



DIANQI KONGZHI
JI PLC JISHU

电气控制 及 PLC 技术

主编 / 袁毅胥 安小宇



电子科技大学出版社

电气控制

— 及 —

PLC技术

主编 / 袁毅胥 安小宇

DIANQI KONGZHIGU
— PLC —
JISHU



电子科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电气控制及 PLC 技术 / 袁毅胥, 安小宇主编. 一成都: 电子科技大学出版社, 2017.7
ISBN 978-7-5647-4721-3

I. ①电… II. ①袁…②安… III. ①电气控制②PLC 技术 IV. ① TM571

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 149082 号

电气控制及 PLC 技术

袁毅胥 安小宇 主编

出版: 电子科技大学出版社 (成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

策划编辑: 罗 雅

责任编辑: 熊晶晶

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 成都市火炬印务有限公司

成品尺寸: 185mm×260mm 印张 12 字数 310 千字

版 次: 2017 年 7 月第一版

印 次: 2017 年 7 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-5647-4721-3

定 价: 42.00 元

■版权所有 侵权必究■

- ◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83201495。
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

前 言

电气控制与 PLC 技术是综合了继电接触控制、计算机技术、自动控制技术和通信技术的一门新兴技术,应用十分广泛。由于电气控制与可编程控制器起源于同一体系,只是发展的阶段不同,因此在理论和应用上是一脉相承的。为了适应社会主义建设和当前经济转型阶段的技术改造的需要,需要使高等工科院校的学生能够尽快地学习和掌握 PLC 技术,培养就业和创业需要的技能,为此,我们依据积累多年的 PLC 教学和实践应用经验,编写了本教材。

本书主要介绍了常用低压电器、基本电气控制电路、可编程控制器、S7-300/400 的编程基础与 STEP7 的使用、S7-300/400 在模拟量控制中的应用、可编程控制器系统设计与应用、S7-300/400 系列 PLC 的通信功能。

本书系统性强、阐述清楚、由浅入深、通俗易懂、理论联系实际,便于教学与自学。本书可作为大专院校自动化、电气技术、机电一体化及其他相关专业的教材,也可以作为工程技术人员的参考用书。

由于编者水平有限,加上时间仓促,书中难免存在疏漏之处,恳请使用本书的老师 and 同学批评指正。

编 者

目 录

第1章 常用低压电器	1
1.1 常用低压电器的概述	1
1.2 接触器	4
1.3 继电器	8
1.4 熔断器	26
1.5 主令电器	30
1.6 电磁执行器件	37
第2章 基本电气控制电路	40
2.1 电气控制电路的绘制原则及标准	40
2.2 三相异步电动机启动控制	45
2.3 三相异步电动机制动控制	50
2.4 三相异步电动机的调速控制	54
2.5 其他典型控制环节	55
2.6 电气控制线路的设计方法	57
第3章 可编程控制器	72
3.1 可编程控制器概述	72
3.2 可编程序控制器的组成及工作原理	76
3.3 可编程控制器的硬件结构和各部分的作用	86
3.4 可编程控制器的性能指标及分类	89
第4章 S7-300/400 的编程基础与 STEP7 的使用	91
4.1 PLC 的编程语言	91
4.2 位逻辑指令	95
4.3 STEP7 在编程与调试中的应用	107
第5章 S7-300/400 在模拟量控制中的应用	121
5.1 模拟量闭环控制与 PID 控制器	121
5.2 连续 PID 控制器 FB 41	131
5.3 PID 控制器的参数整定方法	134

第 6 章 可编程控制器系统设计与应用 140

6.1 PLC 控制系统设计 140

6.2 PLC 控制系统的硬件配置 142

6.3 PLC 控制系统软件设计 146

第 7 章 S7-300/400 系列 PLC 的通信功能 149

7.1 S7 通信的分类 149

7.2 MPI 网络 150

7.3 PROFIBUS 网络 162

7.4 工业以太网 171

7.5 点对点通信 176

参考文献 185

第1章 常用低压电器

1.1 常用低压电器的概述

随着科技进步与经济发展,电能的应用越来越广泛,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。

随着电子技术、自动化技术和计算机应用的迅猛发展,一些电器元件可能被电子线路所取代,但是由于电器元件本身也朝着新的领域扩展(表现在提高元件的性能、生产新型的元件,实现机、电、仪一体化,扩展元件的应用范围等),且有些电器元件有其特殊性,故是不可能完全被取代的。

