



职 · 场 · 金 · 钥 · 匙

电气控制 与可编程控制器

■ 赵化启 王越男 于贵文 编著



<http://www.phei.com.cn>



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

内容简介

职场金钥匙

本书是继《职场金钥匙》系列丛书之后，由清华大学出版社出版的一本关于电气控制与可编程控制器的专业教材。本书共分五章，第一章介绍电气控制系统的组成、分类及应用；第二章介绍三相异步电动机的控制；第三章介绍继电接触器控制系统的组成、分类及应用；第四章介绍可编程序控制器的组成、分类及应用；第五章介绍可编程序控制器的应用。本书可作为高等院校电气自动化专业及相关专业的教材，也可供从事电气控制工作的工程技术人员参考。

电气控制与可编程控制器

赵化启 王越男 于贵文 编著

（CIP）数据

本书可作为高等院校电气自动化专业及相关专业的教材，也可供从事电气控制工作的工程技术人员参考。

（CIP）数据

ISBN 978-7-131-09923-3

定价：15.00元

1. ①王... ②王... ③王...

中国版本图书馆(CIP)数据

责任编辑：王... 封面设计：王...

北京地区出版

北京市出版

北京市出版

北京市出版

北京市出版

北京市出版

北京市出版

北京市出版

北京市出版

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是根据高等院校自动化和电气工程专业课程的教学大纲和目前工程的实际应用出发编写的,介绍了各种低压电器的工作原理及其在控制线路中的作用,并详细介绍了传统继电器接触器控制系统中广泛应用的三相笼型异步电动机的一些基本控制规律,以及启动、调速、制动的典型控制线路;以应用较广泛的 OMRON CPM1A 为例,对可编程控制器的工作原理、硬件结构、编程元件与指令系统、通信功能等进行了较详细的介绍,同时给出了大量的应用实例,使读者对程序设计方法和设计步骤有深刻的理解。书中配有实验指导与课程设计,以加强对基本知识的理解。

本书适合从事电气控制的工程技术人员阅读,也可作为高等院校相关专业的教学用书。

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

电气控制与可编程控制器 / 赵化启, 王越男, 于贵文编著. —北京: 电子工业出版社, 2009.12
(职场金钥匙)

ISBN 978-7-121-09953-3

I. 电… II. ①赵…②王…③于… III. ①电气控制器②可编程序控制器 IV. TM571.2 TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 215960 号

策划编辑: 张 剑 (zhang@phei.com.cn)

责任编辑: 李光昊

印 刷: 北京市海淀区四季青印刷厂

装 订: 涿州市桃园装订有限公司

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 字数: 408 千字

印 次: 2009 年 12 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 29.00 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 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

本书是针对工程实际应用、教学需要和最新发展情况,根据高等院校自动化、电气工程专业课程的教学大纲编写而成的。

全书共 7 章和 5 个附录,其中:

第 1 章介绍电气控制线路基础。

第 2 章介绍 CPM1A 可编程控制器。

第 3 章介绍 CPM1A 系列 PLC 指令系统。

第 4 章介绍 PLC 编程注意事项及典型电路的编程设计。

第 5 章介绍 PLC 小控制系统设计实例。

第 6 章介绍 PLC 控制系统综合设计实例。

第 7 章介绍实验指导与课程设计。

附录介绍 CPM1A 系列 PLC 辅助继电器区、系统设定区域、CPU 规范、编程软件和通信技术。

本书由佳木斯大学赵化启编写了第 1 章、第 2 章和第 5 章,佳木斯大学王越男编写了第 4 章、第 6 章和第 7 章,哈尔滨商业大学于贵文编写了第 3 章。参与本书编写工作的还有管殿柱、宋一兵、李文秋、王献红、付本国、赵景波、谈世哲、张轩、田绪东等。全书由赵化启统稿。

