

电力工程中设备状态监测与故障诊断技术研究

吴奇峰

安庆横江集团有限责任公司宿松分公司 安徽 安庆 246500

摘要：随着电力系统的不断发展，设备状态监测与故障诊断技术在确保电网安全、稳定、经济运行中扮演着至关重要的角色。本文详细探讨了设备状态监测的技术手段、故障诊断的方法以及二者在电力工程中的实际应用，旨在为电力系统的维护与优化提供全面的技术支持。

关键词：电力工程；设备状态监测；故障诊断

引言

电力系统的稳定运行对于社会经济的发展具有重要意义。设备状态监测与故障诊断技术是保障电力系统安全运行的重要手段。通过对电力设备进行实时监测和故障诊断，可以及时发现并处理潜在的安全隐患，从而提高电力系统的可靠性和稳定性。

1 电力设备状态监测技术研究

1.1 监测技术手段

在电力设备状态监测中，传感器技术发挥着核心作用，通过不同类型的传感器，我们可以实时获取设备的各种运行参数，从而评估其健康状况。以下是主要的监测技术手段：（1）温度传感器技术：主要用于监测变压器、断路器、电缆等关键设备的温度。预防设备因过热而损坏，确保设备在安全温度范围内运行。（2）湿度传感器技术：监测变电站或开关柜内部的湿度。防止湿度过高导致的绝缘破坏或设备腐蚀，保障电力系统的稳定运行。（3）电流与电压传感器技术：监测电流的大小和电压的稳定性。确保设备在额定的电流和电压范围内运行，防止过流或电压波动造成的设备损坏。（4）振动传感器技术：监测旋转设备的振动情况，如发电机、电动机等。预防机械故障，及时发现设备的异常振动，避免设备损坏或性能下降。（5）数据采集与传输技术：通过数据采集装置收集传感器数据，并通过无线或有线通信技术将数据传输至中央监控平台^[1]。确保数据的实时性和准确性，为后续的故障诊断和预防性维护提供数据支持。

1.2 监测技术应用

1.2.1 实时监测电网的运行状态

实时监测电网的运行状态是电力设备状态监测技术的核心应用之一。通过部署在电网各个关键节点的传感器和智能设备，可以实时获取电网的运行数据，包括电压、电流、功率因数、频率等关键参数。这些数据不仅反映了电网的实时运行状态，还能用于预测和评估电

网的稳定性和安全性。具体来说，实时监测电网的运行状态包括以下几个方面：一是电压和电流监测：通过安装电压和电流传感器，实时监测电网中的电压和电流变化。这有助于发现电压波动、电流过载等问题，从而及时采取措施防止设备损坏或停电事故。二是功率因数和频率监测：功率因数是衡量电网效率的重要指标，而频率的稳定性则直接关系到电网的安全运行。通过实时监测这两个参数，可以及时发现电网中的能效问题和运行异常。三是设备状态监测：除了对电网的整体运行状态进行监测外，还需要对电网中的关键设备如变压器、断路器、发电机等进行实时监测。这有助于发现设备的早期故障迹象，及时进行维修或更换，避免设备故障对电网造成更大影响。四是数据分析和预警：通过实时收集和分析电网运行数据，可以建立预警机制。当数据出现异常时，系统会自动触发预警，通知运维人员及时处理。这种智能化的预警机制大大提高了电网运行的可靠性和安全性。

1.2.2 自动识别和定位潜在问题

自动识别和定位潜在问题是电力设备状态监测技术的重要应用之一。通过智能感知系统和数据分析技术，监测系统能够及时发现电网或电力设备中的异常情况，并准确定位问题的源头。具体来说，通过安装在电网关键节点的传感器，系统能够实时监测电网的运行参数，如电压、电流、温度等。当这些参数出现异常时，智能感知系统会自动识别出潜在问题。系统会对收集到的数据进行实时分析，与预设的安全范围进行比对。一旦发现数据异常，如电流突然增大或温度异常升高等情况，系统会自动判定为潜在问题。通过精确的数据分析和定位算法，系统能够准确指出问题发生的位置，甚至具体到某一台设备或某一个部件。相比传统的人工巡检方式，自动识别和定位潜在问题的技术能够在第一时间发现故障，大大提高了故障发现的效率^[2]。自动化技术减轻了运维人

