

应用型人才培养系列教材

● 主编 陈洁

PLC基础及应用



苏州大学出版社

应用型人才培养系列教材

PLC 基础及应用

主 编 陈 洁

副主编 黄 雁 张 健 邹甲军

主 审 芮延年

苏州大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

PLC 基础及应用/陈洁主编. —苏州: 苏州大学出版社, 2005. 9(2006. 8 重印)

应用型人才培养系列教材

ISBN 7-81090-529-5

I. P… II. 陈… III. 可编程序控制器—基本知识
IV. TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 099668 号

PLC 基础及应用

陈 洁 主编

责任编辑 苏 秦

苏州大学出版社出版发行

(地址: 苏州市干将东路 200 号 邮编: 215021)

常州市武进第三印刷有限公司印装

(地址: 常州市武进区湟里镇村前街 邮编: 213514)

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 12.25 字数 302 千

2005 年 9 月第 1 版 2006 年 8 月第 2 次修订印刷

ISBN 7-81090-529-5/TM·4(课) 定价: 24.00 元

苏州大学版图书若有印装错误, 本社负责调换
苏州大学出版社营销部 电话: 0512-67258835

《应用型人才培养系列教材》

编 委 会

主任委员 陈 洁

副主任委员 姒茂新 张 健 黄 雁 龚奇敏

委 员 章红梅 金小华 贾震斌 尚鲜莲 陈 珂

葛 翔 邢艳玲 邹甲军 叶国平

前 言

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),它不仅取代传统的继电器接触器控制系统,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,因其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机电类专业的高职高专学生来说是必不可少的。

本书充分考虑到电气控制技术的实际运用和发展,首先介绍了常用低压电器和电气控制线路,以利于读者更好地理解可编程序控制器的工作原理和应用。

在本书的编写过程中,我们根据高职教材应以培养综合型、实用型人才为目标的特点,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。

本书在内容上可分为三部分:第一部分主要介绍常用低压电器和电气控制线路,讲述了常用低压电器、电气控制线路图的绘制和分析方法、电动机的基本控制环节和基本控制方法。第二部分主要介绍了 FX_{2N} 系列 PLC 的基本构成、内部元件、基本指令、功能指令、软件应用、网络通信、梯形图的编程方法和实际应用系统的设计方法等。第三部分为附录,PLC 的实验内容以及三菱 FX_{2N} 和 OMRON C28P 常用指令对照。本教材的参考教学时数为 74~90 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的学生,对与机电相关专业的本科生和工程技术人员来说,本书也是一本较好的参考书和自学教材。

本书由陈洁副教授主编,并编写了前言、绪论和第 1、2、5、6、7 章;黄雁副主编,编写了第 8、9 章及附录;张健副主编,编写了第 4 章;邹甲军副主编,编写了第 3 章。本书由苏州大学机电学院芮延年教授主审。在本书的编写过程中得到了曹启荣副教授,龚奇敏、杨静波、金小华、何旭明、邬枫等老师的大力支持和帮助;张志伟、朱圣领、刘开强、董桂岩、刘刚、韦晓孝、易敏捷、金晶、张娟娟、林杰、朱如春等研究生为本书的插图、整理做了大量工作,在此表示衷心的感谢!同时,在本书编写过程中借鉴了不少同行专家和学者的宝贵资料,在此向他们表示真诚的谢意。

由于编者水平有限,书中疏漏、错误之处难免,恳请读者批评指正。

编 者

2005 年 6 月

目 录

绪 论	(1)
-----------	-----

第 1 章 常用低压电器和电气控制线路

1.1 常用低压电器	(3)
1.2 电气控制电路图的绘制和分析方法	(14)
1.3 电器控制的基本环节	(21)
1.4 电动机的基本控制方法	(23)
1.5 控制系统实例	(26)
习题 1	(29)

第 2 章 PLC 的构成及工作原理

2.1 PLC 的基本构成	(30)
2.2 工作原理	(31)
2.3 PLC 的技术规格	(34)
2.4 PLC 的分类	(35)
2.5 PLC 的特点及应用	(37)
2.6 PLC 的发展趋势	(40)
习题 2	(40)

第 3 章 PLC 的硬件系统

3.1 PLC 的硬件简介	(41)
3.2 机型和产品规格	(48)
习题 3	(54)

第 4 章 PLC 程序设计基础

4.1 PLC 的编程语言	(56)
4.2 FX 系列 PLC 梯形图中的编程元件	(58)
4.3 FX 系列 PLC 的常用逻辑指令	(62)
4.4 编程注意事项	(75)
习题 4	(77)

第 5 章 开关量控制系统梯形图设计方法

5.1 梯形图的经验设计法	(79)
---------------------	------

5.2 时序控制系统梯形图设计方法·····	(82)
5.3 根据继电器电路图设计梯形图的方法·····	(86)
5.4 开关量控制程序设计举例·····	(89)
习题 5 ·····	(94)

