

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

自动控制技术应用丛书

变频调速系统

· 工程设计 · 参数设置 · 调试维护

周志敏 周纪海 纪爱华 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

TM921.51/13

2008

自动控制技术应用丛书

变频调速系统

· 工程设计 · 参数设置 · 调试维护

周志敏 周纪海 纪爱华 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书全面系统地阐述了在变频调速系统工程设计和应用工作中,经常涉及的工程应用技术和实际调试运行的操作技能,包括变频器形式和容量选择,变频调速系统主电路设计,变频调速系统控制与检测电路设计,变频调速系统安装、布线与接地技术,变频调速系统参数设置与调试,变频调速系统通信网络的电磁兼容技术,变频调速系统电磁兼容工程设计,变频调速系统控制与检测电路设计等内容。本书题材新颖实用,内容丰富,深入浅出,文字通俗,具有很高的实用价值。

本书可供电气传动、自动控制、航天及家电等领域从事变频调速技术应用和维修的工程技术人员和高等院校电力电子、电气传动、工业自动化等专业的师生阅读参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

变频调速系统·工程设计·参数设置·调试维护/周志敏,周纪海,纪爱华编著. —北京:电子工业出版社,2008.5

(自动控制技术应用丛书)

ISBN 978-7-121-06202-5

I. 变… II. ①周…②周…③纪… III. 变频调速—控制系统 IV. TM921.51

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 033426 号

策划编辑:富 军

责任编辑:刘真平

印 刷:北京市顺义兴华印刷厂

装 订:三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×980 1/16 印张:25.25 字数:565.6 千字

印 次:2008 年 5 月第 1 次印刷

印 数:5000 册 定价:48.00 元

凡所购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

变频调速系统是电气传动控制领域的重要组成部分，其性能的好坏直接关系到整个系统的安全性和可靠性指标。自变频器问世以来引起了国内外电气传动界的普遍关注，现已成为具有发展前景和影响力的一项高新技术产品。现代变频调速系统以其低损耗、高效率、电路简捷等显著优点而受到人们的青睐。近年来，随着工业自动化产业的高速发展，变频调速技术日益广泛地应用于电气传动领域。为此，人们对变频器的需求与日俱增，变频器的开发研制、应用、维修已成为发展前景十分诱人的朝阳产业。掌握变频调速技术是将其应用到工程实践中的理论基础，同时也是保证构成的变频调速系统具有高性价比、最简捷的外围电路、最佳的性能指标的技术基础。变频调速系统的工程设计、参数设置与系统调试技术，是使变频调速系统安全稳定运行所必须掌握的实际操作技能。

本书在已出版发行的《变频器工程应用·电磁兼容·故障诊断》一书的基础上，将变频调速系统的工程设计、参数设置、系统调试、系统维护与故障信息处理技术有机地结合为一体。全书在写作上力求做到通俗易懂和结合实际，以使从事变频调速系统工程设计和应用的工程技术人员从中获益。读者可以此为“桥梁”，系统地全面了解和掌握变频调速系统的工程应用技术。

本书在写作过程中，无论是从资料的收集，还是技术信息的交流上，都得到了国内的专业学者和同行的大力支持，在此表示衷心的感谢。

由于时间短，水平有限，错误之处在所难免，敬请读者批评指正。

编著者

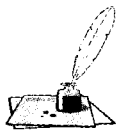
目 录

第1章 变频器形式和容量选择	(1)
1.1 变频器的选择	(1)
1.1.1 变频器选型	(1)
1.1.2 变频器功率的选取	(10)
1.2 变频器选用件的特点和应用	(18)
1.2.1 变频调速系统的制动选件	(18)
1.2.2 电抗器和滤波器选件	(24)
第2章 变频调速系统主电路设计	(33)
2.1 变频调速系统电气主接线	(33)
2.1.1 电气主接线	(33)
2.1.2 配套电气设备选用	(35)
2.2 变频调速系统电力电缆选择	(65)
2.2.1 变频系统电力电缆技术特性	(65)
2.2.2 电缆的结构形式选择	(68)
第3章 变频调速系统控制与检测电路设计	(75)
3.1 变频器的外部控制电路设计	(75)
3.1.1 输入电路接线	(75)
3.1.2 输出电路接线	(78)
3.1.3 变频器外部典型接线图	(81)
3.1.4 变频调速系统隔离技术	(91)
3.1.5 PLC 与变频器的配合使用	(100)
3.2 变频调速系统检测器件	(101)
3.2.1 测速发电机	(101)
3.2.2 光电编码器	(104)
3.2.3 增量型和绝对值旋转编码器	(105)
3.2.4 EPC-755A 型编码器	(114)
3.2.5 传感器用信号电缆	(118)
第4章 变频调速系统安装、布线与接地技术	(119)
4.1 变频器安装	(119)

