

工厂电气自动控制

GONG CHANG DIAN QI ZI DONG KONG ZHI

赵凤金 编著

武汉工业大学出版社

工厂电气自动控制

赵凤金 编著

武汉工业大学出版社

· 武 汉 ·

(鄂)新登字 13 号

内 容 提 要

本书系统介绍了工厂常用控制电器的结构、原理及其电气控制的基本环节与控制方法,特别对电气控制的最新发展——可编程控制器 PC 的组成、原理、指令系统及其应用都作了较详尽的叙述,并结合水泥、玻璃与陶瓷的自动控制与发展作了分析与探讨,最后通过实例介绍了工厂电气控制的设计方法。

本书可作为大专院校工业电气自动化专业、电气工程专业等教学用书,亦非常适合建材科研、设计部门及工厂的电气工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工厂电气自动控制/赵凤金编著. —武汉:武汉工业大学出版社,1995.12

ISBN 7-5629-1054-5

武汉工业大学出版社出版发行

(武昌路西路 14 号 邮编 430070)

核工业中南三〇九印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:13 字数:300千字

1995年12月第1版 1995年12月第1次印刷

印数:1—3000

定价:13.00元

前 言

近十几年来,我国建材工业有了长足的发展,尤其是水泥、玻璃与陶瓷工业的自动化水平发展更是迅速,许多新建工厂大多采用了全新的现代化管理和计算机、可编程控制器 PC 等集散控制,老企业也逐渐进行了改造,过去那种落后的生产面貌已大有改观。本书正是为了适应建材工业发展的新形势和促进自动化生产水平的进一步提高而编著的。

本书是作者多年来的教学与科研成果的总结。着重从电气控制和可编程控制器 PC 的基本理论出发,结合我国水泥、玻璃和陶瓷工厂的现有自动化生产实际,突出了应用、突出了电气控制的分析与设计方法,通俗易懂,便于自学。

全书内容共分七章。一、二、三章主要介绍常用控制电器、电气控制线路的基本环节以及由此组成的一些典型控制系统的工作原理与分析方法。第四章,着重对电气自动化最有发展前途的可编程序控制器的原理及应用作了较为详尽的阐述。五、六章结合水泥和玻璃、陶瓷工业的生产实际,对生产过程中有代表性的设备电气控制特点和原理作了详细的叙述,并对其计算机控制自动化方面也用了-定的篇幅进行了概述,在一定程度上反映了建材工业自动化控制方面的现状及发展趋势。第七章,着重讲述了电气控制系统的设计原则、设计内容、电气原理图和工艺图的设计方法。并通过设计举例、具体说明设计过程及设计步骤。各个学校可根据各自的实际情况,如有可能,安排 1~2 周时间,让学生独立进行课程设计(或大作业),以便提高学生的实际设计能力。

本书采用的图形符号及文字符号均为新颁布的国家标准。图形符号采用国家标准局颁布的 GB4728—84《电气图用图形符号》及 GB6988—87《电气制图》和 GB7159—87《电气技术中的文字符号制定通则》。电器产品型号仍分别采用国内和国外各自通用的标准。

本书由湖北工学院张文灿教授主审,武汉工业大学娄桂泉教授对本书进行了初审,他们对本书作了严谨认真的审阅、校核和修正,提出了许多宝贵的意见,在此谨向他们表示衷心的感谢。在本书编写过程中,参考了部分图书资料,还得到了某些设计、科研、工厂等单位的专家的支持与帮助,尤其武汉工业大学出版社的曹文聪副教授为本书的编辑、出版付出了大量的心血,孙晓明老师也为本书的出版给予了大力支持和帮助,这里一并向他们表示最诚挚的谢意。

由于编者水平有限,时间仓促,书中难免存在许多缺点和错误,恳切希望广大读者批评指正。

编 者

1995 年 1 月于武汉

目 录

第一章 常用低压控制电器.....	1
§ 1-1 电器的基本知识	1
§ 1-2 开关电器	6
§ 1-3 熔断器	8
§ 1-4 主令电器	9
§ 1-5 接触器	10
§ 1-6 继电器	14
本章小结	20
思考题与练习题	20
第二章 电气控制线路的基本环节	21
§ 2-1 电气控制线路的绘制原则、图形及文字符号	21
§ 2-2 电动机控制的基本环节	28
§ 2-3 电动机的保护	32
§ 2-4 电动机控制的基本方法	34
本章小结	44
思考题与练习题	45
第三章 典型生产机械的电气控制线路分析	46
§ 3-1 电气控制线路的分析基础	46
§ 3-2 玻璃纤维拉丝缠绕机的电气控制线路分析	49
§ 3-3 桥式起重机的电气控制线路分析	51
本章小结	59
思考题与练习题	60
第四章 可编程序控制器原理及应用	61
§ 4-1 概述	61
§ 4-2 PC 的组成和工作原理	63
§ 4-3 F 系列可编程序控制器的基本性能	66
§ 4-4 可编程序控制器的程序设计	71
§ 4-5 编程规则	79
§ 4-6 编程器	85
§ 4-7 PC 的应用设计步骤	88
§ 4-8 顺序控制的 PC 程序设计	89
§ 4-9 移位寄存器指令在步进控制的应用	94
§ 4-10 PC 在建材工业中的应用	101

