

低压变频器对比分析

中国工控网 (www.gongkong.com)

变频器渊源

变频器主要用于交流电动机(异步电机或同步电机)转速的调节,是公认的交流电动机最理想、最有前途的调速方案,除了具有卓越的调速性能之外,变频器还有显著的节能作用,是企业技术改造和产品更新换代理想调速装置。自上世纪80年代被引进中国以来,在短短的几十年时间里得到了非常广泛的应用。目前,变频器以其智能化、数字化、网络化等优点越来越受到人们的青睐。

变频器自20世纪60年代问世,到20世纪80年代在主要工业化国家已广泛使用,相对于工业化国家来说,我国变频器行业起步比较晚。20世纪80年代中期,我国变频器年销售量仅为数千万元,几乎都是国外品牌。经过十余年的推广和使用,变频器得到广大企业用户的认可,20世纪90年代,变频器应用逐步形成规模性市场。

经过大约40年的发展,目前变频调速已经上升为电气调速传动的主流,变频调速已经从最初的只能用于

风机、泵类的调速过渡到针对各类高精度、快响应的高性能指标的调速控制,从性能价格比的角度看,变频调速装置已经优于直流调速装置。中、小容量范围内,采用自关断器件的全数字控制PWM变频器已经实现了通用化,变频系统之所以发展得如此迅速,和一些关键性技术的突破性进展有关。它们是功率半导体器件(GTR, IGBT, MOSFET等)的制造技术、基于电力电子电路的电力变换技术(主要是DC-AC Converter)、交流电动机控制技术(矢量控制VC、直接转矩控制DTC等)以及微型计算机和大规模集成电路(DSP, ASIC)为基础的全数字化控制技术。大家可以看到变频器的外形尺寸和重量已经有了很明显的变化,在这种表象下更加显著的变化是这些电机驱动器所表现出的性能、效率和可靠性的改善。

早期的变频器是开环运行的,如东芝TOSVERT-130系列、Fuji FVRG5/P5系列等大多数为开环恒压比($V/f=常数$)的控制方式。其优点是控制结构简单、成本较低,

缺点是系统性能不高,比较适合应用在风机、水泵调速场合。具体来说,其控制曲线会随着负载的变化而变化、转矩响应慢、电机转矩利用率不高、低速时因定子电阻和逆变

器死区效应的存在而性能下降、稳定性变差等。一个重大的进步是1971年Siemens公司的Felix Blaschke开发出用于感应电机的磁场定向(磁通矢量)控制技术,并在其他人的努力下,最终使得变频器在许多应用场合达到甚至超过了直流调速器的性能。随着无速度传感器矢量控制(省去了轴角编码器)和直接转矩控制等先进控制方式相继出现,变频器的功能有了明显的改进和提升。

变频器的最初产生是用于工艺调速的目的,由于其副产品——“节能”的效果明显,使得许多用户采用变频器时更多的出于“节能”的目的。变频器作为节能应用与速度工艺控制中越来越重要的自动化设备,得到了快速发展和广泛的应用。在电力、纺织与化纤、建材、石油、化工、冶金、市政、造纸、食品饮料、烟草等行业以及公用工程中,变频器都在发挥着重要作用。

主要供应商及产品系列

变频器作为一种新兴的高技术产品,从一开始国外品牌就占据了大部分市场,如来自欧美的Siemens、ABB、Schneider、Emerson、Danfoss等,另外还有日韩的厂商如Fuji、Mitsubishi、Yaskawa、Sanken、LS产电等,国产品牌(包括台湾)的厂商如Delta、森兰、惠丰、英威腾等,活跃在我国变频器市场的品牌大约有上百个。

限于篇幅,下面仅对低压变频器主要供应商及产品系列进行介绍,见表1。



变频器技术参数对比

变频器技术的发展主要受到功率半导体器件制造技术、基于电力电子电路的电力变换技术、交流电动机控制技术以及微型计算机和大规模集成电路为基础的全数字化控制技术发展的影响。

1. 从功率半导体器件制造技术发展来看

20世纪30年代应用机械旋转式变频机组,将工频电源变换成低于工频以下的电源,功率变换器件是原动机发电机机组,存在效率低、损耗大、噪声大、体积大等问题。60年代SCR(晶闸管)问世,70年代晶闸管变频器开始逐步取代变频机组,进入了电力电子变频技术时代,使变频技术有了新发展。但由于晶闸管换向是靠外界电源自然换向或被强迫换向的,只能控制导通而不能直接控制关断,因此需要复杂的换向电路和电压、电流保护回路,控制复杂,开关频率低,目前主要用于交交变频器。80年代自关断器件大功率双极性晶体管GTR问世,出现了高性能GTR变频器,曾经红极一时,其性能大大优于晶闸管变频器,很快就在工业领域得到推广应用,但由于GTR、GTO为电流控制器件,存在驱动功率大、开关频率不高、并联困难等问题,影响实现大容量化及高频低损耗。用户的高频化要求推进了功率器件栅极的MOS化,90年代MOS场控型IGBT(绝缘栅晶体管)广泛用作变频器的功率变换器件。它具有开关频率高、并联容易,容易实现高压大容量化、控制方便的特点,所以一登场就体现出强大生命力,很快取代了GTR。IGBT变频器已成为现阶段变频调速技术的主流,在未来21世纪相当长的一段时间内仍将是电气传动领域的主导变频器。在21世纪IGBT