本书适合从事电气控制的工程技术人员阅读,也可作为高等院校本科自动化、电气工程、机电一体化及相关专业的教学用书。

由于水平有限,编写时间仓促,书中难免有错误或不妥之处,敬请读者批评指正。

编 著 者

目 录

第 1 章 电气控制线路基础	1
1.1 电气控制线路绘制	1
1.1.1 常用电气图形符号和文字符号	1
1.1.2 电气控制线路的绘制原则	1
1.2 三相笼型异步电动机的启动控制规律	4
1.2.1 全压启动控制线路	4
1.2.2 降压启动控制线路	6
1.3 三相笼型异步电动机的制动控制线路	12
1.3.1 反接制动控制线路	12
1.3.2 能耗制动控制线路	13
1.4 三相笼型异步电动机的转速控制线路	15
1.4.1 变极调速控制线路	16
1.4.2 电动机的变频调速	17
1.5 电气控制线路的设计法	20
1.5.1 概述	20
1.5.2 一般设计法简介	20
1.5.3 逻辑设计法	22
1.5.4 一般设计法设计举例	23
1.6 生产机械的控制线路实例	26
1.6.1 钻床的结构	26
1.6.2 钻床电气控制	27
第 2 章 CPM1A 可编程控制器	30
2.1 可编程控制器简介	30
2.1.1 PLC 的特点	30
2.1.2 PLC 的工作原理	33
2.1.3 PLC 的编程语言	41
2.2 CPM1A 系列可编程控制器	42
2.2.1 CPM1A 系列 PLC 硬件系统	42
2.2.2 CPM1A 系列 PLC 存储区分配	44
第 3 章 CPM1A 系列 PLC 指令系统	49
3.1 常用基本指令	49
3.1.1 位逻辑指令	50
3.1.2 定时器/计数器指令	57

3.1.3	程序流向控制指令和暂存指令	60
3.2	常用应用指令	65
3.2.1	数据传送和数据比较指令	65
3.2.2	数据移位和数据转换指令	77
3.2.3	数据运算指令	89
3.2.4	子程序控制指令	97
3.2.5	中断指令	99
3.2.6	步进指令	104
3.2.7	高速计数器与高速脉冲输出指令	107
3.2.8	特殊指令	111
第4章	PLC 编程注意事项及典型电路的编程设计	113
4.1	PLC 编程时的注意事项	113
4.1.1	PLC 的编程规则	113
4.1.2	PLC 的基本编程方法	114
4.2	简单电路的编程设计	116
4.2.1	多重输入电路设计	116
4.2.2	保持电路设计	116
4.2.3	优先电路设计	117
4.2.4	比较电路设计	118
4.2.5	分频电路设计	118
4.3	定时器/计数器的扩展使用	119
4.3.1	断开延时电路	119
4.3.2	延时接通延时断开电路设计	120
4.3.3	振荡电路设计	120
4.3.4	占空比可调电路设计	121
4.3.5	计数器扩展电路设计	122
4.3.6	长延时定时器	123
4.4	报警电路设计	124
第5章	PLC 小控制系统设计实例	126
5.1	PLC 在电动机控制电路中的应用	126
5.1.1	PLC 在电动机正、反转控制电路中的应用	126
5.1.2	PLC 在电动机降压启动电路中的应用	129
5.2	送料小车设计	131
5.3	简单三组抢答器设计	133
5.4	密码锁控制设计	134
5.5	花式喷泉自控控制设计	136
5.6	自动循环彩灯设计	138
5.7	闪光灯控制系统设计	140

5.7.1	应用顺序控制方法设计	140
5.7.2	应用移位寄存器设计	142
5.8	皮带运输机控制系统设计	144
5.8.1	应用基本常用指令设计	145
5.8.2	应用顺序控制指令设计	146
5.9	三台电动机顺序启动	148
5.9.1	应用基本指令设计	148
5.9.2	采用应用指令设计	150
5.10	液体混合装置设计	151
5.11	按钮控制人行道交通灯设计	153
5.11.1	应用基本指令设计	153
5.11.2	应用顺序控制指令设计	155
5.12	十字路口交通灯设计	158
5.12.1	应用基本指令设计	159
5.12.2	应用顺序控制指令设计	161
5.13	自动清洗机的设计	163
第 6 章	PLC 控制系统综合设计实例	166
6.1	程序设计方法	166
6.1.1	经验设计法	166
6.1.2	逻辑设计法	167
6.1.3	顺序控制设计法	169
6.2	PLC 控制系统设计流程	172
6.2.1	分析控制任务	172
6.2.2	PLC 的选择	173
6.2.3	I/O 地址的分配	174
6.2.4	系统程序的设计	175
6.2.5	系统调试	176
6.3	PLC 在实际应用中需注意的问题	176
6.3.1	I/O 点数的简化	176
6.3.2	提高可靠性的措施	180
6.3.3	控制系统的抗干扰措施	183
6.3.4	防外部配线干扰	186
6.4	控制系统应用实例	187
6.4.1	机械手控制系统	187
6.4.2	草坪灌溉控制系统	194
6.4.3	物料袋装机设计	199
第 7 章	实验指导与课程设计	206
7.1	实验指导	206

7.1.1	实验示例	206
7.1.2	课程实验	207
7.2	PLC 课程设计	211
7.2.1	课程设计的基本要求	211
7.2.2	设计举例	212
7.2.3	设计题目	214
附录 A	CPM1A 系列 PLC 辅助继电器区	217
附录 B	CPM1A 系列 PLC 系统设定区域	218
附录 C	CPM1A 系列 PLC 的 CPU 规范	222
附录 D	CPM1A 系列 PLC 的通信技术	223
附录 E	CPM1A 系列 PLC 编程软件	235
参考文献		247

