

现代电气控制技术

郑 萍 主编

重 庆 大 学 出 版 社

内 容 简 介

本书在介绍传统的低压电器、典型的控制线路以及设计方法的基础上,系统地介绍了现代电气控制系统的构成和特点。内容包括常用低压控制电器、基本电气控制线路、继电器-接触器电气控制线路设计、典型的电气控制线路分析、现代低压电器、可编程控制器原理及应用、通用变频器及其应用、数控机床、现场总线网络电气控制系统以及电气系统的可靠性设计。本书既保留了传统的电气控制内容,又系统介绍了当今先进的电气控制技术。

本书还介绍了当今工控领域内新型的控制结构和新的控制理念,展现了电气控制技术所呈现的相互融合、综合化、网络化和开放性的趋势,体现了实用性和先进性。

本书可作为大专院校电气工程及其自动化、工业自动化、机电一体化等专业的教材,也可供工程技术人员自学和作为培训教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

现代电气控制技术/郑萍主编. —重庆:重庆大学出版社, 2001. 12
电气工程及其自动化专业本科系列教材
ISBN 7-5624-2447-0

. 现... . 郑... . 电气控制—高等学校—教材
. TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 069796 号

现代电气控制技术

郑 萍 主编

责任编辑 梁 涛

*

重庆大学出版社出版发行
新华书店经销
四川省自贡新华印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 15.75 字数: 393 千

2001 年 12 月第 1 版 2001 年 12 月第 1 次印刷

印数: 1—5 000

ISBN 7-5624-2447-0/TM·80 定价: 24.00 元

前言

过去的电气控制技术以传统的低压电器元件为基础,以传统的测试方式为手段,形成了以继电-接触器为主的电气控制系统,以控制电机的起/制动、换向、调速为主要内容。功能简单,可靠性低,体积庞大,缺乏灵活性与通用性。近年来,随着电力电子、计算机、控制理论、通信网络技术的发展,电气控制技术发生了翻天覆地的变化。

首先,电器元件经历了四代的发展,电子化、智能化、可通信化是它发展的主要趋势;可编程控制器从最初的以替代继电控制盘的逻辑控制功能已发展成一种在工控领域内无所不能的、应用最为广泛的新型工业自动化装置;变频调速技术已从简单的V/F控制发展为高性能的矢量控制;数控技术的应用已从简易数控机床到高精度的加工中心。另一方面,现代电气控制技术呈现一种相互融合与综合的趋势。比如,可编程控制器集逻辑顺序控制与模拟量调节于一身,不但渗透到过程控制领域、数控领域,而且可以组成高性价比的综合自动控制系统;现代电气控制技术还呈现一种网络化和开放性的趋势,尤其是现场总线的兴起,使电气控制系统从控制结构到控制理念均发生了根本的变化。

鉴于上述电气控制技术的进步,本书在编写中力求体现实用性和先进性。

全书共分10章。第1章为传统的低压电器,第2章介绍以传统低压电器组成的基本控制环节,第3章在介绍基本控制环节的基础上,着重介绍继电-接触器电气控制系统的设计思想与方法,第4章提供实际应用的继电-接触器电气控制线路分析,以求提高读图能力与分析控制线路的水平。第5章介绍了几种现代低压电器,强调了低压电器的发展趋势。第6章为可编程控制器的内容,本书在介绍可编程控制器的基本原理基础上,强调新的控制器带来新的控制理念的思想,并从应用角度出发,力图展现可编程控制器的强大功能。第7章介绍了目前应用极为普遍的变频器,本书重点在变频器的功能和应用上,略去了繁杂的理论推导。第8章讨论了数控机床的基本组成、CNC和伺服系统等,对插补原理未作过多的介绍。第9章在介绍网络通信的基本概念基础上,讨论了现场总线发展的背景、种类,并着重介绍了在电器行业

及电气控制系统中应用较多的 DeviceNet, 并讨论了因此而带来的电气控制系统结构和理念的变化。第 10 章讨论电器元件和电气控制系统的可靠性, 强调了在自动化程度越来越高的今天, 可靠性设计凸现的重要性。

本书中的电路图形符号、文字符号、有关术语及电气原理图的绘制, 均贯彻《GB5226—85》、《GB4728—86》、《GB7159—87》、《GB6988—86》等规定, 并提供了部分专业英语单词。

本书由郑萍主编。第 1 章由邢运民编写, 第 2 章和第 4 章由王斌编写, 第 5 章由邢运民与郑萍合写, 其余各章均由郑萍编写。张军绘制了第 3 章、第 5 ~10 章的大部分插图, 编者在此表示感谢。

由于编者水平有限, 定有错漏之处, 恳请读者批评指正。

编 者

2001 年 8 月

第 1 章

常用低压电器

低压电器(Low-voltage Apparatus)通常指工作在交、直流电压 1 200V 以下的电路中起通断、控制、保护和调节作用的电气设备。本章主要介绍常见的接触器、继电器、低压断路器、万能转换开关、熔断器等设备的基本结构、功能及工作原理。

1.1 电器的作用与分类

电器就是广义的电气设备。它可以很大、很复杂,比如一台彩色电视机或者一套自动化装置;它也可以很小、很简单,比如一个钮子开关或者一个熔断器。在工业意义上,电器是指能根据特定的信号和要求,自动或手动地接通或断开电路,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、变换和调节用的电气设备。电器的种类繁多,构造各异,通常按以下分类方法分为几类。

按电压等级分:高压电器(High-voltage Apparatus)、低压电器(Low-voltage Apparatus);

按所控制的对象分:低压配电电器(Distributing Apparatus)、低压控制电器(Control Apparatus)。前者主要用于配电系统,如刀开关、熔断器等;后者主要用于电力拖动自动控制系统和其他用途的设备中。

按使用系统分:电力系统用电器、电力拖动及自动控制系统用电器、自动化通信系统用电器;

按工作职能分:手动操作电器、自动控制电器(自动切换电器、自动控制电器、自动保护电器)、其他电器(稳压与调压电器、起动与调速电器、检测与变换电器、牵引与传动电器);

按电器组合分:单个电器、成套电器与自动化装置;

按有无触点分:有触点电器、无触点电器、混合式电器;

按使用场合分:一般工业用电器、特殊工矿用电器、农用电器、家用电器、其他场合(如航空、船舶、热带、高原)用电器。

本章主要涉及电力拖动自动控制系统用电器,如交直流接触器、各类继电器、自动空气断路器、行程开关、熔断器、主令电器等。

1.2 低压电器的电磁机构及执行机构

从结构上来看,电器一般都具有两个基本组成部分,即感测部分与执行部分。感测部分接受外界输入的信号,并通过转换、放大、判断,作出有规律的反应,使执行部分动作,输出相应的指令,实现控制的目的。对于有触头的电磁式电器,感测部分大都是电磁机构,而执行部分则是触头。对于非电磁式的自动电器,感测部分因其工作原理不同而各有差异,但执行部分仍是触头。