智能化模块IPM及智能化变频器将会有很大的发展,将功率变换、驱动、检测、控制、保护等功能集成化,实现高效节能、多功能、高性能、高附加值化,同时研究开发新电力电子器

件也会促进变频器性能进一步提升。

2. 从交流电动机控制技术控制方式来看

常见的控制方式有V/f控制、转差频率控制、矢量控制、直接转矩控制等。

表1

品牌	产品系列	功率范围(kW)	品牌	产品系列	功率范围(kW)
Siemens	MicroMaster 3	0.12~7.5	Delta	VF-A	0.75~22
	MicroMaster 4	0.12~250		VF-B	0.75~37
	SINAMICS G110	0.12~3		VF-F	0.55~110
	SIMATIC ET200S FC	0.75~4		VF-L	0.025~0.1
	Masterdrives MC/VC	0.2~6000		VF-M	0.4~5.5
	Masterdrives 6SE70/71	2.2~5000		VF-S	0.2~2.2
	SINAMICS G150	75~1200		VF-V	0.75~75
	Masterdrives G	250~1500		TD900	0.4~2.2
	SIMOVER MV	0.6~7200		TD2100	5.5~75
ABB	SIMOVER S	2000~50000	Emerson	EV1000	0.4~5.5
	ACS 50	0.18~2.2		EV2000	5.5~280
	ACS 100	0.12~2.2		EV3100	5.5~30
	ACS 140	0.12~2.2		TD3100	7.5~30
	ACS 160	0.55~2.2		TD3200	0.2~0.4
	ACS 400	2.2~37		TD3300	2.2~75
	ACS 550	0.75~355		VLT FC302	0.25~7.5
	ACS 800	0.55~2800		VLT 2800	0.37~18.5
	ACS 1000	315~5000		VLT 5000	0.75~400
Fuji	FRENIC-Mini	0.1~3.7	Danfoss	VLT 5000 Flux	0.75~400
	FRENIC5000MS5	0.75~45		VLT 6000	0.75~450
	G11UDII	3.7~55		VLT 7000	2.2~55
	G11/P11	0.2~400/5.5~500		VLT 8000 AQUA	1.1~450
	VG7S	0.75~400		FCM 300	0.55~7.5
	FE11S	0.1~7.5		Eta-K	0.16~7.5
Mitsubishi	FR-F700	0.75~630	Rockwell	FCD	0.37~3
	FR-E500	0.37~7.5		PowerFlex4/40	0.37~11
	FR-A500	0.37~800		PowerFlex400	5.5~75
	FR-F500	0.75~900		PowerFlex700	0.37~22
	FR-S500	0.2~3.7		PowerFlex700	0.37~2250
	FR-V500	1.5~250		1336 FORCE	2~694
Yaskawa	FR-V500J	0.4~15	森兰	1336 IMPACT	2~695
	L7	3.7~55		1336 PLUS	0.9~618
	V7	0.1~75		SB12	0.75~280
	F7	0.4~300		SB40	0.75~280
	F7B	0.4~300		SB50	0.4~4
	G7	0.4~300		SB60	0.75~15
Schneider	J7	0.1~3.7	惠丰	SB60+	0.75~400
	E7B	0.55~300		SB61	15~400
	ATV 11	0.18~2.2		SB70	0.4~315
	ATV 28	0.37~15		SB80A/B	1.5~110
	ATV 31	0.18~15		F1000-G	0.4~400
	ATV 38	0.75~315		F1500-G	0.4~400
Sanken	ATV 58	0.37~75	英威腾	F1000-M	0.4~30
	ATV 58F	0.75~55		CHV110	7.5~75
	ATV 68	75~630		CHV160	5.5~700
	ATV 71	0.75~500		CHV	0.75~315
	Samco-e	0.4~3.7		CHF	0.4~350
	Samco-IHF	75~250		CHE	0.4~350
			INVT-G9	0.75~600	
			INVT-P9	0.75~600	

电压空间矢量控制的典型机型如1989年前后进入中国市场的FUji（富士）FRN5000G5/P5、Sanken（三星）MF系列等；以及基于电机的稳态模型，用直流电流信号重建相电流的西门子MicroMaster系列等。

20世纪70年代初发明了矢量控制技术，也称磁场定向控制。它是由西德F.Blasschke等人首先提出，1992年开始，德国西门子开发了6SE70通用型系列，通过FC、VC、SC板可以分别实现频率控制、矢量控制、伺服控制，1994年又将该系列扩展至315kW以上。