1.1.1 电器的分类

电器是接通和断开电路或调节、控制和保护电路及电气设备用的电工器具。

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。

1. 按工作电压等级分

(1)高压电器。用于交流电压 1200 V、直流电压 1500 V 及以上电路中的电器,如高压断路器、高压隔离开关、高压熔断器等。

(2)低压电器。用于交流 50 Hz(或 60 Hz)额定电压为 1200 V 以下、直流额定电压为 1500 V 以下的电路内起通断、保护、控制或调节作用的电器(简称电器),如接触器、继电器等。

2. 按动作原理分

(1)手动电器。人手操作发出动作指令的电器,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。

3. 按用途分

(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、电动机启动器等。

(2)配电电器。用于电能的输送和分配的电器,如高压断路器等。

(3)主令电器。用于自动控制系统中发送动作指令的电器,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。用于完成某种动作或传送功能的电器,如电磁铁、电磁离合器等。

1.1.2 电力拖动自动控制系统中常用的低压控制电器

1. 接触器

- (1) 交流接触器。采用交流励磁,主触头用于交流主电路的通、断控制。
- (2) 直流接触器。采用直流励磁,主触头用于直流主电路的通、断控制。

2. 继电器

- (1) 电磁式电压继电器。它是当电路中电压达到预定值时而动作的继电器。
- (2) 电磁式电流继电器。若通过线圈的电流高于额定值时,触头动作;反之,不动作。
- (3) 电磁式中间继电器。用于自动控制装置中,以扩大被控制的电路和提高接通能力。
- (4) 直流电磁式时间继电器。利用阻尼的方法来延缓磁通变化的速度,以达到延时目的。
- (5) 空气阻尼式时间继电器。利用空气阻尼原理获得延时目的。
- (6) 电子式时间继电器。采用电容充放电再配合电子元件的原理来实现延时动作。
- (7) 热继电器。用于过载保护(不能做短路保护)的继电器。
- (8) 干簧继电器。能在磁力驱动下使触点接通或断开,以达到控制外电路的目的。
- (9) 速度继电器。一种以转速为输入量的非电信号检测电器,它能在被测转速升或降某一预先设定的动作时输出开关信号。

3. 熔断器

熔断器是一种用于过载和短路保护的电器,有瓷插式、螺旋式、有填料密闭管式、无填料密闭管式、快速熔断式、自复式等。

4. 低压断路器

- (1) 框架式断路器。具有绝缘衬垫的框架结构底座将所有的构件组装在一起,用于配电网络的保护。
- (2) 塑料外壳式断路器。具有用模压绝缘材料制成的封闭型外壳将所有的构件组装在一起,用于配电网络的保护和电动机、照明电路及电热器等控制开关。
- (3) 快速直流断路器。具有快速电磁铁和强有力的灭弧装置,用于元件和整流保护。
- (4) 限流式断路器。能在交流短路电流尚未达到峰值之前就把故障电路切断。
- (5) 漏电保护器。用以对低压电网直接接触电和间接接触电进行有效保护。

5. 位置开关

将运动部件的位移变成电信号以控制运动的方向或行程,有直动式、滚动式和微动式 3 种。

6. 按钮、刀开关等

按钮在低压控制电路中用于手动发出控制信号;刀开关用作电路的电源开关和小容量

电动机非频繁启动的操作开关。

1.1.3 我国低压控制电器的发展概况

低压电器是组成电气成套设备的基础配套元件。低压电器使用量大且面广,可分为低压配电电器和低压控制电器。

由发电厂生产的电能 80% 以上是以低压电形式付诸使用,每生产 1 kW 的发电设备,需生产 4 万件各种低压电器元件与之配套使用。一套 1700 ram 连轧机的电气设备中,需使用成千上万件品种、规格不同的低压电器元件。

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、继电器及由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。

20 世纪 50 年代前,我国的低压电器工业基本上是一片空白。1953—1957 年试制成功低压断路器、接触器等 12 大类,几百种产品。20 世纪 60 年代,大功率半导体器件与有触头电器相互结合协调发展。