第1章 电气控制线路基础

在生产中,电动机的控制常使用继电器接触器控制系统,即把各种电器(继电器、接触器、按钮、行程开关、保护元件等),用导线按一定的控制方式连接起来的能满足生产工艺要求的自动控制线路。虽然生产工艺和生产过程不同,对控制线路的要求也不同,但是无论哪一种控制线路,都是由一些比较基本的典型控制线路组合而成的。因此,想要掌握复杂电气控制线路的分析方法和设计方法,必须先要掌握基本的控制线路及一些典型控制线路的工作原理、分析方法和设计方法。

本章主要介绍应用广泛的三相笼型异步电动机的一些基本控制规律和启动、调速、制动的典型控制线路。



本章重点

- ★ 三相笼型异步电动机的典型控制线路
- ★ 电气控制的设计法



1.1 电气控制线路绘制

电气控制线路是由许多电气元件按一定的控制要求连接起来的。在图中用不同的图形符号来表示各种电气元件,用不同的文字符号来说明图形符号所代表的电气元件的基本名称、用途、编号等信息。电气控制线路应该根据简明易懂的原则,采用国家规定的标准,用统一规定的图形符号、文字符号和标准画法进行绘制。

1.1.1 常用电气图形符号和文字符号

电气控制系统图、电气元件的图形符号和文字符号必须符合国家标准规定。国家标准局参照国际电工委员会(IEC)颁布的标准,制定了我国电气设备有关国家标准:GB 4728—84《电气图用图形符号》及GB 6988—87《电气制图》和GB 7159—87《电气技术中的文字符号制订通则》。规定从1990年1月1日起,电气控制线路中的图形和文字符号必须符合最新的国家标准。一些常用电气图形符号和文字符号如附录所示。

1.1.2 电气控制线路的绘制原则

电气控制系统图一般有两种:电气原理图、电气安装图。由于它们的用途不同,绘制原则也有差别。电气安装图是按照电器实际位置和实际接线的线路,这种线路便于安装。根据学生学习和实际需要,本书重点介绍电气原理图。



电气原理图是根据工作原理而绘制的。其目的是为了便于阅读和分析控制线路。它是电气元件的展开图，它包括所有电气元件的导电部件和接线端子，但并不按照电气元件的实际布置位置来绘制，也不反映电气元件的实际大小。

