

电气设备运行中的故障诊断与维修技术研究

陈长江

成都运达科技股份有限公司, 中国·四川 成都 611731

摘要: 论文研究了电气设备运行中的常见故障类型及其对设备运行的影响, 重点探讨了故障诊断与维修技术的发展现状及应用实践。传统的故障诊断方法存在效率低、准确性不足的问题, 现代技术如大数据、人工智能和物联网显著提升了诊断和维护的精准性与智能化水平。此外, 论文分析了预防性维修、基于状态的维修及预测性维护的优缺点, 提出了通过智能化和自动化技术提升维修效率的前景。研究结果为电气设备的高效维护提供了理论支持。

关键词: 电气设备; 故障诊断; 维修技术

Research on Fault Diagnosis and Maintenance Technology in Electrical Equipment Operation

Changjiang Chen

Chengdu Yunda Technology Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 611731, China

Abstract: This paper studies the common types of faults in electrical equipment operation and their impact on equipment operation, focusing on the development status and application practice of fault diagnosis and maintenance technology. Traditional fault diagnosis methods suffer from low efficiency and insufficient accuracy. Modern technologies such as big data, artificial intelligence, and the Internet of Things have significantly improved the accuracy and intelligence of diagnosis and maintenance. In addition, the paper analyzes the advantages and disadvantages of preventive maintenance, condition based maintenance, and predictive maintenance, and proposes the prospect of improving maintenance efficiency through intelligent and automated technologies. The research results provide theoretical support for the efficient maintenance of electrical equipment.

Keywords: electrical equipment; fault diagnosis; maintenance technology

0 前言

电气设备在现代工业中起着至关重要的作用, 广泛应用于电力、制造、交通等领域。随着设备复杂度的提高, 运行过程中出现故障在所难免, 这些故障不仅影响生产效率, 还可能带来安全隐患。因此, 研究和应用故障诊断与维修技术成为保障设备高效、安全运行的关键。

故障诊断的核心在于及时、准确识别设备潜在问题, 避免故障扩大导致停机或生产中断。传统的故障诊断主要依赖工程师的经验和定期检查, 这种方式往往效率低下, 且容易错过故障的早期迹象。随着技术进步, 现代诊断方法利用传感器和数据分析实现了实时监控, 结合信号处理、振动分析等技术, 能够更精准地检测和定位设备问题^[1]。

维修技术也从被动反应逐步向主动维护发展。过去的维修往往是在故障发生后进行补救, 而预防性维修和基于状态的维护通过监测设备运行状态, 能够在故障发生前进行干预, 有效延长设备寿命, 降低维护成本。预测性维护技术进一步利用大数据和人工智能, 通过历史数据分析预测故障的可能性, 并提前制定维护计划, 优化设备的整体运维。

论文的研究重点是探讨电气设备的常见故障类型, 并分析故障诊断与维修技术的发展现状和应用实践。通过对传统和现代技术的深入比较和研究, 希望为电气设备的高效维

护提供理论支持, 推动该领域进一步创新和发展。

1 电气设备故障类型的理论分析

1.1 电气设备常见故障类型

在电气设备的运行过程中, 常见故障主要包括短路、过载和接地故障。短路故障是最常见的类型, 当电路中两条线路意外形成低电阻连接时, 会导致电流急剧增加, 引发设备过热甚至烧毁, 对设备和电力系统安全构成威胁。过载故障则是指电流超过设备额定容量, 长时间的过载运行会导致设备过热、寿命缩短, 甚至引发火灾, 通常由设计不合理、设备老化或操作不当引起^[2]。接地故障是指设备部分与地面或其他导电部件意外连接, 可能导致绝缘失效、漏电, 危及设备及操作人员的安全。电气设备的常见故障类型还包括绝缘损坏和电气元件老化。绝缘损坏通常由外部环境因素如潮湿、腐蚀或机械损伤引起, 可能导致电流泄漏、短路和设备损坏。电气元件的老化则是设备长期运行中自然发生的现象, 老化会降低设备性能, 增加故障风险, 影响系统的稳定性和安全性。所以定期维护和检查电气设备对于预防这些故障尤为重要。

1.2 故障对设备运行的影响

不同类型的故障对电气设备的运行有着不同程度的影响, 短期内可能表现为性能下降, 长期来看则会导致设备损

坏,甚至影响整个系统的正常运转。对于短路和接地故障,往往会造成设备的瞬间损坏,并引发更大范围的系统故障。而过载故障尽管不会立即损坏设备,但长时间的过载运行会加速设备老化,降低设备的可靠性。故障的积累会引发一系列连锁反应,影响整个电力系统的稳定性。例如,轻微的接地故障如果未能及时检测和处理,可能导致设备的绝缘层持续恶化,最终引发严重的短路事故。因此,早期检测并识别这些故障至关重要,能够有效避免事故扩大化并减少设备停机时间。