目前我国低压电器产品约 600 多个系列,生产企业 1000 多家,产值约 120 亿元,市场销售的产品可谓“三代同堂”。第一代产品:20 世纪 60 年代至 70 年代初,仅有 17 个系列,自行开发,填补我国低压电器工业空白;第二代产品:20 世纪 70 年代末至 80 年代,产品进入更新换代的时期,分自行开发、技术引进、达标攻关 3 条线进行,开发新产品技术指标明显提高,保护特性较完善,体积缩小,适应成套装置要求;第三代产品:20 世纪 90 年代,抓住主要产品系列,跟踪国外先进技术,开发生产高性能、小型化、电子化、智能化、组合化、模块化、多功能化产品。

至今,我国低压电器经过 50 多年的发展,目前已形成比较完善的体系,品种、规格、性能、产量上基本满足国民经济的发展需要。同时先进技术的引进,加快了新产品问世,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,基本上实现了国产化,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 系列分别有智能型、多功能型和一般型。CJ45 系列交流接触器,电流等级分别有 9 ~ 800A、12 ~ 14 个规格,采用积木模块化结构。模块包括辅助触头、延时、机械联锁、过电压保护、节能、通信接口等。智能型电子式继电器带有通信接口,并能与第三代交流接触器组合成智能型启动器。

进入 21 世纪,我国的低压电器如何适应新形势,如何跟上发达国家的先进水平,如何更好地满足我国现代化发展的需要,这是一个重大的课题。21 世纪发展指导思想,应考虑我国低压电器现状、国外新技术发展趋势及面临的市场需要的形势。外国产品大量进入中国电器市场,带来了一定的冲击。目前外国产品占领我国高档产品市场达 80% 以上,并向中档市场渗透。随着我国加入世界贸易组织(World Trade Organization,简称 WTO),更进一步促进外国产品的进入。所以,我们必须加速我国第三代、第四代高性能产品开发,尽快完善产品系列,加大我国产品的推广力度,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,研制开发智能化电器、电动机综合保护电器、有触头和无触头的混合式电器、模数化终端组合电器和节能电器。模数化终端组合电器是一种安装终端电器的装置,主要特点是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。过程控制、生产自动化、配电系统及智能化楼宇等场合采用现场总线系统,对低压电器提出了可通信的要求。现场总线系统的发展与应用将从根本上改变传统的低压配电与控制系统及其装置,给传统低压电器带来改革性变化。发展智能化可通信低压电器势在必行,其产品的特征是:(1)产品中装有微处理器;(2)产品带有通信接口,能与现场总线连接;(3)采用标准化结构,具有互换性,采用模数化结构;(4)保护功能齐全,具有外部故障记录显示、内部故障自诊断、进行双向通信等。

随着国民经济的发展,我国的电器工业将会大大缩短与世界先进国家的差距,发展到更高的水平,以满足国内外市场的需要。

1.2 接 触 器

接触器是一种用来频繁地接通和断开(交、直流)负荷电流的电磁式自动切换电器,主要用于控制电动机、电焊机、电容器组等设备,具有低压释放的保护功能,适用于频繁操作和远距离控制,是电力拖动自动控制系统中使用最广泛的电气元器件之一。

接触器按其分断电流的种类可分为直流接触器和交流接触器;按其主触点的极数可分为单极、双极、三极、四极、五极等几种,其中单极、双极多为直流接触器。

接触器按流过主触点电流性质的不同,可分为交流接触器和直流接触器;而按电磁结构的操作电源不同,可分为交流励磁操作和直流励磁操作的接触器两种。

1.2.1 接触器的结构及工作原理

1. 交流接触器的结构

交流接触器主要由电磁机构、触点系统、灭弧装置和其他辅助部件4大部分组成。结构示意图如图1-1所示。

(1)电磁机构。电磁机构由线圈、铁芯和衔铁组成,用作产生电磁吸力,带动触点动作。

(2)触点系统。触点分为主触点及辅助触点。主触点用于接通或断开主电路或大电流电路,一般为三极。辅助触点用于控制电路,起控制其他元件接通或断开及电气联锁作用,常用的常开、常闭触点各两对;主触点容量较大,辅助触点容量较小。辅助触点结构上通常常开和常闭是成对的。当线圈得电后,衔铁在电磁吸力的作用下吸向铁芯,同时带动触点移动,使其与常闭触点的静触点分开,与常开触点的静触点接触,实现常闭触点断开,常开触点闭合。辅助触点不能用来断开主电路。主、辅触点一般采用桥式双断点结构。

