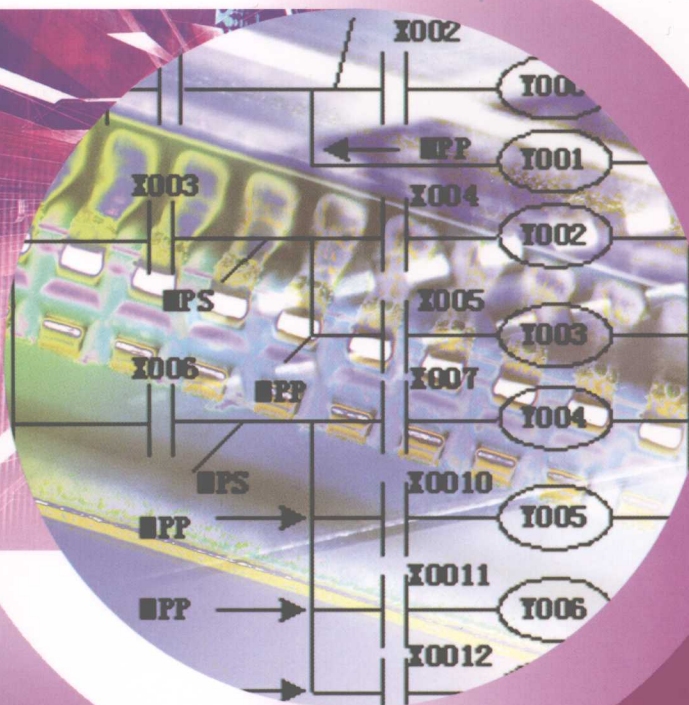




21 世纪中等职业教育系列教材
中等职业教育系列教材编委会专家审定

电器及PLC控制技术



主编 倪 彤
伍 枫



北京邮电大学出版社
<http://www.buptpress.com>

图书在版编目(CIP)数据

电器及 PLC 控制技术/倪彤主编. —北京:北京邮电大学出版社,2007

ISBN 978 - 7 - 5635 - 1459 - 5

I. 电... II. 倪... III. ①电气设备—自动控制—专业学校—教材②可编程序控制器—专业学校—教材 IV. TM762

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 053888 号

电器及 PLC 控制技术

倪彤 伍枫 主编

书 名 电器及 PLC 控制技术
主 编 倪 彤 伍 枫
责任编辑 周 堃 赵延玲
出版发行 北京邮电大学出版社
社 址 北京市海淀区西土城路 10 号 邮编 100876
经 销 各地新华书店
印 刷 北京市彩虹印刷有限责任公司
开 本 787 mm × 960 mm 1/16
印 张 9.25
字 数 179 千字
版 次 2007 年 6 月第 1 版 2007 年 6 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978 - 7 - 5635 - 1459 - 5/TH · 40
定 价 13.00 元

如有印刷问题请与北京邮电大学出版社联系 电话:(010)82551166 (010)62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn Http://www.buptpress.com

版权所有 侵权必究

出版说明

本书是根据教育部最新颁发的中等职业学校《电器及 PLC 控制技术教学基本要求》，并参照有关行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级标准编写的中等职业教育教材。

本书由电气控制技术、PLC 应用技术、PLC 实训三部分内容所构成。电气控制技术部分主要讲述了常用低压电器的原理、结构、型号和用途，并要求能够正确地选择、应用和维护电器；三相异步电动机的起动控制、正反转控制、调速控制、制动控制等。PLC 应用技术部分主要讲述了 PLC 基础知识和程序设计方法、电器与 PLC 控制系统的设计、安装、维护和应用等。PLC 实训部分采用日本三菱电机公司所提供的 PLC 仿真软件(FX - TRN - BEG - CL Version 1.0)，以帮助大家进一步学习和掌握 PLC 控制技术。

根据职业教育的特点，本书在编写时力求由浅入深，通俗易懂，摒弃纯理论性的分析探讨，注重实用性，力求做到理论联系实际。同时还选择一些实际应用的设计内容，以提高学生的学习兴趣、拓宽其知识面。

本书是中等职业学校机电技术应用及相关专业的教材，也可以作为职业培训教材和电气技术人员的参考书。

由于时间仓促，水平所限，书中难免存在不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一篇 电气控制技术

