

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



PLC YINGYONG JISHU
YAODIAN YU TIJIE

PLC 应用技术 要点与题解

弭洪涛 王忠礼 主编



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



PLC YINGYONG JISHU
YAODIAN YU TIJIE

PLC 应用技术 要点与题解

主 编 弭洪涛 王忠礼
主 审 任先文



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”规划教材。

本书是《普通高等教育“十五”规划教材 PLC 应用技术》一书的配套教材。全书共六章，分别对应于原书的前六章，每章分为知识要点、习题详解、综合练习及综合练习参考答案四部分。

本书既可与原书配套使用、作为高等院校自动化等专业的本、专科教材，也可作为电气工程技术人员培训教材及相关专业人员的自学教材独立使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

PLC 应用技术要点与题解/弭洪涛 王忠礼主编.

北京: 中国电力出版社, 2006

普通高等教育“十一五”规划教材

ISBN 7 - 5083 - 4508 - 8

I. P... II. ①弭... ②王... III. 可编程序控制器
—高等学校—教材 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 072266 号

中国电力出版社出版、发行
(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)
北京铁成印刷厂印刷
各地新华书店经售

*

2006 年 8 月第一版 2006 年 8 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 10.25 印张 243 千字
印数 0001—3000 册 定价 15.60 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

前 言

为贯彻落实教育部《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》和《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》的精神,加强教材建设,确保教材质量,中国电力教育协会组织制订了普通高等教育“十一五”教材规划。该规划强调适应不同层次、不同类型院校,满足学科发展和人才培养的需求,坚持专业基础课教材与教学急需的专业教材并重、新编与修订相结合。本书为新编教材。

本书是《普通高等教育“十五”规划教材 PLC 应用技术》一书的配套教材。原教材在2004年2月出版以来,受到同行的广泛关注和好评。但是在教学过程中,很多学生反映上课时感觉听懂了,可在做习题时总觉得无从下手,迫切希望出版一本与教材配套的要点指导和习题集。为此,我们在多年教学及科研的基础上,组织编写了这本《PLC 应用技术要点与题解》及相应的《PLC 应用技术课程题库》。

本书力求简单、实用,分别对原书前六章的习题做了详细解答,并增加了大量补充习题作为综合练习。

本书由弭洪涛、王忠礼主编,参加编写的还有孙铁军、陈川、曹晶人、麻丹丹、杨伟鸿等老师;由东北电力大学电气工程学院任先文教授主审。本书在编写过程中,得到广大同行提供的大量资料及热情帮助,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中误漏之处在所难免,恳请广大同行批评指正。

编 者

2006年5月

目 录

前言

第一章 PLC 应用基础	1
第一节 知识要点	1
第二节 习题详解	8
第三节 综合练习	13
第四节 综合练习参考答案	18
第二章 PLC 硬件结构及特点	25
第一节 知识要点	25
第二节 习题详解	36
第三节 综合练习	37
第四节 综合练习参考答案	41
第三章 PLC 的基本指令及编程	44
第一节 知识要点	44
第二节 习题详解	47
第三节 综合练习	55
第四节 综合练习参考答案	64
第四章 PLC 功能指令及其应用	71
第一节 知识要点	71
第二节 习题详解	78
第三节 综合练习	85
第四节 综合练习参考答案	89
第五章 PLC 联网与通信	96
第一节 知识要点	96
第二节 习题详解	97
第三节 综合练习	98
第四节 综合练习参考答案	100
第六章 PLC 应用系统设计、调试及维护	104
第一节 知识要点	104
第二节 习题详解	105
第三节 综合练习	105
第四节 综合练习参考答案	107
附录	111
附录 1 CQM1 指令系统一览表	111

附录 2 CQM1 链接继电器一览表	116
附录 3 CQM1 软设置一览表	121
附录 4 OMRON-PLC 比较	126
附录 5 三菱 Q 系列 PLC 性能指标	150
附录 6 西门子 S7-300 主要特性	151
附录 7 LG-K 系列 PLC 主要特性	152
附录 8 LG-MK200S/300S/1000S 系列 PLC 主要特性	154
参考文献	155

