



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
职业教育电力技术类专业教学用书

工厂电气 控制技术

李道霖 主编
乔新国 副主编



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
职业教育电力技术类专业教学用书

工厂电气 控制技术

主 编 李道霖
副主编 乔新国
编 写 李彦梅 王照雄 谌慧铭
主 审 梁建平 王宏伟



中国电力出版社

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

内 容 提 要

本书为教育部职业教育与成人教育司推荐教材。

本书分为3个部分。第一部分主要介绍常用低压电器及其控制电路,典型生产机械的电气控制。在基本控制电路这一章中,增加了并励直流电动机控制电路、异步电动机软启动控制电路、变频调速控制电路,而对异步电动机控制电路只进行了部分介绍。第二部分主要介绍了OMRON公司C系列PLC的基本构成、内部元件、基本指令、功能指令、梯形图的编程方法和实际应用系统的设计方法等。第三部分主要介绍了电气控制装置的设计内容、方法、步骤和应注意的问题。最后罗列了电气控制技术的部分实验与实训项目。本课程的参考教学时数为74到90学时(包括实验课)。

本书适用于高职高专机电一体化专业、工业自动化专业、电气专业及其他相关专业课程教材。本书对与机电相关专业的本科生和工程技术人员来说也是一本较好的参考书和自学教材。

图书在版编目(CIP)数据

工厂电气控制技术/李道霖主编. —北京:中国电力出版社,2006
教育部职业教育与成人教育司推荐教材

ISBN 7-5083-4062-0

I. 工... II. 李... III. 工厂—电气控制—高等学校:技术
学校—教材 IV. TM571.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第003900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>)

北京同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2006年2月第一版 2006年2月北京第一次印刷
787毫米×1092毫米 16开本 14.5印张 312千字
印数 0001—3000册 定价 18.80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

本书为教育部职业教育与成人教育司推荐教材,是根据教育部审定的电力技术类专业(或其他专业)主干课程的教学大纲编写而成的,并列入教育部《2004~2007年职业教育教材开发编写计划》。本书经中国电力教育协会和中国电力出版社组织专家评审,又列为全国电力高等职业教育规划教材,作为高等(中等)职业教育电力技术类专业(或其他专业)教学用书。

本书体现了职业教育的性质、任务和培养目标;符合职业教育的课程教学基本要求和有关岗位资格和技术等级要求;具有思想性、科学性、适合国情的先进性和教学适应性;符合职业教育的特点和规律,具有明显的职业教育特色;符合国家有关部门颁发的技术质量标准。本书既可以作为学历教育教学用书,也可作为职业资格和岗位技能培训教材。

在生产过程、科学研究和其他产业领域中,电气控制技术的应用都是十分广泛的。在机械设备的控制中,电气控制亦比其他的控制方法使用得更为普遍。随着科学技术的发展,特别是大规模集成电路的问世和微处理机技术的应用,出现了可编程序控制器(PLC),它不仅可以取代传统的继电接触器控制系统,还可以进行复杂的过程控制和构成分布式自动化系统,使电气控制技术进入了一个崭新的阶段。目前 PLC 在我国的应用相当广泛,尤其是小型 PLC,采用类似继电器逻辑的过程操作语言,使用十分方便,备受电气工程技术人员的欢迎。因此,了解和学习这些重要的技术对高职高专学生来说是必不可少的。

在编写本书的过程中,根据高职教材应以培养综合型、实用型人才为目标,在注重基础理论教育的同时,突出实践性教学环节。力图做到深入浅出,层次分明,详略得当,尽可能体现高职教育的特点。

本书内容分为以下 3 个部分。第一部分主要介绍常用低压电器及其控制电路,典型生产机械的电气控制。在基本控制电路这一章中,增加了并励直流电动机控制电路、异步电动机软启动控制电路、变频调速控制电路,而对异步电动机控制电路只进行了部分介绍。第二部分主要介绍了 OMRON 公司 C 系列 PLC 的基本构成、内部元件、基本指令、功能指令、梯形图的编程方法和实际应用系统的设计方法等。第三部分主要介绍了电气控制装置的设计内容、方法、步骤和应注意的问题。最后罗列了电气控制技术的部分实验与实训项目。本课程的参考教学时数为 74 到 90 学时(包括实验课)。

本书由三峡大学职业技术学院李道霖副教授担任主编,编写了前言、第 1 章和第 2 章;武汉电力职业技术学院乔新国副教授担任副主编,编写了第 3、4 章和第 5 章第 1 节;天津大学自动化学院硕士研究生李彦梅讲师编写了第 6 章;重庆大溪河水电开发公司王照雄高级工程师编写了第 7 章;武汉电力职业技术学院谌慧铭编写了第 5 章第 2 节。本书由三峡大学

职业技术学院梁建平院长主审。在编写本书的过程中得到了李莉、盛国林等同志的大力帮助，本书部分章节的编写参考了有关资料（见参考文献），在此我们对这些同志和参考文献的作者们表示衷心的感谢。

