC2②脚就将输出低电平，该信号直接加到 IC1④脚，使 IC1 停止振荡，使输出的直流电压下降；
- 如果采样电压小于基准电压时，IC2 比较器的②脚输出高电平，使 IC1 恢复振荡，输出端的直流电压又会上升。

上述过程周而复始，从而控制着输出端的直流电压，使其稳定在 500 V。

调节 RP1 的值，可改变 IC2 同相输入端基准电压的分压比，进而就可改变输出直流电压的大小。

提示：

图 5-16 所示电路中的 μA 表的电流值与兆欧表电阻值的对应关系如表 5-1 所列。可将兆欧表值直接标在 μA 表的刻度上。

表 5-1 μA 表电流值与兆欧表电阻值的对应关系

μA 表电流值 (μA)	0	1	5	10	20	40	60	80	100
兆欧表电阻值 (M Ω)	∞	495	95	45	20	7.5	3.3	1.25	0

5.5.2 读识数字触发器式兆欧表电路

1. 识图指导

图 5-17 所示是由 2 输入端四与非施密特触发器 CD4093 构成的电子兆欧表电路，用来测量各种电子电路、元器件、电气设备、电气仪表，以及线路等的绝缘强度。

2. 工作原理

图 5-17 电路的工作原理可从以下三个方面来进行分析说明。

(1) 振荡与驱动电路

IC1 的型号为 CD4093，是一块 2 输入端四与非施密特触发器。其中，IC1d 与 R₁、C₁ 共同构成了振荡电路，是利用门电路的施密特作用进行工作的。其振荡频率约为 300 Hz。振荡电路产生的振荡信号通过相关电路去驱动 MOSFET 的 VT1 和 VT2 工作。

IC2 的型号与 IC1 相同，由于电路中仅使用了 3 只与非施密特触发器，故剩下的 IC2a 触发器的输入端应连接在一起后接地线。

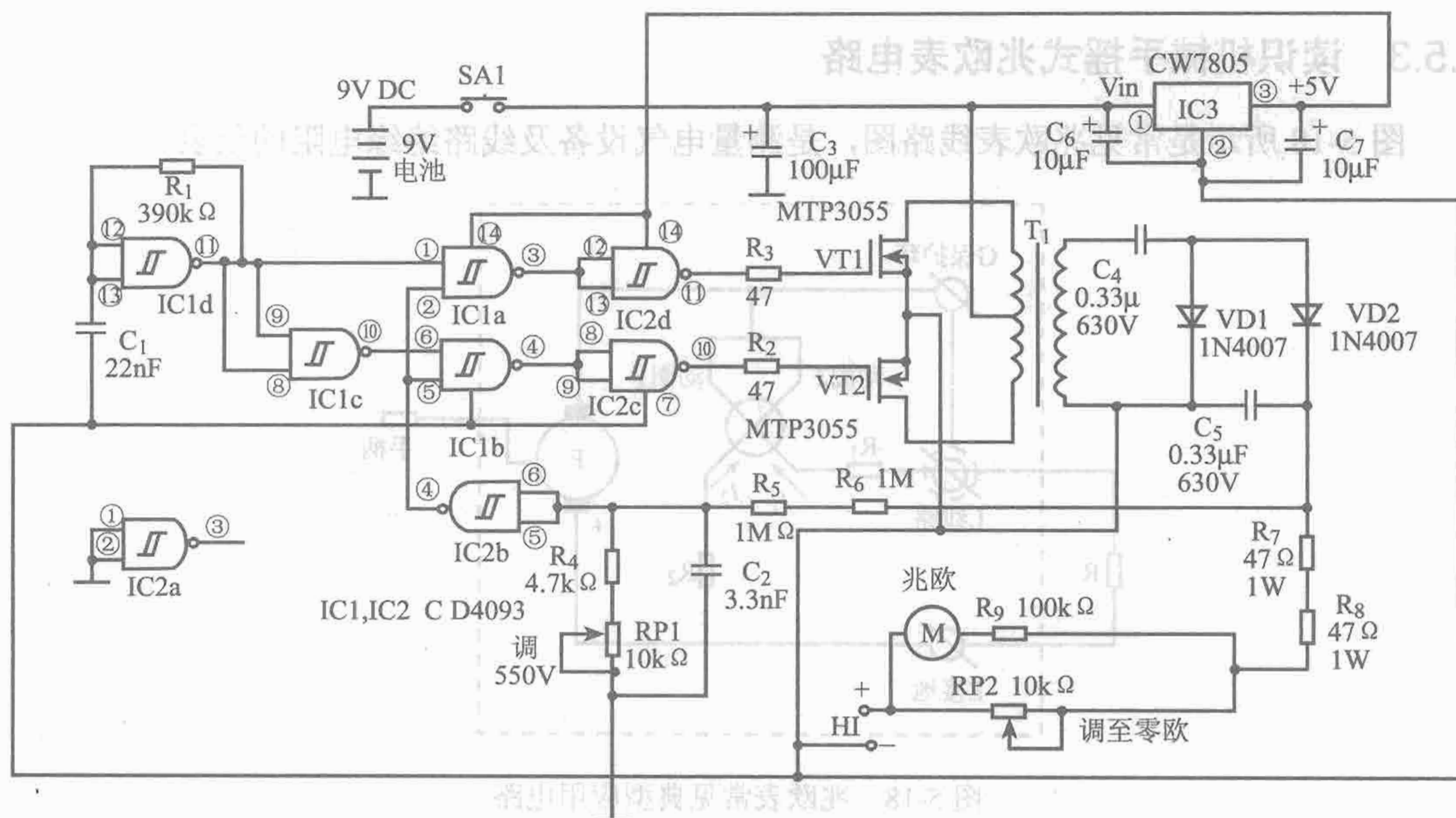


图 5-17 数字触发器式兆欧表电路

IC2d 和 IC2c 可构成两路驱动电路，形成互补推动方式，在 IC1d 和 IC2b 的作用下，推动 VT1 和 VT2 交替地工作，从而形成振荡电路。

IC2b 用于将输出的电压反馈到输入端。如果没有调压，则变换电路将把最后的存储电容器 C₅ 充电到 900 V 以上。但如果 C₅ 两端的电压达到 550 V 时（由 RP1 调定）时，R₅、R₆、R₄ 和 RP1 的分压作用产生的电压就会被 IC2b 的输入端测定并将输出④脚变为低电平，使 VT1、VT2 停止工作。

由此可见，由 IC2b 构成的电路能自动将输出电压稳定在 550 V（无负载输出电压），当有负载时，使输出电压稳定在 500 V 左右。

(2) 变换与显示电路

倍压整流电路由 C₄、VD1、VD2 构成。该电路利用 VD1 和 VD2 把变压器 T₁ 次级输出的交流输出电压整流、滤波电容器 C₅ 滤波。这个变换器经过调压，在加载条件下或若电池电压下降时维持直流输出电压保持稳定。

调压后的直流电压通过 R₇、R₈ 等有关耦合元件及兆欧表 M 送到测试端口进行测试用。M 的准确度可由 RP2 调整。调整时，先将输出端短接，调节 RP2 的阻值使表针满度偏转即可。

(3) 供电电路

IC3 的型号为 CW7805，是一块三端固定稳压集成电路。该电路用于将 9 V 的电池电压稳压为 5 V 以后，提供给控制电路。C₆、C₇ 及 C₃ 是滤波电容器，SA1 是用于控制电源接通与断开的电源开关。

提示：

图 5-17 所示电路既可用 6 节 1.5 V 的干电池串联为 9 V 后作为供电，也可用 220V 交流市电，经变压、整流滤波、稳压为 9 V 直流后作为供电。

5.5.3 读识机械手摇式兆欧表电路

图 5-18 所示是常见兆欧表线路图，是测量电气设备及线路绝缘电阻的仪表。

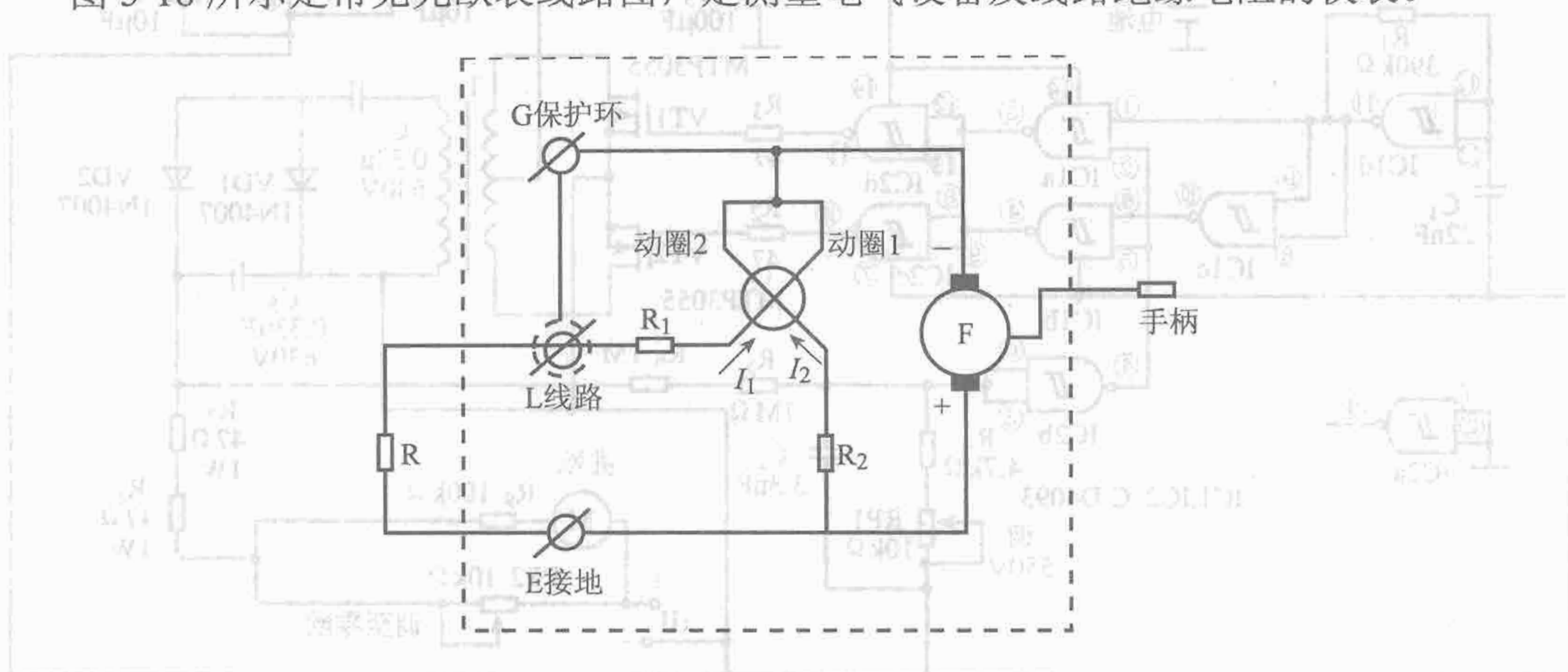


图 5-18 兆欧表常见典型应用电路

1. 识图指导

兆欧表一般采用磁电系机构。F 表示手摇直流发电机。动圈 1 也叫电流线圈，它与限流电阻器 R_1 、被测绝缘电阻器 R 组成串联回路。动圈 2 也叫电压线圈，它与限流电阻器 R_2 组成串联回路。两个回路均接到发电机 F 的两端。

图 5-18 所示电路中，E 为地接线柱，接发电机的正极；L 为线路接线柱，接发电机的负极；G 为保护环，在测击穿电压时可不用。

2. 工作原理

当接上被测电阻并摇动手柄时，动圈 1 和动圈 2 将产生方向相反的转动力矩 M_1 、 M_2 。力矩的大小和方向与通过动圈的电流及动圈所在位置的磁场强弱有关。在 M_1 、 M_2 的作用下，仪表可动部分发生转动，最后停在 $M_1 = -M_2$ 的位置上，表针读数即为被测绝缘电阻 R 的值。

兆欧表没有游丝，不测量时表针可停在刻度的某一位置上。

提示：

(1) 摇手柄的速度方面

兆欧表输出的电压与摇动手柄的速度快慢有关。测量过程中应在规定转速范围内摇手柄，切忌忽快忽慢，使输出电压波动，增加测量误差。通常，ZC25 型兆欧表的额定转速为 120 V/min；ZC11 型兆欧表的额定转速为 150 V/min。多数兆欧表的额定转速为 120 V/min，一般允许有 $\pm 20\%$ 的转速变化。

(2) 击穿电压测量方面

按额定转速摇兆欧表手柄时，发电机输出的直流电压会迅速升高。当超过被测元器件的击穿电压时，元器件处于软击穿状态，并将兆欧表的输出电压钳位于击穿电压上，此时利用万用表直流电压挡可测出击穿电压值。在这里，兆欧表充当了电压自动可调的直流电

流，同时还有限流作用，保护元器件不被损坏。兆欧表的额定电压愈高，提供的击穿电压也愈高。

(3) 兆欧表电路方面

各种兆欧表的电路均与如图 5-18 所示的基本电路相同（或大同小异）。图 5-19 所示是 ZC25-4 型兆欧表电路图。该图中各元器件的作用如表 5-2 所列。该表的有效量程为 1000 MΩ，采用倍压整流电路能给出 1000 V 直流电压。其内阻很小，约为 1 MΩ，输出电流被限制在 1~2 mA 以内，实测短路电流为 1.6~1.8 mA。该表的原理与如图 5-18 所示相同，读者可自行分析。

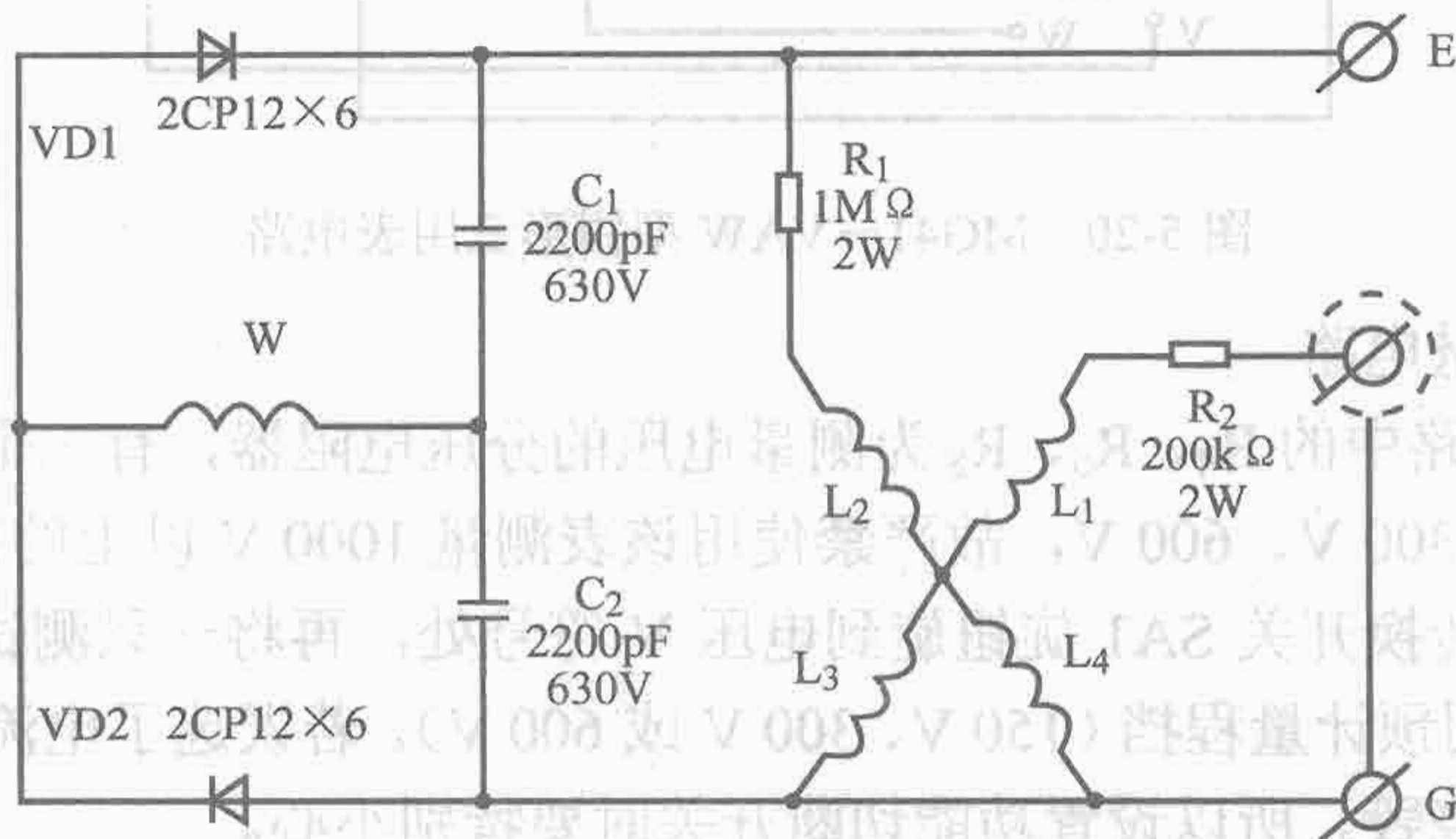


图 5-19 ZC25-4 型兆欧表线路图

表 5-2 ZC25-4 型兆欧表线路图中元器件作用说明

编 号	功 能 说 明	编 号	功 能 说 明
W	发电机绕组	L ₁	电流线圈
VD1、VD2	硅整流二极管	L ₂	电压线圈
C ₁ 、C ₂	倍压电容器	L ₃	无穷大线圈
R ₁ 、R ₂	限流电阻器	L ₄	零点平衡线圈

5.6 读识钳形表电路

钳形表是一种在不断开电路的情况下，可以随时测量电路中电流的便携式电气仪表。有的钳形表还具有多种测量功能。

5.6.1 读识 MG41-VAW 型钳形三用表电路

MG41-VAW 型钳形三用表电路如图 5-20 所示。可用来对电流、电压和功率进行测量，在各个行业应用非常广泛，尤其是电力企业等。

1. 识图指导

图 5-20 所示电路是由各个功能测量单元组合而成的，故可先将各个功能测量单元单独一个一个地划分开来，再对各测量单元进行读识。

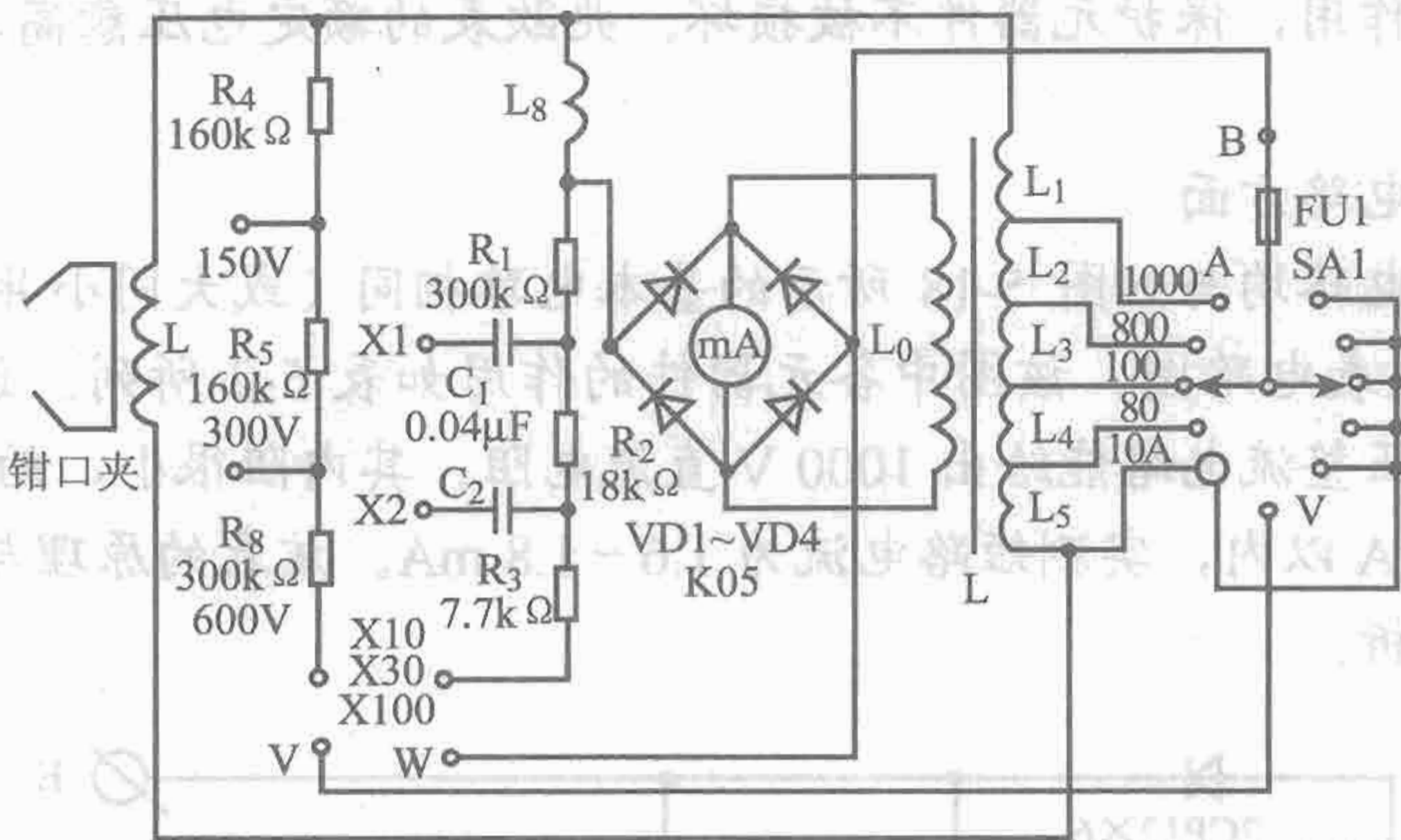


图 5-20 MG41-VAW 型钳形三用表电路

(1) 电压测量电路

图 5-20 所示电路中的 R_4 、 R_5 、 R_8 为测量电压的分压电阻器，有三个电压测量（插孔）挡位，即：150 V、300 V、600 V，故严禁使用该表测量 1000 V 以上的高压线路。测量电压时，应先将功能转换开关 SA1 旋钮旋到电压 V 符号处，再将一只测试笔插到面板 V 孔内，另一测试表放到预计量程挡（150 V、300 V 或 600 V）。若误选了电流挡而测量电压时，将会使表头损坏或烧毁。所以设置功能切断开关时要特别小心。

(2) 电流测量电路

图 5-20 所示电路中的 $L_1 \sim L_5$ 为测量电流的限流分压线圈，有五个电流测量挡位，即 10 A、80 A、100 A、800 A、1000 A。当使用该表测量电动机的启动电流时，应将电流挡调到电动机额定电流的 10 倍左右。当不知电路的电流（或电压）时，应先以最大挡测试，然后再换到合适的小挡位置。测量电流（或功率）时钳口应闭合良好。 L_2 线圈损坏可用 $\Phi 0.15$ mm 高强度漆包线绕 195 匝。

(3) 功率测量电路

图 5-20 所示电路中的 L_8 、 R_1 、 C_1 、 R_2 、 C_2 、 R_3 为测量功率的分压与耦合元件，有五个功率测量（插孔）挡位，即： X_1 、 X_2 、 X_{10} 、 X_{30} 、 X_{100} ，单位为 W。

(4) 检测电路与整流电路

L 为交流互感器；VD1~VD4 是四只整流二极管，当这四只二极管中的一只损坏如无同型管更换时，可以用氧化铜二极管或锗二极管，四只一起更换，以保证精度。

2. 工作原理

图 5-20 电路的工作原理十分简单，检测电路上的交流互感器在其铁芯上绕有一组线圈 L，当铁芯钳口夹内有流过电流的导体时，该电流就会在铁芯中产生磁通，磁通穿过钳形电流表的 L 线圈时，就会感应出二次电动势，在钳形电流表的二次回路中就会有回路电流产生，经 SA1 转换开关（选择的量程触点及电流感流分压线圈），由 VD1~VD4 组成的桥式整流电路整流后，加到 mA 表头的两端。

这样，表头机构根据电流互感器的变流比和配合各限流分压线圈 $L_1 \sim L_5$ 测量，显示出被检测线路中流过的电流，则使表头指针偏转指示出被测得的数值。

5.6.2 读识 MG28 型多用钳形表电路

图 5-21 所示是 MG28 型多用钳形表电路图。这是一种小型的指针式卡表,用于测量交流大电流(最大量程为 500A)、交流与直流电压、电阻及毫安级直流电流。

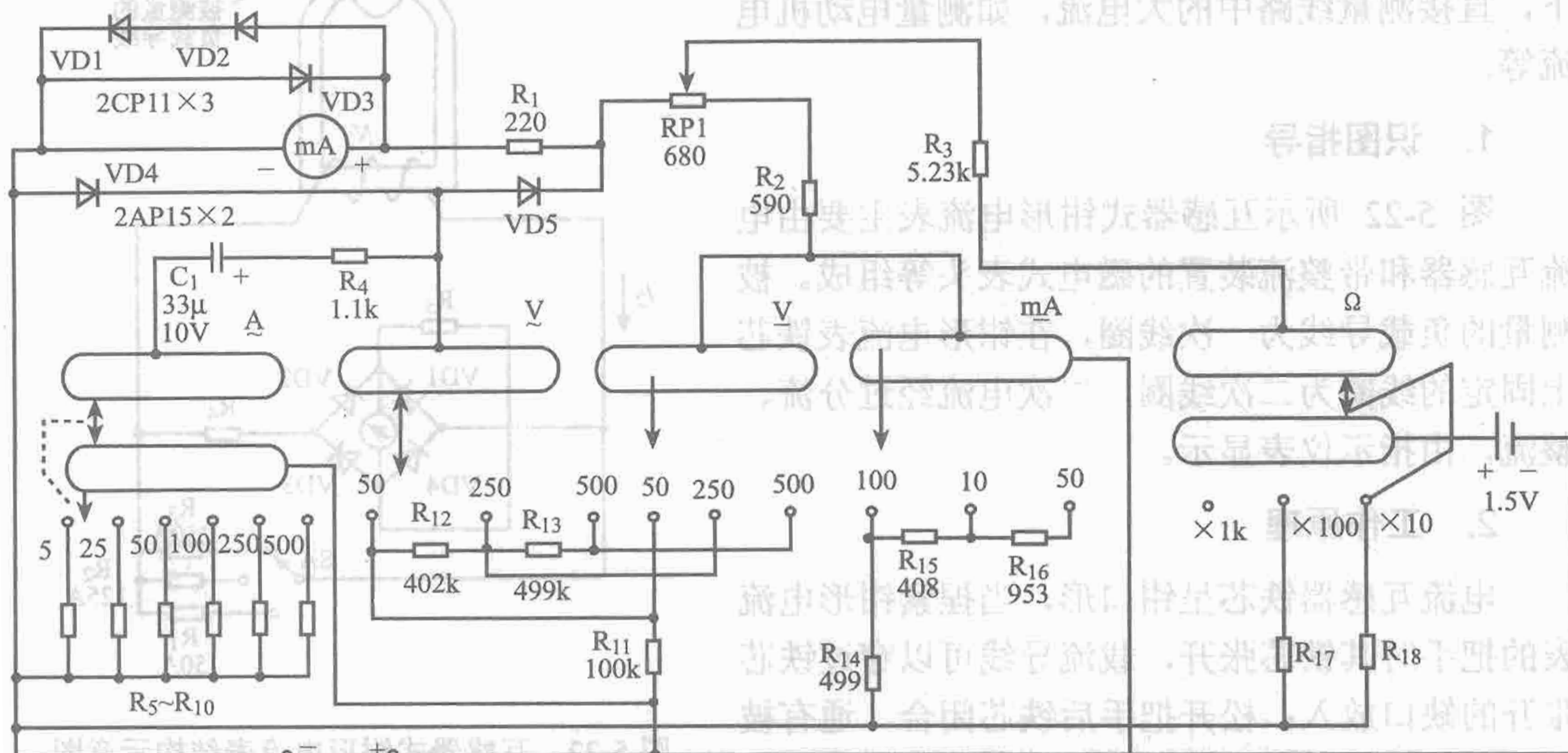


图 5-21 MG28 型多用钳形表电路

1. 识图指导

图 5-21 所示电路是由各个功能测量单元组合而成的,故可先将各个功能测量单元单独一个单元一个单元地找出其相应的元器件,并读通其电流走向,最终就会使整个原理图一目了然。

(1) 基本电路

基本电路由 mA 表、VD1~VD5、 R_1 组成。

(2) 电阻测量电路

电阻测量电路除了上述的基本电路外,还有 RP1、 R_3 、 R_{17} 、 R_{18} 。

(3) 直流电流测量电路

直流电流测量电路除了上述的基本电路外,还有 RP1、 R_2 、 R_{14} 、 R_{15} 、 R_{16} 。

(4) 直流电压测量电路

直流电压测量电路除了上述的基本电路外,还有 RP1、 R_2 、 R_{11} 、 R_{13} 。

(5) 交流电压测量电路

交流电压测量电路除了上述的基本电路外,还有 R_{12} 、 R_{13} 、 R_{11} 。

(6) 交流电流测量电路

交流电流测量电路除了上述的基本电路外,还有 R_4 、 C_1 、 $R_5 \sim R_{10}$ 。

2. 工作原理

各单元测量电路的工作原理可参考后面介绍的 MF500 型万用表图 5-31 所示电路中的介绍,读者可自行分析。

5.6.3 读识 MG31-2 交流钳形表电路

MG31-2 互感器式交流钳形电流表结构示意图如图 5-22 所示。可用来在不断开电路的情况下，直接测量线路中的大电流，如测量电动机电流等。

1. 识图指导

图 5-22 所示互感器式钳形电流表主要由电流互感器和带整流装置的磁电式表头等组成。被测量的负载导线为一次线圈，在钳形电流表铁芯上固定的线圈为二次线圈，二次电流经过分流、整流，由指示仪表显示。

2. 工作原理

电流互感器铁芯呈钳口形，当捏紧钳形电流表的把手时其铁芯张开，载流导线可以穿过铁芯张开的缺口放入；松开把手后铁芯闭合，通有被测电流的导线就成为电流互感器的一次线圈。被测电流在铁芯中产生工作磁通，使绕在铁芯上的二次绕组中产生感应电动势，测量电路中就有电流 I_2 流过，这个电流按不同的分流比，经整流后通入表头，由指示仪表显示。

指示仪表是按一次电流 I_1 的数值显示的，所以，表的读数就是被测导线中的电流。电流互感器电流比与线圈匝数之间的关系式为：

$$I_1/I_2=N_2/N_1$$

量程的改变是由转换开关通过改变分流器的电阻来实现的。

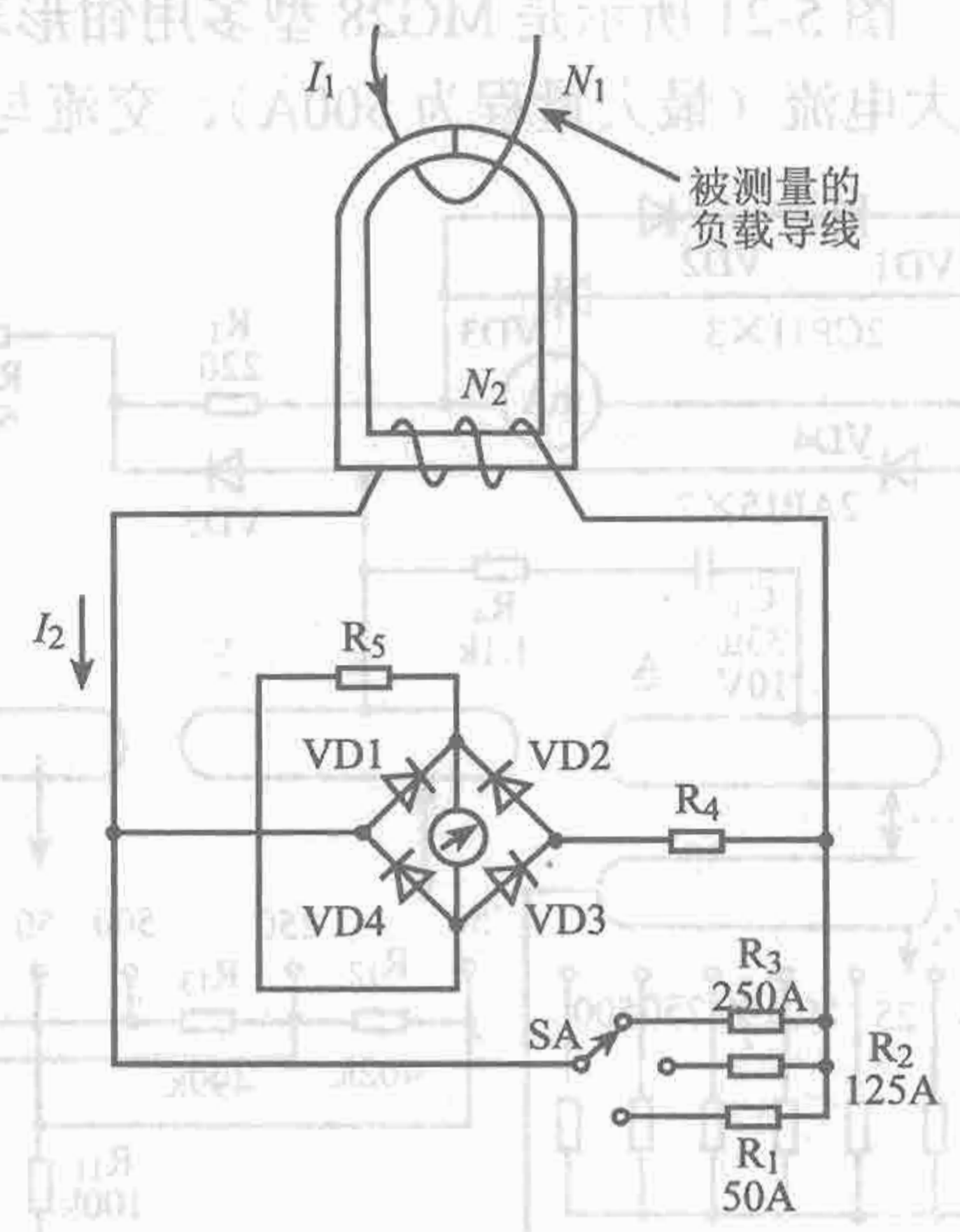


图 5-22 互感器式钳形电流表结构示意图

5.7 读识电流表电路

5.7.1 读识直流电流表常用接线电路

图 5-23 所示是直流电流表常用接线电路图。图 5-23 (a) 所示为直流电流表的直接接入法；图 5-23 (b) 所示为带外附分流器的直流电流表接入法。

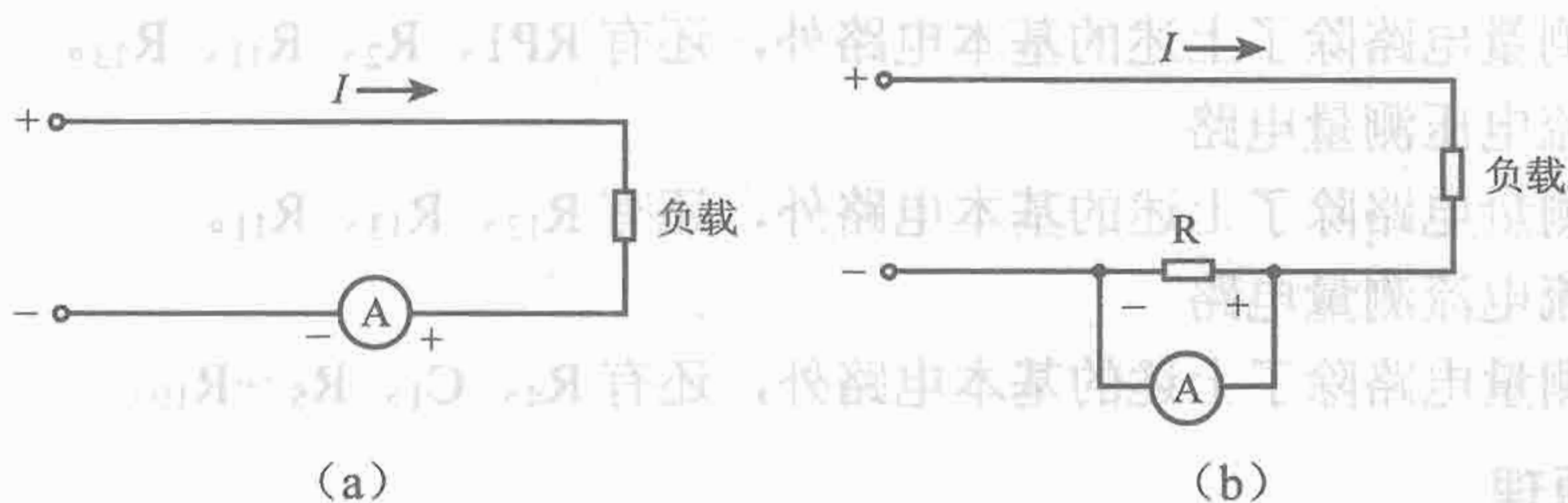


图 5-23 直流电流表常用接线电路图

图 5-23 所示电路比较简单，用来测量电路中电流的大小时电流表应是串接在被测电路

中的。但必须注意：直流电流表的正极应与电源的正极接线端相连接。仪表的量程应为被测电流的1.2~2倍。

图 5-23 (b) 所示线路中的电流 $I = \text{电流表电流} + \text{电阻 } R \text{ 中流过的电流}$ 。电阻 R 在这里起分流作用。

5.7.2 读识交流电流表常用接线电路

图 5-24 所示是交流电流表常用接线电路图。图 5-24 (a) 所示为交流电流表的直接接入法，适用于测量范围在量程容限内；图 5-24 (b) 所示为带电流互感器的交流电流表接入法，适用于需要扩大量限或必须降低通过仪表电流的情况。但需注意：所选用的电流互感器，其变比必须与电流表一致。

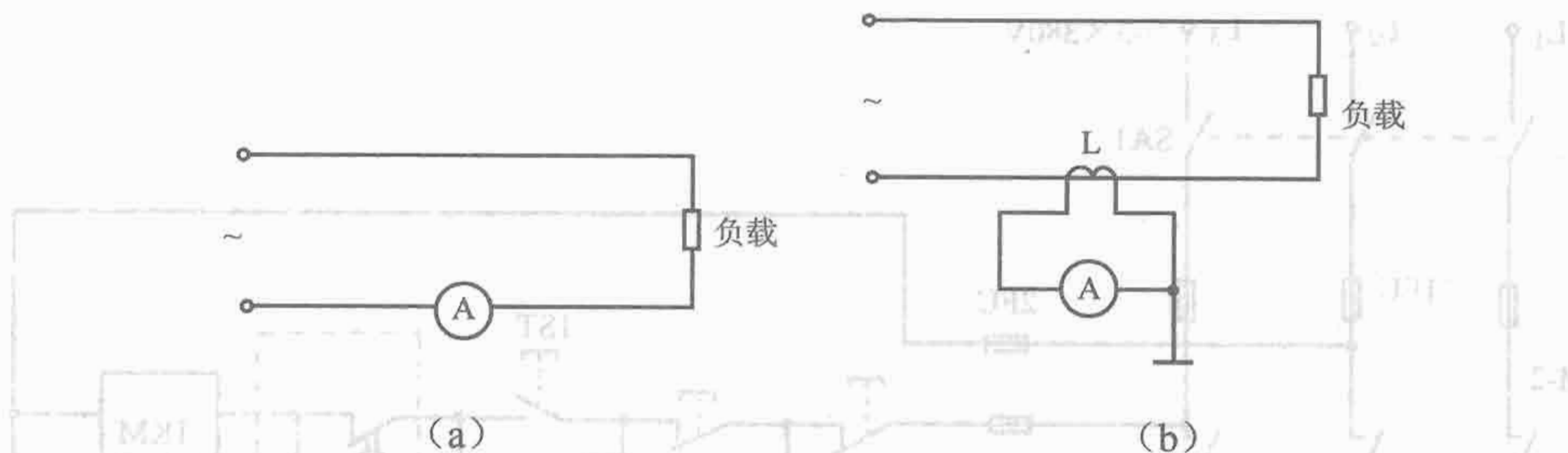


图 5-24 交流电流表常用接线电路图

图 5-24 所示电路比较简单，图 5-24 (a) 所示测量时是将电流表串接在被测负载回路中；图 5-24 (b) 所示是通过电流互感器检测后由电流表进行检测。

在使用交流互感器时，不允许交流互感器二次侧开路，否则会产生高压而对人或设备造成很大危害。

5.7.3 读识三相交流电流表测量常用接线电路

图 5-25 所示是三相交流电流表测量常用接线电路图。

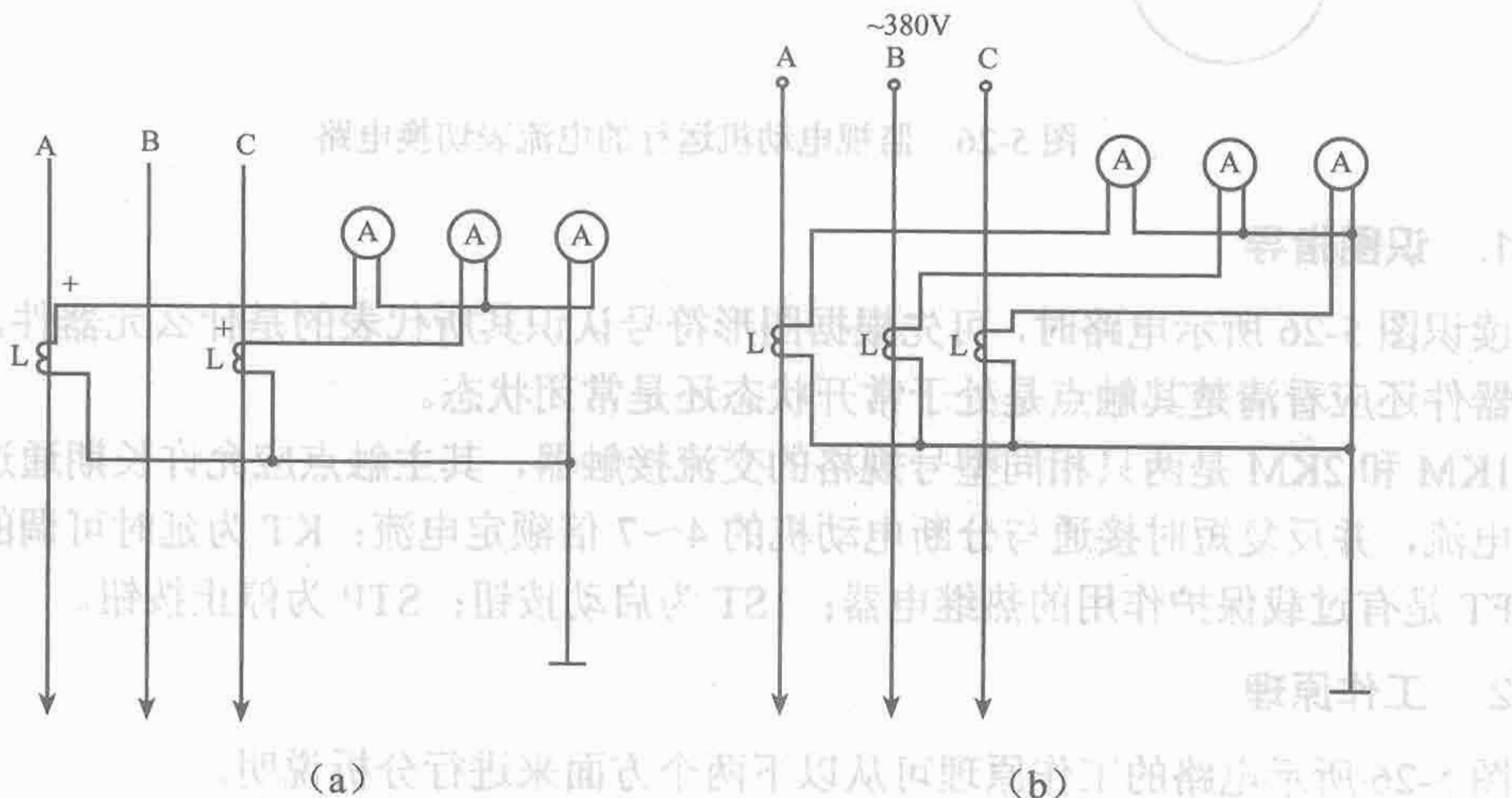


图 5-25 三相交流电流表测量常用接线电路

图 5-25 所示电路比较简单, 是利用电流互感器来配合交流电流表进行交流电流测量的。图 5-25 (a) 所示是用两只互感器连接 3 只电流表的接线方法, 这种连接方法测量三相交流电流时, 可以省去一只电流互感器。

图 5-25 (b) 所示是用 3 只互感器连接 3 只电流表的接线方法, 这种连接方法应用较广泛。连接方式也较容易理解, 3 只电流表与 3 只互感器并联, 然后将 3 只互感器的一端接地, 以保证人身和电气设备的安全。

