

数字化变电站运行数据可视化分析系统设计与实现

王欣 钞江涛

内蒙古电力(集团)有限责任公司薛家湾供电分公司 内蒙古 鄂尔多斯 017100

摘要: 在智能电网快速发展背景下,针对数字化变电站运行数据量大、类型多样且关联性复杂等特点,基于直观展示、多维度分析等需求,设计并实现数字化变电站运行数据可视化分析系统。通过分层架构设计、关键技术与算法应用,以及合理的数据库设计与技术选型,完成系统各模块开发。该系统可助力运行人员高效掌握变电站运行状态,为电力系统稳定运行提供有力支持。

关键词: 数字化变电站;运行数据;可视化分析系统;设计实现

1 数字化变电站运行数据特点

1.1 数据量大

数字化变电站在日常运行过程中,各类智能设备如电子式互感器、智能开关、保护装置等持续不断地产生数据。以一台中等规模的数字化变电站为例,站内部署的智能设备数量可达数百甚至上千台,每台设备每秒都可能产生多个采样点数据。仅电流、电压等基础电气量的采样数据,每秒钟的采集量就可达数千条。设备的运行状态信息、故障录波数据、监测数据等也在源源不断地产生。这些海量数据为全面了解变电站运行状况提供了丰富的素材,但同时也给数据的存储、传输和处理带来了巨大挑战。传统的数据处理技术和存储设备在面对如此庞大的数据量时,往往会出现处理速度慢、存储容量不足等问题,难以满足数字化变电站高效运行的需求。

1.2 数据类型多样

数字化变电站运行数据涵盖了多种类型,包括数值型数据、状态型数据、文本型数据以及图形图像数据等。数值型数据如电流、电压、功率等电气参数,是反映变电站电力运行状况的关键指标;状态型数据主要记录设备的运行状态,如开关的分合状态、保护装置的动作状态等;文本型数据则包含设备的检修记录、运行日志等信息;图形图像数据如设备的三维模型、故障现场的图像等,能够直观地展示设备的外观和现场情况^[1]。不同类型的数据具有不同的特点和用途,其存储格式和处理方式也存在差异。多种类型数据的融合,使得数据处理的难度进一步加大,需要采用多样化的数据处理技术和工具来应对。

1.3 数据关联性复杂

数字化变电站内各设备之间相互关联、相互影响,运行数据之间存在着复杂的关联关系。一个设备的故障可能会引发其他设备的连锁反应,导致多个设备的运行

数据发生异常变化。另外,不同类型的数据之间也存在着内在联系,如电气参数的变化与设备状态的改变密切相关。挖掘和分析这些复杂的数据关联性,对于准确判断设备故障、预测设备运行趋势以及优化变电站运行管理具有重要意义。然而,由于数据关联性的复杂性,传统的分析方法往往难以有效地发现这些潜在的关联关系,需要借助先进的数据分析技术和算法,如数据挖掘、机器学习等,来深入分析数据之间的内在联系。

2 数字化变电站运行数据可视化分析需求

2.1 直观展示需求

数字化变电站运行数据量大且类型多样,单纯以数字或文本形式呈现数据,运行人员很难快速理解数据所蕴含的信息和规律。因此,迫切需要将复杂的数据以直观、形象的可视化形式展示出来。例如,通过折线图展示电气参数随时间的变化趋势,能够清晰地呈现电压、电流等参数的波动情况;利用柱状图对比不同设备的运行指标,可直观地发现设备之间的性能差异;采用热力图展示变电站内各区域的负荷分布,使运行人员一眼就能看出负荷的集中区域和薄弱环节。直观的可视化展示可以帮助运行人员快速获取关键信息,提高工作效率,降低因数据理解困难而导致的误判风险。

2.2 多维度分析需求

变电站的运行状况受到多种因素的影响,单一维度的数据分析难以全面反映其真实情况。需要从多个维度对运行数据进行深入分析。可以从时间维度分析数据的变化趋势,了解设备在不同时间段的运行情况;从空间维度分析变电站内各设备、各区域之间的数据差异,找出潜在的问题区域;从设备类型维度对比不同类型设备的运行性能,评估设备的可靠性;还可以结合外部因素,如天气、用电负荷等,进行综合分析。通过多维度分析,能够更全面、更深入地了解变电站的运行规律和潜

