

Fault Diagnosis and Preventive Maintenance Optimization of Primary Substation Equipment

Xingguo Liu

CPC Electric Power Supply Company of Daqing Oilfield Co., Ltd., Daqing, Heilongjiang, 163000, China

Abstract

The primary transformer equipment mainly involves transformer, circuit breaker, disconnecting switch, current transformer and voltage transformer and other key elements, which plays an irreplaceable role in the power system. However, in the long-term operation process, these devices are inevitably affected by many factors, such as continuous mechanical stress, harsh environment, and equipment aging. Therefore, it is particularly important and urgent to deeply discuss the fault diagnosis and preventive maintenance of primary substation equipment. This paper aims to use advanced technical means to realize the real-time monitoring and intelligent analysis of the operating state of these devices, so as to conduct early fault diagnosis and early warning, to prevent the occurrence or further deterioration of faults.

Keywords

primary substation equipment; fault diagnosis; preventive maintenance

变电一次设备故障诊断与预防性维护优化

刘兴国

大庆油田有限责任公司中油电能供电公司, 中国·黑龙江 大庆 163000

摘要

变电一次设备主要涉及变压器、断路器、隔离开关、电流互感器及电压互感器等关键元素, 在电力系统中发挥着不可替代的作用。然而, 在长期运作过程中, 这些设备不可避免地受到多种因素的影响, 例如持续的机械应力、恶劣环境以及设备老化等。因此, 深入探讨变电一次设备的故障诊断及预防性维护显得尤为重要且紧迫。论文旨在运用先进的技术手段, 实现对这些设备运行状态的实时监测与智能分析, 以便及早进行故障诊断及预警, 防止故障的发生或进一步恶化。

关键词

变电一次设备; 故障诊断; 预防性维护

1 引言

在当今的电力系统发展中, 高电压变电站的数量持续增加, 这些变电站的正常运作, 需要借助多种类型的一级设备。然而, 这些设备在市场上的售价较高, 其运行状态也直接影响着整个电力系统的运行质量。因此, 对这类设备进行故障诊断显得极其重要。其中, 带电测试故障诊断技术的运用, 可以准确识别设备中的安全隐患, 以便检修人员及时处理这些潜在的问题, 显著提升了故障诊断的效率, 保证诊断结果的准确性, 是维修电力系统的稳定运作的关键技术保障。

2 变电一次设备故障诊断技术要点

在针对变电一次设备运行故障进行相应预测工作之前,

【作者简介】刘兴国(1974-), 男, 中国安徽霍邱人, 本科, 技师, 从事变电运行、变电站值班、新能源光伏研究。

确保预测工作的准确性达到最佳水平, 首要任务便是对设备的运营状态数据进行全面整合分析。在此过程中, 借助多重有效的数据整合工具非常关键, 下面详细地产生诊断技术应用的要点。

2.1 设备数据的整合分析

在众多的变电一次设备中, 像变压器、断路器、隔离开关等重要设备, 均需要配备相应的辅助仪表, 用以实时监控反馈其运行状态。这些辅助仪表包含压力表、密度继电器、油温计等设备, 其所记录的信息, 是判断设备运行故障的重要依据。第一, 相关专业技术人员, 在进行一次设备数据整合时, 需要重点关注这些辅助性设备的各项参数指标。通过这些参数切实反映出设备的当前运营状况, 进而预测未来可能出现故障的关键指示。第二, 在具体的操作环节中, 相关的技术人员还需要定期采集辅助仪表上所记录的数据信息, 其中, 应重点记录显示异常或超出正常范围的参数值, 因为这些数值可能反映的是设备在一定时间内的异常表现, 是需要重点监管的部分。一旦发现异常数据, 技术人员应立即刻向

上级有关部门汇报这一信息。同时，所记录的实时掌握设备信息，还可以用于后续设备故障预测。第三，为了最大限度地保证所整合的数据信息具有准确性，相关的技术人员还需运用先进的数据处理算法，将收集到的数据进行深入挖掘，并对比历史数据，分析出设备运行过程中故障所形成的潜在规律，为故障预测提供科学的依据。此外，技术人员也需要不断学习更为先进的数据分析工具用法，以应对设备在复杂的运行环境下所呈现出来的特殊变化。

2.2 在线监测故障诊断

其一，终端层建设层负责编集及收集变电一次设备的实际运行数据，并进行初步处理。智能巡检机器人、GPS定位系统以及各类传感器会被集中在关键部位上，用于捕捉设备运行的相关参数。其二，数据预处理层的主要功能是对终端层所获得的数据进行存储、加工及分析。其中，数据处理中心主要负责整合及验证收集的数据，去除噪声及干扰，提高数据的准确性。其三，命令层功能层的作用在于将数据层的分析结果转化为实际操作指令，包含三个核心模块：报警模块、控制模块及通信模块。当报警系统检测到异常时，会立即触发警报，以提醒维护人员采取必要的措施。同时，控制模块根据数据分析结果自动调整设备的运行参数以避免故障发生，而通信模块则保证分析结果，并将结果传递到相关管理系统中，以便进行后续处理。

