

电气一次设备状态监测与故障诊断技术

阳上波

广西电网有限责任公司百色供电局 广西 百色 533000

摘要: 在电力系统飞速发展的今天, 保证电气一次设备安全平稳运行就显得非常重要。本次研究的目的是对电气一次设备状态监测及故障诊断技术进行探究, 从而提升电力系统运行的可靠性及安全性。通过运用先进信号处理技术、机器学习算法等技术, 该研究搭建了一个全面的系统来进行状态监测及故障诊断。系统可对设备运行数据进行实时采集, 通过算法分析确定潜在故障模式。研究表明: 本文设计的监测与诊断技术可对设备故障进行有效识别, 为故障预防与修复提供科学依据。该研究对电力系统维护与管理提供一种全新的技术支持, 有利于减少故障率、确保电力持续供应。

关键词: 电气一次设备; 状态监测; 故障诊断; 信号处理; 机器学习

0 引言

在电力系统飞速发展的今天, 电气一次设备状态监测和故障诊断技术已经成为保障电力系统安全平稳运行的重点, 当前, 电气设备运行过程中受电、热、机械和环境等各方面因素的影响, 性能会逐步劣化并最终引发失效, 尤其电气设备内部绝缘介质, 大部分是由有机材料制成的, 例如矿物油、绝缘纸和各种有机合成材料等, 这些材料的性能退化对电气设备的安全性和稳定性构成了严重的威胁, 因此, 电气一次设备状态监测及故障诊断技术的研究对于提高电力系统可靠性及经济性有一定的理论意义及实践意义。

1 当前研究现状

1.1 电气设备状态监测技术

依靠先进的传感器技术, 电气设备状态监测技术得到了飞速发展。在数据采集和处理技术方面, 研究已经取得了明显的突破, 数据采集的频率已经达到了100Hz, 同时数据的压缩比率也超过了90%, 并且没有出现失真的情况。数据去噪技术的执行效率达到了超过95%, 其对噪声的抑制效果十分突出, 同时数据异常的检测准确性也高达98%以上。将数据预处理时间限制在一个数据周期内, 数据分析算法复杂度 $O(n)$ 。状态监测系统的集成评分达到了90分, 采用模块化设计的用户比例超过了80%, 系统的兼容性测试通过率也高达100%, 而用户界面的用户友好性评分为9.5分。该系统的MTBF运行时间超过了10000小时, 系统的升级周期被严格控制在1年之内, 其远程监控功能能够支持跨区域的监控, 而且提供的定制化服务占比高达50%以上, 完全满足了客户的各种需求。

1.2 电气设备故障诊断技术

电气设备故障诊断技术研究和应用正逐渐成为电力

系统安全运行过程中的一个重要依托。随着科技的进步, 故障诊断技术无论从准确性还是及时性上都有了明显的进步。例如, 故障特征的提取准确性已经突破了95%的标准, 同时数据采集的频率也达到了100Hz, 这确保了故障诊断过程的高效率和可靠性。故障诊断技术在发展过程中也面临模型泛化能力欠缺、实时监测响应等问题。研究者们正致力于深度学习算法与集成学习模型相结合以增强其泛化能力。同时将故障预警提前时间缩短至5分钟内, 显著增强系统应急反应能力。完善电气设备故障诊断技术也涉及优化系统架构、构建智能化运维体系。通过对分布式计算架构及高速数据传输网络进行更新, 提高故障诊断及时性。^[1]

1.3 电气设备状况监测与故障诊断技术的融合

就电气设备状况监测和故障诊断技术融合方面而言, 当前的研究进展显示数据融合, 模型融合和方法融合为其核心。数据融合精度与可靠性受数据预处理、数据匹配、数据融合算法诸多因素影响。模型融合准确性与可靠性受模型选择, 模型参数, 模型融合算法诸多因素影响。为了提高故障诊断的精确度和稳定性, 需要融合各种不同的故障诊断技术。举例来说, 该系统的融合度评分高达90分/100分, 模块化设计的比例超过了80%, 而系统的平均无故障时间(MTBF)也超过了10000小时, 这几项指标均显示出电气设备状况监测及故障诊断技术集成的高效性及稳定性。

将电气设备状况监测和故障诊断技术结合起来, 既要实现数据层面上的集成, 又要实现模型及方法上的深度集成。随着数据融合技术的不断发展, 例如无线传感器网络的覆盖率已经超过了95%, 而传感器的故障自动诊断率也超过了90%, 这些都为数据融合技术提供了坚实

