

物联网驱动下水电厂智能监控系统故障诊断技术应用

周在高

雅砻江流域水电开发有限公司, 中国·四川 成都 610000

【摘要】随着工业智能化进程加速, 水电厂智能监控系统的故障诊断技术成为保障能源稳定供应的关键。本文深入剖析物联网关键技术工业自动化中的作用, 系统梳理水电厂监控系统故障类型与成因, 包括传感器数据异常、通信链路故障等核心问题。针对上述挑战, 构建基于边缘计算、多源异构数据融合、机器学习等技术的智能故障诊断体系, 并通过某大型水电厂的实际应用案例, 验证该体系在实时故障检测、精准诊断与智能自愈方面的有效性。研究表明, 物联网驱动的故障诊断技术显著提升了水电厂运行可靠性与故障处理效率, 为能源行业智能化转型提供技术支持。

【关键词】物联网; 水电厂; 智能监控系统; 故障诊断; 边缘计算; 数据融合

引言

在全球能源体系朝着清洁与智能方向转变的形势下, 水电作为关键的可再生能源类别, 其生产平稳程度与能源安全紧密相连, 以往水电厂采用的监控系统故障诊断手段存在反应迟缓, 诊断准确度不够等一系列状况, 而物联网技术凭借在互联互通及数据处理方面的强大能力, 为水电厂故障诊断开辟创新途径, 针对物联网带动的智能故障诊断技术运用, 展开深入探究对提升水电厂运作效率, 确保能源持续稳定供应有着极为重要的现实价值。

1 物联网与水电厂智能监控系统概述

1.1 物联网关键技术在工业自动化中的作用解析

物联网技术通过对感知层、网络层和应用层之间的配合, 实现了对整个工业自动化系统架构的重新构建。其中感知层主要是利用智能传感器来对工业设备的工作情况进行实时监测, 并利用模拟/数字信号的转换技术将该类设备所运行的各项物理参数转化成为可以被处理的信息; 网络层主要是使用5G、工业以太网等通信协议来为工业生产设备建立起一个可以跨越不同地域及不同的系统将各种设备之间互连互通的通道; 应用层则是结合云计算以及大数据分析平台来进行大数据分析, 以这些大量的工业数据为基础建立起设备运行模型及故障预测算法, 从而给相关生产做出科学合理地判断。

1.2 水电厂智能监控系统的功能构成与运行机制

水电厂智能监控系统的框架基于分层分布式结构, 具体包括数据采集、数据传输、数据处理和数据应用四部分。

对于数据采集部分, 在水电厂中, 在水轮发电机组、电气设备以及水工建筑物等重要位置布置有传感器, 来采集流量、压力、温度以及振动等业务参数。对于网络传输部分, 由于变电站处于复杂的电磁环境中, 为了保障业务数据稳定传输, 在网络传输层设计为光纤通信+无线通信冗余组网。对于数据处理层使用边缘计算+云服务模式进行采集数据预处理、特征提取及模式识别。各层级依靠标准化通信协议实现数据交互流通, 进而形成从底层设备感知到上层决策执行的闭环控制体系, 以此确保水电厂运行过程中实现安全性、可靠性、经济性。

2 水电厂监控系统故障类型与成因分析

2.1 传感器数据异常及其对监控精度的影响

以传感器作为数据采集核心部分而言, 其性能稳定与否直接关联监控精度状况, 数据出现异常主要源于传感器物理特性发生变化, 以及信号传输时的失真现象, 像机械振动、温湿度波动这类情况, 会致使传感器内部敏感元件参数漂移, 进而使输出信号与真实值出现偏差, 另外诸如电磁干扰、信号传输介质损耗等因素, 极易造成信号畸变或丢失, 从而呈现数据跳变与缺失等不正常形态。

2.2 通信链路故障在数据采集与反馈中的表现

就通信链路在数据传输和指令交互方面所起关键作用来讲, 其故障表现形式受物理层和协议层两方面因素影响, 从物理层面看, 光纤断了与无线信号被遮挡会直接中断数据传输通道, 设备老化与接口松动则可能导致数据丢包或传输延迟, 从协议层面而言, 通信协议兼容性不足或网络

拥塞, 会致使数据传输效率降低甚至出现数据顺序混乱或校验不通过情况, 在数据采集环节链路出现故障便会中断数据传输, 致使监控系统无法获取实时运行数据, 而在控制反馈流程中指令传输不成功设备, 就无法执行远程调控对系统运行安全构成严重威胁。

