

矿用隔爆型永磁同步电动机中通用变频器的应用

●徐倩倩 滕波 魏树存 董艳



[摘要] 在矿山作业中,矿用隔爆型永磁同步电动机扮演着至关重要的角色,而通用变频器的应用,更是为其性能提升带来了全新的机遇。矿用隔爆型永磁同步电动机在矿山的恶劣环境下,需要具备高度的可靠性和稳定性。通用变频器的应用为其性能提升带来诸多可能。本文阐述通用变频器应用于该电动机的原理、优势,包括对电机调速性能、能效提升等方面的影响,还提及应用中的注意事项等,以供参考。

[关键词] 矿用隔爆型永磁同步电动机;通用变频器;调速性能;能效提升;应用

在矿业领域,矿用隔爆型永磁同步电动机的高效稳定运行至关重要。随着技术发展,通用变频器在其中的应用逐渐受到关注。它为电动机的运行提供了更多的灵活性与优化空间,无论是在提高效率、精确调速还是节能等方面都有着不可忽视的潜力,对矿业生产有着积极的推动作用。

Q 矿用隔爆型永磁同步电动机概述

(一)结构特点

矿用隔爆型永磁同步电动机在结构方面有其独到之处。其外壳由高强度隔爆材料打造而成,可有效避免内部产生的火花、电弧等致使外部爆炸性环境发生爆炸。电机内部永磁体的布局是精心设计的,永磁体的性能与质量对电机整体性能有着直接的影响。定子绕组的绕制方式也契合矿用环境的特殊要求,具备较高的绝缘性和抗过载能力。这种结构特性让电机在恶劣的矿井环境中能够稳定运转,降低故障发生的几率,确保矿业生产的连贯性。此外,其结构设计紧凑有利于在矿井有限的空间内进行安装和维护,并且在确保隔爆性能的前提下,尽可能优化电机的散热通道,从而解决长时间运行所产生的热量。

(二)工作原理

矿用隔爆型永磁同步电动机的工作原理是依据电磁感应以及永磁体的磁场特性构建起来的。当三相交流电通入定子绕组时,电机内部会随之产生旋转磁场。鉴于转子上装配有永磁体,那么永磁体的磁场就会与定子的旋转磁场产生相互作用,进而生成转矩,促使电机转子转动。这种工作

原理让电机具备较高的效率,原因在于永磁体所产生的磁场是稳定不变的,无需额外的励磁电流,减少了能量损耗。在矿用环境中,电机的转速能够按照实际需求予以调节,以此来适配不同的工作状况,例如矿井提升机在负载不同时就需要不同的转速。此外,这种工作原理还使电机的启动性能较为良好,能够迅速达到额定转速,提高设备的运行效率。

(三)在矿业中的作用

矿用隔爆型永磁同步电动机于矿业而言,有着举足轻重的意义。首先,它为诸多矿用设备供应动力,像矿井通风机、排水泵、提升机等设备均受其惠。拿矿井通风机来讲,该电机稳定运转,井下空气得以有效循环,为矿工营造出安全的呼吸环境,防范瓦斯等有害气体的聚集。于排水泵的运用方面,电机高效运转,能够迅速将矿井中的积水排出,防止水患给矿井造成破坏。至于矿井提升机,矿用隔爆型永磁同步电动机精确的调速能力与高度的可靠性,保障了矿石和人员运输的安全。此外,使用这种电机有助于提升矿业生产的整体效率,降低能源消耗和设备维护成本,提升矿业企业的经济效益,并在确保安全生产方面有着无可取代的价值。

Q 通用变频器的基本原理

(一)变频调速原理

通用变频器变频调速的原理依据电机转速和电源频率的关系而定。按照电机学原理,电机的同步转速与电源频率呈正比关系,表达式为 $n=60f/p$ (此处 n 代表同步转速, f 为

电源频率， p 是电机极对数)。通用变频器借助改变输出电源的频率达成对电机转速的调节。实际操作时，变频器先是将输入的交流电整流成直流电，接着利用逆变电路将直流电逆变成频率可变的交流电。在此过程中，变频器能够依据预先设定的速度指令或者外部控制信号精准调整输出交流电的频率。这种变频调速方式精度高且灵活性强，能让电机在较宽的转速范围实现平滑调速。并且，合理控制变频器的输出频率，还可实现电机的软启动与软停止，减少电机启动和停止时的冲击电流，延长电机和相关设备的使用寿命。