员的工作压力,减少了人力巡检的成本和时间。通过及时发现并处理潜在问题,可以有效预防因设备故障导致的重大电力事故,保障电网的安全稳定运行。

1.2.3 分析电网中的异常情况,如过载、短路等

在电网监测技术应用中,对异常情况的分析是至关重要的。过载和短路是两种常见的电网异常情况,它们对电网的稳定性和设备安全构成威胁。过载是指电力系统中电流超过设备或线路的额定容量。可能是由于设备选型不当、负荷增加、设备老化导致效率下降等。长期过载会导致设备发热、寿命减少,甚至引发故障。通过实时监测电流、电压和温度等参数,结合历史数据和设备额定值进行对比分析,判断是否出现过载情况。短路是指电路中不同电位的两点被直接连接,导致电流异常增大。可能是由于线路老化、接触不良、外部破坏等。短路会产生巨大的热量,可能损坏设备、引发火灾,并导致电力系统电压骤降甚至崩溃。通过实时监测电流突变、电压波动等参数,利用保护装置快速切断短路电流,防止事故扩大。对于这两种异常情况的监测,现代电网监测系统通常采用高精度传感器和先进的数据分析技术,实现实时监测和预警。一旦发现异常情况,系统会及时报警并采取相应的保护措施,以确保电网的安全稳定运行。

2 故障诊断技术研究

2.1 故障诊断传统方法

传统故障诊断方法主要依赖于直接检测电网中的物理量,如电压、电流和阻抗,来判断设备的运行状态和识别故障。电压检测方面:通过精确的电压表或万用表测量设备或线路的电压。正常运行的设备或线路,其电压值通常稳定在一个特定范围内。若电压波动超出预设的安全范围,可能表明存在故障。电流检测方面:利用电流表或钳形电流表监测电流的强度。电流的异常增高或降低,以及波形的异常变化,都可能是设备内部故障或线路问题的信号。阻抗测量方面:通过特定的测试设备来测量电路或元器件的阻抗。阻抗值的显著变化可能意味着电路中接触不良、短路或元器件老化等问题。传统方法的局限性主要体现在:一是复杂故障识别能力有限:对于多重故障或复杂故障模式,如间歇性故障或复合故障,传统方法可能难以准确识别和定位。现代电网的复杂结构和高度互联性增加了故障诊断的难度,单一物理量的检测往往无法全面反映系统的真实状态。二是诊断效率和精度受限:传统方法通常需要人工操作,且数据分析和处理过程相对繁琐,导致诊断效率不高。依赖于人工读取仪表数值和进行故障判断,可能

因人为误差而影响诊断精度。三是经验和技能依赖性强:传统方法的准确性和有效性很大程度上取决于操作人员的经验和技能水平。缺乏经验的操作人员可能无法准确解读测量数据,导致误判或漏判^[3]。四是实时性和预防性维护不足:传统方法通常是在故障发生后进行诊断,难以实现故障的实时监测和预警。对于需要预防性维护的现代电网系统,传统方法的响应速度和预防性能力显得不足。

2.2 故障诊断智能方法

智能方法主要利用机器学习、深度学习等先进技术进行故障诊断,这些技术能够更准确地识别和分类故障。且自动化程度高,减少人工干预,加快故障识别和处理速度。能够应对复杂多变的故障模式和电网环境。

2.2.1 机器学习在故障诊断中的应用

一是监督学习:通过已有的故障案例和数据来训练模型,使其能够识别未来可能发生的故障类型。例如,支持向量机(SVM)和决策树等算法可以用于分类和预测故障。二是无监督学习:通过对设备传感器数据的聚类分析,发现潜在的故障模式和异常行为,而不需要预先知道数据的标签。常见的无监督学习算法包括K-means聚类和主成分分析(PCA)。三是强化学习:通过与设备互动来收集关键数据,从而发现故障的原因和解决方案。强化学习算法能够在不断试错中学习最优策略,以适应复杂多变的故障环境。

2.2.2 深度学习在故障诊断中的应用

一是自编码器:一种无监督学习模型,通过学习正常数据的压缩表示来重构输入数据。通过比较输入数据与重构数据的差异,可以检测出异常和故障。二是卷积神经网络(CNN):在图像处理领域有广泛应用,也可用于故障诊断中的图像或信号数据特征提取。CNN能够识别故障模式,如设备表面的裂纹或磨损等。三是循环神经网络(RNN)和长短期记忆网络(LSTM):对于时间序列数据,这些模型能够捕捉数据的时序关系,从而识别和预测异常。适用于监测和诊断随时间变化的故障模式。

