



新世纪高等职业教育机电类课程教材

# 电气控制与可编程控制器 应用技术 (第二版)



主 编 李乃夫



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

## 图书在版编目(CIP)数据

电气控制与可编程控制器应用技术 / 李乃夫主编. — 2版, — 北京: 高等教育出版社, 2007.6

ISBN 978-7-04-021417-8

I. 电… II. 李… III. ①电气控制—高等学校: 技术学校—教材②可编程序控制器—高等学校: 技术学校—教材  
IV. TM921.5 TP332.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第081332号

策划编辑 孙鸣雷 责任编辑 李宇峰 封面设计 吴昊 责任印制 蔡敏燕

---

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社址	北京市西城区德外大街4号		021-56964871
邮政编码	100011	免费咨询	800-810-0598
总机	010-58581000	网址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
传真	021-56965341		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
			<a href="http://www.hepsh.com">http://www.hepsh.com</a>
经销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	<a href="http://www.landaco.com">http://www.landaco.com</a>
排版	南京理工出版信息技术有限公司		<a href="http://www.landaco.com.cn">http://www.landaco.com.cn</a>
印刷	常熟市华通印刷有限公司	畅想教育	<a href="http://www.widedu.com">http://www.widedu.com</a>
开本	787×1092 1/16	版次	2003年7月第1版
印张	21.5		2007年6月第2版
字数	522 000	印次	2007年6月第1次
		定价	28.00元

---

凡购买高等教育出版社图书, 如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 21417-00

# 出版说明

高等教育出版社组织编写的“新世纪高职高专教改项目成果教材”自出版以来,以其适应高等职业教育人才培养模式的基本特征,以应用为主旨、以就业为导向的教学内容体系等特点,受到了广大高等职业院校师生的一致好评。

为了进一步贯彻落实《中华人民共和国职业教育法》和《中华人民共和国劳动法》,适应全面建设小康社会对高素质劳动者和技能型人才的迫切要求,促进社会主义和谐社会建设,2005年10月28日,国务院发布了《国务院关于大力发展职业教育的决定》(以下简称《决定》),明确了今后一个时期职业教育改革与发展的指导思想、目标任务和政策措施。11月7日至8日,国务院召开了全国职业教育工作会议,深入学习贯彻党的十六届五中全会精神,全面落实科学发展观,动员和部署实施《决定》。会议强调,要把发展职业教育作为经济社会发展的重要基础和教育工作的战略重点;以服务社会主义现代化建设为宗旨,培养数以亿计的高素质劳动者和数以千万计的高技能专门人才;坚持以就业为导向,深化职业教育教学改革;依靠行业企业发展职业教育,推动职业院校与企业的密切结合;严格实行就业准入制度,完善职业资格证书制度。

为了贯彻落实《决定》和全国职业教育工作会议精神,也为了适应我国近几年高等职业教育快速发展的需要,促进教学内容、教学体系的更新,我社在2005年底启动了对“新世纪高职高专教改项目成果教材”的修订再版工作。新版系列教材坚持以“就业”为导向的原则,选取实际工作中存在的设备工具、操作方式,讲解在实际岗位工作时实际需要的知识和能力,适应高等职业教育培养学生的“就业能力”的需要;与国家技能鉴定等就业准入制度结合,注重从实际工作场合选取有代表性的实例,突出学生实际操作能力的培养。

新版系列教材出版后,我们还将不定期地举行相关课程的研讨与培训活动,并邀请一些相关行业的优秀企业共同探讨人才培养目标、人才培养模式以及专业设置、课程改革,为各院校提供一个加强校企合作、交流的互动平台。

“新世纪高等职业教育机电类课程教材”适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校机电类专业使用。

高等教育出版社

2006年6月

## 第二版前言

本书是新世纪高等职业教育机电类课程教材,是在2003年出版的第一版基础上,根据高等职业教育的现状和各使用院校的反馈意见修订而成的。本书修订的基本指导思想是:

1. 按照当前职业教育教学改革和教材建设的总体目标,努力体现出“以全面素质为基础、以能力为本位、以就业为导向”的职业教育教材特色。

2. 参照“维修电工国家职业标准”的中级工标准要求,同时兼顾高级工标准要求。因此教材中的有关内容也与“维修电工”中、高级工考证的内容相符合。

3. 在教材内容的选取上,要适应行业技术的发展,努力体现教学内容的先进性和前瞻性,突出专业领域的“四新”(新知识、新技术、新工艺、新的设备或元器件)。同时,考虑到大多数地区和院校教学器材配置的实际情况,改用三菱的FX2N系列PLC作为教学机型。

4. 在教材内容的组合上,试图打破学科体系系统化,体现“工作过程系统性”。以利于实施项目教学、案例分析和任务驱动等具有职业教育特点的教学方法,且利于组织本课程的一体化教学。因此,与第一版教材相比较,增加了“常用电动机控制电路”一章;调整或删减了第一版教材中一些较侧重于理论完整与系统性的内容;对一些应用实例和实训教学内容也重新进行了精选。

本书的总教学时数仍建议为70~90学时,推荐的两个教学方案见下表。

章 号	内 容	学时分配建议方案	
		方案一	方案二
	绪 论	2	2
一	常用电动机控制电路	10	12
二	常用机械设备的电气控制	12	16
三	交流桥式起重机的电气控制	4	6
四	可编程控制器的基础知识	4	4
五	FX2N系列PLC的硬件系统配置	4	4
六	FX2N系列PLC的指令系统	12	14
七	PLC控制系统的设计、装配与维护	2	4
八	其他系列的PLC简介	2	6
九	实验与实训	16	20
	机 动	2	2
	总 学 时	70	90

注:“第十章:课程设计”可结合实习安排约一周的时间,未包括在总学时内。

## 第二版前言

本书仍由李乃夫主编；由周伟贤编写第五章、第六章，其余部分由李乃夫编写。并仍由安徽职业技术学院程周副教授担任本书的主审。在本书修订过程中，得到了湖南铁道职业技术学院赵承荻教授的指导和帮助，以及广州市理工学校张同苏高级工程师和杨丽华、饶东老师的支持，在此特表示衷心感谢！

限于编者的学识水平，对本书存在的错漏或不妥之处恳请使用者及同行给予指正！

本书编写组  
2007年3月

本书的编写过程历时近10年，期间经历了多次修订。在编写过程中，得到了许多同行专家的指导和帮助，特别是安徽职业技术学院程周副教授、湖南铁道职业技术学院赵承荻教授、广州市理工学校张同苏高级工程师、杨丽华、饶东老师等的大力支持，在此特表示衷心感谢！

章 号	章 名	学时	
		第 一 次	第 二 次
1	绪论	10	3
2	PLC的发展概况及组成	12	18
3	PLC的指令系统	4	6
4	PLC的编程方法	4	4
5	FX2N系列PLC的硬件系统	4	4
6	FX2N系列PLC的指令系统	12	14
7	PLC控制系统的软件设计	3	4
8	其他系列PLC简介	2	6
9	实训及案例	18	30
	合 计	90	90

注：第一次学时是指理论学时，第二次学时是指实训学时。

# 第一版前言

本书是根据1999年教育部颁发的《高职高专教育基础课程教学基本要求》和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》，并参照相关行业的职业技能鉴定规范和高、中级技术工人等级考核标准而编写的，可作为全国高职高专学校及其他相关学校的机电技术应用、数控技术应用、电气运行与控制等专业的教材。