§ 4-11 PC 在随机逻辑问题上的应用设计	107
本章小结	112
思考题与练习题	112
第五章 水泥生产的电气控制技术	115
§ 5-1 水泥生产概述	115
§ 5-2 粉磨系统的自动控制	118
§ 5-3 机立窑的电气控制	124
§ 5-4 回转窑的电气设备	129
§ 5-5 电收尘设备	135
§ 5-6 水泥工业自动化概述	142
本章小结	146
思考题与练习题	146
第六章 玻璃、陶瓷生产过程的电气控制	147
§ 6-1 平板玻璃生产概述	147
§ 6-2 浮法玻璃生产与退火窑辊道的拖动控制	147
§ 6-3 平板玻璃垂直引上机的电气控制	149
§ 6-4 蓄热式玻璃熔窑火焰的自动换向	152
§ 6-5 玻璃熔窑液面自动控制	155
§ 6-6 微机称量的混合控制系统	157
§ 6-7 玻璃生产过程计算机控制发展概况	162
§ 6-9 陶瓷隧道窑的电气控制	165
本章小结	168
思考题与练习题	169
第七章 电气控制系统设计	170
§ 7-1 电气控制系统设计的一般原则、基本内容和设计程序	170
§ 7-2 电气控制系统设计的一般要求	172
§ 7-3 电气控制原理线路的设计方法	175
§ 7-4 电气控制线路设计中的主要参数计算	183
§ 7-5 电气控制的工艺设计	186
§ 7-6 工程设计举例	189
本章小结	197
思考题与练习题	197
课程设计参考题	198
参考文献	201

第一章 常用低压控制电器

本章主要介绍电气控制系统里常用的一些低压电器的结构、工作原理、电气参数选择及用途等有关基本知识,为正确选择和合理应用打下基础。

§ 1-1 电器的基本知识

一、电器的概念与分类

凡是手动或自动地接通或断开电路,以实现电路或非电对象的切换、控制、保护、检测、变换和调节用的控制元件统称为电器。换言之,电器就是一种能控制电的器件。

电器的种类繁多,功能多样,用途广泛,构造各异。其分类方法也很多,下面简要介绍几种常用分类方法。

(一)按工作电压等级分

1. 低压电器 工作电压在交流1000V或直流1200V以下的各种电器。如电力拖动自动控制系统中常用的刀开关、熔断器、按钮、接触器、继电器、自动开关、行程开关等,均属低压电器。

2. 高压电器 工作电压高于交流1000V或直流1200V以上的各种电器。如用在高压拖动系统或电力系统中的高压断路器、隔离开关、高压熔断器、避雷器等,均属高压电器。

(二)按动作原理分

1. 手动电器 用人工操作而动作的电器。如刀开关、转换开关、控制器、按钮等。

2. 自动电器 不用人工操作,而是通过电的或非电的信号自动进行动作的电器。如接触器、继电器、自动开关等。

(三)按用途分

1. 控制电器 用于控制电路和控制系统的电器。如接触器、继电器、控制器等。

2. 主令电器 发送控制指令的电器。如按钮、主令开关、行程开关、万能转换开关等。

3. 配电电器 进行电能输送和分配任务的电器。如刀开关、自动开关、隔离开关等。

4. 保护电器 对电路和电气设备进行安全保护的电器。如熔断器、热继电器、电压继电器、电流继电器、避雷器等。

5. 执行电器 能执行某种动作或传动功能的电器,如电磁铁、电磁离合器等。

(四)按工作原理分

1. 电磁式电器 根据电磁感应原理而工作的电器,如交直流接触器、各种电磁继电器等。

2. 非电控电器 非电动工作的,而以其它非电量的变化而动作的控制电器。如压力继电器、温度继电器、速度继电器、按钮、刀开关等。

二、电磁式电器

电磁式电器在电气控制系统应用量最大,类型也非常多,但工作原理和结构大体相同。就其结构而言,主要由两部分组成,即感测部分(电磁机构)和执行部分(触头系统)。

(一)电磁机构

电磁机构的主要作用是将电磁能量转换成机械能,带动触点使之接通或断开。电磁机构由吸引线圈和磁路组成。磁路包括铁心、衔铁、铁轭和空气隙。

1. 常用的磁路结构 常用的磁路结构如图 1-1 所示,大体可分为三种形式。

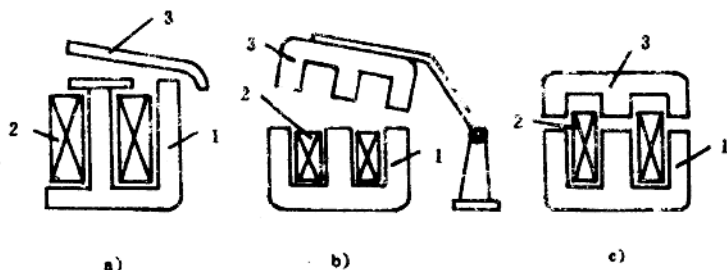


图 1-1 常用的磁路结构

1—铁心;2—线圈;3—衔铁

(1) 衔铁沿棱角转动的拍合式铁心,磨损较小。铁心用整块钢材或工程纯铁制成,如图 1-1a) 所示。适用于直流电器。

(2) 衔铁绕轴转动,如图 1-1b) 所示。其铁心形状有 E 形和 U 形两种。此种结构多用于触点容量较大的交流电器中,铁心用硅钢片叠成。

(3) 衔铁直线运动的双 E 形直动式铁心,如图 1-1c) 所示。多用于交流电器中。

2. 吸引线圈 吸引线圈的作用是将电能转换成磁能。按通入吸引线圈的电流种类不同,分直流线圈和交流线圈。

对于直流电磁电器,因其线圈回路里只含电阻没有感抗,所以通电线圈匝数多,电阻大。又因其铁心不发热,只有线圈发热,所以直流电磁电器的吸引线圈一般做成高而薄的瘦高型,且不设线圈骨架,使线圈与铁心直接接触,易于散热。

