

## 基于物联网技术的变电系统设备状态监测与诊断

卓礼业

广西百色广投银海铝业有限责任公司, 广西 百色 533000

**[摘要]**通过物联网技术实现变电系统设备状态的精确监测与即时故障诊断。研究首先基于国内外文献,评述物联网在电力系统中的应用,并明确技术创新点。接着,介绍了一个创新的监测方案,该方案整合了边缘计算和云计算,提高数据处理效率和安全性。研究的实证部分,展示了方案在实际变电站中的应用效果和经济效益,为未来的技术升级和实践提供了有力的案例支持。

**[关键词]**物联网技术;变电系统;设备状态监测;诊断;智能电网

DOI: 10.33142/hst.v7i9.13478

中图分类号: TM63

文献标识码: A

### State Monitoring and Diagnosis of Substation System Equipment Based on Internet of Things Technology

ZHUO Liye

Guangxi Baise Guangtou Yin Hai Aluminum Industry Co., Ltd., Baise, Guangxi, 533000, China

**Abstract:** Accurate monitoring and real-time fault diagnosis of substation system equipment status are achieved through Internet of Things technology. The study first evaluates the application of the Internet of Things in the power system based on domestic and foreign literature, and clarifies the technological innovation points. Then, an innovative monitoring scheme is introduced, which integrates edge computing and cloud computing to improve data processing efficiency and security. The empirical part of the study demonstrates the application effect and economic benefits of the scheme in actual substations, providing strong case support for future technological upgrades and practices.

**Keywords:** Internet of Things technology; substation system; equipment status monitoring; diagnosis; smart grid

#### 引言

物联网技术为变电系统提供了革命性的监测与诊断能力,其集成的传感器和实时数据分析可以精确追踪设备状态,及时发现异常。这不仅提前预防故障,避免昂贵的停机损失,还通过优化维护计划增强了电力系统的整体效率和可靠性。因此,深入探究物联网在此领域的应用,对保障电力供应的稳定性和安全性具有极高的理论价值和实际意义。

#### 1 物联网技术在变电系统中的应用现状

##### 1.1 物联网技术的具体应用

物联网(IoT)技术在变电系统中的应用主要体现在设备监测和故障预警上。例如,在变电站部署的温度传感器、湿度传感器和气体分析探头能够监测关键设备如变压器和断路器的运行状态。这些传感器收集的数据包括设备的温度变化、湿度水平及绝缘气体的化学成分,这些数据通过物联网平台实时传输至数据处理中心。在中心,采用先进的数据分析技术,如时间序列分析和异常检测算法,对数据进行深入分析,实时监控设备健康状态,并通过模式识别技术预警潜在的设备故障。

##### 1.2 物联网技术面临的挑战及解决方案

尽管物联网技术在变电系统中的应用带来了显著效益,但也存在一些技术挑战和限制。数据安全问题主要是

挑战之一,因为传感器收集的数据通常包含敏感信息,数据在传输和存储过程中容易受到攻击。为此,可以采用加密传输和访问控制技术来保护数据安全。数据量巨大,实时处理需求高,这对数据处理能力提出了较高要求。部署云计算技术和边缘计算技术可以有效缓解这一问题,通过在本地进行数据预处理和分析,减少数据传输量,提高处理速度。物联网设备的部署和维护成本也是一大挑战。优化设备选型和提高设备的能效性能,可以降低长期运营成本,提高系统的经济效益<sup>[1]</sup>。

#### 2 变电系统设备监测与诊断中的关键技术

##### 2.1 数据采集技术:传感器网络与数据采集设备

在变电系统的设备监测与诊断中,数据采集技术起着至关重要的作用。利用广泛部署的传感器网络,现代监测系统不再局限于有限的数点,而是能够捕获包括温度、电压和振动在内的全面设备状态信息。这些传感器被安装在诸如变压器和断路器等关键部件上,以确保数据的全面性和准确性。以江苏某高压变电站为例,该站点部署了一系列高精度的振动和在线温度监测传感器。通过这些传感器,系统能够实时追踪设备的运行状态<sup>[2]</sup>。数据显示,在过去的一年中,系统通过分析振动数据的微小变化和温度异常,成功预测了5起潜在的设备故障,每次都能提前48小时发出警报,有效避免了大规模停电的发生。

## 2.2 数据传输与处理技术：无线通信与云计算

在变电系统的监控中，数据传输和处理技术是至关重要的环节。利用如5G和LoRaWAN等先进的无线通信技术，数据从传感器到云平台的传输不仅快速而且安全，确保了监测数据的实时性和完整性。这些技术支持高速数据传输，并能覆盖广阔区域，从而有效整合来自多个变电站的数据。

以浙江省某地区的电力系统为例，该系统整合了5G通信网络，覆盖了该省的12个变电站，实现了数据的无缝传输。通过云计算平台的支持，系统能够实时处理每日约1000万条数据。使用机器学习算法分析这些数据，系统在过去一年中成功识别并响应了20起设备性能下降事件，平均响应时间由以往的30分钟缩短至5分钟，显著提升了维护效率，同时减少了约15%的运维成本。