第一章 PLC 应用基础

第一节 知 识 要 点

1. 电磁机构

电磁机构由线圈、铁心和衔铁组成。按线圈中的电流性质分为交流电磁机构和直流电磁机构。

交流电磁铁在铁心中存在磁滞和涡流损耗（铁损耗），引起铁心发热。为了减少磁滞和涡流损耗，铁心用硅钢片叠铆而成；直流电磁铁线圈通直流电，无磁滞和涡流损耗，铁心不发热，可以用整块软钢或工程纯铁制成。

交流线圈匝数少、电阻小（靠感抗限制线圈电流），铜损耗小，为增加铁心散热面积，线圈制成短而粗的形状，且带有骨架。直流线圈匝数多、电阻大（靠电阻限流），铜损耗大，线圈本身发热，因此做成长而薄的形状，且不带骨架（线圈与铁心直接接触），利于线圈散热。

直流电磁铁电磁吸力与气隙的平方成反比，线圈电流 I 与气隙 δ 无关；交流电磁铁电磁吸力随时间周期变化，且有过零点，将产生电磁噪声，而线圈电流 I 与气隙 δ 成正比。

2. 灭弧系统

当接触器切断电路时，如果电路中电压超过 10~12V 或电流超过 100mA，此时两个触点之间就将产生电弧。

电弧有直流电弧和交流电弧。交流电流有自然过零点，在同样的电参数下，交流电弧比直流电弧容易熄灭。

交流电弧的熄灭一般发生在电流过零点或靠近零点之时。常采用桥式触点的电动力灭弧及灭弧罩、栅片灭弧等。栅片灭弧效应对直流电弧作用较差，不适用于直流电弧的熄灭。

直流电弧的熄灭主要依靠拉长电弧和冷却电弧。常采用磁吹式灭弧。

磁吹式灭弧装置由磁吹线圈、引弧角、导弧磁夹板等组成。磁吹线圈与主电路串联时称为串联磁吹灭弧，其磁吹力的方向与电流方向无关，因而也可用于交流电弧的熄灭。

3. 触点

触点可分为主触点和辅助触点，均由动触点与静触点构成，其结构型式主要有桥式和指形。

指形触点在闭合瞬间，先由动触点的端部与静触点接触，经过一段滚动后，再由动触点的根部与静触点接触；在分断时也经过一段滚动，在动触点的端部与静触点分开。这种滚动接触与断开的过程，既消耗了撞击能量，同时也减轻了触点的电气磨损，有助于去除触点表面的氧化膜，对保证动静触点的良好接触极为有利。因而指形触点常用于大容量接触器。

主触点用来接通和分断大容量主电路。辅助触点用来参与小容量控制电路的逻辑控制。

触点按其动作状态可分为常开触点和常闭触点。常开触点是指在其线圈不通电状态下，该触点是断开状态，当其线圈通电时，该触点就闭合。故常开触点又称动合触点。另一种是常闭触点，指线圈在不通电状态是闭合的，当其线圈通电时，该触点断开。故常闭触点又称动断触点。

4. 接触器

接触器是利用电磁吸力的作用使主触点接通或断开电动机电路或其他负载电路的控制电器，由电磁机构、触点系统、灭弧装置组成。其图形符号和文字符号见图 1-1。

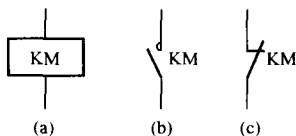


图 1-1 接触器的图形符号和文字符号

(a) 线圈；(b) 动合触点；(c) 动断触点

接触器按主触点流过电流的性质分为交流接触器和直流接触器。

接触器的技术指标主要有额定电压、额定电流、线圈的额定电压及额定操作频率等。

接触器铭牌标注的额定电压是指主触点上的额定电压。常见的电压等级有：直流 220、440、660V；交流 220、380、500V。

额定电流是指主触点的额定电流。常见的电流等级有：直流 25、40、60、100、150、250、400、600A 等；交流 5、10、20、40、60、100、150、250、400A 等。