(3)灭弧装置。容量较大的接触器都有灭弧装置。对于大容量的接触器,常采用窄缝灭弧及栅片灭弧;对于小容量的接触器,采用电动力吹弧、灭弧罩等。

(4) 其他辅助部件。包括反力弹簧、缓冲弹簧、触点压力弹簧、传动机构、支架及底座等。

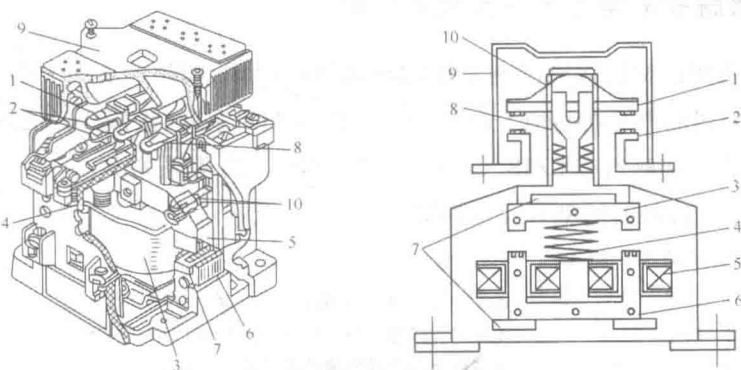


图 1-1 CJ20 系列交流接触器结构示意图

1 - 动触点; 2 - 静触点; 3 - 衔铁; 4 - 弹簧; 5 - 线圈; 6 - 铁芯; 7 - 垫毡;
8 - 触点弹簧; 9 - 灭弧罩; 10 - 触点压力弹簧

2. 交流接触器的工作原理

接触器的工作原理是:当吸引线圈得电后,线圈电流在铁芯中产生磁通,该磁通对衔铁产生克服复位弹簧反力的电磁吸力,使衔铁带动触点动作。触点动作时,常闭触点先断开,常开触点后闭合。当线圈中的电压值降低到某一数值时(无论是正常控制还是欠电压、失电压故障,一般降至线圈额定电压的 85%),铁芯中的磁通下降,电磁吸力减小,当减小到不足以克服复位弹簧的反力时,衔铁在复位弹簧的反力作用下复位,使主、辅触点的常开触点断开,常闭触点恢复闭合。这也是接触器的失压保护功能。

3. 直流接触器

直流接触器主要用于控制直流电压至 440 V、直流电流至 1600 A 的直流电力线路,常用于频繁地操作和控制直流电动机。直流接触器的结构和工作原理与交流接触器基本相同,在结构上也是由电磁机构、触点系统、灭弧装置等组成,但也有不同之处。如直流接触器线圈中通过的是直流电,产生的是恒定的磁通,不会在铁芯中产生磁滞损耗和涡流损耗,所以铁芯不发热。铁芯是用整块铸钢或铸铁制成的,并且由于磁通恒定,其产生的吸力在衔铁和铁芯闭合后是恒定不变的,因此在运行时没有振动和噪声,所以在铁芯上不需要安装短路环。

直流接触器的结构和工作原理与交流接触器基本相同。在直流接触器运行时,电磁机构中只有线圈产生热量,为了使线圈散热良好,通常将线圈绕制成长而薄的圆筒形,没有骨架,与铁芯直接接触,便于散热。直流接触器的主触点在分断大的直流电时,产生直流电弧,较难熄灭,一般采用灭弧能力较强的磁吹式灭弧。直流接触器的外形如图 1-2 所示。