对于交流电磁电器,由于其线圈回路里主要阻抗是感抗,所以其匝数相对直流而言较小。又因其铁心存在磁滞和涡流损耗,线圈和铁心都发热,所以吸引线圈设有骨架,使线圈和铁心隔离并将其线圈制成短而厚的矮胖型,有利于散热。

(二)电磁吸力与吸力特性

电磁式电器是根据电磁铁的基本原理而设计的,电磁吸力是影响其可靠工作的一个重要参数。其大小可按下式求得

$$F_a = \frac{1}{2\mu_0} B^2 S \quad (1-1)$$

式中: F_a 为电磁吸力(N); μ_0 为气隙磁导率($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{H/m}$); B 为气隙磁感应强度(T); S 为磁极截面积(m^2)。

在气隙 δ 及外加电压一定时,对于直流电磁机构,电磁吸力是一个恒定值。但对交流电磁机构,由于外加电压为正弦交流电,其气隙磁感应强度 B 亦按正弦规律变化,即

$$B = B_m \sin \omega t \quad (1-2)$$

将(1-2)式代入(1-1)式整理得

$$F_m = \frac{F_{am}}{2} - \frac{F_{am}}{2} \cos 2\omega t = F_0 - F_0 \cos 2\omega t \quad (1-3)$$

式中: $F_{am} = \frac{1}{2\mu_0} B_m^2 S$ 为电磁吸力最大值; $F_0 = \frac{F_{am}}{2}$ 为电磁吸力平均值。

因此交流电磁机构的吸力是随时间变化而周期变化的。在工作过程中其衔铁能否被铁心吸住取决于平均吸力 F_0 的大小。通常所说的交流电磁机构的吸力系指平均吸力 F_0 而言。

电磁式电器在衔铁吸合或释放过程中,气隙 δ 是变化的,所以,电磁吸力也是气隙 δ 的函数。

所谓吸力特性,系指电磁吸力 F_m 随衔铁与铁心间气隙 δ 变化的关系曲线。不同的电磁机构,吸力特性也不同,如图 1-2 所示。

对于直流电压线圈的电磁机构,因外加电压和线圈电阻不变,则流过线圈的电流为常数,与 δ 大小无关。由磁路定律

$$\Phi = \frac{IW}{R_m} \propto \frac{1}{R_m} \quad (1-4)$$

$$F \propto \Phi^2 \propto \left(\frac{1}{R_m} \right)^2 \quad (1-5)$$

吸力 F 与磁阻 R_m 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 中的特性 1 所示。它表明衔铁闭合前后吸力变化很大。

对于交流电压线圈的电磁机构,其吸力特性与直流电磁机构有所不同。设外加电压不变,则

$$U \approx E = 4.44 f \Phi N \quad (1-6)$$

$$\Phi = \frac{U}{4.44 f N} \quad (1-7)$$

当频率 f 、匝数 N 和电压均为常数时,磁通 Φ (Wb) 为常数,由式(1-5)知 F 亦为常数,说明 F 与 δ 大小无关。实际上考虑漏磁的影响, F 随 δ 的减小略有增加。当气隙变化时,磁阻与感抗均变化,而交流线圈的电流大小主要决定其感抗,电阻可忽略,所以交流电磁机构的电流与 δ 成线性关系, δ 大电流大。因此在线圈通电而衔铁尚未吸合瞬间,电流是很大的,对于 U 形交流电磁机构通常可达到吸合后的额定电流的 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,线圈可能被烧毁。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,而不是采用交流电磁机构的原因。

(三) 反力特性与吸力特性的配合

所谓电磁机构的反力特性系指转动部分的静阻力与气隙 δ 的关系曲线。阻力的大小与作用弹簧、摩擦阻力及衔铁重量有关,如图 1-2 中的 3 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,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,其线段较 $\delta_1 \sim \delta_2$ 段陡。

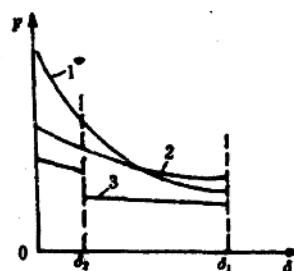


图 1-2 吸力特性与反力特性

1—直流电磁吸力特性; 2—交流电磁吸力特性; 3—反力特性

为了使电磁机构能正常工作,其吸力特性与反力特性配合必须得当。在衔铁吸合过程中,吸力必须大于反力,反之衔铁释放时,反力大于吸力。使用中常常调节反力弹簧或触点初压力以改变反力特性,使之与吸力特性良好配合。

(四)交流电磁机构上短路环的作用

根据交流电磁吸力公式可知,交流电磁机构的电磁吸力是一个二倍电源频率周期性变化量。它有两个分量:一个是恒定分量 F_0 ,其值为最大吸力值的一半;另一个是交变分量 $F_2 = F_m \cos 2\omega t$,其幅值为最大吸力值的一半,并以二倍电源频率变化。总的吸力 F_{Σ} 在从 0 到 F_m 的范围变化,其吸力曲线如图 1-3 所示。

