

水轮发电机碳刷在线监测系统策略研究

王 勤 马立鑫 何 劼 李 硕

中国长江电力股份有限公司溪洛渡水力发电厂 云南 永善 657300

摘 要: 安装水轮发电机碳刷在线监测系统,就是要监测水轮发电机碳刷在运行过程中的电流、温度、碳刷长度等运行参数。在监测系统建立报警模型,当碳刷发生异常时及时发出报警信号,方便运维人员及时发现碳刷的异常情况。在线监测系统可以数据存储以及分析,方便工作人员在线巡检分析碳刷的运行工况,避免工作人员到现场实际测量的情况,大大节约人力资源,提高了工作效率。

关键词: 水轮发电机; 碳刷; 在线监测

引言

碳刷是水轮发电机中的重要组成部分,主要承担着传输励磁电流的作用。它将励磁电流传递给发电机转子,产生磁场,从而实现发电机发电。碳刷在长期运行过程中,由于电流的电气磨损、碳刷与滑环的机械磨损,会导致碳刷磨损以及碳刷电流的分布不均等^[1]。当碳刷进一步运行时,可能会导致碳刷接触不良、发热、甚至短路等故障,影响发电机的正常运行。所以日常工作中对碳刷监视和及时消除其缺陷,是保证发电机长期安全稳定运行的重要工作之一。本文结合现场实际情况,提出了碳刷在线监测系统的策略研究。

2 碳刷在线监测系统结构和功能介绍

2.1 系统结构

碳刷在线监测系统数据传输采用有线和无线相结合的传输方式。集成式碳刷及刷握把各种监测传感器、信号传输线束,信号预处理模块、无线发射模块以及电池等部件进行融合设计^[1]。各种监测传感器采集的数据,经传感器信号线传输到刷握信号预处理模块进行预处理,信号处理模块处理后的数据通过无线发射给固定连接的一台无线接收装置。无线接收装置将接收的数据通过有线的方式将数据传输给现地显示存储装置。多台现地数据显存储装置的数据通过交换机集成后用光纤传输到后台服务器,通过进一步数据分析处理后将数据和报警信号分别上传至数据中心平台、监控系统,供运维人员

及时查询分析碳刷的运行工况^[2]。

2.2 刷握及碳刷的选择

该碳刷在线监测系统关键是碳刷和刷握,因为就现有技术而言,系统的开发和数据传输技术是比较成熟的。碳刷、刷握以及各种传感器的集成设计,是系统开发的难点和创新点。通过研究选择在碳刷及刷握上植入NTC热敏电阻、霍尔电流传感器、红外距离传感器来分别实现对碳刷温度、碳刷电流、碳刷长短等运行参数的测量,进而实现碳刷在线监测系统的数据采集。和普通碳刷比较我们称这种新型碳刷为智能型碳刷和刷握。

2.3 系统功能介绍

在线监测系统硬件主要由4部分组成,分别为前端数据采集装置、无线接收装置、现地显示存储装置和系统后台服务器。

数据采集装置: 利用智能碳刷和刷握来进行数据采集,通过在智能碳刷中植入NTC热敏电阻实现对碳刷温度的测量。通过在智能刷握中植入霍尔电流传感器、红外测距传感器等的集成模块实现对碳刷电流、长短的测量。同时在智能刷握中植入数据处理器和无线发射器将数据以无线传输方式传输给无线接收装置。在刷握中装入总容量4500mA的锂电池来为智能刷握提供电源。

无线接收装置: 智能刷握与无线接收装置之间的传输采用2.4GH频段无线传输,一个无线接收装置能对应8个智能刷握终端。通过刷握终端数量来确定无线接收装置的数量,其通过有线方式将数据传输给现地显示存储装置。

3 在线监测系统设计方案

3.1 现地显示存储装置以及无线接收装置安装

在发电机滑环室内做好现地显示存储装置、无线接收装置安装位置的标记,标记过程需结合滑环室内部设备布局、通风条件及信号传输路径综合判定,避开碳粉

作者简介: 王勤(1986年),男,四川省成都市,本科,工程师,工作单位:长江电力股份有限公司溪洛渡电厂电气维修部发电分部,单位地址:云南省昭通市永善县溪洛渡电站控制楼,从事水电站电气一次设备管理与维护,联系电话:15287060381,电子邮件:WANG_QIN3@ctg.com.cn。

