

# 基于大数据分析的变电站设备故障预警系统研究

姜长鹏

国网辽宁省电力有限公司本溪供电公司 辽宁 本溪 117000

**摘要:** 本研究聚焦基于大数据分析的变电站设备故障预警系统。阐述了变电站设备故障的多样性、复杂性、潜伏性和随机性特点及其对电力系统、供电可靠性、维修成本和环境的影响。介绍了大数据分析在该领域的优势,包括全面数据收集与整合、精准故障预测、深度关联分析等。详细阐述了系统架构的各个层次,如数据采集层、存储与管理层、分析层、预警决策层和应用接口层。还论述了数据采集与处理技术以及数据分析与故障预警算法。

**关键词:** 基于大数据分析; 变电站; 设备故障; 预警系统

引言: 随着电力系统的不断发展, 变电站设备的安全稳定运行至关重要。然而, 传统的故障检测方法存在诸多局限性。如今, 大数据分析技术为变电站设备故障预警带来了新机遇。变电站设备故障具有多样性、复杂性等特点, 其故障影响广泛。

## 1 变电站设备故障的特点及影响

### 1.1 变电站设备故障的特点

(1) 多样性: 变电站内设备丰富多样, 每种设备都有其独特的结构和功能, 故障表现也大相径庭。比如变压器可能出现过热、异响、绝缘击穿等问题。过热可能是由于过载或内部短路引起, 异响则可能是铁芯松动或绕组变形所致; 断路器可能出现拒动、误动、合闸不到位等故障, 这些故障会影响电路的正常通断; 隔离开关可能存在接触不良、操作卡涩等情况, 影响设备的正常切换; 互感器可能发生一次或二次侧保险丝熔断、内部放电、外壳漏油等状况。(2) 复杂性: 故障的产生往往是多种因素相互交织的结果。设备自身的老化会使部件性能下降、绝缘受损, 增加故障发生的可能性。长期的过载运行会使设备承受过大的负荷, 加速设备的老化和损坏。外部环境的影响也不可忽视, 如高温、潮湿、雷电等天气条件, 可能导致设备的绝缘性能降低、短路故障增多。(3) 潜伏性: 部分设备故障在初期阶段难以被及时发现, 具有一定的潜伏性。一些潜在的问题可能在设备内部缓慢发展, 例如绝缘材料的逐渐老化、接触部位的轻微松动等。这些问题在早期可能不会对设备的正常运行产生明显影响, 但随着时间的推移, 会不断积累和恶化, 最终引发明显的故障。(4) 随机性: 故障的发生时间和地点难以准确预测, 具有一定的随机性。即使是在相同的运行条件下, 不同的设备也可能在不同的时间出现故障。而且, 一些突发的外部事件, 如电力系统的瞬间过电压、意外的机械冲击等, 也可能导致设备故

障的突然发生。

### 1.2 变电站设备故障的影响

(1) 对电力系统: 变电站设备故障会严重影响电力系统的安全稳定运行。故障可能导致电力系统的电压、电流异常波动, 破坏电力系统的平衡和稳定。比如电压互感器故障可能导致测量数据不准确, 影响系统的电压调节; 断路器故障可能使电路无法正常断开, 引发过电流、过电压等问题, 对其他设备造成损害, 甚至可能引发大面积停电事故。(2) 对供电可靠性: 设备故障会导致供电中断, 影响用户的正常用电。特别是对于一些对电力供应要求较高的用户, 如医院、工厂、数据中心等, 短暂的停电都可能造成严重的后果, 如医疗设备无法正常运行、生产过程中断、数据丢失等。(3) 对维修成本: 故障发生后, 需要进行维修和更换设备, 这将增加电力企业的维修成本。维修过程中需要投入大量的人力、物力和财力, 包括维修人员的工资、设备的零部件更换费用、检测设备的使用费用等。而且, 如果设备故障较为严重, 需要进行大规模的维修或更换, 还可能影响到变电站的正常运行, 进一步增加维修成本和损失。(4) 对环境: 某些设备故障可能会对环境造成污染。例如, 变压器油泄漏会对土壤和水源造成污染, 影响生态环境; 电容器故障可能会产生有害物质, 对周围的空气和土壤造成危害。

## 2 大数据分析在变电站设备故障预警中的优势

### 2.1 全面的数据收集与整合

变电站设备众多且运行状态数据丰富, 大数据分析技术能够广泛收集变压器、断路器、互感器等各种设备的实时运行数据, 包括电压、电流、温度、振动等多维度信息。通过传感器可以实时获取变压器的油温、绕组温度等数据, 以及断路器的分合闸次数、动作时间等信息。将这些分散的数据整合起来, 形成全面的设备运行

