

基于智能传感技术的电力电缆实时监测与评估系统

段 杰

内蒙古送变电有限责任公司 内蒙古 呼和浩特 010020

摘 要：本文介绍了一种基于智能传感技术的电力电缆实时监测与评估系统。该系统通过集成高精度传感器、先进的数据处理与分析算法以及用户友好的交互界面，实现对电力电缆运行状态的全面、实时、精准监测与评估。系统能够自动识别电缆运行状态的异常变化，预测潜在故障，并发出预警信号，为电力系统的安全稳定运行提供有力保障。该系统具有高度的自动化、智能化和可扩展性，是电力电缆监测领域的一项重要技术创新。

关键词：智能传感技术；电力电缆；实时监测；状态评估

1 智能传感技术的概念

智能传感技术是一种集成了传感器、微处理器、信号处理技术以及网络通信技术的先进科技领域。其核心在于通过高度灵敏的传感器件，实时捕捉并转换各种物理量（如温度、压力、光强、声音、位移等）为可测量、可处理的电信号。这些信号随后经由微处理器进行高级分析、计算与决策，从而实现对环境或物体的智能化感知与响应。不同于传统传感器仅提供单一、原始的数据，智能传感器能够自主完成数据滤波、校准、补偿等处理步骤，显著提高数据的准确性和可靠性。借助内置的通信模块，智能传感器能够轻松接入物联网系统，实现远程监控、数据共享与协同作业，极大地拓展了应用范围。在工业自动化、智能家居、医疗健康、环境监测等众多领域，智能传感技术正发挥着日益重要的作用。它不仅提升系统的自动化与智能化水平，还促进资源的优化配置与高效利用，为构建更加智慧、可持续的社会环境提供强有力的技术支撑。

2 智能传感技术在电力电缆监测中的应用原理

智能传感技术在电力电缆监测中的应用原理主要基于实时监测与数据分析。通过在电力电缆中嵌入智能传感器，实现对电缆温度、电流、电压等关键参数的实时监测。这些传感器具备高度灵敏性和准确性，能够捕捉到电缆运行状态的细微变化。监测过程中，传感器将采集到的数据通过有线或无线方式传输至数据处理中心^[1]。数据处理中心接收并存储这些数据，利用先进的数据处理和分析算法对其进行深度处理，以识别电缆的运行状态、异常情况和潜在故障。一旦监测到异常数据，如温度异常升高、电流波动等，系统会立即触发警报机制，将相关信息及时发送给管理人员或维修人员。这种即时、精准的监测方式不仅大大提高了故障响应速度，还能在故障发生前提供预警，为预防性维护提供了可能。

通过对历史数据的比对和趋势预测，智能传感技术还能帮助管理人员更加科学地制定维护计划，优化资源配置，从而提高电力电缆的安全性和可靠性。

3 电力电缆实时监测与评估系统设计

3.1 系统总体架构

电力电缆实时监测与评估系统总体架构由前端感知层、数据传输层、数据处理与分析层以及用户应用层四个主要部分组成。前端感知层是整个系统的核心，主要由高精度传感器组成。这些传感器被精心布置在电力电缆的关键位置，用于实时监测电缆的温度、电流、电压等关键参数。传感器采用先进的材料和技术，确保数据采集的准确性和可靠性，传感器还具备自校准和自诊断功能，能够自动调整工作状态，提高监测精度。数据传输层负责将前端感知层采集的数据实时传输至数据处理与分析层，这一层采用先进的无线通信技术，如LoRa、NB-IoT等，实现数据的远距离、低功耗、高可靠性的传输。数据传输层还具备数据加密和防篡改功能，确保数据在传输过程中的安全性和完整性。数据处理与分析层是整个系统的“大脑”，负责接收、存储、处理和分析前端感知层传输的数据。这一层采用云计算和边缘计算技术，实现数据的分布式处理和实时分析。通过应用深度学习算法和机器学习模型，数据处理与分析层能够自动识别电缆运行状态的异常变化，预测潜在故障，并生成相应的评估报告和预警信息。用户应用层是系统与用户交互的接口，提供直观、易用的用户界面和丰富的功能。用户可以通过手机APP、网页端等方式访问系统，实时查看电缆运行状态、接收预警信息、查看评估报告等，用户应用层还支持数据导出、报表生成等功能，方便用户进行进一步的数据分析和处理。

