

## 第 3 章



# 西门子 MM4 系列变频器介绍

**内容提要：**西门子 MM4 系列变频器是知名品牌变频器，已在多个领域中用于交流电动机的驱动。本章首先介绍了西门子 MM4 系列变频器的四种类型、功率范围和应用场合，然后主要介绍 MM420 和 MM440 变频器内部构成和外部端子情况，介绍 MM4 系列变频器的操作面板、外部端子和通信三种控制方法；接着介绍 MM4 系列变频器的两种参数类型，基本操作面板的功能以及采用基本操作面板更改变频器参数的方法；另外以 MM4 变频器为例介绍变频器中常用的频率术语；最后介绍 MM4 系列变频器的给定方式以及转矩提升功能以及其他基本功能，介绍变频器加减速控制曲线、停车及制动方式等。

MICROMASTER 系列变频器是由德国西门子公司研发、生产、销售的知名变频器品牌，采用模块化设计，主要用于控制和调节三相交流电动机的转速。其以稳定的性能、丰富的组合功能、高性能的矢量控制技术、低速高转矩输出、良好的动态特性、超强的过载能力、创新的内部功能互联(BICO)功能以及无可比拟的灵活性，适用于多种领域的电动机驱动，在变频器市场占据着重要的地位。

MICROMASTER 系列变频器的额定功率范围为 0.12~250kW(0.16~300HP)，可以满足各种应用对象的要求。有简单用途的 MICROMASTER 410 基本型变频器、MICROMASTER 420 通用型变频器、MICROMASTER 430 风机和泵类专用型变频器和 MICROMASTER 440 高性能矢量控制变频器，统称为 MM4 系列变频器。MM4 系列变频器的安装、调试和操作控制简单，能够满足各种应用需求。

## 3.1 MM4 系列变频器类型

MM4 系列变频器有四种类型，用户可根据交流电动机拖动负载的机械特性和工艺要求进行选择。

### 1. MM410 基本型变频器

MM410 变频器可以解决简单电力驱动问题，是实现最佳简单控制要求的变频器，其功率范围为 0.12~0.75kW(0.16~1.0HP)。MM410 变频器是在单相电源供电条件下，变速



视频讲解

驱动三相交流电动机的一种廉价的变频驱动装置。MM410 变频器结构设计紧凑,体积小,可以快速、便捷地进行安装和调试,是 MM4 系列变频器中体积最小的类型,可以一个挨着一个地安装在很小的控制柜中,可作为水泵、风机、广告牌、灯箱、门的操作与驱动机构、自动售货机和包装机械的电动机驱动装置。

## 2. MM420 通用型变频器

MM420 是采用模块化设计的多功能标准变频器,用于驱动一般对象时,只需进行简单的组态,就可以满足传动系统的控制要求,其功率范围为  $0.12 \sim 11\text{kW}$  ( $0.16 \sim 15\text{HP}$ )。在传动系统功率较小时,MM420 变频器产品有单相变频器和三相变频器。由于变频器采用的是模块化设计,可以选用各种选件,非常方便地对传动装置进行扩展,从而实现多种标准功能。所以,这种变频器在常规情况下是通用的,故称为通用型变频器。MM420 变频器配置方便,如采用插入式模板和不用螺丝的接线端子,在插入、拔出、接线和拆线时都非常方便。MM420 变频器可作为传送带系统、物料运输系统、水泵、风机和机械加工设备等电动机驱动装置。

## 3. MM430 风机和泵类专用型变频器

由于被拖动的机械装置类型不同,所以对每一种驱动装置都有特定的控制要求。对变频器驱动装置的要求是能够方便和灵活地实现各式各样应用系统的控制特性,MM430 是风机和泵类变转矩负载的标准变频器,其功率范围为  $7.5 \sim 250\text{kW}$  ( $10 \sim 300\text{HP}$ ),采用三相电源供电。其按照专用要求设计,并使用 BICO 技术,具有高度可靠性和灵活性。控制软件可以实现专用功能,如多泵切换、手动/自动切换、旁路功能、断带及缺水检测和节能运行方式等。

## 4. MM440 高性能变频器

MM440 是广泛应用的多功能标准变频器,其采用高性能的矢量控制技术,能提供低速时的高转矩输出和良好的动态特性,同时具备超强的过载能力,适合广泛的应用场合。其可以选择无编码器矢量控制方式(SLVC)和带编码器矢量控制方式(VC),功率范围为  $0.12 \sim 250\text{kW}$  ( $0.16 \sim 300\text{HP}$ ),可以作为许多有高性能要求设备的电动机驱动装置,如物料运输系统、纺织工业、电梯、起重设备、机械加工设备等以及食品、饮料和烟草工业行业等设备。



视频讲解

## 3.2 MM4 系列变频器的基本构成

图 3-1 所示是 MM420 变频器内部电路方框图。

由图 3-1 可见,MM420 变频器采用交—直—交主电路,MM4 系列变频器主电路都采用这种形式。对于用户而言,使用变频器作为驱动装置前,必须清楚其引出端子情况。

MM420 变频器主电路三相电源输入端子用 L1、L2、L3 标记,单相输入用 L1、L2 或 L、N 标记。有的变频器产品用 R、S、T 标记三相电源输入端子。进行主电路接线时,变频器模

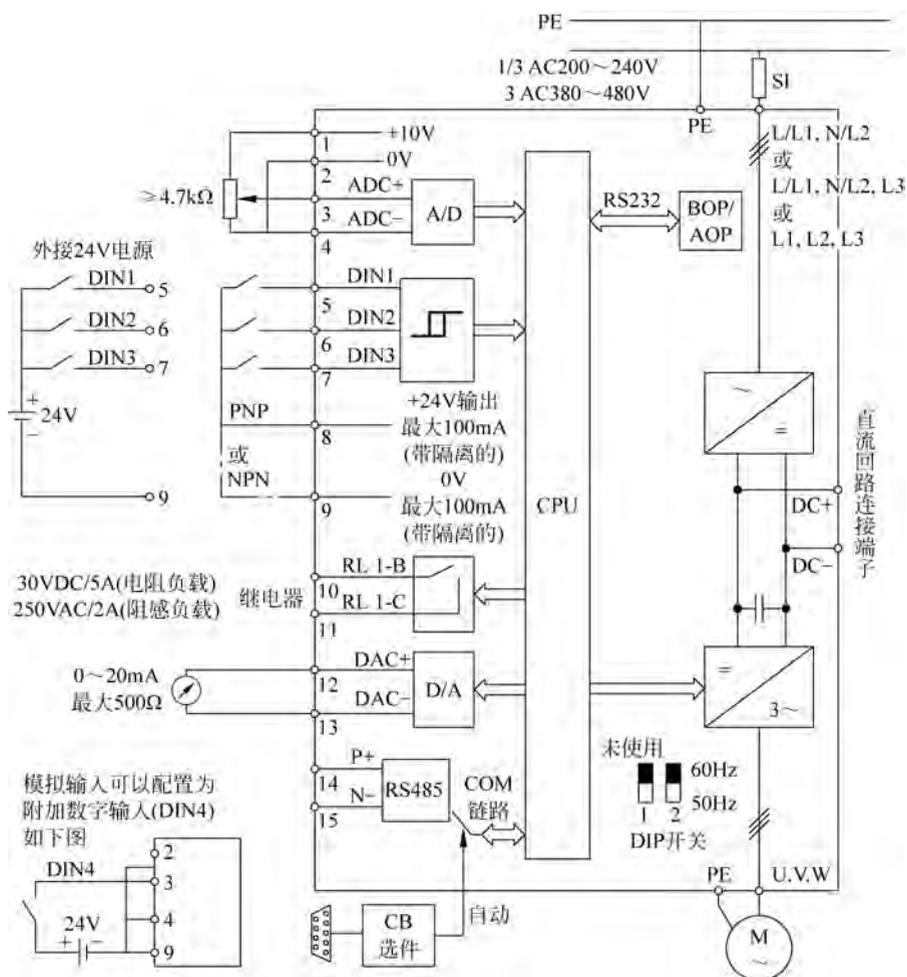


图 3-1 MM420 变频器电路方框图

块面板上的 L1、L2、L3 插孔接三相电源，接地插孔 PE 接保护地线。MM420 主电路变频器输出端子用 U、V、W 标记，接线时插孔 U、V、W 连接到三相交流电动机（千万不能将接电源的输入侧与接电动机的输出侧接错，否则可能会损坏变频器）。主电路接线端子（功率接线端子）如图 3-2 所示。

MM420 变频器控制电路引出了三路可编程数字量输入：DIN1（端子 5）、DIN2（端子 6）、DIN3（端子 7），内部电源 +24V（端子 8）、内部电源 0V（端子 9）。数字量输入端子可接到内部电源或外部电源，可以接高电平或低电平。若接到 +24V，称为 PNP 方式输入；接到 0V，称为 NPN 方式输入。数字量输入端子也可连接到 PLC 的输出点（但 MM420 的端子 8 需接 PLC 一个输出公共端，例如 S7-200 PLC 的 1L）。当变频器命令参数 P0700=2（选择外部端子控制）时，可由 PLC 控制变频器的启动/停止以及变速运行等。

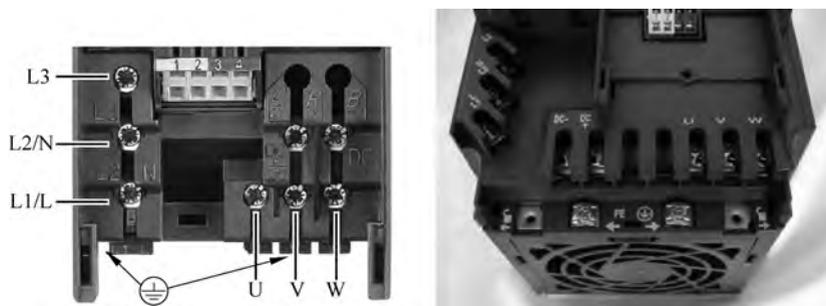


图 3-2 MM420 功率接线端子

MM420 变频器控制电路引出了一路可编程继电器输出：RL1-B(端子 10)、RL1-C(端子 11)，用于连接电磁阀、接触器、小功率电动机、灯和电动机启动器等。

MM420 变频器控制电路引出了一路可编程模拟量输入：ADC+(端子 3)、ADC-(端子 4)，内部电源 +10V(端子 1)、内部电源 0V(端子 2)。模拟量输入是 0~10V 的电压信号。

MM420 变频器控制电路引出了一路可编程模拟量输出：DAC+(端子 12)、DAC-(端子 13)。通过参数设定，模拟量输出端可以选择代表的是输出电压、电流还是频率等。

需要说明 MM420 的模拟量输入可以通过参数更改，将其配置成附加的数字量输入端子 DIN4，具体接线见图 3-1 中的左下角，这样 MM420 最多可配置成四路数字量输入。

MM420 串行通信采用 RS485 通信，引出端子为 P+(端子 14)、N-(端子 15)。

MM420 控制电路接线端子如图 3-3 所示。

MM420 变频器在出厂时已进行了参数默认配置，不需要进行任何参数更改，按图 3-4 所示进行接线，就可以投入运行。出厂时交流电动机参数(P0304、P0305、P0307、P0310)已按照西门子公司 1LA7 型四极交流电动机额定数据进行设置，实际连接的电动机参数必须与该电动机的额定数据相匹配。



