
深圳市技成培训学员专用参考资料

变频器知识大全（第一部分基础篇）



技成培训

深圳市技成科技有限公司

（仅供学员本人参考）

www.jcpeixun.com

深圳技成科技是一家致力于工控行业应用技术网上培训的互联网企业，其宗旨是利用互联网资源的跨地域性和可重复利用,为广大工控行业技术人员提供最便利、便捷的工控行业应用技术培训及相关服务，迅速提高我国的工控行业技术人员的技术培训覆盖程度,使得他们的技术水平迅速和全面的得到提高。

作为广东省自动化学会以及中华工控网(www.gkong.com)在网上培训方面的唯一合作伙伴，技成科技有着十分丰富的教学资源和客户资源，可以根据社会需要迅速推出相应的培训课程，并可以在最短的时间内提供给客户，在课程的设计、制作和销售方面具有相当的优势。

我公司热诚欢迎可以提供优质培训服务的培训机构和个人跟我们合作为学员提供网上培训服务,我公司将秉承“以学员为中心,与客户共成长”的理念,提供最完善的培训和技术服务方案,与合作伙伴一起为广大工控行业技术人员打造一所近在身边的技术学堂,不断为广大客户、为合作伙伴、为社会创造新的价值。。

详情请登入：www.jcpeixun.com

客服热线：0755-86227567 或 0755-86227467

目录

基础篇

变频器的基础知识，变频器的工作原理，变频器控制方式
变频器的使用中遇到的问题和故障防范，变频器对周边设备的
影响及故障防范，变频器技术发展方向预测。

控制篇

通用变频器中基于DSP的数字控制器实现，基于DSP控制的三相
AC/AC变频器控制方案的研究，

应用篇

变频器在工程应用中需要注意的几个问题，变频器在中央空调
中的应用，丹佛斯VLT变频器在纺织机械中的应用，西门子
MicroMaster 440变频器在电梯控制系统中的应用。

基础篇

变频器的基础知识

变频器是把工频电源(50Hz 或 60Hz)变换成各种频率的交流电源,以实现电机的变速运行的设备,其中控制电路完成对主电路的控制,整流电路将交流电变换成直流电,直流中间电路对整流电路的输出进行平滑滤波,逆变电路将直流电再逆成交流电。对于如矢量控制变频器这种需要大量运算的变频器来说,有时还需要一个进行转矩计算的CPU以及一些相应的电路。变频调速是通过改变电机定子绕组供电的频率来达到调速的目的。

变频技术是应交流电机无级调速的需要而诞生的。20世纪60年代以后,电力电子器件经历了SCR(晶闸管)、GTO(门极可关断晶闸管)、BJT(双极型功率晶体管)、MOSFET(金属氧化物场效应管)、SIT(静电感应晶体管)、SITH(静电感应晶闸管)、MGT(MOS控制晶体管)、MCT(MOS控制晶闸管)、IGBT(绝缘栅双极型晶体管)、HVIGBT(耐高压绝缘栅双极型晶闸管)的发展过程,器件的更新促进了电力电子变换技术的不断发展。20世纪70年代开始,脉宽调制变压变频(PWM-VVVF)调速研究引起了人们的高度重视。20世纪80年代,作为变频技术核心的PWM模式优化问题吸引着人们的浓厚兴趣,并得出诸多优化模式,其中以鞍形波PWM模式效果最佳。20世纪80年代后半期开始,美、日、德、英等发达国家的VVVF变频器已投入市场并获得了广泛应用。

变频器的分类方法有多种,按照主电路工作方式分类,可以分为电压型变频器和电流型变频器;按照开关方式分类,可以分为PAM控制变频器、PWM控制变频器和高载频PWM控制变频器;按照工作原理分类,可以分为V/f控制变频器、转差频率控制变频器和矢量控制变频器等;按照用途分类,可以分为通用变频器、高性能专用变频器、高频变频器、单相变频器和三相变频器等。

VVVF: 改变电压、改变频率 CVCF: 恒电压、恒频率。各国使用的交流供电电源, 无论是用于家庭还是用于工厂, 其电压和频率均为 400V/50Hz或200V/60Hz(50Hz), 等等。通常, 把电压和频率固定不变的交流电变换为电压或频率可变的交流电的装置称作“变频器”。为了产生可变的电压和频率, 该设备首先要把电源的交流电变换为直流电(DC)。

用于电机控制的变频器, 既可以改变电压, 又可以改变频率。

变频器的工作原理 我们知道, 交流电动机的同步转速表达式位:

$$n=60 f(1-s)/p \quad (1) \quad \text{式中}$$

n——异步电动机的转速;

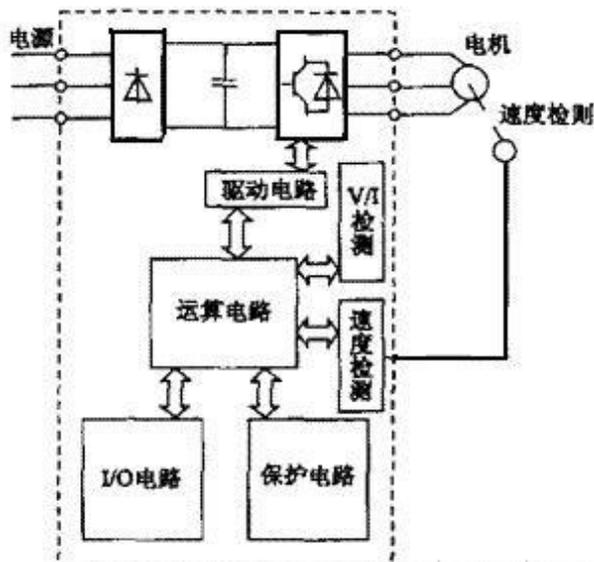
f——异步电动机的频率;

s——电动机转差率;

p——电动机极对数

由式(1)可知, 转速n与频率f成正比, 只要改变频率f即可改变电动机的转速, 当频率f在0~50Hz的范围内变化时, 电动机转速调节范围非常宽。变频器就是通过改变电动机电源频率实现速度调节的, 是一种理想的高效率、高性能的调速手段。

变频器原理框图



变频器控制方式

低压通用变频输出电压为380~650V，输出功率为0.75~400kW，工作频率为0~400Hz，它的主电路都采用交—直—交电路。其控制方式经历了以下四代。

1. U/f=C的正弦脉宽调制(SPWM)控制方式

其特点是控制电路结构简单、成本较低，机械特性硬度也较好，能够满足一般传动的平滑调速要求，已在产业的各个领域得到广泛应用。但是，这种控制方式在低频时，由于输出电压较低，转矩受定子电阻压降的影响比较显著，使输出最大转矩减小。另外，其机械特性终究没有直流电动机硬，动态转矩能力和静态调速性能都还不尽如人意，且系统性能不高、控制曲线会随负载的变化而变化，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。因此人们又研究出矢量控制变频调速。

2. 电压空间矢量(SVPWM)控制方式

它是三相波形整体生成效果为前提，以逼近电机气隙的理想圆

形 旋转磁场轨迹为目的, 一次生成三相调制波形, 以内切多边形逼近 圆的方式进行控制的。经实践使用后又有所改进, 即引入频率补偿, 能消除速度控制的误差; 通过反馈估算磁链幅值, 消除低速时定子 电阻的影响; 将输出电压、电流闭环, 以提高动态的精度和稳定度。但控制电路环节较多, 且没有引入转矩的调节, 所以系统性能没有得到根本改善。

3. 矢量控制(VC)方式 矢量控制变频调速的做法是将异步电动机在三相坐标系下的定子电流 I_a 、 I_b 、 I_c 、通过三相一二相变换, 等效成两相静止坐标系下的 交流电流 I_{a1} I_{b1} , 再通过按转子磁场定向旋转变换, 等效成同步旋 转坐标系下的直流电流 I_{m1} 、 I_{t1} (I_{m1} 相当于直流电动机的励磁电 流; I_{t1} 相当于与转矩成正比的电枢电流), 然后模仿直流电动机的 控制方法, 求得直流电动机的控制量, 经过相应的坐标反变换, 实 现对异步电动机的控制。其实质是将交流电动机等效为直流电动机, 分别对速度, 磁场两个分量进行独立控制。通过控制转子磁链, 然 后分解定子电流而获得转矩和磁场两个分量, 经坐标变换, 实现正 交或解耦控制。矢量控制方法的提出具有划时代的意义。然而在实 际应用中, 由于转子磁链难以准确观测, 系统特性受电动机参数的 影响较大, 且在等效直流电动机控制过程中所用矢量旋转变换较复 杂, 使得实际的控制效果难以达到理想分析的结果。

4. 直接转矩控制(DTC)方式

1985年, 德国鲁尔大学的DePenbrock教授首次提出了直接转矩控 制变频技术。该技术在很大程度上解决了上述矢量控制的不足, 并 以新颖的控制思想、简洁明了的系统结构、优良的动静态性能得到了迅速发展。目前, 该技术已成功地应用在电力机车牵引的大功率交流传动上。直接转矩控制直接在定子坐标系下分析交流电动机的

数学模型, 控制电动机的磁链和转矩。它不需要将交流电动机等效为直流电动机, 因而省去了矢量旋转变换中的许多复杂计算; 它不需要模仿直流电动机的控制, 也不需要为解耦而简化交流电动机的数学模型。

5. 矩阵式交—交控制方式

VVVF 变频、矢量控制变频、直接转矩控制变频都是交—直—交变频中的一种。其共同缺点是输入功率因数低, 谐波电流大, 直流电路需要大的储能电容, 再生能量又不能反馈回电网, 即不能进行四象限运行。为此, 矩阵式交—交变频应运而生。由于矩阵式交—交变频省去了中间直流环节, 从而省去了体积大、价格贵的电解电容。它能实现功率因数为1, 输入电流为正弦且能四象限运行, 系统的功率密度大。该技术目前虽尚未成熟, 但仍吸引着众多的学者深入研究。其实质不是间接的控制电流、磁链等量, 而是把转矩直接作为被控制量来实现的。具体方法是

- 控制定子磁链引入定子磁链观测器, 实现无速度传感器方式;
- 自动识别(ID)依靠精确的电机数学模型, 对电机参数自动识别;
- 算出实际值对应定子阻抗、互感、磁饱和因素、惯量等算出实际的转矩、定子磁链、转子速度进行实时控制;
- 实现Band—Band控制按磁链和转矩的Band—Band控制产生PWM信号, 对逆变器开关状态进行控制。

矩阵式交—交变频具有快速的转矩响应($<2\text{ms}$), 很高的速度精度($\pm 2\%$, 无PG反馈), 高转矩精度($<+3\%$); 同时还具有较高的起动转矩及高转矩精度, 尤其在低速时(包括0速度时), 可输出 $150\% \sim 200\%$ 转矩。

变频器的使用中遇到的问题及故障防范

由于使用方法不正确或设置环境不合理，将容易造成变频器误动作及发生故障，或者无法满足预期的运行效果。为防患于未然，事先对故障原因进行认真分析显得尤为重要。

外部的电磁感应干扰

如果变频器周围存在干扰源，它们将通过辐射或电源线侵入变频器的内部，引起控制回路误动作，造成工作不正常或停机，严重时甚至损坏变频器。提高变频器自身的抗干扰能力固然重要，但由于受装置成本限制，在外部采取噪声抑制措施，消除干扰源显得更合理、更必要。以下几项措施是对噪声干扰实行“三不”原则的具体方法：变频器周围所有继电器、接触器的控制线圈上需加装防止冲击电压的吸收装置，如RC吸收器；尽量缩短控制回路的配线距离，并使其与主线路分离；指定采用屏蔽线回路，须按规定进行，若线路较长，应采用合理的中继方式；变频器接地端子应按规定进行，不能同电焊、动力接地混用；变频器输入端安装噪声滤波器，避免由电源进线引入干扰。

安装环境

变频器属于电子器件装置，在其规格书中有详细安装使用环境的要求。在特殊情况下，若确实无法满足这些要求，必须尽量采用相应抑制措施：振动是对电子器件造成机械损伤的主要原因，对于振动冲击较大的场合，应采用橡胶等避振措施；潮湿、腐蚀性气体及尘埃等将造成电子器件生锈、接触不良、绝缘降低而形成短路，作为防范措施，应对控制板进行防腐防尘处理，并

采用封闭式结构；温度是影响电子器件寿命及可靠性的重要因素，特别是半导体器件，应根据装置要求的环境条件安装空调或避免日光直射。

除上述3点外，定期检查变频器的空气滤清器及冷却风扇也是非常必要的。对于特殊的高寒场合，为防止微处理器因温度过低不能正常工作，应采取设置空间加热器等必要措施。

电源异常

电源异常表现为各种形式，但大致分以下3种，即缺相、低电压、停电，有时也出现它们的混和形式。这些异常现象的主要原因多半是输电线路因风、雪、雷击造成的，有时也因为同一供电系统内出现对地短路及相间短路。而雷击因地域和季节有很大差异。除电压波动外，有些电网或自行发电单位，也会出现频率波动，并且这些现象有时在短时间内重复出现，为保证设备的正常运行，对变频器供电电源也提出相应要求。

如果附近有直接起动电动机和电磁炉等设备，为防止这些设备投入时造成的电压降低，应和变频器供电系统分离，减小相互影响；对于要求瞬时停电后仍能继续运行的场合，除选择合适价格的变频器外，还因预先考虑负载电机的降速比例。变频器和外部控制回路采用瞬停补偿方式，当电压回复后，通过速度追踪和测速电机的检测来防止在加速中的过电流；对于要求必须量需运行的设备，要对变频器加装自动切换的不停电电源装置。

二极管输入及使用单相控制电源的变频器，虽然在缺相状态

也能继续工作,但整流器中个别器件电流过大及电容器的脉冲电流过大,若长期运行将对变频器的寿命及可靠性造成不良影响,应及早检查处理。

雷击、感应雷电

雷击或感应雷击形成的冲击电压有时也能造成变频器的损坏。此外,当电源系统一次侧带有真空断路器时,短路器开闭也能产生较高的冲击电压。变压器一次侧真空断路器断开时,通过耦合在二次侧形成很高的电压冲击尖峰。

为防止因冲击电压造成过电压损坏,通常需要在变频器的输入端加压敏电阻等吸收器件,保证输入电压不高于变频器主回路期间所允许的最大电压。当使用真空断路器时,应尽量采用冲击形成追加RC浪涌吸收器。若变压器一次侧有真空断路器,因在控制时序上保证真空断路器动作前先将变频器断开。

过去的晶体管变频器主要有以下缺点:容易跳闸、不容易再起动、过负载能力低。由于IGBT及CPU的迅速发展,变频器内部增加了完善的自诊断及故障防范功能,大幅度提高了变频器的可靠性。

如果使用矢量控制变频器中的“全领域自动转矩补偿功能”,其中“起动转矩不足”、“环境条件变化造成出力下降”等故障原因,将得到很好的克服。该功能是利用变频器内部的微型计算机的高速运算,计算出当前时刻所需要的转矩,迅速对输出电压进行修正和补偿,以抵消因外部条件变化而造成的变频器输

出转矩变化。

此外，由于变频器的软件开发更加完善，可以预先在变频器的内部设置各种故障防止措施，并使故障化解后仍能保持继续运行，例如：对自由停车过程中的电机进行再启动；对内部故障自动复位并保持连续运行；负载转矩过大时能自动调整运行曲线，避免Trip；能够对机械系统的异常转矩进行检测。

变频器对周边设备的影响及故障防范

变频器的安装使用也将对其他设备产生影响，有时甚至导致其他设备故障。因此，对这些影响因素进行分析探讨，并研究应该采取哪些措施时非常必要的。

电源高次谐波

由于目前的变频器几乎都采用PWM控制方式，这样的脉冲调制形式使得变频器运行时在电源侧产生高次谐波电流，并造成电压波形畸变，对电源系统产生严重影响，通常采用以下处理措施：采用专用变压器对变频器供电，与其它供电系统分离；在变频器输入侧加装滤波电抗器或多种整流桥回路，降低高次谐波分量，对于有进相电容器的场合因高次谐波电流将电容电流增加造成发热严重，必须在电容前串接电抗器，以减小谐波分量，对电抗器的电感应合理分析计算，避免形成LC振荡。电动机温度过高及运行范围对于现有电机进行变频调速改造时，由于自冷电机在低速运行时冷却能力下降造成电机过热。此外，因为变频器输出波形中所含有的高次谐波势必增加电机的铁损和

铜损,因此在确认电机的负载状态和运行范围之后,采取以下的相应措施:对电机进行强冷通风或提高电机规格等级;更换变频专用电机;限定运行范围,避开低速区。

振动、噪声

振动通常是由于电机的脉动转矩及机械系统的共振引起的,特别是当脉动转矩与机械共振电恰好一致时更为严重。噪声通常分为变频装置噪声和电动机噪声,对于不同的安装场所应采取不同的处理措施:变频器在调试过程中,在保证控制精度的前提下,应尽量减少脉冲转矩成分;调试确认机械共振点,利用变频器的频率屏蔽功能,使这些共振点排除在运行范围之外;由于变频器噪声主要有冷却风扇机电抗器产生,因选用低噪声器件;在电动机与变频器之间合理设置交流电抗器,减小因PWM调制方式造成的高次谐波。

高频开关形成尖峰电压对电机绝缘不利

在变频器的输出电压中,含有高频尖峰浪用电压。这些高次谐波冲击电压将会降低电动机绕组的绝缘强度,尤其以PWM控制型变频器更为明显,应采取以下措施:尽量缩短变频器到电机的配线距离;采用阻断二极管的浪涌电压吸收装置,对变频器输出电压进行处理;对PWM型变频器应尽量在电机输入侧加滤波器。

变频器技术发展方向预测 变频器是运动控制系统中的功率变器。当今的运动控制系统包含多种学科的技术领域,总的发展趋势是:驱动的交流化,功率变换器的高频化,控制的数字化、

智能化和网络化。因此，变频器作为系统的重要功率变换部件，提供可控的高性能变压变频的交流电源而得到迅猛发展。

随着新型电力电子器件和高性能微处理器的应用以及控制技术的发展，变频器的性能价格比越来越高，体积越来越小，而厂家仍然在不断地提高可靠性实现变频器的进一步小型轻量化、高性能化和多功能化以及无公害化而做着新的努力。变频器性能的优劣，一要看其输出交流电压的谐波对电机的影响；二要看对电网的谐波污染和输入功率因数；三要看本身的能量损耗如何。这里仅以量大面广的交—直—交变频器为例，阐述它的发展趋势：

主电路功率开关元件的自关断化、模块化、集成化、智能化；开关频率不断提高，开关损耗进一步降低。

变频器主电路的拓扑结构方面。变频器的网侧变流器对低压小容量的装置常采用6脉冲变流器，而对中压大容量的装置采用多重化12脉冲以上的变流器。负载侧变流器对低压小容量装置常采用两电平的桥式逆变器，而对中压大容量的装置采用多电平逆变器。对于四象限运行的转动，为实现变频器再生能量向电网回馈和节省能量，网侧变流器应为可逆变流器，同时出现了功率可双向流动的双PWM变频器，对网侧变流器加以适当控制可使输入电流接近正弦波，减少对电网的公害。

脉宽调制变压变频器的控制方法可以采用正弦波脉宽调制控制、消除指定次数谐波的PWM控制、电流跟踪控制、电压空间矢量控制

(磁链跟踪控制)。

交流电动机变频调整控制方法的进展主要体现在由标量控制向动态性能的矢量控制与直接转矩控制发展和开发无速度传感器的矢量控制和直接转矩控制系统方面。

微处理器的进步使数字控制成为现代控制器的发展方向。运动控制系统是快速系统,特别是交流电动机高性能的控制需要存储多种数据和快速实时处理大量信息。近几年来,国外各大公司纷纷推出以DSP(数字信号处理器)为基础的内核,配以电机控制所需的外围功能电路,集成在单一芯片内的称为DSP单片电机控制器,价格大大降低,体积缩小,结构紧凑,使用便捷,可靠性提高。DSP和普通的单片机相比,处理数字运算能力增强10~15倍,可确保系统有更优越的控制性能。数字控制使硬件简化,柔性的控制算法使控制具有很大的灵活性,可实现复杂控制规律,使现代控制理论在运动控制系统中应用成为现实,易于与上层系统连接进行数据传输,便于故障诊断、加强保护和监视功能,使系统智能化(如有些变频器具有自调整功能)。

远程教学系列课程：

- ★西门子 S7-200 PLC 编程与应用从入门到提高
- ★西门子触摸屏应用技术
- ★西门子 S7-300 PLC 编程与应用初级
- ★西门子 S7-200 PLC 快速入门
- ★欧姆龙 PLC 应用中级
- ★三菱 PLC 通信基础及应用
- ★三菱 FX 系列 PLC 高级应用-模拟量及 PID 应用
- ★变频器功能应用从入门到精通
- ★变频器维护与故障处理从入门到提高
- ★三菱 FX PLC 编程与应用入门

深圳技成培训 (www.jcpeixun.com)

报名热线：0755-86227567 或 0755-86227467