

# Online Monitoring and Analysis System for Low Oil Equipment in Digital Substations Based on Artificial Intelligence

Yang Peng Qidong Cai Ming Wang Yangyang Wang

State Grid Xinjiang Electric Power Co., Ltd. Hami Power Supply Company, Hami, Xinjiang, 839000, China

## Abstract

In order to implement the transformation of State Grid from digitalization to intelligence, promote the comprehensive development of energy Internet of Things, and practice its in-depth practice in energy Internet of Things, a large number of sensing and monitoring devices such as CT current transformers/insulation sleeves have been deployed in recent years, and preliminary results have been achieved. However, due to the lack of supporting display and analysis of data uploaded to PMS2.0, the uniformly set threshold lacks scientific basis and does not consider the impact of regional environmental differences, resulting in an embarrassing situation of high false alarm rate, difficult analysis, and insufficient utilization of collected data. The lack of effective integration with other factors such as weather and load has led to blind spots in the data grasp of low oil equipment by various levels of units, and the data cannot support intelligent decision-making.

## Keywords

low oil equipment; give an alarm; artificial intelligence

## 基于人工智能数字化变电站少油设备在线监测分析系统

彭阳 蔡其东 王明 王阳阳

国网新疆电力有限公司哈密供电公司, 中国·新疆 哈密 839000

## 摘要

为贯彻落实国家电网从数字化向智能化转型, 深入推动能源物联网全面发展, 践行其在能源物联网的深入实践, 近几年已先后部署了大量CT电流互感器/绝缘套管等设备的传感监测装置, 取得了初步成效, 但由于数据上传至pms2.0, 无配套的展示分析, 统一设定的阈值缺乏科学依据, 未考虑地域环境差异带来的影响, 造成了误告警率高、分析困难、采集的数据不能充分利用的尴尬现状。与其他如气象、负荷等因素没能有效融合, 导致各单位对少油设备的数据掌握陷入盲区, 数据不能支撑智慧决策。

## 关键词

少油设备; 告警; 人工智能

## 1 引言

基于人工智能数字化变电站少油设备在线监测分析系统, 包括传感器, 用于实时监测少油设备的油温油压和氢气数据并无线传输至中继电器; 中继电器, 与传感器通过 LoRa 无线通讯, 接收多个传感器采集的数据并远程传输到物联网网关; 智能分析平台, 接收物联网网关传输的数据并进行数据预处理、数据分析、遥测数据动态调整阈值和预警。

## 2 基于人工智能数字化变电站少油设备在线监测系统设计

### 2.1 基于人工智能数字化变电站少油设备在线监测系统布局和功能

智能分析平台包括数据概览单元、设备分析单元、装

置分析单元、异常装置筛选单元、智能诊断单元、智能告警单元、系统管理单元。

数据概览单元: 用于对监测区域进行分类展示; 所述数据概览单元包括辖区设备概况、按电压等级统计设备情况、按变电站统计设备情况、设备状态评估、近一个月变电站告警 TOP10、最新告警; 辖区设备概况包括变电站数、监测装置、离线率、告警数, 按电压等级统计设备情况包括正常、离线、告警占比, 按变电站统计设备情况包括正常、离线、告警统计图, 设备状态评估包括正常、注意、异常、严重数量分布, 所述告警包括 P20 告警、温度告警、灵敏度告警。

设备分析单元: 用于对监测区域的设备运行参数进行展示; 设备分析单元包括搜索栏、设备列表、同类型设备对比分析; 搜索栏包括分组名称、电压等级、设备类型、设备厂商、装置厂商、大气压、投运时间、分析时间、日最大压差、运行压力最大值、查询; 设备列表包括变电站名称、分

【作者简介】彭阳(1989-), 男, 中国新疆哈密人, 本科, 副高级工程师, 从事电气工程及其自动化研究。

组名称、设备厂商、运行压力、运行氢气范围、最大温差、最大压差、告警事件、数据分析,数据分析包括设备分析、下载、智能诊断,设备分析包括压力温度变化趋势、压力温度相关性分析、压力温度概率密度分析、按日压力高低值分析、压差温差变化趋势、三相差对比分析、氢气对比分析。