图 3-3 MM420 控制电路接线端子

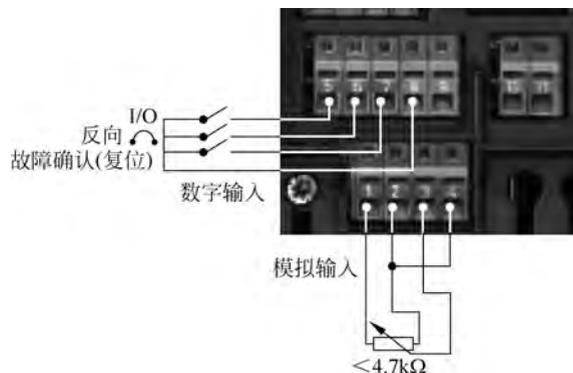


图 3-4 MM420 默认设置时模拟输入和数字输入接线

MM420 变频器默认设置的电动机基本频率是 50Hz。如果实际使用的电动机基本频率为 60Hz,那么,变频器可以通过 DIP 开关将电动机的基本频率设定为 60Hz,如图 3-5 所示。

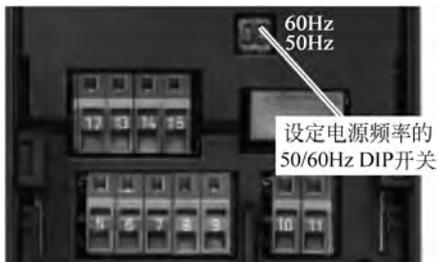


图 3-5 MM420 50/60Hz DIP 开关端子

随着功能的增强,MM440、MM430 变频器引出端子要比 MM420 多,如图 3-6 所示。MM430 变频器控制电路外部引出端子情况与 MM440 相同,引出了六路可编程数字输入端子;三路可编程继电器输出端子;二路可编程模拟量输入端子(也可配置成数字量输入 DIN7 和 DIN8);二路模拟量可编程输出端子;一路 RS485 通信端子。另外还有电动机温度保护输入端子。

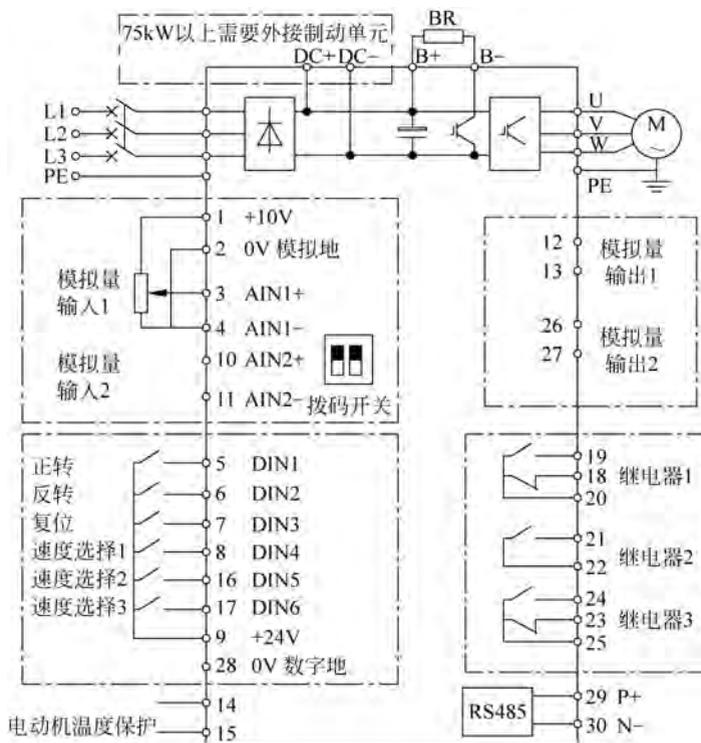


图 3-6 MM440 变频器电路方框图

### 3.3 MM4 系列变频器参数介绍

#### 3.3.1 MM4 系列变频器的参数类型

MM4 系列变频器参数有两种类型,以字母 P 开头的参数为用户可改动



视频讲解

参数,以字母 r 开头的参数为只读参数。

参数分成命令参数组(CDS),以及与电动机、负载相关的驱动参数组(DDS)和其他参数,MM430 和 MM440 控制参数组(CDS)和驱动参数组(DDS)又分别分为三组,即 CDS 0、CDS1、CDS2 和 DDS0、DDS1、DDS2,如图 3-7 所示。



图 3-7 MM4 系列变频器参数结构图

控制参数组在变频器运行时可以切换,由参数 P0810 和 P0811 决定用哪组参数,驱动参数组只能在变频器停止运行时切换,由参数 P0820 和 P0821 决定用哪组参数,如表 3-1 所示。已被激活的控制参数组和驱动参数组分别在参数 r0050 和 r0051 中。具体选择哪组控制参数和驱动参数见表 3-2。具有参数组的参数又称为变址参数。MM420 没有类似 P0810 和 P0820 这样的命令切换参数,只能设置一套参数。

表 3-1 参数组切换命令源

参数组	切换命令源	已被激活的参数组	注 释
CDS	P0810,P0811	r0050	CDS 组变频器运行时可以切换
DDS	P0820,P0821	r0051	DDS 组只能在变频器停止运行时切换

表 3-2 参数组切换命令源真值表

CDS			DDS		
P0811	P0810	参数组	P0821	P0820	参数组
0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	1	1
1	×	2	1	×	2

将参数按照命令和驱动参数各分为三组的目的是使得用户可以根据不同的需要,在一个变频器中设置多种控制和驱动配置,并在适当的时候根据需要进行切换。

默认状态下使用的当前参数组是第 0 组参数,即 CDS0 和 DDS0。这里以 P1000 的第 0 组参数为例说明变址参数表示法,文献资料中通常写作 P1000.0、P1000[0]或 P1000in000 等形式,在 BOP 上显示的形式是 in000。

### 1. 设定(用户可改动)参数

设定参数是指可以写入和读出的参数,这些参数能直接影响变频器功能的执行,以字母“P”开头。如 P0927 表示 927 号设定参数,P0748.1 表示 748 号设定参数的位 01,P0719[1]表示 719 号的第一组设定参数,也就是手册中所称的变址 1 或下标 1。

## 2. 监控(只读)参数

监控参数是只能读出的参数,这些参数用于显示变频器内部的量,如状态和实际值,以字母“r”开头。例如 r0002 表示 2 号监控参数,r0052.3 表示 52 号监控参数的位 03,r0947[2]表示 947 号第二组监控参数,也就是变址为 2。



视频讲解

## 3.3.2 MM4 系列变频器参数说明

图 3-8 所示是电动机铭牌以及在 MM4 变频器中设定的有关参数,如电动机的额定电压参数为 P0304,额定电流参数为 P0305。变频器使用手册中采用表 3-3 所示的格式加以说明,每个参数下包含哪些信息,在什么情况下能够操作等。

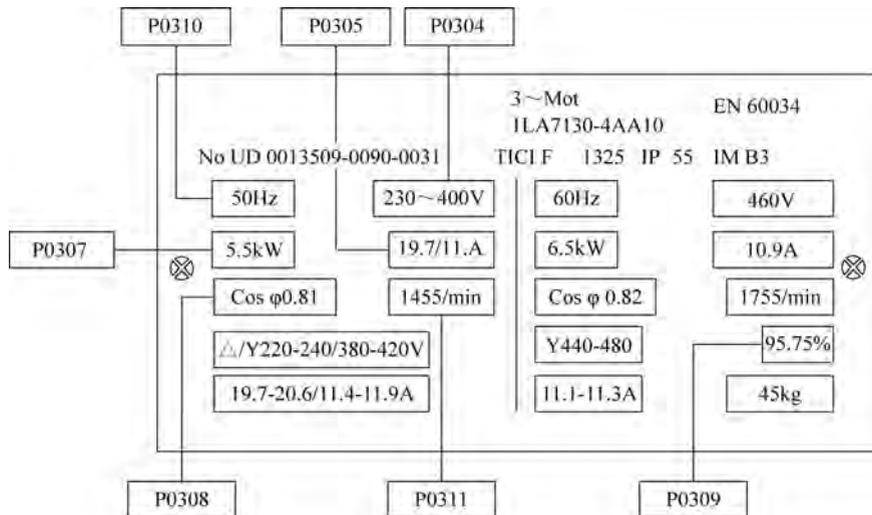


图 3-8 电动机铭牌数据及相关变频器参数

表 3-3 MM4 变频器参数说明

1 参数号 [下标]	2 参数名称			9 最小值:	12 用户访问级
	3 CStat:	5 数据类型	7 单位:	10 默认值:	
	4 参数组:	6 使能有效:	8 快速调速:	11 最大值:	

(1) 参数号。参数号是指该参数的编号,即参数码,MM4 系列变频器参数码用 0000~9999 的四位数字表示。在参数码的前面冠以一个小写字母 r 时表示该参数是只读的参数,它显示的是该参数的数值,不能用与该参数不同的值通过操作面板来更改它。在有些情况下,参数说明的标题栏中在单位最小值、默认值和最大值处插入一个破折号。参数码前面以一个大写字母 P 开头的是设定参数,其设定值可以通过操作面板直接在标题栏中的最小值和最大值范围内进行修改。[下标]表示该参数是一个带下标的参数,并且指定了下标的有效序号。为了简便起见,本书中将参数码简称为参数。

(2) 参数名称。参数名称是指该参数的名称。

(3) CStat。CStat 是指参数的可调试状态,表示该参数在什么时候允许被修改,对于某个可设定的参数,可在下面一种、两种或全部三种状态下进行修改。

- ① C 调试状态。
- ② U 运行状态。
- ③ T 准备运行状态。

如果 UStat 处指定了三种状态,表示这一参数的设定值在变频器的上述三种状态下都可以进行修改。

(4) 参数组。参数组是指具有特定功能的一组参数,这是为了便于变频器参数管理和操作,例如图 3-8 中电动机额定电压属于电动机组。

(5) 数据类型。数据类型指参数值是什么类型。MM4 变频器有效的参数类型有:U16——16 位无符号数;U32——32 位无符号数;I16——16 位整数;I32——32 位整数;Float——浮点数。

(6) 使能有效。表示该参数的更改在什么情况下被使能,有两种状态:

- ① 立即,表示对该参数输入新的参数数值以后立即更改有效;
- ② 确认,表示只有按下操作面板 BOP 或 AOP 上的 P 键以后,新输入的数值才能有效地替代原来的参数数值。

(7) 单位。指该参数数值所采用的单位。

(8) 快速调试。快速调速是指该参数是否只能在快速调试状态下进行修改,就是说,该参数是否只能在 P0010 设定为 1,即选择快速调试时进行修改。

(9) 最小值。指该参数可能设置的最小数值。

(10) 默认值。指制造厂出厂时设定的该参数值。

(11) 最大值。指该参数可能设置的最大数值。

(12) 用户访问级。用户访问级指允许用户访问参数的等级。变频器的有些参数是不允许随便修改的,为了管理,MM4 系列变频器设置了四个用户访问级,由参数 P0003 设置,具体情况如下:

- ① P0003=1,标准级,可以访问最经常使用的一些参数;
- ② P0003=2,扩展级,允许扩展访问参数的范围,例如变频器的 I/O 功能;
- ③ P0003=3,专家级,只供专家使用;
- ④ P0003=4,维修级,只供授权的维修人员使用,具有密码保护。