1.2.1 电磁机构

(1)电磁机构的分类

电磁机构是各种自动化电磁式电器的主要组成部分之一,它将电磁能转换成机械能,带动触点使之闭合或断开。电磁机构由吸引线圈和磁路两部分组成。磁路包括铁心、衔铁、铁轭和空气隙。电磁机构分类如下:

1)按衔铁的运动方式分类

衔铁绕棱角转动:如图 1.1(a)所示,衔铁绕铁轭的棱角而转动,磨损较小。铁心用软铁,适用于直流接触器、继电器;

衔铁绕轴转动:如图 1.1(b)所示,衔铁绕轴转动,用于交流接触器。铁心用硅钢片叠成;

衔铁直线运动:如图 1.1(c)所示,衔铁在线圈内作直线运动。多用于交流接触器中。

2)按磁系统形状分类

电磁机构可分为 U 形和 E 形,如图 1.1 所示。

3)按线圈的连接方式分类

可分为并联(电压线圈)和串联(电流线圈)两种。

4)按吸引线圈电流的种类分类

可分为直流线圈和交流线圈两种。

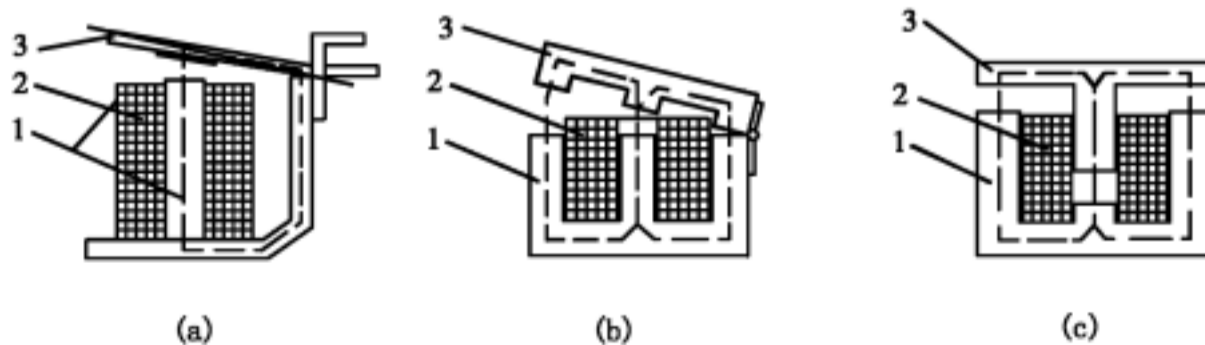


图 1.1 常用电磁机构的形式

1—铁心;2—线圈;3—衔铁

(2)吸力特性与反力特性

电磁机构的工作情况常用吸力特性与反力特性来表征。电磁机构的吸力与气隙的关系曲线称为吸力特性。它随励磁电流种类(交流或直流)、线圈连接方式(串联或并联)的不同而有

所差异。电磁机构转动部分的静阻力与气隙的关系曲线称为反力特性。阻力的大小与作用弹簧、摩擦阻力以及衔铁质量有关。下面分析吸力特性、反力特性和两者的配合关系。

电磁机构的吸力 F 可近似地按下式求得

$$F = \frac{1}{2\mu} B^2 S \quad (1.1)$$

式中： $\mu = 4 \times 10^{-7} \text{ H/m}$ 。当 S 为常数时， F 与 B^2 成正比。 B 为气隙磁感应强度。

对于具有电压线圈的直流电磁机构，因外加电压和线圈电阻不变，则流过线圈的电流为常数，与磁路的气隙大小无关。根据磁路定律

$$= \frac{IN}{R_m} = \frac{1}{R_m} \quad (1.2)$$

则
$$F \propto \left(\frac{1}{R_m}\right)^2 \quad (1.3)$$

吸力 F 与 R_m^2 成反比，亦即与气隙 δ^2 成反比，故吸力特性为二次曲线形状，如图 1.2 所示。它表明衔铁闭合前后吸力变化很大。

对于具有电压线圈的交流电磁机构，其吸力特性与直流电磁机构有所不同。设外加电压不变，交流吸引线圈的阻抗主要决定于线圈的电抗，电阻可忽略，则

$$U \approx E = 4.44 f N \quad (1.4)$$

$$= \frac{U}{4.44 f N} \quad (1.5)$$

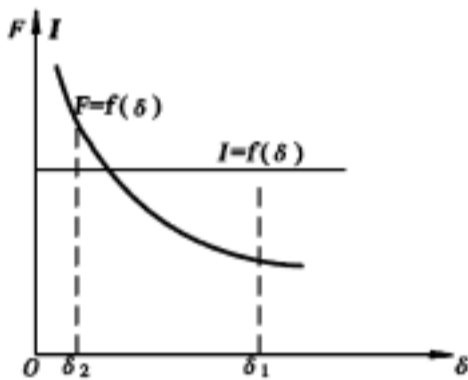


图 1.2 直流电磁机构的吸力特性

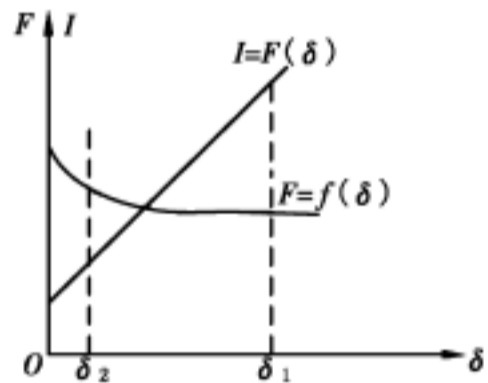


图 1.3 交流电磁机构的吸力特性

当频率 f 、匝数 N 和电压 U 均为常数时， I 为常数，由式(1.3)知 F 亦为常数，说明 F 与 δ 大小无关。实际上考虑到漏磁的作用， F 随 δ 的减小略有增加。当气隙 δ 变化时， I 与 δ 呈线性关系，图 1.3 示出了 $F=f(\delta)$ 与 $I=f(\delta)$ 的关系曲线。

从上述结论还可看出：于一般 U 形交流电磁机构，在线圈通电而衔铁尚未吸合瞬间，电流将达到吸合后额定电流的 5~6 倍，E 形电磁机构将达到 10~15 倍。如果衔铁卡住不能吸合或者频繁动作，就可能烧毁线圈。这就是对于可靠性高或频繁动作的控制系统采用直流电磁机构，而不采用交流电磁机构的原因。

