



设计指南

VLT® AutomationDrive FC 360



目录

1 简介	5
1.1 如何阅读本设计指南	5
1.1.1 符号	5
1.1.2 缩略语	5
1.2 定义	5
1.2.1 变频器	5
1.2.2 输入	6
1.2.3 电机	6
1.2.4 参考值	6
1.2.5 其他	7
1.3 安全事项	8
1.4 处理说明	9
1.5 文档和软件版本	9
1.6 批准和认证	9
1.6.1 CE 标志	9
1.6.2 低电压指令	9
1.6.3 EMC 指令	9
2 产品概述	10
2.1 机箱规格概述	10
2.2 电气安装	11
2.2.1 一般要求	13
2.2.2 接地要求	13
2.2.3 主电源接线、电动机接线和接地	13
2.2.4 控制线路	14
2.3 控制结构	16
2.3.1 控制原理	16
2.3.2 控制模式	16
2.3.3 FC 360 控制原理	17
2.3.4 VVC ⁺ 中的控制结构	18
2.3.5 VVC ⁺ 模式下的内部电流控制	19
2.3.6 本地（手动启动）和远程（自动启动）控制	19
2.4 参考值处理	20
2.4.1 参考值极限	21
2.4.2 预置参照值和总线反馈值的标定	21
2.4.3 模拟和脉冲参照值和反馈值标定	22
2.4.4 零周围的死区	22
2.5 PID 控制	25
2.5.1 速度 PID 控制	25

2.5.2 过程 PID 控制	28
2.5.3 过程控制相关参数	29
2.5.4 过程 PID 控制示例	30
2.5.5 过程调节器的优化	32
2.5.6 Ziegler Nichols 调整方法	32
2.6 EMC 辐射和抗扰性	33
2.6.1 关于 EMC 辐射的一般问题	33
2.6.2 EMC 辐射要求	34
2.6.3 EMC 抗扰性要求	34
2.7 高低压绝缘	36
2.8 接地漏电电流	36
2.9 制动功能	37
2.9.1 机械夹持制动	37
2.9.2 动态制动	38
2.9.3 制动电阻器选择	38
2.10 智能逻辑控制器	39
2.11 极端运行条件	40
3 类型代码和选择	42
3.1 订购	42
3.2 订购号： 选件和附件	43
3.3 订购号： 制动电阻器	44
3.3.1 订购号： 制动电阻器 (10%)	44
3.3.2 订购号： 制动电阻器 (40%)	45
4 规格	46
4.1 与功率相关的规格	46
4.2 一般规范	48
4.3 熔断器	52
4.3.1 简介	52
4.3.2 符合 CE 标准	52
4.4 效率	53
4.5 声源性噪音	53
4.6 dU/dt 条件	53
4.7 特殊条件	54
4.7.1 手动降容	54
4.7.2 自动降容	55
5 RS485 安装和设置	56
5.1 简介	56
5.1.1 概述	56

5.1.2 网络连接	57
5.1.3 硬件设置	57
5.1.4 Modbus 通讯的参数设置	57
5.1.5 EMC 防范措施	57
5.2 FC 协议	57
5.3 网络配置	58
5.4 FC 协议消息帧结构	58
5.4.1 字符（字节）的内容	58
5.4.2 报文结构	58
5.4.3 报文长度（LGE）	58
5.4.4 变频器地址（ADR）	58
5.4.5 数据控制字节（BCC）	58
5.4.6 数据字段	58
5.4.7 PKE 字段	59
5.4.8 参数号（PNU）	60
5.4.9 索引（IND）	60
5.4.10 参数值（PWE）	60
5.4.11 变频器支持的数据类型	60
5.4.12 转换	60
5.4.13 过程字（PCD）	60
5.5 示例	60
5.6 Modbus RTU	61
5.6.1 预备知识	61
5.6.2 概述	61
5.6.3 带有 Modbus RTU 的变频器	61
5.7 网络配置	62
5.8 Modbus RTU 消息帧结构	62
5.8.1 简介	62
5.8.2 Modbus RTU 消息结构	62
5.8.3 启动/停止字段	62
5.8.4 地址字段	62
5.8.5 功能字段	63
5.8.6 数据字段	63
5.8.7 CRC 检查字段	63
5.8.8 线圈寄存器编址	63
5.8.9 如何控制变频器	65
5.8.10 Modbus RTU 支持的功能代码	65
5.8.11 Modbus 异常代码	65
5.9 如何访问参数	65
5.9.1 参数处理	65

5.9.2 数据存储	65
5.10 示例	66
5.10.1 读取线圈状态 (01 [十六进制])	66
5.10.2 强制/写入单个线圈 (05 [十六进制])	66
5.10.3 强制/写入多个线圈 (0F [十六进制])	67
5.10.4 读取保持寄存器 (03 [十六进制])	67
5.10.5 预置单个寄存器 (06 [十六进制])	67
5.10.6 预置多个寄存器 (10 [十六进制])	68
5.11 Danfoss FC 控制协议	68
5.11.1 与 FC 协议对应的控制字 (参数 8-10 协议 = FC 协议)	68
5.11.2 与 FC 协议对应的状态字 (STW) (8-30 Protocol= FC 协议)	69
5.11.3 总线速度参考值	71
6 应用示例	72
6.1 简介	72
6.1.1 编码器连接	74
6.1.2 编码器方向	75
6.1.3 闭环变频器系统	75
索引	76

1 简介

1.1 如何阅读本设计指南

本设计指南提供了有关如何选择、调试和订购变频器的信息。还提供了有关机械安装和电气安装的信息。

本设计指南仅供具备相应资质的人员使用。

请阅读并遵从本设计指南以便安全而且专业地使用变频器，应特别注意安全说明和一般性警告。

VLT® 为注册商标。

- VLT® AutomationDrive FC 360 快速指南 包含设置和运行变频器所需的必要信息。
- VLT® AutomationDrive FC 360 编程指南 提供了有关如何编程的信息，并且包括完整的参数说明。

FC 360 您可以通过联机方式获取技术资料
www.danfoss.com/fc360。

1.1.1 符号

本文档中使用了下述符号：



警告
表明某种潜在危险情况，将可能导致死亡或严重伤害。



小心
表明某种潜在危险情况，将可能导致轻度或中度伤害。这还用于防范不安全的行为。



注意
表示重要信息，包括可能导致设备或财产损失的情况。

1.1.2 缩略语

交流电	AC
美国线规	AWG
安培/AMP	A
电动机自动整定	AMA
电流极限	I_{LIM}
摄氏度	°C
直流电	DC
取决于变频器	D-TYPE
电磁兼容性	EMC
电子热敏继电器	ETR
克	g
赫兹	Hz
马力	hp
千赫兹	kHz
本地控制面板	LCP
米	m
毫亨电感	mH
毫安	mA
毫秒	ms
分钟	min
运动控制工具	MCT
毫微法	nF
牛顿米	Nm
额定电机电流	$I_{M,N}$
额定电机频率	$f_{M,N}$
额定电机功率	$P_{M,N}$
额定电机电压	$U_{M,N}$
永磁电机	PM 电动机
保护性超低压	PELV
印刷电路板	PCB
逆变器额定输出电流	I_{INV}
每分钟转数	RPM
反馈端子	再生
秒	s
同步电动机速度	n_s
转矩极限	T_{LIM}
伏特	V
最大输出电流	$I_{VLT, MAX}$
变频器提供的额定输出电流。	$I_{VLT, N}$

1.2 定义

1.2.1 变频器

惯性停车

电动机主轴处于自由模式。电动机无转矩。

$I_{VLT, MAX}$

最大输出电流。

I_{VLT,N}

变频器提供的额定输出电流。

U_{VLT,MAX}

最大输出电压。

1.2.2 输入

控制命令

可通过 LCP 和数字输入启动和停止所连接的电动机。功能分为两组。

第 1 组中的功能比第 2 组中的功能具有更高优先级。

第 1 组	复位、惯性停止、复位和惯性停止、快速停止、直流制动、停止和[关闭]。
第 2 组	启动、脉冲启动、反转、启动反转、点动和锁定输出。

表 1.1 功能组

1.2.3 电机

电动机正在运行

在输出轴上生成扭矩，电机上的速度从 0 RPM 增至最大速度。

f_{JOG}

激活点动功能（通过数字端子）时的电动机频率。

f_M

电机频率。

f_{MAX}

电机最大频率。

f_{MIN}

电机最小频率。

f_{M,N}

电机额定频率（铭牌数据）。

I_M

电机电流（实际值）。

I_{M,N}

电机额定电流（铭牌数据）。

n_{M,N}

电动机额定转速（铭牌数据）。

n_s

同步电动机速度

$$n_s = \frac{2 \times \text{参数 } 1 - 23 \times 60 \text{ s}}{\text{参数 } 1 - 39}$$

n_{slip}

电机滑差。

P_{M,N}

电动机额定功率（铭牌数据，单位为 kW 或 hp）。

T_{M,N}

额定转矩（电机）。

U_M

瞬时电机电压。

U_{M,N}

电机额定电压（铭牌数据）。

起步转矩

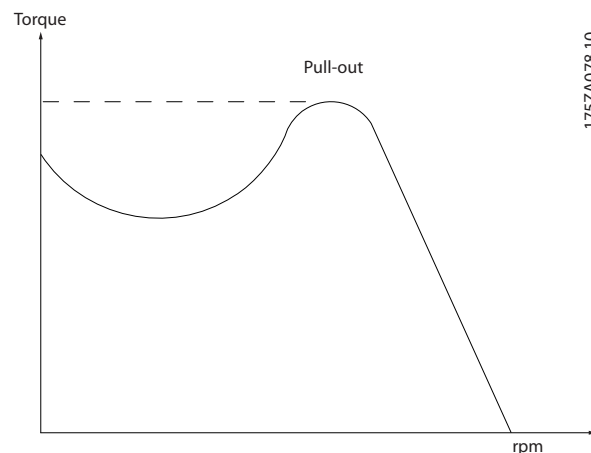


图 1.1 起步转矩

η_{VLT}

变频器效率被定义为输出功率和输入功率的比值。

启动 - 禁用命令

启动命令属于第 1 组的控制命令。有关详细信息，请参阅 章 1.2.2 输入。

停止命令

启动命令属于第 1 组的控制命令。有关详细信息，请参阅 章 1.2.2 输入。

1.2.4 参考值

模拟参考值

传输到模拟输入端 53 或 54 的信号，该值可为电压或电流。

二进制参考值

传输到串行通讯端口的信号。

预置参考值

定义的预置参考值，该值可在参考值的 -100% 到 +100% 范围内设置。可以通过数字端子选择的 8 个预置参考值。

脉冲参考值

传输到数字输入（端子 29 或 33）的脉冲频率信号。

Ref_{MAX}

确定 100% 满额值（通常是 10 V、20 mA）时的参考值输入和产生的参考值之间的关系。3-03 最大参考值中设置的最大参考值。

Ref_{MIN}

确定 0% 值（通常是 0 V、0 mA、4 mA）时的参考值输入和产生的参考值之间的关系。3-02 最小参考值中设置的最小参考值。

1.2.5 其他

模拟输入

模拟输入可用于控制变频器的各项功能。

模拟输入有两种类型：

- 电流输入，0-20 mA 和 4-20 mA
- 电压输入，0 到 +10 V DC

模拟输出

模拟输出可提供 0-20 mA、4-20 mA 的信号。

电机自动调整 (AMA)

AMA 算法可确定相连电动机处于静止状态时的电气参数。

制动电阻器

制动电阻器是一个能够吸收再生制动过程中所产生的制动功率的模块。该再生制动功率会使中间电路电压增高，制动斩波器可确保将该功率传输到制动电阻器。

CT 特性

恒转矩特性，用于所有应用中（如传送带、容积泵和起重机）。

数字输入

数字输入可用于控制变频器的各项功能。

数字输出

变频器具有 2 个可提供 24 V 直流信号（最大 40 mA）的固态输出。

DSP

数字信号处理器。

ETR

电热继电器是基于当前负载及时间的热负载计算元件。其作用是估计电动机温度。

FC 标准总线

包括使用 FC 协议或 MC 协议的 RS-485 总线。请参阅 8-30 协议。

正在初始化

如果执行初始化（14-22 工作模式），变频器将恢复为默认设置。

间歇工作周期

间歇工作额定值是指一系列工作周期。每个周期包括一个加载时段和卸载时段。操作可以是定期工作，也可以是非定期工作。

LCP

本地控制面板是对变频器进行控制和编程的完整界面。控制面板可拆卸，另外也可以借助安装套件将其安装在距变频器最多 3 米远的地方（例如安装在前面板上）。

NLCP

数字式本地控制面板是对变频器进行控制和编程的界面。显示屏是数字式的，因此该面板用于显示过程值。NLCP 具有存储和复制功能。

低位 (lsb)

最小有效位。

高位 (msb)

最大有效位。

MCM

Mille Circular Mil 的缩写，是美国测量电缆横截面积的单位，1 MCM = 0.5067 mm²。

联机/脱机参数

对联机参数而言，在更改了其数据值后，改动将立即生效。按 [OK]（确定）键以激活对脱机参数所做的更改。

过程 PID

PID 控制可调节输出频率，使之与变化的负载相匹配，从而维持所需的速度、压力、温度等。

PCD

过程控制数据

电源循环

关闭主电源，直到显示屏（LCP）熄灭，然后再次打开电源。

功率因数

功率因数表示 I_1 和 I_{RMS} 之间的关系。

$$\text{功率因数} = \frac{\sqrt{3} \times U \times I_1 \cos\phi_1}{\sqrt{3} \times U \times I_{RMS}}$$

对于 FC 360 变频器， $\cos\phi_1=1$ ，因此：

$$\text{功率因数} = \frac{I_1 \times \cos\phi_1}{I_{RMS}} = \frac{I_1}{I_{RMS}}$$

功率因数表示变频器对主电源施加负载的程度。

功率因数越小，相同功率性能的 I_{RMS} 就越大。

$$I_{RMS} = \sqrt{I_1^2 + I_5^2 + I_7^2 + \dots + I_n^2}$$

此外，功率因数越高，表明不同的谐波电流越小。

借助内置的直流线圈可获得较高的功率因数，从而将对主电源施加的负载降到最低程度。

脉冲输入/增量编码器

一种外接式数字脉冲传感器，用于反馈电机转速信息。这种编码器用于具有较高速度控制精度要求的应用。

RCD

漏电断路器。

设置

将参数设置保存在 2 个菜单中。可在这 2 个参数菜单之间切换，并在保持 1 个菜单有效时编辑另一个菜单。

SFAVM

该缩写描述的是开关模式 定子磁通定向的异步矢量调制。

滑差补偿

变频器通过提供频率补偿（根据测量的电机负载）对电机滑差进行补偿，以保持电机速度的基本恒定。

智能逻辑控制 (SLC)

SLC 是一系列用户定义的操作，当这些操作所关联的用户定义事件被智能逻辑控制器判断为“真”时，这些操作将执行（参数组 13-** 智能逻辑控制）。

STW

状态字。

THD

总谐波失真表明了谐波失真的总体影响。

热敏电阻

温控电阻器被安装在需要监测温度的地方（变频器或电动机）。

跳闸

故障情况下进入的状态，例如，当变频器遭遇过热等故障或为了保护电动机、过程或机械装置时。只有当故障原因消失后，才能重新启动，跳闸状态可通过激活复位来取消，在有些情况下还可通过编程自动复位来取消。请勿因个人安全而使用跳闸。

跳闸被锁定

当变频器在故障状态下进行自我保护并且需要人工干预时（例如，如果变频器在输出端发生短路）所进入的状态。只有通过切断主电源、消除故障原因并重新连接变频器，才可以取消锁定性跳闸。在通过激活复位或自动复位（通过编程来实现）取消跳闸状态之前，禁止重新启动。请勿因个人安全而使用锁定跳闸。

VT 特性

可变转矩特性用于泵和鼓风机。

VVC⁺

与标准电压/频率比控制相比，电压矢量控制（VVC⁺）可在速度参考值发生改变和与负载转矩相关时提高动力特性和稳定性。

60° AVM

请参阅开关模式 60° 异步矢量调制。

1.3 安全事项**警告**

只要变频器与主电源相连，它就会带有危险电压。如果电机、变频器或现场总线安装不当，则可能导致死亡、严重人身伤害或设备损坏。因此，必须遵守本手册中的规定以及国家和地方的条例和安全规定。

安全规定

1. 在执行维修工作之前，必须断开变频器与主电源之间的连接。检查主电源确已断开，等待表 1.2 中所述的放电时间结束后，再拔下电动机和主电源插头。
2. LCP 上的 [Off/Reset]（停止/复位）键不能断开主电源电压，因此不能用作安全开关。
3. 将设备正确接地，防止使用者接触到电源电压，对电机采取过载保护措施。这些措施应符合国家和地方法规的具体规定。
4. 在出厂设置的参数中未包括对电机的过载保护。如需要使用此功能，请将 1-90 电动机热保护设为“[4] ETR 跳闸 1”或“[3] ETR 警告 1”。
5. 在安装负载共享（直流中间回路的连接）时，变频器的输入电源不止 L1、L2 和 L3。在开始修理工作前，确保所有电源输入端均已断开，并等待一段时间后再开始修理。

意外启动警告

1. 当变频器与主电源相连时，可采用数字指令、总线指令、参考值、或者本地停止使电动机停止。如果出于人身安全方面（例如在意外启动之后接触运转中的部件造成的人身伤害）的考虑而必须

保证不会发生意外启动现象的话，这些停止功能是不够的。这些情况下，请断开主电源，

2. 电机可以在设置参数的同时启动。如果这样就意味着人身安全受到影响，则必须防止电动机启动，例如通过稳妥断开电动机连接。
3. 连接了主电源的电机在停止之后可能会在这些情况下启动：变频器的电气设施发生故障时、通过临时过载，或者在供电电网或电机连接得以修复。如果由于人身安全方面的原因必须防止无意启动的话，变频器的正常停止功能是不够的。这些情况下，请断开主电源，
4. 来自变频器，或者变频器内部的控制信号很少会错误激活、延迟或完全无法启动。当用于具有重要安全意义的情况中时，例如，控制起重应用的电磁制动功能时，不得单独依赖于这些控制信号。

警告**高压**

即使是已断开设备与主电源的连接，但是触碰电气部件仍会产生致命危险。

请确保所有其他电源输入都已断开，例如负载共享（直流中间电路的连接），以及用于借能运行的电动机连接。

安装了变频器的系统必须（如果需要的话）根据有效的安全规范（例如，有关机械工具的法律、防止出现事故的规范等）配备附加的监控和保护设备。允许通过操作软件的方式修改变频器。

注意

机器构建商/集成商应确定各种危险情况并负责考虑采取必要的预防措施。可以包含附加的监控和防护设备，但必须符合相关的安全规范（例如，有关机械工具的法律以及事故预防规范）。

警告**放电时间**

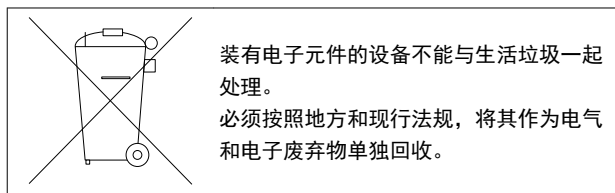
即使变频器未上电，变频器直流回路的电容器可能仍有电。如果切断电源后在规定的结束之前就执行维护或修理作业，可能导致死亡或严重伤害。

1. 停止电动机。
2. 断开交流主电源、永磁电动机、远程直流电源（包括备用电池）、UPS 以及与其它变频器的直流回路连接。
3. 请等电容器完全放电后，再执行维护或修理作业。等待时间在表 1.2 中指定。

电压 [V]	最短等待时间（分钟）	
	4	15
380 - 480	0.37 - 7.5 kW	11 - 75 kW
即使警告指示灯熄灭，也可能存在高压。		

表 1.2 放电时间

1.4 处理说明



变频器可用作独立设备或更复杂安装的组成部分。设备在这两种情况下必须带有 CE 标志。系统不一定带有 CE 标志，但必须符合 EMC 指令的基本保护要求。

1.5 文档和软件版本

我们将对本手册定期进行审核和更新。欢迎任何改进建议。

版本	备注	软件版本
MG06B4xx	替换 MG06B3xx	1.4x

1.6 批准和认证

变频器按照本部分所述的指令要求进行设计。

有关认证和证书的详情，请访问下载区：
www.danfoss.com/fc360。

1.6.1 CE 标志

CE 标志 (Communauté européenne) 表示该产品制造商遵守所有适用的 EU 指令。变频器设计和生产所适用的 EU 指令分别为低电压指令、EMC 指令和 (针对具有集成安全功能的装置) 机械指令。

CE 标志旨在消除 ECU 中 EC 和 EFTA 成员国之间自由贸易的技术壁垒。CE 标志并不监管产品的质量。从 CE 标志中无法获得技术规格信息。

1.6.2 低电压指令

变频器被归类为电子元件，根据低电压指令必须贴有 CE 标志。该指令适用于电压范围为 50 - 1000 V 交流和 75 - 1600 V 直流的所有电气设备。

该指令规定，设备设计必须确保设备在正确安装、维护和按预期方式使用情况下不会危及人员和家畜的安全和健康并保护财产。DanfossCE 标志符合低电压指令，并根据 Danfoss 要求提供符合标准声明。

1.6.3 EMC 指令

电磁兼容性 (EMC) 表示设备之间的电磁干扰不会影响它们的性能。EMC 指令 2004/108/EC 的基本保护要求规定，产生电磁干扰 (EMI) 或其运行可能受 EMI 影响的设备在设计时必须限制电磁干扰的产生，并且在正确安装、维护和按预期方式使用情况下应具备适度的抗电磁干扰等级。

2 产品概述

2

2.1 机箱规格概述

机箱规格取决于功率范围。

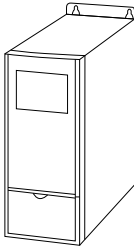
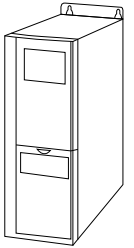
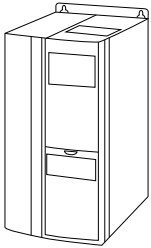
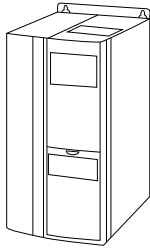
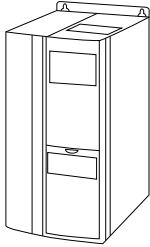
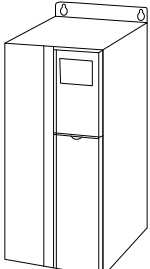
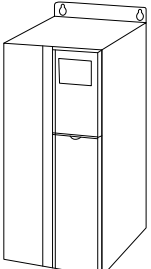
机箱规格	J1	J2	J3	J4
	 130BA870.10	 130BA809.10	 130BA810.10	 130BA810.10
机箱保护	IP20	IP20	IP20	IP20
高额定过载功率 - 最大 160% 过载 ¹⁾	0.37 - 2.2 kW (380 - 480 V)	3.0 - 5.5 kW (380 - 480 V)	7.5 kW (380 - 480 V)	11 - 15 kW (380 - 480 V)
机箱规格	J5	J6	J7	
	 130BA810.10	 130BA826.10	 130BA826.10	
机箱保护	IP20	IP20	IP20	
高额定过载功率 - 最大 160% 过载 ¹⁾	18.5 - 22 kW (380 - 480 V)	30 - 45 kW (380 - 480 V)	55 - 75 kW (380 - 480 V)	

表 2.1 机箱规格

1) 规格 11 - 75 kW 正常过载类型: 110% 过载可持续 1 分钟

规格 0.37 - 7.5 kW 高过载类型: 160% 过载可持续 1 分钟

规格 11-22 kW 高过载类型: 150% 过载可持续 1 分钟

规格 30-75 kW 高过载类型: 150% 过载可持续 1 分钟

2.2 电气安装

本节介绍如何连接变频器。

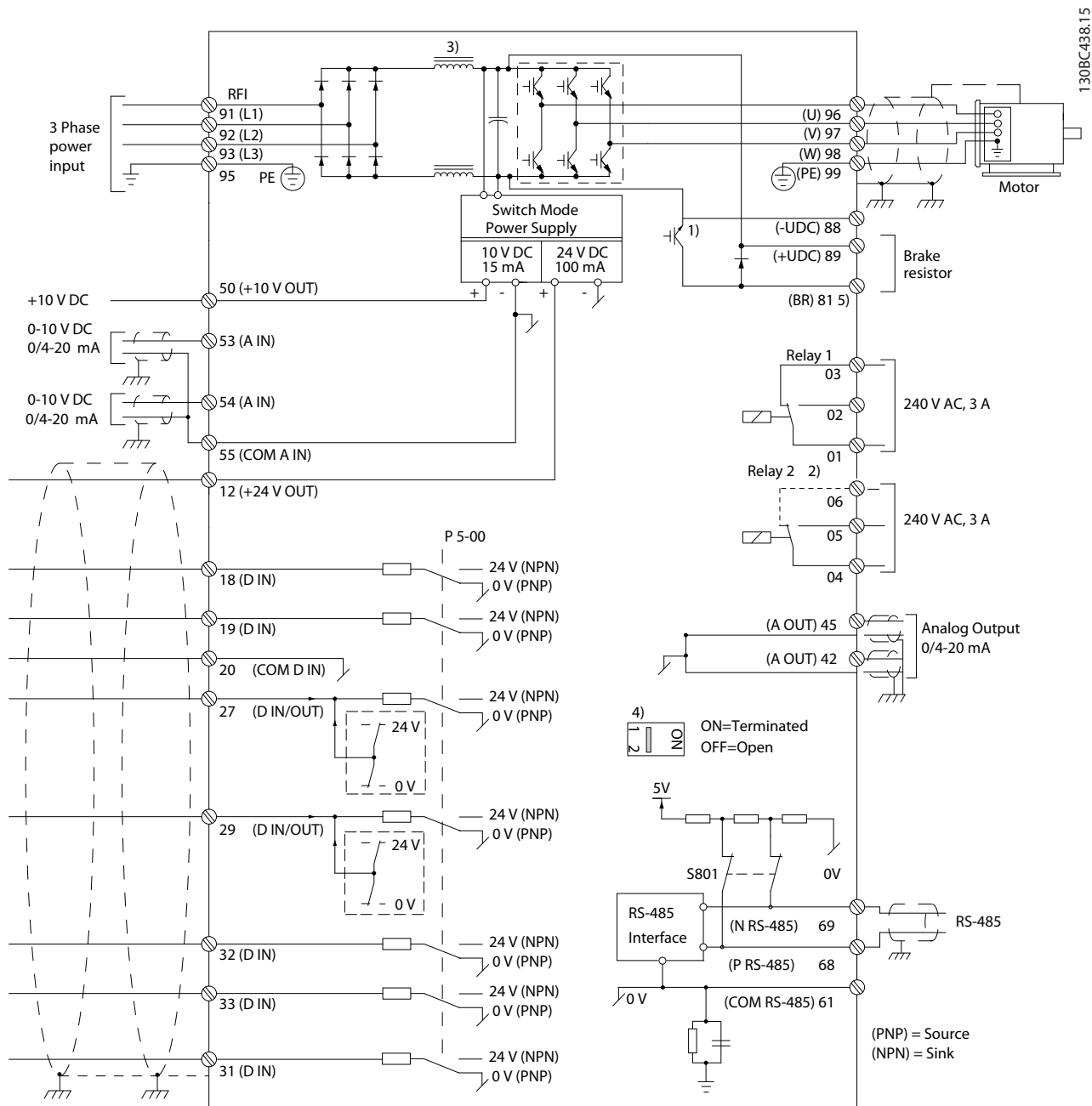


图 2.1 基本接线示意图

A=模拟, D=数字

1) 内置制动斩波器选择范围: 0.37 - 22 kW

2) 对于 J1-J3, 2 号继电器为 2 极; 对于 J4-J7, 2 号继电器为 3 极。J4-J7 的 2 号继电器上端子 4、5、6, 常开/常闭逻辑与 1 号继电器相同。继电器在 J1-J5 中为可插拔式, 在 J6-J7 中为固定式。

3) 0.37 - 22 kW 带单直流电抗器 (J1 - J5); 30-75 kW 带双直流电抗器 (J6 - J7)。

4) 开关 S801 (总线端子) 可用于端接 RS485 端口 (端子 68 和 69)。

5) 30-75 kW 常开 BR (J6 - J7)。

130BD391.11



MG06B441

2.2.1 一般要求

警告

设备危险！

旋转主轴和电气设备均有相当的危险性。为设备通电时应采取预防措施，以防电气危险。所有电气作业必须遵守国家和地方现行电气法规，并且只能由受过培训且具备相应资质的人员执行安装、启动和维护。如果不遵守这些指导原则，将可能导致死亡或严重伤害。

小心

线路隔离！

用 3 根单独的金属线管或单独的屏蔽电缆布置输入电源、电动机和控制系统的线路，以实现高频噪声隔离。如果不隔离电源、电动机和控制线路，将可能影响变频器和关联设备的性能。

对来自多台变频器的电机电缆进行单独布置。如果将输出电动机电缆一起布置，感生电压可能会对设备电容器进行充电，哪怕设备处于关闭并被加锁的状态，也会如此。

- 变频器内一项以电子方式激活的功能为电动机提供了过载保护。该过载保护功能可以提供第 20 类电动机保护。

线型和额定值

- 所有接线都必须符合国家和地方法规中关于横截面积和环境温度的要求。
- Danfoss 建议，所有电力连接均须使用最低额定温度为 75°C 的铜线来完成。
- 有关建议的线缆规格，请参阅章 4 规格。

