

主变压器异常运行信号识别与处置对策分析

张 强 李玉红

内蒙古电力(集团)有限责任公司鄂尔多斯供电分公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

【摘 要】：主变压器在电力系统中扮演着核心角色，其运行状态直接关系到整个系统的稳定性与安全性。异常运行信号的识别与及时处置，是保障其可靠运行的关键环节。本文围绕主变压器运行过程中常见的异常信号类型展开分析，提出基于信号特征识别的分类方法，并结合典型案例探讨有效的应急处置策略，以提升变压器故障预判和防控能力。

【关键词】：主变压器；异常运行；信号识别；应急处置；故障分析

DOI:10.12417/2811-0528.26.05.043

主变压器作为电力系统的重要设备，其稳定运行对输电安全具有重要意义。现实运行中，由于环境、电气或机械等多种因素干扰，主变压器常出现异常信号，若不能及时识别和应对，极易引发重大事故。本文分析常见异常运行信号的识别技术，并结合现场实际，总结出行之有效的处置对策，为电力设备的安全运行提供理论与实践支持。

1 主变压器异常运行信号的类型及表现特征

主变压器作为电力系统的枢纽设备，其运行状态直接关系到整个系统的稳定性与安全性。在实际运行过程中，主变压器常因内部或外部因素影响，产生多种异常运行信号。这些信号通常表现为温度异常、气体析出、电流电压突变、声响异常、振动变化及绝缘性能下降等现象。当主变压器绕组局部过热时，往往会引发油温急剧升高，油中溶解气体组分发生明显变化，特别是乙炔、乙烯等气体的浓度上升，是典型的局部放电或热故障信号。绝缘油劣化会导致介电性能下降，易引发局部放电和热故障；铁芯接地问题可能引起杂散电流流动，导致铁芯局部过热及绝缘击穿；电磁振动增强则反映内部机械结构松动或电磁不平衡，这些问题往往通过振动频谱的变化或不规则的局放声响表现出来，成为判别主变压器潜在异常的重要依据。

异常信号的表现具有一定的规律性与可识别性。当主变压器出现匝间短路故障时，往往伴随高频振动、局部过热及短时电流冲击，保护装置如差动保护、过流保护可能发出报警信号。又如铁芯多点接地，则会出现间歇性接地电流异常，直流量波动明显，长期运行将导致铁芯局部过热、绝缘老化加剧^[1]。这些异常运行信号在早期阶段可能不易察觉，但实时在线监测系统对油中气体含量、局部放电特性、电气量变化趋势等关键参数进行综合判断，有助于实现对故障苗头的提前预警，从而避免事故扩大或设备损坏。

在异常运行信号的实际监测中，电力企业通常采用多种传感器融合技术、智能判断算法及大数据分析手段对运行状态进

行全面掌握。对油色谱分析、超声波局放检测、高频电流监测等数据的实时采集与趋势分析，可以较为准确地识别主变压器的运行异常。在特高压变压器运行过程中，局部过热引发的微弱放电信号往往先于传统保护动作，敏感监测设备可以提前捕捉异常波形信号，为运维人员提供处置依据。准确识别各类异常信号的类型和表现特征，是保障主变压器长期可靠运行、提升设备智能运维水平的重要基础。

2 异常信号的智能识别方法与分析手段

在现代电力系统中，依靠传统人工巡检手段已难以及时准确识别主变压器的异常运行信号，因此引入智能识别技术已成为保障设备安全运行的重要方向。智能识别方法对主变压器运行过程中的各类数据进行实时采集与深度分析，能够挖掘信号之间的潜在关联，从而实现早期故障预警。其中，油中溶解气体分析(DGA)是识别变压器内部热故障和电气故障的重要手段，监测氢气、甲烷、乙炔等气体的种类与浓度变化，可判断变压器内部是否存在过热、局部放电或高能放电等异常情况。结合多参数联合诊断算法，可以进一步提高判断的准确性和可靠性，避免漏判与误判。