在问题,为优化运行管理、制定设备维护策略提供有力支持。

2.3 实时监测与预警需求

由于数字化变电站运行数据实时性强,为了及时发现设备异常和潜在故障,保障电力系统的安全稳定运行,必须实现对数据的实时监测与预警。系统应能够实时采集和处理数据,当监测到数据超出正常范围或出现异常变化趋势时,立即发出预警信息。预警方式可以采用声音提示、弹窗提醒、短信通知等多种形式,确保运行人员能够及时获取信息。同时预警信息应包含详细的故障描述和相关数据,如故障发生的时间、位置、涉及的设备以及具体的异常参数等,以便运行人员迅速采取措施进行处理,避免故障的扩大和蔓延。

2.4 交互式操作需求

为了满足运行人员多样化的工作需求,数字化变电站运行数据可视化分析系统应具备交互式操作功能。运行人员可以通过鼠标点击、拖拽、缩放等操作,灵活地查看不同区域、不同时间段的数据,深入挖掘数据背后的信息。例如,在可视化界面上点击某个设备图标,即可弹出该设备的详细运行数据和历史记录;通过拖拽时间轴,可以查看不同时间段内数据的变化情况;利用缩放功能,可以对局部数据进行放大查看,以便更清晰地观察数据细节^[2]。系统还应支持用户自定义分析条件和展示方式,运行人员可以根据实际需求选择需要分析的数据指标和可视化图表类型,实现个性化的数据展示和分析,提高工作的针对性和效率。

3 数字化变电站运行数据可视化分析系统设计

3.1 系统需求分析

在设计系统之前,深入进行需求分析是确保系统满足实际应用需求的重要环节。通过与变电站运行管理人员、技术人员等进行沟通交流,了解他们在日常工作中对数据可视化分析的具体需求。包括需要展示哪些数据指标、采用何种可视化方式、实现哪些分析功能、对系统性能和稳定性有哪些要求等。同时还需要考虑系统与变电站现有设备和系统的兼容性,确保新系统能够顺利接入变电站的运行管理体系。还应分析未来变电站发展和数据变化的趋势,使系统具有一定的扩展性和适应性,能够满足未来业务发展的需求。

3.2 系统架构设计

合理的系统架构设计是保障系统高效运行和稳定可靠的基础。数字化变电站运行数据可视化分析系统可采用分层架构设计,主要包括数据采集层、数据处理层、数据分析层和可视化展示层。数据采集层负责从变电站

内的各类智能设备和传感器中采集运行数据,并通过通信网络将数据传输到数据处理层;数据处理层对采集到的数据进行清洗、转换、存储等预处理操作,去除噪声数据,统一数据格式,为后续的分析和展示提供高质量的数据;数据分析层运用各种数据分析技术和算法,对处理后的数据进行深入分析,挖掘数据之间的关联关系和潜在规律;可视化展示层将分析结果以直观、形象的可视化图表和界面呈现给用户,同时提供交互式操作功能,方便用户进行数据查看和分析。各层之间通过标准化的接口进行数据交互和通信,确保系统的可扩展性和兼容性。

3.3 关键技术与算法设计

为了实现系统的功能,需要采用一系列关键技术和算法。在数据采集方面,采用高速通信协议和可靠的数据传输技术,确保数据能够准确、实时地采集和传输;在数据处理环节,运用数据清洗算法去除噪声数据,采用数据转换算法将不同格式的数据统一为标准格式;在数据分析领域,应用数据挖掘算法如关联规则挖掘、聚类分析等,发现数据之间的潜在关联和模式;利用机器学习算法如神经网络、决策树等,对设备的运行状态进行预测和故障诊断。在可视化展示方面,采用先进的可视化技术,如HTML5、CSS3和JavaScript等,实现动态、交互性强的可视化界面;运用三维可视化技术,对变电站设备进行三维建模和展示,增强可视化效果的直观性和立体感。

3.4 数据库设计

数据库是存储和管理数字化变电站运行数据的核心。根据数据类型多样的特点,数据库设计应采用混合存储模式,将结构化数据存储 in 关系型数据库中,如MySQL、Oracle等,便于进行数据的查询、统计和分析;将非结构化数据如文本、图像等存储在非关系型数据库中,如MongoDB、Redis等,以满足不同类型数据的存储需求^[3]。在数据库表结构设计方面,需要根据数据的特点和分析需求,合理划分数据表,建立表与表之间的关联关系,确保数据的完整性和一致性。为了提高数据的存储和查询效率,还需要对数据库进行优化,如建立索引、分区表等,以满足系统对大量数据快速处理的要求。