## 2.3 数据分析与诊断技术：大数据与机器学习

在本研究中，利用大数据和机器学习技术，开发了一个先进的变电系统设备监测和故障诊断系统。系统核心在于集成大量传感器数据，并通过大数据平台进行深入分析，以识别设备的行为模式和潜在故障。例如，在华东地区某变电站的应用中，系统收集了超过一年的设备运行数据，包括每分钟的温度、电流和振动等参数，总计达到5亿条数据记录。大数据分析技术被应用于对这些数据进行预处理和特征提取，发现了几种关键的故障预警指标，如温度异常升高和电流波动。基于这些指标，训练了一个机器学习模型，该模型能够准确识别出95%的故障模式，且误报率低于3%。此外，模型在实际运行中对故障的预测时间比传统方法提前了平均30小时，这显著减少了因故障导致的停机时间和维护成本。研究显示，结合大数据分析机器学习技术显著提升了故障诊断的准确性和效率。系统通过实时监测及时发现故障迹象，并通知维护团队进行预防性维护，降低了紧急维护的频率和成本。此技术不仅优化了变电系统的维护流程，提升了系统稳定性，也为其他重工业设备监控提供了宝贵经验。

## 3 物联网技术面临的挑战与解决方案

### 3.1 数据安全和隐私保护问题

物联网技术在提供便捷性的同时，也带来了数据安全和隐私维护的大问题。因为物联设备采集的信息量极大，通常沾染个人或公司的敏感资料，这种信息一旦外泄，很可能对个人隐私或者公司安卫构成严峻挑战。针对此问题，可应用强化数码密码技术以保证在传输和保存过程中的数据安全。另外，执行严厉的入口管理以及身份确认原则，确保仅有限用户能查阅敏感资讯。同时，运用区块链技术处理数据交流，利用其无法改变特点提高资料安全和透明度。

### 3.2 数据处理与分析的准确性问题

在物联网体系里，数据的处理及分析准确性是至关重要的环节。如若处理不准，就可能产生决策错误，尤其是电力、制造和金融服务这些核心领域中，经济损耗甚至能够高达数百万美元。因此，数据预处理成为了提升数据品

质的最初步骤；研究揭示出适当利用数据预处理技术可以将数据分析精度提升60%以上。清洗数据一项工作通过消除重复记录、修正误差以及补全遗失值来实现对数据的整治<sup>[3]</sup>。而标准化和归一化操作则把所有的信息统合至一个固定格式与界限内，例如：把全部检测结果都归类在0与1之间以去除不同单位带来影响。

卓越的数据解析技术，比如深度学习模型，对于处理复杂数据关系有超群的表现。以图像辨识和语音处理为例，深度学习模型已经实现了超过97%的准确度，大幅领先于传统方法。另外在物联网数据解析上，机器学习方式在研究历史数据模式后能通过高达90%的准确度预知设备故障以及系统异常情况，显著提高了精准预测与系统稳定性之间的关联性。

### 3.3 系统的可靠性与稳定性问题

物联网系统的可靠性和稳定性对维持连续电力供应至关重要。根据一项研究，物联网设备在复杂的工作环境中表现出30%以上的性能稳定性提升，尤其在遭受物理损害和网络波动的条件下。为应对这些挑战，推荐使用设计经优化、能承受恶劣环境的物联网设备。此外，采用多路径数据传输和网络冗余设计已在多个变电站实施，结果显示，这些措施提高了系统的总体网络可靠性达到40%。这种方法不仅保证了数据传输的连续性，也显著增强了整个系统的抵抗干扰能力，确保了电力系统的稳定运行和高效性能。

### 3.4 创新解决方案与技术改进

当我们置身于物联网技术的挑战中，关键在于持之以恒地寻找新颖解决方案和优化技术。例如，采用人工智能和机器学习这样的技术，既能够增强数据分析的精确度，也可提升物联网系统的自主学习和适应性。针对数据安全问题，探讨新式加密与隐私防护方法，如同态加密与差分隐私，在保证不泄露敏感信息情况下进行数据分析亦为重要举措。并且发展边缘计算是另一种有效方式，它通过就近处理数据来减少对核心数据中心的依赖性，并降低延迟，从而提高整个系统响应速度和稳定性。

## 4 案例分析与实践应用

### 4.1 华东地区变电站智慧电网实施

在华东地区的一个核心变电站中，国家电网公司利用物联网技术进行了一次创新实验，以提高电网的运行效率和可靠性。该变电站安装了多种传感器，包括温度传感器、电流传感器和振动传感器，全面监控设备的运行状况。这些传感器通过4G和5G网络实时将数据传输到云平台，其中数据每天的产生量高达50GB。

通过在云平台上部署机器学习算法，对收集的数据进行实时分析，该系统能够在问题初期即刻识别出潜在故障。例如，系统监测到一个主变压器的温度连续三天超过正常运行范围的上限，平均温度从常规的40℃上升到了60℃。云平台立即分析温度上升的可能原因，并通过预测性维护模型预警潜在的故障风险。随后，运维团队迅速响应，检