电磁机构在工作中,衔铁始终受反力弹簧、触头弹簧等反作用力 F_r 的作用。虽然吸力的平均值 F_0 大于 F_r ,但某些时刻 F_{Σ} 将小于 F_r (如图 1-3 中画有斜线部分)。当 $F_{\Sigma} > F_r$ 时,衔铁被吸合,而当 $F_{\Sigma} < F_r$ 时,衔铁开始释放,如此周而复始,从而使衔铁产生振动,发出噪声,严重的会使铁心松散。解决的办法是在铁心端面上安装一个铜制的分磁环(或称短路环),使铁心通过二个在时间上不相同的磁通,问题就得到解决。

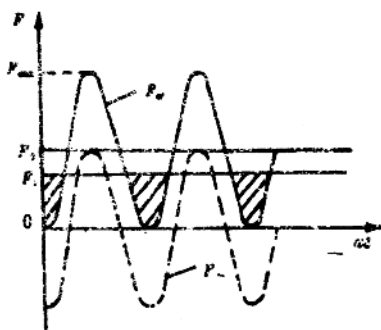


图 1-3 交流电磁机构实际吸力曲线

图 1-4 中电磁机构的交变磁通穿过短路环所包围的截面 S_1 ,在环中产生涡流,由电磁感应定律,此涡流又产生磁通 ϕ_2 ,并在相位上落后于截面 S_1 中的磁通 ϕ_1 ,由 ϕ_1 、 ϕ_2 产生的吸力 F_1 、 F_2 (如图 1-4b) 所示。作用在衔铁上的力是 $F_1 + F_2$,只要此合力始终大于反力,衔铁的振动现象就基本消失了。

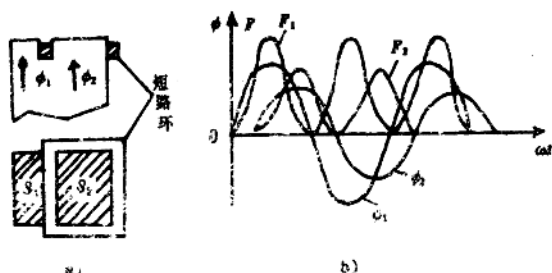


图 1-4 有短路环的磁通和吸力图

a) 磁通示意图; b) 电磁吸力图

三、电器的触头系统和电弧

(一)电器的触头系统

触头是电器的执行部分,其作用就是接通和断开电路。触头要求导电、导热性能良好,通常用铜制成。但铜的表面易氧化生成一层氧化铜,使触头接触电阻增大,损耗增加,温度上升。所以有些电器,如继电器和小容量的电器,其触头常采用银质材料,这不仅在于导电导热性能均优于铜质触头,更主要的是其氧化膜的电阻率与纯银相似,而且要在较高温度下才会形成,同时又容易粉化。因此,银质触头具有低而稳定的接触电阻。

触头主要有以下几种结构形式:

1. 桥式触头 图 1-5a) 是两个点接触的桥式触头,图 1-5b) 是两个面接触的桥式触头,两个触点串于同一条电路中,电路的接通与断开由二个触点共同完成。点接触适用于电流小的场合,如继电器触点或接触器的辅助触点;面接触适用电流大的场合。

2. 指形触头 图 1-5c) 所示为指形触头,其接触区为一直线,触头接通或分断时产生滚

动摩擦,以利于去掉氧化膜。此种形式适于接电次数多、电流大的场合。

为了使触头接触紧密,减小接触电阻,消除开始接触时产生的振动,在触头上装有接触弹簧,在刚接触时产生初压力,并且随着触头的闭合压力增大。

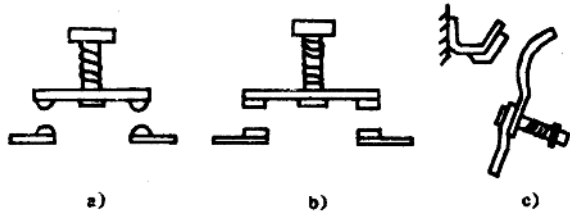


图 1-5 触头的结构形式

(二)电弧的产生与灭弧方法

当触点切断电路时,如电路中电压超过 $10 \sim 12\text{V}$ 和电流超过 $80 \sim 100\text{mA}$,在拉开的二个触点之间将出现火花,这实际上是一种气体放电现象,通常称为“电弧”。

所谓气体放电,就是气体有大量的带电粒子作定向运动。触点在分离瞬间,其触点间气隙形成很强的电场,阴极中的自由电子会逸出到气隙中并加速向阳极运动。前进途中撞击气体原子,该原子又分裂成电子和正离子。电子在向阳极运动中又会撞击其它原子形成电离,这种现象称撞击电离。撞击后的正离子向阴极运动,撞击阴极使阴极表面温度升高,当阴极温度达到一定程度时,一部分电子会从阴极逸出再参入撞击电离。这种由阴极高温而发射电子的现象称热电子发射。当电弧的温度达到 3000°C 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碰撞,结果原子也将产生电离。这种因高温使原子相互撞击而产生的电离为热游离。