第 6 章 顺序控制梯形图的编程方法

6.1 顺序控制设计法与顺序功能图·····	(95)
6.2 顺序控制梯形图的编程方法 ·····	(102)
6.3 使用起保停电路的编程方法 ·····	(108)
习题 6 ·····	(112)

第 7 章 PLC 的应用

7.1 控制系统的设计步骤和 PLC 选型·····	(115)
7.2 PLC 外围电路设计 ·····	(117)
7.3 控制程序设计 ·····	(124)
7.4 应用实例 ·····	(134)
7.5 PLC 控制系统的安装、调试及维修 ·····	(144)
习题 7 ·····	(146)

第 8 章 PLC 网络

8.1 PLC 网络概述 ·····	(148)
8.2 PLC 的典型网络 ·····	(157)
8.3 组态软件 ·····	(160)
8.4 现场总线概述 ·····	(162)
习题 8 ·····	(165)

第 9 章 PLC 的编程器与编程软件的使用方法

9.1 FX-20P 便携式编程器的使用方法 ·····	(166)
9.2 FX 系列 PLC 编程软件 ·····	(169)

附录

附录 1 实验指导书 ·····	(176)
附录 2 三菱 FX _{2N} 和 OMRON C28P 常用指令对照表 ·····	(187)
参考文献 ·····	(188)

绪 论

可编程控制器(PLC)作为传统继电器控制的替代产品已广泛应用于工业控制的各个领域。由于它可以通过软件来改变控制过程,而且具有体积小、组装灵活、编程简单、抗干扰能力强以及可靠性高等特点,已很快被应用到机械制造、冶金、矿业、轻工等部门,并极大地推动了机电一体化进程。

1969年美国数字设备 DEC 公司研制出第一台可编程控制器,在美国通用汽车公司自动装配线上试用并获得成功,开创了可编程控制器的新纪元。1971年日本开始生产可编程控制器;1973年欧洲开始生产可编程控制器;1974年我国也开始研制可编程控制器。

进入 20 世纪 80 年代,随着微电子技术、计算机技术、通信技术、容错控制技术、数字控制技术的飞速发展,可编程控制器的数量、型号、品种以异乎寻常的速度发展,其功能已远远超出逻辑控制和顺序控制的范围。人们把可编程控制器(Programmable Controller)缩写为 PC,为了与个人计算机的 PC(Personal Computer)相区别,在 PC 中人为地增加了 L(Logical),用 PLC 作为可编程控制器的缩写。

目前 PLC 的功能日益增强,PLC 控制将成为当前和今后工业控制的主要手段和重要的基础设备之一。它已经成为实现工业生产自动化的三大支柱(PLC 技术、机器人和 CAD/CAM)之一。

国际电工委员会(IEC)在 1985 年的 PLC 标准草案第 3 稿中,对 PLC 作如下定义:“可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统,专为工业环境下应用而设计。它采用可编程序的存储器,用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令,并通过数字式、模拟式的输入和输出,控制各种类型的机械或生产过程。可编程序控制器及其有关设备,都应按易于使工业控制系统形成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。”从上述定义可以看出,PLC 是一种用程序来改变控制功能的工业控制计算机,除了能完成各种各样的控制功能外,还有与其他计算机通信联网的功能。

当前,可编程控制器的生产厂家众多,产品型号、规格不可胜数,但主要分为欧、日、美三大块。在中国市场上,欧洲的代表是西门子,日本的代表是三菱和欧姆龙,美国的代表是 AB 与 GE。各大公司在中国均推出自己的从微型到大型的系列化产品。令人遗憾的是,虽然我国也有不少厂家研制和生产过 PLC,但是国产的 PLC 始终没有突破性的发展,所占的市场份额很小,目前我国使用的 PLC 几乎都是外国品牌的产品。

目前,在中国市场上最具有竞争力的西门子、三菱公司,所推出的 PLC 均为从大到小的全系列产品,可以满足各种各样的要求。

与个人计算机相比,PLC 在标准化方面做得较差:PLC 的软、硬体系结构是封闭的而不是开放的;绝大多数 PLC 使用专用的总线、专用的通信网络协议;各种 PLC 产品的编程语言在表达方式、寻址方式和语法结构上都不一致,使得它们互不兼容。