第一章 低压电器	2
第一节 概述	2
第二节 熔断器	3
第三节 主令电器	5
第四节 接触器	9
第五节 继电器	10
第六节 低压开关和低压断路器	15
习题一	19
第二章 电气控制线路的基本环节	20
第一节 电气控制线路的绘制	20
第二节 三相异步电动机的起动控制	24
第三节 三相异步电动机的正反转控制	30
第四节 三相异步电动机的调速控制	31
第五节 三相异步电动机的制动控制	32
第六节 其他典型控制环节	35
第七节 电气控制线路的设计方法	38
习题二	42

第二篇 PLC 应用技术

第三章 概述	44
第一节 可编程序控制器的由来	44
第二节 可编程序控制器的国内外状况	44
第三节 可编程序控制器的分类	45
第四节 可编程序控制器的特点与应用领域	46

第五节	可编程序控制器的发展趋势	47
习题三		49
第四章	PLC 的基本结构与工作方式	50
第一节	PLC 的基本结构	50
第二节	PLC 的工作方式	53
习题四		56
第五章	FX2 系列 PLC 的系统构成与特性	57
第一节	FX2 系列 PLC 的系统与特性	57
第二节	FX2 系列 PLC 内部组件	60
习题五		66
第六章	FX2 系列 PLC 的指令与编程方法	67
第一节	PLC 的常用编程语言	67
第二节	FX2 系列 PLC 的基本指令	68
第三节	编程的基本规则与技巧	79
第四节	FX2 系列 PLC 的步进指令	81
第五节	FX2 系列 PLC 的功能指令	89
习题六		107
第七章	可编程序控制器系统硬件设计	111
第一节	可编程序控制器系统硬件设计	111
第二节	可编程序控制器系统供电及接地	113

第三篇 PLC 仿真实训

第八章	PLC 仿真实训	122
第一节	FX 系列 PLC 编程入门	122
第二节	PLC 基本控制程序	125
第三节	定时器、计数器控制程序	131
第四节	PLC 控制实用程序	135

第一章 低压电器

第一节 概述

电能的应用已随着科技进步与经济发展而越来越广泛,电器对电能的生产、输送、分配与应用起着控制、调节、检测和保护的作用,在电力输配电系统和电力拖动自动控制系统中应用极为广泛。

低压电器是电力拖动自动控制系统的基本组成元件。由于电子技术、自控技术和计算机应用技术的迅猛发展,一些电器元件可能被电子线路所取代,但电器本身也在向新的领域扩展,且有些电器元件有其特殊性,故是不可能完全取代的。因此作为电气技术人员必须熟悉常用低压电器的原理、结构、型号和用途,并能正确选择、应用和维护。

一、低压电器的分类

低压电器是在交流额定电压 1200V 以下,直流额定电压 1500V 以下的电路中起通断、调节、控制和保护电路及电气设备用的电工器具。

低压电器的功能多、用途广、品种规格繁多,为了系统地掌握,必须加以分类。

(一)按动作原理分类

- (1)手动电器 人手操作发出指令的电器,如刀开关、按钮等。
- (2)自动电器 产生电磁吸力而自动完成动作指令的电器,如接触器、继电器、电磁阀等。

(二)按用途分类

- (1)控制电器 用于各种控制电路和控制系统的电器,如接触器、继电器等。
- (2)配电电器 用于电能的输送和分配的电器,如熔断器、刀开关、低压断路器等。
- (3)主令电器 用于自动控制系统发出动作指令的电器,如按钮、转换开关等。
- (4)保护电器 用于保护电路及用电设备的电器,如熔断器、热继电器等。
- (5)执行电器 用于完成某种电路及用电设备的电器,如电磁离合器等。

二、我国低压电器的发展概况

低压电器是组成电气成套设备的基础配套元件。低压电器使用量大面广,发电厂生产的电能 80% 以上以低压电形式付诸使用,每生产 1 万 kW 的发电设备,需要生产 4 万件各种低压电器元件与之配套使用。从刀开关、熔断器等最简单的低压电器算起,到多种规格的低压断路器、接触器、继电器以及它们组成的成套电气控制设备都随着国民经济的发展而发展。

