

职业教育精品实用教材

电机与电气控制技术

主 编 白 雪
副主编 李庄梵

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书主要内容包括变压器、异步电动机、直流电机、常用控制电机、常用低压电器、继电器—接触器控制电路、常用机床的电气控制、交流桥式起重机的电气控制、交流电梯的电气控制、可编程控制器(PLC)等。每章均有内容提要、本章导读等栏目,帮助学生在学的过程中巩固知识,达到更有效的学习效果。

图书在版编目(CIP)数据

电机与电气控制技术/白雪主编. —西安:西北工业大学出版社,2008.6

职业教育精品实用教材

ISBN 978-7-5612-2399-4

I. 电… II. 白… III. ①电机学—职业教育—教材②电气控制—职业教育—教材
IV. TM3 TM921.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第076040号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路127号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:北京市兆成印刷有限责任公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:16.25

字 数:390千字

版 次:2008年6月第1版 2008年6月第1次印刷

定 价:25.90元

出版说明

为了更好地贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神,全面落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划,职业教育精品实用教材编写组组织相关力量对实现职业教育培养目标、保障重点专业建设的主干课程进行了规划和编写。

职业教育精品实用教材是面向职业教育的规范性教材,严格按照国家最新颁发的教学大纲编写,并通过了专家的审定。本套教材深入贯彻素质教育的理念,突出职业教育的特点,注重对学生的创新能力和实践能力的培养,在内容编排、例题设置和图示说明等方面努力创新,在满足不同学制、不同专业以及不同办学条件教学需求的同时,实现教学效果的最优化。

我们希望各地、各校在使用本套教材的过程中,及时提出改进意见和建议,使之不断地得到完善和提高。

职业教育精品实用教材编写组

前 言

随着社会经济的发展,对专业技术人才的需求日趋旺盛,也对技术人才的专业知识和操作技能提出了更高的要求。因此,为了更好地适应社会对电工电子类人才的需求,职业学校电工电子类专业的招生规模也不断扩大,教学内容和教学方法也在不断调整。

本书根据国家教育部最新颁发的教学指导要求编写,可作为职业技术学校电工电子技术类专业教材,也可作为职工培训教材和职业技能鉴定指导教材。

本书的编写力争体现职业教育的性质、任务和培养目标。相关专家审定后认为本书符合职业教育的课程教学基本要求,符合职业教育的特点和规律,具有新时代职业教育特色。

本书在内容组织上紧扣职业学校学生的实际情况,具有深入浅出、通俗易懂、操作性强的特点。另外,本书尽可能多地在教材中充实新知识、新技术、新设备和新材料等方面的内容,力求教材具有较鲜明的时代特征。在教材的编写模式方面尽可能减少理论分析及叙述,把重点放在电机及电器的结构特点、应用维修方面,力求给学生营造一个更加直观的认知环境。通过本书的学习,能培养学生理论联系实际、严谨求实、团结协作的精神,能有效地提高学生独立分析问题、解决问题的能力。

本书主要内容包括变压器、异步电动机、直流电机、常用控制电机、常用低压电器、继电器—接触器控制电路、常用机床的电气控制、交流桥式起重机的电气控制、交流电梯的电气控制、可编程控制器(PLC)等。每章均有内容提要、本章导读等栏目,帮助学生在学的过程中巩固知识,达到更有效的学习效果。

本书教学建议约为 116 课时,课时分配建议如下:

章 次	课时数
第 1 章 变压器	12
第 2 章 异步电动机	14
第 3 章 直流电机	12
第 4 章 常用控制电机	10
第 5 章 常用低压电器	12
第 6 章 继电器—接触器控制电路	16
第 7 章 常用机床的电气控制	12
第 8 章 交流桥式起重机的电气控制	10
第 9 章 交流电梯的电气控制	8
第 10 章 可编程控制器(PLC)	10
合 计	116