国际电工委员会的 IEC61131—3《可编程控制器的编程软件标准》为 PLC 编程的标准化铺平了道路。不少厂家正在开发以 PC(个人计算机)为硬件平台、在 Windows 操作系统

下、符合 IEC61131—3 国际标准的新一代开发体系结构的 PLC。

目前有的厂家已推出了符合或接近 IEC61131—3 标准的编程软件,但是仍然有相当多的 PLC 产品的编程语言与 IEC61131—3 标准有较大的差异。尽管如此,各种 PLC 产品在软件上还是比较接近的,学好了一种 PLC 的编程语言,再学别的 PLC 编程语言就比较容易了。

本书以三菱公司最新推出的 FX_{2N} 系列小型 PLC 为主要讲授对象。三菱的 FX 系列 PLC 以其极高的性能价格比,在国内占有很大的市场份额,FX 系列的功能强、应用范围广,可满足大多数用户的需要。

三菱电机公司 PLC 的资料可以在其工控网站 www.meau.com 下载。

PLC 是从继电器控制系统发展而来的,它的梯形图程序与继电器系统电路图相似,梯形图中的某些编程元件也沿用了继电器这一名称,如输入继电器、输出继电器等。

这种用计算机程序实现的“软继电器”,与继电器系统中的物理继电器在功能上有某些相似之处。由于以上原因,在介绍 PLC 的基础知识之前,首先介绍传统的继电器控制的工厂电气控制初步。

第 1 章 常用低压电器和电气控制线路

本章重点：介绍常用低压电器的分类、电气控制电路图的绘制和分析方法、电器控制的基本环节、电动机的基本控制方法以及控制系统实例。

1.1 常用低压电器

1.1.1 概述

低压电器是用于额定电压交流 1200V 或直流 1500V 及以下能够根据外界施加的信号或要求,自动或手动地接通和断开电路,从而断续或连续地改变电路参数或状态,以实现对电路或非电对象的切换、控制、检测、保护、变换以及调节的电器设备。低压电器的额定电压等级范围,随着技术的提高和生产发展的需要有所提高的趋势。

低压电器的种类及分类方法有多种。按动作方式可分为自动切换电器和非自动切换电器。自动切换电器在完成接通、分断或起动、反向以及停止等动作时,依靠其本身参数的变化或外来信号自动进行工作;非自动切换电器主要依靠外力直接操作来进行切换等动作。低压电器可按使用场合划分,如表 1-1 所示。若按在电气线路中所处的地位和作用,低压电器可分为控制电器和配电电器,如表 1-2 所示,前者主要用于生产机械和设备的电气控制系统;后者主要用于配电系统中,对其技术要求是分断能力强、限流效果好、动稳定和热稳定性高。另外,还可按有无触头、灭弧介质、外壳防护等级、安装类别等进行分类。

表 1-1 低压电器按使用场合分类表

类 别	特点及适用场合
一般用途	正常条件下工作
化工用电器	防腐蚀,适用于有腐蚀性气体和粉尘的场合
矿用电器	防爆,适用于含煤尘、甲烷等爆炸性气体的环境
船用电器	耐颠簸、振动和冲击,耐潮湿、抗盐雾和霉菌侵蚀
航空用电器	耐冲击、振动,可在任何位置上工作
牵引电器	工作环境温度较高,耐振动和冲击,通常用于电力机车
热带电器(使用环境温度 40~50℃)	湿热带型:能工作在相对湿度为 95%,且有凝露、烟雾和霉菌的场合 干热带型:能防沙尘
高原电器	适用于海拔 1000~4000m 的高原地区

尽管低压电器种类繁多,工作原理与结构形式五花八门,但一般均有两个共同的基本部分:一是感受部分,它感受外界的信号,并通过转换、放大和判断,作出有规律的反应。在非自动切换电器中,它的感受部分有操作手柄、顶杆等多种形式。在有触头的自动切换电器

中,感受部分大多是电磁机构。二是执行部分,它根据感受部分的指令,对电路执行“开”、“关”任务。有的低压电器具有把感受和执行两部分联系起来的中间传递部分,使它们协同一致,按一定规律动作,如断路器类的低压电器。