当 P0003 设定值不同时,访问的每个参数组中参数的多少也就不同。

### 3.3.3 MM4 系列变频器的参数组

变频器参数很多,为了便于修改和显示,变频器设置了参数过滤功能。由参数 P0004 进行设置,可以用图 3-9 表示参数分组以及用户访问级情况。

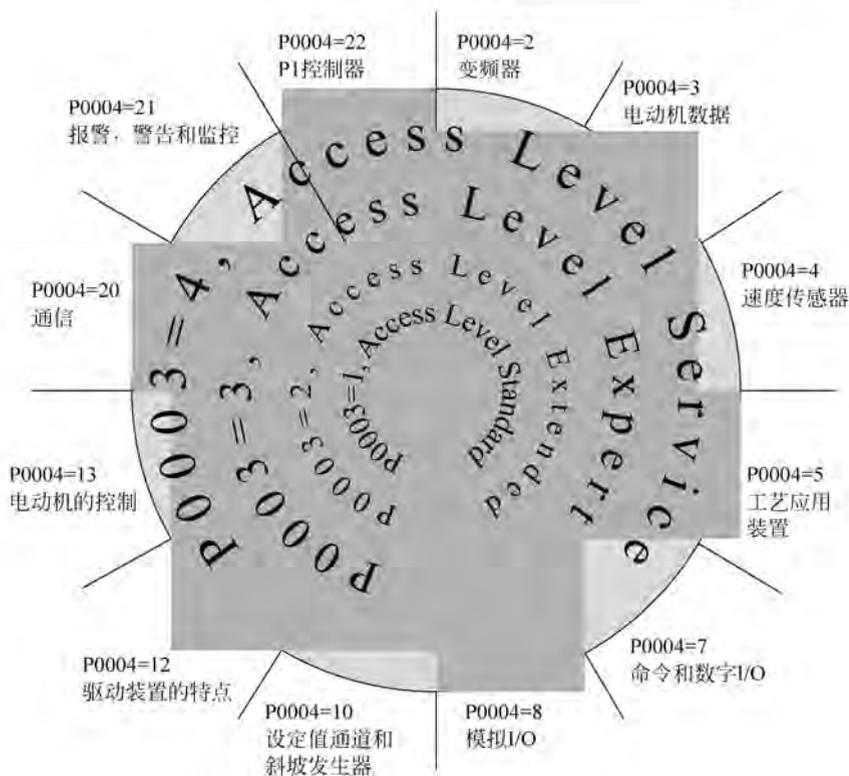
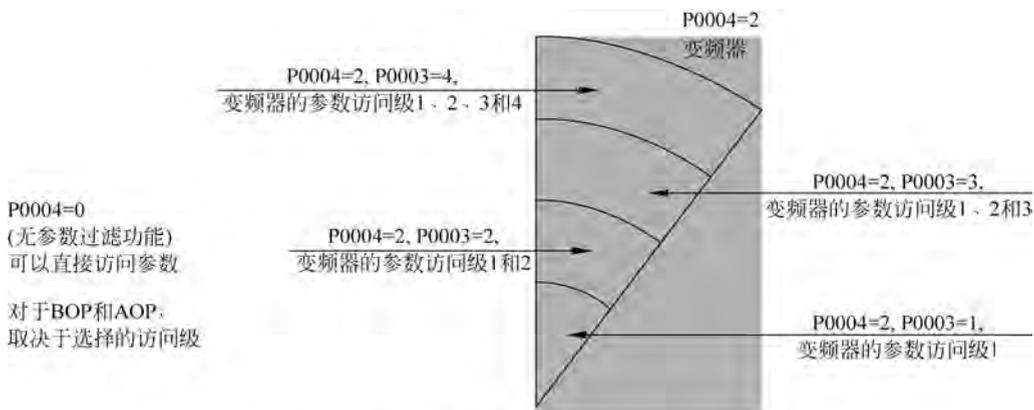


图 3-9 MM4 系列变频器参数组的划分概览

P0004 可能的设定值及所对应的参数组：

- (1) P0004=0, 无参数过滤功能, 即可以修改和显示当前用户访问级下的全部参数；
- (2) P0004=2, 变频器组参数；
- (3) P0004=3, 电动机组参数；
- (4) P0004=4, 速度传感器组参数；

- (5) P0004=5,工业应用装置组参数;
- (6) P0004=7,命令和二进制 I/O 组参数;
- (7) P0004=8,ADC(模/数转换)和 DAC(数/模转换)组参数;
- (8) P0004=10,设定值通道/RFG(斜坡函数发生器)组参数;
- (9) P0004=12,驱动装置的特征组参数;
- (10) P0004=13,电动机控制组参数;
- (11) P0004=20,通信组参数;
- (12) P0004=21,报警/警告/监控组参数;
- (13) P0004=22,工艺参量控制器(例如 PID)组参数。



视频讲解

### 3.3.4 信号互联 BICO 参数

BICO 技术是西门子变频器特有的信号互联功能,它是一种灵活地将输入和输出功能联系在一起的设置方法,可以方便用户根据实际工艺需求灵活定义端口。在表 3-3 中,具有互联 BICO 功能的参数名称前面冠以“BI”“BO”“CI”“CO”或“CO/BO”字样,它们的接口表示方法及含义见表 3-4。

表 3-4 BICO 参数表示方法及说明

缩写	符号	名称	功能
BI		二进制互联输入-信号接收	可与一个作为信号源的二进制互联输出连接
BO		二进制互联输出-信号源	可用作二进制互联输入的信号源
CI		连接器互联输入-信号接收	可与一个作为信号源的连接器互联输出
CO		连接器互联输出-信号源	可用作连接器互联输入的信号源
CO/BO		连接器互联输出/二进制互联输出	可用作连接器互联输入的信号源,也可用作二进制互联输入的信号源

BI(Binector Input)是二进制互联输入,BI 类型参数用来接收可以选择的或被定义的二进制输入信号,通常与“P 参数”相对应。

BO(Binector Output)是二进制互联输出,BO 类型参数作为二进制互联中的信号源,可以选择的或用户定义的二进制输出信号,通常与“r 参数”相对应。

CI(Connector Input)是连接器互联输入,也称为内部互联输入,CI 类型参数用来接收

可以选择的或被定义的模拟量输入信号,可以是单字(16位)、双字(32字)数据类型,通常与“P参数”相对应。

CO(Connector Output)是连接器互联输出,也称为内部互联输出,CO类型参数作为内部互联中内部的信号源,可以选择的或用户定义的模拟量输出信号,通常与“r参数”相对应。

BI参数可以与BO参数相连接,只要将BO参数写到BI参数值中即可。例如,BO参数r0751(ADC的状态字),BI参数P0731(继电器输出1的功能),若设定参数 $P0731=751.0$ ,则将模拟量端子的输入状态通过继电器输出端显现出来,为监控模拟量输入端子状态提供了很大的方便。

CI参数可以与CO参数相连接,只要将CO参数写到CI参数值中即可。例如,CO参数r0021(变频器实际的输出频率),CI参数P0771(DAC的功能),若设定参数 $P0771=21$ ,则将变频器实际频率的大小通过模拟量输出1显示出来,为监控变频器的实际频率提供了很大的方便。

有的参数前有“CO/BO”符号,可以内部互连两个信号。CO/BO可以作为CI和BI参数的输入源,如CO/BO参数r0052(变频器第1个被激活的状态字,可用于诊断变频器的实际状态),CI参数P2016(选择经由BOP链路传输到串行接口的信号),BI参数P0731,可以用参数r0052设定 $P2016=52,P0731=52.3$ 。

例如,使用数字输入2(DIN2)来激活变频器继电器输出1,具体参数设置步骤如下。

(1) 设定 $P0003=3$ ,用户访问级为专家级。

(2) 设定 $P0702=99$ ,激活变频器MM440数字端子2(DIN2)的BICO功能。注意一旦DIN2的BICO功能被激活,若想重新设置为其他参数值,需首先将变频器参数复位为出厂默认值。

(3) 设置 $P0731=722.1$ (r0722为数字量输入状态)。当变频器DIN2的BICO功能被激活后,在P0731中将会有一个新的参数值722.1,通过设定 $P0731=722.1$ 后,实现将变频器的DIN2连接至变频器的继电器出口1。

利用MM440扩展功能的内部自由功能块FFB和BICO技术,使得变频器控制方式非常灵活和多样。在应用信号互联BICO技术时,带有“BO”“CO”“CO/BO”的参数可以被多次使用,但需要注意,用户访问级必须是专家级,即 $P0003=3$ 。

需要说明的是BICO输入(BI/CI)不能与任意的一个BICO输出(BO/CO信号源)相连,当通过调试软件连接BICO输入时,只会提供相应的信号源。

### 3.4 MM4系列变频器的控制方式

MM4系列变频器的控制方式主要有以下三种。

(1) 通过端子控制,这是较常用的控制方式。

(2) 通过操作面板控制,包括可选件BOP(6SE6400-0PB00-0AA0)或AOP(6SE6400-



视频讲解

0AP00-0AA1)。

(3) 通过通信方式控制,如 USS、PROFIBUS(选件 6SE6400-1PB00-0AA0)通信等。

对于不同的控制方式,参数 P0700 和 P1000 中应该设置相应的命令源和频率设定源。若采用端子控制方式,应设置 P0700=2,P1000=2(模拟输入);若采用操作面板控制方式,应设置 P0700=1,P1000=1。如面板需安装在现场或控制柜盘面上,需通过面板安装组件将 BOP 或 AOP 引出,其中又可分为用于单机控制的 BOP 面板安装组件 6SE6400-0PM00-0AA0 和用于多机控制的 AOP 面板安装组件 6SE6400-0MD00-0AA0。若采用通信控制方式,应设置 P0700=4、5 或 6,P1000=4、5 或 6。

### 1. 端子控制方式

若采用端子控制方式,可以在数字量输入端口外接按钮或开关,并相应地设置端口参数实现电动机正转、反转、点动等控制功能;在模拟量输入端接模拟信号,实现频率设定等功能。相应地需设置 P0700=2,命令源来自外部端子;P1000=2,频率设定源来自外部模拟量输入。对 MM440 而言,还可设置 P1000=7,频率设定源来自外部模拟量输入 2。

### 2. 操作面板控制方式

MM4 系列变频器在标准供货方式时默认配置是状态显示板(SDP),对于某些用户来说,利用 SDP 和制造厂商的默认设置值,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设备情况,可以利用基本操作面板(BOP)或高级操作面板(AOP)修改参数,使之匹配。BOP 和 AOP 作为可选件供货,需要时可购买。图 3-10 所示的是三种面板,这里仅对常用的基本操作面板(BOP)进行介绍。表 3-5 列出了 BOP 上按键的功能。



图 3-10 MM4 系列变频器面板

表 3-5 基本操作面板(BOP)上按键的功能

显示/按钮	功 能	功能说明
	状态显示	LCD 显示由 P0005 定义的输出数据(如输出频率、输出电压等)
	启动电动机	按此键启动变频器。默认值运行时此键被封锁,为了使此键的操作有效,应设定 P0700=1
	停止电动机	OFF1 方式: 按此键变频器将按选定的斜坡下降速率减速停车。默认值运行时此键被封锁,为了允许此键操作,应设定 P0700=1 OFF2 方式: 按此键两次或一次但时间较长,电动机将在惯性作用下自由停车。此功能总是使能的

