



高职机械类
精品教材

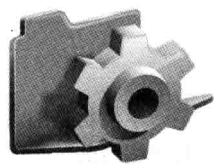
机械设备电气控制 及PLC基础

主审 凌有铸

主编 彭伟 单启兵

JIXIE SHEBEI DIANQI KONGZHI
JI PLC JICHU

中国科学技术大学出版社



高职机械类
精品教材

机械设备电气控制 及PLC基础

JIXIE SHEBEI DIANQI KONGZHI
JI PLC JICHU

主 审	凌有铸	
主 编	彭 伟	单启兵
参加编写	吴仲超	张首峰
	彭 举	

中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本教材是编者根据几十年的教学经验和企业工作经验,针对三年制高职院校职业技术教育的特点编写的。全书共分 11 章,包括动力系统,常用继电器-接触器控制电气,PLC 的基本结构、基本指令、功能指令以及相应的各种编程方法。本教材在内容编写上打破传统、独具一格,条理清晰、讲解详细,易于自学。

本教材可供高职机械和机电类专业学生使用,也是高职教师、西门子 S7-200 PLC 用户很好的参考书籍。

图书在版编目(CIP)数据

机械设备电气控制及 PLC 基础/彭伟,单启兵主编. —合肥:中国科学技术大学出版社, 2014. 5

ISBN 978-7-312-03449-7

I. 机… II. ①彭… ②单… III. ①机械设备—电气控制—教材 ②PLC 技术—教材
IV. ①TH-39 ②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 073180 号

出版 中国科学技术大学出版社
安徽省合肥市金寨路 96 号,230026
<http://press.ustc.edu.cn>
印刷 安徽省瑞隆印务有限公司
发行 中国科学技术大学出版社
经销 全国新华书店
开本 787 mm×1092 mm 1/16
印张 19.75
字数 505 千
版次 2014 年 5 月第 1 版
印次 2014 年 5 月第 1 次印刷
定价 35.00 元

前 言

PLC 是一门实践性、应用性较强的技术,需要边学习边实训。学校只有建有大量的 PLC 成套实训设备的配套实训室,才能给学生提供一个必备的学习条件。

要学好本课程,就要能让学生相对轻松地快速入门,并产生学习 PLC 技术的兴趣。面面俱到、讲究形式的教材或中规中矩的教学方法,只能使高职学生,尤其是机械类高职学生在学习 PLC 的初期就产生畏惧情绪,甚至是知难而退,失去学习 PLC 的兴趣。

现今我国仍是制造业大国,且面临着产业结构的调整。要不断提高全体人民的生活水平,企业就面临着劳动力成本的不断上升,因此大量采用生产效率高的自动化新设备已成为趋势。大部分生产设备都与 PLC 有关,因而需要大量的精通 PLC 控制的从业人员。在学校没有打下基础,而工作后再自学 PLC 是相当困难的。这些是学生学习 PLC 的动力。

本教材主要适用于机械类或机电类高职学生,针对其专业的课程设置而确定教材的学习内容。教材分为上篇和下篇。上篇主要以继电器-接触器控制电路为核心,介绍了开关控制设备、电动机运行等动力系统和电气控制基本电路、机床控制电路等控制系统;下篇主要以 PLC 梯形图编程为核心,介绍了 PLC 的基本结构、基本指令、功能指令以及相应的各种编程方法。

本教材以西门子公司的 S7-200 系列小型 PLC 的部分内容为主要讲授对象,不涉及升级版的 S7-300/400 PLC 的内容。主要原因是机械类高职学生的计算机和电气知识基础相对较弱,分配的学时数也不是很多,很难全面学习和掌握。作为学生的 PLC 入门教材,本教材具有以下几点特色:

① 注重细致的说明,尤其是大量采用分解图形说明,就像拿着地图指路,清晰、易懂,易于自学。

② 在内容编排的顺序上,打破传统的章节题目束缚,以学生当前知识为基础,以使学生易懂为原则。

③ 内容选择的原则是以机械类高职学生为教学对象,注重结合上篇学生所熟悉的控制电路,适当增加机械设备的控制内容。

④ 具有强大的编写队伍。参加编写人员的结构特点是:主编皆为国家示范院校的主力教师,既有有 30 多年教学经验、编写过多部教材和书籍的,又有在大型钢厂从事多年复杂系统 PLC 控制、指导学生参加全国 PLC 技能大赛多次获奖的;既有长期工作在大型国企一线或设计部门的人员参编,又有对新技术接受快、对学习 PLC 有深刻体会的新生代参编。优势互补、特色鲜明。