线圈的额定电压等级有：直流 24、48、220、440V；交流 36、127、220、380V 等。

额定操作频率是指每小时接通次数。

5. 电磁式继电器

电磁式继电器与接触器类似，由铁心、衔铁、线圈、释放弹簧和触点等部分组成，主要有电流继电器、电压继电器和中间继电器。其图形符号和文字符号见图 1-2。

电流继电器的线圈是电流线圈，它与负载串联以反应负载电流的变化，故它的线圈匝数少而导线粗。电流继电器分为过电流继电器和欠电流继电器。

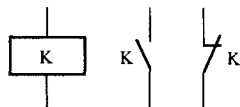


图 1-2 继电器的图形符号和文字符号

过电流继电器在正常工作时衔铁不动作，当电流超过某一整定值时，衔铁动作，于是动合触点闭合，动断触点断开。一般交流过电流继电器调整在 $(110\% \sim 400\%) I_N$ 动作，直流过电流继电器调整在 $(70\% \sim 300\%) I_N$ 动作。

欠电流继电器在电路电流正常时，衔铁吸合，当电流降低到某一整定值时，继电器释放。

电压继电器的线圈是电压线圈，导线细、电阻大，与负载并联以反映电路电压的变化。

电压继电器有过电压继电器、欠电压继电器、零电压继电器等。

过电压继电器是在电压为 $(110\% \sim 115\%) U_N$ 以上时动作，对电路进行过电压保护；欠电压继电器是在电压为 $(40\% \sim 70\%) U_N$ 时动作，对电路进行欠电压保护，零电压继电器是当电压降至 $(5\% \sim 35\%) U_N$ 时动作，对电路进行零压保护。

中间继电器实质上也是一个电压线圈的继电器。它具有触点多（六对甚至更多）、触点电流大（额定电流为 5~10A）、动作灵敏（动作时间小于 0.05s）等特点。

电磁继电器的整定方法：反作用弹簧松紧（调整吸合值和释放值）和非磁性垫片的厚薄（调整释放值）。

释放值与吸合值的比称为继电器的返回系数。



图 1-3 热继电器的图形符号和文字符号

6. 热继电器

热继电器主要用于电动机的过载、断相及电流不平衡的保护，以及其他电气设备发热状态的控制。其结构形式有双金属片式、热敏电阻式、易熔合金式。其图形符号和文字符号见图 1-3。

在三相电源对称、电动机三相绕组绝缘良好的情况下,电动机的三相线电流是对称的,这时可以采用一相结构的热继电器。

当电动机出现一相断线故障,并且正好发生在串有一相结构的热继电器这一相时,就需采用两相结构的热继电器。

当三相电源因供电线路故障而发生严重的不平衡、电动机绕组内部发生短路或绝缘不良等故障时,就可能使电动机某一相电流比其他两相电流高,而恰好在电流过高的这一相中没有热元件,此时就需采用具有三个热元件的三相结构热继电器。

对于△联结的三相感应电动机,当三相电源断相时,如果故障电流达到额定值时,电动机内部电流较大的那一相绕组的故障相电流已超过额定相电流了。由于热元件是串接在电源进线中的,所以热继电器不会动作,将使电动机绕组过热。为了解决△联结的三相鼠笼式电动机的断相保护问题,可以采用带断相保护装置的热继电器。

7. 时间继电器

时间继电器是在电路中控制动作时间的继电器。当它的敏感元件获得信号后,经过一段时间,其执行元件才会动作并输出信号。其图形符号和文字符号见图 1-4。

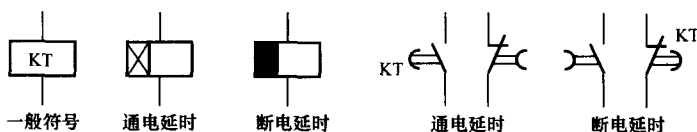


图 1-4 时间继电器的图形符号和文字符号



图 1-5 控制按钮的图形符号和文字符号

8. 主令电器

主令电器是用来接通和分断控制电路以发布命令,或对生产过程作程序控制的开关电器。主要有控制按钮、行程开关、万能转换开关和主令控制器等。其图形符号和文字符号见图 1-5、图 1-6、图 1-7。

