

电力变压器状态监测技术改进研究

吴三成

华润新能源（连州）风能有限公司，广东省清远市，511500；

摘要：电力变压器作为电力系统核心枢纽，其运行状态直接关乎电网稳定与安全。随着电力系统规模持续扩张及智能化升级，传统依赖定期巡检与离线测试的监测技术，因存在监测周期长、数据采集片面、故障预警滞后等问题，已难以满足现代电网需求。本文深入剖析现有技术局限，创新性提出融合多源数据、人工智能算法与物联网技术的改进方案。通过部署多种类型传感器实时采集数据，运用神经网络实现多源数据深度融合，借助深度学习算法挖掘数据特征进行故障预测，并依托物联网构建全域监测网络。研究表明，改进后的监测技术能够显著提升故障预警准确性，极大缩短故障发现时间，大幅降低非计划停电风险，有效提高变压器运行效率与可靠性，为电力系统稳定运行筑牢技术防线。

关键词：电力变压器；状态监测；多源数据融合；人工智能；物联网

DOI：10.64216/3080-1508.25.04.021

引言

电力变压器是电力系统中不可或缺的重要设备，其运行状态直接关系到电网的稳定性和安全性。随着电力系统规模的不断扩大和智能化水平的提升，传统的变压器状态监测技术已难以满足现代电网的需求。传统的监测方法主要依赖于定期巡检和离线测试，存在监测周期长、数据采集不全面、故障预警不及时等问题。因此，如何改进电力变压器的状态监测技术，提高其运行效率和可靠性，已成为电力行业亟待解决的问题。本文将从多源数据融合、人工智能算法和物联网技术等方面入手，探讨电力变压器状态监测技术的改进方案，为电力系统的安全稳定运行提供技术支持。

1 电力变压器状态监测技术现状分析

1.1 传统监测技术的局限性

传统的电力变压器状态监测技术主要依赖定期巡检和离线测试，这种方式虽在电力系统发展初期发挥重要作用，但在现代复杂电网环境下，暴露出诸多弊端。首先，定期巡检周期通常以月或季度为单位，难以捕捉设备运行中的瞬时异常。例如，变压器局部放电现象具有突发性，可能在巡检间隔期内发生且迅速恶化，导致故障预警严重滞后。其次，离线测试需将变压器从电网中脱离，不仅操作流程复杂、耗时较长，还会造成局部区域短暂停电，影响供电可靠性；若测试后设备重启出现问题，更会加剧电网运行风险。此外，传统监测聚焦温度、油位等基础参数，忽略振动、油色谱、局部放电等关键数据。以油色谱分析为例，绝缘油分解产生的氢气、乙炔等气体成分，能直观反映内部过热或放电故障，

但传统技术因缺乏实时监测手段，常错过早期诊断时机，最终导致故障扩大化。

1.2 现代监测技术的发展趋势

随着电力系统智能化转型加速，现代变压器状态监测技术正朝着实时化、智能化、网络化方向深度演进。实时监测技术依托高精度传感器与 5G、光纤通信技术，实现对变压器温度、电流、振动等数据的毫秒级采集与传输，使运维人员能实时掌握设备动态。例如，分布式光纤测温系统可对绕组温度进行分布式监测，精准定位热点区域，智能化技术则通过机器学习、深度学习算法，挖掘海量数据背后的故障规律，如基于卷积神经网络（CNN）的振动信号分析，能自动识别铁芯松动、绕组变形等机械故障特征^[1]。网络化技术借助物联网平台，将分散在不同区域的监测设备互联，构建全域监测网络。南方电网通过部署“云-边-端”架构，实现跨区域变压器数据共享与协同分析，运维人员可通过统一平台远程诊断设备状态，显著提升故障处理效率。这些技术的融合应用，为变压器状态监测带来革命性突破。

2 多源数据融合技术在变压器状态监测中的应用

2.1 多源数据融合的基本原理

多源数据融合技术是一种将来自不同传感器的数据进行综合处理，以获取更准确、更全面信息的技术。在电力变压器状态监测中，多源数据融合技术能够将温度、油位、振动、电流等多种参数进行融合分析，从而全面反映变压器的运行状态。多源数据融合的基本原理包括数据采集、数据预处理、特征提取和融合决策四个

步骤。首先,通过传感器采集变压器的各种运行数据;然后,对采集到的数据进行预处理,去除噪声和异常值;接着,提取数据的特征信息;最后,通过融合算法对特征信息进行综合分析,得出变压器的运行状态评估结果。

