



普通高等教育机械类应用型人才及卓越工程师培养规划教材

机床电气与可编程 控制技术

◎李西兵 郭 强 主 编



➤ 全面分析各类典型
机床电气控制系统的线
路与设计

➤ 详细介绍交流/直流
拖动系统及调速系统的
工作原理

➤ 可编程控制器基本原理及
其在机床中的应用设计举例



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育机械类应用型人才及卓越工程师培养规划教材

机床电气与可编程控制技术

李西兵 郭 强 主 编

陈光军 刘丽丽 祝爱萍 薛 迪 副主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书从传统机床电气控制线路入手,对常用的控制电器、基本控制环节、控制方式以及典型的机械电力拖动控制线路做了较全面的分析,对直流电动机和交流电动机的工作原理及调速系统做了详细的介绍,并在此基础上介绍可编程控制器的硬件结构、系统配置、指令系统和编程方法,使读者对机床电气与可编程控制器有比较全面的认识,以提高在工业生产中对控制系统的分析和设计能力。

本书语言简练,通俗易懂,体现了机电结合、理论联系实际的原则。理论问题与实际应用相结合,加深学生对问题的理解。全书实用性强,内容全面,深入浅出,重点突出,章后附有习题。

本书是机械设计及其自动化专业、机械电子工程专业、电气工程及其自动化专业的本科生教材,也可作为其他机械类、电气类以及相近专业本科生的参考书和教学用书,还适合从事电气控制的工程技术人员参考使用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

机床电气与可编程控制技术 / 李西兵, 郭强主编. —北京: 电子工业出版社, 2014.6

普通高等教育机械类应用型人才及卓越工程师培养规划教材

ISBN 978-7-121-23097-4

I. ①机… II. ①李… ②郭… III. ①机床—电气控制—高等学校—教材 ②可编程序控制器—高等学校—教材 IV. ①TG502.35 ②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 084881 号

策划编辑: 郭穗娟

责任编辑: 毕军志

印 刷: 北京市李史山胶印厂

装 订: 北京市李史山胶印厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 16.25 字数: 416 千字

印 次: 2014 年 6 月第 1 次印刷

定 价: 45.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

《普通高等教育机械类应用型人才及卓越工程师培养规划教材》

专 家 编 审 委 员 会

主 任 委 员 黄传真

副主任委员 许崇海 张德勤 魏绍亮 朱林森

委 员 (排名不分先后)

李养良	高 荣	刘良文	郭宏亮	刘 军
史岩彬	张玉伟	王 毅	杨玉璋	赵润平
张建国	张 静	张永清	包春江	于文强
李西兵	刘元朋	褚 忠	庄宿涛	惠鸿忠
康宝来	宫建红	李西兵	宁淑荣	许树勤
马言召	沈洪雷	陈 原	安虎平	赵建琴
高 进	王国星	张铁军	马明亮	张丽丽
楚晓华	魏列江	关耀奇	沈 浩	鲁 杰
胡启国	陈树海	王宗彦	刘占军	

前 言

随着机床电气控制技术的迅速发展,尤其是可编程控制器、直流和交流调速等技术的发展与应用日臻完善,特别是当今科学技术的发展及应用“机电液”一体化的需要,掌握电气控制技术基础知识显得十分必要,为适应各专业拓宽专业面和对电气控制技术内容的需求,特编写本教材。

机床电气与可编程控制器是为机械设计制造及其自动化、机械电子工程等专业开设的一门重要的专业技术课。本书较系统地介绍了机床设备中的电气控制系统和可编程控制器及其应用。主要特色内容有典型机床的继电器-接触器基本环节控制电路、机床控制电路、直流调速系统、交流调速系统、可编程控制器的基本原理及应用设计举例等。在生产实际中,经常遇到为一些自制生产设备进行电气控制线路的设计,在学习了本书的有关知识、掌握了控制电路的典型环节以及一些典型生产机械 PLC 控制以后,通过一定的实际锻炼,可以达到提高学生实践能力的效果。