本书由安徽水利水电职业技术学院彭伟、单启兵老师担任主编。彭伟老师统稿并编写

了第 4 章、第 7 章、第 8 章、第 9 章；单启兵老师编写了第 6 章；国家电网安徽省电力公司蚌埠供电公司吴仲超编写了第 3 章、第 10 章；中国机械设备工程股份有限公司张首峰编写了第 1 章、第 2 章；彭举编写了第 5 章、第 11 章。本书由安徽工程大学凌有铸教授担任主审。在编写过程中，合肥金德电力设备制造有限公司、合肥力宏科技有限责任公司及安徽水利水电职业技术学院余承辉教授等给予了大力支持和帮助，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免有不当或错误之处，恳请各位专家、老师和同学及时批评指正。邮箱地址：ahsypw83@126.com。

编 者

目 录

前言	(i)
----------	-------

上篇 机械设备电气控制技术

第一章 低压供配电	(2)
第一节 电力系统概述	(2)
第二节 电气设备中的电弧问题	(3)
第三节 低压电气设备	(6)
第四节 互感器	(15)
第五节 低压供配电线路	(18)
第六节 低压供配电系统	(23)
第七节 安全用电	(32)
第二章 电动机的运行	(38)
第一节 概述	(38)
第二节 三相异步电动机的起动	(40)
第三节 三相异步电动机的调速	(43)
第三章 常用电气控制电路	(45)
第一节 继电器	(45)
第二节 主令电器	(51)
第三节 电动机的基本控制电路	(54)
第四节 电气控制电路实例	(62)
第四章 机床电气控制电路	(75)
第一节 普通车床的电气控制	(75)
第二节 摇臂钻床的电气控制	(77)

下篇 S7-200 PLC 基础

第五章 S7-200 PLC 的硬件与软件简介	(86)
第一节 PLC 概述	(86)
第二节 PLC 硬件	(90)
第三节 PLC 的工作原理	(98)
第四节 S7-200 系列 PLC	(100)
第五节 编程软件的使用方法	(105)

第六章 PLC 梯形图编程基础	(111)
第一节 PLC 的编程语言与程序结构概述	(111)
第二节 S7-200 PLC 存储器寻址	(113)
第三节 I/O 点的地址分配与外部接线	(121)
第四节 S7-200 PLC 编程指令与梯形图	(125)
第七章 常用的数字量控制系统梯形图	(159)
第一节 定时器和计数器扩展	(159)
第二节 梯形图的经验编程法	(162)
第八章 顺序功能图与梯形图	(168)
第一节 顺序功能图	(169)
第二节 使用起、保、停电路的顺序控制梯形图	(179)
第三节 使用置位复位指令编制顺序控制梯形图	(194)
第四节 使用 SCR 指令编制的顺序控制梯形图	(200)
第九章 PLC 的功能指令	(211)
第一节 概述	(211)
第二节 程序控制指令	(212)
第三节 比较指令	(216)
第四节 数据处理指令	(218)
第五节 数学运算指令	(227)
第六节 子程序	(231)
第七节 中断程序与中断指令	(239)
第八节 时钟指令	(250)
第十章 S7-200 PLC 语句表编程简介	(254)
第一节 最基本和最常用的指令	(254)
第二节 S7-200 PLC 功能指令	(272)
第十一章 S7-200 PLC 编程案例	(279)
项目 1 两台电动机顺序控制	(279)
项目 2 组合机床动力头进给运动控制	(280)
项目 3 剪板机运行控制	(284)
项目 4 交通灯控制系统	(286)
项目 5 机械手的控制	(289)
项目 6 处理定时中断, 改变闪烁频率	(292)
项目 7 读写 S7-200 实时时钟	(292)
项目 8 统计一台设备的运行时间	(295)
项目 9 3 条运输带的控制	(295)
附录	(299)
参考文献	(308)

上篇 机械设备电气
控制技术

第一章 低压供配电

第一节 电力系统概述

根据能量守恒定律,电力用户消耗的电能,是由发电厂(站)将其他形式的能量转化成电能并通过远距离输送才到达用户电力设备的。

发电厂(站)是通过发电机将自然界中蕴藏的各种形式的能源转换为电能的工厂,包括火力发电厂、水力发电站、原子能发电站以及太阳能、风力、地热、潮汐能等发电厂(站)。

变配电所是变电所和配电所的统称。变电所是通过变压器、母线、进出线等设备接受电能、改变电压和分配电能的场所,是联系发电厂和电能用户的中间枢纽。没有变压器,只能接受和分配电能的场所称为配电所(室)。