低压电器在现代工业生产和日常生活中起着非常重要的作用。据一般统计,发电厂发出的电能有 80% 以上是通过低压电器分配使用的;每新增加 1 万千瓦发电设备,约需使用 4 万件以上的各类电器与之配套。在成套电器设备中,有时与主机配套的低压电器部分的成本接近甚至超过主机的成本。在电气控制设备的设计、运行和维护过程中,如果低压电器元器件的品种规格和性能参数选用不当,或个别器件出故障,可能导致整个控制设备无法工作,有时甚至会造成重大的设备或人身事故。本节选择几种常用的低压电器,从应用角度对其工作原理、性能参数和选择方法作简要介绍。

表 1-2 低压电器产品按作用分类

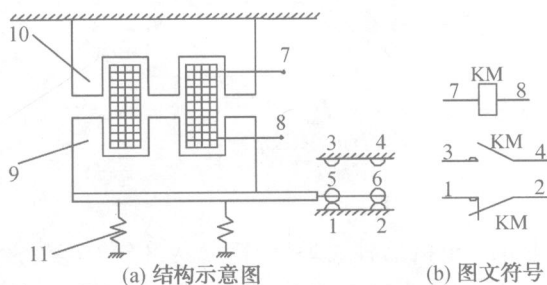
分类	名称	主要品种	用途
控制电器	接触器	交流接触器 直流接触器	远距离频繁起动或控制交、直流电动机以及接通和分断正常工作的主电路和控制电路
	继电器	电压继电器 电流继电器 中间继电器 时间继电器 热继电器 压力继电器 速度继电器	主要用于控制系统中控制其他电器或作主电路的保护之用
	主令电器	按钮 限位开关 微动开关 万能转换开关 接近开关 光电开关	用来闭合和分断控制电路以发布命令
	控制器	凸轮控制器 平面控制器	转换主回路或励磁回路的接法,以达到电动机的起动、换向和调速
配电电器	断路器	塑料外壳断路器 漏电保护断路器	用做线路过载、短路、漏电或欠电压保护,也可用做不频繁接通和分断电路
	熔断器	有填料熔断器 无填料熔断器 半封闭插入式熔断器	用做线路和设备的短路和过载保护
	刀开关	负荷开关	主要用于电器隔离,也能接通分断额定电流

1.1.2 接触器

接触器是一种自动控制电器,它可以用来频繁地远距离接通或断开大容量的交、直流负载电路。接触器按其主触点通过电流的种类不同可分为直流和交流接触器两种,目前在控制电路中多数采用交流接触器。

1. 接触器的结构及工作原理

目前最常用的接触器是电磁接触器,它是利用电磁吸力的原理工作的,一般由电磁机构和触头系统组成。电磁机构通常包括吸引线圈、铁心和衔铁三部分。如图 1-1 所示为接触器的结构示意图与图文符号,图(a)中,1、2、3、4 是静触点,5、6 是动触点,7、8 是吸引线圈,9、10 分别是动、静铁心,11 是弹簧。图(b)中,1、2 之间是常闭触点,3、4 之间是常开触点,7、8 之间是线圈。

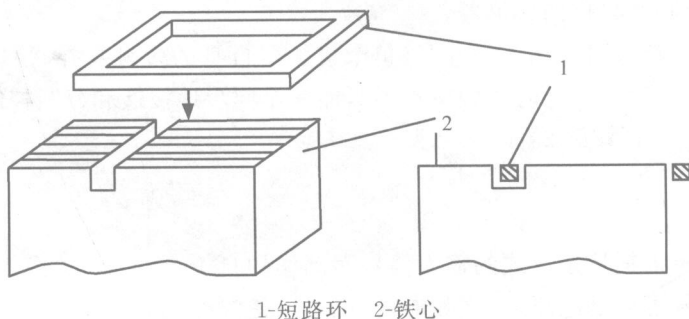


1、2、3、4-静触点 5、6-动触点 7、8-吸引线圈 9-动铁心 10-静铁心 11-弹簧

图 1-1 接触器

接触器的工作原理是:当吸引线圈通电后,电磁系统即把电能转变为机械能,所产生的电磁力克服释放弹簧与触头弹簧的反力使铁心吸合,并带动触头支架,使动、静触头接触闭合。当吸引线圈断电或电压显著下降时,由于电磁吸引力消失或过小,衔铁头将电路切断。