下面以图 1-1 所示的某机床电气原理图为例，来说明电气原理图的规定画法和应注意的事项。

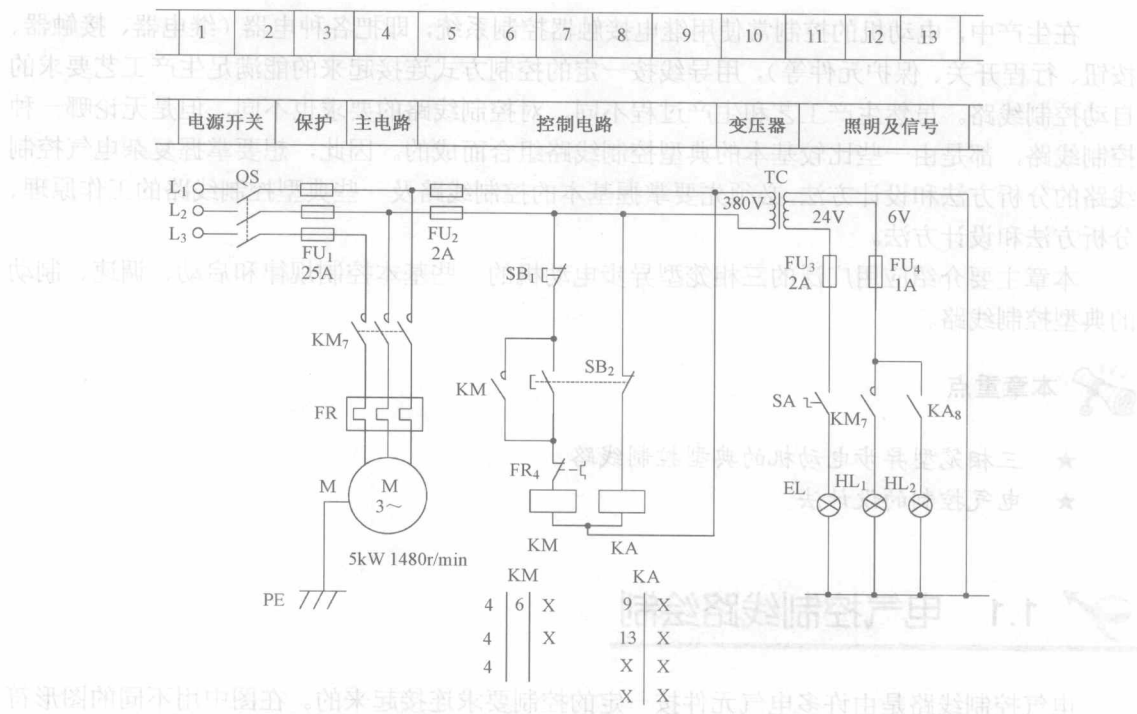


图 1-1 某机床电气原理图

1.1.2.1 绘制电气原理图时应遵循的原则

电气原理图一般分主电路和辅助电路两部分。主电路是电气控制线路中大电流通过的部分，包括从电源到电动机之间相连的电气元件，一般由组合开关、主熔断器、接触器主触点、热继电器的热元件和电动机等组成。辅助电路是控制线路中除主电路以外的电路，其流过的电流比较小。辅助电路包括控制电路、照明电路、信号电路和保护电路。其中控制电路是由按钮、接触器和继电器的线圈及辅助触点、热继电器触点、保护电器触点等组成的。

绘制电气原理图应遵循以下原则：

- (1) 所有电动机、电器等元件都应采用国家统一规定的图形符号和文字符号来表示。
- (2) 电气原理图中电气元件的布局，应根据便于阅读的原则安排。主电路用粗实线绘制在图面的左侧或上方，辅助电路也用粗实线绘制在图面的右侧或下方。无论主电路还是辅助电路，均按功能布置，尽可能按动作顺序从上到下、从左到右排列。
- (3) 电气原理图中，当同一电气元件的不同部件（如线圈、触点）分散在不同位置时，为了表示是同一元件，要在电气元件的不同部件处标注统一的文字符号。对于同类器件，要在其文字符号后加数字序号来区别。如两个时间继电器，可用 KT_1 、 KT_2 来区别。
- (4) 电气原理图中，所有电器均按没有通电或没有外力作用时的状态画出，即按自然状



态画出。对于继电器、接触器的触点，按其线圈不通电时的状态画出；对于按钮、行程开关等触点，按未受外力作用时的状态画出；控制器按手柄处于零位时的状态画出。

(5) 电气原理图中，应尽量减少线条和避免线条交叉。各导线之间有电联系时，在导线交点处画实心圆点。根据图面布置需要，可以将图形符号旋转绘制，一般逆时针方向旋转 90° ，但文字符号不可倒置。

1.1.2.2 画面图域的划分

图纸上方的 1、2、3 等数字是图区的编号，它是为了便于检索电气线路，方便阅读分析从而避免遗漏设置的。图区编号也可设置在图的下方。

图区编号下方的文字表明它对应的下方元件或电路的功能，使读者能清楚地知道某个元件或某部分电路的功能，以便于理解全部电路的工作原理。

1.1.2.3 符号位置的索引

符号位置的索引引用图号、页号和图区号的组合索引法，索引代号的组成如下：



图号

页号

图区号

图号是指当某设备的电气原理图按功能不同多册装订时，每册的编号，一般用数字表示。

当某一元件相关的各符号元素出现在不同图号的图纸上，而当每个图号仅有一页图纸时，索引代号中可省略“页号”及分隔符“·”。

当某一元件相关的各符号元素出现在同一图号的图纸上，而该图号有几张图纸时，可省略“图号”和分隔符“/”。

当某一元件相关的各符号元素出现在只有一张图纸的不同图区时，索引代号只用“图区号”表示。

如图 1-1 图区 3 中的 KM_7 常开触点中的下标的“7”即为最简单的索引代号。它指出了继电器 KM 的线圈位置在图区 7。

图 1-1 中接触器 KM 线圈及继电器 KA 线圈下方的文字是接触器 KM 和继电器 KA 相应触点的索引。在原理图中相应线圈下方，给出触点的图形符号，并在下面标明相应触点的索引代码，且对未使用的触点用“×”表明，有时也可采用省略的表示方法。

对接触器，上述表示法中各栏的含义如下所示：

左 栏	中 栏	右 栏
主触点所在的图区号	辅助常开触点所在的图区号	辅助常闭触点所在的图区号

对继电器，上述表示法中各栏的含义如下所示：

左 栏	右 栏
辅助常开触点所在的图区号	辅助常闭触点所在的图区号



1.2 三相笼型异步电动机的启动控制规律

三相异步电机按转子结构的不同,可分为笼型和绕线式两种。笼型转子的异步电动机结构简单、运行可靠、重量轻、价格便宜,得到了广泛的应用,所以本章主要讲解三相笼型异步电动机的控制线路。

1.2.1 全压启动控制线路

三相异步电动机的启动控制有直接启动、降压启动和软启动等方式。直接启动又称为全压启动,即启动时电源电压全部施加在电动机定子绕组上。在电源容量足够大时,小容量笼型电动机可直接启动。直接启动的优点是电气设备少,线路简单。缺点是启动电流大,引起供电系统电压波动,干扰其他用电设备的正常工作。

