

电动机应用技术丛书

实用电动机控制

邱阿瑞 孙旭东 编著

人民邮电出版社

TM3060
571

415464

电动机应用技术丛书

实用电动机控制

邱阿瑞 孙旭东 编著



00415464

人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

实用电动机控制/邱阿瑞,孙旭东编著. —北京:人民
邮电出版社,1998.9
(电动机应用技术丛书)
ISBN 7-115-07192-6

I. 实… II. ①邱… ②孙… III. 电动-控制 IV. TM301.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字()第 23775 号

电动机应用技术丛书 实用电动机控制

-
- ◆ 编 著 邱阿瑞 孙旭东
责任编辑 王小明
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
北京朝阳隆昌印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本:850×1168 1/32
印张:12.125 插页:1
字数:313 千字 1998 年 9 月第 1 版
印数:1-8 000 册 1998 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-07192-6/TN·1384

定价:19.00 元

电动机应用技术丛书

编 委 会

主任委员	杨秉寿		
副主任委员	李树岭	黄立培	
委 员	杨秉寿	李树岭	黄立培
	邱阿瑞	王祥珩	朱东起
	朱建南	金启玫	王晓丹
	王晓明		

内 容 提 要

本书主要介绍电动机的基本控制原理和控制方法。全书共7章:第一章介绍常用低压电器,第二章介绍电动机基本控制线路,第三章介绍典型机床的控制线路,第四章介绍起重机的控制线路,第五章介绍电动机安全运行与保护,第六章介绍可编程控制器在电动机控制中的应用,第七章介绍近代电动机控制系统。

本书内容通俗易懂,有较强的实用性,可供从事电动机使用的各类人员阅读。

丛 书 前 言

电动机是一种把电能转换成机械能的设备,它的用途非常广泛。在现代社会中,从火箭、卫星等高精尖技术产品到机床、汽车、农业机械等工农业生产工具乃至电吹风、电动食品加工机等家庭用具,到处都能见到电动机的踪影。目前,在我国电网的总负荷中,电动机的用电量约占 60% 左右,这也充分说明电动机在我国国民经济生产和人们日常生活中所起的作用非同一般。因此,正确合理地使用电动机对于整个国民经济有至关重要的意义。

近些年来,随着现代电力电子技术、控制技术和计算机技术的发展,电动机的应用技术也得到了进一步的发展,新产品及新应用层出不穷。除了人们已经熟悉的普通电动机外,许多不同用途的特种电动机也不断问世,如广泛用于办公设备的无刷直流电动机和高精度步进电动机、用于照相机的超声波电动机、用于心脏血液循环系统的直径只有 1.5mm 的微型电动机等等,它们的工作原理及结构与传统电动机相比都发生了很大的变化。同时,随着人们生活水平的提高,越来越多的家用电器也在不断地进入寻常百姓的家庭,像空调机、洗衣机、电冰箱、VCD 机、录像机、录音机、电风扇、抽油烟机等等,这些家用电器也都离不开电动机。另一方面,传统工业领域中的电动机在使用电力电子技术以后,控制方式变得更加灵活,效率也有更大的提高,如变频器控制的异步电动机及伺服系统即是典型的例子。正是因为如此,在社会生产力不断提高的今天,要想合理有效地使用和控制电动机,就必须对电动机的特性以及电动机控制装置的控制原理和应用技术有较详细的了解。为此,人民邮电出版社和清华大学电机工程与应用电子技术系共同组织编写了这套《电动机应用技术丛书》,以满足广大读者在电动机应用技术方面的学习需要。

《电动机应用技术丛书》重点放在介绍电动机的应用技术上,不但有传统技术的应用,也有许多新技术的应用介绍,所涉及的内容有:电动机、电动机控制、变频器应用、汽车电机应用、特种电动机及其应用、电动机测量技术等等。

本丛书的作者都是长期从事电动机教学、科研、技术开发及应用工作的专家和科技人员,具有广博的理论和丰富的实际经验。因此,广大读者一定能够从这套丛书中获得许多有益的帮助。

