

超高压运维自动化系统建设方案的设计与研究

针对南方电网超高压输变电设备在线监测系统、输电精益化系统、负荷通道评估及决策系统等自动化系统数据分散、功能单一且相互孤立的问题,设计开发了基于统一基础数据平台的超高压运维自动化系统。系统集成电网运行、在线监测、保信运动和巡视检修等电网运行检修信息,开发了电网运行分析、输变电设备状态评估与决策、负荷通道评估等高级功能模块,为电网生产指挥提供了信息支撑,对各级电网公司电网设备监控系统的设计及建设工作具有一定的指导意义。

陈 岳 李晋伟/南方电网超高压输电公司检修试验中心

0 引言

南方电网超高压输电公司(以下简称“超高压公司”)负责运营、维护和建设南方电网跨省区骨干网架和重要联络线,承担着实施南方电网西电东送战略的职责。截至2015年6月,超高压公司负责运行管理西电东送主网架500 kV及以上电压等级交流输电通道8回、直流输电通道7回,输电线路长18 189 km。其中800 kV线路2 786 km,500 kV海缆 3×31.4 km,500 kV及以上电压等级输电线路长度占南方电网的45%,设计通道能力达3 810万kW;500 kV及以上电压等级变电站17座、换流站12座、串补站7座。由于历史原因和现实条件限制,在2015年6月前,超高压公司缺乏一个能对其所辖厂站、输电线路运行状态进行监测的统一状态监测与智能分析平台,且运行的自动化系统多已到达使用年限,系统架构落后,数据分散,故障率高,扩展性差,功能单一,无法全面满足超

高压公司对所辖电网设备、各类在线监测装置运行的集中监视,依托在线监测数据和历史数据,开展设备状态评估以实现电网运行监控、生产指挥等方面的业务需求,影响了南方电网主网架的安全稳定和运行效率,限制了在建糯扎渡、溪洛渡、金中直流工程和鲁西背靠背异步联网工程的接入,亟待建立一个融合超高压公司交直流设备广域监测数据且具有状态评估、事件追忆等高级分析功能的数据分析平台作为南方电网主网架的全景信息监控与分析中心。

本文以超高压运维自动化系统的建设方案为研究对象,分别对该系统的总体设计思路、系统架构、高级功能及应用等方面进行研究,分析了该系统试运行期间的应用效果,对各级电网公司电网设备监控系统、调度系统的设计及建设工作具有一定的指导意义。

1 总体思路与系统架构

1.1 总体设计思路

南方电网超高压运维自动化系统的总体目标是综合超高压公司所辖所有换流站、变电站和交直流输电线路的运行工况、保护与运动信息、故障与缺陷信息、输变电设备在线监测数据以及主网架周边环境状况等电网实时运行信息和故障录波、行波测距数据、设备台账、巡检与试验数据等电网非实时运行信息,利用相关输变电设备状态评价与故障分析智能算法对系统整合的多源信息



陈 岳/工程师

关键词/Keywords

多源数据 ·
运维自动化系统 ·
基础数据平台 ·
状态评估 ·

数据进行基于多类别主题的多维度智能分析,为超高压运行人员与检修人员提供输变电设备状态评估、风险评估、智能预警、故障诊断和应急指挥等服务的南方电网主网架生产决策信息支撑平台。

系统总体设计思路采取“保证系统稳定可靠运行的前提下,对新建和老旧系统区别对待逐步过渡”的系统建设方针,在PCS-9000电力调度集成平台上对超高压公司现有的输变电设备在线监测系统、输电精益化管理系统、覆冰预警系统、电能量计量系统、负荷通道评估及决策系统等自动化系统进行系统集成。其中,对老旧系统中已安装的硬件终端仍然接入原系统,数据通过原系统转发到运维自动化系统;新建或改造系统要基于服务导向架构通过一定组件技术通过标准模块的封装和组合集成到超高压运维自动化系统中,方便未来系统功能的扩展和更大范围的应用集成,新加的硬件终端数据以直采方式向运维系统传输,以保证运维系统数据质量及通道的稳定性。根据电网生产业务需求将运维系统划分为电网运行分析、变电设备运行及决策、输电设备运行及决策、负荷通道评估及决策等四大功能模块,以满足超高压公司在电网运行监视、输变电设备状态监测及预警、设备状态评价及风险评估以及负荷通道综合评估等方面的业务需求^[1-2]。