**装置分析单元:**用于对监测区域的装置运行参数进行展示;所述装置分析单元包括搜索栏、设备列表、不同类型装置对比分析;搜索栏包括设备类型、电压等级、安装位置、相别、设备厂商、大气压、装置名称、装置厂商、装置型号、投运时间、分析时间、查询;设备列表包括变电站、装置名称、电压等级、设备厂商、安装位置、装置厂商、运行压力、压差、备注、操作,操作包括装置分析和下载,装置分析包括装置身份信息、装置监测数据量、数据量统计表,装置监测数据量包括总数据量、实际数据量、无效数据量、有效数据量。

**异常装置筛选单元:**用于查看筛选异常装置。

**智能诊断单元:**对告警设备进行智能诊断并给出诊断建议。

**智能告警单元:**用于对监测区域的传感器的告警信息进行展示;所述智能告警单元为平台端告警。

**系统管理单元:**用于对监测区域的传感器进行管理和对监测平台的设置管理;所述系统管理单元包括设备管理、传感器管理、诊断规则、告警规则、后台管理;所述后台管理包括变电站管理、用户管理、分组管理。

## 2.2 设计原则——时效性和可靠性

基于人工智能的数字化变电站少油设备在线监测分析系统实现了监测数据的智能分析、预警,还能动态调整告警阈值,从而极大地提高了监测的水平和质量。数据采集通过传感器实时、准确地监测少油设备的油温、油压和氢气数据,确保数据的实时性和准确性,通过无线传输数据到中继器;本系统采用 LoRa 无线通信技术,中继器能够稳定、可靠地接收多个传感器采集的数据,并实现远程传输;中继器能够将多个传感器的数据进行汇总和整合,减少了数据传输的复杂性和数据量,通过协同工作能够实现对变电站少油设备的全面、实时、智能的监测和分析,为变电站的安全运行提供有力保障,提高了监测水平和质量。

## 3 基于人工智能数字化变电站少油设备在线监测技术的实现

### 3.1 基于人工智能数字化变电站少油设备在线监测系统具体实施方案

设备分析和装置分析采用 HTML5 图表组件绘制曲线图、环形图、条形图、箱线图。采用 HTML5 图表组件绘制曲线图、环形图、条形图、箱线图等多种图示来表示设备分析和装置分析的结果,不同的图表类型适用于展示不同类型的数据和趋势。例如,曲线图适用于展示连续数据随时间的变化趋势,环形图适用于展示数据的比例关系,条形图适用

于对比不同类别之间的数据大小,而箱线图则能清晰地展示数据的分布情况,这些图示方式直观易懂,使得分析结果更加易于理解和解释,通过采用多种图示方式,可以展示更多的信息。不同的图表可以展示不同的数据维度和特征,从而提供更加全面的分析结果,这有助于用户从多个角度了解设备和装置的运行状态和性能表现,采用 HTML5 图表组件绘制多种图示来表示设备分析和装置分析的结果具有直观易懂、信息丰富、易于比较、交互性强,提高了分析的准确性和效率<sup>[1]</sup>。