我国低压电器经过 50 多年发展,目前已形成比较完善的体系,品种、规格、性能、产量都

能基本满足我国经济发展需要。同时引进先进技术,加快新产品问世,从德国 BBC 公司、AEG 公司和美国西屋公司引进的 ME 系列低压断路器、B 系列交流接触器、T 系列热继电器、NT 和 NGT 系列熔断器等产品制造技术,基本上实现了国有化,有的产品还返销到国外。我国开发生产的大容量智能化的“万能式断路器”DW45 系列、CJ45 系列交流接触器的主要技术性能指标已与国外同类产品相当。

随着我国加入 WTO,外国产品大量进入中国电器市场,占领了我国高端产品市场的 80% 以上,并向中档市场渗透,所以我们必须加速我国高性能产品的开发,尽快完善产品系列,加大我国产品推广力度,明显提高产品可靠性和外观质量,具体体现在提高电器元件的性能,大力发展机电一体化产品,研发智能化电器、电动机综合保护电器、有触点和无触点的混合式电器、模数化终端组合电器和节能电器。模数化终端组合电器实现了电器尺寸模数化、安装轨道化、外形艺术化和使用安全化,是理想的新一代配电装置。

今后,通过深化改革、自主创新,随着经济的发展,我国的电器工业将会大大缩短与世界先进水平的差距,发展到更高的水平,以满足国内外市场的需要。

第二节 熔断器

熔断器是一种简单而有效的保护电器,在电路中主要起短路保护作用。

熔断器主要由熔体和安装熔体的绝缘管(绝缘座)组成。使用时,熔体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,起到保护作用。

一、常用的熔断器

(1) 插入式熔断器 如图 1-1 所示,它常用于低压分支电路的短路保护。

(2) 螺旋式熔断器 如图 1-2 所示,熔体上的上端盖有一熔断指示器,熔体一旦熔断,指示器马上弹出,可透过瓷帽上的玻璃孔观察到。常用于机床电气控制设备中。

(3) 无填料密闭管式熔断器 如图 1-3 所示,常用于低压电网或成套配电设备中。

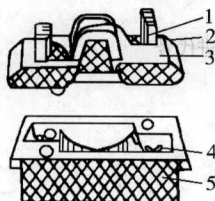


图 1-1 插入式熔断器

1—动触点;2—熔体;3—瓷插件;
4—静触点;5—瓷座

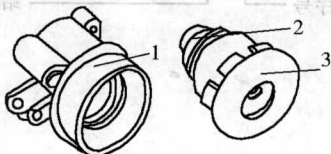


图 1-2 螺旋式熔断器

1—底座;2—熔体;3—瓷帽

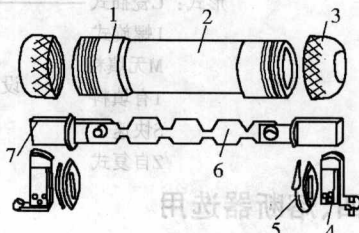


图 1-3 无填料密闭管式熔断器

1—铜圈;2—熔断管;3—管帽;
4—插座;5—特殊垫圈;6—熔体;7—熔片

此外,还有装有石英砂的有填料密闭管式熔断器,可用于大容量电力网和配电设备,以及用于半导体整流装置短路保护的快速熔断器等。

二、熔断器的主要特性

(一)安秒特性

它表示熔断时间 t 与通过熔体的电流 I 的关系,如图 1-4 所示。熔断器的安秒特性为反时限特性,即短路电流值越大,熔断时间越短,以满足短路保护要求。

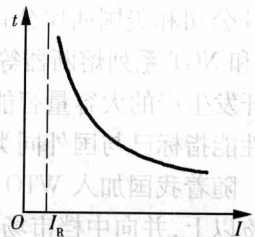


图 1-4 熔断器的安秒特性

熔断器的熔断电流与熔断时间的数值关系如表 1-1 所示。

表 1-1 熔断器的熔断电流与熔断时间的数值关系

熔断电流	$1.25 \sim 1.3I_N$	$1.6I_N$	$2I_N$	$2.5I_N$	$3I_N$	$4I_N$
熔断时间	∞	1h	40s	8s	4.5s	2.5s