4.1.1	变频器的的工作环境	(119)
4.1.2	变频器的安装基本要求	(121)
4.2	变频调速系统布线设计	(127)
4.2.1	变频调速系统的布线	(127)
4.2.2	变频调速系统布线的抗干扰设计	(131)
4.3	地线与接地技术	(137)
4.3.1	地线的定义与接地目的	(137)
4.3.2	地线阻抗干扰	(142)
4.3.3	接地的分类	(146)
4.3.4	接地方式	(153)
4.3.5	接地系统设计准则	(159)
4.3.6	接地网的接地电阻	(164)
4.4	接地网施工技术	(170)
4.4.1	深井式垂直接地技术工程应用	(170)
4.4.2	爆破接地施工技术	(173)
4.4.3	接地地网施工中的放热熔接技术	(176)
4.4.4	接地装置防腐措施	(177)
4.4.5	接地电阻测量	(179)
第5章	变频调速系统参数设置与调试	(184)
5.1	变频器的参数设定	(184)
5.1.1	变频器的参数	(184)
5.1.2	变频器的频率给定	(190)
5.1.3	变频器压频比的正确设定	(193)
5.1.4	变频器启/停与加、减速过程	(196)
5.1.5	变频器加、减速设置	(200)
5.1.6	变频器升、降速端子的应用	(204)
5.1.7	变频器转矩提升功能应用	(206)
5.1.8	CX 系列变频器不同运行模式下的参数设定	(208)
5.1.9	ACS800 系列变频器的参数及设置	(209)
5.1.10	变频器用做软启动器时的参数设定	(211)
5.2	变频调速系统的调试	(212)
5.2.1	系统调试条件	(212)
5.2.2	变频器操作	(218)
5.2.3	中频变频器参数的现场设置	(221)

5.2.4	PowerSmart(或JZHICON-1A)系列高压变频器调试	(224)
5.2.5	PI97G.V4 普传系列变频器调试操作	(226)
5.2.6	iF 系列变频器运行及参数设置	(234)
第6章	变频调速系统通信网络的电磁兼容技术	(248)
6.1	变频调速系统通信网络	(248)
6.1.1	通信网络模型与通信方式	(248)
6.1.2	通信接口	(251)
6.1.3	变频调速系统通信抗干扰技术	(255)
6.1.4	基于RS-232协议的CAN总线网络	(274)
6.2	变频器与PLC间通信	(278)
6.2.1	变频器与三菱PLC通信	(278)
6.2.2	西门子MMV变频器远程控制及通信系统	(281)
6.2.3	台达变频器与计算机串行口通信	(283)
6.3	基于Modbus总线控制的变频调速系统	(286)
6.3.1	Modbus总线	(286)
6.3.2	基于Modbus的变频调速系统实现	(290)
6.4	变频器的远程监控及通信	(294)
6.4.1	MIDIMASTERECO变频器的远程监控	(294)
6.4.2	PC对多台TD3000变频器的实时监控	(297)
第7章	变频调速系统电磁兼容工程设计	(301)
7.1	变频调速系统电磁环境	(301)
7.1.1	变频调速系统电磁兼容性	(301)
7.1.2	变频器噪声与兼容等级	(302)
7.2	变频器谐波的产生及抑制对策	(308)
7.2.1	变频器谐波的产生和危害	(308)
7.2.2	谐波干扰抑制对策	(314)
7.3	变频系统的电磁干扰及抑制措施	(320)
7.3.1	变频系统的电磁干扰源及传播途径	(320)
7.3.2	变频调速系统抗电磁干扰措施	(321)
7.3.3	变频系统中的共模噪声及抑制	(323)
7.3.4	变频器周边控制回路的抗干扰措施	(328)
7.4	变频调速系统软件抗干扰技术	(335)
7.4.1	变频器软件结构特点及抗干扰措施	(335)
7.4.2	抗干扰软件设计	(342)

