

基于科学计算可视化技术的电网调度系统应用

张菁 蒋愈勇 王化龙 (广西电力工业勘察设计研究院 数字电网研究中心 广西 南宁 530023)

摘要: 科学计算可视化技术(Visualization in Scientific Computing), 是一门融合了包括图形学、图象处理、数据管理、网络技术、人机界面等多个计算机学科在内的综合技术。由于电力科学具有数据量大、分析复杂等特点, 科学计算可视化技术与电力系统的结合有着广阔的应用前景。介绍了一种基于科学计算可视化技术实现的电网综合调度系统, 该系统将对保障电力系统的安全运行, 提高电网调度的科学决策水平提供有力保障。

关键词: 科学计算可视化技术; 电网调度; 电网控制决策; 可视化平台

Application of Power Grid Dispatching System Based on Visualization in Scientific Computing

ZHANG Jing, JIANG Yu-Yong, WANG Hua-Long

(Guangxi Electric Power Industry Investigation Design and Research Institute, Nanning 530023, China)

Abstract: Visualization in Scientific Computing is a synthesis technology combining with graphics, image processing, data management, network technique and human-computer interface. The integration of Visualization in Scientific Computing with power system has a good prospect of application because of the large amount of data and its complex analysis. This paper presents a power grid dispatching system based on the Visualization in Scientific Computing. The system will improve the dispatching of the level of scientific decision-making.

Keywords: visualization in scientific computing; power grid dispatch; power grid control decision; visualization platform

1 引言

科学计算可视化技术(Visualization in Scientific Computing), 是一门融合了包括图形学、图象处理、数据管理、网络技术、人机界面等多个计算机学科在内的综合技术。它与相关的应用科学领域相结合, 利用超级计算机和工程工作站强大的计算和图形能力, 能够迅速处理大量数据, 并以直观可视的方式表现出来, 便于更加深入的洞察数据以及捕捉数据它们之间的内在关系。另外作为研究工具, 科学计算可视化技术提供了对数据和模型的操纵能力, 研究者能够方便地调整科学模型和参数, 使它们迅速逼近物理真实。

随着电网运行数据的采集能力不断提高, 数据量越来越大, 电网调度一方面需要对其进行持续有力的分析与处理, 另一方面, 传统的仿真研究形式也需要加

以改进, 以方便对数学模型的调整并加深研究者对仿真结果的理解, 从而揭示电网运行的内在规律^[1]。由此可见, 科学计算可视化技术与电网调度的结合具有广阔的应用前景。应用于电力调度的科学计算可视化技术。

当电力系统中各种发电、变电、输配电及用电设备之间的相互联结关系情况已经确定时, 电力系统运行状态的描述通常是通过反映例如电压、功率、电流等变量的数值来实现的。由于科学计算可视化技术在大量信息的抽象综合、系统总体状况表示方面的优点, 因此在电网调度力系统实时监视方面能够开展很好的应用, 这些应用包括利用等高线技术监视电压等、动画潮流技术监视线路流动功率等、饼图技术监视线路(变压器)负载率等、三维交互技术用来监视多个信息(例如电压和功率)以及观察彼此之间的联系^[2]。尤其值

得一提的是,相对于电网调度实时应用来说,在其离线的电网调度方式研究以及规划设计方面,由于其数据的密集程度更高,人的参与程度更深,因此把科学计算可视化作为解决相关问题的工具也具有重要的意义。下面即对以上几方面的技术及应用做逐一介绍:

1.1 等高线技术

等高线技术是指采用颜色等高线图(color contour map)的形式来反映待监视的变量在空间中的数值分布,最初被应用于显示连续变化的数据领域中,类似于温度等高分布图。

在电力调度领域中,用户经常需要在一定区域内观察例如电压等变量。相对以往简单的将电压值标在节点旁边的显示方式,等高线技术可以帮助运行人员全面的了解多条母线电压及其变化趋势,从而实现整体快速的掌握信息。

然而,由于电网中母线电压通常为离散分布的数据,怎样在实际应用中将其转化为连续的着色问题,成为大规模电力系统的电压分布显示的主要问题。Overbye 专家等人对此进行了深入研究,通过利用距离加权的方法计算出非节点处的电压值(对应应标注的颜色),较好的解决了连续着色的问题,同时还还将这一成果应用于电价分布显示、线路负载分布情况以及功率传输分布系数的描述等方面(如图 1 所示),较好的将该技术应用于电网调度^[3]。