(二)技术参数

1. 额定电压

额定电压指保证熔断器能长期正常工作的电压。

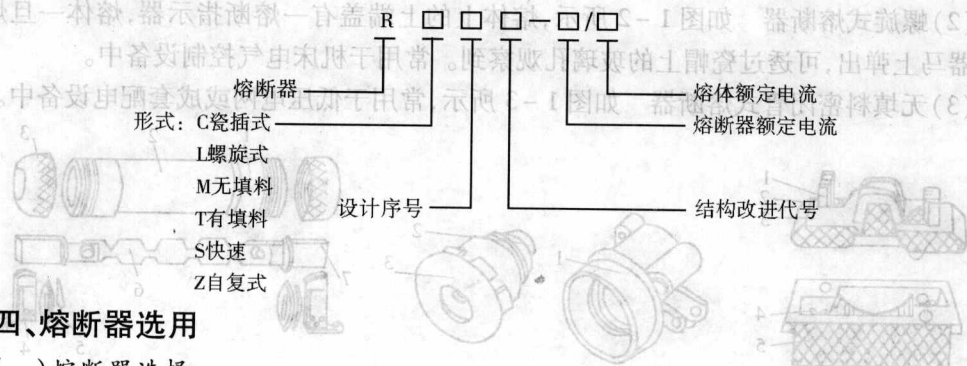
2. 额定电流

额定电流指保证熔断器(绝缘底座)能长期工作的电流,必须大于或等于所装熔体的额定电流。

3. 极限分断电流

极限分断电流是指熔断器在额定电压下所能断开的最大短路电流。

三、熔断器型号



四、熔断器选用

(一)熔断器选择

其类型应根据线路要求、使用场合和安装条件选择。

(二)熔体额定电流选择

1. 对于电炉、照明等电阻性负载的短路保护,熔体的额定电流等于或稍大于电路的工

作电流。

2. 在配电系统中,通常有多级熔断器保护,发生短路故障时,远离电源端的前级熔断器应先熔断。所以一般后一级熔体的额定电流比前一级熔体的额定电流至少大一个等级,以防止熔断器越级而扩大停电范围。

3. 保护单台电动机时,考虑到电动机受起动电流的冲击,熔体的额定电流(I_{RN})不小于电动机额定电流(I_N)的1.5~2.5倍。即:

$$I_{RN} \geq (1.5 \sim 2.5) I_N$$

保护多台电动机时,应按下式计算:

$$I_{RN} \geq (1.5 \sim 2.5) I_{N_{max}} + \sum I_N$$

式中, $I_{N_{max}}$ 为容量最大的一台电动机的额定电流; $\sum I_N$ 为其余电动机额定电流之和。

4. 熔断器的图形及文字符号如图1-5所示。

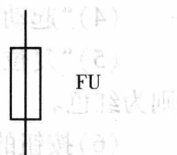


图1-5 熔断器图形及文字符号

第三节 主令电器

主令电器是用来发布命令、改变控制系统工作状态的电器,它可以直接作用于控制电路,也可以通过电磁式电器的转换对电路实现控制,其主要类型有控制按钮、行程开关、转换开关等。

一、控制按钮

按钮是最常用的主令电器,其典型结构如图1-6所示。它既有常开触点,也有常闭触点。常态时在复位弹簧的作用下,由桥式动触点将静触点1、2闭合,静触点3、4断开,按下按钮时,动触点将1、2分断,3、4闭合。1、2被称为常闭触点或动断触点,3、4被称为常开触点或动合触点。按钮的型号意义:

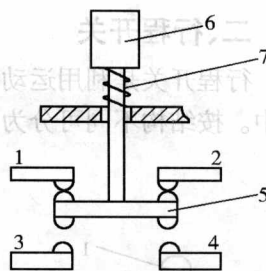


图1-6 按钮结构

1,2,3,4—静触点;
5—动触点;6—复位弹簧;7—钮帽



为表明按钮的作用,避免误操作,通常将钮帽做成红、绿、黑、黄、蓝、白、灰等颜色,并规定了:

(1)“停止”和“急停”按钮必须是红色,当按下红色按钮时,必须使设备停止工作或断电。

(2)“起动”按钮的颜色是绿色。

(3)“点动”按钮的颜色是黑色。

(4)“起动”和“停止”交替动作的按钮必须是黑色、白色或灰色,不得是绿色或红色。

(5)“复位”(如保护继电器的复位按钮)必须是蓝色。当复位按钮还有停止的作用时,则为红色。

(6)按钮的图形、文字符号如图1-7所示。

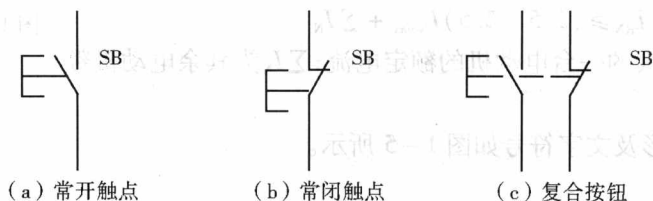


图1-7 按钮的图形及文字符号

二、行程开关

行程开关是利用运动部件的行程位置实现控制的电器元件,常用在自动往返的生产机械中。按结构不同可分为直动式、滚轮式、微动式,如图1-8所示。

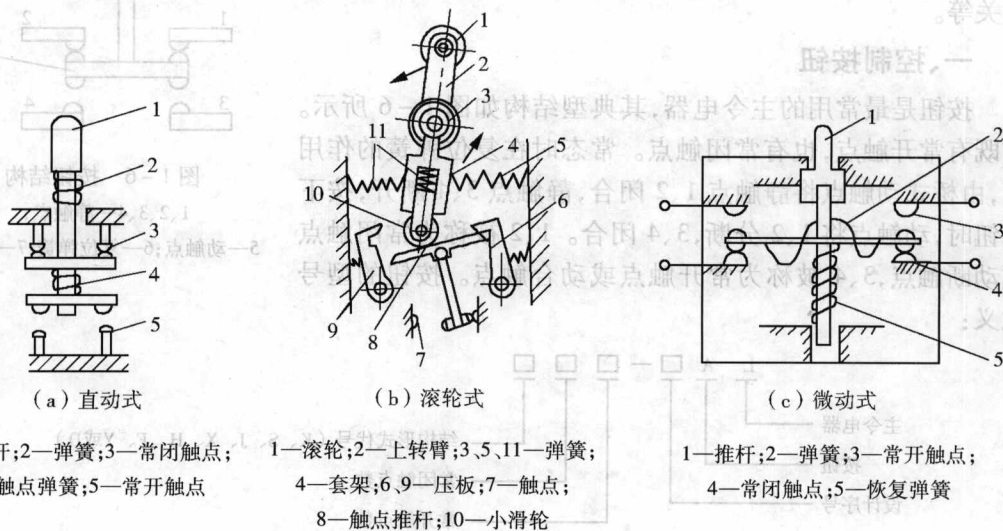
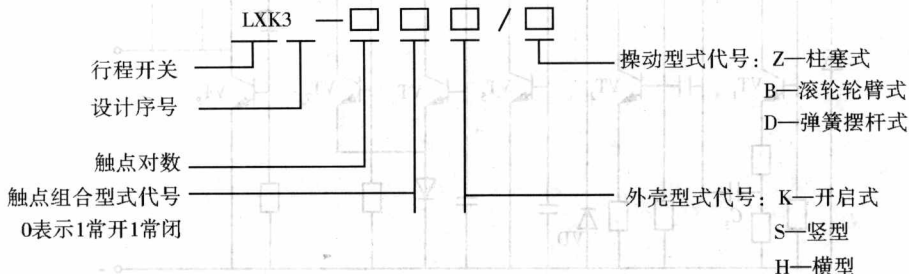


图1-8 行程开关结构图

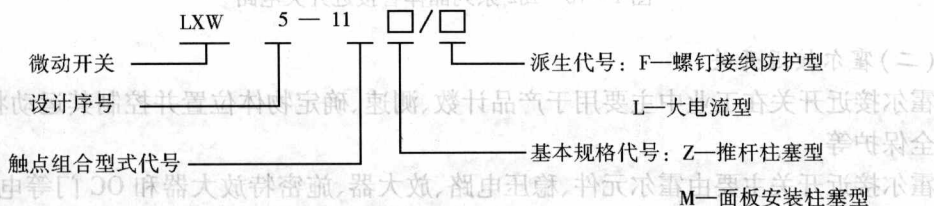
行程开关的结构、工作原理与按钮相同。区别是行程开关不靠手动而是利用运动部件上的挡块碰压使触点动作,有自动复位和非自动复位两种。

常用行程开关的型号有 LX19 系列、新产品 LXX3 系列和 LXW5 系列微动开关等。

LXX3 系列行程开关型号意义:



LXW5 系列微动开关的型号意义:



行程开关的图形与文字符号如图 1-9 所示。

三、接近开关

接近开关近年来获得广泛的应用,它是靠移动物体与接近开关的感应头接近时,使其输出一个电信号,故又称为无触点开关。在继电-接触器控制系统中应用时,接近开关输出电路要驱动一个中间继电器,由其触点对继电器电路进行控制。

(一) 电感式接近开关

电感式的感应头是一个具有铁氧体磁心的电感线圈,故只能检测金属物体的接近。图 1-10 为 LJ2 系列晶体管接近开关电路原理图,由图可知,电路由三极管 VT_1 、振荡线圈 L 和电容器 C_1 、 C_2 、 C_3 组成电容三点式高频振荡器,其输出经由 VT_2 级放大, VD_3 、 VD_4 整流成直流信号,加到三极管 VT_5 的基极,晶体管 VT_6 、 VT_7 构成施密特电路, VT_8 级为接近开关的输出电路。

当开关附近没有金属物体时,高频振荡器谐振,其输出经由 VT_2 放大并整流成直流,使 VT_5 导通,施密特电路 VT_6 截止, VT_7 饱和导通,输出级 VT_8 截止,接近开关无输出。

当金属物体接近振荡线圈 L 时,振荡减弱,直到停止,这时 VT_5 截止,施密特电路翻转,

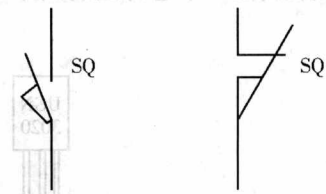


图 1-9 行程开关的图形及文字符号

VT₇ 截止, VT₈ 饱和导通, 接近开关有输出, 其输出端可带继电器或其他负载。

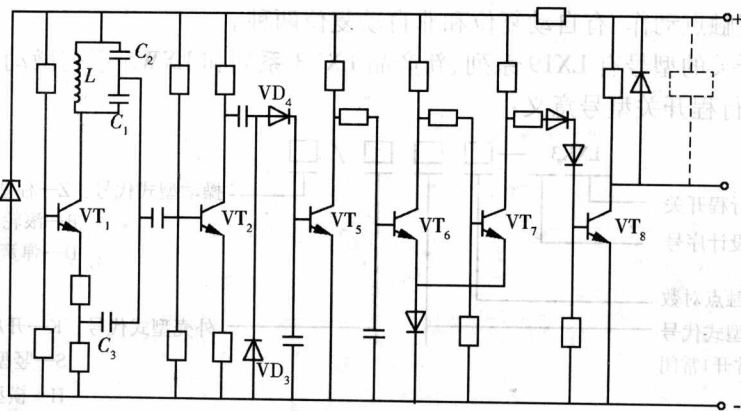


图 1-10 LJ2 系列晶体管接近开关电路

(二) 霍尔接近开关

霍尔接近开关在工业中主要用于产品计数、测速、确定物体位置并控制其运动状态及自动安全保护等。

霍尔接近开关主要由霍尔元件、稳压电路、放大器、施密特放大器和 OC 门等电路构成, 通常集成在一个芯片上(如图 1-11 所示), 利用半导体材料的霍尔效应进行工作。

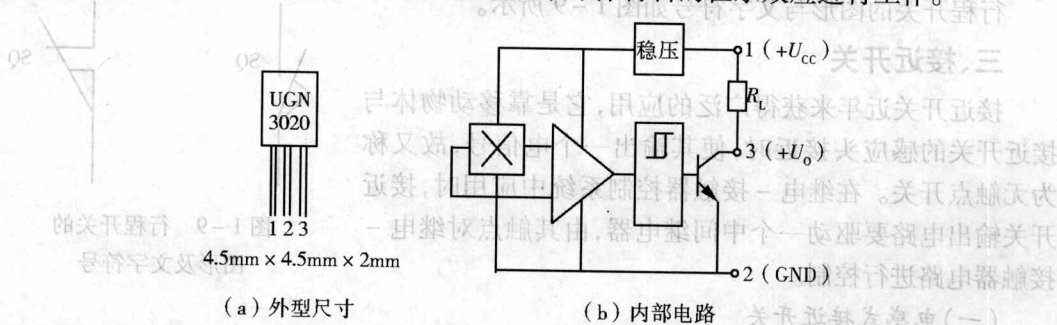


图 1-11 霍尔接近开关

当随运动部件一起运动的外加磁场强度超过霍尔元件的工作点时, OC 门由高阻态变为导通状态, 输出低电平, 当外加磁场强度低于释放点时, OC 门又重新变为高阻态, 输出高电平。经驱动电路使继电器吸合或释放, 使运动部件的运动状态发生改变。