限于编者水平有限，书中疏漏、错误之处，恳请读者批评指正。

编 者

2005年8月



前言

第一章 常用低压电器	1
第一节 概述	1
第二节 低压电器电磁机构及执行机构	2
第三节 接触器.....	4
第四节 继电器.....	6
第五节 熔断器	11
第六节 低压断路器	13
第七节 低压隔离器	14
第八节 主令电器	15
本章小结.....	18
习题	18
第二章 继电接触器控制系统基本电路	19
第一节 电气控制电路图形符号、文字符号及绘制原则	19
第二节 并励直流电动机基本控制电路	24
第三节 三相鼠笼型异步电动机控制电路.....	27
第四节 电气控制电路保护环节	40
本章小结.....	43
习题	44
第三章 典型生产机械电气控制	45
第一节 机床电气控制电路读图方法	45
第二节 卧式车床电气控制电路	51
第三节 X62W 型万能铣床电气控制电路	54
第四节 组合机床电气控制电路	60
第五节 桥式起重机电气控制电路	75
本章小结.....	86
习题	87
第四章 可程序控制器	88
第一节 概述	88
第二节 PLC 的组成与工作原理	92
第三节 PLC 的编程语言与编程规则	96
第四节 OMRON 公司的 C 系列小型 PLC	100

本章小结	116
习题	116
第五章 PLC 控制系统的设计与应用	118
第一节 PLC 控制系统的总体设计	118
第二节 PLC 在数控机床中的应用	128
本章小结	139
习题	140
第六章 电气控制装置的设计与安装	141
第一节 电气控制装置设计的一般原则、基本内容和设计程序	141
第二节 电气控制电路的设计方法和步骤	144
第三节 原理图设计中应注意的问题	149
第四节 电气控制工艺设计基础	152
本章小结	161
习题	162
第七章 电气控制技术的实验与实训	164
第一节 电气控制技术实验	164
第二节 电气控制系统实训	185
本章小结	197
参考文献	198

常用低压电器

第一节 概 述

一、电器的定义

电器是根据外界特定的信号和要求,自动或手动接通和断开电路,断续或连续地改变电路参数,实现对电路或非电对象的切换、控制、保护、检测、变换和调节的电气设备。

电器的种类繁多,构造各异,根据其工作电压高低,电器可分为高压电器和低压电器。工作在交流额定电压 1200V 及以下,直流额定电压 1500V 及以下的电器称为低压电器。

二、常用低压电器分类

由于低压电器的职能,品种和规格的多样化,工作原理也各异,因而有不同的分类方法。根据其和使用系统间的关系,习惯上按用途可分为以下几类。

(1) 低压配电电器主要用于低压供电系统。这类低压电器有刀开关、自动开关、隔离开关、转换开关以及熔断器等。对这类电器的主要技术要求是分断能力强、限流效果好、动稳定及热稳定性性能好。

(2) 低压控制电器 主要用于电力拖动控制系统。这类低压电器有接触器、继电器、控制器等。对这类电器的主要技术要求是有一定的通断能力、操作频率高、电气和机械寿命要长。

(3) 低压主令电器 主要用于发送控制指令的电器。这类电器有按钮、主令开关、行程开关和万能开关等。对这类电器的主要技术要求是操作频率要高、抗冲击、电气和机械寿命要长。

(4) 低压保护电器 主要用于对电路和电气设备进行安全保护的电器。这类低压电器有熔断器、热继电器、电压继电器、电流继电器和避雷器等。对这类电器的主要技术要求是有一定的通断能力,反应要灵敏,可靠性要高。

(5) 低压执行电器 主要用于执行某种动作和传动功能的电器。这类低压电器有电磁铁、电磁离合器等。

三、低压电器发展概况

低压电器的生产和发展是和电的发明和广泛应用分不开的,从按钮、刀开关、熔断器等简单的低压电器开始,到各种规格的低压断路器、接触器以及由它们组成的成套电气控制设备,都是随着生产的需要而发展的。

自建国以来,我国随着国民经济的恢复和大规模经济建设的进行,国民经济各部门对低压电器的种类、品种、质量提出了越来越高的要求。低压电器的品种也从少到多,产品质量从低到高逐渐发展。但产品与电工行业的国际标准 IEC 仍有一定的差距。

改革开放以后,我国低压电器制造业有了飞速发展。一方面,国产产品如 CJ20 系列接触器、RJ20 系列热继电器、DZ20 系列塑料外壳式断路器都是国内 20 世纪 80 年代更新换代的产品,符合国家新标准(参考 IEC 标准制订),有的甚至符合 IEC 标准。另一方面,积极从德国 BBC 公司、AEC 公司及西门子公司、美国西屋公司、日本寺崎公司等引进了接触

器、热继电器、起动器、断路器等先进的产品制造技术，并基本实现国产化，使我国低压电器的产品质量有较大的提高。

当前，我国低压电器的发展总是不断提高其技术参数性能指标，并在其经济性能上下功夫。其间，使用新材料、新工艺、新技术对产品质量的提高、性能的改善有着十分重要的作用。同时我国大力开发新产品，特别是多功能化产品及机电一体化产品，如电子化的新型控制电器（如接近开关、光电开关、固态继电器与接触器、电子式电机保护器等）正不断研制、开发出来。总之，低压电器正向高性能、高可靠性、多功能、小型化、使用方便等方向发展。