续表

显示/按钮	功 能	功 能 说 明
	改变电动机的转动方向	按此键可以改变电动机的转动方向。电动机反向用负号(-)表示或用闪烁的小数点表示。默认值运行时此键被封锁,为了使此键的操作有效,应设定 P0700=1
	电动机点动	在变频器无输出的情况下,按下此键并保持,将使电动机启动并按预设定的点动频率运行;释放此键,变频器停车。如果变频器/电动机正在运行,按此键将不起作用
	功能	浏览辅助信息功能: 变频器运行过程中,在显示任何一个参数时,按下此键并保持不动 2s ① 显示直流回路电压(用 d 表示,单位 V) ② 再次按下此键,显示输出电流(A) ③ 再次按下此键,显示输出频率(Hz) ④ 再次按下此键,显示输出电压(用 o 表示,单位 V) ⑤ 再次按下此键,显示 P0005 选定的参数(如果 P0005 选择显示上述参数①~④中的任何一个,这里将不再显示) 跳转功能: ① 在显示任何一个参数 r××××或 P××××时,短时间按下此键,将立即跳转到 r0000。如果需要,可以接着修改其他参数,跳转到 r0000 后,按此键将返回原来的显示点 ② 在出现故障或报警的情况下,按此键可以将操作面板上显示故障或报警信息复位
	访问参数	按此键即可访问参数
	增加数值	按此键即可增加面板上显示的参数数值
	减少数值	按此键即可减少面板上显示的参数数值

在默认设置时,用 BOP 控制电动机的功能被禁止。如果要用 BOP 进行控制,参数 P0700(控制命令源)应设置为 1,P1000(频率设定选择)也应设置为 1。

### 3. 通信控制方式

采用通信方式控制时,根据通信所采用的接口不同,参数也要进行相应的设置。

(1) USS BOP LINK 方式是指通过 BOP 的接口同变频器进行通信。因为它是 RS232 接口,故实际应用较少。主要用于计算机与变频器间的通信,如在设备调试时可通过 PC 到变频器的连接组件(6SE6400-1PC00-0AA0),用 STARTER 调试软件来控制变频器以及修改参数设置等。这时应设置参数 P0700=4,P1000=4。

(2) USS COM LINK 是通过控制电路端子上的 RS485 接口实现变频器与上位机之间的通信,这是实际应用中较常见的一种通信控制方式,这时应设置参数 P0700=5,P1000=5。

(3) 若使用现场总线 PROFIBUS 来实现对变频器的监控,需加 COM 链路通信板 (CB)。这时应设置参数 P0700=6, P1000=6。另外,在 PROFIBUS 接口模板上也可以安装 BOP 或 AOP,这样便于现场操作工人监视变频器运行的状况。



视频讲解

### 3.5 用 BOP 修改 MM4 系列变频器参数的操作方法

若用户根据拖动控制系统的要求,需要更改一些以 P 开头的用户设定参数,可以用 BOP 进行操作。下面以修改参数 P0004(参数过滤器)的数值为例说明用 BOP 完成修改的操作过程。表 3-6 所示的是将 P0004 参数值修改为 7,即只想访问命令和 I/O 参数组,其他参数都将被过滤掉的操作步骤和显示结果。

表 3-6 用 BOP 修改参数 P0004 操作步骤

操作 步 骤	显 示 结 果
(1) 按  访问参数	
(2) 按  直到显示出 P0004	
(3) 按  进入参数数值访问	
(4) 按  或  达到所需要的数值	
(5) 按  确认并存储参数的数值	

MM4 系列变频器有变址参数,下面以修改 P0719(命令和频率设定值的选择)参数值为例,说明带变址参数的修改过程,具体操作如表 3-7 所示。修改后的命令源来自 BOP 操作,频率大小由外部模拟量给定决定。

表 3-7 用 BOP 修改参数 P0719 操作步骤

操作 步 骤	显 示 的 结 果
(1) 按  访问参数	
(2) 按  直到显示出 P0719	
(3) 按  进入参数数值访问	
(4) 按  进入参数数值访问	
(5) 按  或  达到所需要的数值	
(6) 按  确认并存储参数的数值	

参数 P0719 是选择变频器控制命令源的总开关,在可以自由编程的 BICO 参数与固定的命令/设定值模式之间用于切换命令信号源和频率设定值信号源,命令源和频率设定值源可以互不相关地分别切换。P0719 的十位数用于选择命令源,可选择为 0、1、4、5 和 6,对应的命令源分别是 BICO、BOP、BOP 链路的 USS、COM 链路的 USS 和 COM 链路的 CB; 个位数用于选择频率设定值源,可以选择为 0、1、2、3、4、5 和 6,对应的频率设定源分别是 BICO、BOP、模拟设定值、固定频率、BOP 链路的 USS、COM 链路的 USS 和 COM 链路的 CB。

当修改参数的数值时,BOP 有时会显示 P---,表明变频器正忙于处理优先级更高的任务。

为了快速修改参数的数值,可以逐位地单独修改正在显示的每位数字,操作步骤如下:

- (1) 按功能键 ,最右边的一个数字闪烁;
- (2) 按 /  键,修改这位数字的数值;
- (3) 再按功能键 ,相邻的下一位数字闪烁;
- (4) 执行步骤(2)~(4),直到显示和修改完所要求的数值;
- (5) 按  键,修改确认并退出参数数值的访问。

## 3.6 MM4 系列变频器常用的频率术语及参数



视频讲解

### 1. 给定频率

给定频率是指用户根据生产工艺的需求所设定的变频器输出频率。

MM4 系列变频器操作面板设定给定频率的参数为 P1040,r0020 为实际的频率设定值(斜坡函数发生器的输出)。

### 2. 输出频率

输出频率即变频器实际输出的频率,也就是交流电动机的运行频率。当电动机所带的负载变化时,为使拖动系统稳定,此时变频器的输出频率会根据系统情况不断地调整,在给定频率附近波动,所以当操作面板上选择显示输出频率时,显示值会在输出频率附近不停地跳动。MM4 系列变频器参数 r0024 存储的是输出频率。

### 3. 基本频率(基准频率)

电动机用变频器调速时也分为基准频率(基频)以下调速和基频以上调速。设置变压变频时必须考虑的重要因素是尽量保持电动机主磁通为额定值不变。如果磁场过弱(电压过低),电动机铁芯就得不到充分利用,输出电磁转矩小,带负载能力低。变频器输出最大电压时对应的频率称为基本频率,也被称为基准频率,常用  $f_b$  表示。一般以电动机的额定频率  $f_N$  作为变频器基本频率  $f_b$  的设定值。

对应基本频率,变频器的输出电压为基准电压,基准电压通常取电动机额定电压  $U_N$ 。基准电压和基本频率的关系如图 3-11 所示。MM4 系列变频器由参数 P2000 设定基准频率,P2001 设定基准电压。

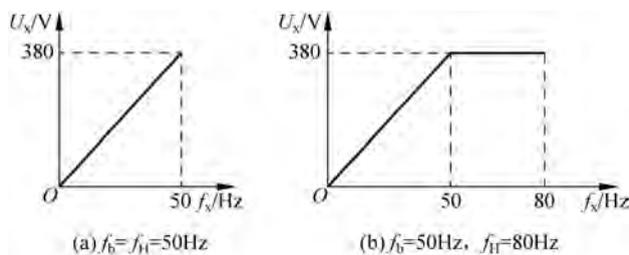


图 3-11 基本频率示意图

#### 4. 最高频率和最低频率

最高频率和最低频率是变频器运行时输出的最高频率和最低频率,常用  $f_H$  和  $f_L$  来表示。根据拖动系统所带负载的不同,有时要对电动机的最高、最低转速给予限制,以保证拖动系统的安全和产品的质量。另外,设定最高频率和最低频率可起到保护作用,避免由于操作面板的误操作或外部频率设定信号源出现故障,引起的频率过高或过低。在实际电力拖动系统中,应根据所带负载的情况设定。例如,对于风机、泵类负载,由于负载转矩与转速的平方成正比,当工作频率高于额定频率时,负载转矩有可能会大大超过额定转矩,使电动机过载。所以,只能以额定频率作为最高频率,但考虑到安全性和实用性,在实际应用中,最好将最高频率设定得比 50Hz 略小,如 48Hz。对于最低频率,应根据负载的具体情况设置。如供水系统中的水泵,因为要求水泵的扬程必须超过基本扬程,其最低频率应受到限制,如 30Hz。

一般的变频器均可通过参数来预置其最高频率  $f_H$  和最低频率  $f_L$ ,当变频器的给定频率高于最高频率  $f_H$  或者低于最低频率  $f_L$  时,变频器的输出频率将被限制在  $f_H$  或  $f_L$ 。图 3-12 所示的频率给定信号  $X$  的范围为  $0 \sim X_{\max}$ ,最高频率是  $f_{\max}$ 。在电动机运行后,当  $0 < X \leq X_L$  时,变频器输出频率是  $f_L$ ; 当  $X_L < X \leq X_H$  时,频率线性增长; 当  $X_H < X \leq X_{\max}$  时,变频器输出频率是  $f_H$ 。MM4 系列变频器由参数 P1080 设定最低频率, P1082 设定最高频率。

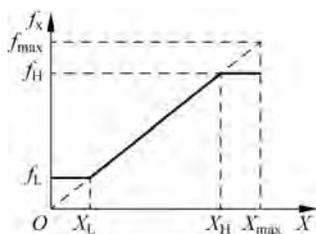


图 3-12 最低频率和最高频率示意图

#### 5. 回避频率(跳跃频率)

回避频率也称为跳跃频率,是指不允许变频器连续输出的频率,常用  $f_j$  表示。任何机械在运转过程中,都或多或少会产生振动。每台机器又都有一个固有振荡频率,其取决于机械结构。如果生产机械运行在某一转速下时,所引起的振动频率和机械固有振荡频率相吻合,则机械的振动将因发生谐振而变得十分强烈(也称为机械共振),并可能产生导致机械损坏的严重后果。

为了避免发生机械谐振,应当让拖动系统跳过谐振所对应的转速,所以变频器输出频率就要跳过谐振转速所对应的频率。通过回避频率的设定,使变频器不能输出与负载机械设备共振的频率值,从而避开共振现象发生。这个功能常用于水泵、风机、压缩机和机床等机

械设备。

不同的变频器预置回避频率的方法不同,一般有三种方法。

(1) 直接预置回避区的最低频率和最高频率。

(2) 预置回避频率时,通常采用预置一个回避区间,需要预置中心回避频率  $f_j$  和回避宽度  $\Delta f_j$ ,即回避频率所在的位置和回避区域,通常回避宽度是指整个回避区域的一半。

(3) 只预置中心回避频率,回避频率的宽度由变频器内定,通常为 0.5Hz 或 1Hz。

为方便用户使用,大部分的变频器都提供了三个跳跃区间,如图 3-13 所示。

MM4 系列变频器最多可设置四个跳跃区间,分别由参数 P1091~P1094 设定跳跃频率的中心点频率,由 P1101 设定跳跃的回避宽度。

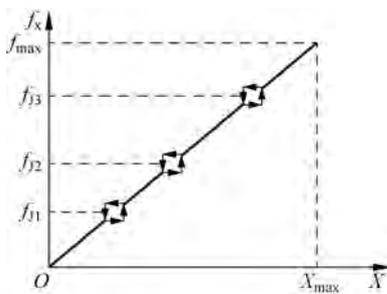


图 3-13 变频器的跳跃频率

## 6. 点动频率

点动频率是指变频器点动控制时的给定频率。生产机械在调试或每次新的加工过程开始前,需要进行点动控制,以观察整个拖动系统各部分运转是否正常。如果每次点动操作前都需要将给定频率改为点动频率的话非常麻烦,所以变频器一般都具有预置点动频率的功能,这样只要预置了点动频率,变频器工作在点动模式时即以点动频率运行,不用每次都重新设置。为防止发生意外,点动频率一般都设定得较低。通常用操作面板点动键和外部数字接口进行点动操作。

