

# 泸州电网实时可视化分析与预警系统

高 剑<sup>1</sup>, 余兴祥<sup>1</sup>, 刘友波<sup>2</sup>

(1. 泸州电业局, 四川 泸州 646000; 2. 四川大学电气信息学院, 四川 成都 610065)

**摘 要:**随着地区配电网规模日渐扩大, 庞大的电网运行数据容易导致调度人员对潜在重要信息的遗漏, 电网可视化分析与预警已成为解决这一问题的重要手段。为提高调度员工作效率与调度准确性, 泸州电业局与四川大学电气信息学院共同开发了泸州电网实时可视化分析与预警系统。详细介绍了该配网可视化系统的软、硬件配置、系统构架与特点、功能模块及系统使用情况, 并针对系统使用中遇到的相关问题提出了进一步研究思路。

**关键词:**泸州电网; 电网实时可视化分析; 预警; 系统开发

**Abstract:** With the rapid expansion of local distribution network, enormous operation data makes it easy for the dispatchers to omit the important potential information of power grid. Power grid visualization analysis and early warning have become one of the most significant technological means to solve this problem. To improve the work efficiency and accuracy of dispatchers, Luzhou Electric Power Bureau and School of Electrical Engineering and Information of SCU have researched and developed the real-time visualization analysis and early warning system for Luzhou power grid. The software and hardware configuration, the system architecture and the characteristics, and the function module are introduced. And the further research idea is proposed.

**Key words:** Luzhou power grid; power grid real-time visualization analysis; early warning; system development

**中图分类号:** TM769 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-6954(2009)06-0082-04

## 0 引 言

现代电力系统的安全高效运行是各层面关心的首要问题。为提高系统运行质量, 能量管理系统 (SCADA/EMS) 正朝着数据采集周期更短的方向发展, 数据量日益增大, 对人机交互界面与辅助系统功能及时性提出了新要求<sup>[1,2]</sup>。电网实时可视化辅助分析技术的发展为实现这一要求提供了可能<sup>[3,5]</sup>。文献 [3] 基于 IEC 61970 标准提出了在线可视化调度和预警系统的设计方案, 并介绍了开发流程中的关键技术, 构建了电网可视化分析的体系结构。文献 [4] 针对电力系统控制中心的节点型和线路型数据设计了基于电网接线图背景的可视化表达方式。文献 [5] 对节点运行数据等高线可视化实现机理进行了介绍。总之, 电网可视化技术是调度自动化与电网运行控制技术紧密结合的前沿研究课题, 是未来智能调度的关键技术之一。

为提高调度效率与准确性, 挖掘泸州电网运行信息, 特别是紧急情况下关键信息发现与预警, 准确预测和分析电网存在缺陷, 泸州电业局与四川大学电气信息学院于 2007 年共同研发了泸州电网实时可视化

分析与预警系统。目前系统运行稳定, 功能价值日益显现, 决策支撑能力逐步体现, 对提升调度运行人员技术水平和科学决策能力, 保证泸州电网安全经济运行具有重要意义。将从系统构架与配置、主体功能特点等角度出发对泸州电网实时可视化分析与预警系统进行详细介绍与分析。

## 1 系统整体构架

### 1.1 系统硬件配置

泸州电网实时可视化分析与预警系统采用独立组网结构, 不占用 EMS 网络流量, 其基本硬件配置由 1 台 HP DL380 G4P 服务器、3 台 HP Compaq 商用在线工作站等 4 台高性能 PC 机构成, 整体支持外部交换数据。完整硬件配置图如图 1 所示。

从系统工作站用途与服务器应用功能角度出发对实时可视化分析与预警系统进行划分<sup>[3]</sup>, 其硬件结构如图 2 所示。

### 1.2 系统体系结构

作为一种图形标准, SVG<sup>[6]</sup>通过电网图形描述格式, 可将图形对象与 CM<sup>[7]</sup>数据模型关联拼接起来, 实现图模一体的数据模型。泸州电网实时可视化分