第二节 低压电器电磁机构及执行机构

一、电磁机构

电磁机构的作用是将电磁能转换成为机械能并带动触点的闭合或断开，完成通断电路的控制作用。

电磁机构由吸引线圈、铁心和衔铁组成，其结构形式按衔铁的运动方式可分为直动式和拍合式，图 1-1 和图 1-2 是直动式和拍合式电磁机构的常用结构形式。

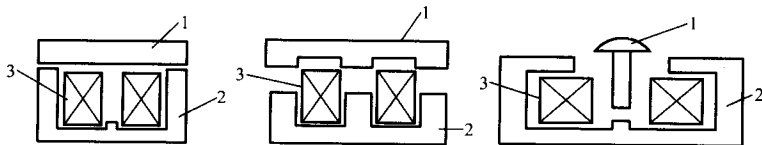


图 1-1 直动式电磁机构

1—衔铁；2—铁心；3—吸引线圈

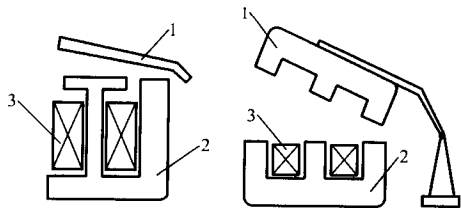


图 1-2 拍合式电磁机构

1—衔铁；2—铁心；3—吸引线圈

吸引线圈的作用是将电能转换为磁能，即产生磁通，衔铁在电磁吸力作用下产生机械位移使铁心吸合。通入直流电的线圈称为直流线圈，通入交流电的线圈称为交流线圈。

对于直流线圈，铁心不发热，只是线圈发热，因此线圈与铁心接触以利散热。线圈做成无骨架、高而薄的瘦高型，以改善线圈自身散热。铁心和衔铁由软钢或工程纯铁制成。

对于交流线圈，除线圈发热外，由于铁心中有涡流和磁滞损耗，铁心也会发热。为了改善线圈和铁心的散热情况，在铁心与线圈之间留有散热间隙，而且把线圈做成有骨架的矮胖型。铁心用硅钢片叠成，以减少涡流。当线圈通过工作电流时产生足够的磁动势，从而在磁路中形成磁通，使衔铁获得足够的电磁力，克服反作用力而吸合。在交流电流产生的交变磁场中，为避免因磁通过零点造成衔铁的抖动，需在交流电器铁心的端部开槽，嵌入一铜短路环，使环内感应电流产生的磁通与环外磁通不同时过零，使电磁吸力总是大于弹簧的反作用力，因而可以消除铁心的抖动。

另外，根据线圈在电路中的联系方式可分为串联线圈（即电流线圈）和并联线圈（即电压线圈）。串联（电流）线圈串接在线路中，流过的电流大，为减少对电路的影响，线圈的

导线粗、匝数少、线圈的阻抗较小。并联（电压）线圈并联在线路上，为减少分流作用，降低对原电路的影响，需要较大的阻抗，因此线圈的导线细且匝数多。

二、触点系统

触点的作用是接通或分断电路，因此要求触点具有良好的接触性能和导电性能，电流容量较小的电器，其触点通常采用银质材料。这是因为银质触点具有较低和较稳定的接触电阻，其氧化膜电阻率与纯银相似，可以避免触点表面氧化膜电阻率增加而造成接触不良。

触点的结构有桥式和指形两种，图 1-3 为触点结构形式。

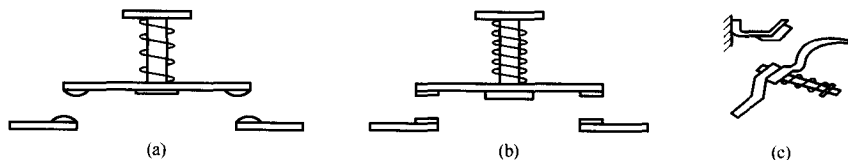


图 1-3 触点结构形式

(a) 桥式触点；(b) 桥式触点；(c) 指形触点

桥式触点又分为点接触式和面接触式。点接触式适用于电流不大且触点压力小的场合，面接触式适用于大电流的场合。指形触点在接通与分断时产生滚动摩擦，可以去掉氧化膜，故其触点可以用紫铜制造，它适合于触点分合次数多、电流大的场合。

三、灭弧系统

触点分断电路时，由于热电子发射和强电场的作用，使气体游离，从而在分断瞬间产生电弧。电弧的高温能将触点烧损，缩短电器的使用寿命，又延长了电路的分断时间。因此，应采用适当措施迅速熄灭电弧。

低压控制电器常用的灭弧方法有以下三种。

1. 电动力吹弧

电动力吹弧如图 1-4 所示。桥式触点在分断时本身具有电动力吹弧功能，不用任何附加装置，便可使电弧迅速熄灭。这种灭弧方法多用于小容量交流接触器中。

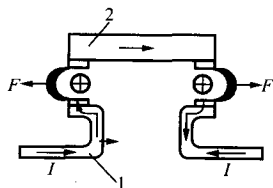


图 1-4 电动力灭弧示意图

1—静触点；2—动触点

2. 磁吹灭弧

磁吹灭弧是在触点电路中串入吹弧线圈，如图 1-5 所示。该线圈产生的磁场由导磁夹板引向触点周围，其方向由右手定则确定（如图 1-5 中 $\times$ 所示）。触点间的电弧所产生的磁场，其方向为 $\otimes$ 、 $\odot$ 所示。这两个磁场在电弧下方方向相同（叠加），在弧柱上方方向相反（相减），所以弧柱下方的磁场强于上方的磁场。在下方磁场作用下，电弧受力的方向为 F 所指的方向，在 F 的作用下，电弧被吹离触点，经引弧角引进灭弧罩，使电弧熄灭。