第 8 章 变频调速系统控制与检测电路设计	(353)
8.1 变频器的使用与维护	(353)
8.1.1 变频器的正确使用	(353)
8.1.2 变频器的日常维护保养	(358)
8.2 变频器的测量与实验	(364)
8.2.1 变频器的测量	(364)
8.2.2 变频器标准及试验方法	(367)
8.3 变频器故障信息及处理方法	(374)
参考文献	(393)



第 1 章 变频器形式和容量选择

1.1 变频器的选择

通用变频器的选择包括变频器的形式选择和容量选择两个方面,其总的原则是首先保证可靠地满足工艺要求,再尽可能节省资金。要根据工艺环节、负载的具体要求选择性价比相对较高的品牌、种类及容量。

1.1.1 变频器选型

1. 变频器类型

(1) 变频器的分类

变频器选用时一定要做详细的技术经济分析论证,对那些负荷较高且非变工况运行的设备不宜采用变频器。变频器具有较多的品牌和种类,价格相差很大,为此必须了解变频器的技术特性和分类。变频器可以从以下不同的方面进行分类。

① 按控制方式不同可分为通用型和工程型。通用型变频器一般采用给定闭环控制方式,动态响应速度相对较慢,在电动机高速运转时也可满足设备恒功率的运行特性,但在低速时难以满足恒功率要求。工程型变频器在其内部通过检测设有自动补偿、自动限制的环节,在设备低速运转时也可保持较好的特性实现闭环控制。按控制功能分为普通功能型 U/f 控制变频器、具有转矩控制功能的高性能型 U/f 控制变频器和矢量控制高性能型变频器。

② 按安装形式不同可分为四种,可根据受控电动机功率及现场安装条件选用合适类型。第一种是固定式(壁挂式),功率多在 37kW 以下。第二种是书本型,功率为 0.2 ~ 37kW,占用空间相对较小,安装时可紧密排列。第三种是装机、装柜型,功率为 45 ~ 200kW,需要附加电路及整体固定壳体,体积较为庞大,占用空间相对较大。第四种为柜型,控制功率为 45 ~ 1 500kW,除具备装机、装柜型特点外,与之相比占用空间更大。

③ 从变频器的电压等级来看,有单相 AC 230V,也有三相 AC 208 ~ 230V、380 ~ 460V、500 ~ 575V、660 ~ 690V 等级,应根据电源条件和电动机额定电压参数做出正确的选择。

④ 从变频器的防护等级来看,有 IP00 的,也有 IP54 的,要根据现场环境条件做出相应的选择。

⑤ 从调速范围及精度而言,FC(频率控制)变频器的调速范围为 1:25;VC(矢量控制)变频器的调速范围为 1:100 ~ 1:1 000;SC(伺服控制)变频器的调速范围为 1:4 000 ~ 1:10 000,

要根据系统的负载特性做出相应的选择。

(2) 传动系统的参数

变频器选型时,应兼顾上述各点要求,根据生产现场的情况正确选择合适的形式。要根据生产机械的负载特性、调速范围、静态速度精度、启动转矩的要求,决定选用哪种控制方式的变频器。在变频器选型前应掌握传动系统的以下参数。

① 电动机的极数。一般电动机极数以不多于4极为宜,否则变频器容量就要适当加大。

② 转矩特性、临界转矩、加速转矩。在同等电动机功率情况下,相对于高过载转矩模式,变频器规格可以降额选取。

③ 电磁兼容性。为减少主电源干扰,使用时可在中间电路或变频器输入电路中设置电抗器或安装前置隔离变压器。一般当电动机与变频器距离超过50m时,应在它们中间串入输出电抗器、滤波器或采用屏蔽防护电缆。

(3) 变频器的选型

变频器的选型应满足以下条件。

① 电压等级与驱动电动机相符,变频器的额定电压与负载的额定电压相符。

② 额定电流为所驱动电动机额定电流的1.1~1.5倍,对于特殊的负载,如深水泵等,则需要参考电动机性能参数,以最大电流确定变频器电流和过载能力。由于变频器的过载能力没有电动机过载能力强,一旦电动机过载,损坏的首先是变频器。如果机械设备选用的电动机功率大于实际机械负载功率,并将把机械功率调节达到电动机输出功率,则此时变频器的功率选用一定要等于或大于电动机功率。个别电动机额定电流值较特殊,不在常用标准规格附近,又有的电动机额定电压低,额定电流偏大,此时,要求变频器的额定电流必须等于或大于电动机额定电流。

