

可在线编辑电网地理接线信息的电能质量 监测系统设计与实现

曲广龙,杨洪耕,熊晓祎

(四川大学 电气信息学院,四川 成都 610065)

摘要: 基于 ArcGIS Server 技术设计并实现了一种可在线编辑和扩展电网地理接线信息的电能质量监测系统,将电网地理接线信息和电能质量监测无缝结合,让用户能直观监测电网整体电能质量状况,并且使电能质量监测工作同步于电网的建设发展。系统采用浏览器/服务器(B/S)结构,用户通过客户端浏览器即可完成电能质量监测工作,且只有服务器侧有管理和维护成本。该系统已经在四川电能质量数据平台中成功应用。

关键词: 电力系统; 电能质量; 监测; 互联网地理信息系统; 可编辑扩展; 网络应用开发框架

中图分类号: TM 714

文献标识码: A

DOI: 10.16081/j.issn.1006-6047.2015.11.025

0 引言

随着科学技术和国民经济的快速发展,电能质量问题已经引起人们的广泛关注。特别是冲击性、非线性负荷的大量应用,使得电网中电压波形畸变、电压波动及闪变等问题日益严重,从而导致电网电能质量严重下降,并诱发各种电力系统事故,对电力用户的正常用电造成不良影响^[1]。同时,电能质量的恶化也给电网及用户带来巨大的经济损失。因此建立一套完备的电能质量监测系统对电网的电能质量状况进行在线监测是十分必要的^[2]。

电能质量监测系统利用安装在不同站点、不同电压等级以及不同出线端的监测装置采集电能质量数据,通过网络传回数据中心站,实现同时对电网多个位置进行监测,提供全网电能质量状况的相关信息,为科学准确地评估电网的电能质量水平,进行电网事故或异常情况分析及电能质量污染的控制和治理等方面提供重要的数据支撑。

目前国内已研究开发出许多电能质量监测系统^[3-14],但是数据表现形式都比较单一,不能直观展现出电网整体电能质量水平,用户体验效果较差。文献^[15]提出了一种基于互联网地理信息系统(Web-GIS)的电能质量监测系统,将电网地理接线信息和电能质量数据结合,使电能质量数据表现形式更加直观和多样化,但是没有提供电网地理接线信息的编辑和扩展功能,如果有新建变电站或线路需要进行电能质量监测则无法做到在线同步,不适合电能质量监测工作的长远发展。本文在文献^[15]所做工作的基础上,采用 ArcGIS Server 技术设计并实现了可在线编辑扩展电网地理接线信息的电能质量监测系统。如果遇到电网新建设变电站及输电线路,可通过地理接线图在线编辑功能实现相应的编辑

或新增,使得电能质量监测工作能同步于电网建设发展,从而更好地监测电网电能质量的整体情况。

1 ArcGIS Server 简介

ArcGIS Server 是一个基于网络(Web)技术的企业级 GIS(Geographic Information System)解决方案^[16-17],为创建和管理基于服务器的 GIS 应用提供了一个高效的框架平台,并且提供基于工业标准的 WebGIS 服务。ArcGIS Server 基于核心组件库 ArcObjects 搭建,不仅具备发布地图服务的功能,还能提供灵活的编辑和强大的分析能力,具有以下特点。

a. 集中式管理使成本降低。数据维护管理和系统升级只需要在服务器端进行集中式的处理,节约了投入的时间成本和人力资源,并且有利于提高数据的一致性。

b. 瘦客户端也可以使用高级 GIS 服务。以往实现高级 GIS 功能只能基于庞大的桌面软件,现在通过 ArcGIS Server 搭建 GIS 服务使得客户端通过浏览器即可实现高级 GIS 功能。

c. 支持大量并发访问。ArcGIS Server 采用分布式组件技术,可大幅降低响应时间,提高并发访问量。

d. 可以与其他应用系统无缝整合,为其提供地理信息支持。

2 监测系统设计架构和功能模块

2.1 监测系统设计架构

系统采用 ASP.NET 技术。ASP(Active Server Pages)是一种使嵌入网页中的脚本可由因特网服务器执行的服务器端脚本技术,它使运行一些很平常的任务如表单的提交、客户端的身份验证、分布系统和网站配置变得非常简单^[18]。监测系统逻辑结构由用户界面层、Web 服务层、数据库服务层组成,物理结构可以具体分为电能质量监测设备、数据库服务器、