2.2 多源数据融合技术的实现方法

在电力变压器状态监测中,多源数据融合技术的实现方法主要包括基于统计的方法、基于神经网络的方法和基于模糊逻辑的方法。基于统计的方法通过建立数学模型,对数据进行统计分析,得出变压器的运行状态评估结果,基于神经网络的方法利用神经网络的非线性映射能力,对数据进行深度学习和分析,实现对变压器状态的精准预测^[2]。基于模糊逻辑的方法则通过模糊推理,对不确定性和模糊性进行处理,得出变压器的运行状态评估结果,这些方法各有优缺点,在实际应用中,可以根据具体情况选择合适的方法进行数据融合^[3]。

2.3 多源数据融合技术的应用案例

南方电网广东广州供电局于110千伏尖峰变电站引入多源数据融合技术,监测变压器运行状态。该变电站位于广州高新技术产业开发区旁,为众多高科技企业、写字楼及居民区供电,对供电稳定性要求极高。技术实施上,供电局在变压器关键部位部署温度、油位、振动、电流等多种高精度传感器,实现运行数据全方位高频采集。温度传感器可敏锐感知细微温度变化,油位传感器实时监测绝缘油液位,振动传感器捕捉微小振动,电流传感器精准采集电流数据。数据处理时,基于神经网络搭建数据分析模型,深度融合多类型数据。当变压器出现异常,模型会综合分析多维度数据,精准判断异常原因,实现故障预警。技术投用后,成效显著,成功预判并避免因铁芯松动引发的停电事故,大幅降低故障发生率与维修成本,显著提升变压器运行效率与可靠性。这项技术不仅为尖峰变电站的稳定运行筑牢了防线,更为电力行业在智能化监测领域的探索提供了可复制、可推广的实践样本。

3 人工智能算法在变压器状态监测中的应用

3.1 人工智能算法的基本原理

人工智能算法是一种模拟人类智能的技术,能够对复杂的数据进行分析和处理,得出准确的预测和决策。在电力变压器状态监测中,人工智能算法能够对采集到的运行数据进行深度分析,实现对变压器状态的精准预测和故障预警。人工智能算法的基本原理包括数据采集、数据预处理、模型训练和预测决策四个步骤。首先,通

过传感器采集变压器的各种运行数据;然后,对采集到的数据进行预处理,去除噪声和异常值;接着,利用历史数据对模型进行训练;最后,通过训练好的模型对变压器的运行状态进行预测和决策^[4]。

3.2 人工智能算法的实现方法

在电力变压器状态监测中,人工智能算法的实现方法主要包括基于机器学习的方法、基于深度学习的方法和基于强化学习的方法^[5]。基于机器学习的方法通过建立数学模型,对数据进行统计分析,得出变压器的运行状态评估结果;基于深度学习的方法利用深度神经网络的非线性映射能力,对数据进行深度学习和分析,实现对变压器状态的精准预测;基于强化学习的方法则通过不断试错和学习,优化决策策略,实现对变压器状态的精准预测和故障预警^[6]。这些方法各有优缺点,在实际应用中,可以根据具体情况选择合适的方法进行数据分析和处理。

3.3 人工智能算法的应用案例

南方电网广东深圳供电局在南山科技园区旁的220千伏变电站,引入深度学习算法监测变压器状态。该区域聚集腾讯、大疆等企业及大量住宅,供电稳定性要求极高。技术层面,供电局在变压器关键部位安装温度、油位、振动和电流传感器,高频采集数据。温度传感器可精准捕捉细微过热,油位传感器实时监测绝缘性能,振动传感器感知内部部件异常,电流传感器辅助分析负载。数据处理时,深度神经网络模拟人脑机制,融合多类型数据,构建多层网络结构。当变压器出现异常,算法联动分析多维度数据,精准判断故障原因,实现提前预警。应用后,该技术成效显著,成功避免多起潜在故障引发的停电事故,大幅降低故障发生率与维修成本,显著提升变压器运行可靠性,为园区及周边稳定供电提供保障。。

4 物联网技术在变压器状态监测中的应用

4.1 物联网技术的基本原理

物联网技术是一种将各种设备通过互联网连接起来,实现信息共享和协同工作的技术。在电力变压器状态监测中,物联网技术能够将分散的监测设备连接起来,形成一个统一的监测网络,实现对变压器状态的全面监控。物联网技术的基本原理包括数据采集、数据传输、数据存储和数据分析四个步骤。首先,通过传感器采集变压器的各种运行数据;然后,通过通信设备将采集到的数据传输到数据中心;接着,将数据存储于数据库中;