在实际应用中,点动功能也常常用于各类机械的定位。如机械设备的试车或刀锯的调整等,都需要电动机的点动控制,所以,变频器的点动控制是变频器的基本功能之一。MM4 系列变频器正向点动频率由参数 P1058 设定,反向点动频率由参数 P1059 设定。

## 7. 脉宽调制(载波)频率

低压变频器大多是采用 PWM 调制方式进行变频,它们的载波频率是可调的,一般为 2~16kHz,可方便地进行人为选用载波频率。变频器输出电压其实是一系列的脉冲,脉冲的宽度和间隔均不相等。其大小取决于调制波和载波的交点,也就是开关频率。开关频率越高,一个周期内脉冲的个数就越多,电流波形的平滑性就越好,但是对其他设备的干扰也越大,电动机功率越大,对其他设备运行的影响越大。并且随着载波频率的提高,功率模块发热增加,功率损耗增大,效率下降。由于变频器输出电压、电流中含有一定的高次谐波分量,载波频率越低或者设置得不好,电动机气隙中的高次谐波磁通将增加,较低次的高次谐波分量可能与电动机固有振动频率发生谐振,高次谐波产生的转矩脉动也会使电动机振动,电动机就会发出难听的噪声。

在调整载波频率时应遵循电动机功率大,选用的载波频率低的原则,以减少电磁干扰。但不同品牌的通用变频器厂商规定的载波频率具体值不同,应根据厂商规定调整。MM4 系列变频器由参数 P1800 设定载波频率。



视频讲解

## 3.7 MM4 系列变频器的基本功能

### 3.7.1 频率给定功能

变频器频率给定功能是指通过一定的输入控制通道来设置或改变变频器输出交流电频率的功能。

使用变频器的目的是希望通过改变变频器的输出频率,即改变变频器驱动的交流电动机供电频率,从而达到改变电动机转速、满足负载运行的要求。要调节变频器输出频率,关键之一是必须先向变频器提供改变频率的控制信号,这个信号通常被称为“频率给定信号”。所谓频率给定方式,也就是设定和调节变频器输出频率的具体方式。

根据变频器输入控制通道的种类,MM4 系列变频器的频率给定方式有操作面板给定、外部数字量信号给定、外部模拟量信号给定和上位机通过数据线通信给定等方式。这些频率给定方式各有优缺点,应按照实际需要进行选择,也可以根据功能需要选择不同频率给定方式之间的叠加和切换。

#### 1. 操作面板给定方式

变频器的配件一般都外配有操作面板,也称为操作器。操作面板上面具有操作按键和显示功能。图 3-14 所示是 MM4 系列变频器基本操作面板,可以利用操作面板上的增加键  和减小键  直接改变变频器的设定频率。

采用操作面板给定方式的最大优点就是简单、方便、明了。操作面板上的 LCD 液晶显示,既能显示变频器输出频率,又兼具其他监视功能,能实时显示变频器运行时的电流、电压、实际频率和直流母线电压等。

利用操作面板上的增加键  和减小键  的给定方式属于数字量给定方式,精度和分辨率都非常高,精度可达最高频率的  $\pm 0.01\%$ ,分辨率为  $0.01\text{Hz}$ 。

变频器的操作面板可以取下。如果需要将操作面板安装在控制柜柜门上,需要使用柜门安装组合件,组合件内提供了安装于变频器上的 RS232 适配器,最大电缆长度为 5m。

#### 2. 外部数字量给定方式

MM4 变频器都有外部数字量输入端子,这些数字量端子都是多功能端子,可以通过设置端子对应的参数设定其功能。图 3-15 所示的是采用 MM420 的数字输入端子 DIN1 和 DIN2 控制输出频率上升和下降的接线图和时序图。这时端子 DIN1 对应的参数 P0701 设定为 13,端子 DIN2 对应的参数 P0702 设定为 14,这样,在设定频率基础上即可改变变频器的设定频率值。



图 3-14 MM4 系列变频器基本操作显示面板

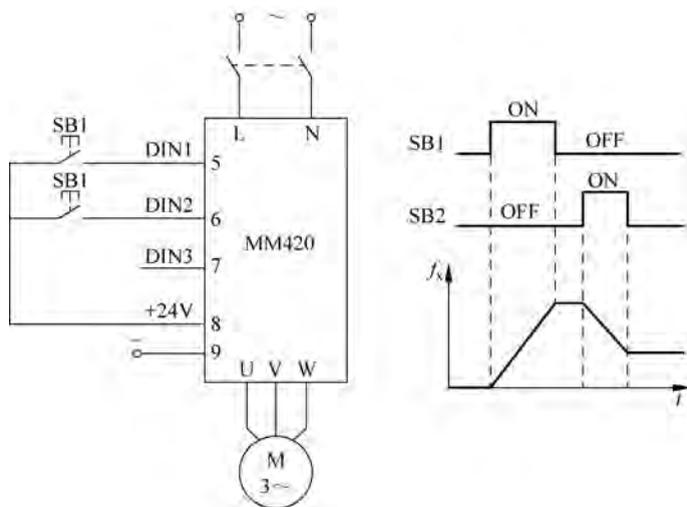


图 3-15 MM420 变频器的外部数字量给定方式

外接数字量给定方式是通过变频器外接的给定开关信号进行频率调节。对于这种设置频率方式,各种品牌的变频器叫法不一,如 ABB、西门子变频器称为电动电位器,而富士变频器则称为上升/下降(UP/DOWM)功能等。实际上就是利用变频器本身的多功能数字输入端子来改变变频器的运行频率,且升/降速的速率可调。

MM4 系列变频器也可采用数字量输入端子的开关组合实现固定频率给定,3.7.3 节将介绍有关三种不同的固定频率给定方式的参数设置方法。

当通过外部数字量输入端子改变变频器频率给定时,该端子可以外接按钮或其他类似于按钮的开关信号(如 PLC、DCS 系统的继电器输出模块、常规中间继电器等),在设定频率基础上改变变频器的设定频率值。

### 3. 外部模拟量给定方式

外部模拟量给定方式是指通过变频器模拟量端子从外部引入电流或电压信号进行频率设定的方式。调节模拟量的大小即可改变变频器的输出频率,是变频器主要的给定方式。如图 3-16 所示,MM420 变频器采用外接电位器实现模拟量给定方式。

不同的变频器模拟量输入回路的数量不同,一般可以采用输入电压信号或电流信号,但使用前必须正确地通过拨码开关、跳线或短路块进行选择。

模拟量给定中的电流或电压信号,可以来自于外接电位器、仪表、PLC 或 DCS 系统等控制回路。MM4 系列变频器模拟量电流信号一般是  $0\sim 20\text{mA}$ ; 电压信号是

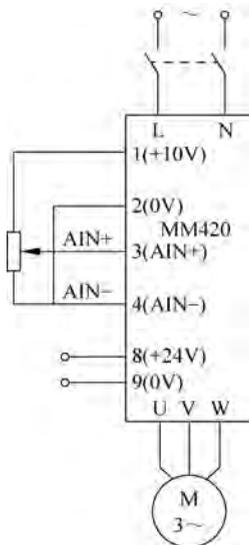


图 3-16 MM420 外部模拟量给定

0~±10V 等。

电流信号在传输过程中,不受线路电压降、接触电阻及其压降、杂散的热电效应以及感应噪声等影响,抗干扰能力比电压信号强。但电流信号电路比较复杂,所以在距离不远的情况下,一般仍选用电压信号作为模拟量给定信号。

#### 4. 通信方式给定

通信方式给定就是指上位机通过通信接口按照特定的通信协议,通过特定的通信介质进行数据传输到变频器以改变变频器设定频率的方式,MM4 系列变频器可以通过 BOP 的 RS232 接口、RS485 通信接口和插入的 CB 板 PROFIBUS 接口进行频率设定。

### 3.7.2 可编程的 V/f 特性曲线功能

MM4 系列变频器可以设定多段不同斜率的 V/f 控制曲线,即可编程的 V/f 特性曲线功能。

该特性曲线需在可编程的 V/f 控制方式(P1300=3)下,曲线上有三个点是可编程的,由参数 P1320/P1321~P1324/P1325 设定 V/f 特性曲线的坐标,如图 3-17 所示。曲线上有两个不可编程的点:

- (1) 0Hz 处的连续提升电压 P1310(V),满足式(3-1);
- (2) 电动机额定频率 P0310 处的电动机额定电压 P0304。

$$P1310(V) = \frac{P1310(\%)}{100\%} \times \frac{r0359(\%)}{100\%} \times P0304(V) \quad (3-1)$$

式中,P1310(%)为连续提升参数;r0359(%)为电动机定子总电阻(%),包括定子绕组和电缆电阻总和;P0310 处的电动机额定电压(V)。

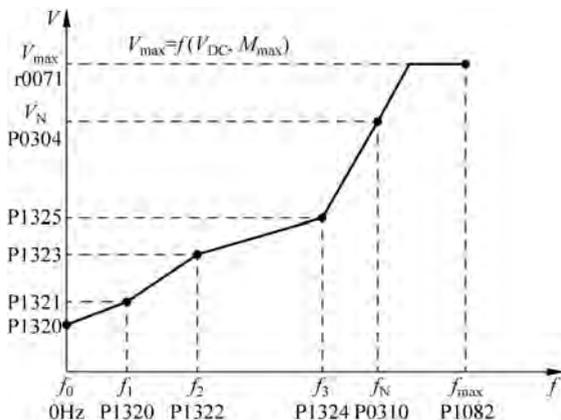


图 3-17 可编程的 V/f 特性曲线

### 3.7.3 多段速功能

变频器的多段速功能,也称作固定频率功能,MM4 系列变频器就是在设定频率给定源

参数 P1000=3 的条件下,用数字量输入端子来选择固定频率的组合,实现电动机多段速度运行。这个功能有三种操作模式可供选择。



视频讲解

### 1. 直接选择模式

在这种操作模式下,一个数字量输入端选择一个固定频率,对应端子参数 P0701~P0706 设定为 15,对应的频率值设置在 P1001~P1006 中。例如,当 P0700=2(命令源为外部端子)且 P0701=1 时,P1000=3(频率给定源设为固定频率),P1004=20(固定频率 4 为 20Hz),P0704=15(直接选择),当数字量输入端子 4(DIN4)为 ON 状态时,并且变频器数字量输入端子 DIN1 外接开关闭合发出启动命令后,电动机将以固定频率 20Hz 转动。

在这种操作模式下,当多个数字输入选择同时激活时,选定的频率为它们的总和。

### 2. 直接选择 + ON 命令模式

在这种操作模式下,数字量输入端选择固定频率的方式与直接选择模式相同,但又具备了启动功能。对应端子参数 P0701~P0706 设定为 16。例如,当 P0700=2(命令源为外部端子排),P1000=3(给定源设为固定频率),P1004=20(固定频率 4 为 20Hz),P0704=16(直接选择+ON),当数字量输入端子 4(DIN4)为 ON 状态时,电动机将以固定频率 20Hz 转动。

### 3. 二进制编码选择 + ON 命令模式

在这种操作模式下,MM440 的 DIN1~DIN4 数字量输入端采用二进制编码选择方式,会形成 15 个编码 0001~1111,因此最多可以选择 15 个固定频率。对应端子参数 P0701~P0704=17,对应的频率值设定在 P1001~P1015 中,由四个数字量输入端子 DIN1~DIN4 闭合状态决定电动机将以 P1001~P1015 中的哪个频率转动。

## 3.7.4 多种控制方式选择功能

MM4 系列变频器支持多种控制方式,由参数 P1300 设定控制方式。随着变频器功能的增强,可选择的控制方式更多。MM440 控制方式参数 P1300 可以设定的值如下:

- =0,线性特性的 V/f 控制;
- =1,带磁通电流控制 FCC 的 V/f 控制;
- =2,带抛物线平方特性的 V/f 控制;
- =3,特性曲线可编程的 V/f 控制;
- =4,ECO 节能运行方式的 V/f 控制;
- =5,用于纺织机械的 V/f 控制;
- =6,用于纺织机械的带 FCC 功能的 V/f 控制;
- =19,具有独立电压设定值的 V/f 控制;
- =20,无传感器的矢量控制;
- =21,带有传感器的矢量控制;
- =22,无传感器的矢量转矩控制;
- =23,带有传感器的矢量转矩控制。



视频讲解

### 3.7.5 转矩提升功能

变频器低频输出时, V/f 控制由于忽略了定子阻值, 造成输出过低的电压, 气隙中磁通强度将有所减小, 故需要进行电压补偿。转矩提升功能主要用于启动具有大惯性负载或摩擦类负载, 这些负载要求有足够大的启动转矩, 如拉丝机、回转窑等设备。但在 V/f 控制和矢量控制模式时转矩提升功能的参数是不一样的。

MM4 系列变频器在 V/f 控制模式下, 转矩提升有连续提升、启动提升、加速度提升三种方式。

#### 1. 连续提升方式

MM4 系列变频器的连续提升是在 V/f 控制方式和未进入 SLVC 的低频段(V/f)时, 利用参数 P1310 来增加电压提升磁通强度。参数 P1310 用来确定提升量的大小, 范围为 0.0~250%(默认值为 50%)。可用于线性 V/f 特性曲线和平方 V/f 特性曲线, 图 3-18 是线性 V/f 特性曲线的连续提升功能示意图。连续提升在整个额定频率范围内有效, 其提升值随着输出频率的增加持续降低。

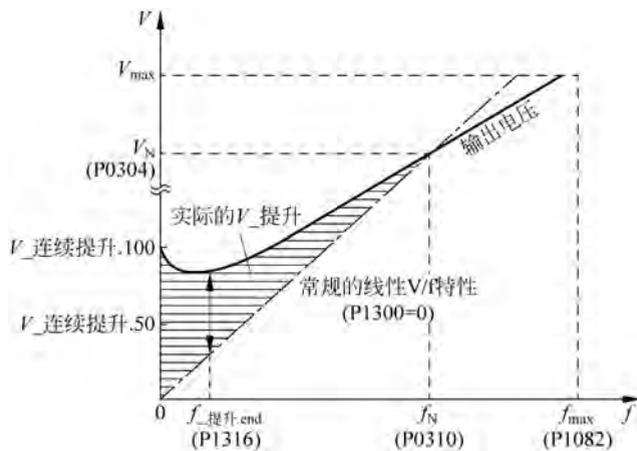


图 3-18 线性 V/f 特性曲线的连续提升方式示意图

图 3-18 中的  $V_{\text{连续提升.100}} = \text{电动机额定电流}(P0305) \times \text{定子电阻}(P0350) \times \text{连续提升}(P1310)$ ,  $V_{\text{连续提升.50}} = V_{\text{连续提升.100}} \div 2$ 。

#### 2. 加速度提升方式

加速度提升是指在设定值发生正的变化时, 向电动机施加的电压补偿。加速度提升参数为 P1311, 范围为 0.0~250%(默认值为 0)。加速度提升只在斜坡函数曲线期间产生提升作用, 即仅在升速过程中作用, 是为了克服负载较大的惯量, 加速时它对增加转矩非常有用, 图 3-19 是加速度提升方式示意图。

图 3-19 中的  $V_{\text{加速度提升.100}} = \text{电动机额定电流}(P0305) \times \text{定子电阻}(P0350) \times \text{加速}$

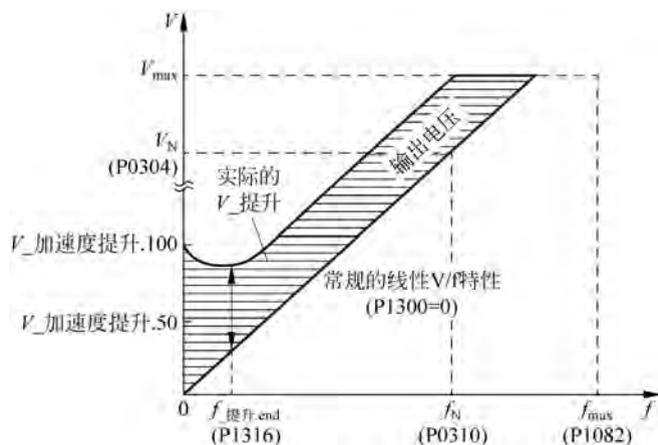


图 3-19 线性 V/f 特性曲线的加速度提升方式示意图

度提升(P1311),  $V_{\text{加速度提升.50}} = V_{\text{连续提升.100}} \div 2$ 。

### 3. 启动提升方式

启动提升是仅首次发出启动命令时起作用,是为了克服启动的静摩擦力。在发出 ON 命令后的启动过程中,在线性 V/f 或平方 V/f 特性曲线上附加一个恒定的偏移量,参数为 P1312,范围为 0.0~250% (默认值为 0.0)。启动提升功能适用于大惯性负载的启动。图 3-20 是线性 V/f 特性曲线的启动提升方式示意图。

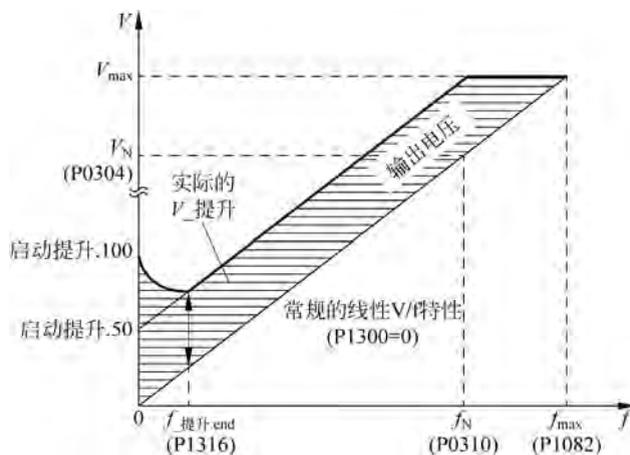


图 3-20 线性 V/f 特性曲线的启动提升功能示意图

启动提升在下列情况出现之前一直都处于激活状态:

- (1) 斜坡输出第一次达到设定值;
- (2) 设定值降低到小于现有的斜坡输出,如原设定值为 50Hz 斜坡上升时,以启动提升方式启动,在斜坡上升期间设定值变为 20Hz,已低于现有的斜坡输出,则立即取消启动提升。

图 3-20 中的  $V_{\text{启动提升.100}} = \text{电动机额定电流(P0305)} \times \text{定子电阻(P0350)} \times \text{启动提升(P1312)}$ ,  $V_{\text{启动提升.50}} = V_{\text{启动提升.100}} \div 2$ 。

图 3-18~图 3-20 中的提升结束点的频率参数 P1316, 是用来确定 V/f 曲线上的提升值达到其对应提升值的 50% 时的频率, 为电动机额定频率 P0310 的百分数, 默认值为 20(%)。

连续提升 P1310、加速度提升 P1311 和启动提升 P1312 都属于前馈环节, 一起使用时, 为总的提升值, 参数 r1315 中为总的电压提升值(V)。



视频讲解

### 3.7.6 加减速曲线设定功能

电动机启动时, 变频器输出频率随时间增加的关系曲线为加速曲线; 电动机制动时, 变频器输出频率随时间减小的关系曲线为减速曲线。变频器可以设置的加减速曲线有线性曲线、S 形曲线和半 S 形曲线。

#### 1. 线性曲线

变频器输出频率随时间成正比地增加或减小, 大多数负载都可以选用线性曲线。斜坡上升时间参数为 P1120, 是不带平滑圆弧的斜坡函数曲线时电动机从静止状态加速到最高频率(P1082)所用的时间, 如图 3-21(a) 所示。如果设定的斜坡上升时间太短, 将引起报警 A0501(电流极限值)或故障 F0001(过电流)停车。斜坡下降时间为 P1121, 是不带平滑圆弧的斜坡函数曲线时电动机从最高频率(P1082)减速到静止状态所用的时间, 如图 3-21(b) 所示。如果设定的斜坡下降时间太短, 将引起报警 A0501(电流极限值)/A0502(过电压限值)或故障 F0001(过电流)/F0002(过电压)停车。

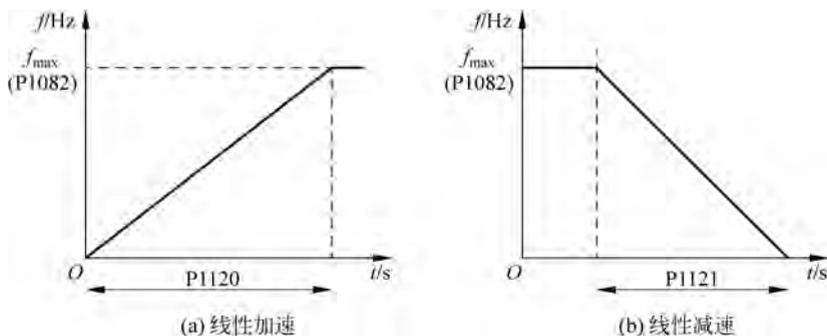


图 3-21 线性曲线

#### 2. S 形曲线

在加减速的起始阶段和终了阶段, 频率上升较缓, 加减速曲线呈 S 形。S 形方式非常适合于输送易碎物品的输送机、电梯, 以及其他需要平稳改变速度的场合。例如, 电梯在开始启动以及转入匀速运行时, 从考虑乘客的舒适度出发, 应减缓速度的变化, 应采用 S 形加速曲线。

#### 3. 半 S 形曲线

在加减速的起始阶段或终了阶段, 按线性方式加速; 而在终了阶段或初始阶段, 按 S 形

曲线加减速。启动加速时采用半 S 形曲线,主要用于启动时负荷较重且惯性较大的负载;接近所需速度时采用半 S 形曲线,适合于风机类平方降转矩负载,这类负载由于低速时负荷较轻,可按线性方式加速,以缩短加速过程;高速时负荷较重,加速过程应减缓,以减小加速电流。

图 3-22 是 MM4 系列变频器加减速曲线设置示意图。参数 P1130 和 P1131 分别为斜坡上升曲线的起始段圆弧时间和终了段圆弧时间;参数 P1132 和 P1133 分别为斜坡下降曲线的起始段圆弧时间和终了段圆弧时间。