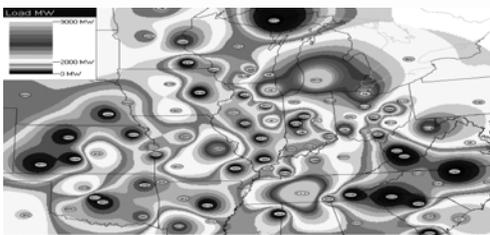


图 1 等高线表征电网负荷密度

利用等高线技术可以让调度员更方便地评估系统的全局状态,提高其对系统的警觉性,另外,该技术凭借能够动态地刻画数值难以表征的系统状态变化的连续过程(类似天气预报图)的特点,在电网发生紧急事故时,可以很好的展示并预测系统状态的变化趋势,从而帮助相关分析人员、专家和高层管理者能及时快速地了解系统目前发展态势以及现行分析进度。

1.2 饼图技术

饼图技术是指利用一定颜色以及填充百分比的圆饼来表征被监视变量与其限值百分率的关系,另外通过圆饼的尺寸/颜色的动态改变还可以用于显示监视对象线路的运行状态(例如停运/在运等)。

在电力调度领域中,用户常常需要了解整个系统线路(变压器)负载率的概况,饼图能够嵌入具体数值有层次地显示确切的百分比数值,进而可以快速详尽地展现出该类信息(如图 2 所示)。

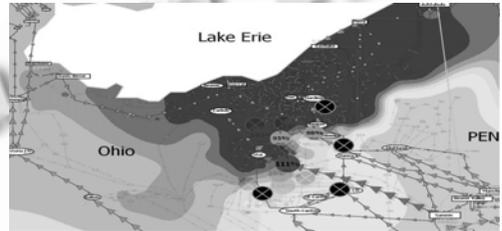


图 2 电网饼图示意图

而对于较大规模的系统,调度员更加需要将注意力集中在接近或超过极限数值的线路上,因此当线路/变压器的负载百分比超过规定的极限数值时,它的大小和颜色就随之动态改变,从而达到预警的目的,这种仅对负载率超过极限值的线路饼图的尺寸和/或颜色进行动态刷新的方法,可以让调度员免不受其它未超过极限值的线路和其饼图的干扰。

将饼图技术应用于电网调度领域对于快速定位电网中识别过负荷/跳闸的位置是非常有用的,尤其在电网运行极端情况下,该技术模式可以帮助运行人员很快掌握电网运行的潜在隐患和薄弱环节,直接定位与想要了解的相关信息。

1.3 动画潮流技术

动画潮流是利用模拟现实世界的水流流动这一形式,通过在所监视对象上叠加箭头的方式表征内部潮流等,其中箭头方向对应潮流走向,箭头大小反映潮流数量(如图 2 中线路箭头所示)。该方法可利用动画形式产生流动的效果,也适用于基于地理位置的点线图。

对于电网调度应用来说,动画潮流技术能够很好的表征线路流动的潮流这一原本抽象的物理量,尤其是对于观察电网处于异常极端紧急运行状态时,潮流可能反向这一信息,具有很强的提示作用。

目前在大规模电力系统应用中,应用现代先进的计算机技术及设备,可以流畅展现规模非常大的系统的潮流流动情况。根据实践经验,在 1280*1024 像素的显示器上可以每秒 10 次的刷新速度,能够使整个系统看上去“流畅地动起来”。

将动画潮流技术应用于调度领域能够使运调度员一目了然的掌握全系统线路潮流的详细信息,此外,动画潮流技术加上平移、缩放及条件显示等手段,使调度员有能力快速地掌握庞大系统的潮流分布情况,从而更好的做到对电网的运行胸中有数。

1.4 三维交互技术

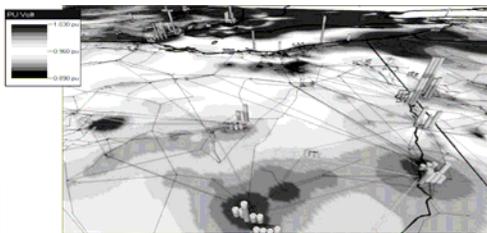


图 3 三维示意图

在电网调度领域中,用户经常需要同时比较多个变量间的相互关系,例如在研究系统的电压安全性时,关心的是低电压母线的幅值、所在区域、当前发电机和电容器的无功出力及储备容量。三维交互技术正是为了满足以上需求出现的。正如图 3 所示的发电机柱体,柱体的高度为发电机最大无功出力,而柱体底部和顶部分别为发电机当前无功出力及储备容量,同时借助于前面提到的等高线技术,通过用等高线表示节点电压,结合导航技术和无级缩放、旋转等功能可实现任何地点和区域的信息浏览(如图 4 所示)。由此可见,通过三维技术能够更好的尽可能全面展示调度员感兴趣的信息。