1.2 超高压其他自动化应用系统简介

在超高压运维自动化系统建设前,南方电网或超高压公司已运行或在建有多个自动化应用系统,其中包括:

1) 超高压公司生产管理系统。该系统是超高压公司生产数据中心及设备管理平台,拥有公司所有在运设备台账、缺陷情况等生产运行信息,在此系统上可以开展设备管理、检修管理和物资管理等工作。

2) 南方电网雷电定位系统。该系统通过实时遥测,可以显示南方电网五省区范围内的雷电流峰值、云对地闪击的时间、位置和等雷电基础数据。

3) 覆冰预警系统。该系统主要对南方电网主

干网覆冰区域线路的视频图像、拉力倾角、气象信息和导线温度等参数进行实施监测。

4) 输电精益化管理系统。该系统主要包含超高压公司所有线路输电设备台账、日常巡视、缺陷信息和线路特巡特维等数据。

5) 输变电设备在线监测系统。该系统接入了超高压公司所有场站的变压器油色谱、铁心接地电流和局部放电监测等变电在线监测数据与所有线路绝缘子污秽、山火预警和导线舞动等输电在线监测数据。

6) 电能量计量系统。该系统主要实现超高压公司电能量数据自动采集、远传和存储、预处理、统计计算分析及线损统计等功能。

7) 超高压视频监控系统。该系统主要对超高压各个交流站、直流站和串补站的现场情况进行视频监视。

8) 负荷通道评估及决策系统。该系统接入输变电在线监测数据,充分考虑输电线路、变压器、开关输送容量限额、设备健康风险、环境气象风险以及系统异常风险下,可实现线路增容容量与调度分配优化。

9) 500 kV南宁区域控制中心集控系统。该系统主要由SCADA系统、保护及故障录波信息系统、区域电网实时数据分析及预决策系统构成,对南宁、崇左、百色(含固定串补站)、平果变电站(含可控串补站)和玉林串补站的厂站数据进行采集、处理、存储和发布。

1.3 运维自动化系统与其他系统接口

考虑到上述九个自动化应用系统数据分散、功能单一、相互孤立且兼容性差,运行与管理人员要获得电网运行全景信息难度很大。为将其与超高压运维自动化系统进行数据交互、信息融合,对超高压各在运自动化系统与运维系统接口及软件规范进行了分析研究,其系统接入方式如下表所示。

1.4 系统整体架构

超高压运维自动化系统充分利用超高压公司现有自动化系统资源,并充分考虑了数据接入融合与功能扩展问题,采用了基础数据平台和上层

表 其他系统与运维自动化系统接口方式列表

系统名	接入规约	接口方式	安全分区	信道要求
500 kV南宁区域控制中心集控系统	DL476—1992规约、103规约	XML文件方式	监控信息送安全I区、报信信息送II区	≥16 Mbit/s
电能量计量系统	FTP及其他文件传输协议	XML文件方式	安全II区	≥2 Mbit/s
超高压公司生产管理系统	FTP及其他文件传输协议	XML文件方式	安全III区	≥8 Mbit/s
南方电网雷电定位系统	标准Web协议和标准WSDL语言	Web Service接口代理		≥2 Mbit/s
覆冰预警系统				
输电精益化管理系统	FTP及其他文件传输协议	XML文件方式		
输变电设备在线监测系统				
超高压视频监控系统	HTTP协议	Web Service接口代理	≥8 Mbit/s	
负荷通道评估及决策系统	考虑到该系统与运维系统建设时间基本一致，直接将其作为运维系统一个模块进行建设			

功能应用相对分离的建设模式，基础数据平台为各种高级应用提供运行环境和服务接口，上层功能应用按照生产业务需求分类按CIM层次型方式建模，按IEC 61850接口规范与基础数据平台进行通信，系统实现了数据与功能的模块化定制^[3-5]。超高压运维自动化系统的系统架构如图1所示。

系统架构是基于SOA（Service Oriented Architecture）思想和组件技术进行分层设计的，系统共分为设备状态监测信息数据层、广域信息集成及应用层和高级功能分析层。