本书是普通高等教育机械类应用型人才及卓越工程师培养规划教材,可供普通高等工科院校,高等职业技术教育院校,函授大学机械设计与制造、机械制造工艺与设备、机械电子工程(机电一体化)以及其他有关专业师生使用,也可供有关技术人员参考使用,建议 48 学时内完成本书讲授任务;在编写过程中,既注意反映我国控制技术的现状,也注意了新技术发展的需要;在内容上,尤其注意了基础理论和实践相结合,以适应机械机电类各专业及其他非电类专业学习的需要。

本书由齐齐哈尔大学李西兵和郭强主编,佳木斯大学陈光军、齐齐哈尔大学刘丽丽、宁夏大学祝爱萍和佳木斯大学薛迪为副主编。其中,李西兵编写前言与第 1、3、6、9 章,共 120 千字;郭强编写第 10 章与附录 A,共 82 千字;陈光军编写第 2 章,共 55 千字;刘丽丽编写第 7、8 章,共 55 千字;祝爱萍编写第 4 章,共 52 千字;薛迪编写第 5 章,共 52 千字。

本书中的部分内容参照了有关文献,恕不能一一列举,谨此对所有参考文献的作者表示感谢。

尽管编者为本书付出了十分的心血和努力,但仍难免存在疏漏和欠妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2014 年 1 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 电力拖动在现代机床中的地位	1
1.2 机床电气自动控制系统的发展简史	2
1.3 本课程要求掌握的主要内容	3
第 2 章 普通机床电气控制线路的分析	4
2.1 机床电气控制线路的基本环节	4
2.1.1 电气控制线路的表示符号及阅读方法	4
2.1.2 其他电路图简介	4
2.1.3 机床电气控制线路的基本环节	5
2.1.4 电动机的保护	18
2.2 卧式车床电气控制线路	20
2.2.1 CW6163 型万能卧式车床电气控制线路	21
2.2.2 C616 型卧式车床电气控制线路	22
2.2.3 C650 型卧式车床电气控制线路	23
2.2.4 Z3040 型摇臂钻床电气控制线路	26
2.2.5 X62W 型万能铣床电气控制线路	28
2.2.6 T68 型卧式镗床电气控制线路	32
习题	36
第 3 章 机床电气控制线路的设计	38
3.1 机床电气控制系统设计的基本内容	38
3.2 电力拖动的方式和控制方案	39
3.2.1 电力拖动方式确定的原则	39
3.2.2 电气控制方案的选择	40
3.3 电动机的选择	40
3.3.1 电动机功率的确定	40
3.3.2 电动机转速和结构形式的选择	42
3.4 机床电气控制线路的设计原则	42
3.5 常见电气元件的选择	47
习题	49
第 4 章 直流拖动调速系统	51
4.1 他励直流电动机的机械特性	51
4.1.1 机械特性	51
4.1.2 调速方法	52
4.1.3 电动机与负载的匹配	53
4.2 他励直流电动机的启制动特性	54
4.2.1 他励直流电动机的启动特性	54
4.2.2 他励直流电动机的制动特性	54
4.3 调速种类与调速指标	57



4.3.1	调速种类	57
4.3.2	调速指标	57
4.4	直流调速系统	60
4.4.1	闭环直流调速系统的组成	60
4.4.2	系统的工作原理	61
4.4.3	转速闭环调速系统的静态特性	61
4.4.4	闭环控制系统的特征	67
4.4.5	比例调节器突加负载的动态过程	67
4.4.6	电流截止负反馈	67
4.5	无静差调速系统	68
4.5.1	积分调节器	68
4.5.2	比例积分调节器	70
4.5.3	无静差直流调速系统	71
4.6	转速电流双闭环调速系统	71
4.6.1	转速电流双闭环直流调速系统的组成	71
4.6.2	双闭环调速系统的静特性和稳态参数计算	73
4.6.3	双闭环直流调速系统的动态分析	74
4.7	直流电动机脉冲调速	75
4.8	数字控制直流调速系统	76
4.8.1	计算机数字控制双闭环直流调速系统的硬件结构	76
4.8.2	数字 PI 调节器	78
4.8.3	产品化的数字直流调速装置简介	79

