

Research on the Application of High Voltage Cable Operation and Maintenance Management Based on State Detection Technology

Yong Zeng Bo Yang

State Grid Ningxia Electric Power Company Yinchuan Power Supply Company, Yinchuan, Ningxia, 750010, China

Abstract

The paper explores the application of state detection technology in the operation and management of high-voltage cables, systematically collects, processes, and analyzes data, evaluates the operating status of cables, diagnoses potential faults, and makes effective operation and maintenance decisions. The paper studied the high-voltage cable operation management system from three aspects: requirement analysis, architecture design, implementation, and testing. This system has good application prospects and is of great significance in improving the operational efficiency, reliability, and reducing power outage accidents of the power system.

Keywords

state detection technology; high-voltage cable; operation and maintenance management; data collection; system design

基于状态检测技术的高压电缆运维管理应用研究

曾勇 杨波

国网宁夏电力公司银川供电公司, 中国·宁夏 银川 750010

摘要

论文对基于状态检测技术在高压电缆运营管理中的应用进行了探讨, 系统地进行数据采集、处理与分析, 对电缆的运行状态进行评估, 对潜在的故障进行诊断, 从而进行有效的运行维护决策。论文从需求分析、体系结构设计、实现和测试三个方面对高压电缆运营管理系统进行了研究。该系统具有良好的应用前景, 对提高电力系统运行效率、可靠性、降低停电事故具有重要意义。

关键词

状态检测技术; 高压电缆; 运维管理; 数据采集; 系统设计

1 引言

在日益增长的用电负荷下, 高压电缆起到了很大的作用。以往的电力系统运行维护工作多依靠常规检修、凭经验来进行, 具有很大的不确定性和风险性。在此基础上, 提出了一种以在线监测为基础, 对电力系统进行运行维护的方法。针对目前电力线路运行维护中存在的问题, 提出了一种基于状态监测的电力线路运行维护管理方法。

2 基于状态检测的高压电缆运维管理方案

2.1 状态检测数据的获取与处理

2.1.1 数据采集的方法和设备

在线监测就是对电缆在运行过程中实时地进行数据采

集。在线监测技术能对电缆运行状态进行连续动态监测, 适用于对关键设备、关键节点进行状态监测。定期检查是指按规定的时间间隔检查电缆, 常见的方法有红外热像、超声等。对电缆系统全面的检查与维修, 能及时发现隐患。巡检是指运维人员对电缆进行定期或不定期的现场巡视, 结合目视检测与手持测试设备, 对电缆外观及局部部位进行检测。巡检能及时发现外部损伤或外部环境的变化。

局放检测装置利用高频电流和超声传感器对电缆局部放电信号进行测量, 并对其幅值、频率、位置等进行分析, 从而判断电缆的健康状况。光纤传感技术是利用光纤的传输特性与外界环境之间的相互影响来实现对电缆温度、应力、振动等参数的测量。光纤传感器精度高, 抗干扰能力强, 适合在长距离、复杂环境中使用。利用红外热成像技术对电缆表面温度场进行检测, 从而判断电缆是否存在过热、局部发热等异常现象。红外热成像技术具有非接触性, 响应速度快的特点, 适合对电缆外表缺陷及热点进行探测。超声波检测

【作者简介】曾勇(1974-), 男, 中国宁夏银川人, 本科, 助工(高级技师), 从事输电电缆运维工作、故障查找、试验研究。

仪是利用超声脉冲反射法对电缆内部结构完整性进行检测的，它可以检测出电缆内部的缺陷，如气泡、裂缝、水等。超声波探伤仪主要用于电缆绝缘层及护套内部的探伤。

2.1.2 数据处理与分析技术

为了改善资料的品质与准确度，资料的预处理阶段主要是去噪、滤波及信号增强。常见的数据预处理方法有小波变换、傅立叶变换、卡尔曼滤波器等。通过对所收集的实验测量结果进行分析，获取放电的幅值、频率、相位、温升的速度和幅值、振动的谱特性等重要特性参量。通过对图像进行特征抽取，可以使图像中的关键内容得到有效的处理。通过对多个传感器及测量手段的信息进行融合，对缆索的总体状况进行全面的分析。采用加权平均法、贝叶斯算法及神经网络进行信息融合，可有效地改善系统的识别精度与可靠性。

在此基础上，提出了一种基于专家系统、模式识别与机器学习相结合的新技术。其中，支持向量机（SVM）、决策树和深度学习是实现故障判定的一种有效方法。通过测试与故障分析，可以评价其健康状况，并判断其剩余使用年限及运营风险。在此基础上，提出了一种基于灰色系统理论的故障诊断方法。在此基础上，通过对电力系统运行的历史数据进行统计和统计，辨识出电力系统运行状况的演变规律，并对将来可能出现的失效及运行状况进行了预报。趋势分析法可以对可能出现的问题进行预先警告和防范。