未引入转矩调节之前采用的各种电机控制方式对系统性能而言并没有得到根本性的改善，1985年德国鲁尔大学Depenbrock教授首先提出直接转矩控制理论（Direct Torque Control简称DTC），1995年ABB公司首先推出的ACS600直接转矩控制系列已达到<2ms的转矩响应速度，在带PG时的静态速度精度达0.01%，在不带PG的情况下即使受到输入电压的变化或负载突变的影响，也可以达到正负0.1%的速度控制精度。其他公司也以直接转矩控制为努力目标，如安川VS-676H5高性能无速度传感器矢量控制系列，虽与直接转矩控制还有差别，但它也已做到了100ms的转矩响应和正负0.2%（无PG）以及正负0.01%（带PG）的速度控制精度，转矩控制精度在正负3%左右。其他公司如日本富士电机推出的FRN 5000G9/P9以及FRN5000GII/P11系列采取了类似无速度传感器控制的设计，性能有了进一步提高，然而变频器的价格并不比以前的机型昂贵多少。

3. 从微型计算机和大规模集成电路为基础的全数字化控制技术来看

自从1991年INTEL公司推出

表2

功率段	亿元	比例	品牌	用户需求
≤7.5 kW	8.8	14.40%	除台达以外，主流供应商均为国外品牌	主要运用于机械类和提升类负载，一般用于OEM配套
11~30 kW	20.5	33.70%	几乎所有供应商都提供这一功率段的产品，国内厂商较多，国外品牌中Sanken、Fuji较为突出	OEM配套应用占多数，大部分的风机水泵应用，集中在这个功率段，涵盖部分大功率提升负载
37~90kW	15.6	25.60%		
≥110kW	16	26.30%	基本为国外厂商，以ABB、Siemens为代表	风机水泵与大功率提升负载

8X196MC系列以来，专门用于电动机控制的芯片在品种、速度、功能、性价比等方面都有了很大的发展。如日本Mitsubishi开发的用于电动机控制的M37705、M7906单片机和美国TI（Texas Instruments）的TMS320C240 DSP等都是颇具代表性的产品。现在的变频装置几乎已实现了数字化控制，从80年代中期开始逐步发展到16位、32位微处理器，目前普遍采用DSP高速数字信号处理器。

附表中列举了活跃在市场上的一些主流品牌推出的变频器系列的技术参数，我们从工程师选型和日常应用所关注的技术参数出发，希望通过对浩繁的资料归类、整理而产生横向对比效果，为行业自动化工程师提供技术参考和资料库的作用。需要说明的是部分型号的变频器参数受负载、功率大小、使用配置等方面的影响，会与表中所列数据有出入，工程师在实际的选型、使用、调试过程中还是要以厂商提供的使用说明书为准。



实际的选型、使用、调试过程中还是要以厂商提供的使用说明书为准。

变频器市场状况

变频器市场的划分较为复杂，在不同的市场细分中，存在着不同的优势厂商。虽然主流厂商都推出了通用变频器，

但是由于不同品牌的市场策略，不同产品的市场定位和性能的不同，表现也各有不同。下面将对市场按照功率段、负载类型进行划分，以描述不同市场细分的规模和需求供给特点。

变频器市场规模——功率段

功率作为变频器最主要的技术指标之一，决定了其价格、运用场合乃至所采用的技术类型，是变频器市场最主要的细分指标之一。在此，中国工控网(www.gongkong.com)将变频器划分为≤7.5 kW、11~30 kW、37~90kW、≥110kW四个功率段，见表2。

变频器市场规模——负载类型

不同的负载类型对变频器有着不同的技术要求。这种技术要求成为了不同变频器市场的技术门槛，从而产生了不同的供应商群体，见表3和表4。

需要说明的是，负载类型在某些场合下是有可能重叠的，譬如印染中机械负载有一部分也为风机负载。但整体来看，这种重叠是较少的，在这里的市场规模分析中，是可以略去不计的。

变频器市场份额

中国变频器市场上国外品牌超过20个，国内供应商有近百家，使得市场份额相对比较复杂，但市场集中度仍然比较高，前五名供应商占据了近60%的市场，前十名占据了近80%，从比例上看欧美系列的变频器占据着近半数的市场，日韩其次，国产品牌（包括台湾）的变频器供应商已经拥有了相当大的空间，见表5。

变频器发展动态

从当前白热化的变频器市场可以看出变频器产业的飞速发展,应用需求、市场竞争最直接的作用结果就是供应商所作出的积极反应,从技术发展和市场变化来看,基本可以归结为:

1. 数字控制

用数字处理器可以实现比较复杂的运算,变频器数字化将是一个重要的发展方向,已经有越来越多的变频器采用DSP高速数字信号处理器和专用电机处理芯片。

2. 多种控制类型

多种控制模式代表着变频器领域目前的发展水平。典型的低端变频器提供V/f和无速度传感器矢量控制方式,而高端变频器采用磁通矢量控制、直接转矩控制等,另外单一的控制方式有着各自的优缺点,并没有

