

DOI: 10.3969/j.issn.1001-4551.2013.03.028

智能调度综合预警系统在电网调度中的应用

吉晏平, 王大治

(余姚市供电局, 浙江 余姚 315400)

摘要: 针对县级电网调度日常工作需要, 结合电力系统自动化建设现状, 在遵循数据模型国际标准(IEC61970-CIM)的基础上, 利用 Visual Studio 软件设计开发了一个直接面向电网调度的实时智能化辅助平台。通过将电网调度业务关注的 SCADA 系统、线路单线图、保护配置、设备台帐、线路限额、正常运行方式等不同系统的、分散的信息集中在这个平台上, 建立了电力系统的配网拓扑模型, 实现了电网实时监控、模拟操作、静态危险点预警、动态风险评估、事故演习及反演、电子值班和操作信息管理等功能, 以辅助电力调控员快速、高效、科学应对各类电网突发故障。实例应用结果表明, 该系统大大提高了电力调控员的工作效率和电网管控能力, 减少了停电损失, 提升了电网综合管控和应急管理水平。

关键词: 智能调度; 综合预警系统; 信息集成; 配电网; Visual Studio

中图分类号: TM73 文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2013)03-0368-05

Application of intelligent dispatch integrated early warning system in grid scheduling

Ji Yan-ping, Wang Da-zhi

(Yuyao Power Supply Bureau, Yuyao 315400, China)

Abstract: Aiming at meeting the special need of county power daily dispatch, based on the construction status quo of electric power system automatization in power supply bureau, a real-time intellectualized auxiliary platform was developed for power dispatch by Visual Studio complied with IEC61970-CIM standard. Integrating various decentralize information about power dispatch businesses such as SCADA data, power grid diagram, equipment information, relay setting and production process, distribution network topology model was established, different kinds of function were realized such as power real-time monitoring, simulative operation, static dangerous point early warning, dynamic risk assessment, anti-accident exercise and its retrieval, electronic attendance and operation journal management, which may assist dispatchers to react to various sudden power fault swiftly, efficiently and scientifically. Practical application results indicate that, the system can highly improve the daily work efficiency of power dispatchers, reduce the economic loss of power-cut and upgrade the power emergency treatment level of power supply bureau.

Key words: intelligent dispatch; integrated early warning system; information integration; distribution system; Visual Studio

0 引言

电力调度是电力系统及电网经济安全运行的“大脑”, 是指挥电网运行和事故处理的中心, 需要快速、高效、稳定、可靠的决策和指挥。随着电力系统自动化程度的不断提高, 电力企业内部投建的自动化、信息系统也越来越多, 在自动化系统给电力调度工作带来便利的同时, 电力调控员也发现单一自动化系统中

的数据已经难以满足电力调度对电网的分析、判断、预警等需求^[1-2], 如何将各种类型的信息在电力调度日常工作中实现整合统一已迫在眉睫。

本研究设计开发一个面向电网调度的实时智能化辅助平台—智能调度综合预警系统。该系统能将各类电网运行数据信息进行有效整合, 并加以分析判断, 进而辅助电力调控员快速、高效、科学地制订最优决策方案。

收稿日期: 2012-07-30

作者简介: 吉晏平(1982-), 男, 浙江余姚人, 主要从事电网调控方面的工作。E-mail: jyp2008@yahoo.com.cn

1 系统框架和结构

智能调度综合预警系统以电网拓扑图为核心,结合电网设备参数、电网运行数据,描述出电网在不同时间的运行方式,以拓扑为基础提供电力调控员危险点预控、设备运行状态和提示告警信息等。本研究在服务器上安装数据库和后台程序,在客户端安装前台程序。