本书由白雪担任主编,李庄梵担任副主编。在编写过程中,编者参阅了大量的相关专业书籍和资料,在此向原著作者表示衷心的感谢。

由于编者的编写经验有限,书中难免有疏漏和不足之处,恳请广大读者提出宝贵的意见,以便进一步完善。

编 者

目 录

第 1 章 变压器	1
1.1 变压器的工作原理及分类	1
1.2 单相变压器的基本结构	3
1.3 单相变压器的空载运行	8
1.4 单相变压器的负载运行	12
1.5 三相变压器	15
1.6 其他用途的变压器	20
1.7 变压器的常见故障分析	26
复习思考题	27
第 2 章 异步电动机	29
2.1 三相异步电动机的工作原理	29
2.2 三相异步电动机的结构	33
2.3 三相异步电动机的空载运行	36
2.4 三相异步电动机的负载运行	37
2.5 三相异步电动机的机械特性	40
2.6 三相异步电动机的启动	43
2.7 三相异步电动机的调速	49
2.8 三相异步电动机的制动	50
2.9 三相异步电动机的运行维护与故障分析	53
2.10 单相异步电动机的结构和工作原理	54
2.11 常用单相异步电动机	55
复习思考题	61
第 3 章 直流电机	62
3.1 直流电动机的工作原理	62
3.2 直流电动机的基本结构	63
3.3 直流电机的电磁转矩和电枢电动势	66
3.4 直流电动机的运行原理与机械特性	68
3.5 直流他励电动机的启动和调速	73
3.6 直流他励电动机的反转与制动	75
3.7 直流电动机的应用及微型直流电动机简介	77
复习思考题	79

第 4 章 常用控制电机	80
4.1 控制电机概述	80
4.2 步进电机	81
4.3 伺服电机	82
4.4 测速发电机	85
4.5 直线电机	86
复习思考题	93
第 5 章 常用低压电器	94
5.1 低压电器的基本知识	94
5.2 接触器	96
5.3 继电器	103
5.4 熔断器	116
5.5 低压断路器	120
5.6 主令电器	124
5.7 刀开关和组合开关	128
5.8 转换开关	129
复习思考题	130
第 6 章 继电器-接触器控制电路	132
6.1 电气控制电路的原理图与接线图	132
6.2 三相笼形异步电动机电气控制电路	136
6.3 三相笼形异步电动机降压启动控制电路	142
6.4 三相绕线转子异步电动机的启动控制电路	146
6.5 三相异步电动机电气制动控制电路	148
6.6 三相异步电动机的调速控制电路	153
6.7 直流电动机的电气控制	155
6.8 电动机的保护	158
6.9 继电器-接触器控制电路的故障分析	160
复习思考题	162
第 7 章 常用机床的电气控制	163
7.1 电气控制电路分析基础	163
7.2 M7130 平面磨床的电气控制电路	167
7.3 Z3040 型摇臂钻床的电气控制电路	172
7.4 XA6132 型卧式铣床的电气控制电路	181
7.5 T68 型卧式镗床的电气控制电路	189
7.6 组合机床单机电气控制电路	194
7.7 机床电气设备的日常维护、保养和检修	196

此为试读，如需完整版PDF，请访问：www.eitongbook.com

7.8 电气控制系统故障查找与检修方法	199
复习思考题	201
第 8 章 交流桥式起重机的电气控制	202
8.1 桥式起重机概述	202
8.2 交流桥式起重机控制电路	204
8.3 10 t 桥式起重机控制电路	207
复习思考题	212
第 9 章 交流电梯的电气控制	213
9.1 电梯的基本结构、分类和基本参数	213
9.2 电梯电气控制基本环节	216
9.3 电梯电气控制系统的常见故障及分析	220
9.4 电梯电气设备的安装和调整	223
复习思考题	226
第 10 章 可编程控制器(PLC)	227
10.1 PLC 概述	227
10.2 PLC 硬件结构和工作原理	231
10.3 FX2 系列 PLC 的内部寄存器	237
10.4 FX2 系列 PLC 的指令系统简介	239
10.5 FX2 系列 PLC 使用的编程器简介	242
复习思考题	243
电机与电气控制专业名词中英文对照	244
参考文献	250

第 6 章

继电器-接触器控制电路

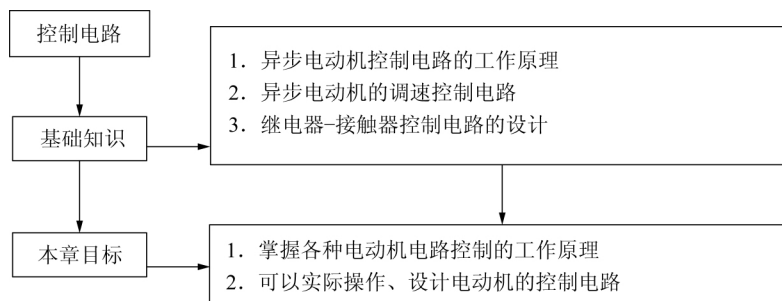
【内容提要】

学习电气控制电路之前,首先要掌握控制电路的阅读方法;正确阅读电气控制电路中的各种图形符号和文字符号;正确区分主电路、控制电路和辅助电路;正确区分各电器元件。

电气控制的方法有继电器-接触器控制法、可编程逻辑控制法和计算机(单片机、可编程序控制器等)控制法等,其中继电器-接触器控制法仍是最基本、应用最广泛的方法,也是其他控制方法的基础。