析与预警系统基于标准 EMS/API 结构, 以 CM 作为数据模型, 体系结构<sup>[3]</sup>如图 3 所示。

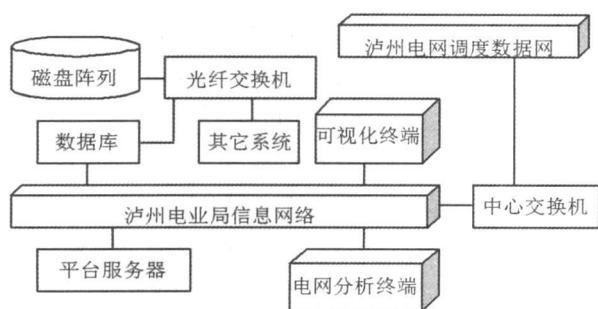


图 1 可视化分析与预警系统硬件配置示意图

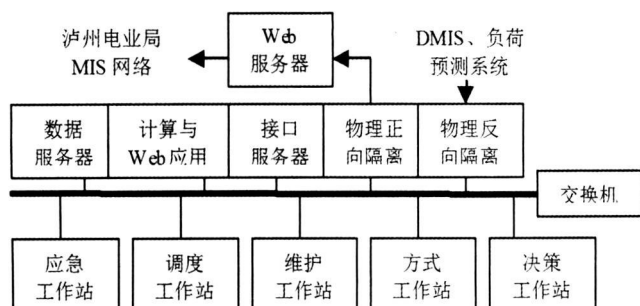


图 2 工作站与服务器硬件功能结构

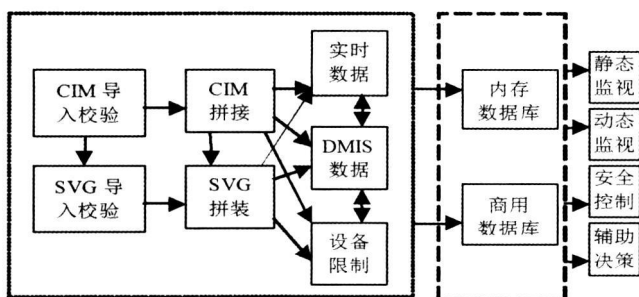


图 3 系统体系结构示意图

## 2 系统性能指标

### 2.1 图形显示指标

强大的电网运行图形功能可辅助调度员快速甄别电网运行中仅通过单纯数据表格或简单趋势描述不易发现的异常情况。泸州电网实时可视化分析与预警系统满足的图形显示指标如表 1 所列:

### 2.2 系统运行可靠性指标

根据泸州电网 5 年、10 年发展规划, 本系统设计寿命在 10 年以上, 运行可靠性指标如下。①系统平均无故障时间: 20 000 h; ②系统年可用率 (不含 SCADA 数据中断): 大于 99.5%; ③电网各类参数变化

从进入实时库平台到显示时间: 小于 5 s<sup>④</sup>电网正常 (事故) 情况下, 在任意 10 s 内, 服务器 CPU 平均负荷率不超过 5% (15%); 在任意 10 s 内, 可视化工作站 CPU 平均负荷率不超过 10% (15%); 在任意 10 s 内, 主站局域网平均负荷率不超过 15% (25%)。

表 1 泸州电网实时可视化分析与预警系统图形显示指标

指标项	效果	指标项	效果
画面调出/切换	<500 ms	实时刷新周期	3—5 s
30 节点等高线	<1 s	线路负载等高	<1 s
计算平均时间	<1 s	线计算时间	<1 s
画面放缩	无级放大	放缩响应	<300 ms
旋转最小角度	1°C	2D 到 3D 切换	<300 ms
2D 和 3D 旋转	>18 帧/s	潮流箭头平滑	1 像素
潮流箭头动态	10 帧/s	移动最小距离	无锯齿
GIF 动画推出	20 帧/s	30 节点算例图形	<1%
		动态全显 CPU 负载	