为使这套丛书能够更充分地反映出电动机应用技术方面的内容,我们诚挚地希望广大读者提出宝贵的意见和建议。

前 言

电动机是把电能转换为机械能的设备,它在工农业生产中应用极为广泛。据统计,发电厂生产的电能有一半以上消耗在电动机上。电动机按其工作原理可分为直流电动机、异步电动机(又称感应电动机)和同步电动机等,其中异步电动机由于具有结构简单、价格低廉、运行可靠、坚固耐用、运行效率较高等优点,使用最广泛。

电动机拖动生产机械运转称作电力拖动。在现代化生产中多数生产机械都采用电力拖动,例如各种机床、轧钢机、起重机、卷扬机、纺织机械、印刷机械、化工机械等等。由于电动机的种类和规格很多,具有各种优良的特性,故能较好地满足大多数生产机械的不同需要。

本书主要介绍电动机的基本控制原理和方法。前四章是以电动机的继电-接触器控制为主线,分别介绍了常用低压电器、电动机基本控制线路、典型机床的控制线路和起重机的控制线路。第五章主要讨论电动机及电器的正确选用和电动机的保护,以便电动机能安全可靠地运行。第六章主要介绍可编程序控制器(PLC)的基本原理、构造、功能、特点和性能,并以三菱 FX2 系列 PLC 为例,介绍其主要性能、特点、指令系统和编程方法,以及在电机控制中的应用举例。第七章介绍近代电机控制系统,包括直流调速系统、异步电动机变频调速系统、矢量控制系统、绕线式异步电动机串级调速系统和同步电动机变频调速系统等,主要介绍系统的基本工作原理及其特点。

本书第一、二、三、四、七章由邱阿瑞编写;第五、六章由孙旭东编写。由于作者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

作者

1998 年 2 月

目 录

第一章 常用低压电器	1
第一节 低压电器的分类	1
第二节 刀开关和转换开关	2
一、刀开关	2
二、转换开关	5
第三节 低压断路器	6
第四节 熔断器	8
一、无填料瓷插式熔断器	9
二、无填料封闭管式熔断器	11
三、有填料螺旋式熔断器	12
四、快速熔断器	14
第五节 接触器	14
一、交流接触器	15
二、直流接触器	18
第六节 继电器	19
一、电磁式电流、电压和中间继电器	20
二、时间继电器	23
三、热继电器	28
四、速度继电器	30
第七节 其它常用低压电器	32
一、按钮	32
二、位置开关	35
三、凸轮控制器	38
四、主令控制器	40

五、频敏变阻器	42
第二章 电动机基本控制线路	45
第一节 鼠笼异步电动机直接起动控制	45
一、采用开关直接起动的线路	46
二、采用接触器直接起动的线路	46
三、采用接触器的点动控制线路	47
四、具有过载保护功能的控制线路	49
第二节 鼠笼异步电动机降压起动控制	50
一、定子绕组串电抗器(或电阻)降压起动控制线路 ..	51
二、星形-三角形(Y- Δ)降压起动控制线路	51
三、自耦变压器降压起动控制线路	54
四、延边三角形降压起动控制线路	54
第三节 绕线式异步电动机起动控制	57
一、转子绕组串电阻起动	58
二、转子绕组串接频敏变阻器起动	58
第四节 异步电动机的正反转控制	61
一、接触器互锁的正反转控制	61
二、按钮互锁正反转控制	62
三、双重互锁正反转控制	63
四、自动循环正反转控制	64
第五节 异步电动机的制动控制	66
一、机械制动控制	66
二、电气制动	67
第六节 变极多速异步电动机的控制	69
一、双速异步电动机的控制	70
二、三速异步电动机控制	71
第七节 绕线式异步电动机调速控制	74
第八节 同步电动机的起动控制	78
第九节 直流电动机控制	81

