

零起点学自动化技术丛书

零起点

学西门子变频器应用

LINGQIDIAN XUE XIMENZI BIANPINQI YINGYONG

李方园 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



● 零起点学自动化技术丛书 ●

零起点学西门子 变频器应用

李方园 等编著



机械工业出版社

本书从变频器应用与工程设计人员的实际需要出发,在广泛吸收国外先进设计思想、先进标准的基础上,介绍了通用变频器的理论,并对当前市场上主流的西门子 MM4、6SE70、G120 和 S120 系列变频器的规格、控制系统设计、功能、参数、操作等方面的内容进行了全面、系统、深入、具体的介绍。本书通过案例解说的方式,功能说明深入细致,理论联系实际,面向工程应用,力求做到让读者所读即所用。

本书深入浅出、图文并茂,适合广大变频器工程和设计人员和中高级电工阅读,也适合相关院校的电气、自动化、机电一体化、应用电子技术等专业的学生用于自学和参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

零起点学西门子变频器应用/李方园等编著. —北京:机械工业出版社, 2011. 11

(零起点学自动化技术丛书)

ISBN 978-7-111-36363-7

I. ①零… II. ①李… III. ①变频器—基本知识 IV. ①TN773

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 227377 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:林春泉 责任编辑:吕 潇

版式设计:张世琴 责任校对:樊钟英

封面设计:路恩中 责任印制:李 妍

北京振兴源印务有限公司印刷

2012 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm · 15.75 印张 · 388 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-36363-7

定价:43.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
电话服务 网络服务

社服务中心:(010) 88361066

销 售 一 部:(010) 68326294

销 售 二 部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203

门户网: <http://www.cmpbook.com>

教材网: <http://www.cmpedu.com>

封面防伪标均为盗版

前 言

本书从变频器设计、使用以及维修人员的实际需要出发,在广泛吸收国外先进设计思想、先进标准的基础上,介绍了通用变频器的理论,对当前市场上主流的西门子 MM4、6SE70、G120 和 S120 系列变频器的规格、控制系统设计、功能、参数、操作、维修等方面的内容进行了全面、系统、深入、具体的介绍。本书通过案例解说的方式,功能说明深入细致,理论联系实际,面向工程应用,力求做到让读者所读即所用。

本书共分 13 讲:第 1~7 讲分别阐述了 MM4 系列变频器的基本操作、PID 应用、高级功能、USS 通信和工程设计;第 8 讲介绍了 6SE70 系列变频器的基本操作与应用;第 9 讲介绍了 MM4 和 6SE70 系列变频器与 PC 通信的案例;第 10 讲介绍了 MM4 和 6SE70 系列变频器与 PLC 进行 PROFIBUS 通信的案例;第 11~13 讲介绍了最新的变频器 G120、S120 的基本操作与通信功能。

本书具有下列主要特点:

1) 简明扼要地阐述了变频器的最基本原理和功能方式,并以此为前提结合实际工程案例,在案例中得到理论的验证;

2) 结构清晰,以“MM4 系列—6SE70—G120—S120”4 种不同的变频器为主线,由浅入深地介绍了变频器在自动化工程中的实践和案例;

3) 实践和工程案例突出,在变频器应用中,侧重将生产工艺等变频器应用背景进行了一定介绍,以方便用户理解。

在本书的编写过程中,得到了张永惠教授、李永东教授的大力支持,西门子公司、亚洲浆纸业集团、宁波钢铁有限公司、常州米高电子科技有限公司等厂商相关人员提供了相当多的典型案例和维护经验。本书的编写参考和引用了国内外许多专家、学者最新发表的论文和著作等资料,作者在此一并致谢。另外,陈亚玲、叶明、陈贤富、沈阿宝、陈亚珠、李伟庄、章富科、方定桂、刘军毅、戴琴、王永行、刘伟红、钟晓强、杨帆、乐斌等也参与了编写工作。

作者

目 录

第1讲 认识西门子 MM4 系列变频器	1
1.1 通用变频器入门	1
1.1.1 变频器入门知识	1
1.1.2 变频器的分类与结构	2
1.1.3 MM4 变频器概述	4
1.2 MM4 系列变频器的外部接线	5
1.2.1 MM440 变频器的外部接线	5
1.2.2 MM430 变频器的外部接线	5
1.3 MM4 系列变频器的基本操作	9
1.3.1 键盘操作器 AOP/BOP	9
1.3.2 基本键盘操作器 BOP 上的显示、按钮及其含义	9
1.3.3 用 BOP 更改一个参数的案例	10
1.3.4 用 AOP 调试变频器	14
1.4 MM420 变频器的上电运行	15
1.4.1 MM420 变频器的外部接线	15
1.4.2 MM420 变频器的默认设置	15
1.4.3 上电运行	17
第2讲 MM4 系列变频器的快速调试与参数设置	19
2.1 MM4 系列变频器快速调试前的工作	19
2.1.1 了解变频器所带动电动机的基本参数	19
2.1.2 了解变频器的停车功能	19
2.1.3 了解变频器的制动功能	21
2.1.4 复位为出厂时变频器的默认设置值	23
2.2 MM440 变频器快速调试的基本流程	23
2.3 MM420 变频器调试案例分析	30
2.4 MM440 变频器调试案例分析	32
2.4.1 MM440 变频器的面板操作与运行	32
2.4.2 MM440 变频器的外部运行操作	34
2.4.3 MM440 变频器的模拟信号操作控制	36
2.4.4 MM440 变频器的多段速运行操作	38
第3讲 MM4 系列变频器的 PID 控制功能	42
3.1 PID 控制功能概述	42
3.1.1 自动控制基本概念	42
3.1.2 PID 控制	43