撞击电离、热电子发射和热游离的结果,造成两触点间呈现大量向阳极飞驰的电子流,这就是所谓常见的电弧。

应当指出,伴随着电离的进行也存在消电离现象,即带正、负电的粒子复合。温度越低,场强越小,带电粒子运动越慢,越容易复合。当电离速度低于消电离速度,则电弧熄灭。

常用的灭弧方法有以下几种:

1. 电动力灭弧 图 1-6 是一种桥式结构双断口触头,当触头打开时,在断口中产生电弧。电弧电流在触头下产生的磁场方向如图所示,根据左手定则,电弧电流受电动力 F 方向朝外,使电弧向外运动并拉长,使它迅速穿越冷却介质降温而熄灭。这种灭弧方法一般用于交流接触器等交流电器中。

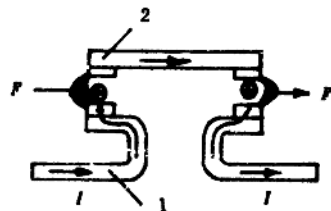


图 1-6 电动力灭弧示意图

1—静触头;2—动触头

2. 磁吹灭弧 其原理如图 1-7 所示。在触头电路中串入一个吹弧线圈,它产生的磁通通过导磁夹板引向触头周围,如图中的“ $\times$ ”符号所示;当触头断开产生电弧

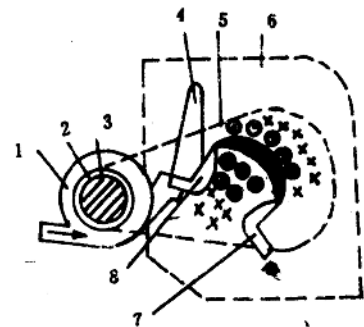


图 1-7 磁吹灭弧示意图

1—吹弧线圈;2—绝缘套;3—铁心;
4—引弧角;5—导磁夹板;6—灭弧罩;
7—动触头;8—静触头

后,电弧电流产生的磁通如图中⊕和⊙符号所示。可见在弧柱下的二个磁通是相加的,而在弧柱上方彼此相减,因此,电弧在下强上弱的磁场作用下,被拉长并吹入灭弧罩中。引弧角与静触头相连接,其作用是引导电弧向上运动,将热量传递给罩壁,使电弧冷却熄灭。

由于这种灭弧方法是利用电弧电流本身灭弧,因而电弧越大,吹弧灭弧能力越强。它广泛应用于直流接触器中。

3. 灭弧罩灭弧 灭弧罩是用陶土和石棉水泥做成的,罩内只有一个纵缝,缝的下部宽些上部窄些。当触头断开时,电弧在电动力作用下进入缝内,使电弧同缝壁紧密接触,加强冷却和去游离作用,使电弧熄灭加快。

4. 灭弧栅灭弧 灭弧栅灭弧原理如图 1-8 所示。灭弧栅由许多镀铜栅片组成,它们安放在电器触头上方的灭弧栅内,彼此之间相互绝缘。一旦发生电弧,电弧周围产生磁场,电弧在电动力作用下被吸入栅片,电弧被栅片分隔成许多段,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,电弧才能重新燃起。这样,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,电弧自然熄灭后也很难燃起。这是常用的一种交流灭弧装置。

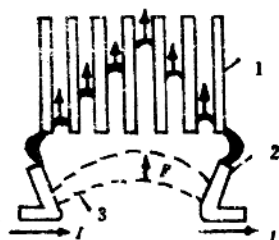


图 1-8 灭弧栅灭弧示意图
1—灭弧栅片;2—触头;3—电弧

§1-2 开关电器

一、刀开关

刀开关又称闸刀开关,是结构最简单、应用最广泛的一种手控电器。由操作手柄、刀片、触头座和底板等组成。

刀开关在低压电路中,作为不频繁接通和分断电路用,或用来将电路与电源隔离。

刀开关安装时,手柄要向上,不得倒装或平装。安装正确,作用在电弧上的电动力和热空气上升方向一致,有利于电弧拉长和熄灭。反之相反,甚至发生人身和设备安全事故。

接线时,上端接电源进线,下端接负载,这样拉闸后刀片向下与电源分开,防止事故发生。

刀开关主要类型有:大电流刀开关、熔断器式刀开关、负荷开关。型号有 HD11~HD14 系列刀开关;HH3、HH4 系列负荷开关;HR3 系列熔断器式刀开关等。其图形符号及文字符号如图 1-9 所示。

二、转换开关

转换开关又称组合开关,它是由动触片、静触片、方形转轴、手柄、定位机构及外壳等部分组成。它的动、静触片分别叠装于多层绝缘壳内,其结构示意图如图 1-10 所示。当手柄转动时,每层动触片随转轴一起转动,在相应的位置使各层动、静触片接通或断开。

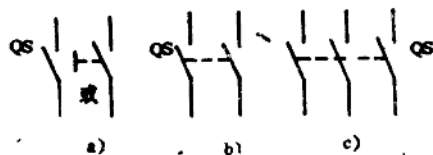


图 1-9 刀开关图形符号
a) 单极; b) 双极; c) 三极

转换开关有单极、双极和多极之分。产品型号有 HZ5、HZ10 系列,其图形和文字符号如图 1-11 所示。

三、自动开关

自动开关又称自动空气开关或自动空气断路器。它是一种既有开关作用又能进行自动保护作用的电器,相当于刀闸开关、熔断器、热继电器和欠压继电器的综合。当电路发生过载、短路和欠压时,自动开关能自动切断故障电路,有效地保护电气设备。自动开关与接触器不同的是允许切断短路电流,但允许操作次数较低。在正常情况下,可以不频繁地接通和断开电路及电动机。因此,自动开关是低压电路常用的具有保护功能的开关电器。