Web 服务器、客户端 4 个部分。系统结构及工作示意图如图 1 所示。

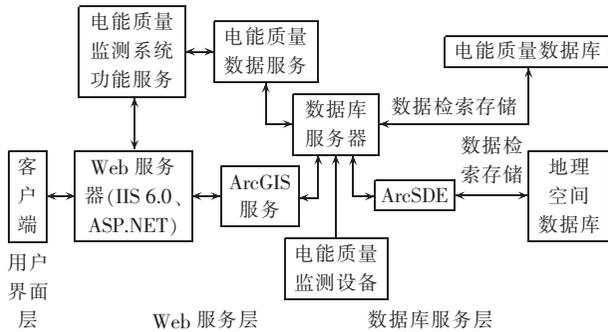


图 1 电能质量监测系统结构示意图

Fig.1 Schematic diagram of power quality monitoring system

电能质量监测设备是整个系统的数据采集及预处理装置。其负责采集电压、电流数据,并计算各电能质量指标,整理成电能质量标准数据格式 PQDIF (Power Quality Data Interchange Format) 文件,通过文件传输协议 (FTP) 由管理信息区网络发送到服务器端;当有暂态事件发生时,电能质量监测仪将暂态数据交换通用格式 COMTRADE (COMmon format for TRAnsient Data Exchange) 文件通过 FTP 协议发送到服务器端。电能质量监测仪工作原理如图 2 所示。

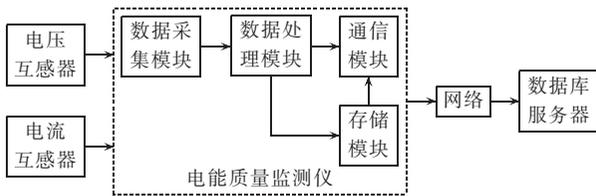


图 2 电能质量监测仪工作原理图

Fig.2 Schematic diagram of power quality monitor

数据库服务器负责收集电能质量监测设备传输来的数据,进行解析和存储^[4],并响应 Web 服务器的数据检索请求。系统包含电能质量监测数据库和地理空间数据库 2 个数据库。

监测系统采用浏览器/服务器 (B/S) 结构。Web 服务器为客户端提供各种 Web 服务,响应客户端浏览器发送的请求,并根据用户请求,从数据库中检索相应数据,通过 HTTP 协议将数据发送到客户端浏览器进行展示。

客户端通过浏览器向 Web 服务器发送请求,并把返回的数据结果展示给用户。

2.2 监测系统主要功能模块

监测系统主要包含以下 7 个模块。

a. 趋势图查询模块。变电站单监测点单指标 (包括电压、电流、有功、无功、频率、谐波、电压波动与闪变、三相不平衡度) 数据查询,提供所选择监测点在选择时间段内和选择电能质量指标下的每分钟

数据值,以曲线图和表格的形式展示,并在图上标出国标限值以供参照。

b. 统计值查询模块。统计值查询模块提供变电站单监测点单指标日统计数据查询及所选择监测点在选择时间段内和选择电能质量指标下的日统计值 (包含最大值、最小值、CP95 值和平均值),以蜡烛图和表格的形式展示。

c. 专家诊断模块。专家诊断模块对单监测点数据进行高层分析,包含谐波源定位、闪变源定位、电压暂降评估等。

d. 报表模块。报表类型分为日报表、月报表、季报表和年报表。报表模块提供一种组合式报表,对任选监测点和任选指标按报表类型得到相应时间段内的指标统计值 (最大值、最小值、CP95 值和平均值),并提供 EXCEL 报表文件下载。