霍尔接近开关只能用于铁磁材料, 且需要一个较强的闭合磁场。

第四节 接触器

接触器是一种用来频繁地接通或分断带有负载的交、直流主电路或大容量控制电路的自动切换电器,具有欠(零)电压保护、控制容量大、适用于频繁操作和远距离控制等特点,主要用于控制电动机和电热设备。

一、接触器的结构

接触器主要由电磁机构、触点系统和灭弧装置组成,如图 1-12 所示。

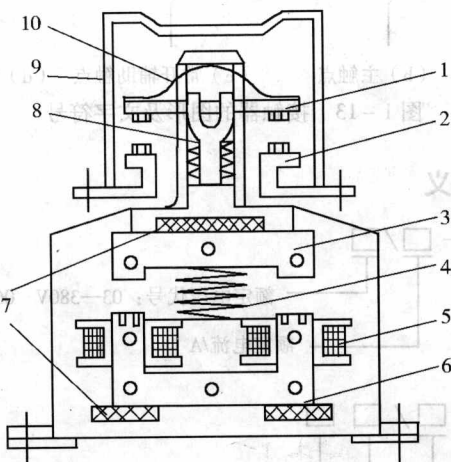


图 1-12 接触器结构示意图

- 1—动触点;2—静触点;3—衔铁;4—缓冲弹簧;5—线圈;6—铁心;
7—毡垫;8—触点弹簧;9—灭弧罩;10—触点压力弹簧

(一) 电磁机构

电磁机构包括有静铁心、线圈和动铁心等,其作用是将电磁能转换成机械能,产生电磁吸力带动触点动作。

(二) 触点系统

触点用于接通和分断被控制电路,包括允许通过较大电流,用于通、断主电路的主触点和只允许通过小电流,用于通、断控制电路的辅助触点。

按触点的原始状态可分有常开触点和常闭触点,线圈未通电时断开,通电后闭合的触点称为常开触点;线圈未通电时闭合,通电后断开的触点称为常闭触点。各种接触器的主触点都是常开的,辅助触点有常开和常闭两种。接触器的常开和常闭触点之间是联动的:当线圈通电时,所有常闭触点先断开,然后所有的常开触点跟着闭合;当线圈断电时,在反力弹簧的

作用下,所有触点都恢复原始状态。

(三)灭弧罩

在20A以上的交流接触器中通常设有灭弧罩,它的作用是迅速切断触点分断时所产生的电弧,以避免发生触点烧毛或熔焊。可采取机械灭弧、磁吹灭弧、窄缝或栅片灭弧法等。

二、接触器的图形、文字符号

因主触点、辅助触点和线圈接在不同电路中,常分开画出。如图1-13所示。

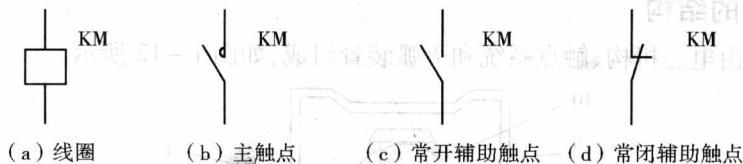
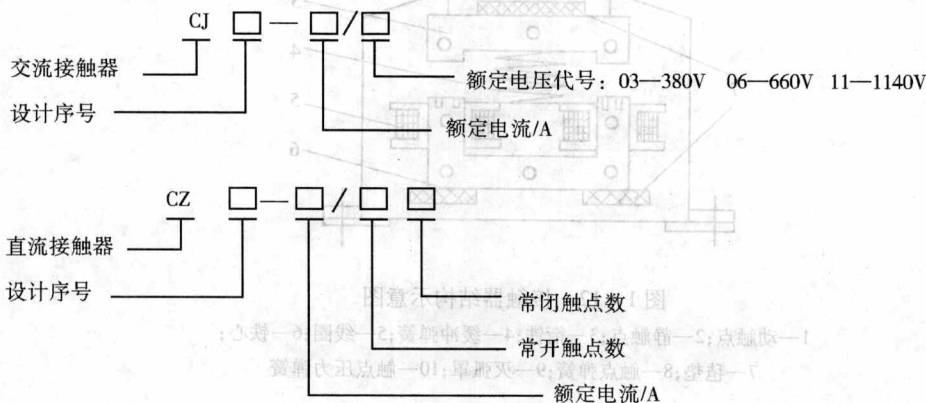