## 3 可视化分析与预警功能模块开发

### 3.1 软件结构与总体功能

电网可视化与预警是一套基于大量信息、对实时性要求很高的数据与图形处理高级分析系统。系统的实施过程中有多个关键技术需要解决, 如动态数据库刷新和存储技术、多规约设备实时发送技术等。泸州电网实时可视化分析与预警系统遵循 CM/SVG/CIS 的模型—图形—接口规范及静态监视—动态监视—安全控制分析—辅助决策的功能体系, 由实时可视化监视、可视化电网分析、预警与辅助决策可视化等 3 个主要功能平台组成。软件总体功能平台结构示意图如图 4 所示。

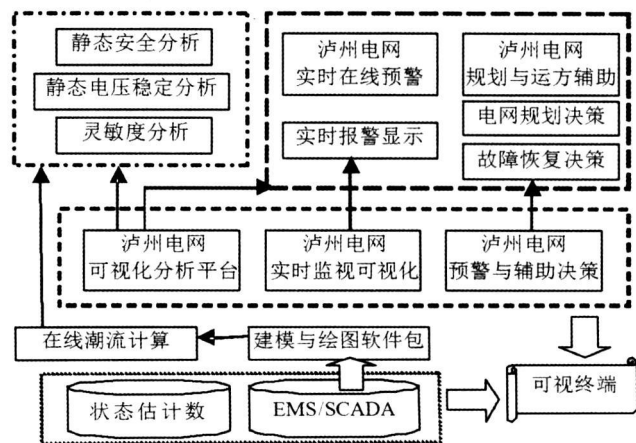


图 4 泸州电网可视化分析与预警功能模块总体结构

如图 2 与图 4 所示, 系统具有开放接口, 可从泸

州电网 SCADA / EMS 中获取各种数据,以等值网络为基础,进行可视化展示与分析,并作为系统报警及决策分析的可视化平台。支持数据管理、映射、维护、过滤、导入与导出。将集成系统中的数据、参数转化为系统所能识别的格式。系统实现了泸州电网实时监控,以多种可视化手段,如动态箭头、三维柱图、颜色深浅,展示泸州电网关键电气量,使调度员快速地发掘系统运行薄弱环节。在系统分析方面,引入包括潮流计算、灵敏度分析、静态安全分析等功能。系统可在线监控泸州电网运行状态,若存在越限,则可判断其已进入紧急状态及程度,对引起紧急的越限进行报警,提示调度员注意。告警等级可以通过系统配置属性自行设置。

### 3.2 泸州电网静态与动态可视化监视

泸州电网主要设备静态与动态监视功能主要包括:节点电压等高线、线路负载程度饼图、线路负载等高线、动态潮流(依据线路的有功、无功进行动态潮流显示,流动箭头的大小和速度随有功和无功的大小同步变化,值越大箭头越大,流动的速度越快)、无功备用、变压器温度监控、变压器备用、泸州电网接线图与设备三维旋转功能。

### 3.3 预警、计算与辅助决策功能

当有设备或线路出现故障、越限、或进入定义危险状态时,自动发出听觉与视觉预警信号,并进行可视化定位。依据对线路的屏幕切割操作,可计算泸州电网某个断面的有功和无功潮流,以进行局部分析。灵敏度在电网计算中有广泛应用<sup>[8]</sup>,可以借助灵敏度系数或分布因子使简化分析工作。功能包括:(1)线路灵敏度;发电机和负荷对线路的灵敏度;(2)节点电压灵敏度;发电机、电容器和变压器分接头对节点电压的灵敏度。利用 SCADA 中大量数据,如实时运行数据、设备参数,网络拓扑结构等,事故追忆可对泸州电网历史数据进行回放。相关数据是描述系统结构和运行状态,作为历史资料长期保存的数据,是电网运行重要依据。系统能对所有数据进行回放、重演,提供了事故分析与方式演算平台。