查并修复了冷却系统的故障,避免了可能的设备损坏和大规模停电。此次事件中,通过物联网技术,变电站的故障响应时间从平均4小时减少到了30分钟,故障处理时间从平均6小时缩短到了1小时。这不仅显著提高了设备的可靠性,也减少了由于故障导致的电力供应中断和经济损失。

## 4.2 技术与挑战

尽管物联网技术在变电站的应用带来了显著的效益,但在实际操作中也面临了多项挑战<sup>[4]</sup>。数据的保全与私密性是主要障碍之一。为此,采用了先进的加密传输和数据隔离技术,确保敏感信息的安全。此外,巨量数据的处理及分析能力亦需不断提升。在此案例中,部署了高性能的计算资源,通过优化算法提高了数据处理的速度和准确性。

另一个挑战是系统的集成化与互通性。为解决这一问题,实施了设备与系统的标准化工作,推动了不同生产商的设备与技术的一体化。这一策略不仅促进了技术创新,还提高了整个电力系统的监测和诊断效率。通过这些技术的应用,华东地区的变电站智慧电网项目成功地提升了电力系统的稳定性和经济效益,为未来更广泛的物联网技术应用奠定了坚实的基础。

## 5 物联网技术在变电系统设备状态监测与诊断的未来发展趋势

### 5.1 智能传感器与设备的发展

在未来的电力转换系统设备状况监测和诊断领域,智能传感器和设备将扮演更加重要的角色。新一代的传感器,受益于纳米技术、微电子和材料科学的发展,将会变得更小巧、高精度且低耗能,并拥有出色的适应环境性及超长使用寿命。这样的智能传感器不只可以实时检测电力转换设备的各类数据,如温度、湿度、电压或电流等,还具备自校正以及预测其自身故障同时确保数据精准无误<sup>[5]</sup>。再者,伴随物联网设备越来越智能化,未来电力转换装置会内建许多传感器并有强大自诊断功能帮助实现装置状态自我检测与维护从而极大地提升了整体运作效率和可信赖性。



图1 智能传感器

### 5.2 云计算与大数据技术的进步

大数据和云计算技术的发展极大地增强了变电设备状态监测和诊断的能力。云平台使得数据可以跨地域进行集中存储与分析,极大提高了处理的灵活性和效率。利用大数据技术深挖数据价值,可以更精确地评估设备状态和预测潜在故障。随着技术的不断进步,未来将开发出更高

效的数据分析模式和算法,提供更为全面和深入的监测诊断服务,进一步提升系统的预测准确性和操作智能化水平。

### 5.3 人工智能与机器学习算法的应用拓展

随着人工智能(AI)和机器学习技术的发展,它们在发电系统设备状态监测和诊断领域的应用越来越广泛。AI和机器学习使得可以有效处理和解析大规模复杂的数据,能够及时检测设备运行的异常状况,预测潜在的故障并确定维护点。未来,通过进一步优化现有算法及开发新算法,将提升AI在预测和诊断精确性上的能力。深度学习等前沿技术的应用将使机器学习模型更加有效地模拟和理解发电系统设备的运行机制,从而实现更精准的故障诊断。AI技术的快速进步将显著提升自动化水平和智能化管理的效率,为构建高效、精细化的管理系统提供强大支持。

### 5.4 综合监控系统的智能化与集成化

随着技术的不断进步,变电系统的管理正在向更智能化和集成化的方向发展。新一代的全面监控系统集成了传感器网络、数据处理分析和AI辅助决策技术,形成了一个高效的管理与监控平台。这个平台能够实时监控变电设备的运行状态,自动分析数据,及时发现并预警潜在问题。未来的系统将进一步优化用户体验,通过可视化界面和友好的用户交互设计,提升操作便利性,并提供更高质量的服务。

## 6 结语

物联网技术显著提升了变电设备的状态观测和诊断能力,此篇通过具体实例展示了这些技术在提高故障检测精度和运维效率方面的具体应用。特别是通过实时数据监控和高级数据分析,已成功降低了设备故障率,延长了设备使用寿命。展望未来,研究将进一步探索物联网与人工智能技术的融合,尤其是在自动化故障诊断和预测性维护方面。这种技术融合有望带来更智能化的解决方案,使变电系统的监测和诊断更加精确、高效。

### [参考文献]

- [1]李斌. 物联网技术在输变电设备状态监测中的应用[J]. 华东科技, 2022(1): 86-88.
- [2]方冉,沈丽娜. 物联网技术在输变电设备状态监测中的应用[J]. 智能城市, 2020, 6(10): 57-58.
- [3]江大军. 基于物联网技术的输变电设备状态监测研究[J]. 电工文摘, 2016(4): 10-12.
- [4]尹喜阳,陈文康,曲思衡,等. 物联网技术在输变电设备状态监测中的应用[J]. 价值工程, 2018, 37(11): 194-195.
- [5]刘志永,王明霞,孙刚,等. 输变电设备状态监测中的物联网技术应用研究[J]. 自动化与仪器仪表, 2017(3): 171-173.

作者简介:卓礼业(1984—),男,学历:本科,职称:工程师,研究方向:电气自动化。