一、直流电动机的起动控制	81
二、直流电动机的正反转控制	84
三、直流电动机的制动控制	86
四、直流电动机的调速控制	89
第三章 典型机床的控制线路	94
第一节 普通车床的控制线路	94
一、主电路分析	96
二、控制电路分析	96
三、照明电路分析	96
第二节 平面磨床的控制线路	97
一、主电路分析	97
二、控制电路分析	98
三、电磁吸盘电路分析	100
四、照明与信号电路分析	101
第三节 万能铣床的控制线路	102
一、主电路分析	103
二、控制电路分析	106
三、照明电路分析	111
第四节 摇臂钻床的控制线路	111
一、主电路分析	112
二、控制电路分析	112
三、照明电路分析	116
第五节 卧式镗床的控制线路	116
一、主电路分析	116
二、控制电路分析	117
三、照明电路分析	122
第四章 起重机的控制线路	124
第一节 桥式起重机概述	124
一、桥式起重机的构造	124

二、桥式起重机的主要技术参数	126
三、桥式起重机对电力拖动和控制的要求	128
第二节 提升机构的电气控制	131
一、主令控制器控制提升机构的控制线路	131
二、凸轮控制器控制提升机构的控制线路	136
第三节 运行机构的电气控制	140
一、运行机构向前移动的控制	142
二、运行机构向后移动的控制	143
第四节 起重机的保护与其它安全装置	143
一、保护箱	144
二、其它安全装置	145
第五节 20/5t 桥式起重机控制线路	146
一、主钩的控制分析	148
二、副钩、小车和大车的控制	151
第五章 电动机安全运行与保护	155
第一节 电动机安全运行条件	156
一、正确选择电动机	156
二、电动机安装的安全要求	157
三、电动机运行的安全要求	165
四、电动机机械部件的安全运行要求	170
五、电动机维护的安全要求	171
六、电气安全技术标准	175
第二节 电动机的选用	178
一、电动机种类的选择	178
二、电动机额定电压的选择	181
三、电动机额定转速的选择	181
四、电动机外部结构型式的选择	182
五、电动机额定功率的选择	184
第三节 电器元件的选择	200

一、开关电器的选用	201
二、熔断器的选用	203
三、接触器的选用	204
四、继电器的选用	206
五、低压断路器的选用	211
六、主令电器的选用	212
第四节 异步电动机的保护	214
一、概述	214
二、电流异常情况下的保护	215
三、电压异常情况下的保护	218
四、断相保护	220
五、温度保护	222
六、漏电保护	222
第五节 电动机常见故障及处理	223
第六章 可编程控制器(PLC)	229
第一节 概述	229
一、可编程控制器(PLC)的产生	229
二、可编程控制器(PLC)的功能、特点及性能指标	230
三、PLC 的分类	235
第二节 PLC 的基本结构与基本工作原理	238
一、PLC 的基本结构	238
二、PLC 的基本工作原理	240
三、三菱 FX2 系列小型 PLC 简介	246
第三节 PLC 的编程方法	255
一、PLC 的常用编程语言	255
二、三菱 FX2 系列 PLC 的指令系统和编程方法	263
第四节 PLC 应用举例	274
一、PLC 的应用领域	274
二、PLC 应用的一般步骤	276

三、PLC 应用举例	278
第七章 近代电动机控制系统	285
第一节 直流调速系统	285
一、直流电动机不可逆晶闸管调速系统	285
二、直流电动机可逆晶闸管调速系统	288
三、直流脉宽调速系统	293
第二节 异步电动机变频调速系统	305
一、变频调速的基本控制方式	306
二、静止变频器	307
三、正弦波脉宽调制 (SPWM) 逆变器	314
四、变频调速系统	322
第三节 异步电动机矢量控制变频调速系统	330
一、异步电动机的数学模型与坐标变换	330
二、矢量控制调速系统	346
第四节 绕线式异步电动机串级调速系统	351
第五节 同步电动机变频调速系统	357
一、他控式同步电动机变频调速系统	358
二、同步电动机的矢量控制系统	359
三、自控式同步电动机变频调速系统	362
参考文献	370

第一章

常用低压电器

通常,把用于接通和断开电路以及对电路或用电设备进行控制、调节、切换、检测和保护元件、电工设备称为电器。按照我国现行标准的规定,工作在交流电压 1200V 或直流电压 1500V 及以下的电器属于低压电器。