③ 根据被驱动设备的负载特性选择变频器的控制方式。

变频器的选型除一般须注意的事项(如输入电源电压、频率、输出功率、负载特点等)外,还要求与相应的电动机匹配良好,要求在正常运行时,在充分发挥其节能优势的同时,避免过载运行,并尽量避开其拖动设备的低效工作区,以保证高效可靠运行。在变频器的选型时还应注意,相同设备配用的变频器的规格应尽可能统一,便于备品备件的准备,便于维修管理,选用时还要考虑生产厂家售后服务质量情况。

2. 变频调速系统的效率与损耗

(1) 变频器效率

变频器效率是指其本身的变换效率,交-交变频器尽管效率较高,但调频范围受到限制,应用也受到限制。目前通用的变频器主要为交-直-交型,其工作原理是先把工频交流电通过整流器变换成直流,然后用逆变器再变换成所需频率的交流电。所以交-直-交变频器的损耗由三部分组成,整流损耗约占总损耗的40%,逆变损耗约占50%,控制回路损耗约占10%。其中,前两项损耗是随变频器的容量、负荷、拓扑结构的不同而变化的,而控制回路损耗

不随变频器容量、负荷而变化。变频器采用大功率自关断开关器件等现代电力电子技术,其整流损耗、逆变损耗等都比传统电子技术中的整流损耗小。变频器在额定状态运行时,效率为86.4%~96%,它的效率随着变频器功率的增大而得以提高。

(2) 电动机效率和损耗

变频调速后,电动机的各种损耗和效率均有所变化,根据电机学理论,电动机的损耗可分为铁芯损耗(包括磁滞损耗和涡流损耗)、轴承摩擦损耗、风阻损耗、定子绕组铜耗、转子绕组铜耗、杂散损耗及附加损耗等几种。

① 铁芯中的磁滞损耗表达式为:

$$P_n = \sigma_n (f/50) (B/10\,000)^n G_c \quad (1-1)$$

由式(1-1)可知,磁滞损耗与磁滞损耗系数 σ_n 、铁芯中磁通密度 B 、铁芯重量 G_c 及电源频率 f 有关。变频调速后,磁滞损耗减少速度比电动机有功功率减少速度慢,损耗所占比例有所提高。

② 涡流损耗表达式为:

$$P_e \propto af^2 \quad (1-2)$$

③ 轴承摩擦损耗表达式为:

$$P_z \propto f^{1.5} \quad (1-3)$$

④ 风阻损耗表达式为:

$$P_f \propto f^3 \quad (1-4)$$

⑤ 定子绕组铜耗和转子绕组铜耗的大小与电源频率 f 没有直接关系,但高次谐波及脉动电流会增加电动机的铜耗。

⑥ 杂散损耗及附加损耗。不论何种形式的变频器,变频后除基波外,都会出现谐波,如通用的正弦波变频器(PWM),其载波频率高达几千赫兹至十几千赫兹,附加的高次谐波的转矩方向是与基波转矩方向相反的,另外高次谐波也会增加涡流损耗。

综上所述,变频调速后,电动机的磁滞损耗、涡流损耗、轴承摩擦损耗、定子/转子绕组铜耗及杂散损耗在功率中所占比例都有所增加。有关文献指出,变频调速后电动机电流增大10%,温升增加20%。

变频器负载率 β 与效率 η 的关系曲线如图1-1所示。由图可见:当 $\beta = 50\%$ 时, $\eta = 94\%$;当 $\beta = 100\%$ 时, $\eta = 96\%$ 。即 β 增大一倍, η 变化仅2%,但对中、大功率变频调速系统(如几百千瓦至几千千瓦电动机)而言,这个变化也是可观的。系统效率等于变频器效率与电动机效率的乘积,只有两者都处在较高的效率下工作时,系统效率才较高。从效率角度出发,在选用变频器功率时,要注意以下几点。