状态数据集,为准确预警提供基础<sup>[1]</sup>。

## 2.2 精准的故障预测

基于大量的历史数据和实时监测数据,利用大数据分析算法可以建立精确的故障预测模型。通过对设备正常运行状态下的数据模式进行学习和分析,当实时数据出现异常偏离时,能够及时发现并预警。如根据历史数据中变压器在不同负载、环境温度下的正常运行参数范围,当实时监测到的参数超出该范围时,系统可判断变压器可能存在故障风险。

## 2.3 深度的关联分析

变电站设备之间存在着复杂的关联关系,一个设备的故障可能会影响到其他设备的运行。大数据分析可以对设备之间的关联关系进行深度挖掘和分析,从而更准确地判断故障的影响范围和传播路径。比如,当某一线路上的断路器出现故障时,通过关联分析可以快速判断该故障是否会影响到同一直路上的其他设备,以及对整个变电站的供电系统产生怎样的影响,以便提前采取相应的措施。

## 2.4 实时监测与快速响应

大数据分析系统能够对变电站设备进行实时监测,快速处理和分析大量的实时数据。一旦发现设备运行状态异常,能够立即发出预警信息,使运维人员可以及时采取措施进行处理,避免故障的进一步扩大。相比传统的定期巡检方式,大大提高了故障预警的及时性和准确性。除了提供故障预警信息外,大数据分析还可以为运维人员提供详细的数据分析报告和决策支持。根据设备的故障概率、维修成本、对供电系统的影响等因素,对设备进行优先级排序,帮助运维人员制定合理的维修计划和资源分配方案,提高运维管理的效率和科学性。

# 3 基于大数据分析的变电站设备故障预警系统架构

## 3.1 数据采集层

(1) 传感器网络:在变电站的各种设备上安装大量的传感器,如温度传感器、湿度传感器、振动传感器、电流传感器、电压传感器等,实时采集设备的运行状态数据。这些传感器能够精确地测量设备的各种物理参数,为后续的分析提供基础数据。(2) 数据传输接口:负责将传感器采集到的数据传输到系统中。这包括有线传输方式,如以太网、光纤等,以及无线传输方式,如Wi-Fi、蓝牙、ZigBee等,确保数据能够快速、准确地传输到数据存储和处理层。

## 3.2 数据存储与管理层

(1) 数据存储:使用大容量的数据库来存储采集到的海量数据,包括实时数据和历史数据。可以采用关系

型数据库来存储结构化数据,如设备的基本信息、监测数据的时间戳等;同时,使用非关系型数据库来存储非结构化数据,如设备的图像、声音等信息。这样能够满足不同类型数据的存储需求。(2) 数据预处理:对采集到的数据进行清洗、去噪、转换等预处理操作,去除无效数据和异常数据,提高数据的质量和准确性。例如,对于传感器采集到的噪声数据,可以采用滤波算法进行去噪处理;对于不同格式的数据,可以进行格式转换,以便后续的分析 and 处理。(3) 数据管理:对数据进行分类、索引和备份管理,方便数据的查询和检索<sup>[2]</sup>。建立数据的索引结构,能够快速定位到所需的数据;定期对数据进行备份,防止数据丢失,确保数据的安全性和可靠性。

## 3.3 数据分析层

(1) 大数据分析平台:搭建强大的大数据分析平台,如Hadoop、Spark等,利用分布式计算和存储技术,对海量的设备运行数据进行快速分析和处理。通过数据挖掘、机器学习等算法,挖掘数据中的潜在模式和规律,识别设备的异常状态和故障征兆。(2) 故障诊断模型:基于历史数据和专家经验,建立各种故障诊断模型,如基于阈值的故障诊断模型、基于统计分析的故障诊断模型、基于机器学习的故障诊断模型等。这些模型能够根据设备的运行数据,判断设备是否存在故障,并预测故障的类型、程度和发展趋势。(3) 关联分析模块:分析变电站设备之间的关联关系,找出设备之间的相互影响和依赖关系。当一个设备出现故障时,能够快速判断可能受到影响的设备,提前发出预警,避免故障的扩散和蔓延。

## 3.4 预警决策层

(1) 预警生成:根据数据分析的结果,当设备的运行状态超过预设的阈值或出现异常模式时,系统自动生成预警信息。预警信息包括故障设备的名称、位置、故障类型、严重程度等,以便运维人员能够快速了解故障情况。(2) 决策支持:为运维人员提供决策支持,根据故障的类型和严重程度,推荐相应的处理措施和维修方案。例如,对于轻微的故障,可以建议进行在线监测和观察;对于严重的故障,建议立即停机检修,并提供详细的检修步骤和注意事项。(3) 可视化展示:将设备的运行状态、预警信息、分析结果等以直观的图表、图形等形式展示给运维人员,方便他们快速了解设备的运行情况和故障信息。