本章主要介绍继电器-接触器控制电路。

【本章导读】



6.1 电气控制电路的原理图与接线图

电气控制系统是由电气控制元件按一定的要求连接组成,为了清晰地表达生产机械电气控制系统的工作原理,便于电气控制系统的安装、调整、使用和维修,将电气控制系统中的各电气元件用一定的图形符号和文字符号表达出来,再将其连接情况用一定的图形反映出来,这种图形就是电气控制系统图。

常用的电气控制系统图有电气原理图、电器元件布置图与电气安装接线图。

6.1.1 电气原理图

电气原理图是用来表示电路各个电气元件导电部件的连接关系和工作原理的图。此图

应根据简单、清晰的原则,采用电气元件展开的形式绘制而成,它不按电气元件的实际位置来画,也不反映电气元件的大小、形状和安装位置,只用电气元件导电部件及其接线端钮来表示电气元件,用导线将电气元件导电部件连接起来,以反映其连接关系。所以电气原理图结构简单、层次分明、适用于分析研究电路的工作原理,在设计部门和生产现场得到广泛应用。

现以 CW6132 型普通车床电气原理图为例,阐明绘制电气原理图的原则和注意事项。如图 6.1 所示为 CW6132 型普通车床电气原理图。

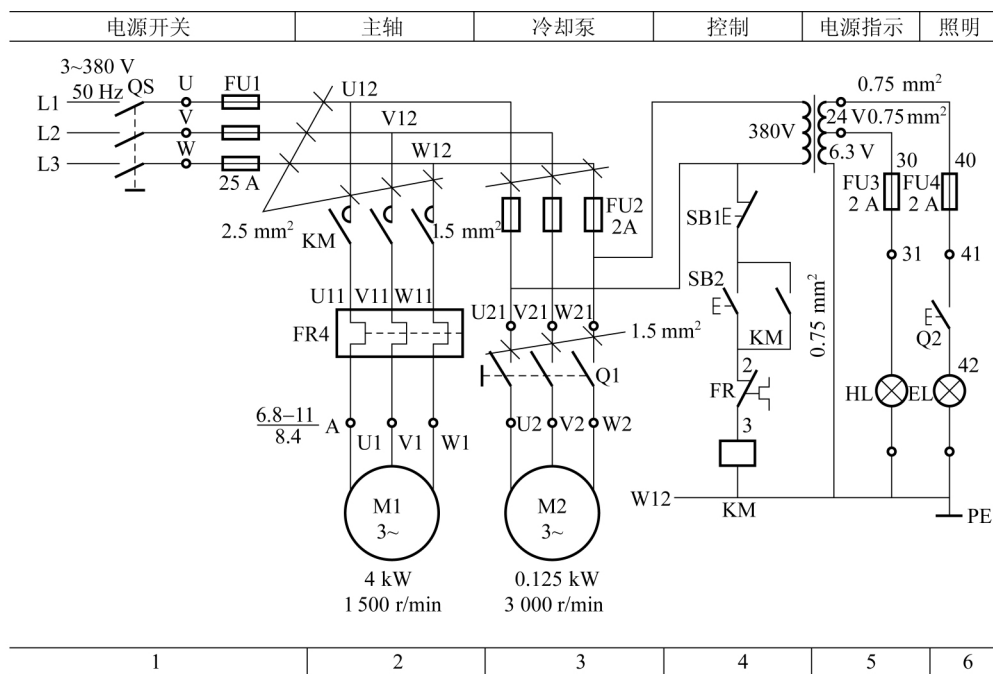


图 6.1 CW6132 型普通车床电气原理图

1. 绘制电气原理图的原则

(1) 电气原理图的组成。电气原理图由主电路和辅助电路组成。主电路是从电源到电动机的电路,其中有刀开关、熔断器、接触器主触头、热继电器发热元件与电动机等。辅助电路包括控制电路、照明电路、信号电路及保护电路等。它们由继电器、接触器线圈、继电器触头、接触器辅助触头、控制按钮、其他控制元件触头、控制变压器、熔断器、照明灯、信号灯及控制开关等组成。