3. 栅片灭弧

灭弧栅片是一组薄铜片，它们彼此间相互绝缘，如图 1-6 所示。当电弧进入栅片被分割成一段段串联的短弧，而栅片就是这些短弧的电极。每两片电弧之间都有 150~250V 的绝缘强度，使整个灭弧栅的绝缘强度大大加强，以致外电压无法维持，电弧迅速熄灭。由于栅片灭弧效应在交流时要比直流强得多，所以交流电器常常采用栅片灭弧。

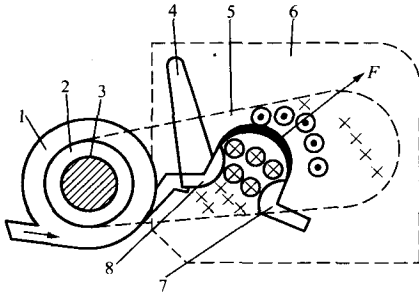


图 1-5 磁吹灭弧示意图

1—磁吹线圈；2—绝缘套；3—铁心；4—引弧角；
5—导磁夹板；6—灭弧罩；7—动触点；8—静触点

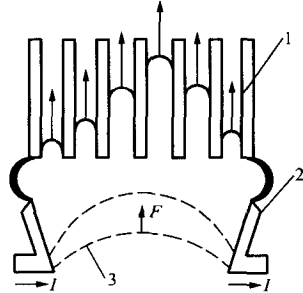


图 1-6 栅片灭弧示意图

1—灭弧栅片；2—触点；3—电弧

第三节 接 触 器

接触器是一种自动的电磁式电器，适用于远距离频繁接通或断开交直流主电路及大容量控制电路。其主要控制对象是电动机，也可用于控制其他负荷，如电焊机、电容器、电阻炉等。它不仅能实现远距离自动操作和欠电压释放保护及零电压保护功能，而且有控制容量大、工作可靠、操作频率高、使用寿命长等优点。常用的接触器分为交流接触器和直流接触器两类。

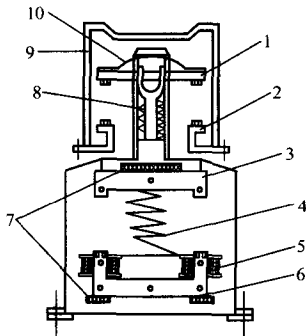


图 1-7 CJ20 交流接触器结构示意图

1—动触点；2—静触点；3—衔铁；4—缓冲
弹簧；5—电磁线圈；6—静铁心；7—垫毡；
8—触点弹簧；9—灭弧罩；
10—触点压力簧片

一、接触器结构和工作原理

图 1-7 为交流接触器结构示意图，交流接触器由以下四部分组成。

1. 电磁机构

电磁机构由电磁线圈，铁心和衔铁组成，其功能是操作触点的闭合和断开。

2. 触点系统

触点系统包括主触点和辅助触点。主触点用在通断电流较大的主电路中，一般由三对动合触点组成，体积较大。辅助触点用以通断小电流的控制电路，体积较小，它有“动合”、“动断”触点的组成。动合触点（又叫常开触点）是指线圈未通电时，其动、静触点是处于断开状态的；当线圈通电后就闭合。动断触点（又叫常闭触点）是指在线圈未通电时，其动、静触点是处于闭合状态的，当线圈通电后，则断开。

线圈通电时，动断触点先断开，动合触点后闭合；线圈断电时，动合触点先复位（断开），动断触点后复位（闭合），其中间存在一个很短的时间间隔。分析电路时，应注意这个时间间隔。

