

Electric Power Plant Electrical Automation Monitoring Technology Based on Blockchain

Jian'an Wang Baizhao Zhang

Huadian Laizhou Power Generation Co., Ltd., Yantai, Shandong, 261400, China

Abstract

With the continuous expansion of power plant operations and increasing complexity of equipment systems, electrical automation monitoring systems face escalating security requirements. Traditional monitoring technologies exhibit limitations in data accuracy and system response latency. To address these challenges, this paper proposes a blockchain-based solution for electrical automation monitoring systems. Using a real-world power plant as case study, experimental results demonstrate that the blockchain-enhanced system significantly improves fault detection accuracy, enhances operational stability, and achieves faster control response times.

Keywords

blockchain; power plant; electrical automation monitoring technology

基于区块链的发电厂电气自动化监控技术

王健安 张百兆

华电莱州发电有限公司, 中国·山东 烟台 261400

摘要

随着发电厂发展规模日益扩大与各种设备系统结构愈发复杂, 电气自动化监控系统面临的安全要求逐步提升。在传统监控技术中, 数据准确性有待加强, 系统响应存在一定程度的延迟。为了改变现状, 文章以区块链技术为基础, 分析构建电气自动化监控系统的方案。文章以某发电厂为例, 通过开展实验, 说明应用区块链技术的电气自动化监控系统对故障检测准确度大幅度提升, 系统运行更加稳定, 对控制响应速度更快。

关键词

区块链; 发电厂; 电气自动化监控技术

1 引言

发电厂利用发电机和变压器等电气系统将一次能源转化为电能, 并输送到电网中, 其运行状态与电力系统的安全性和可靠性密切相关。随着电网规模日益扩大, 运行方式愈发复杂, 发电厂对电气自动化监控系统的性能提出更加严格的要求。传统发电厂中, 电气监控系统主要依靠 PLC、DCS、SCADA 系统, 通过对现场数据进行采集与集中化处理, 确保运行状态得到实时化监测。虽然大部分发电厂有自动化监控系统, 但在提升电气自动化水平的过程中, 监控数据的真实性与可靠性, 操作记录是否能够追溯, 不同系统之间的协同度是否可靠, 则起到尤为关键的作用。区块链技术具有去中心化特征, 将数据写入后, 便不会再轻易修改数据, 同时, 可随时对操作和数据来源进行回溯, 这些特征可以有效保证发电厂电气监控数据的安全性和可靠性。文章以某发

电厂为研究对象, 分析将区块链和电气自动化监控系统融合的方法, 构建专门的电气自动化监控系统, 通过实验验证其具体应用效果。

2 发电厂电气自动化监控系统设计

2.1 总体结构

在发电厂电气自动化监控系统中应用区块链技术, 构建专门的自动化监控系统。系统主要包括电源、数据采集、数据处理、区块链网络、控制执行。电源模块是整个系统的供电基础单元, 负责为各个模块提供稳定的电能支持。数据采集模块中, 通过合理布置电流、电压和温度等传感器, 持续采集设备运行数据, 并将数据传输至数据处理模块和区块链网络模块。数据处理模块主要对各种采集的数据进行预处理, 提取关键指标, 判断设备是否正常运行。区块链网络模块是系统的核心模块, 负责将采集和处理的数据进行格式校验、字段解析, 并做好数据加密处理和存储, 避免数据遭到篡改。控制执行模块根据区块链模块的分析结果执行相应动作, 保证设备运行安全、可靠^[1]。

【作者简介】王健安(1992-), 中国山东德州人, 工程师, 从事电气工程研究。

2.2 硬件结构

电气设备诊断模块主要用于诊断设备的故障和设备运行状态,主要包括电流检测部、磁场检测部、信号处理装置、中央处理装置、显示装置和操作装置。信号处理装置负责将传感器采集到的信号整理为中央处理装置可识别的数字化信号。构成这一装置的主要子部件如下:一是放大电路,负责放大微弱电信号的幅值,提高信号强度,对部分干扰形成抑制;二是A/D转换器,将连续变化的模拟信号转为离散数字信号;三是输出电路,保证信号的稳定性,将信号以可靠的方式传给中央处理装置;四是波形选择电路,结合需求筛选特定频段和特定类型波形,将无关波形和干扰过滤,保留有效信号。系统主要对有用信号的频段进行针对性放大处理,随后,A/D转换器将模拟信号转化为数字信号,通过输出电路将信号传输给中央处理装置。中央处理装置的主要硬件有波形记忆单元、主存储单元、输入/输出接口。该装置的主要功能是对监测数据进行分析 and 计算,并将其写入存储单元。系统通过开关对检测方式进行切换,将开关切换至电流检测部位置时,系统会对设备的电流信号进行优先采集,根据电流的各项参数,对设备的运行状态进行判断^[2]。