智能调度综合预警系统框架如图1所示。

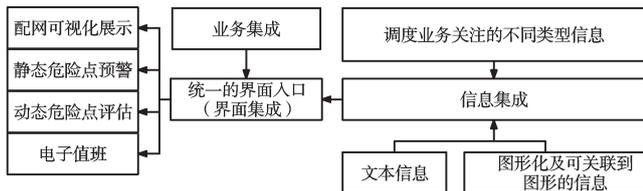


图1 智能调度综合预警系统框架图

智能调度综合预警系统硬件配置如图2所示。

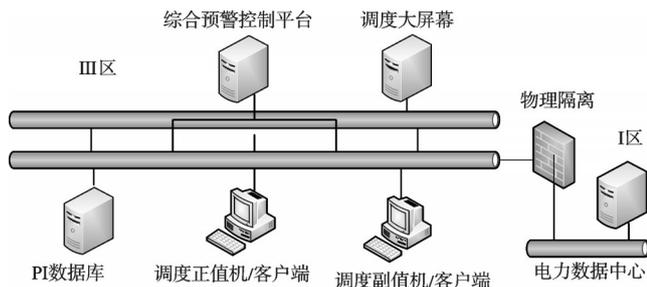


图2 智能调度综合预警系统硬件配置图

智能调度综合预警系统软件结构如图3所示。

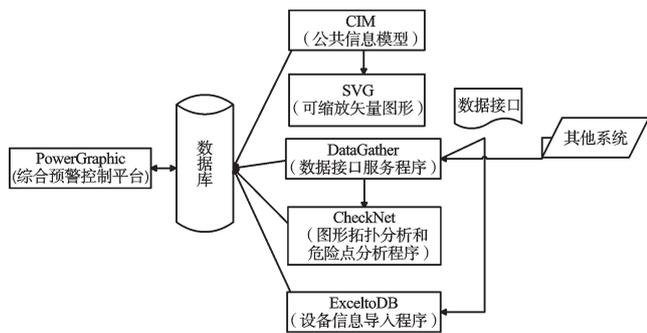


图3 智能调度综合预警系统软件结构图

2 系统主要功能

2.1 智能调度综合预警系统整网图

本研究通过构建系统拓扑图(如图4所示),集成其他系统数据,实现在一个系统平台上就可以查看各种重要的调度信息数据。根据电力调度管辖范围,按电压等级110 kV、35 kV、10 kV及城网、农网分级分层显示系统拓扑图。其特点有:

(1) 系统内所有设备的实时运行状态信息自动与数据采集与监视控制系统(SCADA)保持一致,数据每分钟刷新一次。



图4 系统拓扑图

(2) 实现对系统内所有设备的信息查询,包括设备的型号、参数、限额及保护配置等。

(3) 调度平台整网图能显示各变电所、开关站之间的电网联络图,并可以放大缩小;可实现按单线路查看等功能(此功能下屏蔽其他不相关线路,使电力调控员很清晰地查看该线路的联络情况);提供电网检修运行工作和故障、事故情况下的挂牌功能(例如检修、设备缺陷、接地标示等)。

(4) 系统从SCADA中自动获取变电所内部接线图,并与SCADA保持一致,使用人员无需对此类图进行维护,减少了运行维护成本。

2.2 静态危险点预警和动态风险评估

(1) 静态危险点预警功能。该功能主要是对日常调度操作相关的一些信息(如不同电压供区、运行方式的特殊规定、设备缺陷、薄弱环节等)在整网图上均加以一定的警告的图标显示,这样可以提醒电力调控员在操作时注重对这些节点的分析,提高电力调控员对电网的风险预控和驾驭能力。静态危险点预警如挂牌、指示等。

(2) 动态风险评估功能。该功能将调度操作与设备状态结合,通过系统后台的拓扑计算,对调度操作和事故情况下产生的动态危险点进行颜色、图标的方式报警,提示电力调控员注意,并在事故情况下实现与事故处理预案直观联动,能自动弹出事故处理预案及需要重点监视的设备,增强电网的风险预警能力,优化运行方式安排。动态风险评估如合环未解、线路失压等。

2.3 实时监控信息告警

本研究通过对SCADA实时遥信和遥测数据的计算分析,辅以设定的一些边界条件,来实现对电网的异常告警信号和错误遥测数据的监控,并以动态告警窗形式直观地提醒电力调控员,以便电力调控员对电网的事故、异常信号和异常遥测数据能做出正确、迅速的反映,及时发现设备故障和异常情况,同时还能解决SCADA无遥测数据异常信号给监控工作带来的

不便。

由于遥测、遥信和人工置位,电网数据发生变化时,系统会根据当前的电网状态自动智能地分析拓扑情况、开关量和线路电流等数据,自动产生危险点,以提示电力调控员。

2.4 反事故演习

本研究通过实现反事故演习和信息自动记录,便于在事故发生后研究事故发生的原因和经过,并作为日常业务培训学习的实时材料,这一举措对提高电力调控员的业务能力和水平发挥了积极的作用。

