

电力变压器状态监测与故障诊断方法

唐保明

深圳市鑫旭源智慧能源有限公司 广东深圳

【摘要】 电力变压器作为电力系统的核心设备，其安全性直接关系到电力供应的稳定性。本文探讨了基于现代技术的电力变压器状态监测与故障诊断方法，分析了传统监测手段的局限性，提出了新型的在线监测技术和智能化故障诊断方法。通过实时数据采集与处理，能够准确识别变压器的运行状态与潜在故障，从而有效提高变压器的运行效率与可靠性。研究表明，利用综合诊断方法可以显著降低变压器的故障率及停机时间，提升电力系统的整体稳定性。

【关键词】 电力变压器；状态监测；故障诊断；智能化；在线监测

【收稿日期】 2025年12月15日 **【出刊日期】** 2026年1月16日 **【DOI】** 10.12208/j.sdr.20260017

State monitoring and fault diagnosis method of power transformer

Baoming Tang

Shenzhen Shiny Sunrise Smart Energy Co., Limited., Shenzhen, Guangdong

【Abstract】 As the core equipment of power systems, the safety of power transformers directly impacts the stability of electricity supply. This paper explores modern-based condition monitoring and fault diagnosis methods for power transformers, analyzes the limitations of traditional monitoring approaches, and proposes innovative online monitoring technologies and intelligent fault diagnosis solutions. Through real-time data acquisition and processing, the system can accurately identify transformer operational status and potential faults, thereby significantly improving operational efficiency and reliability. Research demonstrates that integrated diagnostic methods can substantially reduce transformer failure rates and downtime, enhancing the overall stability of power systems.

【Keywords】 Power transformer; Condition monitoring; Fault diagnosis; Intelligitization; Online monitoring

引言

电力变压器作为电力系统中的重要环节，担负着将高压电转换为适应各类用电需求的低压电任务。其稳定运行对于保障电力系统的可靠性至关重要。由于长时间高负荷运行，电力变压器在实际工作过程中常面临各种潜在的故障风险。传统的检修方式存在响应速度慢、检修成本高等问题，迫切需要更为先进的监测与诊断技术。探索电力变压器的状态监测与故障诊断新方法，尤其是结合现代智能化技术，将为电力系统的稳定运行提供更为可靠的保障。

1 电力变压器故障隐患及监测需求

电力变压器在电力系统中扮演着至关重要的角色，其稳定运行直接影响到整个电网的供电可靠性。随着用电负荷的增加和电力需求的多样化，变压器的运行环境和工作条件变得越来越复杂，这使得变

压器出现故障的风险逐渐增加。电力变压器面临的主要故障隐患包括绝缘老化、过载运行、短路、油温过高、电气设备失效等^[1]。由于这些故障大多在早期难以被察觉，往往在发生严重故障之前未得到及时处理，造成系统停运或设备损坏，从而对电力供应和经济运行带来不小的影响。

变压器故障的隐患主要源于设备内部环境的不确定性，许多因素都可能导致设备性能下降。设备老化是一个重要的因素，随着使用年限的增长，变压器内部绝缘材料会逐渐老化，导致其电气性能下降，增加发生故障的风险。外部环境的变化，特别是温度、湿度的波动也会对变压器的运行状态产生不利影响。电力系统中的负荷波动及过载现象，使得变压器在不均衡的工作状态下运行，进而可能导致设备的过热、油温升高等问题，增加了故障发生的

可能性。对于这些隐患，传统的人工巡检方式常常无法满足实时性和精准性要求，依赖于人工经验的判断难以提前发现潜在问题。

为了有效应对这些故障隐患，变压器的状态监测需求变得愈加迫切。传统的检测方法主要依赖定期的人工检查和离线测试，这些方法虽然能对部分问题进行识别，但由于检测周期较长，无法做到实时监控，且难以及时发现早期故障。电力变压器的在线监测技术成为了近年来研究的热点^[2]。通过部署传感器实时监测变压器的温度、电压、电流、油质等参数，可以对变压器的运行状态进行全天候、全方位的监控，从而及早发现设备异常，避免故障的发生。结合智能算法与大数据分析技术，变压器状态监测能够实时收集、分析和处理各类数据，快速识别设备的运行偏差和潜在的故障趋势。