堆积区域与设备振动核心部位。选用厚度不低于8mm的不锈钢材质焊接垫块,通过氩弧焊工艺将其可靠焊接在机头罩预设位置,焊接过程中控制电流参数在80-120A范围以避免机头罩变形,焊后采用角磨机打磨焊缝至光滑平整,再依次涂刷两道防锈底漆与一道防腐面漆,面漆选用耐油耐温型聚氨酯材料,确保在滑环室特殊工况下使用寿命不低于5年。在发电机滑环室内安装现地显示存储装置以及无线接收装置时,采用M8膨胀螺栓固定,螺栓紧固力矩控制在45-50N·m,安装后通过水平尺校准装置水平度,偏差不超过0.5mm/m,同时预留不小于30cm的检修操作空间,保障后续设备维护便捷性,安装完成后清理现场残留焊渣与杂物,避免影响滑环运行^[3]。

3.2 后台服务器及交换机柜安装

在水电厂监测系统机房内安装一面碳刷在线监测系统柜,机柜选用IP45防护等级的标准网络机柜,尺寸设定为2000mm×600mm×800mm以满足设备安装需求。机柜内部采用上下分区布局,上部安装后台服务器主机与显示器,下部预留电源模块与布线空间,服务器安装位置距机柜顶部不小于15cm,确保散热通畅,机柜底部加装可调节脚轮与固定支脚,便于机柜定位与水平调整。在柜内安装后台服务器主机,服务器显示器采用嵌入式安装方式固定在机柜前门,通过VGA数据线与主机连接,数据线做好整理绑扎并标注标识。在厂房内合适位置安装一台中转交换机,中转交换机的位置选择需兼顾各机组现地装置的布线距离,确保单台交换机覆盖半径内所有机组线缆长度不超过100m,交换机固定在专用壁挂式支架上,支架安装高度距地面1.5-1.8m,避免地面潮湿与人员误碰影响设备运行。

3.3 光纤及电缆敷设

在现地显示储存装置与中间中转交换机之间用一根网线连接,网线选用超五类非屏蔽双绞线,敷设过程中避免过度弯曲,弯曲半径不小于线缆直径的8倍。中间交换机与厂房光配线柜之间采用单模光纤连接,光纤选用4芯单模光缆,预留2芯作为备用通道,光缆敷设采用桥架与穿管相结合的方式,穿管部分选用φ20mm阻燃PVC管,桥架内光缆与动力电缆分层布置,间距不小于30cm以避免电磁干扰。厂房光配线柜到控制楼监测系统机房的利用备用光纤通道,使用光纤熔接技术进行连接,熔接损耗控制在0.1dB以内,熔接完成后做好光纤标识与熔接记录。后台服务器与数据中心平台之间用网线连接,从不间断供电点敷设一根YJV22-3×4mm²电缆到现地显示储存装置和中间交换机为其提供电源,电缆敷设路径避开高温区域与尖锐边角。控制楼后台服务器敷设一根电缆

到监控系统机柜,所用电缆都要有清晰号头,并且悬挂包含线缆用途、起止点的标识牌,所有敷设的光纤、网线均粘贴防水标签,标签信息采用耐磨油墨打印,确保长期清晰可辨。

3.4 碳刷及刷握的更换

将发电机的旧碳刷及刷握更换为智能型碳刷及刷握,更换前需对发电机转子集电环表面进行清洁处理,采用无水乙醇擦拭集电环表面碳粉与油污,确保表面粗糙度 $Ra \leq 0.8\mu m$ 。智能型碳刷选用高耐磨石墨材质,刷握采用铝合金一体成型结构,更换时逐一对应机组碳刷位置编号进行安装,避免混装导致监测数据错乱,碳刷与集电环间距调整至2-3mm,该间距通过专用塞尺进行校准,确保间隙均匀且符合运行要求。打磨碳刷时采用120目细砂纸沿集电环旋转方向进行手工打磨,打磨过程中轻压碳刷,使碳刷接触面与集电环表面贴合度达到90%以上,打磨完成后再次清洁碳刷接触面与集电环表面,清除残留砂粒与碳粉。更换完成后手动推动碳刷检查其活动灵活性,确保无卡滞现象,同时检查智能碳刷内置传感器线路连接状况,避免线路挤压破损影响数据采集。