1.2.1.1 点动控制

某些生产机械在安装或维修后常常需要试车或调整,即所谓的“点动”控制。图 1-2 中,主电路由刀开关 QS、熔断器 FU_1 、接触器 KM 的主触点、热继电器 FR 的热元件和电动机 M 构成;控制电路由启动按钮 SB 和交流接触器线圈 KM 组成。当按下启动按钮时, KM 线圈通电, KM 主触点闭合,电动机转动;松开按钮后,按钮自动复位, KM 线圈断电使电动机停止转动。

1.2.1.2 连续控制

在实际生产中,往往要求电动机实现长时间连续转动,即连续运行,又称为长动控制。图 1-3 为三相笼型异步电动机连续运行控制线路。主电路由刀开关 QS、熔断器 FU_1 、接触器 KM 的主触点、热继电器 FR 的热元件和电动机 M 构成。控制电路由热继电器 FR 的常闭触点、停止按钮 SB_1 、启动按钮 SB_2 、接触器 KM 常开触点和线圈组成。

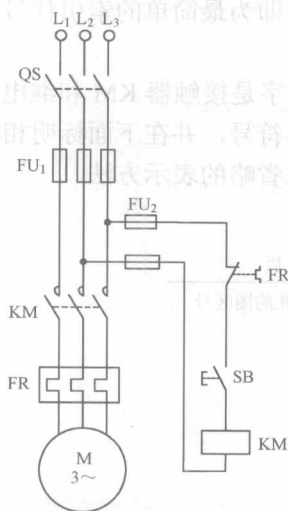


图 1-2 点动控制线路

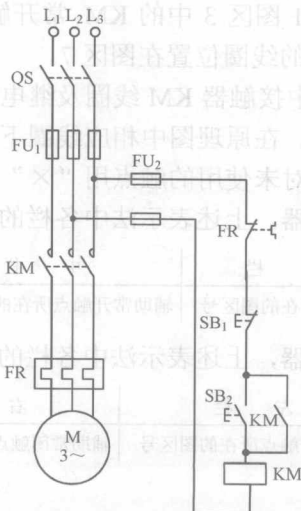


图 1-3 三相笼型异步电动机连续运行控制线路



工作过程：合上 QS → 按下启动按钮 SB₂ → 接触器 KM 线圈通电 → KM 主触点闭合 → 电动机 M 接通电源运转

(松开 SB₁)

启动：合上 QS → 按下启动按钮 SB₂ → 接触器 KM 线圈通电 → KM 主触点闭合 → 电动机 M 接通电源运转
KM 常开 → 自锁
辅助触点闭合

停止：按下停止按钮 SB₁ → KM 线圈断电 → KM 主触点断开 → 电动机 M 断电停转
辅助常开触点断开 → 自锁解除

由图 1-3 可以看出，接触器 KM 的辅助常开触点是并接于启动按钮的，这样，当手松开 SB₂ 时，按钮在复位弹簧的作用下自动复位时，接触器 KM 的线圈通过其辅助常开触点的闭合仍继续保持通电，从而保证电动机的连续运行。这种通过主令电器的常开触点和接触器（继电器）本身的常开触点相并联而使线圈保持通电的控制方式，称为自锁。起到自锁作用的辅助常开触点称自锁触点。由于有自锁的存在，可以使电动机连续运行；当停止信号出现后，由于自锁回路断开而不能自行启动。