2 现有监测技术的局限性与挑战

当前，电力变压器的监测技术已经取得了较大进展，但现有的监测方法仍面临一些显著的局限性与挑战。传统的监测技术主要依赖于定期的人工巡检与定期的离线检测，尽管这些方法在一定程度上能帮助发现一些潜在故障，但它们存在诸多缺陷。人工巡检的准确性和及时性都受到操作人员经验和工作负荷的影响，而离线检测通常需要停机进行，不仅浪费时间，还可能错过设备的潜在问题^[3]。这种监测模式的最大问题是难以做到实时监控，无法对变压器的运行状态进行持续追踪，导致一些早期的故障未能被及时发现，最终影响了设备的稳定性和系统的安全。

传统监测方法在数据获取方面也存在局限性。尽管现有的传感器技术可以实时采集变压器的一些基础数据，如温度、电压、油质等，但这些数据往往较为单一，缺乏对复杂运行状态的全面监控。变压器的内部工作环境复杂，设备的运行状态常常受到多种因素的交织影响，如负荷波动、外部环境变化等，这些因素难以通过单一的监测数据进行全面评估。单一的数据监测方式不能有效识别设备的微小变化，可能错过一些重要的预警信号。例如，变压器的局部放电或绝缘故障等问题，在早期阶段难以通过传统监测方法进行精准捕捉，从而未能为设备提供足够的预警，造成了无法及时干预的局面。

监测技术的挑战还体现在数据分析与故障诊断上。现代电力变压器监测系统采集了大量的实时数据，但如何将这些数据有效转化为故障诊断的依据，仍是

一个亟待解决的问题。现有的诊断技术在处理大规模、多维度的数据时，缺乏足够的智能化支持。传统的故障诊断方法通常依赖于基于规则的算法或基于经验的分析，无法充分利用大数据和机器学习等先进技术，导致其在复杂故障环境中的表现不尽如人意^[4]。特别是在变压器运行过程中，多个故障因素可能同时存在，传统诊断方法难以准确区分并综合评估各类因素对设备状态的影响。这些问题使得现有监测技术在面对复杂故障时，诊断的准确性和实时性仍存在较大不足，影响了故障预防和设备维修的及时性。

3 新型监测与诊断方法的应用与效果

随着科技的不断进步，传统电力变压器的监测与诊断方法逐渐无法满足现代电力系统日益增长的需求。为了解决现有技术的局限性，近年来新型监测与诊断方法逐步被提出并应用于变压器状态监测领域。这些新技术不仅提升了监测的实时性和准确性，还在故障诊断上实现了智能化和自动化^[5]。基于物联网技术的在线监测系统，通过传感器网络实时采集变压器的运行数据，包括电压、电流、油温、振动等多个维度的参数。这些数据通过无线传输送至云平台进行集中处理和分析，能够实现对变压器的全天候监控和故障早期预警。通过这种方式，监测系统能够及时识别潜在故障，并提供可靠的数据支持，帮助运维人员做出快速反应，减少停机时间并避免灾难性故障的发生。

智能化故障诊断方法的引入，尤其是机器学习和人工智能技术的应用，使得变压器的故障诊断更具智能化和精确性。通过分析大量历史数据，结合模式识别和深度学习算法，系统能够自动识别不同类型的故障模式，甚至在故障发生的初期就能准确判断出故障类别及其可能的根源。与传统的基于经验的故障诊断方法相比，智能化诊断方法大大提高了诊断效率和准确性。例如，基于振动分析和热成像技术的诊断方法，能够检测到变压器内部的局部放电、气体泄漏和绝缘材料老化等问题，这些问题往往在传统的监测手段中难以察觉。基于大数据分析和云计算的智能监测系统，能够不断优化算法，提升监测精度，进一步增强了电力变压器的运行可靠性。

新型监测与诊断技术的应用效果已在多个电力系统中取得了显著成效。通过综合运用实时监控与智能诊断，电力变压器的故障发生率明显降低，维修成本也得到了有效控制。与传统的定期检查和离