3.1.3	PID 算法	44
3.1.4	MM440 变频器 PID 控制运行操作	44
3.1.5	MM420 变频器应用 PID 控制的简单案例	48
3.2	MM4 变频器的供水 PID 控制功能	49
3.3	MM440 变频器 PID 控制功能在供水中的应用	52
3.3.1	MM440 变频器的供水应用案例	52
3.3.2	供水应用中压力传感器的选择	52
3.4	MM430 变频器的 PID 节能应用	54
3.4.1	MM430 变频器 PID 控制功能实现步骤	54
3.4.2	MM430 变频器的节能控制功能	57
第 4 讲	MM4 系列变频器的高级功能	59
4.1	MM4 系列变频器参数的 BiCo 功能	59
4.1.1	MM4 系列变频器 BiCo 功能的定义	59
4.1.2	“变频器的停车方式由 OFF1 改为 OFF3”的 BiCo 功能实践	61
4.1.3	“三线按钮控制”的 BiCo 功能实践	61
4.1.4	“手动/自动切换控制”的 BiCo 功能实践	62
4.1.5	其他 BiCo 功能案例	62
4.2	MM4 系列变频器的 DDS 和 CDS 功能	64
4.3	MM440 变频器在电梯控制中的应用	65
第 5 讲	MM4 系列变频器与 S7-200 PLC 进行通信	80
5.1	USS 协议概述	80
5.2	MM420 变频器与 S7-200 PLC 的通信	82
5.3	MM440 变频器与 S7-200 PLC 的通信	87
第 6 讲	MM4 系列变频器与 S7-1200 PLC 进行通信	90
6.1	S7-1200 PLC USS 通信概述	90
6.2	MM4 系列变频器与 S7-1200 PLC 的通信	93
第 7 讲	MM4 系列变频器工程设计案例	99
7.1	MM430 变频器在多泵变频控制中的应用	99
7.1.1	多泵恒压供水控制概述	99
7.1.2	基于 MM430 变频器的多泵供水控制系统设计	101
7.2	MM440 变频器在溜槽旋转控制中的应用	105
7.2.1	项目背景	105
7.2.2	具体设计	105
第 8 讲	6SE70 变频器的操作与应用	112
8.1	6SE70 变频器概述	112
8.1.1	6SE70 变频器的接线	112
8.1.2	6SE70 变频器的应用特点	114
8.2	6SE70 变频器的参数设置	115
8.2.1	参数及参数设置单元 PMU	115

8.2.2	功能块	117
8.2.3	参数菜单	119
8.2.4	在 PMU 上实现 6SE70 变频器参数初始化	122
8.2.5	用参数模块进行参数设置	122
8.3	6SE70 变频器的安装与调试	124
8.3.1	6SE70 变频器的端子及其设定	124
8.3.2	6SE70 变频器调试步骤	127
8.3.3	6SE70 变频器调试案例	131
8.3.4	捕捉再起功能	132
8.4	6SE70 变频器在高炉卷扬机上的应用	133
8.4.1	高炉卷扬机基本结构	133
8.4.2	系统配置	134
第 9 讲	MM4、6SE70 系列变频器与 PC 进行通信	138
9.1	变频器与 PC 通过 Drive Monitor 进行通信	138
9.1.1	Drive Monitor 简介	138
9.1.2	MM4 系列变频器与 PC 通过 Drive Monitor 进行通信	138
9.1.3	6SE70 变频器与 PC 通过 Drive Monitor 进行通信	141
9.2	变频器与 PC 通过 STARTER 进行通信	143
9.2.1	STARTER 简介	143
9.2.2	MM4 系列变频器与 PC 通过 STARTER 进行通信	143
9.3	Drive Monitor 与 STARTER 的数据转换	157
第 10 讲	MM4、6SE70 系列变频器与 S7-300 PLC 通信	161
10.1	S7-300 PLC 与 MasterDrives 变频器的通信	161
10.1.1	硬件配置	161
10.1.2	硬件组态	161
10.1.3	STEP 7 编程	166
10.1.4	变频器参数设置	167
10.1.5	通信测试	167
10.2	S7-300 与 MM420 PROFIBUS-DP 通信	168
10.2.1	案例介绍	168
10.2.2	通信设置	169
10.2.3	PLC 编程的数据传送规则	171
10.3	S7-300C 与 MM440 PROFIBUS-DP 通信	171
10.3.1	案例介绍	171
10.3.2	组态主站系统	172
10.3.3	组态从站	174
10.3.4	MM440 参数设置	175
10.3.5	程序的编写	175
10.3.6	数据传送规则	177

