

电力变压器的运维管理与故障防范措施

赵安家 尚玉成 陈 雷 刘富家 李全清

国网利津县供电公司 山东东营 257400

摘 要: 本文针对电力变压器的运维管理现状, 分析了常见故障及其成因, 提出了有效的故障防范措施。通过对运维管理策略的优化与故障预测技术的应用, 旨在提高变压器的运行效率与安全性, 为电力系统的稳定运行提供支持。

关键词: 电力变压器; 运维管理; 故障防范; 故障预测; 运行效率

引言

随着电力需求的不断增长, 电力变压器作为电力系统中的关键设备, 其稳定运行显得尤为重要。有效的运维管理不仅能够提高变压器的运行效率, 还能降低故障发生率, 确保电力供应的可靠性。本文旨在为电力变压器的安全运行提供系统性的指导, 促进电力行业的可持续发展。

一、电力变压器的运维管理现状

1. 变压器运维管理的基本原则

(1) 预防性维护

预防性维护是变压器运维管理的重要组成部分, 其核心在于通过定期检查和维修来预防故障的发生。这种维护方式强调对设备的定期检修、清洁和保养, 旨在最大限度地减少意外停机和故障对电力供应的影响。预防性维护通常包括对变压器的绝缘性能、冷却系统和电气连接等关键部件进行检查和测试。通过建立详细的维护计划和记录, 运维人员可以及时发现设备的潜在问题, 并采取相应措施进行修复, 从而保障变压器的正常运行。

(2) 状态监测

状态监测是另一项关键的运维管理原则, 它通过实时监测变压器的运行状态, 帮助运维人员及时了解设备的健康状况。现代技术的发展使得状态监测手段日益丰富, 包括温度监测、振动分析和油质分析等。通过这些监测手段, 运维人员可以获得变压器运行的实时数据, 识别出设备在运行过程中的异常状况。状态监测不仅可以提前预警潜在故障, 还可以为维护决策提供科学依据, 实现更加精准和高效的管理。

2. 现行运维管理模式分析

(1) 定期检修

定期检修是电力变压器运维管理中最为重要的环节之一。该模式依据设备的使用年限和运行情况, 制定详

细的检修计划, 旨在通过定期的检查和维护来延长变压器的使用寿命, 确保其正常运行。定期检修通常包括对变压器的机械部件、电气连接、绝缘系统及冷却系统等进行全面检查和必要的维护。通过系统的记录和分析, 运维人员能够及时发现潜在问题, 减少因设备故障引发的停电事件。此外, 定期检修还为设备的状态评估提供了数据支持, 使得运维管理更加科学化和标准化。

(2) 故障响应机制

在任何电力系统中, 故障的发生都是不可避免的, 因此建立高效的故障响应机制至关重要。故障响应机制的核心在于快速识别故障类型、定位故障位置, 并采取及时有效的处理措施, 以减少故障对电力供应的影响。当前, 许多电力公司采用了综合调度系统和远程监控技术, 以提高故障响应的效率。当变压器出现异常或故障时, 运维人员可以通过监测系统实时获取数据, 快速判断故障原因, 并制定相应的应急处理方案。此外, 故障响应机制还包括对历史故障数据的分析, 以识别常见故障模式, 优化维护策略, 增强系统的抗风险能力。

二、电力变压器的常见故障及成因

1. 常见故障类型

(1) 短路故障

短路故障是电力变压器中最常见的故障类型之一, 通常由各种因素引起, 包括设备老化、绝缘失效或外部环境的影响等。短路故障发生时, 变压器的输入和输出之间的电流会迅速增大, 导致设备过载, 甚至可能引起严重的电气火灾或设备损毁。当短路故障发生时, 变压器可能会发出异常的噪音、产生过高的温度, 甚至出现烟雾等现象。为了防范短路故障的发生, 运维人员需定期检查变压器的绝缘材料、连接部件以及负载情况, 确保其正常运行。

(2) 绝缘老化

绝缘老化是变压器故障中另一种常见且严重的问题。

变压器的绝缘系统通常由纸、油、塑料等多种材料构成,随着时间的推移和运行条件的变化,这些材料会逐渐老化,导致其绝缘性能下降。绝缘老化的成因主要包括温度、湿度、污染物及电场强度等因素的影响。当绝缘老化到一定程度时,可能会导致变压器内部出现漏电或击穿现象,进而引发短路故障或其他严重问题。因此,监测变压器的绝缘状态、定期进行绝缘测试和油质分析是维护变压器安全运行的重要手段。