最后,利用数据分析技术对存储的数据进行分析和处理,得出变压器的运行状态评估结果。

4.2 物联网技术的实现方法

在电力变压器状态监测中,物联网技术的实现方法主要包括基于无线传感器网络的方法、基于云计算的方法和基于边缘计算的方法。基于无线传感器网络的方法通过无线传感器节点,采集变压器的各种运行数据,并通过无线网络将数据传输到数据中心。基于云计算的方法利用云平台的计算和存储能力,对采集到的数据进行分析 and 处理,实现对变压器状态的全面监控。基于边缘计算的方法则通过在网络边缘部署计算设备,对数据进行实时分析和处理,减少数据传输的延迟和带宽占用。这些方法各有优缺点,在实际应用中,可以根据具体情况选择合适的方法进行数据采集和传输^[7]。

4.3 物联网技术的应用案例

南方电网广东东莞供电局在东莞松山湖高新技术产业开发区的一处变电站引入基于物联网技术的变压器状态监测系统。松山湖高新区汇聚众多高新技术企业,对电力供应稳定性与可靠性要求极高。东莞供电局在变压器关键部位安装多种传感器。温度传感器能精准捕捉绕组与铁芯细微温度变化,提前察觉过热隐患;油位传感器实时监测绝缘油液位,保障冷却与绝缘性能;振动传感器对外壳振动高度敏感,及时反馈内部部件状况;电流传感器则精确采集电流数据,辅助分析负载情况。采集的数据借助无线传感器网络,高效传输至数据中心。随后,云计算平台对海量数据深度挖掘、智能分析。通过构建复杂算法模型,平台可融合多源数据,如将温度异常与振动、电流变化关联分析,精准判断变压器运行状态,实现故障早期预警。自该系统投入使用后,成效斐然。成功提前数月预警多起潜在故障,避免因故障扩大导致的大面积停电事故。实际运营数据表明,该变电站变压器故障发生率显著降低,维修成本大幅减少,极大提升了变压器运行效率与可靠性,为松山湖高新区的企业生产和居民生活稳定供电提供了有力保障。

5 结论与展望

5.1 结论

本文通过对电力变压器状态监测技术的现状分析,

提出了基于多源数据融合、人工智能算法和物联网技术的改进方案。研究表明,改进后的监测技术能够显著提高变压器的运行效率和可靠性,为电力系统的安全稳定运行提供有力保障。多源数据融合技术能够全面反映变压器的运行状态,人工智能算法能够实现对变压器状态的精准预测和故障预警,物联网技术能够实现对变压器状态的全面监控。这些技术的综合应用,为电力变压器状态监测技术的改进提供了新的思路和方法。

5.2 展望

随着电力系统智能化水平的不断提升,电力变压器状态监测技术将继续朝着实时化、智能化和网络化的方向发展。未来,可以进一步探索多源数据融合、人工智能算法和物联网技术的深度融合,实现对变压器状态的更加精准和全面的监测。此外,还可以结合大数据分析和区块链技术,提高数据的安全性和可信度,为电力系统的安全稳定运行提供更加可靠的技术支持。总之,电力变压器状态监测技术的改进和应用,将为电力行业的发展带来新的机遇和挑战。

参考文献

- [1]熊航,郑人川.新时期电力调度运行的安全风险及策略[J].电工技术,2024,(S1):460-462.
- [2]吕科.发电设备运行状态中的故障和诊断技术的研究[J].中国设备工程,2024,(16):178-180.
- [3]贺明强,靳君,关新宇,等.基于计算机视觉的电力设备状态监测与故障诊断策略分析[J].集成电路应用,2024,41(02):224-225.
- [4]林文辉,肖荣洋.110 kV 变压器抗短路措施研究[J].现代制造技术与装备,2024,(S1):68-70.
- [5]彭爱军,马骏,黄杰,等.基于云计算和机器学习的企业电力负荷预测方法研究[J].科技与创新,2024,(18):127-129.
- [6]龙秋风,肖小兵,文屹,等.基于数据挖掘的智能配电站房运行状态评估方法[J].电力大数据,2018,21(12):6-11.
- [7]白振东,皮云霞,马馨兰,等.基于物联网技术的电力变压器动态运检系统设计[J].自动化与仪器仪表,2023,(08):228-231.