反力特性与吸力特性之间的配合关系，如图 1.4 所示。欲使接触器衔铁吸合，在整个吸合过程中，吸力需大于反力，这样触点才能闭合接通电路。反力特性曲线如图 1.4 中曲线 3 所示，直流与交流接触器的吸力特性分别如曲线 1 和 2 所示。在 $\delta_1 \sim \delta_2$ 的区域内，反力随气隙减小略有增大。到达 δ_2 位置时，动触点开始与静触点接触，这时触点上的初压力作用到衔铁上，反力骤增，曲线突变。其后在 δ_2 到 0 的区域内，气隙越小，触点压得越紧，反力越大，线段较 $\delta_1 \sim \delta_2$ 段陡。

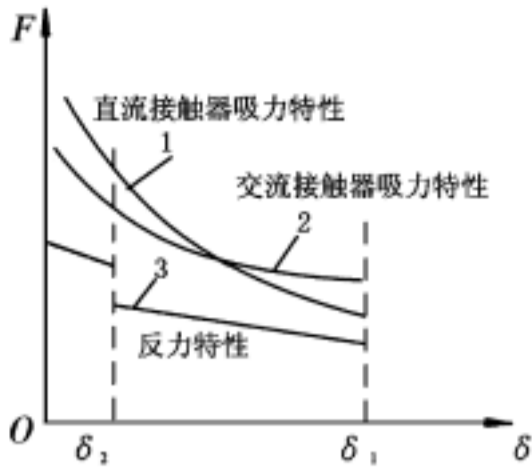


图 1.4 吸力特性和反力特性
1—直流接触器吸力特性;2—交流接触器吸力特性;3—反力特性

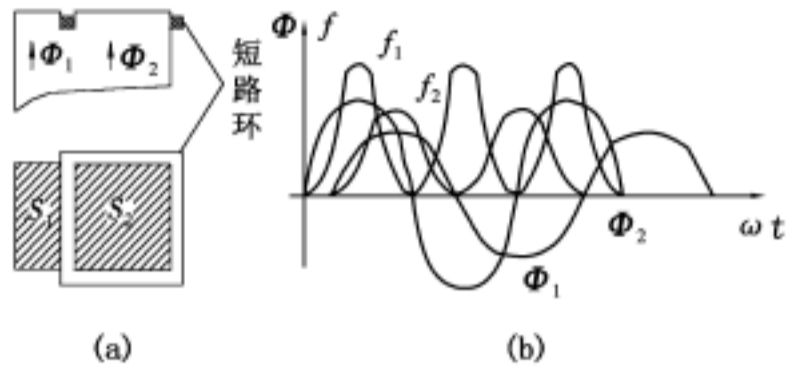


图 1.5 加短路环后的磁通和电磁吸力图

为了保证吸合过程中衔铁能正常闭合,吸力在各个位置上必须大于反力,但也不能过大,否则会影响电器的机械寿命。反映在图 1.4 上就是要保证吸力特性高于反力特性。上述特性对于继电器同样适用。在使用中常常调整反力弹簧或触点初压力以改变反力特性,就是为了让使之与吸合特性良好配合。

对于单相交流电磁机构,由于磁通是交变的,当磁通过零时吸力也为零,吸合后的衔铁在反力弹簧的作用下将被拉开。磁通过零后吸力增大,当吸力大于反力时,衔铁又吸合。由于交流电源频率的变化,衔铁的吸力随之每个周波二次过零,因而衔铁产生强烈振动与噪声,甚至使铁心松散。因此交流接触器铁心端面上都安装一个铜制的分磁环(或称短路环),使铁心通过 2 个在时间上不不同的磁通,矛盾就解决了。

图 1.5 中电磁机构的交变磁通穿过短路环所包围的截面 S_2 ,在环中产生涡流,根据电磁感应定律,此涡流产生的磁通 Φ_2 在相位上落后于截面 S_1 中的磁通 Φ_1 ,由 Φ_1 、 Φ_2 产生吸力 f_1 、 f_2 ,如图 1.5(b)所示。作用在衔铁上的力是 $f_1 + f_2$,只要此合力始终超过其反力,衔铁的振动现象就消失了。

1.2.2 执行机构

低压电器的执行机构一般由主触点及其灭弧装置组成。

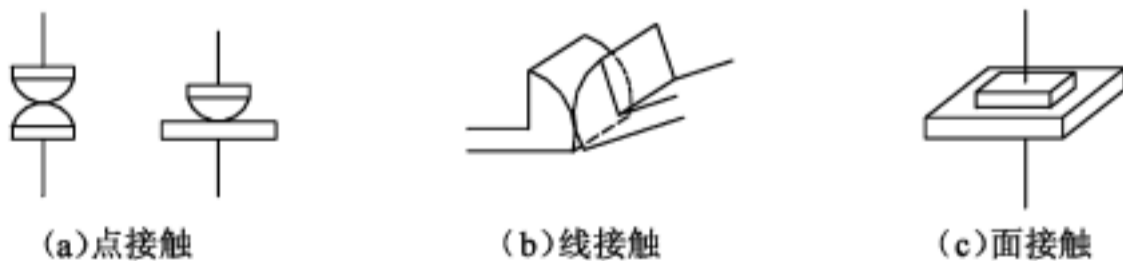


图 1.6 触点的 3 种接触形式

(1) 触点

触点用来接通或断开被控制的电路。它的结构形式很多,按其接触形式可分为 3 种,即点接触、线接触和面接触,如图 1.6 所示。

图 1.6(a)所示为点接触,它由两个半球形触点或一个半球形与一个平面形触点构成。它常用于小电流的电器中,如接触器的辅助触点或继电器触点。图 1.6(b)所示为线接触,它的

接触区域是一条直线。触点在通断过程中是滚动接触,如图 1.7 所示。开始接触时,静、动触点在 A 点接触,靠弹簧压力经 B 点滚动到 C 点。断开时作相反运动。这样,可以自动清除触点表面的氧化膜,同时长期工作的位置不是在易烧灼的 A 点而是在 C 点,保证了触点的良好接触。这种滚动线接触多用于中等容量的触点,如接触器的主触点。图 1.6(c)所示为面接触,它可允许通过较大的电流。这种触点一般在接触面上镶有合金,以减小触点接触电阻和提高耐磨性,多用作较大容量接触器或断路器的触点。

由于触点表面的不平与氧化层的存在,两个触点的接触处有一定的电阻。为了减小此接触电阻,需在触点间加一定压力。未受激时的位置如图 1.8(a)所示,当动触点刚与静触点接触时,由于安装时弹簧被预先压缩了一段,因而产生一个初压力 F_1 ,如图 1.8(b)所示。触点闭合后由于弹簧在超行程内继续变形而产生一终压力 F_2 ,如图 1.8(c)所示。弹簧压缩的距离 l 称为触点的超行程,即从静、动触点开始接触到触点压紧,整个触点系统向前压紧的距离。有了超行程,在触点磨损情况下仍具有一定压力,有利于保持良好接触。当然,磨损严重时仍应及时更换。