给吸引线圈施加的操作电源可为交流也可为直流。当使用单向交流电源时,因交流电流要周期过零值,所以它产生的电磁吸力也要周期过零,这样在释放弹簧反力和电磁力的共同作用下衔铁就会产生振动。通常采用短路环来解决交流电磁铁的振动问题。短路环的示意图如图 1-2 所示,其中 1 为短路环,2 为铁心。短路环起到磁通分相的作用,把极面上的交变磁通分成两个交变磁通,并且使这两个磁通之间产生相位差,那么它们所产生的吸力间也有一个相位差,这样,两部分吸力就不会同时达到零值,当然合成后的吸力就不会有零值的时刻,如果使合成后的吸力在任一时刻都大于弹簧拉力,就消除了振动。



1-短路环 2-铁心

图 1-2 短路环

如果电路中的电压超过了 10~12V,电流超过 80~100mA,则在动、静触头分离时,在它们的气隙中间就会产生强烈的火花或电弧。电弧是一种高温高热的气体放电现象,其结果会使触头烧坏,缩短其使用寿命。因此通常要设灭弧装置。常用的灭弧方法有:拉长电弧、冷却电弧和将电弧分段。

对于电弧较弱的接触器,只采用灭弧罩即可。电弧较强的接触器,常采用灭弧栅熄弧。如图 1-3 所示是灭弧栅的结构图。图中 1 是灭弧室,2 和 5 分别为动、静触点,3 为金属栅片,4 为电弧。灭弧栅是数片钢片制成的栅状装置,当触点断开发生电弧时,电弧进入栅片内,被分割为数段,迅速熄灭。

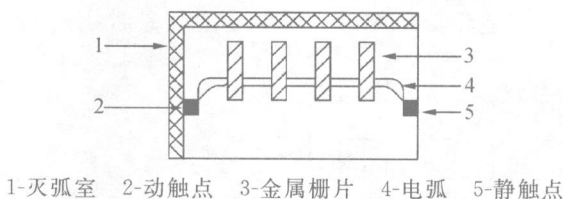


图 1-3 灭弧栅

2. 接触器的分类

如按主触头控制的电路中电流的种类划分,接触器可分为交流接触器和直流接触器;而按电磁机构的操作电源划分,则分为交流励磁操作和直流励磁操作的接触器两种。通常所说的交流/直流接触器是指前一种分类方法,两者不要混淆。此外,接触器还可按主触头的数目分为单极、二极、三极、四极和五极几种。直流接触器通常为前两种,交流接触器通常为后三种。

3. 接触器的选用

要想正确地选用接触器,就必须了解接触器的主要技术数据。其主要技术数据有:

- ① 电源种类: 交流或直流。
- ② 主触头额定电压、额定电流。
- ③ 辅助触头的种类、数量及触头的额定电流。
- ④ 电磁线圈的电源种类、频率和额定电压。
- ⑤ 额定操作频率(次/h),即允许每小时接通的最多次数。

选用时,交流负载用交流接触器,直流负载用直流接触器。当用交流接触器控制直流负载时,必须降额使用,因为直流灭弧比交流灭弧困难。频繁动作的负载,考虑到操作线圈的温升,宜选用直流励磁操作的接触器。

对于单相交流负载可采用多极并联(单个接触器自身的多触头并联)运行方式,但由于各极电流分布不可能均匀,同时各触头也不可能完全同步地接通和分断控制电动机时,一般根据电动机容量 P_d 计算接触器的主触头电流 I_c 。

1.1.3 继电器

继电器是一种根据特定形式的输入信号而动作的自动电器。输入信号可以是电压、电流等电量,也可以是温度、速度、压力等非电量。其工作方式是当输入量变化到某一定值时继电器的触头就动作,接通或断开控制电路。由于控制电路消耗的功率一般不大,所以对继电器触头的分断电流的能力要求低,一般不需用特殊的灭弧装置。尽管继电器的种类繁多,但它们都具有一个共性——继

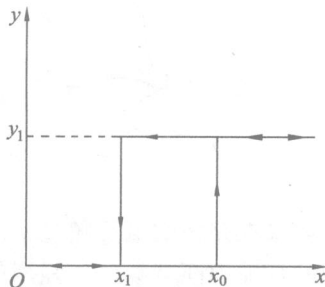


图 1-4 继电器的特性

电器特性。如图 1-4 所示,当输入量 x 从 0 开始增大但未达到 x_0 之前输出 $y=0$;当 x 到达 x_0 时 y 突变到 y_1 。再进一步增大 x , y 仍保持 y_1 不变。而当输入量 x 减小时,在 $x=x_0$ 处 y 并不发生变化,只有当 x 降低到 x_1 ($x_1 \leq x_0$) 时, y 才突变到 0; x 再减小, y 仍为 0。我们把 x_0 称为继电器的吸合值, x_1 称为继电器的释放值,两者之比 $k=x_1/x_0$ 称为继电器的返回系数,它们都是继电器的重要参数。不同场合要求不同的 k 值。