10.3.7 实例	177
10.4 基于 Drive ES for PCS7 的 MM440 应用	178
10.4.1 Drive ES for PCS7 功能简介	178
10.4.2 Drive ES for PCS7 组态过程	178
第 11 讲 G120 变频器的基本操作与应用	183
11.1 G120 变频器概述	183
11.2 G120 变频器的参数设置	185
11.2.1 BOP 操作面板	185
11.2.2 G120 变频器的参数属性	187
11.2.3 通过操作面板进行参数修改案例	188
11.2.4 通过操作面板快速调试 G120 变频器	188
11.2.5 MMC 存储卡的安装与拆卸	193
11.3 G120 变频器的控制与应用	196
11.3.1 G120 变频器的 2- 线、3- 线控制	196
11.3.2 G120 变频器点对点通信功能及应用实例	198
第 12 讲 S120 变频器的基本操作与应用	206
12.1 S120 变频器的基本操作	206
12.1.1 概述	206
12.1.2 调试软件介绍	207
12.2 CUA31 的功能和使用	216
第 13 讲 变频器与 HMI 的通信	221
13.1 MM440 变频器与 HMI 直接通信	221
13.2 S120 变频器与 HMI 直接通信	226
13.3 G120 变频器与 WinCC 的通信	229

认识西门子 MM4 系列变频器

► 导读

变频器是利用电力半导体器件的通断作用，将工频电源变换为另一频率的电能控制装置，能实现对交流异步电动机的软起动、变频调速、提高运转精度、改变功率因数、过电流/过电压/过载保护等功能。本讲主要介绍了西门子变频器中的 MM4 系列，包括国内应用最多的 MM420 通用型、MM430 风机水泵型、MM440 矢量型变频器等。

1.1 通用变频器入门

1.1.1 变频器入门知识

变频调速是通过改变异步电动机供电电源的频率 f 来实现无级调速的，其接线如图 1-1 所示，电动机采用变频调速以后，电动机转轴直接与负载连接，电动机由变频器供电。变频调速的关键设备就是变频器，变频器是一种将交流电源整流成直流后再逆变成频率、电压可变的交流电源的专用装置，主要由功率模块、超大规格专用单片机等构成，变频器能够根据转速反馈信号调节电动机供电电源的频率，从而实现相当宽频率范围内的无级调速。



图 1-1 变频调速接线图

在变频器控制中，经常采用的一种方法是电压/频率协调控制（即 V/f 控制），并分为基频（额定频率）以下和基频以上两种情况。

1. 基频以下调速

为了充分利用电动机铁心，发挥电动机产生转矩的能力，在基频以下采用恒磁通控制方式，要保持 Φ_m 不变，当频率 f_1 从额定值 f_{1n} 向下调节时，必须同时降低 E_g ，即采用电动势频率比为恒值的控制方式。然而，绕组中的感应电动势是难以直接控制的，当电动势值较高时，可以忽略定子电阻和漏磁感抗压降，而认为定子相电压 $U_s \approx E_g$ ，则得

$$\frac{E_g}{f_1} = \text{常值}$$

这是恒压频比的控制方式，其控制特性如图 1-2 所示。

低频时, U_s 和 E_g 都较小, 定子电阻和漏磁感抗压降所占的分量相对较大, 可以人为地抬高定子相电压 U_s , 以便补偿定子压降, 称作低频补偿或转矩提升。

2. 基频以上调速

在基频以上调速时, 频率从 f_{in} 向上升高, 但定子电压 U_s 却不可能超过额定电压 U_{sN} , 只能保持 $U_s = U_{sN}$ 不变, 这将使磁通与频率成反比地下降, 使得异步电动机工作在弱磁状态。

把异步电动机基频以下和基频以上两种情况的控制特性画在一起, 即是其变频调速的控制特性, 如图 1-3 所示。如果电动机在不同转速时所带的负载都能使电流达到额定值, 即都能在允许温升下长期运行, 则转矩基本上随磁通变化而变化。按照电力拖动原理, 在基频以下, 磁通恒定, 转矩也恒定, 属于“恒转矩调速”性质, 而在基频以上, 转速升高时磁通恒减小, 转矩也随着降低, 基本上属于“恒功率调速”。