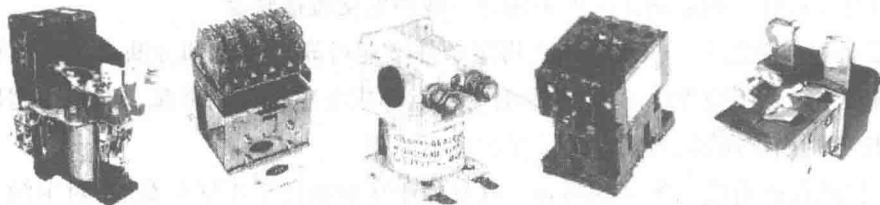
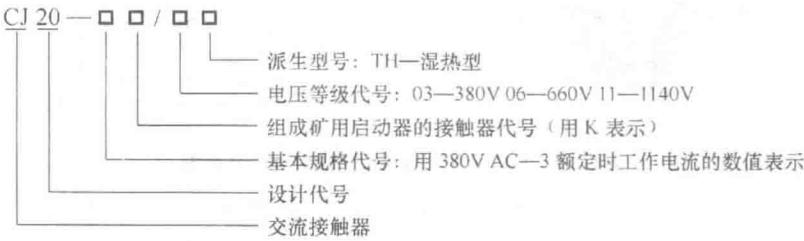


图 1-2 直流接触器

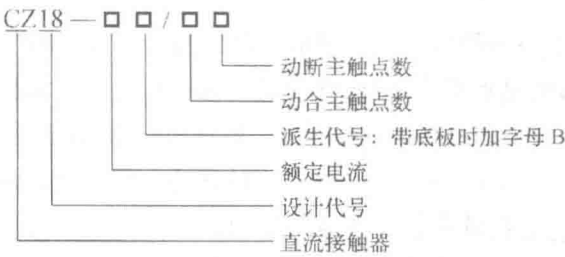
1.2.2 接触器的型号及主要技术数据

目前,我国常用的交流接触器主要有 CJ20、CJX1、CJX2、CJ24 等系列;引进产品应用较多的有德国 BBC 公司的 B 系列、西门子公司的 3TB 和 3TF 系列、法国 TE 公司的 LC1 和 LC2 系列等;常用的直流接触器有 CZ18、CZ21、CZ22、CZ10、CZ2 等系列。

CJ20 系列交流接触器的型号含义如下:



CZ18 系列直流接触器的型号含义如下:



(1) 额定电压。接触器铭牌上标注的额定电压是指主触点的额定电压。交流接触器常用的额定电压等级有 110 V、220 V、380 V、500 V 等;直流接触器常用的额定电压等级有 110 V、220 V 和 440 V。

(2) 额定电流。接触器铭牌上标注的额定电流是指主触点的额定电流,即允许长期通过的最大电流;交流接触器常用的额定电流等级有 5 A、10 A、20 A、40 A、60 A、100 A、150 A、250 A、400 A、600 A。

(3) 线圈的额定电压。交流接触器线圈常用的额定电压等级有 36 V、110 V、220 V 和 380 V;直流接触器线圈常用的额定电压等级有 24 V、48 V、220 V 和 440 V。

(4) 额定操作频率。指每小时的操作次数(次/h)。交流接触器最高为 600 次/h,而直流接触器最高为 1200 次/h。操作频率直接影响到接触器的电寿命和灭弧罩的工作条件,对于交流接触器还影响到线圈的温升。选用时一般交流负载用交流接触器,直流负载用直流接触器,但交流负载在频繁动作时可采用直流线圈的交流接触器。

(5) 接通和分断能力。指主触点在规定条件下能可靠地接通和分断电流值。在此电流值下,接通时主触点不应发生熔焊;分断时主触点不应发生长时间燃弧。电路中超出此电流值的分断任务则由熔断器、自动开关等保护电器承担。

另外,接触器还有使用类别的问题。这是由于接触器用于不同负载时,对主触点的接通和分断能力的要求不一样,而不同类别接触器是根据其不同控制对象(负载)的控制方式所

规定的。根据低压电器基本标准的规定,接触器的使用类别比较多,其中在电力拖动控制系统中,接触器常见的使用类别及其典型用途如表 1-1 所示。

表 1-1 接触器的使用类别及典型用途

电流种类	使用类别代号	典型用途
AC	AC-1	无感或微感负载、电阻炉
	AC-2	绕线式电动机的启动和中断
	AC-3	笼型电动机的启动和中断
	AC-4	笼型电动机的启动、反接制动、反向和点动
DC	DC-1	无感或微感负载、电阻炉
	DC-3	并励电动机的启动、反接制动、反向和点动
	DC-5	串励电动机的启动、反接制动、反向和点动

