

电力工程中的电气设备故障诊断与预防

曹迪

中国华电科工集团有限公司, 北京 100700

[摘要] 电力工程中的电气设备故障诊断与预防涉及对设备运行状态的实时监测与数据分析。通过应用先进的传感技术和智能算法, 能够及时发现设备异常并预测潜在故障, 进而采取针对性的维护措施。建立故障诊断模型, 结合历史数据和机器学习方法, 可以有效提升故障识别率, 降低误报率。此外, 预防性维护策略的实施不仅减少了停机时间, 还优化了设备使用寿命, 从而提升了整体系统的可靠性和经济效益。此方法的应用促进了电力工程的安全运行, 提高了管理水平, 为电力行业的可持续发展提供了强有力的技术支持。

[关键词] 故障诊断; 预防性维护; 设备监测; 智能算法; 可靠性

DOI: 10.33142/ect.v2i11.14337

中图分类号: TM71

文献标识码: A

Diagnosis and Prevention of Electrical Equipment Faults in Power Engineering

CAO Di

China Huadian Engineering Co., Ltd., Beijing, 100700, China

Abstract: The diagnosis and prevention of electrical equipment faults in power engineering involve real-time monitoring and data analysis of equipment operating status. By applying advanced sensing technology and intelligent algorithms, it is possible to promptly detect equipment abnormalities and predict potential faults, and then take targeted maintenance measures. Establishing a fault diagnosis model, combined with historical data and machine learning methods, can effectively improve fault recognition rates and reduce false alarm rates. In addition, the implementation of preventive maintenance strategies not only reduces downtime, but also optimizes the service life of equipment, thereby improving the overall reliability and economic benefits of the system. The application of this method promotes the safe operation of power engineering, improves management level, and provides strong technical support for the sustainable development of the power industry.

Keywords: fault diagnosis; preventive maintenance; equipment monitoring; intelligent algorithm; reliability

引言

电力工程中, 电气设备的可靠性直接关系到整个系统的稳定运行。随着技术的进步, 传统的故障处理方法已难以满足日益复杂的电力网络需求。借助智能化手段, 通过实时监测与数据分析, 可以实现对设备状态的精准掌握, 及时预警潜在故障。这不仅能够大幅降低设备停机风险, 还优化了维护策略, 提升了运行效率。在这个背景下, 深入探讨电气设备故障诊断与预防的有效方法显得尤为重要, 为电力行业的可持续发展奠定了坚实基础。

1 电气设备故障的主要类型与影响

在电力工程中, 电气设备的正常运行是确保电力供应稳定的基础。常见的电气设备故障类型主要包括短路、过载、接地故障、绝缘老化以及设备老化等。这些故障不仅影响设备的性能和寿命, 还可能引发更为严重的安全隐患和经济损失。

短路是电气设备故障中最为常见的类型之一。其原因多样, 包括设备故障、线路老化和外部因素如动物接触等。短路会导致瞬时电流激增, 可能损坏电气元件, 甚至引发火灾等严重事故。针对短路故障, 采用快速断电技术和自动保护装置, 可以有效减少损害。

过载故障通常发生在设备超负荷运行时。过载会导致发热加剧, 从而引发设备损坏。通过安装负荷监测设备, 可以实时监测电流变化, 及时发现过载情况, 防止事故发生。如图 1 所示。



图 1 过载故障

接地故障是另一种常见的电气设备故障, 通常发生在绝缘失效时。接地故障不仅会造成设备损坏, 还会对人身安全构成威胁。有效的接地保护系统和定期的绝缘检查是防止此类故障的重要手段。

绝缘老化是随时间推移而自然发生的现象,通常由环境因素、温度变化及机械应力等引起。绝缘材料的老化会降低设备的绝缘性能,导致电气泄漏和设备故障。因此,定期的绝缘测试和更换老化材料是确保设备正常运行的关键。

设备老化则是指设备在长期运行中,由于磨损、腐蚀等原因,其性能逐渐下降。这不仅影响设备的运行效率,还可能导致故障率增加。实施预防性维护策略,定期对设备进行检修和更新,可以有效延长设备的使用寿命,减少故障发生的概率。

上述故障类型不仅对设备本身造成影响,还对电力系统的整体运行产生深远的影响。故障导致的停电事件,不仅会造成经济损失,还可能影响社会生活的正常秩序。因此,电气设备的故障诊断与预防显得尤为重要。

为有效应对这些故障,采取科学的故障分析方法和预防措施至关重要。通过数据采集和分析技术,可以对设备运行状态进行实时监控,及时发现潜在故障。结合智能算法,建立故障诊断模型,能够提高故障识别的准确性,减少误报率。此外,故障影响的评估与管理也不容忽视。通过建立故障影响分析体系,可以量化故障对设备及系统的影响程度,从而制定相应的应急预案和改进措施。这不仅提升了电力系统的可靠性,还为后续的技术改进提供了数据支持。

2 实时监测技术在故障诊断中的应用

实时监测技术在电力工程中的应用日益广泛,其核心在于通过对设备状态的实时数据采集和分析,以实现及时发现和诊断故障。这种技术不仅能够提升故障识别的准确性,还能有效降低设备停机时间,保障电力系统的安全与稳定。