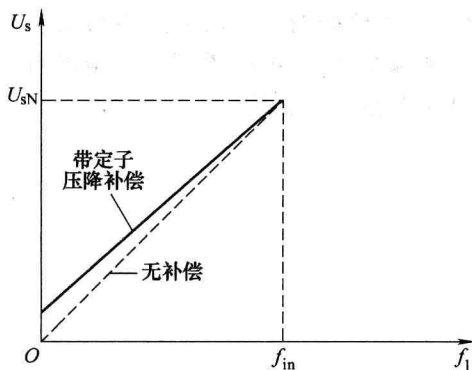


图 1-2 恒压频比控制特性

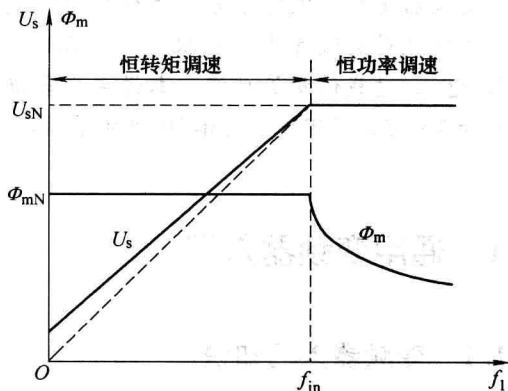


图 1-3 异步电动机变频调速的控制特性

1.1.2 变频器的分类与结构

根据变换环节, 变频器分为交—交变频器和交—直—交变频器。

交—交变频器, 是把频率固定的交流电变换成频率连续可调的交流电的电源设备。主要优点是中间环节, 变频效率高, 但其连续可调的频率范围窄, 一般为额定频率的 1/2 以下。

交—直—交变频器是先把频率固定的交流电整流成直流电, 再把直流电逆变成频率连续可调的交流电的电源设备。把直流电逆变成交流电的环节较易控制, 因此在频率的调节范围内以及改善频率后电动机的特性等方面, 交—直—交变频器具有明显优势。

交—直—交变频器的基本构成包括整流电路、中间直流环节、制动电路、逆变电路等的主电路和控制电路。其基本结构如图 1-4 所示。

1. 整流电路

一般的三相变频器的整流电路由三相全波整流桥组成, 主要作用是对外部交流电源供应的工频电流进行整流, 为逆变电路和控制电路提供所需要的直流电源。

2. 逆变电路

逆变电路主要作用是通过逆变器中主开关器件有规律地通与断, 输出可改变电压和频率

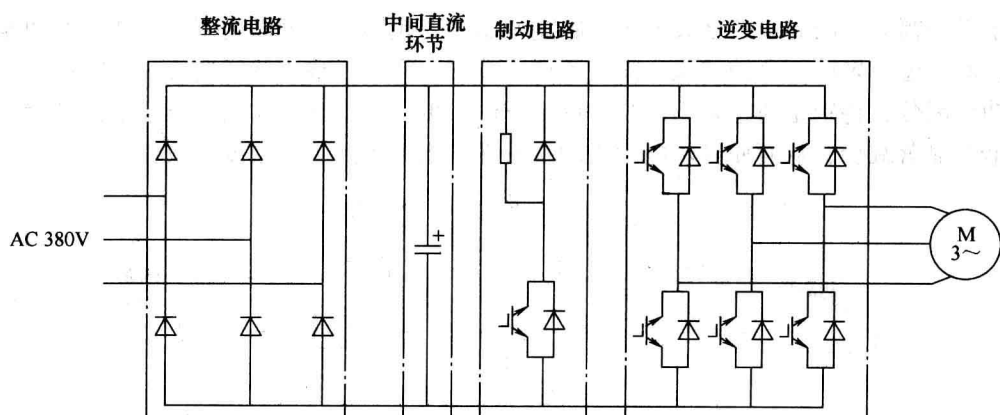


图 1-4 变频器结构示意图

的交流电。

常用的开关器件有绝缘栅双极型晶体管（Insulated Gate Bipolar Transistor, IGBT）、功率（金属-氧化物-半导体）场效应晶体管（Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor, MOSFET）、大功率晶体管（Giant Transistor, GTR）、门极关断（Gate-Turn-off GTO）晶闸管等。图 1-5 所示为几种开关器件的结构示意图。

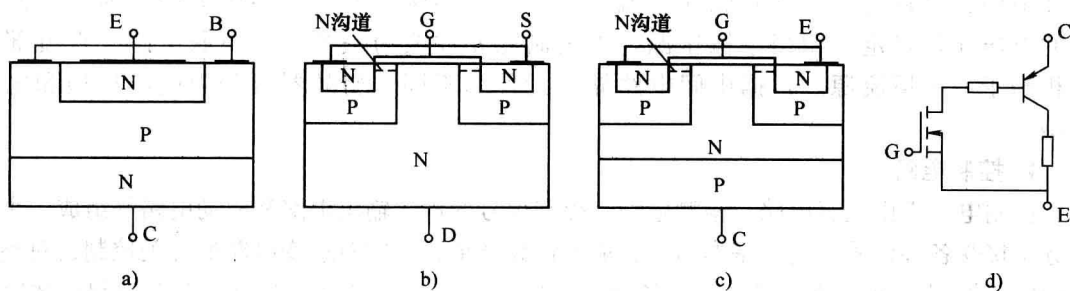


图 1-5 几种开关器件的结构示意图

a) GTR b) MOSFET c) IGBT d) IGBT 等效原理

在较早的逆变器中，所采用的电力电子器件主要是晶闸管，其开关频率较低，调速系统主要采用调压与调频分别控制的方式，即相控整流器控制输出电压的幅值，逆变器开关频率控制决定输出电压的频率。这种调压和调频分别控制方式结构简单，易于调整，但存在调速系统功率因数差、转矩脉动大、动态响应慢等缺点。

近年来，随着电力电子技术的发展，具有自关断能力的器件，如 GTR 和 GTO 开始得到广泛的应用，产生了一种新型的调压-调频综合控制技术——脉宽调制（PWM）技术及相应的 PWM 逆变器。