设备状态监测信息数据层主要获取电网输变电设备在线监测、试验巡视数据。广域信息集成及应用层主要依托PCS-9000电力调度集成平台将

电网潮流、故障录波、保护远动、电网控制和地理信息系统等其他电力业务信息系统中的数据充分集成，为上层应用层提供基础数据支撑以及通用的系统管理、工作流、公共服务、人机界面和开发运行环境等基本功能框架，以便系统功能的扩展和更大范围的应用集成^[6-7]。高级功能分析层即在广域信息集成及应用层进行系统高级功能开发，实现对电网运行监视、设备状态评价、事故事件诊断、关键参数分析和应急指挥等高级应用功能。

2 系统高级功能及应用

超高压运维自动化系统梳理了超高压公司各

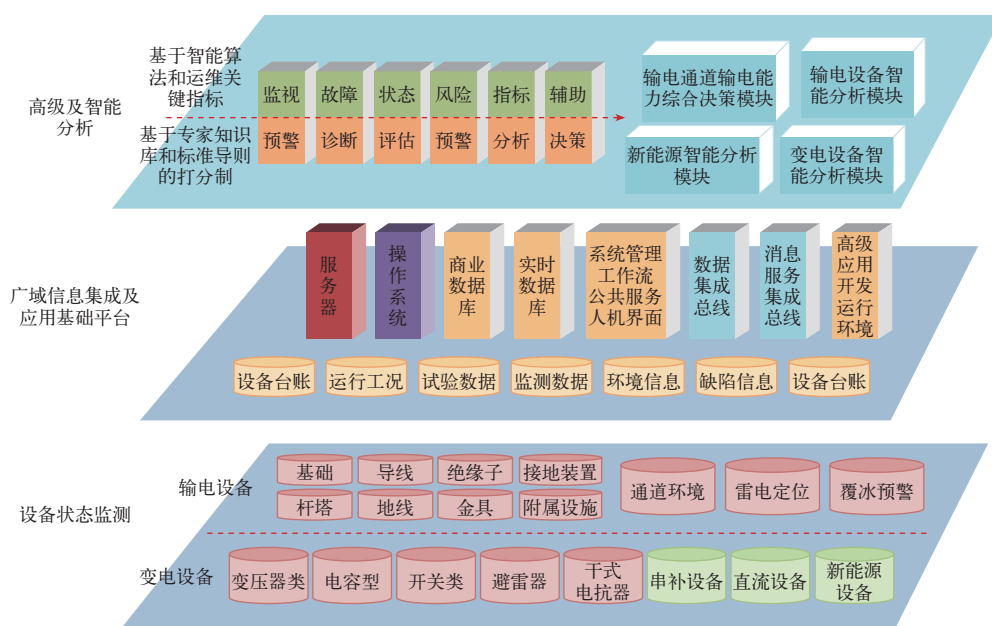


图1 超高压运维自动化系统架构图

类业务界面与需求,划分了一个展示主页面和五个高级系统功能及其应用模块。

2.1 系统展示主页面

系统展示主页面如图2所示。主要由左侧区域子功能模块、右侧区域综合告警、中间区域GIS综合展现以及上方区域菜单(如综合展示、气象应用)组成。

右侧综合告警模块实时刷新,显示当前系统最新的故障跳闸、紧急缺陷、输电在线监测、变电在线监测和直流解闭锁告警信息。上方区域综合展示模块可实现电网图层、地理图层和显示区域等展示方案的定制;气象应用模块可快速查询台风、雷电及区域气象信息。

2.2 电网运行分析模块

电网运行分析模块接入了超高压公司所辖换流站及变电站电网潮流、各类厂站电气设备状态量及模拟量、在线监测、电能计量信息等电网运行数据,主要满足电网运行数据监视、事故事件追忆、各送电通道输送电能量统计、实时视频监控、保护设备定值管理、通信通道维护监测、故障测距与跳闸信息汇总及校核等电网运行工作需求。

2.3 变电设备运行与决策模块

变电设备运行与决策模块主要针对变压器、断路器等电网关键设备进行多层次多维度智能分

析,通过将其油色谱在线监测数据、局部放电数据、绕组变形、预试数据和设备缺陷等多源异构状态信息进行全景融合,实现了电网关键设备多源数据全景信息分析处理及管理功能、基于远程专家会诊与智能算法(含基于D-S证据理论和模糊积分融合的故障诊断方法、组合决策树、贝叶斯网络、新径向基函数网络及支持向量机等)的电网关键设备故障诊断功能^[8-9];并可以基于智能算法对电网关键设备进行状态评估、风险预警与设备状态检修智能化决策功能。