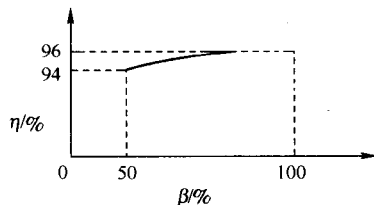


图 1-1 变频器负载率 β 与效率 η 的关系曲线

① 变频器功率与电动机功率相匹配时最合适,以使变频器在高的效率下运行。

② 在变频器的功率分级与电动机功率分级不相同,变频器的功率要尽可能接近电动机的功率,并应略大于电动机的功率。

③ 当电动机处于频繁启动、制动工作或重载启动且较频繁工作状态时,可选取大一级的变频器,以利于变频器长期、安全地运行。

④ 经实际测试,电动机实际功率确实有富余,可以考虑选用功率小于电动机功率的变频器,但要注意电动机瞬时峰值电流是否会造成变频器过电流保护动作。

当变频器与电动机功率不相同,必须相应调整节能程序的设置,以达到较高的节能效果。

3. 变频器的选择原则

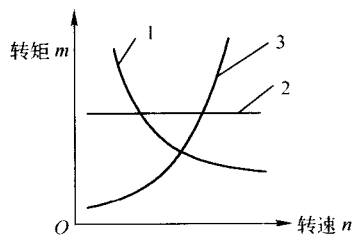
(1) 负载特性

变频调速与机械变速存在本质上的区别,不能将某电动机使用机械变速改为相同功率的变频变速。因为功率是转矩与转速的乘积:

$$P = M\omega = (9.18m) \left(\frac{2\pi}{60}n \right) = 0.961m \times n \quad (1-5)$$

式中, M 为转矩 ($N \cdot m$); m 为转矩 (kgm); ω 为角速度 (rad/s), n 为转速 (r/min)。

机械变速时(如齿转变速、皮带变速),若变比为 K ,在电动机功率不变时,忽略变速器效率,即转速下降 K 倍,而转矩可升高 K 倍,它属于恒功率负载。



1—恒功率负载;2—恒转矩负载;
3—平方率负载

图 1-2 常见的不同负载的机械特性

而变频调速在低于额定频率时恒转矩运行,电动机不能提高输出转矩;高于额定频率时,转速升高转矩下降。常见的不同负载的机械特性如图 1-2 所示。图中曲线 3 为平方律负载(如风机、水泵)。曲线 2 为恒转矩负载(如传送带)。这两种负载在低于额定频率运行时,负载力矩没有增加,所以当在额定频率以下时,可按电动机功率大小配置变频器功率。

图 1-2 中曲线 1 是恒功率负载(例如切削机床),低速时力矩增加,而变频器和电动机低于额定频率时电流被限制,力矩不能增加,所以在变频调速系统的低速区时有可能造成电动机带不动负载,要根据减速造成力矩增加的比例,选用比原电动机功率大的电动机和变频器。例如,原来选用 1.5kW 电动机,负载转矩为 1kgm,转速为 1460r/min,机械变速后转速降到 720r/min,转矩就可达到 2kgm,若改造为与之配套的电动机和变频器,则不可能输出 2kgm 的转矩。因此,要使电动机和变频器都是 $1.5 \times 2 = 3kW$,选用标准功率 3.7kW 或 4kW 的电动机和变频器才能保证在低速区时输出要求的转矩。

在我国,将工频 50Hz 以下区间作为变频器的“恒力矩区”,即频率和转速成比例下降时,电动机为恒力矩特性。在 50Hz 以上区间为“恒功率区”,即频率和转速越高,电动机力矩越



小。变频器的输出频率和拖动电动机的转速成正比,其输入的功率(机械功率)为:转速 $\times$ 转矩。选择变频器时应遵循以下原则。

①电动机功率在280kW以上应选择电流型变频器(多重化波形),75kW以下的电动机应选择电压型变频器(PWM波形),75~280kW的电动机可根据实际情况决定。

②根据拖动设备特性选择,机床类设备需要尽可能满足恒功率的硬特性,可选用专用电动机和配足变频器功率,尽可能选用矢量型变频器,并要求变频器带有制动电阻单元;风机、水泵等减力矩负载要选用专用变频器,便于节能运行;对于只需恒力矩的传动系统,选用通用型、矢量型或U/f型变频器均可。