(二)主要功能模块

通用变频器包含着几个关键的功能模块。整流模块为变频器的重要组成部分，其核心功能是把输入的交流电转变为直流电，一般会运用二极管整流桥或者可控硅整流桥实现此功能。逆变模块承担着将整流后的直流电转化为频率可改变的交流电的任务，借助绝缘栅双极型晶体管(IGBT)等功率器件来实现逆变功能。控制模块处于变频器的中心地位，它依照用户设定的参数、外部控制信号以及内部的保护逻辑对整流和逆变模块的工作加以控制，能够实现对输出频率、电压、电流等参数的精准控制。另外，通用变频器也包含滤波模块，该模块用于对整流后的直流电进行滤波，以减少直流电压中的纹波成分，提高变频器输出的稳定性。还有保护模块，此模块可监测变频器的各类运行参数，像是过流、过压、欠压等，一旦察觉到异常状况，就会实施相应的保护举措，例如报警或停机，从而保护变频器和所连接的电机设备。

Q 通用变频器应用于矿用电机的优势

(一)调速性能的提升

通用变频器在矿用电机中的应用显著提升了调速性能。在以往矿用电机的应用中，电机调速受限颇多，难以达成精确和灵活的速度调控。然而，通用变频器的引入改变了这种局面。它能依据矿业生产的实际需求，在较宽的速度区间内对矿用电机实现平滑调速。以矿井提升机为例，不同的负载状况和提升阶段对速度有不同要求。变频器能够精准地对电机转速予以调整，在提升重物时以较低速度确保安全与稳定，而在空载或者轻载时以较高速度提升工作效率。这种精确的调速能力也可运用在矿用通风机上，按照井下空气质量与通风需求灵活调整通风机的转速，达成节能与有效通风之间的平衡。此外，变频器调速的响应速度很快，能够迅速适应负载的变化，从而让矿用电机在各类复杂工况下都维持良好的调速性能，这不仅提高了矿业生产设备的运行效率，还增强其可靠性。

(二)能效的显著提高

通用变频器应用于矿用电机时，大幅提升了能效，尤其是矿用电机按传统定速运行时，能量浪费较为严重。变频器借助改变电机供电频率来调控转速，让电机能依据实际负载需求在接近最佳效率点运行。在矿用设备处于轻载或者部分负载的情形下，变频器可降低电机转速，随之减少电机输入功率，防止了电机因在不必要的高转速下空转而产生能量损耗。比如，矿用排水泵运行时，井下积水少的情况下，利用变频器降低排水泵电机转速，既能满足排水要求，又可大幅削减能源消耗。此外，变频器还优化了电机启动过程，规避了传统直接启动方式下的大电流冲击，削减了启动过程中的能量损失，进而在整个运行周期内提升了矿用电机的能源利用效率，降低了矿业企业的能源成本。

(三)运行稳定性增强

通用变频器应用于矿用电机后，运行稳定性得到极大提升。矿用电机会面临多种复杂工况，像频繁的负载变动、电压起伏等情况。变频器具备诸多保护功能与智能控制算法，可有效应对这些情况。在电压波动时，变频器能自动调节输出电压与频率，确保电机稳定运行。面对负载突然改变，变频器可快速做出反应，调整电机的输出转矩，防止电机因过载或者欠载而故障。例如，矿井提升机运行期间，若突然发生卡罐这种负载突变的情况，变频器就能及时调整电机输出，避免电机因转矩冲击过大而受损。此外，变频器还能实现电机的软启动和软停止，减轻启动和停止时的机械冲击，延长电机和相关设备的使用寿命，从而提升整个矿用设备系统的运行稳定性，确保矿业生产顺利开展。

Q 应用中的关键技术要点

(一)防爆安全要求

在通用变频器应用于矿用电机时，防爆安全要求是至关重要的技术要点。矿井环境中存在瓦斯等易燃易爆气体，变频器内部的电火花或者高温可能引发爆炸。因此，变频器的设计和制造必须严格遵循防爆标准。首先，变频器的外壳要采用特殊的隔爆结构，能够承受内部爆炸产生的压力而不将火焰传播到外部环境。外壳的密封性能也要良好，防止外部的爆炸性气体进入变频器内部。其次，变频器内部的电气元件要选用符合防爆要求的产品，例如，采用具有防爆性能的电容器、电阻器等。再次，在布线方面，采用防爆电缆，并且电缆的连接要牢固可靠，防止因松动产生电火花。最后，变频器的散热设计也要符合防爆要求，不能因为散热而破坏隔爆结构或者产生高温点，要通过合理的散热通道和散热方式，如采用防爆型散热器，确保变频器在正常运行过程中的温度处于安全范围内。