## 4 系统特点与运行情况

### 4.1 系统特点

①泸州电网运行信息实时可视化直观显示。泸州电网与设备数据显示功能模块可以二维和三维的形式

实现,在地理图上显示电网接线,用饼图、等高线等各种形式显示实时数据,可平滑移动、无级缩放;实现了节点电压、角度、线路潮流、发电出力、负荷大小、越限和裕度数据可视化显示。动态可视化显示模块可在单线图中显示动态潮流、节点电压等高线、线路负荷饼图等对象。②为调度员定制实时预警平台。当泸州电网母线电压、线路或变压器负载率以及其他运行数据不正常时提供多样预警;所采集数据超过限制时则提供告警,避免事故范围的扩大。预警平台可维护性良好,可按需自行设置,并提供多种形式告警。③使调度员能及时观测所定制的电网信息,能自动加重显示泸州电网运行变化关键点,挖掘电网潮流动态变化信息,进一步提高了泸州电网规划运行科学决策的能力。

### 4.2 运行示例

①泸州 110 kV 电网接线电压等高线可视化图。通过等高线显示算法将 110 kV 关键节点电压按标么值大小着色,并根据 SCADA / EMS 数据刷新频率进行动态着色显示,为调度员提供明确的视觉信号。

②泸州 110 kV 线路负载可视化图。以线路负载功率数据为依据显示线路潮流负载状态程度,并通过声光信号提示调度人员进入负载越限区域。

③泸州 110 kV 变压器负载 3 维柱图可视化展示。以生动的柱状比例显示变压器负载状态。

### 4.3 应用情况

该系统自 2007 年 6 月在泸州电网投入试运行以来,系统平台工作正常,同步正确,接收 SCADA 数据准确,对发电机、变压器、线路、母线、电容器的实时运行情况能正常监视,其它各项计算功能能正常运行。系统对提高电能质量、提高泸州电网与四川主网联络线潮流控制质量有重要作用,提升了电网整体安全运行水平。如 2007 年,泸州电网(责任)频率合格率保持 100%,共获得考核返还电量合计 43.35 万 kW·h,按平均购电电价 0.3 元 / kW·h 计算,获得经济效益 12 万元;2008 年冰雪灾害期间,在方式计算出控制策略前,迅速调整系统薄弱点的电压潮流水平,及时提升系统稳定水平,保证了泸州电网安全稳定运行。泸州电网实时可视化分析与预警系统整体发挥了预期作用。

### 4.4 进一步研究思路

①在实时可视化分析平台中,各类电力设备的静、动态模型免维护自动更新功能还需进一步完善,已适应日益升级的配电网。②引入更多的配电网安

全运行指标可视化显示方法,如配网可靠性评估可视化等,从数理统计与数据挖掘等角度为调度员提供更多决策支持。③加入配网的经济性分析模块,对泸州电网运行效益进行可视化展示,同时生动展示网损、检修等信息。

## 5 结束语

泸州电网实时可视化分析与预警系统极大地提升了泸州电网调度监视控制的装备水平。不仅有利于电网安全生产运行,同时也作为泸州电业局的一面窗口,使不同层次人员能够很快对泸州电网整体情况有相当清晰的感性认识。更重要的是,系统在很大程度上减轻了调度员的劳动强度,提高了调度效率与准确性。将调度员从枯燥、海量数据和日益繁重的监视任务中解脱出来,使其专注思考电网运行的深层次问题,大大加强了对泸州电网的调度运行控制能力。

## 参考文献

- [1] 陈玮,罗毅,涂光瑜,等.动态监视下电力系统状态的可视化[J].电力系统自动化,2004,28(8):68-71.
- [2] OVERBYE T J WEBER J D. Visualization of power sys-

tem data[C]. Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences Hawaii USA: IEEE, 2000: 1228-1234.