习题	81
----------	----

第5章 交流调速系统

5.1	三相异步电动机的结构和工作原理	83
5.1.1	三相异步电动机的结构	83
5.1.2	三相异步电动机的工作原理	86
5.2	三相异步电动机的定子电路和转子电路	89
5.2.1	定子电路	89
5.2.2	转子电路	90
5.3	三相异步电动机的电磁转矩与机械特性	91
5.3.1	三相异步电动机的电磁转矩	91
5.3.2	三相异步电动机的机械特性	92
5.4	三相异步电动机的启动特性	95
5.4.1	笼式异步电动机的启动方法	96
5.4.2	绕线式异步电动机的启动方法	98
5.5	三相异步电动机的调速特性	99
5.5.1	调压调速	99
5.5.2	转子电路串电阻调速	100
5.5.3	变极调速	100
5.5.4	变频调速	101
5.5.5	变转差率调速	104
5.6	三相异步电动机的制动特性	105
5.6.1	反接制动	105

5.6.2	回馈制动	107
5.6.3	能耗制动	108
5.7	交流异步电动机变压调速系统	108
5.7.1	异步电动机闭环控制变压调速系统	108
5.7.2	笼式异步电动机变压变频调速系统 (VVVF 系统)	110
习题		114
第 6 章	可编程控制器概述	116
6.1	PLC 的产生与定义	116
6.1.1	PLC 的产生	116
6.1.2	PLC 的定义	117
6.2	PLC 的性能指标与分类	118
6.2.1	PLC 的性能指标	118
6.2.2	PLC 的分类	119
6.3	PLC 与其他工业控制系统的比较	121
6.4	PLC 的特点与应用领域	122
6.4.1	PLC 的特点	123
6.4.2	PLC 的应用领域	124
6.5	PLC 的发展历史、现状与发展趋势	125
习题		127
第 7 章	可编程控制器的结构与工作原理	128
7.1	PLC 的结构	128
7.1.1	PLC 的硬件组成	128
7.1.2	PLC 主要组成部分功能	128
7.2	PLC 的工作原理	133
7.2.1	PLC 控制系统的等效工作电路	133
7.2.2	PLC 的循环扫描工作过程	134
7.3	PLC 与其他控制器的异同	136
7.3.1	PLC 与计算机的异同	136
7.3.2	PLC 与继电器—接触器的异同	136
习题		137
第 8 章	可编程控制器 S7-200 软硬件特性与通信特性	138
8.1	S7-200 的硬件特性	138
8.1.1	S7-200 概述	138
8.1.2	S7-200 硬件系统组成	138
8.1.3	S7-200 扩展模块简介	140
8.2	S7-200 的软件特性	143
8.2.1	S7-200 的内部资源简介	143
8.2.2	S7-200 的基本数据类型	146
8.2.3	S7-200 存储系统简介	146
8.3	S7-200 的通信特性	148
8.3.1	S7-200 通信方式选择	148
8.3.2	S7-200 的通信参数设置	151
8.3.3	调制解调器设置	155

习题	161
第9章 S7-200 编程语言与基本指令系统	162
9.1 S7-200 编程语言	162
9.1.1 梯形图	162
9.1.2 语句表	162
9.1.3 连续功能图	163
9.1.4 功能块图	163
9.1.5 S7-GGRAPH	163
9.2 S7-200 梯形图的特点和编程规则	164
9.2.1 S7-200 梯形图的特点	164
9.2.2 S7-200 梯形图的编程原则	165
9.2.3 S7-200 程序结构	166
9.3 S7-200 编程器件选择	166
9.3.1 LAD 编辑器	166
9.3.2 STL 编辑器	167
9.3.3 FBD 编辑器	167
9.3.4 STEP 7-Micro/WIN 32 软件简介	167
9.4 S7-200 基本指令系统	181
9.4.1 指令组成	181
9.4.2 寻址方式	182
9.4.3 位逻辑指令	184
9.4.4 定时器、计数器指令	187
9.4.5 运算指令	189
9.4.6 数据处理指令	195
9.4.7 程序控制指令	197
习题	199
第10章 可编程控制器控制系统应用设计	200
10.1 PLC 控制系统设计概述	200
10.1.1 PLC 系统设计的基本要求	200
10.1.2 PLC 系统设计的基本原则	200
10.1.3 PLC 系统设计的内容	201
10.1.4 PLC 系统设计的步骤	201
10.2 PLC 控制系统的硬件设计	203
10.2.1 机型的选择	203
10.2.2 接口设备的选择	204
10.2.3 扩展模块的选用	205
10.2.4 I/O 地址的分配	205
10.2.5 PLC 的可靠性设计	206
10.3 PLC 控制系统的软件设计	208
10.3.1 PLC 软件系统设计内容	208
10.3.2 PLC 典型的编程方法	212
10.4 PLC 控制系统的设计实例	213
实例一：机械手的模拟控制	213