(一) 自动开关的结构与工作原理

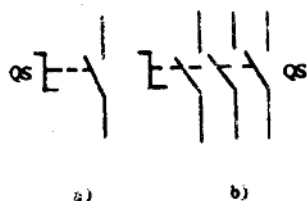


图 1-11 转换开关图形文字符号
a) 单极; b) 三极

自动空气开关主要由触点系统、操作机构和保护元件三部分组成。主触点由耐弧合金(银钨合金)制成,用灭弧栅片灭弧。操作机构较复杂。根据型号不同可用手柄人工操作,也可通过电磁机构自动进行通断,故障时自动脱扣,触点通断时瞬时动作与手柄操作速度无关。

自动空气开关的工作原理如图 1-12 所示。

当过电流时衔铁 11 吸合;欠电压时衔铁 7 释放;过载时双金属片 10 弯曲,三者都通过杠杆 5 使搭钩 3 脱扣,由主触点 1 切断电路。

(二) 自动开关的选择

(1) 额定电压和额定电流不能小于电路正常工作电压和实际工作电流。

(2) 热脱扣器的整定电流应与所控制的电动机的额定电流或其它负载电流一致。

(3) 电磁脱扣器的瞬时动作整定电流应大于负载电路正常工作时的峰值电流。对于电动机负载来说,自动开关的瞬时脱扣整定电流 I_{2d}

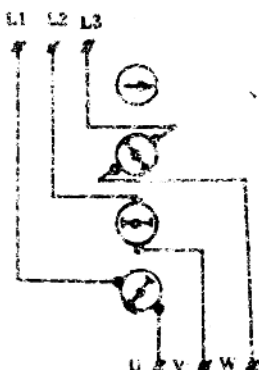


图 1-10 转换开关结构示意图

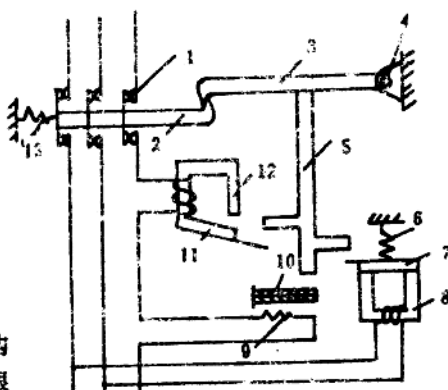


图 1-12 自动开关原理图

- 1—触点;2—触簧;3—搭钩;4—转轴;
5—杠杆;6—弹簧;7—衔铁;8—欠压脱扣器;
9—加热电阻丝;10—热脱扣双金属片;11—衔铁;
12—过电流脱扣器;13—弹簧

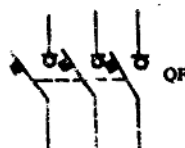


图 1-13 自动开关的
图形与文字符号

可按下式选取

$$I_m \geq K I_e$$

式中: K 为安全系数, 可取 1.7; I_e 为电动机的启动电流。

自动开关的型号有塑壳式 DZ1、DZ4、DZ5 和 DZ10 系列, 万能式有 DW1、DW2、DW0 及替代产品 DW10 系列。北京机床电器厂有引进前西德技术生产的 3VE1 系列自动开关, 体积小, 安装方便, 性能优良, 但价格较贵。

自动开关的图形与文字符号如图 1-13 所示。

§ 1-3 熔断器

熔断器是一种最简单有效的保护电器。使用时, 当电路和用电设备发生短路或严重过载, 则串接在电路里的熔断器熔丝会自动熔化切断电路进行保护, 主要做短路保护。

一、熔断器的结构与工作原理

熔断器主要由熔体(俗称保险丝)和安装熔体的熔管(或熔座)两部分组成。其中熔体是主要部分, 它是由易熔的金属材料铅、锡、锌、银及其合金制成, 通常制成丝状或片状。熔管(或熔座)由陶瓷等材料制成, 有的内装填料石英砂等材料以增强灭弧能力。

熔断器的熔体与被保护的电路串联, 熔体既是敏感元件又是执行元件, 当电路正常工作时, 熔体允许通过一定大小的电流而不熔断。当电路发生短路或严重过载时, 熔体中流过很大的故障电流, 当电流产生的热量达到熔体熔点时, 熔体熔断切断电路, 从而达到保护的目的。

电流通过熔体时产生的热量与电流的平方和通过的时间成正比, 因此, 电流越大, 则熔断就越快, 这一特性称熔断器的保护特性或安秒特性, 如图 1-14 所示, 其数值关系见表 1-1。

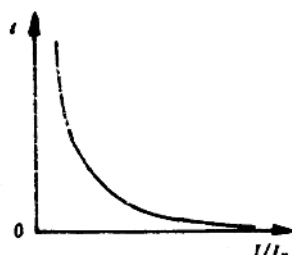


图 1-14 熔断器的安秒特性

表 1-1 熔断器安秒特性数值关系

熔断电流	1.25 I_N	1.5 I_N	2 I_N	2.5 I_N	3 I_N	4 I_N
熔断时间	∞	1h	40s	8s	4.5s	2.5s

二、熔断器的选择

1. 熔断器的类型选择 其类型选择应根据线路要求、使用场合和安装条件选择, 如对于过载能力差的大功率晶体管 GTR、晶闸管, 应选用快速熔断器 RS0、RS3 系列多种产品。