2.3 故障诊断流程

电力故障诊断是一个系统化的过程,它涉及多个步骤,从数据收集到最终的解决方案推荐。以下是一个清晰的电力故障诊断流程:首先是数据收集:这一步是从设备状态监测系统获取实时数据的过程。数据可能包括电压、电流、功率因数、温度、振动等多种参数。这些数据是连续监测的,以确保能够捕捉到任何异常或故障的早期迹象。其次是数据分析:收集到的数据会被传输

到中央处理系统进行分析。利用高级算法，如机器学习或深度学习算法，对数据进行分析，以识别出与正常模式不符的异常模式。这些算法可以对历史数据和实时数据进行比较，从而检测出任何潜在的问题^[4]。第三是故障识别与定位：一旦数据分析揭示出异常，系统会进一步确定故障的具体类型和位置。这可能涉及对特定传感器数据的深入分析，以确定是哪个部分或组件出现了问题。故障定位的准确性对于快速恢复系统至关重要。最后是解决方案推荐：基于故障的类型和位置，系统会生成一份诊断报告。报告中会包含针对特定故障的维修和维护建议。这些建议可能包括更换损坏的部件、进行清洁或调整设备参数等。

3 电力设备状态监测与故障诊断融合应用的案例分析

3.1 案例背景与目标

某大型电力公司，面对日益增长的电力需求和设备运维成本，决定引入电力设备状态监测与故障诊断的融合应用。目标是提高设备的运行效率、可靠性和安全性，同时降低运维成本。

3.2 实施步骤与技术应用

状态监测技术的选择与部署：针对变压器的关键参数，选择了温度传感器、振动传感器以及油中溶解气体分析仪。这些传感器能够实时监测变压器的温度、振动以及油中气体的变化。传感器被安装在变压器的关键部位，以确保数据的准确性和代表性。

数据采集、传输与存储：采用高性能的数据采集系统，确保从传感器获取的数据实时、准确。通过专用的数据传输网络，将数据实时上传到中央服务器，避免数据丢失或延迟。在中央服务器建立大型数据库，用于存储和分析历史及实时数据。

故障诊断系统的建立与应用：采用先进的机器学习算法，对收集到的数据进行深度分析，以识别任何异常模式并预测可能的故障。系统能够自动识别异常数据，并迅速定位到具体的设备或部件。基于历史数据和实时数据的分析，系统能够预测设备可能的故障模式，为预防性维护提供依据。

预警与响应机制的建立：建立预警系统，一旦故障诊断系统检测到异常或预测到故障风险，会立即触发预警系统。建立了一套完善的响应流程，确保在接收到预警后，运维团队能够迅速做出反应，进行必要的检查和

维护。

3.3 数据分析与关键指标对比

下表一展示了实施状态监测与故障诊断融合应用前后的关键指标对比：

表1 实施状态监测与故障诊断融合应用前后的关键指标对比

指标	实施前	实施后	变化率
故障发现时间(小时)	48	4	-92%
平均维修时间(小时)	72	24	-67%
意外停机次数/年	6	1	-83%
维护成本(万元/年)	300	210	-30%

3.4 实施效果与结论

一是故障发现时间大幅缩短：实时监测和预警系统的引入，使得故障的发现时间从48小时大幅缩短到4小时，提高了故障响应的速度和准确性。二是维修效率显著提升：故障诊断系统的准确指导，使得维修时间从72小时减少到24小时，维修效率得到了显著提升。三是意外停机次数显著减少：通过故障预测和预防，意外停机次数从每年的6次降低到1次，大大提高了设备的运行稳定性和可靠性。四是维护成本降低：精确的故障定位和预防性维护策略，使得年维护成本降低了30%，为公司带来了显著的经济效益。

结语

设备状态监测与故障诊断技术在电力工程中发挥着不可或缺的作用。随着技术的进步，未来的监测系统将更加智能化、自动化，能够更准确地预测和预防设备故障，从而确保电力系统的稳定和安全运行。研究方向可进一步聚焦于智能算法的优化、多模态信息融合以及云计算在故障诊断中的应用等。

参考文献

- [1]曹冬晖.浅谈电力系统设备状态监测与故障诊断技术[J].中国设备工程,2022(11):160-162.
- [2]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.
- [3]杨江,赵伟哲.电力设备状态监测与故障诊断[J].科技风,2020(34):177.
- [4]刘明.电力系统故障诊断与维护技术研究[J].电力系统及其自动化学报,2020,32(2):12-20.