实例二：组合机床的控制	217
实例三：水塔水位的模拟控制	223
实例四：电动机Y/△减压启动控制	225
实例五：交通信号灯控制	226
实例六：除尘室模拟控制	230
实例七：温度的检测与控制	232
实例八：根据流程图设计梯形图程序	234
10.5 PLC 的装配、检测和维护	240
10.5.1 PLC 的安装与配线	240
10.5.2 PLC 的自动检测功能与故障诊断	242
10.5.3 PLC 的维护与检修	243
10.5.4 PLC 应用中若干问题的处理	243
习题	245
附录 A 电气设备常用基本图形符号	247
参考文献	250





第1章

绪 论

1.1 电力拖动在现代机床中的地位

传统的生产机械由工作机构、传动机构、原动机三个主要部分组成。现代机床由工作机构、传动机构、原动机和自动控制系统四个主要部分组成。

所谓“自动控制”，是指在没有人直接参与或只有少数人参与的情况下，利用自动控制系统，使得被控对象（或生产过程）自动地按预定的规律工作的过程。例如，设备按预定的程序自动地启动或停车；利用微机控制数控机床，按照计算机程序发出的指令，自动按预定的轨迹加工；利用可编程控制器（PLC），按照预先编制的程序，使机床实现各种自动加工循环，这些都是电气自动控制的应用。

实现自动控制的手段是多种多样的，可以用电气控制的方法来实现自动控制，也可以用机械控制、液压控制、气动控制等方法来实现自动控制。由于现代化的金属切削机床均用交、直流电动机作为动力源，因而电气控制是现代化机床的主要控制手段。即使采用其他控制方法，也离不开电气自动控制系统的配合。

电气自动控制主要包括以下三个主要环节。

（1）动力部分，是整个系统的电源供给环节，是整个系统的主干，是电能转换为其他能量的通道部件，包括动力电源开关、电气控制部件、电动机等。

（2）生产过程自动控制部分，是生产过程自动化的核心，也是间接控制、指挥动力电器及系统工作的部件，包括继电器和各种控制仪表、智能仪表等。

（3）传动装置，是生产机械的连接及传动环节，位于电动机和工作机械之间，如减速箱、皮带、联轴器等。

通过电气控制装置实施对电动机的控制方式内容的组合，即“机床电气控制”。以电气为主的自动控制系统使机床的性能不断提高，使其工作机构、传动机构的结构大为简化。经过一个多世纪的发展，电力拖动及电气控制系统不断更新，机床设备结构不断改进，性能不断提高。在电气自动控制方面，现代化机床更是综合应用了许多先进科学技术成果，如计算机技术、电子技术、传感技术、伺服驱动技术等。近年来出现的各种机电一体化产品如数控机床、机器人、柔性制造系统等均是电气自动控制现代化的硕果，可见电气自动控制对于现代机床的发展起着极其重要的作用，所以要求大家必须熟练掌握机床电气自动控制的理论和方法。



1.2 机床电气自动控制系统的发展简史

1. 电气拖动的发展

用电动机带动生产机械运动的拖动方式称为电力拖动。电气控制与电气拖动有着密切关系。蒸汽机的出现,使得机床工业得到了很大发展。19 世纪末 20 世纪初,由于电动机的出现,使得机床的拖动发生了变革,用电动机代替蒸汽机,机床的电气拖动随电动机的发展而发展。