3.2 高精度传感器设计与选型

高精度传感器是电力电缆实时监测与评估系统的关

键组件,其设计和选型直接关系到系统的监测精度和可靠性。在传感器设计方面,采用先进的材料和技术,如光纤传感器、热电偶传感器等,以提高传感器的灵敏度和准确性。传感器还具备自校准和自诊断功能,能够自动调整工作状态,提高监测精度。在传感器选型方面,根据电力电缆的特性和监测需求,选择适合的传感器类型和规格。对于电流和电压监测,采用高精度电流互感器和电压互感器,确保数据采集的准确性和可靠性。还考虑传感器的环境适应性、抗干扰能力和使用寿命等因素。在选型过程中,优先选择具有良好环境适应性、抗干扰能力强、使用寿命长的传感器,以确保系统在恶劣环境下的稳定运行。

3.3 数据传输与处理技术

数据传输与处理技术是实现电力电缆实时监测与评估系统高效运行的关键。在数据传输方面,采用先进的无线通信技术,如LoRa、NB-IoT等,实现数据的远距离、低功耗、高可靠性的传输。在数据处理方面,采用云计算和边缘计算技术,实现数据的分布式处理和实时分析。云计算技术能够提供强大的计算能力和存储资源,支持大规模数据的处理和分析。边缘计算技术则能够将部分数据处理任务下沉到前端设备或网络边缘节点,实现数据的快速处理和实时响应。为了进一步提高数据处理的效率和准确性,还应用了深度学习算法和机器学习模型。这些算法和模型能够自动识别电缆运行状态的异常变化,预测潜在故障,并生成相应的评估报告和预警信息。通过不断优化算法和模型,能够提高系统的监测精度和预警能力,为电力系统的安全稳定运行提供更加有力的支持^[2]。还要注重数据传输与处理过程中的安全性和可靠性,在数据传输过程中,采用数据加密和防篡改技术,确保数据在传输过程中的安全性和完整性。在数据处理过程中,采用冗余备份和故障恢复机制,确保系统在发生故障时能够迅速恢复运行,保证数据的连续性和完整性。

4 电力电缆状态评估与预警机制

4.1 电缆状态评估指标体系构建

电力电缆作为电力系统中至关重要的组成部分,其运行状态直接关系到整个电网的安全与稳定。构建一套科学、全面的电缆状态评估指标体系,对于实现电缆状态的精准评估与预警具有重要意义。在构建电缆状态评估指标体系时,首要考虑的是电缆的物理特性和运行环境,电缆的物理特性包括导体材料、绝缘材料、护套材料等,这些特性直接决定了电缆的导电性能、耐热性能以及机械强度。运行环境则涵盖了电缆铺设的土壤条

件、气候条件、电磁干扰等,这些因素都可能对电缆的运行状态产生影响。基于上述考虑,构建了一套包含多个维度的电缆状态评估指标体系。这些维度包括电缆的温度、电流、电压、绝缘电阻、局部放电等电气参数,以及电缆的外观、长度、铺设方式等物理参数。每个维度下又细分了多个具体的评估指标,如温度最大值、温度波动范围、电流过载次数、电压波动幅度等。这些评估指标共同构成了电缆状态评估的“晴雨表”,能够全面反映电缆的运行状态。为了确保评估指标体系的科学性和有效性,还采用了专家打分法、层次分析法等数学方法,对各项指标进行权重分配和量化处理。

4.2 状态评估方法与模型

目前,常用的电缆状态评估方法包括基于阈值的评估方法、基于统计的评估方法和基于机器学习的评估方法。基于阈值的评估方法通过设定各项评估指标的阈值,将电缆的运行状态划分为正常、异常和故障等不同等级。这种方法简单易行,但阈值的设定需要依赖于专家经验和历史数据,具有一定的主观性。基于统计的评估方法则利用统计学原理,对电缆的运行状态进行统计分析,如计算各项评估指标的均值、方差、标准差等统计量,从而判断电缆的运行状态是否偏离正常范围。这种方法能够客观反映电缆的运行状态,但受历史数据量和统计方法的限制,评估结果的准确性可能受到影响。基于机器学习的评估方法则利用机器学习算法,对电缆的运行状态进行建模和预测。这种方法能够充分挖掘电缆运行数据中的潜在规律,提高评估结果的准确性和可靠性。常用的机器学习算法包括支持向量机、神经网络、随机森林等。在本文中,采用基于机器学习的评估方法,构建电缆状态评估模型。该模型以电缆状态评估指标体系为基础,利用历史数据对模型进行训练和优化,实现了对电缆运行状态的精准评估。