第一节 低压电器的分类

低压电器种类繁多,用途极其广泛。按应用场合的不同可分为配电电器和控制电器。配电电器主要用于配电系统中,它对电路及设备进行保护以及通断、转换电源或负载,这类电器有刀开关、转换开关、自动开关、熔断器等。控制电器主要用于电力拖动、自动控制系统和用电设备中,它控制设备使其达到预期的工作状态,这类电器有接触器、继电器、起动器、主令电器和控制器等。按普通与特殊用途可分为一般用途低压电器、牵引低压电器、矿用低压电器和船用低压电器等。按开关功能可分为开关电器和非开关电器,开关电器用于接通或分断电路,非开关电器用于调节与限制电流、将电转换为热、光、磁能等,如电阻器、变阻器和电磁铁等。按有无触点可分为有触点电器和无触点电器。按动作方式可分为自动切换电器和非自动

切换电器,自动切换电器是指依靠本身参数变化或外来信号自动完成接通、分断、起动和停止等动作,非自动切换电器主要是用手直接操作来进行切换。

下面对电机控制常用的一些低压电器进行讨论。

第二节 刀开关和转换开关

刀开关和转换开关都是手动操作的低压电器,一般用于接通和分断低压配电电源和用电设备,也常用来直接起动小容量的异步电动机。

一、刀开关

刀开关由操作手柄、触刀、静插座和绝缘底板组成,依靠手动进行触刀插入插座与脱离插座的控制。为保证刀开关合闸时触刀与插座有良好的接触,触刀与插座之间应有一定的接触应力。

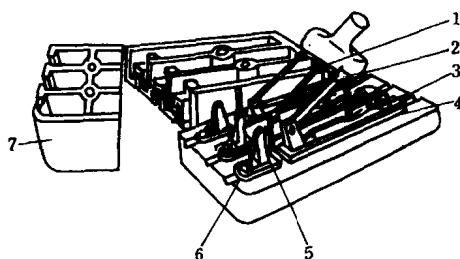
刀开关的种类很多。按刀的极数可分为单极、双极和三极;按刀的转换方向可分为单掷和双掷;按操作方式可分为直接手柄操作式和远距离连杆操纵式;按灭弧情况可分为有灭弧罩和无灭弧罩等等。常用的刀开关有开启式负荷开关和封闭式负荷开关。

1. 开启式负荷开关

开启式负荷开关由瓷底板、静触头、触刀、瓷柄、熔丝和胶盖等构成,故又称瓷底胶盖刀开关。图 1-1 为 HK 系列负荷开关结构图。

这种开关结构简单,价格低廉,常用作照明电路的电源开关,也可用来控制 5.5kW 以下异步电动机的起动和停止。但这种开关没有专门的灭弧装置,不宜于频繁地分、合电路。

这种开关使用时要垂直地安装在开关板上,并使进线孔放在上方。接线时电源进线和出线不能接反,以避免更换熔丝时发生触电



1-瓷柄 2-触刀 3-出线座 4-瓷底座
5-静触头 6-进线座 7-胶盖

图 1-1 HK 系列负荷开关结构图

事故。在拉闸和合闸时动作要迅速,以利于灭弧,减少触刀与静触头的电弧烧损。

常用的 HK 系列负荷开关的主要技术数据见表 1-1。

表 1-1 HK 系列负荷开关主要技术数据

型号	额定电流 (A)	极数	额定电压 (V)	可控制电动机最大容量 (kW)	配用熔丝线径 (mm)
HK1	15	2	220	1.5	1.45~1.59
	30	2	220	3.0	2.30~2.52
	60	2	220	4.5	3.36~4.00
	15	3	380	2.2	1.45~1.59
	30	3	380	4.0	2.30~2.52
	60	3	380	5.5	3.36~4.00
HK2	10	2	250	1.1	0.25
	15	2	250	1.5	0.41
	30	2	250	3.0	0.56
	10	3	380	2.2	0.45
	15	3	380	4.0	0.71
	30	3	380	5.5	1.12