

电力技术

发电运行中的变压器故障预警与诊断技术

吴乐

宁夏电投银川热电有限公司 宁夏 750021

【摘要】变压器作为发电系统中的核心设备，其稳定性对电力生产至关重要。随着运行时间的增长，变压器容易发生各种故障，若未能及时发现，可能引发系统停运或严重事故。为了保障电力系统的安全性与可靠性，变压器故障预警与诊断技术成为研究的热点。通过对运行数据的实时监控、故障特征的识别及诊断方法的应用，能够有效预防潜在风险。讨论了当前主流的变压器故障预警与诊断技术，并分析了其在实际应用中的优势与局限性，为后续研究提供了理论参考。

【关键词】变压器故障、预警技术、诊断方法、电力系统、运行监控

Transformer fault warning and diagnostic technology in power generation operation

Wu Le

Ningxia Electric Investment Yinchuan Thermal Power Co., Ltd. Ningxia 750021

【Abstract】As the core equipment in the power generation system, the stability of transformers is crucial to power production. With the increase of operating time, the transformer is prone to various faults. If it is not detected in time, it may cause system downtime or serious accidents. In order to ensure the safety and reliability of the power system, transformer fault warning and diagnosis technology has become a hot spot for research. Through the real-time monitoring of operating data, the identification of fault characteristics and the application of diagnostic methods, potential risks can be effectively prevented. The current mainstream transformer fault warning and diagnosis technology is discussed, and its advantages and limitations in practical application are analyzed, providing theoretical reference for subsequent research.

【Key words】transformer failure, early warning technology, diagnostic method, power system, operation monitoring

引言:

变压器在电力系统中起到至关重要的作用，然而其运行过程中可能会受到各种内外因素的影响，导致故障的发生。变压器故障一旦发生，通常会造成设备损坏或整个系统停运，因此及早发现和准确诊断故障显得尤为重要。随着电力系统对稳定性和可靠性要求的提高，故障预警与诊断技术的研究显得尤为迫切。近年来，随着信息技术和传感技术的不断发展，变压器故障预警与诊断方法不断创新，提出了许多新的解决方案。深入探讨这些技术的应用与发展，对提升电力系统安全性具有重要意义。

一、变压器故障类型与常见原因分析

变压器在电力系统中承担着重要的电能转换与传输任务，因此其运行的稳定性对电力供应至关重要。在长期的运行过程中，变压器不可避免地会遭遇各类故障。这些故障不仅影响电力系统的正常运行，还可能造成设备损坏或导致安全事故。因此，分析变压器故障的类型及其常见原因，是提

高电力系统稳定性和安全性的关键。

常见的变压器故障类型包括短路故障、过载故障、局部放电故障、油温异常故障和绝缘老化等。其中，短路故障通常发生在绕组和接地之间，由外部过电压、绝缘损坏或线圈接触引起。短路会导致变压器内部严重损坏，甚至影响整个电力系统。过载故障通常出现在变压器长期超负荷运行时，会导致温度过高，可能损坏内部元件。局部放电故障则是由于绝缘材料的局部破损或劣化，导致电气场分布不均，形成局部放电，长期积累会导致变压器内部绝缘失效。电气场的不均匀分布通常是由于绝缘材料内部或表面的微小缺陷引起的，这些缺陷可能是制造过程中的瑕疵或者是运行过程中由于温度变化、机械应力等原因造成的。

油温异常故障通常发生在油浸式变压器中，冷却系统效率降低或油质变差会导致油温过高，影响变压器正常工作。绝缘老化故障则是由于变压器长期运行使绝缘材料退化，降低绝缘性能，增加电气故障风险。造成变压器故障的原因多种多样，包括设计与制造缺陷、材料质量问题、不严谨的工艺控制，以及运行中的过载、过电压、频繁负荷波动等。缺乏定期维护与检测也会使早期故障迹象未能及时发现，从而

发展成严重故障。

二、变压器故障预警技术的实现与应用

变压器故障预警技术的实现与应用,对于提高电力系统的稳定性和可靠性具有重要意义。随着智能电网和信息技术的发展,变压器故障的早期预警变得更加依赖于实时监控和数据分析。变压器故障预警技术通过对设备的运行状态进行持续监测,结合大数据分析 with 人工智能算法,能够在故障发生前及时发现潜在的异常,从而降低故障发生的概率并减少设备损失。目前,变压器故障预警技术主要依赖于温度、振动、油质、气体分析以及电气参数等多种监测手段。温度监测是变压器故障预警中最常见的手段之一,通过监测变压器油温、绕组温度等参数,可以有效判断设备是否存在过载或散热不良的风险。