2.2.2 接地要求

警告

接地危险！

为了保护操作人员的安全，请务必按照国家和地方电气法规以及本文说明，由正规的电气装置安装技师将变频器正确接地。接地电流高于 3.5 mA。如果不将变频器正确接地，将可能导致死亡或严重伤害。

- 对于接地电流高于 3.5 mA 的设备，必须对其进行正确的保护性接地。有关详细信息，请参阅章 2.8 接地漏电流。
- 输入电源、电动机电源和控制系统的线路须采用专门的接地线。
- 为了正确接地，请使用设备上提供的线夹。
- 请勿以“菊花链”方式将一台变频器的地线连接至另一变频器的地线上（请参阅图 2.3）。
- 地线连接应尽可能短
- 为了减小电气噪声，请使用高集束线。
- 请遵守电机制造商的接线要求。

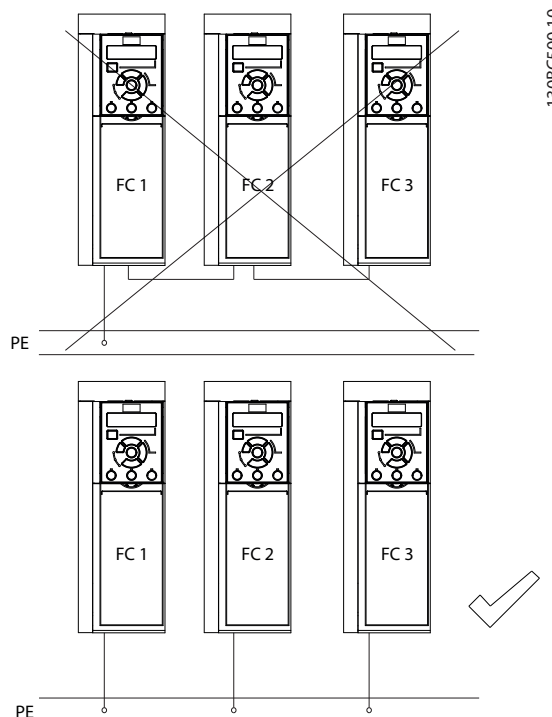


图 2.3 接地原理

2.2.3 主电源接线、电动机接线和接地

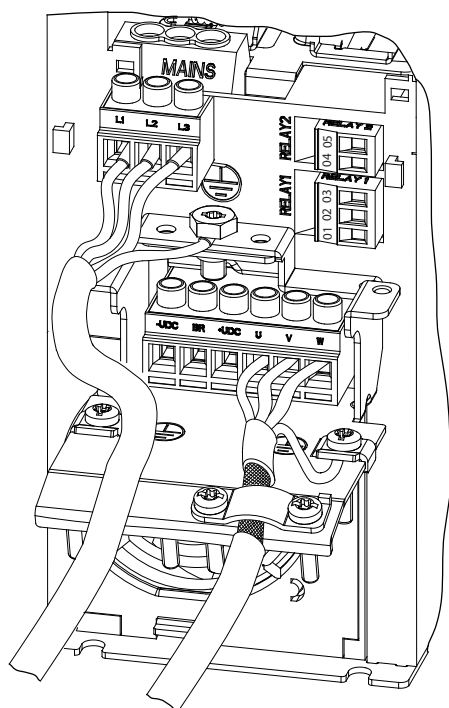
警告

感生电压！

对来自多台变频器的输出电动机电缆进行单独布置。如果将输出电动机电缆一起布置，感生电压可能会对设备电容器进行充电，哪怕设备处于关闭并被加锁的状态，也会如此。如果不单独布置电动机输出电缆，将可能导致死亡或严重伤害。

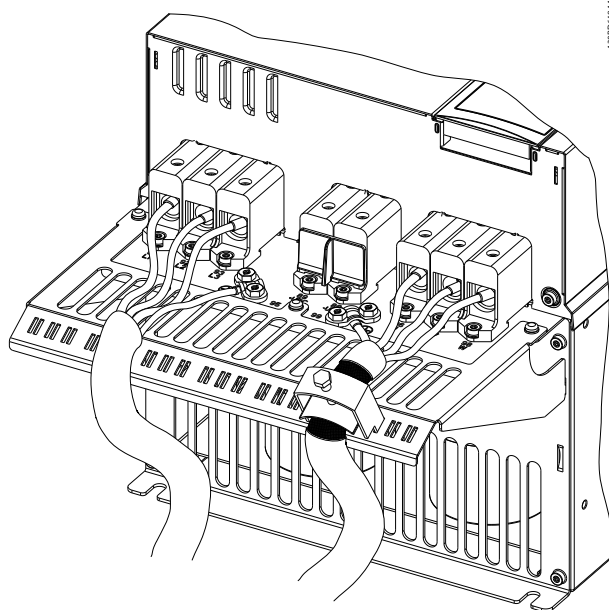
系统为电动机线路提供了接地线夹（请参阅图 2.4）。

- 请勿在变频器和电动机之间安装功率因数修正电容器
- 请勿在变频器和电动机之间连接启动或变极设备
- 请遵守电动机制造商的接线要求
- 所有变频器都可以使用孤立的电力输入源，也可以使用接地参考电力线路。如果由独立的主电源（IT 主电源或浮动三角形连接）或带有接地脚（接地三角形连接）的 TT/TN-S 主电源供电，则将 14-50 射频干扰滤波器设置为“关”（机箱规格 J6-J7）或卸除 RFI 螺钉（机箱规格 J1-J5）。根据 IEC 61800-3 的规定，在设为“关”时，机架与中间电路之间的内置射频干扰电容会被隔离，以免损坏中间电路和降低电容电流。
- 请勿在 IT 主电源内的变频器和电动机之间安装开关。



1308C501.10

图 2.4 J1 - J5 型机箱的主电源接线、电动机接线和接地



1308D648.1

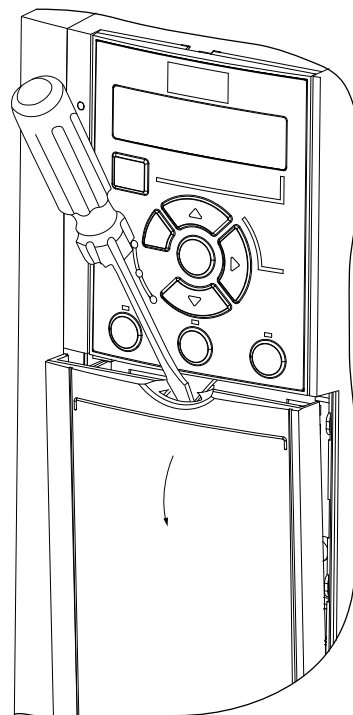
图 2.5 J7 型机箱的主电源接线、电动机接线和接地

图 2.4 展示了 J1 - J5 型机箱的主电源输入、电动机以及接地。图 2.5 展示了 J7 型机箱的主电源输入、电动机以及接地。实际配置可能随设备类型和选配设备的不同而存在差异。

2.2.4 控制线路

访问

- 用螺丝刀拆下盖板。请参阅 图 2.6。

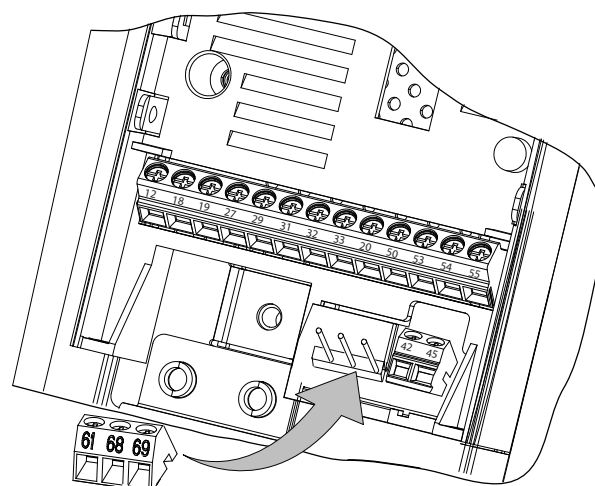


1308C504.10

图 2.6 J1-J7 机箱规格的控制线路检视

控制端子类型

图 2.7 显示了变频器的所有控制端子。表 2.2 中对端子功能及其默认设置进行了总结。



1308C505.12

图 2.7 控制端子位置

有关端子额定值信息，请参阅 章 4.2 一般规范。

端子	参数	默认设置	说明
数字 I/O、脉冲 I/O、编码器			

端子	参数	默认设置	说明
12	-	+24 V 直流	24V 直流供电电压。所有 24 V 负载的最大输出电流为 100 mA。
18	5-10 端子 18 数字输入	[8] 启动	数字输入。
19	5-11 端子 19 数字输入	[10] 反向	
31	5-16 端子 31 数字输入	[0] 无功能	数字输入
32	5-14 端子 32 数字输入	[0] 无功能	数字输入，24 V 编码器。端子 33 可用作脉冲输入。
33	5-15 端子 33 数字输入	[0] 无功能	
27	5-12 端子 27 数字输入 5-30 端子 27 数字输出	DI [2] 惯性停车反逻辑 DO [0] 无功能	可以选择用作数字输入、数字输出或脉冲输出。默认设置为数字输入。端子 29 可用于脉冲输入。
29	5-13 端子 29 数字输入 5-31 端子 29 数字输出	DI [14] 点动 DO [0] 无功能	
20	-		Common 是数字输入的公共端子，0 V 电压针对 24 V 电源。
模拟输入/输出			
42	6-91 Terminal 42 Analog Output	[0] 无功能	可编程模拟量输出。在最大阻抗为 500 Ω 的情况下，模拟信号为 0-20 mA 或 4-20 mA 也可配置为数字输出。
45	6-71 Terminal 45 Analog Output	[0] 无功能	
50	-	+10 V 直流	10 V 直流模拟供电电压。最大电流为 15 mA，常用于电位计或热敏电阻。
53	6-1* 参数组	参考值	模拟输入。可选择电压或电流。
54	6-2* 参数组	反馈	
55	-		模拟输入的公共端子
串行通讯			

端子	参数	默认设置	说明
61	-		用于电缆屏蔽层的集成 RC 滤波器。仅应在遇到 EMC 问题时才将其连接到屏蔽层。
68 (+)	8-3* 参数组		RS485 接口。控制卡终端电阻开关
69 (-)	8-3* 参数组		
继电器			
01, 02, 03	5-40 [0]	[0] 无功能	C 型继电器输出。这些继电器的具体位置因变频器的配置和尺寸而异。可用于交流或直流电压及电阻性或电感性负载。
04, 05, 06	5-40 [1]	[0] 无功能	J1-J3 机箱内的 R02 为 2 极，只有 04、05 端子可用

表 2.2 端子说明

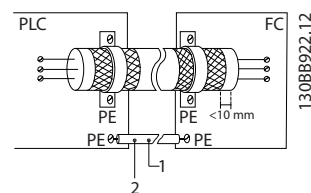
控制端子功能

变频器的功能由收到的控制输入信号控制。

- 对于每一个端子，在与它相关的参数中根据它所支持的功能对它进行设置。
- 确认是否已对控制端子进行了与相关功能有关的正确设置。有关如何访问参数和编程的详细信息，请参阅快速指南的本地控制面板和编程一章。
- 默认的端子设置将启动变频器并使其在典型工作模式下工作。

使用屏蔽控制电缆

为保证尽可能好的电气接触，大多数情况下的首选方法都是在控制电缆和串行通讯电缆两端用屏蔽夹加以固定。如果变频器和 PLC 之间的大地电势不同，可能产生干扰整个系统的电噪声。通过在控制电缆旁边安装一条均衡电缆，可解决此问题。该电缆的最小横截面积：16 mm² (6 AWG)。



1	最小 16 mm ² (6 AWG)
2	均衡电缆

图 2.8 两端安装屏蔽夹

50/60 Hz 接地回路

使用很长的控制电缆时，可能会形成接地回路。为了消除接地回路，请用一个 100 nF 电容器将屏蔽层的一端接地（引线应尽可能短）。

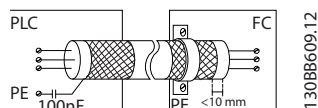
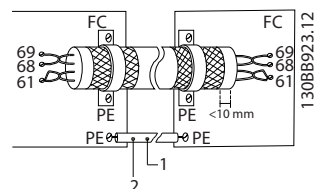


图 2.9 与 100 nF 电容的连接

避免串行通讯的 EMC 噪声

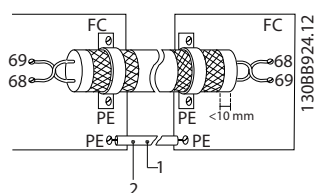
该端子通过一个内部 RC 回路接地。为减小导体之间的相互干扰，请使用双绞电缆。显示了建议的方法图 2.10。



1	最小 16 mm ² (6 AWG)
2	均衡电缆

图 2.10 双绞线

或者也可以省去与端子 61 的连接。



1	最小 16 mm ² (6 AWG)
2	均衡电缆

图 2.11 双绞电缆（无端子 61）

2.3.2 控制模式

变频器可以控制电机主轴的速度或转矩。控制类型取决于对 1-00 配置模式的设置。

速度控制

速度控制有 2 种类型：

- 开环速度控制，此模式不需要来自电动机的任何反馈（无传感器）。
- 速度闭环 PID 控制要求向某个输入提供速度反馈。同开环速度控制相比，经过适当优化的闭环速度控制将具有更高的精确性。

在 7-00 速度 PID 反馈源 中选择用作速度 PID 反馈的输入。

转矩控制

转矩控制功能用于下述应用：电动机输出轴上的转矩以张力控制形式来控制相关应用。转矩控制可在 1-00 配置模式 中选择。转矩设置是通过设置某个由模拟、数字或总线控制的参考值来实现的。在采用转矩控制时，建议执行完整 AMA 过程，因为电动机数据的正确与否会对最佳性能的获得具有至关重要的作用。

- VVC+ 模式下的闭环。该功能适用于低至中等轴动态变化，在所有 4 个象限中以及所有电动机速度下提供优异性能。由于速度反馈信号是强制性的，因此建议使用 MCB102 选件卡。确保编码器的分辨率至少为 1024 PPR，检查编码器的防护罩电缆接地良好，因为速度反馈的精确度非常重要。调谐 7-06 速度 PID 低通滤波 以获取最佳的速度反馈信号。
- VVC+ 模式下的开环。该功能用于机械可靠性应用，但精度有限。开环转矩功能双向均可正常工作。转矩是基于变频器的内部电流测量值来计算的。

速度/转矩参考值

对这些控制值的参考可以是单个参考值，也可以是不同参考值（包括百分比形式的参考值）的叠加。章 2.4 参考值处理中详细解释了参考值的处理方法。

2.3 控制结构

2.3.1 控制原理

变频器首先把主电源的交流电压整流为直流电压，然后再将直流电压转换成幅值和频率均可变的交流电压。

电机输入的电压/电流和频率均可变，从而可使三相标准交流电机和永久磁化同步电机实现无级变速功能。

2.3.3 FC 360 控制原理

FC 360 是一种用于变速应用的通用变频器。其控制原理基于电压矢量控制⁺。

0.37 - 22 kW

FC 360 0.37 - 22 kW 变频器可以控制异步电动机和永磁同步电动机，变频器最多可设置 22 kW。

FC 360 0.37 - 22 kW 变频器的电流传感原理是基于电阻器对直流回路的电流测量。接地故障保护和短路可由相同的电阻器处理。

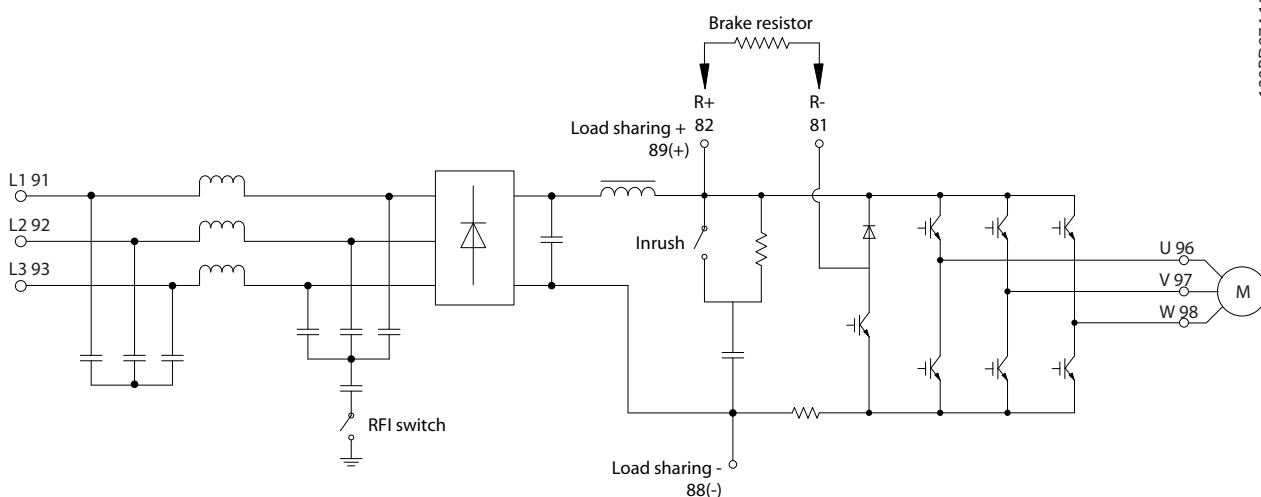


图 2.12 FC 360 0.37 - 22 kW 的控制原理图

30 - 75 kW

FC 360 30 - 75 kW 变频器只能用于控制异步电动机。

FC 360 30 - 75 kW 变频器的电流传感原理是基于电动机相位的电流测量。

FC 360 30 - 75 kW 变频器的接地故障保护和短路可由电动机相位中的 3 个电流传感器处理。

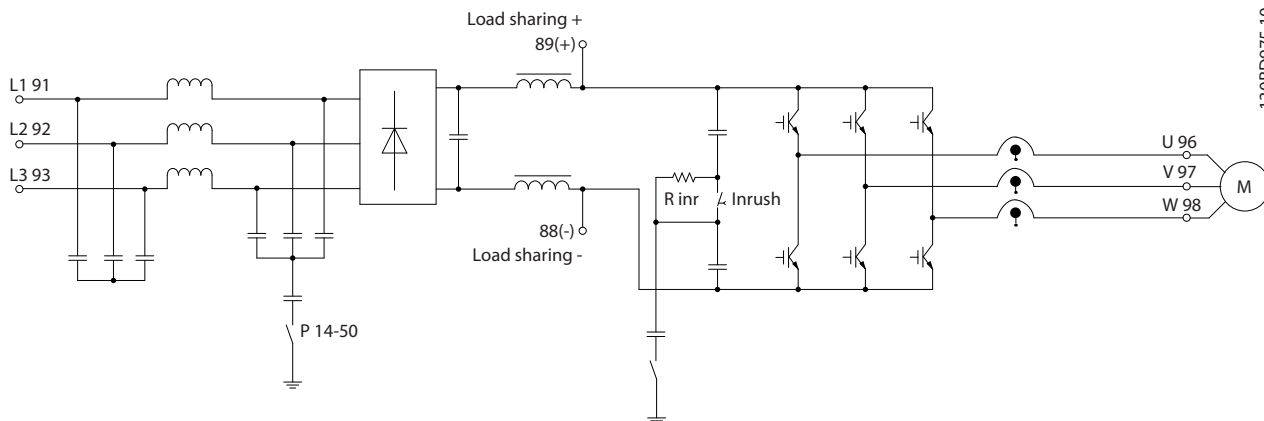


图 2.13 FC 360 30 - 75 kW 的控制原理图

2.3.4 VVC⁺ 中的控制结构

2

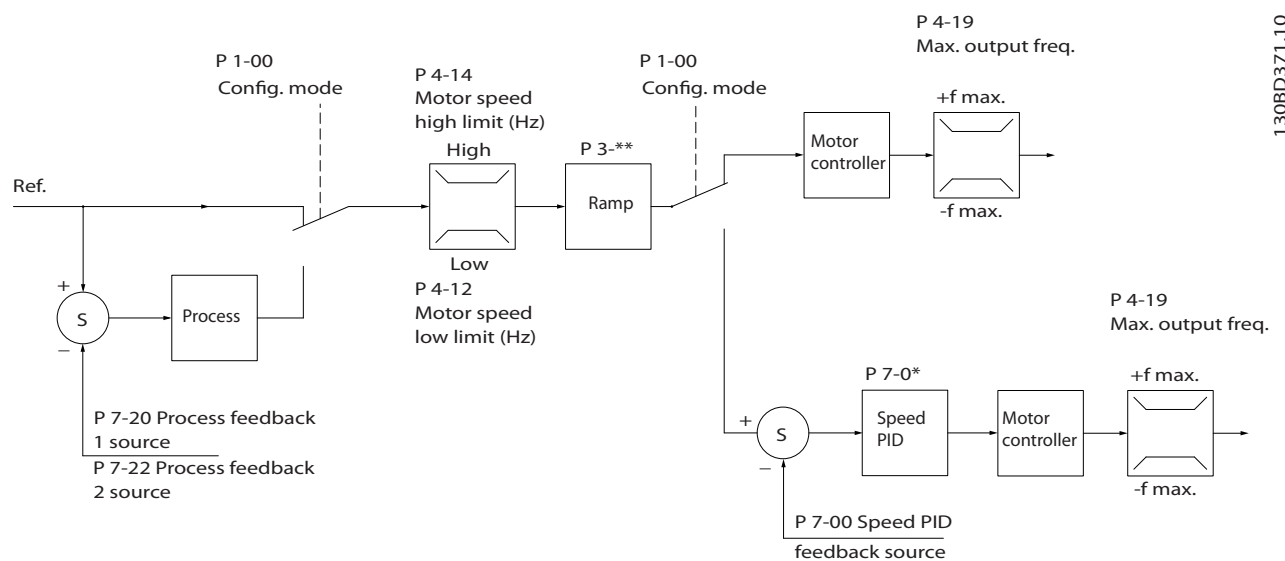


图 2.14 VVC⁺ 开环和闭环配置下的控制结构

在图 2.14 所显示的配置中，1-01 电动控制原理 设为 [1] VVC⁺，1-00 配置模式 设为 [0] 速度开环。在收到了参考值处理系统的最终参考值后，首先会对最终参考值进行加减速限制和速度限制，然后才将它发送给电机控制。之后，电机控制的输出便会受到频率上限的限制。

如果 1-00 配置模式 设为 [1] 速度闭环，则结果参考值在经过加减速限制和速度限制后，传递给速度 PID 控制。速度 PID 控制参数位于参数组 7-0*速度 PID 控制。从“速度 PID 控制”中产生的参考值将发送给电机控制（受频率极限的限制）。

若要使用过程 PID 控制进行闭环控制（比如在控制应用中控制速度或压力），请在 1-00 配置模式 中选择 [3] 过程。过程 PID 参数位于参数组 7-2* 过程控制 反馈 和 7-3* 过程 PID 控制。

2.3.5 VVC⁺ 模式下的内部电流控制

变频器带有一个积分电流极限控制器，它在电动机电流以及转矩高于 4-16 电动时转矩极限、4-17 发电时转矩极限和 4-18 电流极限中设置的转矩极限时被启用。

当变频器在电机运行或发电运行中达到电流极限时，变频器会尝试尽快降低到预置转矩极限以下，同时不使电机失控。

2.3.6 本地（手动启动）和远程（自动启动）控制

您可以通过本地控制面板（LCP）以手动方式运行变频器，也可以借助模拟/数字输入或串行总线远程运行变频器。

按 LCP 上的 [Hand On]（手动启动）和 [Off/Reset]（停止/复位）键可启动和停止变频器。需要进行设置：

- 0-40 [Hand on] Key on LCP.
- 0-44 [Off/Reset] Key on LCP.
- 0-42 [Auto on] Key on LCP.

当端子设置为“复位”时，可通过 [Off/Reset]（停止/复位）键或数字输入将报警复位。

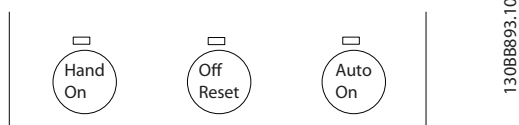


图 2.15 LCP 控制键

不论 1-00 配置模式的设置为何，本地参考值都将强制使配置模式变为开环。

在关机时将恢复本地参考值。

2.4 参考值处理

本地参考值

当变频器在 [Hand On]（手动）按钮处于活动状态的情况下工作时，本地参考值将有效。通过 [▲]/[▼] 和 [◀]/[▶] 可调整参考值。

远程参考值

图 2.16 显示了用于计算远程参考值的参考值处理系统。

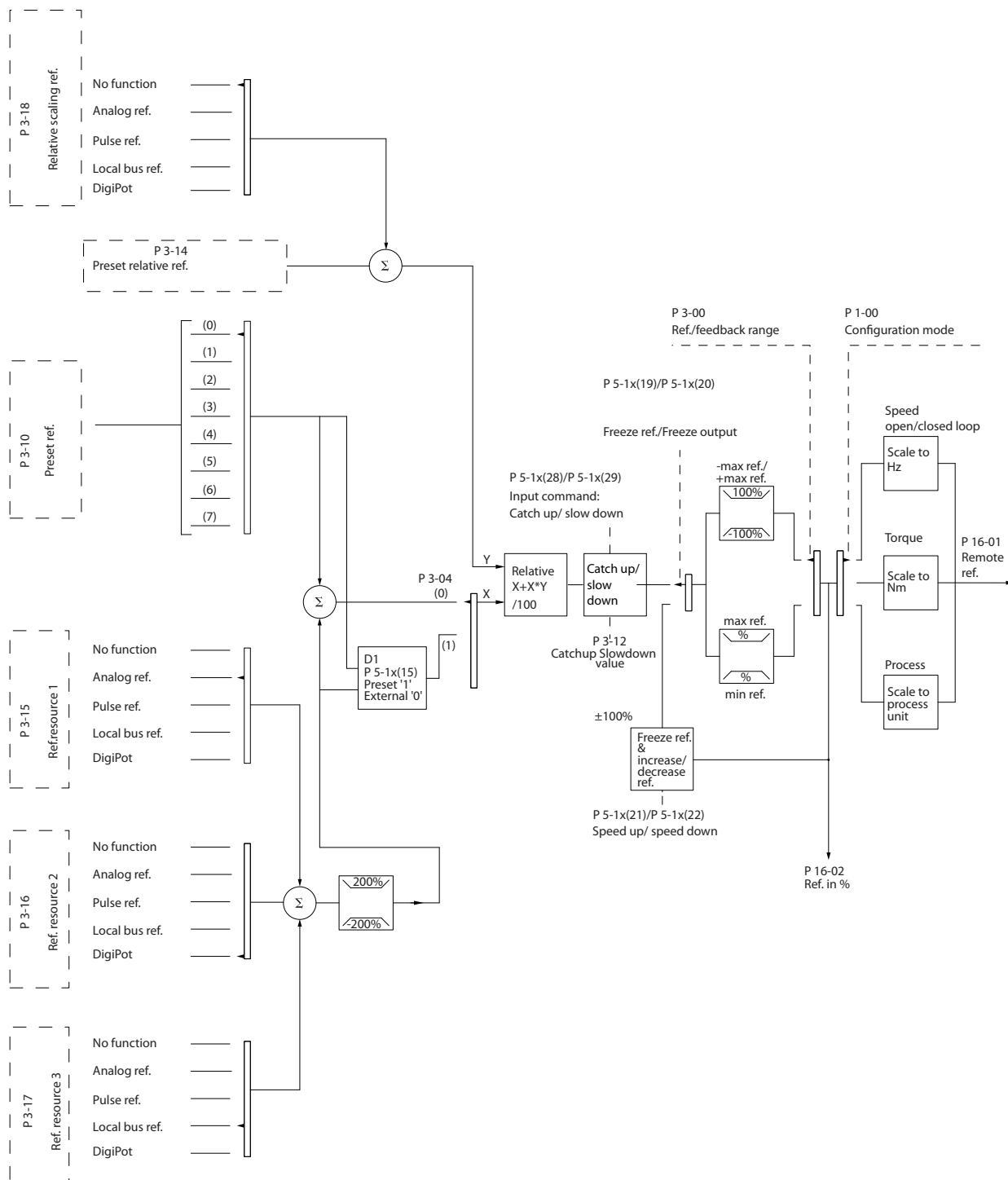


图 2.16 远程参考值

130BD374.10

远程参考值每隔一个扫描间隔计算一次，最初由 2 类参考值输入组成：

1. X (外部参考值)：外部选定参考值 (最多四个) 的总和 (请参阅 3-04 参考功能)，包括固定预置参考值 (请参阅 3-10 预置参考值)、可变模拟参考值、可变数字脉冲参考值、各种串行总线参考值的任意组合 (由 3-15 参考值来源 1、3-16 参考值来源 2 和 3-17 参考值来源 3 的设置确定)，其单位由变频器监视 ([Hz]、[RPM]、[Nm] 等)。
2. Y (相对参考值)：一个固定预置参考值 (3-14 预置相对参考值) 和一个可变模拟参考值 (3-18 相对标定参考值源) 的和，单位为 [%]。

这 2 类参考值输入按以下计算公式组合：远程参考值 = $X + X * Y/100\%$ 。如果未使用相对参考值，则将 3-18 相对标定参考值源设置为 [0] 无功能并将 3-14 预置相对参考值设置为 0%。升速/降速 功能和 锁定参考值 功能均可由变频器上的数字输入来激活。VLT® AutomationDriveFC 360 编程指南 中介绍了相关功能和参数。