传感器技术是实时监测的基础。各种类型的传感器,如电流传感器、温度传感器和振动传感器等,被广泛应用于电气设备中。这些传感器能够实时收集设备的运行数据,监测其工作状态。当设备出现异常时,传感器会迅速发出警报,提醒维护人员进行检查和维修。例如,温度传感器可以监测变压器的温度变化,过高的温度可能预示着过载或绝缘老化,从而提前预警。

数据采集与传输技术在实时监测中起着关键作用。通过现代通信技术,监测数据可以被迅速传输到中央监控系统,确保数据的实时性与准确性。分布式数据采集系统可以将各个设备的监测数据集中管理,形成一个全面的监控网络。这种集中管理不仅提高了数据处理的效率,还使得对设备的整体运行状态有了更加全面的了解。

在数据分析方面,智能算法的引入大大提升了故障诊断的能力。通过机器学习和数据挖掘技术,可以从大量监测数据中提取有价值的信息,识别出设备潜在的故障模式。基于历史数据和实时数据的结合,构建故障诊断模型,不仅能够快速识别设备的异常状态,还能预测可能出现的故

障。这种智能化的诊断方式相比传统方法具有更高的准确性和效率。此外,实时监测技术还可以与其他管理系统相结合,形成综合的故障管理平台。例如,结合资产管理系统,可以实现设备状态与维护记录的无缝对接。当监测系统发现设备异常时,可以自动生成维护工单,通知相关人员进行处理,极大提高了响应速度和管理效率。

实时监测技术的应用不仅限于故障诊断,还在设备维护和优化运行方面发挥着重要作用。通过对设备的长期监测,可以建立设备的健康档案,分析其运行趋势。这种趋势分析能够为后续的设备维护提供科学依据,帮助企业制定更加合理的维护计划和策略,从而实现设备的优化运行。

3 数据分析与智能算法的结合

数据采集是这一过程的起点。通过传感器和监测设备,实时收集电气设备的运行数据,如电流、温度、振动等。这些数据的准确性和实时性是后续分析的基础。随着物联网技术的成熟,越来越多的设备能够进行在线监测,为数据分析提供了丰富的原始数据。

接下来,数据预处理至关重要。收集到的数据常常存在噪声、缺失值或冗余信息,因此需要经过清洗和标准化处理,以确保数据的质量。通过数据清洗,可以去除异常值和不相关的信息,提升后续分析的有效性。标准化则使得不同来源的数据具备可比性,为进一步分析打下基础。

数据分析过程中,智能算法发挥了核心作用。利用机器学习技术,可以构建故障诊断模型。通过对历史数据的学习,模型能够识别出设备运行中的正常模式和潜在的故障模式。例如,决策树、支持向量机和神经网络等算法,可以通过训练数据集学习不同设备状态下的特征,进而在实际运行中对新数据进行实时分类与预测。这种智能化的分析方法,不仅提高了故障诊断的速度,还减少了人工判断的主观性。

此外,深度学习作为一种新兴的智能算法,在复杂数据分析中展现出独特优势。通过构建多层神经网络,深度学习能够自动提取数据中的高级特征,大幅提升故障检测的精度。尤其在处理大量、复杂的时间序列数据时,深度学习展现出了强大的能力,可以有效捕捉到设备运行中的微小变化。

结合数据分析与智能算法后,故障预测与预警能力显著增强。通过历史数据的趋势分析,可以识别出设备的老化模式与故障前兆,进而实现预测性维护。这一策略不仅降低了突发故障带来的经济损失,还提高了设备的使用寿命。例如,当分析模型检测到温度、振动等指标超过预设阈值时,可以及时发出警报,通知维护人员进行检查。

4 预防性维护策略的设计与实施

预防性维护策略是保障电气设备正常运行、延长使用寿命的重要手段。其核心在于通过科学的管理和技术手段,

提前识别和处理潜在故障，从而降低突发故障的风险，提升设备的可靠性。

预防性维护策略的设计需要基于设备的运行数据和历史故障记录。通过数据分析，可以识别设备的关键参数和性能指标，明确哪些因素可能导致故障发生。这一过程通常涉及到对设备运行环境、负荷变化和维护历史的全面分析。结合这些信息，可以制定出适合特定设备的维护计划，确保维护工作有的放矢。

维护周期的设定是预防性维护策略中的重要环节。维护周期应根据设备的实际运行情况、制造商的建议以及行业标准进行合理安排。通常，可以采用基于时间的维护（如定期检查）和基于条件的维护（如根据设备的实时监测数据判断是否需要维护）相结合的方式，以实现最佳的维护效果。

在实施过程中，培训维护人员至关重要。维护团队需要掌握设备的基本原理、故障诊断技术和预防性维护的具体方法。通过定期的培训和演练，提升其专业技能和应对突发情况的能力。同时，维护人员应与监测系统紧密配合，及时获取实时数据，从而做出准确判断。