4 数字化变电站运行数据可视化分析系统实现

4.1 系统开发环境与技术选型

系统开发环境的选择和技术选型直接影响系统的开发效率和运行性能。开发环境可选用Windows或Linux操作系统,根据实际需求和团队技术能力进行选择。在编程语言方面,后端开发可采用Java或Python,Java具有

良好的跨平台性和稳定性,适合开发大型企业级应用;Python则具有简洁的语法和丰富的数据分析库,便于实现数据处理和分析功能。前端开发采用HTML5、CSS3和JavaScript等技术,结合流行的前端框架如Vue.js或React.js,提高前端开发效率和用户体验。在数据库方面,关系型数据库可选用MySQL,其开源、高效且易于管理;非关系型数据库可选择MongoDB,能够灵活地存储和处理非结构化数据。还需要选用合适的可视化库,如ECharts、D3.js等,实现丰富多样的可视化图表展示。

4.2 数据采集与处理模块实现

数据采集与处理模块是系统获取高质量数据的关键环节。在数据采集部分,通过编写通信程序,采用符合变电站通信标准的协议,如IEC61850协议,实现与站内智能设备的通信,实时采集设备的运行数据。为了确保数据采集的准确性和稳定性,需要对通信过程进行错误处理和重传机制设计,当通信出现故障或数据传输错误时,能够及时进行恢复和重新采集。在数据处理方面,首先对采集到的数据进行清洗,通过设定数据阈值、异常值检测算法等,去除噪声数据和无效数据;然后对数据进行转换,将不同格式的数据统一为系统可识别的标准格式,并进行数据编码和归一化处理,以便后续的分析 and 存储。最后,将处理后的数据存储到相应的数据库中,为数据分析模块提供可靠的数据支持。

4.3 数据分析模块实现

数据分析模块是系统的核心部分,负责对处理后的数据进行深入分析。根据不同的分析需求,实现多种数据分析功能。对于数据趋势分析,采用时间序列分析算法,对电气参数等随时间变化的数据进行建模和预测,绘制数据趋势图,帮助运行人员了解数据的变化规律和发展趋势;在故障诊断方面,运用机器学习算法构建故障诊断模型,通过对历史故障数据的学习和训练,实现对设备故障的快速准确诊断,并给出故障原因和处理建议;对于数据关联性分析,利用数据挖掘算法挖掘数据之间的潜在关联关系,发现设备运行过程中的异常模式

和规律。为了提高数据分析的效率和准确性,还需要对算法进行优化和调参,根据实际数据特点和分析需求,选择合适的算法参数和计算方法,确保分析结果的可靠性。

4.4 可视化模块实现

可视化模块将数据分析结果以直观、美观的方式展示给用户。通过调用可视化库,根据数据分析结果和用户需求,生成各种类型的可视化图表,如折线图、柱状图、饼图、热力图等^[4]。在图表设计过程中,注重图表的美观性和可读性,合理选择颜色、字体、布局等元素,使图表能够清晰地传达数据信息。实现交互式操作功能,通过编写JavaScript代码,为可视化图表添加交互事件,如点击事件、拖拽事件、缩放事件等,使用户能够通过操作图表深入查看数据细节和相关信息,还可以利用三维可视化技术,对变电站设备进行三维建模和展示,用户可以通过鼠标操作对设备进行旋转、缩放等操作,全方位查看设备的外观和内部结构,增强可视化效果的沉浸感和直观性。

结束语

本文成功设计并实现数字化变电站运行数据可视化分析系统,有效满足变电站数据处理与分析需求。系统通过可视化手段提升运维效率,增强故障预警能力。未来,可进一步探索人工智能技术深度融合,优化算法性能,提升系统智能化水平,以适应数字化变电站不断发展的需求。

参考文献

- [1]朱子太.智能化变电站运维检修管理模式的研究[J].石河子科技,2023(5):31-32.
- [2]余土忠,郑明富,崔元旭,等.变电站智能三维运检平台开发与应用研究[J].科技资讯,2020,18(4):31,33.
- [3]李默煊.基于视频监控的变电站可视化远程智能巡检方法[J].通信电源技术,2022,39(21):3-4.
- [4]王文欣,郭亮.电网集中监控下移动可视化监控系统的设计[J].农村电气化,2020(3):3-5.