

变电设备状态监测与故障诊断技术研究

马 辉 王子慧 溥

国网河南省电力公司渑池县供电公司 河南 三门峡 472000

摘 要：变电设备是电力系统中极为重要的一部分，其运行状态直接影响整个电力系统的稳定性和安全性。本文旨在探讨变电设备状态监测与故障诊断技术，分析当前的技术现状、方法以及未来的发展趋势，为提高变电设备运行的可靠性和安全性提供技术支持。

关键词：变电设备；状态监测；故障诊断；技术研究

引 言

随着电力系统朝着超高压、大容量方向发展，变电设备的安全运行越来越重要。停电事故给生产和生活带来的影响及损失也越来越大。因此，对变电设备运行状态进行实时监测，及时发现并诊断故障，对于确保电力系统的可靠运行具有重要意义。

1 变电设备状态监测技术

1.1 状态监测的基本原理

状态监测技术是一种高度集成的在线监测手段，它依托先进的在线监测技术及相关系统，对变电设备的各个系统（如信息管理系统、分散控制系统、保护系统等）进行全面、持续的监测。这一技术通过精心布置的传感器网络，实时捕捉变电设备在运行过程中展现出的各项关键参数，如电流、电压、温度、振动、局部放电等。这些参数是设备运行状态的直接反映，蕴含着设备健康与性能的重要信息。状态监测技术的核心在于将实时采集到的参数数据与变电设备的参考参数进行细致对照。参考参数通常基于设备的设计规范、历史运行数据以及经验值确定，它们构成了设备正常运行状态的基准。通过对比实时参数与参考参数，状态监测技术能够迅速识别出设备运行状态的异常波动或偏差，进而对设备的运行状态进行准确评估。一旦发现参数异常，系统将及时发出预警信号，提醒运维人员关注设备状态，采取必要的检查和维护措施，以确保变电设备的稳定运行和电力系统的安全可靠。

1.2 常用的监测方法和技术

在变电设备状态监测中，常用的监测方法和技术涵盖了传感器选择与安装、数据采集与传输以及数据预处理与分析等多个环节，确保监测过程的全面性和准确性。（1）传感器选择与安装。根据不同的监测对象（如变压器、断路器、电容器等）和具体的监测指标（如温度、湿度、电流、振动、局部放电等），需要精心选择

合适的传感器进行安装。传感器的选择要考虑其测量范围、精度、稳定性、响应速度以及环境适应性等因素，以确保能够准确、可靠地捕捉到设备的运行状态信息。在安装过程中，还需要注意传感器的位置布局，确保监测点能够全面反映设备的运行状态，同时避免对设备的正常运行造成干扰。（2）数据采集与传输。数据采集是状态监测的基础环节。为了实时、准确地获取设备的运行状态数据，通常采用模拟信号采集、数字信号采集以及无线传感器网络等技术。模拟信号采集通过传感器将物理量转换为电信号，再经过模数转换变为数字信号进行处理；数字信号采集则直接获取设备输出的数字信号。无线传感器网络则通过无线通信技术，将传感器采集到的数据实时传输到监测中心，实现了数据的无线传输和远程监控。（3）数据预处理与分析。采集到的原始数据往往包含噪声和干扰，需要进行预处理以提高数据的质量。预处理过程包括滤波、去噪、校准等步骤，旨在去除数据中的无关信息和误差，保证数据的准确性和可靠性。随后，通过特征提取技术，从预处理后的数据中提取出反映设备运行状态的特征信息。这些特征信息将作为故障诊断和状态评估的依据。在故障诊断和状态评估阶段，运用先进的算法和模型对特征信息进行分析和处理，实现对设备运行状态的准确判断和故障预测。故障诊断技术能够识别出设备的故障类型和故障位置，为维修决策提供有力支持；状态评估技术则通过对设备运行状态的综合评估，预测设备的剩余寿命和潜在故障风险，为设备的预防性维护提供科学依据^[1]。

2 变电设备故障诊断技术

2.1 故障诊断的流程

故障诊断技术是针对运行状态出现明显下降或异常的变电设备而发展起来的一种重要技术手段。其核心目的在于通过科学的方法准确识别设备的故障类型、故障位置以及故障程度，为设备的维修和恢复提供有力支