2.3 人工智能诊断技术

基于人工智能的故障诊断系统在变电一次设备的运维中，主要涉及四个关键环节的运用，具体包含，数据采集、特征提取、故障识别及诊断决策。第一，在数据采集，系统通过安装传感器实时监测及收集设备的关键运行参数，如电流、电压、温度及振动等信息。第二，在特征提取阶段，系统对收集的原始数据进行进一步分析，以获取可以准确反映设备运行状况的特征参数。现代人工智能技术，可以帮助相关的技术人员，从大规模数据中提取有代表性的特征，用于提高处理系统的准确性。第三，在故障识别环节，人工智能算法可以广泛应用在，支持向量机、神经网络及决策树等诸多领域，它们通过学习历史故障数据，建立设备故障与特征参数之间的关联，从而实现故障类型的准确识别。尤其是神经网络，以其多层次的非线性映射能力，适合用于复杂故障模式的识别。第四，在诊断决策阶段，系统可以根据故障识别分析故障特征，结合设备的运行状况，为用户提供针对性地诊断结果，并给出相应的处理建议。

2.4 红外监测技术

红外监测技术作为一种先进的高科技手段，在变电一次设备的运维管理中发挥着举足轻重的作用。由于变电一次设备是电力系统的核心部分，通常会在极其苛刻的环境中工作，承受着高电压、大电流的巨大挑战。一旦设备出现异常故障，内部的元件线路就可能因过载等问题出现持续的温度升高。如果这种现象不能及时发现，并采取相应的措施进行

处理，必定会严重影响整个输变电系统的稳定运行。而红外监测技术的出现，恰好成为解决这一难题的有效工具。该技术运用红外线的热辐射原理，可以实时直观地监测变电一次设备在运行过程中的温度变化。同时，这种技术的操作灵活简便，而且覆盖范围也比较广，能更好地触及设备的各个部分，这样可以不遗漏的覆盖到任何潜在的故障点。然后将红外监测技术与设备的运行状况相结合，为技术人员提出完整的设备的运行信息，为其进行后续的维护保养工作，提供可靠的数据支持。在实际运用中，为了最大限度地提升红外监测技术的可靠性，相关的电力企业，需要制定一系列严格的规范标准。具体定义红外监测技术在变电一次设备的运行中的数据处理流程。通过严格遵循这些规定，最终技术人员所获取的数据也将更为真实可靠。

3 变电一次设备故障预防性维护优化系统设计措施

3.1 系统架构

在变电站智能化运维的背景下，数据采集被作为整个流程的核心基础，可以实时监控电流、电压、温度及振动等多种运行参数，为运维管理提供必需的数据支持。

第一，数据顺利传输到数据处理单元后，进入预处理阶段。它将执行数据清洗、归一化以及异常值检测等一系列关键操作，以保障后续处理的数据质量。数据经过这些加工后，会集中存储在高性能数据库中，为后续的故障预测决策提供强有力的支持。而故障预测层是该智能运维系统的核心部分，可以运用机器学习算法，结合大数据分析技术，为研究人员综合历史数据处理提供便利条件，同时，也能用于进行设备运行状态的深入分析，以构建可靠的故障预测模型^[1]。

第二，在开展系统优化维护过程中，需要考虑到各种设备的当前运行状态、历史故障记录及可用维护资源。有效提高工作效率，同时保证运维管理的科学性。此外，系统所提供的可视化工具，可以帮助运维人员更好地掌握设备运行健康状况，以便做出更为明智的决策。在系统监控层面，建立一个综合的监控机制，可以实时追踪数据采集、传输、处理、故障预测及维护决策等各个环节。当检测到异常情况时，系统可以迅速发出警报并启动应急预案，保证整个系统的连续性。

3.2 故障预测算法

在实施故障预测时，准确提取数据特征，涉及对电流、电压、温度及振动等多种传感器数据进行深入分析，可以有效反映设备健康状态的关键特征。例如，可以从设备的振动信号中提取频谱特征，再通过频域分析其中潜在的故障模式。同时，也可以通过时域分析，分析系统点电压的瞬时值及其随时间变化的趋势。其中，在选择合适的预测模型时，技术人员需要全面考虑不同机器学习算法的特性。时间序列数据，因其可以有效捕捉时间依赖性的深度学习模

型 LSTM, 得到了非常广泛的运用。而对于多维特征数据处理, 传统机器学习算法中随机森林的可解释性可以发挥出切实的作用^[2]。此外, 在模型训练阶段, 合理的数据划分对提高模型性能也会产生一定的影响。相关的技术人员们可以将数据分为训练集、验证集及测试集。训练集用于模型的初步学习, 验证集用于模型参数的调整, 方便选择出表现最佳的模型。测试集可以评估模型的最终预测能力, 增强模型的泛化能力。