振动监测则用于捕捉变压器在运行过程中可能出现的机械故障,如结构松动、线圈移位或风冷系统的异常。通过安装在变压器本体上的加速度传感器,可以实时采集变压器的振动信号。振动监测系统能够捕捉到变压器内部部件(如铁芯、绕组)的松动、变形等机械故障,以及外部因素(如风冷系统异常、地基沉降)对变压器的影响。振动信号经过频谱分析后,可以识别出特定频率的异常振动,从而为故障诊断提供依据。此外,振动监测还可以与其他监测手段(如温度监测、油质监测)结合使用,以提高故障诊断的准确性和全面性。

油质监测则是通过定期检测变压器油中的水分、酸值、介电强度等指标,及时发现油质变坏或绝缘性能下降的迹象。气体分析技术则是通过分析变压器油中溶解气体的组成变化,尤其是氢气、一氧化碳、二氧化碳、甲烷(CH_4)、乙烷(C_2H_6)、乙烯(C_2H_4)、乙炔(C_2H_2)等烃类气体的浓度,能够判断变压器内部是否发生了局部放电、弧光放电或其他电气故障。烃类气体的存在通常指示了变压器内部的热分解过程,是评估变压器健康状况的重要指标。监视变压器油中气体的一个重要值是烃值,即油中溶解的烃类气体的总量。烃值的变化可以直接反映出变压器内部的热故障或电气故障,是故障预警中的一个重要参数。

在数据分析方面,故障预警技术通常采用多参数综合分析方法。通过对各种监测数据进行实时收集和处理,结合机器学习、人工智能等先进算法,能够识别出潜在的故障趋势,并预测故障的发生时间和类型。例如,通过建立基于历史数据的故障诊断模型,可以在故障发生前识别出设备的异常行为,并通过预警系统向操作人员发出警报,从而采取预防措施,避免更严重的故障发生。变压器故障预警技术在实际应用中已取得显著成效。许多电力公司和设备制造商已将这一技术集成到智能监控系统中,通过自动化和远程监控平台实

时跟踪变压器的运行状态。

三、变压器故障诊断技术的优化与发展

变压器故障诊断技术的优化与发展对于提高电力系统的可靠性和降低故障发生率至关重要。随着电力需求的增加和电网规模的扩展,变压器作为重要的电气设备,其故障诊断技术也不断得到更新和完善。在传统的故障诊断方法基础上,结合现代化的传感器技术、数据分析方法以及人工智能算法,变压器故障诊断技术得到了显著优化和发展,使得故障诊断更加准确、快速,且能够适应不同类型的变压器和复杂的运行环境。变压器故障诊断的核心是通过通过对设备运行数据的采集与分析,识别出设备异常的根本原因。当前,变压器故障诊断主要依赖于多种监测数据的综合分析,如电流、电压、温度、气体分析、振动以及声波等。这些数据能够揭示变压器运行中的各种异常情况,例如电气故障、机械故障、温升过高等。通过对这些数据的深度分析,结合故障特征与模式识别技术,可以准确判断变压器的故障类型,并定位故障发生的位置和原因。

近年来,基于人工智能的故障诊断技术已经逐步应用于变压器的故障诊断中,尤其是在大数据分析和机器学习领域。通过将变压器的历史运行数据与故障实例相结合,利用机器学习算法进行训练,可以建立故障诊断模型。当变压器运行时发生异常时,系统可以通过比对实时数据与历史数据模型,快速识别出故障的可能性。这种智能诊断技术的优势在于其自动化程度高,能够实时响应,且具有较强的故障预测能力,能够在故障发生前就提前发出警报,从而为维修和更换提供充分的时间。

基于图像处理和声波分析的诊断技术也在逐步发展。通过利用红外热成像技术,可以检测变压器表面温度分布的不均匀性,从而发现可能存在的过热或短路故障。声波监测技术则能够捕捉变压器内部的机械振动和电气噪声,通过频谱分析识别出潜在的故障类型,如绕组松动、油泵故障等。随着传感技术和数据采集设备的不断进步,这些诊断方法的准确性和实用性也在不断提升。故障诊断技术的优化不仅体现在诊断手段的多样化,还包括诊断流程的智能化。自动化诊断系统的引入,使得变压器的运行监测和故障诊断更加高效,能够实现远程监控、实时预警和自我诊断。

四、变压器故障预警与诊断技术的挑战与对策

变压器故障预警与诊断技术在保障电力系统安全性和稳定性方面发挥着重要作用,但在实际应用过程中,依然面临着诸多挑战。随着电力设备的不断发展和电网复杂性的增加,如何提高预警与诊断的准确性、实时性和可靠性,成为