5.7.4 读识监视电动机运行的电流表切换电路

图 5-26 所示是监视电动机运行的电流表切换电路图, 它适用于对功率不超过 55 kW 的各类直接启动电动机的监测电流表投入和切换进行自动控制。

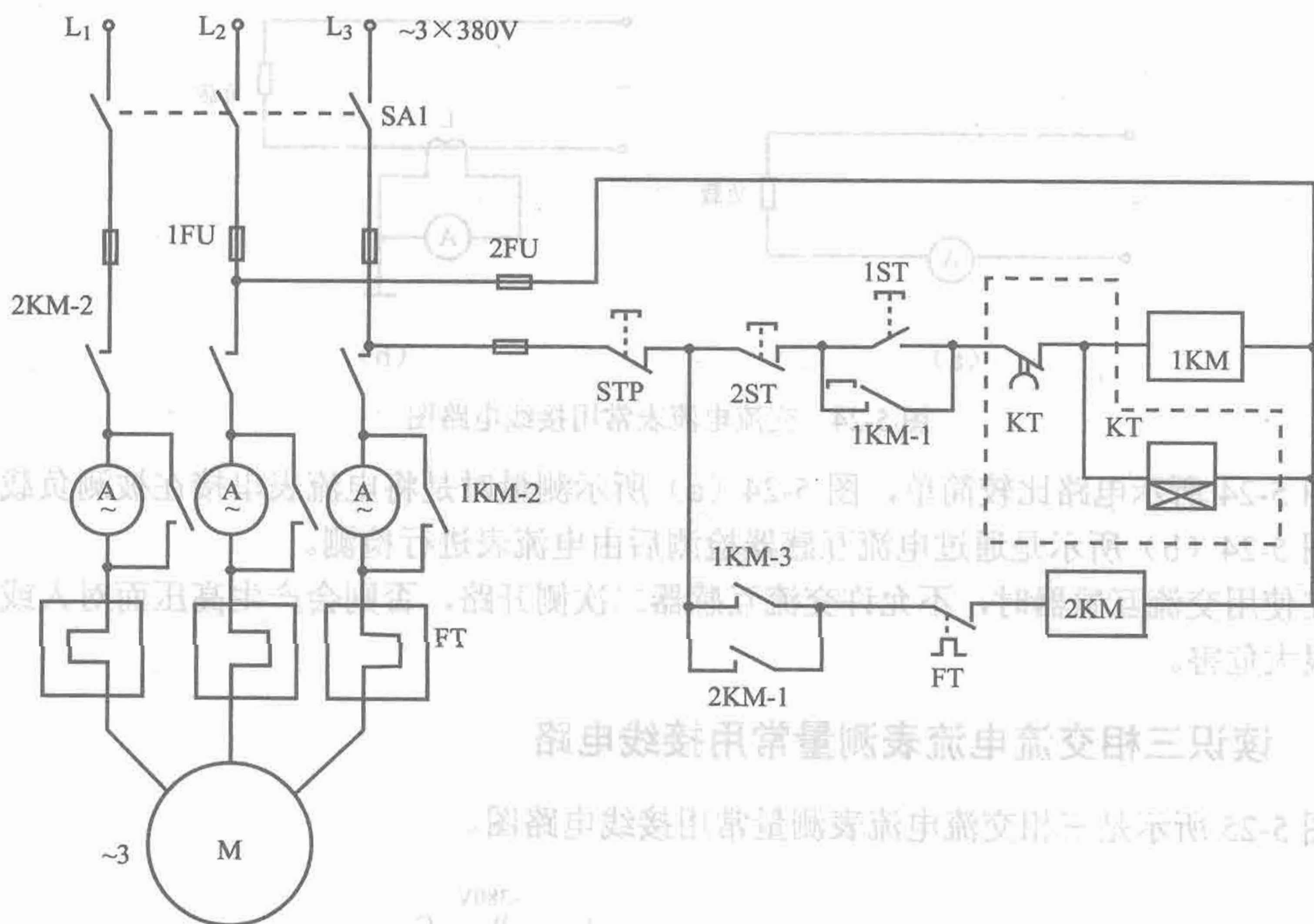


图 5-26 监视电动机运行的电流表切换电路

1. 识图指导

读识图 5-26 所示电路时, 可先根据图形符号认识其所代表的是什么元器件, 对于有触点的器件还应看清楚其触点是处于常开状态还是常闭状态。

1KM 和 2KM 是两只相同型号规格的交流接触器, 其主触点应允许长期通过电动机的额定电流, 并反复短时接通与分断电动机的 4~7 倍额定电流; KT 为延时可调的时间继电器; FT 是有过载保护作用的热继电器; 1ST 为启动按钮; STP 为停止按钮。

2. 工作原理

图 5-26 所示电路的工作原理可从以下两个方面来进行分析说明。

(1) 电动机启动过程

合上电源开关 SA1, 按下电动机的启动按钮 1ST, 交流接触器 1KM 线圈得电吸合, 其常开触点 1KM-1 闭合进行自锁, 3 组常开主触点 1KM-2 闭合, 将 3 只监测用的电流表短接, 常开辅助触点 1KM-3 闭合后, 又使交流接触器 2KM 的线圈得电吸合, 于是, 主回路上的 3 组常开主触点 2KM-2 闭合, 三相电动机 M 在电流表被短接的情况下直接被启动运转, 2KM-1 常开触点闭合后进行自锁。

(2) 电流表投入使用过程

在电动机被启动时, 经过一定的时间, 电动机的启动状态即告结束, 通过电动机主回路的电流由 4~7 倍的额定电流降为正常的工作电流。此时, 时间继电器的常闭延时分断触点 KT 断开, 进而使 KT 线圈和 1KM 线圈同时失电, 1KM 的 3 组常开主触点 1KM-2 重新断开, 使 3 只电流表自动投入使用。

提示:

由于图 5-26 所示电路采用了以交流接触器 1KM 常开辅助触点 1KM-3 控制 2KM 交流接触器线圈回路通、断的方法, 故而保证了在电流表被短接的前提下, 电动机方可直接启动, 从而避免了电流表因启动电流的冲击而受损。因此, 该电路通用性很强。

5.8 读识电压表电路

5.8.1 读识交流/直流两用电压表测量三相交流电压电路

图 5-27 是交流/直流两用电压表测量三相交流电压电路图。

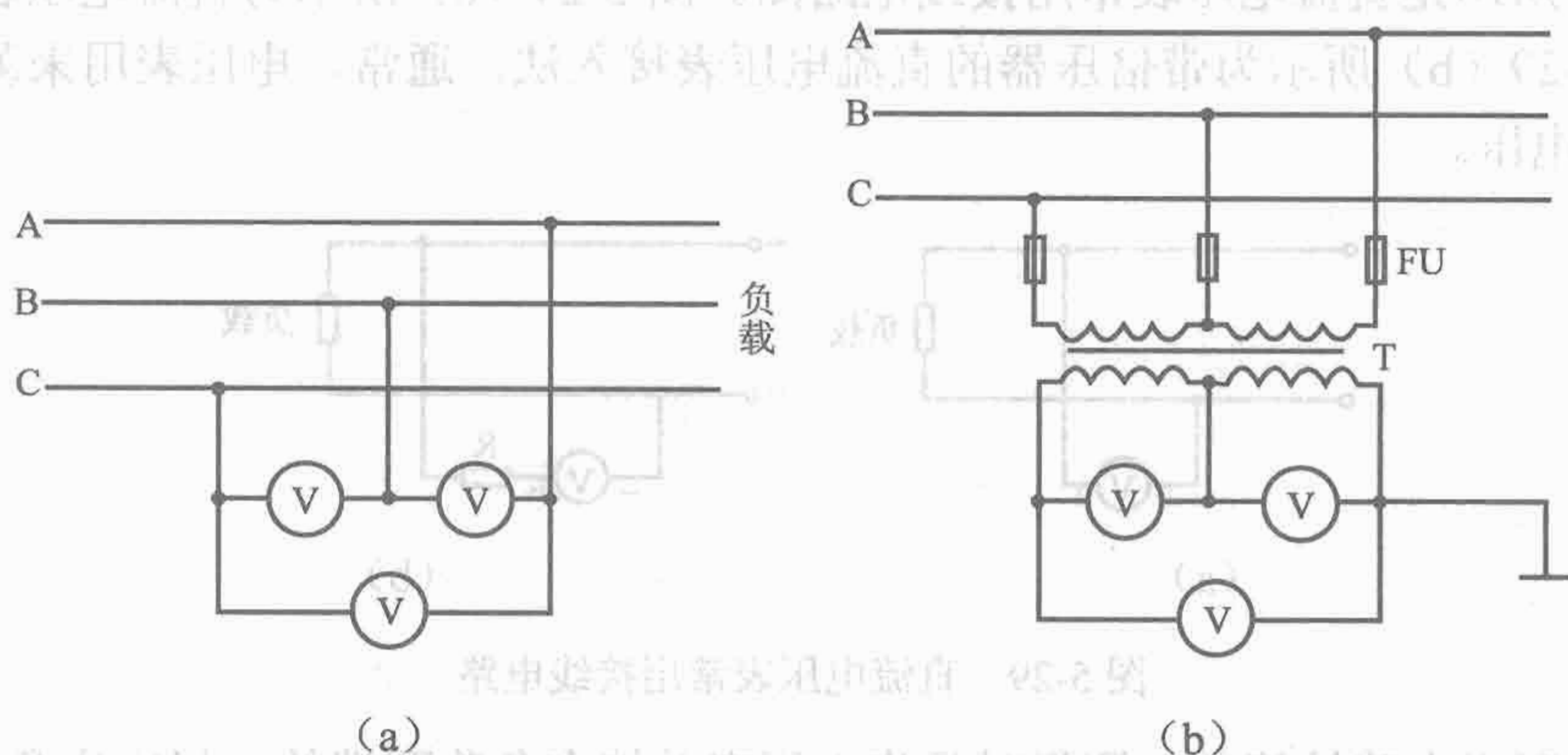


图 5-27 交流/直流两用电压表测量三相交流电压电路

图 5-27 所示电路也很容易理解, 是通过并联电压表来对三相交流电压进行测量的。其中:

(1) 如果所测三相交流电压在电压表的量限范围内, 则采用直接接入测量法, 如图 5-27 (a) 所示, 将 3 只电压表分别并联在被测三相线路两端。

(2) 如果所测三相交流电压在电压表的量程范围之外, 则采用接入电压互感器的测

量方法，如图 5-27 (b) 所示。电压互感器一次侧线圈接三相交流电源，二次侧线圈接电压表，但不允许二次侧线圈短路。

5.8.2 读识交流/直流两用电压表测量单相交流电压电路

图 5-28 所示是交流/直流两用电压表测量单相交流电压电路图。

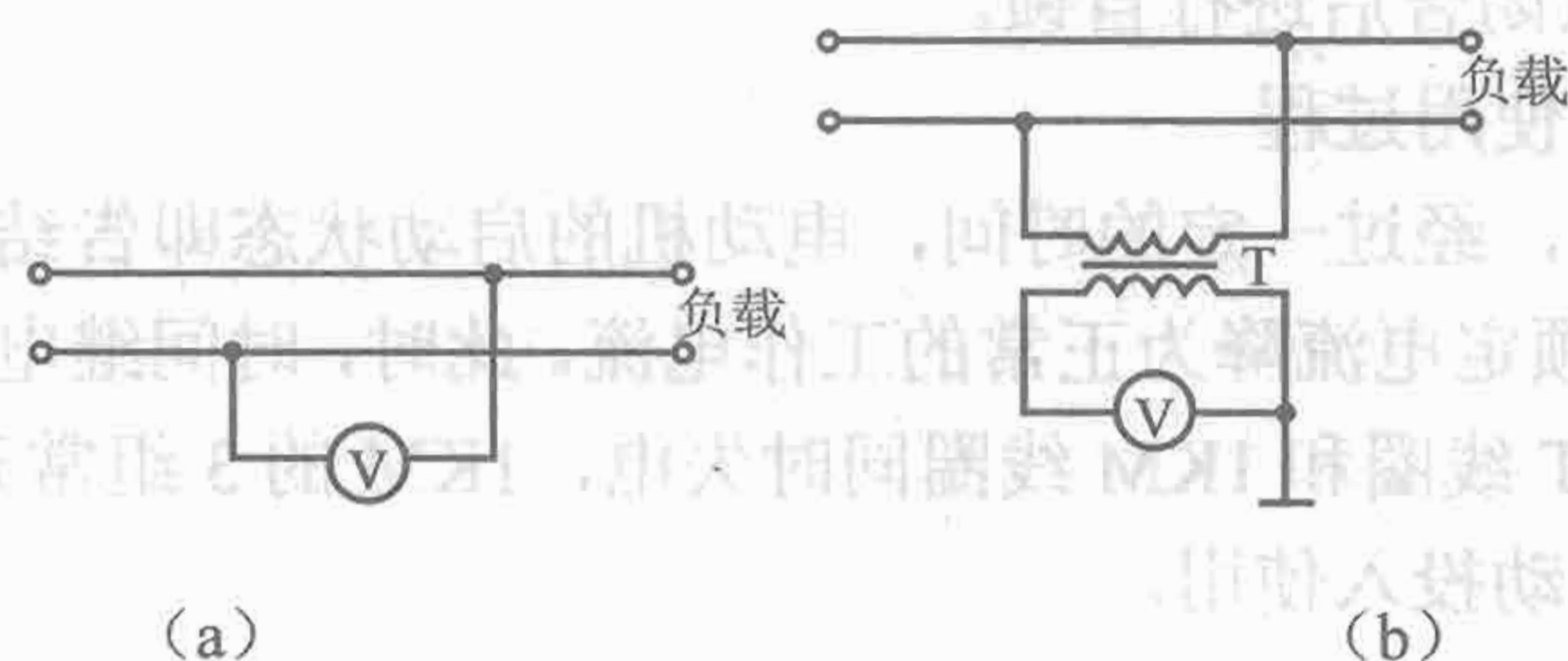


图 5-28 交流/直流两用电压表测量单相交流电压电路

图 5-28 所示电路很容易理解，也是通过并联电压表来对交流单相电压进行测量的。其中：

(1) 如果所测单相交流电压在电压表的量限范围内，则采用直接接入测量法，如图 5-28 (a) 所示，将电压表并联在被测单相线路两端。

(2) 如果所测单相交流电压在电压表的量限范围之外，则采用接入电压互感器的测量方法，如图 5-28 (b) 所示。电压互感器一次侧线圈接单相交流电源，二次侧线圈接电压表，但不允许二次侧线圈短路。

5.8.3 读识直流电压表常用接线电路

图 5-29 所示是直流电压表常用接线电路图。图 5-29 (a) 所示为直流电压表的直接接入法；图 5-29 (b) 所示为带倍压器的直流电压表接入法。通常，电压表用来测量电气设备电路中的电压。

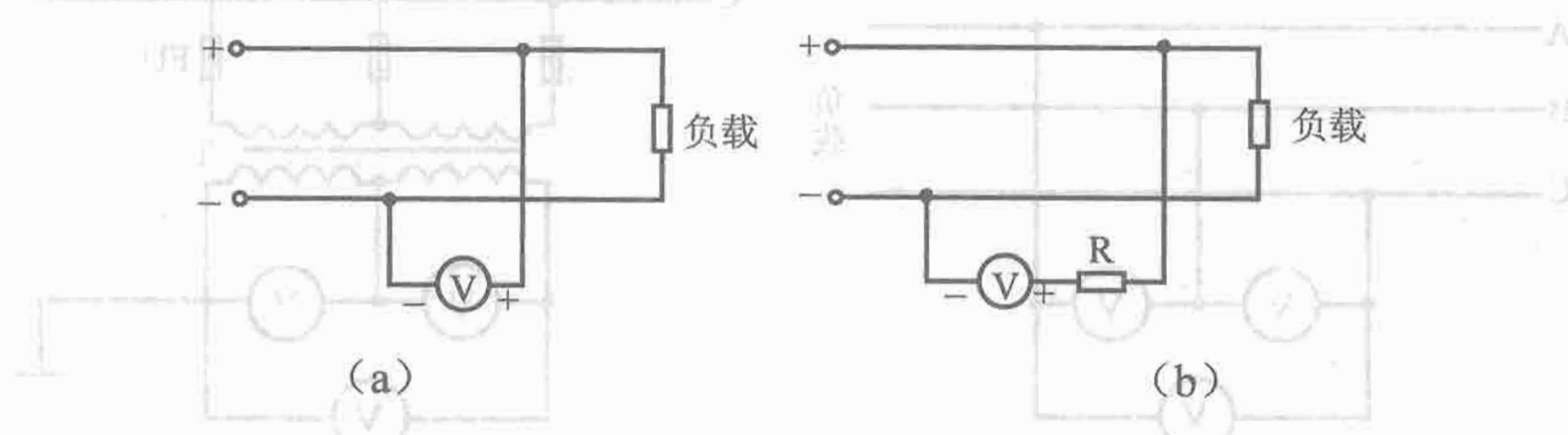


图 5-29 直流电压表常用接线电路

图 5-29 所示电路较简单，测量时是将电压表并联在负载两端的。但应注意：

- (1) 电压表上的正、负极应与电路中的电压正、负极相对应。
- (2) 如果电压表测量机构的内阻不够大，测量电压又较高，则应增加一个串联电阻器 R 来降低仪表机构的电压，所增加的电阻器也称为倍压器，如图 5-29 (b) 所示。

5.8.4 读识运算放大器式自动换挡电压表电路

图 5-30 所示是由运算放大器 $\mu A741$ 、LM324 构成的自动换挡电压表电路图，适用于

工业自动控制系统中需用 100 V 以下的直流电压监测场合。

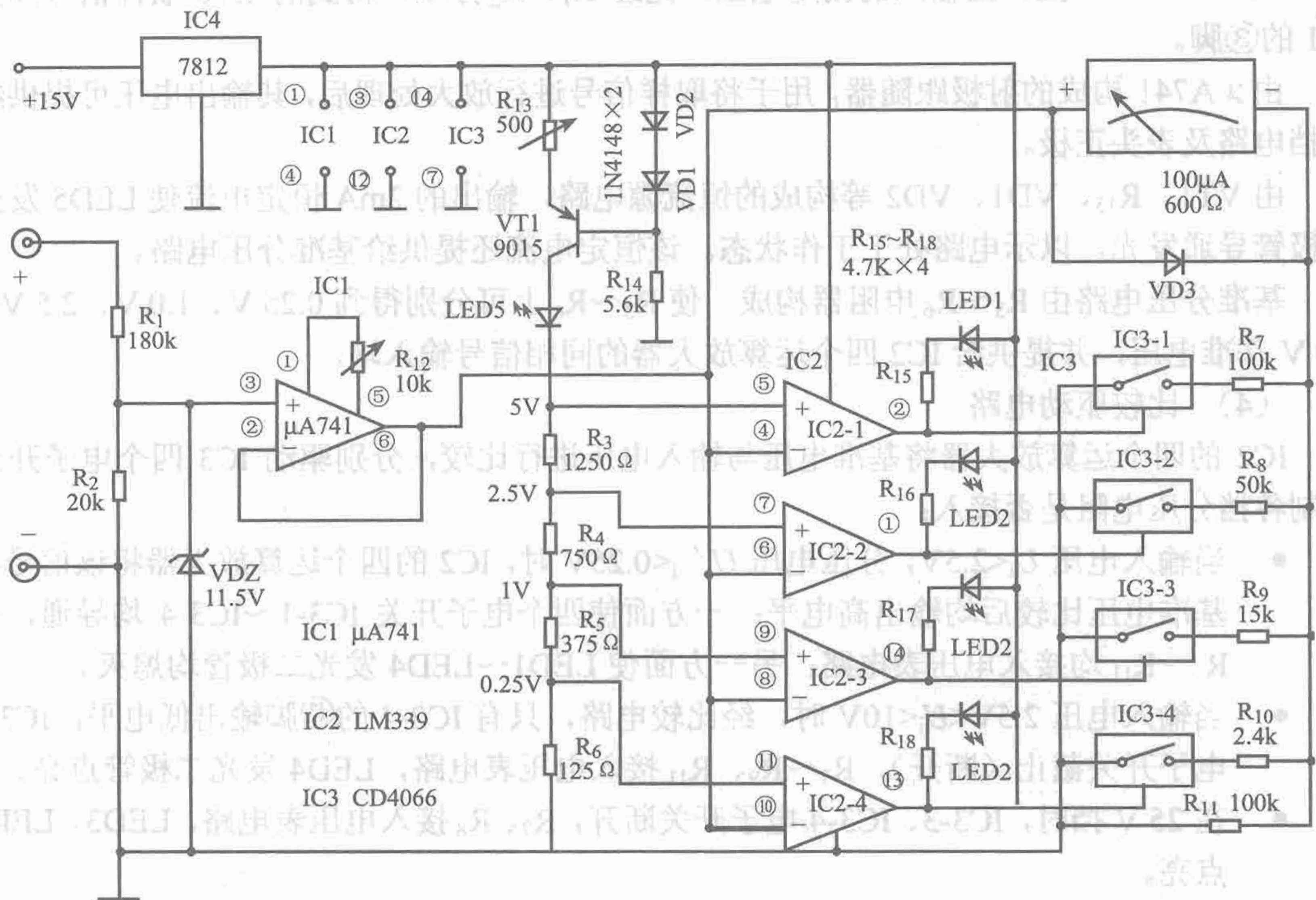


图 5-30 由运算放大器 $\mu A741$ 、LM324 构成的自动换挡电压表电路

1. 识图指导

读识图 5-30 所示电路时，应围绕表头及四只发光二极管的受控状态来展开。

表头的正极端接收 IC1⑥脚输出的信号，⑥脚信号还送到 IC2 的四个运算放大器的反相信号输入端，四个运算放大器的同相信号输入端设置成不同的基准电压，以便与反相端电压进行比较，比较的结果从输出端输出后驱动相应的发光二极管或 IC3 的相应电子开关，使电子开关导通以后，接通表头的负极通路。

2. 工作原理

图 5-30 所示电路的工作原理可从以下四个方面来进行分析说明。

(1) 供电电路

+15 V 直流电压经 IC4 稳压后得到 12 V 电压，分别加到 IC1 的①脚（其④脚接地）、IC2 的③脚（其⑫脚接地）、IC3 的⑭脚（其⑦脚接地），同时也为 VT1 及各个发光二极管等供电。

(2) 测量原理

先对输入端的测量电压进行取样，然后将取样电压与基准电压比较，以进行挡位的判断，再根据结果由模拟开关切换分压电阻，并由 LED1~LED4 指示挡位。该表的量程分为 100 V、50 V、25 V、10 V 及 2.5 V 共五挡。

(3) 取样与基准电路

从“+”、“-”插口处输入的测量电压，先经 R_1 、 R_2 分压，得到的 $1/10$ 取样信号加到 IC1 的③脚。

由 $\mu A741$ 构成的射极跟随器，用于将取样信号进行放大处理后，其输出电压可提供给换挡电路及表头正极。

由 VT1、 R_{13} 、VD1、VD2 等构成的恒流源电路，输出的 2mA 恒定电流使 LED5 发光二极管导通发光，以示电路处于工作状态。该恒定电流还提供给基准分压电路。

基准分压电路由 $R_3 \sim R_6$ 电阻器构成，使 $R_3 \sim R_6$ 上可分别得到 0.25 V、1.0 V、2.5 V、5.0 V 基准电压，并提供给 IC2 四个运算放大器的同相信号输入端。

(4) 比较驱动电路

IC2 的四个运算放大器将基准电压与输入电压进行比较，分别驱动 IC3 四个电子开关控制各挡分压电阻是否接入：

- 当输入电压 $U_i < 2.5V$ ，分压电压 $U'_i < 0.25V$ 时，IC2 的四个运算放大器将该信号与基准电压比较后均输出高电平：一方面使四个电子开关 IC3-1~IC3-4 均导通，使 $R_7 \sim R_{11}$ 均接入电压表电路；另一方面使 LED1~LED4 发光二极管均熄灭。
- 当输入电压 $2.5V < U_i < 10V$ 时，经比较电路，只有 IC2-4 的⑬脚输出低电平，IC3-4 电子开关截止（断开）， $R_7 \sim R_9$ 、 R_{11} 接入电压表电路，LED4 发光二极管点亮。
- 在 25 V 挡时，IC3-3、IC3-4 电子开关断开， R_7 、 R_8 接入电压表电路，LED3、LED4 点亮。
- 在 50 V 挡时，IC3-2、IC3-3、IC3-4 电子开关断开， R_7 接入电压表电路，LED2~LED4 点亮。
- 在 100 V 挡时，IC3-1~IC3-4 电子开关断开，只有 R_{11} 接入电压表电路，LED1~LED4 点亮。

该电压表内阻恒为 200 k Ω 。VDZ 用于限制输入电压的幅度而防止 IC1 损坏， R_{12} 用于 IC1 进行调零， R_{13} 用于控制恒流电路电流的大小。VD3 为锗二极管，用于保护表头。

在无测量电压时，表头指示应在 0 位置，如不在 0 位，则可调整 R_{12} 的阻值进行校准。

提示：

如换用其他型号的表头，则应重新计算分压电阻器 $R_7 \sim R_{11}$ 的阻值。增大 R_1 与 R_2 的分压比，可适当提高输入电压的范围。

5.9 读识模拟式万用表电路

5.9.1 读识 MF500 型万用表电气电路

图 5-31 所示是 MF500 型万用表电气电路图，表的实际电路与该图有一些差别，应以本文的单元电路为准。

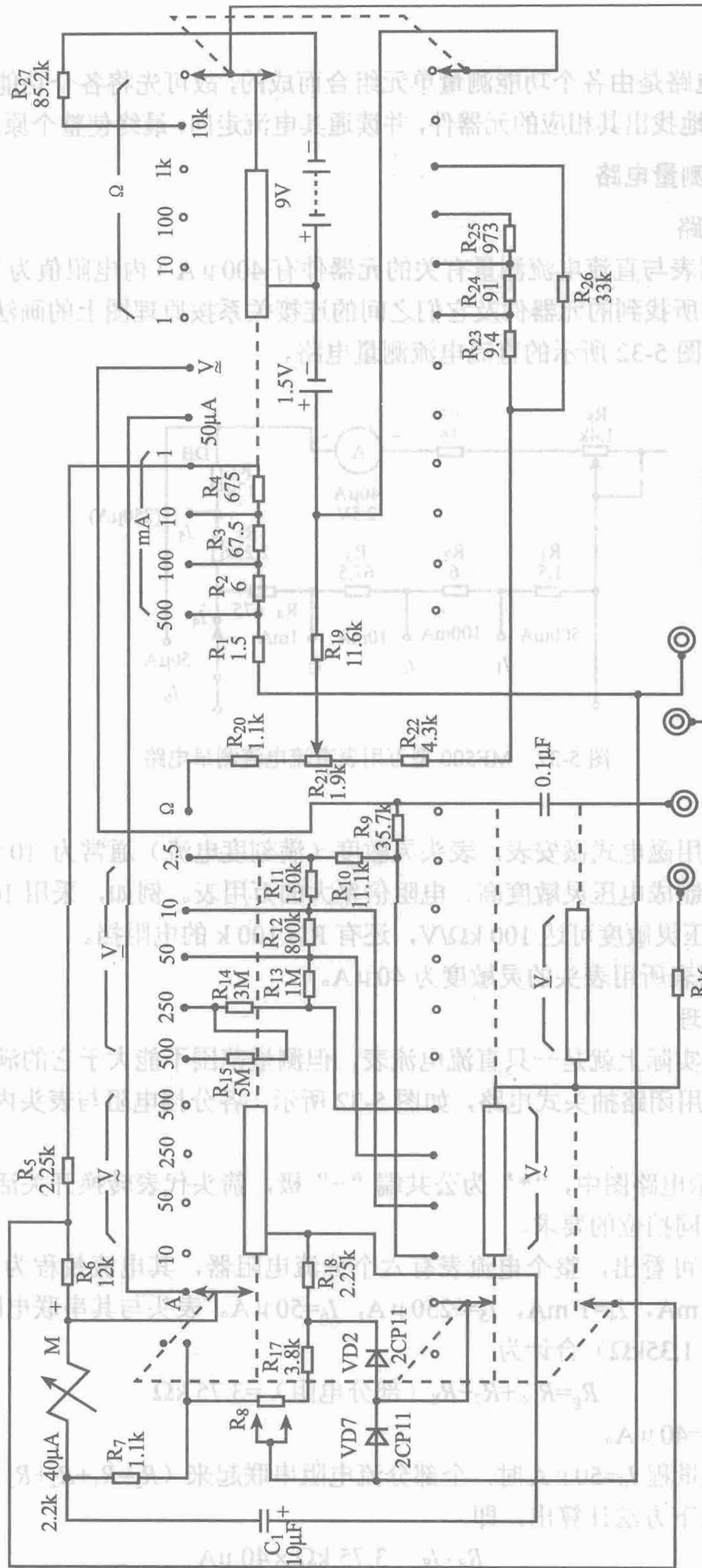


图 5-31 MF500 型万用表电气电路

1. 识图指导

图 5-31 所示电路是由各个功能测量单元组合而成的，故可先将各个功能测量单元单独一个单元一个单元地找出其相应的元器件，并读通其电流走向，最终使整个原理图一目了然。

2. 直流电流测量电路

(1) 化简电路

MF500 型万用表与直流电流测量有关的元器件有 $400\mu\text{A}$ （内电阻值为 $2.5\text{k}\Omega$ ）表头、 $R_1\sim R_8$ 电阻器。将所找到的元器件及它们之间的连接关系按原理图上的画法（简化）单独画出，就解得到如图 5-32 所示的直流电流测量电路。

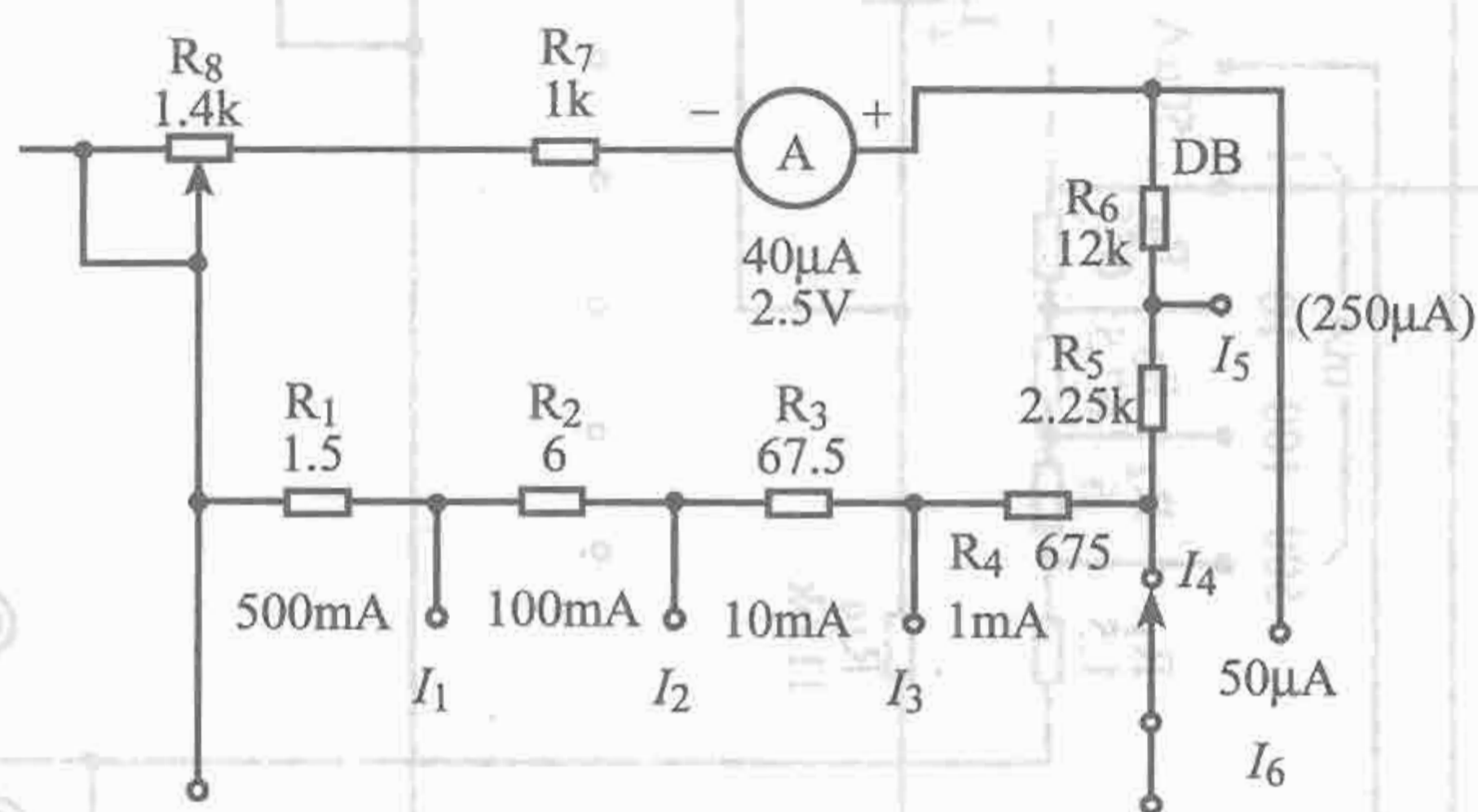


图 5-32 MF500 型万用表直流电流测量电路

(2) 表头

万用表表头采用磁电式微安表，表头灵敏度（满刻度电流）通常为 $10\sim 1000\mu\text{A}$ 。灵敏度高的表头易于制成电压灵敏度高、电阻倍率大的万用表。例如，采用 $10\mu\text{A}$ 表头，其 100V 以下各挡电压灵敏度可达 $100\text{k}\Omega/\text{V}$ ，还有 $R\times 100\text{k}$ 的电阻挡。

MF500 型万用表所用表头的灵敏度为 $40\mu\text{A}$ 。

(3) 测量原理

一只表头本身实际上就是一只直流电流表，但测量范围不能大于它的满刻度电流。要扩大量程，都是采用闭路抽头式电路，如图 5-32 所示，各分挡电阻与表头内阻串联，形成闭合电路。

在图 5-31 所示电路图中，“*” 为公共端“-”极，箭头代表转换开关活动触头，由该触头切换以满足不同挡位的要求。

从图示的电路可看出，整个电流表有六个分流电阻器，其电流量程为 $I_1=500\text{mA}$ ， $I_2=100\text{mA}$ ， $I_3=10\text{mA}$ ， $I_4=1\text{mA}$ ， $I_5=250\mu\text{A}$ ， $I_6=50\mu\text{A}$ 。表头与其串联电阻器 R_7 、 R_8 的部分电阻（实测为 $1.35\text{k}\Omega$ ）合计为

$$R_g = R_{\text{表}} + R_7 + R_8 \text{ (部分电阻)} = 3.75\text{k}\Omega$$

表头灵敏度 $I_g = 40\mu\text{A}$ 。

当使用最小的量程 $I_6 = 50\mu\text{A}$ 时，全部分流电阻串联起来（ $R_s = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6$ ）与 R_g 并联。 R_s 可由以下方法计算出，即

$$R_s = \frac{R_g \cdot I_g}{I_6 - I_g} = \frac{3.75\text{k}\Omega \times 40\mu\text{A}}{50\mu\text{A} - 40\mu\text{A}} = 15\text{k}\Omega$$

- 量程 I_1 : 当使用 I_1 量程时, 除 R_1 以外的分流电阻与表头一起串联之后, 再与 R_1 并联, 由分流公式

可求出

$$I_g = I_1 \cdot \frac{R_1}{R_s + R_g + R_1}$$

$$R_1 = \frac{I_g(R_s + R_g)}{I_1} = \frac{40 \mu\text{A}(15 + 3.75) \text{k}\Omega}{500 \text{mA}} = 1.5 \Omega$$

- 量程 I_2 : 当使用 I_2 时, 除 $R_1 + R_2$ 以外的分流电阻与表头一起串联之后, 再与 $R_1 + R_2$ 并联, 于是可得出

$$R_2 = \frac{I_g(R_s + R_g)}{I_2} - R_1 = \frac{40 \mu\text{A}(15 \text{k}\Omega + 3.75 \text{k}\Omega)}{100 \text{mA}} - 1.5 \Omega = 6 \Omega$$

- 量程 I_3 : 根据同样的方法可求出

$$R_3 = \frac{I_g(R_s + R_g)}{I_3} - (R_1 + R_2) = \frac{40 \mu\text{A}(15 \text{k}\Omega + 3.75 \text{k}\Omega)}{10 \text{mA}} - 7.5 \Omega = 67.5 \Omega$$

- 量程 I_4 : 采用同样的方法可求出

$$R_4 = \frac{I_g(R_s + R_g)}{I_4} - (R_1 + R_2 + R_3) = \frac{40 \mu\text{A}(15 \text{k}\Omega + 3.75 \text{k}\Omega)}{1 \text{mA}} - 75 \Omega = 675 \Omega$$

- 量程 I_5 : 采用同样的方法可求出

$$R_5 = \frac{I_g(R_s + R_g)}{I_5} - (R_1 + R_2 + R_3 + R_4) = \frac{40 \mu\text{A}(15 \text{k}\Omega + 3.75 \text{k}\Omega)}{0.25 \text{mA}} - 750 \Omega = 2250 \Omega$$

- 量程 I_6 : 最后可求出

$$R_6 = R_s - (R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5) = 15 \text{k}\Omega - 3 \text{k}\Omega = 12 \text{k}\Omega$$

由以上分析可看出, 万用表的直流电流量程越大, 并联的分流电阻越小, 电流表内阻就越小。

3. 直流电压测量电路

(1) 化简电路

MF500 型万用表与直流电压测量有关的元器件有: 除了上述直流电流测量电路所使用的元器件以外 (如图 5-33 虚线框内所示), 还有电阻器 $R_9 \sim R_{16}$ 。将所找到的元器件及它们之间的连接关系按原理图上的画法 (简化) 单独画出, 就得到了如图 5-33 所示的直流电压测量电路。

表头有一定的内阻, 直流电流流过表头内阻产生一定的电压降, 因此一只表头也相当于一只电压表。但量程有限, 只有几毫伏~几十毫伏, 因此需要扩程。扩程的方法是串联电阻, 将大部分电压降掉, 使表头上只有很小的电压。扩程的方法采用串联抽头式电路。

(2) 测量原理

图 5-33 所示虚线框内的电路就是原测量直流电流时用的电路, 将它可以化做一个等效的表头, 等效表头的内阻就是 $3.75 \text{k}\Omega$ 与 $15 \text{k}\Omega$ 并联的阻值, 按并联电阻的计算公式可以得到等效表头的参数 $R_g = 3 \text{k}\Omega$ 。

等效表头的灵敏度等于 $50 \mu\text{A}$ (即原来的 $40 \mu\text{A}$ 加并联电阻中的电流 $10 \mu\text{A}$ 就得到了

50 μA)。也就是说，原来的 40 μA、3.75 kΩ 的表头，并联了一个 15 kΩ 的电阻之后，就相当于一只 50 μA、3 kΩ 的表头。

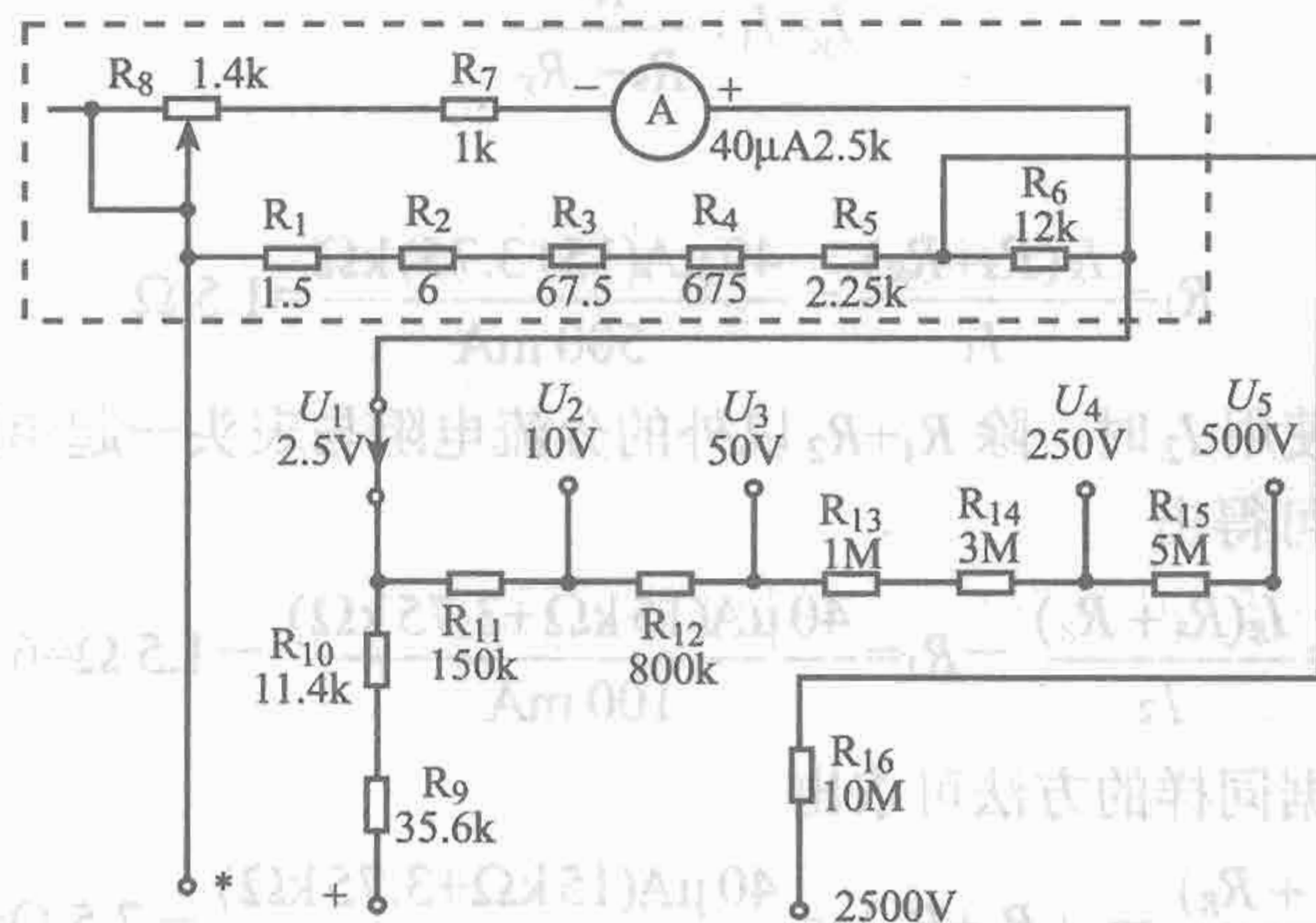


图 5-33 MF500 型万用表直流电压测量电路

图 5-33 所示的直流电压表部分有 5 个量程，它们分别是： $U_1=2.5\text{ V}$ ， $U_2=10\text{ V}$ ， $U_3=50\text{ V}$ ， $U_4=250\text{ V}$ ， $U_5=500\text{ V}$ 。等效表头内阻 $R_g=3\text{ k}\Omega$ ，等效表头灵敏度 $I_g=50\text{ }\mu\text{A}$ 。

- 量程 U_1 ：当使用量程 U_1 时，除 R_{10} 、 R_9 与等效表头串联以外，其他电阻均悬空。用欧姆定律可求出降压电阻 $R_{10}+R_9$ 的值为

$$R_{10}+R_9 = \frac{U_1 - R_g I_g}{I_g} = \frac{2.5\text{ V} - 3\text{ k}\Omega \times 50\text{ }\mu\text{A}}{50\text{ }\mu\text{A}} = 47\text{ k}\Omega$$

- 量程 U_2 ：当使用量程 U_2 时，除 $R_{11}+R_{10}+R_9$ 与等效表头串联以外，其他电阻均悬空。用欧姆定律可求出降压电阻 R_{11} 的值为

$$R_{11} = \frac{U_1 - U_2}{I_g} = \frac{10\text{ V} - 2.5\text{ V}}{0.05\text{ mA}} = 150\text{ k}\Omega$$

- 量程 U_3 ：采用同样的方法可求出 R_{12} 的值，即

$$R_{12} = \frac{U_3 - U_2}{I_g} = \frac{50\text{ V} - 10\text{ V}}{0.05\text{ mA}} = 800\text{ k}\Omega$$

- 量程 U_4 、 U_5 ：采用同样的方法可求出 $R_{13}+R_{14}$ 和 R_{15} 的值为

$$R_{13}+R_{14} = \frac{U_4 - U_3}{I_g} = \frac{250\text{ V} - 50\text{ V}}{0.05\text{ mA}} = 4 \times 10^3\text{ k}\Omega = 4\text{ M}\Omega$$

$$R_{15} = \frac{U_5 - U_4}{I_g} = \frac{500\text{ V} - 250\text{ V}}{0.05\text{ mA}} = 5 \times 10^3\text{ k}\Omega = 5\text{ M}\Omega$$

4. 交流电压测量电路

(1) 化简电路

MF500 型万用表与交流电压测量有关的元器件有：除了上述直流电流测量电路所使用的元器件以外（图 5-34 虚线框内的电路），还有 C_1 、 R_{17} 、 VD_7 、 VD_2 、 R_{16} ，以及与直流电压挡共用的 $R_9 \sim R_{13}$ 电阻器。将所找到的元器件及它们之间的连接关系按原理图上的画法（简化）单独画出，就得到了如图 5-34 所示的交流电压测量电路。

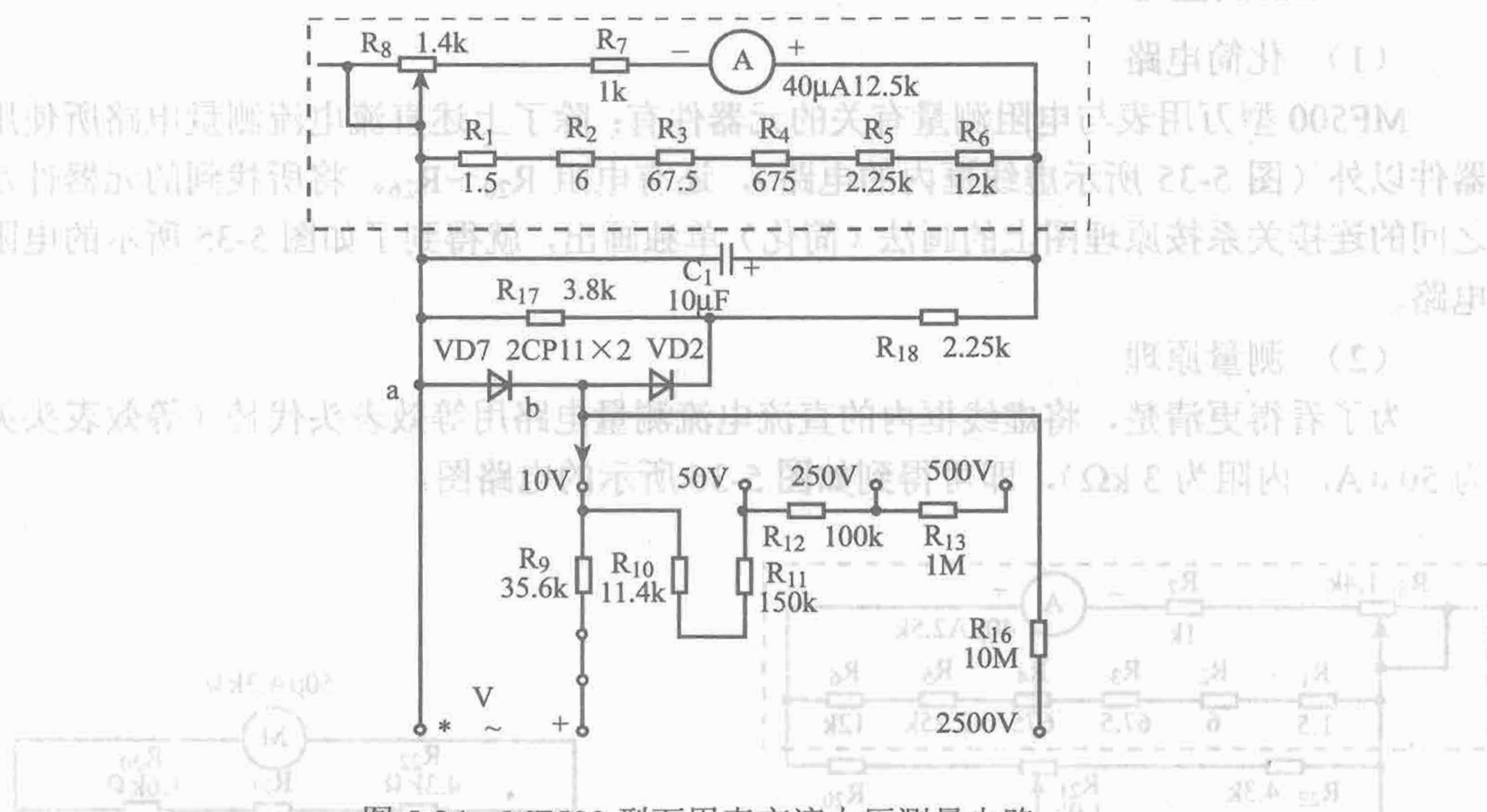


图 5-34 MF500 型万用表交流电压测量电路

(2) 测量原理

比较直流电压测量电路与交流电压测量电路（如图 5-33、5-34 所示）可看出，交流电压测量电路与直流电压不同之处，只是增加了一个与表头串联的二极管 VD_2 和并联二极管 VD_7 ，以及滤波电容器 C_1 、二极管参数不同时的调节电阻器 R_{17} 。

交流电压测量电路有 10 V、50 V、250 V、500 V、2500 V 五个量程挡，是由转换开关（即图 5-34 所示电路中的箭头）进行切换的。当使用 10 V 交流电压挡时，除 R_9 接入电路以外，其他电阻均悬空，这与直流电压测量相同，在此不多述。

由于二极管的性能有所差别，因此在电路中设有电阻器 R_{17} ，通过改变 R_{17} 的值，以适应不同的二极管整流器。

当被测交流电压 $U_{交}$ 经降压电阻（10VAC 挡为 R_9 ，50VAC 挡为 $R_9+R_{10}+R_{11}$ ，其余挡类推）降压以后，作用在 a 与 b 两点上（如图 5-34 所示电路中所标注）。二极管 VD_7 与 VD_2 均具有单向导电的性能，在交流电压的正半周时， VD_7 不导通，但 VD_2 导通，此时有电流通过表头；相反，在交流电压的负半周时， VD_7 导通， VD_2 不导通，这时被测的交流电压被 VD_2 断开并被 VD_7 所短路，因而没有电流通过表头。所以，虽然被测电压是交流电压，但通过表头的却是单方向的电流，使指针所偏转的角度基本上与被测的交流电压 $U_{交}$ 成正比关系，从而可测出被测电压的值。

接入二极管 VD_7 主要是为了对 VD_2 起保护作用。如果没有 VD_7 ，则在负半周时，由

于反向电流很小，故在降压电阻上的电压降也很小，致使在 VD2 上所承受的反向电压几乎等于被测电压的全部，会击穿 VD2。

降压电阻的值与量程有关，在交流 10 V 挡时为 R_9 ；在 50 V 挡时为 $R_9+R_{10}+R_{11}$ ；在 250 V 挡时为 $R_9+R_{10}+R_{11}+R_{12}$ ；在 500 V 挡时为 $R_9+R_{10}+R_{11}+R_{12}+R_{13}$ ；在 2500 V 挡时为 R_{16} ，该挡是用单独插孔引出的。由于二极管是非线性元器件，交流电压表的刻度与直流表不同，故在万用表的刻度盘上有测量交流电压专用的刻度。

5. 电阻测量电路

(1) 化简电路

MF500 型万用表与电阻测量有关的元器件有：除了上述直流电流测量电路所使用的元器件以外（图 5-35 所示虚线框内的电路），还有电阻 $R_{20} \sim R_{26}$ 。将所找到的元器件及它们之间的连接关系按原理图上的画法（简化）单独画出，就得到了如图 5-35 所示的电阻测量电路。

(2) 测量原理

为了看得更清楚，将虚线框内的直流电流测量电路用等效表头代替（等效表头灵敏度为 $50 \mu\text{A}$ ，内阻为 $3 \text{ k}\Omega$ ），即可得到如图 5-36 所示的电路图。

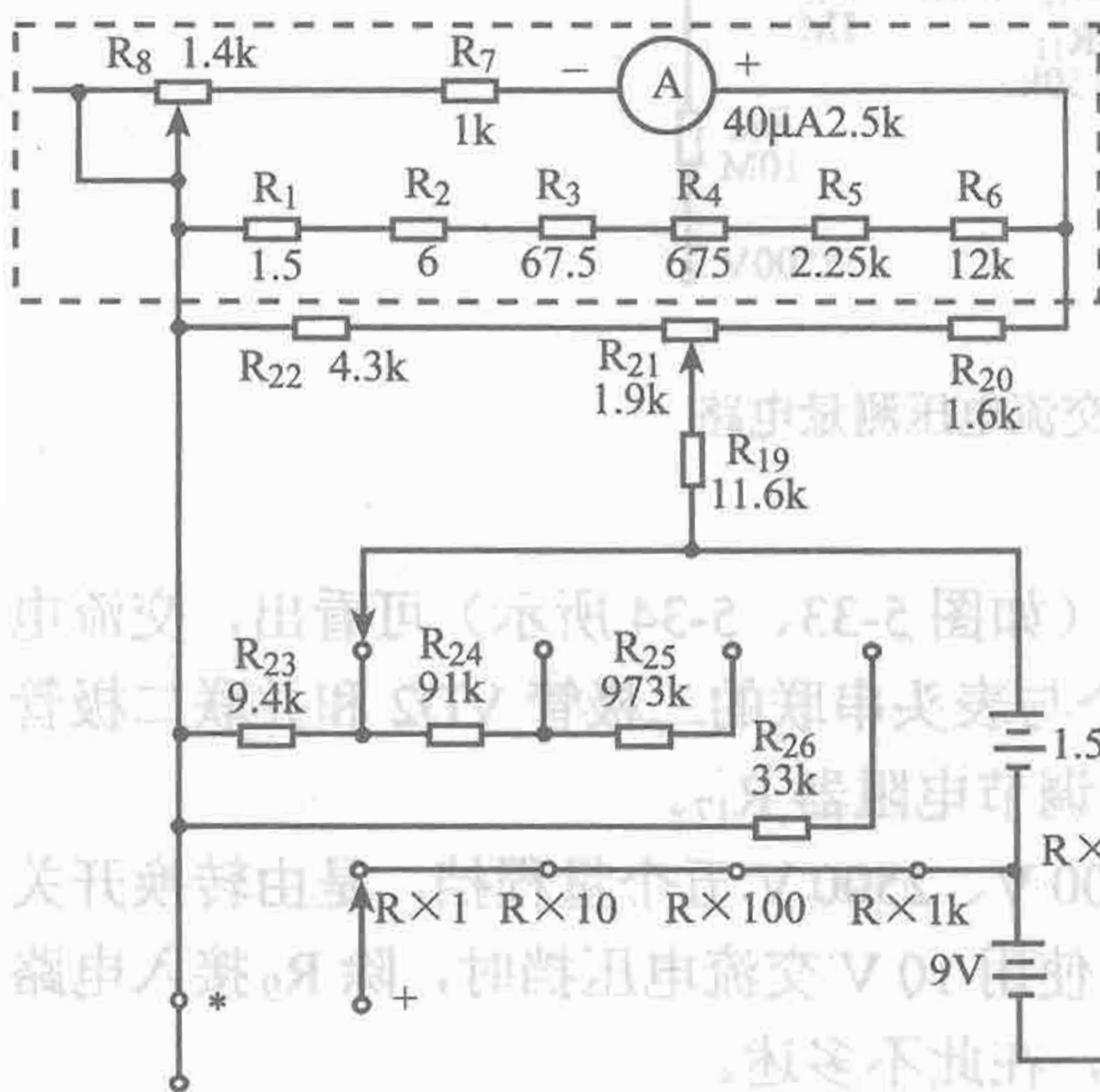


图 5-35 MF500 型万用表电阻测量电路

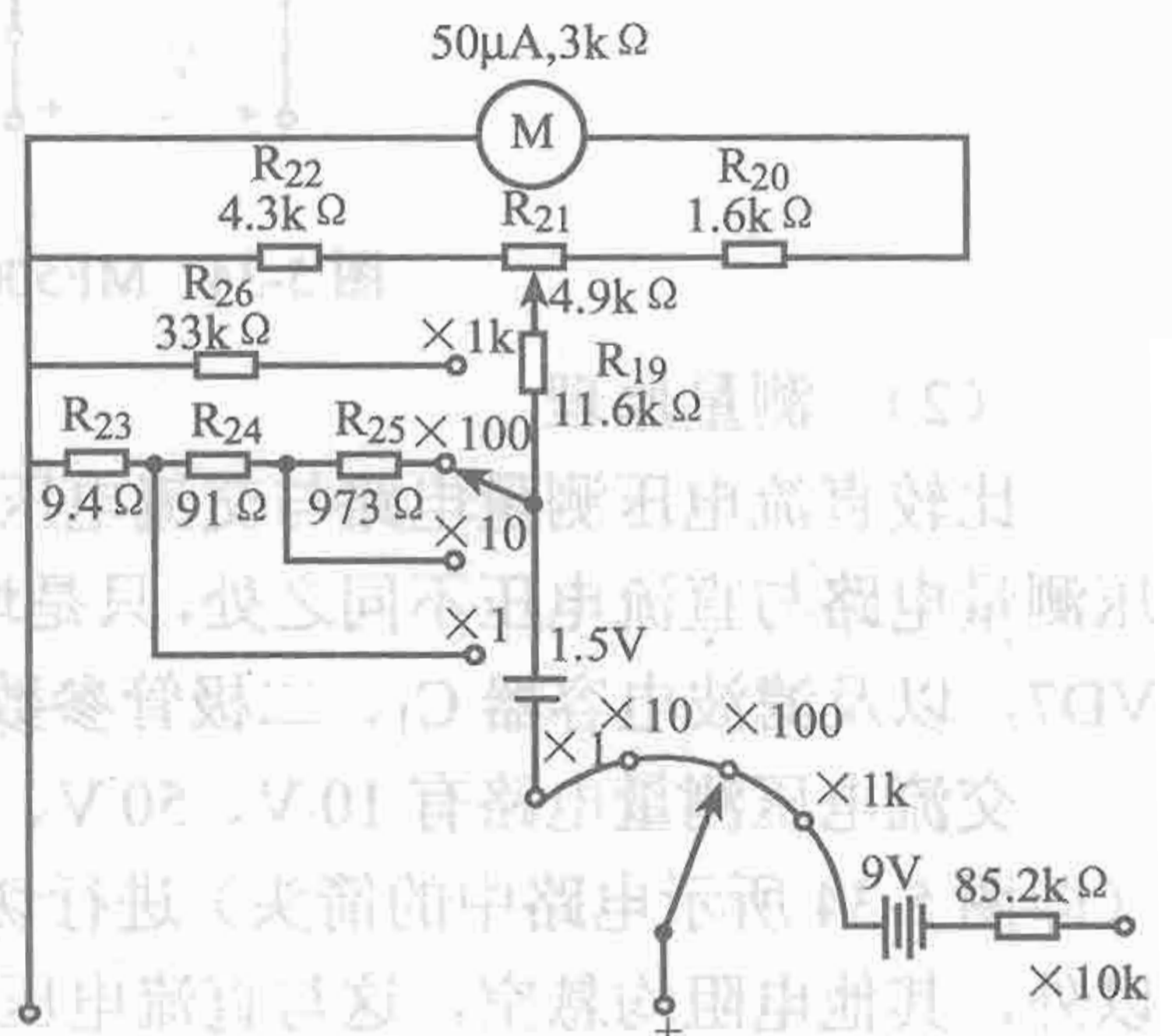


图 5-36 MF50 型万用表电阻测量等效电路

由图 5-36 所示简化电路即可清楚地看出，电阻的测量是通过变换分压电阻 $R_{23} \sim R_{27}$ 的值来实现的，图中的箭头代表转换开关的转换触点，两个箭头是同步切换的。

电阻测量共有 $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 、 $R \times 1 \text{ k}$ 、 $R \times 10 \text{ k}$ 五个量程。当标有“ Ω ”的旋钮开关置于位置“ $\times 1$ ”时，所测得的欧姆数从标度盘上直接读出；当旋钮置于位置“ $\times 10$ ”时，所测得的欧姆数为从标度盘上所得读数的 10 倍，其余类推。

当测量几十千欧的较高电阻时，需将旋钮置于“ $\times 10 \text{ k}$ ”位置。这时，欧姆表中除了原来的 1.5 V 电池外，又接进了一块 9V 的叠层电池。为了使电池电压下降时不至过分影响欧姆表的准确度，在电路中设置了可调电阻器 R_{21} ($1.9 \text{ k}\Omega$)。在测电阻之前，先要将两表

棒短接，调节 R_{21} 使表针指示在“0 Ω ”位置上。

提示：

MF500 型万用表电阻测量最小挡的中心阻值是 10Ω ，这意味着可对被测电路提供较大的测试电流（最大可提供 150mA ），因此能测量晶闸管的维持电流（其他万用表却不能）。如果万一误接在有电压的电路时，则同样也要流过较大的电流，极易烧坏元器件，如 R_{24} (91Ω) 等。电路中， $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 挡的电阻是相互依存的，只要其中的一只损坏，均将影响其他挡位的使用。如果 R_{24} 被烧毁，则电阻器处在开路状态时，短路两表笔，表头有指示，也可以调零，但测量电阻的数据都远小于实际电阻值。

电流、电阻挡的绕线电阻几乎都为非标称电阻值，且精度要求都很高，可用相应的康铜丝绕制，而且必须用高精度的数字表或电桥测试。

5.9.2 读识 MF-47 型万用表电气电路

图 5-37 所示为 MF-47 型万用表电气电路图，因为生产的年代不同，图中的某些元器件数据略有改动，尤其是电阻测量挡中的电阻数据。

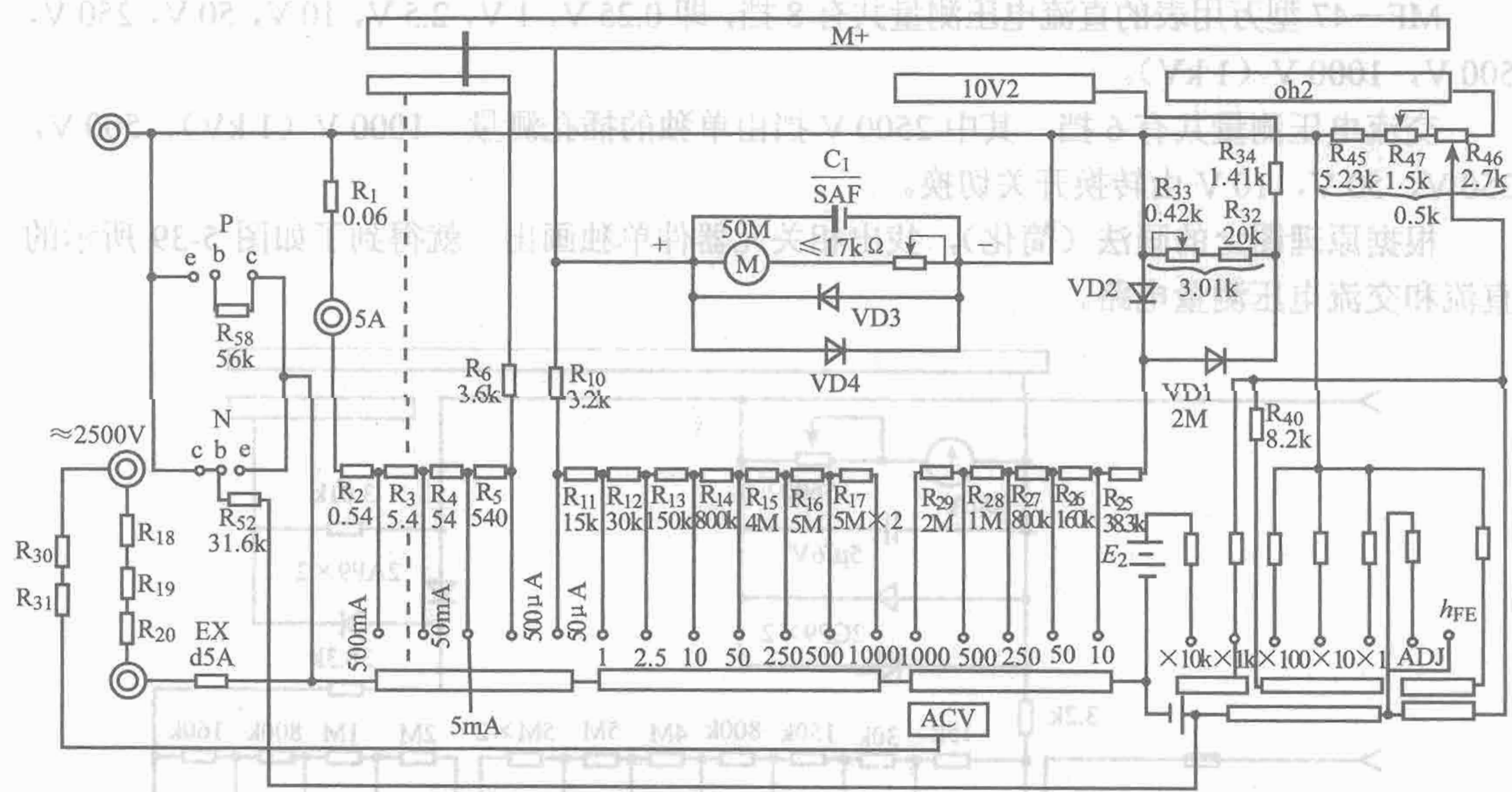


图 5-37 MF-47 型万用表电气电路

1. 识图指导

由于万用表的电路是由各个功能测量单元组合而成的，故在读识图 5-37 电路时，可先将各个功能测量单元一个单元一个单元地找出其相应的元器件，并读懂其电流走向，最后即可使整个原理图一目了然。

2. 单元电路的划分

(1) 直流电流测量电路

MF-47 型万用表的直流电流测量共有 6 挡，其中 5 A 挡由单独的插孔测量，500 mA，

50 mA, 5 mA, 0.5 mA, 50 μ A 挡由转换开关切换。按原理图上的画法(简化)单独画出,就得到了如图 6-38 所示的直流电流测量电路。

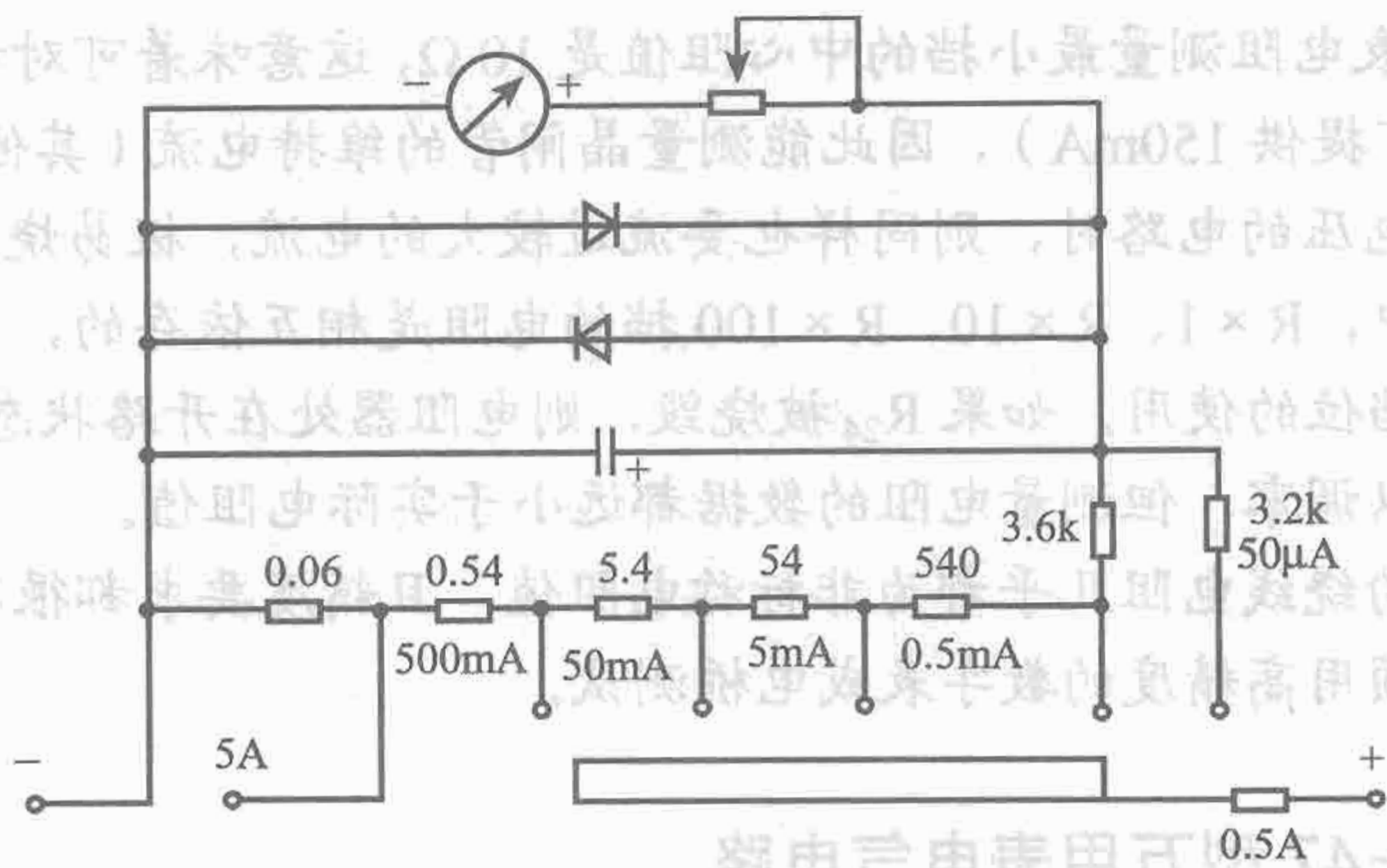


图 5-38 MF-47 型万用表直流电流测量电路

(2) 直流和交流电压测量电路

MF-47 型万用表的直流电压测量共有 8 挡,即 0.25 V, 1 V, 2.5 V, 10 V, 50 V, 250 V, 500 V, 1000 V (1 kV)。

交流电压测量共有 6 挡,其中 2500 V 挡由单独的插孔测量, 1000 V (1 kV), 500 V, 250 V, 50 V, 10 V 由转换开关切换。

根据原理图上的画法(简化),找出相关元器件单独画出,就得到了如图 5-39 所示的直流和交流电压测量电路。

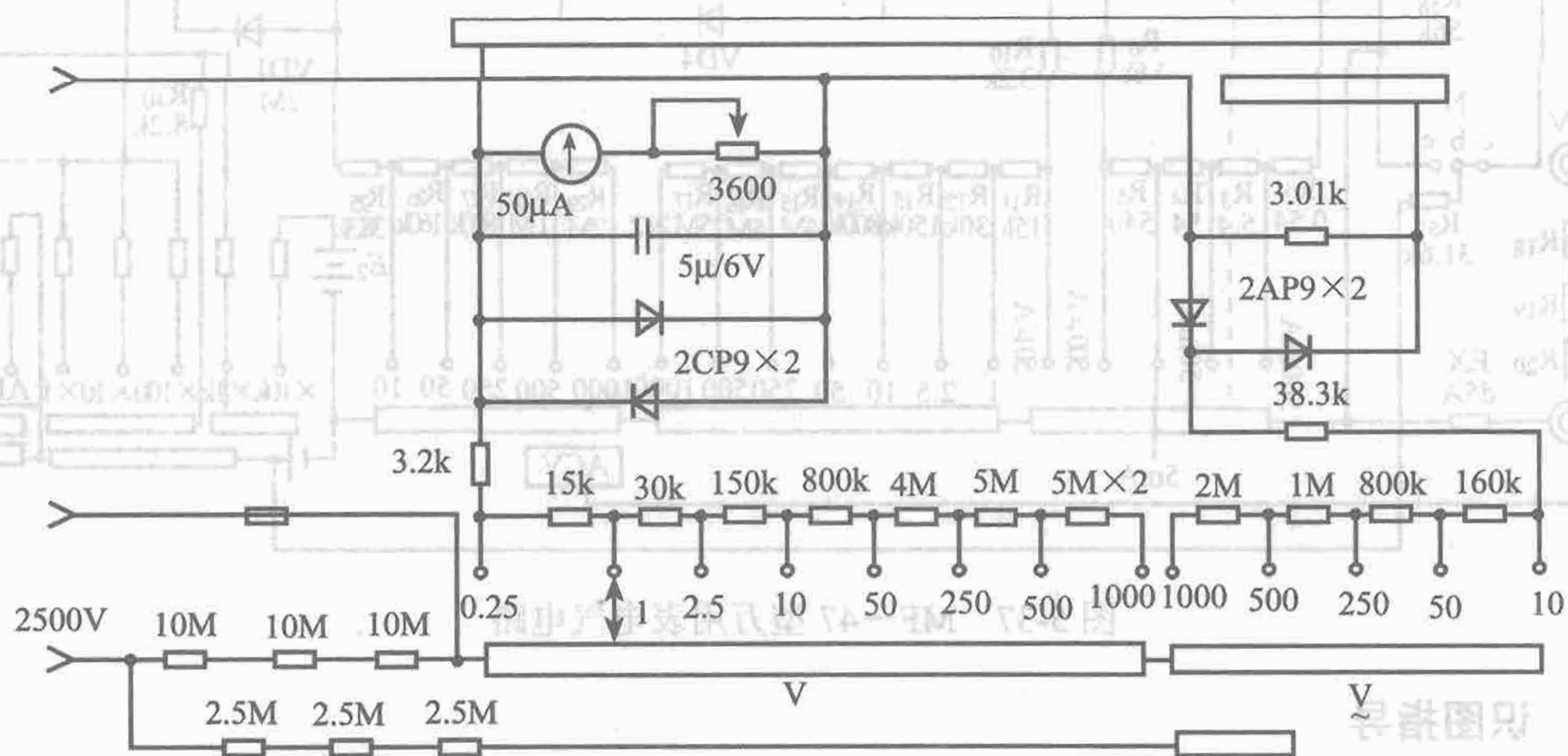


图 5-39 MF-47 型万用表直流和交流电压测量电路

(3) 电阻测量电路

MF-47 型万用表的电阻测量共有 5 挡,即 $R \times 1$, $R \times 10$, $R \times 100$, $R \times 1k$, $R \times 10k$ 。根据原理图上的画法,找出相关元器件(简化)单独画出,就得到了如图 5-40 所示的电阻测量电路。

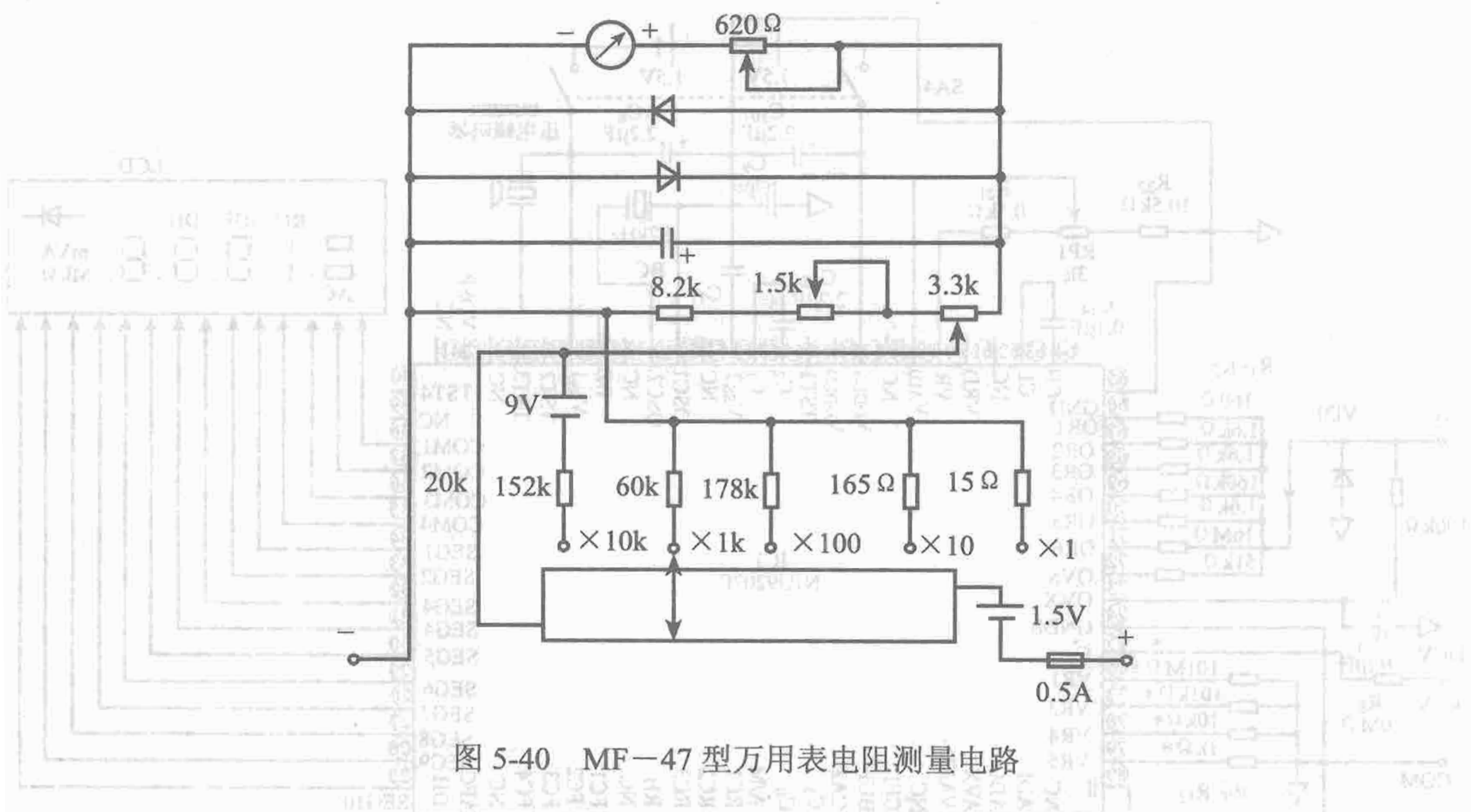


图 5-40 MF-47 型万用表电阻测量电路

3. 工作原理

MF-47 型万用表的各功能测量电路的工作原理与 MF500 型万用表基本相同，读者可自行分析。

提示：

MF-47 型万用表的转换开关为单层 3 刀 24 位结构，它的外围有 24 个固定触点。转换开关转轴上装有一块弹性簧片，其上部有 3 个凸出的活动触点，也就是所谓的“刀”，随着转换开关的转动，3 个刀总是紧紧压在固定触点上，保证良好的接触。

另外，在转换开关旋钮的下方，也有开关存在，非常隐蔽，必须卸掉转换开关上的定位簧片，把转轴和旋钮（二者一体化）取下后，才能看到这个活动的开关。

- MF-47 型万用表设有保险丝插座，保险丝规格为 0.5 A，当其损坏以后应用原规格的更换。
- MF-47 型万用表各部分测量电路相互独立，检修比较方便。

5.10 读识数字万用表电路

5.10.1 读识数字万用表 A/D 转换电路

图 5-41 所示是数字万用表 A/D 转换电路，是一种 $3\frac{1}{2}$ 位单片数字万用表电路图。

1. 识图指导

读识图 5-41 所示电路时，应先围绕大规模集成电路（LSI）IC1 来展开。

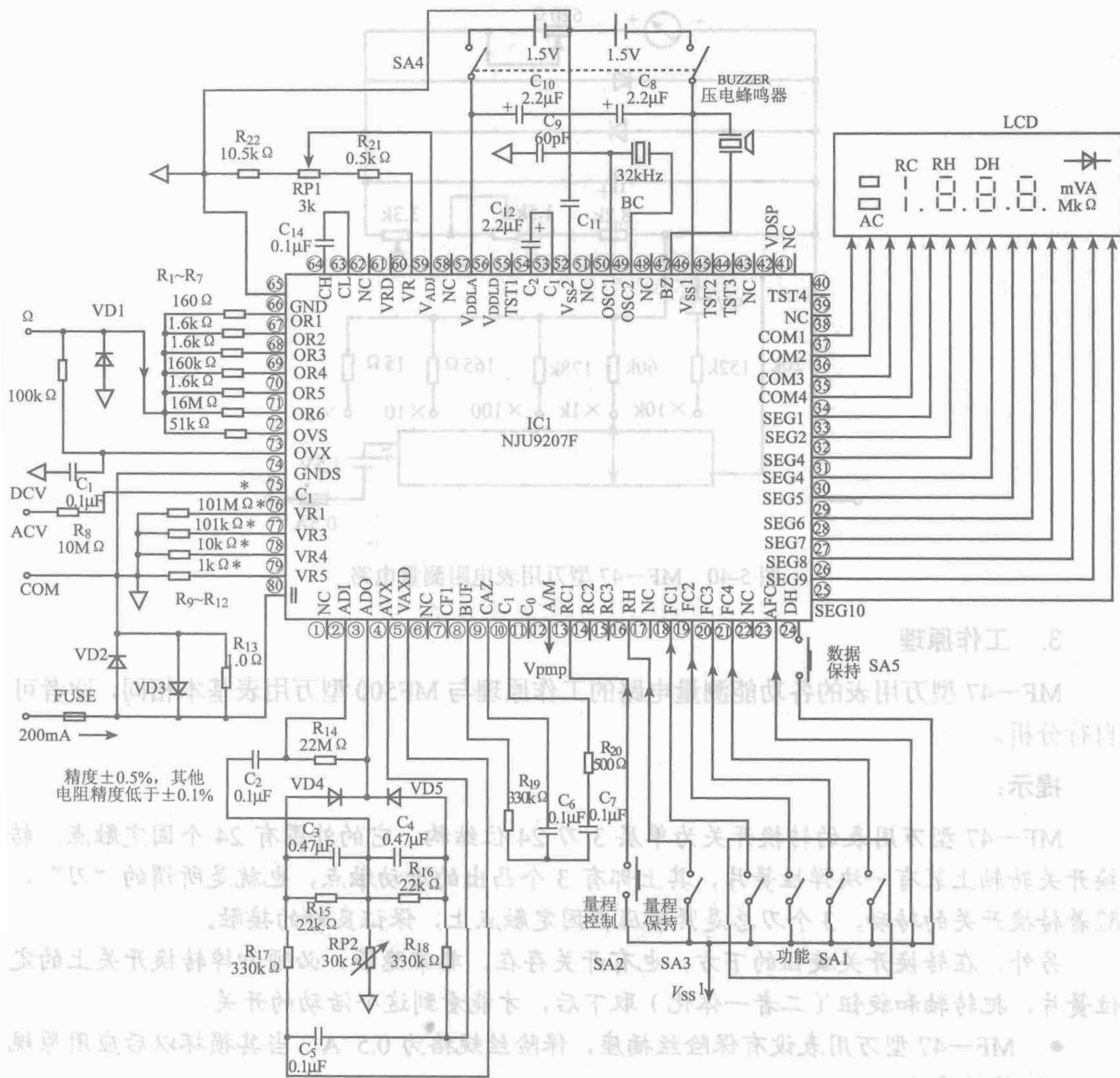


图 5-41 数字万用表 A/D 转换电路

IC1 的型号为 NJU9207F (也可用 NJU9208F), 是一块 $3\frac{1}{2}$ 位单片数字万用表大规模集成电路。该 IC 工作电压为 3 V, 工作电流小于 1 mA, 可直接驱动 LCD (液晶) 显示, 并可保持数据与自动量程。

IC1 集成电路内部包含二重斜率 A/D 转换器、倍压器和电压调节器、控制器及振荡器、电池寿命检测电路、压电蜂鸣驱动器、LCD 显示驱动电路、数据存储器、复位控制电路等。

图 5-41 所示电路中凡标有“∇”符号之处, 表示这些点是地线, 实际电路板上是连接在一起的: “Ω”表示二极管测量挡信号输入端; “DCV 与 ACV”是直流电压挡与交流电压挡公用信号输入端; “COM”为测量用公共端。

2. 工作原理

图 5-41 所示电路的工作原理可从以下十个方面来进行分析说明。

(1) 供电电路

图 5-41 所示电路中采用两节 1.5 V 干电池供电, 受电源开关 SA4 控制, 供电电压加到 IC1 的⑦脚。

(2) 时钟振荡电路

IC1 的④脚与⑤脚内外电路构成了时钟振荡电路, 振荡电路的振荡频率为 32 kHz, 由 IC1 外接的 BC 晶振元器件的振荡频率确定。振荡信号用于协调 IC1 内部电路的工作。

(3) 自动与手动测量选择

IC1 的⑫脚为自动或手动测量选择信号输入端, 当该脚输入高电平时, 万用表进入自动测量控制模式; 当该脚输入为低电平时, 万用表通过 IC1 的⑬~⑮脚 (RC1~RC3) 进入手动测量控制模式, 具体选择方式如表 5-3 所列。

表 5-3 RC1~RC3 手动量程选择功能说明

⑬脚 (RC1)	⑭脚 (RC2)	⑮脚 (RC3)	VDC	VAC	IDC、IAC	Ω
高电平	高电平	高电平	量程 1:2V	量程 1:2V	量程 1:2mA	量程 2:2k Ω
低电平	高电平	高电平	量程 2:20V	量程 2:20V	量程 2:20mA	量程 3:20k Ω
高电平	低电平	高电平	量程 3:200V	量程 3:200V	量程 3:200mA	量程 4:200k Ω
低电平	低电平	高电平	量程 4:2000V	量程 4:2000V	量程 4:2000mA	量程 5:2000k Ω
高电平	高电平	低电平	量程 4:2000V	量程 4:2000V	量程 5:20mA	量程 6:20M Ω
低电平	高电平	低电平	量程 1:2V	量程 1:2V	量程 1:2mA	量程 1:200 Ω

(4) 功能选择

IC1 的⑱~㉑脚 (FC1~FC4) 为万用表的功能信号输入端, 通过功能旋转开关 SA1 输入的高、低电平来选择相应的测量挡位。SA1 输入不同的电平时, 万用表选择的测量挡位对应关系如表 5-4 所列。

表 5-4 SA1 输入不同电平时, 万用表选择的测量挡位对应关系

⑱脚 (FC1)	⑲脚 (FC2)	⑳脚 (FC3)	㉑脚 (FC4)	测量功能 (挡位)
高电平	高电平	高电平	高电平	DC 电压 (VDC 挡)
低电平	高电平	高电平	高电平	AC 电压 (VAC 挡)
高电平	低电平	高电平	高电平	DC 电流 (IDC 挡)
低电平	低电平	高电平	高电平	AC 挡 (IAC 挡)
高电平	高电平	低电平	高电平	电阻 (Ω 挡)
高电平	低电平	低电平	高电平	二极管挡
高电平	高电平	高电平	低电平	连续检测 (CONT1)

注: 高电平是指相关的开关断开, 低电平是指相关的开关接通

(5) 量程保持设定

IC1 的⑲脚为量程保持端, 外接数据保持设定开关 SA3。当该开关接通使⑲脚为低电平时, 量程被固定在操作量程上, 若低电平时间超过 1 s, 则量程功能就会从任何固定量程转变为自动量程。

(6) 量程限制模式选择设定

IC1 的㉒脚 (AFC) 为量程限制模式选择信号输入端。当该脚为高电平时, 万用表进入量程限制模式; 当该脚为低电平时, 万用表进入全量程模式。当自动量程模式功能变化时, 量程依靠㉒脚上的电平高低来进行置位。

(7) 显示数据保持模式选择

IC1的②④脚为显示数据保持模式选择端，外接显示数据保持模式设定开关SA5。当IC1的②④脚输入高电平时，可使显示数据得以保持。也就是说，IC1具有存储保持功能。

(8) 蜂鸣器驱动电路

IC1的④⑦脚为蜂鸣器驱动控制信号输出端，外接压电蜂鸣器BUZZER，当进行操作时，IC1根据程序的设定，适时地从④⑦脚输出驱动信号，使蜂鸣器发声。

在测量电阻时，如果测量值在300Ω以下，则蜂鸣器将连续发声，并显示测量的电阻值。

(9) 显示驱动电路

IC1的②⑤~③⑧脚为LCD显示屏显示驱动控制信号输出端，用于驱动3½位数字显示屏。其中，IC1的③⑤~③⑧脚为LCD显示屏的位选择驱动控制信号输出端，②⑤~③④脚为LCD显示屏的段驱动控制信号输出端。