模拟参考值的标定在参数组 6-1* 模拟输入 53 和 6-2* 模拟输入 54 中介绍，数字脉冲参考值的标定在参数组 5-5* 脉冲输入中介绍。

参考值的极限和范围在参数组 3-0* 参考值极限 中设置。

2.4.1 参考值极限

3-00 参考值范围、3-02 最小参考值和 3-03 最大参考值一起可定义所有参考值汇总的允许范围。必要时，可将所有参考值的汇总进行锁定。所得出的参考值 (锁定之后) 与所有参考值汇总之间的关系如图 2.17 和图 2.18 所示。

P 3-00 Reference Range= [0] Min-Max

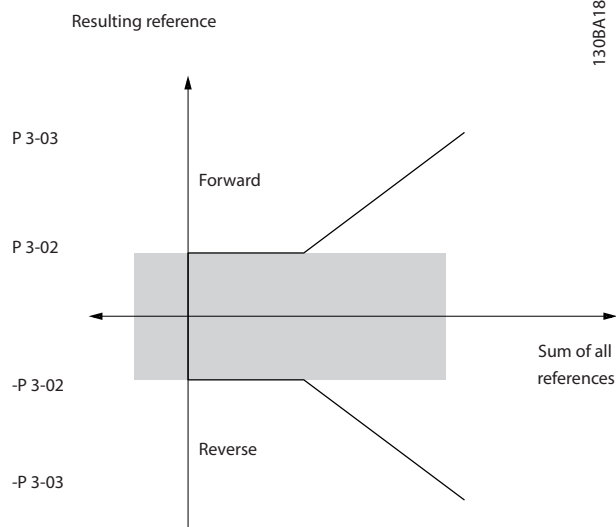


图 2.17 参考值范围设置为 0 时的所有参考值的总和

130BA184.10

P 3-00 Reference Range = [1]-Max-Max

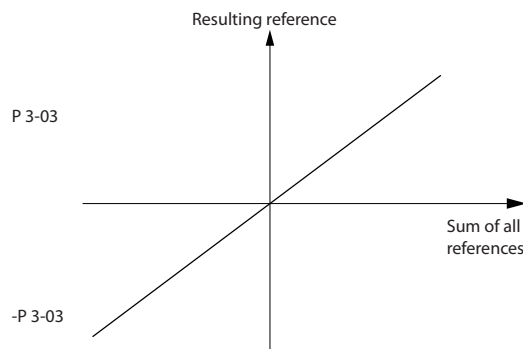


图 2.18 参考值范围设置为 1 时的所有参考值的总和

130BA185.10

除非 1-00 配置模式 设置为 [3] 过程，否则 3-02 最小参考值的设置值不能小于 0。在该情况下，所得出的参考值 (锁定之后) 和所有参考值汇总之间的关系如图 2.19 所示。

P 3-00 Reference Range= [0] Min to Max

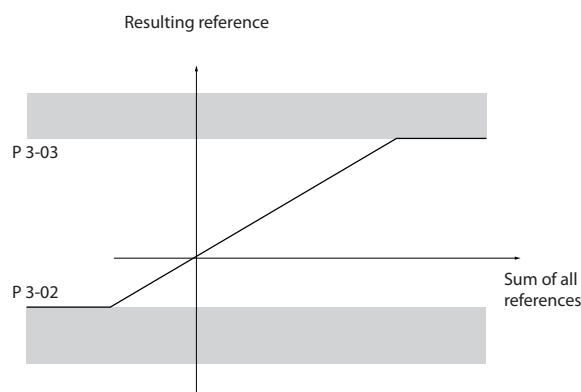


图 2.19 最小参考值设置为负值时所有参考值的总和

130BA186.11

2.4.2 预置参照值和总线反馈值的标定

预置参照值根据下列规则标定：

- 当 3-00 参考值范围 设为 [0] 最小 - 最大 时，0% 参考值等于 0 [单位]，其中单位可以是任何单位，例如，RPM、m/s、bar 等，100% 参考值等于最大的 (abs (3-03 最大参考值)、abs (3-02 最小参考值))。
- 当 3-00 参考值范围 设置为 [1] -最大 - +最大 时，0% 参考值等于 0 [单位] 和 100% 参考值等于最大参考值。

总线参考值根据下列规则标定：

- 当 3-00 参考值范围 设置为 [0] 最小 - 最大 时，0% 参考值等于最小参考值和 100% 参考值等于最大参考值。
- 当 3-00 参考值范围 设置为 [1] -最大 - +最大 时，-100% 参考值等于 -最小参考值和 100% 参考值等于最大参考值。

2.4.3 模拟和脉冲参照值和反馈值标定

参考值和反馈在模拟输入和脉冲输入中的标定方式相同。唯一的区别是，在指定最小和最大“端点值”（图 2.20 中 P1 和 P2）之上或之下的参考值将锁定在一起，而反馈则不然。

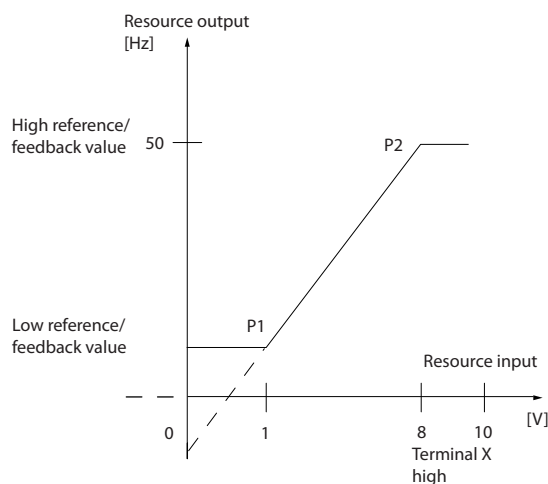


图 2.20 最小和最大端点值

根据输入选择类型，端点 P1 和 P2 由表 2.3 定义。

输入	模拟 53 电压模式	模拟 53 电流模式	模拟 54 电压模式	模拟 54 电流模式	脉冲输入 29:	脉冲输入 33
P1 = (最小输入值, 最小参考值)						
最小参考值	6-14 53 端参考/反馈低	6-14 53 端参考/反馈低	6-24 54 端参考/反馈低	6-24 54 端参考/反馈低	5-52 29 端参考/反馈低	5-57 33 端参考/反馈低
最小输入值	6-10 端子 53 低电压 [V]	6-12 端子 53 低电流 [mA]	6-20 端子 54 低电压 [V]	6-22 端子 54 低电流 [mA]	5-50 端子 29 低频 [Hz]	5-55 端子 33 低频 [Hz]
P2 = (最大输入值, 最大参考值)						
最大参考值	6-15 53 端参考/反馈高	6-15 53 端参考/反馈高	6-25 54 端参考/反馈高	6-25 54 端参考/反馈高	5-53 29 端参考/反馈高	5-58 33 端参考/反馈高
最大输入值	6-11 端子 53 高电压 [V]	6-13 端子 53 高电流 [mA]	6-21 端子 54 高电压 [V]	6-23 端子 54 高电流 [mA]	5-51 端子 29 高频 [Hz]	5-56 端子 33 高频 [Hz]

表 2.3 P1 和 P2 端点值

2.4.4 零周围的死区

在某些情况下，参考值（少数情况下反馈值也是如此）在零左右应该具有一个死区（即确保机器在参考值“接近零”时停止）。

要激活死区并设置死区大小，请执行下列操作：

- 将最小参考值（请参阅表 2.3 了解相关参数）或最大参考值设置为 0。换言之，P1 或 P2 必需在图 2.21 的 X 轴上。
- 确保定义标定图的两个点位于同一象限内。

死区的大小由 P1 或 P2 定义，如图 2.21 所示。

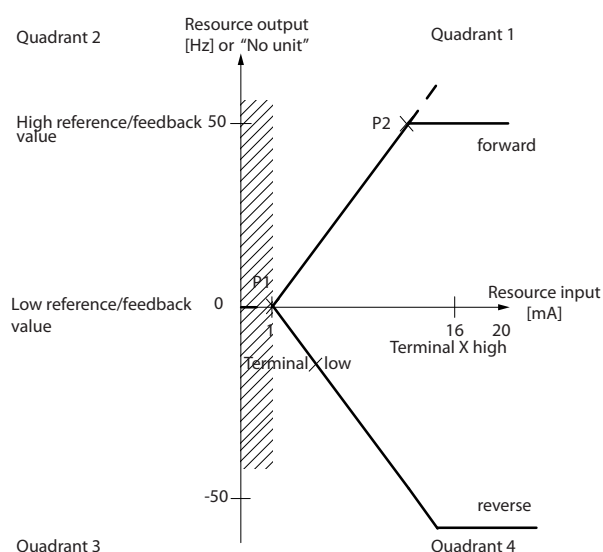


图 2.21 死区大小

用例 1：正参考值带死区，数字输入激活反向（第 I 部分）

图 2.22 说明了如何锁定极限在最小至最大极限范围内的参考值输入。

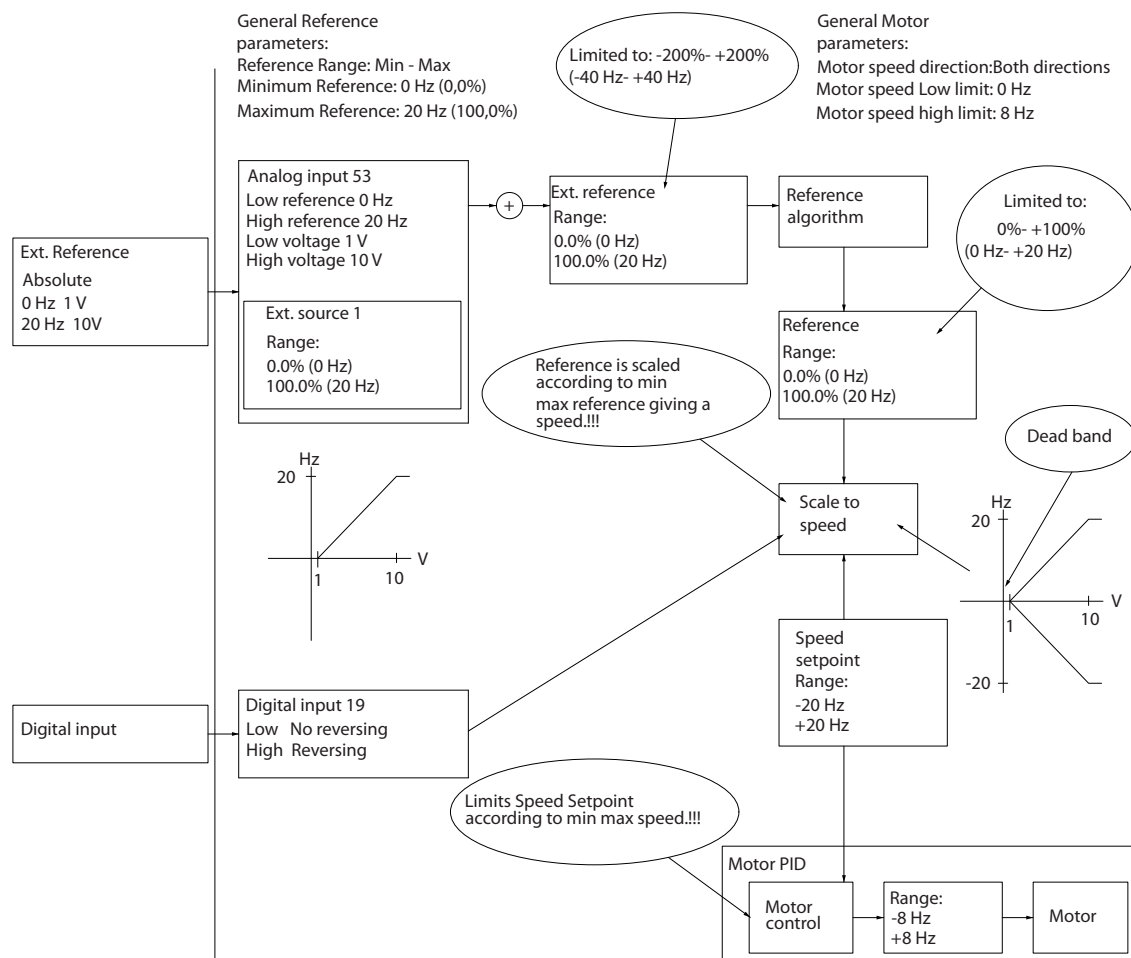


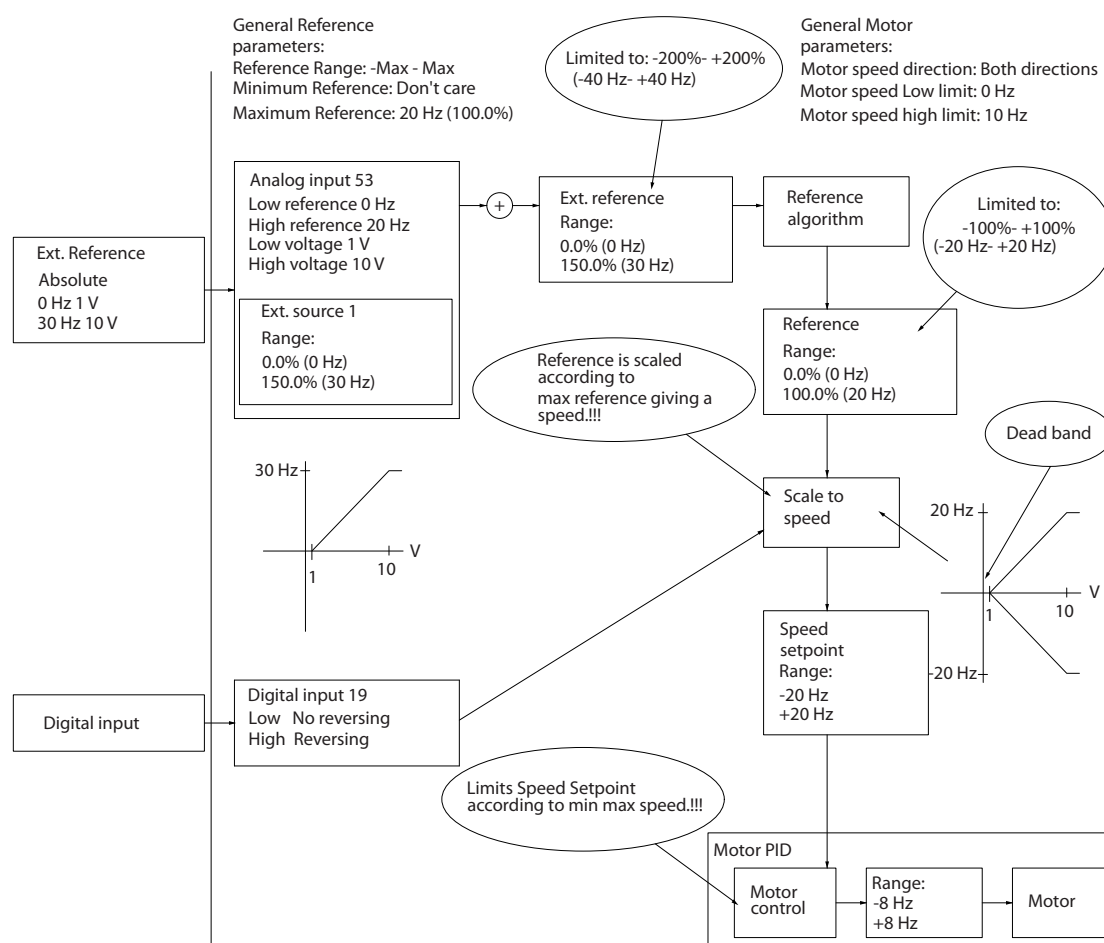
图 2.22 锁定极限在最小至最大极限范围内的参考值输入

130BD454.10

2

用例 2：正参考值带死区，数字输入激活反向（第 II 部分）

图 2.23 显示了极限在负最大至正最大范围之外的参考值输入如何在与外部参考值叠加之前锁定到输入上限和下限之间，以及如何使用参考值算法将外部参考值锁定到负最大至正最大范围内。



130BD433.10

图 2.23 锁定极限在最小负值至最大正值极限范围之内的参考值输入

2.5 PID 控制

2.5.1 速度 PID 控制

1-00 配置模式	1-01 电动控制原理	
	U/f	VVC*
[0] 开环速度	未激活 ¹⁾	未激活
[1] 闭环速度	不可用 ²⁾	已激活
[2] 转矩	不可用	未激活
[3] 过程	未激活	未激活

表 2.4 控制配置，激活速度控制

1) 未激活 说明该特定模式可用，但该模式下，速度控制无效。

2) 不可用 说明该特定模式根本不存在。

下列参数与速度控制有关：

参数	功能说明	
7-00 速度 PID 反馈源	选择速度 PID 应该从哪个输入获得其反馈。	
7-02 速度 PID 比例增益	该值越高，控制越快。但值太高可能会导致振荡。	
7-03 速度 PID 积分时间	排除稳态速度错误。值越低，反应速度越快。但值太低可能会导致振荡。	
7-04 速度 PID 微分时间	提供与反馈变化率成比例的增益。设置为 0 将禁用微分器。	
7-05 速度 PID 微分极限	如果给定应用中的参考值或反馈发生快速变化（这表示偏差变化迅速），则微分器将很快起主要作用。因为微分器能对偏差变化做出反应。偏差变化越快，微分器增益就越强。这样可以限制微分器增益，以便设置适于慢速变化的合理微分时间和适于快速变化的适当快速增益。	
7-06 速度 PID 低通滤波	低通滤波器可消除反馈信号的振荡，从而提高稳态性能。但滤波时间过长会影响速度 PID 控制的动态性能。	
	7-06 速度 PID 低通滤波的实际设置应采用来源编码器上的每转脉冲数（PPR）：	
	编码器 PPR	7-06 速度 PID 低通滤波
	512	10 ms
	1024	5 ms
	2048	2 ms
	4096	1 ms

表 2.5 速度控制参数

2

如何设置速度控制的示例

在本例中，速度 PID 控制用于维护恒定的电机速度，无论电机负载如何变化。所需电机速度通过与端子 53 相连的电位计设置。速度范围是 0–1500 RPM（对应电位计上的 0–10V）。启动和停止通过端子 18 连接的开关控制。速度 PID 通过使用 24 V（HTL）增量编码器作为反馈来监视电机的实际 RPM。反馈传感器是连接到端子 32 和端子 33 的编码器（1024 脉冲每转）。与端子 32 和 33 相关的脉冲频率范围是 4 Hz–32 kHz

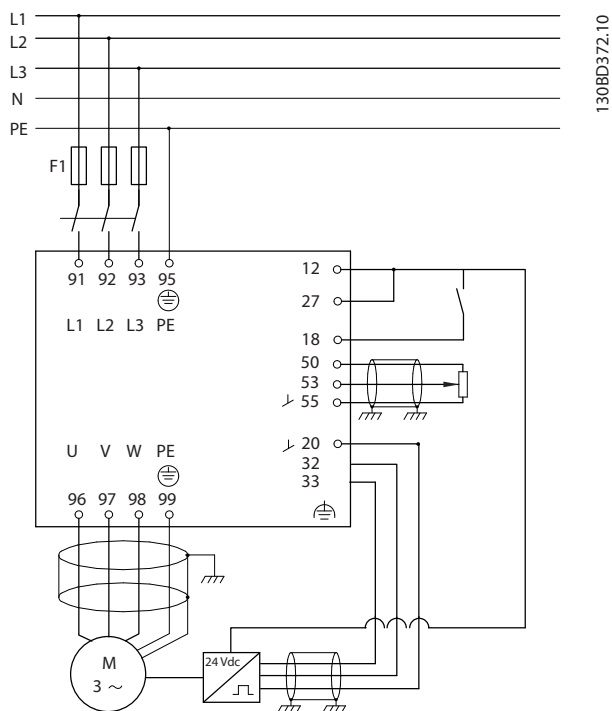


图 2.24 速度控制编程

请按照 表 2.6 中的步骤设置速度控制（请参阅 编程指南 中的设置说明）。

在表 2.6 中，假设其他所有参数和开关都保持默认设置。

功能	参数编号	设置
1) 确保电动机正常运行。请执行下列操作：		
使用铭牌上的数据设置电动机参数。	1-2* 电机数据	按照电动机铭牌的指示。
执行电机自动整定 (AMA)。	1-29 自动电动机调整 (AMA)	[1] 启用完整 AMA
2) 检查电动机是否正在运行，编码器连接是否正常。请执行下列操作：		
按 [Hand On]（手动启动）。检查电机是否正在运行，并记下转动方向（以下称作“正向”）。		设置一个正参考值。
3) 确保变频器极限值设置为安全值：		
为参考值设置可以接受的极限值。	3-02 最小参考值	0
	3-03 最大参考值	50
检查加减速设置是否在变频器功能和允许的应用操作规范范围内。	3-41 斜坡 1 加速时间	默认设置
	3-42 斜坡 1 减速时间	默认设置
为电机速度和频率设置可以接受的极限值。	4-12 电动机速度下限 [Hz]	0 Hz
	4-14 电动机速度上限 [Hz]	50 Hz
	4-19 最大输出频率	60 Hz
4) 配置速度控制，并选择电动控制原理：		
激活速度控制	1-00 配置模式	[1] 闭环速度
选择电动机控制原理	1-01 电动控制原理	[1] VVC+
5) 配置并标定速度控制的参考值：		
将模拟输入 53 设置为参考值源。	3-15 参考值来源 1	非必需设置（默认）
将模拟输入 53 0 RPM (0 V) 标定为 50 RPM (10V)	6-1* 模拟输入 1	非必需设置（默认）
6) 将 24 V HTL 编码器信号配置为电机控制和速度控制的反馈：		
将数字输入 32 和 33 设置为编码器输入。	5-14 端子 32 数字输入	[82] 编码器输入 B
	5-15 端子 33 数字输入	[83] 编码器输入 A
选择端子 32/33 作为速度 PID 反馈。	7-00 速度 PID 反馈源	[1] 24 V 编码器
7) 调整速度控制 PID 参数：		
在适当时候使用调整规则或手动调整。	7-0* 速度 PID 控制器	
8) 完成：		
将参数设置保存到 LCP 中进行安全保管	0-50 LCP 复制	[1] 所有参数到 LCP

表 2.6 速度 PID 控制的编程顺序

2.5.2 过程 PID 控制

过程 PID 控制可用于控制那些用传感器测量的应用参数（如压力、温度和流量），以及那些通过泵、风扇或其他连接设备会受到所连接电机影响的参数。

表 2.7 显示了可以进行过程控制的控制配置。请参考章 2.3 控制结构，查看“速度控制”的适用情况。

1-00 配置模式	1-01 电动控制原理	
	U/f	VVC+
[3] 过程	不可用	过程

表 2.7 控制/配置

注意

过程控制 PID 将在默认参数设置下工作，但建议调整参数以优化应用控制性能。

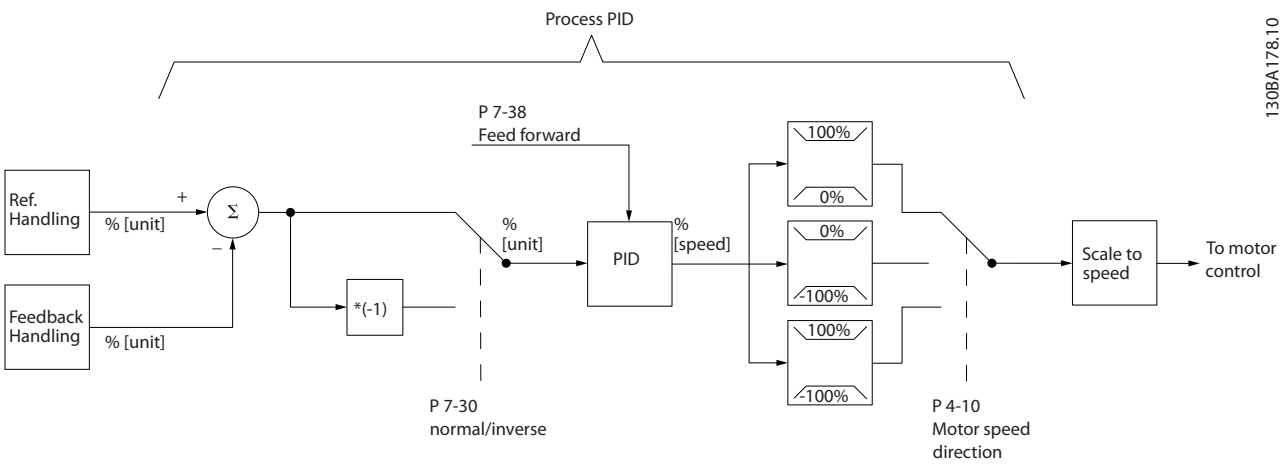


图 2.25 过程 PID 控制图

2.5.3 过程控制相关参数

参数	功能说明
7-20 反馈 1 来源	选择过程 PID 应该从哪个源（例如模拟或脉冲输入）获得反馈
7-22 过程 CL 反馈 2 的源	可选：确定过程 PID 是否（以及从哪里）获得其他反馈信号。如果选择了其他反馈源，则将叠加这两个反馈信号，然后再在过程 PID 控制中使用。
7-30 PID 正常/反向控制	在 [0] 正常 运行下，如果反馈低于参考值，过程控制将增加电机速度。在 [1] 反向操作时，过程控制将降低电机速度。
7-31 过程 PID 防积分饱和	防积分饱和功能可保证当达到频率极限或转矩极限时，积分器将设置为对应于实际频率的增益。这样可避免在出现无法通过速度更改来补偿的故障时进行积分。通过选择 “[0] 关” 可以禁用此功能。
7-32 过程 PID 控制启动速度值	在某些应用中，要达到所需速度/设置点可能需要非常长时间。在此类应用中，最好在激活过程控制之前先通过变频器设置一个固定的电动机速度。这可以通过在 7-32 过程 PID 控制启动速度值 中设置过程 PID 启动值（速度）来实现。
7-33 过程 PID 比例增益	该值越高，控制越快。但值太高可能会导致振荡。
7-34 过程 PID 积分时间	排除稳态速度错误。值越低，反应速度越快。但值太低可能会导致振荡。
7-35 过程 PID 微分时间	提供与反馈变化率成比例的增益。设置为 0 将禁用微分器。
7-36 过程 PID 微分增益极限	如果给定应用中的参考值或反馈发生快速变化（这表示偏差变化迅速），则微分器将很快起主要作用。因为微分器能对偏差变化做出反应。偏差变化越快，微分器增益就越强。这样可以限制微分增益以允许为缓慢变化设置合理的微分时间。
7-38 过程 PID 前馈因数	在过程参考值和获得该参考值所需的电机速度之间有良好的相关性并接近于线性的应用中，可以使用前馈因数来获得更好的过程 PID 控制动态性能。
<ul style="list-style-type: none"> 5-54 Pulse Filter Time Constant #29（脉冲端子 29） 5-59 Pulse Filter Time Constant #33（脉冲端子 33） 6-16 53 端滤波器时间（模拟端子 53） 6-26 54 端滤波器时间（模拟端子 54） 	<p>如果电流/电压反馈信号有振荡，则可以使用低通滤波器来使其衰减。该脉冲滤波器时间常量代表反馈信号中所发生脉动的速度极限。</p> <p>示例：如果低通滤波器设置为 0.1 秒，则极限速度将为 10 RAD/秒（0.1 秒 的倒数），相当于 $(10/(2 \times \pi)) = 1.6$ Hz。这表示滤波器消除了每秒振荡超过 1.6 次的所有电流/电压。只有对频率（速度）变化小于 1.6 Hz 的反馈信号才执行该控制。</p> <p>低通滤波器可以提高稳态性能，但选择过长的滤波时间会影响过程 PID 控制的动态性能。</p>

表 2.8 过程控制参数

2.5.4 过程 PID 控制示例

图 2.26 是在通风系统中使用的过程 PID 控制的示例：

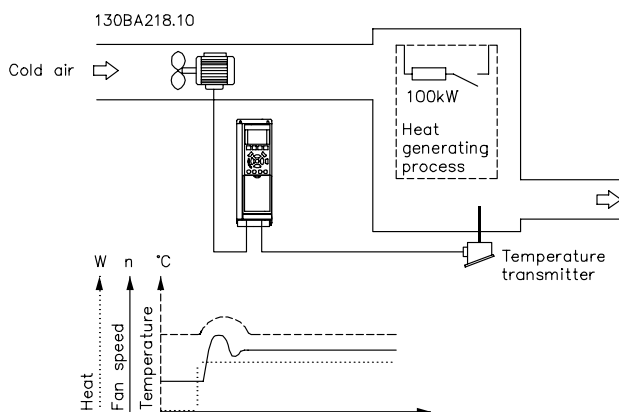


图 2.26 通风系统中的过程 PID 控制

在通风系统中，可以使用 0-10V 的电位计将温度设置在 -5 至 35 °C 之间。使用过程控制以保持设置的温度恒定。

这种控制类型是反向的，即，当温度升高时，通风速度随之提高，以便产生更多的空气。当温度降低时，速度随之减小。所使用的传感器是温度传感器，其工作范围为 -10 至 40 °C，4 - 20 mA。最小/最大速度为 300/1500 RPM。

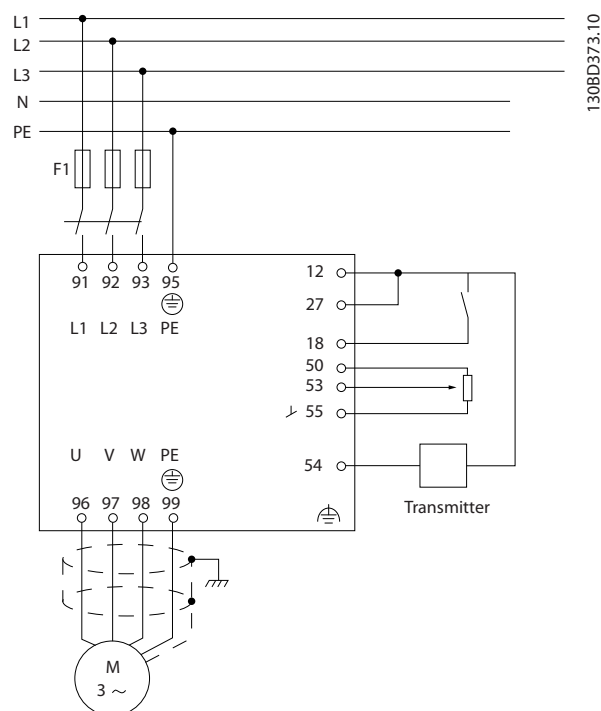


图 2.27 两线传感器

1. 通过与端子 18 相连的开关来控制启动/停止。
2. 通过与端子 53 相连的电位计（-5 到 35 °C，0-10 VDC）来测量温度参考值。
3. 通过与端子 54 相连的传感器（-10 到 40 °C，4-20 mA）来获得温度反馈。

功能	参数编号	设置
初始化变频器	14-22	[2] 初始化 - 执行一次电源循环 - 按复位键
1) 设置电机参数:		
根据铭牌数据设置电动机参数	1-2*	按照电机铭牌上的指示
执行一次完整的电机自动整定 (AMA)。	1-29	[1] 启用完整 AMA
2) 检查电动机运行方向是否正确。		
如果简单地按照 U 对 U、 V 对 V、 W 对 W 的顺序将电动机连接至变频器，电动机轴通常会反转（向轴端方向看）。		
按 [Hand On]（手动启动）。通过施加一个手动参考值，检查电机轴的转动方向。		
如果电机的旋转方向与所要求的相反： 1. 在下述 4-10 电动机速度方向 中更改电机方向。 2. 切断主电源，等待直流回路放电。 3. 电动机相位的开关 2	4-10	选择正确的电机轴转向
设置配置模式	1-00	[3] 过程
3) 设置参考值配置，即，参考值处理范围。在参数 6-** 中设置模拟输入的标定		
设置参考值/反馈值的单位	3-01	[60] °C，此单位将显示在显示器上
设置最小参考值 (10 °C)	3-02	-5 °C
设置最大参考值 (80 °C)	3-03	35 °C
如果设定值由预置值（数组参数）确定，则请将其参考值来源设为“无功能”	3-10	[0] 35% $\text{参考值} = \frac{\text{Par. 3-10}(0)}{100} \times ((\text{Par. 3-03}) - (\text{par. 3-02})) = 24,5^\circ\text{C}$ 3-14 预置相对参考值 到 3-18 相对标定参考值源 [0] = 无功能
4) 调整变频器的极限:		
将加减速时间设成一个合适的值，如 20 秒	3-41	20 s
	3-42	20 s
设置最小速度极限	4-12	10 Hz
设置电动机速度的最大极限	4-14	50 Hz
设置最大输出频率	4-19	60 Hz
将 6-19 Terminal 53 mode 和 6-29 Terminal 54 mode 设为电压或电流模式。		
5) 标定用于参考值和反馈的模拟输入		
将端子 53 设为低电压	6-10	0 V
将端子 53 设为高电压	6-11	10 V
将端子 54 设为低反馈值	6-24	-5 °C
将端子 54 设为高反馈值	6-25	35 °C
设置反馈来源	7-20	[2] 模拟输入 54
6) 基本 PID 设置		
过程 PID 正常/反向	7-30	[0] 正常
过程 PID 防积分饱和	7-31	[1] 开
过程 PID 启动速度	7-32	300 RPM
将参数保存到 LCP 中	0-50	[1] 所有参数到 LCP

表 2.9 过程 PID 控制设置示例

2.5.5 过程调节器的优化

完成 章 2.5.5 编程顺序 中描述的基本配置后，接下来需要对比例增益、积分时间和微分时间（7-33 过程 PID 比例增益、7-34 过程 PID 积分时间、7-35 过程 PID 微分时间）进行优化。在大多数过程中，需要完成以下步骤：

1. 启动电动机。
2. 将 7-33 过程 PID 比例增益 设为 0.3，并增大该值直到反馈信号再次开始失稳为止。减小该值，直到反馈信号稳定为止。将比例增益降低 40-60%。
3. 将 7-34 过程 PID 积分时间 设为 20 秒，并减小该值直到反馈信号再次开始失稳为止。然后延长积分时间，直到反馈信号稳定为止，最后将该值再增大 15-50%。
4. （微分时间）7-35 过程 PID 微分时间 仅用在反应速度很快的系统中。一般取值是所设定积分时间的四倍。只有当比例增益和积分时间的设置完全优化后才能使用微分器。确保反馈信号振荡可以通过反馈信号上的低通滤波器充分衰减。

注意

如有必要，可多次启用“启动/停止”，以产生不稳定的反馈信号。

2.5.6 Ziegler Nichols 调整方法

要调整变频器的 PID 控制，Danfoss 建议使用 Ziegler Nichols 调整法。

注意

对于会受到因临界稳定控制设置而引起的振荡损坏的应用场合，切勿使用 Ziegler Nichols 调整法。

应根据对处于稳定性极限的系统的判断而不是逐步响应对参数进行调整。增大比例增益直至观察到持续振荡（通过对反馈的测量），即系统处于临界稳定状态为止。相应的增益 (K_u) 被称作最大增益，这是振荡得到的增益。振荡周期 (P_u)（称作最大周期）按图 2.28 所示的方式确定，应在振幅较小时进行测量。

1. 只选择比例控制，即积分时间设为最大值，而微分时间选择零。
2. 增大比例增益的值，直至达到不稳点（持续振荡）和临界增益值 K_u 。
3. 测量振荡期以获得临界时间常量 P_u 。
4. 利用表 2.10 计算所需的 PID 控制参数。

过程操作员可以对控制器执行最终迭代调整以获得满意的控制效果。

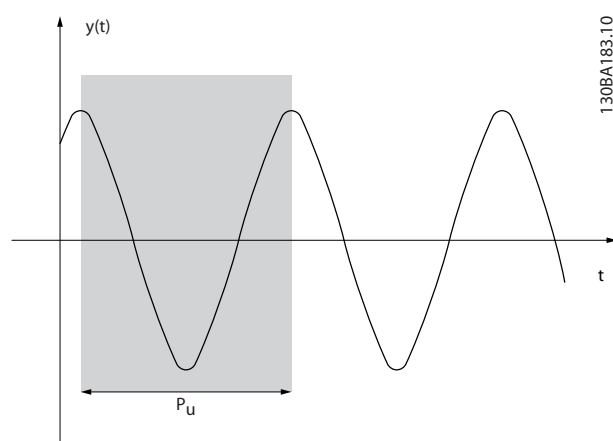


图 2.28 临界稳定系统

控制类型	比例增益	积分时间	微分时间
PI 控制	$0.45 * K_u$	$0.833 * P_u$	-
PID 严格控制	$0.6 * K_u$	$0.5 * P_u$	$0.125 * P_u$
PID 略微过冲	$0.33 * K_u$	$0.5 * P_u$	$0.33 * P_u$

表 2.10 对调节器进行 Ziegler Nichols 调整

2.6 EMC 辐射和抗扰性

2.6.1 关于 EMC 辐射的一般问题

系统通常会传导 150 kHz 到 30 MHz 频率范围内的电气干扰。在变频器系统中，变频器、电动机电缆和电动机会产生 30 MHz 到 1GHz 的空中干扰。

电动机电缆中的电容性电流与电动机的高 dU/dt 特性一起产生了泄漏电流。

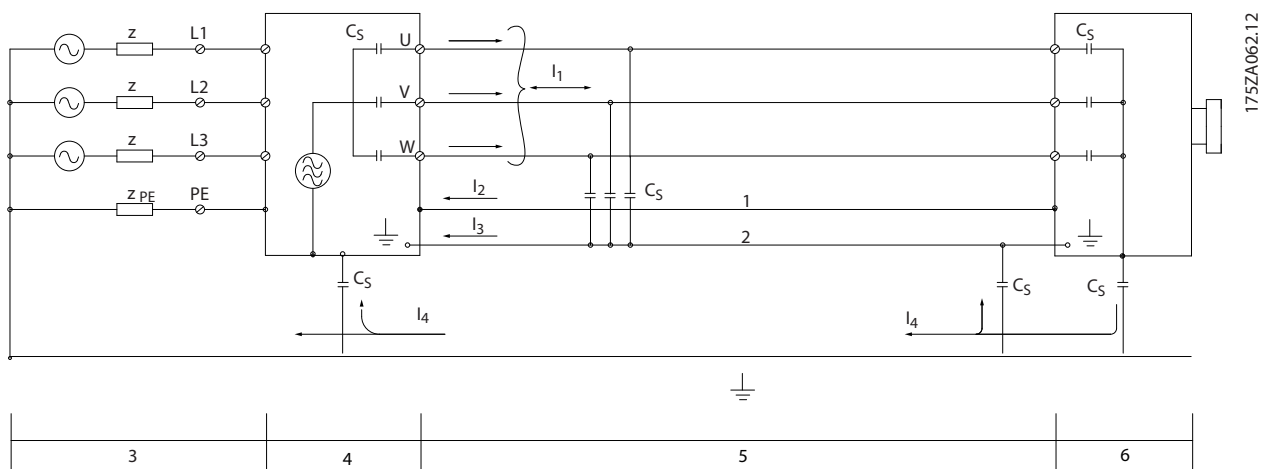
使用屏蔽电机电缆会增大泄漏电流（请参阅图 2.29），因为与非屏蔽电缆相比，屏蔽电缆的对地电容更高。如果不对泄漏电流进行滤波，它将在主电源上对 5 MHz 左右以下的无线电频率范围产生更大的干扰。由于泄漏电流 (I_1) 会通过屏蔽丝网电流 (I_3) 返回设备，因此屏蔽的电动机电缆仅产生一个微弱的电磁场 (I_4)。

屏蔽丝网降低了辐射性干扰，但增强了主电源的低频干扰。将电机电缆的屏蔽丝网同时连接到变频器机箱和电机的机箱。此时最好使用整体性的屏蔽丝网夹，以避免屏蔽丝网端部扭结（辫子状）。屏蔽丝网端部扭结会增加屏蔽丝网在高频下的阻抗，从而降低屏蔽效果并增大泄漏电流 (I_4)。

如果将屏蔽电缆用于下列用途，则将屏蔽丝网同时连接到机箱的两端：

- 现场总线。
- 网络。
- 继电器。
- 控制电缆。
- 信号接口。
- 制动。

但有时为了避免电流回路，也可能需要断开屏蔽丝网。



1	接地电缆
2	屏蔽丝网
3	交流主电源
4	变频器
5	屏蔽电机电缆
6	电机

图 2.29 EMC 辐射

如果要将屏蔽丝网放在变频器的固定板上，该固定板必须由金属制成，因为屏蔽丝网电流必须被带回设备。还应确保从固定板到固定螺钉以及变频器机架都有良好的电气接触。

在使用非屏蔽电缆时，尽管可能符合安全性要求，但却不符合某些辐射要求。

为了尽量降低整个系统（设备 + 安装）的干扰水平，请使用尽可能短的电机电缆和制动电缆。不要将传送敏感信号电平的电缆与主电源电缆、电动机电缆和制动电缆放在一起。控制性电子元件尤其可能产生 50 MHz 以上的无线电干扰（空中干扰）。

2.6.2 EMC 辐射要求

表 2.11 中的测试结果是使用由变频器（带固定板）、电动机和屏蔽电机电缆组成的系统获得的。

		传导性干扰	辐射性干扰
标准和要求	EN 55011	A 类组 2 工业环境	A 类组 1 工业环境
	EN/IEC 61800-3	类别 C3 次要环境	类别 C2 受限的主要环境
J1	0.37-2.2 kW, 380-480 V	25 m	是
J2	3.0-5.5 kW, 380-480 V	25 m	是
J3	7.5 kW, 380-480 V	25 m	是
J4	11-15 kW, (380-480 V)	25 m	是
J5	18.5-22 kW, (380-480 V)	25 m	是
J6	30-45 kW, (380-480 V)	25 m	是
J7	55-75 kW, (380-480 V)	25 m	是

表 2.11 EMC 辐射要求

2.6.3 EMC 抗扰性要求

变频器的抗扰性要求取决于它们的安装环境。工业环境的要求要高于家庭和办公室环境的要求。所有 Danfoss 变频器均符合工业环境标准，因此也符合较低的、具有较大安全宽限的家庭和办公室环境要求。

为了证明对电磁干扰的防范能力，进行了以下安全性测试，使用的系统由变频器（带相关选件）、屏蔽控制电缆和带电位的控制箱、电动机电缆及电动机组成。

所有测试均按照以下基本标准执行：

- EN 61000-4-2 (IEC 61000-4-2) **静电放电 (ESD)**：模拟人体的静电放电。
- EN 61000-4-3 (IEC 61000-4-3) **辐射的抗扰性**：调幅模拟了雷达和无线电通讯设备以及移动通讯的影响。
- EN 61000-4-4 (IEC 61000-4-4) **瞬态脉冲**：模拟接触器、继电器或类似设备在开关时的干扰效应。
- EN 61000-4-5 (IEC 61000-4-5) **瞬态电涌**：模拟安装环境附近的闪电等现象造成的瞬态
- EN 61000-4-6 (IEC 61000-4-6) **传导的抗扰性**：模拟与连接电缆相连的无线传输设备的效应。

请遵守产品标准 IEC 61800-3 中的抗扰性要求。有关详细信息，请参阅 表 2.12。

电压范围: 380 - 480 V					
产品标准	61800-3				
测试	ESD	辐射的抗扰性	瞬态	电涌	传导的抗扰性
认可标准	B	B	B	A	A
主电源电缆	—	—	2 kV CN	2 kV/2 Ω DM 2kV/12 Ω CM	10 V _{RMS}
电动机电缆	—	—	4 kV CCC	—	10 V _{RMS}
制动电缆	—	—	4 kV CCC	—	10 V _{RMS}
负载共享电缆	—	—	4 kV CCC	—	10 V _{RMS}
继电器电缆	—	—	4 kV CCC	—	10 V _{RMS}
控制电缆	—	—	长度>2m 1 kV CCC	非屏蔽: 1 kV/42 Ω CM	10 V _{RMS}
标准/现场总线电缆	—	—	长度>2m 1 kV CCC	非屏蔽: 1 kV/42 Ω CM	10 V _{RMS}
LCP 电缆	—	—	长度>2m 1 kV CCC	—	10 V _{RMS}
机箱	4 kV CD 8 kV AD	10 V/m	—	—	—

表 2.12 EMC 抗扰性要求

定义:

CD: 接触放电

AD: 空气放电

DM: 差分模式

CM: 通用模式

CN: 通过耦合电网直接注射

CCC: 通过电容耦合夹注射

2.7 高低压绝缘

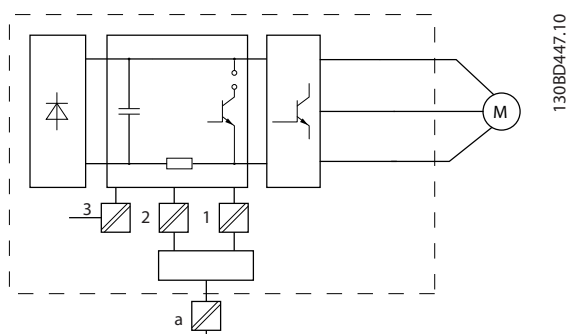
PELV 通过超低压提供保护。如果电源为 PELV 类型，且安装符合地方/国家对 PELV 电源的规定，则可避免发生触电。

所有控制端子和继电器端子 01-03/04-06 都符合 PELV（保护性超低压）标准。这种保护不适用于 400 V 以上的接地三角形支路。

如果能满足较高绝缘要求并保证相应空间间隔，则可以获得令人满意的流电绝缘效果。EN 61800-5-1 标准对这些要求进行了专门介绍。

提供电气绝缘的部件（如图 2.30 所述）也必须满足较高的绝缘标准并通过 EN 61800-5-1 规定的相关测试。PELV 流电绝缘主要包括 3 个位置（如图 2.30 所示）：

为了保持 PELV，所有与控制端子的连接都必须是 PELV 的，比如，必须对热敏电阻实行双重绝缘，以加强其绝缘性能。



1	控制盒电源（SMPS）
2	电源卡与控制盒之间的通讯
3	客户继电器

图 2.30 高低压绝缘

标准 RS-485 和 I/O 电路（PELV）之间的接口具有独立的功能。



在触碰任何电气部件之前，确保其他电源输入都已断开，例如负载共享（直流中间电路的连接），以及用于储能运行的电动机连接。请至少等待在表 1.2 中规定的时间。如果不遵守建议，将可能导致死亡或严重伤害。

2.8 接地漏电电流

遵守对漏电电流超过 3.5 mA 的设备进行保护性接地的国家和地方法规。

变频器技术在高功率下利用高频切换。这会在接地线路中产生漏电电流。变频器输出功率端子中的故障电流可能包含直流成分，这些直流成分可能对滤波电容器充电，从而导致瞬态地电流。

接地漏电电流由多个成分组成，这取决于不同的系统配置，包括射频干扰滤波、屏蔽型电动机电缆和变频器功率。

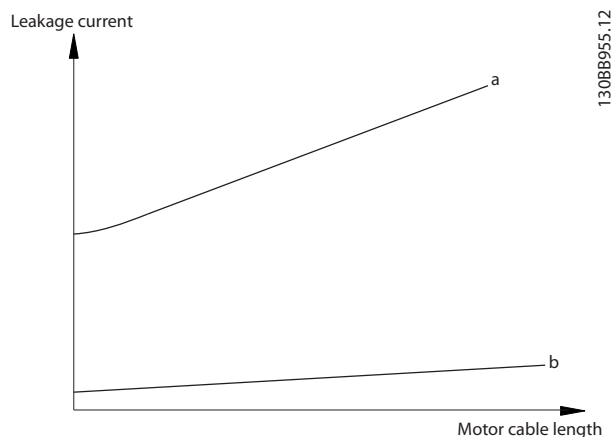


图 2.31 电缆长度和功率规格对漏电电流的影响， $P_a > P_b$ 。

漏电电流还取决于线路失真情况。

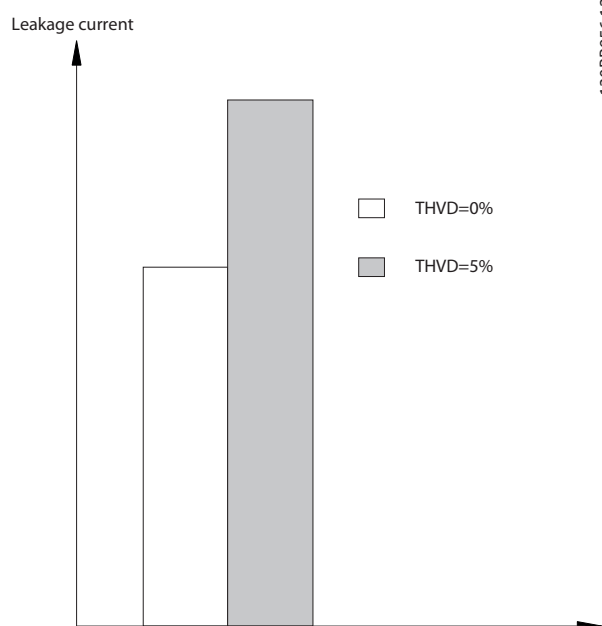


图 2.32 线路失真对漏电电流的影响。

注意

高漏电电流可能会导致 RCD 关闭。为了避免这个问题，如果使用滤波器，请卸下 RFI 螺钉（机箱规格 J1 至 J5）或将 14-50 射频干扰滤波器设为 [0] 关闭（机箱规格 J6 和 J7）。

EN/IEC61800-5-1（功率变频器系统产品标准）要求，如果漏电电流超过 3.5mA，则须给予特别注意。必须采用下述方式之一来增强接地措施：

- 截面积至少为 10 mm² 的地线（端子 95）。
- 采用 2 条单独的并且均符合尺寸规格的接地线

有关详细信息，请参阅 EN/IEC61800-5-1。

使用 RCD

在使用漏电断路器（RCD）（也称为接地漏电断路器，简称 ELCB）时，应符合下述要求：

- 仅使用可以检测交流和直流的 B 类 RCD。
- 使用带有涌入延迟功能的 RCD，以防瞬态接地电流造成故障。
- 根据系统配置和环境因素来选择 RCD 规格。

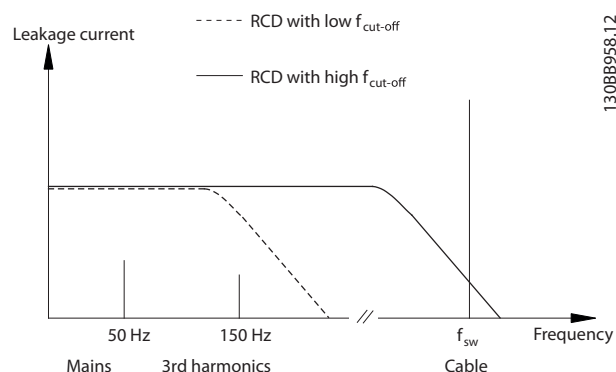


图 2.33 漏电电流的主要成分

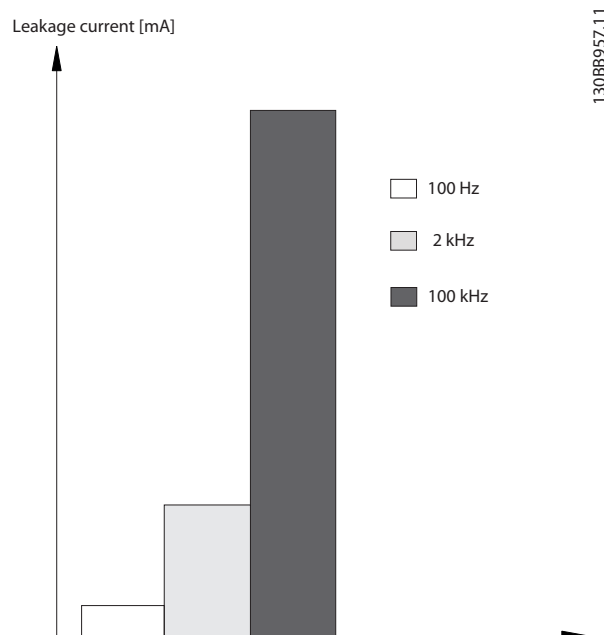


图 2.34 对 RCD 的截止频率的影响作出响应/测量

有关更详细信息，请参阅 RCD 应用说明。

2.9 制动功能

2.9.1 机械夹持制动

直接安装在电动机上的机械夹持制动通常执行静态制动。

注意

当安全链中包括夹持制动时，则变频器不能提供机械制动的安全控制。必须在总安装中包括用于制动控制的冗余电路。

2.9.2 动态制动

动态制动由下列内容建立：

- 电阻器制动：制动 IGBT 会将过压保持在某个特定的阈值之下，其方式是将制动能量从电机定向到连接的制动电阻器（2-10 制动功能 = [1] 电阻器制动）。
可通过 2-14 制动电压衰减 调整阈值，范围不超过 70 V。
- 交流制动：制动能量在电机中通过更改电机中的损耗情况进行分配。交流制动功能不能在循环频率较高的应用中使用，因为这样可能会使得电动机过热（2-10 制动功能 = [2] 交流制动）。
- 直流制动：添加到交流中的过调制直流电流作为用作旋转电流制动（2-02 直流制动时间≠0 s）。

2.9.3 制动电阻器选择

为满足发电式制动操作的更高要求，必须使用一个制动电阻器。通过使用制动电阻器，可以确保所产生的能量将被制动电阻器（而不是变频器）所吸收。有关详细信息，请参阅制动电阻器设计指南。

如果在每次制动期间传输到该电阻器的动能数量是未知的，则可以根据周期和制动时间来计算平均功率。电阻器间歇工作周期即为电阻器的工作周期。图 2.35 下图显示了一个典型的制动周期。

该电阻的间歇工作周期按下述方式计算：

$$\text{工作周期} = t_b / T$$

t_b 是以秒为单位的制动时间

T = 周期（秒）

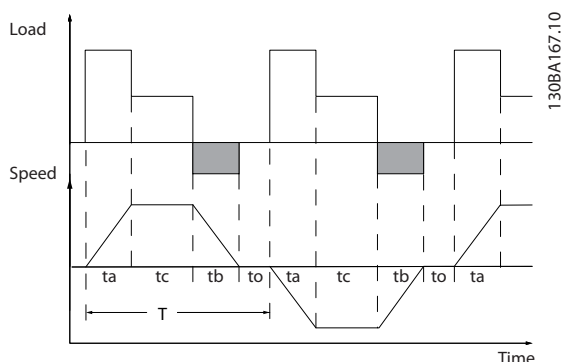


图 2.35 典型的制动周期

功率规格	0.37 - 75 kW ¹⁾
380 - 480 V	
周期时间（秒）	120
100% 转矩时的制动工作周期	持续
过载转矩（150/160%）时的制动工作周期	40%

表 2.13 高过载转矩时的制动

1) 对于 30-75 kW 的变频器，一个外接制动电阻器必须满足表 2.13 中的规范。

Danfoss 提供了工作周期为 10% 和 40% 的制动电阻器。如果使用工作周期为 10% 的制动电阻器，则它可以在一个周期的 10% 的时间内吸收制动功率。其余 90% 的周期时间将用于耗散过多的热量。



确保电阻器在设计上可以承受所要求的制动时间。

制动电阻器的最大允许负载由给定间歇工作周期的峰值功率表示，可以按下述方式计算：

制动电阻器计算

$$R_{br} [\Omega] = \frac{U_{dc,br}^2 \times 0.83}{P_{peak}}$$

其中

$$P_{peak} = P_{motor} \times M_{br} [\%] \times \eta_{motor} \times \eta_{VLT} [W]$$

可以看出，制动电阻取决于中间电路电压（ U_{dc} ）。

规格	正常制动 $U_{dc, br}$	切断警告	切断（跳闸）
FC 360 3x380 - 480 V	770 V	800 V	800 V

可在 2-14 制动电压衰减 中调整阈值，范围不超过 70 V。



确保制动电阻器能够承受 410 V 或 820 V 的电压。

Danfoss 建议根据以下公式计算制动电阻 R_{rec} 。建议使用的制动电阻值可确保变频器在 160% 的最高制动转矩（ $M_{br} (\%)$ ）时实现制动。

$$R_{rec} [\Omega] = \frac{U_{dc}^2 \times 100 \times 0.83}{P_{电机} \times M_{br} (\%) \times \eta_{VLT} \times \eta_{电机}}$$

η_{motor} 通常为 0.80 (≤ 75 kW)；0.85 (11 - 22 kW)

η_{VLT} 通常为 0.97

对于 FC 360，160% 制动转矩时的 R_{rec} 可以表示为：

$$480 V: R_{rec} = \frac{396349}{P_{电机}} [\Omega] \quad 1)$$

$$480 V: R_{rec} = \frac{397903}{P_{电机}} [\Omega] \quad 2)$$

- 1) 对于主轴输出 $\leq 7.5 \text{ kW}$ 的变频器
- 2) 对于主轴输出为 $11\text{--}75 \text{ kW}$ 的变频器

注意

所选的电阻器的阻值不应高于 Danfoss 的推荐值。如果选择了具有更高阻值的制动电阻器，将无法达到 160% 的制动转矩，因为变频器可能出于安全原因而自动关闭。阻值应大于 R_{\min} 。

注意

如果制动电阻器发生短路，则必须使用电网开关或接触器断开变频器的主电源才能避免制动电阻器上的功率消耗。（接触器可由变频器控制）。

注意

制动电阻器在制动期间温度可能会变得非常高，因此请不要触摸它。为避免火灾风险，请在安全环境中安放制动电阻器。

2.9.4 通过制动功能进行控制

制动功能可防止制动电阻器发生短路。为此，制动晶体管将受到监测，以确保能检测到晶体管的短路。可以使用继电器/数字输出防止制动电阻器发生过载（这在变频器中是一种故障状态）。

除此之外，制动功能可获得最近 120 秒的瞬时功率和平均功率。制动系统还可以监测功率激励，以确保它不会超过在 2-12 制动功率极限 (kW) 中选择的极限。

注意

制动功率监视并不是一项安全功能。需要一个温控开关来阻止制动功率超过所设置的极限。制动电阻器电路没有接地泄漏保护。

可以在 2-17 过压控制 中选择过压控制 (OVC)（专用制动电阻器）作为替代的制动功能。此功能对所有设备均适用。使用此功能可确保避免直流回路电压升高时跳闸。这是通过提高输出频率以限制直流回路电压来实现的。这是一个非常有用的功能，例如，如果减速时间过短，则可以避免变频器跳闸。在这种情况下，减速时间延长了。

注意

在运行 PM 电动机时无法激活 OVC（当 1-10 电动机结构设为 [1] PM 非突出 SPM 时）。

2.10 智能逻辑控制器

智能逻辑控制 (SLC) 是一系列用户定义的操作（请参阅 13-52 条件控制器动作 [x]），当关联的用户定义事件（请参阅 13-51 条件控制器事件 [x]）被 SLC 判断为“真”时，将执行这些操作。