2.4 输电设备运行与决策模块

输电设备运行与决策模块主要综合输电线路的杆塔、绝缘子串、导地线、金具、防雷及接地装置等各个部件状态数据,采用基于自反馈双向贝叶斯网络对架空输电线路运行状态进行评估,根据评价的结果合理安排巡视和检修计划^[10]。针对雷击、覆冰以及山火等突发事件,利用BP神经网络对输电线路影响进行运行风险评估,确定线路的风险等级,找出线路的薄弱点,通过加强巡视、调度部门改变线路的运行方式,及时降低输电线路运行风险,或者为输电线路技术改造提供指导。

2.5 负荷通道评估及决策模块

负荷通道评估及决策模块考虑了电网设备健



图2 超高压运维自动化系统展示主页面

康风险、气象风险和系统异常风险等约束条件。通过综合考虑变压器、开关和输电线路等输电通道上设备的动态增容模型,抽取输变电设备运行与决策模块的设备状态及风险评估数据,建立多元风险的输电断面动态增容调度模型,利用序列二次规划法实时计算断面内通道的容量限额为电网潮流控制提供辅助决策,以提高西电东送输电通道的利用率。

3 系统应用效果

超高压运维自动化系统于2015年6月投入试运行,系统共接入了超高压公司30个站58 052个远动测点、29个站2 648套保信装置、7个站273套变电设备在线监测装置及公司覆冰监测系统635套装置的11类输电在线监测装置的数据,实现了与公司生产信息管理系统、覆冰预警系统、电能量计量系统、输电精益化系统和生产视频系统等多个系统的数据交互。系统实现了对超高压公司主网架电网潮流、设备投退、紧急缺陷、故障跳闸以及负荷断面告警等运行信息的监视,并可调取超高压公司所辖变电站及线路发生故障跳闸后保护动作、故障录波等保信、远动数据,及时掌握西电东输通道的气象、台风和雷电等外部环境信息与公司电量计量数据,开展电网设备、输电通道的状态评价与风险评估,为超高压公司生产指挥决策提供信息支持。

2015年8月7日,运维系统成功监测到某500 kV直流线路极I故障跳闸事件,并通过电网运行分析模块与输电设备运行与决策模块调用了故障测距、雷电定位和录波数据,确定了此次线路跳闸是因雷击引起的故障跳闸,计算出了雷击杆塔位置在1103[#]~1105[#]间,随后利用在线监测数据、历史缺陷等信息对此条输电线路运行状态进行了风险评估,结果为良好。输电线路运维人员根据系统提供信息对线路现场进行巡检时发现,当时故障地段为雷雨天气,登1103[#]塔发现极I跳线合成绝缘子串表面有放电白斑。2015年9月,超高压公司线路部直升机作业班组按计划对该线路进行了巡检,得出结论也是该线路整体运行状况良好,与

运维系统评估结果一致。

2015年8月20日~9月4日,超高压公司利用运维系统开展抗战胜利70周年纪念活动特级保供电设备状态全景信息化监视工作,为设备管理人员生产指挥提供了可靠、有效的技术支持,极大地提高了超高压公司对南方电网西电东送主网架的掌控能力。

4 结束语

对超高压公司运维自动化系统的总体设计思路、系统架构、系统与其他系统接口方式、系统高级功能模块设计等方面,以及超高压公司运维自动化系统的建设方案进行详细的分析与研究,该系统建设方案将多个功能相对单一的电网自动化系统有效集成在统一的基础数据平台上,充分考虑超高压电网运行及设备管理的实际生产需求,在此平台上开发了电网运行分析、输变电设备运行与决策等高级功能模块,有效地提高了超高压电网生产指挥信息化水平。所提出的系统建设方案详实可行,对各级电网公司电网设备监控系统的设计及建设工作具有一定的指导意义。