发电机发出的电能经过若干次升压和若干次降压,送至用电设备,输送的功率 $S \propto UI$ 。在输送同样功率的情况下,升压变压器升压是为了减小电流,从而减少输电线路的功率(电能)损耗和电压损耗。但电压等级越高,投资越大,所以并不是电压越高越经济,要根据所要输送的功率(容量)、输送的距离选择采用最经济的电压等级。所以我们看到的是:输送的功率越大,输送的距离越远,采用的电压等级越高;反之,降压变压器降压说明高压侧输送的总功率被分配到低压侧若干条低压分支线路上,各分支线路输送的功率小、距离短。最终要把电压降到与用电设备相同的电压等级,才能给用电设备供电。

电力线路是把发电厂、变电所和电能用户的电气设备联系起来的纽带,由它来完成输送电能和分配电能的任务。电力线路是输电线路和配电线路的总称。将从发电厂的发电机经过多次升压把电能送到负荷中心(变电所)的线路称为输电线路,将从负荷中心(变电所)经过多次降压把电能送到电能用户的用电设备的线路称为配电线路。

可见,由各种电压等级的输配电线路将各种类型的发电厂的发电机、升/降压变电所(站)的变压器和电能用户的用电设备联系起来的发电、输电、变电、配电和用电的整体,称为电力系统。电力系统中,不包括发电机和用电设备的部分,称为电力网。电力系统中,以降压变压器低压侧额定电压为 230/400 V、线路电压等级为 380 V 为标志的低压供配电网络,包括母线、低压配电线路、开关设备及用电设备等,称为低压供配电系统。

电能“产供销”的特点是:电能无法大量存储,发电、供电、用电是同时完成的。整个电力网的交流电是一个频率 f 。当电能供过于求时,频率上升;当电能供不应求时,频率下降。总电力负荷是在变化的,电力系统就是根据频率来调节总发电功率达到供求平衡的,使频率在 50 Hz 上下波动。

同一电压等级的电力网中,各处的电压并不完全相等,这是由于线路上存在电压损耗的缘故。电压损耗大小与线路传输的功率大小、功率因数高低、线路长短及单位长度的阻抗大

小有关。

电力系统中,所有线路都是经过开关设备控制通断的,开关断开负荷线路时,会产生电弧。

第二节 电气设备中的电弧问题

电弧问题涉及正确认识开关设备、操作开关设备等运行安全的问题,尤其是涉及人身安全的大问题,应引起重视。通过学习电弧等开关的知识,掌握正确的操作规程,确保生产设备的动力供给,同时能够避免产生谈“弧”色变的畏惧心理,安全生产。

一、概述

电弧是绝缘介质被击穿而形成的电子流动,其特点是光亮很强、温度很高。电弧的产生对供电系统的安全运行有很大影响。首先,电弧延长了电路开断的时间。在开关断开电路时,开关触头上的电弧电流维持了电路中电流的导通。尤其是在开关分断短路电流时,电弧就延长了短路电流通过电路的时间,使短路电流危害的时间延长,这可能对电路设备造成更大的损坏。其次,电弧的高温可能烧损开关的触头,烧毁电气设备及导线电缆,还可能引起电路的弧光短路,甚至引起火灾和爆炸事故。此外,强烈的弧光可能损伤人的视力,严重的可使人眼失明。因此,开关设备在结构设计上就要保证操作时电弧能够迅速地熄灭,所谓开关设备的断流能力就是指开关设备熄灭电弧的能力。因此,在讲述开关设备之前,有必要先简介电弧产生与熄灭的原理、灭弧的方法以及对电气触头的要求。

二、电弧的产生

1. 产生电弧的根本原因

开关触头在分断电流时之所以会产生电弧,根本原因在于触头本身及触头周围的介质中含有大量游离的电子。这样,当分断的触头之间存在着足够大的外施电压时,就有可能强烈电离而产生电弧。

2. 产生电弧的游离方式

产生电弧的游离方式有以下4种:

(1) 热电发射

当开关触头分断电流时,开关动、静触头的接触面积由大变小,通过接触面的电流密度由小变大,阴极表面由于大电流逐渐收缩集中而出现炽热的光斑,温度很高,因而使触头表面分子中外层电子吸收足够的热能而发射到触头间隙中去,形成自由电子。