持。故障诊断的流程主要包括以下几个关键步骤：首先，通过状态监测技术获取设备的运行状态数据。这是故障诊断的基础，因为准确、全面的运行状态数据是识别设备故障的前提。状态监测技术通过安装在设备上的各种传感器，实时采集设备的运行参数，如电流、电压、温度、振动等，并将这些数据传输到监测中心进行存储和分析。接下来，运用各种故障诊断方法和算法进行模型建立。故障诊断方法多种多样，包括基于信号处理的方法、基于机器学习的方法、基于知识推理的方法等。这些方法各有优劣，适用于不同类型的设备和故障^[2]。在实际应用中，需要根据设备的特性和故障类型选择合适的方法。同时，为了提高故障诊断的准确性和效率，还需要建立相应的故障诊断模型。模型建立的过程中，需要充分利用历史数据和专家经验，对模型的参数和结构进行优化和调整。最后，对设备的运行状态进行判断和诊断。这是故障诊断流程的核心环节。通过将实时监测到的设备数据与故障诊断模型进行对比和分析，可以准确判断设备的运行状态是否正常，是否存在故障以及故障的类型和位置。如果诊断出设备存在故障，需要及时发出预警信号，并给出相应的维修建议，以便运维人员能够迅速采取措施进行处理，确保设备的正常运行和电力系统的安全可靠。

2.2 常用的故障诊断方法

在变电设备故障诊断中，常用的方法多种多样，每种方法都有其独特的优势和应用场景。其中，比较法是一种直观且有效的故障诊断方法。通过将实时监测到的设备数据或信息与设备历年或前一年的结果进行比较分析，如果未发现显著差异，就可以初步判断该设备不存在明显的缺陷或故障。这种方法简单易行，能够快速筛选出运行状态良好的设备，减少不必要的维修和检查工作。综合法则是一种更为全面的故障诊断方法。它对变电设备的相关数据进行全面采集，包括变压器的绝缘状态、运行温度等关键参数，以及变电设备的开关检测、离线数据、系统传输数据等。通过对这些数据进行科学分析和系统整理，可以准确地了解设备的整体运行状态。综合法能够综合考虑设备的多个方面，从整体上对设备的运行状态进行科学判断，提高故障诊断的准确性和可靠性。此外，故障树分析法也是一种重要的故障诊断方法。它主要应用在设备的设计环节上，通过深入分析研究造成设备在运行过程中可能出现的故障影响因素，形成故障树图。故障树图能够清晰地展示设备故障的逻辑关系，帮助维修人员快速定位故障原因。通过故障树分析法，可以了解到设备出现故障的具体原因，判

断故障发生的可能性，并为设备的预防性维护和故障预测提供有力支持。这种方法在复杂设备的故障诊断中具有显著优势，能够提高维修效率和降低维修成本。

2.3 常用的故障诊断算法

在变电设备故障诊断领域，算法的应用起着至关重要的作用。其中，数据挖掘和统计学与机器学习技术是两种极为常用的故障诊断算法，它们通过不同的方式和原理，对设备状态和故障数据进行深入分析和建模，以提升故障诊断的准确性和稳定性。数据挖掘算法是一种基于大量历史维护数据的故障诊断方法。它通过对这些数据进行深入挖掘和分析，构建出故障模型。这个模型能够捕捉到设备故障与各种运行参数之间的复杂关系，从而实现对设备状态的准确判断。决策树、关联规则和聚类分析是数据挖掘中常用的算法。决策树通过树状结构展示决策过程，帮助维修人员快速定位故障原因；关联规则则能够发现设备故障与特定运行条件之间的关联性；聚类分析则能够将设备状态数据分为不同的类别，从而更好地理解设备的运行状态。统计学和机器学习技术则是另一种强大的故障诊断工具。它们通过分析和建模变电设备状态和故障数据，提取出有价值的特征信息，并构建出预测模型^[3]。这个模型能够根据设备的当前运行状态，预测其未来可能出现故障的问题，并发出预警信号。支持向量机、人工神经网络和随机森林是统计学和机器学习技术中常用的算法。支持向量机通过寻找最优超平面来实现对设备状态的分类；人工神经网络则模拟人脑神经元的工作方式，对设备状态进行复杂的学习和判断；随机森林则通过构建多个决策树并综合其结果，提高故障诊断的准确性和稳定性。数据挖掘和统计学与机器学习技术是变电设备故障诊断中常用的两种算法。它们各有优势，可以相互补充，共同提高故障诊断的准确性和效率。在实际应用中，可以根据设备的特性和故障类型选择合适的算法，并结合专家经验和实时数据，对设备进行全面的故障诊断和预测。