触发事件的条件可能是某个特定状态，也可能是在逻辑规则或比较器操作数的输出为“真”时。这将导致相关操作，如图 2.36 所示。

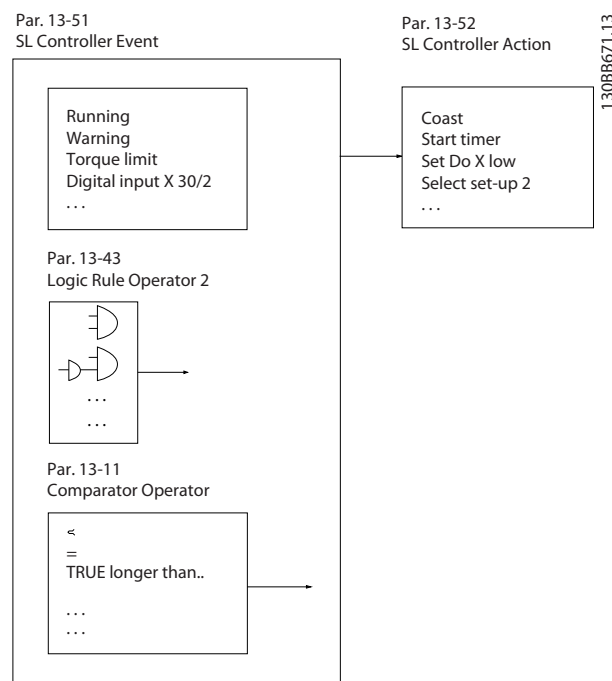


图 2.36 相关操作

事件和操作 都有自己的编号，两者关联在一起（状态）。这意味着，当事件 [0] 符合条件（值为“真”）时，将执行操作 [0]。此后会对事件 [1] 进行条件判断，如果值为“真”，则执行操作 [1]，依此类推。无论何时，只能对一个事件进行判断。如果某个事件的条件判断为“假”，在当前的扫描间隔中将不执行任何操作（在 SLC 中），并且不再对其他事件进行条件判断。当 SLC 在每个扫描间隔中启动后，它将首先判断事件 [0]（并且仅判断事件 [0]）的真假。仅当对事件 [0] 的条件判断为“真”时，SLC 才会执行操作 [0]，并且开始判断事件 [1] 的真假。可以设置 1 到 20 个事件和操作。当执行了最后一个事件/操作后，又会从事件 [0]/操作 [0] 开始执行该序列。图 2.37 显示的示例带有三个事件/操作：

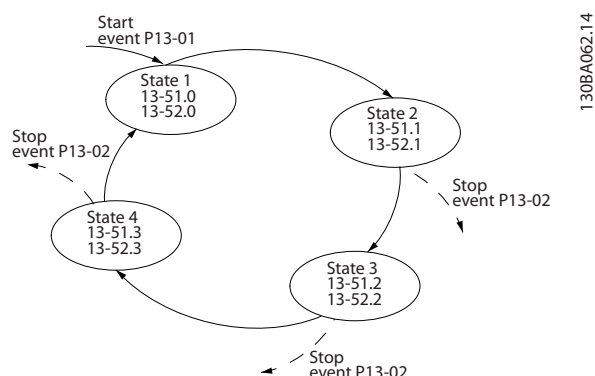


图 2.37 带有 3 个事件/操作的序列

比较器

这些比较器可将连续的变量（如输出频率、输出电流、模拟输入等）与固定的预置值进行比较。

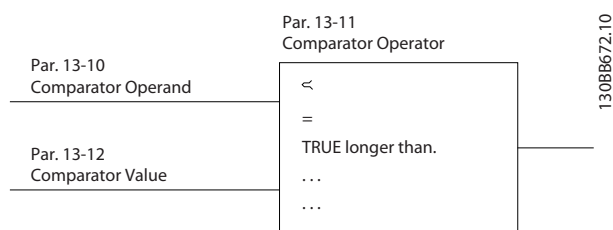


图 2.38 比较器

逻辑规则

使用逻辑运算符 *and*、*or* 和 *not*，将来自计时器、比较器、数字输入、状态位和事件的布尔输入（“真”/“假”输入）进行组合，最多组合三个。

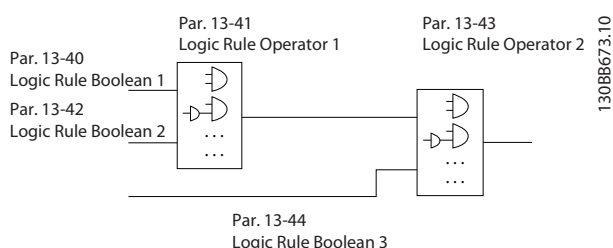


图 2.39 逻辑规则

2.11 极端运行条件

短路（电机相间短路）

通过测量电机三个相位中每一个相位的电流或者直流回路的电流，可以实现对变频器的短路保护。2 个输出相位之间产生短路可导致变频器过流。当短路电流超过允许的值后，变频器将被单独关闭（报警 16 跳闸锁定）。

进行输出切换

在电动机与变频器之间进行输出切换是完全允许的，而且不会损害变频器，但可能会显示故障信息。

电动机产生过电压

如果电动机用作发电机，中间电路的电压会升高。这包括以下情况：

1. 负载（以变频器的恒定输出频率）驱动电动机。
2. 在减速时，如果惯性力矩较大，则摩擦较小，减速时间会过短，从而导致变频器、电机和系统无法消耗掉能量。
3. 如果滑移补偿设置不当，可能导致直流回路的电压升高。

如果可能，控制单元会试图更正减速过程（2-17 过压控制）。

当达到特定的电压水平时，变频器会关闭，以保护晶体管和中间电路电容器。

要选择控制中间电路电压水平的方法，请参阅 2-10 制动功能和 2-17 过压控制。

主电源断电

如果发生主电源断电，变频器将继续工作，直到中间电路电压低于最低停止水平（一般为 320 V）。断电前的主电源电压和电动机负载决定了逆变器惯性运动的时间。

VVC⁺ 模式下的静态过载

当变频器过载时（达到 4-16 电动时转矩极限/ 4-17 发电时转矩极限中的转矩极限），控制系统会降低输出频率，以降低负载。

如果过载较为严重，则会产生电流，使变频器在大约 5 到 10 秒钟后自动关闭。

在转矩极限下的运行时间可以在 14-25 转矩极限跳闸延迟中限定（0-60 秒）。

2.11.1 电机热保护

为避免对应用造成严重损害，VLT® AutomationDriveFC 360 提供了若干专用功能。

转矩极限

转矩极限功能可以在不考虑速度的情况下防止电动机过载。转矩限值在 4-16 电动时转矩极限和/或 4-17 发电时转矩极限中进行控制，而转矩限值发出跳闸警告前的时间在 14-25 转矩极限跳闸延迟中进行控制。

电流极限

电流极限在 4-18 电流极限中控制，而电流极限警告跳闸前的时间在 14-24 转矩极限跳闸延迟中控制。

速度下限

（4-12 电动机速度下限 [Hz]）可设置变频器提供的最大输出速度。

速度上限

（4-14 电动机速度上限 [Hz] 或 4-19 最大输出频率）可设置变频器提供的最大输出速度。

ETR（电子热敏继电器）

变频器的 ETR 功能通过测量实际电流、速度和时间来计算电机温度并防止电机过热（警告或跳闸）。此外还提供了外部热敏电阻输入。ETR 是一种根据内部测量来模拟双金属继电器的电子功能。其特性如 图 2.40 所示

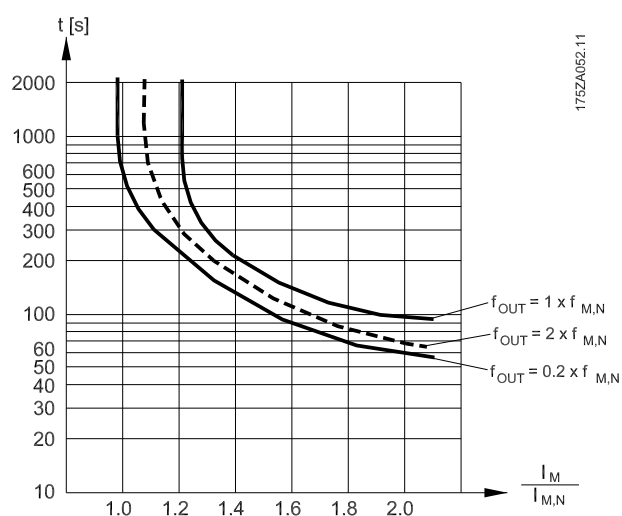


图 2.40 ETR

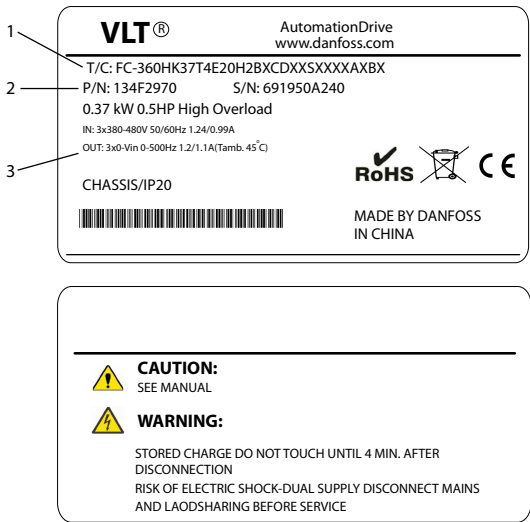
X 轴显示了 I_{motor} 和额定 I_{motor} 的比。Y 轴显示了 ETR 断开并使变频器跳闸之前的时间（秒）。曲线显示了额定速度下、2 倍额定速度下以及 $0.2 \times$ 倍额定速度下的特性。

在较低速度下，因为电动机的冷却能力降低，ETR 会在较低热量水平下断开。它以这种方式防止电动机在低速下过热。ETR 功能根据实际电流和速度计算电动机温度。计算出的温度作为读出参数可在 16-18 电动机发热中看到。

3 类型代码和选择

3.1 订购

检查变频器铭牌上的功率规格、电压值和过载数据，确认设备是否与需求及订购信息相符。



1	类型代码
2	订购号
3	规格

图 3.1 铭牌 1 和 2

1 - 6: 产品名称	
7: 过载	H: 重载 Q: 正常工况 ¹⁾
8 - 10: 功率规格	例如 0.37 - 75 kW K37: 0.37 kW ²⁾ 1K1: 1.1 kW 11K: 11 kW 等。
11 - 12: 电压类别	T4: 380 - 480 V (3 相)
13 - 15: IP 等级	E20: IP20
16 - 17: RFI	H2: C3 等级
18: 制动斩波器	X: 否 B: 内置 ³⁾
19: LCP	X: 否
20: PCB 涂层	C: 3C3
21: 主电源端子	D: 负载共享
29 - 30: 嵌入式现场总线	AX: 否 A0: Profibus AL: ProfiNet ⁴⁾

表 3.1 类型代码： 各种不同功能和选项组合

有关选件和附件的信息，请参阅设计指南 中的“选件和附件”一节。

1) 正常工况仅有 11-75 kW 型号。正常工况无 Profibus 和 ProfiNet。

2) 有关所有功率规格的信息，请参阅章 4.1.1 主电源 3x380-480 V AC

3) 0.37-22 kW，带内置制动斩波器。30-75 kW，仅带外置制动斩波器。

4) 尚未提供。

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
F	C	-	3	6	0	H				T	4	E	2	0	H	2	X	X	C	D	X	X	S	X	X	X	X	A	X	B	X
						Q											B											A	0		
																												A	L		

图 3.2 类型代码字符串

3.2 订购号： 选件和附件

说明	订购号
VLT® 控制面板 LCP 21	132B0254 ¹⁾
VLT® LCP 远程安装套件，包括 3 米长的电缆	132B0102 ²⁾
VLT® 盖板，FC 360	132B0262 ¹⁾
VLT® 图形 LCP 适配器	132B0281
VLT® 控制面板 LCP 102	130B1107
VLT® 编码器输入，用于 MCB 102、FC 360	132B0282
VLT® 旋转变压器输入，用于 MCB 103、FC 360	132B0283
VLT® 端子盖，用于 MCB、J1、FC 360	132B0263
VLT® 端子盖，用于 MCB、J2、FC 360	132B0265
VLT® 端子盖，用于 MCB、J3、FC 360	132B0266
VLT® 端子盖，用于 MCB、J4、FC 360	132B0267
VLT® 端子盖，用于 MCB、J5、FC 360	132B0268
VLT® 去耦板安装套件，用于 J1	132B0258
VLT® 去耦板安装套件，用于 J2、J3	132B0259
VLT® 去耦板安装套件，用于 J4、J5	132B0260
VLT® 去耦板安装套件，用于 J6	132B0284
VLT® 去耦板安装套件，用于 J7	132B0285

1) 两种包装，6 件或 72 件

2) 一个包装中两件

3.3 订购号： 制动电阻器

Danfoss 提供了一系列专为我们的变频器设计的电阻器。了解制动电阻器的订购号，请参阅章 2.9.4 通过制动功能进行控制。该部分列出了制动电阻器的订购号。

3.3.1 订购号： 制动电阻器（10%）

FC 360	P _m (H0)	R _{min}	R _{br. nom}	R _{res}	P _{br avg}	代号	周期	电缆横截面积 ¹⁾	热敏继电器	使用 R _{res} 时的最大制动转矩
T4	[kW]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[kW]	175Uxxxx	[s]	[mm ²]	[A]	[%]
HK37	0.37	890	1041.98	989	0.030	3000	120	1.5	0.3	139
HK55	0.55	593	693.79	659	0.045	3001	120	1.5	0.4	131
HK75	0.75	434	508.78	483	0.061	3002	120	1.5	0.4	129
H1K1	1.1	288	338.05	321	0.092	3004	120	1.5	0.5	132
H1K5	1.5	208	244.41	232	0.128	3007	120	1.5	0.8	145
H2K2	2.2	139	163.95	155	0.190	3008	120	1.5	0.9	131
H3K0	3	100	118.86	112	0.262	3300	120	1.5	1.3	131
H4K0	4	74	87.93	83	0.354	3335	120	1.5	1.9	128
H5K5	5.5	54	63.33	60	0.492	3336	120	1.5	2.5	127
H7K5	7.5	38	46.05	43	0.677	3337	120	1.5	3.3	132
H11K	11	27	32.99	31	0.945	3338	120	1.5	5.2	130
H15K	15	19	24.02	22	1.297	3339	120	1.5	6.7	129
H18K	18.5	16	19.36	18	1.610	3340	120	1.5	8.3	132
H22K	22	16	18.00	17	1.923	3357	120	1.5	10.1	128
H30K	30	11	14.6	13	2.6	3341	120	2.5	13.3	150
H37K	37	9	11.7	11	3.2	3359	120	2.5	15.3	150
H45K	45	8	9.6	9	3.9	3065	120	10	20	150
H55K	55	6	7.8	7	4.8	3070	120	10	26	150
H75K	75	4	5.7	5	6.6	3231	120	10	36	150

表 3.2 FC 360 - 主电源： 380 - 480 V (T4)，10% 工作周期

1) 所有接线都必须符合相关国家和地方关于电缆横截面积和环境温度的法规。

3.3.2 订购号： 制动电阻器（40%）

FC 360	P _m (H0)	R _{min}	R _{br. nom}	R _{rec}	P _{br avg}	代号	周期	电缆横截面积 ¹⁾	热敏继电器	使用 R _{rec} 时的最大制动转矩
T4	[kW]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[kW]	175Uxxxx	[s]	[mm ²]	[A]	[%]
HK37	0.37	890	1041.98	989	0.127	3101	120	1.5	0.4	139
HK55	0.55	593	693.79	659	0.191	3308	120	1.5	0.5	131
HK75	0.75	434	508.78	483	0.260	3309	120	1.5	0.7	129
H1K1	1.1	288	338.05	321	0.391	3310	120	1.5	1	132
H1K5	1.5	208	244.41	232	0.541	3311	120	1.5	1.4	145
H2K2	2.2	139	163.95	155	0.807	3312	120	1.5	2.1	131
H3K0	3	100	118.86	112	1.113	3313	120	1.5	2.7	131
H4K0	4	74	87.93	83	1.504	3314	120	1.5	3.7	128
H5K5	5.5	54	63.33	60	2.088	3315	120	1.5	5	127
H7K5	7.5	38	46.05	43	2.872	3316	120	1.5	7.1	132
H11K	11	27	32.99	31	4.226	3236	120	2.5	11.5	130
H15K	15	19	24.02	22	5.804	3237	120	2.5	14.7	129
H18K	18.5	16	19.36	18	7.201	3238	120	4	19	132
H22K	22	16	18.00	17	8.604	3203	120	4	23	128
H30K	30	11	14.6	13	11.5	3206	120	10	32	150
H37K	37	9	11.7	11	14.3	3210	120	10	38	150
H45K	45	8	9.6	9	17.5	3213	120	16	47	150
H55K	55	6	7.8	7	21.5	3216	120	25	61	150
H75K	75	4	5.7	5	29.6	3219	120	35	81	150

表 3.3 FC 360 - 主电源： 380 - 480 V (T4)，40% 工作周期

1) 所有接线都必须符合相关国家和地方关于电缆横截面积和环境温度的法规。

4 规格

4.1 与功率相关的规格

变频器 典型主轴输出 [kW]	HK37 0.37	HK55 0.55	HK75 0.75	H1K1 1.1	H1K5 1.5	H2K2 2.2	H3K0 3	H4K0 4	H5K5 5.5	H7K5 7.5
机箱 IP20	J1	J1	J1	J1	J1	J1	J2	J2	J2	J3
输出电流										
主轴输出 [kW]	0.37	0.55	0.75	1.1	1.5	2.2	3	4	5.5	7.5
持续 (3x380-440V) [A]	1.2	1.7	2.2	3	3.7	5.3	7.2	9	12	15.5
持续 (3x441 - 480 V) [A]	1.1	1.6	2.1	2.8	3.4	4.8	6.3	8.2	11	14
间歇 (60 秒过载) [A]	1.9	2.7	3.5	4.8	5.9	8.5	11.5	14.4	19.2	24.8
持续 kVA 值 (400 V AC) [kVA]	0.84	1.18	1.53	2.08	2.57	3.68	4.99	6.24	8.32	10.74
持续 kVA 值 (480 V AC) [kVA]	0.9	1.3	1.7	2.5	2.8	4.0	5.2	6.8	9.1	11.6
最大输入电流										
持续 (3x380-440V) [A]	1.2	1.6	2.1	2.6	3.5	4.7	6.3	8.3	11.2	15.1
持续 (3x441 - 480 V) [A]	1.0	1.2	1.8	2.0	2.9	3.9	4.3	6.8	9.4	12.6
间歇 (60 秒过载) [A]	1.9	2.6	3.4	4.2	5.6	7.5	10.1	13.3	17.9	24.2
附加规范										
最大电缆横截面积 (主电源、电动机、制动和负载共享) [mm²/AWG]	4 mm²									
最大额定负载时的预计功率损耗 [W] ²⁾	20.88	25.16	30.01	40.01	52.91	73.97	94.81	115.5	157.54	192.83
IP20 机箱重量	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.5	3.6	3.6	3.6	4.1
效率 [%] ³⁾	96.2	97.0	97.2	97.4	97.4	97.6	97.5	97.6	97.7	98.0

表 4.1 主电源 3x380 - 480 V AC - 重载¹⁾

变频器 典型主轴输出 [kW]	H11K 11	H15K 15	H18K 18.5	H22K 22	H30K 30	H37K 37	H45K 45	H55K 55	H75K 75
IP20	J4	J4	J5	J5	J6	J6	J6	J7	J7
输出电流									
持续 (3x380-440V) [A]	23	31	37	42.5	61	73	90	106	147
持续 (3x441 - 480 V) [A]	21	27	34	40	52	65	77	96	124
间歇 (60 秒过载) [A]	34.5	46.5	55.5	63.8	91.5	109.5	135	159	220.5
持续 kVA 值 (400 V AC) [kVA]	15.94	21.48	25.64	29.45	42.3	50.6	62.4	73.4	101.8
持续 kVA 值 (480 V AC) [kVA]	17.5	22.4	28.3	33.3	43.2	54.0	64.0	79.8	103.1
最大输入电流									
持续 (3x380 - 440 V) [A]	22.1	29.9	35.2	41.5	57	70.3	84.2	102.9	140.3
持续 (3x441 - 480 V) [A]	18.4	24.7	29.3	34.6	49.3	60.8	72.7	88.8	121.1
间歇 (60 秒过载) [A]	33.2	44.9	52.8	62.3	85.5	105.5	126.3	154.4	210.5
附加规范									
最大电缆规格 (主电源、电动机、制动) [mm²/AWG]	16 mm²				50 mm²				85 mm²
最大额定负载时的预计功率损耗 [W] ²⁾	289.53	393.36	402.83	467.52	630	848	1175	1250	1507
IP20 机箱重量 [kg]	9.4	9.5	12.3	12.5	22.4	22.5	22.6	37.3	38.7
效率 [%] ³⁾	97.8	97.8	98.1	97.9	98.1	98.0	97.7	98.0	98.2

表 4.2 主电源 3x380 - 480 V AC - 重载¹⁾

变频器	Q11K	Q15K	Q18K	Q22K	Q30K	Q37K	Q45K	Q55K	Q75K
典型主轴输出 [kW]	11	15	18.5	22	30	37	45	55	75
IP20	J4	J4	J5	J5	J6	J6	J6	J7	J7
输出电流									
持续 (3x380-440V) [A]	23	31	37	42.5	61	73	90	106	147
持续 (3x441 - 480 V) [A]	21	27	34	40	52	65	77	96	124
间歇 (60 秒过载) [A]	25.3	34.1	40.7	46.8	67.1	80.3	99	116.6	161.7
持续 kVA 值 (400 V AC) [kVA]	15.94	21.48	25.64	29.45	42.3	50.6	62.4	73.4	101.8
持续 kVA 值 (480 V AC) [kVA]	17.5	22.4	28.3	33.3	43.2	54.0	64.0	79.8	103.1
最大输入电流									
持续 (3x380-440V) [A]	22.1	29.9	35.2	41.5	57	70.3	84.2	102.9	140.3
持续 (3x441 - 480 V) [A]	18.4	24.7	29.3	34.6	49.3	60.8	72.7	88.8	121.1
间歇 (60 秒过载) [A]	24.3	32.9	38.7	45.7	62.7	77.3	92.6	113.2	154.3
附加规范									
最大电缆规格 (主电源、电动机、制动) [mm ² /AWG]	16 mm ²				50 mm ²				85 mm ²
最大额定负载时的预计功率损耗 [W] ²⁾	289.53	393.36	402.83	467.52	630	848	1175	1250	1507
IP20 机箱重量 [kg]	9.4	9.5	12.3	12.5	22.4	22.5	22.6	37.3	38.7
效率 [%] ³⁾	97.8	97.8	98.1	97.9	98.1	98.0	97.7	98.0	98.2

表 4.3 主电源 3x380 - 480 V AC - 正常工况¹⁾

1) 重工况 = 150~160% 电流, 持续 60 秒; 正常工况 = 110% 电流, 持续 60 秒。

2) 额定负载条件下的典型功率损耗, 可能有 $\pm 15\%$ 偏差 (容差因电压和电缆情况而异)。

这些值基于典型的电机效率 (IE2/IE3 的分界线)。效率较低的电动机会增加变频器的功率损耗, 而效率较高者可以减小功率损耗。

适用于变频器冷却的尺寸确定。如果开关频率高于默认设置, 则功率损耗可能会上升。其中已包括 LCP 的功率消耗和控制卡的典型功率消耗。其它选件和客户负载可能使损耗增加 30 W (尽管满载的控制卡或现场总线或插槽 B 选件一般只会分别带来 4 W 的额外损耗)。

有关符合 EN 50598-2 的功率损耗数据, 请参考 www.danfoss.com/vltenergyefficiency。

3) 对于 J1 至 J5 机箱规格, 使用 5 米屏蔽电动机电缆在额定负载和额定频率下测量; 对于 J6 和 J7 机箱规格, 使用 33 米屏蔽电动机电缆在额定负载和额定频率下测量。有关能效等级的信息, 请参阅 章 4.2 一般规范 一节中的环境条件。有关部分负载损耗的信息, 请参阅 www.danfoss.com/vltenergyefficiency。

4.2 一般规范

主电源 (L1、L2、L3)

供电端子	L1, L2, L3
供电电压	380 - 480 V: -15% (-25%) ¹⁾ 至 +10%

1) 变频器可在 -25% 输入电压的情况下运行, 但性能会有所下降。如果输入电压为 -25%, 变频器只能达到最大输出功率的 75%; 如果输入电压为 -15%, 变频器只能达到最大输出功率的 85%。

当主电源电压比变频器的最低额定电源电压低 10% 时, 无法实现满转矩。

供电频率	50/60 Hz ±5%
主电源各相位之间的最大临时不平衡	额定供电电压的 3.0%
真实功率因数 (λ)	额定负载时 ≥ 0.9 标称值
位移功率因数 (cos φ)	接近 1 (> 0.98)
打开输入电源 L1、L2、L3 (上电) ≤ 7.5 kW	最多 2 次/分钟
打开输入电源 L1、L2、L3 (上电) (当功率为 11-75 kW 时)	最多 1 次/分钟

此设备适用于能够提供少于 100000 RMS 安培的均方根对称电流和最大电压为 480 V 的电路。

电动机输出 (U, V, W)

输出电压	电源电压的 0 - 100%
输出频率	0 - 500 Hz
VVC ⁺ 模式下的输出频率	0 - 200 Hz
输出切换	无限制
加减速时间	0.05 - 3600 s

转矩特性

启动转矩 (恒定转矩)	最大 160%, 持续 60 秒 ¹⁾
过载转矩 (恒定转矩)	最大 160%, 持续 60 秒 ¹⁾
启动转矩 (可变转矩)	最大 110%, 持续 60 秒 ¹⁾
过载转矩 (可变转矩)	最大 110%, 持续 60 秒
启动电流	最大 200%, 持续 1 秒
VVC ⁺ 中的转矩升高时间 (与 f _{sw} 无关)	10 ms

1) 相对于额定转矩的百分比。

2) 转矩响应时间取决于应用和负载, 但转矩从 0 增至参考值的时间通常为转矩升高时间的 4 到 5 倍。

电缆的长度和横截面积¹⁾

最大电动机电缆长度, 屏蔽	50 m
最大电动机电缆长度, 非屏蔽	0.37 - 22 kW: 75 m, 30 - 75 kW: 100 m
控制端子的最大横截面积 (柔性/刚性电线)	2.5 mm ² /14 AWG
控制端子电缆的最小横截面积	0.55 mm ² / 30 AWG

1) 关于电源电缆, 请参阅表 4.1 至表 4.3。

数字输入

可编程数字输入	7
端子号	18, 19, 27 ¹⁾ , 29 ¹⁾ , 32, 33, 31
逻辑	PNP 或 NPN
电压水平	0 - 24 V DC
电压水平, 逻辑 0 PNP	< 直流 5 V
电压水平, 逻辑 1 PNP	> 直流 10 V
电压水平, 逻辑 0 NPN	> 直流 19 V
电压水平, 逻辑 1 NPN	< 直流 14 V
最高输入电压	28 V 直流
脉冲频率范围	4 Hz - 32 kHz
(工作周期) 最小脉冲宽度	4.5 ms
输入电阻, R _i	大约 4 kΩ

1) 也可以将端子 27 和 29 设为输出。

模拟输入

模拟输入的数量	2
端子号	53, 54
模式	电压或电流
模式选择	软件
电压水平	0 - 10 V
输入电阻, R_i	大约 10 k Ω
最大电压	-15 至 +20 V
电流水平	0/4 到 20 mA (可调节)
输入电阻, R_i	大约 200 Ω
最大电流	30 mA
模拟输入的分辨率	11 位
模拟输入的精度	最大误差为满量程的 0.5%
带宽	100 Hz

模拟输入与供电电压 (PELV) 以及其它高电压端子之间都是绝缘的。

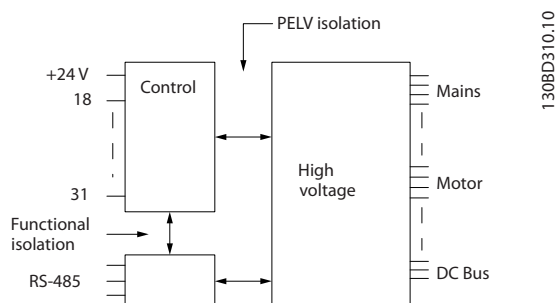


图 4.1 模拟输入

脉冲输入

可编程脉冲输入	2
脉冲端子号	29, 33
端子 29、33 的最大频率	32 kHz (推挽驱动)
端子 29、33 的最大频率	5 kHz (开放式集电极)
端子 29 和 33 的最小频率	4 Hz
电压水平	请参阅“数字输入”一节
最高输入电压	28 V 直流
输入电阻, R_i	大约 4 k Ω
脉冲输入精度 (0.1-1 kHz)	最大误差: 全范围的 0.1 %
脉冲输入精度 (1-32 kHz)	最大误差: 全范围的 0.05%

模拟输出

可编程模拟输出的数量	2
端子号	45, 42
模拟输出的电流范围	0/4 - 20 mA
模拟输出端和公共端间最大电阻器负载	500 Ω
模拟输出精度	最大误差: 全范围的 0.8 %
模拟输出分辨率	10 位

模拟输出与供电电压 (PELV) 以及其他高电压端子都是绝缘的。

控制卡, RS485 串行通讯

端子号	68 (P, TX+, RX+), 69 (N, TX-, RX-)
端子号 61	端子 68 和 69 的公共端

RS-485 串行通讯电路与供电电压 (PELV) 是电绝缘的。

数字输出

可编程数字/脉冲输出	2
端子号	27, 29 ¹⁾
数字/频率输出的电压水平	0 - 24 V
最大输出电流 (汲入电流或供应电流)	40 mA
频率输出的最大负载	1 kΩ
频率输出的最大电容负载	10 nF
频率输出的最小输出频率	4 Hz
频率输出的最大输出频率	32 kHz
频率输出精度	最大误差: 全范围的 0.1 %
频率输出分辨率	10 位