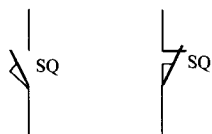


图 1-6 行程开关的图形符号和文字符号

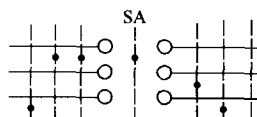
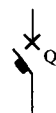


图 1-7 万能转换开关和主令控制器的图形符号和文字符号

9. 自动开关

自动开关主要用在低压动力线路中。它除了能手动或自动接通动力电源外,还能在发生严重过载、短路及欠电压等故障时自动切断电路,实现对线路、电源设备及电动机的保护,也可用于不频繁地转换及启动电动机。其图形符号和文字符号见图 1-8。

自动开关又称低压断路器,由触点系统、灭弧系统、各种脱扣器、开关机构、框架或外壳组成。



断路器的额定电压是指其最大工作电压,包括额定工作电压 U_N 和额定绝缘电压 U_i ,电压等级有:交流 220、380、660、1140V,直流 110、220、440V 等;额定电流是指过流脱扣器的额定电流,或断路器的额定持续工作电流;额定短路分断能力是指在规定的使用条件下,分断预期短路电流的能力。

图 1-8 自动开关的符号

10. 熔断器

熔断器串接于被保护电路中。当电路发生短路故障时, 熔体被瞬时熔断而分断电路, 故熔断器主要用于短路保护。它主要由熔体和熔断管两部分组成。其图形符号和文字符号见图 1-9。



图 1-9 熔断器的符号

通常把熔断体内能装入的最大熔体的额定电流称为熔断器的额定电流; 熔断器长期工作时分断线路时能够承受的电压, 称为熔断器的额定电压。

11. 电气原理图设计

电气控制线路的设计方法通常有经验设计法和逻辑设计法两种。

经验设计法是根据生产工艺要求, 利用各种典型的线路环节, 直接设计控制线路。逻辑设计法是根据生产工艺的要求, 利用逻辑代数来分析、设计线路的方法。

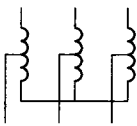
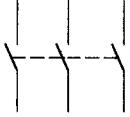
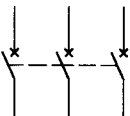
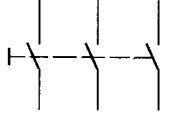
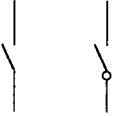
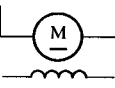
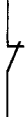
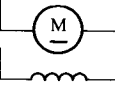
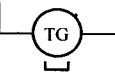
电气原理图所用图形和文字符号应符合 GB4728《电器图用图形符号》和 GB7159—1987《电工设备文字符号》的规定。电气原理图常用图形符号和文字符号见表 1-1。

表 1-1

电气原理图常用图形符号和文字符号

名 称	图形符号 (GB4728)	文字符号 (GB7159)	名 称	图形符号 (GB4728)	文字符号 (GB7159)
直流电	— 或 ———		母线	—————	
交流电	~		软导线	~~~~~	
交直流电	~		三根导线	/// 或 ===	
正极		+	导线的连接	┴ 或 ┴	
负极		-	故障	⚡	
星形联结	Y		电阻器	—□— ~~~~~	R
有中性点引出线的星形联结	Y		可变电阻器	—□— ↗	R
三角形联结	△		滑动触点电位器	—□— ┴	RP
电气连接	○ 或 ●		电容器	┴┴	C
可拆卸的电气连接端子	⊗		极性电容器	┴┴ ┴┴	C
接地	⏏	E	电感器、绕组、线圈	⌚	L
接机壳或接底板	/// 或 ┴		带铁心的电感器	⌚	L
导线及电缆	—————		电抗器	⌚	L

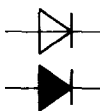
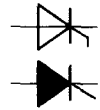
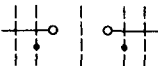
续表