接触器的使用类别代号通常标注在产品的铭牌或工作手册中。表 1-1 中要求接触器主触点达到的接通和分断能力为:AC-1 和 DC-1 类允许接通和分断额定电流;AC-2、DC-3和 DC-5 类允许接通和分断 4 倍的额定电流;AC-3 类允许接通 6 倍的额定电流和分断额定电流;AC-4 类允许接通和分断 6 倍的额定电流。

1.2.3 接触器的图形符号和文字符号

接触器的图形符号和文字符号如图1-3所示,要注意的是,在绘制电路图时同一电器必须使用同一文字符号。

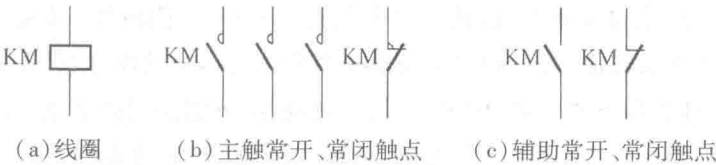


图 1-3 接触器的符号

1.2.4 接触器的选择与使用

在选用交流接触器时应注意两点:第一,主触头的额定电流应等于或大于电动机的额定电流;第二,所用接触器线圈额定电压必须与线圈所接入的控制回路电压相符。

- (1)接触器的类型选择。根据接触器所控制负载的轻重和负载电流的类型,来选择交流接触器或直流接触器。
- (2)额定电压的选择。接触器的额定电压应大于或等于负载回路的电压。
- (3)额定电流的选择。接触器的额定电流应大于或等于被控回路的额定电流。对于电动机负载可按式(1-1)计算:

$$I_c = \frac{P_N \times 10^3}{KU_N}$$

(1-1)

式中: I_c ——流过接触器主触点的电流(A);

P_N ——电动机的额定功率(kW)；

U_N ——电动机的额定电压(V)；

K ——经验系数，一般取 1 ~ 1.4。

选择接触器的额定电流应大于等于 I_c 。接触器如使用在电动机频繁启动、制动或正反转的场合，一般将接触器的额定电流降一个等级来使用。

(4) 吸引线圈的额定电压选择。吸引线圈的额定电压应与所接控制电路的额定电压相一致。对简单控制电路可直接选用交流 380 V、220 V 电压，对复杂、使用电器较多的控制电路，应选用 110 V 更低的控制电压。

(5) 接触器的触点数量、种类选择。接触器的触点数量和种类应根据主电路和控制电路的要求选择。如辅助触点的数量不能满足要求时，可通过增加中间继电器的方法解决。

接触器安装前应检查线圈额定电压等技术数据是否与实际相符，并要将铁芯极面上的防锈油脂或粘接在极面上的锈垢用汽油擦净，以免多次使用后被油垢粘住，造成接触器断电时不能释放。然后再检查各活动部分（应无卡阻、歪曲现象）和各触点是否接触良好。另外，接触器一般应垂直安装，其倾斜角不得超过 5°。注意，不要把螺钉等其他零件掉落到接触器内。

1.3 继 电 器

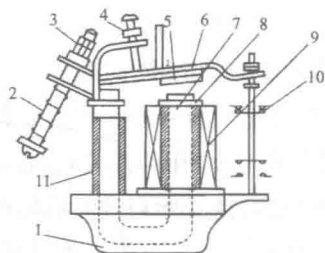
继电器是一种根据输入信息的变化，接通或断开小电流控制电路，实现自动控制和保护作用的控制电器。继电器由感测机构、中间机构和执行机构三个基本部分组成。感测机构把感测到的信息（电量或非电量）传递给中间机构，中间机构将这一信息与预定值（整定值）进行比较，当达到整定值时，中间机构发出指令使执行机构动作，以实现对电路的通断控制。

继电器的种类和形式很多，按用途可分为控制继电器和保护继电器；按工作原理可分为电磁式继电器、感应式继电器、热继电器、机械式继电器、电动式继电器和电子式继电器；按反映的参数（输入信号）可分为电流继电器、电压继电器、时间继电器、速度继电器、压力继电器；按动作时间可分为瞬时继电器（动作时间小于 0.05 s）和延时继电器（动作时间大于 0.15 s）；按输出形式可分为有触点继电器和无触点继电器，等等。

