

通用变频器对矿用隔爆型永磁同步电动机性能的影响

●董 艳 魏树存 滕 波 徐倩倩



[摘要] 在矿业领域,矿用隔爆型永磁同步电动机的应用日益广泛。而通用变频器在其中发挥着至关重要的作用。永磁同步电动机以其高效率、高功率密度、高扭矩密度和良好的控制性能,成为矿业设备中的关键部件。本文阐述了通用变频器对矿用隔爆型永磁同步电动机性能影响的研究意义,从转速调节、转矩特性、效率等方面概括二者关联,提及可能存在的不良影响如谐波干扰等,以供参考。

[关键词] 通用变频器;矿用隔爆型永磁同步电动机;转速;转矩

在 矿业生产中,矿用隔爆型永磁同步电动机发挥着关键作用。随着技术发展,通用变频器被用于其控制,二者的结合对电动机性能产生多方面影响。研究这些影响,对于提高矿用设备工作效率、保障安全、节能等有着重要意义。

Q 通用变频器与矿用隔爆型永磁同步电动机概述

(一)通用变频器工作原理

通用变频器是一种能够把固定频率的交流电转化为频率可变的交流电的电力电子设备。其工作原理的核心在于电力电子器件所具备的开关特性。借助对这些器件导通与关断时间的控制,输出电压的频率得以改变。在矿用环境之中,通用变频器的这种频率调节能力为矿用隔爆型永磁同步电动机的运行创造了诸多的可能性。它可以依据实际的需求,十分精准地对电动机的转速等各项性能进行调整。通用变频器能够通过改变输出频率,满足这些作业阶段对于电动机转速的不同要求。不仅如此,变频器内部的控制电路还具备对输出电压、电流等参数进行监测和调整的功能。在矿用环境下,工况复杂多变,可能会出现各种不稳定因素。而变频器的这种监测和调整能力,能够确保在各种复杂的工况下,矿用隔爆型永磁同步电动机都可以稳定运行,避免因电压、电流等参数的异常而导致设备故障或者运行效率低下等问题的出现。

(二)矿用隔爆型永磁同步电动机结构与特性

矿用隔爆型永磁同步电动机的结构设计,其核心目标乃

是契合矿井那特殊的工作环境需求。矿井环境极为特殊,对电动机的安全性要求极高。该电动机的外壳具备隔爆性能,犹如一道坚固的防线,能够有效地阻止电机内部有可能产生的火花、电弧等危险因素逸出,从而避免引发矿井中的瓦斯爆炸等极度危险的状况。从内部结构的角剖析,永磁同步电动机采用永磁体来提供磁场。相较于传统的励磁方式,永磁体提供的磁场更为稳定且高效,使得电动机具有更高的效率和功率密度。这意味着在相同的输入功率下,该电动机能够输出更多的有用功,并且在单位体积或重量下能够承载更大的功率。这种电动机的转子结构设计得十分紧凑。紧凑的结构带来的直接效果就是电机整体的转动惯量较小,就如同一个轻盈敏捷的运动员,能够快速做出反应,其响应速度更快。在矿用设备的实际运行场景中,快速的响应速度有助于设备更好地适应各种复杂的工况变化。

Q 通用变频器对转速性能的影响

(一)变频器频率调节与电机转速关系

变频器的频率调节和矿用隔爆型永磁同步电动机的转速有着直接的线性关联。我们知道电机的同步转速公式为 $n=60f/p$ (此处 n 代表转速, f 是电源频率, p 为电机极对数), 因此,变频器只要改变输出频率 f , 就能对电机的转速 n 进行精确的控制。在矿用的特定场景下,这种特性的重要性是不可忽视的。例如矿井提升机在运行时,不同的提升阶段对提升速度有着不同的要求。在提升开始阶段,可能需要较低的速度以确保安全平稳启动;而在提升过程中,

随着负载情况和运行需求的变化,速度需要逐步提升。变频器就能够依据实际的需求,将输出频率从较低的数值开始逐渐升高,如此一来,电机的转速就会平稳地上升,进而实现提升机的平稳加速。而且,变频器具备实现高精度频率调节的能力,这就使得电机的转速能够被精准地控制。不过,这种频率调节与转速之间的关系并非不受任何干扰。实际上,它会受到一些因素的影响。例如变频器的输出电压与频率的比值(也就是 V/f 控制)就需要合理地设置。如果这个比值设置不合理,就很可能致使电机的磁路达到饱和状态,这样一来,转速的准确性和稳定性都会受到影响,进而可能会对整个矿用设备的运行带来不良的后果。