IC1内的A/D(模拟/数字)变换电路将测量的信号处理成数字方式以后去驱动LCD显示相应的测量数据。

(10) 自复位功能

IC1还具有自复位功能，在A/D变换周期内使功能改变时，IC内计数器就会输出复位信号使相关电路初始化，以实现自复位功能。

5.10.2 读识数字式万用表AC/DC自动转换电路

图5-42所示是数字万用表AC/DC自动转换电路图，多应用于DT860D等新型数字万用表上，以实现交流与直流(AC/DC)的自动转换测量功能。

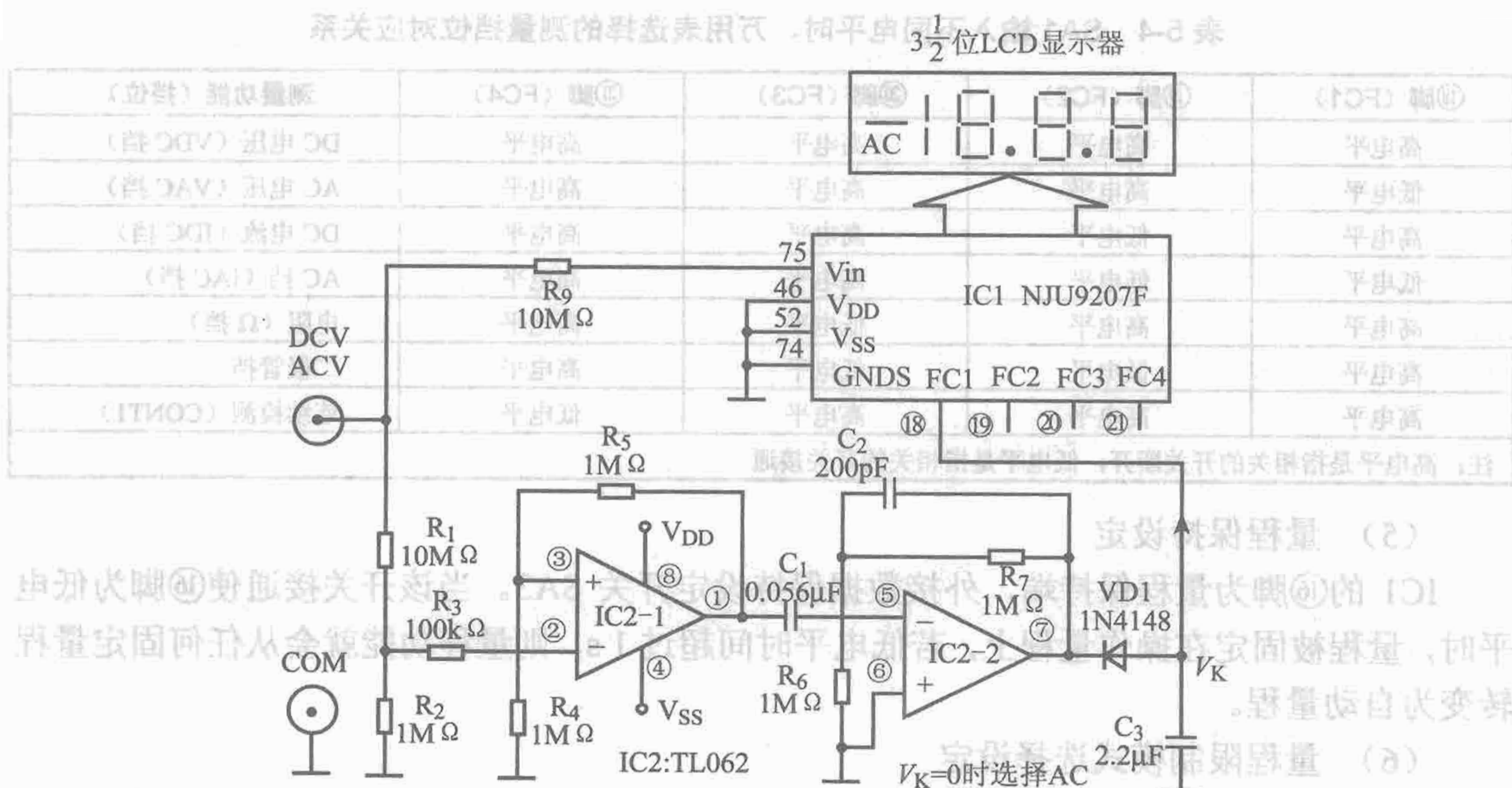


图 5-42 数字万用表 AC/DC 自动转换电路

1. 识图指导

读识图 5-42 所示电路时, 应先对 IC1、IC2 两块集成电路有一个初步的了解。

IC1 的型号为 NJU9207F (或 NRC9207F), 是一块具有数字显示功能的自动量程转换集成电路, 其外部具有 4 个设置端 (⑱~㉑脚), 其选择方式如表 5-4 所列。

由表 5-4 可知, 测量 DC、AC 电压时, IC1 的⑲脚~㉑脚的状态完全相同, 均为高电平, 由于芯片内部分别接有上拉电阻, 因此⑱~㉑脚在开路时均为高电平。如果在控制端⑱脚上输入不同的电平, 就可实现 AC/DC 电压测量功能的自动转换。在测量电流时, 在⑲脚送入低电平即可。

图 5-42 所示电路中, 电路主要由取样电路 (R_1 、 R_2)、电压放大器 (由 IC2-1 等组成)、隔离电路 (C_1) 及负压整流电路 (由 IC2-2、VD1 等组成) 构成。

2. 工作原理

图 5-42 电路的工作原理可从以下两个方面来进行分析说明。

(1) 交流测量方式

取样电路由 R_1 、 R_2 组成, 将输入的电压衰减后, 经 R_3 送入电压放大器 IC2-1 进行放大后从①脚输出, 经电容器 C_1 耦合加到 IC2-2 的⑤脚。

IC2b、VD1 等组成了负压整流电路, 只有当 IC2b 的⑦脚输出为负压时, VD1 才会导通, 整流二极管 VD1 输出的负向脉冲直流电压经电容器 C_3 滤波掉纹波, 使 $V_K=0$ (低电平), 这一信号加到 IC1 的⑱脚, 从而使 IC1 将功能转换为交流测量方式。

在这部分电路中, R_5 、 R_7 为运算放大器的反馈电阻器, C_2 用于进行频率的补偿。

(2) 直流测量方式

若万用表测量的是直流电压, 则该电压经取样电路、电压放大器从 IC2-1 的①脚输出后, 就会被电容 C_1 所隔直。此时, IC2-2 的输入、输出均呈开路状态。由于 IC1 内部上拉电阻的作用, 使其⑱脚呈现高电平, 进而使万用表自动进入直流测量方式。

以上切换由于是利用高低电平来实现的, 因此 AC/DC 测量功能的转换过程迅速, 并且省去了手动操作, 使用极为方便。

5.10.3 读识数字式万用表交流电压挡电路

图 5-43 所示是数字万用表交流电压挡电路图。这是 DT940C 型数字万用表中的电路, 其他型号数字万用表的交流电压挡测量电路与此大同小异, 有的仅是编号不同, 还有的是使用的集成电路型号不同。

1. 识图指导

图 5-43 所示电路的交流电压挡分为五挡, 分别为 200 mV、2 V、20 V、200 V 及 1000 V, 是通过转换不同的分压电阻来实现挡位转换的。 $R_{47} \sim R_{42}$ 分压电阻是与直流电压挡公用的。图 5-43 所示电路中的“ \leftrightarrow ”符号表示转换触点, 检测的信号 (即输入信号 V_{IN}) 经 R_{31} 加到后续电路。

2. 工作原理

输入信号 V_{IN} 在前级分压衰减的方法与直流电压挡相同, 在此不再重述。

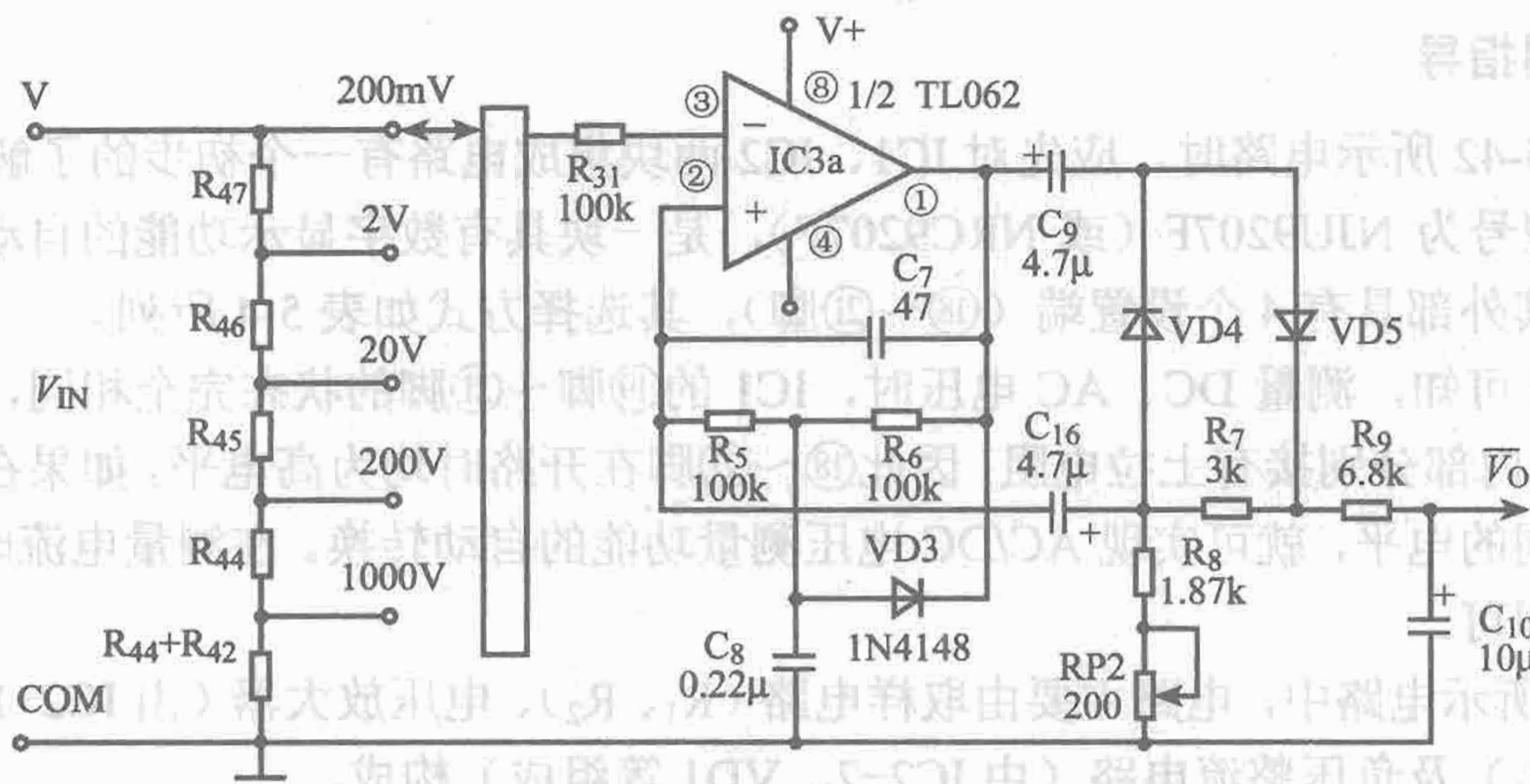


图 5-43 数字万用表交流电压挡电路图

输入信号 V_{IN} 经衰减以后加到由 IC3a (1/2TL062) 等组成的平均值响应 AC/DC 转换器中 IC3a 的③脚, 经 IC3a 将衰减的被测交流电压进行放大后从①脚输出, 经电容器 C_9 耦合→VD5 半波整流→ R_9 、 C_{10} 限流滤波, 即可得到平均值电压 \bar{V}_O 送至后级 A/D 转换电路做进一步处理, 最后在 LCD 显示屏上显示出测量的数值。

在这部分电路中, C_9 为隔直通交电容器, C_7 为频率补偿电容器, VD4 为保护二极管, R_5 、 R_6 与 VD3 等用于改善 VD5 的小信号整流非线性, RP2 是交流电压挡的校正电位器。

5.10.4 读识数字式万用表直流电压挡电路

图 5-44 所示是数字万用表直流电压挡电路图。这是 DT940C 型数字万用表中的线路, 其他型号数字万用表的直流电压挡测量线路与此大同小异, 有的仅是编号不同, 还有的是使用的集成电路型号不同。

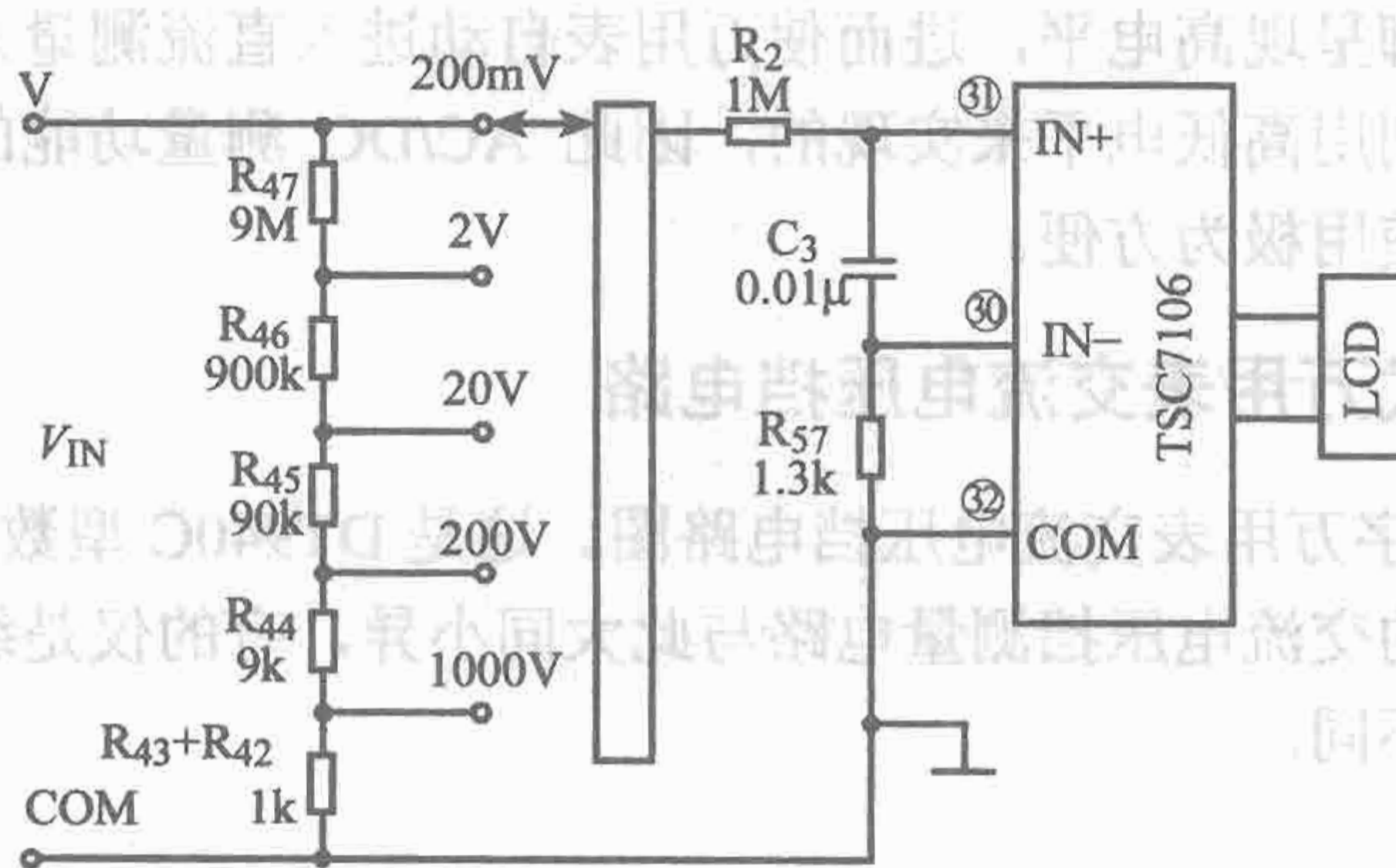


图 5-44 数字万用表直流电压挡电路

1. 识图指导

图 5-44 所示电路图的直流电压挡分为五挡, 分别为 220 mV、2 V、20 V、200 V 及 1000 V, 是通过转换不同的分压电阻来实现挡位转换的。图 5-44 所示中的“↔”符号表示转换触点, 检测的信号经 R_2 送入 TSC7106 的③脚内。由 TSC7106 集成电路进行 A/D 转换、处理以后, 驱动 LCD 显示屏显示出测得的电压数值。

2. 工作原理

图 5-44 所示电路的工作原理可从以下三个方面来进行分析说明。

(1) 200 mV 挡

在图 5-44 所示线路中, $R_{42} \sim R_{47}$ 均为分压电阻, 其总阻值为 $10\text{ M}\Omega$, R_{47} 实际是由两只 $4.5\text{ M}\Omega$ 、 0.5 W 电阻器串联而成的, 利用分压器将输入电压衰减到 200 mV 以内, 以满足 200 mV 挡的测量要求。

(2) 2 V 挡

当处于 2 V 测量挡时, 输入电压先经限流电阻 R_{47} 以后, 再经 $R_{46} \sim R_{44}$ 分压将输入电压衰减到 2 V 以内, 以满足 2 V 挡的测量要求。

(3) 其他挡

其他挡的测量原理与上述相同, 在此不再叙述, 读者可自行分析。

提示:

直流电压挡不能测量, 通常应检查 $R_{42} \sim R_{47}$ 中是否有开路, 量程开关接触是否良好, 是否卡死或错位, R_2 限流电阻是否开路。

5.10.5 读识数字式万用表自动关机电路

图 5-45 所示是一种数字式万用表常用的自动关机电路图, 在 DT840D、DT970D、DT970、DT980、DT1000 等型号的数字万用表中均有应用。它可以避免因忘记关电源而空耗电池。当万用表停止使用时间超过 15 min 后, 能自动进入“休眠”状态, 此时整机静态工作电流仅为 $7\mu\text{A}$ 左右, 功率约为 $63\mu\text{W}$, 耗电量可忽略不计。重新开启时, 只需按动两次电源开关即可。

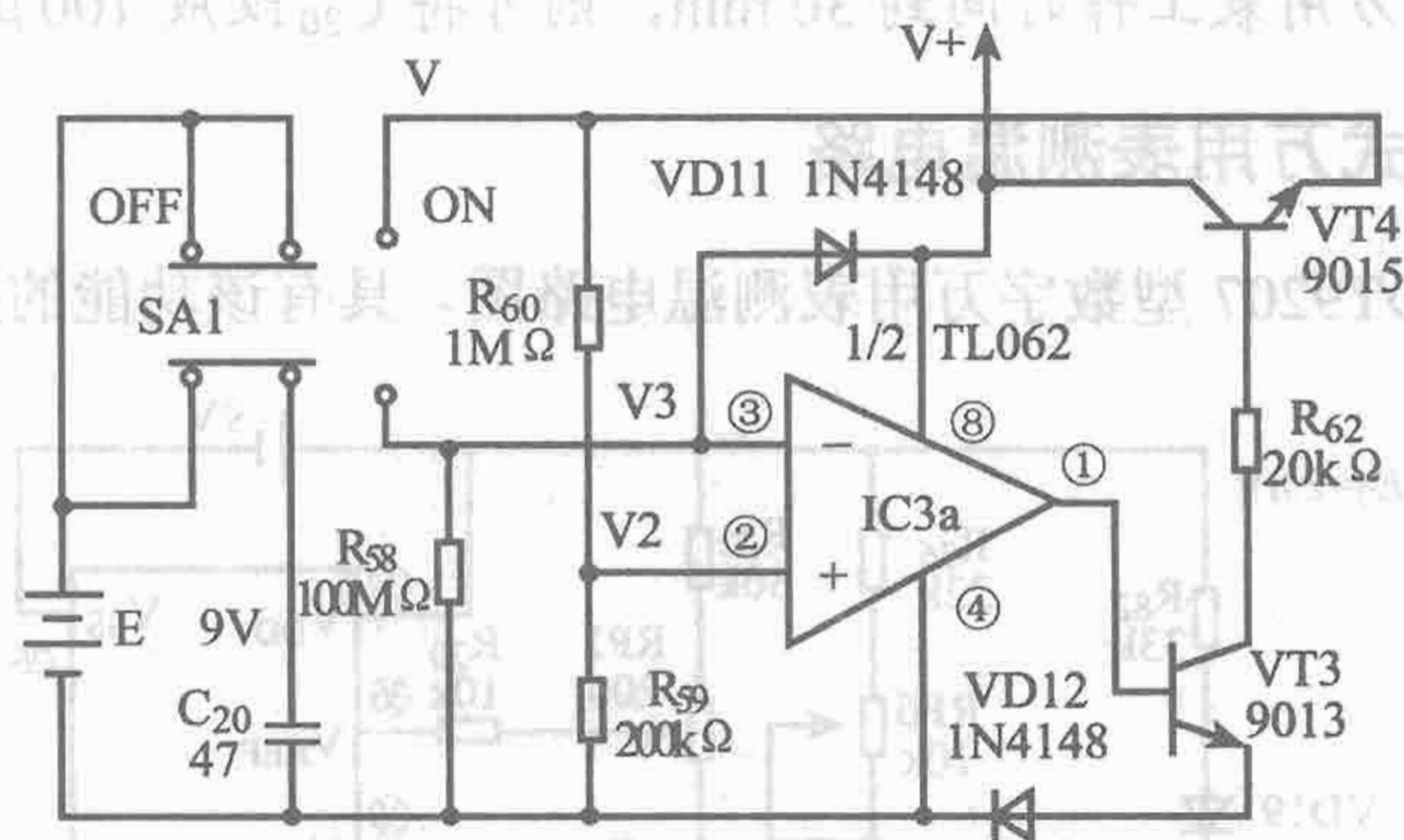


图 5-45 数字万用表自动关机电路

1. 识图指导

读识图 5-45 所示电路时, 主要应围绕运算放大器 IC3a 来看。运算放大器 IC3a (1/2TL062) 连接成比较电路, VT3 为推动管, VT4 起开关作用, 然后结合电容器 C_{20} 的充、放电过程和比较放大电路进行电压比较时的基本理论, 即可迅速读懂自动关机的工作原理。

2. 工作原理

图 5-45 所示电路的工作原理可从以下两个方面来进行分析说明。

(1) 开关 SA1 处于关位置

当开关 SA1 处于关 (OFF) 位置时, 9 V 电池通过触点 SA1 对电容 C₂₀ 进行充电, 使其两端电压等于 9V。

(2) 开关 SA1 处于通位置

当开关 SA1 拨至通 (ON) 位置时, 电容器 C₂₀ 正极经 SA1 下部闭合的触点加至 IC3a 的③脚, 电池 E 的正极经 SA1 上部闭合的触点: 一路加到 VT4 的发射极上; 另一路经 R₅₉ 与 R₆₀ 电阻器分压后, 加至 IC3a 的②脚 (即 V₂) 点上, 使该点电压为 1.5 V, 而③脚 (V₃ 点) 电位为电容器 C₂₀ 两端的 9 V 电压。

由于此时 V₃ > V₂, 故 IC3a 的①脚输出为高电平, 从而使 VT3、VT4 相继导通。当 VT4 导通后, 使万用表得电正常工作。

同时, 电容器 C₂₀ 又通过电阻器 R₅₈ 进行放电, 致使 V₃ 点的电压逐渐下降, 当该电压下降至 1.5V 以下时, 由于 V₃ < V₂, 故 IC3a 翻转, 其①脚转变为低电平, 从而使 VT3、VT4 相继截止。当 VT4 截止以后, 切断了万用表的 V+ 供电, 从而实现了自动关机功能。

自动关机电路供电时间为

$$t = 842 \text{ s} = 14 \text{ min}$$

调节 C₂₀ 和 R₅₈ 的数值, 即可调节自动关机的时间。

提示:

(1) 若自动关机时间变短, 则在确认 9 V 电池正常的情况下, 主要应检查 C₂₀ 的容量值是否变小。

(2) 若想延长万用表工作时间到 30 min, 则可将 C₂₀ 改成 100 μF/15 V 的钽电容器。

5.10.6 读识数字式万用表测温电路

图 5-46 所示是 DT9207 型数字万用表测温电路图。具有该功能的数字万用表, 其温度

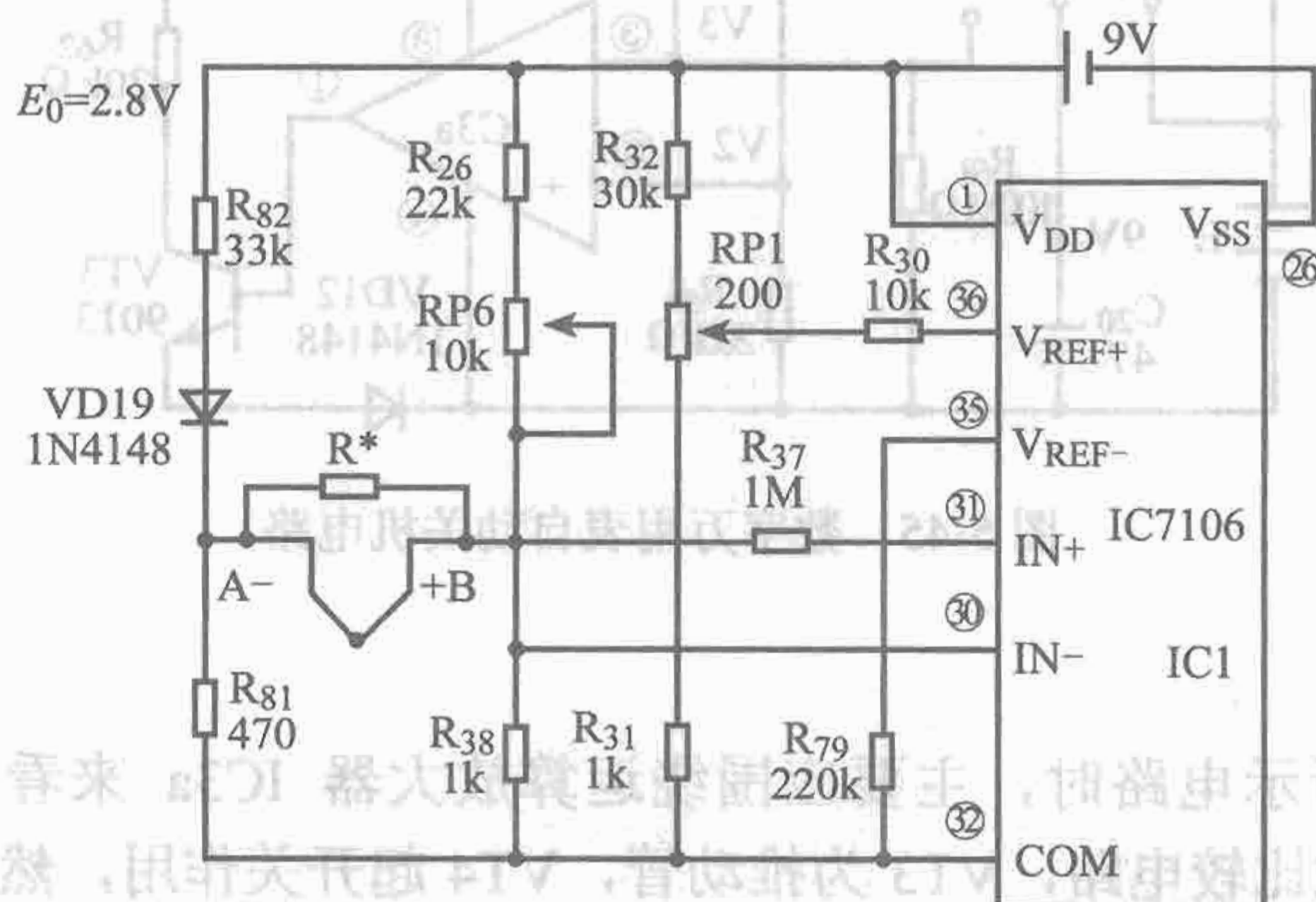


图 5-46 DT9207 型数字万用表测温电路

测量功能不仅在制冷维修中广泛使用，而且在日常检测电动机等电气设备的温度时也比用手估测准确，有了检测数据，便可使分析与检修有据可依。

1. 识图指导

读识图 5-46 所示电路时，应先知道热电偶的一些基本知识。热电偶是由两根成分不同，但具有一定热电特性的材料（热电极）焊接一端构成的。热电偶的焊接端称为工作端或热端，测温时将它插到测温部位，其温度为 t_1 ；另一端为自由端冷端，其温度为 t_2 。如果两端的温度不同 ($t_1 > t_2$)，则在回路中将产生热电动势，即可由指示仪表 M 显示出来，如图 5-47 所示。

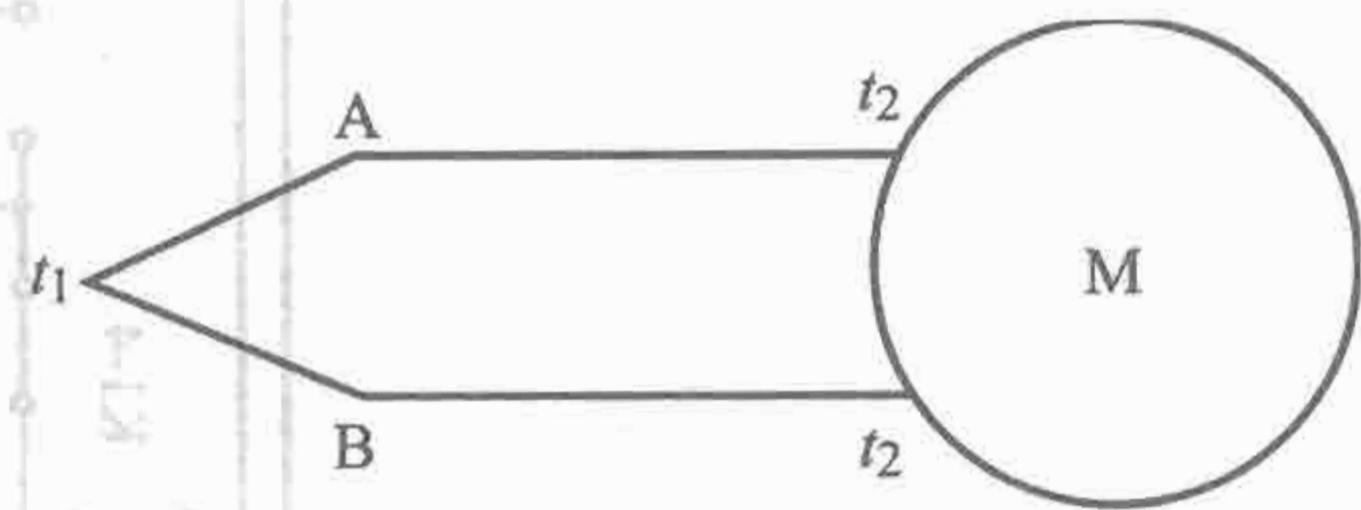


图 5-47 热电偶测温原理示意图

2. 工作原理

在图 5-46 所示电路中，IC1 (IC7106) 采用三位半单片双积分式 A/D (模拟/数字) 转换器。输入信号取自测温电桥，4 个桥臂分别由 R_{82} 、 R_{81} 、 R_{26} 、 R_{83} 组成。VD19 起到了半导体温度传感器的作用，对 K 型热电偶的冷端温度进行自动补偿，热电偶跨接在 A 与 B 两点之间，采用 K 型镍铬—镍铝或镍铬—镍硅 TP03 热电偶，测温范围为 $-50^{\circ}\text{C} \sim 1300^{\circ}\text{C}$ 。K 型热电偶产生的温差热电动势 e (mV) 与温差 ΔT (C) 成正比，如表 5-5 所列。

RP6 用于校准 0°C ，RP1 用于校准 100°C 。

表 5-5 K 型热电偶产生的温差热电动势 e 与温差 ΔT 之间的关系

温差 ΔT ($^{\circ}\text{C}$)	-20	0	20	100	300	700	1000
热电动势 e (mV)	-0.777	0	0.798	4.095	12.207	29.128	41.269

5.10.7 读识数字式万用表电容测量电路

图 5-48 所示是一种典型的数字万用表测量电容器电路图 (DT-890A 型数字万用表就采用该电路)。

1. 识图指导

大多数数字万用表具有测量电容器容量的功能，它的电路主要由 CMOS 定时基集成电路 IC7556 和外围阻容元器件组成。IC7556 中包含着两个完全相同的定时单元电路，每个单元又包含两个比较器、一个或非门组成的基本 R-S 触发器、3 个非门，以及一个 NMOS 放电管 VTD2、3 个 $100\text{ k}\Omega$ 分压电阻器 (这 3 只电阻器在 IC7556 的⑦脚与⑭脚内，两个定时单元公用。为了便于读图，故在 IC7556 的两个方框上均出现了⑦脚与⑭脚)。

2. 工作原理

在图 5-48 所示电路中，IC7556 的⑧~⑬脚与 R_{16} 、 R_{15} 、 C_{27} (C_{26}) 组成了多谐振荡器，它为电容与脉冲宽度的转换电路提供触发脉冲，此脉冲将决定转换周期。通常，数字万用表电容器测量共设置 2000 pF 、 20 nF 、 200 nF 、 $2\text{ }\mu\text{F}$ 、 $20\text{ }\mu\text{F}$ 五挡。电容器 C_{26} 的充电回路为

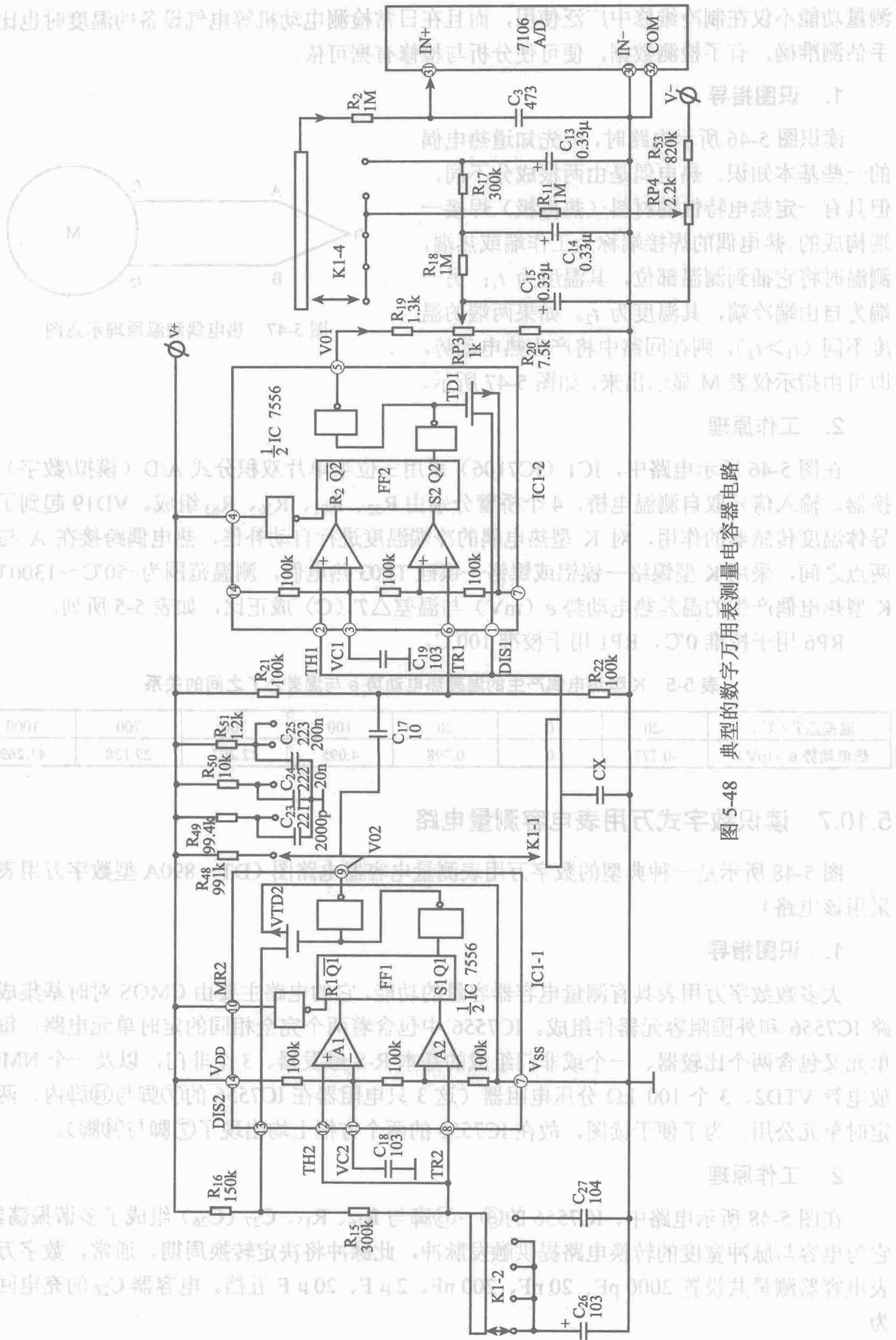


图 5-48 典型的数字万用表测量电容器电路

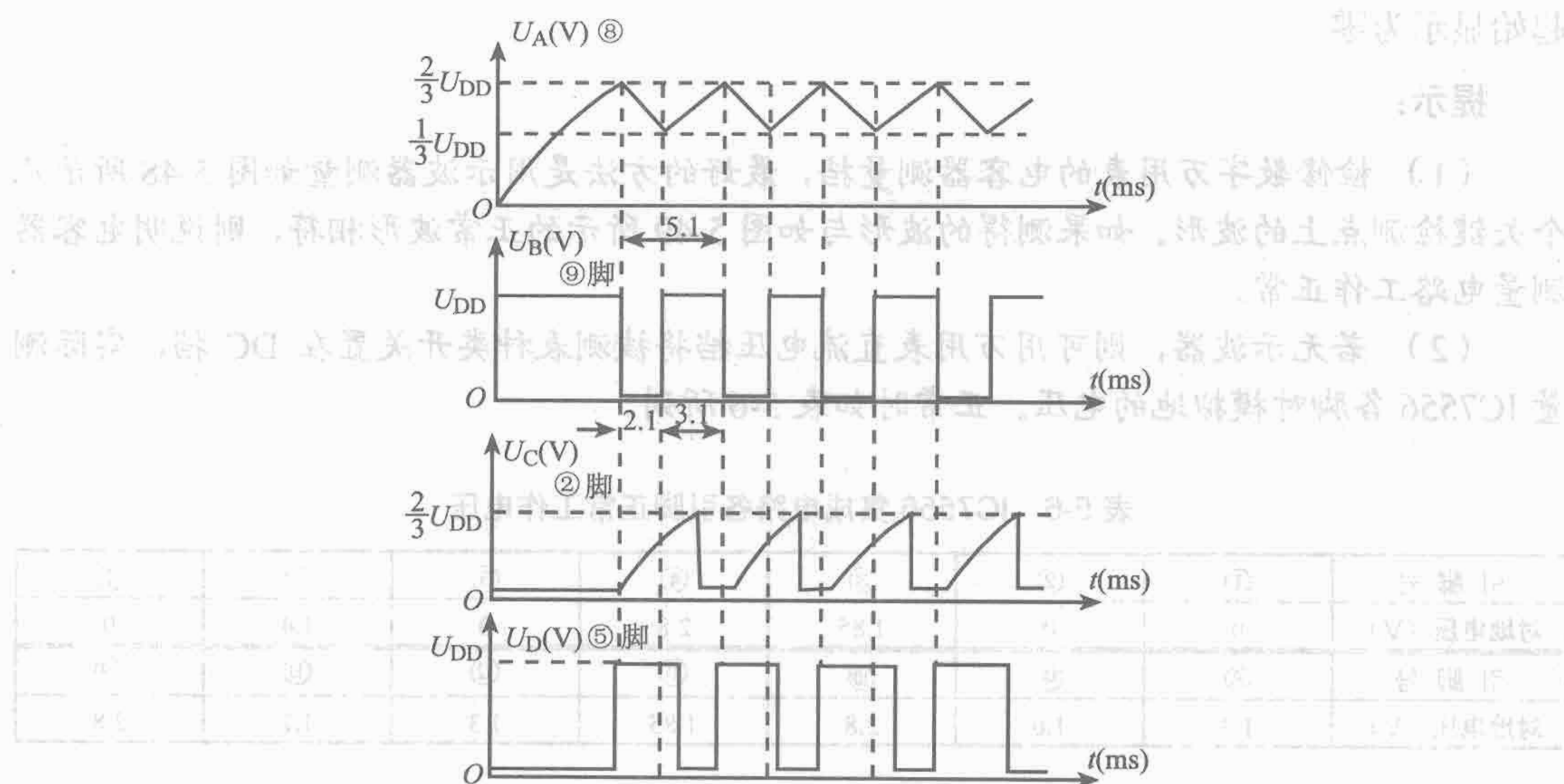


图 5-49 几个关键点上的波形示意图

基极 $V+ \rightarrow R_{16} \rightarrow IC7556$ 的⑬脚 $\rightarrow VTD2$ (IC1-1内) $\rightarrow MOU$ (V+) 脚由新鲜 V 8.5 电压
 由 IC7556 的②脚 $\leftarrow R_{15} \leftarrow C_{26} \leftarrow$ 模拟地

电容器 C_{26} 的放电回路为:

电容器 C_{26} 正极 $\rightarrow IC7556$ 的⑧脚

↓

$R_{15} \rightarrow IC7556$ 的⑬脚 $\rightarrow IC7556$ 内部 VTD2 放电管 $\rightarrow IC7556$ 的⑦脚 \rightarrow 模拟地。

图 5-49 所示画出了几个关键点上的波形示意图。波形是在 2000 pF 挡位上画出的。 U_{DD} 是指 V+ 到模拟地之间的电压降, 为 2.8 V。 C_{26} 充、放电波形为 U_A (即 IC7556 的⑧脚)。IC7556 的⑨脚输出波形为 U_B , 它通过 C_{17} 加到 IC1-2 的⑥脚触发端, 触发由另半只 IC7556

的①~⑥脚与 $R_{48} \sim R_{51}$ 及被测电容器 CX 由 0 V 充电到 $\frac{2}{3} U_{DD}$ 所需的时间。充电回路为

$V+ \rightarrow R_{48} \rightarrow IC7556$ 的①、②脚

↓

CX \rightarrow 模拟地

图 5-49 所示电路中, U_C (②脚) 表示待测电容 CX 上的波形, U_D (⑤脚) 表示输出波形, $C_{13} \sim C_{15}$ 及 R_{17} 、 R_{18} 可组成三级 RC 积分电路。把代表被测电容 CX 大小的脉冲宽度信号转换成直流电压, 输入到 IC7106 的 A/D 转换器输入端⑳脚, 通过 A/D 转换, 在液晶显示屏上以数字形式显示出被测电容的实际容量。

电容器测量中, R_{21} 、 R_{22} 分压电阻使 IC7556 的⑥脚分是 $1/2 U_{DD}$, 保证数字万用表不做电容器测量时, IC7556 的⑤脚输出为零。RP3 用于调节 RC 积分电路的输入脉冲幅度, 做满量程校准用。RP4 的数字万用表面板上的调零电位器, 以保证电容器测量在各挡位上

起始显示为零。

提示:

(1) 检修数字万用表的电容器测量挡,最好的方法是用示波器测量如图 5-48 所示几个关键检测点上的波形。如果测得的波形与如图 5-49 所示的正常波形相符,则说明电容器测量电路工作正常。

(2) 若无示波器,则可用万用表直流电压挡将被测表种类开关置于 DC 挡,实际测量 IC7556 各脚对模拟地的电压。正常时如表 5-6 所列。

表 5-6 IC7556 集成电路各引脚正常工作电压

引脚号	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
对地电压 (V)	0	0	1.85	2.8	0	1.4	0
引脚号	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭
对地电压 (V)	1.3	1.6	2.8	1.85	1.3	1.2	2.8

(3) 电容器测量电路故障,最常见的是被测电容器事先没有放电,就插入到电容器测试孔中,导致 IC7556 被击穿。一旦双时基集成电路被击穿,将使 IC7106 的 A/D 转换器中的 2.8 V 稳压电源 (V+与 COM 之间稳定电压) 短路,迫使 A/D 转换器 IC7106 中的基准电压等于 0 V。此时,故障现象为在各挡位上均显示“溢出”符号。若 IC7556 出现漏电 (轻微击穿),则将引起 2.8 V 稳压电源负载过重,将会造成 IC7106 中的 V_{REF} 基准电压不稳,出现各挡位上液晶显示屏数字乱跳现象。

重换 IC7556 时,应注意它是 CMOS 电路,焊接时,烙铁必须安全接地。

第6章 灯光照明和电气保护电路识图技巧

灯光照明和电气保护电路是工农业生产电气设备上和人们生活中不可缺少的两个分支电路。尤其是灯光照明，不仅用来作道路照明，工作照明，在电气设备上还经常用来作为灯光报警用。电气保护电路通常配合主电路（主线路）用来进行某些功能的保护。

6.1 读识声控照明灯电路

所谓声控照明灯，就是采用声音（如拍手声、敲击声、脚步声等）来对照明灯的工作进行控制。当接收到声音时使照明灯点亮，延迟一段时间时会自动熄灭。这类电路类型较多，下面介绍的是几种较典型的电路。