1) 端子 27 和 29 也可以被设置为输入端子。

数字输出与供电电压 (PELV) 以及其他高电压端子之间都是电绝缘的。

控制卡, 24 V 直流输出

端子号	12
最大负载	100 mA

24 V 直流电源与供电电压 (PELV) 是电绝缘的, 但与模拟和数字的输入和输出有相同的电势。

继电器输出

可编程继电器输出	2
继电器 01 和 02	01-03 (常闭)、01-02 (常开)、04-06 (常闭)、04-05 (常开)
01 - 02/04 - 05 (常开) 时的最大端子负载 (AC-1) ¹⁾ (电阻性负载)	250 V AC, 3 A
01 - 02/04 - 05 (常开) 时的最大端子负载 (AC-15) ¹⁾ (cosφ 0.4 时的电感性负载)	250 V AC, 0.2 A
01 - 02/04 - 05 (常开) 时的最大端子负载 (DC-1) ¹⁾ (电阻性负载)	30 V DC, 2 A
01 - 02/04 - 05 (常开) 时的最大端子负载 (DC-13) ¹⁾ (电感性负载)	24 V 直流, 0.1 A
01 - 03/04 - 06 (常闭) 时的最大端子负载 (AC-1) ¹⁾ (电阻性负载)	250 V AC, 3 A
01 - 03/04 - 06 (常闭) 时的最大端子负载 (AC-15) ¹⁾ (cosφ 0.4 时的电感性负载)	250 V AC, 0.2 A
01 - 03/04 - 06 (常闭) 时的最大端子负载 (DC-1) ¹⁾ (电阻性负载)	30 V DC, 2 A
01 - 03 (常闭)、01 - 02 (常开) 时的最小端子负载	直流 24 V 10 mA, 交流 24 V 20 mA

1) IEC 60947 t 4 和 5

继电器的触点通过增强的绝缘措施与电路的其余部分电绝缘。

控制卡, +10 V 直流输出

端子号	50
输出电压	10.5 V ±0.5 V
最大负载	15 mA

10 V DC 电源与供电电压 (PELV) 以及其他高电压端子都是绝缘的。

控制特性

输出频率为 0-500 Hz 时的分辨率	± 0.003 Hz
系统响应时间 (端子 18、19、27、29、32、33)	≤ 2 ms
速度控制范围 (开环)	1:100 同步速度
速度精度 (开环)	额定速度的 ± 0.5%
速度精确度 (闭环)	额定速度的 ± 0.1%

所有控制特性都基于 4 极异步电机。

环境条件

机箱规格 J1 - J7	IP20
振动测试, 所有机箱规格	1.0 g
相对湿度	5 - 95% (IEC 721-3-3; 工作环境中为 3K3 类 (无冷凝))
腐蚀性环境 (IEC 60068-2-43) H ₂ S 测试	Kd 类
符合 IEC 60068-2-43 H ₂ S 标准的测试方法 (10 天)	
环境温度 (在 60 AVM 开关模式下)	
- 降容	最高 55 °C ¹⁾

- 某些功率下的额定连续输出电流	最高 50 °C
- 在连续输出电流时	最高 45 °C
满负载运行时的最低环境温度	0 °C
降低性能运行时的最低环境温度	-10 °C
存放/运输时的温度	-25 至 +65/70 °C
不降容情况下的最高海拔高度	1000 m
降容情况下的最大海拔高度	3000 m
EMC 标准, 辐射	EN 61800-3、EN 61000-3-2、EN 61000-3-3、EN 61000-3-11、 EN 61000-3-12、EN 61000-6-3/4、EN 55011、IEC 61800-3 EN 61800-3、EN 61000-6-1/2、EN 61000-4-2、 EN 61000-4-3、EN 61000-4-4、EN 61000-4-5、EN 61000-4-6
EMC 标准, 抗扰性	
能效等级 ¹⁾	IE2

1) 根据 EN50598-2 在以下情况下确定:

- 额定负载
- 90% 额定频率
- 开关频率出厂设置
- 开关模式出厂设置

控制卡性能

扫描间隔	1 ms
------	------

保护与功能

- 电子热敏式电动机过载保护。
- 通过监测散热片的温度，可以确保变频器在温度达到某个预定义的水平时将跳闸。除非散热片的温度降到温度限值以下，否则过载温度无法复位。
- 变频器具有电机端子 U、V 和 W 发生短路时的保护功能。
- 如果主电源发生缺相，变频器将跳闸或发出警告（取决于负载和参数设置）。
- 对中间电路电压的监测确保变频器在中间电路电压过低或过高时会跳闸。
- 变频器具有电机端子 U、V 和 W 产生接地故障时的保护功能。

4.3 熔断器

4.3.1 简介

建议在供电侧使用熔断器和/或断路器，以便在变频器内部的组件发生故障时防止维修人员受伤和设备损坏（第一故障）。

支路保护

设备、开关装置和机器等中的所有分支电路都必须根据国家/国际法规带有短路保护和过电流保护。



这些建议不包括 UL 标准所要求的支路保护。

表 4.4 中列出了经过测试的推荐的熔断器。

如果按照建议选择熔断器，则可将可能遭受的损害限制在变频器内部。



如果出现故障或未遵循建议，则可能造成人员危险以及变频器和其他设备损坏。

4.3.2 符合 CE 标准



必须使用熔断器或断路器，确保符合 IEC 60364 标准以获得 CE 认证。

Danfoss 建议在能够提供 100,000 A_{rms}（对称）电流的 380 - 480 V 电路（取决于变频器的额定电压）上使用表 4.4 中列出的熔断器。在采用正确熔断器的情况下，变频器的额定短路电流（SCCR）为 100000 A_{rms}。

机箱规格	功率 [kW]	通过 CE 认证的熔断器
J1	0.37 - 1.1	gG-10
	1.5	
	2.2	
J2	3.0	gG-25
	4.0	
	5.5	
J3	7.5	gG-32
J4	11 - 15	gG-50
J5	18.5	gG-80
	22	
J6	30	gG-125
	37	
	45	
J7	55	aR-250
	75	

表 4.4 CE 熔断器，380 - 480 V，机箱类型 J1 - J7

4.4 效率

变频器效率 (η_{VLT})

变频器的负载对其效率基本没有影响。一般来说，无论电动机提供的是额定主轴转矩还是该值的 75%（在部分负载的情况下），在额定电动机频率 $f_{M,N}$ 下的效率都是相同的。

这还意味着，即使选择了其它的 U/f 特性，变频器的效率也不会更改。

但 U/f 特性会影响电动机的效率。

如果设置的开关频率值高于默认值，效率会稍微降低。如果主电源电压为 480 V，或电动机电缆超过 30 米长，效率也会稍微降低。

变频器效率计算

根据图 4.2 可以计算变频器在不同负载下的效率。本图中的因数必须与规格表中所列的特定效率因数相乘：

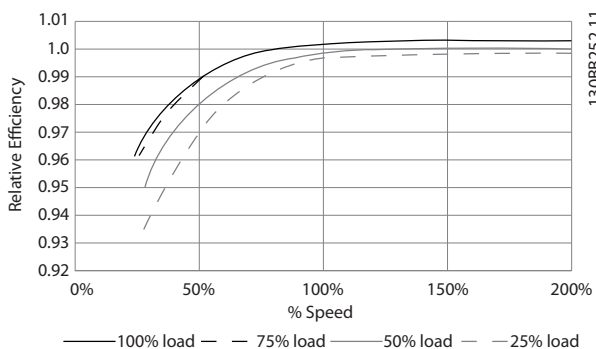


图 4.2 典型效率曲线

电动机效率 (η_{MOTOR})

连接到变频器的电动机的效率取决于磁化级别。一般来说，效率的高低与电网的运行状况直接相关。电动机的效率由电动机的类型决定。

在额定转矩的 75–100% 的范围内，无论是由变频器控制还是直接由主电源供电，电动机的效率一般都会保持不变。

在较小的电动机中，U/f 特性对效率的影响可以忽略。但如果电动机功率大于 11 kW，作用将比较明显。

一般地说，开关频率并不影响小型电动机的效率。功率大于 11 kW 的电动机可以改进其效率（提高 1–2%），原因是，在高开关频率时，电动机电流的正弦波形更为完美。

系统效率 (η_{SYSTEM})

用变频器的效率 (η_{VLT}) 乘以电动机的效率 (η_{MOTOR}) 就能计算出系统的效率：

$$\eta_{SYSTEM} = \eta_{VLT} \times \eta_{MOTOR}$$

4.5 声源性噪音

变频器的声源性噪音有 3 个来源：

- 直流中间电路线圈。
- 内置风扇。
- 射频干扰滤波器的扼流装置。

在距离设备 1 m 远的地方测得的典型值：

机箱规格	50% 风扇速度 [dBA]	风扇全速运行 [dBA]
J1 (0.37–2.2 kW)	N. A. ¹⁾	51
J2 (3.0–5.5 kW)	N. A. ¹⁾	55
J3 (7.5 kW)	N. A. ¹⁾	54
J4 (11–15 kW)	52	66
J5 (18.5–22 kW)	57.5	63
J6 (30–45 kW)	56	71
J7 (55–75 kW)	63	72

表 4.5 典型测量值

1) 对于 J1 – J3，风扇速度是固定的。

4.6 dU/dt 条件

当变频器桥中的晶体管开/关时，电动机电压会以 dU/dt 的比率升高，取决于：

- 电动机电缆类型。
- 电动机电缆的横截面积。
- 电动机电缆的长度。
- 电动机电缆是否屏蔽。
- 电感

固有电感稳定在由中间电路电压决定的水平之前，它首先在电动机电压中产生过冲 U_{PEAK} 。升高时间和峰值电压 U_{PEAK} 可影响电机的使用寿命。如果峰值电压过高，则没有相位线圈绝缘措施的电动机就更易受到影响。电动机电缆越长，升高时间就越长，且峰值电压就越高。

IGBT 的开/关操作会在电机端子上产生峰值电压。符合 IEC 60034-25 中有关通过变频器进行控制的电动机的 FC 360。FC 360 还符合 IEC 60034-17 中有关通过变频器进行控制的标准电动机的规定。

以下 dU/dt 数据可在电动机端子侧端测量：

电缆长度 [m]	主电源电压 [V]	升高时间 [μsec]	U_{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/μsec]
5	400	0.164	0.98	5.4
50	400	0.292	1.04	2.81
5	480	0.168	1.09	5.27
50	480	0.32	1.23	3.08

表 4.6 FC 360 的 dU/dt 数据，2.2 kW

电缆长度 [m]	主电源电压 [V]	升高时间 [μsec]	U _{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/μsec]
5	400	0.18	0.86	3.84
50	400	0.376	0.96	2.08
5	480	0.196	0.97	3.98
50	480	0.38	1.19	2.5

表 4.7 FC 360 的 dU/dt 数据, 5.5 kW

电缆长度 [m]	主电源电压 [V]	升高时间 [μsec]	U _{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/μsec]
5	400	0.166	0.992	4.85
50	400	0.372	1.08	2.33
5	480	0.168	1.1	5.2
50	480	0.352	1.25	2.85

表 4.8 FC 360 的 dU/dt 数据, 7.5 kW

电缆长度 [m]	主电源电压 [V]	升高时间 [μsec]	U _{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/μsec]
5	400	0.224	0.99	3.54
50	400	0.392	1.07	2.19
5	480	0.236	1.14	3.87
50	480	0.408	1.33	2.61

表 4.9 FC 360 的 dU/dt 数据, 15 kW

电缆长度 [m]	主电源电压 [V]	升高时间 [μsec]	U _{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/μsec]
5	400	0.272	0.947	2.79
50	400	0.344	1.03	2.4
5	480	0.316	1.01	2.56
50	480	0.368	1.2	2.61

表 4.10 FC 360 的 dU/dt 数据, 22 kW

电缆长度 [m]	主电源电压 [V]	升高时间 [μsec]	U _{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/μsec]
5	400	0.212	0.81	3.08
53	400	0.294	0.94	2.56
5	480	0.228	0.95	3.37
53	480	0.274	1.11	3.24

表 4.11 FC 360 的 dU/dt 数据, 37 kW

电缆长度 [m]	主电源电压 [V]	升高时间 [μsec]	U _{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/μsec]
5	400	0.14	0.64	3.60
50	400	0.548	0.95	1.37
5	480	0.146	0.70	3.86
50	480	0.54	1.13	1.68

表 4.12 FC 360 的 dU/dt 数据, 45 kW

电缆长度 [m]	主电源电压 [V]	升高时间 [μsec]	U _{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/μsec]
5	400	0.206	0.91	3.52
54	400	0.616	1.03	1.34
5	480	0.212	1.06	3.99
54	480	0.62	1.23	1.59

表 4.13 FC 360 的 dU/dt 数据, 55 kW

电缆长度 [m]	主电源电压 [V]	升高时间 [μsec]	U _{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/μsec]
5	400	0.232	0.81	2.82
50	400	0.484	1.03	1.70
5	480	0.176	1.06	4.77
50	480	0.392	1.19	2.45

表 4.14 FC 360 的 dU/dt 数据, 75 kW

4.7 特殊条件

当变频器在恶劣条件下工作时, 必须考虑降容。有时候, 必须用手动方式执行降容。

另一些时候, 变频器可以根据需要自动执行一定程度的降容。这样做是为了确保关键环节的性能, 否则, 这些环节可能导致跳闸。

4.7.1 手动降容

必须根据下述因素执行手动降容:

- 空气压力 - 与安装位置的海拔超过 1 千米的系统有关。
- 电机速度 - 当在定转矩应用中持续低速工作时。
- 环境温度 - 高于 45 °C (某些型号是高于 50 °C), 详情请参阅 表 4.15 和表 4.16。

机箱规格	功率规格 [kW]	在 45 ° C 时的最大输出电流	在 50 ° C 时的最大输出电流
J1	0.37	1.2	1.2
	0.55	1.7	1.7
	0.75	2.2	2.2
	1.1	3.0	3.0
	1.5	3.7	3.0
	2.2	5.3	4.1
J2	3	7.2	7.2
	4	9.0	9.0
	5.5	12.0	10.2
J3	7.5	15.5	13.1
J4	11	23.0	23.0
	15	31.0	26.0
J5	18.5	37.0	37.0
	22	42.5	40.0
J6	30	61	61
	37	73	73
	45	90	77
J7	55	106	106
	75	147	125

表 4.15 380 V 时降容

机箱规格	功率规格 [kW]	在 45 ° C 时的最大输出电流	在 50 ° C 时的最大输出电流
J1	0.37	1.1	1.1
	0.55	1.6	1.6
	0.75	2.1	2.1
	1.1	3.0	2.8
	1.5	3.4	2.8
	2.2	4.8	3.8
J2	3	6.3	6.3
	4	8.2	8.2
	5.5	11.0	9.4
J3	7.5	14.0	11.9
J4	11	21.0	21.0
	15	27.0	22.6
J5	18.5	34.0	34.0
	22	40.0	37.7
J6	30	52	52
	37	65	65
	45	77	76
J7	55	96	96
	75	124	117

表 4.16 480 V 时降容

4.7.2 自动降容

变频器会持续检查是否存在临界情况：

- 控制卡或散热片上的临界高温。
- 高电机负载。

- 低电机转速。
- 触发保护信号（过压/欠压、过流、接地故障和短路）。

作为对临界情况的反应，变频器会调整开关频率。

5 RS485 安装和设置

5.1 简介

5.1.1 概述

RS485 是一种兼容多分支网络拓扑的二线总线接口，也就是说，节点可以用总线方式连接，也可以借助公共干线的下垂电缆来连接。一个网络段总共可以连接 32 个节点。

网络段由中继器来划分，请参阅 图 5.1。

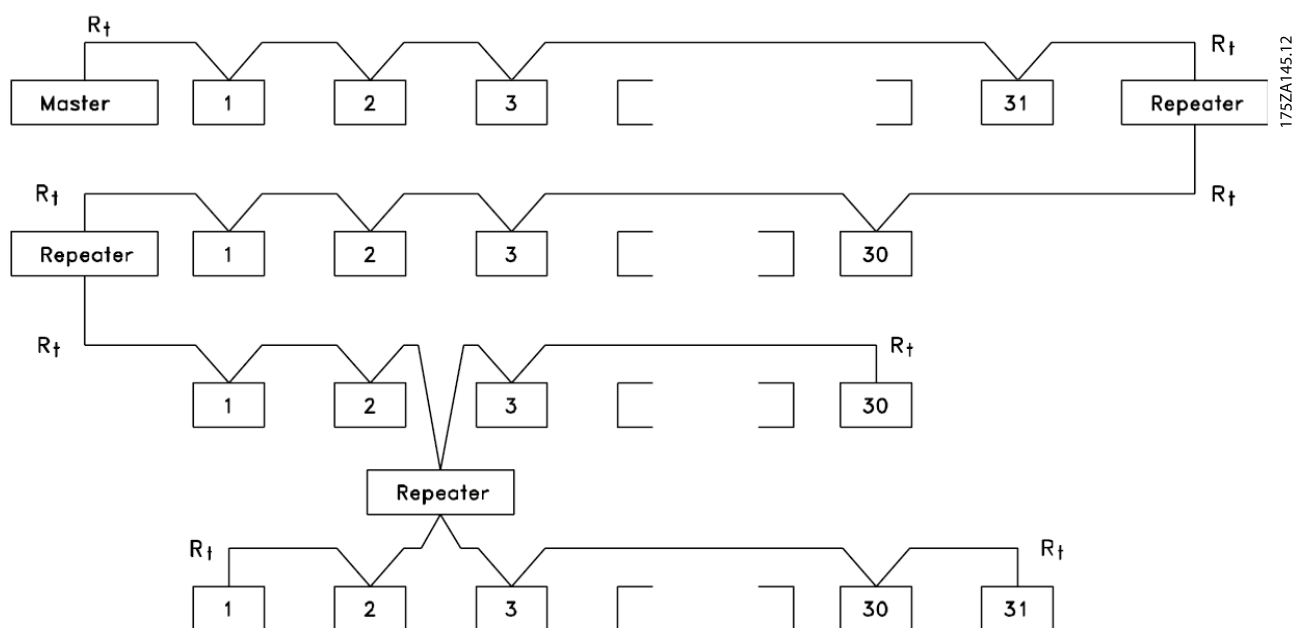


图 5.1 RS 485 总线接口



安装在一个网络段中的中继器将充当该网络段的一个节点。连接在给定网络中的每个节点必须拥有在所有网络段中都具有唯一性的节点地址。

可以使用变频器的端接开关（S801）或偏置端接电阻网络实现每个网络段两端的端接。总线接线必须始终采用屏蔽的双绞线（STP），并且遵守通用的最佳安装实践。

非常重要的一点是，在每个节点处都要保持屏蔽接地的低阻抗性（包括在高频下）。因此，增大屏蔽层的接地面积，例如借助电缆夹或导电的电缆密封管。为了使整个网络保持相同的地电位，可能需要采用电势均衡电缆，在使用了长电缆的系统中尤其如此。

为避免阻抗不匹配，请在整个网络中使用同一类型的电缆。将电动机连接至变频器时，务必要使用屏蔽的电动机电缆。

电缆	屏蔽的双绞线（STP）
阻抗 [Ω]	120
电缆长度 [m]	最长 1200 米（包括分支线路） 工作站之间的最大距离为 500 米

表 5.1 电缆规格

5.1.2 网络连接

按下述方式将变频器连接至 RS485 网络（另请参阅图 5.2）：

1. 将信号线连接至变频器主控制板的 68 (P+) 和 69 (N-) 号端子上。
2. 将电缆屏蔽连接到电缆夹上。



为了降低导体之间的噪声，建议采用屏蔽的双绞线电缆。

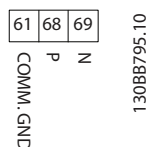


图 5.2 网络连接

5.1.3 硬件设置

使用变频器主控制板上的端接器开关来端接 RS485 总线。

开关的出厂设置为 OFF（关闭）。

5.1.4 Modbus 通讯的参数设置

参数	功能
8-30 Protocol	选择 RS485 接口使用的应用协议。
8-31 Address	设置节点地址。 注意 地址范围取决于在 8-30 Protocol 中选择的协议。
8-32 Baud Rate	设置波特率。 注意 默认波特率取决于在 8-30 Protocol 中选择的协议。
8-33 Parity / Stop Bits	设置奇偶校验和停止位数。 注意 默认选择取决于在 8-30 Protocol 中选择的协议。
8-35 Minimum Response Delay	指定接收请求和传输响应之间的最小延迟时间。该功能用于解决调制解调器工作延时问题。
8-36 Maximum Response Delay	指定传输请求和接收回复之间的最大延迟时间。

参数	功能
8-37 Maximum Inter-char delay	指定接收 2 个字节之间的最大延迟时间，以确保传输中断时能发生超时。 注意 默认选择取决于在 8-30 Protocol 中选择的协议。

表 5.2 Modbus 通讯的参数设置

5.1.5 EMC 防范措施

为了让 RS485 网络实现无干扰工作，Danfoss 建议采取以下 EMC 防范措施。



请遵守相关的国家和地方法规，比如有关保护性接地的规定。为避免电缆之间的高频噪声发生耦合，RS485 通讯电缆必须与机电缆和制动电阻器电缆保持一定距离。通常而言，保持 2 mm (8 英寸) 的距离就已足够。最好使电缆间距尽可能大，特别是当电缆平行安装且距离较长时。如果 RS485 电缆必须跨越电动机电缆和制动电阻器电缆，则它与后二者的角度应保持 90°。

5.2 FC 协议

5.2.1 概述

FC 协议（也称为 FC 总线或标准总线）是 Danfoss 标准现场总线。它定义了一种符合主-从原理的访问技术来实现串行总线通讯。

最多可以将一个主站和 126 个从站连接至总线。主站通过报文中的地址字符来选择各个从站。如果没有事先请求，从站自身不会传输任何消息。此外，各个从站之间无法直接传送消息。通讯以半双工模式进行。不能将主站的功能转移到另一节点上（单主站系统）。

物理层是 RS485，因此需要利用变频器内置的 RS485 端口。FC 协议支持不同的报文格式：

- 用于过程数据的 8 字节短格式。
- 16 字节长格式，其中还包含参数通道。
- 用于文本的格式。

5.2.2 带 Modbus RTU 的 FC

FC 协议提供了访问变频器的控制字和总线参考值的能力。

Modbus 主站可以借助控制字来控制若干重要的变频器功能：

- 启动。
- 以多种方式停止变频器：
 - 惯性停止。
 - 快速停止。
 - 直流制动停止。
 - 正常（变速）停止。
- 故障跳闸后复位。
- 以各种预置速度运转。
- 反向运转。
- 有效菜单的更改。
- 控制变频器内置的 2 个继电器。

总线参考值通常用于速度控制。此外还可以访问参数，读取其值，如果可能还可以将值写入其中。借此可以使用一系列的控制选项，包括在使用变频器内部 PI 控制器时控制变频器的给定值。

5.3 网络配置

要为变频器启用 FC 协议，请设置下述参数。

参数	设置
8-30 Protocol	FC
8-31 Address	1 - 126
8-32 Baud Rate	2400 - 115200
8-33 Parity / Stop Bits	偶校验，1 个停止位（默认）

表 5.3 启用协议的参数设置

5.4 FC 协议消息帧结构

5.4.1 字符（字节）的内容

每个字符的传输都是从该字符的起始位开始。随后传输 8 个数据位，对应一个字节。每个字符都通过奇偶校验位得到保护。当该位符合奇偶校验时，它被设为“1”。奇偶校验是指 8 个数据位和该奇偶校验位中的 1 的个数在总体上相等。字符以停止位作为结束，因此，一个字符共包括 11 位。

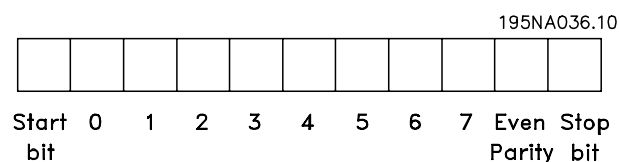


图 5.3 字符内容

5.4.2 报文结构

每个报文都具有下列结构：

1. 起始字符（STX）=02 hex。
2. 一个字节表示报文长度（LGE）。
3. 一个字节指明变频器地址（ADR）。

再以后是若干数据字节（数量不定，具体取决于电报的类型）。

报文以一个数据控制字节（BCC）作为结束。



图 5.4 报文结构

5.4.3 报文长度（LGE）

电报长度是数据字节、地址字节 ADR 以及数据控制字节 BCC 三者的字节数之和。

4 个数据字节	LGE=4+1+1=6 个字节
12 个数据字节	LGE=12+1+1=14 个字节
含有文本的报文	10 ¹⁾ +n 字节

表 5.4 报文长度

1) 10 表示固定字符数，而“n”是可变的（取决于文本的长度）。

5.4.4 变频器地址（ADR）

地址格式 1-126

- 位 7=1（使用 1-126 的地址格式）。
- 位 0-6=变频器地址 1-126。
- 位 0-6=0 广播。

从系统在对主系统的响应电报中会原封不动地将地址字节发回。

5.4.5 数据控制字节（BCC）

校验和是以 XOR 函数形式计算的。收到报文的第一个字节之前，所求出的校验和为 0。

5.4.6 数据字段

数据块的结构取决于报文类型。有三种报文类型，每种类型都同时适用于控制报文（主→从）和响应报文（从→主）。

这 3 种报文类型是：

过程块（PCD）

PCD 由 4 个字节（2 个字）的数据块组成，其中包括：

- 控制字和参考值（由主到从）
- 状态字和当前输出频率（由从到主）

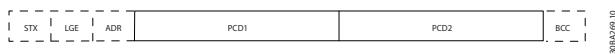


图 5.5 过程块

参数块

参数块用于在主站和从站之间传输参数。数据块由 12 个字节（6 个字）组成，并且还包含过程块。



图 5.6 参数块

文本块

文本块用于通过数据块读取或写入文本。

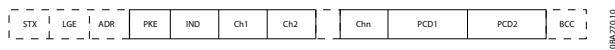


图 5.7 文本块

5.4.7 PKE 字段

PKE 字段包含 2 个子字段：

- 参数命令和响应（AK）
- 参数号（PNU）

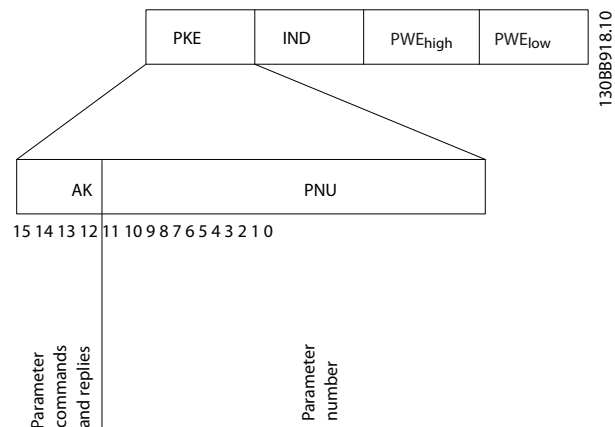


图 5.8 PKE 字段

第 12-15 位用于传输参数命令（由主到从）和将从站处理过的响应传回主站。

主 ⇒ 从的参数命令。				
位编号				参数命令
15	14	13	12	
0	0	0	0	无命令。
0	0	0	1	读取参数值。
0	0	1	0	将参数值写入 RAM（字）。
0	0	1	1	将参数值写入 RAM（双字）。
1	1	0	1	将参数值写入 RAM 和 EEprom（双字）。
1	1	1	0	将参数值写入 RAM 和 EEprom（字）。
1	1	1	1	读取文本。

表 5.5 参数命令

从⇒主的响应				
位编号				响应
15	14	13	12	
0	0	0	0	无响应。
0	0	0	1	传输的参数值（字）。
0	0	1	0	传输的参数值（双字）。
0	1	1	1	命令无法执行。
1	1	1	1	传输的文本。

表 5.6 响应

如果命令无法执行，从站发出响应消息“0111 命令无法执行”，并在表 5.7 中给出下述故障报告：

错误代码	FC 规范
0	非法参数编号。
1	参数无法被更改。
2	超出上限或下限
3	下标索引被损坏。
4	无数组。
5	错误的数据类型。
6	未使用。
7	未使用。
9	描述元素不可用。
11	没有参数写访问权限。
15	没有可用文本。
17	运行时不可用
18	其他错误。
100	-
>100	-
130	此参数不能通过总线访问。
131	无法写入到出厂设置。
132	LCP 无访问权限。
252	未知查看器。
253	不支持的请求。
254	未知属性。
255	无错误。

表 5.7 从站报告

5.4.8 参数号 (PNU)

第 0–11 位用于传输参数号。VLT® AutomationDriveFC 360 编程指南的参数说明中定义了有关参数的功能。

5.4.9 索引 (IND)

同时使用索引和参数号，可以对具有索引的参数（如 ）进行读/写访问，例如 *15-30 Alarm Log: Error Code*。索引包含 2 个字节，1 个低位字节和 1 个高位字节。

只有低位字节可作为索引使用。

5.4.10 参数值 (PWE)

参数值块由 2 个字（4 个字节）组成，其值取决于定义的命令（AK）。当 PWE 块不包含任何值时，主站会提示您输入参数值。要更改某个参数值（写操作），请将新值写入 PWE 块中，然后从主站将相关消息发送到从站。