e. 用户管理模块。用户管理模块提供用户的新增、删除,用户密码及信息修改,用户权限管理,审计日志等功能。

f. 系统管理模块。系统管理模块提供变电站及线路属性录入、修改、删除功能,统一管理系统配置参数。

g. 地理导航模块。地理导航模块提供电网地理接线及电能质量整体监测一览图。可以直接在地理接线图上选择变电站或者线路来查看历史或实时电能质量监测数据,并提供实时数据越限告警功能 (以文字和线路闪烁方式提示用户),将越限信息记录在日志中。同时具备电网地理接线信息在线编辑扩展功能,根据电网最新建设情况,可以在地理接线图上做出相应修改,实现电能质量监测工作与电网建设同步发展。

3 监测系统实现

3.1 监测系统搭建

(1) 系统开发及运行环境。

系统基于微软 .NET 平台,采用 Visual Studio 2008 开发环境开发。服务器操作系统为 Windows Server 2008,数据库服务器软件为 Sql Server 2008,Web 服务器软件为 IIS6.0。

(2) 数据库服务层。

数据库服务器中设有 2 个数据库:电能质量数据库,存储各监测点电能质量监测数据及高层分析结果数据;地理空间数据库,存储地理信息空间数据。

数据库服务层中包含数据文件 (PQDIF 文件和 COMTRADE 文件) 解析服务、GIS 空间数据引擎^[17] (ArcSDE)、数据管理维护服务,分别具有以下功能。

a. PQDIF 文件解析服务。解析电能质量监测设备传输上来的数据文件,将电能质量原始数据存入电

能质量数据库。

b. GIS 空间数据引擎(ArcSDE)。提供地理信息数据检索、编辑和管理功能,是 GIS 与数据库管理系统(DBMS)之间的桥梁,支持海量数据和所有 GIS 数据(矢量、栅格、测量、元数据等)。

c. 数据管理维护服务。对电能质量数据库进行维护管理,如数据库备份、系统运行失败时的数据库恢复^[4]、占用空间监视等。

(3) Web 服务层。

系统采用 B/S 架构,以网站形式通过互联网信息服务(IIS)发布在 Web 服务器上。Web 服务层包括电能质量监测系统功能服务、ArcGIS 服务以及电能质量数据服务,分别具有以下功能。

a. 电能质量监测系统功能服务。系统核心模块,完成系统最主要功能。包含各种电能质量高层应用算法模块及报表模块、用户管理模块等。

b. ArcGIS 服务^[16-17]。实现 GIS 功能,如在地图上查找、编辑和新增要素(变电站或线路),查询要素信息等。ArcGIS 服务包含 Map 服务、Geocode 服务、Geoprocessing 服务和 Geodata 服务 4 种服务。Map 服务是使用最多的一种 ArcGIS 服务,该服务可以支持发布二维地图、建模、网络地图服务(OGC WMS)和在线编辑空间数据等。Geocode 服务是地址编码服务,该服务可以把一个文本描述的地址转化为一个地理坐标。Geoprocessing 服务是一个基于 Web 的地理处理工具,客户端提交处理请求,服务器执行空间分析和建模,然后把执行结果展现在客户端。Geodata 服务提供访问地理空间数据库内容的功能,支持在线数据查询、数据提取、数据更新等。

c. 电能质量数据服务。与数据库服务器交换电能质量数据,响应客户端数据请求,向电能质量数据库检索或存储数据。

(4) 用户界面层。

用户界面层直接与用户交互,利用 HTTP 协议通过客户端浏览器将图表数据展示给用户,并将用户的操作信息提交给 Web 服务器,是给予用户最直观体验的部分。

3.2 可编辑扩展功能实现

系统界面部分采用 ASP.NET 技术开发^[18],地理导航部分在 ASP.NET 基础上使用了 Web ADF for .NET (Web Application Develop Framework for .NET) 框架,Web ADF for .NET 是 ArcGIS Server 基于 .NET 专用的开发框架,具有很强的移植性,能集成在 Visual Studio 开发环境中^[13],从而简化开发过程。