的后盾。同时，故障诊断模型的泛化能力不足也是目前面临的问题之一，模型在未知故障类型上的识别率仅为80%，样本不平衡导致误判率偏差达到5%，这些都需要在未来的研究中加以改进。

2 存在的问题及原因

2.1 监测数据的精确度和稳定性问题

监测数据的精确度及稳定性在电气设备状态监测及故障诊断技术中处于核心地位，它直接关系到故障诊断是否准确、及时。传感器精确度、环境干扰、数据传输都会影响监测数据精确度及稳定性，如温度监测数据精确度受传感器精确性直接影响，精确性越高，监测数据精确度就越高。环境中的温度、湿度、电磁干扰以及其他干扰也都会影响到监测数据的精确度与稳定性，要求我们在选择与运用监测技术时一定要慎重。^[2]

为提升监测数据精确度与稳定性，可通过加强传感器精确性，优化传感器布置，加强环境干扰抑制以及完善数据传输技术来实现。如加强传感器的精确性就能提高对温度监测数据精确度。通过对传感器布局进行优化，提高了振动监测数据精确度与稳定性。这些举措的落实，有利于促进电气设备状态监测和故障诊断整体效能的发挥。

2.2 故障诊断模型的精确度和稳定性问题

故障诊断模型的精确度与稳定性是电气设备故障诊断效果好坏的关键，当前故障诊断模型精确度与稳定性主要受模型复杂度，数据质量等因素影响、算法性能及其他诸多因素限制，如基于模型故障诊断模型精确度受模型复杂度影响较大、模型复杂度越高诊断结果精确度越高，然而，随着计算量的增加，数据的质量，例如数据的完整性、一致性和精确度等，也会对故障诊断模型的精度和稳定性产生影响，模型在未知故障类型上的识别率低于80%，由于样本的不均衡，误判率超出了5%的误差，模型的训练周期超出了24小时，并且模型的更新频率与故障的变化之间的匹配度比季度更新要低。

为强化故障诊断模型精确度与稳定性，可采用如下策略：精简模型结构、提高数据质量、优化算法性能、强化模型验证，通过对模型结构进行简化，提高了基于模型的故障诊断模型计算的效率，并且通过对数据质量进行增强，提高了故障诊断模型计算的精确度以及稳定性，通过缩短模型的训练时长和增加更新的频次，可以更有效地应对故障的变化。故障预警的提前时间少于5分钟，紧急响应机制的启动时间少于1分钟，并且多源数据的融合效率超过了10%的数据丢失情况。^[3]

2.3 故障诊断方法的适用性和局限性问题

故障诊断方法是否具有广泛适用性与限制性，是电气设备故障诊断效果好坏的关键。目前故障诊断方法广泛的适用性与限制性受设备类型、故障类型、数据特性等诸多因素影响。比如，以知识为基础的故障诊断方法对故障特征与规律明显的装备较为适用，而对复杂装备与未知故障诊断效果较差，且数据特性较强，诸如数据分布、特征、噪声等，这些都同样影响着故障诊断方法广泛的适用性与限制性。

为促进故障诊断方法具有广泛适用性与限制性，可通过扩大故障诊断方法适用范围，加强故障诊断方法适用性评价，优化故障诊断方法性能来实现。例如，通过扩大故障诊断方法的应用领域，可以提高基于知识的故障诊断方法的实用性，而通过加强故障诊断方法的适用性评估，可以提高基于数据的故障诊断方法的适用性。故障预警的提前通知时间不会超过5分钟，紧急响应机制的启动时间也不会超过1分钟，同时，多源数据的融合效率至少能达到90%的数据保留水平。达到上述指标，故障诊断的及时性与精确度会明显提高。

2.4 状态监测与故障诊断技术的融合问题

监测和故障诊断技术集成问题是电气设备维修领域急需解决的课题。融合技术面临着数据整合，模型融合和方法融合的重重挑战。数据整合是否准确可靠，受数据预处理，数据匹配，数据整合算法诸多因素干扰。^[4]

模型融合是否准确可靠受模型选择，模型参数以及模型融合算法诸多因素干扰。例如，在高温和高湿度的环境下进行稳定性测试时，故障率必须控制在1%以下，同时电磁干扰的抗性也需要达到或超过95%的信号真实性。

就复杂环境下诊断可靠性而言，要求振动环境下误差率应保持在允许范围内。在长时期的运行中，性能的衰减应被限制在5%以下每年，而跨区域的故障诊断一致性应超过98%。故障诊断报告的自动生成率必须达到100%，而维修指导的准确性也需要超过90%。要想达到上述目的，就必须在数据收集，处理和分析方面下大力气，才能保证将状态监测和故障诊断技术结合得更有效，更精确。