如果从站对参数请求（读命令）作出了响应，PWE 块中的当前参数值将被传回给主站。当某个参数包含多个数据选项时，比如 *0-01 Language*，若要选择其中某个数据值，请在 PWE 块中输入该值。串行通讯只能读取包含数据类型 9（文本字符串）的参数。

15-40 FC Type 到 *15-53 Power Card Serial Number* 包含数据类型 9。

例如，可以读取 *15-40 FC Type* 中的设备规格和主电源电压范围。在传输（读）文本字符串时，报文的长度是可变的，因为文本具有不同的长度。报文长度在报文的第二个字节（LGE）中定义。使用文本传输时，可以用索引字符表明这是一个读命令还是一个写命令。

要通过 PWE 块读取文本，请将参数命令（AK）设为 F（十六进制）。索引字符的高位字节必须为 4。

5.4.11 变频器支持的数据类型

“无符号”数据类型，即在电报中没有运算符。

数据类型	说明
3	16 位整数
4	32 位整数
5	8 位无符号整数
6	16 位无符号整数
7	32 位无符号整数
9	文本字符串

表 5.8 数据类型

5.4.12 转换

有关各个参数的不同属性，请参阅编程指南的参数列表一章。参数值只能以整数形式传输。在传输小数时需要使用转换因数。

4-12 Motor Speed Low Limit [Hz] 的转换因数为 0.1。要将最小频率预设为 10 Hz，则传输的值应是 100。如果转换因数为 0.1，则表示被传输的值将被乘以 0.1。因此，如果传输的值为 100，将被认为是 10.0。

转换索引	转换因数
74	3600
2	100
1	10
0	1
-1	0.1
-2	0.01
-3	0.001
-4	0.0001
-5	0.00001

表 5.9 转换

5.4.13 过程字 (PCD)

过程字的数据块分为两个部分，各有 16 位，它们总是按照所定义的顺序出现。

PCD 1	PCD 2
控制报文（主⇒从控制字）	引用值
控制报文（从⇒主）状态字	当前的输出频率

表 5.10 过程字 (PCD)

5.5 示例

5.5.1 写入参数值

将 *4-14 Motor Speed High Limit [Hz]* 更改为 100 Hz。
将数据写入 EEPROM。

PKE= E19E（十六进制）- 写入单字到 *4-14 Motor Speed High Limit [Hz]*：

- IND=0000（十六进制）。
- PWEHIGH=0000（十六进制）。
- PWELow=03E8（十六进制）。

数据值 1000，对应于 100 Hz，请参阅 章 5.4.12 转换。

相应的报文如 图 5.9。

E19E	H	0000	H	0000	H	03E8	H
PKE		IND		PWE _{high}		PWE _{low}	

图 5.9 报文



注意
4-14 Motor Speed High Limit [Hz]是一个单字，用于在 EEPROM 中写入的参数命令为“E”。4-14 Motor Speed High Limit [Hz]是 19E（十六进制）。

从站对主站的响应如 图 5.10 所示。

119E	H	0000	H	0000	H	03E8	H
PKE		IND		PWE _{high}		PWE _{low}	

图 5.10 主站响应

5.5.2 读取参数值

在 3-41 Ramp 1 Ramp Up Time 中读取参数值

PKE=1155（十六进制）- 读取 3-41 Ramp 1 Ramp Up Time 中的参数值：

- IND=0000（十六进制）。
- PWE_{HIGH}=0000（十六进制）。
- PWE_{LOW}=0000（十六进制）。

1155	H	0000	H	0000	H	0000	H
PKE		IND		PWE _{high}		PWE _{low}	

图 5.11 报文

如果 3-41 Ramp 1 Ramp Up Time 的值为 10 秒，则从站对主站的响应如 图 5.12 所示。

1155	H	0000	H	0000	H	03E8	H
PKE		IND		PWE _{high}		PWE _{low}	

图 5.12 响应

3E8（十六进制）对应于 1000（十进制）。3-41 Ramp 1 Ramp Up Time 的转换索引为 -2，即 0.01。
3-41 Ramp 1 Ramp Up Time 的类型是无符号 32 位整数。

5.6 Modbus RTU

5.6.1 预备知识

Danfoss 假设所安装的控制器支持本文介绍的接口，并严格遵守在控制器和变频器中规定的所有要求和限制。

内置的 Modbus RTU（远程终端设备）可以与任何支持本文定义的接口的控制器进行通讯。本说明假设用户完全了解控制器的功能和限制。

5.6.2 概述

无论物理通讯网络为何种类型，本小节描述了控制器请求访问另一台设备时使用的过程。这如何响应来自另一台设备的请求，以及如何检测和报告错误。此外还建立了消息字段布局和内容公用格式。

在通过 Modbus RTU 网络进行通讯期间，该协议：

- 确定了每个控制器如何了解其设备地址。
- 如何识别发送给它的消息。
- 如何确定要采取的操作。
- 如何提取消息中所含的任何数据或其他信息。

如果要求回复，控制器将创建并发送回复消息。控制器利用主从技术进行通讯，该技术仅允许一台主设备启动事务（称为查询）。从设备可通过向主设备提供所请求的数据，或采用查询中请求的操作进行响应。主站可以对单个从站进行寻址，或向所有从站发送广播消息。从站会向对它们单独寻址的查询返回一个响应。但对来自主站的广播查询则不予响应。Modbus RTU 协议通过提供以下信息给主设备的查询建立格式：

- 设备（或广播）地址。
- 用来定义请求操作的功能代码。
- 任何需要发送的数据。
- 错误检查字段

也可使用 Modbus 协议创建从站的响应消息。其中包含确认所采取操作的字段、要返回的所有数据及错误检查字段。如果从站在接收消息时发生错误，或者它无法执行所请求的操作，那么从站将构建一个错误消息并通过响应消息发回，否则会发生超时。

5.6.3 带有 Modbus RTU 的变频器

该变频器通过内置的 RS485 接口以 Modbus RTU 格式进行通讯。Modbus RTU 提供了访问变频器的控制字和总线参考值的能力。

Modbus 主站可以借助控制字来控制若干重要的变频器功能：

- 启动。
- 多种停止：

- 惯性停止。
- 快速停止。
- 直流制动停止。
- 正常（变速）停止。
- 故障跳闸后复位。
- 以各种预置速度运转。
- 反向运转。
- 更改有效菜单。
- 控制变频器的内置继电器。

总线参考值通常用于速度控制。此外还可以访问参数，读取其值，如果可能还可以将值写入其中。借此可以使用一系列的控制选项，包括在使用变频器内部 PI 控制器时控制变频器的给定值。

5.7 网络配置

要在该变频器上启用 Modbus RTU，请设置下述参数：

参数	设置
8-30 Protocol	Modbus RTU
8-31 Address	1 - 247
8-32 Baud Rate	2400 - 115200
8-33 Parity / Stop Bits	偶校验，1 个停止位（默认）

表 5.11 网络配置

5.8 Modbus RTU 消息帧结构

5.8.1 简介

控制器被设置为在 Modbus 网络上使用 RTU（远程终端设备）模式进行通讯，消息中的每个字节中都包含两个 4 位十六进制字符。各个字节的格式如表 5.12 所示。

起始位	数据字节								停止/奇偶校验	停止

表 5.12 各个字节的格式

编码系统	8 位二进制、十六进制 0-9, A-F。在消息的每个 8 位字段中都包括 2 个十六进制字符。
每个字节的位数	<ul style="list-style-type: none"> • 1 个起始位。 • 8 个数据位，最小有效位先发送。 • 1 个偶/奇校验位；如果无奇偶校验，则不存在位。 • 1 个停止位（如果使用奇偶校验）；如果无奇偶校验，则为 2 位。
错误检查字段	循环冗余校验（CRC）。

表 5.13 字节详情

5.8.2 Modbus RTU 消息结构

传输设备将 Modbus RTU 消息放入一个开始和结束位置已知的帧中。这样，接收设备即可在消息开始处开始读取地址部分，确定该消息对哪台设备进行寻址（或所有设备，如果消息为广播的话），并了解消息的结束时间。检测到部分消息，因而产生错误。在每个字段中传输的字符必须使用从 00 到 FF 的十六进制格式。变频器会持续监视网络总线，即使在“静止”期间也是如此。接收到第一个字段（地址字段）后，每个变频器或设备都会将其解码，以确定被寻址的设备。编址为零的 Modbus RTU 消息是广播消息。不允许响应广播消息。典型的消息帧如表 5.14 所示。

启动	地址	功能	数据	CRC 检查	终止
T1-T2-T3-T4	8 位	8 位	N x 8 位	16 位	T1-T2-T3-T4

表 5.14 典型的 Modbus RTU 消息结构

5.8.3 启动/停止字段

消息以一个静止段开始。此段至少为 3.5 个字符间隔。这可用所选网络波特率下的字符间隔的倍数来实现（显示为“启动”T1-T2-T3-T4）。所传输的第一个字段为设备地址。在传输完最后一个字符后，紧接着是一个类似的至少为 3.5 个字符间隔的段，它标志着消息的结束。在此段之后可以开始新的消息。

必须将整个消息帧作为连续的数据流传输。如果在帧结束之前出现了超过 1.5 个字符间隔的静止段，则接收设备会丢弃不完整的消息，并假设下一字节为新消息的地址字段。类似地，如果新消息在上一条消息完成之后的 3.5 个字符间隔内便开始，则接收设备会将其视为上一条消息的延续。这会导致超时（从站无响应），因为对于该组合消息而言，最后的 CRC 字段中的值将无效。

5.8.4 地址字段

消息帧的地址字段包含 8 位。有效的从设备地址应介于 0 - 247（十进制）范围内。为单台从设备分配的地址应介于 1 - 247 的范围（0 预留给广播模式，这是所有

从站都认可的)。主站通过将从站地址放入消息的地址字段,对从站进行寻址。从站发送其响应时,会将自己的地址放在此地址字段中,以使主站了解哪个从站在进行响应。

5.8.5 功能字段

消息帧的功能字段包含 8 位。有效代码的范围为 1 - FF。功能字段用于在主站和从站之间发送消息。从主设备向从属设备发送消息时,功能代码字段将通知从属设备要执行的操作类型。从属设备对主设备进行响应时,会使用功能代码字段指示正常(无错)响应或发生了某种错误(称为异常响应)。

对于正常响应,从属设备只重复原先的功能代码。对于异常响应,从站会返回一个代码。该代码相当于原始的功能代码,只不过其最大有效位被设为逻辑 1。此外,从属设备还将一个唯一的代码放入响应消息的数据字段中。这样即可通知主控制器发生了哪种错误,或异常的原因。另请参阅 章 5.8.10 Modbus RTU 支持的功能代码 和 章 5.8.11 Modbus 异常代码。

5.8.6 数据字段

数据字段是使用几组两个十六进制数字(范围在 00 至 FF 之间)构建的。这些都由一个 RTU 字符构成。从主设备发送到从属设备的消息的数据字段包含其他信息,从属设备必须使用这些信息执行功能代码定义的操作。这可能包括线圈或寄存器地址、要处理的项目数和字段中实际的数据字节数等。

5.8.7 CRC 检查字段

在消息中包括一个错误检查字段,此字段的工作机制基于循环冗余校验(CRC)方法。CRC 字段可检查整条消息的内容。它的应用与用于消息的单个字符的任何奇偶校验方法均无关。CRC 值是通过传输设备计算的,后者将 CRC 作为最后一个字段附加在消息中。接收设备会在接收消息过程中重新计算 CRC,并将计算值与 CRC 字段中接收到的实际值相比较。如果两个值不相等,则会导致总线超时。错误检查字段包含一个 16 位二进制值,该值由两个 8 位字节组成。此步完成后,首先附加字段的低位字节,然后是高位字节。CRC 高位字节为消息中发送的最后一个字节。

5.8.8 线圈寄存器编址

在 Modbus 中,所有数据都是用线圈和保持寄存器来组织的。线圈保持单个位,而保持寄存器则保持 2 字节(即 16 位)。Modbus 消息中的所有数据地址均以零为

参考。数据项的第一个项目编号被编址为零。例如:可编程控制器中的“线圈 1”在 Modbus 消息的数据地址字段中被编址为线圈 0000。线圈 127(十进制)被编址为线圈 007Ehex(十进制的 126)。保持寄存器 40001 在消息数据地址字段中被编址为寄存器 0000。功能代码字段已指定某个“保持寄存器”操作。因此,“4XXXX”引用值是固有的。保持寄存器 40108 被编址为寄存器 006Bhex(十进制的 107)。

线圈编号	说明	信号方向
1-16	变频器控制字(请参阅表 5.16)	由主到从
17-32	变频器速度或给定值的参考范围 0x0 - 0xFFFF (-200% ... ~200%)	由主到从
33-48	变频器状态字(请参阅表 5.17)	由从到主
49-64	开环模式: 变频器输出频率 闭环模式: 变频器反馈信号	由从到主
65	参数写入控制(由主到从) 0 将参数变化写入变频器的 RAM = 1 将参数变化写入变频器的 RAM = 和 EEPROM	由主到从
66-65536	预留	

表 5.15 线圈寄存器

线圈	0	1
01	预置参考值 LSB	
02	预置参考值 MSB	
03	直流制动	无直流制动
04	惯性停止	无惯性停止
05	快速停止	无快速停止
06	锁定频率	无锁定频率
07	加减速停止	启动
08	不复位	复位
09	无点动	点动
10	加减速 1	加减速 2
11	数据无效	数据有效
12	继电器 1 关	继电器 1 开
13	继电器 2 关	继电器 2 开
14	设置 LSB	
15		
16	无反向	反向

表 5.16 变频器控制字(FC 协议)

线圈	0	1
33	控制未就绪	控制就绪
34	变频器未就绪	变频器就绪
35	惯性停止	安全功能关闭
36	无报警	报警
37	未使用	未使用
38	未使用	未使用
39	未使用	未使用
40	无警告	警告
41	不在参考值下	在参考值下
42	手动模式	自动模式
43	超出频率范围	在频率范围内
44	已停止	运行
45	未使用	未使用
46	无电压警告	电压警告
47	不在电流极限内	电流极限
48	无热警告	热警告

表 5.17 变频器状态字 (FC 协议)

总线地址	总线寄存器 ¹⁾	PLC 寄存器	内容	访问	说明
0	1	40001	预留	-	预留给早期的 VLT 5000 和 VLT 2800 变频器。
1	2	40002	预留	-	预留给早期的 VLT 5000 和 VLT 2800 变频器。
2	3	40003	预留	-	预留给早期的 VLT 5000 和 VLT 2800 变频器。
3	4	40004	自由	-	-
4	5	40005	自由	-	-
5	6	40006	Modbus 配置	读/写 (R/W)	仅限 TCP。预留给 Modbus TCP (p12-28 和 12-29 - 存储在 Eeprom 等内)。
6	7	40007	最近的错误代码	只读	从参数数据库收到的错误代码, 有关详细信息, 请参考 WHAT 38295。
7	8	40008	最近的错误寄存器	只读	最近发生错误的寄存器的地址, 有关详细信息, 请参考 WHAT 38296。
8	9	40009	索引指针	读/写 (R/W)	要访问的参数的下标索引。有关详细信息, 请参考 WHAT 38297。
9	10	40010	FC 参数 0-01	取决于参数访问权限	参数 0-01 (Modbus 寄存器 = 10 参数编号) 为 Modbus 映射中的 pr 参数预留 20 个字节的空間。
19	20	40020	FC 参数 0-02	取决于参数访问权限	参数 0-02 为 Modbus 映射中的 pr 参数预留 20 个字节的空間。
29	30	40030	FC 参数 xx-xx	取决于参数访问权限	参数 0-03 为 Modbus 映射中的 pr 参数预留 20 个字节的空間。

表 5.18 地址/寄存器

1) 写入 Modbus RTU 报文的值必须比寄存器编号小, 比如, 为了读取 Modbus 寄存器 1, 则在报文中写入的值应为 0。

5.8.9 如何控制变频器

本节介绍了可以在 Modbus RTU 消息的功能字段和数据字段中使用的代码。

5.8.10 Modbus RTU 支持的功能代码

Modbus RTU 支持在消息的功能字段中使用下述功能代码。

功能	功能代码 (十六进制)
读取线圈	1
读取保持寄存器	3
写入单个线圈	5
写入单个寄存器	6
写入多个线圈	F
写入多个寄存器	10
获取通讯事件计数器	B
报告从站 ID	11

表 5.19 功能代码

功能	功能代码	子功能代码	子功能
诊断	8	1	重新启动通讯
		2	返回诊断寄存器
		10	清空计数器和诊断寄存器
		11	返回总线消息计数
		12	返回总线通讯错误计数
		13	返回从站错误计数
		14	返回从站消息计数

表 5.20 功能代码

5.8.11 Modbus 异常代码

有关异常代码响应消息的结构完整说明，请参考章 5.8.5 功能字段。

代码	名称	含义
1	非法功能	查询中收到的功能代码对于该伺服设备（或从设备）来说是不允许的操作。这可能是因为该功能代码仅适用于更新的设备，未在所选设备中实施。这可能表明该伺服设备（或从设备）处于错误状态下，无法处理此类型的请求，原因可能是未进行配置，或未被要求返回寄存器值。
2	非法数据地址	查询中收到的数据地址对于该伺服设备（或从设备）来说是不允许的地址。更为具体来说，参照编号和传输长度的组合无效。对于具有 100 个寄存器的控制器来说，偏差为 96，长度为 4 的请求会成功，偏差为 96 长度为 5 的请求则会产生异常 02。

代码	名称	含义
3	非法数据值	查询数据中包含的值对于该伺服设备（或从设备）来说是不允许的值。这表明一个复杂请求的提示内容结构有问题，如隐含的长度不正确。该错误并不特别表示为寄存器中的存储提供的数据项值超出了该应用程序的预期范围，因为 Modbus 协议不了解任何特定寄存器的任何特定值的特征。
4	从设备发生故障	伺服设备（或从设备）尝试执行请求操作时发生不可恢复的错误。

表 5.21 Modbus 异常代码

5.9 如何访问参数

5.9.1 参数处理

PNU（参数号）是从 Modbus 读/写消息中包含的寄存器地址转换而来的。参数号以十进制形式转换为 Modbus 格式（10 x 参数号）。示例：读取 3-12 加速/减速值（16 位）：保持寄存器 3120 存放参数值。值为 1352（十进制）表示该参数被设置为 12.52%

读取 3-14 预置相对参考值（32 位）：保持寄存器 3410 和 3411 存放参数值。值为 11300（十进制）表示该参数被设置为 1113.00。

有关参数、尺寸和转换索引的信息，请查看编程指南。

5.9.2 数据存储

线圈 65（十进制）可决定是将写入变频器的数据存储到 EEPROM 和 RAM（线圈 65=1）还是仅存储到 RAM 中（线圈 65=0）。

5.9.3 IND（索引）

变频器中的一些参数是数组参数，如 3-10 预置参考值。由于 Modbus 不支持在保持寄存器中存放数组，变频器将保持寄存器 9 保留用作数组指针。读取或写入一个数组参数前，设置保持寄存器 9。将保持寄存器设置为值 2，将导致所有后续的读取/写入数组参数的操作都使用索引 2。

5.9.4 文本块

可以像访问其他参数那样访问以文本字符串形式存储的参数。文本块的最大长度为 20 个字符。在对某个参数的读请求中，如果请求的字符数超过该参数存储的字符数，则响应消息会被截断。在对某个参数的读请求中，如果请求的字符数少于该参数存储的字符数，则会用空格填充响应消息。

5.9.5 转换因数

参数值只能以整数的形式传输。若要传输小数，请使用转换因数。

5.9.6 参数值

标准数据类型

标准数据类型有 int16、int32、uint8、uint16 和 uint32。它们以 4x 寄存器 (40001 - 4FFFF) 的形式存储。使用功能 03 (十六进制) 读取保持寄存器 可读取这些参数。使用以下功能可写入参数：对于 1 个寄存器 (16 位)，使用功能 6 (十六进制) 预置单个寄存器；对于 2 个寄存器 (32 位)，使用功能 10 (十六进制) 预置多个寄存器。可读取的长度范围为 1 个寄存器 (16 位) 到 10 个寄存器 (20 个字符)。

非标准数据类型

非标准数据类型为文本字符串，以 4x 寄存器 (40001 - 4FFFF) 的形式存储。使用功能 03 (十六进制) 读取保持寄存器 可读取这些参数，使用 10 (十六进制) 预置多个寄存器 可写入这些参数。可读取的长度范围为 1 个寄存器 (2 个字符) 到 10 个寄存器 (20 个字符)。

5.10 示例

下述示例显示了各种 Modbus RTU 命令。

5.10.1 读取线圈状态 (01 [十六进制])

说明

该功能读取变频器中离散输出 (线圈) 的开/关状态。读取操作从不支持广播。

查询

查询消息指定起始线圈和要读取的线圈数。线圈地址从 0 开始，如线圈 33 的地址应为 32。

从“从站设备 01”读取线圈 33-48 (状态字) 的请求示例。

字段名称	示例 (十六进制)
从站地址	01 (变频器地址)
功能	01 (读取线圈)
起始地址, 高位	00
起始地址, 低位	20 (十进制的 32) 线圈 33
固定点数量, 高位	00
固定点数量, 低位	10 (十进制的 16)
错误检查 (CRC)	-

表 5.22 查询

响应

按照数据字段中每位一个线圈的形式，对响应消息中的线圈状态进行打包。状态指示如下：1=ON；0=关闭。第一个数据字节的 lsb 包含在查询中寻址的线圈。其他线圈跟在该字节的高位端之后，并按从“低位到高位”的顺序出现在后续字节中。

如果返回的线圈数量不是 8 的倍数，则用零填充最后的数据字节中的其余位 (向该字节的高位端填充)。“字节数”字段指定数据的完整字节数。

字段名称	示例 (十六进制)
从站地址	01 (变频器地址)
功能	01 (读取线圈)
字节数	02 (2 字节数据)
数据 (线圈 40-33)	07
数据 (线圈 48-41)	06 (STW=0607 [十六进制])
错误检查 (CRC)	-

表 5.23 响应



在 Modbus 中用显性偏移 -1 来访问线圈和寄存器。比如用线圈 32 来访问线圈 33。

5.10.2 强制/写入单个线圈 (05 [十六进制])

说明

该功能强制将线圈设为开或关。广播时，此功能强制所有连接的从属设备均具有相同的线圈参考值。

查询

该查询消息指定将强制线圈 65 (参数写入控制)。线圈地址从 0 开始，如线圈 65 的地址应为 64。强制数据 =00 00hex [OFF [关]] 或 FF 00hex [ON [开]]。

字段名称	示例 (十六进制)
从站地址	01 (变频器地址)
功能	05 (写入单个线圈)
线圈地址, 高位	00
线圈地址, 低位	40 (十进制的 64) 线圈 65
强制数据, 高位	FF
强制数据, 低位	00 (FF 00=开)
错误检查 (CRC)	-

表 5.24 查询

响应

正常响应是在强制线圈状态之后返回对查询的回复。

字段名称	示例 (十六进制)
从站地址	01
功能	05
强制数据, 高位	FF
强制数据, 低位	00
线圈数量, 高位	00
线圈数量, 低位	01
错误检查 (CRC)	-

表 5.25 响应

5.10.3 强制/写入多个线圈（0F [十六进制]）

说明

该功能强制一系列线圈中的每个线圈均为开 或关。广播时，此功能强制所有连接的从属设备均具有相同的线圈参考值。

查询

该查询消息指定对线圈 17 到 32（速度给定值）执行强制。

字段名称	示例（十六进制）
从站地址	01（变频器地址）
功能	0F（写入多个线圈）
线圈地址，高位	00
线圈地址，低位	10（线圈地址 17）
线圈数量，高位	00
线圈数量，低位	10（16 个线圈）
字节数	02
强制数据，高位 （线圈 8-1）	20
强制数据，低位 （线圈 16-9）	00（参考值=2000 [十六进制]）
错误检查（CRC）	-

表 5.26 查询

响应

正常响应返回从属设备地址、功能代码、起始地址和强制线圈的数量。

字段名称	示例（十六进制）
从站地址	01（变频器地址）
功能	0F（写入多个线圈）
线圈地址，高位	00
线圈地址，低位	10（线圈地址 17）
线圈数量，高位	00
线圈数量，低位	10（16 个线圈）
错误检查（CRC）	-

表 5.27 响应

5.10.4 读取保持寄存器（03 [十六进制]）

说明

该功能读取从站中保持寄存器的内容。

查询

查询消息指定起始寄存器和要读取的寄存器数。寄存器地址从 0 开始，如寄存器 1 - 4 的地址应为 0 - 3。

示例：读取 3-03 *Maximum Reference*，寄存器 03030。

字段名称	示例（十六进制）
从站地址	01
功能	03（读取保持寄存器）
起始地址，高位	0B（寄存器地址 3029）
起始地址，低位	D5（寄存器地址 3029）
固定点数量，高位	00
固定点数量，低位	02 - (3-03 <i>Maximum Reference</i> 为 32 位长，即 2 个寄存器)
错误检查（CRC）	-

表 5.28 查询

响应

以每个寄存器两个字节的方​​式将响应消息中的寄存器数据打包，每个字节内的二进制内容均右对齐。对于每个寄存器，第一个字节都包含高位的位，第二个字节都包含低位的位。

示例：十六进制 000088B8=35.000=35 Hz。

字段名称	示例（十六进制）
从站地址	01
功能	03
字节数	04
数据，高位（寄存器 3030）	00
数据，低位（寄存器 3030）	16
数据，高位（寄存器 3031）	E3
数据，低位（寄存器 3031）	60
错误检查（CRC）	-

表 5.29 响应

5.10.5 预置单个寄存器（06 [十六进制]）

说明

该功能将一个值预置到单个保持寄存器中。

查询

查询消息指定要强制的寄存器参考值。寄存器地址从 0 开始，如寄存器 1 的地址应为 0。

示例：写入，1-00 *Configuration Mode* 寄存器 1000。

字段名称	示例（十六进制）
从站地址	01
功能	06
寄存器地址，高位	03（寄存器地址 999）
寄存器地址，低位	E7（寄存器地址 999）
预置数据，高位	00
预置数据，低位	01
错误检查（CRC）	-

表 5.30 查询

响应

正常响应是对查询的重复，在传递寄存器内容之后会被返回。

字段名称	示例（十六进制）
从站地址	01
功能	06
寄存器地址，高位	03
寄存器地址，低位	E7
预置数据，高位	00
预置数据，低位	01
错误检查（CRC）	-

表 5.31 响应

5

5.10.6 预置多个寄存器（10 [十六进制]）

说明

该功能将值预置到一系列的保持寄存器中。

查询

查询消息指定要预置的寄存器参考值。寄存器地址从 0 开始，如寄存器 1 的地址应为 0。下述请求示例对 2 个寄存器进行预置（将 1-24 Motor Current 设置为 738（7.38 A））：

字段名称	示例（十六进制）
从站地址	01
功能	10
起始地址，高位	04
起始地址，低位	07
寄存器数量，高位	00
寄存器数量，低位	02
字节数	04
写入数据，高位 （寄存器 4： 1049）	00
写入数据，低位 （寄存器 4： 1049）	00
写入数据，高位 （寄存器 4： 1050）	02
写入数据，低位 （寄存器 4： 1050）	E2
错误检查（CRC）	-

表 5.32 查询

响应

正常响应返回从属设备地址、功能代码、起始地址和预置的线圈数量。

字段名称	示例（十六进制）
从站地址	01
功能	10
起始地址，高位	04
起始地址，低位	19
寄存器数量，高位	00
寄存器数量，低位	02
错误检查（CRC）	-

表 5.33 响应

5.11 Danfoss FC 控制协议

5.11.1 与 FC 协议对应的控制字（参数 8-10 协议 = FC 协议）

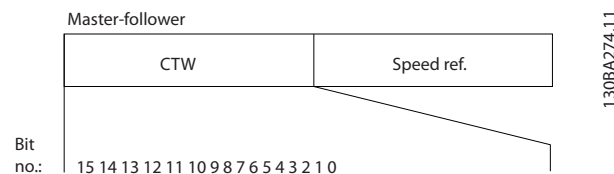


图 5.13 与 FC 协议对应的控制字

位	位值=0	位值=1
00	参考值	外部选择低位
01	参考值	外部选择高位
02	直流制动	加减速
03	惯性停车	非惯性停车
04	快速停止	加减速
05	保持输出频率	使用加减速
06	加减速停止	启动
07	无功能	复位
08	无功能	点动
09	加减速 1	加减速 2
10	数据无效	数据有效
11	打开继电器 01	激活继电器 01
12	打开继电器 02	激活继电器 02
13	参数设置	选择低位
15	无功能	反向

表 5.34 与 FC 协议对应的控制字

关于控制位的说明

位 00/01

位 00 和 01 用于根据表 5.35 在 3-10 Preset Reference 中预设的四个参考值之间选择：

预设参考值	参数	位 01	位 00
1	3-10 Preset Reference [0]	0	0
2	3-10 Preset Reference [1]	0	1
3	3-10 Preset Reference [2]	1	0
4	3-10 Preset Reference [3]	1	1

表 5.35 控制位



通过在 8-56 Preset Reference Select 中进行选择，可以定义位 00/01 如何与数字输入的对应功能进行门运算。

位 02，直流制动

如果位 02=0，则将导致直流制动和停止。制动电流和制动时间分别在 2-01 DC Brake Current 和 2-02 DC Braking Time 中设置。