新型 SPWM（正弦波脉宽调制）逆变器，均以 IGBT 为开关器件。IGBT 融合了 GTR 与 MOSFET 的优点，具有容量大、开关频率高等特点，IGBT 的平均开关频率能够达到 20kHz。SPWM 逆变器能够同时完成调压和调频的任务。SPWM 逆变器的原理如图 1-6 所示。采用参考正弦电压波与载频三角波互相比，决定主开关的导通时间来实现调压，利用脉冲宽度的

改变来得到幅值不同的正弦基波电压。脉宽调制型变频器不仅可以把调压和调频的功能集于一身,而且还因采用不可控整流,简化了整流装置,降低了整流器的造价,同时还改善了系统的功率因数,特别是通过采用适当的调制方法,可以使变频器输出电压中谐波分量尤其是低次谐波显著减少,从而使异步电动机的技术性能指标得到了大幅度的改善。

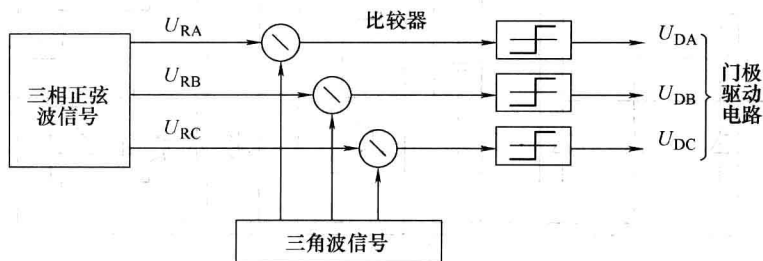


图 1-6 SPWM 调制方式原理图

3. 中间直流环节

逆变器的负载主要是异步电动机,属于感性负载。无论电动机处于电动或发电制动状态,其功率因数总不会为 1,因此在中间直流环节与电动机之间总会有无功功率的交换,这种无功能量要依靠中间直流环节的电容器或电抗器等储能元件来缓冲。中间储能元件采用大容量的电容,并联在直流环节上,电容两端的电压不能突变,因此直流环节的电压比较稳定,相当于恒压源。中间储能元件改为一个大的串联电感,直流部分就相当于一个恒流源。根据中间电路储能元件的不同,变频器可分为电压源型和电流源型。

4. 控制电路

控制电路常由运算电路、检测电路、控制信号的输入输出电路和驱动电路等组成。主要任务是接受各种信号,进行基本运算,输出计算结果,完成对逆变电路的开关控制,对整流器的电压控制(可控型)以及完成各种保护功能等。控制方法可以采用模拟控制或数字控制,采用尽可能简单的硬件电路,主要靠软件来完成各种功能。由于软件的灵活性,数字控制方式常可以完成模拟控制方式难以完成的功能。

1.1.3 MM4 变频器概述

西门子 MM4 系列变频器功能强大、应用广泛,是新一代可以广泛应用的多功能标准变频器。它有 MM410、MM420、MM430 和 MM440 等多个型号,其外观如图 1-7 所示。MM4 系列变频器在国内应用最多的是 MM420 通用型、MM430 风机水泵型、MM440 矢量型变频器。

MM4 系列变频器采用高性能的 V/f 控制或矢量控制技术,提供低速高转矩输出和良好的动态特性,同时具备超强的过载能力,能够满足广泛的应用场合,其创新的 BiCo(内部功能互联)功能有无可比拟的灵活性。

MM4 各个型号的变频器操作控制相同,参数设置方式一致,通信方式兼容,因此在本书各讲中会根据不同的要求侧重采用某一个型号进行介绍。

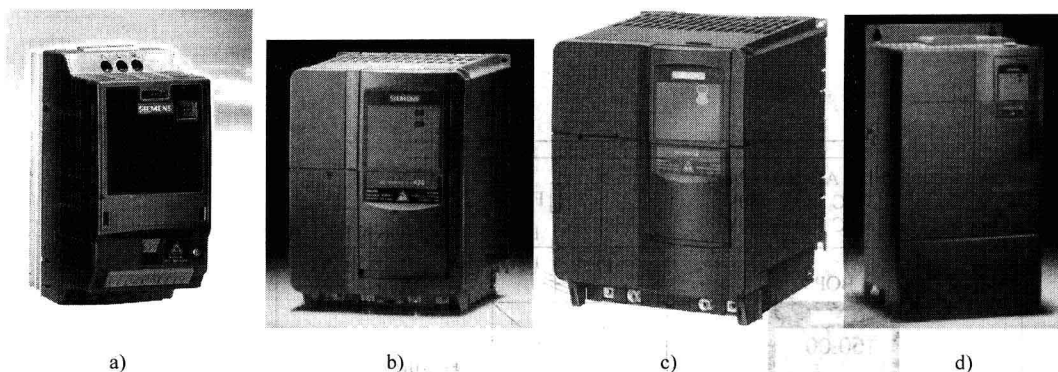


图 1-7 MM4 系列各型号变频器外观

a) MM410 b) MM420 c) MM430 d) MM440

1.2 MM4 系列变频器的外部接线

1.2.1 MM440 变频器的外部接线

1. 主回路

图 1-8 所示为 MM440 变频器的主回路，它根据单相变频器或三相变频器的不同在进线方式上有所区别；根据尺寸的不同，在制动单元上的配置也有所不同，分为内置制动单元和外置制动单元两种。

