

变频器工作原理及常见故障类型分析

熊义军

川庆钻探长庆钻井总公司

DOI:10.12238/gmsm.v7i7.1881

[摘要] 变频器作为现代电力传动系统中不可或缺的设备,其工作原理的清晰理解及故障分析对于确保系统稳定运行至关重要。本文结合钻井现场转盘 S120 变频器全面剖析了变频器的核心构成,包括整流器、滤波器及逆变器等部件的作用,并详细阐述了变频调速的基本原理,即通过改变电源频率来控制电机转速。在能量转换过程中,变频器实现了从交流到直流再到交流的转换,并通过精密的控制系统确保输出电能的质量。此外,本文系统归纳了变频器常见的故障类型,如过电流、过电压及过热故障,深入分析了各类故障的产生原因及可能的影响。针对这些故障,提出了基于电流、电压及温度检测的综合故障检测方法,并结合观察法、替换法及测量法等故障定位技术,为快速准确地诊断故障提供了有力支持。进一步地,本文提出了包括定期检查、环境控制及维护措施在内的预防策略,以降低故障率并延长变频器使用寿命。这些研究成果不仅加深了对变频器技术的理解,也为实际应用中的故障排查与维护提供了重要参考。

[关键词] 变频器; 工作原理; 故障分析; 故障检测; 预防措施

中图分类号: TN773 文献标识码: A

Analysis of the working principle and common fault type of frequency converter

Yijun Xiong

Chuanqing Drilling Changqing Drilling Company

[Abstract] As an indispensable equipment in the modern electric transmission system, the clear understanding of the working principle and fault analysis are very important to ensure the stable operation of the system. In this paper, the core composition of the frequency converter, including the function of rectifier, filter and inverter, is comprehensively analyzed in the drilling field, and the basic principle of frequency conversion speed regulation is expounded in detail, that is, the motor speed is controlled by changing the power frequency. In the process of energy conversion, the frequency converter realizes the conversion from AC to DC and then to AC, and ensures the quality of the output power through the precise control system. In addition, this paper systematically summarizes the common fault types of frequency converter, such as overcurrent, overvoltage and overheating faults, and deeply analyzes the causes and possible effects of various faults. In view of these faults, a comprehensive fault detection method based on current, voltage and temperature detection is put forward, combined with observation method, replacement method and measurement method, which provides strong support for rapid and accurate fault diagnosis. Further, this paper proposes prevention strategies including regular inspection, environmental control and maintenance measures, in order to reduce the failure rate and extend the service life of the frequency converter. These research results not only deepen the understanding of frequency converter technology, but also provide an important reference for troubleshooting and maintenance in practical application.

[Key words] frequency converter; working principle; fault analysis; fault detection; preventive measures

引言

变频器(Variable Frequency Drive, 简称VFD)是一种用于电动机驱动的电力调节设备,通过改变电源供电频率来控制电动机的转速。

1 变频器的工作原理简介

其基本原理是将交流电源的输入信号转换为直流电,再通过逆变器将直流电转换为可调频率的交流电,以实现对电动机转速的精确控制。

变频器主要由以下几个部分组成:

整流部分:通过整流电路将输入的交流电源转换为直流电。

滤波部分:在整流电路后面接入滤波电路,通过滤波来减小输出的直流脉动,使直流电更加平滑。

逆变部分:通过逆变电路将直流电转换为可调频率的交流电。逆变电路由逆变管(如IGBT等)组成逆变桥,是变频器实现变频的具体执行环节。

制动部分:主要由制动单元和制动电阻组成。制动单元的主要功能在于连接制动电阻,并通过控制制动电阻的接入和断开来实现制动效果^[1]。它是一个斩波器,能够根据直流母线上的电压值来判断制动状态的投入与退出。制动单元还能有效监控制动电阻上通过的电流,确保其正常工作且运行安全。当异步电机处于发电制动状态时,系统机械能转化为电能并积聚在变频器的直流部分,导致直流电压升高。此时,制动单元通过制动电阻消耗这部分电能,从而防止电压过高对设备造成损害。制动电阻主要用于消耗因紧急制动操作而回馈的电流,进而保障变频器的安全运行。当直流母线上的电压,即电容器两端的电压达到或超过门槛电压时,制动电阻接入电路,将再生能量以热能的形式消耗掉,从而防止直流电压的上升^[2]。

控制部分:通过控制算法来控制逆变电路输出的频率和电压,从而实现对电动机转速的精确控制。控制电路包括主控板、驱动保护电路、故障检测电路等,是变频器的弱电核心部分。

变频器的工作流程如下:

电源输入:将交流电源输入变频器。

整流转换:通过整流电路将交流电源转换为直流电。

滤波平滑:通过滤波电路对直流电进行滤波平滑处理。

逆变成形:通过逆变电路将直流电转换为可调频率的交流电。

控制输出:通过控制部分对逆变电路的输出频率和电压进行控制。

电动机驱动:将控制输出的交流电供给电动机,实现对电动机转速的精确调节^[3]。

2 变频器常见故障类型及原因分析

变频器在使用过程中可能会遇到多种故障,以下是一些常见的故障类型及其原因分析:

过载故障

原因:电机在运行过程中承受的负载超过了其额定值,导致电机过热、损坏甚至引发火灾。

解决方法:检查电机负载是否超过额定值,调整负载;检查电机是否堵塞,清理电机;检查电机是否过热,降低电机温度;检查变频器保护功能是否正常,修复或更换保护装置。

短路故障

原因:电机绕组之间或绕组与地之间的绝缘被破坏,导致电流直接通过短路点流动。

解决方法:检查电机绕组是否短路,更换绕组;检查电机绝

缘是否破损,修复或更换绝缘材料;检查电机接地是否良好,修复接地;检查变频器保护功能是否正常,修复或更换保护装置。

接地故障

原因:电机绕组与地之间的绝缘被破坏,导致电流通过地线流动。

解决方法:与短路故障类似,需检查电机绕组、绝缘和接地情况,并修复或更换相关部件。

电压异常故障

原因:输入或输出电压超出变频器允许的范围。

解决方法:检查输入或输出电压是否超出范围,调整电压;检查电源线路是否异常,修复电源线路;检查变频器参数设置是否正确,重新设置参数。

通讯故障

原因:变频器与其他设备之间的通讯出现异常。

解决方法:检查通讯协议是否正确,修改通讯协议;检查变频器参数设置是否正确,重新设置参数;检查变频器与其他设备之间的兼容性,更换兼容的设备。

温度过高故障

原因:变频器内部的温度超过了其允许的范围。

解决方法:检查电机负载是否过大,调整负载;检查电机散热系统是否正常,清理散热系统;检查环境温度是否过高,改善环境温度;检查变频器保护功能是否正常,修复或更换保护装置^[4]。

其他故障

原因:包括软件故障、硬件故障等。

解决方法:对于软件故障,可以尝试升级软件版本或恢复出厂设置;对于硬件故障,可以联系专业维修人员进行检修或更换损坏的部件。

3 变频器故障检测与定位实验验证

3.1 为了准确检测和定位变频器的故障,可以采取以下实验验证方法

静态测试:使用万用表检查变频器的电阻值,以确定是否存在异常。如果测试结果正常,则进行下一步的动态测试。

动态测试:

(1) 空载测试:在空载情况下启动变频器,并检查U、V、W三相输出电压值。如果存在缺相、三相不平衡等问题,则可能是模块或驱动板等部件出现故障。

(2) 带载测试:如果输出电压正常,则进行带载测试,最好是满负载测试。观察变频器在负载下的运行情况,检查是否有异常现象。

(3) 故障模拟:通过人为设置故障条件(如过载、短路等),观察变频器的反应和保护动作,以验证其保护功能的可靠性。

3.2 变频器故障检测与定位实验验证

在变频器故障检测与定位的实验验证过程中,除了静态测试和动态测试外,还可以采用以下方法来进一步确定故障原因和位置:

(1) 故障代码分析。现代变频器通常具有故障代码显示功能, 当设备出现故障时, 会在显示屏上显示相应的错误代码。这些代码是变频器内部诊断系统根据检测到的异常信号自动生成的, 用于指示故障类型和位置。

步骤: 首先, 记录显示屏上显示的故障代码。然后, 查阅变频器的用户手册或在线资源, 找到该代码对应的故障描述和解决方法。

注意事项: 不同品牌和型号的变频器故障代码可能不同, 因此必须参考具体设备的用户手册。

(2) 波形分析。使用示波器或其他波形分析工具, 可以观察变频器输入和输出端的电压、电流波形。这些波形能够反映电路的工作状态和潜在问题。

步骤: 将示波器的探头连接到变频器的输入和输出端, 观察并记录波形。然后, 与正常波形进行比较, 分析是否存在异常(如畸变、抖动、谐波等)。

注意事项: 在进行波形分析时, 应确保示波器的设置正确, 并且不会对变频器造成损害。

(3) 传感器检测。对于配备有传感器的变频器(如温度传感器、电流传感器等), 可以通过检查传感器的输出信号来判断设备的工作状态。

步骤: 使用万用表或专用测试仪器测量传感器的输出信号, 与正常值进行比较。如果输出信号异常, 则可能是传感器本身故障或传感器所监测的部件出现问题。

注意事项: 在检查传感器时, 应注意其安装位置、连接方式和测量范围, 以避免误判。

(4) 部件替换法。如果通过上述方法仍无法确定故障原因, 可以尝试使用部件替换法来缩小故障范围。

步骤: 将怀疑有问题的部件(如整流桥、逆变管、滤波电容等)逐一替换为新的或已知正常的部件。每次替换后, 重新启动变频器并观察其工作状态。

注意事项: 在进行部件替换时, 应确保替换的部件与原始部件兼容, 并且正确安装和连接。此外, 替换过程中应注意断电操作, 以避免触电危险。

4 结语

变频器常见故障的分析及解决措施主要包括过载故障、短路故障、接地故障、电压异常故障、通讯故障、温度过高故障等。通过故障检测与定位实验验证, 能够有效解决变频器常见故障, 确保设备正常运转。

[参考文献]

[1] 王耀东, 王巍, 张亮. 西门子S120变频器在新天钢连退机组的应用[J]. 天津冶金, 2022, (04): 44-46+54.

[2] 魏海锋, 阮向奎. 基于有限元法的钻机结构件用吊耳系列化设计分析[J]. 机械研究与应用, 2019, 32(04): 44-47.

[3] 李亮. 智能控制系统在煤矿变频风机中的应用[J]. 机械管理开发, 2024, 39(08): 260-261+264.

[4] 董云飞, 戴树涛, 丁晓鹏, 等. ZJ40L钻机全网电拖动电气控制系统的计算设计[J]. 甘肃科技, 2008, (06): 22-24.

作者简介:

熊义军(1981--), 男, 汉族, 湖北省大悟县人, 大学本科, 石油钻井电控系统维修, 井口自动化设备维修。