(1) 工作人员可选择一个历史时间点,系统会显示该历史时间点下的电网运行状态,包括当时的危险点、设备信息、挂牌信息等。

(2) 工作人员可选择两个历史时间点,系统会将这段历史时期的电网操作和发生事件自动进行反演,可以供事故处理分析、演习、培训等使用。

2.5 电网重要信息查询

本研究通过实现在自动生成的整网拓扑图上进行线路联络查询、通电测试、环路查询、越限告警等功能,大大提升了电力调控员的事故应急水平,同时也提高了防误调度能力。

笔者选中要查询的电力设备(如果要查看母线的联络情况,则可以选中母线),打开右键菜单,可以查看设备相关信息。

2.6 电子值班

本研究以各电压等级和地区的联络图为基础,并实时遥信对位,加以各类预警方式,展示现代化调度的值班方式。电子值班界面图如图5所示。



图5 电子值班界面图

主要功能有:

(1) 记录每个调度轮值和每个操作人员的所有操作内容,生成操作日志;

(2) 记录每个调度轮值中发生的电网运行方式的变化;

(3) 通过设备,将所需的运行方式变化,设备状态变化通过短信的方式自动发给所需了解信息的人员。

该系统集合了操作菜单、状态栏、联络图、设备信息、告警信息、挂牌信息、操作日志和生产计划等各种会话窗口。

3 系统主要技术特点

3.1 模型标准化

该系统应用公共信息模型 CIM(Common Information Model),随着 IEC61970^[3] 系列标准的提出, CIM 解决了能量管理系统(EMS)应用上的信息共享难题。CIM 是整个能量管理系统应用程序接口(EMS-API)框架的一部分,电力系统 CIM 已经可以用可扩展标记语言(XML)来描述,这样模型就可以通过标准格式进行交换,实现不同能量管理系统(EMS)、不同应用程序间的数据交换^[4]。

3.2 数据规范化

该系统应用 CIM/可缩放矢量图形(SVG)标准为基础的数据标准化规范设计,易于实现与其他系统的数据互通^[5-6]。

3.3 图形矢量化

该系统图形应用可缩放矢量图形(SVG), SVG 是由万维网联盟(W3C)制定的基于 XML 来描述二维矢量图形的一个开发标准^[7], 它用文本格式的描述性语言来描述图像内容,因此是一种和图像分辨率无关的矢量图形格式。它具有以下优点:

(1) 图像文件可读,易于修改和编辑;

(2) 与现有技术可以互动融合。另外, SVG 文件还可以嵌入程式语言(JavaScript)脚本来控制 SVG 对象;

(3) SVG 图形格式可以方便地建立文字索引,从而实现基于内容的图像搜索;

(4) SVG 图形格式支持多种滤镜和特殊效果,在不改变图像内容的前提下可以实现位图格式中类似文字阴影的效果;

(5) SVG 图形格式可以用来动态生成图形。例如,可用 SVG 动态生成具有交互功能的地图,嵌入网页中,并显示给终端用户。

SVG 文档作为一种规范的 XML 文档,能够很好地与 W3C 其他开发标准如 DOM, CSS, XSL, XLink, Xpointer, SML, HTML, XHTML 等进行协同工作,简化异质系统间的信息交流,方便数据库的存取,更重要的是 SVG 是 W3C 制定的网络标准,不受单一的公司控制^[8]。而在动态环境中, SVG 可以很方便地通过 JavaScript 和 XML 的 DOM(对象模型)动态生成图形,对于图形的编辑和发布,这项特征是极其重要的,基于以上考虑,电力图形系统采用 SVG 来实现。

3.4 平台一体化

Visual Studio(Windows 平台应用程序开发环境)是当前最主流的软件开发平台之一,它具有以下优点:

(1) 集成标准,简化开发。单一集成开发环境进一步考虑了开发人员的技能因素,并按照开发人员的工作方式进行调整。

(2) 更多的创意,更自由的架构。创建任何能想到的功能,并开创更多的可能性。

Visual Studio 2010是微软公司开发的最新一代软件开发工具,包含WPF、WF、WCF、MVC、Silverlight等最新的软件开发技术,支持使用C#、C++、VB、F#等多种语言进行编程,具有极强的分布式应用开发、Web服务开发和工作流开发能力,为开发功能强大的应用软件提供了可靠的基础^[9]。

3.5 应用智能化

智能调度综合预警系统是针对电力调度的智能调度管理系统,系统交互界面友好、易操作、系统的实用性和可扩展性强^[10]。智能调度综合预警系统业务数据使用关系数据库管理系统(SQL Server)来管理,保证了数据的完整性和安全性。智能调度综合预警系统涵盖了智能调度的各项业务流程,并对业务流程进行了全面的优化处理,使业务流程更加合理、高效、准确。系统从SCADA中自动获取变电所内部接线图,并与SCADA保持一致,使用人员无需对此类图进行维护,查询时只需选中要查询的电力设备,打开右键菜单,即可展示设备所有信息。电子值班以各电压等级和地区的联络图为基础,并实时遥信对位,加以各类预警方式,展示现代化调度的值班方式。