2. MM440 的控制回路

图 1-9 所示为 MM440 变频器的控制回路，它包括两个模拟量输入、6 个数字量输入、1 个 PTC 电阻输入、2 个模拟量输出、3 个数字量输出、1 个 RS-485 端口。

(1) 模拟量输入类型的选择

模拟输入 1（即 AIN1）可以用于 $0 \sim 10V$ 、 $0 \sim 20mA$ 和 $-10 \sim +10V$ ；模拟输入 2（即 AIN2）可以用于 $0 \sim 10V$ 和 $0 \sim 20mA$ 。这些输入类型可以通过如图 1-10 所示的 DIP 开关进行拨码设定。

(2) 模拟量输入作为开关量输入

模拟输入回路可以另行配置用于提供两个附加的数字输入 DIN7 和 DIN8，如图 1-11 所示。

当模拟输入作为数字输入时电压门限值如下：

DC 1.75 V = OFF；

DC 3.70 V = ON。

图 1-9 所示的端子 9（24V）在作为数字输入使用时也可用于驱动模拟输入，此时端子 2 和 28（0V）必须连接在一起。

1.2.2 MM430 变频器的外部接线

图 1-12 所示为 MM430 变频器的外部接线图，它与 MM440 变频器具有很大的相似性。

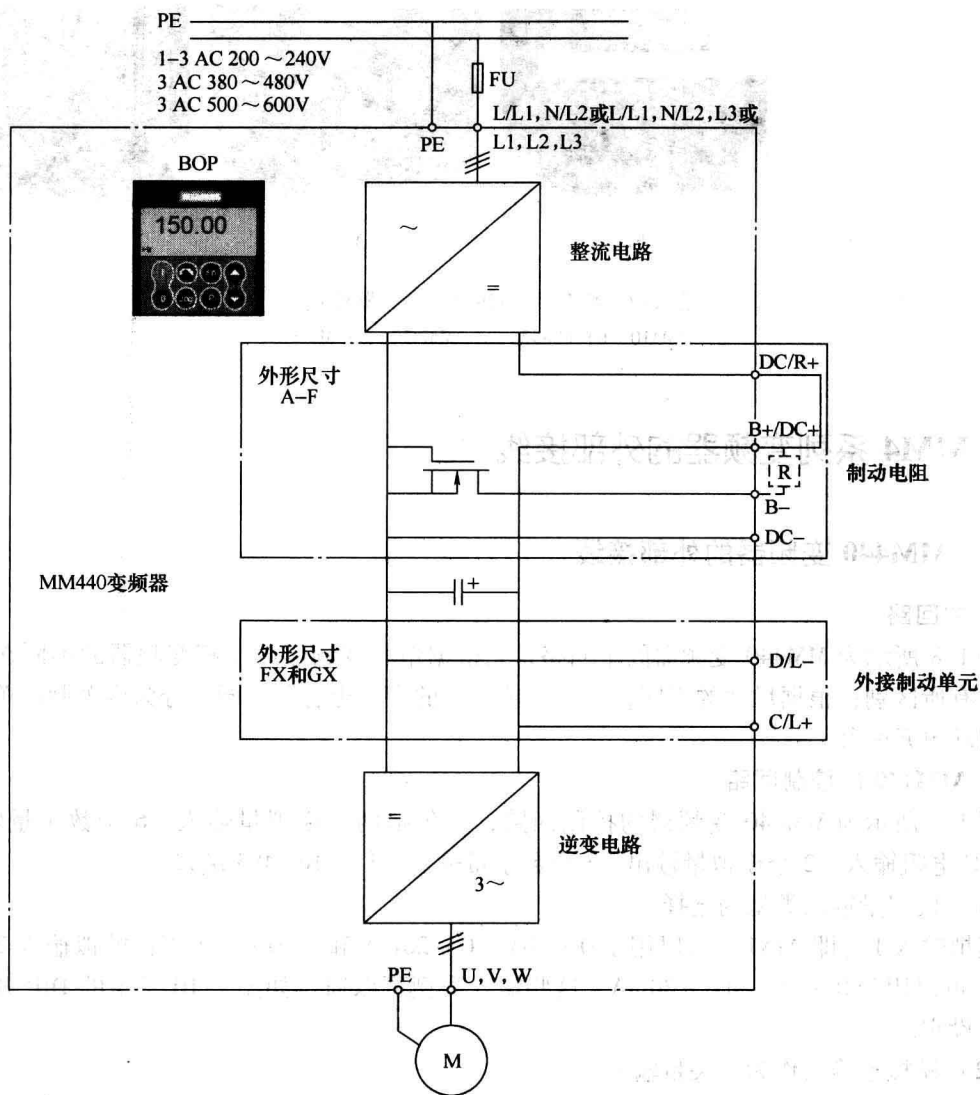