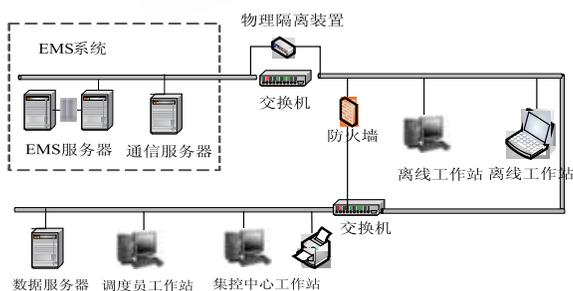


图 4 可视化调度系统架构

1.5 其他

1.5.1 控制措施可视化

强大的无缝潮流计算工具是电网在线分析可视化平台的基础。该系统所采用的潮流计算算法通过实现高效的矩阵稀疏技术以及收敛技术,使得当运行人员切换到研究态时,能够直接校验即将下达的控制策略时,系统的无缝潮流计算技术将保证运行人员能够直接查看相应的控制结果,而无须切换到编辑模式下重新修改设备控制参数,大大增强了系统的实用性。

1.5.2 电力系统运行全景可视化

调度端有必要建立一套基于三维全景可视化平台的有效预警和应急信息支持平台,一方面实现对系统运行电气量、物理结构和状态全面监视,保障系统的安全运行。另一方面,实现能够基于较为准确的设备档案来判断电网输变电系统运行的安全关键参数是否合理,从而有效提高调度端保证电网安全运行的能力。

建立输电三维可视化平台,将该输电网络实际模型与其所在的地形、地貌信息以真实三维的形式反应出来,并展示环境、人文、气象等与输电网络相关的自然及人文因素;建立变电站三维可视化平台,实景模拟变电站以及站内设备,实现对变电站设备的物理结构、设备参数等信息的管理;基于设计单位和运行单位资料实现输电设备、变电设备的台帐管理;输电线、变电站视频监视。

2 电网可视化调度模式

基于科学计算可视化技术的电网调度新模式提出了针对电网调度运行需求的多平台架构体系,包括电网实时可视化监视平台、电网在线可视化分析平台以及电网离线可视化规划平台,如图 5 所示,分别实现实时监视、在线分析、系统状态的预/高警、电网规划及辅助决策、运行方式制定及辅助决策功能,为调度运行人员监视电网运行状态、处理电网事故、分析电网状态、规划网架及制定运行方式等工作提供辅助决策信息。

另外,电网可视化调度应当满足较好的开放性,即遵循 IEC 61970 标准,实现多个系统的“即插即用”,具体来说,基于 IEC 61970 标准的新一代可视化调度系统:基于 IEC 61970 的图模库一体化技术,包括基于 IEC 61970 的 CIM/XML 接口方式与基于 SVG 的

图形交换接口,可以统一的自动生成电网模型。真正实现了系统免维护,且基于 IEC 61970 标准的平台设计能够便与系统与其它应用系统的数据交换和新增功能的“即插即用”,使得平台能够不断扩展,应用能够不断延伸。

3 电网可视化调度系统设计与实现

电网可视化调度运行工作站可采用高档 X86 商用计算机(高性能独立显卡,多核处理器,Windows XP 操作系统)。

服务器尽量使用与原有系统一样的产品,如 SUN Ultra 45,保证有 3 个 100M 以太网卡,此服务器与 EMS 数据导出—同规划,保证 EMS 系统状态估计和可视化系统数据文件服务器的负荷需要,建议 2CPU、4G 内存、双硬盘以上配置。

供电网规划研究的离线工作站可从调度原有 WEB 服务器获得历史数据供计算使用。

该系统软件采用多种程序设计语言编写,包括 C 语言、delphi 等,并使用 Windows 系统和 OPENGL 软件。

4 结语

基于多种计算机技术实现的科学计算可视化技术,由于其具备能够直观形象的表征抽象信息,对于愈加复杂,数据激增,运行更趋于极限的电网调度来说,具有广泛的应用前景,本文介绍了科学计算可视化技术在电网调度中的应用,并设计实现了电网可视化调度模式,该模式将保障电力系统的安全运行,提高电网调度的科学决策水平提供有力保障。

今后,如何更好的利用现有的系统分析技术、数值分析理论以及计算机数据处理和显示技术构成新的运行状态可视化平台,已成为待解决的问题。

参考文献

- 1 韩祯祥,吕捷,邱家驹.科学计算可视化及其在电力系统中的应用前景.电网技术,1996,20(7):22 - 27.
- 2 刘尧,李卫东,吕阳.电力系统运行状态可视化技术综述.电力系统自动化,2004,28(8):92 - 97.
- 3 Weber JD, Overbye TJ. Voltage Contours for Power System Visualization. IEEE Trans on Power Systems, 2000,15(1):404 - 409.