(2) 高电场发射

当开关触头分断电流时,开关动、静触头之间的间隙由小变大,电源电压加在间隙两端形成电场。在开关触头分断之初,开关动、静触头之间的间隙距离很小,因而电场强度很大。

在这种高电场产生的电场力的作用下,触头表面的电子可被强拉出来,使之进入触头间隙,形成自由电子,也称为强电场发射电子。

(3) 碰撞游离

当触头间隙存在着足够大的电场强度时,其中的自由电子以相当大的动能向阳极移动,在移动过程中碰撞到触头周围的绝缘介质(中性质点),就可能使中性质点中的电子游离出来,从而使中性质点变成带电的正离子和自由电子。当绝缘介质的分子或原子从外界获得的能量超过某一数值时,原子的外层电子有一个或几个完全脱离原子核的束缚而形成互相独立的能导电的带电质点,即自由电子和正离子。这个过程称为原子游离。游离过程所需要的能量称为游离能。这些获得动能而游离出来的带电质点在电场力的作用下,继续参加碰撞游离,结果使触头间介质中的离子数越来越多,形成“雪崩”现象。当离子浓度足够大时,绝缘介质被击穿而产生电弧。

(4) 热游离

电弧的温度很高,表面温度达 $3\,000\sim 4\,000\text{ }^{\circ}\text{C}$,弧心温度可高达 $10\,000\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。在这样高的温度下,电弧中的中性质点获得热能可游离为正离子和自由电子(据研究,一般气体在 $9\,000\sim 10\,000\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时发生游离,而金属蒸气在 $4\,000\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右即发生游离),从而进一步加强了电弧中的游离。

上述几种游离方式的综合作用,使得开关触头在带电开断时产生电弧并得以维持。

在热发射电子、强电场发射电子、碰撞游离电子和热游离电子的过程中,强电场发射电子是产生电弧的主要条件。随着开关动、静触头之间的间隙由小变大,电源电压加在间隙两端形成的电场由强变弱,此时电弧已不是依靠强电场发射电子,而是依靠热游离电子得以维持,即主要依靠热游离使触头间隙的绝缘介质成为“导体”而导电。同时,在电弧高温作用下,触头阴极表面继续发射电子。在热游离和热电发射共同作用下,电弧继续维持炽热燃烧,即维持电弧电流导通。

三、电弧的熄灭

1. 熄灭电弧的条件

要使电弧熄灭,必须使触头间电弧中的去游离率大于游离率,即使其中离子消失的速率大于离子产生的速率。

2. 熄灭电弧的去游离方式

熄灭电弧的去游离方式有以下 2 种:

(1) 正、负带电质点的“复合”

复合就是正、负带电质点重新结合为中性质点。这与电弧中的电场强度、温度及电弧截面等有关。电弧中的电场强度越弱,电弧的温度越低,电弧截面越小,则带电质点的复合越强。此外,复合与电弧接触的介质性质也有关。

(2) 正、负带电质点的“扩散”

扩散就是电弧中的带电质点向周围介质中扩散开去,从而使电弧区域的带电质点减少。扩散的原因,一是电弧与周围介质的温度差,另一是电弧与周围介质的离子浓度差。扩散也与电弧截面有关。电弧截面越小,离子扩散也越强。

上述带电质点的复合和扩散,都使电弧中间的离子数减少,即使去游离增强,从而有助于电弧的熄灭。

3. 交流电弧的熄灭

熄灭电弧就是要创造和利用有利于熄灭电弧的条件,使电弧熄灭后不再复燃。由于交流电流每半个周期要经过零值一次,而电流过零时,电弧将暂时熄灭。电弧熄灭的瞬间,弧隙温度骤降,热游离中止,去游离(主要为复合)大大增强。这时弧隙虽然仍处于游离状态,但阴极附近空间差不多立刻获得很高的绝缘强度。因此交流电弧的熄灭,可利用交流电流过零时电弧要暂时熄灭这一特点来实现。特别是低压开关的交流电弧,显然是比较容易熄灭的。因为低压开关的动、静触头间隙变大后,一旦电弧电流过零,电弧将暂时熄灭,就没有足够的电场强度使电弧熄灭后再复燃。

4. 低压开关电器中常用的灭弧方法

低压开关电器中常用的灭弧方法仅列举以下几种:

(1) 速拉灭弧法

迅速拉长电弧,可使弧隙的电场强度骤降,缩短了触头间强电场存在的时间,减少了强电场发射的电子数量;同时弧隙的电场强度骤降,使离子的复合迅速增强,从而加速电弧的熄灭。

(2) 冷却灭弧法

降低电弧的温度,可使电弧中的热游离减弱,正、负离子复合增强,有助于电弧加速熄灭。

(3) 吹弧灭弧法

利用电力来吹动电弧,使电弧加速冷却,同时拉长电弧,降低电弧中的电场强度,使离子的复合和扩散增强,从而加速电弧的熄灭。

(4) 长弧切短灭弧法

由于电弧的电压降主要降落在阴极和阳极上(阴极电压降又比阳极电压降大得多),而弧柱(电弧的中间部分)的电压降是很小的,因此如果利用金属片将长弧切割成若干短弧,则电弧上的电压降将近似地增大若干倍。当外施电压小于电弧上的电压降时,电弧就不能维持而迅速熄灭。