参考文献

- [1] 刘清瑞.再论超高压变电站自动化系统的发展策略[J].电力自动化设备,2002,22(12):57-59.
- [2] 翟明玉,王瑾,吴庆曦,等.电网调度广域分布式实时数据库系统体系架构和关键技术[J].电力自动化设备,2013,37(2):67-71.
- [3] 张泽宁,李晋伟,冯鹤,等.南方电网超高压输电公司运行维护自动化系统的升级改造研究[J].南方电网技术,2013,7(6):81-84.
- [4] 徐荔枝,郭健,李衍辉.智能电网中电力调度数字证书系统[J].中国电力,2011,44(1):37-40.
- [5] 刘红伟,李俊峰,王常飞.1 000 kV特高压输电线路在线监测管理平台的应用[J].电力系统自动化,2009,33(23):98-102.

(下转第83页)

5 结束语

在业务模板和布局模板基础上,实现厂站监控界面的自动生成,利用退火算法对主接线图以及由其衍生的各种图形的自动分布进一步进行优化。在实践中,确实给厂站自动化工程施工带来了很大便利,减轻了施工人员的劳动强度,大大缩减了绘图时间。优化后的自动布局图形可以提取出模板,供首次布局使用,利用新形成的模板进一步减轻自动分布的算法计算量,这种良性循环机制受到工程施工人员的赞赏和肯定。

参考文献

- [1] 柯志敏. 组态软件在电力监控系统中的应用[J]. 电力自动化设备, 2007, 27(10): 104-106.
- [2] 邵凤瑞, 王命延. 继电保护测试系统组态软件的应用[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(6): 72-75.
- [3] 周逢权, 张萌, 甄立敬, 等. 基于价值最优的区域能源管控中心价值模型研究[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(22): 29-34.
- [4] 刘颖. 智能变电站全寿命周期“即插即用”技术体系的研究与应用[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(22): 23-28.
- [5] 曹楠, 李刚, 王冬青. 智能变电站关键技术及其构建方式的探讨[J]. 电力系统保护与控制,

2011, 39(5): 63-68.

- [6] 徐丹丹, 米为民, 邓勇, 等. 智能变电站与调度主站间模型/图形协调共享及无缝通信一体化建模仿案[J]. 电网技术, 2012, 36(11): 235-239.
- [7] 邓其军, 周洪, 鲁觉. 面向图形对象的配电网单线图绘制与使用[J]. 电力自动化装备, 2009, 29(7): 97-100.
- [8] 陈勇, 邓其军, 周洪. 无重叠交叉的配电网单线图自动生成算法[J]. 电力自动化装备, 2010, 30(11): 90-93.
- [9] 章坚民, 王云, 谷炜, 等. 调度大屏输电网潮流图自动生成(一)自动布局[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(24): 43-48.
- [10] 章坚民, 张自聪, 郭峰, 等. 调度大屏输电网潮流图自动生成(二)自动布线[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(1): 36-40.
- [11] 赵冬梅, 龚群, 张旭. 基于组合图元的输电网单线图自动布局方法[J]. 电网技术, 2013, 37(10): 2979-2984.
- [12] 徐彭亮, 何光宇, 梅生伟, 等. 基于地理信息的输电网单线图自动生成新算法[J]. 电网技术, 2008, 32(21): 9-12.
- [13] 胡冰. 基于变电站内外模型图形的输电网系统单线图的自动布局布线研究[D]. 浙江: 杭州电子科技大学, 2011.

(收稿日期: 2016-01-12) **EA**

(上接第76页)

- [6] 王凯, 蔡炜, 邓雨荣, 等. 输电线路在线监测系统应用和管理平台[J]. 高电压技术, 2012, 38(5): 1274-1280.
- [7] 危阜胜, 肖勇, 陈锐民. 故障诊断技术在计量自动化系统中的应用[J]. 电测与仪表, 2013, 50(8): 93-97.
- [8] 张颖, 何怡刚, 金维香, 等. 断路器变位与工业监控系统联动的实现方案[J]. 电网技术, 2006,

30(18): 85-88.

- [9] 陈伟根, 魏延芹, 廖瑞金. 高压断路器运行状态的变权模糊综合评判方法[J]. 高压电器, 2009, 45(3): 73-77.
- [10] 王珣, 张勇平, 白恺, 等. 基于三维全景系统的智能化生产管理[J]. 中国电力, 2011, 44(4): 85-89.

(收稿日期: 2015-11-12) **EA**