变频器的正确选用对于机械设备电控系统的正常运行是至关重要的。选择变频器,首先要满足机械设备的类型、负载转矩特性、调速范围、静态速度精度、启动转矩和使用环境的要求,然后决定选用何种控制方式和防护结构的变频器最合适。所谓合适,是在满足机械设备的实际工艺生产要求和使用场合的前提下,实现变频器应用的最佳性价比。在实践中常将生产机械根据负载转矩特性的不同,分为三大类型:

a. 恒转矩负载。在恒转矩负载中,负载转矩 T_L 与转速 n 无关,任何转速下 T_L 总保持恒定或基本恒定,负载功率则随着负载速度的增高而线性增加。多数负载具有恒转矩特性,但在转速精度及动态性能等方面要求一般不高,例如挤压机、搅拌机、传送带、厂内运输电车、吊车的平移机构、吊车的提升机构和提升机等。选型时可选U/f控制方式的变频器,但是最好采用具有恒转矩控制功能的变频器。起重机类负载的特点是启动时冲击很大,因此要求变频器有一定余量。同时,在重物下放时,会有能量回馈,因此要使用制动单元或采用共用母线方式。

变频器拖动恒转矩性质的负载时,低速时的输出转矩要足够大,并且要有足够的过载能力。而对不均性负载(其特性是负载有时轻,有时重)应按照重负载的情况来选择变频器容量,例如轧钢机、粉碎机、搅拌机等。

对于大惯性负载,如离心机、冲床、水泥厂的旋转窑等,此类负载惯性很大,因此启动时可能会振荡,电动机减速时有能量回馈。应该用容量稍大的变频器来加快启动,避免振荡,配合制动单元消除回馈电能。

长期低速运转的系统,由于电动机发热量较高,风扇冷却能力降低,因此必须采用加大减速比的方式或改用6极电动机,使电动机运转在较高频率附近。低速运行时,要求有较硬的机械特性和一定的调速精度,但动态性能方面无较高要求时,可选用具有转矩控制功能的高功能型变频器,以实现恒转矩负载的调速运行。另外,对于恒转矩负载下的驱动电动机,如果采用通用标准电动机,则应考虑低速下电动机的强迫通风冷却,以避免电动机在低速运行时发热。

b. 恒功率负载。恒功率负载的特点是需求转矩 T_L 与转速 n 大体成反比,但其乘积即功率却近似保持不变。金属切削机床的主轴和轧机,造纸机,薄膜生产线中的卷取机、开卷机等,都属于恒功率负载。

负载的恒功率性质是针对一定的速度变化范围而言的,当速度很低时,受机械强度的限



制, T_L 不可能无限增大, 在低速下转变为恒转矩性质。负载的恒功率区和恒转矩区对传动方案的选择有很大的影响。电动机在恒磁通调速时, 最大允许输出转矩不变, 属于恒转矩调速; 而在弱磁调速时, 最大允许输出转矩与速度成反比, 属于恒功率调速。当电动机的恒转矩和恒功率调速的范围与负载的恒转矩和恒功率范围相一致时, 即所谓“匹配”的情况下, 电动机的容量和变频器的容量均最小。

c. 流体类负载。在各种风机、水泵、油泵中, 随叶轮的转动空气或液体在一定的速度范围内所产生的阻力大致与转速 n 的 2 次方成正比。随着转速的减小, 阻力按转速的 2 次方减小。这种负载所需的功率与转速的 3 次方成正比。各种风机、水泵和油泵, 都属于典型的流体类负载。由于流体类负载在高速时的需求功率增长过快, 与负载转速的 3 次方成正比, 所以不应使这类负载超工频运行。

在过载能力方面要求较低, 由于负载转矩与速度的平方成反比, 所以低速运行时负载较轻 (罗茨风机除外), 又因为这类负载对转速精度没有什么要求, 故选型时通常以价格为主要原则, 应选择普通功能型变频器, 只要变频器容量等于电动机容量即可 (空压机、深水泵、泥沙泵、快速变化的音乐喷泉需加大容量)。目前, 已有为此类负载配套的专用变频器可供选用。

(2) 系统特性

① 快速响应系统。所谓响应快是指实际转速对于转速指令的变化跟踪得快, 从负载变动和外界干扰引起的过渡性速度变化中恢复得快。要求响应快的典型负载有轧钢机、生产线设备、机床主轴、六角孔冲床等。要使变频器主电路能力充分发挥加减速特性, 最好选用转差频率控制的变频器。