(2) 电源线的画法。原理图中直流电源和单相交流电源线用水平线画出,一般直流电源的正极画在图样的上方,负极画在图样的下方。三相交流电源线集中水平画在图样上方,相序自上而下依 L1, L2, L3 排列,中性线(N线)和保护接地线(PE线)放在相线之下。主电路垂直于电源线路画出,控制电路与信号电路垂直画在两条水平电源线之间。耗电元件(如接触器、继电器的线圈、电磁铁线圈、信号灯等)直接与下方水平电源线连接,控制触头接在上方电源水平线与耗电元件之间。

(3)原理图中电气元件的画法。电路中各电气元件均不画实际的外形图,只在原理图中表示出其带电部件,同一电气元件的不同带电部件按在电路中的连接关系分别画出,但必须采用国家标准规定的图形符号画出。对于同一电气元件上所有带电部件都采用国家标准中规定的同一文字符号标出。

(4)原理图中电气触头的画法。原理图中所有电气触头均按没有外力作用时或未通电时触头的初始开闭状态画出。如接触器、继电器的触头,按其电磁线圈未通电时的触头状态画出;控制器触头按操作手柄处于零位时的触头状态画出;控制按钮与行程开关触头按不受外力作用时的状态画出;断路器和开关电器触头按处于断开状态时画出。

(5)原理图的布局。电气原理图按功能布局法安排,即同一功能的电气元件集中画在一起,且按电路动作顺序从上而下或自左至右的原则绘制。

(6)触头绘制原则。电气原理图中各元器件触头的图形符号,当图形垂直放置时,以“左开右闭”原则绘制,即垂线左侧的触头应为常开触头,垂线右侧的触头应为常闭触头;当图形为水平放置时,则以“上开下闭”原则绘制,即在水平线上方为常开触头,在水平线下方为常闭触头。

(7)线路连接点、交叉点的绘制。在电路图中,对于需要测试和拆接的外部引线的端子,采用“空心圆”表示;有直接电联系的导线连接点,用“实心圆”表示;无直接电联系的导线交叉点不画黑圆点。

2. 关于图面区域的划分

在图 6.1 电气原理图的下方,标有图面区域的编号,在图面区域对应的原理图上方标有该区域电路或元件的功能。以便读者检索电气线路,方便阅读分析电路,利于理解电路的工作原理。

3. 继电器、接触器触头位置的索引

电气原理图中,在继电器、接触器线圈的下方注有该继电器、接触器相应触头所在图中位置的索引代号,索引代号用图区号表示。其中左栏为常开触头所在图区号,右栏为常闭触头所在的图区号。

4. 电气原理图中技术数据的标注

电气原理图中的电气元件的数据和型号,一般在电气原理图电器代号下面标注。如图 6.1 中热继电器文字符号 FR4 下方标有 6.8—11 A,该数据即为该热继电器的动作电流值范围,而 8.4 A 为该继电器的整定电流值。

6.1.2 元件布置图

电器元件布置图是用来表明电气设备上所有电动机和各电器元件的实际位置。对于机床来说,其电器布置图包括机床电气设备布置图,控制柜或控制板电气设备布置图、操纵台及悬挂操纵箱电气设备布置图等。电器布置图可视电气控制系统复杂程度采取集中绘制或单独绘制。在电器布置图上用点划线表示机床轮廓,用粗实线表示可见的或需表示清楚的电器外形轮廓。图 6.2 为 CW6132 型车床控制盘的电器元件布置图。

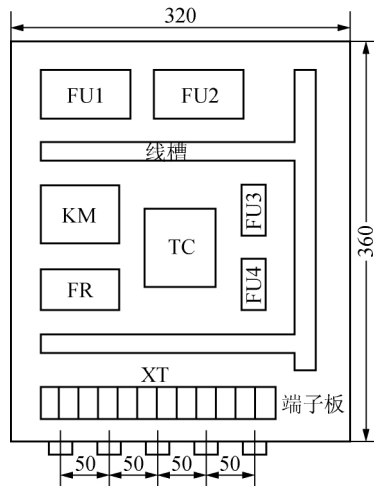


图 6.2 CW6132 型车床控制盘的电器元件布置图

6.1.3 安装接线图

电气设备的安装接线图,是为了进行电器元件的接线和排除电气故障而绘制的。该图应表明电气设备中各电器元件的空间位置、各电器元件的连接情况,而电器元件的连接情况应严格按照电气原理图进行。图 6.3 为 CW6132 型车床单元的安装接线图。图中左侧线框为电气控制盘的外部接线图,也可根据原理图画出生中电器元件的盘内接线图。对于简单设备,电器安装接线图只画出盘外接线。在图 6.3 中,表明了该机床的电源进线、按钮、照明灯、指示灯、开关、电动机与机床电气控制盘接线端子板之间的连接关系,也标注出了所用导线的截面和导线数目等,供接线时使用。