4 系统应用实例

2011年10月,余姚市供电局智能调度综合预警系统经过一个多月的试运行后正式上线运行,并顺利通过宁波电业局实用化验收。

2011年10月28日,余姚市供电局举行2011年电网迎峰度冬反事故演习。反事故演习方案中35 kV及以上电网部分均在智能调度综合预警系统中模拟进行。系统反事故演习过程如表1所示。

从事故发生造成停电到恢复电力用户送电仅用了28 mh(08时03分至08时31分),而系统使用前预计处理时间为1 h以上,可见,智能调度综合预警系统实现了实用化的预期功能。

此外,从经济效益上分析,从缩短停电时间、减少停电损失方面计算,按余姚市供电局35 kV及以上线路或变电所事故停电后,10 kV配网倒负荷恢复供电

表1 系统反事故演习流程图

| 时间 | 系统信息 | 反事故演习过程 |
|-------|-------------|--|
| 08:03 | 系统电子值班告警 | 35 kV 大黄桥变1号、2号电容器失压动作 |
| 08:03 | 系统实时监控告警 | 35 kV 大黄桥变35 kV、10 kV 母线电压异常,全所负荷下降为0,七大3813(洲大3827)线路失压 |
| 08:04 | 220 kV 宁屯溪站 | 汇报220 kV 梨洲变洲大3827开关跳闸,重合不成 |
| 08:07 | 系统事故预案提示 | 35 kV 大黄桥变可遥控操作倒至220 kV 屯山变电铁3807线受电,屯铁3807线通电测试保护装置正常 |
| 08:25 | 220 kV 梨洲变 | 汇报洲大3827线距离I段保护动作,开关跳闸,重合不成,现场设备正常 |
| 08:30 | 输电线路工区 | 汇报洲大3827线5号杆遭外力破坏,导致杆身严重倾斜,需立即处理,申请七大3813(洲大3827)线改线路检修 |
| 08:31 | 调控中心 | 遥控操作将35 kV 大黄桥变电铁3807线改运行并停用其线路保护 |
| 08:31 | 调控中心 | 发令将七大3813(洲大3827)线改为线路检修 |
| 08:37 | 系统实时监控告警 | 屯铁3807线过载 |
| 08:37 | 调控中心 | 核实后立即通知城南、城北供电所进行紧急错峰 |
| 08:46 | 35 kV 大黄桥变 | 汇报七大3813线已改为线路检修 |
| 08:46 | 220 kV 梨洲变 | 汇报洲大3827线已改为线路检修 |
| 08:47 | 系统电子值班提示 | 设置七大3813(洲大3827)线路检修标示牌 |
| 08:47 | 调控中心 | 许可七大3813(洲大3827)线应急抢修工作 |

方式计算,2006年~2010年间,35 kV及以上线路或变电所事故停电共计发生77次,停电时间共计323.57 h,损失电量共计127.372 kWh。使用智能调度综合预警系统后,每次安排10 kV配网倒负荷方案及恢复供电时间一般为1.5 h,共计节省停电时间约208.07 h(323.57-1.5×77),减少损失电量81.906 kWh(127.372×208.07/323.57)。每年可节省的停电损失至少为8.8万元(销售电价按每度0.538元计算)。

同时,从提高工作效率,减少专业技术人员投入,节省人力成本方面计算,该研究可减少专业技术人员投入工作量2人/年,按每人每年10万元计算,创造效益20万元。以上合计年可创造的项目直接经济效益为28.8万元。

另外,本研究通过强大的设备电子信息库,使调度在操作中既能正确可靠地掌握电网现状,又能快速高效地读取所需信息,最大程度地提高工作效率,最

终保证电力设备的高效率、低故障率安全运行。由于极大地减少了事故造成的电力用户的停电时间,尤其减少了专线大客户的停电时间,这对提升供电企业的优质服务和建立良好的社会形象都将起到积极作用,社会效益巨大。

5 结束语

智能调度综合预警系统是一个基于当前电力调度系统的数据平台,针对地县级电力调度运行的功能性软件,它不同于目前电力系统中广泛应用的电网调度自动化系统OPEN2000、生产管理系统PMS,它是一个直接面向电力调度的实用性工作系统,侧重于电力调度日常工作的实际需要,更具电网调控一体化特色。