(5) 狭沟灭弧法

使电弧在固体介质所形成的狭缝或狭沟中燃烧。由于电弧的冷却条件改善,从而使电弧的去游离增强,同时介质表面带电质点的复合也比较强烈,从而使电弧加速熄灭。

在现代的电气开关设备中,常常根据具体情况综合地利用上述某几种灭弧法来达到迅速灭弧的目的。

四、对电气触头的基本要求

电气触头是开关电器中极其重要的部件。开关电器工作的可靠程度,与触头的结构和状况有着密切的关系。为了更好地理解开关电器的结构原理,应先了解对电气触头的基本要求。

(1) 满足正常负荷的发热要求

正常负荷电流(包括过负荷电流)长期通过触头时,触头的发热温度不应超过允许值。因此,触头必须接触紧密良好,尽量减小或消除触头表面的氧化层,尽量降低接触电阻。

(2) 具有足够的机械强度

触头能经受规定的通断次数而不致发生机械故障或损坏。

(3) 具有足够的动稳定度和热稳定度

在可能发生的最大的短路冲击电流通过时,触头不致因电动力作用而损坏;并在可能最长的短路时间内通过短路电流时所产生的热量,不致使触头过度烧损或发生熔焊现象。

(4) 具有足够的断流能力

开关电器应具有足够的熄灭电弧的能力,而开关触头应具有足够的承受电弧的能力。为了保证触头在闭合时尽量减少触头电阻,而在通断时又使触头能经受电弧高温的作用,因此有些开关的触头分为工作触头和灭弧触头两部分。工作触头采用导电性好的铜(或镀银)触头,灭弧触头则采用耐高温的铜钨等合金触头。接通电路时,灭弧触头先合,承受电弧;工作触头后合,电流主要由工作触头通过。切断电路时,工作触头先断,电流继续通过灭弧触头;灭弧触头后断时,电弧基本上在灭弧触头间产生,不致使工作触头烧损。

第三节 低压电气设备

低压电气设备,指供电系统中 1 000 V 或 1 200 V 及以下的电气设备。本节只介绍常用的低压熔断器、刀开关、接触器和低压断路器等,着重介绍接触器和低压断路器。无论新型低压电气设备的外形、结构、性能如何变化,其最基本的原理并无多少改变,所以了解电气设备的基本原理是基础的、必要的。

一、低压熔断器

熔断器(文字符号为 FU)是一种保护电器,其基本结构应包括熔管(外壳)、熔管内的工作熔体(俗称保险丝)及熔管内的填料(增强灭弧能力)。

低压熔断器的功能,主要是用来实现低压配电系统的短路保护,有时也能用来实现过负荷保护。当用电设备或线路及配电设备发生短路故障时,高出用电设备或线路及配电设备额定电流几十倍以上的短路电流流过串联在其首端的熔断器,熔体瞬间熔断,切断短路电流,使短路故障点与电源隔离,短路电流消失,使流过短路电流的线路和电气设备避免了长时间流过短路电流而被损坏,把熔断器的这种作用称为熔断器的短路保护功能;当用电设备或线路及配电设备的实际电流 I 连续超过其额定电流 I_N 达一定时间(如 10 s 以上)时,称为过负荷。按过负荷的严重程度分为正常过负荷和事故过负荷。当用电设备或线路出现事故过负荷时,熔断器熔体延时熔断,切断事故过负荷电流,避免线路和电气设备被损坏,把熔断器的这种作用称为熔断器的过负荷保护功能。可见,熔断器是在线路中人为设置的相对薄弱环节,熔体在发生短路或过负荷时熔断,起保护线路和电器设备的作用。

(一) 常用的低压熔断器

低压熔断器的种类及其产品系列很多,下面仅选择几种常用的类型作介绍。

1. 插入式熔断器

插入式熔断器又称瓷插式熔断器,常用为 RC1A 系列,如图 1.1 所示。它由瓷底座的空腔与瓷插件凸出部分所构成的灭弧室、静触头、动触头、熔体等组成。60 A 以上的熔断器瓷底座空腔内衬有编制石棉垫,以帮助熄弧。这种熔断器结构简单、价格低廉、更换熔体方便,所以广泛应用在 500 V 以下的电路中,用来保护照明线路及小容量电动机,其额定电流为 5~200 A。