6.1.1 读识由 5G167 构成的声控多功能彩灯控制电路

图 6-1 所示是由 5G167 构成的声控多功能彩灯控制电路。该电路集声控彩灯、声控流速彩灯多种功能于一体，适合小型舞台及家庭使用。

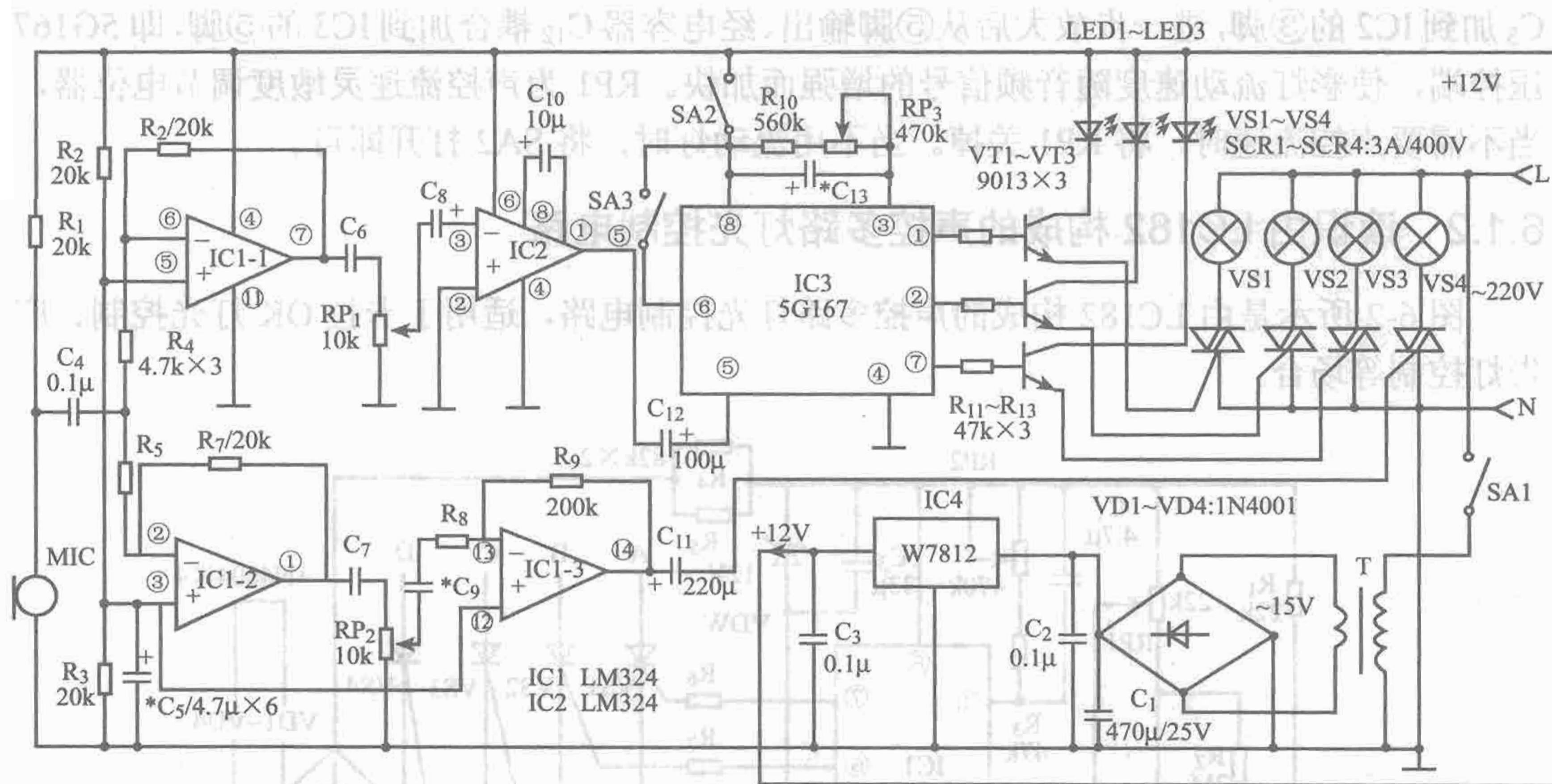


图 6-1 由 5G167 构成的声控多功能彩灯控制电路

1. 识图指导

图 6-1 所示电路由 3 部分组成，IC1-2、IC1-3 及 VS4 等组成声控闪烁彩灯电路；IC3、VT1~VT3 及 VS1~VS3 等组成流动彩灯电路，同时 IC3 还与 IC1-1、IC2 等组成声控变速流动彩灯电路；由变压器 T、VD1~VD4 及 IC4 (W7812) 等组成电源电路。

(1) 识图指导

图 6-2 所示电路主要是由声波接收放大电路 (MIC、C₁、VT1、RP1 等)、环形脉冲分配驱动器 (IC1 及其外围元件)、指示灯驱动电路 (VS1~VS4 等) 构成的。

(2) 工作原理

声控传感器 MIC 接收到的声波信号转换为电信号, 经 VT1 放大后送入 IC1 的⑤脚。

IC1 是一块环形脉冲分配器/驱动器, 内含整流放大器、压控振荡器、脉冲分配器及 4 个开路漏极输出级。其采用双列直插式 8 脚塑料封装, 各引脚功能说明如表 6-1 所列。

表 6-1 LC182 集成块各引脚功能说明

引脚号	功能说明	引脚号	功能说明
①	控制信号输出端 1	⑤	整流放大器信号输入端
②	控制信号输出端 2	⑥	控制信号输出端 3
③	压控振荡器外接阻容元件	⑦	控制信号输出端 4
④	电源负极端	⑧	正电源电压输入端 (9~18V)

IC1 得电后压控振荡器就会启振, 其振荡频率通过脉冲分配器使 4 个输出端⑦脚、⑥脚、①脚、②脚依次输出高电平信号, 通过 R₆~R₉ 加至 VS1~VS4 晶闸管的栅极, 使它们轮流导通, 从而使 4 路彩灯依次点亮。

4 路发光二极管的连接方式相同。图 6-3 所示是 4 路发光二极管连接图。其 A~D 与 H 和图 6-2 所示电路中的相应字母相连接。

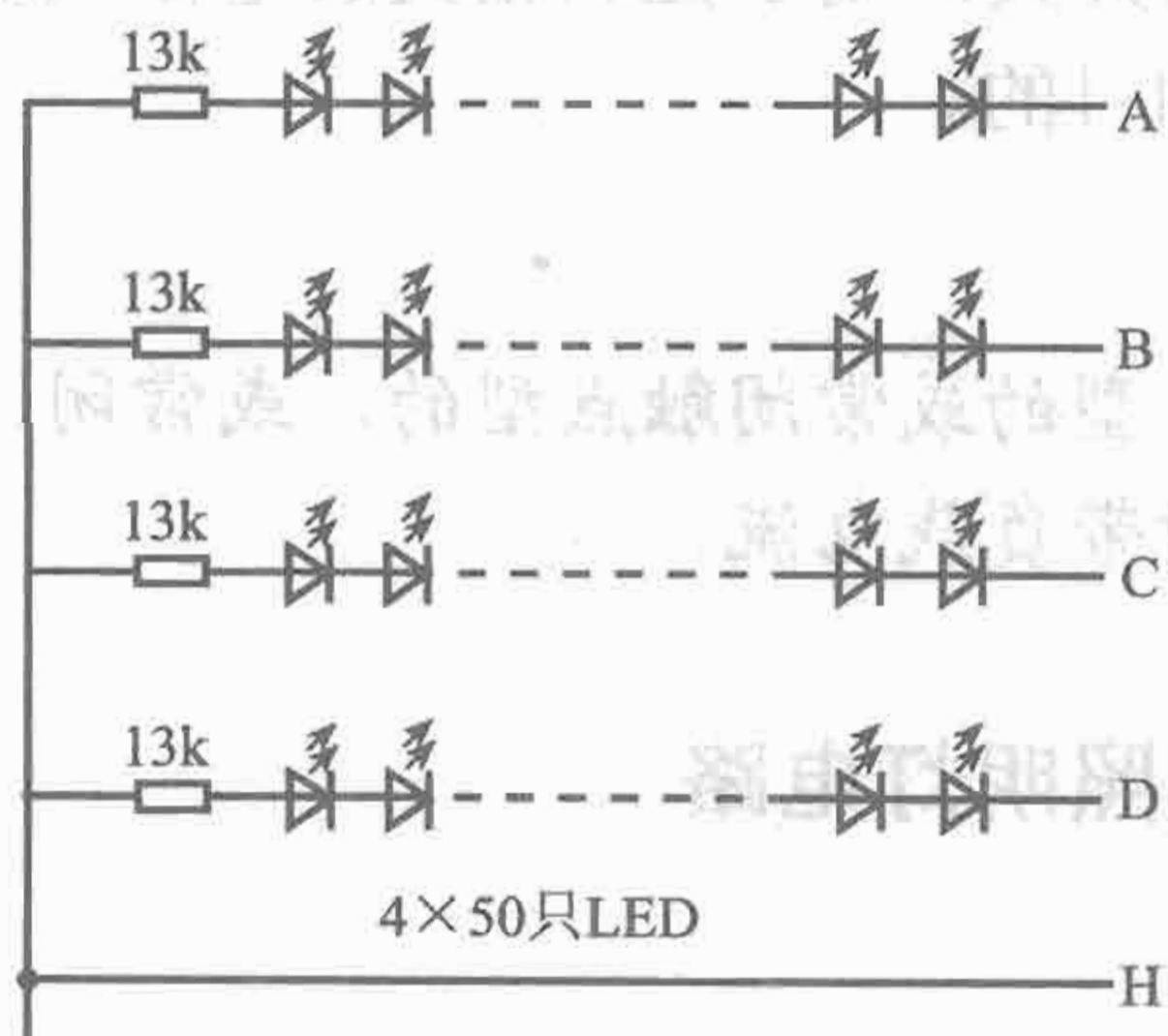


图 6-3 4 路发光二极管的连接图

6.1.3 读识时基式声控照明电路

1. 识图指导

图 6-4 所示是一种时基式声控照明电路, 当在该电路话筒 MIC 前一定距离内击掌或吹口哨等发出声响时, 可使继电器 KA1 触点动作, 实现开关控制的作用。

2. 工作原理

图 6-4 所示电路的工作原理可从以下两个方面来进行分析说明。

(1) 供电电路

220 V 交流电压经电源变压器 T₁ 变压从其次级输出 8 V 交流低压, 经 VD1~VD4 构成

的桥式整流电路整流、电容器 C_4 滤波，得到直流电压提供给声控开关电路作为工作电源。

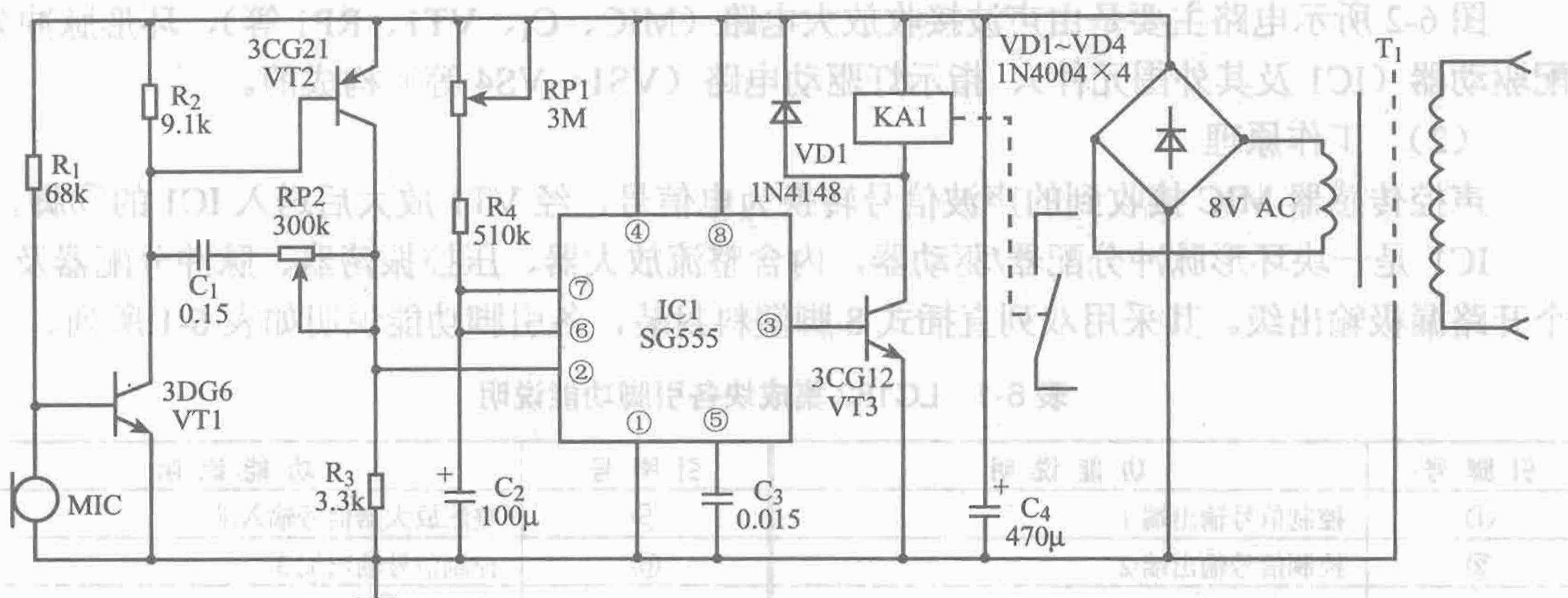


图 6-4 时基式声控照明电路

(2) 声控工作过程

当驻极体话筒 MIC 接收到外界的击掌声或其他声响后，将声音变为电信号后加到 VT1 的基极，该信号经 VT1 与 VT2 构成的两级放大电路放大以后，加到 IC1 (SG555) 时基集成块②脚，触发由 IC1 组成的单稳态电路工作，进而从其③脚输出高电平，该信号直接加到三极管 VT3 的基极，使该管饱和导通，从而使继电器 KA1 线圈中的电流通路形成而吸合。

继电器 KA1 的触点作为开关，用于控制相关的电器或设备的供电和线路的接通或断开，以此就达到了声控开关的目的。

提示：

可根据需要选用常开触点型的或常闭触点型的，或常闭、常开组合型的继电器 KA1，但应注意触点的容量应大于所带负载电流。

6.1.4 读识晶闸管式声控照明灯电路

1. 识图指导

图 6-5 所示是一种晶闸管式声控照明灯电路，该开关电路可以驱动各种灯光类负载，主要由两只单向晶闸管构成。

2. 工作原理

图 6-5 所示电路的工作原理可从以下两个方面来进行分析说明。

(1) 手动开关控制

当将手动开关 SA1 拨至“开”的位置时，灯泡 EL 点亮，同时 VD1~VD4 左边的电路进入工作状态，并通过 $R_6 \rightarrow VD_6 \rightarrow C_3 // R_4 \rightarrow R_5$ ，使 VS2 被触发导通，VD1~VD4 交流通路形成。

当将 SA1 开关拨至“断”的位置时，VD1~VD4 形成的交流通路使灯泡 EL 仍保持点亮状态。随着 C_3 充电电荷量的逐渐增加，使晶闸管 VS2 控制极电流逐渐减小，经过一段时间以后，VS2 截止，灯泡会自动熄灭。

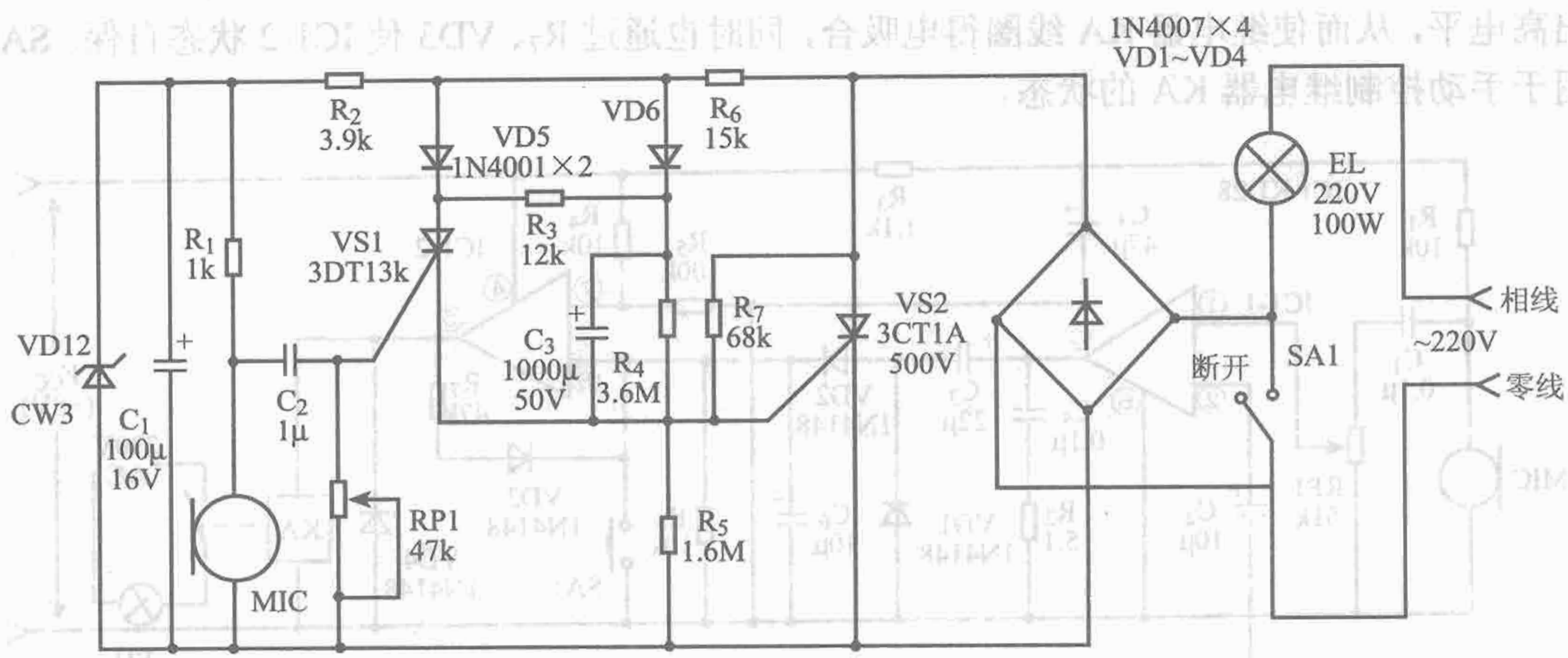


图 6-5 晶闸管式声控电子开关电路

(2) 声控开灯

在图 6-5 所示电路中， R_2 与 R_6 组成的分压器从 $VD1 \sim VD4$ 组成的整流电桥中取出 31 V 左右的电压，通过导通的 $VD5$ 加至单向晶闸管 $VS1$ 的阳极。同时， R_2 输出的电压还经 $R1$ 为 MIC 提供工作电源。 $C2$ 为耦合电容器，用于将话筒信号交流耦合至后级。稳压管 $VD12$ 是当话筒 MIC 回路出现开路故障时，用于限制加到电容器 $C1$ 上的过电压。

当灯泡熄灭以后，电容器 $C3$ 已经充好电，该电压约为 44 V (约为 31 V 电压的 $\sqrt{2}$ 倍)。

当有拍手声或讲话声等声波时，声波被 MIC 接收后，在受话器 MIC 的输出端便出现了一系列脉冲，第一个正脉冲便会使 $VS1$ 导通。从此时起，电容器 $C3$ 就通过电阻器 $R3$ 和导通的单向晶闸管 $VS1$ 进行放电，放电电流使 $VS1$ 保持导通约 10 s。

此时，在 $VS2$ 控制极回路中，经过 R_6 、 $VD5$ 和 $VS1$ 的是正弦脉动直流电压，可以将 $VS2$ 触发导通， EL 仍保持点亮。 $VD6$ 因电容器 $C3$ 上的电压极性与它反向而截止，所以，此时 $C3$ 不能充电，当 $C3$ 放电电流减小到不能维持 $VS1$ 导通时， $VS1$ 截止。此后，电容器 $C3$ 重新开始经电阻器 R_6 、 $VD6$ 、 R_5 进行充电，使 $VS2$ 仍保持导通，直至充电电流减小到使 $VS2$ 截止为止。

调整 $RP1$ 的阻值，可改变声控电路的接收灵敏度，当将其调至 47 k Ω 左右时，声控距离可达 1 m 左右。

6.1.5 读识双功率放大式声控照明灯电路

1. 识图指导

图 6-6 所示是一种双功率放大式声控照明灯电路，继电器 KA 的触点可作为开关对电气设备进行控制，该触点根据需要可使用常开触点、常闭触点，或常开、常闭双触点等。

2. 工作原理

$IC1-1$ 放大器对话筒 MIC 拾取的声音转换后的电信号进行放大，从③脚输出，经 C_5 、 $VD1$ 、 $VD2$ 组成的倍压整流电路，在 C_6 上得到的充电电压高于⑦脚电压，使 $IC1-2$ ⑤脚输

出高电平，从而使继电器 KA 线圈得电吸合，同时也通过 R₇、VD₃ 使 IC₁-2 状态自保。SA₁ 用于手动控制继电器 KA 的状态。

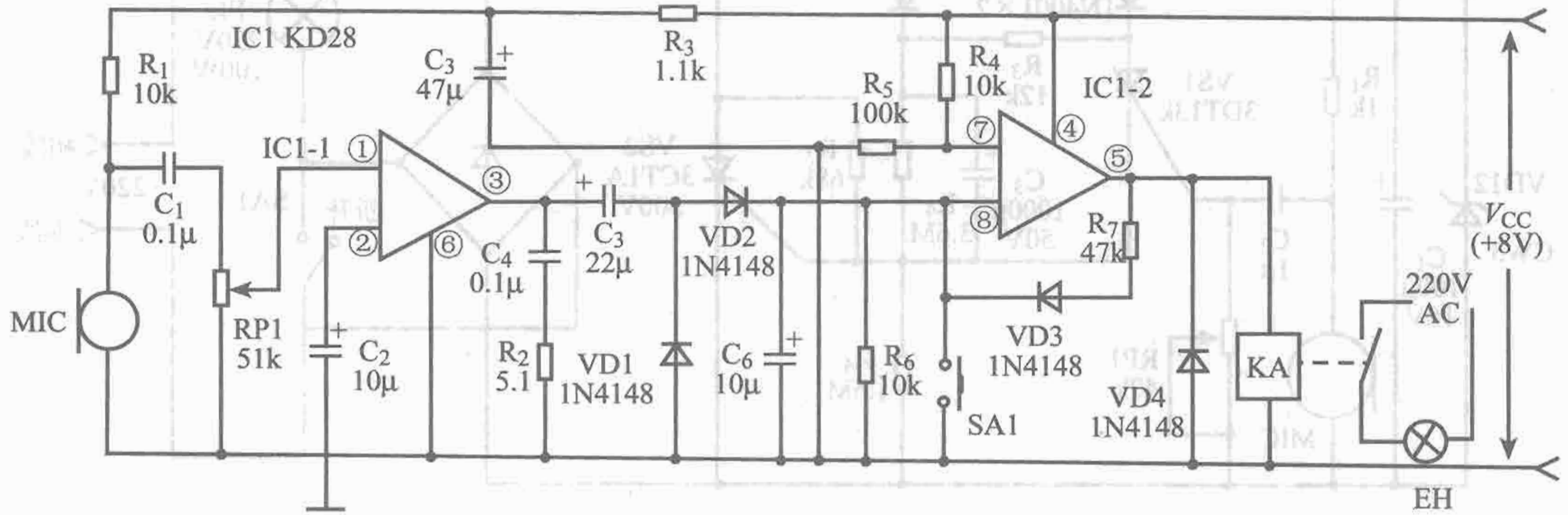


图 6-6 双功率放大式声控照明灯电路

6.2 读识光控照明灯电路

光控就是采用日照光来对照明灯的工作进行控制，无光时，照明灯可以进行相应的工作，有光照时照明灯状态不受控制。

6.2.1 读识时基电路 CB555 构成的光控调光灯电路

图 6-7 所示是由时基电路 CB555 构成的光控调光灯电路。该灯在黑暗环境中开灯时，灯光由暗渐亮缓慢变化，在较明亮的环境中开灯即亮，无渐亮过程。

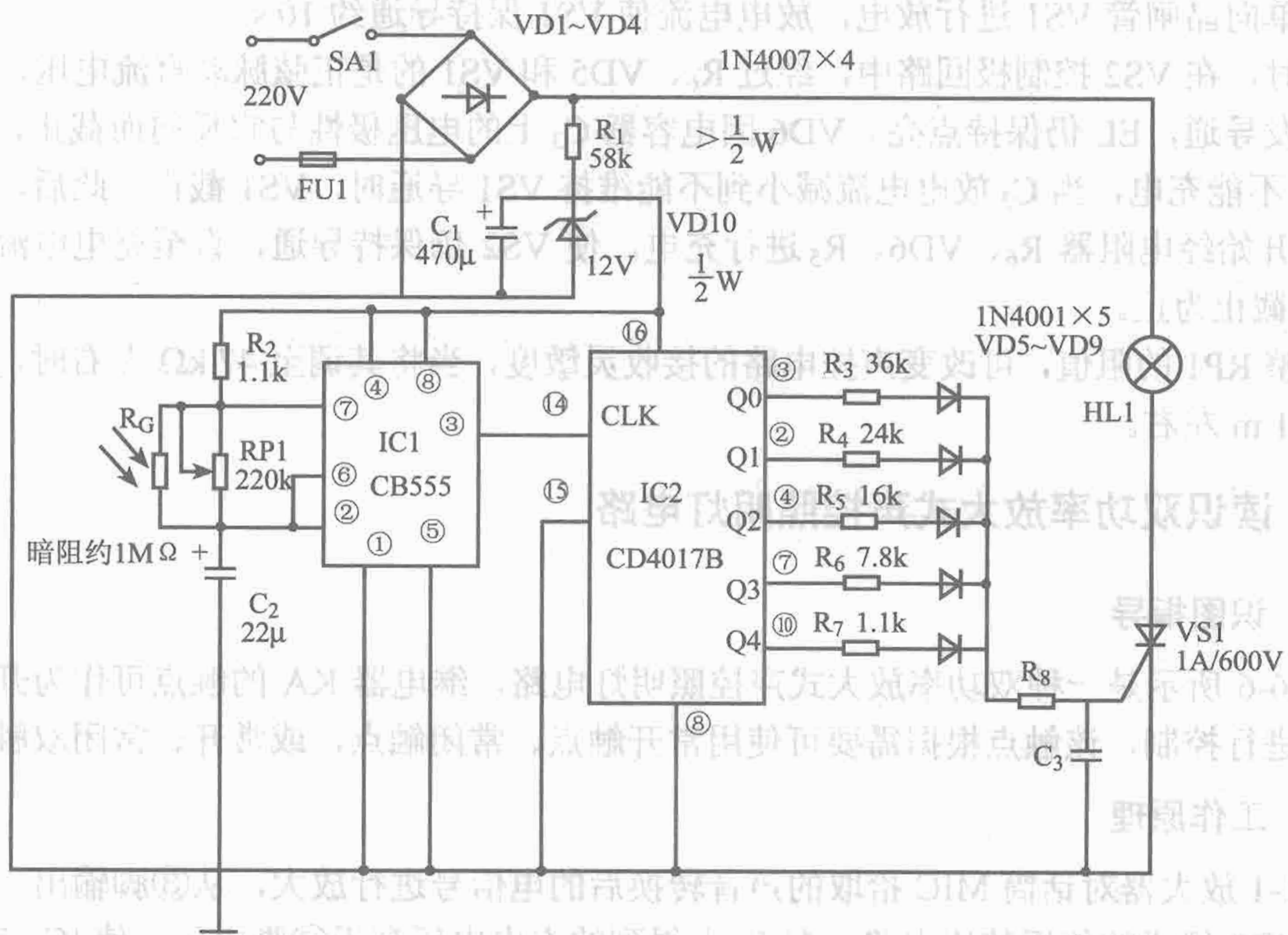


图 6-7 由 CB555 构成的光控调光灯电路

1. 识图指导

图 6-7 所示电路以 IC1 (CB555)、IC2 (CD4017B) 两块集成电路为主构成。IC1 构成了定时电路, 定时元件 RP1、 R_G 及电容器 C_2 的值决定其振荡频率。IC2 构成了十进制数计数电路, 计数脉冲来自于 IC1 ③脚。

单向晶闸管 VS1 受 IC2 的控制, IC2 则受 IC1 的控制, IC1 则受光敏电阻器 R_G 的控制。

2. 工作原理

图 6-7 所示电路的工作原理可从以下四个方面来进行分析说明。

(1) 供电电路

220 V 交流电路经电源开关 SA1 加到桥式整流电路整流, 得到的直流电压一路加到灯泡 HL1 上; 另一路经 R_1 降压、VD10 稳压、 C_1 滤波, 得到的 12V 直流电压给控制电路提供电源。

(2) 环境光较弱

R_G 为光敏电阻器, 光线弱时阻值大; 光线强时阻值小。定时电阻器 RP1 与 R_G 并联。当环境光线很弱时, IC1 的定时时间较长, 每隔数秒输出一个宽时限脉冲。该信号从其 ③脚输出, 加到 IC2 ⑭脚内。

IC2 接收到 IC1 送来的定时脉冲后, 将其依次计数。IC2 的计数输出端 ③、②、④、⑦、⑩脚分别与不同阻值的电阻器相连。当 IC1 输出的定时脉冲使 IC2 的计数输出端从 ③、②、④、⑦、⑩脚依次变化时, 就会使单向晶闸管 VS1 的触发电流也随之改变, 从而控制灯泡 HL1 以数秒改变一次亮度的方式进行调光。由于该调光过程较为缓慢, 故完全可以适应人们的视觉特点。当 IC2 的计数输出跃升到 ⑩脚端时, 其计数输出被锁定, 灯光被控制在该亮度上而不再变化。

(3) 环境光较强

当环境光线较强时, IC1 的定时时间较短, IC1 的 ③脚每秒输出 2~3 个定时脉冲, IC2 在 IC1 输出的定时脉冲触发下其计数输出不断改变, IC2 输出过程只需约 2 s 左右。因此, 该调光过程较为短暂。

(4) 不同光线下

光敏电阻器 R_G 在某一亮度下对应着相应的阻值, 在不同的环境光线下定时器 IC1 输出不同频率的脉冲, 且当光线由暗渐亮变化时, IC1 输出的脉冲频率也相应增大, IC2 的 5 个计数输出端 ③、②、④、⑦、⑩脚分别产生 5 种不同的触发电流, 以控制单向晶闸管 VS1 的导通电流, 从而控制灯泡产生 5 种不同的亮度等级。

在 IC1 的脉冲触发下, IC2 的计数输出从 ③、②、④、⑦、⑩脚依次跃升, 当计数高电平跃升到 ⑩脚时, IC2 的计数输出被锁定, 即使 IC1 不断输出触发脉冲, IC2 仍保持 ⑩脚输出不变, 直到电源开关断开, IC2 断电为止。

6.2.2 读识 LM339 构成的多功能光控照明灯电路

图 6-8 所示是由电压比较器 LM339 构成的多功能光控照明灯电路, 适用于工厂、学校、家庭等场所用来控制路灯等。

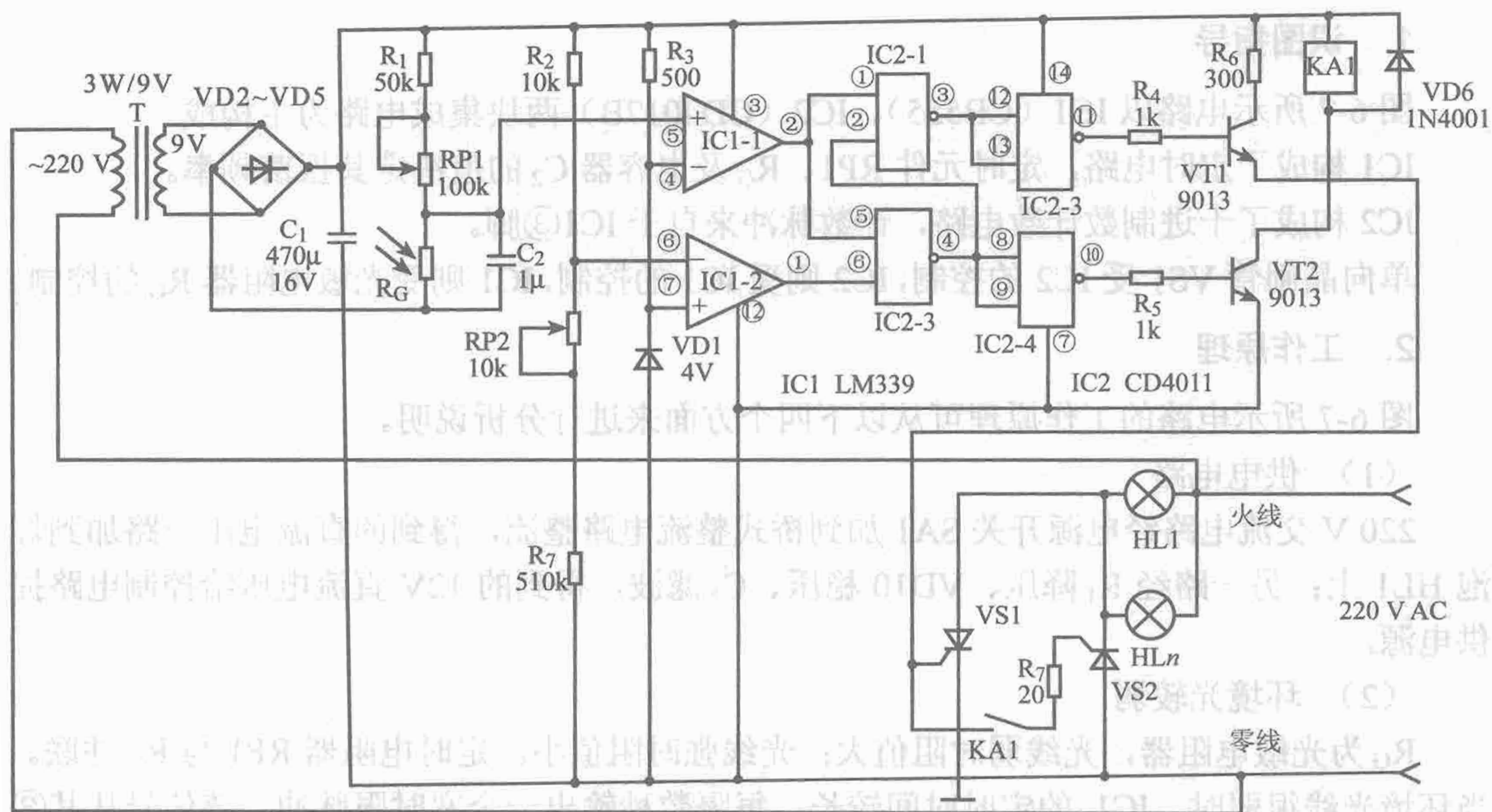


图 6-8 由 LM339 构成的多功能光控照明灯电路

1. 识图指导

图 6-8 所示电路以两块集成电路为主构成。其中，IC1 (LM339) 是一块四电压比较器，IC2 (CD4011) 是一块四 2 输入与非门集成电路；VS1 与 VS2 均是 20 A/400 V 的单向晶闸管（晶闸管的容量是根据灯泡功率而定的，应大于灯泡的功率）；KA1 是一只 9~12 V 的小型继电器； R_G 为光敏电阻传感器，受光后电阻值会变小。

2. 光控电路

光控电路由 R_1 、 RP_1 、 R_G 、IC1-1 等组成。

(1) 白天 R_G 受光电阻值变小，使 IC1-1②脚输出低电平，通过 IC2 使 VT1 与 VT2 均截止，VS1 和 VS2 也截止，灯泡 HL1~HLn（灯泡的数量根据需要确定）不会点亮。

(2) 晚上 R_G 无光照电阻值变大，使 IC1-1②脚输出高电平，解除了对 IC2-2 与 IC2-3 的封锁。

此时，可能有两种情况：

- 电网电压低于 220V

当交流电压低于 220 V 时， C_1 滤波后的直流电压将下降，经 R_2 、 RP_2 分压后加到 IC1 ⑥脚上的电压降低，其①脚输出高电平并加到 IC2-3 的⑥脚，IC2-3④脚输出低电平，经 IC2-4 反相后⑩脚输出高电平，使 VT2 导通，KA1 线圈得电吸合，其常开触点 KA1 闭合，VS1 与 VS2 均导通，灯泡会点亮。

- 电网电压高于 220V

当交流电压大于 220 V 时，IC1-2⑥脚上的电压上升。当该电压大于 4 V 时，IC1-2①脚输出低电平并加至 IC2-3⑥脚上，IC2-3④脚输出高电平，IC2-4⑩脚输出为低电平，使 VT2 截止，KA1 继电器线圈断电释放，其常开触点 KA1 不动作，VS2 截止。与此同时，

IC2-3④脚输出的高电平也加至 IC2-1 的②脚,使其③脚输出低电平,经 IC2-2 反相后从⑪脚输出高电平,经 R_4 使 VT1 导通,VS1 得到直流触发电压也导通。由于 VS1 导通,故路灯获得的是经半波整流后的脉冲直流电压,灯泡消耗功率减半,由此既可达到节能的目的,又可防止灯泡因夜里电网电压过高而烧坏。

6.2.3 读识受光控制的继电器式照明灯电路

1. 识图指导

图 6-9 所示是一种受光控制的继电器式照明灯电路,主要由光敏电阻器 R_G 、音频功率放大器 LM386 以及继电器 KA 等组成。

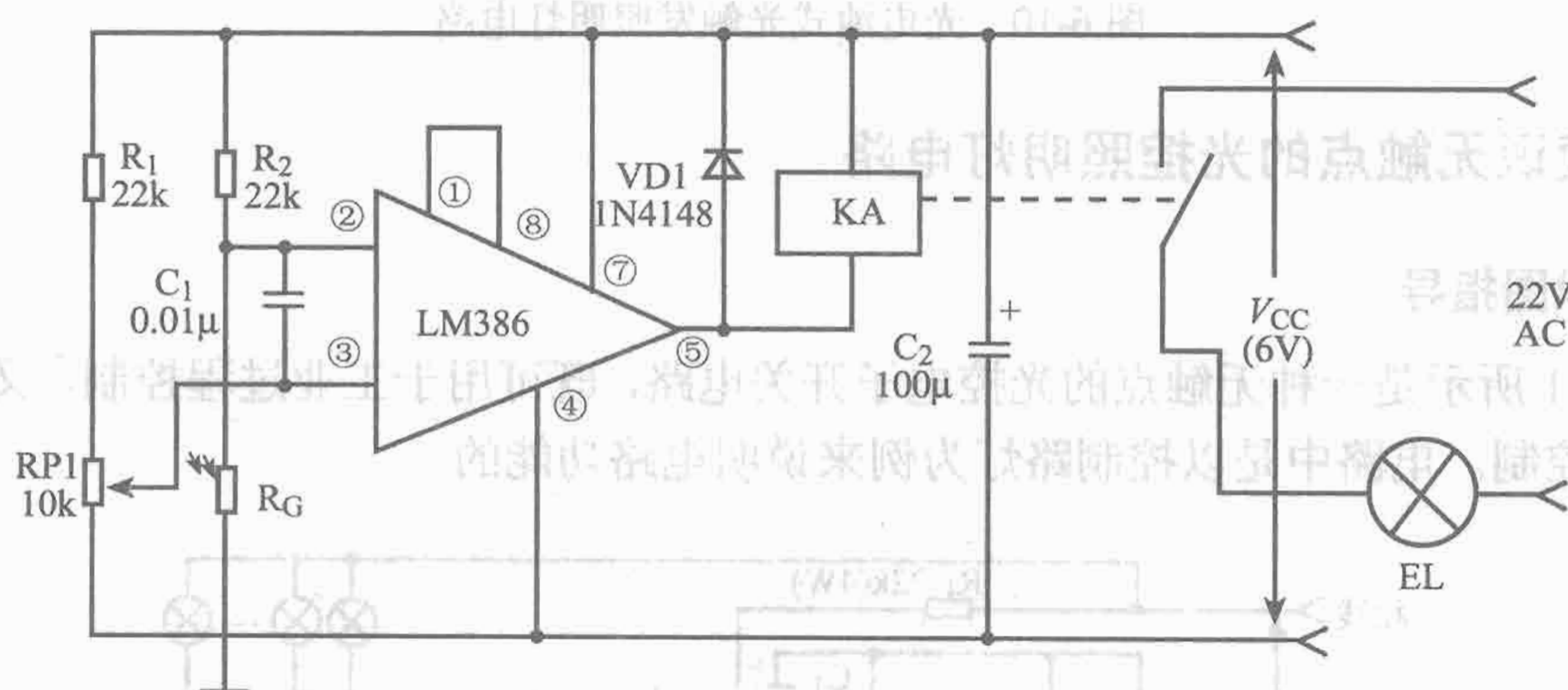


图 6-9 受光控制的继电器式照明灯电路

2. 工作原理

图 6-9 所示中的 R_1 、 R_2 、 $RP1$ 与光敏电阻器 R_G 共同构成了环境光检测电路。LM386 接成差动放大方式,调节 $RP1$ 的电阻值,产生的基准电压加到 LM386 的③脚。LM386 的①脚与⑧脚连接在一起是为了得到最大的直流放大增益,使灵敏度提高。

当外界照射到光敏电阻器 R_G 上的光线发生变化,引起输入电压变化时,LM386 的输出电流也发生变化,使继电器 KA 吸合,其触点开关就会动作。

6.2.4 读识光电池式光触发照明灯电路

1. 识图指导

图 6-10 所示是一种光电池式光触发电子开关电路,主要由 3 只晶体三极管、继电器 KA、光电池 2CR 等组成。

2. 工作原理

在图 6-10 所示电路中,两只晶体三极管 VT1 和 VT2 组成的触发器有两个稳定状态。当其中一只晶体管导通时,另一只晶体管则截止。硅光电池连接在 VT1 与 VT2 晶体管的基极偏置电路中,为这两只管子提供基流,故只要改变光照强度,硅光电池输出电压变化,就能使电路从一种状态转变为另一种状态,从而实现光控的目的。

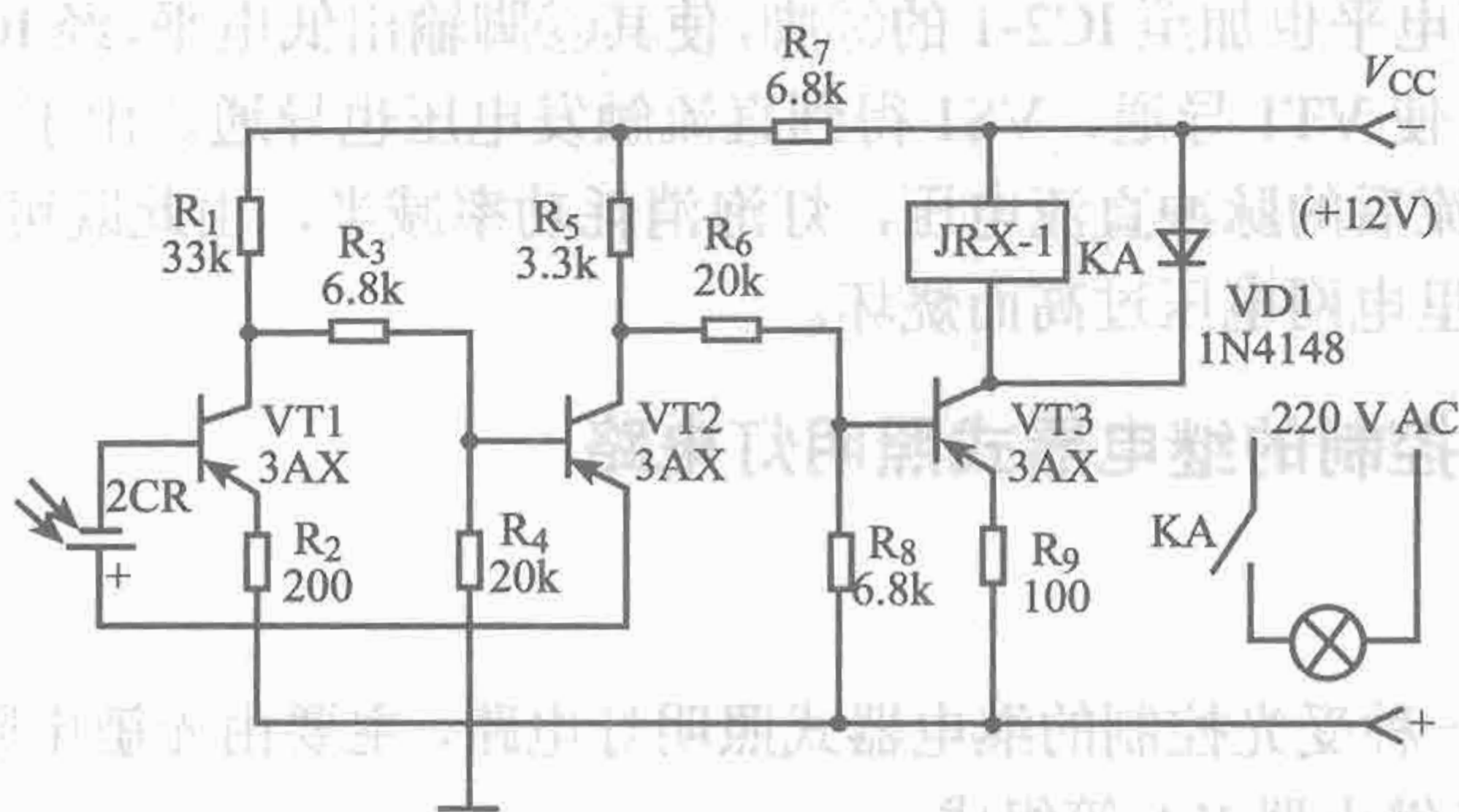


图 6-10 光电池式光触发照明灯电路

6.2.5 读识无触点的光控照明灯电路

1. 识图指导

图 6-11 所示是一种无触点的光控电子开关电路，既可用于工业过程控制，又可用于日用电器的控制。电路中是以控制路灯为例来说明电路功能的。

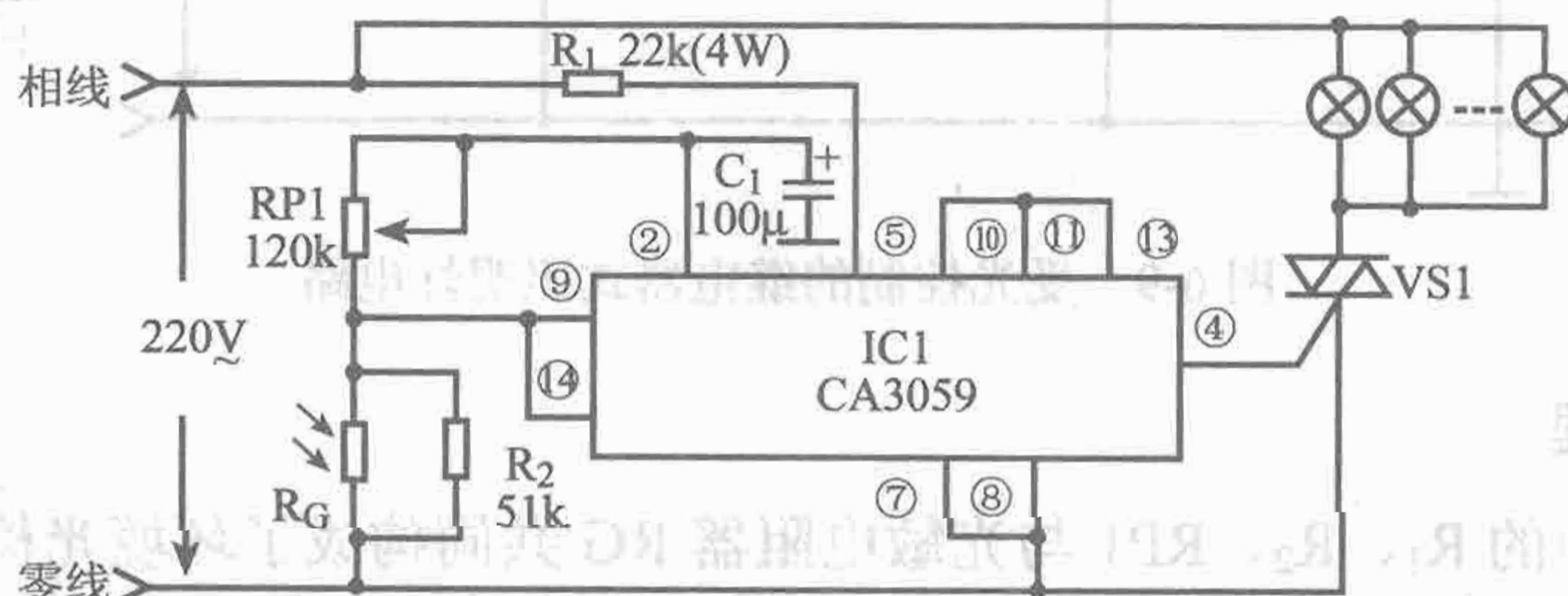


图 6-11 无触点的光控照明灯电路

2. 工作原理

在图 6-11 所示电路中，传感器采用光敏电阻器 R_G ， R_G 在受光照时电阻值会减小，无光照时电阻值会增大。这一变化的电阻器与 R_{P1} 共同构成 R_G 的分压电路，控制着 CA3059 (IC1) ⑨脚上的电位。在白天， R_G 受光照时电阻值变小，⑨脚电压大于⑬脚电压，使 IC1 ④脚输出低电平，双向晶闸管 VS1 不会导通，故灯泡不会点亮。

