

声发射技术的绝缘子材料污闪动态智能监测

吴根萍 刘强

萍乡市信源电瓷制造有限公司

摘要: 由于绝缘子长时间处于户外环境中, 所以空气中悬浮的很多微型颗粒在电场力和地球引力的作用下就会积累在绝缘子的外表上, 慢慢就形成了污秽层。一旦遇到雨天或者雾天, 只要外界的空气环境湿度较大, 绝缘子就会出现污闪现象。基于此, 本文对绝缘子材料污闪对电力系统造成的危害进行阐述, 分析了基于声发射技术的绝缘子材料污闪监测原理, 进一步提出如何通过声发射技术实现动态智能检测的路径。

关键词: 声发射技术; 绝缘子材料; 污闪; 动态智能监测

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2023.04.105

引言

电力系统的安全运行对于社会的稳定和经济的发展至关重要。然而, 由于各种因素的影响, 如污染、老化等, 电力系统的设备常常会面临潜在的危险。其中, 绝缘子材料的污闪现象是一个严重的问题, 它可能导致电力设备的损坏和电力供应的中断。因此, 对绝缘子材料的污闪现象进行实时监测具有重要意义。声发射技术是一种无损检测方法, 已被广泛应用于材料科学领域。该技术能够通过收集和分析材料在受力或受热过程中产生的声音信号, 来评估材料的性能和状态。近年来, 声发射技术在电力设备监测中的应用也得到了广泛的研究。

因此, 本文的主要目的就是探讨声发射技术在绝缘子材料污闪动态智能监测中的应用。

一、绝缘子材料污闪对电力系统造成的危害

污闪现象是指绝缘子表面附着的污秽物在潮湿的环境下形成导电层, 导致绝缘子的绝缘性能下降, 进而引发闪络的现象。污闪事故的发生会给电力系统带来严重的危害。首先, 污闪事故会导致输变电设备在大气过电压或系统操作过电压下发生闪络, 严重威胁电力系统的安全运行。其次, 污闪事故会损坏电力设备, 如变压器、断路器、隔离开关等, 影响电力系统的稳定性和可靠性。此外, 污闪事故可能导致大面积停电, 给社会生产和人民生活带来不便和损失。最后, 污闪事故还会对周围环境和生态造成污染和破坏。

二、声发射技术的相关概述

声发射技术是一种非常先进的无损监测技术, 该技术通过分析材料或结构在受力或变形过程中释放出的声波信号, 来评估其动态性能和完整性。这种技术可以广泛应用于各种材料和构件的检测和评估, 例如金属、非金属、复合材料、陶瓷等^[1]。

声发射技术的主要原理是, 当材料或结构受到外力

或内力作用时, 由于其内部存在不均匀性、缺陷或损伤, 会导致局部应力集中, 并产生不稳定的应力分布。当这种不稳定的应力分布达到一定程度时, 材料或结构中的微小裂纹或损伤会开始扩展, 从而释放出能量。这种能量以声波的形式释放出来, 形成声发射信号。声发射信号可以被高灵敏度的传感器接收并记录下来。通过对这些信号进行分析, 可以获取材料或结构的动态性能和完整性信息。例如, 可以通过分析声发射信号的频率、振幅、波形等特征, 来推断出材料或结构内部的损伤程度、裂纹扩展情况等。

声发射技术具有以下优点:

(1) 动态性: 声发射技术可以实时监测材料或结构的动态性能和完整性, 对于一些需要实时监控的场合非常适用。(2) 无损性: 声发射技术不会对材料或结构本身造成任何损伤, 因此特别适合用于一些贵重、易碎或需要保护原始结构的物品。(3) 灵敏度高: 现代的声发射传感器具有非常高的灵敏度, 可以检测到微小的裂纹和损伤, 从而提早发现潜在的问题。(4) 自动化程度高: 现代的声发射检测系统通常具有自动化数据分析功能, 可以快速准确地评估材料或结构的性能和完整性。

总之, 声发射技术是一种非常有效的无损检测方法, 可以广泛应用于各种材料和构件的动态性能和完整性评估^[2]。

三、传统的绝缘子污闪监测方法

传统的绝缘子污闪监测方法主要包括等值盐密法、表面污秽电导率法以及泄漏电流法。

(一) 等值盐密法 (ESM法)

等值盐密法是一种通过测量绝缘子表面污秽物等值附盐密度 (ESM) 来评估绝缘子的污秽程度的方法。等值附盐密度是指单位面积上沉积的等值盐量, 其单位通

常为 mg/cm^2 或 $\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{d}$ 。

在ESM法中,首先需要采集绝缘子表面的污秽物样本,然后将其溶解在标准盐水中,并使用滴定管测定测量溶液中的盐量。根据测量的盐量和采集的污秽物样本的面积,可以计算出等值附盐密度。等值附盐密度越高,表示绝缘子表面的污秽程度越严重。这是因为污秽物中的可溶性盐会降低绝缘子的绝缘性能,增加泄漏电流的风险。因此,通过测量等值附盐密度可以评估绝缘子的污秽程度,并采取相应的措施进行清洁或更换^[3]。

(二) 表面污秽电导率法

表面污秽电导率法是通过测量绝缘子表面污秽物的电导率来评估绝缘子的污秽程度。由于污秽物中含有可溶性盐,这些盐具有导电性,因此可以通过测量绝缘子表面的电导率来评估其污秽程度。在表面污秽电导率法中,使用表面电导率仪直接测量绝缘子表面的电导率。根据测量的电导率和污秽物样本的面积,可以计算出单位面积上的电导量。表面污秽电导率越高,表示绝缘子表面的污秽程度越严重。虽然这种监测方法操作简单,且适用于现场监测和在线监测,但是需要注意的是,表面污秽电导率法只能反映绝缘子表面的污秽程度,不能反映内部的污秽情况。

(三) 泄漏电流法

泄漏电流法是通过测量绝缘子表面的泄漏电流来评估绝缘子的污秽程度。当绝缘子表面存在污秽物时,污秽物会改变绝缘子的表面电场分布,从而引起泄漏电流的变化。泄漏电流的大小与绝缘子的污秽程度密切相关,因此可以通过测量泄漏电流来评估绝缘子的污秽程度。

在泄漏电流法中,使用泄漏电流测试仪进行测量。测试时,将泄漏电流测试仪的探头连接到绝缘子的两端,并施加一定的电压。通过测量流过探头的电流,可以得出泄漏电流的大小。根据泄漏电流的大小可以评估绝缘子的污秽程度。泄漏电流法具有简单、快速、无损等优点,并且能够在多种场合应用。此外,泄漏电流法还可以用于评估绝缘子的性能和老化程度。但是需要注意的是,泄漏电流法只能反映绝缘子的表面污秽情况,不能反映内部的污秽情况。同时,泄漏电流的大小还受到温度、湿度、气压等多种因素的影响,因此需要进行修正和校准。

四、基于声发射技术的绝缘子污闪过程监测原理

基于声发射技术的绝缘子污闪过程监测原理主要是利用绝缘子污秽放电时产生的声波信号进行监测。当绝

缘子表面附着的污秽物在潮湿的环境下形成导电层时,会在空气中产生电火花,这些电火花会伴随着声音信号的释放,即声发射信号。通过捕捉这些信号,可以实现对绝缘子污秽放电的监测。声发射传感器是用来捕捉绝缘子污秽放电产生的声发射信号的关键设备。这些传感器通常被放置在绝缘子的周围,并被设计成能够将声音信号转换为电信号,以便能够被数据采集器所采集和处理。数据采集器是用来采集和处理声发射信号的重要设备。它能够将声发射传感器捕捉到的电信号进行放大、过滤和数字化处理,以便后续的分析 and 处理。通过对捕捉到的声发射信号进行分析和处理,可以获得与污秽放电相关的信息。例如,可以通过分析信号的振幅、频率和波形等特征来推断出污秽放电的强度和可能对绝缘性能造成的危害。这些特征可以用来评估污秽放电的程度,以及预测其可能对绝缘子的性能和寿命造成的影响。在实际应用中,基于声发射技术的绝缘子污闪过程监测系统需要进行充分的实验验证和技术优化。首先,需要确定声发射信号与污秽放电之间的相关性,并验证其在不同条件下的适用性。例如,需要验证在不同污秽程度和不同电压下,声发射信号的特征与污秽放电的关系。其次,需要采取措施减少环境噪声和其他干扰因素对监测结果的影响。例如,可以采取滤波、屏蔽等措施来减少干扰信号的影响。此外,还需要对采集到的数据进行深入分析和挖掘,以获得更准确的监测结果和预测模型。例如,可以通过机器学习算法来训练模型,以实现自动识别和预警^[4]。

通过基于声发射技术的绝缘子污闪过程监测原理的应用,可以实现对绝缘子污秽放电的实时监测和预警,及时发现和采取措施预防潜在的污闪事故,保障电力系统的安全稳定运行。这种监测方法具有无损、连续、实时等优点,能够有效地提高电力系统的可靠性和安全性。