图 1-8 MM440 变频器的主回路

其外部接线主要包括：

- 1) 模拟量输入 A/D;
- 2) 模拟量输出 D/A;
- 3) 开关量输入;
- 4) 开关量输出。

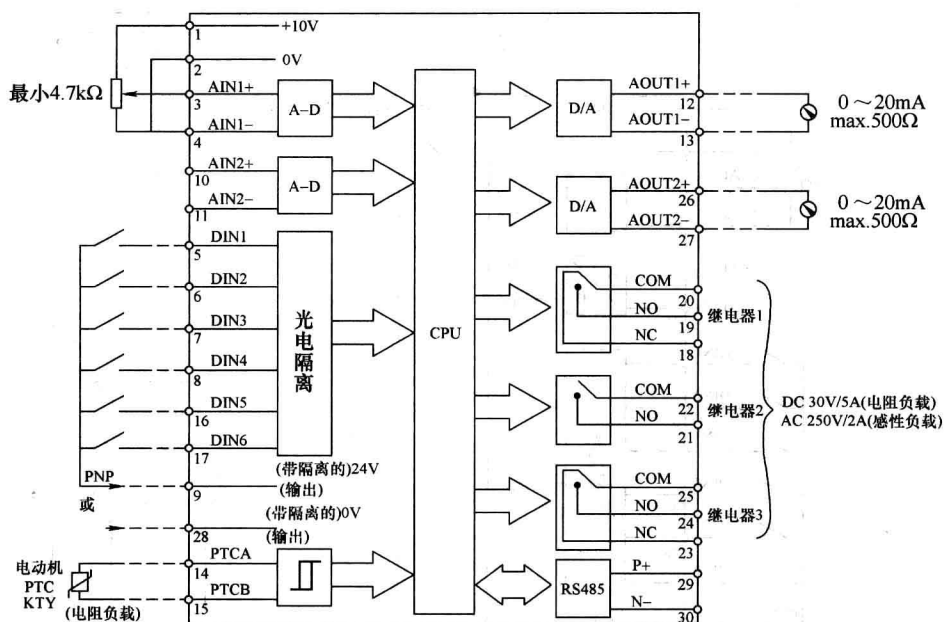


图 1-9 MM440 变频器的控制回路

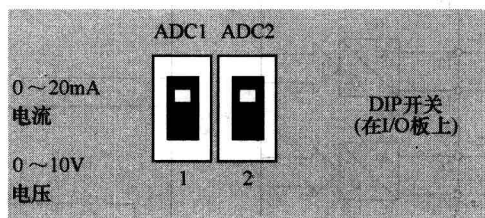


图 1-10 模拟量输入型号选择

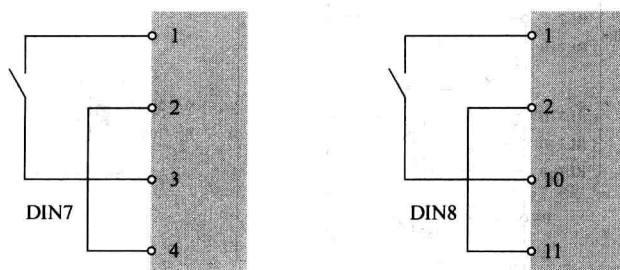


图 1-11 模拟输入作为数字输入时外部线路的连接

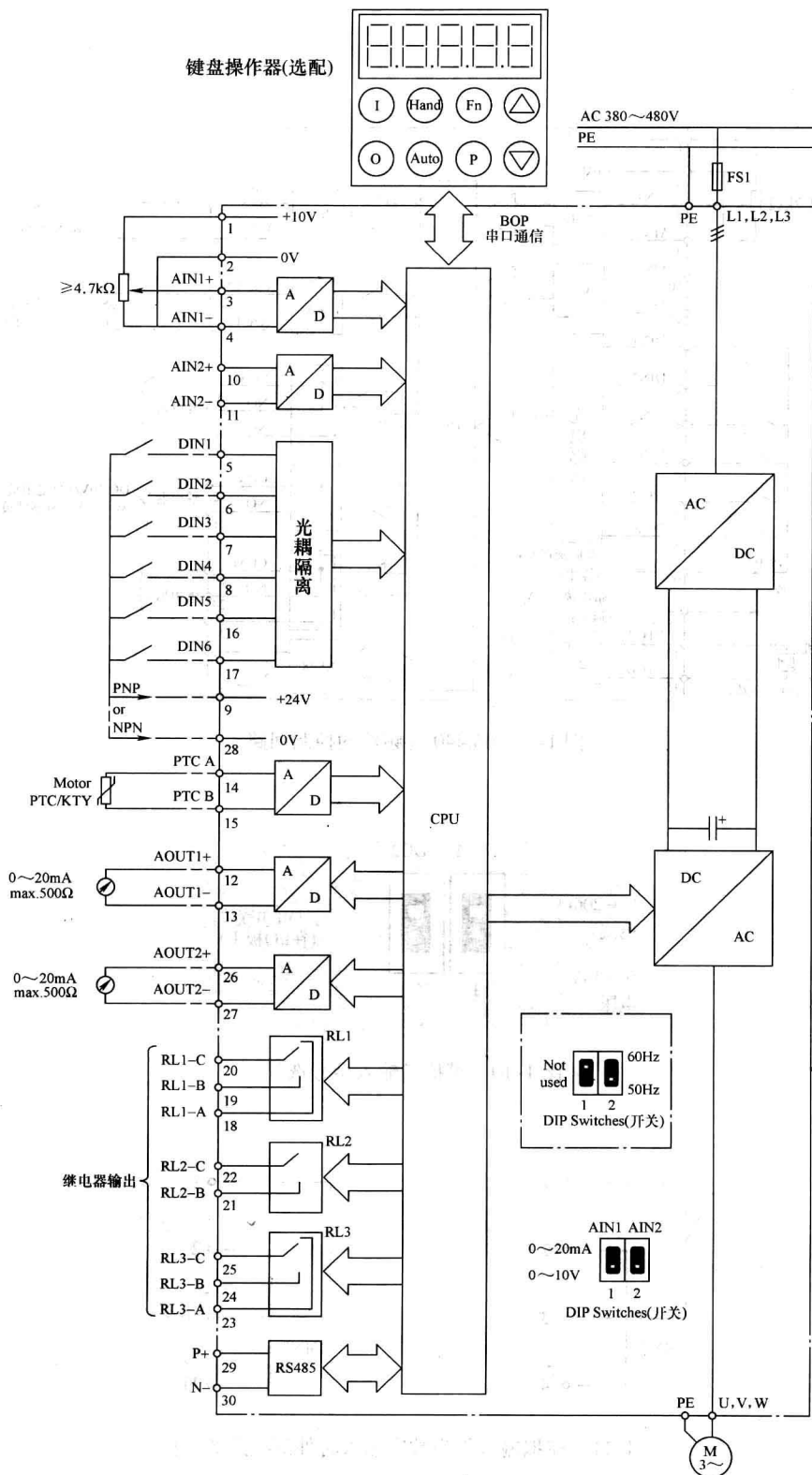


图 1-12 MM430 变频器的外部接线

1.3 MM4 系列变频器的基本操作

1.3.1 键盘操作器 AOP/BOP

MM4 系列变频器在标准供货方式时装有状态显示板 SDP (见图 1-13a) 对于很多用户来说, 利用 SDP 和制造厂的默认设置值就可以使变频器成功地投入运行。如果工厂的默认设置值不适合用户设备情况, 可以利用基本键盘操作器 BOP (见图 1-13b) 或高级键盘操作器 AOP (见图 1-13c) 修改参数使之匹配。当然, 用户也可以用 PC IBN 工具 Drive Monitor 或 STARTER 来调整工厂的设置值。