1.2.1.3 既能点动又能连续运行控制

图 1-4 为既能实现连续运行，又能实现点动的控制线路图。

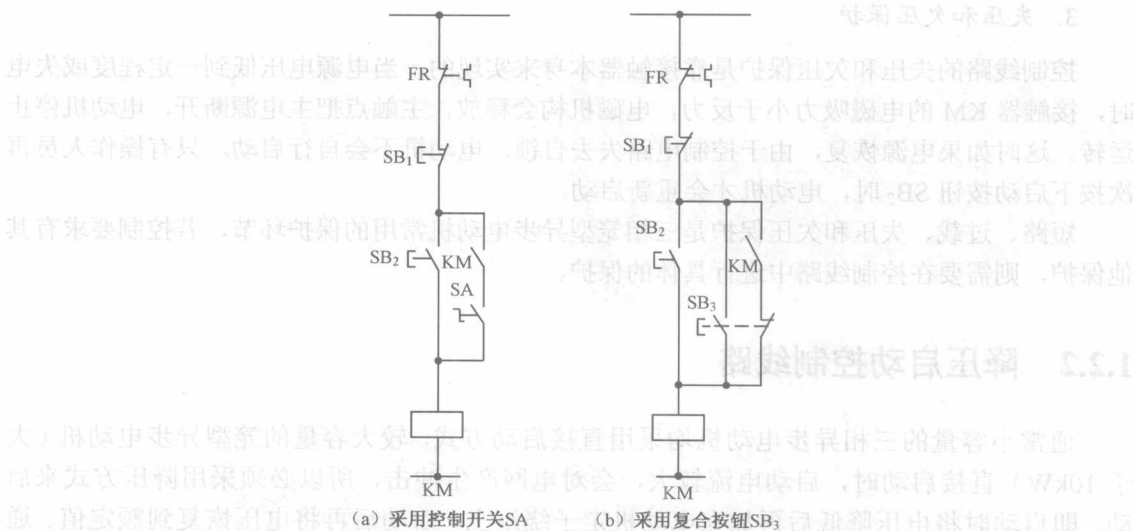


图 1-4 连续与点动控制线路

图 1-4 (a) 采用控制开关 SA 实现控制，工作过程如下：

(1) 点动控制时，先把 SA 打开，断开自锁电路 → 按下按钮 SB₂ → KM 线圈通电 → 电动机 M 点动；

(2) 长动控制时，把 SA 合上 → 按下按钮 SB₂ → KM 线圈通电，自锁触点闭合 → 电动机 M 实现长动。

图 1-4 (b) 采用复合按钮 SB₃ 实现控制，工作过程如下：

(1) 点动控制时，按下复合按钮 SB₃，断开自锁回路 → KM 线圈通电 → 电动机 M 点动；



(2) 长动控制时, 按下连续按钮 $SB_2 \rightarrow KM$ 线圈通电, 自锁触点闭合 $\rightarrow$ 电动机 M 长动运行。

1.2.1.4 保护环节

1. 短路保护

发生短路时, 短路电流会产生力效应和热效应, 使电动机受到损害, 因此当线路发生短路时, 必须要可靠迅速地切断短路电流。图 1-2 中, FU_1 作为主电路的短路保护, 控制电路的短路保护是靠 FU_2 实现的。但是, 熔断器熔体的熔化电流不太稳定, 所以在动作准确度不高和自动化程度要求不高的场合通常使用熔断器作为线路的短路保护。

2. 过载保护

电动机长期超载运行, 会造成电动机绕组温升超过其允许值而损坏, 通常要采取过载保护。热继电器 FR 用做控制线路的电动机过载保护, 它具有如同电动机过载特性那样的反时限特性。由于热继电器是根据发热元件的热惯性设计的, 热惯性较大, 在过载电流通过一定时间后才能动作, 不能做瞬时过载保护。控制电路中放置了 FR 的常闭触点, 只有过载时间比较长时, 热继电器动作, FR 的常闭触点断开, 接触器 KM 线圈失电, 主触点 KM 断开主电路, 电动机停止运转, 从而实现了电动机的过载保护。

3. 失压和欠压保护

控制线路的失压和欠压保护是靠接触器本身来实现的。当电源电压低到一定程度或失电时, 接触器 KM 的电磁吸力小于反力, 电磁机构会释放, 主触点把主电源断开, 电动机停止运转。这时如果电源恢复, 由于控制电路失去自锁, 电动机不会自行启动。只有操作人员再次按下启动按钮 SB_2 时, 电动机才会重新启动。

短路、过载、失压和欠压保护是三相笼型异步电动机常用的保护环节, 若控制要求有其他保护, 则需要在控制线路中进行具体的保护。

1.2.2 降压启动控制线路

通常小容量的三相异步电动机均采用直接启动方式。较大容量的笼型异步电动机 (大于 $10kW$) 直接启动时, 启动电流较大, 会对电网产生冲击, 所以必须采用降压方式来启动, 即启动时将电压降低后再加在电动机定子绕组上, 启动后再将电压恢复到额定值。通过降低电压可以减小启动电流, 但是同时也降低了启动转矩, 因此此方法适用于空载或轻载启动。

降压启动方式有定子电路串电阻、星形-三角形、自耦变压器、延边三角形和使用软启动器等多种。其中定子电路串电阻和延边三角形方法已基本不用, 本节主要讲述星形-三角形、自耦变压器降压启动和使用软启动器的方法。

1.2.2.1 星形-三角形 ($Y-\Delta$) 降压启动控制线路

星形-三角形降压启动仅用于正常运行时为三角形绕组的电动机。启动时, 将电动机定子绕组连接成星形 (Y), 此时电动机每相绕组的电压是电源电压的 $1/\sqrt{3}$, 所以启动转矩是三角