1.3.1 电磁式继电器

1. 电磁式继电器的结构

电磁式继电器是以电磁力为驱动力的继电器，是电气控制设备中用得最多的一种继电器。它由电磁机构、触点系统和调节装置等组成。如图 1-4 所示是电磁式继电器的典型结构，其中铁芯、衔铁、线圈、反力弹簧构成电磁机构，一对动合、动断触点构成触点系统，而非磁性垫片和调节螺钉构成调节装置。电磁继电器按线圈电磁机构的不同，可分为交流电磁继电器和直流电磁继电器，按继电器反映参数的不同又分为电流继电器、电压继电器和中间继电器。



1 - 底座; 2 - 反力弹簧; 3、4 - 调节螺钉; 5 - 非磁性垫片; 6 - 衔铁; 7 - 铁芯; 8 - 极靴
9 - 电磁线圈; 10 - 触头系统; 11 - 阻尼套管

图 1-4 电磁式继电器结构图

值得一提的是, 尽管继电器与接触器都是用来自动接通和断开电路, 但有如下不同。

(1) 用途不同。继电器一般用于控制电路中, 控制小电流电路, 触点额定电流不大于 5A, 所以不加灭弧装置; 而接触器一般用于主电路中, 控制大电流电路, 主触点额定电流不小于 5A, 需加灭弧装置。

(2) 反映的输入量涵盖范围不同。接触器一般只能对电压的变化做出反应, 而各种继电器可在相应的各种电量或非电量作用下动作。

(3) 基本组成有区别。继电器的整定值可通过调整装置调节, 接触器没有调整装置; 接触器有灭弧装置, 而继电器没有。

2. 电磁式继电器的特性、主要参数和整定方法

(1) 电磁式继电器的特性

继电器的特性是指继电器输出量随输入量变化的关系, 即输入—输出特性。电磁式继电器的特性, 其继电特性是一条矩形曲线。 x_0 称为继电器的吸合值 (动作值), x_r 称为继电器的释放值 (复归值), 这两个值是继电器重要的动作参数。

继电器的动作参数可根据使用要求进行整定。为了反映继电器吸力特性与反力特性的配合紧密程度, 引入返回系数 K , 它是继电器释放值 x_r 与吸合值 x_0 的比值。即

$$K = \frac{x_r}{x_0} \quad (1-2)$$

对于电流继电器有

$$K_I = \frac{I_r}{I_0} \quad (1-3)$$

式中, K_I 为电流返回系数; I_r 为释放电流 (A); I_0 为吸合电流 (A)。

同理, 电压返回系数 K_V 为

$$K_V = \frac{U_r}{U_0} \quad (1-4)$$

式中, U_r 为释放电压 (V); U_0 为吸合电压 (V)。

(2) 电磁式继电器的主要参数

① 灵敏度。使继电器动作的最小功率称为继电器的灵敏度。

②额定电压和额定电流。对于电压继电器,其线圈额定电压为该继电器的额定电压;对于电流继电器,其线圈额定电流为该继电器的额定电流。

③吸合电压或吸合电流。使继电器衔铁开始运动时线圈的电压(对电压继电器)或电流(对电流继电器)称为吸合电压或吸合电流,用 U_{XH} 或 I_{XH} 表示。

④释放电压或释放电流。继电器衔铁开始释放时线圈的电压或电流,用 U_{SF} 或 I_{SF} 表示。

⑤返回系数。它是继电器释放值 x_r 与吸合值 x_0 的比值,用 K 表示,参见式(1-2)。

⑥吸合时间和释放时间。吸合时间是从线圈接收电信号到衔铁完全吸合所需的时间;释放时间是线圈失电到衔铁完全释放所需的时间。它们的大小影响继电器的操作频率。一般继电器的吸合时间和释放时间为 $0.05 \sim 0.15$ s,快速继电器可达 $0.005 \sim 0.05$ s。