Web ADF for .NET 是实现电网地理接线信息可编辑和扩展功能的关键技术,具有强大的开发能力和灵活的编辑能力。它包含一系列的 Web 控件和应

用程序编程接口(API),可以用于实现 ArcGIS Server Manager Web Application 所创建的应用。

系统使用的主要 ArcGIS Server 控件^[14]包括以下几种。

a. MapResourceManager 控件。MapResourceManager 地图资源管理器控件是开发 ArcGIS Server Web ADF 应用最重要的控件之一,它能同时管理多个资源,并且可以设置图层的顺序以及图像输出透明度。其他控件可以通过同一个地图资源管理控件去访问不同的资源。监测系统中不同地区的电网有不同的数据资源。

b. Map 控件。Map 控件是用来显示一个或多个不同类型数据资源的地图图形控件。它必须与 MapResourceManager 控件关联使用。Map 控件可以把多个不同类型的地图服务融合为一个地图,并且有异步刷新功能,通过 map.Refresh() 函数实现只刷新内容改变部分。

c. MapTips 控件。MapTips 可以显示与之相关联的 Map 控件图层中鼠标光标选择元素的属性,可以用来显示选择监测点的电能质量监测数据。

d. EditorTask 控件。EditorTask 控件是实现电网地理接线信息在线编辑扩展的核心控件。它为 ArcGIS Server 地图服务提供一套基于 Web 的编辑工具,可以修改、添加、删除元素以及修改元素属性。

电网地理接线图中用点元素表示变电站,线元素表示输电线路,面元素表示区域,因此可以通过 EditorTask 控件实现电网地理接线信息在线编辑扩展功能。并且 ArcGIS Server 已经封装好很多功能,开发时无需再编写大量代码。

当监测系统内变电站或输电线路数量较多时,如果通过人工搜寻会比较耗费时间。ArcGIS Server 提供通过属性值定位对象功能^[17],即可以通过输入变电站或线路名称来定位其在地理接线图上具体位置。功能实现部分代码如下:

```
if (datatable.Columns[j].DataType == typeof(ESRI.ArcGIS.ADF.
Web.Geometry.Geometry))
{ESRI.ArcGIS.ADF.Geometry.Point
pnt=(ESRI.ArcGIS.ADF.Geometry.Point)datatable.
Rows[0][j];Map1.CenterAt(pnt);
M_ADFCallbackFunctionString=Map1.CallbackResults.Tostring();
return;}
```

4 实际应用情况

近年来,随着四川省经济的快速发展,电网中电能质量干扰源用户的数量不断上升,对电网的安全经济运行造成一定的危害。针对这一情况,研制开发了一套全省电能质量数据平台,对全省各地区的电能质量进行监测。

在系统运行界面中,可以通过监测点负荷类型列表选择在图上显示的监测点。如果想观测某变电站内各线路的电能质量情况,可以在地图上点击该变电站,系统运行界面中就可以显示出该变电站各条线路的实时电能质量数据信息,当有指标越限时,会有告警提示。监测系统的最大特点在于可以根据电网的发展建设情况进行相应的编辑和扩展,如果电网中新建了变电站和输电线路,或者需要对现有变电站和输电线路进行电能质量监测,在安装了电能质量监测设备并且网络连接通畅的情况下,可以在系统中按照实际情况进行绘制,并录入相应变电站和线路信息,系统便会自动收取该变电站和线路的电能质量数据进行展示,由此实现电能质量监测工作与电网建设发展同步。

5 结论

在电能质量监测系统中引入 WebGIS 技术,将电网地理接线信息和电能质量监测数据有效结合,不仅丰富了电能质量监测数据的展示形式,而且做到了电网电能质量的全局监测。同时,利用 ArcGIS Server 实现了电网地理接线信息在线编辑扩展,使电能质量监测工作同步于电网的建设发展。ArcGIS Server 能提供方便的地理信息服务,具有广阔的应用前景,本文可为 ArcGIS Server 在电力行业其他领域的应用提供一定的参考。