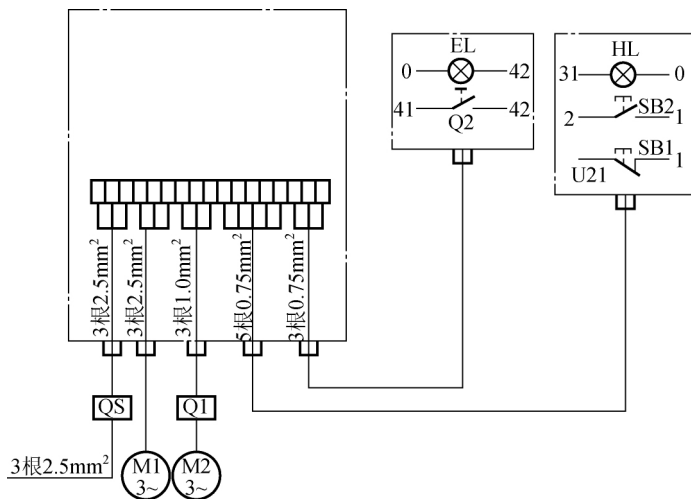


图 6.3 CW6132 型车床单元的安装接线图

电气安装接线图的绘制原则是：

- (1) 电气安装接线图中各电器元件的布置位置尽可能符合电气安装实际情况。

(2) 各电器元件中的带电部件,如接触器的线圈、主触头和辅助触头应画在一起。电器元件的轮廓用点划线标明。

(3) 电器元件的文字符号、电器元件带电部件的接线端的编号、各电器元件的连接顺序均应严格按照电气原理图进行并与其一致。

(4) 控制盘上各电器元件与盘外电器元件的连接,必须经端子板进行。

6.2 三相笼形异步电动机电气控制电路

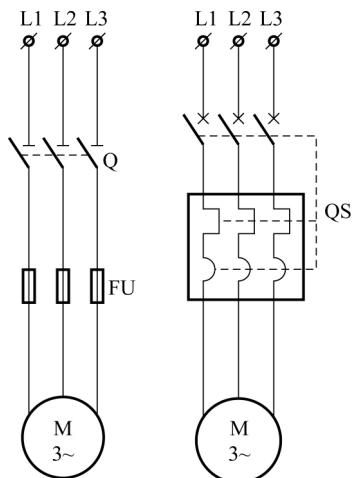
电气控制系统是由电动机和各种控制电器组成的。为了使电动机按照设备的要求运转,需要对电动机进行控制。传统的控制系统主要由各种低压电器组成,称为继电器-接触器控制系统。又如我们所知,三相笼形异步电动机具有结构简单、价格便宜、坚固耐用、维修方便等优点,获得广泛应用。其启动方法有全压启动和减压启动,相应的启动控制有全压启动控制电路与减压启动控制电路,所以本节以异步电动机为例介绍电气控制电路。

6.2.1 单向旋转全压启动控制电路

三相笼形异步电动机单向全压启动控制可用开关或接触器进行,相应的有开关控制电路与接触器控制电路。

1. 开关控制电路

图 6.4 为电动机单向全压启动开关控制电路,其中图 6.4(a)为开关控制电路,图 6.4(b)为断路器控制电路。当合上开关或断路器,电动机单向启动旋转,断开开关或断路器,电动机停转。但(a)图具有短路保护,(b)图具有长期过载和过电流保护。它们都只适用于不频繁启动的小容量电动机,且都不能实现远距离控制。



(a) 刀开关控制 (b) 断路器控制

图 6.4 电动机单向全压启动开关控制电路

2. 接触器控制电路

图 6.5 为三相笼形异步电动机单向全压启动接触器控制电路。该电路由刀开关 Q,熔断器 FU1,FU2,接触器 KM,热继电器 FR 和按钮 SB1,SB2 等组成。其中由 Q,FU1,KM 主触头,FR 发热元件与电动机 M 构成主电路。由停止按钮 SB1,启动按钮 SB2,KM 常开辅助触头,KM 线圈,FR 常闭触头及 FU2 构成控制电路。