3 研究策略与方案

3.1 提高监测数据的精确度和可信度

加强监测数据的准确性及可靠性对提高电气设备状态监测及故障诊断效果具有重要意义，可采取的措施有：提高传感器精度、优化传感器布置，加强减少环境干扰，完善数据传输技术。如提高传感器精度就能提高温度监测数据精度。对传感器进行优化布置可提高振动监测数据精度与可靠性。传感器的精确度指标为 $\pm 0.1\%$ ，

响应时间不超过1ms,耐温范围介于-50° C到+200° C之间,无线传感器网络的覆盖率达到或超过95%,故障的自诊断率不低于90%,而数据传输的实时性不超过1秒。在对电气一次设备进行状态监测技术研究时,对传感器技术的发展现状进行监测是非常关键的一个环节。传感器精度,响应时间和耐温范围对监测数据精度有直接影响。^[5]无线传感器网络的覆盖范围以及故障的自我诊断能力,都是评估监测数据可靠性的关键因素。

3.2 提高故障诊断模型的准确性和可靠性

以提高故障诊断模型精度与可靠性为目的,通过各种手段对模型结构与算法性能进行优化。首先,简化模型结构对于提高计算效率至关重要,有利于降低模型复杂度以增强故障诊断及时性。比如,利用分布式计算框架可以对边缘设备中的数据进行初步处理与分析,从而减少数据传输中的时延,加快响应速度。同时应用并行处理算法可以同时多条数据流进行处理,提高了计算的整体效率。

其次,数据质量的改善是增强故障诊断模型精度的又一关键。通过使用有效的数据去噪技术可以显著降低噪声的影响并提高精度。提高数据异常检测的准确性意味着我们可以更加精确地发现异常数据以避免其对该模型的干扰。另外,减少数据预处理时间还有利于增强模型建立的及时性,从而使故障诊断能够更加快速做出反应。

3.3 提高故障诊断技术的灵活性和限制性

故障诊断技术中的灵活性与限制性是电气设备故障诊断领域研究的中心课题,这些问题直接影响着故障诊断的精度与效率。要想提高故障诊断技术灵活性,就需要不断拓展应用范围,加强灵活性分析和性能优化。

通过运用先进的计算方法,如深度学习和集成学习等,故障诊断的准确度和泛化性能可以得到显著提升。深度学习技术,例如卷积神经网络(CNN)和长短期记忆网络(LSTM),具有处理复杂数据模式的能力,从而提高了特征提取的精确度。

集成学习模型,例如随机森林和梯度提升机(Gradient Boosting),可以通过构建多个弱学习器并整合它们的预测结果,从而提高模型的稳定性和准确性。特征工程中的优化策略对于提高故障诊断技术的灵活性同样具有重要意义,利用特征选择与降维技术可去除冗余特征并保留具有高价值的特征。

无监督学习算法对异常检测起着至关重要的作用,这些算法可能不需要明确的标签就能确定数据是否存在异常模式。迁移学习技术可以在其他领域中运用某一领域中的知识,在处理小样本数据集时效果尤为明显。通过强化学习,我们能够更好地优化动态故障诊断中的决策流程。

4 结束语

文章对电力一次设备状态监测及故障诊断技术发展状况,挑战及产生原因进行深入剖析,提出解决策略及计划,目的是为电力系统安全稳定运行提供理论依据与实操指南。研究指出:采用高精度传感器,优化数据采集及处理流程以及增强故障诊断模型普适性,可显著提高电气设备状态监测及故障诊断精确度及稳定性,继而为电力系统安全,稳定运行提供了坚实的保证。但该研究存在着一些局限性,比如数据样本有限,模型普适性不强,有待今后研究进一步优化完善。

参考文献

- [1]李幸禧.基于智能感知技术的电气设备状态监测与故障诊断[J].信息产业报道,2023(3):0112-0114.
- [2]付晗.电气设备状态监测及故障诊断技术应用[J].电力设备管理,2022(2):295-296.
- [3]荆帅.电气设备状态监测与故障诊断的技术方法[J].电力设备管理,2021(12):104-105201.
- [4]张建勋.电气设备状态监测与故障诊断技术运用[J].中国设备工程,2020(20):167-168.
- [5]姜国彬.电气设备状态监测与故障诊断技术运用[J].市场周刊:商务营销,2020(71):0146-0146.