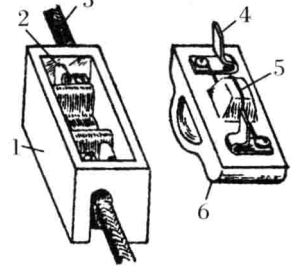


图 1.1 插入式熔断器

1. 瓷底座;2. 静触头;3. 导线;
4. 动触头;5. 熔体;6. 瓷插件

2. 螺旋式熔断器

螺旋式熔断器的结构如图 1.2 所示。它由瓷底座、瓷管和

螺旋瓷帽等组成。瓷底座上装有上下接线端子;瓷管内装有熔丝且管中充满石英砂,熔丝的两端焊在瓷管两端的导电金属端盖上,其上端盖中有一个红点,为熔断指示器,当熔丝熔断时,熔断指示器弹出脱落,透过瓷帽上的玻璃观察孔可以检视。熔丝熔断后,只要更换瓷管即可。瓷管内用石英砂作填料,利用的就是狭沟灭弧原理。

螺旋式熔断器广泛应用于工矿企业低压配电系统、机械设备的电气控制系统中作短路和过负荷保护。常用型号有 RL6 等,其额定电流为 5~200 A。RLS 系列螺旋式快速熔断器,主要用作晶闸管整流器件及其成套装置的短路和过负荷保护。

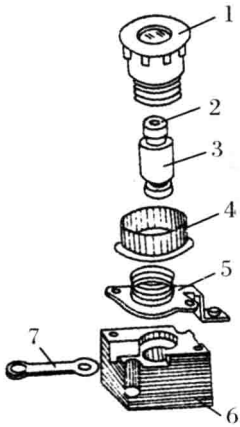


图 1.2 螺旋式熔断器

1. 瓷帽;2. 熔断指示;3. 熔管;
4. 瓷套;5. 上接线端;
6. 底座;7. 下接线端

3. RM 型封闭管式熔断器

RM 型熔断器结构如图 1.3 所示。它由纤维熔管、熔体、触刀、刀座等组成。熔体由锌片或铜片冲制成变截面的熔片,在通过短路电流时,熔体首先在狭窄部分熔断,由于宽阔部分跌落,迅速拉长电弧,使短路电弧加速熄灭;在通过过负荷电流时,由于电流加热时间较长,窄部散热较好,所以在宽窄之间的斜部熔断。此外,在产生电弧时,纤维熔管的内壁将有极少部分纤维物质因电弧烧灼而分解出大量高压气体,压迫电弧,加强离子的复合,从而也可改善灭弧性能。

RM 型封闭管式熔断器具有分断能力较强、灭弧速度较快的特点,再加上工作安全可靠和更换方便的优点,所以它主要用于工矿企业低压成套配电设备和电动机上作为短路和过负荷保护。常用型号有 RM10 等,其额定电流为 15~600 A。

4. RT 型有填料封闭管式熔断器

RT 型熔断器结构如图 1.4 所示。它主要由瓷熔管、栅状铜熔体和触头底座等几部分组成。熔管是由高频电瓷制成的波形方管,两端用盖板压紧,管内放有熔体,填有石英砂。熔体采用紫铜箔冲制的网状多根并联形成的熔片,中间部位有“锡桥”,装配时将熔片围成笼状,以充分发挥填料

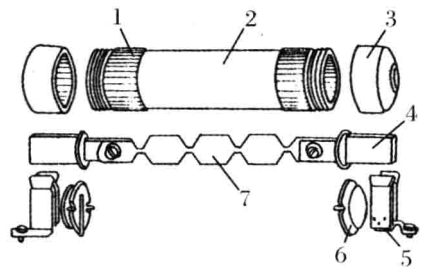


图 1.3 RM 型封闭管式熔断器

1. 黄铜圈;2. 纤维熔管;3. 黄铜帽;4. 触刀;
5. 刀座;6. 特种垫圈;7. 熔体

与熔体接触的作用。这样既可均匀分布电弧能量而提高分断能力,又可使管体受热比较均匀而不易使其断裂。栅状铜熔体具有引燃栅,由于引燃栅的等电位作用,可使熔体在短路电流通过时形成多根并联电弧。同时,熔体又具有变截面小孔,可使熔体在短路电流通过时又将长弧分割为多段短弧。而且所有电弧都在石英砂中燃烧,可使电弧中的正负离子强烈复合。因此,这种有填料管式熔断器的灭弧断流能力很强。熔体中段的“锡桥”,是利用其“冶金效应”来实现对较小短路电流和过负荷电流的保护。熔断指示器是个机械信号装置,指示器上焊有一根很细的康铜丝,它与熔体并联,在正常情况下,由于康铜丝电阻很大,电流基本上从熔体流过,只有在熔体熔断之后,电流才转到康铜丝上,使它立即熔断,而指示器便在弹簧作用下立即向外弹出,显出醒目的红色信号。这种熔断器的主要缺点是熔体熔断后无法现场更换熔体,只能用绝缘手柄来装卸熔断器的可动部件进行整体更换,见图 1.4(b)。