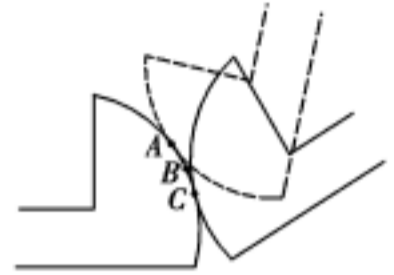


图 1.7 指形触点的接触过程

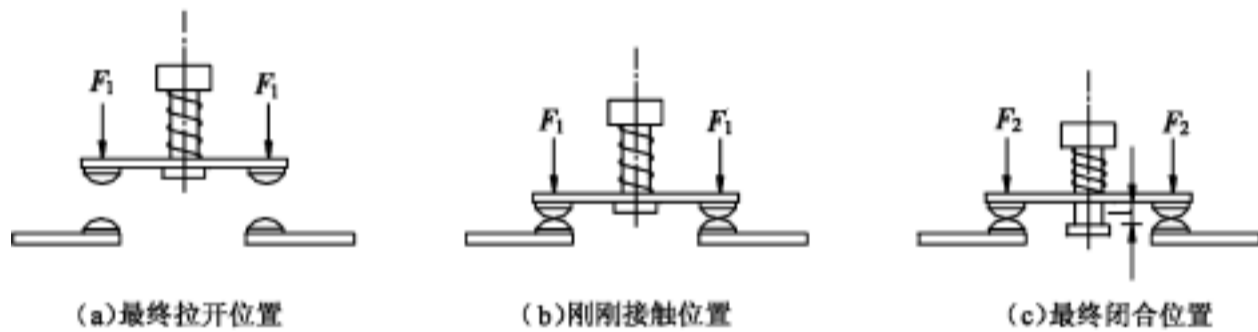


图 1.8 触点的位置示意图

(2) 电弧的产生与灭弧装置

当断路器或接触器触点切断电路时,如电路中电压超过 $10 \sim 12\text{V}$ 和电流超过 $80 \sim 100\text{mA}$,在拉开的两个触点之间将出现强烈火花,这实际上是一种气体放电的现象,通常称为“电弧”。

所谓气体放电,就是气体中有大量的带电粒子作定向运动。触点在分离瞬间,其间隙很小,电路电压大多降落在触点之间,在触点间形成很强的电场,阴极中的自由电子会逸出到气隙中并向正极加速运动。前进途中撞击气体原子,该原子分裂成电子和正离子。电子在向正极运动过程中又将撞击其他原子,这种现象叫撞击电离。撞击电离的正离子向阴极运动,撞在阴极上会使阴极温度逐渐升高。当阴极温度到达一定程度时,一部分电子将从阴极逸出再参与撞击电离。由于高温使电极发射电子的现象叫热电子发射。当电弧的温度达到 3000 或更高时,触点间的原子以很高的速度作不规则的运动并相互剧烈撞击,结果原子也将产生电离,这种因高温使原子撞击所产生的电离称为热游离。

撞击电离、热电子发射和热游离的结果,在两触点间呈现大量向阳极飞驰的电子流,这就是所谓的电弧。

应当指出,伴随着电离的进行也存在着消电离的现象。消电离主要是通过正、负带电粒子的复合进行的。温度越低,带电粒子运动越慢,越容易复合。

根据上述电弧产生的物理过程可知,欲使电弧熄灭,应设法降低电弧温度和电场强度,以加强消电离作用。当电离速度低于消电离速度,则电弧熄灭。根据上述灭弧原则,常用的灭弧

装置有如下几种。

1) 磁吹式灭弧装置

其原理如图 1.9 所示。在触点电路中串入一个吹弧线圈 3,它产生的磁通通过导磁颊片 4 引向触点周围,如图中“×”符号所示。电弧产生后,其磁通方向如图中“·”和“·”符号所示。由图 1.9 可见,在弧柱下吹弧线圈产生的磁通与电弧产生的磁通是相加的,而在弧柱上面则彼此相消,因此就产生一个向上运动的力将电弧拉长并吹入灭弧罩 5 中,熄弧角 6 和静触点连接,其作用是引导电弧向上运动,将热量传递给罩壁,促使电弧熄灭。

由于这种灭弧装置是利用电弧电流本身灭弧,因而电弧电流越大,吹弧的能力也越强。它广泛应用于直流接触器中。

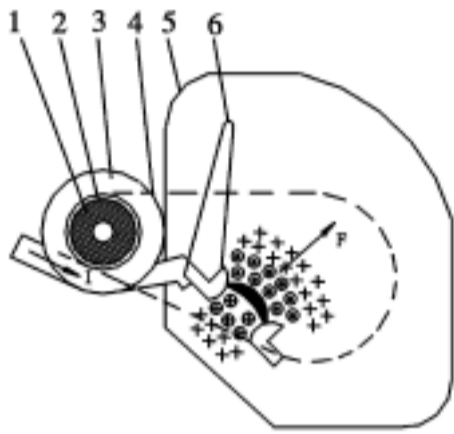


图 1.9 磁吹式灭弧装置

1—铁心;2—绝缘管;3—吹弧线圈;
4—导磁颊片;5—灭弧罩;6—熄弧角

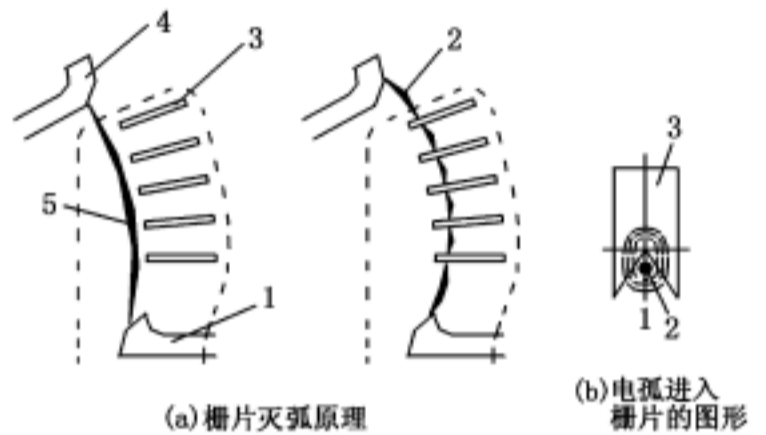


图 1.10 灭弧栅灭弧原理

1—静触点;2—短电弧;3—灭弧栅片;
4—动触点;5—长电弧

2) 灭弧栅

灭弧栅灭弧原理如图 1.10 所示。灭弧栅片 3 由许多镀铜薄钢片组成,片间距离为 2~3mm,安放在触点上方的灭弧罩内。一旦发生电弧,电弧周围产生磁场,使导磁的钢片上有涡流产生,将电弧吸入栅片,电弧被栅片分割成许多串联的短电弧,当交流电压过零时电弧自然熄灭,两栅片间必须有 150~250V 电压,电弧才能重燃。这样一来,一方面电源电压不足以维持电弧,同时由于栅片的散热作用,电弧自然熄灭后很难重燃。这是一种常用的交流灭弧装置。