2.2 状态检测结果的评估与诊断

高压电缆由于长期使用，其绝缘材料将逐渐老化，导致其失效的一个重要因素是绝缘老化。采用局放测试法、介质损耗法及测试电缆绝缘电阻法，可对电缆绝缘的老化程度进行评定。高压电缆长期运行时，由于负载电流和环境温度等因素的作用，使电缆绝缘层及护层温度不断升高，从而使电缆绝缘层及护层发生热老化。热老化对电缆的力学性能、电性能均有影响。高压电缆在敷设及运营过程中，由于外力作用，电缆会受到外力的挤压、拉伸、弯曲等损伤，造成结构损伤，影响电缆的正常使用。电缆外壳的完整性是防止外部水、腐蚀性物质侵入电缆的关键。常用的测试方法有保护层电阻法和保护层电位法。综合分析各种状态测试数据，可以更全面地诊断、预警。

2.3 运维决策与管理

对高压电缆进行运行管理和运行管理的依据。采用现场测量装置对电力系统中的温度、压力、电流等参数进行了实时测量，并对外界的湿度、振动等参数进行了实时测量。在此基础上，采用多学科交叉融合的方法，综合运用多学科交叉的方法，实现对缆索结构的健康状况的评价，并对其潜在失效位置进行预警。系统运行状况评价结束后，就有必要制定相应的运行维护战略。维护战略包括预防性维修、状态检修和应急抢修等多种手段。预防性维修是指对光缆进行经常性的检修，以防止光缆失效；状态修正是指对于小错误已

发生的修正；应急抢修就是当出现严重的事故时，快速地使光缆重新投入使用。维护政策制定之后，要有效地实施，并对其进行实时的反馈。在运行期间，必须严格遵守运行管理方案，并对运行参数及运行环境进行详细的记录。在运行完成之后，需要对运行结果进行评价，并对运行中存在的问题及改善措施进行分析，以便更好地进行运行维护决策。

3 基于状态检测的高压电缆运维管理系统设计

3.1 系统需求分析

系统对高压电缆的温度，电流，电压，振动，湿度等多个状态参数都有很高的要求。这类资料的准确及时，是确保该制度有效运作的基础。因此，系统必须配备高精度的传感器及数据采集装置，以保证在恶劣环境下稳定工作。例如，某电力公司为实现对输电线路内部温度分布及放电状态的实时监测，在关键线路上安装了多点温度传感器及局放监测装置。利用这两种传感器，可以在较短时间内发现可能出现的过热、局部放电等故障，从而避免出现重大故障。在此基础上，建立可靠的通讯网络，将采集到的状态数据传送至数据中心，统一处理。数据传输系统需要低时延、高可靠、高带宽等特点，以保证数据的实时性与完整性。同时，该系统还需要支持多种通信模式，包括光纤通讯和无线通讯，以满足不同应用场景的需要。数据中心对数据处理和分析能力要求很高，可以存储、处理、分析大量数据。利用大数据分析、人工智能等技术，对系统运行过程中的异常状态进行检测，并对失效风险进行预测，为运维决策提供支持。系统应具有完善的报警机制，能在监测到异常状况或潜在故障时及时报警。报警信息应包括异常类型、异常地点、异常发生时间以及应采取的应对措施，并以短信、邮件、APP等多种方式告知有关人员，以保证快速响应与处理。为了方便运维人员对高压电缆状态信息进行查看与管理，需要设计出友好、直观的用户界面。该系统具有实时监控，历史数据查询，报警记录，故障分析报告等多个功能模块。高压电缆运营管理系统涉及大量的关键数据以及运行维护操作，其安全运行是必不可少的。

3.2 系统架构设计

利用传感器对电力线路运行状况进行监测是电力线路运行管理的关键。为了实现对线缆的温度、电流、振动等重要物理参量的测量，必须选择适当的传感器种类、数量及布置地点。传感器必须具备高可靠性的信息获取能力和与整个系统的紧密结合。在整个系统的设计中，必须解决的是对传感器获取到的信息进行有效的收集与传送。通过实时的数据传递，可以为电力系统运行中出现的各种故障提供及时的信息，从而使运行维护人员可以及时地找到并排除故障。为保证资料的可靠性及实时性，可采用无线传感网或有线传送模式。该软件具有对各传感器所获得的信息进行处理、分析等功能。利用机器学习的方法与建模方法，可以对线缆的运行