下面介绍几种常用的继电器。

1. 电磁式继电器

电磁式继电器在电气控制系统中起控制、放大、联锁、保护与调节的作用,以实现控制过程的自动化。

按输入信号的性质,电磁式继电器可分为电压继电器和电流继电器;按用途前者又可分出一类——中间继电器。电磁式继电器按用途分类如表 1-3 所示,继电器的动作参数可根据要求在一定范围内进行整定,如表 1-4 所示。

表 1-3 不同用途的继电器

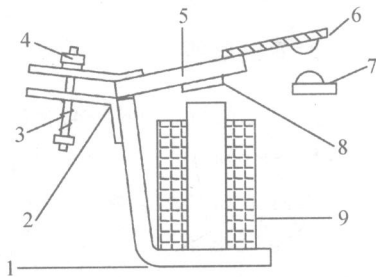
名 称	主 要 用 途
电压继电器	用于电动机失压或欠电压保护以及制动和反转控制等
中间继电器	加在某一电器与被控电路之间,以扩大前一电器的触头数量和容量
电流继电器	用于电动机的过载及短路保护、直流电动机的磁场控制及失磁保护

表 1-4 电磁式继电器的整定参数

继电器类型	电流种类	可调参数	调整范围
电压继电器	直流	动作电压	吸合电压 30%~50% 释放电压 7%~20%
过电压继电器	交流	动作电压	105%~120%
欠电流继电器	直流	动作电流	吸合电流 30%~65% 释放电流 10%~20%
过电流继电器	交流	动作电流	110%~350%
	直流		70%~300%

电磁式继电器的结构与接触器相似,如图 1-5 所示,其返回系数可通过调节螺母改变释放弹簧的弹力或改变非磁性垫片的厚度来实现。电流继电器与电压继电器的区别主要是线圈参数不同,前者为了检测负载电流,线圈一般要与之串联,因而匝数少而线径粗,以减小产生的压降;后者要检测负载电压,故线圈要与之并联,需要电抗大,故线圈匝数多而线径细。

选用继电器须综合考虑继电器的通用性、功能特点、使用环境、额定工作电压及电流,同时还要考虑触头的数量、种类,以满足控制电路的要求。



1-铁心 2-旋转棱角 3-释放弹簧
4-调节螺母 5-衔铁 6-动触头
7-静触头 8-非磁性垫片 9-线圈

图 1-5 电磁继电器电器的结构

2. 固态继电器

固态继电器是由固体半导体元件组成的无触头开关元件,它较之电磁继电器具有工作可靠、寿命长、对外界干扰小、能与逻辑电路兼容、抗干扰能力强、开关速度快、无火花、无动作噪声和使用方便等一系列优点。因而它具有很宽的应用领域,有逐步取代传统电磁继电器之势,并进一步扩展到传统电磁继电器无法应用的许多领域,如计算机的输入输出接口、外围和终端设备。在一些要耐震、耐潮、耐腐蚀、防爆等特殊工作环境中以及要求高可靠的工作场合,较之传统的电磁继电器,它都有无可比拟的优越性。固态继电器的缺点是过载能力低,易受温度和辐射影响,通断阻抗小。

固态继电器分为直流固态继电器和交流固态继电器,前者的输出采用晶体管,后者的输出采用晶闸管。

如图 1-6(a)所示是交流固态继电器的结构图。它为四端有源器件,其中两个端子为输入控制端,另外两端为输出受控端。为实现输入和输出之间的电器隔离,器件采用了高耐压的光电耦合器,当施加输入信号后,其输出呈导通状态,否则呈阻断状态。

交流固态继电器的触发形式可分为零压型和调相型两种,如图 1-6(b)所示是两种触发方式的工作波形图。零压型触发形式的交流固态继电器内部设有过零检测电路(调相型没有),当施加输入信号后,只有当负载电源电压到达过零区时,输出级晶闸管才能导通,所以可能产生最大半个电源周期的延时;输入信号撤消后,负载电流低于晶闸管的维持电流时晶闸管关断。由于负载工作电流近似正弦波,高次谐波干扰小,所以应用很广泛。调相型触发形式的交流固态继电器,当施加输入信号后,输出级的晶闸管立即导通;关断方式与前者相同。