3) 灭弧罩

比灭弧栅更为简单的是采用一个用陶土和石棉水泥做的耐高温的灭弧罩,用以降温和隔弧,可用于交流和直流灭弧。

4) 多断点灭弧

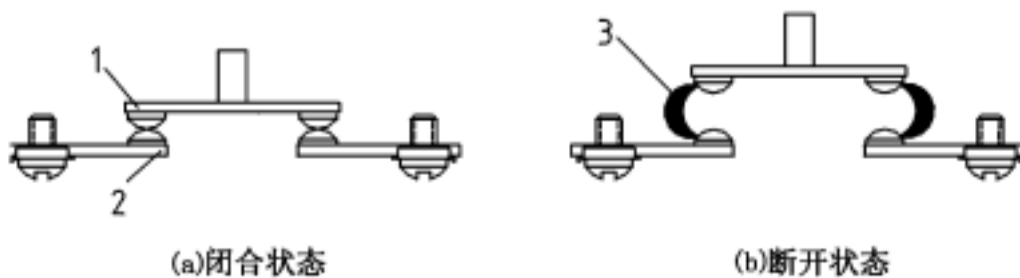


图 1.11 桥式触点

1—动触点;2—静触点;3—电弧

在交流电路中也可采用桥式触点,如图 1.11 所示。有两处断开点,相当于两对电极,若有

一处断点要使电弧熄灭后重燃需要 150 ~ 250V, 现有两处断点就需要 $2 \times (150 \sim 250)V$, 所以有利于灭弧。若采用双极或三极触点控制一个电路时, 根据需要可灵活地将二个极或三个极串联起来当做一个触点使用, 这组触点便成为多断点, 加强了灭弧效果。

1.3 接触器

接触器 (Contactor) 是用来频繁接通和切断电动机或其他负载主电路的一种自动切换电器。接触器由于生产方便、成本低廉、用途广泛, 故在各类低压电器中, 生产量最大、使用面最广。

接触器是利用电磁吸力的作用来使触头闭合或断开大电流电路的, 是一种非常典型的电磁式电器。接触器的主要组成部分为电磁系统和触头系统。电磁系统是感测部分, 触头系统是执行部分。触头工作时, 需经常接通和分断额定电流或更大的电流, 所以常有电弧产生, 为此, 一般情况下都装有灭弧装置, 并与触头共称触头—灭弧系统, 只有额定电流甚小者才不设灭弧装置。

接触器按其主触头通过的电流种类, 分为直流接触器和交流接触器。按主触头的极数又可分为单极、双极、三极、四极和五极等几种。直流接触器一般为单极或双极; 交流接触器大多为三极, 四极多用于双回路控制, 五极用于多速电动机控制或者自动式自耦减压起动器中。

1.3.1 接触器的主要技术数据

(1) 额定电压

接触器铭牌额定电压是指主触点上的额定电压。通常用的电压等级为

直流接触器: 220V, 440V, 660V。

交流接触器: 220V, 380V, 500V。

按规定, 在接触器线圈业已发热稳定时, 加上 85% 的额定电压, 衔铁应可靠地吸合; 反之, 如果工作中电网电压过低或者突然消失, 衔铁亦应可靠地释放。

(2) 额定电流

接触器铭牌额定电流是指主触点的额定电流。通常用的电流等级为

直流接触器: 25A, 40A, 60A, 100A, 150A, 250A, 400A, 600A。

交流接触器: 5A, 10A, 20A, 40A, 60A, 100A, 150A, 250A, 400A, 600A。

上述电流是指接触器安装在敞开式控制屏上, 触点工作不超过额定温升, 负载为间断-长期工作制时的电流值。所谓间断-长期工作制是指接触器连续通电时间不超过 8h。若超过 8h, 必须空载开闭 3 次以上, 以消除表面氧化膜。如果上述诸条件改变了, 就要相应修正其电流值。具体如下:

当接触器安装在箱柜内时, 由于冷却条件变差, 电流要降低 10% ~ 20% 使用;

当接触器工作于长期工作制时, 则通电持续率不应超过 40%; 敞开安装, 电流允许提高 10% ~ 25%; 箱柜安装, 允许提高 5% ~ 10%。

介于上述情况之间者, 可酌情增减。

(3)线圈的额定电压

通常用的电压等级为:

直流线圈:24V, 48V, 110V, 220V, 440V。

交流线圈:36V, 127V, 220V, 380V。

一般情况下,交流负载用交流接触器,直流负载用直流接触器,但交流负载频繁动作时也可采用直流吸引线圈的接触器。

(4)额定操作频率

额定操作频率指每小时接通次数。现代生产的接触器,允许接通次数为 150 ~ 1 500 次/h。

(5)电寿命和机械寿命

电寿命是指接触器的主触点在额定负载条件下,所允许的极限操作次数。机械寿命是指接触器在不需修理的条件下,所能承受的无负载操作次数。现代生产的接触器其电寿命可达 50 ~ 100 万次,机械寿命可达 500 ~ 1 000 万次。

(6)接触器的电气符号

接触器的电气符号如图 1.12 所示。

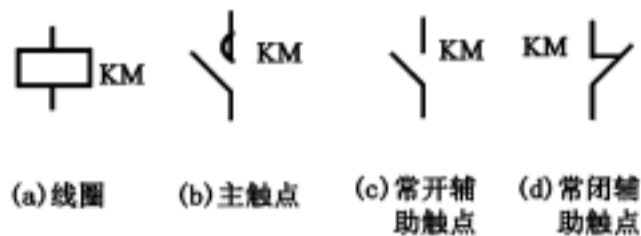


图 1.12 接触器符号

1.3.2 交流接触器

交流接触器(Alternating Current Contactor)一般有 3 对主触头,两对动合(常开)辅助触头,两对动断常闭辅助触头。中等容量及以下为直动式,大容量为转动式。

目前,国内市场产品繁多,举不胜举。有工厂自行设计改进的,有全国统一设计研制的,也有引进国外制造技术生产的,还有国外产品。下面介绍几种具有代表性的产品。

(1)CJ20 系列交流接触器

CJ20 系列交流接触器为全国统一设计的交流接触器,主要适用于交流 50Hz、额定电压 660V 及以下(其中部分等级可用于 1 140V)、电流 630A 及以下的电力线路中,供远距离接通、分断电路、频繁起动和控制三相交流电动机用。它与热继电器或电子式保护装置组合成电磁起动器,以保护电路或交流电动机可能发生的过负荷及断相故障。

CJ20 系列交流接触器技术指标符合 GB1497 - 85、JB2455 - 85、JB/ DQ4172 - 86 及 IEC158 - 1 标准。

CJ20 系列交流接触器外形如图 1.13 所示。CJ20 系列交流接触器为直动式、双断点、立体布置,结构紧凑,外形尺寸比 CJ10 及 CJ8 型老产品缩小很多。