1.3 故障链条理论分析

为了更好地理解故障在电气设备中的发展过程,可以引入“故障链条”理论。该理论认为电气设备的故障往往不是单一因素引起的,而是多个小故障相互影响、逐步演变的结果。例如,初期的轻微过载可能导致设备局部温度升高,随着时间推移,设备绝缘性能下降,从而进一步引发接地故障,最终导致设备全面失效。通过研究故障的链式反应,能够更好地预测故障发展趋势,从而采取有效的预防措施,避免设备进入故障恶化的阶段。这种理论对现代故障诊断技术提出了新的要求,要求诊断工具不仅能够识别当前的故障,还要具备对故障发展过程的预测能力,以便提前进行干预^[3]。

2 故障诊断技术综述

2.1 传统故障诊断技术

传统故障诊断技术主要依赖于经验积累和简单的物理信号检测方法。这些技术包括电流、电压等电气参数的监控、温度检测以及振动分析等方式。最常用的诊断方法是基于对设备运行状态的持续监测,通过检测电流或电压的异常波动来判断设备是否处于异常状态。例如,短路、过载等故障会导致电流急剧增大,从而可以通过电流检测及时发现故障。

传统的信号检测方法较为直观且成本较低,但其缺陷也较为明显。由于这些方法依赖于明显的参数变化,因此往往只能检测到故障的后期症状,无法识别故障的早期征兆。另外,对于某些复杂设备,单纯的电气参数变化无法精确定位故障发生的具体部位和类型,导致维修的时间和成本增加。因此,传统诊断技术在准确性和实时性上存在一定局限。

2.2 基于信号分析的故障检测

振动频谱分析是传统信号检测方法中的一种较为先进的技术,主要用于机械设备和电气设备的故障检测。该技术通过采集设备运行过程中产生的振动信号,并将这些信号转换为频谱图,分析频率分布和幅度变化,以判断设备的运行状态。不同类型的故障会在频谱图上表现为特定的频率波动,例如轴承磨损、转子不平衡等故障都会产生特征性的振动信号^[4]。

振动分析的优点在于其能够较为精准地定位故障,并识别一些机械问题。通过结合振动分析与电气参数监测,诊断人员可以更全面地了解设备的运行情况。然而,该技术仍然依赖于数据的准确采集与分析,若传感器灵敏度不足或数

据处理不当,可能导致误诊或漏诊。

2.3 现代故障诊断技术

随着大数据、人工智能、物联网等技术的发展,现代故障诊断技术得到了快速提升,诊断的实时性、准确性和智能化水平显著提高。现代技术不再仅依赖于单一的物理信号检测,而是通过对大量历史数据和实时运行数据的综合分析,预测设备可能发生的故障。

2.3.1 基于人工智能的故障诊断

人工智能技术,特别是机器学习和深度学习算法,在故障诊断领域展现出巨大的潜力。常见的算法如卷积神经网络(CNN)、长短期记忆网络(LSTM)等,通过对设备运行数据的学习和模式识别,能够准确地识别出设备运行中的异常情况。与传统方法不同,基于人工智能的诊断系统可以通过不断自我学习和优化,提高对设备故障的识别率和预测能力。CNN技术尤其擅长处理设备图像数据和信号波形,通过对频谱图、红外热成像等数据的分析,实现对故障的智能化诊断。而LSTM则对时间序列数据表现优异,适用于分析电气设备长时间运行时的数据变化,从而提前预测故障发生的可能性。

2.3.2 大数据与物联网技术在故障预测中的应用

大数据技术为故障诊断提供了强大的数据支持。通过收集大量历史故障数据,诊断系统能够建立设备的故障预测模型,并对未来的设备故障进行准确预警。例如,某些关键设备的历史故障数据能够用于训练预测模型,实时监控设备的运行数据并与历史模式进行匹配,以此来提前预测可能出现的故障。物联网技术则实现了设备之间的互联互通,设备的运行数据能够通过网络实时传输到诊断系统,诊断系统通过云平台进行数据处理与分析,快速反馈诊断结果。物联网的应用使得远程监控和维护成为可能,大大提高了故障诊断的效率和准确性,减少了设备因故障停机的时间。

2.3.3 故障诊断技术的优势与局限性

虽然现代故障诊断技术显著提升了设备故障识别的准确性和效率,但这些技术在实际应用中仍然面临一定挑战。数据质量对诊断结果的影响至关重要。如果设备传感器数据采集不全或存在误差,可能导致诊断系统输出错误的结果。此外,人工智能技术的应用依赖于大量的训练数据,对于新型设备或历史数据不足的情况,AI诊断模型可能无法提供可靠的预测。另外,虽然现代技术能够实现高精度的故障预测,但其实现往往需要高昂的成本,尤其是对小型企业而言,部署人工智能、大数据和物联网技术的成本可能难以承受。因此,如何在经济性和技术可行性之间找到平衡,仍是当前技术应用中的一大难题。