将开关切换至磁场检测部位置时,系统利用感应器对磁通量信息进行测定,判断是否存在故障。显示装置和操作装置分工明确,前者用于输出可视化信息,后者用于接收人工指令,方便现场运维人员随时查看运行状态,对故障进行迅速定位,为维护等工作提供支撑。

2.3 区块链网络模块

区块链网络模块负责将所有监测数据和操作记录进行回溯,满足后续分析和责任划分等工作需求。这一模块专门对电气设备运行数据进行统一处理,对数据进行加密存储,构建完善的区块链共识机制,确保各节点之间的数据状态一致,满足后续自动化控制与运行分析的需求。

数据采集模块随时对电流、电压和温度等参数进行实时化采集,并将其传输至区块链网络模块。依托区块链智能合约,对原始数据进行分析,并将其划分为不同类型,结合电气设备的运行特征与预设要求,对数据状态进行标识,将其分别划分为正常、预警、异常等类型。这一过程充分考虑到设备历史运行信息与当前工作情况,保证判定依据多元化,提高诊断的准确性。对状态分析完毕后,系统结合区块链的标准交易格式,将原始监控数据和最终判定结论进行打包处理,将其正式纳入区块链网络中。基于链式数据结构,系统将新生成的数据块与前一区块进行关联。对数据块进行

存储时,按照时间的先后顺序,以串联的方式存储,避免设备监测记录出现断层和缺失,有效保证设备数据的完整性。每一个数据块均包含四样内容,分别为设备标识、记录时间、运行状态摘要、加密校验信息,确保数据的完整性和可追溯性,避免随意篡改记录。为避免数据被人篡改,在区块链网络中,采用加密校验机制对正式上链前的数据进行验证,确定其符合要求,方可将数据写入。在共识机制的作用下,每个节点会对新增加的数据进行确认,保证各节点存储的区块、数据和顺序相同,避免出现数据冲突。即使某个节点出现异常,也不会对整体监控数据的可信度造成影响^[3]。

2.4 控制执行模块

结合区块链网络模块的分析结果,控制执行模块可对发电厂的电气设备开展自动化控制。其中,故障报警模块承担着重要的职能,一旦设备出现问题,该模块会在第一时间发出警报。在系统中,对电流、电压、温度和磁场等关键指标设定安全阈值,对参数进行监测时,一旦发现其超过阈值,系统会自动进行报警,向断路器和开关发出切断电源的指令,及时将出现故障的设备断电与隔离,待到运维人员将故障排除后,设备会恢复正常运行。若在短时间内无法将故障排除,需启动备用设备^[4]。

3 实践应用验证

在本研究中,将某一发电厂为研究对象,使用本设计方案,对系统的功能进行验证。该发电厂中配备发电机、主变电气和相关电气设备,可充分满足本地区的用电需求。传统的监控系统存在以下缺点:一是数据容易被篡改,可信度较低;二是出现故障时,不能在第一时间响应和处理故障;三是数据存储的安全性较低。本研究在该发电厂中部署基于区块链技术的电气自动化监控系统,对关键设备进行不间断监测。

3.1 系统性能评估

为全面评估区块链发电厂电气自动化监控系统的效果,在本研究中,将该系统与传统监控系统进行对比测试,以验证新系统性能。对比时,不仅要关注其表面,还要设定相应的性能指标进行对比和评价:一是发生故障时,系统是否可以对其进行准确诊断,是否能够准确预报,是否可减少疏漏;二是系统长时间运行时,是否会出现死机、卡顿、掉线等情况;三是发生故障后,系统能否在第一时间做出响应;四是数据存储安全性是否有保障;五是能否追溯到每一条数据的源头,是否可对数据进行全过程检查与核对。明确评价指标,可以保证方案评估得到量化。验证结果如表1所示。

表1 系统性能对比

系统	故障检测准确率 (%)	系统稳定性 (%)	控制响应时间 (ms)	数据存储安全性 (%)	数据可追溯性
传统系统 A	91.2	92.5	950	88.0	否
传统系统 B	93.5	94.0	780	90.5	否
基于区块链系统	98.7	99.2	220	99.0	是

根据表1可知,以区块链为基础的监控系统各项指标均优于传统监控系统,其故障检测率达到98.7%,说明该系统可对设备的异常状况进行迅速准确识别,可进一步减少系统所面临的安全隐患,减少设备出现故障的风险;系统长期运行的稳定性为99.2%,很少出现死机、卡顿和掉线等问题,可充分满足发电厂对连续监控的要求;控制响应时间缩短为220 ms,远高于人工检测和传统模式,说明一旦发现故障,该系统可迅速进行报警、跳闸和切换等操作,避免故障范围扩大;在该系统中,采用哈希加密和多点分布式链式存储的方式保障监控数据的安全,操作人员可对每条数据进行追溯,大幅度提高数据安全等级。