CJ20-25 型及以下规格为不带灭弧罩的二层二段结构。CJ20-40 型及以上的接触器为双层布置正装式结构,主触头和灭弧室在上层,电磁系统在下层,两只独立的辅助触头组件布置在躯壳两侧。

触头灭弧系统:不同容量等级的接触器采用不同的灭弧结构。CJ20-10、CJ20-16 型为双断点简单开断灭弧室;CJ20-25 型为 U 型铁片灭弧;CJ20-40 ~ CJ20-160 型在 380V、660V 时均为多纵缝陶土灭弧罩;CJ20-250 型及以上接触器在 380V 时为多纵缝陶土灭弧罩,在 660V 和 1140V 时为栅片灭弧罩。

全系列接触器采用银基合金触头。CJ20-25 型及以下用银镍触头,CJ20-40 型及以上用银基氧化物触头。灭弧性能优良的触头灭弧系统配用抗熔焊耐磨损的触头材料,使触头具有长久的电寿命,适用于在 AC-4 类特别繁重的条件下工作(见附录 1 表 1.3)。

电磁系统:CJ20-40 型及以下接触器用双 E 型铁心,迎击式缓冲装置;CJ20-63 型及以上接触器用 U 型铁芯,硅橡胶缓冲装置。

辅助触头的组合:40A 及以下接触器为 2 动合、2 动断;63 ~ 160A 接触器为 2 动合、2 动断或 4 动合、2 动断;250 ~ 630A 接触器为 4 动合、2 动断或 3 动合、3 动断或 2 动合、4 动断等组合,并且还备有供直流操作专用的大超程动断辅助触头。

(2) EB、EH 系列交流接触器

EB、EH 系列交流接触器为 ABB 公司生产的新系列接触器,其外形如图 1.14 所示。该系列接触器比 B 系列接触器在技术性能、结构形式等方面有不少改进和提高,可供远距离控制通断电路及频繁控制三相交流电动机起、停之用。该系列接触器可与 T 系列热过负载继电器组成磁力起动器,供电动机控制及过负载,断相及失压保护用。

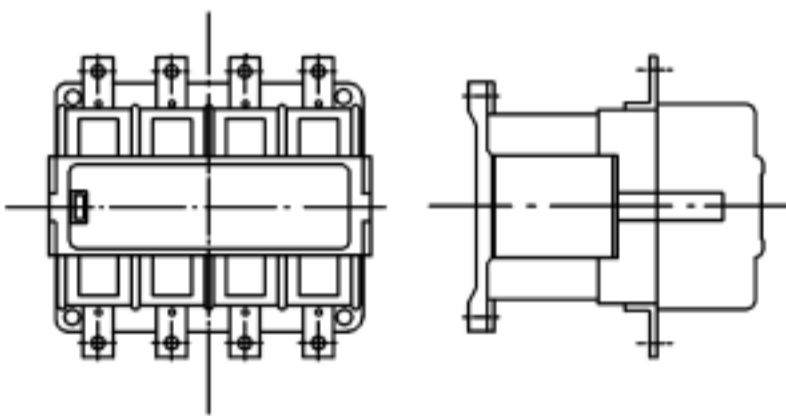


图 1.14 EB、EH 系列接触器外形

电或用手动推杆,使其锁扣脱开,接触器释放,可组成有记忆功能且节电的接触器。

EB、EH 系列交流接触器技术数据见附录 1 表 1.4。

1.3.3 直流接触器

直流接触器(Direct Current Contactor)是一种通用性很强的电器产品,除用于频繁控制电动机外,还用于各种直流电磁系统中。随着控制对象及其运行方式不同,接触器的操作条件也有较大差别。接触器铭牌上所规定的电压、电流、控制功率及电气寿命,仅对应于一定类别的额定值。GB1497-85《低压电器基本标准》列出了低压电器常见的使用类别及其代号,详见

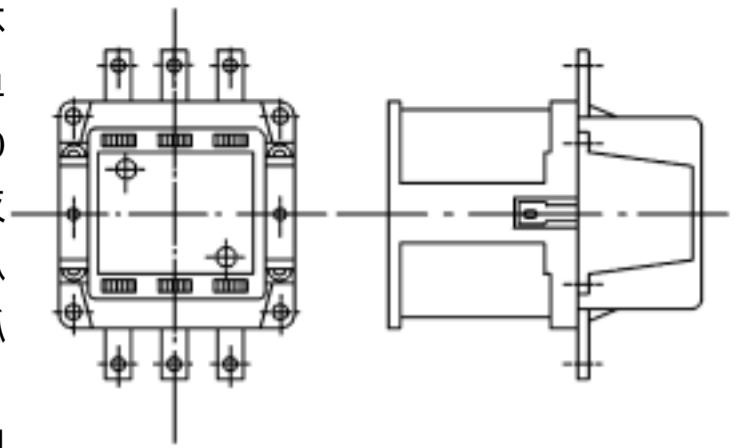


图 1.13 CJ20 系列交流接触器外形

接触器的附件有辅助触头、TP 型气囊式延时继电器、VB、VH 型机械连锁装置、WB 与 WH 型位置锁定继电器。VB、VH 型机械连锁装置加装在两台接触器上可组成可逆接触器,用于电动机的可逆运转,加装连锁装置后,可防止两台接触器同时闭合造成短路事故。接触器一旦吸合就被 WB 或 WH 型位置锁定继电器锁住,即使接触器线圈断电,触头仍处于接通状态。若需释放,可将位置锁定继电器通

附录 1 表 1.3。

(1) CZo 系列直流接触器

CZo 系列直流接触器是全国联合设计的产品,广泛用于直流电压 440V 及以下、额定电流 600A 及以下的电力线路中,供远距离接通与分断电路,频繁起动、停止直流电动机以及控制直流电动机的换向或反接制动。多用于冶金、机床等电气控制设备中。

CZo-40C、40D、40C/22、40D/22 型直流接触器主要供远距离瞬时接通与分断 35kV 及以下的高压油断路器电磁操动机构(如 CD2、CD3、CD10、CD11、CD14、CD15 型等),ZN-10、ZN-35 型真空断路器电磁操动机构中额定电压 220V 及以下的直流电磁线圈,还可供电力系统自动重合闸线路用。

CZo 系列直流接触器分为两种结构:

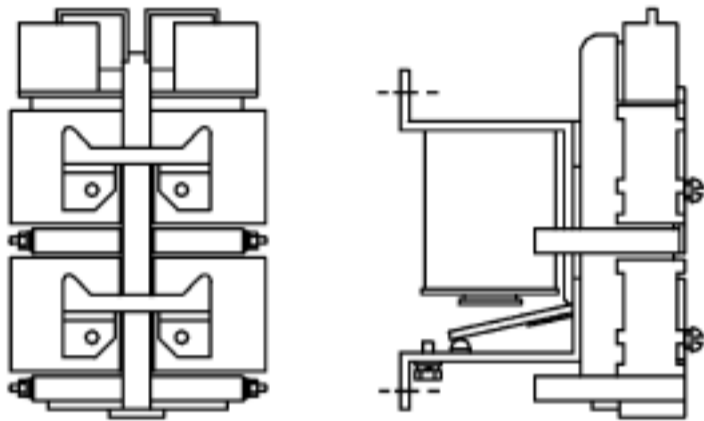


图 1.15 CZo 直流接触器外形图

额定电流为 150A 及以下的接触器是立体布置整体式结构,具有沿棱角转动的拍合式电磁系统,如图 1.15 所示。主触头灭弧系统固定在电磁系统的背面,安装架就是磁轭本身。镶银的双断点桥式自动定位的主触头系统和串联磁吹横隔板陶土灭弧罩的灭弧系统,先装在绝缘基座上,然后再固定在磁轭背面上。动断主触头吸引线圈采用串联双绕组结构。组合式的桥式双断点辅助触头固定在主触头绝缘基座一端的两侧,有透明的罩盖防尘。

盖防尘。

额定电流为 250A 及以上的接触器是平面布置整体结构。电磁系统及主触头灭弧系统分别固定在安装底架上。采用沿棱角转动的拍合式电磁系统及串联双绕组吸引线圈,在转动棱角上加装压棱装置。单断点的主触头由整块的镉铜制成,采用串联磁吹纵隔板陶土灭弧罩的灭弧系统。组合式的桥式双断点辅助触头固定在磁轭背上,有透明的罩盖防尘。

全系列接触器都是板前接线,不带底板,便于维护、检修。接触器允许加装机械连锁装置。

1.4 继电器

1.4.1 继电器的特性及主要参数

继电器(Relay)是一种根据特定形式的输入信号而动作的自动控制电器。一般来说,继电器由承受机构、中间机构和执行机构三部分组成。承受机构反映继电器的输入量,并传递给中间机构,将它与预定的量(即整定值)进行比较,当达到整定值时(过量或欠量),中间机构就使执行机构产生输出量,用于控制电路的开、断。继电器通常触点容量较小,接在控制电路中,主要用于反应控制信号,是电气控制系统中的信号检测元件;而接触器触点容量较大,直接用于开、断主电路,是电气控制系统中的执行元件。

继电器还可以有以下各种分类方法:按输入量的物理性质分为电压继电器、电流继电器、功率继电器、时间继电器、温度继电器、速度继电器等;按动作原理分为电磁式继电器、感应式

继电器、电动式继电器、热继电器、电子式继电器等；按动作时间分为快速继电器、延时继电器、一般继电器；按执行环节作用原理分为有触点继电器、无触点继电器；本节主要介绍控制继电器中的电磁式(电压、电流、中间)继电器、时间继电器、热继电器和速度继电器等。

继电器的主要特点是具有跳跃式的输入-输出特性,电磁式继电器的特性如图 1.16 所示,这一矩形曲线统称为继电特性曲线。

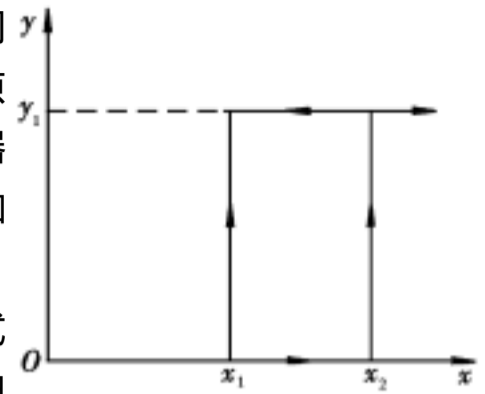


图 1.16 继电特性曲线

当继电器输入量 x 由零增至 x_1 以前,继电器输出量 y 为零。

当输入量增加到 x_2 时,继电器吸合,通过其触点的输出量为 y_1 ,若 x 再增加, y 值不变。当 x 减少到 x_1 时,继电器释放,输出由 y_1 降到零, x 再减小, y 值永为零。在图 1.16 中, x_2 称为继电器吸合值,欲使继电器动作,输入量必须大于此值; x_1 称为继电器释放值,欲使继电器释放,输入量必须小于此值。

$k = x_1 / x_2$ 称为继电器的返回系数,它是继电器重要参数之一。不同场合要求不同的 k 值。例如,一般继电器要求低返回系数, k 值在 $0.1 \sim 0.4$,这样当继电器吸合后,输入值波动较大时不致引起误动作;欠电压继电器则要求高返回系数, k 值在 0.6 以上。设某继电器 $k = 0.60$,吸合电压为额定电压的 90% ,则电压低于额定电压的 60% 时继电器释放,起到欠电压保护作用。 k 值是可以调节的,具体方法随着继电器结构不同而有所差异。

另一个重要参数是吸合时间和释放时间。吸合时间是从线圈接受电信号到衔铁完全吸合时所需的时间;释放时间是从线圈失电到衔铁完全释放时所需的时间。一般继电器的吸合时间与释放时间为 $0.05 \sim 0.15\text{s}$,快速继电器为 $0.005 \sim 0.05\text{s}$,它的大小影响着继电器的操作频率。

1.4.2 电磁式继电器

常用的电磁式继电器有电流继电器、电压继电器、中间继电器和时间继电器。中间继电器实际上也是一种电压继电器,只是它具有数量较多、容量较大的触点,起到中间放大(触点数量及容量)作用。

电磁式继电器的结构与原理与接触器类似,是由铁心、衔铁、线圈、释放弹簧和触点等部分组成。客观上,接触器与中间继电器无截然的分界线。某些容量特别小的接触器与一些中间继电器相比,无论从原理和外观都难以看出有什么明显的不同。

电磁式继电器吸力特性、反力特性及其动作原理与接触器类似,不再重复。其返回系数可通过调节释放弹簧松紧程度(拧紧时, x_2 与 x_1 同时增大, k 也随之增大;放松时, k 减小)或调整铁心与衔铁间非磁性垫片的厚薄(增厚时 x_1 增大, k 增大;减薄时 k 减小)来达到。

电磁式继电器种类很多,下面仅介绍几种较典型的电磁式继电器。

(1) 电流/电压继电器

电流继电器(Current Relay)与电压继电器(Voltage Relay)在结构上的区别主要是线圈不同。电流继电器的线圈与负载串联以反映负载电流,故它的线圈匝数少而导线粗,这样通过电流时的压降很小,不会影响负载电路的电流,而导线粗电流大仍可获得需要的磁势。电压继电器的线圈与负载并联以反映负载电压,其线圈匝数多而导线细。