固态继电器的主要参数有输入电压、输入电流、输出电压、输出电流、输出漏电流等。

1.1.4 时间继电器

当感受部分接收外界信号后,经过设定的延时时间才使执行部分动作的继电器称为时间继电器。按延时的方式分为通电延时型、断电延时型和带瞬动触头的通电(或断电)延时型继电器等,对应的输入/输出时序关系如图 1-7 所示。

按工作原理划分,时间继电器可分为电磁式、空气阻尼式、模拟电子式和数字电子式等。随着电子技术的飞跃和发展,后两种特别是数字电子式时间继电器以其延时精度高、调节范围宽、功能

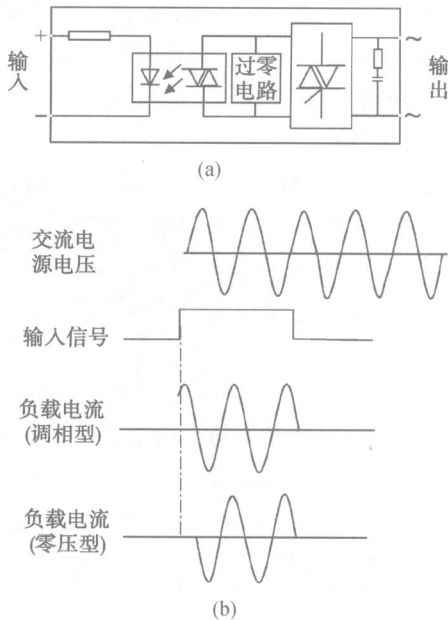


图 1-6 交流固态继电器的结构和工作方式

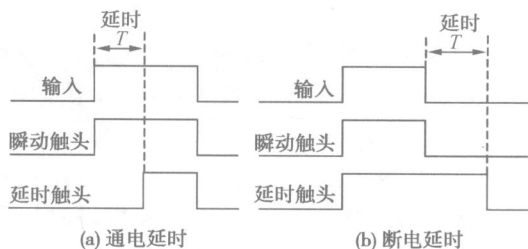
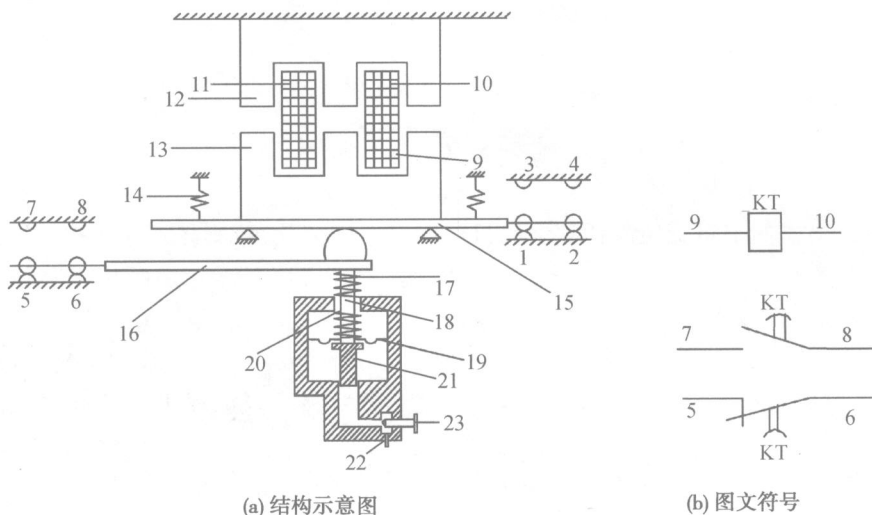


图 1-7 时间继电器的时序关系

多、体积小等优点而成为市场上的主导产品。

如图 1-8 所示为空气阻尼式通电延时型时间继电器的结构示意图和图文符号。它是利用空气阻尼的原理来获得延时的,主要由电磁系统、气室及触点系统组成。

如图 1-8(a)所示,空气阻尼通电延时型时间继电器的工作原理是:当线圈 11 通电时,电磁力克服弹簧 14 的反作用拉力而迅速将衔铁 13 向上吸合,衔铁 13 带动杠杆 15 立即使 1、2 常闭触点分断,3、4 常开触点闭合。



1、2-常闭触点 3、4-常开触点 11-线圈 13-衔铁 14-弹簧 15-杠杆

图 1-8 空气阻尼通电延时型时间继电器

选择时间继电器,主要考虑控制回路所需要的延时触头的延时方式(通电延时还是断电延时),以及各类触头的数目,根据使用条件选择品种规格。

1.1.5 热继电器

热继电器是依靠电流流过发热元件时产生的热,使双金属片发生弯曲而推动执行机构动作的一种电器,主要用于电动机的过载保护、断相及电流不平衡运行的保护及其他电气设备发热状态的控制。热继电器的工作原理示意图如图 1-9 所示。