状况进行检测,并对可能出现的故障进行预警。该方法能够有效地解决电力系统中存在的问题,从而有效地解决了电力系统中的问题。在对电力线路运行和运行管理系统进行开发时,需要为用户提供一个可视化的接口。将实时数据、历史记录和故障诊断等信息呈现给操作人员。同时,本系统也会产生相关的报表,为使用者提出重要的衡量标准及意见,以协助使用者做出适当的维修决定。该体系应当为缺陷管理及维修规划提供支撑。

3.3 系统实现与测试

3.3.1 系统实现

根据系统结构设计的要求,将适当的传感器安装到高压电缆关键节点上。这些传感器有温度,电流,振动等。为了保证数据采集的准确、稳定,每一个传感器都要经过标定和配置。传感器的安装应特别注意保护,防止其在高电压环境中损坏。数据采集模块的设计主要是对传感器数据进行读取、预处理和传输。为了实现传感器之间的通讯,需要编写驱动程序和中间件,以便将采集到的数据转化为系统可识别的格式。为提高数据传输效率,可利用边缘计算技术,对现场数据进行初步处理,并将其上载至中央服务器。为确保数据安全可靠传输,可采用无线传感网(WSNs)或光纤通信等有线传输模式。在传输过程中,为了防止数据被窃取,必须对数据进行加密及冗余机制。数据存储部分采用分布式数据库,保证了对海量数据的有效访问与管理;数据处理模块利用先进的机器学习算法,对采集到的数据进行分析与诊断;本项目拟以 ApacheHadoop、Spark 等大数据处理平台为基础,开展批量处理与实时分析研究。系统应具有良好的的人机界面,能直观地显示电缆的运行状态,历史数据的变化趋势和故障诊断的结果。通过图表、仪表盘、热力图等工具,使操作人员对电缆的运行状况有了直观的认识。在系统集成阶段,需要对各模块进行联调测试,以保证数据采集、传输、存储、分析、可视化等功能的无缝对接。在集成过程中,对系统的稳定性与可靠性给予了特别的重视。在系统调试过程中,应对异常状态进行处理,并对故障恢复机制进行验证。

3.3.2 系统测试

在功能上,对各个模块的性能进行了检验,其中包括:数据采集的精度,传输的稳定性,存储的完整性,分析的准确性,用户的友好的可视化接口。通过对各种工作条件及事故场景的仿真,对该体系的反应与处置进行了检验。在高负荷及长期运转情况下,对系统进行性能评价。从数据的传

递速度、稳定性、处理效率、响应速度以及并行处理等方面进行了研究。通过抗拉、抗疲劳试验,保证了该装置在高负荷运行状态下的可靠运行。将该方法应用于高压电缆运营现场,对其在使用过程中的情况进行监控。通过与常规运行方式的比较,证明了该方法的正确性和有效性。在实际运行过程中,应根据用户的需求,对运行接口及性能进行改进。

3.4 系统应用前景

高压电缆作为电网的重要组成部分,其工作状态对电网的稳定与安全至关重要。在此基础上,提出了一种基于状态检测技术的运行管理系统。在此基础上,提出了一种新的电缆故障诊断方法,并提出了相应的解决方案。传统的高压电缆维修方式主要依靠定期检修,这不仅浪费了大量的人力、物力,而且由于不能及时发现故障,造成了更大的损失。基于状态监测技术的运行管理系统,能够对运行状态进行实时监控与远程诊断,有效降低现场巡视次数。通过对监测数据的分析,可使运维人员有针对性地开展维修工作,避免必要的停电或维修,大大降低维修费用。随着电网规模的不断扩大,高压电缆的数量越来越多,传统的运行管理模式已经很难满足高效率管理的要求。以状态监测为基础的运行管理系统,能够对整个线缆网络实施全方位监测,并能实时获取各线缆的运行状态信息。通过智能分析与大数据分析,能够快速定位故障点,给出处理意见,极大地提高了运维效率。通过移动终端,运维人员可随时随地访问系统,及时了解电缆运行状况及维修意见,进一步提高了工作效率。

4 结语

通过以上研究,验证了利用故障诊断方法对提高电网运行稳定与安全具有重要意义。通过精确地测量与分析,实现对线缆运行状况的精确估计,并据此制订出一套合理的运行维护方案,降低系统的失效概率。今后的研究重点是对该方法进行改进,拓展其适用领域,使之能够更好地在电网中使用。

参考文献

- [1] 张杰,陈刚.高压电缆运维管理系统的应用及发展[J].电力建设,2019,40(3):34-39.
- [2] 刘勇,王建军.物联网技术在高压电缆运维中的应用[J].智能电网,2021,15(2):45-52.
- [3] 赵丽娜,陈伟.基于大数据的电缆状态监测与故障诊断系统研究[J].电力技术,2018,32(9):78-83.