② 被控对象的动态、静态指标要求。变频调速系统在低速时应有较硬的机械特性, 才能满足生产工艺对控制系统的动态、静态指标要求。如果控制系统采用开环控制, 可选用具有无速度反馈的矢量控制功能的变频器。

对于调速精度和动态性能指标都有较高要求, 以及要求高精度同步运行的系统, 如轧钢、造纸、塑料薄膜加工线这一类负载, 可选用带速度反馈的矢量控制方式的变频器。如果控制系统采用闭环控制, 可选用能够四象限运行, U/f 控制方式, 具有恒转矩功能型变频器, 如轧钢、造纸、塑料薄膜加工生产线。这一类对动态性能要求较高的生产机械, 应选用矢量控制的高性能变频器。例如电力机车、交流伺服系统、电梯、起重机等, 可选用具有直接转矩控制功能的专用变频器。

变频器不是在任何情况下都能正常使用的, 因此用户有必要对负载、环境要求和变频器有更多的了解。电动机所带动的负载不一样, 对变频器的要求也不一样。

a. 风机和水泵等最普通的负载: 对变频器的要求最为简单, 只要变频器容量等于电动机容量即可 (空压机、深水泵、泥沙泵、快速变化的音乐喷泉需加大容量)。

b. 起重机类负载: 这类负载的特点是启动时冲击很大, 因此要求变频器有一定余量。同时, 在重物下放时, 会有能量回馈, 因此要使用制动单元或采用共用母线方式。



c. 不均恒负载:有的负载有时轻,有时重,此时应按照重负载的情况来选择变频器容量,例如轧钢机、粉碎机、搅拌机等。

d. 大惯性负载:如离心机、冲床、水泥厂的旋转窑,此类负载惯性很大,因此启动时可能会振荡,电动机减速时有能量回馈。应该用容量稍大的变频器来加快启动,避免振荡,配合制动单元消除回馈电能。

e. 长期低速运转,由于电动机发热量较高,风扇冷却能力降低,因此必须采用加大减速比的方式或改用6极电动机,使电动机运转在较高频率附近。

f. 变频器安装地点必须符合标准环境的要求,否则易引起故障或缩短使用寿命;变频器与驱动电动机之间的距离一般不超过50m,若需更长的距离,则要降低载波频率或增加输出电抗器选件才能正常运转。

综上所述,异步电动机变频控制选用不同的控制方法,就可以得到不同性能特点的调速特性。在选用变频器时除了考虑技术性和可靠性外,还应考虑经济性,一般不要留有太大功率余量,变频器与电动机两者的功率应相匹配,不但经济性好而且输出波形更好。表1-1所示为常见几类设备的负载特性和负载转矩特性,可供变频器选型时参考。

表 1-1 常见几类设备的负载特性和负载转矩特性

应 用	负 载 特 性					负 载 转 矩 特 性			
流 体	风机、泵类	摩擦性负载	重力负载	流体负载	惯性负载	恒转矩	恒功率	降转矩	降功率
	压缩机			●				●	
金属加工机床	齿轮泵			●		●			
	压榨机					●			
	卷板机、拔丝机	●			●	●			
	离心铸造机					●			
	机械化供应装置	●			●				
	自动车床	●				●			
	转塔车床	●							●
	车床及加工中心					●			
	磨床、钻床						●		
电 梯	刨床	●				●			●
	电梯高、低速自动停车装置	●					●		
	电梯门		●			●			

续表

应 用	负 载 特 性				负 载 转 矩 特 性			
输 送	传送带	●			●			
	门式提升机	●			●			
	起重机、升降机升降		●		●			
	起重机、升降机平移		●		●		●	
	泥浆输送机	●			●			
	运载机			●	●			
	自动仓库上下		●		●			
	造料器、自动仓库输送	●			●			
普 通	搅拌机			●	●			
	农用机械、挤压机				●			
	分离机、离心分离机			●				
	印刷机、食品加工机械				●			
	商业清洗机			●				●
	吹风机					●		
	木材加工机	●			●			●