(1) 成组拖动:一台电动机——一根天轴——一组生产机械设备,机构复杂,损耗大,效率低,工作可靠性差,不适合于现代化生产的需要。

(2) 单电动机拖动:一台电动机——一台设备。一台电动机拖动一台机床,较之成组拖动简化了传动机构,缩短了传动线路,提高了传动效率,至今中小型通用机床仍有部分采用单电动机拖动,但拖动大型机床时由于机床尺寸比较大,运动部件比较多,必然导致机械装置的复杂与庞大。

(3) 多电动机拖动:一台专门的电动机——拖动一台设备的一个运动部件。由于生产的发展,机床的运动增多,要求提高,出现了采用多台电动机驱动一台机床的拖动方式。采用了多电动机拖动以后,不但简化了机械结构,提高了传动效率,而且易于实现各运动部件的自动化,易实现自动化生产。多电动机拖动是现代机床最基本的拖动方式。

(4) 交直流无级调速系统:其主要特点是此系统可大大简化或取消电动机与机械运动部件之间的齿轮变速箱,满足机床各运动的调速要求。

2. 机床电气控制系统的发展概况

(1) 继电器—接触器控制系统。系统由一些按钮开关、行程开关、继电器、接触器等元器件组成,可实现对控制对象的启动、停车、调速、自动循环以及保护等控制。控件结构简单、控制方式直观、易掌握、工作可靠、易于维护,在机床控制中得到长期、广泛的应用。但是体积大、功耗大、控制速度慢、改变控制程序困难、控制复杂运动时可靠性差,多用于自动化程度不高的通用机床。

(2) 计算机数字控制系统。1952 年美国出现第一台数控铣床,1958 年出现加工中心,20 世纪 70 年代 CNC 应用于数控机床和加工中心,80 年代出现了柔性制造系统(FMS)。计算机数字控制系统提高了生产机械的通用性和效率,实现了机械加工全盘自动化。但对于以手工为主的通用机床和自动化循环比较简单、比较固定的自动化机床,采用计算机控制的成本太高,功能不能充分发挥。

(3) 可编程控制器(PLC)。它是继电器常规控制技术与微机技术的结合,是一种专用的工业控制器,可以代替继电器—接触器控制系统,其逻辑电路和编程指令简单,程序编制方法易于掌握,工作程序的改变也很方便,价格又远低于电子计算机,因而已在机床上得到了广泛应用。

3. 国内外发展状况

中国:连续几年成为世界最大的机床消费国和机床进口国,是世界第三大机床生产国。由于机床行业对国防军工和制造业竞争力的关键作用,我国政府已将机床行业提高到了战略性位置,把发展大型、精密、高速数控设备和功能部件列为国家重要的振兴目标之一。总体

上看,我国机床市场的中长期发展势头依然会比较强劲,中国机床行业在未来几年将步入发展的战略机遇期。

德国:特别重视数控机床主机及配套件的先进实用,其机、电、液、气、光、刀具、测量、数控系统、各种功能部件,在质量、性能上均居世界前列。

日本:政府对机床工业的发展也非常重视,通过规划引导发展。在重视人才及机床元部件配套上学习德国,在质量管理及数控机床技术上学习美国。

美国:结合汽车、轴承生产需求,充分发展了大量大批生产自动化所需的自动生产线,而且电子、计算机技术在世界上领先,因此其数控机床的主机设计、制造及数控系统上基础扎实,且一贯重视科研和创新,其高性能数控机床技术在世界居领先地位。

瑞士:结合本国特点,以发展精密优质产品取胜,将传统技术与微电子计算机新技术有机结合,新品种发展较快,实现机床加工的高精、高效、高自动化,从而得到用户认可,逐步占领了广大市场。

1.3 本课程要求掌握的主要内容

- (1) 典型机床的继电器-接触器控制系统的分析与设计。
- (2) 直流拖动系统的原理与应用。
- (3) 交流拖动系统的原理与应用。
- (4) 可编程控制器的原理与应用。