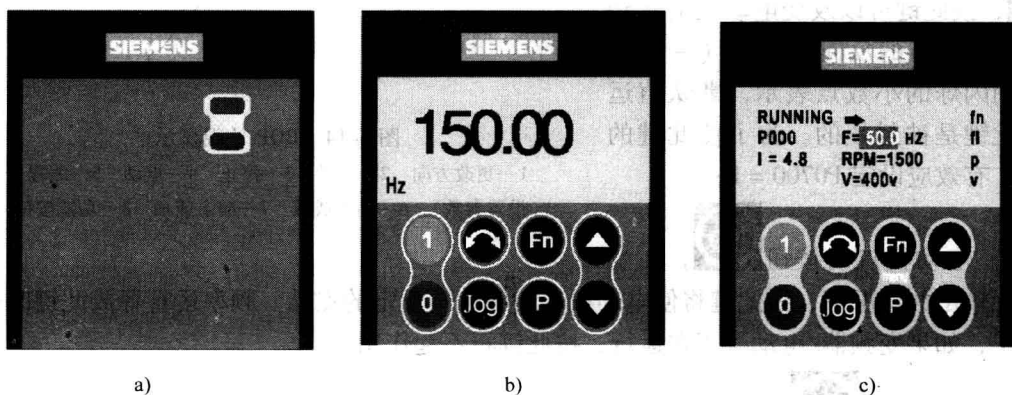


图 1-13 键盘操作器类型

a) SDP b) BOP c) AOP

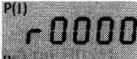
BOP 具有五位数字的七段显示, 用于显示参数的序号和数值、报警和故障信息以及该参数的设定值和实际值。

在默认设置时, 用 BOP 控制电动机的功能是被禁止的, 如果要用 BOP 进行控制, 参数 P0700 应设置为“1”, 参数 P1000 也应设置为“1”。变频器加上电源时也可以把 BOP 装到变频器上或从变频器上将 BOP 拆卸下来。如果 BOP 已经设置为 I/O 控制 P0700 = 1, 在拆卸 BOP 时变频器驱动装置将自动停车。

1.3.2 基本键盘操作器 BOP 上的显示、按钮及其含义

图 1-14 所示为 BOP 的外观。

BOP 的一些主要显示与按钮含义如下:

1) LCD 显示 , 作用是状态显示, 显示变频器当前的设定值。

2) 起动按钮 , 按此键起动变频器。默认值运行时此键是被封锁的, 为了使此键的操作, 有效应设定 P0700 = 1。