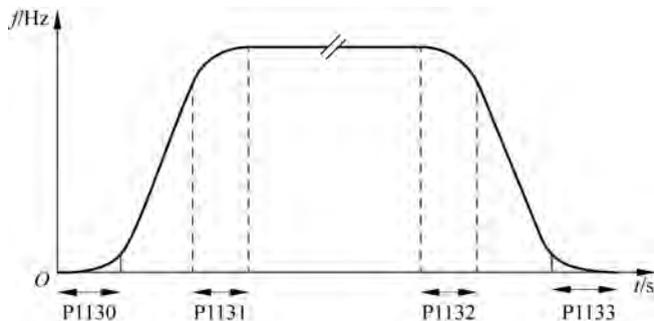


图 3-22 加减速曲线设置示意图

### 3.7.7 停车和制动功能

MM4 系列变频器停车有 OFF1、OFF2 和 OFF3 方式,以及直流注入制动、复合制动和能耗制动方式。

#### 1. 停车方式

##### 1) OFF1 停车方式

OFF1 停车方式是变频器接到停机命令后,按照减速时间 P1121 以选定的斜坡下降速率逐步减少输出频率,频率降为零后的停机方式。该方式适用于大部分负载的停机。

若 MM4 系列变频器的启/停命令采用数字量输入端子控制时,停车 OFF1 与正转启动 ON 命令用同一个端子输入。当数字量输入端子选择为 PNP 方式时,当开关合上并保持,发出正转启动命令 ON,当开关打开发出停车命令 OFF1。

由于输出频率下降斜率可通过参数 P1121 可以调节,因此能够实现可控软停车,OFF1 作为常规停车方式可应用于一般场合。如要求平稳、准确停车时,电梯在平层时可选用此模式;在变频恒压供水控制中,为防止出现“水锤效应”,系统停车时也采用此停车方式,使管网水压平稳下降。

##### 2) OFF2 停车方式

OFF2 停车方式是变频器接到停机命令后,立即封锁逆变器 PWM 脉冲输出,拖动系统依惯性滑行,最后停机方式。这样相当于电动机电源被切断,拖动系统处于自由制动状态。停机时间的长短取决于拖动系统惯性大小,惯性越大,停车时间越长,所以也称为惯性停机。



视频讲解

停车命令 OFF2 可用于紧急停车控制(配合机械制动或电气制动),也可用于变频器输出端接有接触器的场合。由于变频器运行过程中不要对其输出端接触器进行操作,如需切换时,必须先以 OFF2 方式停止变频器输出,再经过 100ms 延时,方可断开接触器,切换到另一个接触器。

停车命令 OFF2 为电平触发方式,低电平有效,接线时应注意。

### 3) OFF3 停车方式

OFF3 停车方式是变频器接到停机命令后,按照减速时间 P1135 以选定的斜坡下降速率使电动机快速地减速停车的方式。但如果设定的斜坡下降时间太短,也将引起报警 A0501(电流极限值)/A0502(过电压限值)或故障 F0001(过电流)/F0002(过电压)停车。

需要注意的是,在设置了停车命令 OFF3 情况下,为了启动电动机,控制停车命令 OFF3 的数字量输入端必须闭合(高电平),电动机才能启动,并可以用 OFF1 或 OFF2 方式停车。如果控制停车命令 OFF3 的数字量输入端为低电平,则电动机不能启动。

停车命令 OFF3 为电平触发方式,低电平有效。可将 OFF1 与 OFF3 联合运用,用 OFF1 作为常规停车方式、OFF3 作为快速停车方式,以满足需要有不同停车时间要求的应用场合。

三种停车方式的优先级是: OFF2 最高,OFF3 次之,ON/OFF1 最低。OFF1、OFF3 停车方式可同时具有直流注入制动或动能制动功能。

## 2. 制动方式

为了缩短电动机减速时间,可以在减速过程中加入电气制动,以使电动机快速停止运转。MM440 变频器有三种用电子控制装置支持的电气制动方式:注入直流制动(电动机处于能耗制动状态)、复合制动和能耗制动(电动机处于再生发电制动状态)。图 3-23 是 MM4 变频器电气制动的内部关系图,从图中可见,三种制动方式的内部优先级:直流制动最高,复合制动次之,能耗制动最低。

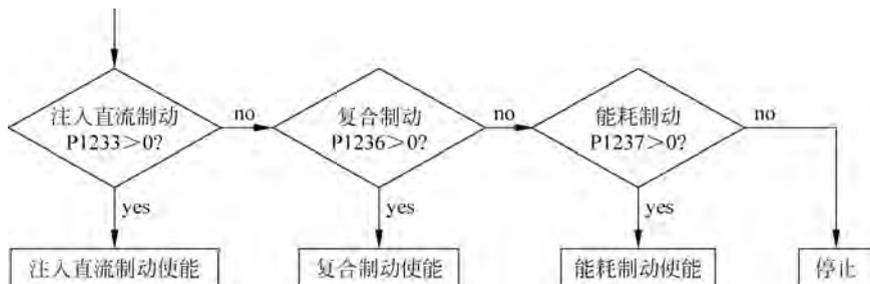


图 3-23 MM440 变频器电气制动的内部关系

### 1) 注入直流制动方式

这种制动方式是变频器采用 OFF1 或 OFF3 方式停车时,当接到停机命令后,向电动机注入直流电流,与停车方式 OFF1 和 OFF3 同时使用,电动机将快速停止。

使能注入直流制动功能可以由数字量输入端控制,MM440 变频器通过参数 P0701~

P0708 设置,直流制动的强度(电流)由 P1232 设定,持续时间由 P1233 设定,起始频率由 P1234 设定。如果数字输入端未设定为直流注入制动,但  $P1233 \neq 0$ ,那么直流制动将在每个停车命令 OFF1 之后起作用,制动持续时间仍由 P1233 中设定。

直流制动是封锁逆变器输出的 PWM 脉冲,即停止向电动机定子绕组提供变频交流电。再经历去磁时间(去磁时间参数 P0347 是根据电动机数据自动计算),电动机充分去磁后,再向电动机定子绕组注入直流制动电流。

在注入直流制动电流后,电动机定子磁场不再旋转。这时转子绕组切割静止磁场,产生的电磁转矩与转子旋转方向相反,是制动转矩。由于转子绕组切割磁力线的速度较快,所产生的制动转矩较大,因而可缩短停机时间。

直流制动主要用于准确停车和启动前制止电动机由于外因引起的不规则自由旋转(如风机类负载)。有的负载由于惯性较大,常常停不住,停机后会有“爬行”现象,可能造成十分危险的后果。采用直流制动,使电动机停车后会产生一定的堵转转矩,定子直流磁场对转子铁芯还有一定的“吸住”作用,所以直流制动在一定程度上可替代机械制动,停车后,用以克服机械的“爬行”。

当采用直流制动准确停车时,一般应先按停车方式 OFF1 或 OFF3 降速,在电动机速度降到较低,达到直流制动起始频率 P1234 时,再进行直流制动。这是因为在高速时进行直流制动,电动机转子电流的频率与幅值都很高,转子铁损很大,导致电动机发热严重,且难以保证准确停车。直流制动时由于设备及电动机自身的机械能只能消耗在电动机内,拖动系统存储的动能转换成电能消耗于电动机转子回路中,电动机处于能耗制动状态,同时直流电流也通入电动机定子中,会使电动机温度迅速升高,因而要避免长期、频繁使用直流制动。直流制动并不控制电动机速度,所以停车时间不受控。停车时间取决于负载的转动惯量大小,很难实际计算直流制动的制动转矩。

注入直流制动功能只适用于异步电动机,不能用于交流同步电动机变频拖动。直流制动特别适用于离心式机械、电锯、研磨机械和皮带运输机等。

## 2) 复合制动方式

复合制动是当采用停车方式 OFF1 或 OFF3 时,在变频器输出交流电流中叠加入一个直流分量,即在再生制动(在沿斜坡曲线减速制动期间,变频器把机械能量再生回馈到直流回路的制动单元)时,再加入直流制动。设定直流制动电流强度的参数为 P1236,为电动机额定电流 P0305 的百分数。

当直流回路的电压超过复合制动接入电压时,变频器向电动机注入直流制动电流。

复合制动不能用于矢量控制。

## 3) 能耗制动方式

能耗制动是 MM4 系列变频器通过与直流环节滤波电容并联的制动电阻,将制动时电能消耗掉的方式。能耗制动的工作停止周期参数为 P1237,可以设置值为 1~5。

变频器内置了直流母线  $V_{DC\_max}$  调节器,即直流母线电压最大值调节器,其可以预防直流母线过电压。借助这项技术,利用闭环  $V_{DC\_max}$  调节器,在运行期间变频器输出频率能自

动改变,使电动机不会制动过快进入再生回馈运行。其由参数 P1240 激活,可以处理短暂的再生能量。如果变频器运行时,直流母线电压超过门限值 r1242,那么输出频率下降速度将受到控制,BOP 输出报警信息 A0910,而不是输出故障信息 F0002(直流母线过电压),变频器并不跳闸,这就是 MM4 系列变频器具有减速过电压自处理功能。图 3-24 为  $V_{DC\_max}$  调节器减速过程中过电压的自处理过程。

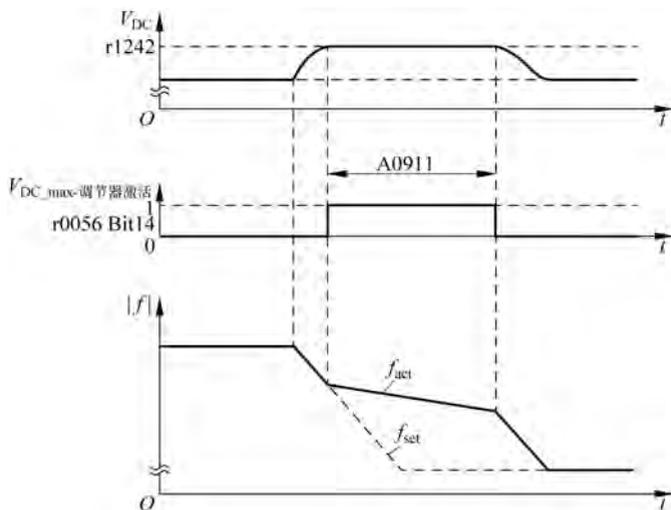


图 3-24 减速过电压的自处理



视频讲解

### 3.7.8 自动再启动和捕捉再启动功能

#### 1. 自动再启动

自动再启动是指主电源跳闸或发生故障后允许重新启动的功能。

设置自动再启动功能的原因主要有以下方面。

(1) 由于变频器的保护环节较多,灵敏度又较高,存在着误动作的可能。为了防止拖动系统因误动作而停机,变频器在跳闸后,应能自行再启动。

(2) 因外部的不重复冲击而跳闸,如电容器补偿柜投入瞬间的尖峰电压,以及晶闸管设备导通瞬间的电压凹口等。对于这种重复率较低的过电压或欠电压,变频器在跳闸后,可以自行再启动。

(3) 电网因某种原因(如雷电等)出现瞬间过电压或停电,变频器可以自动再启动。不同变频器预定自动再启动参数的方法不同,通常设定自动再启动重试次数和再启动的间隔时间。MM4 系列变频器自动再启动功能被激活和设定发生不同情况下能自动再启动的参数为 P1210,再启动重试次数参数为 P1211。