在晚上， R_G 无光照时电阻值变大，⑨脚电压小于⑬脚电压，使④脚输出高电平，触发双向晶闸管 VS1 导通，灯泡得电即可点亮。

在图 6-11 所示电路中， R_1 为交流电压降压电阻器； C_1 为滤波电容器，其耐压取 16 V。

提示：

IC1 的型号为 CA3059，是一块晶闸管式控制器集成块，它采用 14 脚双列直插式封装，其内电路方框图及外形如图 6-12 所示，各引脚功能如表 6-2 所示。

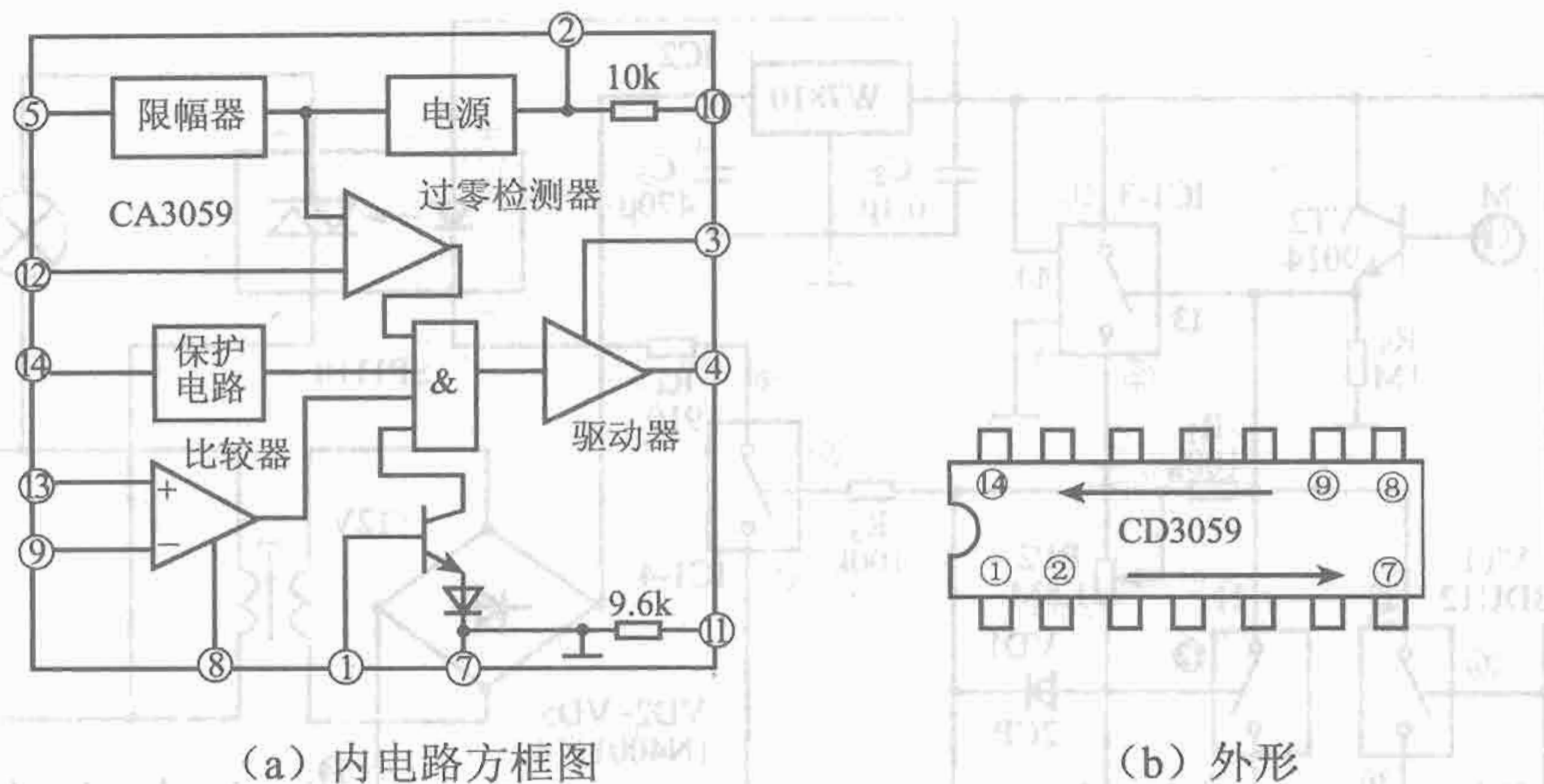


图 6-12 CA3059 集成块的内电路方框图及外形

表 6-2 A3059 引脚功能

引 脚	功 能 说 明	备 注
①	禁止输出控制端	加 1.4V 以上电压
②	直流供电时输入端, DC 输出	交流供电时, 此脚输出 6.5V 电压
③	增大触发电流	此脚与②脚相连
④	触发脉冲输出端	接可控硅控制端
⑤	交流电压输入端	需接降压电阻 RS
⑥	外部触发信号输入端	
⑦	地线	
⑧	比较器的地线	一般与⑦脚连接
⑨	比较器反相输入端	
⑩	与⑪脚连接形成分压器	
⑪	与⑩脚连接形成分压器	
⑫	直流输入或 400Hz 输入	交流电压输入时, 此脚空着
⑬	比较器同相输入端	
⑭	保护电路输入端	必须与⑨脚或⑬脚连接

6.2.6 读识 CD4066 式光控触摸自动延时照明灯电路

图 6-13 所示是由 CD4066 构成的光控触摸自动延时照明灯电路。该灯白天不起作用, 晚上只要用手触摸 M 触片, 就可使照明灯点亮, 延时一段时间后会自动熄灭。

1. 光控电路

光控电路由 VT1、RP1 与 IC1-1 组成。在白天, VT1 传感器受光照电阻值变小, 使 IC1-1 ⑥脚为高电平, 使其⑧脚与⑨脚内的电子开关等效接通, 使 VT2 的发射极等效接地, 从而封锁了触摸控制电路, 使其不起作用。

在晚上, 由于 VT1 无光照射, 其电阻值变大, 使 IC1-1 ⑥脚为低电平, 其⑧脚与⑨脚内的电子开关处于断开状态, 从而解除了对触摸电路的封锁。此时触摸 M 触片, 就可控制照明灯点亮。

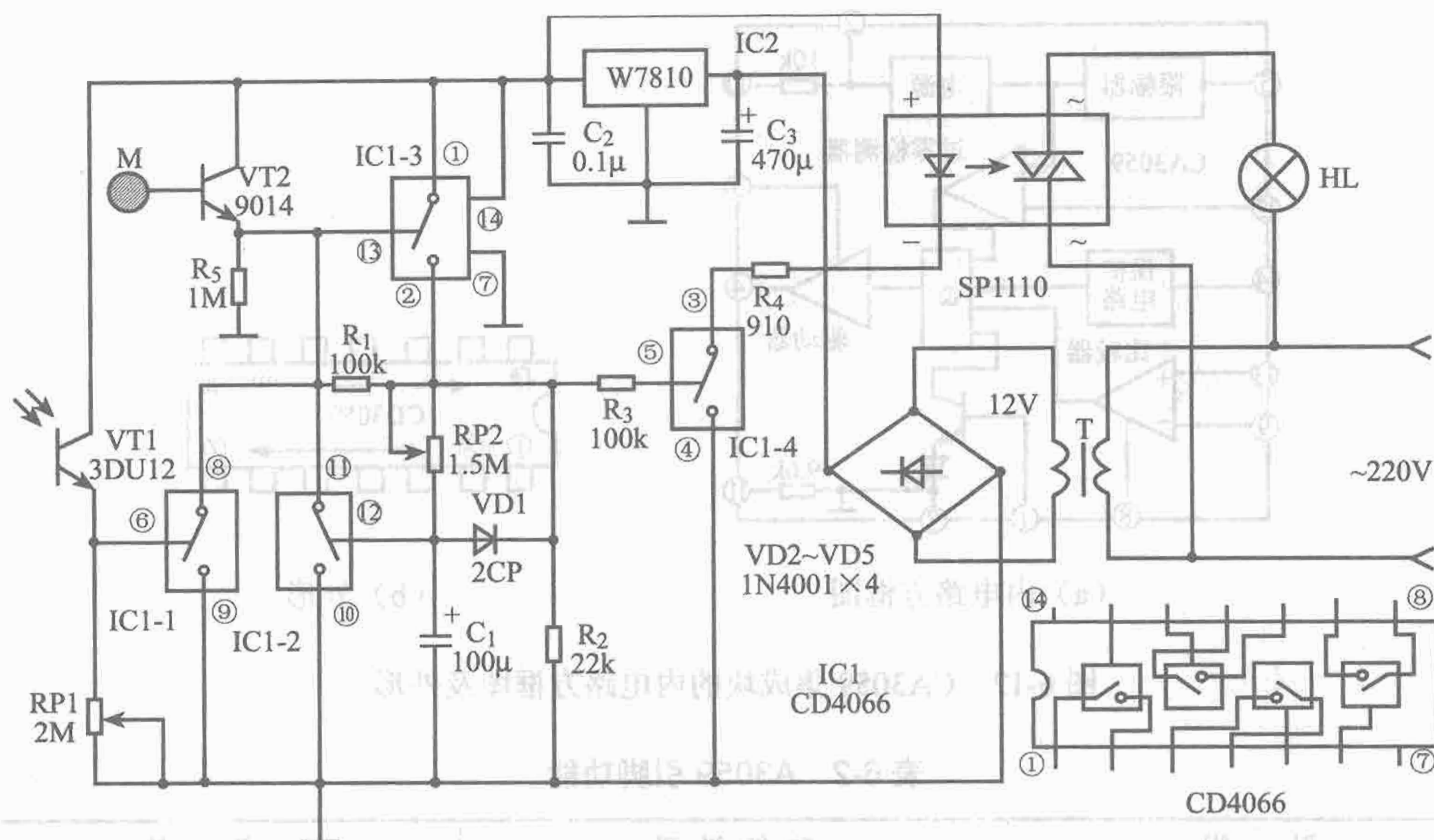


图 6-13 由 CD4066 构成的光控触摸自动延时照明灯电路

2. 触摸电路

图 6-13 所示电路中，RP2、C₁ 组成了延时电路；触片 M 与 VT2、R₅、IC1-3 组成触摸自锁开关电路；SP1110 固态继电器与 R₄、R₃、IC1-4 组成了照明灯控制电子开关；VD1 与 R₂ 与 C₁ 提供放电通路。

当触摸 M 时，VT2 导通，使 IC1-3 的⑬脚为高电平，其①脚与②脚内的电子开关等效接通后，使 IC1-4 的⑤脚为高电平，通过 IC1-4 使固态继电器控制其负载 HL 使其得电点亮。

同时，IC1-3 的②脚输出的高电平也通过 R₁ 使其自锁，又通过 RP2 对 C₁ 进行充电，经过一段时间后，由于 IC1-2 的⑫脚为高电平，又使 VT2 发射极为低电平而封锁了触摸电路，进而使 IC1-3、IC1-4 均断开，HL 自动熄灭。

6.3 读识声与光复合控制照明灯电路

6.3.1 读识 555 时基电路式声光控台灯电路

1. 识图指导

图 6-14 所示是由 555 时基电路构成的声光控台灯电路。该电路在白天不会点亮（即有声音时灯泡不会点亮），到了傍晚光线暗到一定程度时，如有拍手声、振动等声响时，灯泡就会自动点亮，延迟一段时间后会自动熄灭。另外，该电路还单独设置了一只手动开关，当闭合该开关时，就与其他台灯一样作为普通台灯使用。

2. 工作原理

图 6-14 所示电路的工作原理可从声控检测与处理电路、单稳态电路、光控电路、供电电路四个部分来进行分析说明。

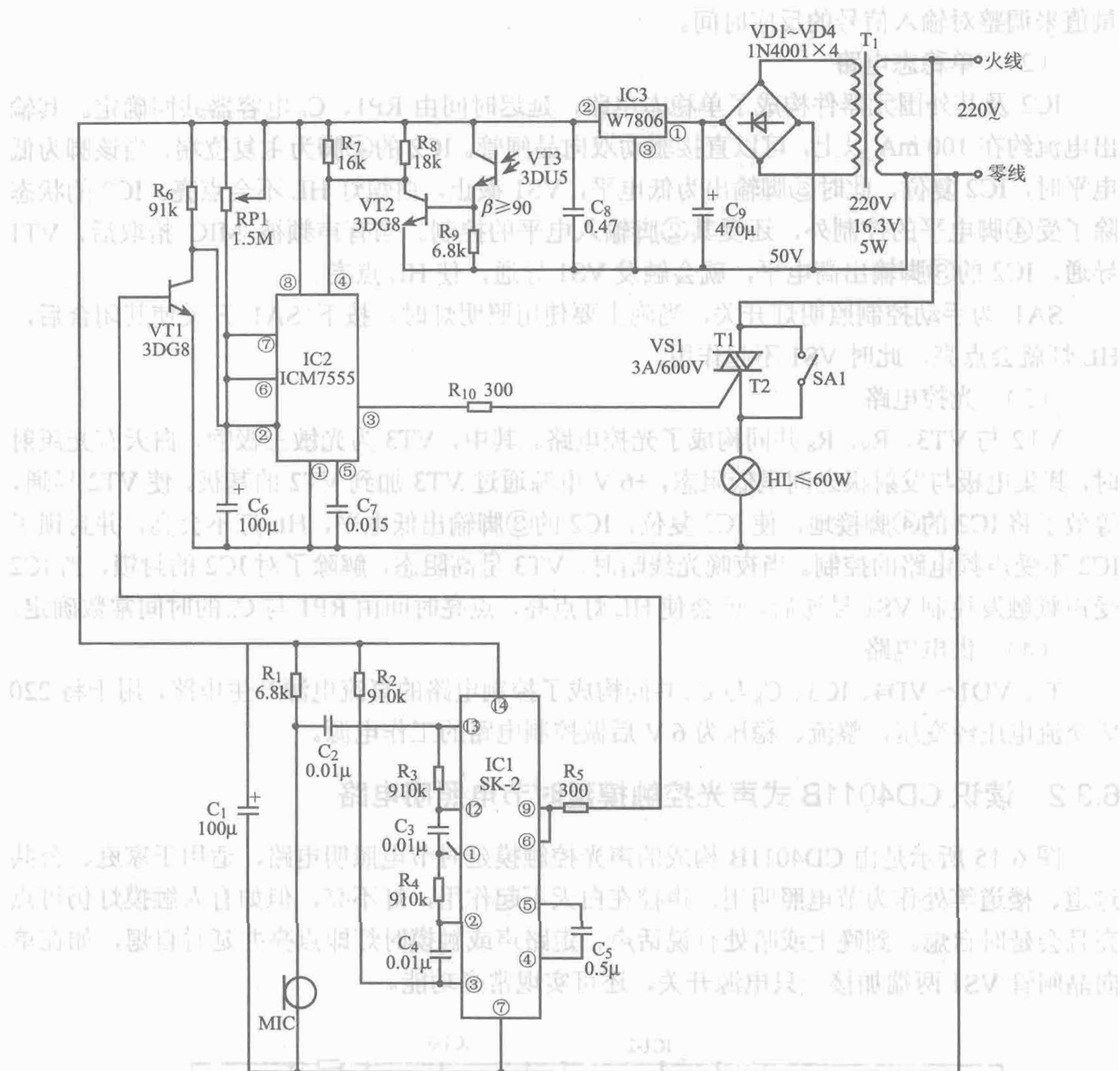


图 6-14 时基电路式声光控台灯电路

(1) 声控检测与处理电路

MIC 为驻极体话筒，用于拾取声频信号，并将拾取的信号转变为电信号后由 C_2 耦合，加到 IC1 的⑬脚内。 R_1 为 MIC 提供工作电源。

IC1 是一块声控专用集成电路，采用 14 脚扁平陶瓷封装方式，内含话筒放大电路、话筒信号延迟、整形、选频、触发电路及输出驱动、稳压电路等，用于对声频信号进行处理后，通过 VT1 去触发 IC2 的工作状态。

R_2 为 IC1 的③脚提供偏置电流。 R_3 与 R_4 是 IC1 内部放大器的反馈电阻器，用于设定放大器的增益，两者成正比例关系。

C_3 、 C_4 在电路中起耦合作用。当 IC1 无信号输入时，其⑨、⑥脚输出端为低电平，有信号输入时，⑨、⑥脚输出端为高电平。

C_5 为输入频率调整电容器，用于控制对输入信号的反应时间，通过调整该电容器的容

量值来调整对输入信号的反应时间。

(2) 单稳态电路

IC2 及其外围元器件构成了单稳态电路，延迟时间由 RP1、C₆ 电容器共同确定。其输出电流约在 100 mA 以上，可以直接驱动双向晶闸管。IC2 的④脚为主复位端，当该脚为低电平时，IC2 复位，此时③脚输出为低电平，VS1 截止，白炽灯 HL 不会点亮。IC2 的状态除了受④脚电平的控制外，还受其②脚输入电平的控制。当有声频被 MIC 拾取后，VT1 导通，IC2 的③脚输出高电平，就会触发 VS1 导通，使 HL 点亮。

SA1 为手动控制照明灯开关，当晚上要使用照明灯时，按下 SA1 开关使其闭合后，HL 灯就会点亮，此时 VS1 不起作用。

(3) 光控电路

VT2 与 VT3、R₉、R₈ 共同构成了光控电路。其中，VT3 为光敏三极管，白天有光照射时，其集电极与发射极之间呈低阻态，+6 V 电源通过 VT3 加到 VT2 的基极，使 VT2 导通，等效于将 IC2 的④脚接地，使 IC2 复位，IC2 的③脚输出低电平，HL 灯不会亮，并封锁了 IC2 不受声频电路的控制。当夜晚光线暗时，VT3 呈高阻态，解除了对 IC2 的封锁，当 IC2 受声频触发控制 VS1 导通后，就会使 HL 灯点亮，点亮时间由 RP1 与 C₆ 的时间常数确定。

(4) 供电电路

T₁、VD1~VD4、IC3、C₈ 与 C₉ 共同构成了控制电路的直流电源产生电路，用于将 220 V 交流电压经变压，整流、稳压为 6 V 后做控制电路的工作电源。

6.3.2 读识 CD4011B 式声光控触摸延时节电照明电路

图 6-15 所示是由 CD4011B 构成的声光控触摸延时节电照明电路，适用于家庭、公共过道、楼道等处作为节电照明用。声控在白天不起作用，灯不亮，但如有人触摸灯仍可点亮且会延时自熄。到晚上或暗处有说话声、走路声或触摸时灯即点亮并延时自熄，如在单向晶闸管 VS1 两端加接一只电源开关，还可实现常亮功能。

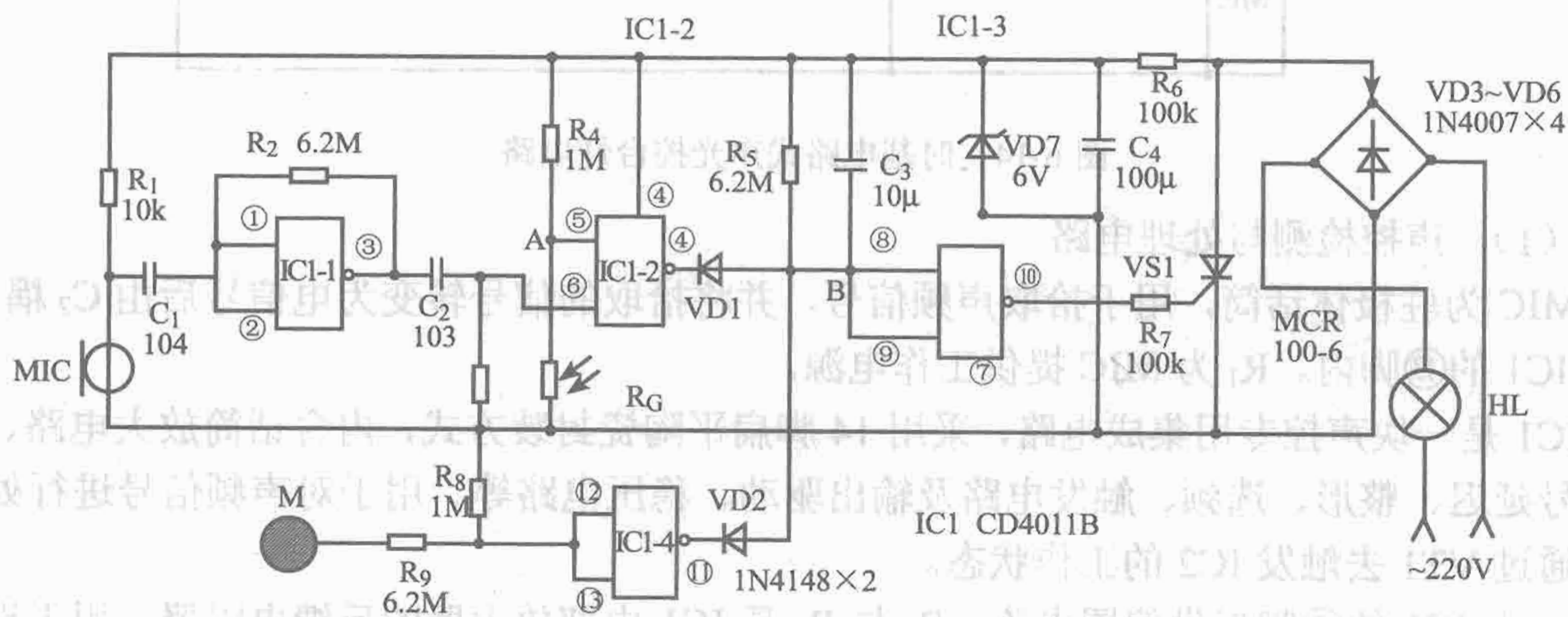


图 6-15 由 CD4011B 构成的声光控触摸延时节电照明电路

1. 识图指导

图 6-15 所示电路主要由声控传感器 MIC、光敏传感器 RG、2 输入端四与非门 IC1 (CD4011B)、

单向晶闸管 VS1 等组成。

2. 工作原理

通电后,图 6-15 所示电路处于守候状态,IC1-3⑩脚输出低电平,单向晶闸管 VS1 关断,照明灯 HL 不会点亮。

(1) 光控电路

IC1-1 与 IC1-2 为声、光控公用通道。白天光敏传感器 RG 受光阻值变小,使 IC1-2⑤脚为低电平,IC1-2 不工作,声音脉冲信号不能通过。

当环境光暗到一定程度且 RG 的阻值变大到经 R_4 与 RG 分压后的电压使 IC2 开通时,IC2 解除了封锁,声控电路就可起作用。

(2) 声控电路

声音通过 MIC 传感器转换成电压信号后,经 C_1 加到 IC1-1①脚与②脚上,IC1-1 放大后加到 IC1-2 的⑥脚,其④脚输出低电平,经 VD1 隔离二极管加到 IC1-3 的⑧脚与⑨脚上。由于 IC1-3 的两个输入端连接在一起仅起反相作用,故其⑩脚输出高电平,触发晶闸管 VS1 导通,HL 照明灯被点亮。同时,电容器 C_3 经电阻器 R_5 缓慢放电,从而使 IC3⑧脚和⑨脚上的电压逐渐升高,直到 IC1-3 翻转,其⑩脚恢复为低电平,晶闸管 VS1 关断,照明灯 HL 随之熄灭。

(3) 触摸电路

触摸电路由 IC1-4 为主构成,当触摸 M 点时,IC1-4⑪脚的输出由高电平变为低电平,使 VD2 导通,从而完成上述灯亮过程。这个过程不受光控电路的影响,任何时候都能触摸开灯,从而扩大了开关的使用范围。

提示:

改变 C_3 或 R_5 的值,可改变灯亮时间,按图 6-15 所示电路中数据灯亮延时大于 1min。调整 R_2 的值可调整声控灵敏度,调整 R_4 的值可改变光控的灵敏度。

6.3.3 读识 CC4011 式声光控照明灯自动控制电路

1. 识图指导

图 6-16 所示是由 2 输入端四与非门 CC4011 构成的声光控照明灯自动控制电路。该电路白天能自动控制电灯不会点亮,当光线暗到一定程度时,只要有说话声、脚步声、击掌声、开门声且声音大到一定程度时,均会使该照明灯自动点亮;当人走后延迟一段时间,又会使照明灯自动熄灭,由此可以节约电能,使用也十分方便。

2. 工作原理

图 6-16 所示电路的工作原理可从声控检测与放大电路、光控电路、与非门电路以及直流稳压电源电路四个部分来进行分析说明。

(1) 声控检测与放大电路

MIC 为驻极体话筒,用于拾取说话声、脚步声、击掌声、开门声等,并将检测到的声音信号转换为电信号后经 C_1 电容器耦合去放大电路。 R_1 是为驻极体话筒提供工作电压的电阻器,调节该电阻器的阻值,可以改变驻极体话筒 MIC 的接收灵敏度。

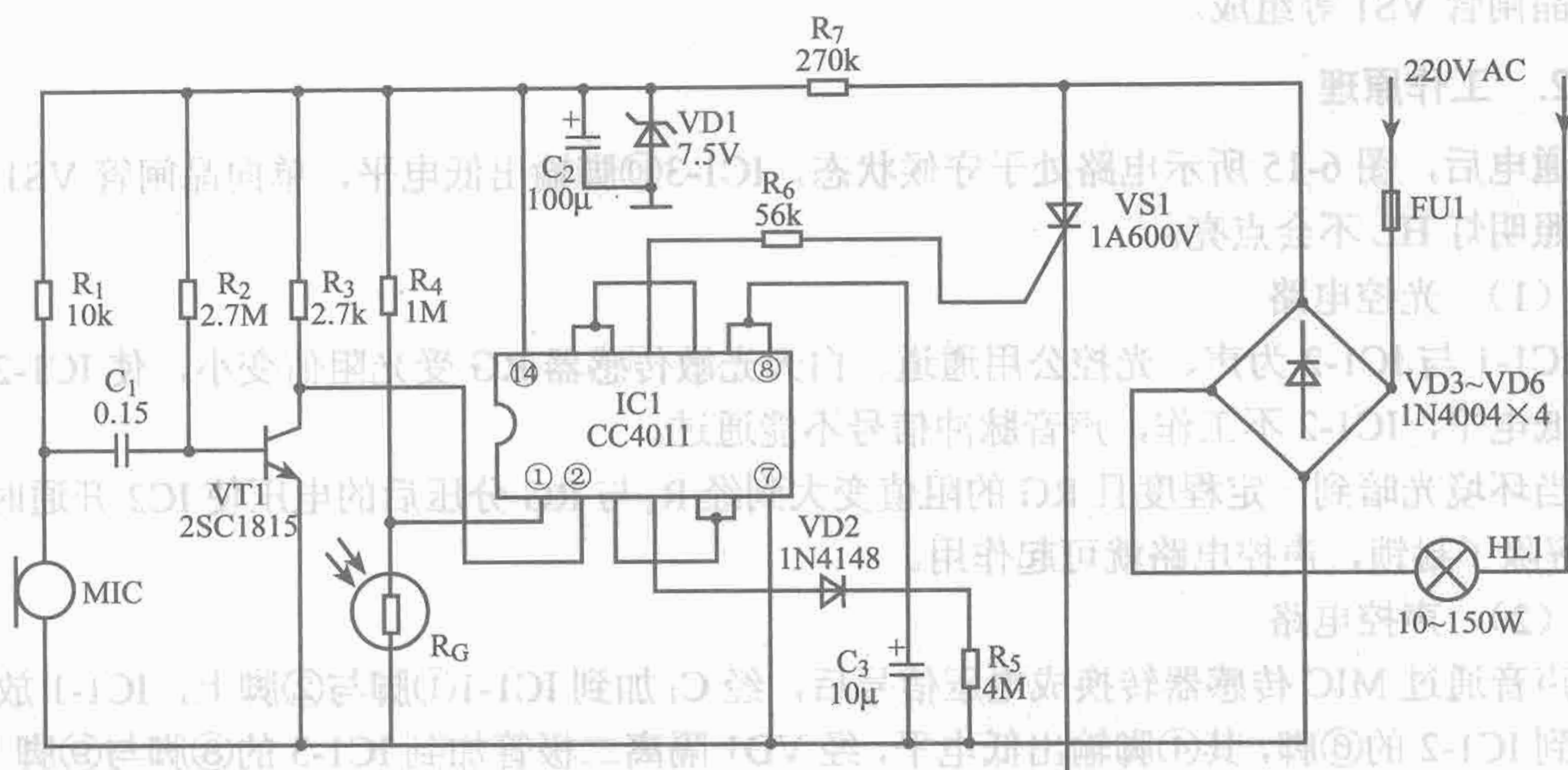


图 6-16 与非门式声光控照明电路

由 VT1、R₂、R₃ 共同构成了话筒信号放大电路。当话筒检测到外界的声响后，可将其转变为电信号。该信号经 C₁ 电容器耦合加到 VT1 的基极，经 VT1 放大后的信号从集电极输出加到 IC1 的②脚，当 IC1 获得触发信号后，就会输出触发信号使晶闸管 VS1 导通，照明灯泡 HL1 点亮，进行路灯照明。声控电路白天受光控电路的封锁不起作用。

(2) 光控电路

RG 是一只光敏电阻器，当有光照射时，电阻值变小；无光照射时，电阻值变大。RG 和 R₄ 电阻器一起构成照明灯的光控电路，可保证白天照明灯 HL1 不会点亮。其工作过程是：白天，由于光敏电阻器 RG 受光照的作用，电阻值变小，使 IC1 的①脚电位被拉得很低，此时 IC1 被封锁，使 MIC 话筒检测到有声音并通过 VT1 放大后加到 IC1 的②脚，IC1 也不会动作，故 VS1 不会导通，HL1 照明灯也不会点亮。夜晚，由于 RG 失去光照，电阻值变大，与 R₄ 分压后的电压加到 IC1 的①脚后，IC1 被解除封锁，声控电路就可通过 IC1 对照明灯进行控制。

(3) 与非门电路

IC1 是一块 2 输入端四与非门电路，在电路中与外围元器件共同构成的触发延时电路，受光控和声控电路的控制。白天受光控电路的控制处于封锁状态，晚上受声控电路的控制从其⑩脚输出触发信号使 VS1 导通，从而使 HL1 点亮，经 C₃、R₅ 延时一段时间后会自动熄灭。

(4) 直流稳压电源电路

由 C₂、VD1、R₇ 构成控制电路的稳压电路，用于将 VD3~VD6 整流桥送来的电压进行降压、滤波、稳压为 7.5 V 左右提供给控制电路。

6.3.4 读识延迟熄灭式光敏声控照明电路

1. 识图指导

图 6-17 所示是一种具有延迟熄灭功能的光敏声控照明电路，适用于控制灯光类负载，

该电路白天不起作用；在夜间有声音时，灯光受控点亮，点亮延时约为 10 s 后自动熄灭。

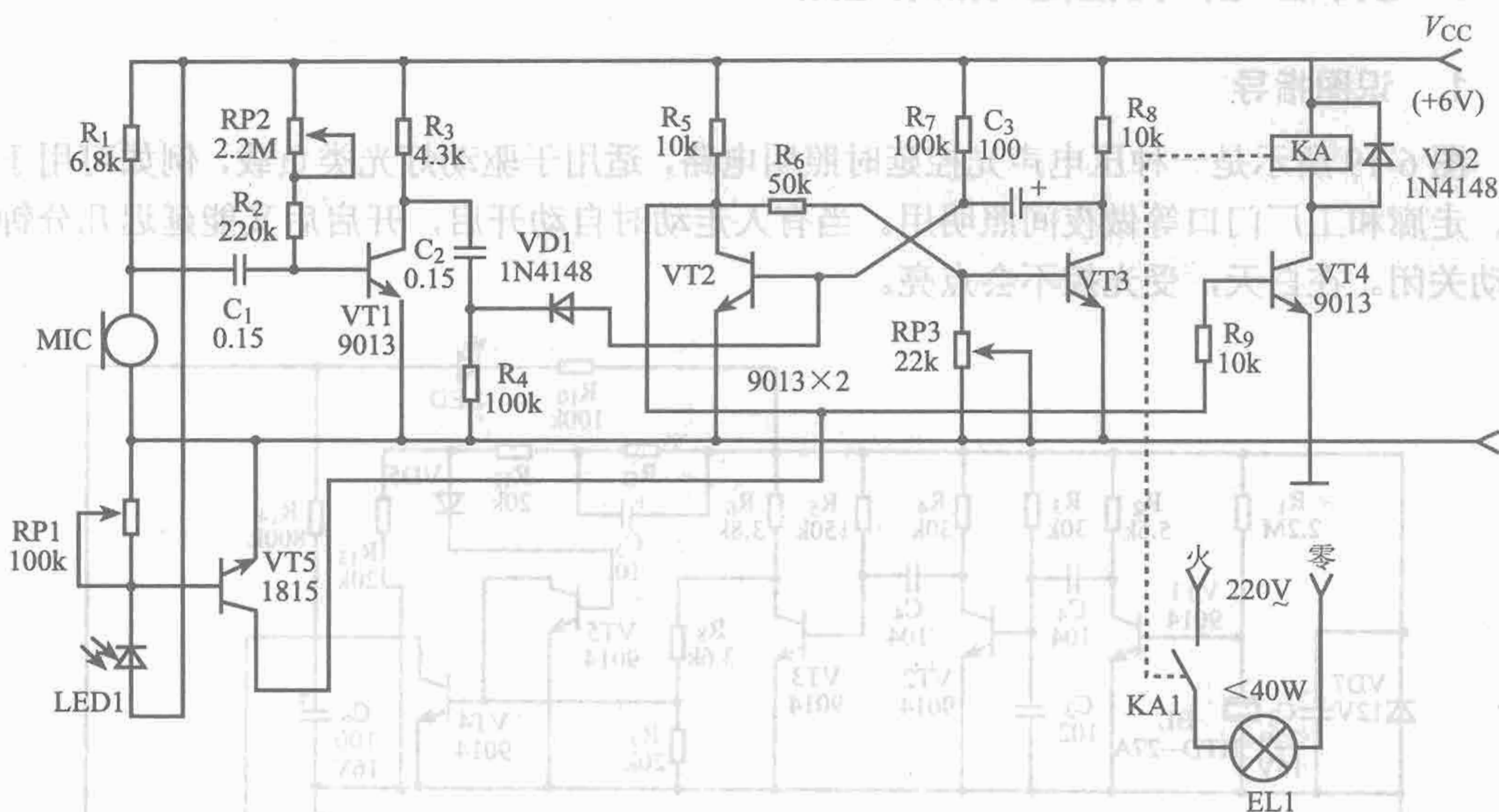


图 6-17 具有延迟熄灭功能的光敏声控照明电路

2. 工作原理

在图 6-17 所示电路中，VT1 等组成声控电路；VT2、VT3 组成单稳态电路；VT4 为驱动电路；VT5 组成光控电路；VT6 等组成 6 V 稳压电源电路，如图 6-18 所示。

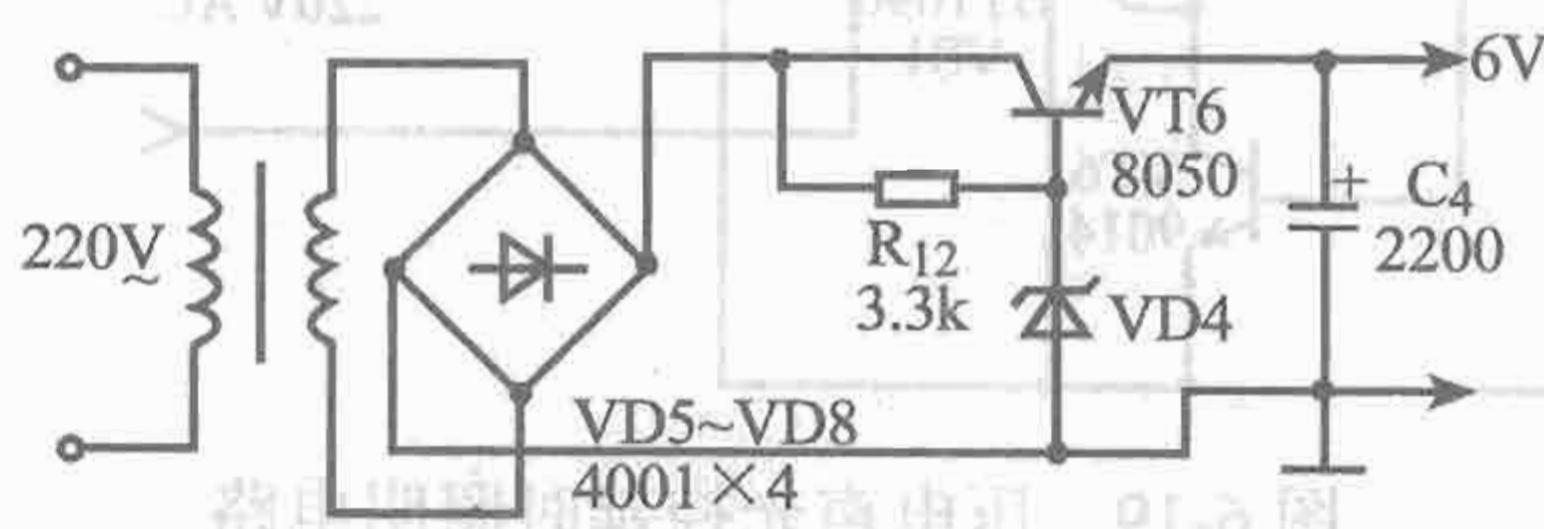


图 6-18 6V 稳压电源电路

(1) 声控电路

MIC 话筒在夜间接收到声音时，将其转换为电压后输出，经 C_1 加到 VT1 的基极，VT1 放大后的信号从集电极输出，经 C_2 、 R_4 微分后输出一个负脉冲，通过 VD1 加到 VT2 的基极，使 VT2、VT3 组成的单稳态电路翻转，VT2 截止，集电极输出高电平。该信号经 R_9 加到 VT4 的基极，使 VT4 导通，继电器 KA 线圈得电，触点 KA1 接通，电灯 EL1 点亮。10 s 以后，单稳态电路翻转，VT2 导通，VT4 截止，灯泡 EL1 熄灭。

(2) 光控电路

- 在夜间，由于光电二极管 LED1 无光照射，故其电阻值很大，使 VT5 的 $U_{BE} < 0.7V$ 而截止，VT5 对 VT2 输出的高电压不起作用；
- 在白天：由于 LED1 的电阻值变小，VT5 的 $U_{BE} > 0.7V$ 而导通，VT2 的集电极电位被 VT5 钳位在 0V，故 VT4 得不到触发电压而不通，电灯 EL1 也不亮。RP2 用来调节电路灵敏度，RP1 用来调整光控起控灵敏度。

6.3.5 读识压电声光控延时照明电路

1. 识图指导

图 6-19 所示是一种压电声光控延时照明电路，适用于驱动灯光类负载，例如可用于楼道、走廊和工厂门口等做夜间照明用。当有人走动时自动开启，开启后又能延迟几分钟后自动关闭。在白天，受光控不会点亮。

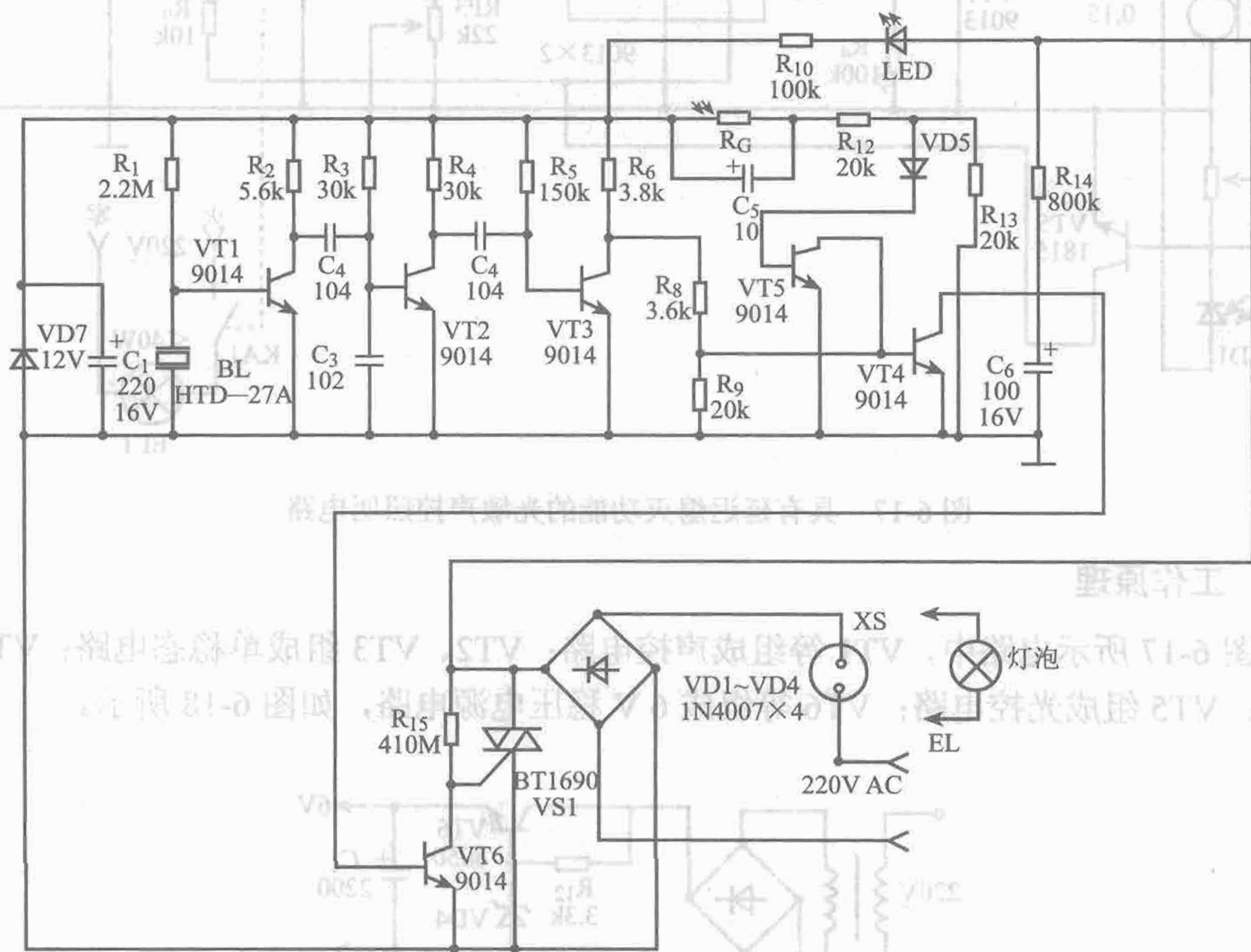


图 6-19 压电声光控延时照明电路

2. 工作原理

在图 6-19 所示电路中，压电陶瓷片 HTD-27A 型传感器与 VT1~VT3 共同组成了声控电路；光敏电阻 RG 与 VT5、VD5 等组成了光控电路。

(1) 声控传感器和放大电路

压电陶瓷片 HTD-27A 的外径为 $\Phi 27$ mm，该传感器是声、光电开关的重要器件。当有人在它附近走动产生声波（响声）时，它会吧声波变成音频信号，该信号经 VT1~VT3 放大以后，从 VT3 的集电极输出，再经电阻器 R₈ 与 R₉ 分压后加到 VT4 的基极。

(2) 光控电路

光控电路由光敏电阻器 RG、VT5、R₁₂、R₁₃、VD5 等组成。

- 在白天：光敏电阻器因有阳光照射，其自身阻值很低（亮电阻值约为 5k Ω ），此时电源电流经光敏电阻器 RG→R₁₂→VD5→VT5 的基极，使 VT5 正偏导通，集电极为低电平，VT4 的基极为低电平截止，集电极为高电平，导致 VT6 导通（不考虑电容器 C₆ 的动态过程），则双向晶闸管的控制极处于低电平也不会导通，故灯泡

EL 不会点亮。

- 在夜间：由于光敏电阻器失去了光照，其暗电阻值（约 $5\text{ M}\Omega$ ）很大，VT5 得不到足够的基极电流而截止，失去了对 VT4 的控制作用。

(3) 驱动电路

VT4 以后的电路即为驱动电路。白天受光控使 VS1 处于截止状态。晚上，若照明灯附近有人走动，VT4 受控导通，电容器 C_6 上的储能立即通过 VT4 放电，VT6 因 C_6 放电，其基极因变为低电平而截止，集电极变为高电平，双向晶闸管 VS1 触发导通，照明灯 EL 点亮。

(4) 照明灯接通和延时

由上分析可见，当 EL 点亮后，电源又通过 R_{14} 向 C_6 缓慢充电，因充电时间常数很大，2~3 min 后， C_6 充得的电压使 VT6 饱和导通，其集电极又处于低电平，VS1 截止，灯泡 EL 熄灭。

6.3.6 读识 TC4011BP 式光声控照明电路

图 6-20 所示是由 TC4011BP 构成的光声控照明电路，适用于报警、照明灯等控制。

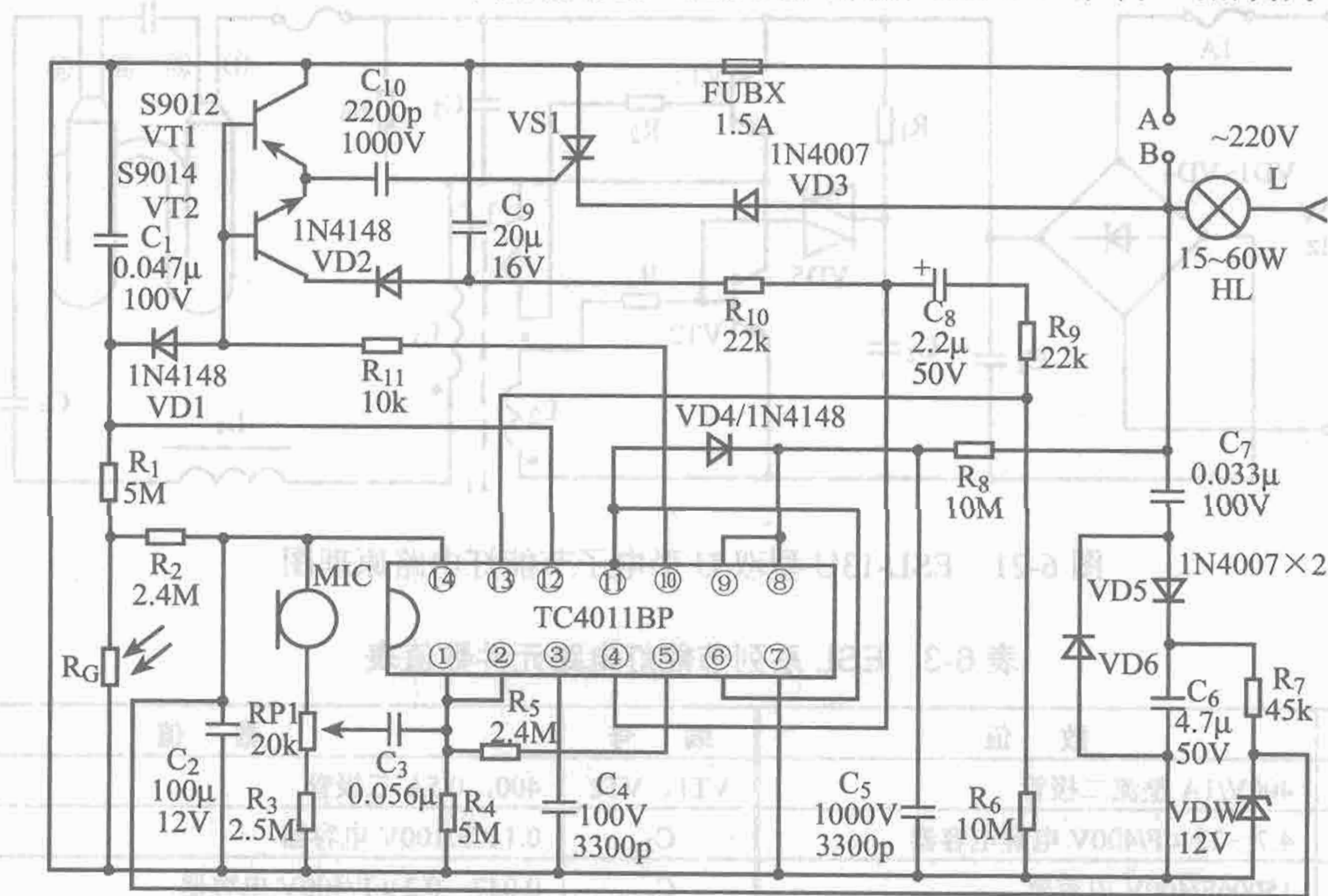


图 6-20 由 TC4011BP 构成的光声控照明电路

1. 识图指导

图 6-20 所示电路主要由光敏电阻传感器 RG、声控传感器 MIC 及 2 输入端四与非门集成电路 TC4011BP 等组成。

2. 工作原理

(1) 在白天，光敏电阻器 RG 的电阻值变小，从而使 TC4011BP⑭脚电位变低，封锁了声控电路，故光声控开关电路不会动作。

(2) 在晚上，光敏电阻器 RG 的电阻值变大，从而使 TC4011BP⑭脚电位变高，解除了封锁，声控电路就会起作用，如控制照明灯可受声控点亮延时约 50 s 后又会自动熄灭。

6.4 读识电子节能灯电路

电子节能灯是一种节能照明电器，应用十分广泛，下面介绍的是几种较典型的电子节能灯电路。

6.4.1 读识 ESL-13U 型双 U 形节能灯电路

1. 识图指导

ESL-13U 型双 U 形电子节能灯电路如图 6-21 所示，各元件参数如表 6-3 所列。该节能灯额定电源电压 220 VAC，电源频率为 50 Hz，灯管电路工作电流频率为 30 kHz。

2. 工作原理

图 6-21 所示电路的工作原理可从以下四个方面来进行分析说明。

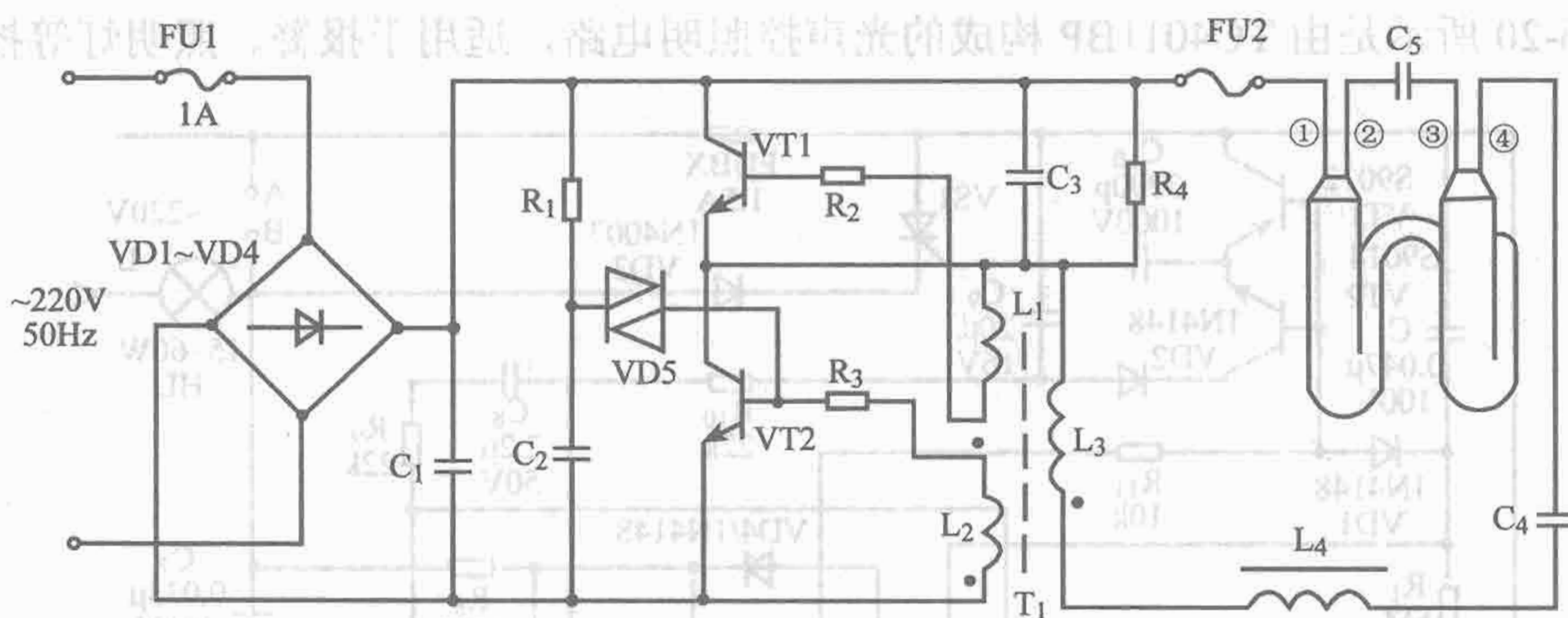


图 6-21 ESL-13U 型双 U 形电子节能灯电路原理图

表 6-3 ESL 系列节能灯电路元件数值表

编号	数值	编号	数值
VD1~VD4	400V/1A 整流二极管	VT1、VT2	400, 0.5A 三极管
C ₁	4.7~22 μF/400V 电解电容器	C ₂	0.1 μF/100V 电容器
C ₃	1500pF/400V 电容器	C ₄	0.047~0.2 μF/400V 电容器
C ₅	2200~6800pF/630V 电容器	R ₁	470 kΩ
R ₂	8.2 Ω	R ₃	8.2 Ω
R ₄	330 kΩ	T ₁	φ10×5×5 铁氧体磁环绕制, n ₃ -14T, n ₁ -3T, n ₂ -3T
L ₁	E5×5 铁氧体磁芯, φ0.25mm 绕 280T		

(1) 供电电路

市电 220 V 电压经 VD1~VD4 桥堆（耐压 700 V，电流 1 A）整流、C₁ 滤波得到约 300 V 左右的直流电压提供给后级电路作工作电源。

(2) 启动振荡过程

R₁、C₂、VD5（双向触发二极管）组成启动用锯齿波发生器。VD5 的击穿电压为 16 V，当接通电源后，整流滤波后的约 300 V 左右的直流电压经 R₁ 电阻器对 C₂ 电容器进行充电。当 C₂ 两端的电压上升到 VD5 的击穿电压时，VD5 击穿以后一窄电流脉冲加到 VT2 管的基

极，使 VT2 导通，从而就形成了如下的电流通路：
 C_1 上端的约 300 VDC 电压 → FU2 保险丝 → 双 U 灯灯丝（①、②脚） → 电容器 C_5 → 灯丝（③、④脚） → 电容器 C_4 → 电感 L_4 → T_1 变压器的 L_3 绕组 → VT2 导通的 c、e 结间 → 电源负极。

由于 VT2 导通形成的上述回路给 L_4 、 C_4 串联谐振电路充电，通过 L_3 、 L_1 、 L_2 的耦合作用，VT1、VT2 轮流导通。当 VT1 管导通后，为 L_4 、 C_4 串联谐振电路放电，串联电路产生自激振荡， L_4 、 C_4 串联谐振电路使荧光灯两端产生约 400 V 的启动电压，荧光灯灯丝经预热后即启动。

(3) 启动后电路的工作情况

启动后灯管压降为 108 V，灯管工作电流为 0.12 A（有效值），双 U 荧光灯产生大于 700 流明的光通量，这时电路的总功耗为 13 W，发光效率为每瓦 54 流明，灯管工作电流频率由 L_4 、 C_5 串联谐振电路决定。

(4) 振荡频率

双 U 荧光灯启动前，振荡频率为 60 kHz。灯管启动后，振荡频率为 30 kHz。改变 L_4 、 C_5 的数值可以改变电路的工作频率。

L_4 是采用带磁隙的铁氧体磁芯制作成的（采用 $E5 \times 5$ 铁氧体磁芯绕制而成，用直径 $\Phi 0.25$ mm 的漆包线排绕 280 匝）非饱和漏磁扼流圈，串联振荡电路除提供足够的启动电压和启动电流外，还对灯管工作电流起镇流作用。

VT1 与 VT2 三极管（耐压 400 V、电流 0.5 A 的开关管）处于深度饱和的开关状态下工作，集电极耗散功率即电子镇流器的自身功耗在 1 W 以下，在电源电压为额定值的 60%~110% 时，双 U 荧光灯可以获得均匀的辉光。

6.4.2 读识绿世界牌节能灯电路

1. 识图指导

绿世界牌电子节能灯电路采用自激式串联谐振换流电路，将 50 Hz 的交流电变成 25 kHz 以上的高频电压，以点燃荧光灯。其电路原理图如图 6-22 所示，主要由四个部分组成。

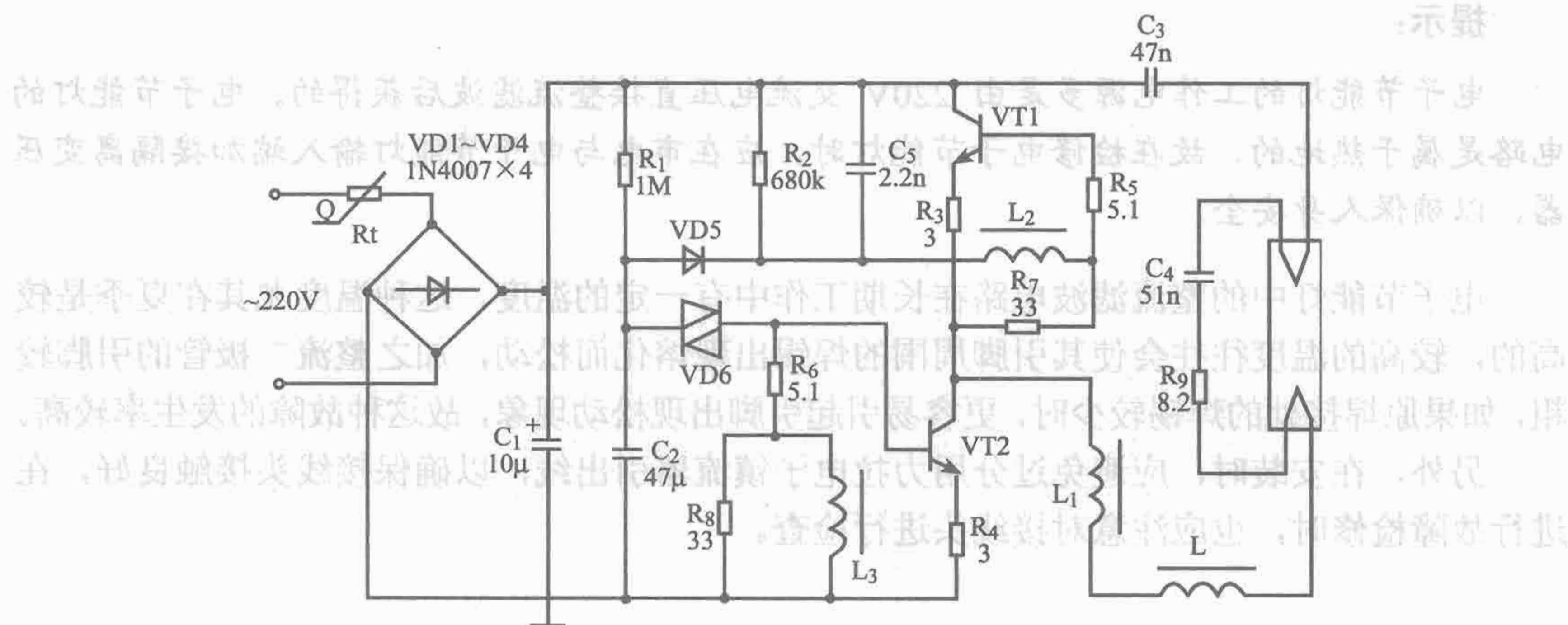


图 6-22 绿世界牌电子节能灯电路

(1) 整流滤波电路。主要由 VD1~VD4、C₁ 组成。

(2) 高频振荡开关及滤波电路。主要由 R₁、C₂、VD6、VT1、VT2 和带环形磁芯脉冲的反馈变压器 (L₁、L₂、L₃ 同绕在一只环形磁芯上) 等构成。

(3) 输出负载谐振电路。该电路由电感器 L 和 C₃、C₄ 等组成。

(4) 抗干扰电路。由 C₅ 电容器组成。

2. 工作原理

(1) 正常工作过程

绿世界牌镇流器构成的电子节能灯电路如图 6-22 所示, 该电路的工作过程是这样的: 接通电源时, 整流滤波后的约 290 V 直流电压, 经 R₁ 对 C₂ 充电。当 C₂ 两端电压超过 VD6 触发电压时, VD6 导通, 此时 VT2 获得足够的偏流而导通, 电源通过 VT2 等元件对电容器 C₄ 充电, 由于 L₃ 与 L₁ 反相、与 L₂ 同相, 故 L₃ 绕组的感应电动势使 VT2 的基极电位变负, VT2 由饱和导通跃变到截止状态。L₂ 的感应电动势使 VT1 的基极电位变正, VT1 由截止变为饱和导通, VT1 导通后, 电容器 C₄ 通过 VT1 等元件放电。

这样, 利用脉冲变压器环形磁芯合成的磁通正反向周期性的重复变化, 使 VT1、VT2 轮流导通或截止, 很快使 L 及 C₄ 等元件组成的串联谐振电路发生谐振, C₄ 上产生较高的电压将灯管点燃, 灯管在额定电压下工作。此时电容器 C₄ 相当于一只电阻器和 R₉ 串联后与灯管并联。

(2) 波形与故障可能性

- 正常情况下, 用双踪示波器测 VT1 集电极到 L₁ 上端和 L₁ 下端对地的波形, 其幅度正常值为 250V 方波, 且应对称。如不对称, 则可能是 VT1、VT2 不配对或失配。
- 正常情况下, 灯管两端的电压近似为余弦波, 其电压 (峰-峰值) 约为 270V, 用晶体管毫伏表测灯管两端的电压约为 90V。用交流电流表串在 220V 交流电路中测交流电流应在约 125mA 左右, 若偏离太大, 则可能是 R₃ 和 R₄ 变值或 L 磁间隙不对, 可通过调整 R₃ 和 R₄ 的阻值、重调 L 磁芯的间隙来解决。

VT1 与 VT2 管损坏后可用 BU406、C2298 等型号直接进行代换。但应尽量配对并注意散热问题。

提示:

电子节能灯的工作电源多是由 220V 交流电压直接整流滤波后获得的。电子节能灯的电路是属于热地的, 故在检修电子节能灯时, 应在市电与电子节能灯输入端加接隔离变压器, 以确保人身安全。

电子节能灯中的整流滤波电路在长期工作中有一定的温度, 这种温度尤其在夏季是较高的, 较高的温度往往会使其引脚周围的焊锡出现熔化而松动, 加之整流二极管的引脚较粗, 如果原焊接处的焊锡较少时, 更容易引起引脚出现松动现象, 故这种故障的发生率较高。

另外, 在安装时, 应避免过分用力拉电子镇流器引出线, 以确保接线头接触良好, 在进行故障检修时, 也应注意对接线头进行检查。

6.4.4 读识 SYZ-40 II 型节能灯电路

1. 识图指导

SYZ-40 II 型电子节能灯电路如图 6-24 所示, 主要由两只场效应功率管与振荡变压器 T_1 、升压线圈 L_4 等组成。其印制电路板图如图 6-25 所示。

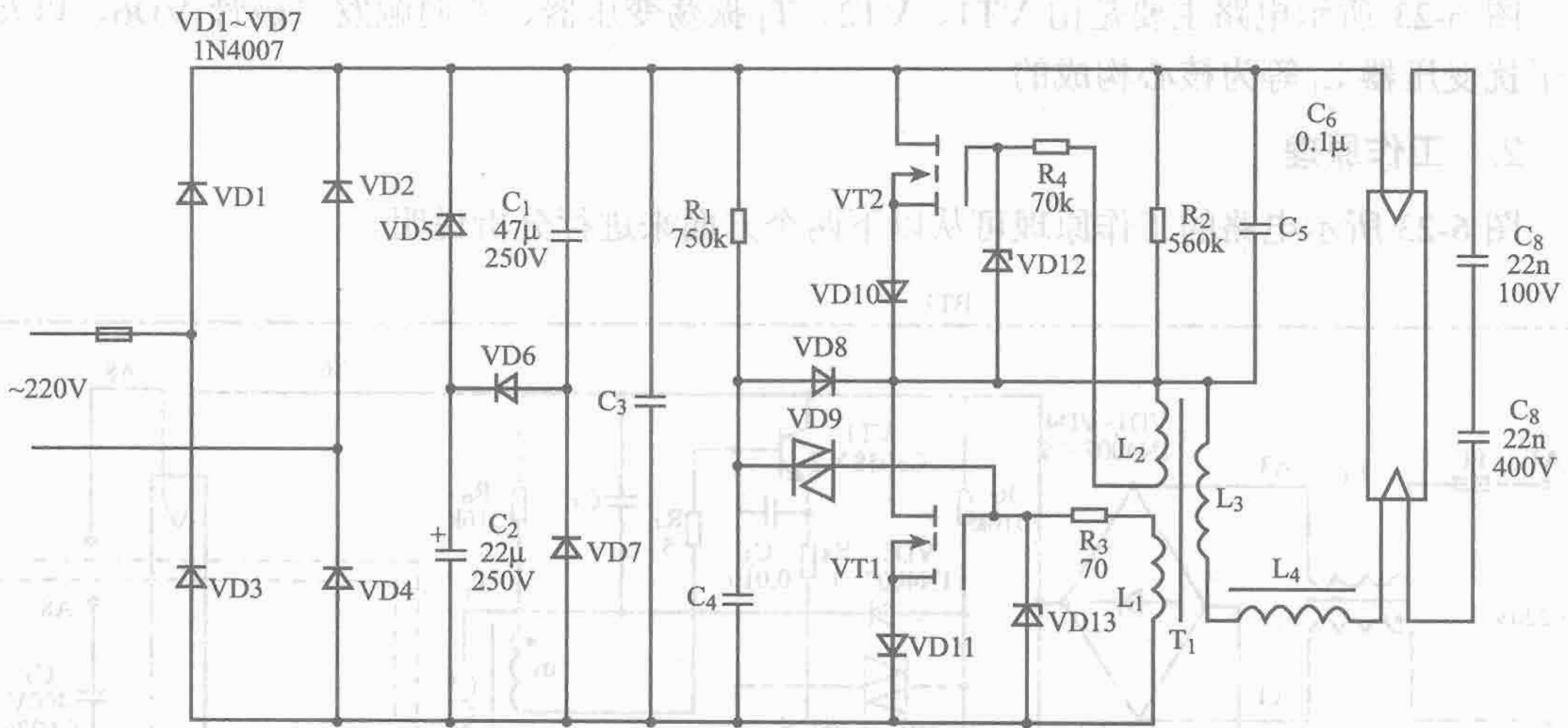


图 6-24 SYZ-40 II 型电子节能灯电路

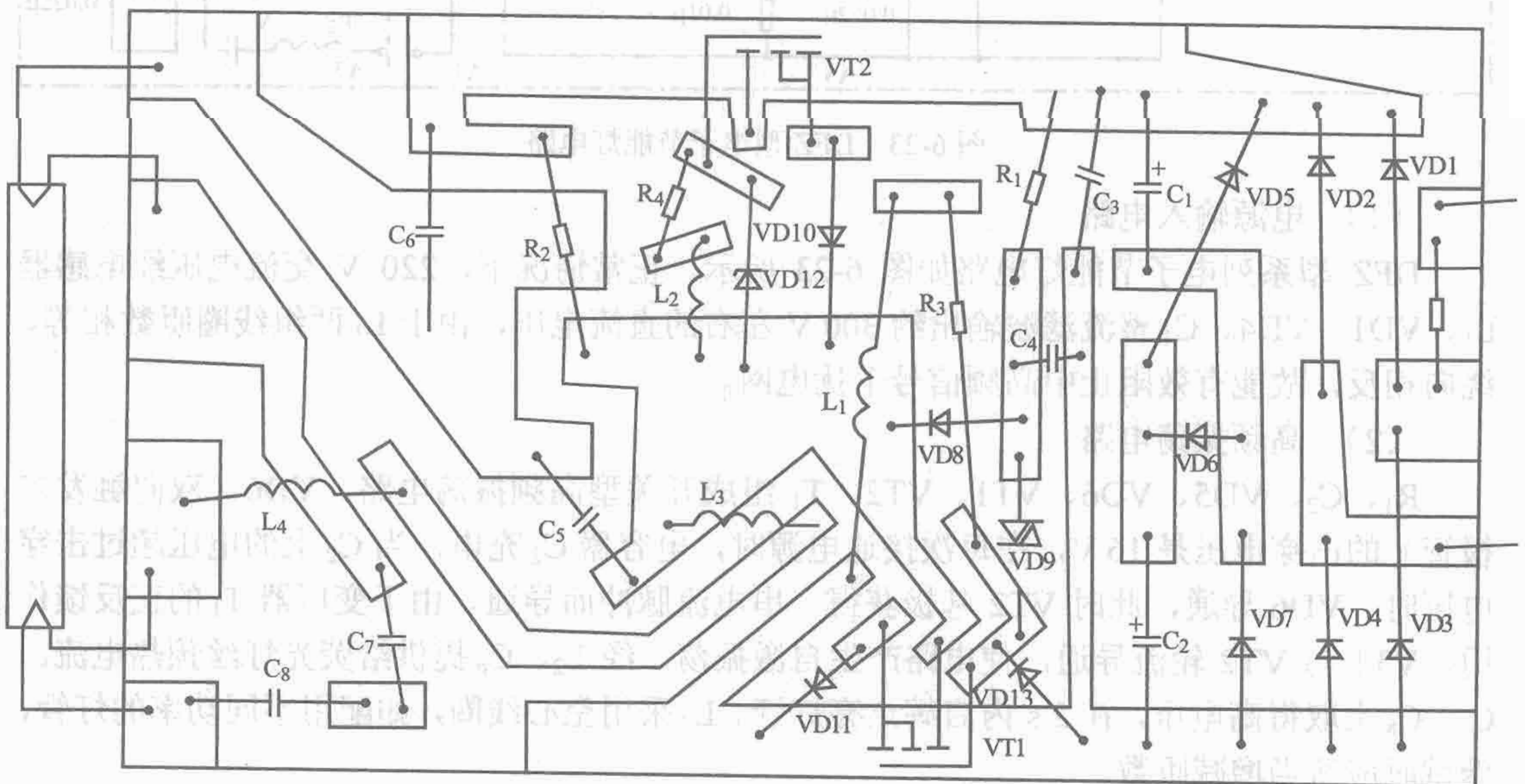


图 6-25 SYZ-40 II 型电子节能灯印制电路板图

2. 工作原理

图 6-25 所示电路的工作原理与上面介绍的电路基本相同, 读者可自行分析。

提示:

该电子节能灯采用了 MOS 场效应管作为功率开关管。电路中的 VD12、VD13 的作用是保护 VT1、VT2 的栅-源极不致被击穿。如果 VT1、VT2 被击穿，很容易用电阻法准确判断。但由于 MOS 场效应管各极之间的电阻趋于无穷大，故极间断路用电阻法难以鉴别。对此，可将 MOS 管焊下来，将万用表置于 $R \times 1k$ 挡，红表笔接源极 (S)、黑表笔接栅极 (G)，随后黑表笔转接漏极 (D)。指针若偏转，再用手指触栅极，若指针又回复至 ∞ ，则说明被测 MOS 场效应管是好的，反之则说明其已损坏。

6.5 读识漏电保护电路

由于电气化的不断发展以及安全用电的需要，低压电网中安装了大量的漏电保护器(又叫触电保安器)，这一技术措施的应用和推广，大大降低了触电事故的发生，保证了人们的生命安全。

漏电保护器可以在规定的工作条件下，当电路中的漏电电流达到或超过允许值时，就自动切断电源，或发出声光警示。由此可以提供间接接触保护，达到防止人身触电和由于漏电引起的火灾、电气设备烧损等事故的发生。

6.5.1 读识 GB-2 型漏电保护器电路

1. 识图指导

GB-2 型漏电保护器电路如图 6-26 所示，主要由 C1583-44G 集成块为核心构成。该漏电保护器体积小、容量大，额定工作电流分为 10 A、20 A、30 A、40 A 四个系列，并能在极其苛刻的条件下可靠、准确地动作。其主要技术参数如表 6-4 所列。

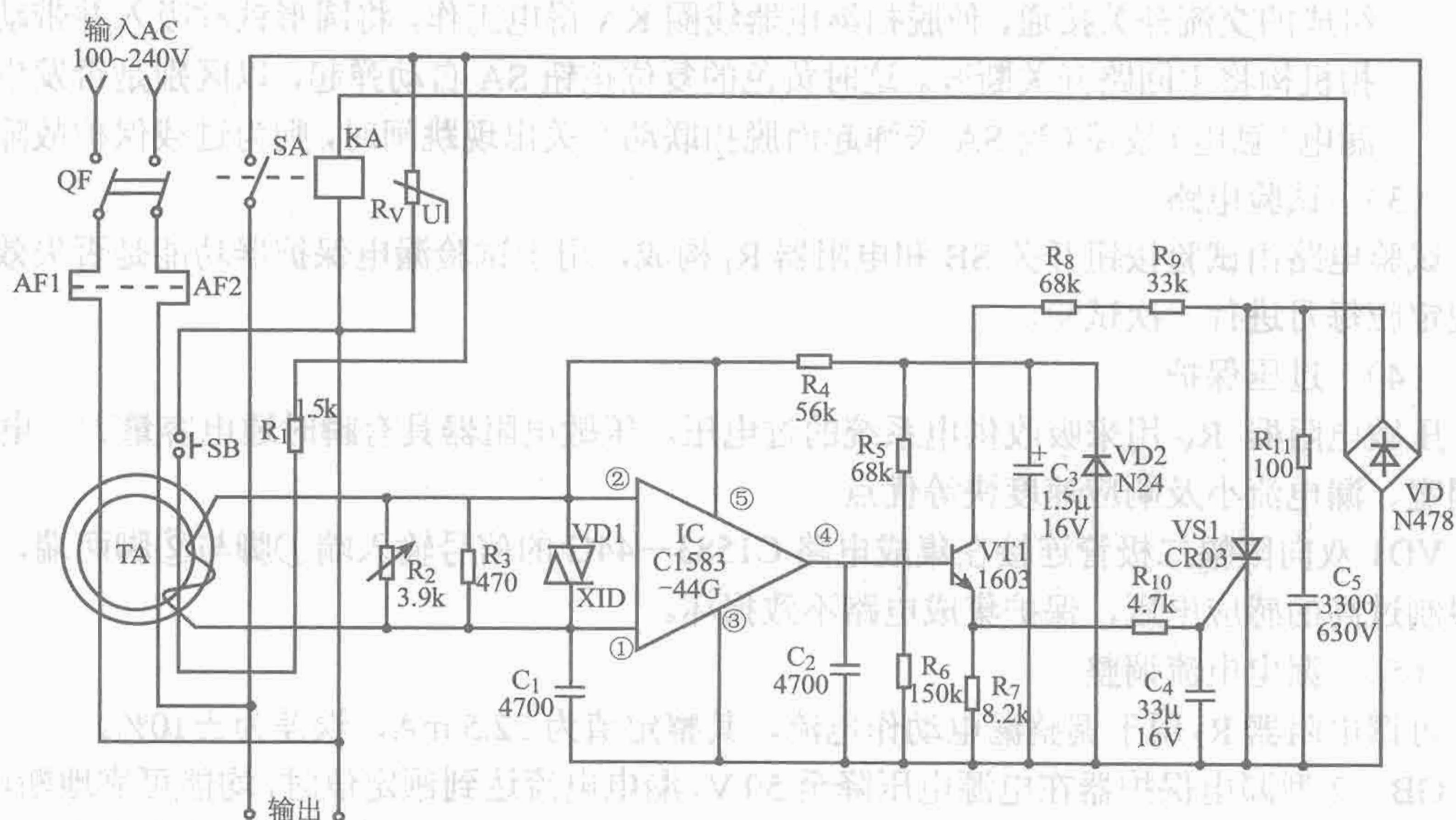


图 6-26 GB-2 型漏电保护器电路

2. 工作原理

图 6-26 所示电路的工作原理可从过载保护、漏电保护、试验电路、过压保护等五个部分来进行分析说明。

表 6-4 GB-2 型漏电保护器主要技术参数

型 号	额定工作 频率 (Hz)	额定工作 电压 (V)	额定工作 电流 (A)	漏电动作 电流 (mA)	短路分断 电流 (A)	漏电不动作 电流 (mA)	动作时间 (s)	过负荷动 作电流
GB-2	50/60	120~240	10、20 30、40	<30	1500	<15	<0.1	1.2 倍额定 电流

GB-2 型漏电保护器具有过载保护、漏电保护以及过压保护功能。

(1) 过载保护

GB-2 型漏电保护器的过载保护装置 AF1、AF2 是由双金属片构成的热元件来实现的。当电流超过额定值时，因热元件两侧的金属膨胀系数不同，使发热元件偏向脱扣顶杆，于是开关跳闸断电。

(2) 漏电保护

在图 6-26 所示电路中，TA 是零序互感器，其作用是将主回路的漏电（触电）信号转换成回路的电压信号。

- 在正常工作时，供电线路的主回路火线和零线的电流绝对值相等，其电流矢量和为零，因此无感应电压信号进入专用集成电路 C1583-44G 内，这时集成块④脚输出电平为零，VS1 单向晶闸管因无触发信号而关断。
- 当发生漏电（触电）故障时，因主回路的电流不平衡，零序互感器感应的电压信号经集成电路 C1583-44G 的前级电路放大后，启动内部闭锁电路翻转使其输出端④脚为高电平，再经射极跟随器 VT1 触发晶闸管 VS1，进而使晶闸管与整流桥 VD 组成的交流开关接通，使脱扣继电器线圈 KA 得电工作，将圆形铁柱吸入并带动脱扣机构将主回路开关断开。这时黄色的复位按钮 SA 自动弹起，以区别是否发生了漏电（触电）故障（当 SA 未弹起而脱扣联动开关出现跳闸时，则为过载保护故障）。

(3) 试验电路

试验电路由试验按钮开关 SB 和电阻器 R₁ 构成，用于试验漏电保护器功能是否失效。按规定应每月进行一次试验。

(4) 过压保护

压敏电阻器 R_V 用来吸收供电系统的过电压。压敏电阻器具有瞬时通容量大、电压范围宽、漏电流小及响应速度快等优点。

VD1 双向限幅二极管连接在集成电路 C1583-44G 的信号输入端①脚与②脚两端，用以限制过高的感应电压，保护集成电路不致损坏。

(5) 漏电电流调整

可调电阻器 R₂ 用于调整漏电动作电流，其整定值为 22.5 mA，误差为 ±10%。

GB-2 型漏电保护器在电源电压降至 50 V、漏电电流达到额定值时，均能可靠地断电。当电源电压在 50 V 以下时，漏电保护器拒动，但这时已达到不致危及人身安全的电压了。

1. 识图指导

信协牌 DZL18—20 型漏电保护器主要由漏电保护专用集成电路 M54123、单向晶闸管 VS1（其外形如图 6-28（a）所示）、联动脱扣开关及脱扣线圈、漏电电流互感器 T 等组成。

(1) 集成块 M54123 内框图与引脚功能

M54123 是漏电保护专用集成电路，其内部方框图如图 6-29 所示，主要由稳压、基准电压、差动放大和闭锁输出等电路组成。

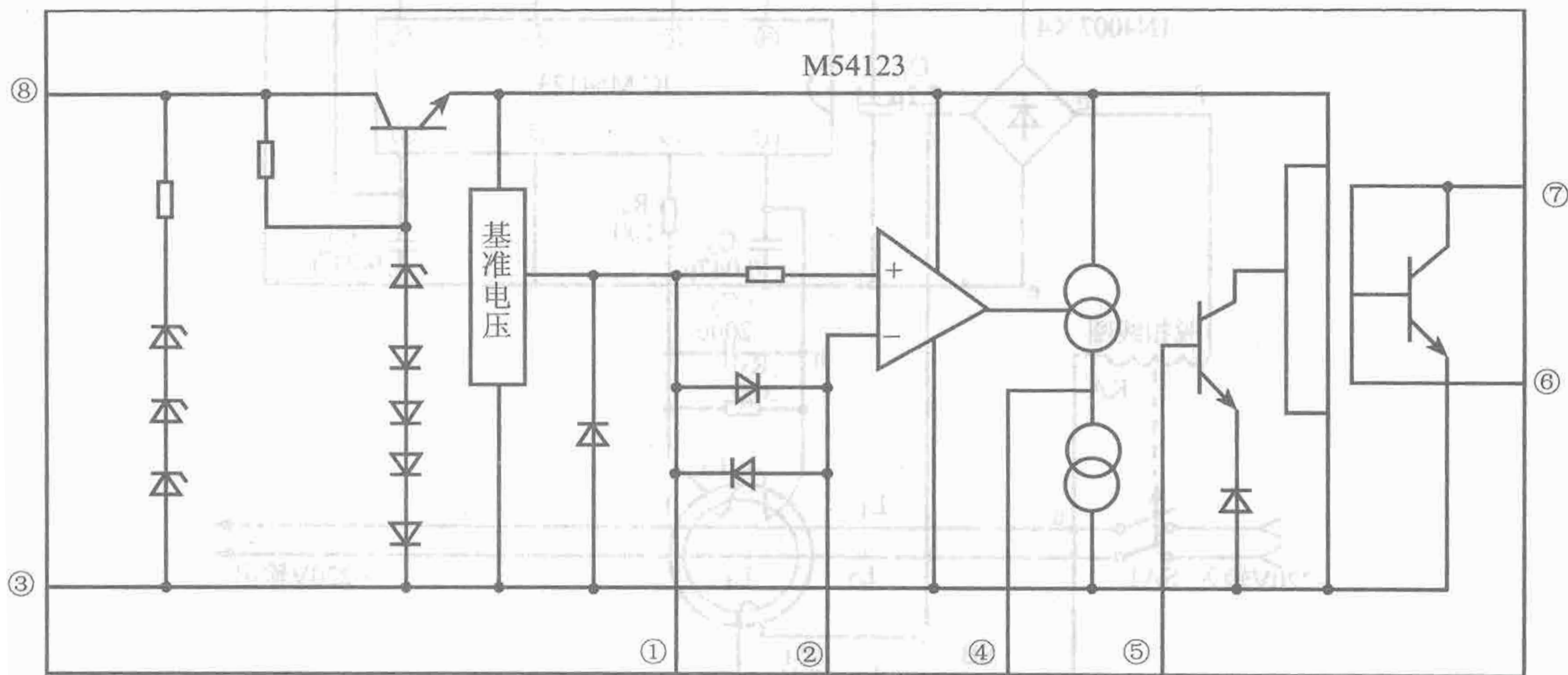


图 6-29 M54123 集成块内电路方框图

M54123 集成块采用双列 8 脚封装，其各引脚功能如表 6-5 所列。

表 6-5 集成块 M54123 各引脚功能说明

引脚号	功能说明	引脚号	功能说明
①	基准电源电压输入端	⑤	输出锁定电路信号输入端
②	触发信号输入端	⑥	干扰吸收元件连接端
③	接地线端	⑦	触发信号输出端
④	差动前置放大器信号输出端	⑧	工作电源电压输入端（12~28V）

(2) 集成块 M54123 特点

M54123 集成块具有如下的特点。

- 电源电压范围宽（12~28V），电网电压从 120V 变化到 280V 都能正常工作，即在电网电压大幅度降低时，仍能可靠地切断漏电电路。
- 动作电压小（4~9mV），故其零序电流互感器体积很小。
- 具有基准电压，因而漏电动作电流稳定，动作时间小于 0.1s，故完全可以满足要求。

2. 工作原理

图 6-27 所示电路的工作原理可从以下五个方面来进行分析说明。

(1) 正常用电工作过程

闭合联动脱扣开关 SA1，220 V 交流电源的相线和零线穿过漏电电流互感器 T 向负载供电。

同时,交流 220 V 电源经脱扣继电器线圈 KA 加到桥式整流电路 VD1~VD4 整流、电阻器 R_2 降压、电容器 C_1 滤波,得到的约 20 V 左右的直流电压加到 M54123 的⑧脚,经集成电路内部稳压后,提供给集成电路作工作电压及基准电压。

在正常用电情况下, T 的 L_1 、 L_2 电流数值相等,但方向相反,所以合成的磁场强度处于平衡状态,故 L_3 无感生电流, M54123 的①脚、②脚无感应电压,⑦脚输出为低电平,单向晶闸管 VS1 截止,脱扣继电器 KA 线圈中仍只有小电流存在,该电流不足以使其动作,故 SA1 不会动作,处于常闭状态,电源向负载供电。

(2) 漏电或触电保护工作过程

当负载电路有漏电或触电时, T 的 L_1 、 L_2 电流数值不等,合成的磁场强度不再平衡, L_3 感生电流,漏电信号经 R_4 加至 M54123 的①脚、②脚。当感应电压大于 M54123 内部设定的基准电压时,内部差分电路输出电流,经电容器 C_4 积分后,使 M54123 内部锁定触发器触发, M54123 的⑦脚输出高电平, VS1 导通, KA 线圈中有大电流流过,产生的磁场足够吸动衔铁, SA1 动作,触点在 0.1 s 内断开,电源停止向负载供电,从而起到触电或漏电的保护作用。

一旦漏电排除以后,再次手动 SA1 使其复位,漏电保护器又可投入工作。

(3) 漏电试验电路

漏电试验电路由试验按钮开关 SB 和限流电阻器 R_1 构成。当按下 SB 后,人为造成漏电,此时 SA1 应立即跳闸,以检查漏电保护器是否能正常工作。

(4) 过压保护电路

压敏电阻器 R_V 用于进行过压保护,并联在漏电保护器的 L_1 、 L_2 上。正常使用过程中, R_V 处于断路状态,当市电电压突然升高、超过设定值时, R_V 随即短路,互感器的 L_3 产生电流,过压信号加到 M54123 放大后,使 VS1 导通, KA 动作, SA1 立即跳闸,切断电源向负载供电,从而起到了过压保护作用,保护用电器不致损坏。

当市电电压恢复正常时, R_V 又呈断路状态,此时手动 SA1 使其复位,漏电保护器又可恢复正常使用。

(5) 其他元件的作用

R_3 的作用是将零序电流互感器二次输出电流转换成电压作为集成电路的输入信号, C_2 、 C_3 、 C_5 、 C_6 均起抗干扰作用。

提示:

单向晶闸管 VS1 的型号为 2P4M,如无原型号的配件可换,也可用 CR03AM、MCR100-6、BT-169D、PCR40G 等单向晶闸管直接进行代换。

6.5.3 读识 DBK2—10A 型漏电保护器电路

1. 识图指导

DBK2—10A 型漏电保护器电路如图 6-30 所示,主要由零序电流互感器 T_1 、漏电信号处理驱动电路、脱扣继电器 KA、试验检测装置和联锁双刀开关等部分组成。