4. 变频器选择注意事项

在选择变频器时应注意以下事项。

① 选择变频器时应以实际电动机电流值作为变频器选择的依据,电动机的额定功率只能作为参考。另外,应充分考虑变频器的输出含有高次谐波,会造成电动机的功率因数和效率都变坏。采用变频器给电动机供电与用工频电网供电相比较,电动机的电流增加 10% 而温升增加约 20%。所以在选择电动机和变频器时,应考虑到这种情况,适当留有余量,以防止温升过高,影响电动机的使用寿命。

② 变频器与电动机之间若为长电缆,则应该采取措施抑制长电缆对地耦合电容的影响,避免变频器出力不够。对此,可将变频器容量放大一档选择或在变频器的输出端安装输出电抗器。

③ 当变频器用于控制并联的几台电动机时,一定要考虑变频器到电动机的电缆的长度总和在变频器的容许范围内。如果超过规定值,要放大一档或两档来选择变频器。另外,在此种情况下,变频器的控制方式只能为 U/f 控制方式,并且变频器无保护电动机的过流、过载保护,此时需在每台电动机回路上设置过流、过载保护。

④ 对于一些特殊的应用场合,如高环境温度、高开关频率、高海拔高度等,此时会引起变频器的降容,变频器需放大一档选择。环境温度长期较高,安装在通风冷却不良的机柜内时,会



造成变频器寿命缩短。电子器件,特别是电解电容等器件,在高于额定温度后,每升高 10°C 寿命会下降一半,因此环境温度应保持较低,除设置完善的通风冷却系统以保证变频器正常运行外,在选用上增大一个容量等级,使其在额定运行时温升有所下降。

⑤ 使用变频器控制高速电动机时,由于高速电动机的电抗小,高次谐波也增加输出电流值。因此,选择用于高速电动机的变频器时,应比普通电动机的变频器稍大一些。

⑥ 变频器用于变极电动机时,应充分注意选择变频器的容量,使其最大额定电流在变频器的额定输出电流以下。另外,在运行中进行极数转换时,应先停止电动机的工作,否则会造成电动机空转,恶劣时会造成变频器损坏。

⑦ 选择变频器时,一定要注意其防护等级是否与现场的情况相匹配。否则现场的灰尘、水汽会影响变频器的长久运行。驱动防爆电动机时,变频器没有防爆构造,应将变频器设置在危险场所之外。

⑧ 使用变频器驱动齿轮减速电动机时,使用范围受到齿轮转动部分润滑方式的制约。润滑油润滑时,在低速范围内没有限制;在超过额定转速以上的高速范围内,有可能发生齿轮减速机械和润滑故障。因此,不要超过齿轮减速机的最高转速允许值。

⑨ 变频器驱动绕线转子异步电动机时,由于绕线电动机与普通的鼠笼式电动机相比绕组的阻抗小,因此,容易发生由于纹波电流而引起的过电流跳闸现象,所以应选择比通常容量稍大的变频器。一般绕线电动机多用于飞轮力矩 GD^2 较大的场合,应用中应结合实际工况设定加、减速时间。

⑩ 在可以使用单相电源的情况下,三相小型电动机可选择“单相220V 电源进线三相输出”的变频器,电动机可由原三相380V Y接法,改为 Δ 接法,功率与原使用状态相同,这样选用更为经济。

⑪ 变频器驱动同步电动机时,与工频电源相比,降低输出容量10%~20%,变频器的连续输出电流要大于同步电动机额定电流与同步牵入电流的标称值的乘积。对于同步电动机负载,选择变频器的依据是电流、电压而不是功率。

⑫ 对于压缩机、振动机等转矩波动大的负载和在油压泵等有峰值负载情况下,如果按照电动机的额定电流或功率值选择变频器,有可能发生因峰值电流使过电流保护动作现象。因此,应了解工频运行情况,选择比其最大电流更大的额定输出电流的变频器。变频器驱动潜水泵电动机时,因为潜水泵电动机的额定电流比通常电动机的额定电流大,所以选择变频器时,其额定电流要大于潜水泵电动机的额定电流。

⑬ 当变频器驱动罗茨风机时,由于其启动电流很大,所以选择变频器时一定要注意变频器的容量是否足够大。

⑭ 单相电动机不适于用变频器驱动。

⑮ 电网电压处于不正常时将危及变频器的安全运行,例如380V的线电压若上升到450V就会造成变频器损坏,因此电网电压超过使用手册规定范围的场合,要使用变压器调整,以确