参考文献:

- [1] 王玲,康健,邹宏亮,等. 实时电能质量监测系统的构建及应用[J]. 电力系统保护与控制,2011,39(2):108-111.
WANG Ling,KANG Jian,ZOU Hongliang,et al. Construction and application of real-time power quality monitoring system[J]. Power System Protection and Control,2011,39(2):108-111.
- [2] 杨进,肖湘宁. 电能质量监测技术发展新趋势——网络化、信息化、标准化[J]. 电力自动化设备,2004,24(11):82-87.
YANG Jin,XIAO Xiangning. New development tendency of power quality supervision technology—netlike,informization and standardization[J]. Electric Power Automation Equipment,2004,24(11):82-87.
- [3] 韩绍甫,杜树新. 电能质量监测系统设计及实现[J]. 电力自动化设备,2006,26(4):80-83.
HAN Shaofu,DU Shuxin. Design and realization of power quality monitoring system[J]. Electric Power Automation Equipment,2006,26(4):80-83.
- [4] 王葵,李建超,潘贞存. 电气化铁路电能质量监测平台设计[J]. 电力自动化设备,2008,28(7):94-96.
WANG Kui,LI Jianchao,PAN Zhencun. Design of power quality monitoring platform for electrified railway[J]. Electric Power Automation Equipment,2008,28(7):94-96.
- [5] 范瑞祥,肖红霞,陈虹. 电气化铁路集中接入地区电能质量监测系统研究与应用[J]. 电测与仪表,2012,49(562):66-72.
FAN Ruixiang,XIAO Hongxia,CHEN Hong. Research and application of power quality system in electric railway centralized access areas[J]. Electrical Measurement & Instrumentation,2012,49(562):66-72.
- [6] 刘建军,刘润梅,朱颖杰. 基于 ASP.NET 电能质量监测系统的研究与实现[J]. 电源技术,2012,36(7):1030-1032.
LIU Jianjun,LIU Runmei,ZHU Yingjie. Research and realization of power quality monitoring system based on ASP.NET[J]. Chinese Journal of Power Sources,2012,36(7):1030-1032.
- [7] 张逸,杨洪耕,叶茂清,等. 基于多 Agent 的电能质量辅助服务平台[J]. 电力自动化设备,2012,32(12):92-96.
ZHANG Yi,YANG Honggeng,YE Maoqing,et al. A power quality ancillary service platform based on multi-agent[J]. Electric Power Automation Equipment,2012,32(12):92-96.
- [8] 张霖,关根志,张凯,等. 基于虚拟仪器和 CORBA 的分布式电能质量监测系统[J]. 电力自动化设备,2006,26(2):83-85.
ZHANG Lin,GUAN Genzhi,ZHANG Kai,et al. Distributed power quality monitoring system based on virtual instrument and CORBA[J]. Electric Power Automation Equipment,2006,26(2):83-85.
- [9] 牛博,王建华,宋政湘,等. 基于现场可编程门阵列的电能质量监测系统设计[J]. 电力自动化设备,2007,27(4):91-95.
NIU Bo,WANG Jianhua,SONG Zhengxiang,et al. Design of power quality monitoring system based on FPGA[J]. Electric Power Automation Equipment,2007,27(4):91-95.
- [10] 王宾,潘贞存,张惠芬. 分布式电能质量监测系统硬件平台的设计[J]. 电子测量与仪器学报,2004,18(2):7-12.
WANG Bin,PAN Zhencun,ZHANG Huifen. Design of distributed power quality monitoring system hardware[J]. Journal of Electronic Measurement and Instrument,2004,18(2):7-12.
- [11] 莫俊雄,汪志东,徐义. 关于电能质量监测网的若干问题探讨[J]. 电网技术,2001,25(7):77-79.
MO Junxiong,WANG Zhidong,XU Yi. Discussions of monitoring network of electric power system[J]. Power System Technology,2001,25(7):77-79.
- [12] 刘海昌,刘豪,王姣侠,等. 电能质量远程监测系统的设计与实现[J]. 电力系统保护与控制,2009,37(13):109-111.
LIU Haichang,LIU Hao,WANG Jiaoxia,et al. Design and implementing of remote power quality monitoring system[J]. Power System Protection and Control,2009,37(13):109-111.
- [13] 王芳,顾伟,袁晓冬,等. 面向智能电网的新一代电能质量管理平台[J]. 电力自动化设备,2012,32(7):134-139.
WANG Fang,GU Wei,YUAN Xiaodong,et al. Power quality management platform for smart grid[J]. Electric Power Automation Equipment,2012,32(7):134-139.
- [14] 刘海涛,韩文新,苏剑. 电能质量在线综合监测系统[J]. 电网技术,2006,30(增刊 2):583-587.
LIU Haitao,HAN Wenxin,SU Jian. Integrated on-line monitoring system of power quality[J]. Power System Technology,2006,30(Supplement 2):583-587.
- [15] 黄攀,姚建刚,鲁栗,等. 基于 WebGIS 的电能质量监测系统设计与应用[J]. 电网技术,2005,29(7):52-55.