#### 2. 捕捉再启动

捕捉再启动是指启动变频器快速地改变变频器输出频率去搜寻正处于自转状态的电动

机实际速度,一旦捕捉到电动机速度实际值,就将变频器与电动机接通,并使电动机按常规斜坡函数曲线升速运行到频率设定值。MM4 系列变频器捕捉再启动激活和捕捉方式参数为 P1200,搜索电流参数为 P1202,搜索速率参数为 P1203。

该方式适用于变频器停机状态时,电动机仍处于正向旋转或反向旋转时大惯性负载瞬时停电再启动、水泵的工频变频切换,或重要设备异常停机后的快速恢复工况。

### 3.7.9 参数静态识别和动态优化功能



视频讲解

#### 1. 参数静态识别

由于矢量控制性能的高低依赖于电动机参数,带转矩提升的 V/f 控制需要电动机定子电阻参数 P0350,以及变频器内置的电动机保护功能也与电动机参数有关,所以电动机参数的准确与否,对控制效果将产生很大影响。

在变频器快速调试时,变频器会根据电动机相关参数,如额定功率、额定电流等数据建立电动机模型。这个模型对西门子标准电动机来说,电动机模型数据比较准确,而对第三方电动机,准确度相对就差一些。所以西门子公司建议用户进行参数静态识别,以便更好地计算电动机内部能量损失。

参数静态识别功能是对电动机参数的自动检测功能,通过采样变频器输出电压、电流和转速信号,经过数据计算,求出电动机参数值,为变频器提供电动机参数数据,从而保证电动机模型中的数据与实际参数一致。

MM4 系列变频器通过参数 P1910 来实现自动检测电动机参数功能。P1910 设为 1,将自动检测电动机数据和变频器特性,可以检测定子电阻 P0350、转子电阻 P0354、定子漏抗 P0356、转子漏抗 P0358、主电抗 P0360、IGBT 的通态电压 P1825 和触发控制单元门控死区 P1828 等参数。

当 P1910=1 时, BOP 将显示报警信息 A0541,随之给出启动命令,将快速进行电动机参数测量, A0541 和 P1910 将在 BOP 上轮流持续闪烁。测试中通过向电动机注入短脉冲电流,转子中会有电流流过,并伴随“嗡嗡”声,变频器内风扇叶片开始旋转,但电动机并不旋转,将完成多个测量。当报警信息 A0541 消失后,变频器计算内部的电动机参数,同时 BOP 将显示“busy”,经过几分钟,参数静态识别完毕, P1910 重新出现且已自动恢复为 0。

对于 MM440 变频器除了对电动机参数进行识别外,还要执行电动机饱和和曲线的识别,从而提高控制性能,需将 P1910 设为 3 进行识别。电动机饱和曲线的识别应该在电动机参数测量(P1910=1)之后进行。P1910 一旦被设为 3, A0541 将重新出现,随之给出启动命令,执行过程同上。

#### 2. 动态优化

动态优化是对 MM440 变频器的速度控制器参数进行优化,动态优化参数为 P1960。

首先要设置 P1300=20(SLVC 方式)或 P1300=21(VC 方式),若是带编码器的矢量控制,还要对编码器的类型参数 P0400、每圈的脉冲数参数 P0408 进行设置。

P1960=1 时,使能速度控制器优化, BOP 将显示报警信息 A0541,随之给出启动命令,

A0541 与 P1960 将轮流持续闪烁,变频器启动并开始优化测试。期间电动机将处于不受控状态,变频器将按照斜坡上升时间 P1120 将电动机加速到额定频率(P0310)的 20%,然后在转矩控制模式下进一步加速至额定频率(P0310)的 50%,最后再按照斜坡下降时间 P1121 减速至额定频率(P0310)的 20%。此过程电动机会反复自动加减速几次,取平均时间。优化完成之后,P1960 重新出现且已自动恢复为 0。

如果运行以后,发现系统性能不理想,还可以进行手动优化调试,反复更改速度控制器的比例增益参数和积分时间参数:带速度编码器矢量控制的速度控制器参数为 P1460 和 P1462;不带速度编码器矢量控制的速度控制器参数为 P1470 和 P1472。

注意,参数静态识别和动态优化前,一定要已完成快速调试功能。

### 3.7.10 PID 功能

在实际工程中,使用最广泛的是 PID 控制器。MM420 内部集成了 PI 控制器,MM440 和 MM430 内部集成了 PID 控制器,并且还具有 PID 微调功能,如图 3-25 所示。

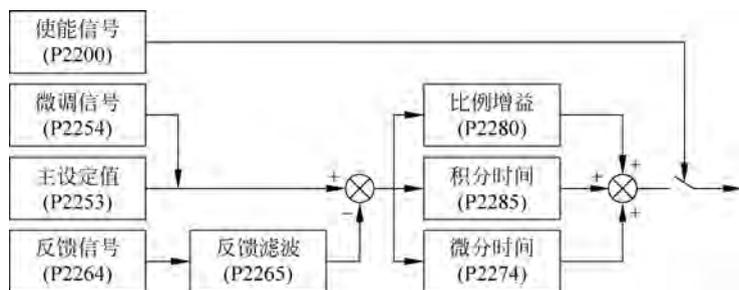


图 3-25 MM4 系列变频器 PID 功能框图

由图 3-25 可见,PID 控制器的激活参数为 P2200。PID 控制器定义了要求的电动机频率,因此频率设定源 P1000 以及斜坡时间 P1120 和 P1121 所设置参数自动失效,但设定的最高频率 P1082 和最低频率 P1080 仍然有效。

PID 闭环控制常用于过程控制,如流量、压力和温度等控制。实际使用时可根据需要选用 P 控制、PI 控制、PD 控制或 PID 控制等方式。由于 MM440 和 MM430 还具有 PID 微调功能,所以也可用于简单的张力控制等。

### 3.7.11 保护功能

MM4 系列变频器自身拥有较强的故障诊断功能,对变频器内部各主要部件和电动机的故障进行诊断,为用户查找问题提供了方便,并能对变频器功率元件和电动机进行保护。

MM4 系列变频器保护功能定义了故障与报警两种异常触发模式:当发生故障时,变频器停止运行,操作面板显示以 F 字母开头相应的故障代码,需要故障复位后才能重新运行;当发生报警时,变频器可以继续运行,操作面板显示以 A 字母开头相应的报警代码,报警消

除后代码显示自动消除。

变频器主要保护功能有过流、过电压、欠电压、变频器过负荷、断相和电动机热保护等。

### 1. 过流保护

当电动机功率参数 P0307 与变频器功率参数 P0206 不对应、电动机电缆太长、电动机导线短路或有接地故障时,都可能触发变频器过流故障 F0001。

### 2. 过电压保护

当 MM4 系列变频器直流母线电压 r0026 超过了门限电压 P2172 时,会对电动机起到保护作用。当超过直流母线过电压阈值(固化在变频器中,该值无法修改,并且该故障无法屏蔽),将触发故障 F0002。MM420 单相供电时,过电压阈值是 410V,三相供电时是 820V。

### 3. 欠电压保护

当低于直流母线欠电压阈值(固化在变频器中,该值无法修改,并且该故障无法屏蔽),将触发故障 F0003。MM420 单相供电时,欠电压阈值是 205V,三相供电时是 410V。

### 4. 变频器过负荷保护

当变频器的过载能力超过了变频器容许值时,变频器将进行保护。根据不同功率和带不同性质的负载情况,变频器容许的过载能力不同。MM420 过载能力为 1.5 倍的额定输出电流(即 150%过载)时,持续时间 60s,间隔时间 300s。外形尺寸 A~F 的 MM440 带恒转矩负载时,过载能力为:

- (1) 1.5 倍的额定输出电流(即 150%过载)时,持续时间 60s,间隔时间 300s;
- (2) 2 倍的额定输出电流(即 200%过载)时,持续时间 3s,间隔时间 300s。

### 5. 断相保护

如果三相输入电源电压中的一相丢失,变频器将触发故障 F0020,但变频器的脉冲仍然允许输出,一段时间后变频器通过停机来保护电动机。

### 6. 电动机热保护

MM4 系列变频器内部有一个完善的集成方案用于电动机热保护。电动机模型  $I^2t$  保护是变频器标准配置,还可以采用外接温度传感器(PTC 或 KTY84 传感器)进行保护,MM430 和 MM440 配置有外部温度传感器控制端子 14 和 15。

当  $I^2t$  超过了过载报警设定(MM420 参数为 P0614、MM430 和 MM440 参数为 P604)时,触发报警信息 A0511,变频器会按电动机  $I^2t$  过温的应对措施 P0610 所设定的措施,进行相应动作,如报警、跳闸等。

MM420 未提供温度传感器接口,也可以利用数字量端子触发外部故障的方式来保护电动机,如采用图 3-26 的连接方法。当电压超过数字量的触发电压时,触发外部故障跳闸,设置相应的外部数字量端子参数值为 29。

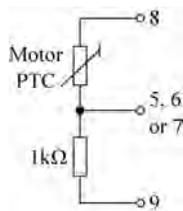


图 3-26 MM420 外部端子电动机过温保护电路

## 小结

MM4 系列变频器有四种类型：MM410、MM420、MM430 和 MM440。MM410 变频器可以满足简单控制电动机的驱动；MM420 是多功能标准变频器，只要进行简单的组态，就可满足一般对象的驱动控制要求；MM430 是风机和泵类变转矩负载专用的变频器；MM440 是采用高性能矢量控制技术的多功能标准变频器，能提供低速高转矩输出和良好的动态特性，同时具备超强的负载能力，可以满足广泛的应用场合。MM4 系列变频器主电路结构采用交—直—交形式，引出了多功能可编程数字量 I/O 端子和模拟量 I/O 端子，可以根据控制功能要求组成控制回路。变频器的操作方式有外部端子方式、操作面板方式和通信方式。MM4 系列变频器参数有用户可改动的 P 参数和只读 r 参数两种类型，有些参数还具有 BICO 功能。为了便于进行参数调试，MM4 系列变频器将参数分成 12 组，用参数滤波器选择参数组，并设置了四级用户访问级。MM4 系列变频器具有丰富的功能，包括各种频率给定方式、转矩提升功能、设置不同形状的加减速曲线、三种停车方式以及注入直流制动、复合制动和能耗制动，转速跟踪再启动、自动再启动、电动机静态参数识别和控制器动态优化，变频器及电动机故障诊断和保护功能等。

## 习题

1. MM420 和 MM440 变频器各引出了多少路可编程数字量 I/O 端子和模拟量 I/O 端子？
2. MM4 系列变频器主回路输入侧端子和输出侧端子各用什么字母标记？
3. MM4 系列变频器有几个用户访问级？各访问级能访问参数的范围是什么？由什么参数修改访问级？
4. MM4 系列变频器参数类型有哪些？
5. MM4 系列变频器将参数进行分组的目的是什么？参数组的选择由哪个参数决定？
6. 什么是西门子变频器 BICO 功能？如要采用此功能的话，用户访问级必须怎么设定？若 MM440 变频器使用数字输入 1(DIN1)来激活变频器继电器输出 1，参数如何设定？
7. MM4 系列变频器基本操作面板配置了哪些操作键？各键有什么功能？
8. MM4 系列变频器在 V/f 控制模式下有哪些转矩提升功能？
9. MM4 系列变频器停车有几种方式？制动有几种方式？
10. MM4 系列变频器静态参数识别作用是什么？动态优化作用是什么？
11. MM4 系列变频器有哪些主要保护功能？