形(Δ)接法的 $1/3$, 启动电流也是三角形启动时的 $1/3$, 达到了减小启动电流的目的。启动后, 再将绕组换成三角形接法, 电动机在额定电压下工作。

星形-三角形降压启动控制线路如图 1-5 所示。启动过程由时间继电器控制。

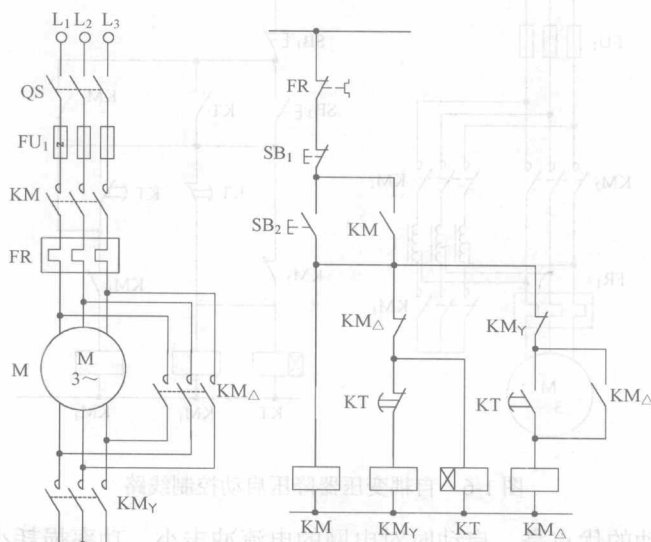


图 1-5 星形-三角形降压启动控制线路

其工作过程如下:

合上刀开关 $\rightarrow$ 按下启动按钮 $\rightarrow$ 接触器 KM 通电 $\rightarrow$ KM 主触点闭合, M 接通电源
关 QS 按钮 SB_2 $\rightarrow$ 接触器 KM_Y 通电 $\rightarrow$ KM_Y 主触点闭合定子绕组接成星形
 M 降压启动
 $\rightarrow$ 时间继电器 KT $\rightarrow$ KT 延时打开的常闭触点断开 $\rightarrow$
通电延时 t 秒 $\rightarrow$ KT 延时闭合的常开触点闭合 $\rightarrow$
 $\rightarrow$ KM_Y 断电 $\rightarrow$ 降压启动结束
 $\rightarrow$ KM_Δ 通电 $\rightarrow$ KM_Δ 主触点闭合, 定子绕组接成三角形 $\rightarrow$ M 以额定电压运行
 $\rightarrow$ KM 常闭辅助触头断开 $\rightarrow$ KT 线圈断电

星-三角形降压启动方法投资少, 线路简单, 启动电流对电网冲击小, 但同时启动转矩只是原来三角形启动时的 $1/3$, 所以这种启动方法适用于小容量电动机和电动机在空载或轻载启动的场合。

1.2.2.2 自耦变压器降压启动控制线路

该控制方法是在电动机的定子绕组中串入自耦变压器, 启动时, 将电压降低后的自耦变压器的副边电压加到电动机的定子绕组上, 启动完毕便将自耦变压器短接, 此时电源电压(自耦变压器的原边电压)直接加到定子绕组, 电动机全压运行。自耦变压器副边有 $2\sim 3$ 组抽头($40\%U_N$, $60\%U_N$ 和 $80\%U_N$), 工作人员可根据负载选择不同的启动电压。自耦变压器降压启动控制线路如图 1-6 所示。启动时间由时间继电器设定。其动作原理与图 1-5 类似, 读者可自行分析。

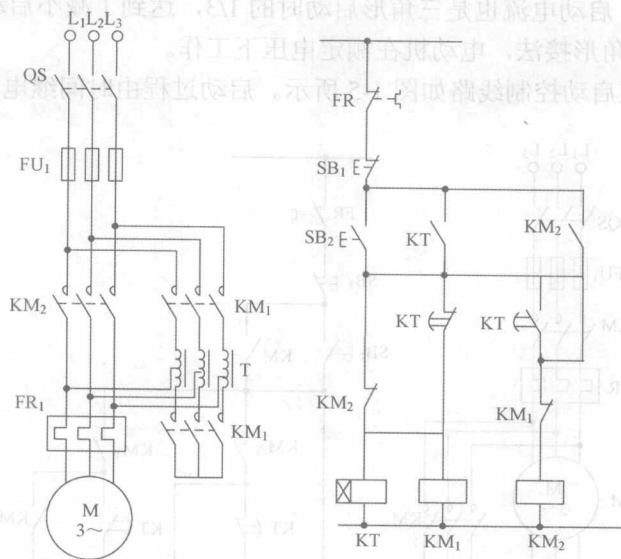


图 1-6 自耦变压器降压启动控制线路

自耦变压器启动的优点是,启动时对电网的电流冲击小,功率损耗小,启动转矩可通过改变抽头的位置得到改变。缺点是自耦变压器相对结构复杂,价格较高,且不允许频繁启动。这种方式主要用于启动较大容量的电动机。

综合以上几种启动方法可见,一般均按照时间原则实现降压启动。由于这种线路工作可靠,受外界因素如负载、飞轮转动惯量及电网电压的影响较小,线路比较简单,因而在电动机启动控制线路中多采用时间控制其启动过程。