五、基于声发射技术的绝缘子材料污闪动态智能监测系统的设计与实现

绝缘子污闪是电力系统中的一种常见故障,它会导致电力设备的损坏和电力供应的中断。为了预防绝缘子污闪事故的发生,本文提出了一种基于声发射技术的绝缘子污闪动态智能监测系统的设计与实现方案。该系统能够实时监测绝缘子的状态,及时发现潜在的污闪风险,并采取相应的预防措施,从而保障电力系统的安全稳定运行。

(一) 系统硬件设计

基于声发射技术的绝缘子污闪动态智能监测系统的硬件部分主要包括声发射传感器、数据采集器和数据处理单元。

1. 声发射传感器

声发射传感器是该系统的重要部分，它能够将绝缘子表面产生的声音信号转换为电信号。这些传感器通常被放置在绝缘子的周围，并被设计成能够捕捉到微小的声音信号。在选择传感器时，需要考虑其灵敏度、频率范围和抗干扰能力等因素。

2. 数据采集器

数据采集器负责采集声发射传感器的输出信号并进行预处理。它需要具备高性能、高精度和高稳定性等特性，以确保准确地获取和传输数据。在数据采集过程中，还需要对信号进行滤波和平滑处理，以消除噪声和干扰信号的影响。

3. 数据处理单元

数据处理单元包括模数转换器（ADC）和数字信号处理器（DSP），负责对采集到的数据进行处理和分析。ADC将模拟信号转换为数字信号，DSP则对数字信号进行进一步的处理和分析。DSP需要具备强大的计算能力和处理速度，以便对大量的数据进行实时处理和分析。

此外，该系统还配备了太阳能电池板和蓄电池等储能装置，以确保连续监测的需要。太阳能电池板用于提供电力，蓄电池则用于储存电力，以确保系统在阴雨天或夜间也能够正常运行^[5]。

（二）系统软件设计

基于声发射技术的绝缘子污闪动态智能监测系统的软件部分主要包括信号处理算法、特征提取和分类器设计。

1. 信号处理算法

信号处理算法用于对采集到的数据进行去噪和平滑处理，以提取出有效的声发射信号。在去噪处理中，可以采用小波变换、傅里叶变换等算法对信号进行滤波和降噪，以消除环境噪声和其他干扰信号的影响。在平滑处理中，可以采用移动平均法、三次样条插值等算法对信号进行平滑处理，以减少信号的波动和不规则性。

2. 特征提取

特征提取部分通过对信号的频率、振幅等特征进行分析，提取出与污秽物相关的特征参数。例如，可以提取信号的频率范围、能量分布等特征，以判断污秽物的类型和程度。这些特征参数可以作为分类器设计的输

入，以实现对其监测和预警。

3. 分类器设计

分类器设计部分采用机器学习算法对提取的特征参数进行分类和识别。常见的机器学习算法包括支持向量机（SVM）、人工神经网络（ANN）、决策树（DT）等。通过训练分类器，可以实现对污秽物的自动识别和预警。此外，分类器还可以根据历史数据预测未来的污秽发展趋势，从而提前采取预防措施。

（三）系统实现与测试

为了验证该系统的可行性和有效性，可以进行实验室测试和现场测试。在实验室测试中，可以通过模拟绝缘子的污秽放电过程来测试系统的性能和稳定性。在现场测试中，可以将系统安装在真实的绝缘子上进行测试，以验证其在真实环境中的监测效果和可靠性。同时，还可以通过对比实验和数据分析等方法来评估该系统的性能和优势。

结语

总而言之，声发射技术在绝缘子材料污闪动态智能监测中具有广泛的应用前景。在声发射技术的支撑下相关领域就能实现对绝缘子污秽程度的实时监测和预警，及时发现潜在的污闪风险并采取相应的预防措施，保障电力系统的安全稳定运行。未来，该领域的技术人员还要继续深入研究声发射技术在绝缘子污闪监测中的应用，探索更加准确、可靠、智能的监测方法和技术，才能为电力系统的智能化发展做出更大的贡献。

参考文献

- [1] 易满成. 基于声发射技术的绝缘子污秽放电监测系统的研究和应用. 广东省, 南方电网广州供电局有限公司电力试验研究院, 2014-12-01.
- [2] 郭淑贞, 郭子韡. 基于声发射技术的绝缘子污秽放电监测[J]. 电子技术与软件工程, 2014, (16): 172-173.
- [3] 易满成. 基于声发射技术的绝缘子污秽放电监测系统的研究和应用. 广东省, 南方电网广州供电局有限公司电力试验研究院, 2013-11-15.
- [4] 王成江, 李光. 基于声发射技术的绝缘子放电识别用特征量研究[J]. 电力自动化设备, 2012, 32(07): 143-148.
- [5] 薛宇箭, 赵彦平. 声发射技术在绝缘子放电监测中的应用[J]. 科学之友, 2011, (24): 25-27.