当前技术发展的关键问题。尽管现有的监测与诊断方法取得了一定的进展,但在实际应用中,仍然存在一些技术瓶颈,亟需探索有效的对策以应对这些挑战。

变压器故障诊断依赖于大量的运行数据,包括温度、电压、电流、油质、气体成分等多项监测指标。这些数据的准确性和实时性直接影响到故障诊断的效果。然而,现有的传感器和监测设备在高温、高湿或恶劣环境下容易受到干扰,导致采集数据不完全或不准确。不同监测设备之间的数据标准和接口不统一,增加了数据融合的难度。解决这一问题,需要加强传感器技术的创新,提高设备的抗干扰能力,并建立统一的数据采集与处理标准,以确保数据的高质量和高一致性。故障诊断的智能化程度仍然有限,尤其是在复杂工况下的应用。尽管人工智能技术和机器学习算法已经开始在故障诊断中得到应用,但由于变压器故障类型的多样性和复杂性,现有的智能诊断模型仍难以应对各种未知或新型故障的识别。现有的模型大多依赖于历史数据进行训练,在面对新的故障模式时,可能出现诊断不准确或漏诊的情况。

变压器故障预警和诊断技术的集成化和自动化水平仍需进一步提升。在实际操作中,故障预警和诊断系统往往需要与变电站的其他监控和管理系统进行联动,然而,系统之间的协同工作仍存在难度,特别是在大型电力系统中,实现设备的智能化监控和实时故障诊断需要解决系统集成和信息共享等问题。为此,必须加强不同监控平台的技术对接,推动智能电网的发展,提升系统自动化水平。要加强基础研究,推动传感器、数据处理和智能算法的创新。要注重多种技术的结合与优化,通过物联网、大数据、云计算等先进技术,提升故障预警和诊断系统的智能化和集成化水平。制定统一的技术标准和系统接口,确保设备、数据和平台之间的无缝衔接,全面提升电力系统的故障预警与诊断能力。

五、变压器故障管理系统的构建与实践

变压器故障管理系统的构建与实践是提升电力系统可靠性与运行效率的关键。有效的故障管理系统不仅能够实时监控变压器的运行状态,还能够对故障进行预警、诊断、记录与分析,从而确保电力设备的高效运行。一个完整的故障管理系统通常包括数据采集、故障预警、故障诊断、维修管

理和后续评估等功能模块。在实际应用中,构建一个集成化的变压器故障管理系统,需要对现有设备、技术平台和运营流程进行全面优化。

变压器故障管理系统的核心是数据采集与实时监控。通过部署各种传感器和监测设备,系统可以实时收集变压器的温度、电压、电流、油质等关键参数,并通过通信网络将数据传输至集中监控平台。数据采集过程中,传感器的精度和可靠性至关重要,必须确保采集的数据具有较高的准确性和实时性。数据传输的稳定性和安全性也需要充分保障,尤其是在远程监控和数据共享的情况下,必须确保信息不会因网络问题而丢失或篡改。故障预警与诊断是故障管理系统中的重要环节。通过实时监控数据,系统可以通过设置阈值,识别出异常运行状态并提前发出警报。例如,当变压器油温超标或气体含量异常时,系统能够在故障发生前及时做出反应,避免故障的进一步扩大。故障诊断技术通常依赖于机器学习、模式识别等方法,通过分析历史数据与实时数据的关联性,帮助快速识别故障类型并定位故障部位。

维修管理是变压器故障管理系统的后续关键环节。故障发生后,系统需提供详细的故障报告,并生成相应的维修方案,通过维护管理模块进行跟踪。系统记录维修历史和维修周期,为后续设备管理提供依据。通过大数据分析,系统能够识别常见故障模式,优化维护策略,减少停机时间。在实践中,许多电力公司和变电站已应用基于大数据、云计算和物联网技术的故障管理系统,实现变压器的远程监控和智能化管理,提高故障响应速度,减少人工巡检工作量,并优化运维成本。随着技术进步,未来的故障管理系统将更加智能化和集成化,更高效地保障电力系统的安全稳定运行。

结语:

变压器故障预警与诊断技术的不断发展,为电力系统的安全运行提供了重要保障。通过多种监测手段和智能化分析方法,故障的早期识别和准确诊断可以有效避免设备损坏和停运事故。然而,数据质量、智能诊断精度和系统集成等方面仍面临挑战,需要持续优化与创新。未来,随着技术的进一步提升,变压器故障管理系统将更加智能、高效,为电力系统的稳定运行提供坚实的技术支撑。

参考文献

- [1]王强,刘涛,张鹏.变压器故障预警与诊断技术的研究进展[J].电力设备,2023,52(5):112-118.
- [2]李明,陈立新.基于人工智能的变压器故障诊断方法探讨[J].电力系统自动化,2022,46(12):98-104.
- [3]王宇,张磊.变压器故障诊断及应用现状分析[J].电力技术,2021,40(9):87-92.
- [4]刘海,徐建军.变压器智能监测与故障诊断技术研究[J].电力工程技术,2022,48(3):56-62.
- [5]张俊,李佳.电力系统中变压器故障管理系统的建设与实践[J].电力安全与环保,2023,39(6):119-125.