2.3 控制指令延迟或丢失引发的设备响应异常

要实现设备的远程调控, 控制指令能够及时且准确地传输是关键基础, 其出现异常情况与网络环境、系统架构相关。密切就网络层面而言, 带宽不够充足、路由出现拥堵会使指令传输产生延迟, 导致设备响应难以及时满足调控需求, 网络拓扑结构设计不合理与缺乏冗余机制则会让指令传输过程中可能出现丢失状况。从系统层面来讲, 指令解析模块存在算法缺陷或协议转换出错, 会造成指令格式不对或参数丢失问题, 进而影响设备对指令的正确执行。

2.4 电力系统干扰对监控设备稳定性的影响

水电厂相当复杂的电磁环境对监控设备构成多种干扰威胁, 像雷击、操作过电压产生的瞬态电磁脉冲经传导或辐射耦合进监控设备电路系统, 会损坏电子元件或干扰信号传输; 谐波电流、电压波动致电源质量降低, 让设备供电不稳, 引发设备工作异常。此外, 大功率设备启动或停止时产生的电磁干扰对传感器信号采集、通信模块数据传输影响严重, 破坏监控系统信号完整性, 致使设备运行可靠性与稳定性降低。

3 物联网驱动下的智能故障诊断技术体系

3.1 基于边缘计算的实时故障检测机制

在水电厂那种情况复杂且变化多端的运行环境下, 不断有设备产出数量庞大且实时性要求颇高的数据, 传统的集中于云端处理数据模式实难满足设备故障时迅速反应的需求, 而边缘计算技术将数据处理能力置于网络边缘位置, 由此搭建起一套能实时检测故障的高效体系, 使得水电厂设备故障监测的及时性与精度明显提高。

在边缘计算架构之下, 在水轮发电机组、变压器等重要设备处会安装专门的边缘计算节点, 这些节点具备数据预先处理、特征提取、初步分析功能, 它们通过高速接口与各类传感器相连, 可实时收集设备运行过程中的关键参数, 如振动幅度、温度变化、转速波动等, 还依据预先设

定好的时域、频域分析算法及机器学习模型在本地快速处理所收集数据, 比如处理振动数据时会运用傅里叶变换方法提取频谱特征, 并与设备正常运行历史数据及故障特征库作对比分析, 一旦察觉数据出现超阈值范围的不寻常波动, 边缘计算节点便即刻启动内置告警逻辑, 在极短时间内生成告警信息并经有优先级通道将故障类型、发生时间、严重程度等关键数据传送至电厂中央监控中心。

在某大型水电厂实际运用中, 该厂给水轮发电机组配备了边缘计算节点, 在某夜晚值班时段, 该节点实时采集机组振动数据, 每秒能获取数百组之多, 其内置振动分析算法对这些数据快速处理, 经过与历史数据及正常运行数据模型比对, 发觉某台机组运行时垂直方向振动幅值短时间内异常波动超出正常阈值范畴, 边缘计算节点随即实施二次确认分析, 确认异常后0.5秒内触发本地声光告警, 并打包故障类别、严重程度等关键信息, 借助无线网络快速传至电厂中央监控中心, 监控中心值班人员接收到告警信息后当即通知现场运维人员前去检查。

3.2 多源异构数据融合分析技术在诊断中的应用

在水电厂那涵盖来源宽泛, 还种类繁多多样数据的智能监控体系里, 数据来源有借助传感器收集到的物理参数方面的数据, 设备台账里记录的过往维护相关数据, 以及气象环境监测所获取的数据等等还存在异构特性, 多源异构数据融合分析技术, 主要是通过将不同类别、不同架构的数据整合到一起挖掘其潜藏联系, 以更精准诊断设备故障, 具体为先针对多源数据开展标准化处理消除数据格式及单位差别, 接着运用特征提取算法提炼各数据关键点, 最后借助像贝叶斯网络、D - S证据理论等融合算法, 对多源数据特征融合分析进而构建更全面的设备运行状态模型。

同样在上述大型水电厂一次设备巡检进程中, 运维人员察觉到某台主变压器油温偏高, 监控系统中温度传感器呈现的数据表明油温快达预警值, 仅凭借温度数据难确定故障原因, 此时多源异构数据融合分析技术发挥作用, 系统自动调取出该变压器近期负载数据、油色谱分析数据、环境温度数据、历史维护记录, 经标准化处理后, 提炼出负载率变化走向、油中气体成分浓度、环境温湿度波动等关