如果位 02 = 1，则导致加减速。

位 03, 惯性停车

位 03 =0: 变频器会立即释放电动机（关闭输出晶体管），从而使电动机惯性运转直至停止。

位 03 =1: 如果满足其他启动条件，变频器将启动电机。

通过在 8-50 *Coasting Select* 中进行选择，可以定义位 03 如何与数字输入的对应功能进行门运算。

位 04, 快速停止

位 04 =0: 使电动机减速至停止（在 3-81 *Quick Stop Ramp Time* 中设置）。

位 05, 保持输出频率

位 05 =0: 锁定当前的输出频率（单位为 Hz）。只能通过将数字输入（5-10 *Terminal 18 Digital Input* 到 5-13 *Terminal 29 Digital Input*）设置为加速=21 和减速=22 来更改锁定的输出频率。



如果激活锁定输出功能，则只有用下述方式才能使变频器停止运转：

- 位 03 惯性停车。
- 位 02 直流制动。
- 被编程为直流制动=5、惯性停止=2 或复位和惯性停止=3 的数字输入端（5-10 *Terminal 18 Digital Input* 至 5-13 *Terminal 29 Digital Input*）。

位 06, 加减速停止/启动

位 06 =0: 将导致停止。在此期间，电动机会根据所选择的减速参数减速至停止。

位 06 =1: 如果满足其他启动条件，将允许变频器启动电动机。

通过在 8-53 *Start Select* 中进行选择，可以定义位 06（加减速停止/启动）如何与数字输入的对应功能进行门运算。

位 07, 复位

位 07 =0: 不复位。

位 07 =1: 将跳闸复位。复位是在信号的上升沿被激活的，即从逻辑“0”变为逻辑“1”时。

位 08, 点动

位 08 =1: 输出频率由 3-11 *Jog Speed [Hz]* 决定。

位 09, 选择加减速 1/2

位 09 =0: 启用加减速 1（3-41 *Ramp 1 Ramp Up Time* 到 3-42 *Ramp 1 Ramp Down Time*）。

位 09 =1: 启用加减速 2（3-51 *Ramp 2 Ramp Up Time* 到 3-52 *Ramp 2 Ramp Down Time*）。

位 10, 数据无效/数据有效

通知变频器使用或忽略控制字。

位 10 =0: 忽略控制字。

位 10 =1: 使用控制字。由于不论电报类型为何，电报始终都包含控制字，因此该功能具有普遍意义。如果在更新或读取参数时无需使用控制字，可将其关闭。

位 11, 继电器 01

位 11 =0: 不激活继电器。

位 11 =1: 如果在 5-40 *Function Relay* 中选择了控制字位 11=36，则激活继电器 01。

位 12, 继电器 02

位 12 =0: 继电器 02 未激活。

位 12 =1: 如果在 5-40 *Function Relay* 中选择了控制字位 12=37，则激活继电器 02。

位 13, 菜单选择

使用位 13，可根据表 5.36 在 2 个菜单设置之间进行选择。

设置	位 13
1	0
2	1

表 5.36 菜单设置

只有在 0-10 *Active Set-up* 中选择了多重菜单=9，才能使用该功能。

使用 8-55 *Set-up Select* 可以定义位 13 如何与数字输入端上的对应功能进行门运算。

位 15 反向

位 15 =0: 不反转。

位 15 =1: 反向 默认设置下，反转功能在 8-54 *Reversing Select* 中被设为数字方式。只有在选择了串行通讯、[2] 逻辑或或 [3] 逻辑与时，位 15 才能导致反向。

5.11.2 与 FC 协议对应的状态字 (STW) (8-30 *Protocol*= FC 协议)

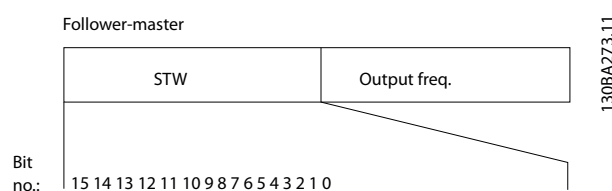


图 5.14 状态字

位	位值=0	位值=1
00	控制未就绪	控制就绪
01	变频器未就绪	变频器就绪
02	惯性停车	启用
03	无错误	跳闸
04	无错误	错误（无跳闸）
05	预留	-
06	无错误	锁定性跳闸
07	无警告	警告
08	速度 ≠ 参考值	速度=参考值
09	本地运行	总线控制
10	超出频率极限	频率极限正常
11	无功能	运行
12	变频器正常	停止，自动启动
13	电压正常	过压
14	转矩正常	过转矩
15	定时器正常	定时器超时

表 5.37 符合 FC 协议的状态字

关于状态位的说明

位 00，控制未就绪/就绪

位 00=0：此后变频器将跳闸。

位 00=1：变频器控制系统已就绪，但不一定已为电源单元供电（针对控制系统外接 24 V 电源的情形）。

位 01，变频器就绪

位 01=0：变频器未就绪。

位 01=1：变频器已作好运行准备，但通过数字输入或串行通讯激活了惯性停车命令。

位 02，惯性停止

位 02=0：变频器释放电动机。

位 02=1：变频器通过启动命令启动电动机。

位 03，无错误/跳闸

位 03 =0：变频器不在故障模式下。位 03 =1：此后变频器将跳闸。要恢复运行，请按 [Reset]（复位）。

位 04，无错误/错误（无跳闸）

位 04 =0：变频器不在故障模式下。

位 04=1：变频器显示了一个错误，但没有跳闸。

位 05，未使用

在状态字中不使用位 05。

位 06，无错误/锁定性跳闸

位 06 =0：变频器不在故障模式下。

位 06 =1：变频器跳闸，并且被锁定。

位 07，无警告/警告

位 07 =0：没有警告。

位 07 =1：发生一个警告。

位 08，速度参考值/速度=参考值

位 08=0：电机在运行，但其当前速度与预置的速度参考值不同。例如，在启动/停止期间加减速时，可能出现这种情形。

位 08 =1：电动机速度符合预置的速度参考值。

位 09，本地运行/总线控制

位 09 =0：在控制单元上激活了 [Off/Reset]（停止/复位），或者在 3-13 参考值位置 中选择了本地控制。不能通过串行通讯控制变频器。

位 09 =1：可以通过现场总线/串行通讯来控制变频器。

位 10，超出频率极限

位 10 =0：输出频率达到在 4-12 Motor Speed Low Limit [Hz] 或 4-14 Motor Speed High Limit [Hz] 中设置的值。

位 10 =1：输出频率在定义的极限范围内。

位 11，未运行/运行

位 11 =0：电动机未运行。

位 11 =1：变频器有启动信号，无惯性停车。

位 12，变频器正常/已停止，将自动启动

位 12 =0：变频器无暂时性过热。

位 12 =1：变频器因为过热而停止，但设备并未跳闸，因此一旦温度恢复正常，仍可继续工作。

位 13，电压正常/超过极限

位 13=0：没有电压警告。

位 13=1：变频器中间电路的直流电压过低或者过高。

位 14，转矩正常/超过极限

位 14=0：电动机电流低于在 4-18 电流极限 中选择的电流极限。

位 14=1：超过 4-18 电流极限 中的电流极限。

位 15，定时器正常/超过限制

位 15 =0：电动机热保护和热保护的计时器尚未超过 100%。

位 15 =1：其中的一个定时器超过了 100%。

5.11.3 总线速度参考值

以一个相对百分比值的形式将速度参考值传输给变频器。以一个 16 位字的形式传输该值； 作为整数时（0-32767），如果值为 16384（4000 [十六进制]），则表示 100%。负数借助 2 的补码表示。实际输出频率（MAV）与总线参考值的标定方式相同。

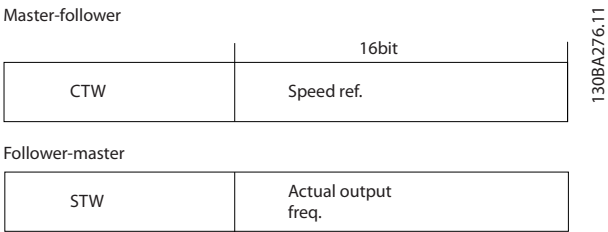


图 5.15 实际输出频率（MAV）

参考值和 MAV 的标定方式如下：

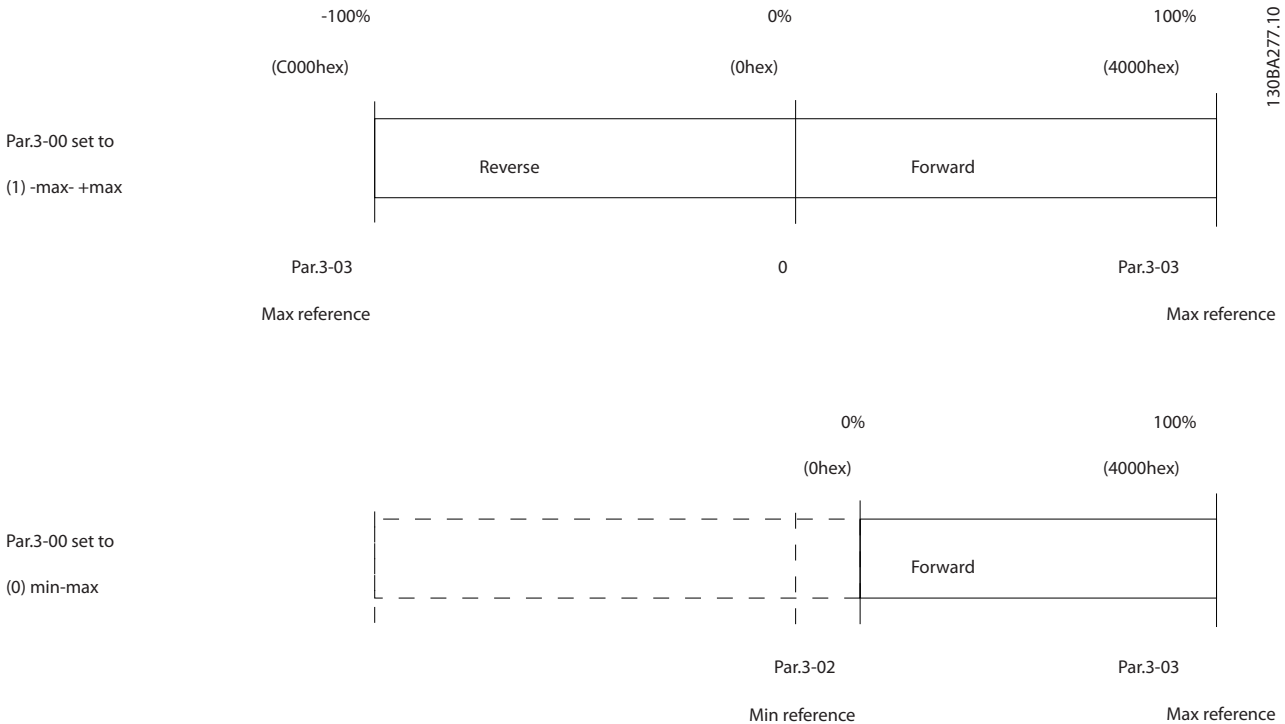


图 5.16 参考值和 MAV

6 应用示例

6.1 简介

本节的示例旨在提供与常见功能有关的快捷参考。

参数	
功能	设置
1-29 自动电动机调整 (AMA)	[1] 启用完整 AMA
5-12 端子 27 数字输入	[2]* 惯性停车反逻辑
* = 默认值	
说明/备注: 参数组 1-2* 电机数据必须根据电机来设置	
注意	
如果未连接端子 12 和 27, 则将 5-12 设为 [0]	

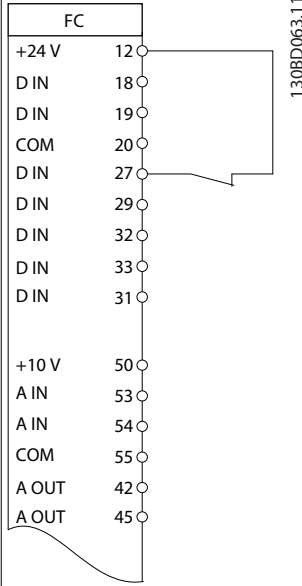


表 6.1 在连接端子 27 的情况下执行 AMA

参数	
功能	设置
6-10 端子 53 低电压	0.07 V*
6-11 端子 53 高电压	10 V*
6-14 53 端参考/反馈低	0
6-15 53 端参考/反馈高	1500
6-19 Terminal 53 mode	[1] 电压
* = 默认值	
说明/备注:	

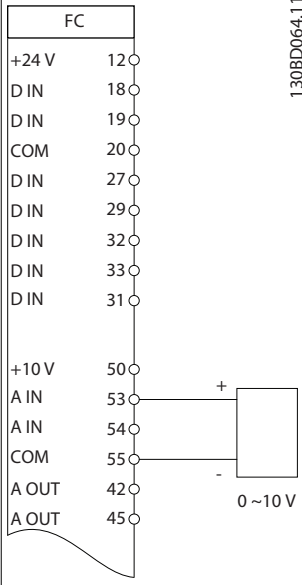


表 6.2 模拟速度参考值 (电压)

参数	
功能	设置
6-12 端子 53 低电流	4 mA*
6-13 端子 53 高电流	20 mA*
6-14 53 端参考/反馈低	0
6-15 53 端参考/反馈高	1500
6-19 Terminal 53 mode	[0] 电流
* = 默认值	
说明/备注:	

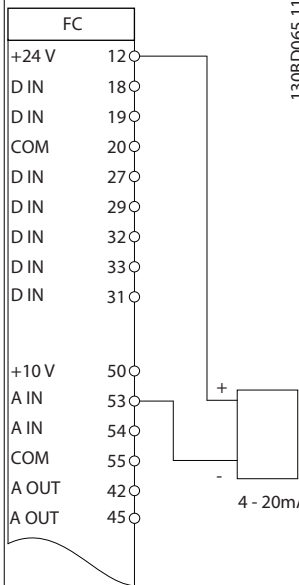


表 6.3 模拟速度参考值 (电流)

参数	
功能	设置
5-10 端子 18 数字输入	[8] 启动
5-11 端子 19 数字输入	[10] 反向*
5-12 端子 27 数字输入	[0] 无功能
5-14 端子 32 数字输入	[16] 预置参考值位 0
5-15 端子 33 数字输入	[17] 预置参考值位 1
3-10 预置参考值	
预置参考值 0	25%
预置参考值 1	50%
预置参考值 2	75%
预置参考值 3	100%
* = 默认值	
说明/备注:	

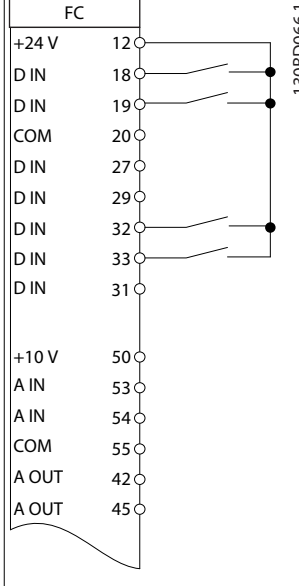


表 6.4 带反向功能和 4 个预设速度的启动/停止

参数	
功能	设置
5-11 端子 19 数字输入	[1] 复位
* = 默认值	
说明/备注:	

表 6.5 外部报警复位

参数	
功能	设置
6-10 端子 53 低电压	0.07 V*
6-11 端子 53 高电压	10 V*
6-14 53 端参 考/反馈低	0
6-15 53 端参 考/反馈高	1500
6-19 Terminal 53 mode	[1] 电压
* = 默认值	
说明/备注:	

表 6.6 速度参考值（使用手动电位计）

参数	
功能	设置
4-30 电动机反 馈损耗功能	[1] 警告
4-31 电动机反 馈速度错误	100
4-32 电动机反 馈损耗超时	5 s
7-00 速度 PID 反馈源	[2] MCB 102
17-11 分辨率 (PPR)	1024*
13-00 条件控制 器模式	[1] 开
13-01 启动事件	[19] 警告
13-02 停止事件	[44] 复位键
13-10 比较器操 作数	[21] 警告编 号
13-11 比较器运 算符	[1] ≈*
13-12 比较值	90
13-51 条件控制 器事件	[22] 比较器 0
13-52 条件控制 器动作	[32] 数字输 出 A 置为低
5-40 继电器功 能	[80] SL 数 字输出 A
* = 默认值	
说明/备注:	

如果反馈监视器中的极限被超过，则将会发出警告 90。SLC 监测警告 90。如果警告 90 变为“真”，则继电器 1 将跳闸。外部设备可能指示是否需要维护。如果反馈错误在 5 秒钟内再次低于相关极限，则变频器会继续工作，而警告也将消失。但继电器 1 仍将跳闸，直到按了 [Off/Reset]（关闭/复位）。

表 6.7 使用 SLC 设置继电器

		参数	
FC		功能	设置
+24 V	12	5-10 端子 18	[8] 启动*
D IN	18	数字输入	
D IN	19	5-12 端子 27	[19] 锁定参
COM	20	数字输入	考值
D IN	27	5-13 端子 29	[21] 加速
D IN	29	数字输入	
D IN	32	5-14 端子 32	[22] 减速
D IN	33	数字输入	
D IN	31	* = 默认值	
		说明/备注:	
+10 V	50		
A IN	53		
A IN	54		
COM	55		
A OUT	42		
A OUT	45		

表 6.8 加速/减速

		参数	
FC		功能	设置
+24 V	12	1-90 电动机热保护	[2] 热敏电阻跳闸
D IN	18		
D IN	19	1-93 热敏电阻源	[1] 模拟输入 53
COM	20		
D IN	27	6-19 Terminal 53 mode	[1] 电压
D IN	29		
D IN	32		
D IN	33		
D IN	31		
* = 默认值			
说明/备注:			
如果仅希望发出警告, 则应将 1-90 电动机热保护设为 [1] 热敏电阻警告。			

1308D070.11	
-------------	--

表 6.9 电机热敏电阻

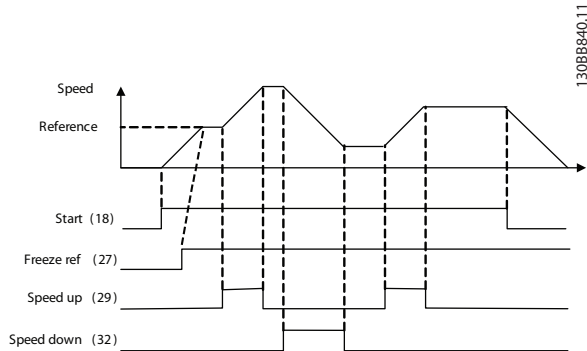


图 6.1 加速/减速



为了符合 PELV 绝缘要求, 热敏电阻必须使用加强绝缘或双重绝缘。

6.1.1 编码器连接

本指南旨在为设置编码器与变频器的连接提供方便。设置编码器之前, 将显示闭环速度控制系统的基本设置。

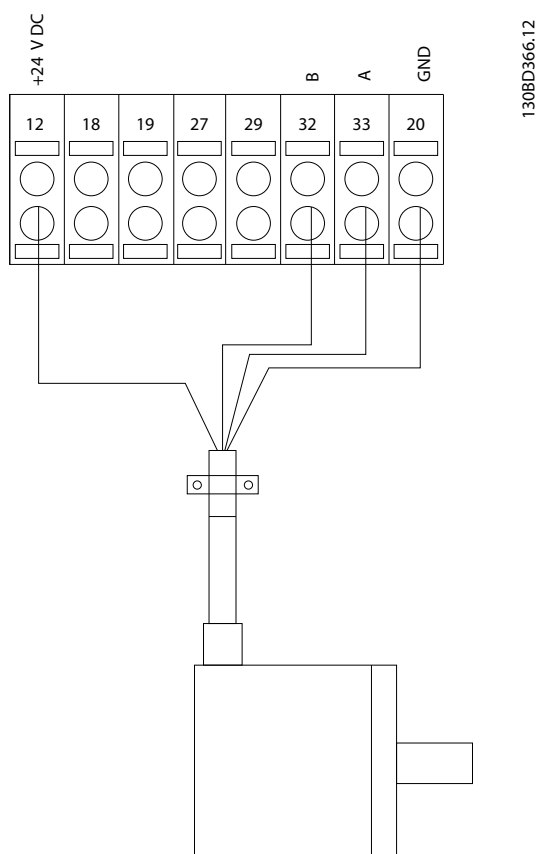


图 6.2 24 V 或 10-30 V 编码器

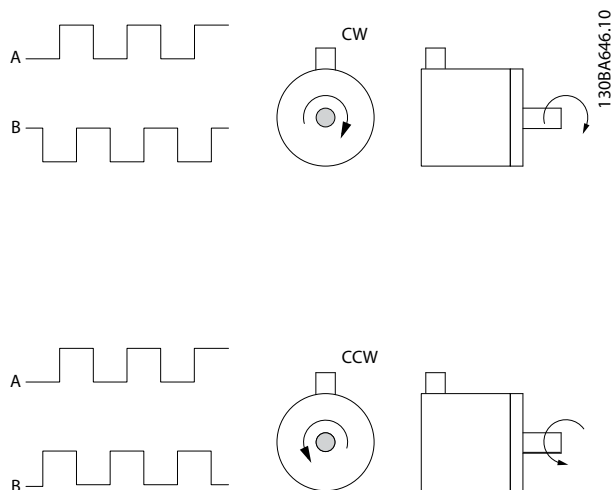


图 6.3 24 V 增量编码器，最大电缆长度为 5m

6.1.2 编码器方向

编码器方向由脉冲进入变频器的顺序确定。

顺时针方向表示通道 A 在通道 B 前 90 电度。

逆时针方向表示通道 B 在通道 A 前 90 电度。

通过观察轴端可确定此方向。

6.1.3 闭环变频器系统

变频器系统通常由多个部分组成，比如：

- 电机
- 制动
(变速箱)
(机械制动)。
- 变频器。
- 作为反馈系统的编码器。
- 用于动态制动的制动电阻器。
- 传动装置。
- 负载。

要求机械制动控制的应用环境通常需要制动电阻器。

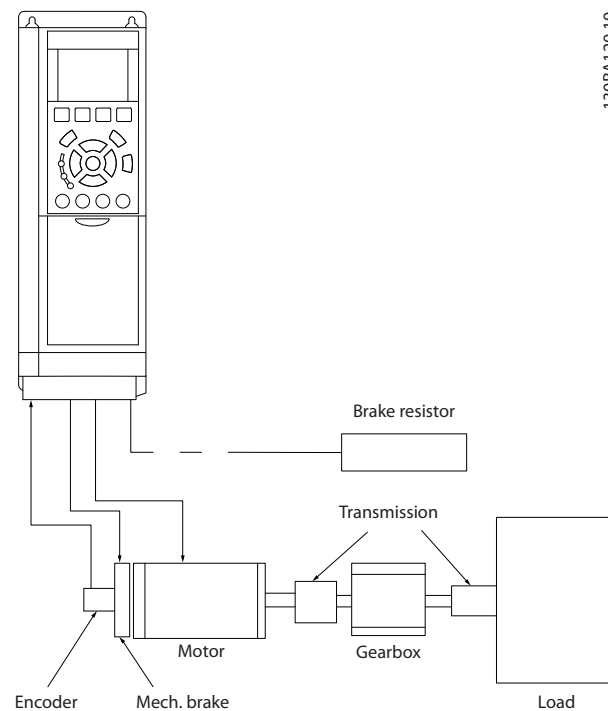


图 6.4 闭环速度控制的基本设置

索引

A

AMA..... 7

C

CE 标志..... 9

E

EMC..... 51

EMC 抗扰性要求..... 34

EMC 指令..... 9

EMC 测试结果..... 34

EMC 辐射简介..... 33

EMC 防范措施..... 57

ETR..... 7

F

FC 协议
协议概述..... 57

FC 协议..... 68

I

IEC 61800-3..... 13, 51

IND..... 60

L

LCP..... 6, 7, 19

M

Modbus RTU..... 61

Modbus RTU 概述..... 61

Modbus 异常代码..... 65

Modbus 通讯..... 57

P

PELV..... 50, 74

PELV, 保护性超低压..... 36

R

RCD..... 7

RS485..... 56

RS485

RS485..... 57

RS485 安装和设置..... 56

V

VVC+..... 8, 18

VVC+ 模式下的静态过载..... 40

中

中间电路..... 40, 53

串

串行通讯..... 6, 15

主

主电源..... 7

主电源 (L1、L2、L3)..... 48

主电源数据..... 46

主电源断开..... 40

传

传导性干扰..... 34

低

低电压指令..... 9

供

供电电压..... 49

保

保护..... 36

保护与功能..... 51

保持输出频率..... 69

内

内部电流控制, VVC+ 模式..... 19

制

制动功率..... 7, 39

制动功能..... 39

制动电阻器..... 7, 38, 44

功

功率因数..... 7, 13

功能代码..... 65

升

升速/减速..... 21

升高时间..... 53

参

参数号 (PNU).....	60
参考值极限.....	21

同

同步电动机速度.....	6
--------------	---

噪

噪声隔离.....	13
-----------	----

在

在连接端子 27 的情况下执行 AMA.....	72
--------------------------	----

地

地线.....	13
---------	----

声

声源性噪音.....	53
------------	----

处

处理说明.....	9
-----------	---

复

复位.....	51
---------	----

多

多台变频器.....	13
------------	----

安

安全注意事项.....	8
-------------	---

射

射频干扰滤波器.....	13
--------------	----

屏

屏蔽控制电缆.....	15
屏蔽电缆.....	13

带

带 Modbus RTU 的 FC.....	57
------------------------	----

开

开环.....	50
---------	----

总

总线参考值.....	21
------------	----

惯

惯性停车.....	5, 69, 70
-----------	-----------

感

感生电压.....	13
-----------	----

接

接地.....	13, 14
接地三角形连接.....	13
接地回路.....	16

控

控制卡, 24 V 直流输出.....	50
控制卡, RS485 串行通讯.....	49
控制卡性能.....	51
控制字.....	68
控制特性.....	50
控制电缆.....	16
控制线路.....	13

支

支持的数据类型.....	60
支路保护.....	52

放

放电时间.....	8
-----------	---

效

效率.....	53
---------	----

数

数字输入.....	48
数字输出.....	50

机

机械夹持制动.....	37
机械指令.....	9

极

极端运行条件.....	40
-------------	----

模

模拟和脉冲参考值和反馈值.....	22
模拟输入.....	6, 7, 49
模拟输出.....	7, 49

横		电机功率.....	13
横截面积.....	48	电机发热保护.....	40, 70
死		电机电压.....	53
死区.....	22	电机相位.....	40
浮		电机输出.....	48
浮动三角形连接.....	13	电气噪声.....	13
滑		电源循环.....	7
滑差补偿.....	7	电源连接.....	13
漏		电缆长度.....	48
漏电电流.....	36	直	
点		直流制动.....	68
点动.....	6, 69	短	
热		短路.....	40
热敏电阻.....	7, 74	硬	
熔		硬件设置.....	57
熔断器.....	52	端	
特		端子设置.....	15
特殊条件.....	54	索	
状		索引 (IND).....	60
状态字.....	69	线	
独		线缆规格.....	13
独立主电源.....	13	继	
环		继电器输出.....	50
环境条件.....	50	缩	
电		缩略语.....	0
电动机 线路.....	13	网	
电动机产生的过电压.....	40	网络连接.....	57
电动机保护.....	13, 51	网络配置.....	62
电动机电缆之间.....	13	能	
电动机自动整定.....	7	能效.....	46, 47
电动机额定电流.....	6	能效等级.....	51
电动机额定速度.....	6	脉	
电压水平.....	48	脉冲参考值.....	6
电报长度 (LGE).....	58	脉冲输入.....	49

读

读取保持寄存器 (03 [十六进制]) 67

起

起步转矩 6

跳

跳闸 8

跳闸功能 13

转

转动惯量 40

转矩控制 16

转矩特性 48

辐

辐射性干扰 34

输

输入信号 15

输入电源 13

输出电流 50

过

过程 PID 控制 28

过载保护 13

进

进行输出切换 40

选

选配设备 14

速

速度 PID 16, 18

速度 PID 控制 25

速度参考值 72

锁

锁定参考值 21

锁定输出 6

间

间歇工作周期 7

降

降容 50, 51

预

预置参考值 21



丹佛斯(上海)自动控制有限公司
上海市宜山路900号
科技大楼C楼20层
电话: 021-61513000
传真: 021-61513100
邮编: 200233

丹佛斯(上海)自动控制有限公司北京办事处
北京市朝阳区工体北路甲2号盈科中心A栋20层
电话: 010-85352588
传真: 010-85352599
邮编: 100027

丹佛斯(上海)自动控制有限公司广州办事处
广州市珠江新城花城大道87号高德置地广场B塔704室
电话: 020-28348000
传真: 020-28348001
邮编: 510623

丹佛斯(上海)自动控制有限公司成都办事处
成都市下南大街2号宏达国际广场11层1103-1104室
电话: 028-87774346, 43
传真: 028-87774347
邮编: 610016

丹佛斯(上海)自动控制有限公司青岛办事处
青岛市山东路40号广发金融大厦1102A室
电话: 0532-85018100
传真: 0532-85018160
邮编: 266071

丹佛斯(上海)自动控制有限公司青岛办事处
青岛市山东路40号广发金融大厦1102A室
电话: 0532-85018100
传真: 0532-85018160
邮编: 266071

丹佛斯(上海)自动控制有限公司西安办事处
西安市二环南路88号老三届世纪星大厦25层C座
电话: 029-88360550
传真: 029-88360551
邮编: 710065

Danfoss 对其目录、手册以及其它印刷资料可能出现的错误不负任何责任。Danfoss 保留未预先通知而更改产品的权利。该限制并适用于已订购但更改并不会过多改变已同意规格的货物。本材料所引用的商标均为相应公司之财产。Danfoss 及 Danfoss 的标记均为 Danfoss A/S 之注册商标。版权所有。

Danfoss A/S
Ulsnaes 1
DK-6300 Graasten
www.danfoss.com/drives