名 称	图形符号 (GB4728)	文字符号 (GB7159)	名 称	图形符号 (GB4728)	文字符号 (GB7159)
双绕组 变压器		T	插座		XS
单相自耦 变压器		T	刀开关		Q
星形连接三 相自耦 变压器		T	三极开关、刀 开关、组合开关		Q
电流互感器		TA	三相断路器		QF
三相鼠笼式 异步电动机		M 3~	手动三极 开关		Q
三相绕线式 异步电动机		M	开关 动合触点 (常开触点)		
他励式直流 电动机		M	开关 动断触点 (常闭触点)		
并励式直流 电动机		M	先断后合的 转换触点		
永磁式直流 测速发电机		TG	中间断开的 双向触点		
熔断器		FU			
插头		XP			

续表

名 称		图形符号 (GB4728)	文字符号 (GB7159)	名 称		图形符号 (GB4728)	文字符号 (GB7159)			
按钮	动合触点		SB	时间继电器	线圈 (一般符号)		KT			
	动断触点				延时释放 线圈					
	复合触点				延时吸合 线圈					
限位开关	动合触点		SQ		动合延时 闭合触点			KT		
	动断触点				动断延时 打开触点					
	复合触点				动合延时 打开触点					
接触器	线圈		KM		时间继电器	动断延时 闭合触点				KT
	动合主触点					动合延时 闭合和打 开触点				
	动合辅助 触点					动断延时 打开和闭 合触点				
	动断辅助 触点			热继电器		热元件			FR	
速度继电器	动合触点		KV		动合触点					
	动断触点				动断触点					

续表

名 称			图形符号 (GB4728)	文字符号 (GB7159)	名 称			图形符号 (GB4728)	文字符号 (GB7159)
继 电 器	中间继电器 器线圈		KA	相应继电器符号	二极管		VD		
	电压继电器 器线圈		KV		普通晶闸管		VT		
	电流继电器 器线圈		KA		稳压二极管		V		
	动合触点		相应继电器符号		单结晶体管		V		
	动断触点				PNP 三极管		V		
主令控制器 转换开关			SA	NPN 三极管			V		
电磁铁			YA	电喇叭			HA		
电磁制动器			YB	电铃			HA		
照明灯			EL						
信号灯			HL						

第二节 习 题 详 解

1-1 简述接触器、继电器各有什么特点？其主要区别是什么？

答：接触器是利用电磁力的作用使主触点接通或断开电动机或其他负载主电路的控制电器。接触器具有比工作电流大数倍的接通能力和分断能力，可以实现频繁的远距离操作。接触器最主要的用途是控制电动机的启动、正反转、制动和调速等。

继电器是一种根据特定形式的输入信号的变化而动作的自动控制器。它与接触器不同，主要用于反映控制信号变化，其触点通常接在控制电路中。

继电器与接触器的主要区别：

(1) 接触器感应固定的电压信号；继电器可感应多种输入信号的变化，包括电压、电流、速度、时间、温度、压力等。

(2) 接触器主触点容量大，用于控制主电路；继电器则主要用来实现各种逻辑控制。

(3) 接触器均带有灭弧装置，继电器则没有。

1-2 交流电磁线圈中通入直流电会发生什么现象？

答：交流电磁线圈的特点是匝数少、电阻小，靠感抗限制线圈电流，通入直流电后因感抗为零，将会造成线圈电流过大而烧毁。

1-3 直流电磁线圈中通入交流电会发生什么现象？

答：直流电磁线圈的特点是匝数多、电阻大，靠电阻限流，而铁心由整块工程纯铁制成，这样通入交流电后，将在铁心中产生较大的磁滞和涡流损耗，间接造成线圈过热而烧毁。

1-4 带有交流电磁机构的接触器，线圈通电后衔铁被卡住，会发生什么现象？为什么？

答：根据交流电磁机构的特性可知，交流电磁铁的线圈电流 I 与工作气隙 δ 成正比，如果线圈通电后衔铁被卡住，工作气隙 δ 一直很大，因此电磁线圈的电流 I 也一直很大，电磁线圈将被烧毁。