3. 灭弧系统

容量在 10A 以上的接触器都有灭弧装置，常采用纵缝灭弧罩及栅片灭弧结构。

4. 其他部分

其他部分包括弹簧、传动机构、接线柱及外壳等。

当交流接触器线圈通电后，在铁心中产生磁通，由此在衔铁气隙处产生吸力，使衔铁向下运动（产生闭合作用），在衔铁带动下，使动断触点断开，动合触点闭合。当线圈断电或

电压显著降低时,吸力消失或减弱,衔铁在弹簧的作用下释放,各触点恢复原来位置。这就是接触器的工作原理。

接触器的图形符号如图 1-8 所示,文字符号为 KM。

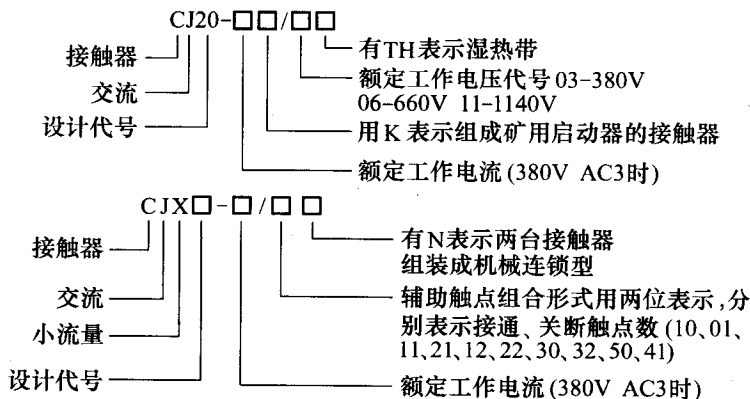
直流接触器的结构和工作原理与交流接触器基本相同,仅有电磁机构方面不同。

二、接触器的型号及主要技术参数

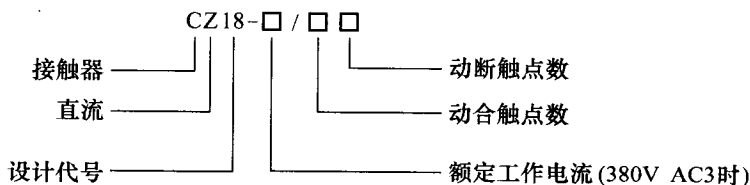
目前我国常用的交流接触器主要有 CJ20、CJX1、CJX2、CJ12 和 CJ10 等系列,引进产品应用较多的有引进德国 BBC 公司制造技术生产的 B 系列,德国西门子公司的 3TB 系列、法国 TE 公司的 LC1 系列等;常用的直流接触器有 CZ18、CZ21、CZ22 和 CZ10、CZ2 等系列,CZ18 系列是取代 CZ0 系列的新产品。

1. 型号含义

交流接触器型号的含义如下:



直流接触器型号的含义如下:



2. 主要技术参数

- (1) 额定电压是指主触点的额定工作电压。
- (2) 额定电流是指主触点的额定电流。
- (3) 线圈额定电压是指 常用的额定电压等级,如表 1-2 所示。

表 1-1 接触器的额定电压和额定电流的等级表

	直流接触器	交流接触器
额定电压/V	110、220、440、660	220、380、500、660
额定电流/A	5、10、20、40、60、100、150、250、400、600	5、10、20、40、60、100、150、250、400、600

表 1-2 接触器线圈的额定电压等级表

直流线圈	交流线圈
24、48、110、220、440	36、110、220、380

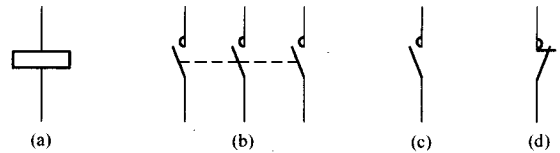


图 1-8 接触器图形符号

(a) 线圈; (b) 主触点; (c) 动合辅助触点; (d) 动断辅助触点

(4) 接通和分断能力是指接触器在规定条件下, 能在给定电压下接通和分断的预期电流值。在此电流值下接通和分断时, 不应发生熔焊、飞弧和过分磨损等。在低压电器标准中, 按接触器的用途分类, 规定了它的接通和分断能力, 可查阅相关手册获得。

(5) 机械寿命和电寿命。机械寿命是指需要维修或更换零、部件前(允许正常维护包括更换触点)所能承受的无载操作循环次数; 电寿命是指规定的正常工作条件下, 不需修理或更换零、部件的有载操作循环次数。

(6) 操作频率是指每小时的操作次数。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。

3. 接触器选用

应根据以下原则选用接触器。

- (1) 根据被接通或分断的电流种类选择接触器的类型;
- (2) 根据被控电路中电流大小和使用类别来选择接触器的额定电流;
- (3) 根据被控电路电压等级来选择接触器的额定电压;
- (4) 根据控制电路的电压等级选择接触器线圈的额定电压。

第四节 继 电 器

继电器是一种根据电气量(如电压、电流等)或非电气量(如热、时间、压力、转速等)的变化接通或断开控制电路, 以实现自动控制和保护电力拖动装置的电器。继电器一般由感测机构、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电气量或非电气量传递给中间机构, 将它与额定的整定值进行比较, 当达到整定值(过量或欠量)时, 中间机构便使执行机构动作, 从而接通或断开被控电路。

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、计数、频率继电器等等。

一、电流电压继电器

1. 电流继电器

根据线圈中电流的大小而接通和断开电路的继电器称为电流继电器。使用时电流继电器的线圈与负荷串联, 其线圈的匝数少而线径粗。当线圈电流高于整定值动作的继电器称为过电流继电器; 低于整定值时动作的继电器称为欠电流继电器。过电流继电器线圈通过小于整定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, 交流过电流继电器为 $(110\% \sim 400\%) I_N$, 直流过电流继电器为 $(70\% \sim 300\%) I_N$ 。欠电流继电器线圈通过的电流大于或等于额定电流时, 继电器吸合, 只有电流低于整定值时, 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 $(30\% \sim 65\%) I_N$, 释放电流为 $(10\% \sim 20\%) I_N$ 。

型号意义如下:

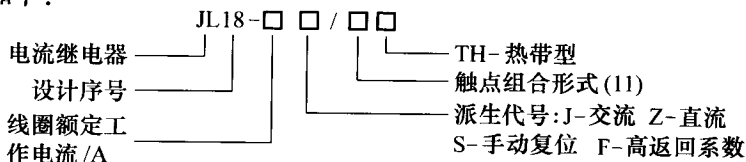


图 1-9 为过电流、欠电流继电器图形符号, 其文字符号为 KA。

2. 电压继电器

电压继电器检测对象为线圈两端的电压变化信号。根据线圈两端电压的大小而接通或断开电路。实际工作中, 电压继电器的线圈并联于被测电路中。

根据实际应用的要求, 电压继电器分过电压继电器、欠电压继电器和零电压继电器。过电压继电器是当电压大于其整定值时动作的电压继电器, 主要用于对电路或设备作过电压保护, 其整定值为 $105\% \sim 120\%$ 额定电压。欠电压继电器是当电压降至某一规定范围时动作的电压继电器; 零电压继电器是欠电压继电器的一种特殊形式, 是当继电器的端电压降至或接近消失时才动作的电压继电器。欠电压继电器和零电压继电器在线路正常工作时, 铁心与衔铁是吸合的, 当电压降至低于整定值时, 衔铁释放, 带动触点动作, 对电路实现欠电压或零电压保护。欠电压继电器整定值为 $40\% \sim 70\%$ 额定电压, 零电压继电器整定值为 $10\% \sim 35\%$ 额定电压。

电压继电器图形符号如图 1-10 所示, 文字符号为 KV。

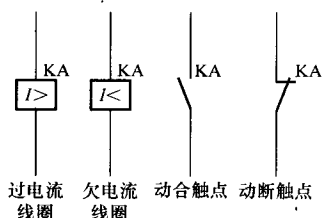


图 1-9 过电流、欠电流继电器图形符号

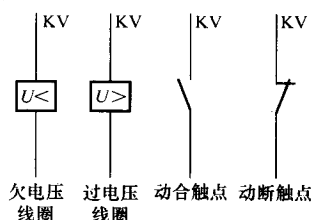


图 1-10 电压继电器图形符号

二、中间继电器

中间继电器在控制电路中主要用来传递信号, 扩大信号功率以及将一个输入信号变换成多个输出信号等。中间继电器的基本结构及工作原理与接触器完全相同。但中间继电器的触点对数多, 且没有主辅之分, 各对触点允许通过的电流大小相同, 多数为 5A。因此, 对工作电流小于 5A 的电气控制电路, 可用中间继电器代替接触器实施控制。

中间继电器的图形符号如图 1-11 所示, 文字符号为 KA。

目前, 国内常用中间继电器有 JZ7、JZ8 (交流)、JZ14、JZ15、JZ17 (交、直流) 等系列。引进产品有德国西门子公司的 3TH 系列和 BBC 公司的 K 系列等。

JZ15 系列中间继电器型号含义:

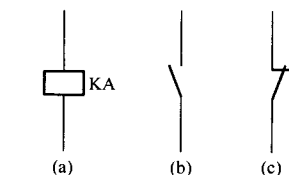
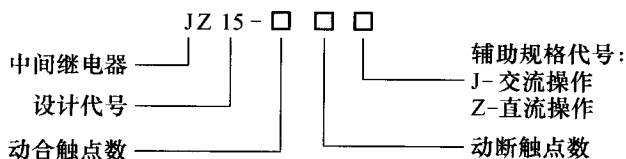


图 1-11 中间继电器图形符号

(a) 线圈; (b) 动合触点; (c) 动断触点

三、热继电器

热继电器是利用电流的热效应原理来工作的保护电器。热继电器主要用于电动机的过负荷保护、断相保护。

1. 热继电器结构及工作原理

热继电器主要由热元件、双金属片、动作机构、触点、调整装置及手动复位装置等组

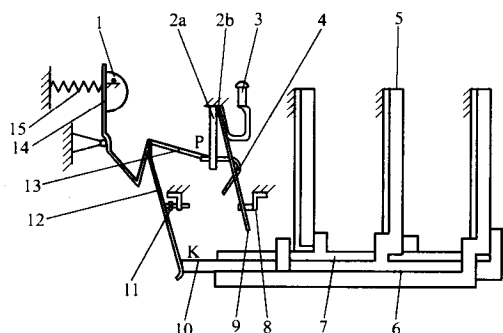


图 1-12 热继电器工作原理示意图

1—凸轮；2a、2b—簧片；3—手动复位按钮；4—弓簧；
5—主双金属片；6—外导板；7—内导板；8—静触点；
9—动触点；10—杠杆；11—调节螺钉；12—补偿
双金属片；13—推杆；14—连杆；15—压簧

成，如图 1-12 所示。

热继电器的热元件串接在电动机定子绕组中，一对动断触点串接在电动机的控制电路中，当电动机正常运行时，热元件中流过的电流小，热元件产生的热量虽能使金属片弯曲，但不能使触点动作。当电动机过载时，流过热元件的电流加大，产生的热量增加，使双金属片产生弯曲位移增大，经过一定时间后，通过导板推动热继电器的触点动作，使动断触点断开，切断电动机控制电路，使电动机主电路失电，电动机得到保护。当故障排除后，按下手动复位按钮，使动断触点重新闭合（复位），可以重新起动电动机。