3.3 隔离开关故障

隔离开关在变电一次设备中的功能性发挥非常关键。作为电源隔离和倒闸操作的关键设备, 隔离开关主要负责连接和断开小电流电路, 因此也被称为是变电系统的重要“保护者”。然而, 和所有精密机械一样, 隔离开关在实际的运行中, 也面临着接触不良、接地故障、机械故障、绝缘失效以及过热等多项问题的困扰。因此, 为了能更好地定位诊断并且处理这些故障, 相关技术人员需采取一系列可靠的技术方式。

关于隔离开关的过热问题处理, 需要格外谨慎。在变电隔离开关的工作过程中, 其内部热量的积累与散热空间的设计密切相关。一些变电系统内的隔离开关, 由于设计限制等因素的干扰, 散热空间较为狭窄, 这很容易导致其开关闭合部位的散热不畅。一旦散热故障出现, 就会严重威胁到隔离开关自身的正常运作, 并对整个变配电系统造成不利影响。为解决上述问题, 在开展检修工作过程中, 技术人员必须先观察接线座、触头等关键部件的状态。一旦发现问题, 比如压紧弹簧松动或者紧固螺栓出现锈蚀等现象, 需要立即采取纠正措施, 对出现问题的组件进行维修。例如, 可以考虑将压紧弹簧和紧固螺栓的材料升级为不锈钢, 这样设备整体的耐腐蚀性就会随之增加; 再比如可以定期清理开关载流接触面, 消除附着在其上的污垢, 这样可以增强设备的热传导性能; 也可以采取优化设计的方式, 增加适于隔离开关的散热空间, 以此最大化地减少过热现象的发生。此外, 检修人员需实时监测变电系统中隔离开关的运行温度。例如, 可以采用安装温度传感器, 以及设定温度报警阈值等方式, 对隔离开关运行温度的实时监控。一旦温度超过设定的阈值, 系统将自动发出报警信号, 提示检修人员迅速应对, 以有效防止因过热造成的隔离开关故障。

第二, 在处理隔离开关故障的过程中, 接触不良问题是一个亟需重视的重要环节。许多隔离开关在长时间承受恶劣工作条件的情况下, 若未及时进行有效的维护保养, 其表面就会出现非常严重的锈蚀现象。它会直接影响触点的正常接触, 还可能导致传动轴因锈蚀而变得笨重, 从而引发开关

运行异常, 并对整个电力系统的稳定性造成潜在威胁。在解决此类问题的过程中, 检修人员必须将重点放在关键部件上, 并应用高性能的防锈涂料对开关表面进行涂覆, 以切断空气和水分的接触, 防止锈蚀扩展, 还需要对传动轴等易生锈部位进行相应的润滑处理, 这样整个系统的运行过程就会变得更加的顺畅。对于那些长期在恶劣环境下工作的开关, 技术人员还需考虑对其结构进行必要的优化。改善其设计结构, 进而增强开关的防锈性能, 可以有效延长其使用寿命。并且也要保持轴承和关键元件之间活动自如, 这也是提升开关运行稳定的关键因素。

3.4 优化策略

在维护策略的制定过程中, 系统综合考虑多个影响因素, 包括设备的当前运行状况、历史故障记录以及维护资源的实时可用性。此外, 优化维护资源的配置也是决策过程中的重要环节, 这包括合理调配维护人员及保证备件充分准备。利用优化算法, 系统可以高效地安排维护任务, 以便在最短时间内完成必要的检修, 从而显著提高整体维护工作的效率。维护计划的生成并非维护流程的终点, 而是执行的第一步。在计划生成后, 具体的执行才是关键。在实施过程中, 必须进行详细的监控与记录。系统会实时跟踪维护任务的进展, 并详细记录维护的结果与反馈信息, 以便持续改进维护策略^[3]。

4 结语

综上所述, 对变电一次设备运行状态进行全面整合分析, 是保证故障预测具有针对性的重要基础。技术人员可以充分利用辅助仪表所提供的信息资源, 并结合先进的数据处理算法, 更好地预测设备可能发生的故障, 提高电力系统的整体可靠性, 还能为企业带来显著的经济效益。同时, 面对快速发展的电力行业, 数据驱动的管理方式越来越成为优化运行的重要手段。因此, 建立一套系统化的数据整合分析流程, 也能很好地提升变电站运维人员的故障预测能力。例如, 技术人员应充分利用物联网、大数据分析、云计算等现代技术手段, 提高对设备状态的实时监控能力, 以确保在故障发生前采取有效措施。

参考文献

- [1] 邵琨. 变电一次设备故障诊断与预防性维护优化研究[J]. 光源与照明, 2024(6): 87-89.
- [2] 孙文选. 变电一次设备故障检测及检修的探讨[J]. 科技创新与应用, 2021, 11(26): 67-69.
- [3] 项茂阳. 变电设备故障诊断系统研究及应用[D]. 济南: 山东大学, 2021.