1-5 带有直流电磁机构的接触器是否允许频繁操作？为什么？

答：带有直流电磁机构的接触器适于频繁操作，根据直流电磁机构吸力特性可知，直流电磁机构线圈的电流 I 与工作气隙 δ 无关，因此线圈电流 I 的大小不受衔铁状态的影响，所以带有直流电磁机构的接触器频繁操作时，不会造成线圈过热。

1-6 交流电磁铁的铁心端面上为什么要安装短路环？

答：根据交流电磁机构的吸力特性可知，电磁吸力 F 随时间周期变化，且每周期有两次过零点，也就是说 F 有两次小于机械负载反力 F_r ，衔铁有两次“拍合”铁心的现象，引起电磁噪声，因此在铁心端面的 $2/3$ 处安装短路环，从而产生相差一个相位的两个磁通 Φ_1 和 Φ_2 ， Φ_1 和 Φ_2 分别产生两个分力 F_1 和 F_2 ，其合力 $F = F_1 + F_2$ 总大于反力，这样就消除了电磁噪声。

1-7 交流接触器能否串联使用？为什么？

答：交流接触器不能串联使用，即使外加电压是两个线圈额定电压之和，也是不允许的。因为每个线圈上所分配到的电压与线圈阻抗成正比，而两个电器的动作总是有先有

后,不可能同时吸合。假如一个接触器先吸合,则其磁路闭合,线圈电感显著增加,因而在该线圈上的电压降也相应增大,使另一个接触器的线圈电压达不到动作电压,从而使工作气隙 δ 一直很大,由于交流电磁铁的线圈电流 I 与工作气隙 δ 成正比,将造成线圈过热而烧毁。

1-8 直流电磁式时间继电器的延时原理是怎样?如何整定延时范围?

答:直流电磁式时间继电器断电延时原理是利用楞次定律,方法有如下两种:

(1) 阻尼铜套法:当线圈通电时,衔铁处于释放位置,气隙大,磁阻大,磁通小,所以阻尼铜套的作用很小,可不计延时作用;而当线圈断电时,由于电流瞬间减小,根据楞次定律,阻尼铜套中将产生一个感应电流,阻碍磁通的变化,维持衔铁不立即释放,直至磁通通过阻尼铜套电阻消耗逐渐使电磁吸力不足以克服反力时,衔铁释放,从而产生了断电延时。

(2) 短接线圈法:当电磁线圈断电时,立即将线圈短接,根据楞次定律,线圈中将产生一个阻碍磁通变化的感应电流,维持衔铁不立即释放,从而产生断电延时。

延时范围的调整:

1) 改变释放弹簧的松紧度:释放弹簧越紧,释放磁通越大,延时越短。

2) 改变非磁性垫片厚度:垫片厚度增加,延时增加。

3) 为增大断电延时,对带阻尼套的时间继电器可兼用短接线圈法。

1-9 交流电压继电器与直流电压继电器在结构上有什么不同?

答:二者均为电压线圈,但有交流和直流之分。交流电压线圈的特点是匝数少、电阻小,靠感抗限制线圈电流,铁心由硅钢片叠铆而成;直流电压线圈的特点是匝数多、电阻大,靠电阻限流,铁心由整块工程纯铁制成。

1-10 直流电压继电器与直流电流继电器在结构上有什么不同?

答:直流电流继电器的线圈是电流线圈,它与负载串联以反映负载电流的变化,故它的线圈匝数少而导线粗;直流电压继电器的线圈是电压线圈,导线细、电阻大、与负载并联以反映电路电压的变化。

1-11 Y形接法的三相异步电动机能否采用两相结构的热继电器作为断相和过载保护?△接法的三相异步电动机为什么要采用带有断相保护的热继电器?