3 基于状态监测与故障诊断的设备维护技术

3.1 预防性维护

预防性维护是一种基于设备状态监测与故障诊断的先进维护策略。在变电设备运维管理中，通过对设备的状态进行实时监测和准确诊断，能够提前捕捉到设备可能存在的故障隐患或性能下降趋势。这种前瞻性的维护方式，与传统的定期维护或事后维修相比，具有显著的优越性和经济性。具体来说，预防性维护依赖于先进的状态监测技术和精确的故障诊断算法。状态监测技术通过安装在设备上的各类传感器，实时采集设备的运行

参数和环境数据,如电流、电压、温度、振动、局部放电等。这些数据被传输到监测中心,经过数据处理和分析,形成设备的实时运行状态图谱。故障诊断算法则对这些实时监测数据进行深入挖掘和分析,运用数据挖掘、统计学和机器学习等技术手段,提取出设备状态的特征信息,并构建出故障预测模型。当设备的运行状态出现异常或偏离正常范围时,故障预测模型能够及时发出预警信号,提示维修人员关注设备状态,并采取进一步的检查和诊断措施。基于状态监测与故障诊断的结果,维修人员可以制定针对性的预防性维护计划。这包括确定维护的时间节点、维护的内容和方法、所需的备件和工具等。通过采取适当的维保措施,如清洁、润滑、紧固、调整等,可以及时消除设备的故障隐患,恢复设备的正常性能,避免设备故障引发的事故和停电。预防性维护不仅能够提高设备的可靠性和可用性,还能够延长设备的使用寿命,降低维修成本和运营风险。因此,在变电设备的运维管理中,预防性维护已成为一种不可或缺的维护策略,为电力系统的安全稳定运行提供了有力保障。

3.2 修复性维护

修复性维护是在设备发生故障后,基于故障诊断结果而采取的一系列维护措施,旨在及时恢复设备的正常运行状态。在变电设备的运维管理中,尽管预防性维护能够大大减少故障的发生,但由于设备的复杂性、运行环境的多样性以及不可预见的外部因素,设备故障仍然难以完全避免。当设备故障被确认后,首先需要依据故障诊断的结果,对故障的性质、原因和位置进行准确分析。这通常涉及到对故障现象的详细观察、对故障数据的深入分析以及对设备结构的全面了解。通过这一过程,维修人员能够明确故障的具体表现,如设备无法启动、运行不稳定、性能下降等,以及故障可能的原因,如部件老化、接触不良、过载等。接下来,根据故障诊断的结果,制定修复性维护计划。这个计划应该包括修复的目标、方法、步骤、所需的备件和工具,以及修复的时间安排等。修复方法可能包括更换损坏的部件、调

整设备的参数、修复电路或机械结构等。在制定计划时,需要充分考虑设备的特性、故障的严重程度以及维修资源的可用性,以确保修复工作的顺利进行。在修复过程中,维修人员需要严格按照修复计划进行操作,遵守安全规范,确保修复工作的质量和安全。同时,还需要对修复过程进行记录,包括修复前后的设备状态、修复过程中遇到的问题和解决方法等,以便为后续的维护工作提供参考。修复完成后,需要对设备进行测试,以验证修复效果。测试应该包括设备的功能测试、性能测试以及安全测试等,以确保设备在修复后能够恢复正常运行,并且符合相关的标准和要求。修复性维护是变电设备运维管理中不可或缺的一部分^[4]。通过及时、准确的故障诊断和修复,能够迅速恢复设备的正常运行状态,减少停电时间和维修成本,提高设备的可靠性和可用性。同时,修复性维护还能够为预防性维护提供有价值的信息和反馈,帮助完善维护策略,提高维护效率。

结束语

变电设备状态监测与故障诊断技术对于提高电力系统的运行可靠性和安全性具有重要意义。随着科学技术的不断进步,未来的发展方向将是智能化、现代化和信号处理等。通过引入更先进的传感器技术、数据采集与传输技术、数据分析与处理技术以及故障诊断算法,将进一步提高变电设备状态监测与故障诊断的准确性和效率,为电力系统的稳定运行提供有力保障。

参考文献

- [1]李明,王红. 配电网设备状态监测与故障诊断技术综述[J]. 电力系统自动化,2018,42(18): 1-9.
- [2]张建国,刘伟,李晓明. 基于大数据的配电网设备状态监测与故障诊断方法研究[J]. 电网技术,2019,43(8): 2462-2470.
- [3]陈华,王浩. 基于传感技术的配电网故障监测与诊断系统研究与应用[J]. 电力信息与通信技术,2020,19(2): 120-126.
- [4]刘志强,张明. 配电网设备状态监测技术在城市供电系统中的应用与发展[J]. 电力建设,2017,38(5): 32-38.