## 3.5 应用接口层

(1) 与其他系统的接口:与变电站的自动化控制系

统、调度系统等其他相关系统进行接口对接,实现数据的共享和交互。当故障预警系统发出预警信息时,能够及时通知相关系统,以便采取相应的控制措施和调度策略,保障电力系统的安全稳定运行。(2)用户界面:为运维人员提供友好的用户界面,方便他们进行系统的操作和管理。用户界面应具有简洁明了的菜单结构、易于操作的功能按钮和详细的帮助文档,使运维人员能够快速上手使用系统。

## 4 数据采集与处理技术

### 4.1 数据采集技术

(1)传感器技术:传感器是数据采集的关键设备,它可以将物理量转换为电信号,实现对设备运行状态的实时监测。常用的传感器包括温度传感器、湿度传感器、压力传感器、电流传感器、电压传感器等。(2)智能仪表技术:智能仪表可以实现对设备参数的自动测量和记录,并通过通信接口将数据传输到数据采集系统中。智能仪表具有精度高、可靠性强、功能丰富等优点,广泛应用于变电站设备的监测和控制中。(3)监控系统数据采集:变电站监控系统可以实时采集设备的运行状态信息,如开关状态、保护动作信息等。通过与监控系统的集成,可以实现对设备运行状态的全面监测。

### 4.2 数据预处理技术

(1)数据清洗:对采集到的数据进行清洗,去除噪声、异常值等干扰因素,确保数据的准确性和可靠性。(2)数据转换:将采集到的数据进行转换,使其符合数据分析的要求。例如,将温度数据从摄氏度转换为华氏度,将电压数据从交流转换为直流等。(3)数据归一化:对不同类型的数据进行归一化处理,使其具有相同的量纲和范围,便于数据分析和比较。

## 5 数据分析与故障预警算法

### 5.1 数据挖掘算法

(1)关联规则挖掘:通过挖掘设备运行数据中的关联规则,发现设备参数之间的潜在关系,为故障预警提供依据。例如,发现温度升高与电流增大之间的关联关系,可能预示着设备存在过载故障。(2)聚类分析:对设备运行数据进行聚类分析,将具有相似特征的数据聚为一类,以便发现异常数据点。通过聚类分析可以发现温度异常升高的设备,可能存在故障隐患。(3)分类算法:利用分类算法对设备的运行状态进行分类,判断设备是否存在故障。例如,采用支持向量机、决策树等分类算法,对设备的温度、电流、电压等参数进行分析,

判断设备是否处于正常状态。

### 5.2 机器学习算法

(1)神经网络:神经网络具有强大的非线性映射能力和自学习能力,可以对设备运行数据进行建模和预测。通过训练神经网络,可以实现对设备故障的准确预警。(2)支持向量机:支持向量机是一种基于统计学习理论的分类算法,具有较高的准确性和泛化能力<sup>[1]</sup>。在变电站设备故障预警中,支持向量机可以用于对设备的运行状态进行分类,判断设备是否存在故障。(3)随机森林:随机森林是一种集成学习算法,由多个决策树组成。随机森林具有较高的准确性和稳定性,可以用于对设备运行数据进行分析 and 预测,实现故障预警。

### 5.3 统计分析方法

(1)均值分析:对设备运行数据的均值进行分析,判断设备参数是否偏离正常范围。例如,当设备的温度均值明显高于正常范围时,可能存在故障隐患。(2)方差分析:对设备运行数据的方差进行分析,判断设备参数的波动情况。如果设备参数的方差较大,说明设备运行不稳定,可能存在故障风险。(3)趋势分析:对设备运行数据的趋势进行分析,判断设备参数的变化趋势。如果设备参数呈现出明显的上升或下降趋势,可能预示着设备存在故障。

## 结束语

基于大数据分析的变电站设备故障预警系统为变电站的安全稳定运行提供了强大保障。通过对设备故障特点的深入分析,利用大数据分析的优势构建系统架构,并采用先进的数据采集与处理技术和分析算法,能够及时准确地预警设备故障。这不仅有助于提高电力系统的安全性和稳定性,降低供电中断风险,减少维修成本,还能减少对环境的影响。

## 参考文献

- [1]王元峰,王林波,王冕,等.基于大数据的配电设备运行状态监控与故障预警系统设计[J].自动化与仪器仪表,2021,10-14.
- [2]陈思函,马永光,马良玉.基于大数据分析的风电机组变桨系统建模及故障预警研究[J].电力科学与工程,2020,36(9):6.
- [3]徐俊山,孔小强,马廷,等.基于大数据的风电设备远程故障监测与诊断技术应用研究[J].中国新通信,2024,26(2):86-88.