第2章

普通机床电气控制线路的分析

2.1 机床电气控制线路的基本环节

数制是人们对事物数量计数的一种统计规律。在日常生活中最常用的是十进制，但在计算机中，由于其电气元件最易实现的是两种稳定状态：器件的“开”与“关”；电平的高与“低”，因此，采用二进制数的“0”和“1”可以很方便地表示机内的数据运算与存储。在编程时，为了方便阅读和书写，人们还经常用八进制数或十六进制数来表示二进制数。虽然一个数可以用不同计数制形式表示它的大小，但该数的量值则是相等的。

2.1.1 电气控制线路的表示符号及阅读方法

1. 电气控制线路的表示符号

在电力拖动电气控制系统中，包括各种元件，如继电器、接触器、各种开关和电动机等，为了设计分析及安装维修时的阅读方便，在绘制电气原理图时，必须使用国家统一规定的电气图形符号和文字符号，见附录 A。

2. 电气控制线路中电气控制原理图的绘制与阅读方法

电气控制原理图只表示控制线路的工作原理及各电气元件的作用和相互关系，不考虑电路中各元件的实际安装位置和连线情况。绘制阅读电气控制原理图应遵循以下原则：

- (1) 主回路用粗线画在左侧，控制回路用细线画在右侧；
- (2) 同一电气元件的各导电部件（如线圈和触点），常常不画在一起，但用同一文字标明；
- (3) 电气控制线路图的全部触点都按常态绘制，即触点、开关均按未通电、未受力的状态绘制。

2.1.2 其他电路图简介

1. 电气设备安装图

电气设备安装图用于表示各种电气设备在机械设备和电气控制柜中的实际安装位置。各电气元件的安装位置是由机床的结构和工作要求决定的，如电动机要和被拖动的机械部件在一起，行程开关放在要取得信号的地方，操作元件放在操作方便使用的地方，一般电气元件应放在控制柜内。

2. 电气设备接线图

电气设备接线图表示各电气设备之间的实际接线情况，要求电气元件的各部件必须画在一起，文字符号、元件连接顺序、线路号码的编制都必须与电气原理图相一致，主要用于安

装接线、检查维修和施工之时使用。

2.1.3 机床电气控制线路的基本环节

以继电器—接触器控制方式组成的机床电气控制系统，将按照生产工艺提出的要求，控制机床的各种运动，达到合理生产的目的。因此，机床电气控制线路其复杂程度差异很大。但不管多么复杂的控制线路，也都是由启动、停止、正反转、电气制动等基本线路以及长动、点动、循环往复等基本环节组成的。

1. 笼式三相异步电动机的启动控制线路

笼式三相异步电动机的启动方式从具体实现和实际需求上分为直接启动控制线路和降压启动控制线路两种。

1) 直接启动控制线路

直接启动控制线路在实际应用中又有两种：分别是开关控制的直接启动的控制线路（见图 2-1）和用按钮、接触器控制的直接启动控制线路（见图 2-2）。其中一般机床的冷却泵、普通的小型台钻和砂轮机等都直接用开关启动，而大部分小型卧式车床的主电动机都采用按钮、接触器控制的直接启动。

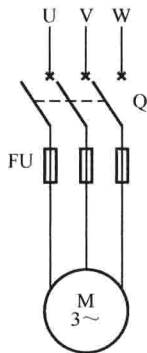


图 2-1 开关直接启动控制线路

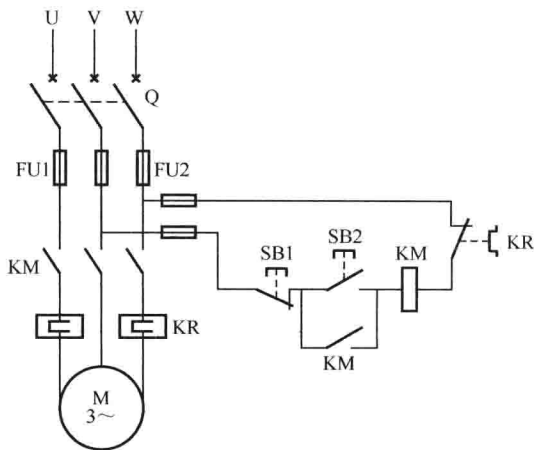


图 2-2 按钮、接触器直接启动控制线路

在图 2-2 中，启动电动机时先合上电源开关 Q，按启动按钮 SB2，接触器 KM 的线圈得电，其主触点 KM 吸合，电动机启动。由于接触器的辅助触点 KM 并接于启动按钮，因此，当松开启动按钮后，吸引线圈 KM，通过其辅助触点可以继续保持通电，维持其吸合状态。这个辅助触点通常称为自锁触点，其作用是当放开启动按钮 SB2 后，仍可保证 KM 线圈通电，电动机正常运行。通常将这种用接触器本身的触点来使其线圈保持通电的环节称为自锁环节。