2. 熔断器的额定电压选择 其额定电压 U_N 应大于或等于线路的工作电压。

3. 熔断器的额定电流选择 其额定电流 I_N 必须大于或等于负载电流。具体可按以下几种情况确定:

(1) 对于照明、电炉等阻性负载, 可按下式确定

$$I_N \geq I \quad (1-8)$$

式中: I 为电路的工作电流。

(2) 保护单台长期工作的电动机, 考虑到电动机启动冲击电流的影响, 就是说既要保证启

动时熔断器不被熔断,又要考虑短路时能快速熔断,一般按下式计算

$$I_{fu} \geq (1.5 \sim 2.5) I_N \quad (1-9)$$

式中: I_N 为电动机的额定电流。

(3) 保护多台电动机时,则应按下式计算

$$I_{fu} \geq (1.5 \sim 2.5) I_{N_{max}} + \sum I_N \quad (1-10)$$

式中: $I_{N_{max}}$ 为容量最大的电动机的额定电流; $\sum I_N$ 为其余电动机额定电流的总和。

熔断器的图形及文字符号如图 1-15 所示。



图 1-15 熔断器的图形和文字符号

§ 1-4 主令电器

主令电器是自动控制系统中用于发送控制指令的电器。主令电器应用广泛,种类繁多,按其作用可分为:控制按钮、行程开关、接近开关、万能转换开关、主令控制器及其它主令电器如脚踏开关、倒顺开关、紧急开关、钮子开关等。这里仅介绍常用的几种。

一、控制按钮

控制按钮是一种结构简单,应用广泛的主令电器。在低压控制电路中,用于手动发出控制指令。

控制按钮结构见示意图 1-16,由按钮帽、复位弹簧、桥式触头和外壳等组成,通常做成复合式,即具有一常开和一常闭触头。型号有 LA2、LA18、LA19、LA20 等系列。其中 LA18 系列采用积木式结构,触头数目可按需要拼装,最多可装成六常开六常闭。按钮形式可分掀钮式、紧急式、旋钮式及钥匙式等。LA19、LA20 系列有带指示灯和不带指示灯两种,前者按钮帽用透明塑料制成,兼作指示灯罩用。

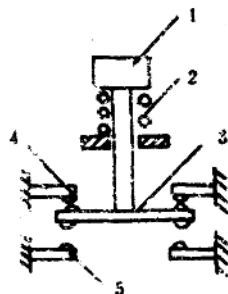


图 1-16 按钮开关结构示意图

1—按钮帽;2—复位弹簧;3—动触头;
4—常闭静触头;5—常开静触头

为了标明各个按钮的作用,通常将按钮帽做成不同的颜色,以示区别,一般红色表示停止按钮,绿色表示启动按钮。

按钮开关的图形和文字符号见图 1-17。

二、行程开关

行程开关又称限位开关,是用生产机械某些运动部件的碰撞来发出控制指令的主令电器。用于控制生产机械的运动方向、行程大小或位置保护。

从结构上看,行程开关可以分为三个部分:操作机构、触头系统和外壳。图 1-18 为 LX19 系列的外形图。

目前国内生产的行程开关有 JW 系列、LX19 系列等。JW 系列为微动开关,具有瞬时动作、微小动作行程和很小的动作压力等特点。LX19 系列行程开关有单轮、双轮及径向传动杆等形式,其中单轮和径向传动杆式行程开关可以自动复位,双轮的不能自动复位。

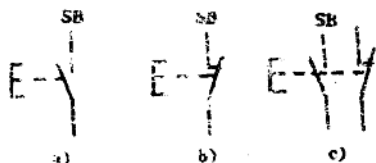


图 1-17 按钮的图形和文字符号

a) 常开触头 b) 常闭触头;
c) 复合触头

行程开关一般有一常开、常闭触点,其图形和文字符号见图 1-19。

三、主令控制器与凸轮控制器

1. 主令控制器 主令控制器是用来频繁地按顺序切换多个控制电路的主令电器。它与磁力控制盘配合,可实现对起重机械及其它生产机械的远距离控制。

主令控制器的结构示意图如图 1-20 所示。主要由转轴、凸轮块、触头、定位机构及手柄等组成。它的触头较小,并采用桥式结构。触点由银质材料制成,操作轻便,每小时允许接电次数较多。

主令控制器的工作情况可由图 1-20 说明。

图中 1 与 7 为固定于方轴上的凸轮块;3 是固定的静触头;4 是动触头,它固定于随凸轮 6 转动的支杆 5 上。当方轴转动时,凸轮块随之转动,当凸轮块的凸起部分转到与小轮 8 接触时,则推动支杆 5 向外张开,使动触头 4 离开静触头 3,将被控回路断开。当凸轮的凹陷部分与小轮 8 接触时,支杆 5 在反力弹簧作用下复位,使动触头 4 闭合接通电路。这样在方轴上安装一串不同形状的凸轮,可以使触头按一定顺序闭合与断开,达到顺序控制的目的。