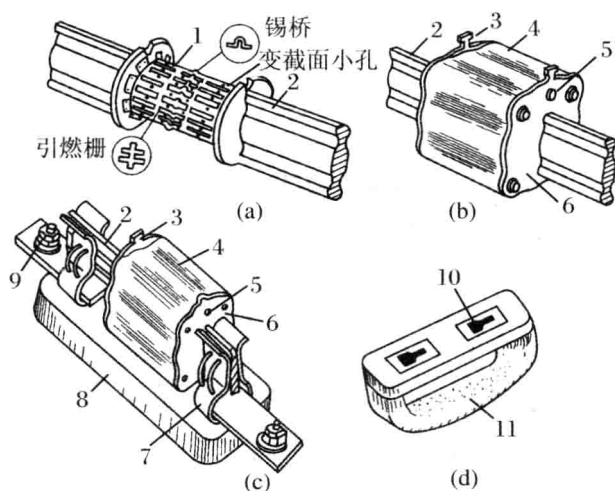


图 1.4 RT 型有填料封闭式熔断器

1. 栅状铜熔体;2. 触刀;3. 扣栓;4. 瓷熔管;5. 熔断指示器;6. 盖板;
7. 弹性触座;8. 瓷质底座;9. 接线端子;10. 扣眼;11. 绝缘拉手手柄

有填料封闭式熔断器种类很多,我国传统产品为 RT0 型熔断器,还有 RT14、RT15 等系列产品,其分断能力强,使用安全。另外,还有一种 NT 型系列低压高分断能力的熔断器,熔管为高强度陶瓷,内装优质石英砂,熔体采用优质材料。其功率消耗小、分断能力高、特性稳定、限流性能好、体积小,能分断从最小熔化电流至其额定分断能力(120 kA)之间的各种电流,额定电流为 50~1 250 A。由于有填料高分断能力熔断器的保护性能好和断流能力大,因此其被广泛应用于各种低压电气线路和配电装置中作为短路和过负荷保护。

(二) 低压熔断器的选择

1. 熔断器的选择

选择熔断器时,应根据实际安装地点的工作条件及环境条件不同,选择不同结构形式的熔断器。选择熔断器应满足下列 3 个条件:

- ① 熔断器的额定电压必须大于或等于安装点电路的额定电压。
- ② 熔断器的额定电流不得小于它所安装熔体的额定电流。
- ③ 熔断器应满足被保护设备对断流能力的要求。

熔断器的额定电压代表着它能够承受的电压水平,熔断器运行必须满足绝缘条件。

熔断器的额定电流,是指熔断器长期工作的最大允许电流,其大小取决于熔断器的散热条件。熔体的额定电流,是指熔体长期工作而不熔断的最大电流。应根据工作电路具体情况来选择某一种额定电流的熔体装入熔断器内。

熔断器的断流能力是指在某种电压下其熄灭电弧的能力,即熔断器在额定电压下的最大分断电流(kA)。

2. 熔体的选择

熔体的选择应根据被保护的对象和需要实现的保护功能进行,同时还需考虑与其所在的线路配合、与其前后级熔断器之间配合,以满足可靠性和选择性。

(1) 熔体额定电流的选择条件

① 对照明、电热等负载电路,熔体的选择条件为

$$I_{N,FE} \geq I_{30} \quad (1.1)$$

式中: $I_{N,FE}$ 为熔体的额定电流; I_{30} 为熔断器所在线路的计算电流(应近似等于线路实际最大负荷电流)。

② 对电动机负载电路。

对于单台电动机的电路(支线),熔体的选择条件为

$$I_{N,FE} \geq (1.5 \sim 3.5) I_{N,M} \quad (1.2)$$

式中: $I_{N,M}$ 为电动机的额定电流。

对于多台电动机的电路(干线),熔体的选择条件为

$$I_{N,FE} \geq (1.5 \sim 3.5) I_{N,Mm} + K_{\Sigma} \sum I_{N,i} \quad (1.3)$$

式中: $I_{N,Mm}$ 为电路中起动电流与额定电流之差为最大的那台电动机的额定电流; $\sum I_{N,i}$ 为电路中其他所有设备的额定电流之和; K_{Σ} 为电路中其他所有设备的同时系数,一般取0.7~1。