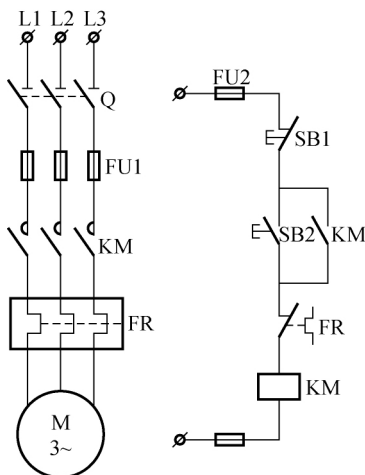


图 6.5 电动机单向全压启动接触器控制电路

(1) 电路工作原理。电动机启动时,合上电源开关 Q,接通控制电路电源。按下启动按钮 SB2,其常开触头闭合,接触器 KM 线圈通电吸合,KM 常开主触头与常开辅助触头同时闭合,前者使电动机接入三相交流电源启动旋转;后者有一触头并接在启动按钮 SB2 两端,从而使 KM 线圈经 SB2 常开触头与接触器 KM 自身的常开辅助触头两路供电而吸合。松开启动按钮 SB2 时,虽然 SB2 一路已断开,但 KM 线圈仍通过自身常开辅助触头这一通路而保持通电,从而确保电动机继续运转。这种依靠接触器自身辅助触头而使其线圈保持通电的控制方法称为自锁,这对起自锁作用的辅助触头称为自锁触头,这段电路称为自锁电路。

要使电动机停止运转,可按下停止按钮 SB1,接触器 KM 线圈断电释放,KM 的常开主触头,常开辅助触头均断开,切断电动机主电路和控制电路,电动机停止转动。当手松开停止按钮后,SB1 的常闭触头虽在复位弹簧作用下,又恢复到原来的常闭状态,但原来闭合的 KM 自锁触头早已随着接触器 KM 线圈断电而断开,接触器已不再依靠自锁触头这条路通电了。

(2) 电路的保护环节。图 6.5 电路的保护环节有:

1) 熔断器 FU1,FU2 为主电路与控制电路的短路保护。

2) 热继电器 FR 具有长期过载保护。这是由于热继电器的热惯性较大,只有当电动机长期过载时 FR 才动作,串接在控制电路中的 FR 常闭触头断开,切断 KM 线圈电路,使接触器 KM 断电释放,电动机停止转动,实现电动机过载保护。

3) 电路的欠电压与失电压保护。这一保护是依靠接触器自身的电磁机构来实现的。当电源电压降低到一定值或电源断电时,接触器电磁机构反力大于电磁吸力,接触器衔铁释放,常开触头断开,电动机停止转动,而当电源电压恢复正常或重新供电时,接触器线圈均不会自行通电吸合,只有在操作人员再次按下启动按钮 SB2 后,电动机才能启动。这样,一方面防止电

动机在电压严重下降时仍低压运行而烧毁电动机。另一方面防止电源电压恢复时,电动机自行启动旋转,造成设备和人身事故的发生。

6.2.2 电动机的点动控制电路

生产机械不仅需要连续运转,有的生产机械还需要点动运行,还有的生产机械要求用点动运行来完成调整工作。

图 6.6 为电动机点动控制的几种控制电路。点动控制与连续运转控制根本区别在于电动机控制电路中有无自锁电路。从主电路上看,电动机连续运转电路应装有热继电器以作长期过载保护,而对于点动控制电路可不接热继电器。

图 6.6(a)为最基本的点动控制电路。按下点动启动按钮 SB,接触器 KM 线圈通电吸合 KM 主触头闭合,电动机接通三相交流电源启动旋转。当松开按钮后,KM 线圈断电并释放,主触头断开三相电源停止旋转。

图 6.6(b)是既可实现点动控制又可实现连续运转的控制电路,由手动开关 SA 进行选择。当 SA 闭合时,由于自锁电路接入成为连续控制;当 SA 断开时自锁电路断开,成为点动控制。