3.5 现地显示储存装置调试

给现地储存装置通上电源,电源接通前先检查装置供电线路绝缘电阻,采用500V兆欧表测量,绝缘电阻值不低于2MΩ方可通电。通过系统设置菜单分别设定终端数量、终端配对、网口设置、参数设置、时间设置、距离校准,终端数量需与现场智能刷握实际数量一致,终端配对采用一对一扫码配对方式,确保信号传输精准无干扰,网口设置为静态IP地址,子网掩码与网关参数匹配电厂内部网络规划。参数设置中根据碳刷运行技术标准设定温度报警阈值为85℃、电流偏差报警阈值为±10A、碳刷磨损极限报警长度为15mm,时间设置与电厂统一时钟系统同步,误差不超过1s。距离校准采用标准长度量块作为基准,将量块放置在碳刷与集电环之间,通过装置校准功能调整测量精度,确保碳刷长度测量误差不超过±0.5mm,所有参数设置完成后重启装置,复核各项设置参数是否保存生效,同时测试数据采集与本地存储功能是否正常。

3.6 后台服务器调试

给后台服务器通上电源,电源采用双路供电模式,确保服务器持续稳定运行,在服务器上安装基于Windows Server系统的碳刷在线监测软件,同时搭建SQL Server数据库用于存储监测数据。安装完成后进行系统调试,首先检查数据接收装置与服务器之间的通信状态,通过ping命令测试网络连通性,确保无丢包现象,随后检查上位

机显示界面与现地装置数据一致性,逐项核对碳刷温度、电流、长度等参数显示是否准确。测试报警功能时通过模拟碳刷超温信号,验证服务器是否能及时发出报警提示,报警信息是否包含碳刷编号、时间、报警类型及报警值等完整内容,数据查询功能测试需覆盖实时数据、历史数据及报警数据,确保查询结果准确且响应迅速。检查监控系统上的在线监测系统通信状态,实现服务器与电厂监控系统的数据交互,确保报警信号能同步上传至监控系统,调试完成后生成调试报告,记录各项测试结果与参数设置。

3.7 系统信号上传数据中心平台

将数据上传至厂站数据中心平台,数据上传采用IEC 61850通信协议,确保数据传输的标准化与兼容性,上传过程中对敏感数据进行加密处理,防止数据泄露与篡改。在数据中心平台制作智能碳刷在线监测系统实时分析画面,画面采用分区布局设计,左侧显示机组整体运行状态,右侧展示单台碳刷详细参数,关键参数超标时采用红色高亮显示,便于运维人员快速识别异常。在线监测系统数据趋势分析报表按照每日、每周、每月周期生成,报表包含碳刷温度变化曲线、电流分布趋势、磨损速率统计等核心指标,通过数据拟合算法预测碳刷剩余使用寿命,为运维人员制定检修计划提供数据支撑。数据上传完成后进行跨平台数据验证,核对服务器、现地装置与数据中心平台的数据一致性,同时测试平台数据刷新频率,确保实时数据刷新间隔不超过3s,满足运维人员实时监控需求,最终实现碳刷运行状态的全流程可视化

4 在线监测系统的应用实例

此方案已在国内某大型水电站进行实际应用,在实施过程中,首先对发电机的碳刷工作状态进行了全面的评估和分析,然后根据实际情况设计了合理的监测方案和预警模型。在后台服务器和数据中心平台上已能正常监测碳刷运行工况,利用监测系统对碳刷的运行趋势进行分析判断,极大的方便了运维人员对碳刷运行工况的监视,也能够及时将问题碳刷发现并处理,极大的保障了水轮发电机运行的可靠性和安全性,为保障电力供应的稳定性发挥了重要作用。



图1 智能碳刷及刷握图片



图2 系统服务器显示图片

结束语

水轮发电机的碳刷在线监测系统的研究与策略在推动行业进步中起到了关键的作用。通过改进碳刷、刷握的材料、工艺和集成技术,实现设备的智能化管理,降低故障率并提高运行效率。这些创新不仅有助于提高水轮发电机运行的安全可靠,而且符合绿色能源产业的发展趋势。在未来的发展中,碳刷在线监测系统有望成为水轮发电机领域的重要研究方向和应用方向。

参考文献

- [1]陈锋,刘凤君.水轮发电机滑环装置在线监测硬件系统设计.水电与新能源,2020-06-11,06期:40-44.
- [2]何冰清,李曼.水轮发电机组状态监测与故障诊断分析[J].水电站机电技术,2024,47(11):22-25.
- [3]陈东.水轮发电机局部放电监测系统的应用研究[J].科技创新与应用,2024,14(32):165-168.