3 电气设备维修技术的应用

3.1 预防性维修技术

预防性维修技术是通过定期维护和检修来防止设备故障发生的传统方法,其核心理念是通过定期检测和更换零部

件,避免设备出现严重故障。该方法通常基于设备厂商提供的维护手册或设备的运行年限和工作时间进行计划维护。预防性维修的最大优点在于其简单易行,并且不需要对设备状态进行复杂的监测和分析。

然而,预防性维修存在一定的局限性。设备的实际运行状况和使用环境可能大相径庭,过于依赖时间和经验可能导致部分设备在不需要维修时进行不必要的维护,浪费资源和人力。对于某些复杂设备,仅靠定期维护可能无法及时发现潜在故障。因此,虽然预防性维修仍在一些简单设备中使用,但其在现代工业中逐渐被更先进的维修技术所取代。

3.2 基于状态的维修技术

基于状态的维修(CBM, Condition-Based Maintenance)是根据设备的实际运行状态来决定维修计划的一种方法。这一技术的关键在于通过各种传感器和监测设备实时收集设备运行数据,并通过分析这些数据来判断设备是否需要维修。常见的监测指标包括振动、温度、电流等,若某些指标超出预设范围,系统将自动发出维修提示。

基于状态的维修技术相比于预防性维修,具有更强的针对性。通过监测设备的实时状态,可以更有效地识别潜在的故障问题,并在问题初期进行处理,防止故障扩大化。例如,在检测到设备振动异常后,CBM系统可以及时提醒维护人员检查设备的机械部件,避免更严重的故障发生。此外,基于状态的维修还能延长设备的工作寿命,因为它避免了过度维修和不必要的停机。

尽管基于状态的维修技术在提高设备可靠性和降低维护成本方面表现出色,但其缺点是实施成本较高,特别是需要安装和维护大量的传感器和数据监测系统。对于中小型企业或较为简单的设备,这种技术的成本效益比可能较低。

3.3 预测性维护技术

预测性维护技术是一种智能化的维修方法,通过大数据和人工智能分析设备的历史和当前状态,预测未来可能的故障并提前采取维护措施。该方法不仅关注现有故障,更重视预测故障发生的时间,使维护更加主动和精准。其优势在于能够在设备出现明显故障前进行维修,减少停机时间和损失。例如,通过监测电机轴承的温度和振动数据,可以预测磨损程度,并在损坏前进行更换。然而,该技术高度依赖数据质量和计算能力,且模型的准确性直接影响维护效果,若预测不准,可能导致资源浪费或设备损坏。因此,虽然预测性维护具有广阔前景,但仍需不断优化数据处理和模型精度。

3.4 自动化维修技术的发展

随着自动化和人工智能技术的发展,电气设备的维修

逐渐向自动化方向迈进。自动化维修技术指的是通过自动化工具和机器人系统,部分或全部替代人工进行设备的检测和维修。这种技术在某些高危或复杂环境中具有重要意义,如在高压电气设备或核电站的维护中,自动化设备可以代替人类进行精确、快速的操作,减少人身安全风险。

自动化维修技术还可以提高维修效率,减少人力成本。例如,通过自动化检测设备对电气设备的关键部位进行实时监测,当发现异常时,自动化系统能够立即启动预设的修复程序,或通过机器人工具直接执行维修操作。而这些技术的应用,也为设备的全生命周期管理带来了全新的可能性。

尽管自动化维修技术的优势明显,但其普及应用仍面临一些技术和经济上的障碍。第一,开发和维护自动化维修系统需要高昂的成本,且技术复杂度较高。第二,部分设备由于结构复杂,当前的自动化工具尚无法完全替代人工操作。因此,在未来的发展中,自动化维修技术的进一步成熟和普及仍是电气设备维修领域的重要发展方向。

4 结语

故障诊断与维修技术在实际应用中不仅提升了电气设备的可靠性,还有效改善了运行效率。基于状态的维修通过实时监测,能够及时发现问题,而预测性维护利用大数据分析,预测设备的潜在故障,防止生产停机。这些技术的应用虽然成效显著,但仍面临数据质量不足、实施成本高昂、模型精度不高等挑战。此外,自动化维修技术虽能提高维修效率并减少安全风险,但由于技术复杂性和高昂的成本,其应用范围仍受限。因此,未来的研究应侧重于降低这些技术的实施成本,提升诊断和预测的准确性,以促进其在更广泛领域的应用和优化发展。综合来看,故障诊断与维修技术在电气设备管理中具有广阔的应用前景,未来的发展方向应更多地聚焦于智能化、自动化和经济性,以适应现代工业的需求并确保设备的长期稳定运行。

参考文献:

- [1] 李文追.汽车电气设备故障诊断与维修方法研究[J].汽车知识,2024,24(9):158-160.
- [2] 汪继成.基于人工智能装备故障诊断应用研究[J].智慧中国,2024(5):26-27.
- [3] 朱正伍.面向智能制造的时代电气设备预测性维护管理优化研究[D].株洲:湖南工业大学,2022.
- [4] 张雷.电气设备的绝缘在线监测与状态维修探究[J].中国设备工程,2022(21):20-22.