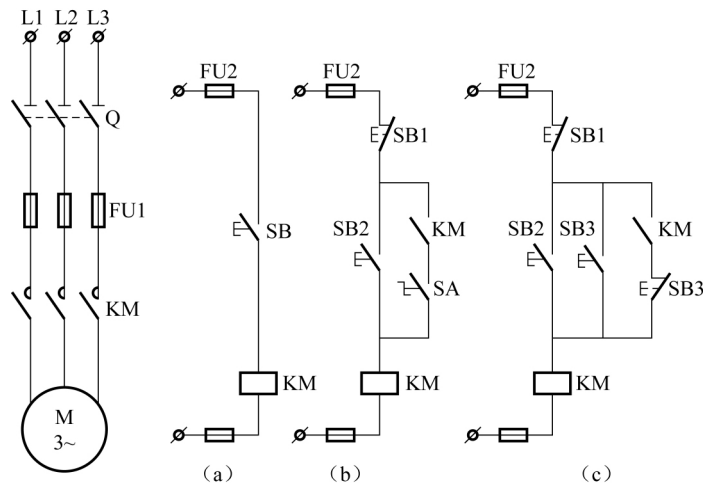


图 6.6 电动机点动控制电路

图 6.6(c)增加了一个复合按钮 SB3,将 SB3 的常闭触头串接在自锁电路中,其常开触头与连续运转启动按钮 SB2 常开触头并联,使 SB3 成为点动控制按钮。当按下 SB3 时,其常闭触头先断开,切断自锁电路,常开触头后闭合,KM 线圈通电并吸合,主触头闭合,电动机启动旋转。当松开 SB3 时 KM 线圈断电并释放,主触头断开,电动机停止旋转。当电动机需连续运转时,可按下启动按钮 SB2,停机时按下停止按钮 SB1,便可实现电动机的连续运转启动和停止。

6.2.3 电动机的正反转控制电路

生产机械的运动部件往往要求实现正反两个方向的运转,如机床主轴正转和反转,起重机吊钩的上升与下降,机床工作台的前进与后退等。这就要求拖动电动机实现正反转。由电机原理可知,将接至三相异步电动机的三相交流电源进线中的任意两相对调,即可实现三相异步

电动机的正反转。按实现电动机三相电源进线倒相所用设备不同,有转换开关控制和正反转接触器控制两种电路。

1. 转换开关控制电动机正反转电路

图 6.7 为转换开关控制电动机正反转电路。转换开关 SA 有 4 对触头、3 个位置。图 6.7(a) 为用转换开关直接控制电动机正反转电路,当 SA 扳到上方位置,电动机进线端 U, V, W 直接与电源 L1, L2, L3 相接,在电源开关 Q 合上情况下,电动机正向旋转;当转换开关 SA 扳回到中间位置时,电动机断开三相电源,电动机停转;当转换开关 SA 扳至下方位置时,电动机的 U, V, W 端分别与三相电源的 L3, L2, L1 相接,电动机实现了倒相,电动机反向旋转;当 SA 扳回中间位置时,电动机停止旋转。由于转换开关无灭弧装置,仅适用于电动机容量为 5.5 kW 及其以下电动机的正反转控制。

图 6.7(b) 中的转换开关 SA 只用做预选电动机的旋转方向,而由按钮来控制接触器,再由接触器主触头来接通和断开电动机三相电源,实现电动机的启动与停止,所以其控制电路为电动机单向旋转启动—停止控制电路。由于采用了接触器控制,并且接入了热继电器,故该电路具有短路保护、长期过载保护和欠电压与失电压保护功能,而图 6.7(a) 电路只具有短路保护。

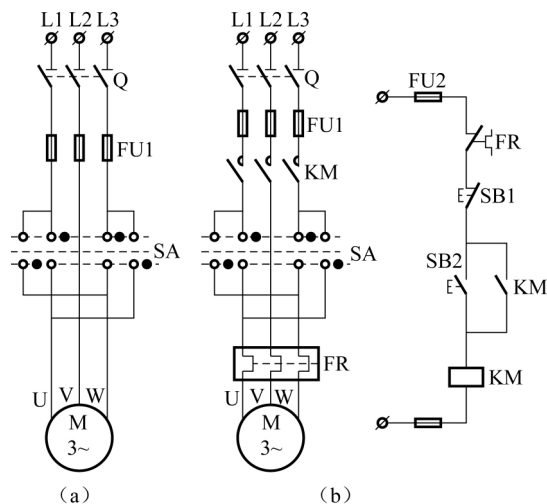


图 6.7 转换开关控制电动机正反转电路

2. 接触器控制电动机正反转电路

此种电路实质上是一个电动机正转接触器控制电路与一个电动机反转接触器控制电路的组合,但为了避免误操作引起电源的相间短路,在两个单向运行控制电路中设置了必要的互锁。图 6.8 为接触器控制电动机正反转电路。

图 6.8(a) 是将两个单向旋转控制电路组合而成。主电路由正、反转接触器 KM1, KM2 的主触头来实现电动机两相电源的对调,进而实现电动机的正反转。但若发生在按下正转启动按钮 SB2, 电动机已进行正向旋转后,又按下反向启动按钮 SB3 误操作时,由于正反转接触器 KM1, KM2 线圈均通电吸合,其主触头均闭合,将发生电源两相短路,致使熔断器 FU1 熔体烧

断,电动机无法工作。为防止出现上述情况,应将 KM1, KM2 正反转接触器的常闭辅助触头串接到对方线圈电路中,形成相互制约的控制,这种相互制约的控制关系称为互锁,这两对起互锁作用的常闭触头称为互锁触头。按电动机正反转运行操作顺序的不同,有“正—停—反”与“正—反—停”两种控制电路。

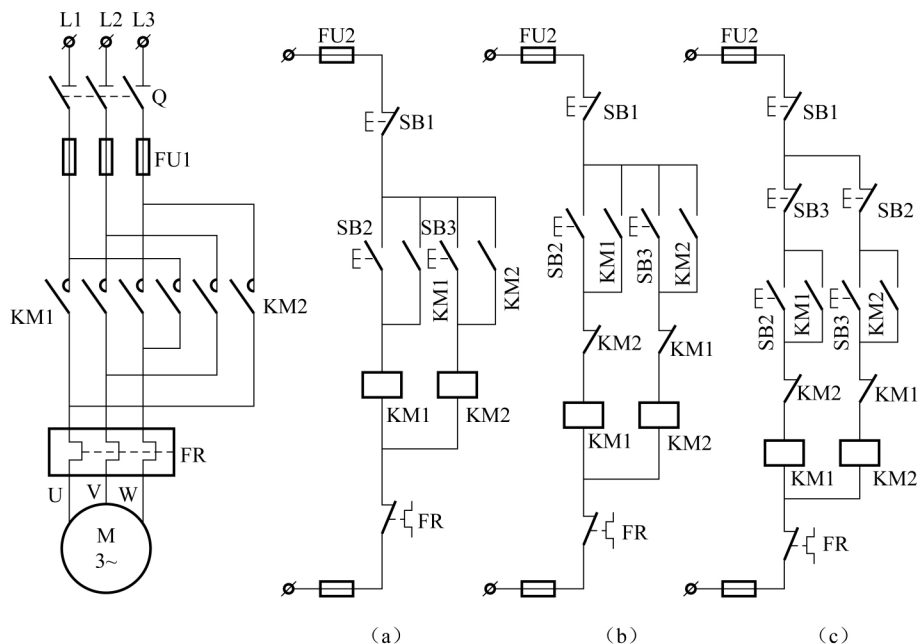


图 6.8 接触器控制电动机正反转电路

(1)电动机“正—停—反”控制电路。图 6.8(b)是利用正反转接触器的常闭辅助触头 KM1、KM2 实现互锁的,这种由接触器或继电器常闭触头构成的互锁称为电气互锁。在这一电气互锁电气控制电路中,要实现电动机由正转变反转或由反转变正转,都必须先按下停止按钮,然后再进行反转或正转的启动控制。这就构成了“正—停—反”或“反—停—正”的操作控制。

(2)电动机“正—反—停”的控制电路。在生产实际中为提高劳动生产率,减少辅助工时提供可能,满足了要求直接进行电动机正转变反转或反转变正转情况的换向控制。为此,将正、反转启动按钮的常闭触头串接在反、正转接触器线圈电路中,起互锁作用,这种互锁称按钮互锁。图 6.8(c)是具有电气、按钮双重互锁的电动机正反转电路。这种电路,若电动机正转运行需直接转换为反转时,可按下反转启动按钮,此时反转启动按钮的常闭触头先断开,于是切断了正转接触器线圈电路,正转接触器立即断电释放;进一步按下反转启动按钮,方使其常开触头闭合,于是接通反转接触器线圈电路,反转接触器线圈通电吸合,主触头闭合,电动机反向启动旋转,实现了电动机正反转的直接变换。直到电动机需停止时才按下停止按钮 SB1,完成了“正—反—停”的操作控制。这种具有双重互锁的电动机正反转电路在电力拖动控制系统中广为应用。