本教材编写的指导思想是：按照当前职业教育改革的总体目标和进入新世纪国家经济建设和社会发展对高职人才的培养规格要求，体现以全面实施素质教育的教学指导思想，突出对学生综合素质、创新精神和实践能力的培养。在教材内容的选取上，按照专业技术的发展趋势和应用普及的状况，以及本专业教学的需要，力求能体现出“四新”（新知识、新技术、新工艺、新的设备或元器件），例如对PLC通信和网络功能的介绍、一些新型号产品的介绍、对PLC发展方向的介绍等。在内容的编排和叙述方式上，力求体现以能力为本位、以岗位技能为基础、以劳动过程为特色的职业技术教育教材的特色，注重对本专业对应岗位“关键能力”的培养，例如对电气控制电路原理图的读图能力，PLC简单程序的编制、修改和调试的能力，编程工具的使用能力，基本控制系统的设计能力等。同时，作为高职高专机电类专业的系列教材之一，还注意了与本系列其他教材内容的衔接关系。

本书的总教学时数建议为70~90学时，推荐的两个教学方案见下表。

章 号	内 容	学时分配建议方案	
		方案一	方案二
	绪 论	1	1
一	常用机械设备的电气控制	12	16
二	交流桥式起重机的电气控制	4	6
三	生产机械电气控制系统的设计	2	3
四	可编程控制器的基础知识	3	4
五	FP1系列PLC的硬件系统配置	2	2
六	FP1的指令系统	12	14
七	FP1的特殊功能及功能模块	4	5
八	FP1的手编程器与编程软件的使用	4	4
九	PLC应用实例	2	4
十	PLC控制系统的设计、装配与维护	2	3
十一	其他系列的PLC简介	2	4
十二	实验与实训	12	14
	机 动	8	10
	总 学 时	70	90

注：“第十三章：课程设计”可结合实习安排约一周的时间，未包括在总学时内。

第一版前言

本书由广州市轻工业学校李乃夫主编，湖南铁道职业技术学院华满香、广州市轻工业学校钟玉珍、陆远蓉参编，具体编写分工是：华满香编写第二、第四章及第十一章第二节，陆远蓉编写第八章，钟玉珍编写第九章，其余部分由李乃夫编写；第三篇由四位参编分工编写相应的内容。由安徽职业技术学院程周老师担任本书的主审，湖南铁道职业技术学院赵承荻教授对本书的编写工作给予了指导，在此特表示衷心感谢！

限于编者的学识水平，本书的错漏之处在所难免，因此恳请使用者及同行给予指正！

编者

2003年5月

本书的总学时数建议为10~20学时，推荐将两个教学方案列下表。

本书的总学时数建议为10~20学时，推荐将两个教学方案列下表。

章 号	内 容	学 时 分 配	
		一 案	二 案
1	绪论	1	1
2	常用低压电器的电气控制	18	18
3	交直流电动机控制电气控制	4	4
4	异步电动机控制线路设计	3	3
5	电动机控制线路的编制	3	3
6	PLC的组成及工作原理	13	13
7	PLC的指令系统及应用	4	4
8	PLC的编程及应用	4	4
9	PLC的扩展及系统应用	4	4
10	PLC的应用案例	3	3
11	PLC的故障诊断、安装与调试	3	3
12	其他系列的PLC简介	3	3
13	其他系列的PLC简介	13	13
14	其他系列的PLC简介	14	14
15	其他系列的PLC简介	8	8
16	其他系列的PLC简介	10	10
17	其他系列的PLC简介	20	20