由于热继电器主双金属片受热膨胀的热惯性及动作机构传递信号的惰性原因，热继电器从电动机过载到触点动作需要一定时间，也就是说，即使电动机严重过载甚至短路，热继电器也不会瞬时动作，因此热继电器不能作短路保护。但也正是这个热惯性和机械惰性，保证了热继电器在电动机起动或短时过载时不会动作，从而满足了电动机的运行要求。热继电器的文字符号为 FR，图形符号如图 1-13 所示。

2. 热继电器型号及主要参数

型号及含义：

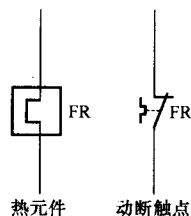
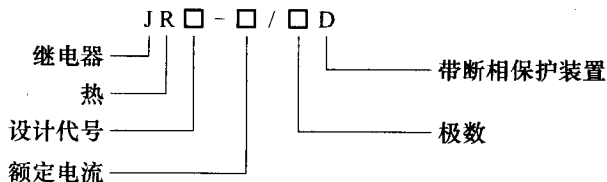


图 1-13 热继电器图形符号

主要参数有以下几种：

- (1) 热继电器额定电流是指热继电器中可以安装的热元件的最大整定电流值。
- (2) 热元件额定电流是指热元件整定电流调节范围的最大值。
- (3) 整定电流是指热元件能够长期通过而不致引起热继电器动作的最大电流值。通常热继电器的整定电流与电动机的额定电流相当，一般取 95%~105% 的额定电流。

四、时间继电器

从得到输入信号（线圈的通电或断电）开始，经过一定的延时后才输出信号（触点的闭合或断开）的继电器，称为时间继电器。

时间继电器延时方式有通电延时、断电延时两种。

通电延时，接受输入信号后延迟一定时间，输出信号才发生变化；当输入信号消失后，输出瞬时复原。

断电延时，接受输入信号时，瞬时产生相应的输出信号；当输入信号消失后，延迟一定时间，输出才复原。

常用的时间继电器主要有电磁式、电动式、空气阻尼式、晶体管式等。其中，电磁式时

间继电器的结构简单,价格低廉,但体积和重量较大,延时较短(如JT3型只有0.3~5.5s),且只能用于直流断电延时;电动式时间继电器的延时精度高,延时可调范围大(由几分钟到几小时),但结构复杂,价格贵。目前在电力拖动线路中,应用较多的是空气阻尼式时间继电器。近年来,晶体管式时间继电器的应用日益广泛。

空气阻尼式时间继电器是利用空气阻尼作用而达到延时的目的。它由电磁机构、延时机构和触点组成。

空气阻尼式时间继电器的电磁机构有交流、直流两种。延时方式有通电延时型和断电延时型(改变电磁机构位置、将电磁铁翻转180°安装)。当铁心(衔铁)位于静铁心和延时机构之间位置时为通电延时型;当铁心位于动铁心和延时机构之间位置时为断电延时型。JS7-A系列时间继电器如图1-14所示。

现以通电延时型为例说明其工作原理。当线圈1得电后,衔铁(动铁心)3吸合,活塞杆6在塔形弹簧8作用下带动活塞12及橡皮膜10向上移动,橡皮膜下方空气室空气变得稀薄,形成负压,活塞杆只能缓慢移动,其移动速度由进气孔气隙大小来决定。经一段时间延时后,活塞杆通过杠杆7压动微动开关15,使其触点动作,起到通电延时的作用。

当线圈断电时,衔铁释放,橡皮膜下方空气室内的空气通过活塞肩部所形成的单向阀迅速地排出,使活塞杆、杠杆、微动开关等迅速复位。由线圈得电到触点动作的一段时间即为时间继电器的延时时间,其大小可以通过调节螺钉13调节进气孔气隙的大小来改变。

断电延时继电器的结构、工作原理与通电延时继电器相似,只是电磁铁安装方向不同,即当衔铁吸合时推动活塞复位,排出空气。当衔铁释放时活塞杆在弹簧作用下使活塞向下移动,实现断电延时。

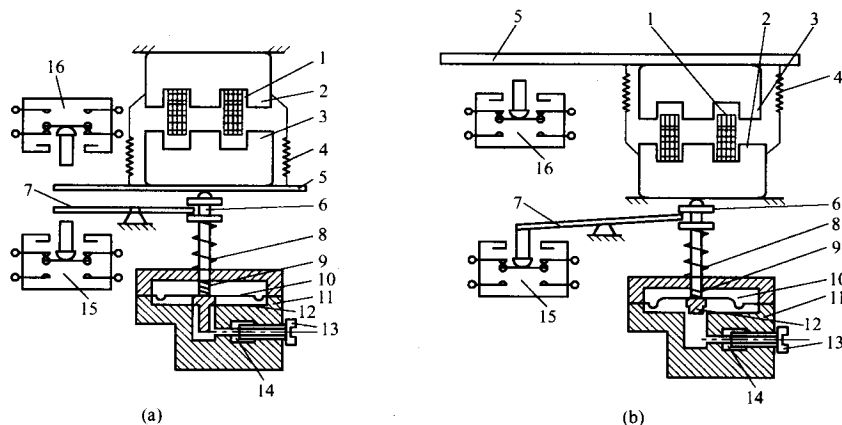


图 1-14 JS7-A 系列时间继电器

(a) 通电延时型; (b) 断电延时型

1—线圈; 2—铁心; 3—衔铁; 4—反力弹簧; 5—推板; 6—活塞杆; 7—杠杆; 8—塔形弹簧; 9—弱弹簧;
10—橡皮膜; 11—空气室壁; 12—活塞; 13—调节螺钉; 14—进气口; 15、16—微动开关

