

变频器应用中常见问题及注意事项

访宝钢股份公司能环部的高级工程师顾建军

■ 胡颖/本刊记者



顾建军 高级工程师
宝钢股份公司能环部高级工程师

由于生产机械的种类繁多，性能和工艺要求各异，且转矩特性也不同，因此变频器的型式选择要根据负载转矩特性进行。

随着电力电子技术和计算机应用技术的不断发展，以及控制理论的日益完善，交流传动系统在宽调速、高准确度、快速响应和四象限运行等性能方面达到了与直流调速相媲美的效果。而以变频器为核心的变频调速成为公认的交流电动机最理想和最有发展前途的调速方案。考虑到当今社会面临的能源危机，节能降耗不仅有近期的直接效益，更有长远的社会效益，而变频调速有卓越的调速性能，更有显著的节能作用。因此，变频器正成为企业技术改造和产品更新换代的理想调速装置。目前，变频器已迈进了高性能、多功能、小型化和大容量化阶段，并在机械、冶金、电力、石油化工、纺织和化纤等行业领域得到广泛应用。为了对变频器的相关知识有更多的了解，本刊记者特约采访了宝钢能环部的高级工程师顾建军先生。

正确选型和容量确定

电气应用：您好！非常感谢您百忙之中接受我刊的采访！在工业自动化控制的现场设备中，部分变频器存在着不能长期稳定工作或无法真正发挥其应有功能的现象，甚至频频发生损坏变频器的事故。究其原因，绝大部分是因变频器选型不当引起的。那么变频器应如何正确选型呢？

顾建军：正确选择变频器对于机械设备电控系统的正常运行非常关键。首先要明确使用变频器的目的，按照机械设备的类型、调速范围、速度响应、控制准确度以及起动转矩等要求，充分了解变频器所驱动的负载特性，决定采用哪种功能的变频器构成控制系统；然后决定选用哪种控制方式最合适，所选择的变频器既要满足生产工艺的需要，又要在技术经济指标上合理。另外，还需注意变频器的制造技术水平、寿命、抗干扰能力、功率因数以及外围配置等因素。

由于生产机械的种类繁多，性能和工艺要求各异，

且转矩特性也不同,因此变频器的型式选择要根据负载转矩特性进行。常见的负载可分为恒转矩负载、恒功率负载和降转矩负载三种类型。不同的负载,应选不同类型的变频器。

(1) 恒转矩负载

即负载转矩与转速无任何关联,在任何转速下,负载转矩总保持恒定或基本恒定,负载的功率则随转速的升高呈线性增加。电动机在速度变化的动态过程中,具有输出恒定转矩的能力;在电动机加速或减速时,为了缩短过渡过程的时间,在其机械强度和温升等条件允许的范围内,使电动机产生足够大的加速或制动转矩,同时输出恒定的最大转矩。变频器在拖动此类负载时,一般在低速条件下其输出的转矩最大,且具有良好的过载能力。其典型的负载有搅拌机、传送带、起重机和挤压机等。

(2) 恒功率负载

即负载转矩与转速近似成反比,但其乘积(即功率)却基本保持不变。负载的恒功率性质也仅是针对一定的转速而论的。一般在速度很低或者恒磁通调速时,因为设备机械强度的限制,负载转矩的变化也受到很大影响,但不会无限制增大,所以此时两者为恒转矩调速。若电动机工作在弱磁调速时,电动机的转速和输出转矩(最大值)成反比例关系,属于恒功率调速。其典型的负载有轧机、造纸机和卷取机等。

(3) 降转矩负载

即转速与其转矩成正比关系,而转速的三次方和功率也成正比关系,通常工厂使用的低压水泵和风机均为这种类型的负载。在这类负载中,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近似与速度的二次方成正比。负载所需的功率与速度的三次方成正比,当所需风量/流量减小时,利用变频器通过调速的方式来调节风量/流量,可以大幅度地节约电能。另外,这种流体类的负载在高速运行时所需的功率增长非常快,因此,要切忌此类负载在高于工频的频率下连续运行。其典型的负载有风机、水泵和油泵等。

电气应用:变频器的型式选择还包括其容量的确定,请您介绍一下变频器容量选定的过程。

顾建军:变频器容量选定的过程,实际上是一个变频器与电动机相匹配的过程。一般来说,变频器会标出三个关键参数:额定电流、额定容量和可配用电动机功率。其中后二者通常是根据标准电动机给出的,不能确切表达出变频器实际的带负载能力;唯有额定电流能

反映出变频器的负载能力。因此,变频器容量确定的基本原则为:在电动机确定后,通常应根据其额定电流来选择变频器容量,或者根据电动机实际运行中的电流值(最大值)来选择变频器容量,以保证电动机的额定电流不超过变频器的额定电流,再辅之以电动机的额定容量为参考。

当运行方式不同时,变频器容量的计算方式和选择方法会有所不同,变频器应满足的条件也不一样。具体如下:①对于连续运转的场合,由于变频器传给电动机的是脉冲电流,其脉动值比工频供电时电流要大,因此须将变频器的容量留有适当的裕量;②对于有短时加减速的场合,一般情况下以变频器允许达到额定输出电流的130%~150%来选定变频器容量;③对于频繁加减速运转的场合,变频器容量的选定须根据加速、恒速和减速等各种运行状态下的电流值来确定;④当成组传动用一台变频器使多台电动机并联运转时,对于一小部分电动机开始启动后,再追加投入其他电动机启动的场合,此时变频器的电压、频率已经上升,追加投入的电动机将产生大的启动电流,因此,变频器容量与同时启动时相比需要大些。

另外,当电动机轻载运行时,尽管其实际负载比电动机的额定输出功率小,但是也不会选择与实际负载相称的变频器容量。原因如下:①启动时流过的启动电流与电动机施加的电压、频率相对应,而与负载转矩无关,若变频器容量小,则此电流超过过电流容量,往往不能启动;②若电动机容量大,则以变频器容量为基准的电动机漏抗百分比变小,变频器输出电流的脉动增大,因而过电流保护动作,往往不能运转;③当电动机用通用变频器启动时,其启动转矩同用工频电源启动相比多数变小,根据负载的启动转矩特性,有时不能启动,另外在低速运转区的转矩有比额定转矩减小的倾向,用选定的变频器和电动机不能满足负载所要求的启动转矩和低速区转矩,变频器和电动机的容量还需要再加大。

总之,在具体选择变频器容量时,既要充分利用变频器的过载能力,又要使装置在负载运行时不至于超温。

散热要求和环境影响

电气应用:变频器在长期低速运行时,需要充分考虑电动机的散热能力,以避免电动机温升过高,那么变频器在散热方面具有哪些要求呢?

顾建军：变频器的使用环境温度一般在 $-10\sim 40^{\circ}\text{C}$ ，所以变频器对散热有较高的要求。环境温度若高于 40°C 时，每升高 1°C ，变频器将降额5%使用；每升高 10°C ，变频器的寿命则减半。同样在变频器供电时，电动机的功率因数和效率比工频电网供电时有所下降，通常电流会增加10%，温升会增加20%。而变频器作为电子装置，内含众多电子元器件，其故障会随着温度升高而上升，使用寿命则随温度升高而下降，故应适当加大变频器的容量。尽量配备变频器推荐的电动机，这样会提高设备控制系统的稳定性，并减少损耗；同时，变频器内部应装设冷却风扇，为使冷却循环效果良好，必须将变频器垂直安装，让空气自下向上流通，将变频器柜体内部热量带走，变频器正上方和正下方要避免安装可能阻挡排风、进风的大元件；另外，变频器上方不要放置怕热的零件等。当风扇发生故障时，由电扇停止检测或冷却风扇上的过热检测进行保护。若多台变频器安装在同一控制箱内，则可横向并列安装。

电气应用：变频器要与其使用的环境条件相适应，请您介绍一下环境因素对变频器的影响。

顾建军：温度、湿度、粉尘、酸碱度和腐蚀性气体等因素都会影响变频器的使用，具体如下：

(1) 湿度对变频器的影响

变频器在湿度低于90%的环境中工作，空气的相对湿度 $\leq 90\%$ ，无结露。当湿度太高且湿度变化较大时，变频器内部易出现结露现象，且绝缘性能会大大降低，甚至可能引发短路事故。因此须考虑在变频器控制箱内装设加热器或增加干燥剂。

(2) 粉尘对变频器的影响

在有金属导电性粉尘的场合，不宜安装变频器。因导电性粉尘侵入变频器内部，会使变频器内部线路短路，严重时烧毁变频器。即使非导电性粉尘，对变频器的影响也很大，因变频器在电源变换的过程中本身会产生热量。变频器一般采用强迫风冷进行散热，如果散热器内积尘太多，会影响散热，导致变频器输出容量降低或故障。

谐波干扰和噪声问题

电气应用：随着变频器的广泛使用，其所带来的谐波问题越来越受到关注，同时谐波产生的干扰不容忽视，请您介绍一下变频器的谐波干扰问题，另外变频器有哪些防护等级？

顾建军：变频器的主电路形式一般由整流、逆变和滤波三部分组成。整流部分采用三相桥式不可控整流器；中间滤波部分采用大电容作为滤波器；逆变部分采用IGBT三相桥式逆变器，且输入为PWM波形，故变频器运行时会在电源侧产生谐波电流，使电压和电流波形畸变，从而引发电能质量的问题，干扰其他电子设备的正常工作。同时，输出电压中含有除基波以外的其他谐波，较低次谐波通常对电动机负载影响较大，引起转矩脉动；而较高的谐波又使变频器输出电缆的漏电流增加，使电动机出力不足。通常可采用增加变频器供电电源内阻抗，在变频器的输入端与输出端串联合适的电抗器，或安装谐波滤波器（滤波器的组成为LC型）的方式，吸收谐波和增大电源或负载阻抗，从而达到抑制谐波的目的。

变频器防护等级关系到变频器能否长期、安全且可靠运行。一般来说，有以下几种常用的防护等级：①敞开型IP00型，本身无机箱，适用于装在电控箱内或电气室内的屏、盘和架上，尤其是多台变频器集中使用时，选用这种型式较好，但环境条件要求较高；②封闭型IP20型，适用于一般用途，可有少量灰尘或少许湿度、湿度的场合；③密封型IP45型，适用工业现场条件较差的环境；④密闭型IP65型，适用于环境条件差，有水、灰尘及一定腐蚀气体的场合。

电气应用：变频器在应用时还会产生噪声的问题，那么谐波噪声产生的原因是什么？如何抑制和减少噪声？

顾建军：变频器传动时，由于输出电压、电流中含有谐波分量，同时气隙的谐波磁通增加，所以噪声变大。其特征如下：由于变频器输出较低的谐波频率与转子固有频率共振，导致在转子固有频率附近的噪声增大；由于变频器输出的谐波分量使铁心、机壳和轴架等产生谐波，导致在其固有频率附近的噪声增大。

为了抑制变频器传动引起的噪声，特别是刺耳的噪声与PWM控制的开关频率有关，尤其在低频区更为显著，一般采用在变频器输出侧连接交流电抗器的措施抑制和减少噪声。如果转矩有裕量，将U/f值定小些，并可采用特殊电动机（对噪声采取了措施）等。

为减少谐波产生的电磁力，可以在变频器的输出侧连接交流电抗器，以吸收变频器输出电流中的高次谐波电流成分。使用PAM方式或方波PWM方式变频器时，可改用正弦波PWM或矢量控制方式变频器，以减小脉动转矩。EA