“万能”的控制方式,在有些控制场合,需要将一些控制方式结合起来,例如将学习控制与神经网络控制相结合,自适应控制与模糊控制相结合,直接转矩控制与神经网络控制相结合,或者称之为“混合控制”,这样取长补短,控制效果将会更好。

3. 网络监控

从变频器参数对比表(见附表)中可以看出多数变频器厂家都提供通讯插件供用户选择,现场总线的优势已经在实际应用中逐步体现出来,通过网络可以很方便地对变频器进行配置管理和远程监控。

4. 绿色变频

随着可持续发展战略的提出,对于环境的保护越来越受到人们的重视。各大变频器厂商都正在通过采取合适的控制方式来解决变频器产生的

高次谐波对电网带来的污染,以及降低变频器工作时的噪声、增强其工作的可靠性、安全性等问题。

5. 小型化

变频器的小型化除了功率半导体器件技术发展和系统设计的大规模集成化的原因外,功率器件发热的改善和冷却技术的发展已成为小型化的重要原因。ABB公司将小型变频器定型为Comp-AC,他向全球发布的全新概念是小功率变频器应当象接触器、软起动器等电器元件一样使用简单,安装方便,安全可靠。

6. 专用化

通用变频器中出现专用型家族是近年来的事,其目的是更好发挥变频器的独特功能并尽可能地方使用户。如用于起重负载的ABB ACC系列,用于电梯的Siemens电梯专用变频器和Fuji FRN5000G11UD系列,其他还有用于恒压供水、机械主轴传动、电源再生、纺织、机车牵引等专用系列。

7. 集成外部功能

通用变频器将会集成与行业自动化应用相关的更多外部功能,例如根据艾默生旗下的CT(Control Techniques)公司的说法,未来的变频器将会更多的集成多种外部功能,可编程控制器和运动控制功能现在可以在一台驱动器中以相当低的总系统成本实现。“我们希望未来系统的组成部分完全包括在机壳内部,其中有驱动器单元、电源线和限流设备、串行通讯线、人机显示和接口设备等。”

8. “本土化”战略

为了提高产品的市场竞争力,提高变频器产品的性价比,世界各知名品牌厂家纷纷移师中国,实行“本土化”战略,以降低成本从而降低产品价格。如天津的Siemens传动生产基地、北京的ABB变频器工厂、无锡的Fuji生产基地、江阴的Sanken合资工厂等。■

表3

负载类型	亿元	比例
提升负载	15.8	25.9%
机械负载	34.0	55.8%
风机水泵	11.1	18.2%
合计	60.9	100.0%

表4

划分	负载	用户		供应商
		行业	要求	
高端	提升	电梯、起重	高技术要求: 适应频繁的起停和正反转、大启动转矩 高可靠性: 应用行业为与人直接相关的作业	安川(电梯) 西门子 ABB(起重)
中端	机械	纺织机械 包装机械等	较高的技术要求: 矢量变频技术 高质量稳定性: 批量制造的质量稳定性 较高的知名度: 以提升机械的品牌效应	以国外品牌为主
低端	风机水泵	大部分工厂的工艺环节 几乎全部工厂的公用工程	负载简单 技术要求不高 非重要电机可靠性要求不高	主要为国内品牌的市场, 国外品牌以Fuji、Sanken为主

表5

供应商	销售额(亿元)	市场份额
欧美	28.4	46.7%
日韩	20.7	33.9%
国产(包括台湾)	11.8	19.4%
合计	60.9	100%

附表1

变频器品牌	Siemens	ABB	Fuji
变频器系列	MM 4	ACS 550	FRENIC 5000
功率范围	恒转矩: 0.37kW ~ 75kW; 变转矩: 0.55kW ~ 90kW	0.75 ~ 355kW	0.4 ~ 315kW
输入电压	3AC 380V ~ 480V ±10%	3AC, 380 ~ 480伏, +10/-15%	3AC 380 ~ 440V/60Hz, +10V/-率(*5)≤2%)
输入频率	47 ~ 63Hz	48 ~ 63Hz	380 ~ 440V/60Hz, +5V/-5%
输出频率	0Hz ~ 650Hz	0 ~ 500赫兹	0 ~ 400Hz
功率因数	≥0.7	0.98	
变频器效率	96% ~ 97%		
过载能力(相对额定转矩)	150%负载电流过载能力, 5min内持续时间 60s; 或 200% 过载, 1min内持续3s	正常使用1.1 x I2N, 每10min过载1min; 重负荷使用1.5 x I2hd, 每10min过载1min; 保持1.8 x I2hd, 每60s过载2s	150%额定输出电流1min, 180%额定
起动冲击电流	小于额定输入电流	小于额定输入电流	小于额定输入电流
起动转矩		转矩提升电流0 ~ 300%	180%以上(动态转矩矢量控制时)
控制方式	矢量控制, 力矩控制, 线性V/F, 平方V/F(风机曲线), 可编程V/F, 磁通电流控制(FCC), 低功率模式	矢量控制, 转矩控制, 标量控制	V/F控制, 动态转矩矢量控制(无传制), 带PG矢量控制(选件)
载波频率	2 ~ 16KHz(每级改变量为 2KHz)	1, 4, 8 KHz	0.75 ~ 15KHz可设定
频率设定值的分辨率	数字, 串行通讯: 0.01Hz	0.01Hz	
加速时间	0 ~ 650 s	0.1 ~ 1800s	0.01 ~ 3600s
减速时间	0 ~ 650 s	0.1 ~ 1800s	0.01 ~ 3600s
加减速方式	斜坡	斜坡, S形加减速	直线加减速, S形加减速(强型),
数字输入	3路完全可编程的带隔离的数字输入, 可切换为PNP/NPN	6路: 直流12伏 ~ 24伏, 内部或外部供给, PNP和NPN	12路并行信号(12进制)设定选件
模拟输入	2路, 可编程: 0~10V, 0~20mA 和 -10~+10V	2路: 电压0(2) ~ 10V, R输入 > 312KΩ, 单路; 电流0(4) ~ 20mA, R输入 = 100Ω	由外部电压、电流设定: 0~+10VDC, 0~+10VDC(0~+5VDC); 4~20mADC, 20~4mADC,
数字输出	3路可设置, 30V DC/5A(电阻性负载), 250V AC/2A(感性负载)的继电器输出	最大触点电压: 30 V DC, 250 V AC; 最大触点电流/功率: 6 A, 30 V DC; 1500 VA, 250 V AC; 最大连续通过电流: 2 A rms (cos=1), 1 A rms (cos=0.4); 最大负载: 500 mW (12 V, 10 mA)	4路晶体管输出, 2路继电器输出
模拟输出	2路, 可编程(0/4mA~20mA)	2路: 0(4) ~ 20mA, 负荷< 500Ω	1路模拟输出, 1路脉冲输出
内置PID功能	有	有	有
应用宏	有	有	无
通讯接口	RS485, RS232, USS协议	RS 485 Modbus协议, 内置现场总线(EPB) 通讯协议	RS485(标准)
	提供Profibus通讯插件	提供DeviceNet, Profibus, ControlNet, EtherNet/IP, Modbus/TCP, CANopen的总线适配器模块	各种Bus(选件)
电磁兼容性	可选用 EMC 滤波器, 符合 EN55011 A 级或 B 级标准; 变频器内置 A 级滤波器	可选	可选
制动	直流制动, 复合制动, 动力制动, 集成制动器	直流制动, 磁通制动, 动力制动	直流制动, 动力制动
保护等级	IP20	IP21/UL Type 1	IP00开放式(IP20封闭可选用订购)
使用温度范围	恒转矩: -10°C ~ +50°C; 变转矩: -10°C ~ +40°C	-15° ~ 40° C	
湿度	相对湿度 95%, 无结露	低于95% (无凝露)	
海拔高度	海拔1000m以下使用时不降低额定参数	0 ~ 1000m之间可达到额定电流, 1000 ~ 2000m每增加100m输出电流降低1%	海拔1000m以下
保护功能	欠电压, 过电压, 过载, 接地故障, 短路, 电机失速防护, 闭锁电动机, 电动机过温 I2t, PTC, 变频器过温, 参数密码保护等	过流, 接地, 过温, 过压, 微处理器故障, 欠电压, 辅助电源故障, 短路, 电机堵转, 过载, 参数密码保护等	过载, 缺相, 过流, 接地, 过热, 短路, 制动电阻保护, 失速防止,
冷却方式	风扇冷却	风扇冷却	风扇冷却
认证标准	UL UL CE C-tick 认证	CE, UL 认证	
	符合 EC 低电压规范 72/73/EEC 和电磁兼容规范 89/336/EEC	EN 50178 和 EN 60204-1, 传动单元符合 European Low Voltage Directive(欧洲低压管理条例)。	CE, TUV (22kW以下), UL,
订货号*	6SE6440-2AD37-5FA1	ACS550-01--180A-4	FRN75G11S-2 CX
箱体外部尺寸 (W x H x D (mm)) *	350 x 850 x 320	300 x 700 x 400	375 x 750 x 270
重量 (kg)*	56	78	48

* 以75kW为例

	Mitsubishi	Yaskawa	Schneider
	FR-A740	Varispeed G7	Altivar 71
	0.4 ~ 500kW	0.4 ~ 300kW	0.37 ~ 500kW
15%(相间不平衡)	3AC 323 ~ 528V	3AC 380, 400, 415, 440, 460, 480V, +10%, -15%	3AC 380 ~ 415V
	50Hz/60Hz±5%	50/60Hz±5%	50/60 Hz
	0.2 ~ 400Hz	0.01 ~ 400Hz	0 ~ 1000 Hz
定输出电流0.5s	200% 60s, 250% 3s(反时限特性)周围温度50℃	额定输出电流的150% 持续1min, 200% 持续0.5s	220% 的电机额定转矩, 持续时间为2s; 170% 的电机额定转矩, 持续时间为60s
	小于额定输入电流	小于额定输入电流	小于额定输入电流
	200% 0.3Hz (0.4K ~ 3.7K), 150% 0.3Hz (5.5K以上) (实时无传感器失, 矢量控制量控制时)	150%/0.3Hz (无PG矢量控制), 150%/0min-1(带PG矢量控制)	
传感器矢量控	Soft-PWM控制 / 高载波频率PWM控制 (可以选择V/F控制, 先进磁通矢量控制, 实时无传感器矢量控制) / 矢量控制 (使用选件FR-A7AP时) *1	带PG矢量控制, 无PG矢量1/2控制, 无PG V/f控制, 带PG V/f控制(根据参数切换)	带传感器的磁通矢量控制(FVC), 无传感器的磁通矢量控制, 2点矢量控制, 电压/频率比, ENA系统, 同步电机
	0.01Hz	数字指令0.01Hz, 模拟量指令0.03Hz/60Hz(11位模拟量+符号)	0.01Hz
	0 ~ 3600s	0.01 ~ 60000s (加速, 减速个别设定: 4种切换)	0.1 ~ 999s
	0 ~ 3600s	0.01 ~ 60000s (加速, 减速个别设定: 4种切换)	0.1 ~ 999s
曲线加减速	直线, S形加减速模式, 齿隙措施加减速	斜坡, S形加减速	斜坡, S形加减速
	11路数字输入	12路数字输入	6 ~ 20路
+10V~0VDC, 4~20mADC	DC0 ~ 5V (或0 ~ 10V, 4 ~ 20mA)	3路: 0 ~ 10V, 4 ~ 20mA	0 ~ 8路
	2路继电器输出, 2路集电极开路	3路继电器输出, 4路集电极开路	2 ~ 4路
	1路模拟输出: DC 0 ~ 20mA	2路模拟输出: DC 0 ~ 20mA, 2路脉冲输出	1 ~ 3路
	有	PID控制(带滑差功能)	有
	无		有
	RS-485, USB通	RS-485/422, MEMOBUS通信	Modbus 与 CANopen
	Modbus RTU 协议	提供DeviceNet, Profibus-DP, ControlNet, InterBus-S, CC-link, CANopen的总线适配器模块	提供Fipio, Ethernet, Modbus Plus, Profibus DP, DeviceNet, Uni-Telway, Interbus通讯插件
	内置滤波器		集成EMC A级滤波器
	直流制动, 动力制动	直流制动, 动力制动	直流制动, 动力制动
	开放型(IP00)	IEC IP00	IP 21 与 IP 41 在上部, IP 20, 机壳的上部没有盖板, IP 21 带有附件VW3 A9 1 pp, NEMA 类型1 带有附件VW3 A9 2
	LD, ND (初期值), HD: -10℃~+50℃ (不结冰) SLD: -10℃~+40℃ (不结冰)	-10~+40℃ (封闭挂壁型), -10~+45℃ (柜内安装型)	-10℃~50℃
	90%RH 以下(不凝露)	95%RH以下(无结露)	5% ~
	海拔1000m以下, 5.9m/s ² 以下*5 (JIS C 60068-2-6 标准)	海拔1000m以下	海拔1000m以下
过压, 欠压, 输出缺相等	加速中过电流, 恒速中过电流, 减速中过电流, 加速中过电压, 恒速中过电压, 减速中过电压, 保护动作, 风扇过热, 发生瞬时停电, 不足电压, 输入缺相, 电机过负荷, 输出短路, 输出缺相, 外部过电流保护动作等	电机保护, 瞬时过电流, 保险丝熔断保护, 过载, 过压, 欠压, 瞬时停电补偿, 散热片过热, 失速防止, 接地保护等	热保护, 电机保护, 过电压, 欠电压, 缺相等
	强制风冷	风扇冷却	强制风冷
CUL	CE, 标准规格UL 508C, CSA C22.2 No.14		UL, CSA, CE, C-Tick, GOST
	FR-A740-90K-CHT	CIMR-G7A4075	ATV71HD75N4
	400 x 620 x 300	450 x 725 x 348	320 x 630 x 290
	50	91	45

附表2

变频器品牌	Delta	Emerson	Sanken
变频器系列	VFD V	TD3000	SAMCO-IHF
功率范围	0.75 ~ 75kW	2.2 ~ 75kW	75 ~ 250kW
输入电压	3AC 380 ~ 480V ±10%	3AC 380V ±20%	3AC 380V/50Hz, 400V/50Hz, 460V/60Hz; -15%, +10%
输入频率	50/60Hz ±5%	50Hz/60Hz ±5%	3AC 380V/50Hz, 400V/50Hz, 460V/60Hz; ±5%
输出频率	0 ~ 400Hz(高速版3000Hz)	0 ~ 400Hz	0.05 ~ 120Hz(起动频率0.05 ~ 120Hz可调)*2
功率因数	0.85以上		0.9以上
变频器效率	0.9		0.95以上
过载能力(相对额定转矩)	150%ED 60s, 200%ED 2s	150%额定电流2min, 180%额定输出电流10s	150% 1min
起动冲击电流	小于额定输入电流	小于额定输入电流	小于额定输入电流
起动转矩	0.5Hz启动转矩: 150%	有PG反馈矢量控制: 200%/0rpm, 无PG反馈矢量控制: 150%/0.5Hz	矢量控制时150%额定转矩
控制方式	正弦SOFT PWM和PWM调制, V/F, 无感测向量控制, 矢量控制, 转矩控制	有PG反馈矢量控制, 无PG反馈矢量控制, V/F控制	V/F控制, 无速度传感器控制
载波频率	最大15KHz	最大16KHz	默认7KHz, 范围: 1 ~ 14KHz
频率设定值的分辨率	0.01Hz	数字设定: 0.01Hz, 模拟设定: 1/2000最大频率	0.01Hz(0.05Hz~120Hz), 0.1%(10位0 ~ 10V, 4 ~ 20mA), 0.2%(9位0~5V)对最高输出频率*3
加速时间	0 ~ 6000s	0.1 ~ 3600s	0 ~ 6500s
减速时间	0 ~ 6000s	0.1 ~ 3600s	0 ~ 6500s
加减速方式	斜坡, S形加减速	斜坡, S形加减速	直线, S形 (5个)
数字输入	8路	2路固定输入, 8路可编程	9路
模拟输入	3路, 可编程: 0 ~ 10V, -10 ~ +10V, 4 ~ 20mA	2路, -10 ~ +10 V DC, 11bit+符号位; 1路, 0 ~ 10V/0 ~ 20mADC, 10bit, 由主板CN10 V/I 跳线选择	2路: 0 ~ 10V, 4 ~ 20mA
数字输出	2路继电器接点, 3路开集电极输出	2路, 最大输出电流50mA, 1路, 触点容量: 250V AC /3A 或30V DC /1A; 1路, 触点容量: 250V AC /3A, 或30V DC /1A	2路AC250V 0.3A; 3路开路集电极输出
模拟输出	1路模拟输出	2路, 0 ~ 20mA, 可编程	1路, 0 ~ 10 V
内置PID功能	有	有	有
应用宏	无	无	无
通讯接口	RS 485 Modbus协议 提供Profibus DP, DeviceNet通讯插件	RS-485 提供Profibus通讯插件	串行通信 提供Profibus/DeviceNet通讯插件
电磁兼容性	可选滤波器	可选滤波器	可选滤波器
制动	直流制动, 动力制动	直流制动, 动力制动; 22kW以下内置制动单元	直流制动, 动力制动
保护等级	IP41	IP20	封闭型 (IP20)
使用温度范围	-10°C ~ +50°C (+50°C无防尘盖)	-10°C ~ +40 °C	-10 ~ +50°C
湿度	90%RH以下 (无结露)	20%~90%RH, 无水珠凝结	90%以下 (无水珠凝结现象)
海拔高度	海拔1000m以下	海拔1000m以下	海拔1000m以下
保护功能	过电压, 过电流, 低电压, 外部异常中断, 电机过载, 接地保护, 驱动器过负载, IGBT模组短路保护, 过温保护等	输入输出缺相, 过载, 短路等28种保护	电流限制, 过电流断开, 电机过载, 外部热敏器, 欠压, 瞬时停电, 过电压, 散热片过热, 输出缺相
冷却方式	强制风冷	强制风冷	强制风冷
认证标准	VDE, UL, CE, CCC		
订货号*	VFD750V43A	TD3000 - 4T0750G	IHF-75K
箱体外部尺寸 (W x H x D (mm)) *	425 x 660 x 280	300 x 747 x 472	460 x 690 x 295
重量 (kg)*	76	35	75

* 以75kW为例

Danfoss	森兰	惠丰	英威腾
VLT 5000	SB-80A	F1000-G	CHV100
0.75 ~ 400	2.2 ~ 110kW	0.4 ~ 400kW	1.5 ~ 630kW
3AC 380 ~ 500V	3AC 320 ~ 440V; 电压失平衡率<3%	3AC 380V ± 15%	3AC 380V ± 15%
50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz	47 ~ 63Hz
0 ~ 132或0 ~ 1000	V/F控制: 0~650Hz, 矢量控制: 9~200Hz	0.50 ~ 400.0Hz	0 ~ 600Hz
0.9/1.0	0.94以上	0.93以上	0.8以上
0.97	45kW 及以下≥94%; 55kW 及以上≥96%;	0.95以上	≥0.98
高转矩特性: 在CT或VT模式下均可获得160%的转矩, 持续时间为1min; 正常转矩特性: 在CT或VT模式下获得110%的转矩, 持续时间为1min	SB80A/B: 150%额定电流2min, 180%额定电流20s, 250%额定电流2s; SB80C: 150%额定电流1min, 200%额定电流0.5s	150%额定电流, 1min	150%额定电流 60s; 180%额定电流 10s
小于额定输入电流	小于额定输入电流	小于额定输入电流	小于额定输入电流
180%额定转矩	无PG V/F控制: 150%/1Hz; 有PG V/F控制: 150%/1Hz; 无PG矢量控制: 180%/0.5Hz; 有PG矢量控制: 180%/0Hz	120%额定转矩	无PG矢量控制: 0.5Hz/150% (SVC); 有PG矢量控制: 0Hz/180%
开环速度控制, 闭环速度控制, 转矩控制	无PG V/F控制, 有PG V/F控制, 无PG矢量控制, 有PG矢量控制, V/F分离控制	线性V/F控制, 空间电压矢量+随机PWM	无PG矢量控制, 有PG矢量控制, V/F控制
默认4KHz, 范围: 3 ~ 14KHz	37kW及以下: 1 ~ 16KHz (标准设置8KHz); 45 ~ 110kW: 1 ~ 12KHz (标准设置3KHz)	随机载波	1.0K ~ 16.0KHz; 可根据温度和负载特性自动调整
0.01Hz	数字或脉冲频率给定: 0.01Hz; 模拟给定: 0.2%最大频率	最高0.01Hz	通讯给定: 0.01Hz; 模拟给定: 1%最大频率
0.05 ~ 3600s	4套加减速时间, 0.1/0.01 ~ 3600s	0.1 ~ 3600s	0.0 ~ 3600.0s
0.05 ~ 3600s	四套加减速时间, 0.1/0.01 ~ 3600s	0.1 ~ 3600s	0.0 ~ 3600.0s
直线加减速, S曲线加减速 (4个)	直线加减速, S曲线加减速 (2个)	斜坡, S形, 平方曲线, 抛物线曲线加减速	斜坡, S形加减速
8路	10路多功能自定义漏/源可选数字输入	8路	6路
3路: 0 ~ 10V, 4 ~ 20mA	3路高精度 (12位绝对值+符号位) 模拟输入	3路, 0 ~ 10V, 0 (4) ~ 20mA	2路: 0 ~ 10V, 4 ~ 20mA
1路NO/NC继电器接点	6路	4路	2继电器接点, 1个开集电极输出
2路, 4 ~ 20mA	2路高精度 (0.5%) 模拟输出	2路, 0 ~ 10V, 0 (4) ~ 20mA	1路
有	有	有	有
无	无	无	无
RS 485, 协议: ProfiDrive	内置RS485, RS232和CAN, DeviceNet通讯口	内置RS485, RS232; 专用协议	RS232和RS485双物理通讯接口, Modbus RTU/ASCII
提供Profibus DP V0/FMS, Profibus DP V1/V0, DeviceNet, Interbus, Modbus+, LonWorks通讯插件	提供RS232, CAN通讯扩展板		可扩展串口通讯卡
可选配备符合EN55011标准 (A1和B类) 的滤波器	可选滤波器	可选滤波器	可选滤波器
直流制动, 动力制动	直流制动, 动力制动; 15kW及以下功率等级内置制动单元, 使用外置制动电阻	直流制动, 动力制动	直流制动, 动力制动
IP00/机架式, IP20/IP21/NEMA1, IP54/NEMA12	IP20	IP20	IP20
最高40°C	-10°C ~ +50°C (环境温度50°C ~ 55°C, 请降额使用)	-10°C ~ +50°C	-10°C ~ +40°C之间, 超过40°C以上须降额使用
93%, +2%, -3%(IEC 68-2-3)	5~95%RH, 无水珠凝结	90%以下 (无水珠凝结现象)	相对湿度≤90%, 无结露
海拔1000m以下	海拔1000m以下	海拔1000m以下	1000m以下可以输出额定功率, 海拔高度超过1000m, 其输出功率会下降
缺相, 过流, 过压, 欠压, 过热, 电机过载, 通讯异常, 存储器异常等16种	缺相, 过流, 相间短路, 对地短路, 过压, 欠压, 过热, 电机过载, 失速防止, 外部故障, 键盘通讯异常, 存储器异常等	输入缺相, 输入欠压, 直流过压, 过电流, 过载, 电流失速, 过热, 外部干扰等	29种故障保护功能: 过流, 过压, 欠压, 过温, 缺相, 过载等保护功能
强制风冷	强制风冷	风冷	强制风冷
DNV, GL, LRS, BV, ABS, RINA, CCS, RMRS		CE, CCC	CE
VLT5100-P-T4	SB80A-75T4	F1000-G0750T3C	CHV100-075G-4
495 x 937 x 421	500 x 900 x 350	405 x 633 x 310	460 x 755 x 330
124	98		77