键特征,运用D - S证据理论对这些特征融合分析,发现近期该变压器负载率一直较高,而且油中乙炔气体浓度稍有上升,再结合历史维护记录中曾出现的散热片堵塞问题,经综合考量判断出此次油温升高是因变压器长时间高负载运行,散热片部分堵塞致使散热效率降低。

3.3 基于机器学习的故障预测与模式识别方法

机器学习有着强大的数据分析、模式识别能力,能从水电厂的大量历史运行数据中学习设备的正常运行模式、故障特征,从而可以进行故障预测。将它应用到实际工程中首先要采集不同工况下设备运行时的数据(例如:水轮机的振摆值、过机流量、真空度、阀位信号以及励磁系统各部分的数据),对数据做清洗预处理工作(剔除噪声及异常值),然后选取合适的机器学习算法(如神经网络、随机森林和支持向量机)建立故障预测模型,并用已有数据对模型进行训练和优化,在线性磨蚀等发生前进行故障预警,及时通知运维人员并提供预警信息。

在针对该大型水电厂水轮发电机组开展的振动故障预测相关工作中,借助机器学习方式搭建故障预测模型的电厂技术人员,收集了过去五年此机组处于正常运行、轻度故障、严重故障等多种不同状态下数量高达数十万组的振动数据,对这些数据实施诸如滤波,归一化之类预处理后运用深度学习中的长短期记忆网络(LSTM)算法构建模型,具备处理时序数据优势的LSTM模型能切实有效学习振动数据随时间变化规律,经大量数据训练及参数调节,该模型在验证集上呈现出较高准确率。

3.4 智能传感与无线网络协同诊断框架

就现代水电厂智能化运维体系来讲,故障告警与自愈的智能化规划属,在增强故障处理效率与减轻对人工依赖的关键技术,其中故障告警部分采用精细化的分级分类管控模式,依据故障类别、严重程度、影响范围,把告警消息划分成多个不同优先级层次,还搭建多维度通知系统,借短信、邮件、声光报警等多种途径,保证故障信息能迅速与精确传递给相关技术人员与管理人员;自愈机制规划充分呈现高度自动化与智能化特性,系统预先内置大量针对不同故障状况处理预案,一旦监测到异常情形便快速开启

智能诊断流程,以精确辨别故障类型并自动调用适配自愈策略,这些策略包含调整设备运行参数、无间隙切换备用设备、重启故障模块等多种操作,若系统自动修复尝试未成功则立刻记录详尽故障信息及处理过程,同步上报到运维中心,为人工介入提供全面且精准参考依据,确保故障能得到及时有效处理。

针对大型水电厂水工建筑物监测工作所采用的协同诊断架构,旨在实时知晓大坝安全状况,为此电厂在大坝关键部位布置如智能位移传感器、渗压传感器等各类装置,其内部配备微处理器及数据处理算法,可对采集的位移数据、渗压数据实时分析,以判断是否有异常变化趋势,一旦某区域大坝位移数据出现细微却持续变动,传感器先本地多次采集分析核实数据,确认异常后将经特征提炼的关键数据,通过采用自组网技术能在复杂大坝环境中自动优化网络拓扑结构,进而确保数据快速稳定传输的无线网络传送至大坝安全监测中心,监测中心接收数据后会全面综合考量分析气象数据,历史监测数据等诸多相关数据,以判断该区域可能存在局部渗漏风险。

结语

本研究通过构建物联网驱动的智能故障诊断技术体系,有效提升了水电厂监控系统故障诊断的及时性与准确性。边缘计算、数据融合等技术的应用,显著增强了系统的可靠性与自愈能力。然而,数据安全防护与算法适应性仍待优化。未来需进一步深化技术融合,探索更智能的故障诊断模式,为水电行业高质量发展提供更强助力。

参考文献:

- [1] 黄新,叶茂.设备监控及智能诊断平台在电厂的应用[J].现代工业经济和信息化,2021,11(12):118-120.
- [2] 刘卫.基于物联网的发电厂继电保护实时监控与智能诊断系统设计[J].电气技术与经济,2024(11):123-125.
- [3] 杨继超,张慧.物联网技术在变电站智能监控系统中的应用[J].光源与照明,2024(12):195-197.
- [4] 李小龙,张志华.水电厂无线传感器网络应用技术探讨[C]//中国水力发电工程学会.中国水力发电工程学会,2018:3.