随着人工智能和大数据技术的发展，主变压器异常信号的识别更加依赖于机器学习模型和信号处理技术。常用的支持向量机(SVM)、卷积神经网络(CNN)、决策树及集成学习方法，已广泛应用于油色谱特征提取、局部放电图谱识别和异常电量趋势预测等方面。这些模型对历史数据进行训练，可以自动识别故障特征，实现对运行状态的分类和预测^[2]。结合小波变换、经验模态分解等时频分析方法，对主变压器的电压、电流、振动等非平稳信号进行分解处理，有助于提取出微弱的异常信号成分，提高故障识别的灵敏度与精度。这类技术在处理局部放电信号、瞬态电磁扰动信号中展现出较强的优势，尤其适用于复杂工况下的多源数据融合分析。

为提升识别系统的实用性，电力运维部门正在逐步部署在线智能监测平台，实现从信号采集、特征提取到故障识别的全

过程自动化。系统依托变压器本体安装的多种传感器,如光纤温度传感器、振动监测模块、局部放电传感器等,经过边缘计算与云端智能算法的协同配合,实现实时异常识别与自动告警。平台还具备数据可视化与趋势分析功能,运维人员可通过图形化界面掌握主变压器运行状态,快速定位故障源。借助这种智能识别系统,提升了主变压器异常运行信号的发现效率,也为精准处置和维护决策提供了坚实的技术支持,推动电力设备运维向智能化、预测性管理转型。

3 典型异常运行案例的处置对策与经验总结

在实际运行中,主变压器因受多种复杂因素影响,常出现不同类型的异常运行情况。某220kV变电站主变压器曾出现油温持续上升并伴随轻瓦斯保护动作,经DGA检测发现油中乙炔浓度异常升高,表明存在高温局部过热现象。经停电检查确认为绕组接触不良导致局部电弧放电,形成高温区。此次事件暴露出运行单位对温度与气体信号联动判断的重视不足,也未能及时通过趋势变化识别潜在故障。在后续处理过程中,采取更换故障绕组、清洗油路系统、提高气体监测频率等手段,有效遏制了故障发展。该案例反映出异常信号往往呈现联动特性,需通过多维度参数综合分析,才能实现准确识别与及时处置。

另一典型案例是某主变压器运行中突发强噪声伴随差动保护跳闸,初步判断为内部短路故障。现场声学检测与超声波局部放电分析,发现绕组发生严重匝间短路,并引发绝缘击穿。故障发生前一周,在线监测系统曾记录高频局放幅值突增,但

未引起足够重视^[3]。事故发生后,运维部门对在线监测系统设置进行了优化,新增异常信号趋势告警功能,确保微弱信号不被忽略。还引入了自动诊断模块,对信号变化速率进行动态评估,一旦超出设定阈值,即触发预警。这一事件说明,异常信号的处置依赖于对现象的判断,更取决于监测系统的灵敏度与响应机制的完善。

对多起主变压器异常运行案例的深入分析,可以总结出有效的处置对策需从预警、响应到恢复全过程进行统筹规划。预警阶段应注重建立多参数融合判断机制,提升识别准确率;响应阶段则要求运维人员具备较强的故障诊断能力,能根据信号特征快速定位问题;恢复阶段除修复硬件故障外,还需完善防范机制,如优化保护定值、加强传感器布设、更新诊断模型等。持续积累的案例经验也表明,科学的处置策略必须建立在精准识别基础上,唯有不断提升对异常信号的理解和应对能力,才能从根本上保障主变压器的安全稳定运行。

4 结语

本文围绕主变压器异常运行信号的识别与处置问题进行了系统分析,明确了各类异常信号的表现特征,探讨了智能识别方法的应用路径,并结合典型案例总结了实用的应对策略。研究表明,构建多维度、高灵敏度的监测体系,辅以智能化分析手段,是提升主变压器运行安全性的有效途径。加强对异常信号的研究与实战经验积累,将为电力系统设备的精细化管理提供有力支撑。

参考文献:

- [1] 姚翔曦.基于多源信息的变压器故障诊断技术研究[D].贵州大学,2025.
- [2] 陈子良,唐颖凯,杨俊武.变压器高压套管检测异常处理与分析[J].山西电力,2024,(05):33-36.
- [3] 侯跃达,臧龙云,姜国星,等.风电场变电站变压器运行与维护分析[J].中国设备工程,2024,(S1):96-98.