答:电动机为Y接时,若任一相发生断相,另外两相电流增大,由于线电流等于相电流,流过绕组的电流与流过热元件的电流增加比例相同,因此采用普通两相式热继电器即可实现断相保护;若供电线路严重不平衡或电动机绕组内部发生短路或绝缘不良等故障时,就可能使绕组某一相电流比其他两相高,若恰好在这一相中没有热元件,则不能起到保护作用。此时须采用三相结构的热继电器。

电动机为△接时,若发生断相故障,流过绕组的电流与流过热元件的电流不相同,而热继电器按线电流整定,整定值比绕组相电流大,因此故障线电流达到动作值以前,绕组电流就已超过额定电流,使绕组过热烧毁。因此必须采用带断相保护的热继电器。

1-12 试设计可以从两地控制一台电动机,能实现点动工作和连续运转工作的控制线路。

解:设SB1、SB1'为两地停止按钮,SB2、SB2'为两地启动按钮,SB3、SB3'为两地点动按钮,则控制线路如图1-10所示。

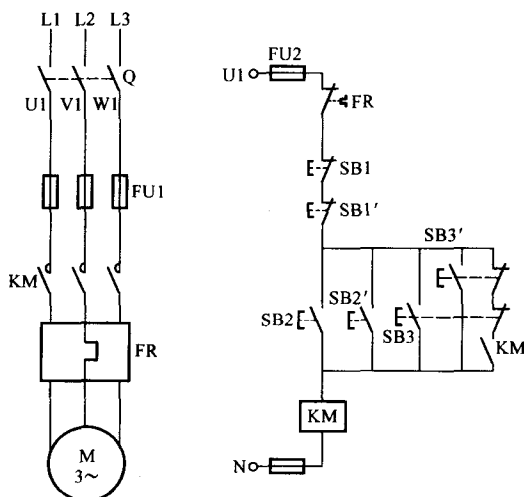


图 1-10 习题 1-12 图

1-13 在没有时间继电器的情况下，设计一个用按钮和接触器控制电动机串电阻降压启动的控制线路。

解：设 SB1 为停止按钮，SB2 为串电阻启动按钮，SB3 为切电阻按钮，则控制线路如图 1-11 所示。

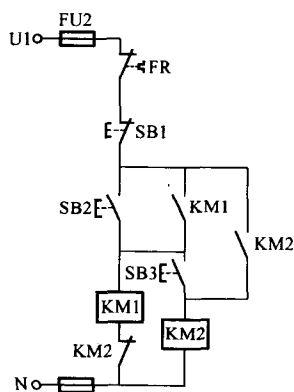
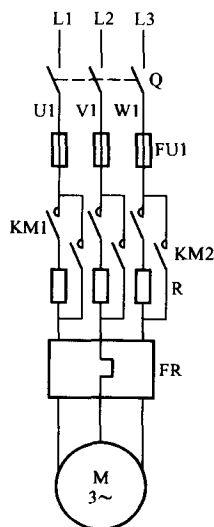


图 1-11 习题 1-13 图

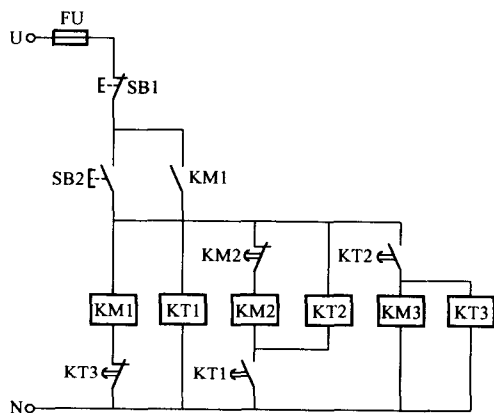


图 1-12 习题 1-14 图

1-14 试设计一控制线路，要求：按下按钮后，KM1 通电，经 10s 后，KM2 通电，经 5s 后，KM2 释放，同时 KM3 通电，再经 15s，KM1、KM3 同时释放，在任何时刻，按停止按钮线路停止工作。