⑦整定值。根据控制要求,对继电器动作参数进行人为调整的值。

(3) 电磁式继电器的整定方法

继电器在使用前,应预先将它们的吸合值和释放值或返回系数整定到控制系统所需要的值。对如图 1-4 所示的继电器整定方法如下。

①调整调节螺钉 3 上的螺母可以改变反力弹簧 2 的松紧度,从而调整吸合电流(或电压)。反力弹簧调得越紧,吸合电流(或电压)就越大,反之则越小。

②调整调节螺钉 4 可以改变初始气隙的大小,从而调整吸合电流(或电压)。气隙越大,吸合电流(或电压)越大,反之则越小。

③改变非磁性垫片的厚度可以调整释放电流(或电压)。非磁性垫片越厚,释放电流(或电压)越大,反之则越小。

3. 电磁式继电器的工作原理

(1) 电磁式电流继电器

电流继电器采用串联型电磁机构,电流继电器的线圈串接在被测量的电路中,以反映电路电流的变化;当电路中的电流大于继电器的吸合值时,继电器吸合;当电路电流小于继电器的复归值时,继电器释放。所以,电流继电器的输入信号是线圈电流。电流继电器有过电流和欠电流继电器之分,其文字符号和图形符号如图 1-5 所示。

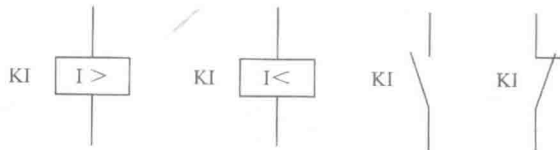


图 1-5 电流继电器的文字符号和图形符号

①过电流继电器

过电流继电器在电路正常工作时,线圈中通过的负载电流小于继电器的吸合电流,衔铁也不会吸合。只有当负载电流增大到超过继电器的吸合值时,衔铁才吸合,使接在控制电路中的动断触点断开,切断接触器线圈电源,通过接触器的主触点断开被保护的电路,使设备脱离电源,显然,过电流继电器是用来对电路进行过电流保护的。过电流继电器整定值的整定范围为 $1.1 \sim 3.5$ 倍额定电流。

②欠电流继电器

欠电流继电器在电路正常工作时,流过线圈的负载电流大于继电器的吸合电流,衔铁处于吸合状态,当负载电流降低至继电器的释放值时,衔铁释放,使接在控制电路中的动合触点断开,控制接触器失电,从而控制设备脱离电源。可见,这种继电器主要用于对负载进行欠电流保护,如用于直流电动机和电磁吸盘的失磁保护。欠电流继电器吸引电流为线圈额定电流的30%~65%,释放电流为额定电流的10%~20%。

(2)电磁式电压继电器

电压继电器采用并联型电磁机构,电压继电器的线圈并联在被测量的电路中,以反映电路电压的变化:当电路中的电压大于继电器的吸合值时,继电器吸合;当电路电压小于继电器的释放值时,继电器复位。所以,电压继电器的输入信号是线圈两端的电压。电压继电器有过电压、欠电压和零电压继电器之分,其文字符号和图形符号如图1-6所示。

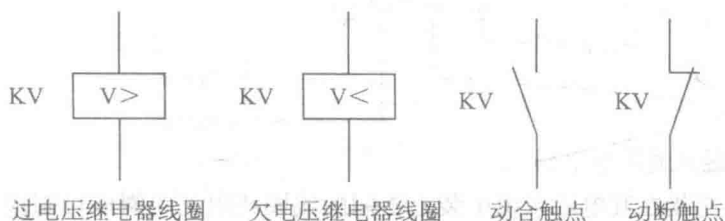


图1-6 电压继电器的文字符号和图形符号

一般来说,过电压继电器在电路电压高于额定电压的110%~120%以上时,对电路进行过压保护,其工作原理与过电流继电器相似;欠电压继电器在电路电压低于额定电压的40%~70%时,对电路进行欠电压保护,其工作原理与欠电流继电器相似;零电压继电器在电路电压降至额定电压的5%~25%时,对电路进行零压保护。

(3)中间继电器

中间继电器在结构上是一个电压继电器,但其触点数多,触点容量大(额定电流5~10 A),没有调节装置,是用来转换控制信号的中间元件。其主要用途有两个:一是当电压或电流继电器触点容量不够时,可借助中间继电器做执行元件,这时中间继电器可被看成是一级放大器;二是当其他继电器的触点数量不够时,可借助中间继电器来扩大它们的触点数。中间继电器的文字符号和图形符号如图1-7所示。



图1-7 中间继电器的文字符号和图形符号

4. 常用的电磁式继电器

(1)电磁式中间继电器

常用的中间继电器有JZ7、JZ14、JDZ2、3TH、MA406N等系列,可依据被控电路的电压等级,