线测试相比,在线监测系统的普及不仅提高了故障诊断的准确性,还减少了运维人员的工作负担^[6]。结合先进的预测性维护策略,可以在故障真正发生之前,通过数据分析预测设备的健康状况,提前进行维护和更换部件,避免了设备长时间运行导致的不可修复损害。这种技术不仅提高了设备的使用寿命,还提高了电力系统的稳定性,为电力行业带来了显著的经济效益和社会效益。

4 提升变压器可靠性的综合策略

提升变压器的可靠性,需要从多个方面采取综合性的策略,确保其在高负荷和复杂环境中仍能稳定运行。首先,变压器的设计与选型应更加注重耐用性与适应性。对于高风险区域的电力系统,应优先选择高耐压、高温等条件下能够持续稳定运行的设备,特别是在气候恶劣或负荷波动较大的地区。合理的选型能够为变压器的长期稳定运行奠定基础^[7]。设计过程中要充分考虑变压器的散热与隔离性能,确保变压器在极端负荷情况下不会因温度过高或其他外部因素导致故障。通过在设计阶段就优化变压器的各项性能,能够从源头上减少故障发生的概率。

实时监控与智能化管理系统的引入对于提升变压器的可靠性至关重要。通过在线监测技术,变压器的运行状态可以得到持续追踪,电压、电流、温度、油质等各项关键指标的数据实时上传至云平台进行分析。这种精细化的监测模式可以及时发现潜在问题,如油温过高、局部放电、电气故障等,做到故障的早期预警。当系统识别到异常数据时,自动报警机制能够第一时间启动,运维人员可根据实时数据对变压器进行检修或调整,避免了传统巡检方法的滞后性和误差。智能化诊断方法结合大数据分析和人工智能算法,可以根据历史数据对变压器的健康状态进行预测,帮助及时进行预防性维护,延长设备使用寿命。

在保障变压器稳定运行的同时,完善的维修和应急处理体系也是提升设备可靠性的关键组成部分。定期进行预防性维护,及时更换老化的绝缘材料、油质和其他易损部件,可以有效防止由于设备老化导致的故障。应急处理方案应涵盖从故障发生到恢复供电的各个环节,确保变压器发生故障能够快速切换到备用设备,减少系统停运时间^[8]。在设备使用过程中应建立健全的运行数据档案,对变压器的

故障历史进行记录分析,从历史故障数据中总结出常见故障模式,为未来设备的维护和设计优化提供依据。通过这些综合措施,可以最大限度地减少变压器的故障频率和维修成本,提升其在电力系统中的整体可靠性。

5 结语

电力变压器的稳定运行对电力系统的可靠性至关重要,面对日益复杂的工作环境和高负荷要求,提升变压器的可靠性显得尤为关键。现代监测与诊断技术的应用,尤其是智能化、实时化的监控系统,已显著改善了故障的预测与诊断精度。这些新技术不仅为变压器的长期稳定运行提供了有力保障,还有效降低了维护成本和设备停机时间。结合精细化设计、实时监控与完善的应急处理体系,能够确保变压器在高压负荷下持续稳定运行,为电力系统的安全和高效运行提供了坚实基础。

参考文献

- [1] 葛超. 电力变压器故障诊断与状态监测技术探究[J]. 机电产品开发与创新,2025,38(06):120-122+132.
- [2] 苏永国. 电力变压器在线监测系统自动化故障诊断技术研究[J]. 机电产品开发与创新,2025,38(05):115-117.
- [3] 许兆荣,郑士国. 基于改进小波神经网络的电力变压器绝缘故障诊断[J]. 云南电业,2025,(09):28-32.
- [4] 高逸超,池一,张峻澄. 基于超高频局部放电传感的电力变压器在线监测系统研究[J]. 电气技术与经济,2025,(09):203-205.
- [5] 李昆,冷川,张珮珊. 电力变压器电气高压试验及故障异常问题分析[J]. 电力设备管理,2025,(17):197-199.
- [6] 郑福春. 基于智能控制的高效电力变压器监测系统设计[J]. 电气时代,2025,(08):141-144.
- [7] 宋小飞. 基于深度学习的电力变压器状态评估方法研究[D]. 兰州理工大学,2024.
- [8] 邓雯瀚,苗宇,许遼,等. 电力变压器状态评估方法的应用及展望[J]. 智慧电力,2023,51(10):93-102.

版权声明: ©2026 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS