

# 新一代智能变电站继电保护故障可视化分析方案

种浩程

(国网天津市电力公司高压分公司, 天津 300000)

**摘要** 智能变电站继电保护系统的故障可视化分析对电网的稳定运行至关重要。本文针对新一代智能变电站, 提出了一套综合利用先进通信技术和智能化管理工具的可视化分析方案。该方案通过分层系统架构设计, 实现了从数据采集、处理存储到分析决策支持的流畅过渡。故障信号处理流程包括捕获、预处理、特征提取、分类定位到诊断展示。界面设计原则强调清晰直观性和用户中心设计, 确保信息准确、及时传达。技术实现涵盖了前端展示和后端处理, 以及用户交互设计, 保障了系统的全面性和有效性。

**关键词** 智能变电站; 继电保护; 故障可视化

中图分类号: TM77

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2024)02-0049-03

智能变电站作为电力系统的重要组成部分, 其继电保护系统的可靠性直接关系到电网安全运行。随着自动化、智能化水平的提高, 对故障分析方法提出了更高要求。故障可视化分析方案的提出, 不仅提高了故障诊断的效率和准确性, 而且优化了电力资源的分配和使用, 减少了环境影响。此方案为智能变电站的运维提供了技术支持, 增强了电网的稳定性和环境的可持续性。

## 1 新一代智能变电站核心技术

新一代智能变电站的核心技术体现在其高度的自动化、智能化和信息化。在这些变电站中, 先进的通信技术起到至关重要的作用。利用光纤通信和无线技术, 实现了站内外信息的高速、可靠传输, 确保了数据传输的安全性和实时性。智能化管理通过集成先进的传感器和监测设备, 实现对变电站设备状态的实时监控, 包括温度、压力、电流和电压等关键参数的监测。自动化控制系统是智能变电站的另一核心技术。这种系统采用了先进的计算机技术和控制算法, 能够自动完成故障检测、隔离和系统重配置。通过实时数据分析和处理, 这些系统能够及时发现潜在的设备问题, 从而提前进行维修和维护, 大大降低了故障率和维护成本。此外, 智能变电站还重视能源管理的优化。通过引入高级的能源管理系统 (EMS), 实现了对电力资源的有效分配和使用。这种系统通过对电网负荷的实时监测和预测, 能够优化电力的分配和调度, 提高能源效率。环境友好和可持续性也是新一代智能变电站

的关键考量。通过采用环保材料和技术, 如无 SF6 断路器, 以及通过优化设计减少土地占用和对自然环境的影响, 智能变电站在提高能效的同时, 也致力于减少对环境的负面影响。

## 2 新一代智能变电站继电保护系统常见故障类型

新一代智能变电站在提升电网效率和可靠性的同时, 也面临着多种继电保护系统的故障类型。这些故障类型涵盖了从传统到先进技术相关的多个方面。首先, 硬件故障是常见的问题, 包括故障在保护装置的电源、断路器控制电路、保护继电器及其它关键组件。这类故障可能由于元器件老化、环境因素或制造缺陷引起。硬件故障会导致保护系统的不正确动作, 比如误动作或者拒动。其次, 软件和配置错误也是新一代智能变电站中常见的故障类型。随着保护系统变得越来越依赖于软件, 程序错误、配置不当或更新不及时都可能对保护系统的功能受到影响。例如, 保护逻辑的错误配置可能导致在非故障情况下断开电网, 或者在真正的故障情况下未能及时切断故障部分<sup>[1]</sup>。通信故障也是智能变电站中的一个重要问题。在智能变电站中, 保护系统依赖于高速且可靠的通信网络来传输数据和控制命令。通信网络的任何中断或延迟都可能影响保护系统的响应时间和准确性。例如, 同步测量技术的应用需要精确的时间同步, 任何通信延时都可能导致数据不准确, 从而影响保护策略的执行。此外, 外部因素如雷电、电磁干扰和环境影响也可能导致继

电保护系统故障。雷电直接击中或感应电压可能导致保护设备损坏。同时,高强度的电磁干扰可能影响电子设备的正常工作,导致误动作或拒动。最后,人为操作错误也不容忽视。在安装、调试或维护保护系统的过程中,操作不当可能导致设置错误,从而影响系统的正常运行。

### 3 新一代智能变电站继电保护故障可视化分析方案设计

#### 3.1 系统架构设计

系统架构设计在新一代智能变电站继电保护故障可视化分析方案中扮演着关键角色,其目的是确保系统既高效又可靠,同时也易于维护和扩展。这种设计通常采用分层结构,每一层都有其特定功能,共同协作以实现整体的系统目标。

在最底层,是数据采集层。这一层包括各种传感器和智能电子设备(IEDs),负责从变电站的不同部件如变压器、断路器和继电器中收集数据。这些设备能够实时监控设备状态,如电压、电流、温度等,并将这些数据发送到上一层进行进一步处理。

紧接着是数据处理和存储层。这一层通常包含一个或多个服务器,负责接收来自数据采集层的原始数据。这里的关键任务是对数据进行清洗、格式化和存储,为后续的分析 and 可视化提供支撑。此外,该层还可能包括数据库系统,用于高效地存储和检索历史数据。

再上一层是分析和决策支持层。在这一层,通过高级的数据分析工具和算法,如机器学习和人工智能,对收集的数据进行深入分析,以识别潜在的故障和异常。这一层的输出是对当前系统状态的详细理解和未来可能发生的事件的预测,为运营人员的决策提供依据。

最上层是用户界面层。这一层提供了一个直观的界面,使操作人员能够轻松地查看和理解系统状态和警报。该层的设计应注重用户体验,确保信息的呈现既直观又易于理解。交互式的可视化工具和仪表盘在这一层尤为重要,它们可以帮助用户快速识别问题所在并采取适当的措施<sup>[2]</sup>。

#### 3.2 故障信号处理流程

故障信号处理流程在智能变电站的继电保护故障可视化分析中起着核心作用。这一流程从捕获故障信号开始,经过一系列精确的步骤,最终得出有用的分析结果,为故障诊断和后续处理提供重要信息。首先是故障信号的捕获。在智能变电站中,各种传感器和智能电子设备实时监测电网的各项参数,如电流、电压、

频率等。一旦检测到异常信号,如超出正常运行范围的电压或电流,这些设备便会立即捕获并记录相关的故障信号。接下来是信号预处理。捕获的原始信号通常含有噪声或不完整的数据,需要通过预处理来优化。预处理包括滤波、去噪声、归一化等步骤,以提高信号质量,为后续分析提供更准确的输入。随后进行信号特征提取。这一步是从预处理后的信号中提取关键特征,这些特征能够准确地描述故障的性质和位置。特征提取可能涉及计算信号的统计属性,比如幅值、相位、频率等,或者使用更高级的技术如小波变换来识别故障信号的特定模式。特征提取后,进入故障分类和定位阶段。在这个阶段,系统利用先前提取的信号特征,通过算法判断故障的类型和可能的位置。这通常涉及复杂的算法和模型,比如基于规则的逻辑、神经网络或支持向量机等机器学习方法。最后是故障诊断和可视化展示。经过分类和定位后的故障信息被传送到可视化系统。在这里,故障数据以图形和图表的形式展现,使操作人员能够直观地理解故障的性质和位置。

#### 3.3 可视化界面设计原则

在新一代智能变电站继电保护故障可视化分析方案中,可视化界面设计原则扮演着至关重要的角色。这些原则确保界面不仅美观、直观,而且能够有效地传达复杂信息,使操作人员能够迅速且准确地理解和响应各种情况。首要原则是清晰性和直观性。可视化界面应该能够以简洁明了的方式展示复杂的数据和分析结果。使用图形、颜色和符号来表示不同的数据和状态,使得信息一目了然。此外,确保界面布局逻辑清晰,用户可以轻松地找到他们需要的信息。用户中心设计也至关重要。界面设计应考虑到最终用户的需求和习惯,以用户为中心来构建界面和功能。这包括了解用户的技能水平、日常操作习惯和任务流程,确保界面设计符合其工作方式和偏好<sup>[3]</sup>。响应性和交互性是另一个关键原则。界面应该能够快速响应用户的操作,并提供必要的反馈。此外,允许用户与界面进行交互,比如通过点击、拖动或缩放来查看不同的数据视图,可以帮助用户更深入地理解数据。数据的准确性和及时性是可视化界面设计中不可忽视的。展示的数据必须是最新的且无误,以确保用户可以基于最准确的信息做出决策。因此,设计时需要考虑数据的实时更新和准确性保障。最后,考虑到可视化界面的可访问性和适应性。界面设计应考虑到不同的用户群体,包括那些有特殊需求的用户。

## 4 新一代智能变电站继电保护故障可视化分析技术实现

### 4.1 前端技术

在新一代智能变电站继电保护故障可视化分析方案中,前端技术扮演着关键作用,使得复杂的数据和分析结果能够通过图形界面直观地展现给用户。主要的前端技术包括 HTML5、SVG、WebGL 等,每种技术都有其独特的作用和优势。HTML5 作为最新的 HTML 标准,提供了丰富的功能和更好的浏览器兼容性。它支持最新的多媒体元素,如音频和视频,而且不再需要额外的插件或应用程序。HTML5 还引入了更多的 API,如离线存储、拖放操作和地理位置服务,这些都为创建功能丰富的用户界面提供了可能。SVG(可缩放矢量图形)是用于描述二维图形和图形应用程序的 XML-based 语言。在智能变电站的可视化界面中,SVG 可用于渲染复杂的电网布局图和动态变化的数据图表。由于 SVG 图形是矢量的,它们可以在不失真的情况下放大或缩小,非常适合展示精确的图形细节<sup>[4]</sup>。

### 4.2 后端技术

在新一代智能变电站继电保护故障可视化分析方案中,后端技术起着至关重要的支持作用,确保数据的有效处理和存储,以及前后端的顺畅通信。这些技术主要包括数据库管理和服务器端编程等方面。数据库管理是后端架构的核心部分,用于高效存储、检索和管理大量的变电站数据。这些数据可能包括实时监测数据、历史记录、故障日志以及系统配置信息等。使用先进的数据库系统,如关系型数据库(如 MySQL、PostgreSQL)或非关系型数据库(如 MongoDB),可以根据需求和数据类型进行优化。数据库的设计要考虑到数据的结构、索引策略和查询效率,以支持快速的数据访问和处理。服务器端编程则涉及创建和维护在服务器上运行的应用程序,这些程序处理来自前端的请求,执行业务逻辑,然后将结果返回给前端。使用流行的服务器端编程语言和框架,如 Java、.NET、Python(Django、Flask 等)或 Node.js 等,可以构建强大且可靠的后端服务。服务器端编程还需要处理与数据库的交互、网络通信、安全性问题(如认证和授权)和错误处理。为了处理大量的数据和高并发的请求,后端架构可能还包括缓存系统(如 Redis),以提高数据处理速度和降低数据库负载。

### 4.3 交互设计

交互设计在新一代智能变电站继电保护故障可视化分析方案中发挥着至关重要的作用,它关注于如何

使用户操作流程直观、高效,以及如何设计易于使用且信息丰富的交互界面。用户操作流程的设计始于深入理解用户的工作模式和需求。这意味着操作流程应尽可能直观,使得用户能够轻松地导航并执行必要的任务。操作流程应当简化复杂任务,通过清晰的步骤引导用户完成特定的操作,如监测电网状态、识别故障、分析故障原因及采取应对措施<sup>[5]</sup>。在设计时,减少用户的点击次数和页面跳转,确保用户能够快速地从一个任务过渡到另一个任务,是提高效率的关键。在交互界面设计方面,应用现代的用户界面(UI)设计原则至关重要。界面应清晰展示信息,使用合适的字体大小和颜色对比,确保文本和图形都易于阅读。图形元素,如按钮、图标和菜单,应清楚地标记,直观地反映其功能。同时,界面布局应合理安排,常用的功能应易于访问,而更复杂或少用的功能则可以相对隐藏,以避免界面过于拥挤。使用图表、图形和颜色编码来呈现数据,可以帮助用户快速理解复杂的电网状况和故障分析。例如,使用不同颜色来表示不同的电网状态或故障严重性,可以让用户一目了然地识别问题所在。

## 5 结论

综合考虑智能变电站的自动化、智能化特点,本文提出的故障可视化分析方案显著提升了继电保护系统的故障处理能力。系统架构的分层设计确保了数据处理的高效性和系统的可扩展性。故障信号处理流程的精细化管理,从捕获到展示,确保了故障分析的准确性和及时性。用户界面的直观设计和交互性提高了操作人员的工作效率。技术实现方面,前端与后端的有效结合,确保了系统的稳定性和数据的实时更新。通过此方案,智能变电站的故障响应时间缩短,维护成本降低,电网安全性得到了加强。

## 参考文献:

- [1] 冯佳兴. 新一代智能变电站继电保护故障可视化分析方案[J]. 科海故事博览, 2021(02):27.
- [2] 漆文睿. 智能变电站继电保护系统可靠性分析[J]. 工业 B, 2021(09):100-101.
- [3] 张思琦. 智能变电站继电保护故障可视化方案分析[J]. 城镇建设, 2021(01):333.
- [4] 曹家华. 智能变电站继电保护安全措施及其可视化技术研究[J]. 百科论坛电子杂志, 2021(03):1858-1859.
- [5] 刘君. 智能变电站故障对继电保护的影响[J]. 中国科技期刊数据库工业 A, 2021(08):190-191.