国产主令控制器的型号主要有 LK14、LK15、LK16 等系列。LK14 系列的额定电压为 380V,额定电流为 15A,控制电路数有 12 个。

2. 凸轮控制器 凸轮控制器是一种大型手动控制电器。主要用于起重设备中直接控制中小型绕线异步电动机的启动、停止、调速、换向和制动,也适用有相同要求的其它拖动场合,如卷扬机等。

凸轮控制器主要由触头、转轴、凸轮、杠杆、手柄、灭弧罩及定位机构组成,其工作原理与主令控制器基本相同,不再赘述。

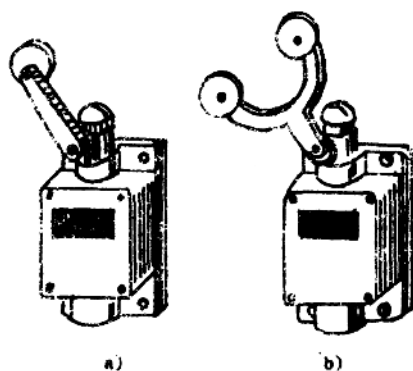


图 1-18 LX19 系列行程开关

a) 杠杆旋转式, b) 旋转式

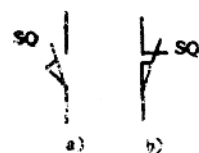


图 1-19 行程开关图形符号

a) 常开触头, b) 常闭触头

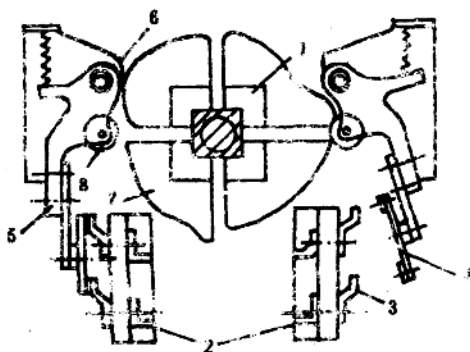


图 1-20 主令控制器结构示意图

§ 1-5 接触器

接触器是一种用来频繁地接通或断开交直流主电路及大容量控制电路的自动切换电器。主要用于控制电动机和电热设备等。它还具有低电压释放保护功能,适用于频繁操作和远距离

控制,是电力拖动自动控制系统应用最广泛的一种电器。

接触器按其主触头通过的电流种类不同,分为交流接触器和直流接触器。

一、接触器的结构与工作原理

图 1-21 为 CJ0 系列交流接触器的结构剖面示意图。交流接触器有以下四部分组成:

1. 电磁机构 电磁机构由线圈、动铁心(衔铁)和静铁心组成,铁心一般都是双 E 型衔铁直动式电磁机构,有的衔铁采用绕轴转动的拍合式电磁机构。

2. 触头系统 包括主触头和辅助触头。主触头用于通断主电路,通常为三对常开触头。辅助触头一般有二对常开触头和二对常闭触头,触头容量小,主要用于控制电路的通断控制。

3. 灭弧装置 容量在 10A 以上的接触器都有灭弧装置,对于小容量的接触器,常采用双断口触头灭弧,电动势灭弧及灭弧罩灭弧。对于大容量接触器,多采用纵缝灭弧罩及灭弧栅灭弧。

4. 其它部件 包括反作用弹簧、缓冲弹簧、触头压力弹簧、传动机构及外壳等。

当交流接触器的线圈通电后,线圈电流产生磁场,使静铁心产生电磁吸力,当电磁吸力大于弹簧的反力时,衔铁被吸合,由传动机构带动常开触头闭合,常闭触头断开。当线圈断电或电压降低时,电磁吸力低于反力,则衔铁被释放,各触头随之复位。

直流接触器的结构和工作原理与交流接触器基本相同,唯有电磁机构方面的不同之处在第一节里有关部分已有较详细的阐述,这里不再赘述。

二、接触器的类型及主要技术参数

常用的交流接触器有 CJ10 系列,是全国统一设计产品,可取代 CJ0、CJ8 等系列老产品; CJ12、CJ12B 系列可取代 CJ1、CJ2、CJ3 等系列老产品。

近年来由德国引进技术生产的 3TB 系列和 B 系列交流接触器,具有 80 年代初期水平。机械寿命长、电气寿命高、技术经济指标优越,符合 IEC 标准要求。

常用的直流接触器有 CZ0 系列,也是全国统一设计产品,可取代 CZ1、CZ2、CZ5 等系列。

接触器的主要参数有:

1. 额定电压 接触器铭牌上的额定电压系指主触头的。交流有 127、220、380、500V。直流有 110、220 和 440V。

2. 额定电流 接触器铭牌上的额定电流也是指主触头的,有 5、10、20、40、60、100、150、250、400 和 600A。

3. 吸引线圈的额定电压 交流有 36、110、220 和 380V。直流有 24、48、220 和 440V。一般标在线圈上。

4. 电气寿命和机械寿命 以万次表示。

5. 额定操作频率 次/h。

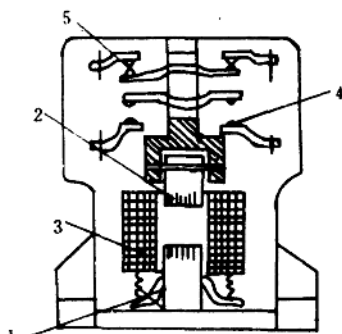


图 1-21 交流接触器的结构

1—静铁心;2—动铁心;3—线圈;

4—常开触头;5—常闭触头