2.故障成因分析

(1) 设计缺陷

设计缺陷是导致电力变压器故障的重要因素之一。在变压器的设计阶段,若未能充分考虑到运行环境、负载变化和材料选择等因素,可能会导致设备在实际运行过程中出现问题。例如,不合理的冷却系统设计可能导致变压器过热,从而加速绝缘材料的老化。此外,设计中的结构缺陷也可能导致变压器在遭遇短路或过载时不能有效承受应力,增加故障发生的风险。因此,在变压器的设计过程中,应充分进行热管理、电磁兼容性和机械强度等方面的综合评估,以确保设备的可靠性。

(2) 外部环境影响

电力变压器的运行环境也是影响其故障发生的重要因素。变压器通常安装在各种外部环境中,如高温、高湿、尘土、化学腐蚀等,这些因素都可能对设备的正常运行造成影响。例如,高温会导致绝缘材料的老化加速,而湿度过高则可能引起绝缘系统的潮湿,导致漏电或短路。此外,外部电磁干扰、机械振动与冲击等也可能对变压器的正常运行构成威胁。因此,变压器的选址和安装应尽量避免极端的环境条件,并采取合理的防护措施,以降低外部环境对设备的影响。

三、电力变压器的故障防范措施

1.运维管理优化措施

(1) 定期检测与维护

定期的检测与维护是确保电力变压器安全运行的重要手段。通过建立完善的检测制度,定期对变压器进行全面的检查和维护,可以及时发现潜在问题,防止故障的发生。例如,定期检查绝缘材料的状态、油品的质量以及冷却系统的运行情况,可以有效发现绝缘老化、油质变坏和冷却不足等问题。此外,红外热成像技术可以用于监测变压器的热点,帮助识别异常过热区域,及时采取措施防止故障的发生。在维护过程中,除了常规的设备检查外,还应注重对设备运行数据的记录和分析。维护人员应根据实际运行情况,对变压器的负载、温度、油位等关键参数进行监控,制定相应的维护计划。通过

建立详细的维护档案,运维人员可以对设备的历史运行状态进行跟踪,了解设备的健康状况,从而做出更科学的维护决策。

(2) 数据驱动的决策支持

随着信息技术的迅猛发展,数据驱动的决策支持系统在电力变压器的运维管理中发挥着越来越重要的作用。通过引入物联网技术和大数据分析,运维人员可以实时监测变压器的运行状态,获取大量的运行数据。这些数据不仅包括温度、压力和电流等参数,还可以涵盖环境因素如湿度和气温等。通过对这些数据的分析,运维管理者可以识别出设备的运行趋势和潜在风险,及时进行故障预警。例如,利用机器学习算法,可以对历史故障数据进行分析,建立故障预测模型,从而在故障发生之前进行干预。此外,数据驱动的决策支持还可以优化维护计划,帮助运维人员合理安排检修时间,减少对电力供应的影响。

2.先进技术在故障防范中的应用

(1) 在线监测技术

在线监测技术是指通过各种传感器和监测设备,实时收集变压器的运行数据。这些数据包括温度、压力、油位、绝缘电阻等多个参数。通过建立一个集成化的监测系统,运维人员能够在第一时间掌握变压器的健康状况。例如,温度传感器可以实时监测变压器的油温变化,通过对比设定的安全阈值,能够及时发现异常情况。此外,振动监测和红外热成像技术也是在线监测的重要手段。前者可以检测设备的机械状态,后者则可以识别出过热的部位,帮助运维人员快速定位潜在故障。

在线监测的最大优势在于其实时性和连续性。这种不间断的监测手段可以显著提高对设备状态的响应速度,运维团队能够根据实时数据进行动态调整,优化变压器的运行工况。通过将在线监测与自动报警系统结合,能够在设备出现异常时,第一时间发出警报,并指导运维人员采取相应措施,避免故障的进一步扩展。

(2) 智能分析与预测模型

随着数据科学和人工智能的快速发展,智能分析与预测模型在电力变压器的故障防范中也得到了广泛应用。通过对在线监测数据的深度学习和分析,运维人员可以建立起设备的运行模型,并预测未来的故障风险。例如,利用机器学习算法,可以对历史故障数据进行模式识别,识别出故障发生的潜在因素,以及和设备运行状态的关联性。智能分析模型能够将复杂的设备运行数据进行整合和分析,生成故障预测报告。这些报告不仅可以帮助运维人员了解当前设备的健康状况,还能提供针对性的