(二)电磁兼容性

电磁兼容性也是通用变频器应用于矿用电机时的关键技

术要点。在矿井环境中,存在着大量的电气设备,这些设备之间可能会产生电磁干扰。变频器自身是一个复杂的电力电子设备,在工作过程中会产生高频电磁辐射,如果不加以控制,可能会干扰其他设备的正常运行,也可能受到其他设备的电磁干扰。为了确保电磁兼容性,变频器在设计时要采用有效的电磁屏蔽措施。首先,变频器的外壳采用金属材质并进行良好的接地,这样可以有效地屏蔽内部产生的电磁辐射,防止其对外界的干扰。其次,要合理布置线路,减少线路之间的电磁耦合。再次,要对变频器的输入和输出端设置滤波器,对高频干扰信号进行过滤。最后,对变频器进行电磁兼容性测试,确保其在规定的电磁环境下能够正常工作,并且不会对周围的电气设备产生不可接受的电磁干扰。

(三) 散热问题

在通用变频器应用于矿用电机时,散热问题绝不容小觑。矿用电机的工作环境往往十分恶劣,变频器运行时会产生热量,若无法及时、高效散热,变频器内部温度便会上升,进而影响其性能与寿命。其一,变频器的散热设计需根据功率大小与工作环境来优化。对于大功率变频器,可以采用强制风冷或者水冷的散热手段。强制风冷时,需选择合适的风扇,保证风量充足且通风通道良好,避免灰尘等杂质进入变频器内部而影响散热效果。若采用水冷方式,则要确保冷却水管路密封、可靠,防止漏水给变频器带来损害。其二,散热元件应选择导热性能好的金属材料,例如散热器的材质要选取导热性能佳的金属,并且散热器结构要合理,从而最大程度地增大散热面积。同时,实时监测变频器的温度,一旦温度超出设定值,应立即采取措施,像报警或者调整运行参数等,确保变频器在正常温度范围内运行。

通用变频器应用的发展趋势

(一) 智能化控制

随着科技持续发展,通用变频器在矿用电机智能化控制方面的应用会成为重要的发展趋向。智能化控制可让变频器更好地适应复杂且多变的矿用环境。未来,变频器会拥有自我诊断能力,能实时检测自身的运行状况,包括各个功能模块的工作状况、温度、电压、电流等参数。一旦出现异常状况,变频器能迅速且精准地确定故障点,并通过内置通信模块向远程监控中心发送故障信息,使维修人员快速做出响应。此外,智能化控制还将在矿用电机的优化运行上面发挥重要作用。变频器能够依据矿用设备的负载特性、运行时长等数据,自动调节输出频率和电压,达成电机的最优运行效率。例如,对矿井通风机的过往运行数据加以分

析后,变频器能在不同季节和生产时段自动调整通风机的转速,实现节能并满足通风需求。同时,智能化控制还能实现多台变频器的协同作业,提高整个矿用设备系统的运行效率和可靠性。

(二) 与其他系统的集成

通用变频器与其他系统的集成是未来的一个重要发展趋势。在矿业生产中,矿用电机只是整个生产系统中的一部分,变频器与其他系统的有效集成能够提高整个矿业生产的效率和安全性。一方面,变频器将与矿井的自动化控制系统集成。例如,与矿井的监控系统集成后,变频器可以接收来自监控系统的指令,根据矿井的整体生产计划调整矿用电机的运行状态。同时,变频器的运行数据也可以反馈给监控系统,使监控系统能够全面的掌控整个矿井的生产情况。另一方面,变频器还将与其他能源管理系统集成。在矿业企业追求节能减排的目标下,变频器与能源管理系统的集成可以实现对矿用电机能源消耗的精确统计和分析。

结束语

综上所述,矿用隔爆型永磁同步电动机中通用变频器的应用是矿业技术发展的一个重要方向。它在提升电机性能、提高矿业生产效率以及节能等多方面展现出巨大潜力。随着技术的不断进步,通用变频器的应用将更加成熟完善,为矿用隔爆型永磁同步电动机的发展注入持续动力。

参考文献

- [1]殷桂梁,董浩,代亚超,等.光伏微网中虚拟同步发电机参数自适应控制策略[J].电网技术,2020,44(01):192-199.
- [2]邵康.探究永磁同步曳引机在电梯检验中所遇到的诸多问题[J].电子元器件与信息技术,2022(05):32-35.
- [3]张磊,鲍久圣,葛世荣,等.永磁驱动技术及其在矿山装备领域的应用现状[J].煤炭科学技术,2022,50(03):275-284.
- [4]魏斌.采煤工作面运输巷道带式输送机的技术改造措施[J].煤矿机电,2016(02):85-86.

作者简介:

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。

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。

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。

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。