4.3 预警机制设计与实现

在构建了电缆状态评估指标体系和状态评估模型之后,需要设计和实现一套有效的预警机制,以便在电缆运行状态出现异常时及时发出预警信号,避免故障的发生。预警机制的设计主要包括预警规则的制定、预警信号的生成和预警信息的传递三个部分。预警规则的制定需要根据电缆状态评估模型和评估指标体系,设定各项评估指标的预警阈值和预警等级^[3]。当电缆的运行状态超过预警阈值时,预警机制将触发预警信号的生成。预警信号的生成可以采用多种方式,如声音报警、灯光报警、短信报警等。为了确保预警信号的及时性和有效性,采用了多种报警方式相结合的方式,确保在电缆运

行状态出现异常时能够迅速引起相关人员的注意。预警信息的传递则需要确保信息的准确性和及时性,采用了专用的通信网络和加密技术,确保预警信息在传递过程中的安全性和完整性。同时还建立了完善的预警信息响应机制,确保在收到预警信息后能够迅速采取应对措施,避免故障的发生。为了实现预警机制的自动化和智能化,还采用先进的物联网技术和人工智能技术。通过物联网技术,能够实现对电缆运行状态的实时监测和数据采集;通过人工智能技术,能够实现对电缆运行状态的智能分析和预警。

5 系统实现与测试

5.1 系统硬件与软件开发

在系统实现阶段,专注于硬件设备的部署与软件平台的搭建,以确保电力电缆实时监测与评估系统的完整性和功能性。硬件方面,根据系统需求精心选择了传感器、数据采集模块、通信设备等关键组件,并进行了严格的筛选与测试,以确保它们的性能、可靠性和兼容性。这些硬件设备被部署在电力电缆的关键位置,以实现对其运行状态的实时监测。软件开发方面,基于先进的编程语言和开发框架,开发系统的核心软件平台,该平台包括数据采集软件、数据处理与分析软件、用户交互界面等关键模块。数据采集软件负责从硬件设备中实时获取电缆运行数据,并进行初步的处理和格式化;数据处理与分析软件则利用先进的算法和模型,对采集到的数据进行深度分析和挖掘,以实现对其运行状态的精准评估;用户交互界面则提供了直观、易用的操作界面,方便用户查看电缆运行状态、接收预警信息、配置系统参数等。在开发过程中,注重软件的模块化设计和可扩展性,以便在未来能够根据实际需求对系统进行升级和优化。

5.2 系统性能评估与验证

在系统实现完成后,进行了全面的系统性能评估与验证,以确保系统的稳定性和可靠性。功能测试方面,验证系统各项功能是否按照设计要求正常工作,包括

数据采集、数据处理与分析、预警机制、用户交互界面等。通过模拟各种实际场景,测试了系统的响应速度、准确性、可靠性等关键性能指标,以确保系统能够满足实际应用需求^[4]。性能测试方面,重点关注系统的处理速度、存储能力、通信效率等关键性能指标。通过模拟大量数据输入和复杂计算场景,测试系统的处理能力和响应时间,以确保系统在高负载情况下仍能保持稳定的运行。安全测试方面,对系统的安全性进行全面的评估与验证。通过模拟各种网络攻击场景,测试了系统的防篡改、防病毒、数据加密等安全功能,以确保系统能够抵御各种网络威胁,保障用户数据的安全性和隐私性。在评估与验证过程中,采用多种测试方法和工具,以确保测试结果的准确性和可靠性。同时还根据测试结果对系统进行了必要的调整和优化,以提高系统的整体性能和稳定性。通过这一系列的评估与验证工作,确保了电力电缆实时监测与评估系统能够满足实际应用需求,为电力系统的安全稳定运行提供了有力的保障。

结束语

基于智能传感技术的电力电缆实时监测与评估系统是一项具有广泛应用前景的技术创新。该系统不仅提高电力电缆的监测精度和预警能力,还为电力系统的安全稳定运行提供了有力支持。未来,将继续优化系统性能,拓展系统功能,推动该系统在更多领域得到广泛应用,为电力行业的发展贡献更多力量。

参考文献

- [1]程潭送.配电网电力电缆运行技术[J].光源与照明,2024,(03):131-133.
- [2]王玉梅,马龙.10kV及以上电力电缆运行故障统计分析[J].现代工业经济和信息化,2021,11(09):203-204.
- [3]刘勇,黄茂云,张东升,等.电缆接头无线测温装置设计[J].科技创新与应用,2019(5):38-39.
- [4]崔丽,周宇浩,张益,等.电力电缆智能温度巡检系统设计[J].实验室研究与探索,2020,35(4):78-81.