- [3] 刘俊勇,陈金海,沈晓东,等.电网在线可视化预警调度系统[J].电力自动化设备,2008,28(1):1-5.
- [4] 陈佳,孙宏斌,汤磊,等.电力系统控制中心三维可视化技术及其实时应用[J].电力系统自动化,2008,32(6):20-24.
- [5] 胡之武,邱家驹,王康元.电力系统节点运行数据等高线可视化实现方法[J].电力系统自动化,2005,29(8):55-59.
- [6] 袁泉,王康元,张洁,等.基于 SVG 的公共信息交互平台[J].继电器,2005,33(12):66-68.
- [7] 张慎明,刘国定. IEC61970 标准系列简介[J].电力系统自动化,2002,26(14):1-6.
- [8] 吴政球,潘立强,陈辉华,等.基于灵敏度分析的机组电价决策及其算法[J].中国电机工程学报,2004,24(1):60-64.

### 作者简介:

高 剑 (1975-),男,1998年毕业于重庆大学,工程师,从事技术管理工作;

余兴祥 (1980-),男,硕士研究生,从事调度运行工作;

刘友波 (1982-),男,四川大学在读博士研究生。

(收稿日期:2009-08-18)

(上接第 74 页)

- [21] 段献忠,何仰赞,陈德树.仿真计算中暂态电压稳定性的判断[J].华中理工大学学报,1995,23(4):25-28.
- [22] 徐泰山,薛禹胜,韩祯祥.感应电动机暂态电压失稳的定量分析[J].电力系统自动化,1996,20(6):21-24.
- [23] 叶俭,梅生伟,薛安成.基于稳定域边界二阶逼近的暂态电压稳定分析[J].现代电力,2005,22(4):1-5.
- [24] Yihong Wang, Chen Shen, Shengwei Mei, Ancheng Xue. Analysis of Transient Voltage Stability via Quadratic Approximation Method [R]. International Conference on Power System Technology, 2006, 1-6.
- [25] 徐泰山,薛禹胜,韩祯祥.暂态电压稳定的模型要求和快速判断[J].电力系统自动化,1995,19(12):11-15.
- [26] 汪娟娟,张尧,夏成军,等.交直流电力系统暂态电压稳定性综述[J].电网技术,2008,32(12):30-34.
- [27] 莫琦,张尧,武志刚,等.交直流互联系统暂态电压稳定问题仿真分析[J].电力系统自动化学报,2006,18(6):87-90.
- [28] A. Kurita, H. Okubo, D. B. Klapfer. Multiple time-scale Power System Dynamic Simulation. IEEE Trans on Power System, 1993, 8(1): 216-223.

- [29] Van Cutsem, T. Vourmas, C. D. Voltage Stability Analysis in Transient and Mid-term Time Scales. IEEE Trans on Power Systems, 1996, 10, 146-154.
- [30] Van Cutsem, C. Moisse. Determination of Secure Operating Limits with Respect to Voltage Collapse. IEEE Trans on Power Systems, 1999, 14(1): 325-327.
- [31] 马世英,印永华,汤涌,等.短期和中长期电压稳定仿真及评价[J].电网技术,2006,30(19):14-20.
- [32] 安宁,周双喜,朱凌志.中长期电压稳定准稳态时域轨迹追踪方法[J].电网技术,2006,30(20):40-45.
- [33] 顾群,徐泰山,陈怡,等.中期电压稳定的建模和快速仿真[J].电力系统自动化,1993,23(21):52-55.
- [34] 徐泰山,鲍颜红,薛禹胜,等.中期电压稳定的快速仿真算法研究[J].电力系统自动化,2000,24(3):9-11.
- [35] 段献忠,包黎昕.电力系统电压稳定分析和动态负荷建模[J].电力系统自动化,1999,23(19):25-28.

### 作者简介:

赵周芳 (1983-),女,硕士研究生,研究方向为电力系统电压稳定。

李华强 (1965-),男,博士,教授,从事电压稳定及优化问题研究。

(收稿日期:2009-06-23)