1.2.2.3 软启动器降压启动控制线路

传统的三相异步电动机的启动线路比较简单,不需要增加额外启动设备,但其启动电流冲击一般还很大,启动转矩较小而且固定不可调;电动机停机时都采用控制接触器触点断开,切掉电动机电源,电动机自由停车,这样也会造成剧烈的电网波动和机械冲击。因此这些方法经常用于对启动要求不高的场合。

在一些对启动要求较高的场合,可选用软启动装置。其主要特点是:具有软启动和软停车功能,启动电流、启动转矩可调,另外还具有电动机的多种保护等功能。

1. 软启动器的工作原理

软启动器是利用电力电子技术与自动控制技术(包括计算机技术)结合起来的控制技术。它由功率半导体器件和其他电子元器件组成。其内部原理图如图 1-7 所示。

当电动机启动时,由电子电路控制晶闸管的导通角,使电动机的端电压以设定的速度逐渐升高,一直升到全电压,使电动机实现无冲击启动到控制电动机软启动的过程。当电动机启动完成并达到额定电压时,使三相旁路接触器闭合,电动机直接投入电网运行。在电动机停机时,也通过控制晶闸管的导通角,使电动机端电压慢慢降低至 0,从而实现软停机。

软启动的特性:

(1) 启动电流以一定的斜率上升至设定值,对电网无冲击。

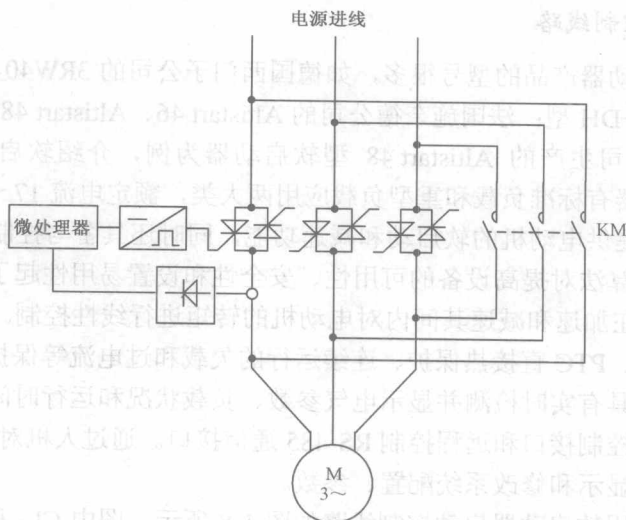


图 1-7 软启动器内部原理图

(2) 启动过程中引入电流负反馈, 启动电流上升至设定值后, 使电动机启动平稳。

(3) 不受电网电压波动的影响。由于软启动以电流为设定值, 电网电压上下波动时, 通过增减晶闸管的导通角, 调节电动机的端电压, 仍可维持启动电流恒值, 保证电动机正常启动。

(4) 针对不同负载对电动机的要求, 可以无级调整启动电流设定值, 改变电动机启动时间, 实现最佳启动时间控制。

由于软启动器对电流实时监测, 因此还具有对电动机和软启动器本身的热保护、限制转矩和电流冲击、三相电源不平衡、缺相、断相等保护功能, 并可实时检测并显示如电流、电压、功率因数等参数。

软启动器的启、停方式:

(1) 电压斜坡软启动。启动电动机时, 软启动器的电压快速升至 U_1 , 然后在设定时间 t 内逐渐上升, 电动机随着电压上升不断加速, 达到额定电压和额定转速时, 启动过程完成。

(2) 限流启动。启动电动机时, 软启动器的输出电压迅速增加, 直到输出电流达到限定值, 保持输出电流不大于该值, 电压逐步升高, 使电动机加速, 当达到额定电压、额定转速时, 输出电流迅速下降至额定电流, 启动过程完成。该方式用于某些需快速启动的负载电动机。

(3) 斜坡限流启动。启动电动机时, 输出电压在设定时间内平稳上升, 同时输出电流以一定的速率增加, 当启动电流增至限定值 1mA 时, 保持电流恒定, 直至启动完成。该方式适用于泵类及风机类负载电动机。

(4) 软停车。在该方式下停止电动机时, 电机的输出电压由额定电压在设定的软停时间内逐步降低至零, 停车过程完成。该方式常用于水泵负载, 成功地解决了传统停车过程中的“水锤”现象。

(5) 制动停车。当电动机需要快速停机时, 软启动器具有能耗制动功能。在实施能耗制动时, 软启动器向电动机定子绕组通入直流电, 由于软启动器是通过晶闸管对电动机供电, 因此很容易通过改变晶闸管的控制方式而得到直流电。通过调节加入的制动电流幅值和时间来调节制动时间。