解：设 SB1 为停止按钮，SB2 为启动按钮，则控制线路如图 1-12 所示。

1-15 试设计一绕线式异步电动机的控制线路，要求：①用按钮实现单方向运转；②按时间原则串电阻三级启动。

解：设 SB1 为停止按钮，SB2 为启动按钮，则控制线路如图 1-13 所示。启动结束后，

通过 KM4 动合触点将 KT1 切除，使 KT1、KT2、KT3、KM2、KM3 均断电，只有 KM1、KM4 维持通电。

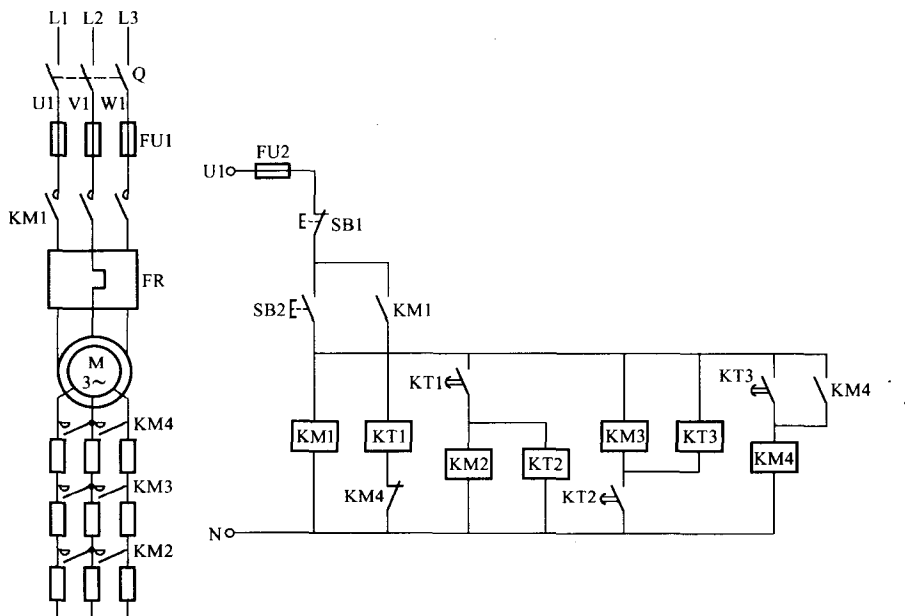


图 1-13 习题 1-15 图

1-16 图 1-14 所示 TPH31 系列滑环式异步电动机通用屏能实现几级调速？线路有哪些保护？分别是哪些元件实现的？当主令控制器的手柄在第二位时，有哪些线圈通电？

答：TPH31 系列滑环式异步电动机通用屏能实现三级调速；有 4 种保护：短路保护（Q、Q1）、过载保护（KA1、KA2、KA3）、失压保护（KV、KM1、KM2、KM3）、零位保护（KV、SA）；当主令控制器的手柄在第二位时，线圈 KV、KM1、KM2、KB、YB、KA1、KA2、KA3 通电。

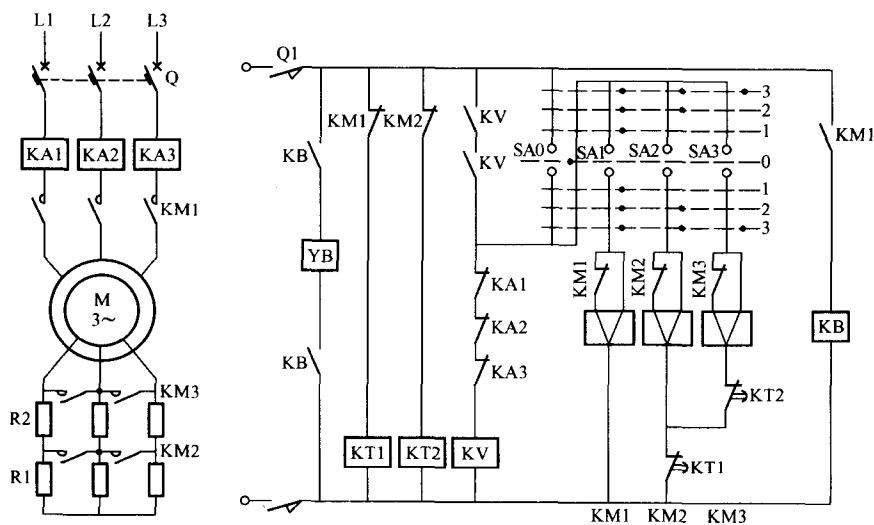


图 1-14 TPH31 系列通用控制屏