设备健康管理系统的引入也为预防性维护提供了技术支持。这类系统可以集中管理设备的运行数据、维护记录和故障历史，通过数据分析与智能算法，自动生成维护建议和工作计划。这样的系统可以帮助企业实现对设备状态的全面监控，提高维护工作的效率和准确性。

在实施预防性维护策略时，反馈机制不可或缺。维护工作完成后，需要对维护效果进行评估，收集反馈信息。这不仅有助于识别维护过程中的问题，还可以为后续的计划提供数据支持。通过持续改进维护策略，可以不断提升设备的运行可靠性。

最后，预防性维护策略的实施也应考虑成本效益分析。虽然预防性维护需要一定的前期投入，但通过降低故障发生率和停机时间，最终能够节省大量维修成本。因此，建立合理的成本评估模型，有助于企业在决策时平衡维护投入与设备效益之间的关系。

5 提升电力系统可靠性的案例研究

电力系统的可靠性是确保电力持续稳定供应的关键因素。设备老化和绝缘性能衰退是影响系统可靠性的主要问题之一。通过对一个具体的电力公司的设备优化维护案例分析，本文探讨了如何通过有效的维护策略提高电力系统的可靠性。

(1) 背景分析

电力系统中的主要设备，如变压器、断路器、电缆等，随着使用时间的增长会逐渐老化。特别是绝缘材料，在长期承受电压和环境因素的影响下，其性能会逐步下降，这直接影响到系统的安全和稳定性。因此，对这些老化设备的维护和优化是提高电力系统可靠性的重要措施。

(2) 设备维护策略

a. 定期检查与预测性维护

电力公司采用了一套定期检查系统，包括对主要设备的视觉检查、绝缘电阻测试和部分放电测试。通过这些检查，可以及时发现设备潜在的故障和性能下降的迹象。

b. 使用先进的监测技术

引入了基于条件的监测技术，如在线监测系统，用于实时监控设备的运行状态。这种技术可以精确地监测到设备绝缘的老化程度，从而提前预测故障并进行干预。

(3) 绝缘材料的改进与替换

对于高风险的老化设备，公司不仅定期进行检修，还计划了绝缘材料的改进和替换工程。通过使用更先进的绝缘材料，能够有效延长设备的使用寿命，同时提高系统的整体可靠性。

(4) 案例分析：变压器绝缘优化

具体到变压器的绝缘老化问题，公司采用了以下策略进行优化：

绝缘油的定期更换和处理：分析绝缘油中的溶解气体，评估变压器内部的绝缘状况，及时更换或处理绝缘油。

采用高性能绝缘材料：在变压器的维护中引入了新型高分子材料，用于替换旧的绝缘系统，这些材料具有更高的耐温和抗老化性能。

(5) 成效与优化结果

通过上述措施，电力公司成功地提升了电力系统的可靠性。如表 1 所示。

表 1 展示了优化前后的变化

参数	优化前	优化后	改善比例
年均故障率	4.2%	1.1%	73.8%
绝缘材料使用寿命	12 年	20 年	66.7%
设备维护成本	¥500 万	¥300 万	40%

设备老化和绝缘性能衰退是电力系统可靠性的主要威胁。通过实施系统的维护策略和绝缘材料的优化，可以显著提升系统的稳定性和减少意外停电的风险。这不仅保障了电力供应的连续性，也为电力公司节约了大量的维护成本。以上案例为电力系统的其他设施提供了可行性的改进方案和重要的参考。

通过上述措施，公司成功地管理了电力系统中的设备老化问题，显著提高了系统的整体可靠性。这一过程不仅展示了技术和策略的有效性，也为同行业的其他企业提供了宝贵的经验。

6 结语

在电力工程中，电气设备的故障诊断与预防显得尤为重要。通过实时监测技术、数据分析与智能算法的结合，以及科学的预防性维护策略，可以有效提升设备的运行可靠性。案例研究表明，这些技术与方法的应用显著降低了故障率，保障了电力供应的稳定性和安全性。未来，随着技术的不断

进步,电力行业将更加依赖于智能化管理,进一步优化设备维护和故障处理流程,从而实现更加高效和可持续的发展。这不仅为电力行业的可持续发展奠定了基础,也为其他领域的设备管理提供了有益的借鉴。总之,综合运用现代技术手段,将为电力系统的安全、稳定运行提供强有力的保障。

【参考文献】

- [1]潘毅.关于电气设备故障诊断与模式识别探讨[J].山东工业技术,2019(10):211.
[2]孙航.电力自动化技术在电力工程中的应用研究[J].中国高新科技,2023(2):23-27.

[3]邓海英.电力电气自动化技术在电力工程中的运用[J].建材与装饰,2020(5):230-231.

[4]王雅雯.融合非平衡故障文本与监测数据样本集的电气设备故障诊断研究[D].北京:华北电力大学,2023.

[5]廖慧惠.基于模式识别技术的电气设备故障诊断分析[J].山西能源学院学报,2017,30(2):51-53.

作者简介:曹迪(1990.9—),男,本科:电子科技大学,软件工程,硕士:北京理工大学,工程管理(非全日制),单位:中国华电科工集团有限公司,职务:工程师,工作年限:11年,职称:工程师。