注：第十三章：课程设计与综合应用以安排第一版课程，未列加有或非列出。

# 目 录

绪 论	1
<b>第一篇 继电器-接触器控制系统</b>	
第一章 常用电动机控制电路	7
第一节 概述	7
第二节 三相异步电动机直接起动控制电路	8
第三节 三相异步电动机降压起动控制电路	21
第四节 三相异步电动机调速控制电路	29
第五节 三相异步电动机制动控制电路	32
本章小结	35
思考题与习题	36
第二章 常用机械设备的电气控制	38
第一节 概述	38
第二节 CA6140 型普通车床的电气控制电路	42
第三节 Z535 型立式钻床的电气控制电路	46
第四节 X62W 型万能铣床的电气控制电路	49
第五节 MGB1420 型万能磨床的电气控制电路	54
第六节 T68 型卧式镗床的电气控制电路	59
第七节 专用机床和组合机床的电气控制电路	66
第八节 常用机械设备电气控制电路的安装、调试与检修	72
第九节 生产机械设备电气控制系统的设计	86
本章小结	97
思考题与习题	99
第三章 交流桥式起重机的电气控制	103
第一节 桥式起重机概述	103
第二节 5 t 桥式起重机控制电路	105
第三节 15/3 t 桥式起重机控制电路	111
本章小结	119
思考题与习题	119
<b>第二篇 可编程控制器控制系统</b>	
第四章 可编程控制器的基础知识	123



实验实训一	三相异步电动机正反转控制电路	257
实验实训二	三相异步电动机星形—三角形降压起动控制电路的安装、调试与检修	259
实验实训三	普通车床控制电路的安装、调试与故障检修	262
实验实训四	凸轮控制器控制绕线转子异步电动机电路	267
实验实训五	常用生产机械设备现场参观	270
实验实训六	PLC 的接线与手持编程器的使用	275
实验实训七	PLC 基本指令编程实训	283
实验实训八	PLC 功能指令编程实训	290
实验实训九	PLC 编程软件的使用	295
实验实训十	PLC 应用实训	305
第十章	课程设计	308
第一节	课程设计的基本要求和方法	308
第二节	课程设计选题	309
附录一	FX2N 功能指令简表	317
附录二	FX2N 特殊辅助继电器和数据寄存器表	321
参考文献		331

# 绪 论

## 一、电气控制设备与控制技术的发展

电气控制设备与控制技术是以科学技术的飞速发展为前提,以工业生产产品和生产工

艺的不断更新为动力,从而得到不断发展的。在 20 世纪 40 年代以前,工业生产基本上还是处于手工操作的时代,主要依靠操作者的

手工艺和经验去控制生产的过程,因此生产产量低、产品质量不高、劳动强度大且劳动生产率较低,经济效益也不佳。随着工业生产规模的日益扩大,在生产过程中必须处理的问题变得十分复杂。由于人类自身生理条件的

原因,使人们对生产过程中动作的辨别、动作的速度、精度、动作的一致性,以及对复杂问题的反应和处理能力等方面都受到限制。虽然借助于常规的控制仪表和逻辑硬接线的控制装置(如继电器-接触器控制系统)能够实现在一定程度、一定范围内的自动化,但是对于生产过程中的随机干扰实行随机控制,以及多变量、高精度的控制等仍然难以实现。现代工业的发展迫切要实现生产过程和生产设备的自动控制。所谓“自动控制”,就是指在没有人直接参与的情况下,通过控制系统使被控对象或生产自动地按照预先设置的规律进行工作。

自动控制使用的技术手段包括电气控制、机械传动、液压传动和气动传动等方法,其中电气自动控制是应用最为普遍的方法。任何的生产过程和生产设备都需要能源,自从人类在 19 世纪初开始掌握电能的产生与应用技术以来,电能就已成为工业生产最主要的能源,将电能转换成机械能的电动机成为工业生产最主要的动力设备。生产过程的运行、生产机械的起动、停止以及运行状态的调节等,都可以通过对电动机等动力设备的控制来实现,从而组成电力拖动自动控制系统,如图 0-1 所示,它主要包括以下三个环节:

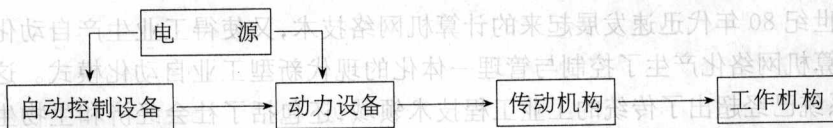


图 0-1 电力拖动自动控制系统的组成

- ① 动力设备——主要是各种电动机,是将电能转换成机械能以驱动生产机械的原动力;
- ② 自动控制设备——通过对动力设备进行自动控制,以实现生产过程或生产机械运行的自动化;
- ③ 传动机构——动力设备与工作机构之间的传动装置。

电力拖动自动控制系统如果按照输入输出信号的状态特征,可分为开关量(数字量)和连续量(模拟量)两类,其控制系统分别为断续控制系统和连续控制系统。本书主要介绍开

关量的断续控制系统。

在 20 世纪 70 年代以前,实现对开关量自动控制的基本上是继电器-接触器控制系统。这种控制系统主要由继电器、接触器和各种开关组成,由于它具有简单、经济的特点,因而至今仍许多控制动作较简单、控制规模较小的设备上使用(见本书第一篇)。继电器-接触器控制系统的主要缺点是:

① 因为是由较多的电器触点及其连接线组成,所以工作可靠性较差;

② 电器触点存在机械磨损,故工作寿命短;

③ 其硬接线使控制功能和动作顺序被固化,一旦控制要求有所改变就需要重新设计、布线和装配,不能适应产品和生产工艺不断更新带来控制功能经常变化的要求。

在 20 世纪 50 年代开始,曾经使用过晶体管逻辑控制系统取代继电器-接触器控制,解决了有触点开关的问题,但由于这种控制装置仍然是硬接线,仍然解决不了通用性和灵活性的问题。

自从 1946 年世界上第一台电子计算机问世,就预示着将为实现工业生产的高度自动化提供了强有力的手段。但是在 20 世纪 50~60 年代,用于工业自动控制的计算机还处于试验阶段,这一阶段的工业控制计算机主要用于开环数据记录、数据处理和过程监督,主要的原因是当时的计算机速度慢、价格贵、可靠性差,远不能满足工业控制的要求。

在 20 世纪 60 年代后期,随着电子工业的发展,出现了使用中小规模集成电路的第三代电子计算机,以其体积小、速度快、可靠性高,价格也较便宜的特点使计算机迅速进入工业生产自动控制的领域。在这一时期出现的可编程控制器(PLC)集成了传统的继电器-接触器控制系统简单易懂、操作方便和计算机控制系统功能强、通用性和灵活性好各自的优点,主要用于开关量控制的自动控制装置。

从 20 世纪 70 年代以后,随着微电子技术的发展,大规模集成电路的制造成功,造价低廉的微处理器的大量出现,促使工业微机的应用迅速普及。因而产生了集中-分散型控制系统(DCS)。DCS 控制系统不仅提高了控制系统的工作可靠性,而且可以灵活方便地实现各种新的控制规律(如多变量、多参数控制、最优控制、自适应控制等),便于系统分批调试与投入运行。DCS 的出现和应用,为实现高水平的自动化提供了强有力的技术基础,为工业过程自动化向高层次发展带来了深远的影响。在控制设备方面,包括微机控制的智能型单元组合仪表和 PLC 的诞生,都标志着工业自动化真正进入了计算机时代。

自 20 世纪 80 年代迅速发展起来的计算机网络技术,又使得工业生产自动化发生了巨大变革,计算机网络化产生了控制与管理一体化的现代新型工业自动化模式。这种新型的自动控制系统已经超出了传统的工业工程技术领域,还包括了社会经济和生物生态等各个领域,从局部控制进入了全局控制,既有若干个子系统的闭环控制,又有整个大系统的协调全面控制,可以实现在线优化、生产过程的实时调度、产品计划、统计、信息管理和决策管理。工业自动化系统能够在大量获取并处理生产过程和市场信息的基础上,科学地安排和调度生产,以充分发挥设备的生产潜力,达到优质、高产、低耗的最佳目标。