(二)不同转速下电机的稳定性

在不同转速下,矿用隔爆型永磁同步电动机的稳定性是一个关键问题。当电机在较低转速运行时,由于永磁同步电动机自身的特性,可能会面临转矩波动较大的情况。此时,变频器的控制策略对维持电机的稳定性起着至关重要的作用。例如,采用矢量控制策略的变频器能够对电机的磁场和转矩进行解耦控制,有效地抑制转矩波动,提高电机在低转速下的稳定性。在较高转速时,电机的离心力增大,对电机的机械结构产生更大的压力。同时,由于变频器输出的高频信号可能会带来一些电磁干扰等问题,影响电机的稳定运行。因此,需要对变频器的输出滤波器等部件进行优化,减少高频干扰,并且确保电机的机械结构能够承受高速运转的应力。此外,电机的散热在不同转速下也是影响稳定性的因素,转速的变化会影响电机内部的热量产生和散发情况,合理的散热设计和变频器对电机的保护功能可以共同保障电机在不同转速下的稳定性。

Q 通用变频器对转矩特性的影响

(一)变频器输出特性与电机转矩响应

变频器的输出特性对矿用隔爆型永磁同步电动机的转矩响应有着不可忽视的重大影响。变频器输出的电压、电流,无论是其大小还是波形,都与电机转矩的产生有着直接的关联。当变频器输出的电压处于较低水平时,电机内部的磁链难以完整建立,这必然会导致转矩输出无法达到应有的水平。并且,若变频器输出的电流受到限制,电机同样无法产生充足的转矩以满足负载方面的需求。以矿井中的刮板输送机为例,在其启动之时,倘若变频器不能为其提供足够的启动电流以及恰当的电压,那么刮板输送机的电机很可能无法克服初始的静摩擦力,进而无法正常启动运行。变频器输出的波形也是极为关键的因素。非正弦的输出波形会造成电机转矩产生波动现象。而采用先进的脉宽调制(PWM)技术的变频器,却能够对输出波形加以改善,从而让电机的转矩响应变得更加平滑稳定。另外,变频器的

动态响应速度对电机转矩的快速变化能力有着重要影响。在负载突然发生变化的情况下,例如矿用绞车在提升过程中突然遭遇卡阻状况时,如果变频器能够迅速对输出进行调整,电机就可以快速改变转矩,进而适应新的工况要求。这一点在矿用设备的安全稳定运行中是至关重要的,因为一旦电机无法及时适应转矩变化,可能会引发一系列的安全问题,如设备损坏、生产停滞甚至危及操作人员的安全等。

(二)转矩波动情况分析

转矩波动是矿用隔爆型永磁同步电动机运行时需重点留意的问题。多种因素可引发转矩波动。其一,变频器的开关频率会影响转矩波动,开关频率较低时,输出电压与电流的谐波含量会增加,进而致使电机转矩产生波动。其二,电机自身结构特性,像永磁体磁场分布不均、定子绕组不对称等情况,同样会造成转矩波动。在矿用环境里,转矩波动可能给设备运行带来严重后果。例如,对矿用通风机而言,转矩波动或许会使通风量不稳定,影响矿井通风效果。为减小转矩波动,一方面可优化变频器控制算法,比如采用空间矢量脉宽调制(SVPWM)技术来降低输出电压和电流的谐波含量;另一方面,在电机制造过程中,要严格把控制造工艺,保证永磁体磁场均匀性和定子绕组的对称性。

Q 通用变频器对效率的影响

(一)变频器损耗与电机效率关系

变频器在运行期间会产生一定的损耗,而这些损耗与矿用隔爆型永磁同步电动机的效率有着紧密的关联。变频器的损耗大体上包含开关损耗、导通损耗以及控制电路损耗等类型。开关损耗源于电力电子器件在导通与关断过程中的能量消耗,导通损耗和器件的导通电阻存在联系。要是变频器的损耗较大,就会使输入电机的有效功率减少,进而降低电机的效率。例如,在高频的开关操作情形下,变频器的开关损耗会明显增加,这一额外的能量损失将致使电机实际接收到的功率下降。并且,变频器的控制电路为达成诸如频率调节、电压控制等各类功能,也会消耗一定的电能。若控制电路设计不合理,这部分损耗同样会给电机效率带来消极影响。所以,优化变频器的电路设计,运用低损耗的电力电子器件和高效的控制算法,对提高电机的效率而言是极为关键的。

(二)不同工况下的效率变化

在各类工况下,矿用隔爆型永磁同步电动机的效率会出现变动,变频器在这当中发挥着关键的调节作用。于轻载工况而言,电动机的负载较轻,要是此时变频器无法依照负载状况合理调控输出,电动机就可能处于低效率的运行区间。例如,当矿井里的小型辅助设备低负载运行时,若变