实际使用情况表明,该智能调度综合预警系统极大地提高了电力调控员的工作效率和电网管控能力,大大减少了停电损失,大幅度提升了余姚电网综合管控和应急管理水平。

根据使用效果,笔者对系统提出了进一步发展的方向有:

(1) 接口整合信息需进一步扩大。接口整合数据信息需进一步扩大,将更多的信息整合到平台上来,进一步加强、完善平台的功能。例如增加变电所二次压板状态的录入和保护配置状态,实时掌握变电所二次压板的状态位置,从而使电力调度进一步全面掌握电网一、二次运行实况。

(2) 联络图成图功能需进一步完善。随着电力系统的发展,10 kV配电网日益庞大复杂,如果10 kV配电网的联络图能根据CIM模型完成自动成图,则对系统功能又将是一个质的提高。

参考文献(References):

- [1] 蒋宏图,袁 越. 电力系统自动化综合应用信息平台设计与实现[J]. 电力自动化设备,2009,29(5):113-116.
- [2] 姚建国,杨胜春,高宗和,等. 电力调度自动化系统发展趋势展望[J]. 电力系统自动化,2007,31(13):7-11.
- [3] 张慎明,卜凡强,姚建国,等. 遵循IEC61970标准的实时数据库管理系统[J]. 电力系统自动化,2002,26(24):26-30.
- [4] 林 峰,胡 牧,蒋元晨,等. 电力调度综合数据平台体系结构及相关技术[J]. 电力系统自动化,2007,31(1):61-64.
- [5] DL/T 789-2001,县级电力调度自动化系统实用化要求及验收[S]. 北京:中华人民共和国国家经济贸易委员会,2001.
- [6] GB/T 13730-2002,地区电力调度自动化系统[S]. 北京:中华人民共和国国家质量监督检验检疫局,2002.
- [7] 李惠松. 基于SVG的电网公共图形交互规则分析[J]. 工业控制计算机,2012,25(3):17-19.
- [8] 王 健,陈剑云,屈志坚. 基于SVG的电力图元库的设计与实现[J]. 继电器,2008,36(8):29-82.
- [9] GB/T 9813-2000微型计算机通用规范[S]. 北京:中国标准出版社,2001.
- [10] GB/T 16435. 1-1996远动设备及系统接口(电气特性)[S]. 北京:中国标准出版社,1996.

[编辑:罗向阳]

(上接第357页)

试平台,本研究试验了传统和优化后的两种控制策略。试验时分别记录测试平台的振动、噪音、实测的扭矩、变流器反馈电网的功率等参数。试验的结果和仿真的结果非常接近,进一步验证了该优化后的控制策略要优于传统的控制策略^[10]。

参考文献(References):

- [1] 赵 群,王家泉,李 辉. 世界风力发电现状与发展趋势[J]. 机电工程,2006,23(12):16-18.
- [2] 叶杭冶. 风力发电机组的控制技术[M]. 北京:机械工业出版社,2002.
- [3] SLOOTWEG J G, POLINDER H, KLING W L, et al. General model for representing variable speed wind turbines in power system dynamics simulations [J]. *IEEE Transactions on Power Systems*, 2003, 18(1):144-151.
- [4] 胡书举,李建林,许洪华. 永磁直驱风电系统PMSG控制策略的实验研究[C]. 中国电工技术学会电力电子学会第十一届学术年会,2008.

- [5] ANDERSON P M, BOSE A. Stability simulation of wind turbine systems [J]. *IEEE Transactions Power Apparatus and systems*, 1983, 102(12):3791-3795.
- [6] KARKI R, HU P, BILLINTON R. A simplified wind power generation model for reliability evaluation[J]. *IEEE Transactions on Energy Convers*, 2006, 21(2):533-540.
- [7] JIA Yao-qin, YANG Zhong-qing, CAO Bing-gang. A new maximum power point tracking control scheme for wind generation [C]//Proceedings International Conference on Power System Technology, 2002. Power Con., 2002:144-148.
- [8] NAKAMURA T, MORIMOTO S, SANADA M, et al. Optimum control of IPMSG for wind generation system [C]//Proceedings of the PCC-Osaka, 2002:1435-1440.
- [9] 徐 科,胡敏强,郑建勇,等. 风力发电机无速度传感器网侧功率直接控制[J]. 电力系统自动化,2006,30(23):43-47.
- [10] IEC / TR 61400-24, Wind turbine generator systems[S].

[编辑:罗向阳]