## 二、可编程控制器的产生和发展

如上所述,在 20 世纪 60 年代,随着生产技术的发展、生产规模的扩大和市场竞争的日

趋激烈,继电器-接触器控制系统其使用的单一性和控制功能简单(局限于逻辑控制和定时、计数等简单控制)的缺点逐渐暴露出来。因此需要有一种能够适应产品更新快、生产工艺和流程经常变化的控制要求的工业控制装置,以取代继电器-接触器控制系统。在1968年,美国通用汽车(GM)公司首先公开招标,提出了研制新型工业控制器的十项功能指标。根据这十项指标的要求,在一年后,由美国数据设备公司(DEC)研制出世界上第一台可编程控制器,并且成功地应用在GM公司的生产线上。此后,日本的日立公司通过从美国引进技术,于1971年试制出日本的第一台可编程控制器。1973年,德国的西门子公司独立研制出欧洲的第一台可编程控制器。在这一时期的可编程控制器虽然也采用了计算机的设计思想,但仅有逻辑控制、定时、计数等控制功能,只能进行顺序控制,故称之为“可编程逻辑控制器”(Programmable Logic Controller),简称PLC。到了20世纪70年代后期,随着微电子技术和计算机技术的发展,使PLC在处理速度和控制功能上都有了很大提高,不仅可以进行开关量的逻辑控制,还可以对模拟量进行控制,且具有数据处理、PID控制和数据通信功能,发展成为一种新型的工业自动控制标准装置,因此于1980年由美国电气制造协会(NEMA)命名为“可编程控制器”(Programmable Controller),简称PC。但由于PC容易和个人计算机(Personal Computer)相混淆,所以在我国仍习惯以PLC作为可编程控制器的简称,在本书中也统一使用PLC这一简称。

1987年,国际电工委员会(IEC)对PLC作出了如下定义:“可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统,专为在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命令,并通过数字式和模拟式的输入和输出,控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器及其有关的设备,都应按易于与工业控制系统联成一个整体,易于扩充功能的原则而设计。”用PLC取代继电器-接触器系统实现工业自动控制,不仅由于用软件编程取代了硬接线,在改变控制要求时只需要改变程序而无需重新配线,而且由于用PLC内部的“软继电器”取代了许多电器,从而大大减少了电器的数量、简化了电气控制系统的接线、减小了电气控制柜的安装尺寸,充分体现设计、施工周期短,通用性强,可靠性高,成本低的优点。特别是PLC采用的梯形图编程语言是以继电器梯形图为基础的形象编程语言,一般电气技术人员和技术工人经过简单地培训就可以掌握,所以又有人把PLC称为“蓝领计算机”。甚至有人这样描绘现代化化工厂里工人的形象:“左腰别着螺丝刀,右腰别着编程器”。

自20世纪80年代以来,PLC在处理速度、控制功能、通信能力以及控制领域等方面都不断有新的突破,正朝着电气控制、仪表控制、计算机控制一体化和网络化的方向发展。PLC技术、CAD/CAM/CAE(计算机辅助设计/计算机辅助制造/计算机辅助工程)技术和工业机器人已成为现代工业自动化的三大支柱。因为当今的可编程控制系统已经是集计算机技术、通信技术和自动控制技术为一体的新型的工业控制装置,所以已被称为“可编程计算机控制器”(Programmable Computer Controller,简称PCC)。可编程控制器的发展过程表明,它在事实上已改变了当初仅仅取代继电器-接触器控制系统的初衷,而发展成为在工业自动控制领域中推广速度最快、应用最广的一种标准控制设备。本书的第二篇为可编程控制器的内容。

### 三、本课程的性质、内容和学习方法建议

本课程是高等职业教育“机电技术应用”专业(或其他相近专业)的一门专业主干课程,主要介绍工业控制系统中的继电器-接触器控制系统和 PLC 控制系统。对本课程的学习方法提出几点建议,供参考:

1. 处理好继电器-接触器控制系统与 PLC 控制系统之间的衔接关系,应在掌握继电器-接触器控制系统常规应用的基础上,进而掌握 PLC 控制系统的应用。  
2. 处理好教学内容的先进性与普及性的关系,既要让学生对新知识、新技术、新的产品和元器件有所了解,又要保证对本专业对应岗位必要的基本知识和基本技能的掌握,保证对岗位关键能力的培养,使学生有较扎实的专业理论基础知识和实际工作能力。因此,对教材中的一些内容(如第二章第八节“常用机械设备电气控制电路的安装、调试与检修”、第九节“生产机械设备电气控制系统的设计”,第七章“PLC 控制系统的设计、装配与维护”,第八章“其他系列 PLC 的简介”等内容),可选讲或作为阅读材料,也可以改用本地区、本行业的一些典型应用实例来组织教学。

3. 处理好不同类型、不同系列的 PLC 之间的关系。第一版教材以松下电工的 FP1 系列作为教学机型,考虑到大多数地区和院校教学器材配置的实际情况,第二版改用三菱的 FX2N 系列作为教学机型。并在第八章中对松下电工的 FP1、FP0 系列、OMRON 公司的 CPM1A 系列、西门子公司的 S7-200 系列也作了简单介绍,在学习时可根据实际情况选用或作为补充内容。目前 PLC 的各系列产品不断推陈出新,如果条件许可,也应注意了解一些新的 PLC 系列产品。不同型号的 PLC 产品,其基本结构和工作原理是相同的,指令系统也有许多相同的地方(特别是同一国家的 PLC 产品),在学习时应注意掌握其相同和不同之处。基本的学习要领是在掌握基本原理和应用规律的基础上,做到举一反三,触类旁通。

4. 对于实践教学的内容(参观、实验、实训和课程设计),可结合相关的理论教学内容进行。如有条件,有些内容(如生产机械的电气控制系统)可以在生产现场组织教学;有些内容(如 PLC 编程工具和编程软件的使用)可以在实训室或专业教室进行教学,讲练结合,可收到更好的学习效果。

# 第一篇 继电器-接触 器控制系统



# 第一章 常用电动机控制电路

## 第一节 概 述

电能作为能源利用的一个主要方面是用作动力,各种电动机就是将电能转换成动力(机械能)的装置。在电能已成为人类在生产和生活中利用的最主要能源的今天,电动机也已成为主要的动力设备,据统计,电动机所消耗的电能已占全社会电能消耗总量的60%~70%。

为了使电动机能够按照设备的要求运转,需要对电动机进行控制。传统的电动机控制系统主要由各种低压电器组成,称为继电器-接触器控制系统。图1-1所示为一个最简单的三相电动机控制电路,用一个闸刀开关控制电动机的起动和停机,用三相熔断器对电动机进行短路保护,这个简单的电路就具有对电动机进行控制和保护的基本功能,但只能进行手动控制。自动控制电路由各种开关、继电器、接触器等电器组成,它能够根据操作人员所发出的控制指令信号,实现对电动机的自动控制、保护和监测等功能。

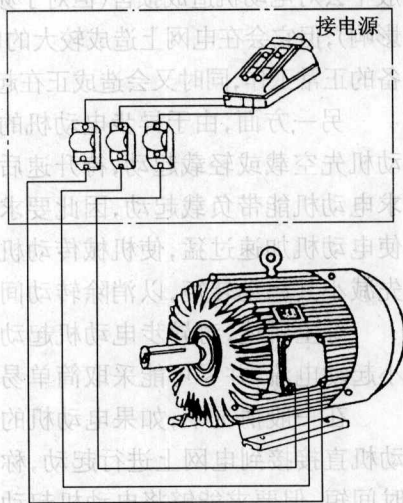


图 1-1 最简单的电动机控制电路

电动机的继电器-接触器控制电路由各种低压电器所组成。所谓“电器”,是指可以根据控制指令,自动或手动接通和断开电路,实现对用电设备或非电对象的切换、控制、保护、检测和调节的电气设备,如各种开关、继电器、接触器、熔断器等。而“低压电器”是指工作电压在交流1200V或直流1500V以下的电器。