维护建议。例如，当模型识别出某一参数出现异常变化时，可以提前预警，提示运维人员进行检查和维护，避免设备在高负载情况下发生故障。

四、案例分析

1. 企业A的运维管理策略

企业A是国内一家领先的电力公司，其运维管理策略注重于系统化和科学化。该企业采用了全面的资产管理体系，结合现代信息技术，对变压器的运维进行全面监控。企业A引入了在线监测系统，实时收集和分析变压器的各项运行数据，包括电流、电压、温度及油质等参数。此外，企业A还建立了数据中心，对监测数据进行集中管理，通过大数据分析，识别出潜在的故障风险。在日常运维中，企业A实施了定期巡检与维护相结合的策略。通过定期的设备检查和维护，及时发现和处理潜在问题，从而有效降低了设备故障率。同时，企业A还重视运维人员的培训，定期组织技术学习和应急演练，提高团队的专业素养和应对突发事件的能力。

2. 企业B的故障防范经验

企业B在变压器的故障防范方面积累了丰富的经验。该企业采用了先进的智能分析模型，通过历史数据的深度学习，建立了变压器故障预测模型。企业B通过对设备运行数据的持续分析，能够提前识别出可能导致故障的因素。例如，企业B发现某些变压器在特定的环境条件下容易出现绝缘老化现象，因此提前对这些设备进行了针对性的维护。此外，企业B还注重与制造商的合作，定期进行技术交流与设备升级。通过与设备制造商保持紧密联系，企业B能够及时获得最新的技术支持和故障解决方案，提高了设备的运行安全性。

五、未来发展趋势

1. 运维管理智能化

人工智能（AI）技术的引入，正在为电力变压器的故障预测带来革命性的变化。通过机器学习和深度学习算法，AI能够从大量的历史数据中提取有价值的信息，识别出设备运行中的异常模式。这为运维人员提供了强大的决策支持，使他们能够在故障实际发生之前，依据数据预测潜在问题。例如，企业可以利用AI技术分析变压器的振动信号、温度变化及电流波形等数据，通过建立算法模型，精准识别出可能导致故障的因素。

大数据技术的整合为电力变压器的运维管理提供了更广阔的视角。通过对海量数据的收集、存储和分析，企业能够全面了解变压器的运行状态和历史表现。大数据分析工具可以帮助运维团队实时监测设备健康，识别出潜在的故障风险，并通过可视化手段呈现数据，便于

决策。此外，结合大数据技术，企业可以实现对变压器的生命周期管理。通过分析不同运行阶段的数据，企业能够制定更加科学的维护策略，优化运维资源的配置。例如，企业可以通过数据分析，识别出哪些设备在特定环境下更容易出现故障，从而提前安排检修，防患于未然。

2. 可持续发展与环保要求

在电力变压器的运维管理中，节能减排技术的应用正逐渐成为行业发展的重要方向。通过优化变压器的设计、选材和运行策略，企业可以显著降低电力损耗。例如，采用高效的铁心材料和优质的绝缘材料，可以提高变压器的能效，减少能耗。此外，智能化控制系统的引入，使得变压器在负载变化时能够及时调整运行状态，从而最大限度地降低能耗。不仅如此，企业还应积极探索新技术的应用，如超导材料和先进的冷却技术，这些技术能够有效降低变压器的工作温度，提高运行效率，进一步实现节能减排的目标。

在可持续发展的背景下，绿色运维管理的理念逐渐受到重视。这一理念强调在设备运维过程中，充分考虑环境保护和资源的可持续利用。具体而言，企业需要在日常运维中采用环保材料、减少废物产生，并妥善处理变压器的废油和废弃部件，以降低对环境的影响。同时，绿色运维管理还关注员工的环保意识培养，通过培训和宣传，提高全员对环境保护的责任感和参与度。企业可以鼓励员工在日常工作中践行节能减排的行为，例如合理安排维护工作，减少不必要的运输和能源消耗。

结束语

研究探讨了电力变压器的运维管理与故障防范措施，分析了变压器在电力系统中的重要性及其运维管理现状。通过识别常见故障类型及成因，提出了优化的运维管理策略和先进技术应用，以提高变压器的运行效率与安全性。结合案例分析，展示了成功的运维实践对故障减少及经济效益提升的积极影响。最后，展望了智能化与可持续发展在未来运维管理中的应用趋势，为电力系统的稳定运行提供了指导。

参考文献

- [1] 郝德天. 基于数字孪生的电力变压器智能运维研究[J]. 通讯世界, 2024, 31(10): 58-60.
- [2] 曾芬钰, 郝世旺. 电力变压器设备风险评估研究综述[J]. 电工电气, 2023, (02): 9-14+66.
- [3] 罗兵, 王婷婷, 石鑫, 等. 面向电力变压器PHM的数字孪生技术[J]. 南方电网技术, 2022, 16(12): 16-28.