变频器依旧保持较高的输出功率,电动机的效率将会显著降低。在重载工况下,电动机需要输出较大的转矩,这个时候变频器就得提供充足的电压和电流。倘若变频器的输出能力不够,电动机也许就无法达到最佳效率状态。并且,在不同的转速时,电动机的效率也存在差异。变频器能够通过调整输出频率,让电动机在不同转速下尽可能处于高效率区间运行。例如,在矿用皮带输送机运行期间,依据皮带的负载以及运行速度要求,变频器可动态调整输出频率,保证电动机的效率一直处于较高水平。

其他性能影响

(一)变频器谐波对电机绝缘的影响

变频器于运行之际会产生谐波,这些谐波对矿用隔爆型永磁同步电动机的绝缘有着不容小觑的影响。变频器中的谐波,主要是由其开关器件快速通断而产生的非正弦电压与电流波形所导致的。这些谐波的存在,会让电机的绝缘承受额外的电压应力。长时间处于这种状态下,电机绝缘老化的速度极有可能加快。例如,高次谐波会致使电机绕组出现局部放电现象,这种局部放电会逐步侵蚀电机的绝缘层,从而使绝缘性能降低。不仅如此,谐波还会造成电机的铁损增大,进而使电机温度上升,这对绝缘寿命会产生进一步的影响。要知道,矿用电机的工作环境相当恶劣,这就使得电机绝缘的可靠性变得极为关键。鉴于此,必须采取有效的措施对变频器的谐波进行抑制。比如说,可以在变频器的输出端安装滤波器,通过这种方式来减少谐波的影响。或者采用特殊的电机绝缘材料以及绝缘结构,以此提升电机对谐波的耐受能力,从而保障矿用隔爆型永磁同步电动机在恶劣工作环境下能够稳定运行,避免因谐波影响而出现故障,确保生产作业的安全与高效进行。

(二)电磁兼容性方面的影响

在电磁兼容性的范畴内,变频器和矿用隔爆型永磁同步电动机之间有着错综复杂的相互影响关系。变频器,从本质上来说,是一个强大的电磁干扰源。它所产生的电磁辐射以及传导干扰,极有可能对电机及其周边设备的正常运转造成不良影响。变频器的诸多因素都会左右其电磁干扰的强度,像开关频率、输出功率等便是其中的关键因素。举例而言,当变频器的开关频率较高时,就会产生更多的高频电磁辐射。这种高频电磁辐射犹如无形的干扰之手,会伸

向电机的控制电路,同时也会对附近的通信设备进行干扰。与此同时,电机在运行这一过程中,自身也会产生一定量的电磁干扰。例如电机的磁场发生变化时,就会产生电磁辐射。这些干扰如果处于一种放任自流的状态,缺乏有效的控制措施,那么整个矿用系统的电磁兼容性就极有可能出现问题。为了有效地提升电磁兼容性,我们可以从多个方面着手。一方面,针对变频器开展电磁屏蔽设计是非常必要的。通过这种方式,可以有效地减少变频器的电磁辐射,就如同给变频器穿上了一层防止电磁干扰“外溢”的防护衣。另一方面,选用电磁兼容性能优良的电机也是一个重要举措。并且,在矿用系统的布局规划中,要合理安排电机与其他设备之间的位置关系,避免它们之间产生电磁干扰的相互影响,从而构建一个电磁兼容性良好的矿用系统。

结束语

综上所述,通用变频器对矿用隔爆型永磁同步电动机性能有着多方面的影响。从转速、转矩到效率等,既有积极的调节作用,也存在如谐波干扰等问题。深入研究这些影响,能够为优化二者的配合使用提供依据,从而提高矿用电机设备的综合性能,推动矿业生产向更加高效、安全、节能的方向发展。

参考文献

- [1]刘丽莉,李晓琳,王家毓.永磁同步电机驱动电梯的称补技术研究[J]. 衡器,2019,48(07):13-14.
- [2]唐林.永磁同步电机牵引系统在成都地铁上的应用优化方案研究[J]. 机车电传动,2019(01):45-50.
- [3]韩松杉,周明磊,游小杰,王琛琛.内埋式永磁同步电机初始位置检测方法的比较与改进[J]. 铁道学报,2020,42(11):68-74.

作者简介:

董艳(1988—),女,汉族,山东烟台人,本科,大连智鼎科技有限公司,研究方向:通用变频器与永磁电机的配合应用。

魏树存(1998—),男,汉族,辽宁朝阳人,本科,大连智鼎科技有限公司,研究方向:通用变频器与永磁电机的配合应用。

滕波(1989—),男,汉族,山东泰安人,本科,大连智鼎科技有限公司,研究方向:矿用永磁电机的主要特点和应用。

徐倩倩(1988—),女,满族,辽宁大连人,本科,大连智鼎科技有限公司,研究方向:矿用永磁电机的主要特点和应用。