图1-13 接触器的图形及文字符号

三、接触器的型号意义



第五节 继电器

继电器是一种根据外界输入的一定信号(电的或非电的)来控制电路中电流通断的自动切换电器。它具有输入电路(又称感应元件)和输出电路(又称执行元件)。当感应元件中的输入量(如电流、电压、温度、压力等)变化到某一定值时继电器动作,执行元件便接通或断开控制电路。其触点通常接在控制电路中。

电磁式继电器的结构和工作原理与接触器相似,结构上也是由电磁机构和触点系统组成。但是,继电器控制的是小功率信号系统,流过触点的电流很弱,所以不需要灭弧装置;另外,继电器可以对各种输入量作出反应,而接触器只有在一定的电压信号下动作。

继电器种类繁多,常用的有电流继电器、电压继电器、中间继电器、时间继电器、热继电器以及温度、压力、计数、频率继电器等。

一、电流、电压继电器

根据输入(线圈)电流大小而动作的继电器称为电流继电器。电流继电器的线圈串接在被测量的电路中,以反映电流的变化。其触点接在控制电路中,用于控制接触器线圈或信号指示灯的通断。电流继电器按用途可分为过电流继电器和欠电流继电器。过电流继电器的任务是当电路发生短路及过流时立即将电路切断,因此过流继电器线圈通过小于整定值的电流时继电器不动作,只有超过整定电流时,继电器才动作。过电流继电器的动作电流整定范围,交流过流继电器为 $110\% \sim 350\% I_N$,直流过流继电器为 $70\% \sim 300\% I_N$ 。欠电流继电器的任务是当电路电流过低时立即将电路切断,因此欠电流继电器线圈通过的电流大于或等于整定电流时,继电器器吸合,只有电流低于整定电流时,继电器才释放。欠电流继电器动作电流整定范围,吸合电流为 $30\% \sim 50\% I_N$,释放电流为 $10\% \sim 20\% I_N$,欠电流继电器一般是自动复位的。

与此类似,电压继电器是根据输入电压大小而动作的继电器,其结构与电流继电器相似,不同的是电压继电器的线圈与被测电路并联,以反映电压的变化。电压继电器按用途也可分过电压继电器和欠电压继电器。过电压继电器动作电压整定范围为 $105\% \sim 120\% U_N$,欠电压继电器吸合电压调整范围为 $30\% \sim 50\% U_N$,释放电压调整范围为 $7\% \sim 20\% U_N$ 。

电流电压继电器的图形及文字符号如图 1-14 所示。

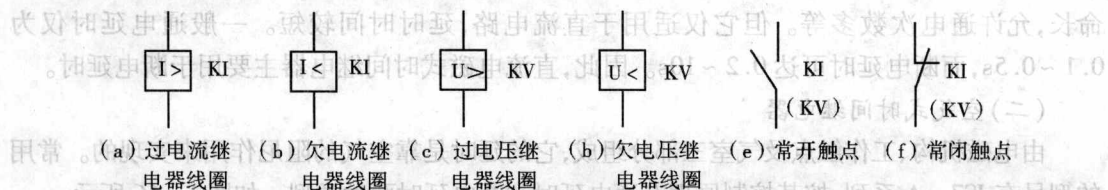


图 1-14 电流电压继电器的图形及文字符号

二、中间继电器

中间继电器的作用是将一个输入信号变成多个输出信号将信号放大(即增大触点容量)的继电器。其实质为电压继电器,但它的触点数量较多(可达 8 对),触点容量较大($5 \sim 10A$),动作灵敏。

中间继电器按电压分为两类:一类是用于交直流电路中的 JZ 系列,另一类是只用于直流操作的各种继电保护线路中的 DZ 系列。

常用的中间继电器有 JZ7 系列,以 JZ7-62 为例,JZ 为中间继电器的代号,7 为设计序号,有 6 对常开触点,2 对常闭触点。表 1-2 为 JZ7 系列的主要技术数据。