热继电器的测量元件通常采用双金属片,由两种具有不同线膨胀系数的金属碾压而成。主动层采用膨胀系数较高的铁镍铬合金,被动层采用膨胀系数很小的铁镍合金。当双金属片受热后将向被动层方向弯曲,当弯曲到一定程度时,通过动作机构使触点动作。如图 1-9 所示,图(a)是热继电器的结构中感受部分的示意图,图(b)为图文符号。在图 1-9(a)中发热元件 2 通电发热后,主双金属片 1 受热向左弯曲,推动导板 3 向左推动执行机构发生一定的运动。电流越大,执行机构的运动幅度也越大。当电流大到一定程度时,执行机构发生跃变,即触点发生动作从而切断主电路。

热继电器的选用要注意以下几个方面:

① 在长期工作情况下,按电动机的额定电流来确定热继电器的型号与规格。热继电器元件的额定电流 I_{RT} 应接近或略大于电动机的额定电流,即

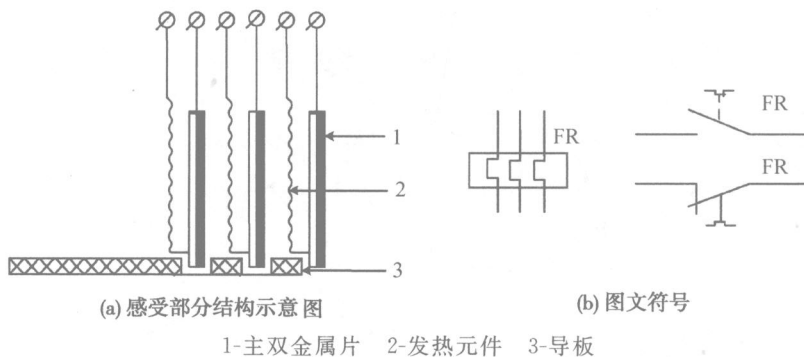


图 1-9 热继电器

$$I_{RT} = (0.95 \sim 1.05) I_{\max} \quad (1-1)$$

使用时,热继电器的整定旋钮应调到电动机的额定电流值处,否则将不起保护作用。

② 对于星形接法的电动机,因其相绕组电流与线电流相等,选用两相或三相普通的热继电器即可。

③ 对于三角形接法的电动机,当在接近满载的情况下运行时,如果发生断相,最严重一相中的相电流可达额定值的 2.5 倍左右,而流过热继电器的线电流也达其额定值的 2 倍以上,此时普通热继电器的动作时间已能满足保护电动机的要求。当负载率为 58% 时,若发生断相则流过承受全电压的相绕组的电流等于 1.15 倍额定相电流,处于过载运行,但此时未断相的线电流正好等于额定线电流,所以热继电器不会动作,最终电动机会损坏。因此,三角形接法的电动机在有可能不满载工作时,必须选用带断相保护功能的热继电器。当负载小于 50% 额定功率时,由于电流小,一相断线时也不会损坏电动机。

频繁正反转及频繁通断工作和短时工作的电动机不宜采用热继电器来保护。

如遇到下列情况,选择热继电器的整定电流要比电动机的额定电流高一些来进行保护:

- ① 电动机负载惯性转矩非常大,起动时间长。
- ② 电动机所带动的设备不允许任意停电。
- ③ 电动机拖动的为冲击性负载,如冲床、剪床等设备。

1.1.6 熔断器

熔断器是当通过的电流超过规定值达一定时间后,以它本身所产生的热量使熔体熔化,从而使电路断开。熔断器的种类很多,结构也不同,有插入式熔断器、有/无填料封闭管式熔断器及快速熔断器等。

通过熔体的电流与熔体熔化时间的关系称为熔化特性(亦称安秒特性),它和热继电器的保护特性一样,都是反时限的。

选择熔断器,主要是选择熔断器的种类、额定电压、熔断器额定电流等级和熔体的额定电流。额定电压是根据所保护电路的电压来选择的;熔体电流的选择是熔断器选择的核心。

对于如照明线路等没有冲击电流的负载,应使熔体的额定电流等于或稍大于线路的工作电流 I ,即

$$I_R \geq I \quad (1-2)$$

式中 I_R ——熔体额定电流。