式(1.2)和式(1.3)中系数(1.5~3.5)的取值,应综合考虑电动机的起动电流倍数、起动持续时间、熔断器的保护特性、过负荷保护特点等因素,既要确保电动机起动时熔体不能熔断,又要确保电动机过负荷(支线)或电路过负荷(干线)时熔体必须熔断。因此,电动机起动时间越长(重载起动)或起动越频繁,式中系数取值越大。

(2) 熔体额定电流的校验条件

① 熔体额定电流还应与被保护线路相配合。熔体额定电流既不能选小,也不能选大。不允许出现因过负荷或短路引起绝缘导线或电缆过热起燃而熔断器熔体不熔断的事故,因此熔体额定电流还应满足条件

$$I_{N,FE} \leq K_{OL} I_{al} \quad (1.4)$$

式中: I_{al} 为绝缘导线或电缆的允许载流量(详见本章第五节式(1.7)); K_{OL} 为绝缘导线或电缆的允许短时过负荷系数。

若熔断器仅作短路保护,对电缆和穿管绝缘导线, K_{OL} 取2.5;对明敷绝缘导线, K_{OL} 取1.5;若熔断器除作短路保护外,还兼作过负荷保护时, K_{OL} 可取1;对有爆炸性气体区域内的线路,则 K_{OL} 应取0.8。

② 前后级熔断器之间的选择性配合。供配电系统中,尤其在低压供电系统中,常见前后两级都装设熔断器,则同样要求前后级熔断器熔体熔断时间满足电流保护选择性要求。即在线路发生故障时,靠近故障点的熔断器最先熔断,切除故障部分,从而使系统的其他部

分迅速恢复正常运行。违反选择性,将造成停电范围扩大。

下面介绍两种简便快捷的校验方法:

① 一般只有前一级熔断器的熔体额定电流大于后一级熔断器的熔体额定电流 2~3 级以上,才有可能保证动作的选择性。

② 实验结果表明,如果能保证前后两级熔断器之间熔体额定电流之比为 1.5~2.4,就可以保证有选择性的动作(熔断)。

综上所述,熔断器熔体的选择既要满足选择条件,又要满足校验条件。正确地选择熔断器,恰当地选择熔体,才能实现迅速、可靠和有选择地切除故障电路,确保非故障电路正常运行和防止事故扩大。

二、刀开关

刀开关(文字符号为 QK)种类繁多、结构简单、应用广泛,但只能手动操作。根据其熄弧能力可分为隔离开关(文字符号为 QS)和负荷开关(文字符号为 QL)。低压隔离开关在大电流的低压电路检修时起隔离作用,也可以用来接通和断开小电流电路。低压负荷开关有灭弧能力,可接通和分断额定电流。负荷开关常与熔断器串联配合使用,正常通断操作由负荷开关完成,当电路发生短路或严重过负荷故障时,由熔断器自动切断电路,以确保电路安全运行。

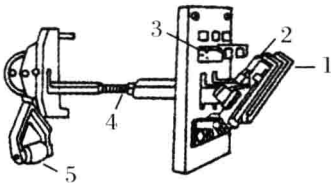


图 1.5 带连杆操作的刀开关

1. 主刀片;2. 速断刀片;3. 夹座;
4. 连杆;5. 手柄

刀开关都由底座,导电的动、静触头和外壳等部分组成。底座常用绝缘材料(陶瓷或胶木)制成。静触头是由铜材料制成的有夹持力和弹性的插座。动触头是由铜材料制成的闸刀。

图 1.5 为带连杆操作的刀开关,连杆操作安全省力。额定电流在 400 A 以下的采用单刀片;而额定电流在 400 A 及以上的大电流刀开关则采用双刀片,即有主、副两个刀片,用弹簧紧固在一起。副刀片又称速断刀片,它有速断分离、迅速灭弧和保护主刀片的作用,即当主刀片断开至一定角度后,作为弧触头的副刀片才能被弹簧快速拉开。副刀片经长期使用被电弧烧损后,可以更换新的。

刀开关在安装时,要求垂直安装,静触头在上接电源,动触头在下接负载。各种刀开关的最大额定电流不同,如有 60 A、100 A、1 500 A 之分。

三、接触器

本书通篇所介绍的电气控制(含 PLC 控制)电路就是以接触器为用电设备的控制开关,所以牢固掌握接触器的结构、原理及其各元件的图形符号,对接触器在控制电路中的应用至关重要。

接触器(文字符号为 KM)是利用电磁铁来控制其触头通断的一种电动低压开关。它操作方便、动作迅速,灭弧能力强。接触器能够接通和断开正常负荷电流,可以频繁和远距离电动操作(无手动操作装置);接触器与继电器、熔断器等配合可实现自动控制及过电流(短路)、过负荷、过电压、欠电压保护。因此,接触器广泛应用于电动机及其他电力负荷的控制。