根据其动作原理的不同,电器可分为手控电器和自动电器;而根据其功能的不同,又可以分为控制电器和保护电器。我国低压电器型号是按照产品的种类编制的,具体可查阅有关资料,本章将在介绍电动机控制电路时结合介绍电路所用到的电器的型号、功能和使用方法;电器的选用方法将在第二章第九节结合设计实例简单介绍。

本章主要介绍三相交流异步电动机的继电器-接触器控制电路,并在具体介绍到各种电动机常用控制电路时结合介绍所用到的低压电器的型号、功能和使用方法。



## 第二节 三相异步电动机直接起动控制电路

### 一、三相异步电动机的起动

所谓“起动”，是指电动机通电后转速从零开始逐渐加速到正常运转的过程。

异步电动机在开始起动的瞬间，定子绕组已接通电源，而转子因惯性仍未转动起来，此刻  $n=0$ ， $s=1$ ，转子绕组感应出很大的电流，定子绕组的起动电流也可达到额定电流的5~7倍。虽然起动时转子电流很大，但因为转子功率因数却最低，所以起动转矩并不大，最大也只有额定转矩的两倍左右。因此，异步电动机起动的主要问题是：起动电流大而起动转矩并不大。

在正常情况下，异步电动机的起动时间很短（一般为几秒到十几秒），短时间的起动大电流一般不会给电动机造成损害（但对于频繁起动的电动机则需要注意起动电流对电动机工作寿命的影响），但它会在电网上造成较大的电压降从而使供电电压下降，影响在同一电网上其他用电设备的正常工作，同时又会造成正在起动的电动机起动转矩减小、起动时间延长甚至无法起动。

另一方面，由于异步电动机的起动转矩不大，因此有的用异步电动机拖动的机械可让电动机先空载或轻载起动，待升速后再用机械离合器加上负载。但有的设备（如起重机械）要求电动机能带负载起动，因此要求电动机有较大的起动转矩。但过大的起动转矩又可能会使电动机加速过猛，使机械传动机构受到冲击而容易损坏，所以有时又要求电动机在起动时先减小其起动转矩，以消除转动间隙，然后再过渡到所需的起动转矩有载起动。

综上所述，对异步电动机起动的基本要求是：在保证有足够的起动转矩的前提下尽量减小起动电流，并尽可能采取简单易行的起动方法。

在一般情况下，如果电动机的容量不超过供电变压器容量的20%~30%，则可以把电动机直接接到电网上进行起动，称为“直接起动”。直接起动方法简单易行、工作可靠且起动时间短，但要求能够将电动机起动所造成的电网电压降控制在许可范围以内（一般不超过线路额定电压的5%）。一般20kW以下的电动机允许直接起动。

如果电动机的容量相对供电变压器的容量较大，就不能采取直接起动，而需要采用降压起动。所谓“降压起动”，就是在起动时采用各种方法先降低电动机定子绕组的电压，以减小起动电流，待电动机升速后再加上额定电压运行。降压起动的主要问题是造成起动转矩的减小，所以应考虑保证有足够的起动转矩。在下一节将介绍降压起动控制电路。

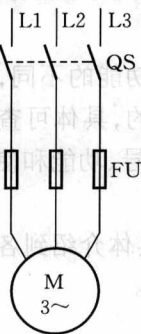


图 1-2 用刀开关控制三相异步电动机直接起动电路原理图

### 二、用刀开关控制电动机单向起动的电路

图 1-1 所示为用刀开关控制三相异步电动机直接起动的电路，但它只是一个实物示意图，图 1-2 所示为图 1-1 电路的电气原理图。