Design and application of DC sensor based on resistance sampling for measuring neutral DC current of transformer

TONG Xin¹, QUAN Jiangtao¹, XU Jing², XIA Tian¹, WANG Liang³

(1. State Grid Hubei Electric Power Research Institute, Wuhan 430077, China;

2. State Grid Hubei Yichang Electric Power Supply Company, Yichang 443000, China;

3. Wuhan New Electric Technology Co., Ltd., Wuhan 430074, China)

Abstract: A DC sensor based on the resistance sampling method is designed to realize the installation of the online neutral DC current monitoring equipment during the transformer operation, which is based on the measuring principle of resistance sampling method and the operating principle of dual-integral A/D converter. The output characteristic of designed DC sensor is basically linear with the working temperature, which can be easily online corrected. When the measurement is larger than 10 A, its error is 2% while the measuring error is smaller than 0.2 A when the measurement is smaller than 10 A. The designed sensor is successfully applied on site and the monitored data show its reliability.

Key words: electric transformers; neutral current; DC biasing; online monitoring; dual-integral A/D converter; measurements; sensors

(上接第 168 页 continued from page 168)

HUANG Pan, YAO Jiangang, LU Li, et al. Design of WebGIS based power quality monitoring system and its application[J]. Power System Technology, 2005, 29(7): 52-55.

[16] 刘光, 唐大仕. WebGIS 开发——ArcGIS Server 与 NET[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009.

[17] 何正国, 杜娟. ArcGIS Server 开发从入门到精通[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2010.

[18] 张正礼. ASP.NET 4.0 从入门到精通[M]. 北京: 清华大学出版社, 2011.

作者简介:



曲广龙

曲广龙(1988—), 男, 四川成都人, 博士研究生, 研究方向为电能质量分析与控制系统开发(E-mail: qgl_1988@sina.com);

杨洪耕(1949—), 男, 四川成都人, 教授, 博士研究生导师, 博士, 主要从事电能质量分析与控制的研究与教学工作。

Design and realization of power quality monitoring system with online editable geographical wiring information of power grid

QU Guanglong, YANG Honggeng, XIONG Xiaoyi

(School of Electrical Engineering and Information, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: A power quality monitoring system with the editable and extensible geographical wiring information of power grid is designed and realized based on the technology of ArcGIS Server, which seamlessly integrates the geographical wiring information of power grid and the power quality monitoring to enable the users to directly monitor the overall power quality condition of power grid and synchronize the power quality monitoring with the power grid development. Due to its B/S structure, the user monitors the power quality via client-end browser and only the server side needs management and maintenance cost. The designed system is successfully applied in the Sichuan power quality data platform.

Key words: electric power systems; power quality; monitoring; WebGIS; editable and extensible; Web ADF