图 1.17 电流继电器符号

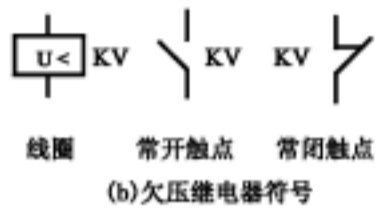
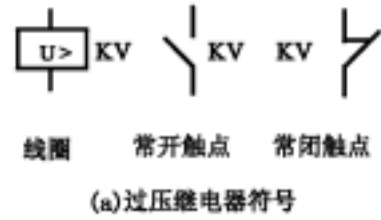


图 1.18 电压继电器符号

电流继电器与电压继电器根据其用途不同又可分为过电流(Over Current)或过电压继电器;欠电流(Under Current)或欠电压继电器。过电流或过电压继电器在正常工作时电磁吸力不足以克服反力弹簧的反力,衔铁处于释放状态;当电流或电压超过某一整定值时,衔铁动作,于是常开触点闭合,常闭触点断开。欠电流或欠电压继电器是当电流或电压低于某一整定值时衔铁释放。电流、电压继电器符号如图 1.17 和 1.18 所示。

(2)中间继电器

中间继电器(Auxiliary Relay)在结构上是一个电压继电器,是用来转换控制信号的中间元件。它输入的是线圈的通电断电信号,输出信号为触点的动作。其触点数量较多,各触点的额定电流相同。中间继电器通常用来放大信号,增加控制电路中控制信号的数量,以及作为信号传递、连锁、转换以及隔离用。下面以 JZ17 系列中间继电器为例进行介绍。

JZ17 系列中间继电器是在引进日本 MA406N 型电磁式继电器的制造技术基础上,通过消化吸收,采用国产原材料设计制造的产品。继电器的体积小、结构紧凑、性能优良可靠。它适用于交流 50Hz 或 60Hz、额定电压 380V 及以下的控制电路中,其外形如图 1.19 所示。

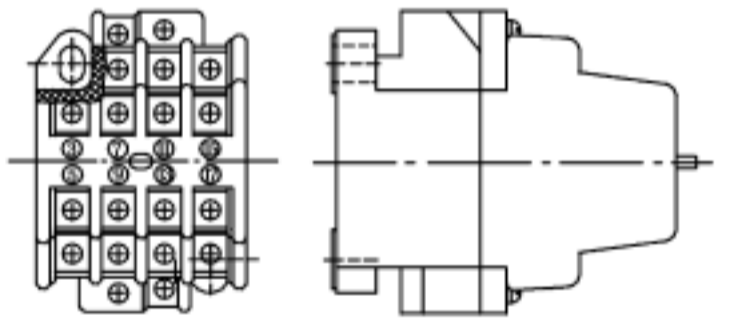


图 1.19 JZ17 中间继电器外形图

JZ17 系列中间继电器为开启式,继电器采用 E 形铁心,其动作机构均为直动式,触点为双断点排



图 1.20 中间继电器符号

列成上下两层,每层各装 4 对触点。继电器的壳体用塑料压制而成,整个产品结构紧凑,产品符合 JB4013.1—85、IEC337—1、JEM1230—76 标准规定,能在 GB1497—85 规定的正常工作条件下可靠工作。安装地点周围环境的污染等级为 3 级,安装类别为 I 类,可替代 JZ7-44 型中间继电器。

1.4.3 时间继电器

凡是在敏感元件获得信号后,执行元件要延迟一段时间才动作的继电器叫时间继电器(Time Delay Relay)。这里指的延时区别于一般电磁继电器从线圈得到电信号到触点闭合的固有动作时间。时间继电器一般有通电延时型和断电延时型,其符号如图 1.21 所示。时间继



图 1.21 时间继电器符号

电器种类很多,常用的有电磁阻尼式、空气阻尼式、电动式,新型的有电子式、数字式(将在第5章介绍)等时间继电器。这里仅就精度较高的 JSF 电动式时间继电器(Motor-drive Time relay)加以介绍。

电动式时间继电器适用于交流 50Hz、电压至 380V 的各种控制系统中,使控制对象按预定的时间动作。继电器采用磁滞同步电动机驱动,电动机的同步转速只受电源频率的影响,机械式结构抗干扰能力强,延时误差小,延时范围很宽,可以由几秒到几小时,而且有通电延时和断电延时两种类型,准确度高,调节方便。缺点是结构复杂,价格较贵。某些高级的电动机式继电器可用于军工产品。

电动式时间继电器的基本工作原理是:当继电器内的同步电动机通电后,通过减速齿轮(相当于钟表机构)带动动触点经一定延时与静触点闭合并送出信号。

JSF 继电器的安装方式为安装轨兼装置式与面板式两种。安装轨符合德国 DIN 标准,可用于安装轨式安装,也可用于板式安装和面板安装。

1.4.4 行程开关

行程开关(Travel Switch)又称限位开关,是一种根据生产机械运动的行程位置而动作的小电流开关电器。它是通过其机械结构中可动部分的动作,将机械信号转换为电信号,以实现机械的电气控制。

从结构看,行程开关由 3 个部分组成:操作头、触头系统和外壳。操作头是开关的感测部分,它接受机械结构发出的动作信号,并将此信号传递到触头系统。触头系统是开关的执行部分,它将操作头传来的机械信号,通过本身的转换动作,转换为电信号,输出到有关控制回路,使之能按需要作出必要的反应。

(1) JW 系列基本型微动开关

习惯上把尺寸甚小且极限行程甚小的行程开关称为微动开关(Sensation Switch),图 1.22 为 JW 系列基本型微动开关外形及结构示意图。JW 系列微动开关由带纯银触点的动静触头、作用弹簧、操作钮和胶木外壳等组成。当外来机械力加于操作钮时,操作钮向下运动,通过拉钩将作用弹簧拉伸,弹簧拉伸到一定位置时触头瞬时转换,动触头离开常闭触头,转而同常开触头接通。当外力除去后,触头借弹簧力自动复位。微动开关体积小,动作灵敏,适用于在小型机构中使用。由于操作钮允许压下的极限行程很小,开关的机械强度不高,使用时必须注意避免撞坏。

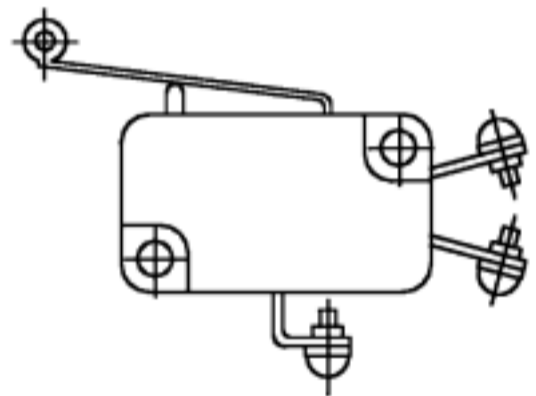


图 1.22 JW 系列微动开关