若想使电动机停转则按停止按钮 SB1，接触器 KM 的吸引线圈失电，其主触点断开，电动机失电停转。

控制线路中的接触器辅助触点 KM 是自锁触点。

图 2-2 中 KR 是热继电器，用于电动机的过载保护。当负载过载或电动机缺相运行时，KR 动作，同时其动断触点将控制电路切断，吸引线圈 KM 失电，切断电动机主电路，使电动机失电停转。



2) 降压启动控制线路

较大容量的笼式异步电动机一般都采用降压启动的控制方式启动。

(1) Υ - Δ 降压启动控制线路, 适用于在正常运行时。电动机启动前, 其定子绕组连成三角形的, 要求启动时把电动机定子绕组连接成星形, 启动即将完毕时再恢复成三角形, 以实现降压启动控制。目前4kW 以上的 J02、J03 系列的三相异步电动机定子绕组在正常运行时都是接成三角形的, 对这种电动机就可采用 Υ - Δ 降压启动。

绕组 Υ 连接与 Δ 连接的原理图分别如图 2-3 和图 2-4 所示。从图中可看出, Υ 连接时绕组的相电压为 220V, 而 Δ 连接时绕组的相电压为 380V。

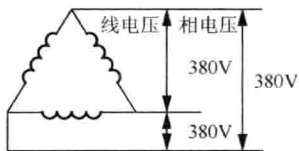


图 2-3 绕组 Δ 连接

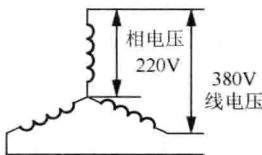
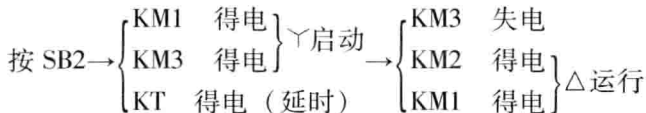


图 2-4 绕组 Υ 连接

图 2-5 所示是一种 Υ - Δ 启动控制线路。从主回路可知, 如果控制线路能使电动机接成星形 (即 KM3 主触点闭合), 并且经过一段延时后再接成三角形 (即 KM3 主触点打开, KM2 主触点闭合), 则电动机就能实现降压启动, 而后再自动转换到正常速度运行。工作过程如下:



其中, KM2 与 KM3 的动断触点是互锁关系, 保证接触器 KM2 与 KM3 不会同时通电, 以防电源被短路; KM2 的动断触点同时也使时间继电器 KT 断电 (启动后无须 KT 得电)。

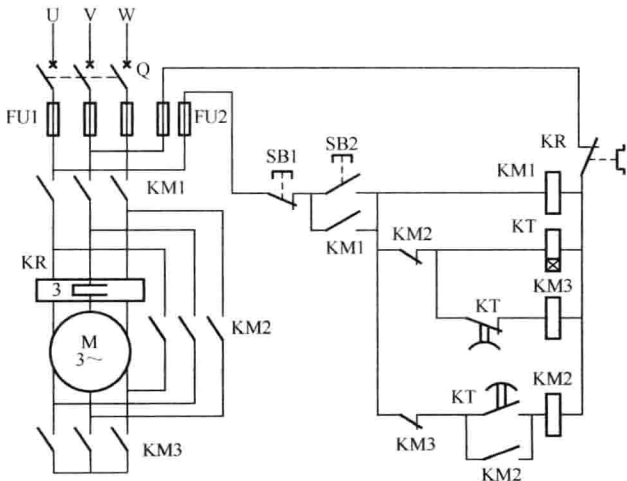


图 2-5 Υ - Δ 启动控制线路

图 2-6 所示的是另一种 Υ - Δ 启动控制线路。此图是用两个接触器和一个时间继电器进行 Υ - Δ 转换的降压启动控制线路。电动机连成星形或三角形都是由接触器 KM2 完成的。KM2 断电时电动机绕组由其动断触点连接成星形; KM2 通电时电动机绕组由其动合触点连接成三角形, 适用于小容量的电动机。工作过程如下:

按 SB2 → { KM1 得电 → 电动机处于启动状态, 呈星形连接
 { KT 得电 (延时) → KM2 得电 → 电动机处于工作状态, 呈三角形连接

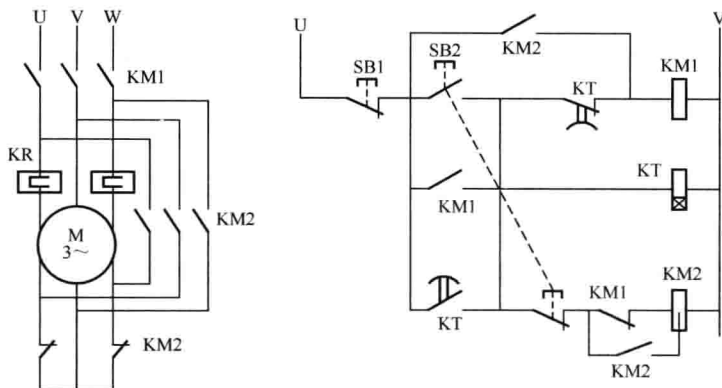


图 2-6 Y-Δ 启动控制线路

(2) 定子电路串电阻降压启动控制线路。电动机启动时在三相定子电路串接电阻, 使定子绕组电压降低, 启动后再将电阻短接, 使电动机仍在正常电压下工作。此种启动方式不受电动机接线形式的限制, 设备简单, 因而适用于中小型机床中。

图 2-7 (a) 工作过程如下:

按 SB2 → { KM1 得电 → 电动机串电阻降压启动
 { KT 得电 (延时) → KM2 得电 → 电动机处于正常工作状态, 电阻被短接

线路图 2-7 (a) 存在的问题: 在电动机启动后, 接触器 KM1 与时间继电器 KT 始终处于通电状态, 这是不必要的。

图 2-7 (b) 工作过程如下:

按 SB2 → { KM1 得电 → 电动机串电阻降压启动
 { KT 得电 (延时) → KM2 得电 → { KT 失电
 { KM1 失电

同时电动机处于正常运转的工作状态, 电阻 R 被短接。

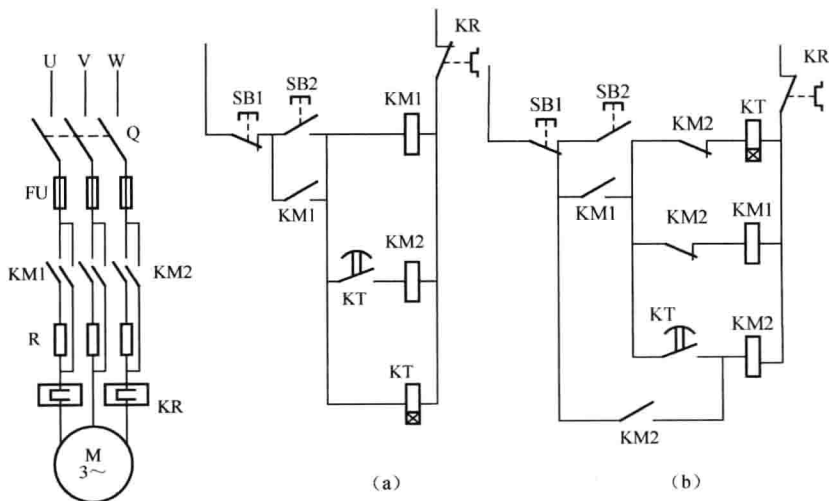


图 2-7 电动机定子电路串电阻降压启动控制线路