在线圈通电和断电时,微动开关16在推板5的作用下都瞬时动作,其触点即为时间继电器的瞬时触点。

时间继电器的图形符号如图1-15所示,文字符号为KT。

空气阻尼式时间继电器结构简单,价格低廉,延时范围0.4~180s,但是延时误差较大,难以精确地整定延时时间,常用于延时精度要求不高的交流控制电路中。

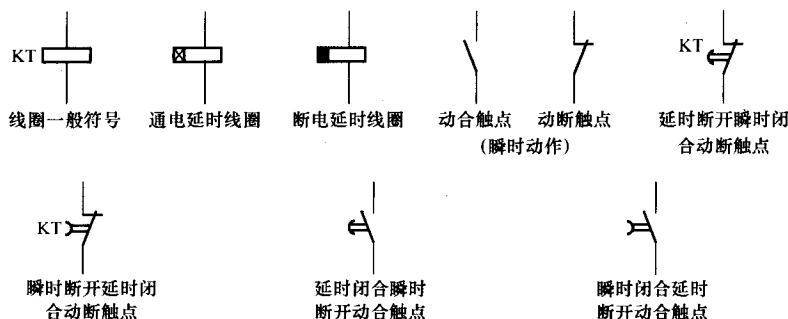


图 1-15 时间继电器图形及文字符号

五、速度继电器

速度继电器是当转速达到规定值时动作的继电器，其作用是与接触器配合实现对电动机的制动，所以又称为反制动继电器。

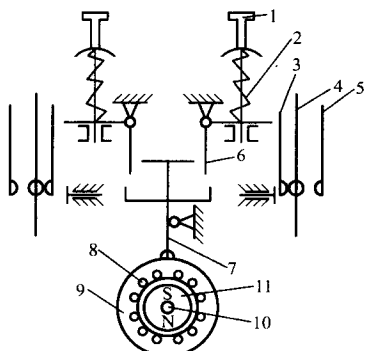


图 1-16 速度继电器的结构原理图

- 1—螺钉；2—反力弹簧；3—动断触点；4—动触点；5—动合触点；6—返回杠杆；7—杠杆；8—定子导体；9—定子；10—转轴；11—转子

图 1-16 是速度继电器的结构原理图。速度继电器主要由转子、定子和触点三部分组成。转子是一个圆柱形永久磁铁，定子是一个笼型空心圆环，由硅钢片叠成并装有笼型绕组，速度继电器转子的轴与被控制电动机的轴相连，而定子空套在转子上。当电动机转动时，速度继电器的转子随之转动，这样，永久磁铁的静磁场就成了旋转磁场，定子内的短路导体因切割磁场而感应电动势并产生电流，带电导体在旋转磁场的作用下产生电磁转矩，于是定子随转子旋转方向转动，但由于有返回杠杆挡位，故定子只能随转子转动一定角度，定子的转动经杠杆作用使相应的触点动作，并在杠杆推动触点动作的同时，压缩弹簧，其反作用力也阻止定子转动。当被控电动机转速下降时，

速度继电器转子转速也随之下降，于是定子的电磁转矩减小，当电磁转矩小于反作用弹簧的反作用力矩时，定子返回原来位置，对应触点恢复到原来状态。同理，当电动机向相反方向转动时，定子作反向转动，使速度继电器的反向触点动作。

调节螺钉的位置，可以调节反力弹簧的反作用力大小，从而调节触点动作时所需转子的转速。一般速度继电器的动作转速不低于 120r/min，复位转速约为 100r/min 以下。

速度继电器图形符号如图 1-17 所示，文字符号 KS。

六、液位继电器

有些锅炉和水柜需根据液位的高低变化来控制水泵电动机的起停，这一控制可由液位继电器来完成。

图 1-18 为液位继电器的结构示意图。浮筒置于被控锅炉和水柜内，浮筒的一端有一根磁钢，锅炉外壁装有一对触点，动触点的一端也有一根磁钢，它与浮筒一端的磁钢相对应。当锅炉或水柜内的水位降低到极限值时，浮筒下落使磁钢端绕支点 A 上翘。由于磁钢同性相斥的作用，使动触点的磁钢端被斥下落，通过支点 B 使触点 1-1 接通，2-2 断开。反之，

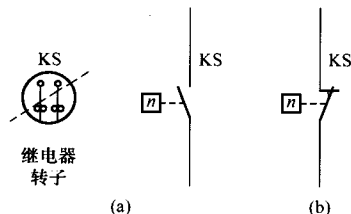


图 1-17 速度继电器图形符号

(a) 动合触点；(b) 动断触点