通过机器学习,采用神经网络回归模型,系统可以根据实时数据自动学习和调整阈值,这意味着系统能够适应设备在不同运行条件下的正常变化,如温度、压力、负载等的变化,从而更加准确地识别潜在的故障。首先使用大量的正常运行数据来训练模型,可以确保阈值的准确性,再通过异常检测算法识别实际数据与预期数据之间的差异,从而进一步提高检测的准确性,基于规则的预警阈值可以根据设备的正常运行数据范围、变化率和趋势来制定初步的预警阈值,再不断地通过模拟设备运行故障的情况并收集故障数据,系统可以在训练过程中验证和调整预警阈值,这种方法是数据驱动的,可以确保阈值是基于实际故障情况来设定的,从而提高了其有效性和可靠性,再将初步的预警阈值应用于实际监测运行后,系统可以根据上传的实际监测数据进行迭代优化,这种持续的学习和改进可以确保阈值始终与设备的实际运行情况保持一致,从而保持其高度的准确性和有效性,由于系统可以根据实时数据自动调整阈值,因此它可以更好地适应设备在不同条件下的正常运行模式,这有助于降低由于误报而导致的运维人员的非必要干预和成本浪费,通过准确的预警和及时的干预,系统可以帮助运维人员更快地识别和解决潜在的设备故障,这不仅可以提高运维效率,还可以降低设备故障对生产运营的影响(图1)。告警阈值既可以自行设定又可以根据遥测数据及时调整告警阈值,系统允许自行设定告警阈值,可以根据自身的经验和对设备的了解,设置更加符合实际情况的阈值,同时这种设定也可以在需要时进行调整,以适应设备性能的变化或新的运行条件<sup>[2]</sup>。

### 3.2 基于人工智能数字化变电站少油设备在线监测系统的优点

①变电站少油设备智能监测分析系统,构建少油设备感知大数据中心体系,通过获取变电站的油压监测数据,通过数据层对油压监测数据进行分析预处理,再通过应用层对预处理信息进行大数据汇总分析,实现智能监测诊断功能,实现对变电站少油设备的监测和诊断分析,实现数据管理、数据决策和数据创新。

②通过对接多种数据源,采集海量数据,实现多源数据融合,将全疆各站点少油设备数据及站点气象、线路负荷等相关信息进行统一的汇集与管理,实时感知,深度挖掘数据价值,提供辅助决策。采用大数据技术分析 with 油压相关的

各种影响因子，建立状态预警与风险评估规则，对设备故障智能预判告警，采用人工智能算法进行设备状态异常辅助分析与故障诊断，提升变电站少油设备运行状态的感知水平和运维效率。

③采用大数据技术，综合全疆少油设备接入的压力、温度、负荷等海量数据，实现一站式数据分析，为各级总体把握设备运行状况、发展态势和波动规律提供观测分析资料，为各级管理人员在日常工作中的信息查询和统计提供更

多支持，为设备检修提供辅助依据。

④系统允许自行设定告警阈值，可以根据自身的经验和对设备的了解，设置更加符合实际情况的阈值，同时这种设定也可以在需要时进行调整，以适应设备性能的变化或新的运行条件。综上所述，告警阈值既可以自行设定又可以根据遥测数据及时调整的设计带来了适应性强、灵活性好、降低运维成本、提高系统可靠性和易于扩展升级等多个显著的优点<sup>[3]</sup>。



图 1 人工智能数字化变电站在线监测系统

#### 4 基于人工智能数字化变电站少油设备在线监测遥测数据动态调整阈值步骤

①获取正常运行数据训练模型并得到阈值，阈值用于区分正常运行数据和潜在的故障数据。

②采用异常检测算法来检测设备运行中的异常情况，通过比较实际数据与预期数据之间的差异确定是否异常。

③基于规则的预警阈值；根据设备正常运行的数据范围、变化率、趋势正常数据，制定告警规则，确定设备出现故障时的预警阈值。

④模拟设备运行故障的情况，收集故障数据，故障数据用于训练预警阈值并在训练过程中进行验证和调整。

⑤迭代优化；确定初步的预警阈值，应用于装置实际监测运行中，并根据上传的实际监测数据进行迭代优化调整阈值。

#### 5 结语

论文说明了一种基于人工智能数字化变电站少油设备在线监测分析系统，通过传感器、中继器和智能分析平台的有效结合，实现监测数据的智能分析、预警、动态调整告警阈值，提高了监测水平和质量，深度挖掘数据价值，准确评估设备状态。

#### 参考文献

[1] 赵飞.智能变电站的运行状态监测与分析[D].绵阳:西南科技大学,2021.  
 [2] 刘福强.虹桥变电站变压器在线监测系统应用研究[D].北京:华北电力大学,2012.  
 [3] 万然.变电站在线监测及辅助设备监控系统研究与应用[D].北京:华北电力大学,2014.