综合分析表明,该系统不仅能够满足发电厂对监控的不间断和低延迟等需求,还可以保证数据安全可靠,避免数据遭到篡改,基于区块链技术的优势,确保每条记录可查可验,在推动发电厂迈向智能化建设的过程中提供强大的技术保障。

3.2 数据加密存储能力评估

采用模拟电能计量数据开展仿真实验,通过构建典型压力场景,对系统的高频采集和加密存储操作进行模拟,验证系统在复杂场景下的性能。对系统存储效率进行评估时,主要使用存储拥塞率,这一数值越小,越说明系统的存储数据通道顺畅。在本研究中,将三套不同系统进行对比,主要以数据量大小、超高数据压力等不同负载条件为主,分析其存储性能,结果如表2所示。

表2 系统数据存储能力对比

系统	数据采集频率 (次/分钟)	存储拥塞率 (%)	加密稳定性 (%)
传统系统 A	6	18.5	90.2
传统系统 B	12	12.3	92.8
基于区块链系统	20	5.1	98.7

实验结果显示,在高频次采集数据压力场景下,该区块链系统的存储拥塞率较低,约为5.1%,与传统系统相比,其数值明显更低,这意味着系统能够始终对海量化和实时化数据进行处理,同时不会降低数据存储效率。数据加密的稳定性为98.7%,可有效保证监控数据在传输和存储的过程中更加完整,避免其遭到破坏。综合这些实验结果可以看出,将区块链与加密存储机制相结合,可以有效提高监控数据的安全性和可靠性,确保数据在第一时间得到存储和追溯。

3.3 电气设备监测结果分析

采用基于区块链的监控系统对发电厂的重要电气设备进行不间断监测,如发电机和主变压器,对其运行数据进行实时化采集。在实验中,该系统可及时发现设备运行的异常现象,自动执行报警、断电、调节等操作。文章结合具体案例,对系统在实际应用中的效果和um能力进行分析。

表3 发电厂设备监测案例

设备	监测参数	异常阈值	实测值	系统响应
1号变压器	温度(°C)	85	98	报警+自动切断电源
3号主发电机	电流(A)	550	580	报警+调整负载
2号变压器	绕组温升(°C)	90	87	正常运行

以1号变压器为例,当系统检测到其温度超过预先设定的数值,系统会立刻触发报警,同时及时切断电源,避免温度持续升高,保障设备安全,减少出现安全事故的可能性。接到报警和断电信息后,运维人员可通过远程监控平台对故障设备、参数等相关信息进行实时化监测与获取,确认故障的类型和位置,制定针对性检修计划,安排维修。结合现场检查结果可知,变压器绕组有杂物,其绝缘层已经老化,这与系统监测到的温度超标信息相符。

结合前面所有实验和数据对比分析结果可知,该区块链电气自动化监控系统具有以下几方面优势:一是持续监测发电机和主变压器等核心设备的运行参数,精准获取运行状态,为后续分析和处理工作提供参考依据;二是一旦检测到设备出现异常情况,系统能够第一时间进行报警、断电等动作,运维人员可通过远程监控的方式确定故障,并开展现场维修;区块链具有不可篡改等特点,可保证数据及时得到记录与追溯,操作人员可随时对数据进行查询,了解设备的运行情况,制定科学的运维计划。实验结果证明,该系统在实际应用中安全可靠,在推动电厂数字化建设方面起到有效的推动作用。

4 结语

文章以区块链为基础,探讨发电厂构建电气自动化监控系统的思路,结合具体案例,选择实际应用场景,对该套系统进行测试和验证。研究表明,该系统可以有效提高监控的实时性,避免监控时出现卡顿和延迟,还可以保证监控数据更加安全可靠,确保其全程得到追溯,进一步提高电器设备运行的安全性和可靠性。将区块链与电气自动化监控系统相结合,可充分结合发电厂的运行与管理需求,为其提供强大的技术支持。后续研究中,需充分引入人工智能和数字孪生等技术手段,进一步提高监控的精准度与管理水平,推动发电厂监控迈向智能化方向。

参考文献

- [1] 周刚,舒忠虎,黄振兴,等.基于区块链的电力企业漏洞管理系统研究[J].湖南电力,2025,45(06):26-32.
- [2] 马廷霞.区块链赋能农产品供应链金融的数字化转型[J].全国流通经济,2025,(21):129-132.
- [3] 胡晓禹,刘立静,杨淑珍.基于区块链技术的粮储管理系统应用研究[J].粮食科技与经济,2025,50(05):80-84.
- [4] 杨梓萌,丁嘉熹,陈丽惠,等.基于区块链技术的调度机房设备全天候监控[J].云南电力技术,2025,53(05):15-19.