该保护器一般安装在电度表下方,电度表内 2 号和 4 号输出线分别接到保护器内联锁

双刀开关 KA 的输入端，负载接零序电流互感器 T_1 的输出端。

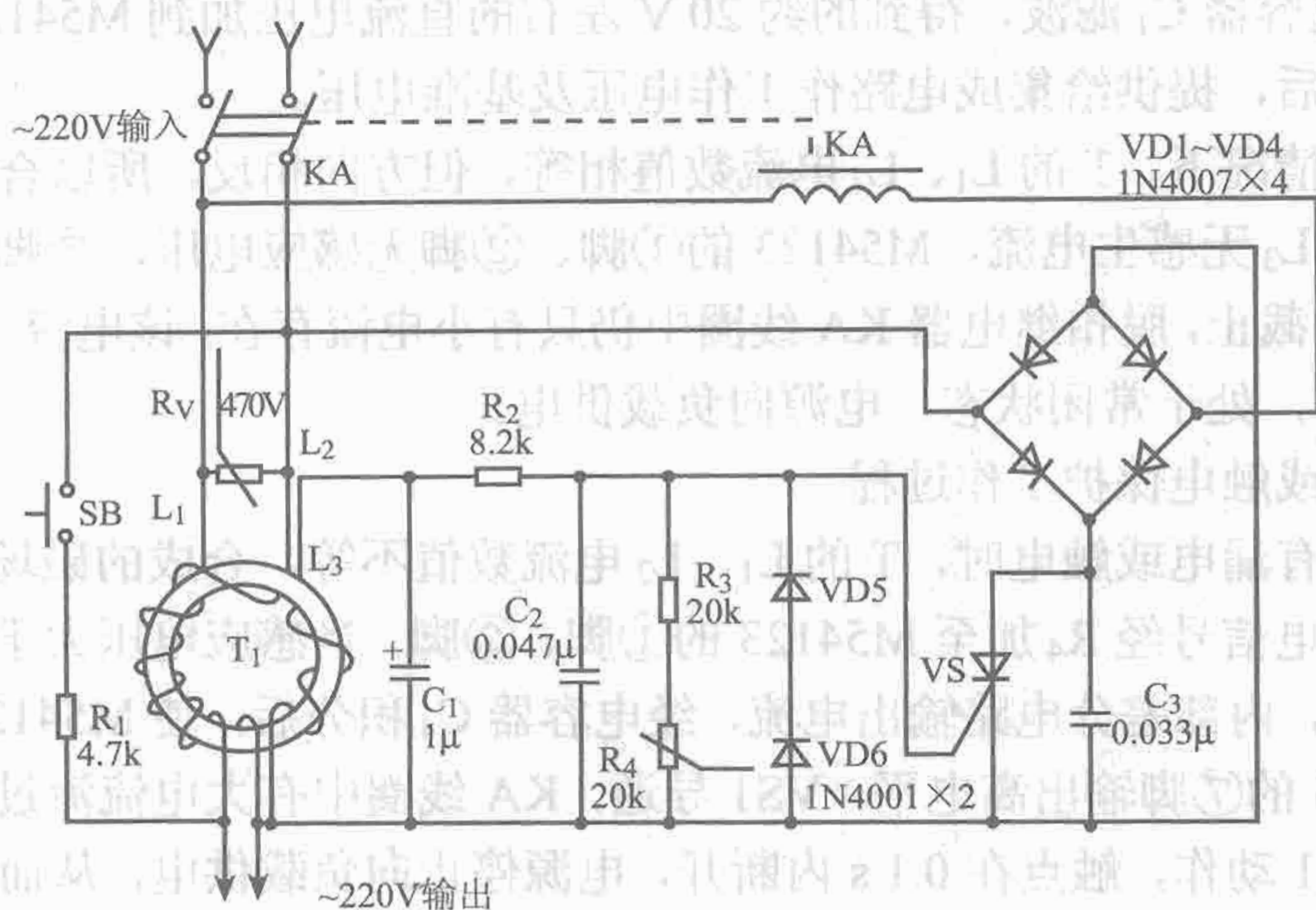


图 6-30 DBK2-10A 型漏电保护器电路原理图

2. 工作原理

图 6-30 所示电路的工作原理可从以下两个方面来进行分析说明。

(1) 漏电保护动作过程

- 在负载电路正常的情况下，互感器 T_1 初级 L_1 、 L_2 （双线并绕 5 圈）中的电流常态向量和为零，连锁双刀开关 KA 的动、静触点闭合，负载供电正常。
- 当负载线路发生人员触电或家用电器漏电时（额定漏电动作电流为 30mA），互感器 T_1 初级出现剩余电流，次级 L_3 （数百圈）中便感应出上百毫伏的漏电信号，该信号经 C_1 、 C_2 、 R_2 组成的 π 形滤波电路滤波后，直接触发单向晶闸管 VS 导通。这时 220V 交流电源经 $KA \rightarrow VD1 \sim VD4 \rightarrow VS$ 等构成通路，脱扣电磁继电器 KA 的线圈上有大电流流过，因此吸动脱扣机械装置，使连锁双刀开关 KA 动、静触点分离，在 0.15s 内切断负载电源，从而起到了漏电保护作用。

(2) 试验检测电路

试验检测电路主要由按钮开关 SB 和电阻器 R_1 为主组成，用于检测漏电保护器的工作是否正常。当按下 SB 通电后，220 V 交流电压加在 SB、 R_1 两端，SB、 R_1 一端在互感器 T_1 之前，而另一端在互感器之后， L_1 、 L_2 线圈中电流向量和不为零，初级中出现剩余电流（与负载电路漏电相似）。这时，如果脱扣继电器 KA 动作，切断了负载电源，就说明保护器工作正常，否则判为失灵。

6.5.4 读识 SG201 型漏电保护器电路

图 6-31 所示为 SG201 型漏电保护器电路，该电路结构较简单，但漏电保护效果却较好。

1. 识图指导

图 6-31 所示电路主要由 SG201 型漏电保护专用集成电路与一只单向晶闸管为核心构成。

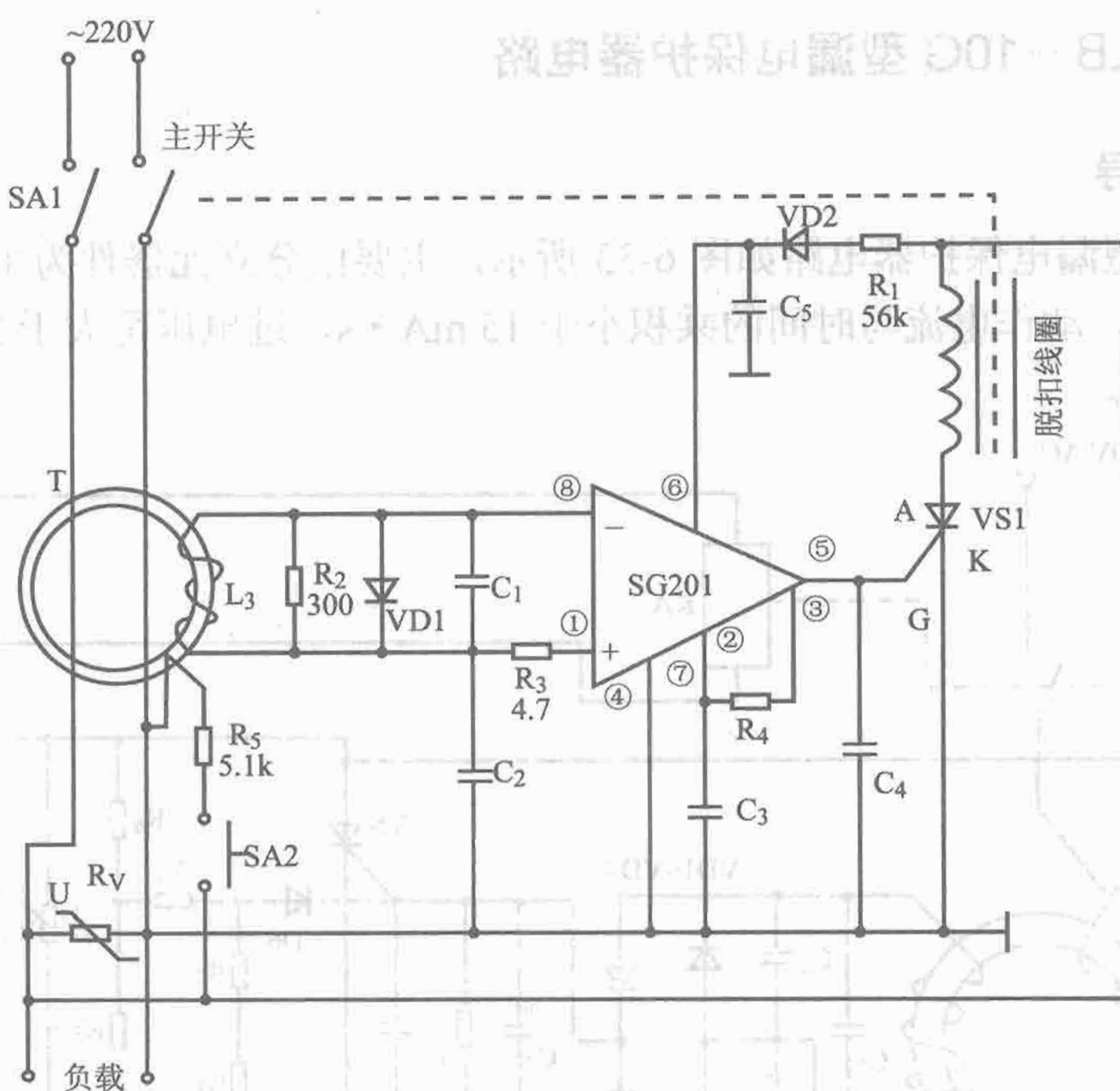


图 6-31 SG201 型漏电保护器电路原理图

SG201 型集成电路内电路方框图如图 6-32 所示, 主要由内部稳压电路、基准电压电路、差动放大电路、电平判别及整形输出电路等组成。其工作电源电压为 $V_{CC}=7\sim 9\text{V}$, 静态电流为 $1.8\sim 2.5\text{mA}$, 输入动作电平为 $5\sim 25\text{mV}$ 。

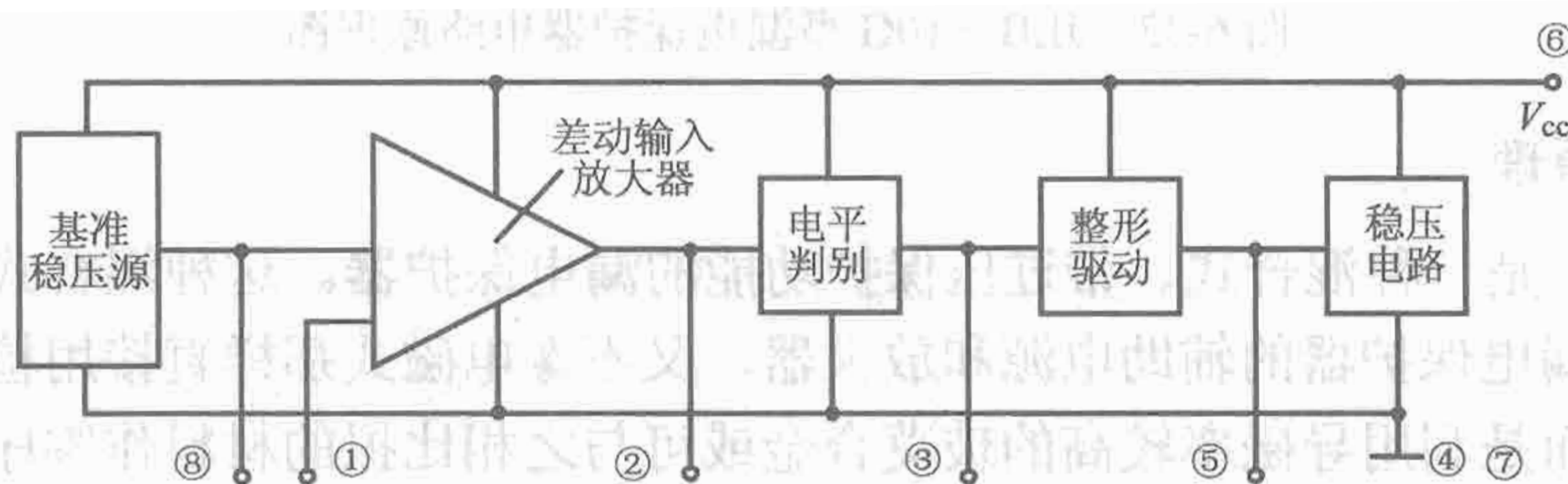


图 6-32 SG201 集成块内电路方框图

SG201 集成块采用 8 脚双列封装, 其①脚和⑧脚为信号输入端, ⑥脚为工作电源电压输入端, ⑤脚为驱动信号输出端, ④脚与⑦脚为接地线, ②脚为差动前置放大器信号输出端, ③脚为电平判别信号输出和整形驱动电路信号输入端。

2. 工作原理

从图 6-31 所示电路中可看出, 要使主开关 SA1 能正常跳闸, 脱扣线圈组成的继电器联动系统应无问题; VS1 单向晶闸管在其触发极有触发电压输入时应能可靠地导通; SG201 集成块组成的电路工作应正常, 应能将零序互感器检测到的漏电流处理后转变为驱动高电平信号, 并从其⑤脚输出; 零序电流互感器 T 的二次绕组检测到的漏电电流应能转换为电压信号后, 顺利地送到集成电路 SG201 内。

6.5.5 读识 JLB-10G 型漏电保护器电路

1. 识图指导

JLB-10G 型漏电保护器电路如图 6-33 所示, 主要由分立元器件为主构成。其额定动作电流为 30 mA, 动作电流与时间的乘积小于 $15 \text{ mA} \cdot \text{s}$, 过电压可大于 275 V, 过电压动作时间小于 0.3 s。

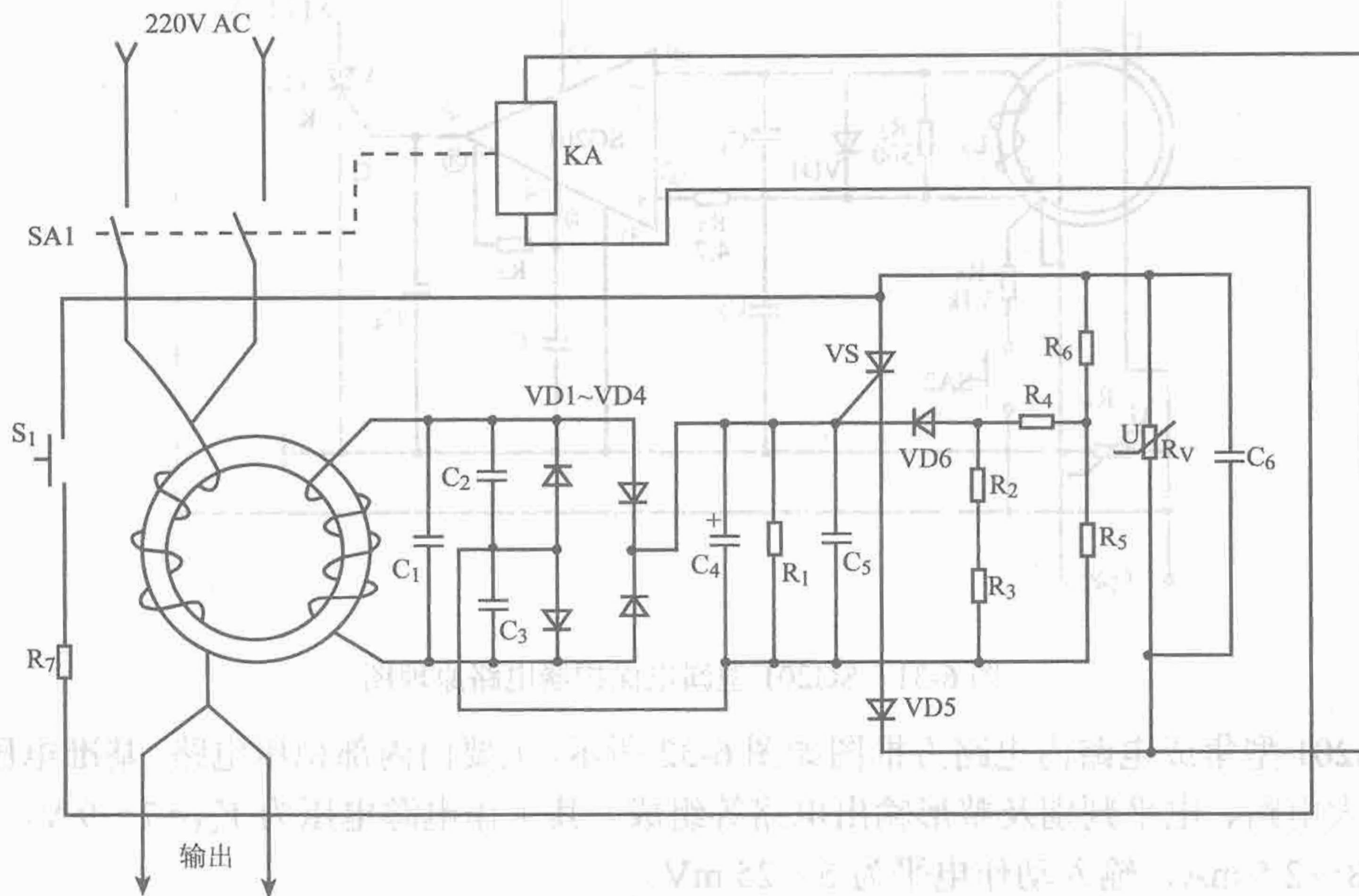


图 6-33 JLB-10G 型漏电保护器电路原理图

2. 工作原理

JLB-10G 是一种混合式、带过压保护功能的漏电保护器。这种混合式漏电保护器既省去了电子式漏电保护器的辅助电源和放大器, 又不像电磁式那样直接用检测信号去使脱扣线圈动作, 而是利用导磁率较高的玻莫合金或可与之相比拟的材料作零序电流互感器。检测出的信号经 VD1~VD4 组成的桥式整流电路整流、C₄ 滤波, 得到的直流电压加到单向晶闸管 VS 的栅极, 直接触发晶闸管 VS 导通, 使与之串联的脱扣继电器 KA 线圈得电吸合, 带动脱扣器动作, 使 SA1 开关跳闸, 切断了负载的供电。

JLB-10G 电路的零序电流互感器因采用磁通密度可与玻莫合金相比拟的非晶体软磁合金材料, 使感应的电压较高, 经整流、滤波后, 足以驱动晶闸管导通。因减少了中间的放大环节, 故可提高可靠性, 且省去了辅助电源。R₅、R₆ 为分压电路, 压敏电阻 R_V 用以实现过压保护, 当交流电压过高时使主开关 SA1 脱扣, 切断了负载的供电。

6.5.6 读识 LBK32-30 型漏电保护器电路

1. 识图指导

LBK32-30 型漏电保护器电路如图 6-34 所示, 主要由单向晶闸管 VS1、脱扣继电器

线圈 KA、电流互感器 T、VD1~VD4 等组成。

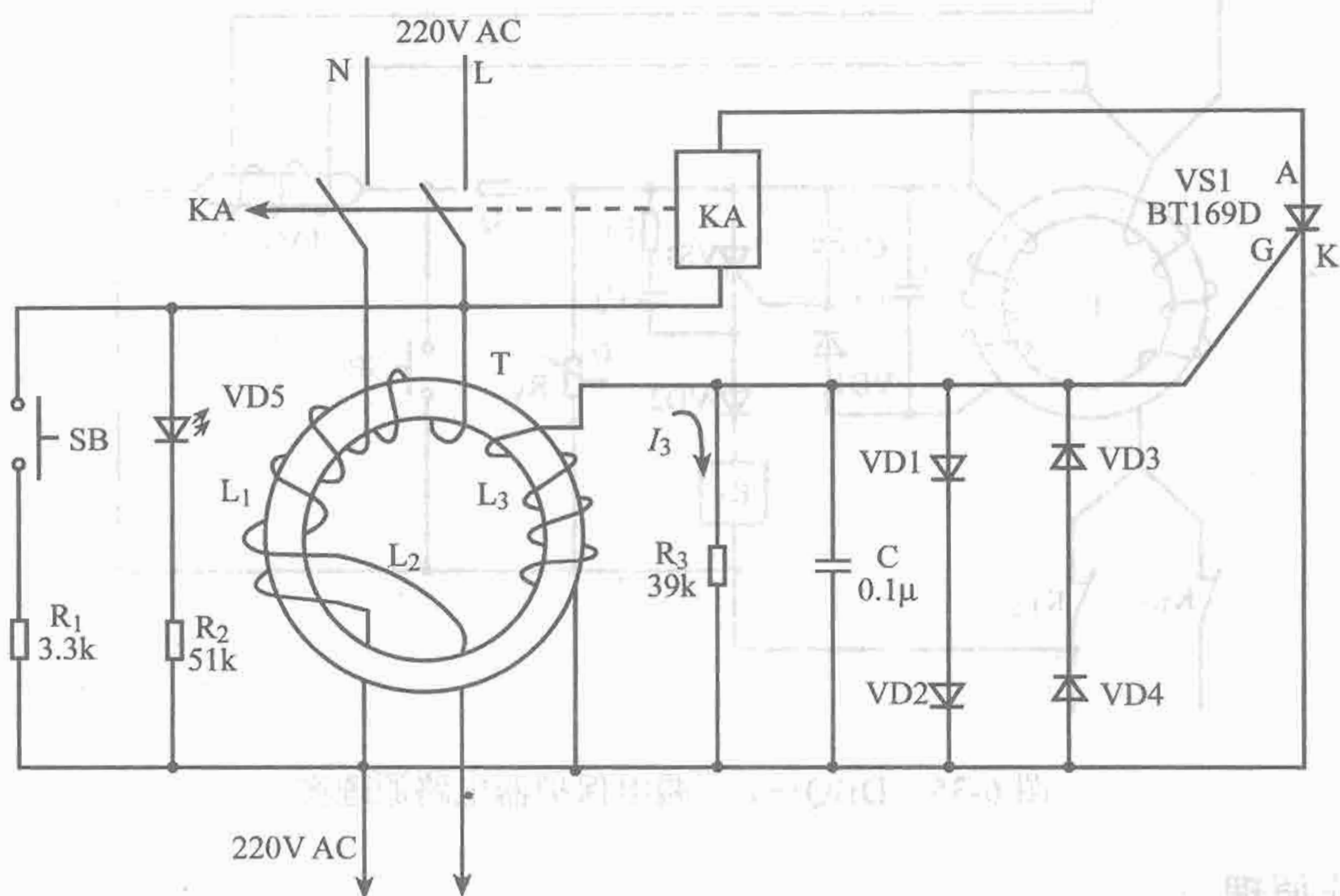


图 6-34 LBK32-30 型漏电保护器电路原理图

2. 工作原理

脱扣继电器 KA 线圈经单向晶闸管接上 220 V 交流电压，由晶闸管 VS1 控制脱扣线圈的导通。

相线 L 和工作零线 N 同时穿过零序电流互感器，作为零序电流互感器的一次线圈。零序电流互感器的二次线圈接到电阻器 R₃ 的两端，其二次输出电流 I₃ 经 R₃ 转换成电压去触发单向晶闸管 VS1。改变 R₃ 的阻值可以改变漏电动作电流。电容器 C 用于抗干扰，可以防止瞬变电流引起漏电保护器动作。VD1~VD4 起限幅作用，保护晶闸管 VS1 的控制极。

零序电流互感器 T 是漏电电流检测元件，晶闸管 VS1 是触发器，发光二极管 VD5 及电阻器 R₂ 是通电指示电路。按钮 SB 与 R₁ 组成了试验电路。按下按钮 SB，零序电流互感器一次线圈中，即人为产生 66.7 mA 的漏电流，此电流大于漏电保护器的动作电流 30 mA。因此，按钮 SB 专门用于试验漏电保护器的可靠性。按规定漏电保护器每月都要试验一次，以确保用电安全。

零序电流互感器 T 的二次输出电压不经放大，直接触发晶闸管 VS1。晶闸管的触发电压须数百毫伏，这就要求零序电流互感器需要有较大的二次输出电压，为此要增大零序电流互感器的铁芯体积及一次线圈的匝数。

6.5.7 读识 DBQ-1 型漏电保护器电路

1. 识图指导

DBQ-1 型漏电保护器电路如图 6-35 所示，主要由零序互感器 T、单向晶闸管 VS1、K₁ 继电器、压敏电阻器 R_v、过载试验开关 SB、常开干簧管磁敏传感器 JAG-4 等组成。

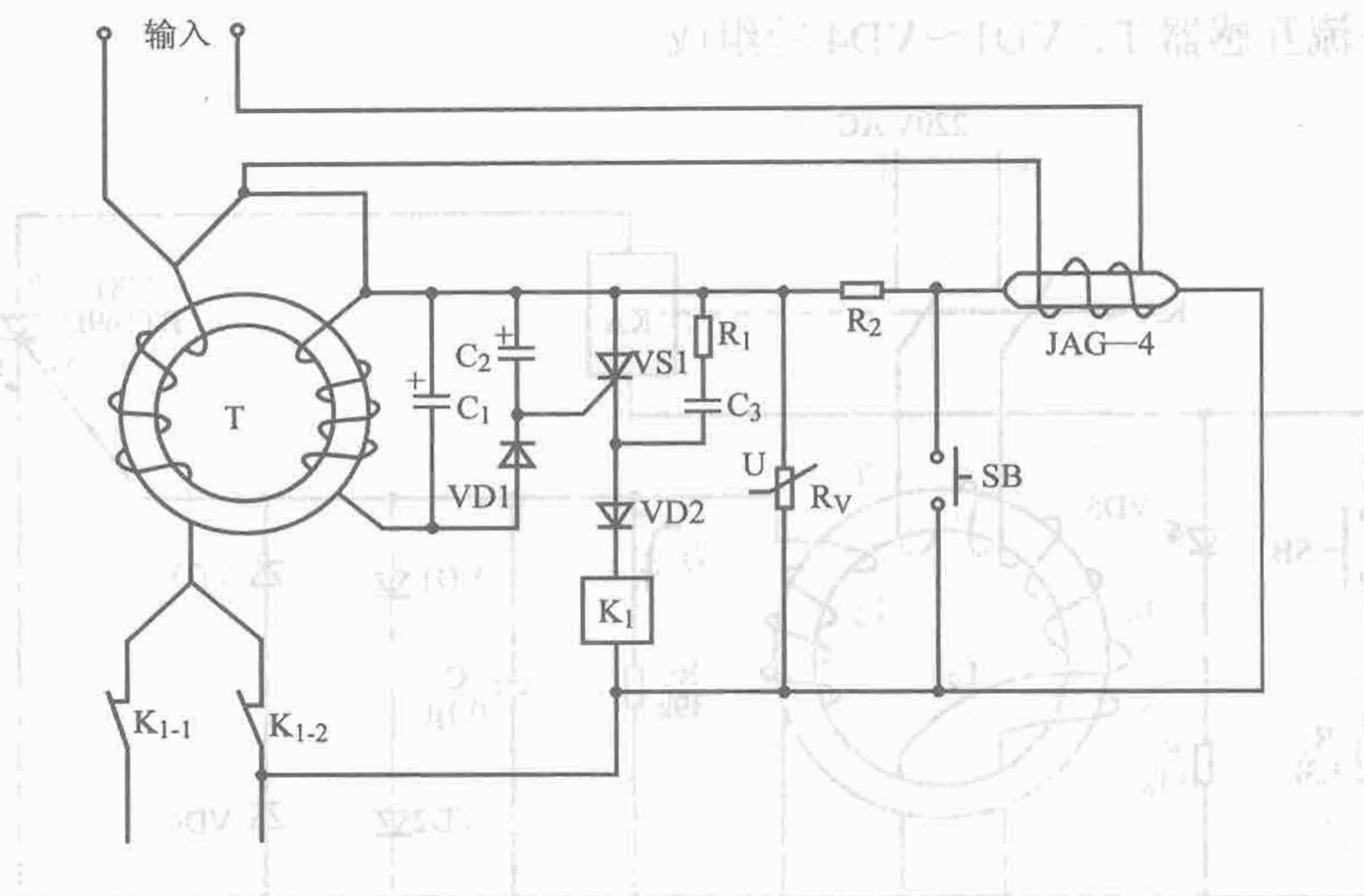


图 6-35 DBQ-1 型漏电保护器电路原理图

2. 工作原理

该漏电保护器具有漏电、过压、过载保护功能。过载保护功能是用干簧管来实现的，干簧管外面绕有若干匝导线并串联在电源中。在正常情况下，干簧管上的线圈磁场不能使干簧管内的常开触点闭合，只有在过载时，干簧管线圈磁场增强，使常开触点闭合。而零序电流互感器感应出的电压，就会触发单向晶闸管 VS1 导通，于是继电器 K₁ 得电吸合，其 K₁₋₁ 与 K₁₋₂ 常闭触点断开，从而起到了过载保护的作用。

SB 为试验开关，当按下该开关后，人为地将干簧管内的常开触点两端接通，以检验漏电保护器的保护功能是否起作用。

6.5.8 读识 YSDH2 型漏电保护器电路

1. 识图指导

YSDH2 型漏电保护器电路如图 6-36 所示，主要由一块四运算放大器集成电路 LM324 (A1~A4) 为核心构成；具有过压、过流（短路）和漏电（触电）保护功能。

2. 工作原理

图 6-36 所示电路的工作原理可从以下三个方面来进行分析说明。

(1) 漏电保护

一旦出现漏电或触电事故时，A3 运算放大器便输出高电平，并通过 A4、A2 使 VT1、VT2 管截止，继电器 K₁ 释放，其两组常开触点复位断开从而切断了用电器的供电，达到了漏电保护的目。

(2) 过压保护

当出现过压情况时，A1 的输出变为高电平，并通过 A2 使 VT1、VT2 截止，使继电器 K₁ 释放，其已闭合的常开触点 K₁₋₁、K₁₋₂ 重又断开，从而切断了用电器的供电，达到了过压保护的目。

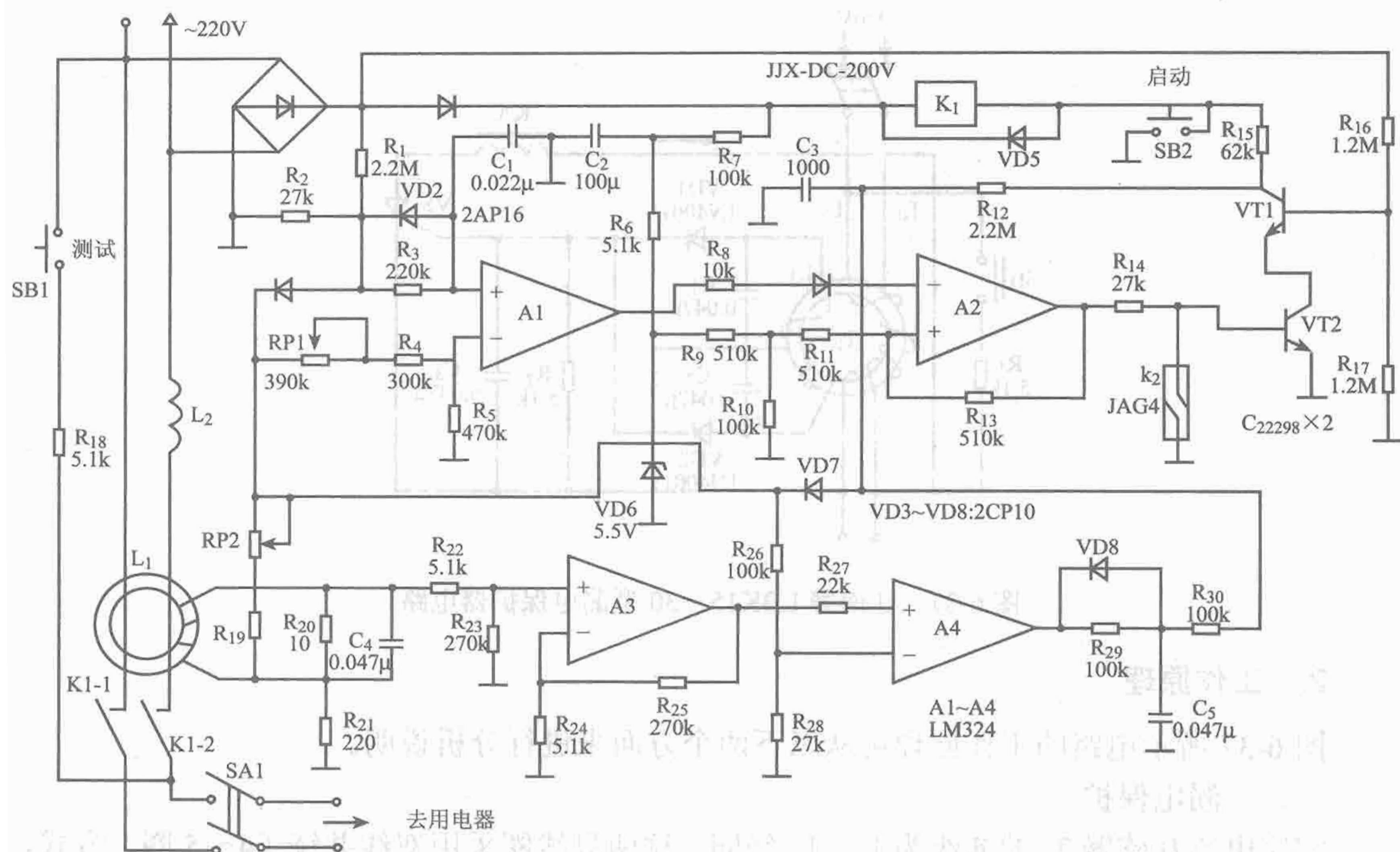


图 6-36 YSDH2 型漏电保护器电路原理图

(3) 过流或短路保护

线圈 L_2 绕在干簧管磁敏传感器 K_2 (JAG4) 上, 当出现过流或短路故障时, L_2 产生的磁场使干簧管内的常开触点闭合, 等效于将 VT2 管的基极接地, 从而使 VT1、VT2 截止, 继电器 K_1 也释放, 切断了用电器的供电, 达到了过流或短路保护的目的。

提示:

(1) 排除故障后, 重新启动漏电保护器的正确次序是: 断开主回路闸刀开关 SA1, 按启动按钮 SB2 使继电器 K_1 吸合, 然后再合上 SA1, 若故障排除不彻底, 重新合闸后继电器 K_1 会立即跳开。

(2) 互感器 L_1 可选用 M2000 (24×12×5) 磁环, 次级用 $\Phi 0.18$ mm 左右的漆包线密绕一层, 初级用多股塑胶线双线并绕 3~4 圈; 线圈 L_2 用 $\Phi 1.2$ mm 漆包线在干簧管 K_2 上绕 3~4 圈。

(3) RP1、RP2 是两只可调电位器, RP1 用来调节过压切换值, 通常可调在 200 V 左右; RP2 用来调节漏电 (触电) 动作灵敏度, 一般调为 30 mA 动作为宜。

(4) 继电器 K_1 可选用 JTX 型的来代换 (这是一种直流 200~220V 的小型继电器)。

6.5.9 读识江南牌 LBK15-30 型漏电保护器电路

1. 识图指导

江南牌 LBK15-30 型漏电保护器电路如图 6-37 所示, 主要由零序电流互感器 T_2 、单向晶闸管 VS、VD1 与 VD2 整流二极管, KA 脱扣继电器等组成。

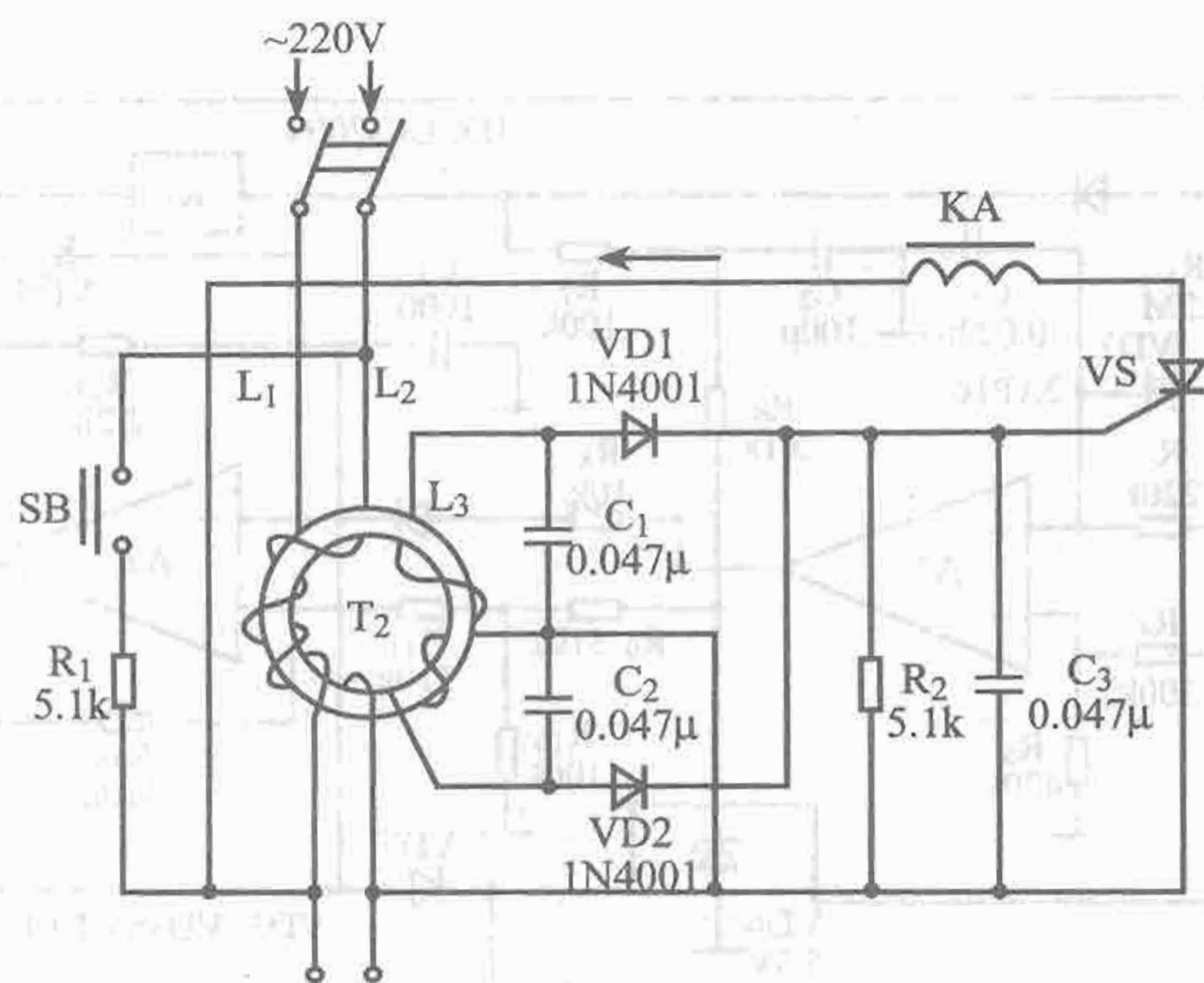


图 6-37 江南牌 LBK15-30 型漏电保护器电路

2. 工作原理

图 6-37 所示电路的工作原理可从以下两个方面来进行分析说明。

(1) 漏电保护

零序电流互感器 T_2 的初级为 L_1 、 L_2 线圈，这两只线圈采用双线并绕（4~5 圈）方式，正常情况下，这两只线圈中的电流常态向量和为零。当被保护线路发生触电或设备对地漏电时，初级出现剩余电流，次级 L_3 （数百圈）中便感应出上百毫伏的漏电信号，分别经二极管 VD_1 、 VD_2 整流后，直接触发单向晶闸管 VS 导通，相当于 220 V 交流电源全部加在脱扣继电器 KA 的线圈上。 KA 实际上是一种电磁铁，此时 KA 吸动脱扣机械装置，使其动、静触点 KA 分离，切断负载的交流供电，从而起到了漏电保护作用。该脱扣方式为直流脱扣式，其结构简单、故障点少、成本低。

(2) 试验检测电路

试验检测电路由按钮开关 SB 和 R_1 为主组成，用于检测漏电保护器的工作是否正常。在通电以后按下 SB ，220 V 交流电压通过 R_1 、按钮开关 SB 。由于其一端在零序互感器之前，而另一端在零序互感器之后， L_1 、 L_2 线圈中电流向量和不为零，初级中出现剩余电流，与漏电类似，脱扣继电器工作， KA 触点断开，切断了交流 220 V 电源，证明漏电保护器工作正常，否则判断为存在失灵故障。

6.5.10 读识 KY01A 型漏电保护器电路

1. 识图指导

图 6-38 所示电路主要由一块 KY01A 型漏电保护集成块与一只单向晶闸管为核心构成。

2. 工作原理

KY01A 集成块的⑩脚为工作电源电压输入端，该电压是由 R_4 电阻器将 220 V 交流电压降压、 VD_1 半波整流、 C_1 电容器滤波后得到的。正常时，该电压为 8 V 左右，静态电路为 2 mA。KY01A 得到供电后即可进入工作状态，其①脚与⑭脚为信号输入端，灵敏度为 4~20 mV。产生的驱动控制信号从⑧脚输出去触发单向晶闸管 VS_1 导通，使脱扣继电器

KA 线圈中的电流通路形成，产生的电磁吸力就会吸动脱扣开关跳闸，使负载断电，从而起到了漏电保护的作用。

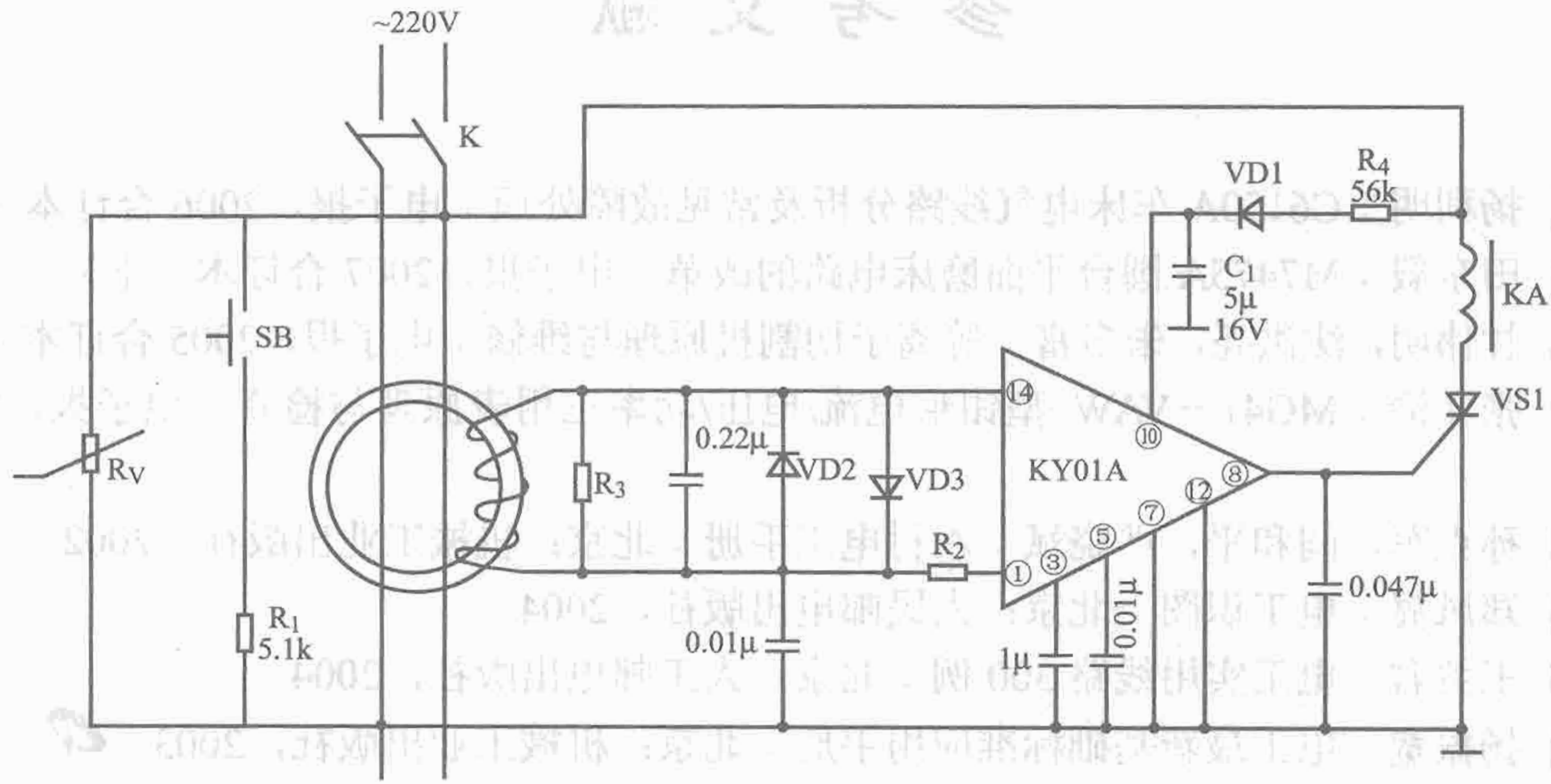


图 6-38 KY01A 型漏电保护器电路原理图

参 考 文 献

- [1] 扬利明. C6150A 车床电气线路分析及常见故障处理. 电子报, 2006 合订本(下)
- [2] 田东毅. M7475A 圆台平面磨床电路的改革. 电子报, 2007 合订本(下)
- [3] 甘伟明, 沈洪亮, 朱多富. 等离子切割机原理与维修. 电子报, 2005 合订本(上)
- [4] 张文清. MG41—VAW 型钳形电流/电压/功率三用表原理与检修. 电子报, 2008 第 5 期
- [5] 孙克军, 闫和平, 严晓斌. 农村电工手册. 北京: 机械工业出版社, 2002
- [6] 郑风翼. 电工识图. 北京: 人民邮电出版社, 2004
- [7] 王兰君. 电工实用线路 300 例. 北京: 人民邮电出版社, 2004
- [8] 扬振宽. 电工最新基础标准应用手册. 北京: 机械工业出版社, 2003

[General Information]

SS号 = 12141408

书名 = 电气电路快速识图技巧

页数 = 300

作者 = 孙余凯, 吴鸣山, 项绮明等编著

出版社 = 电子工业出版社

出版日期 = 2009.01

封面
书名
版权
前言
目录
正文