

DOI: 10.7500/AEPS201208147

基于 Qt 的电力系统地理接线图绘制软件设计

李文帆¹, 刘志刚¹, 伍文城^{1,2}, 何士玉¹

(1. 西南交通大学电气工程学院, 四川省成都市 610031; 2. 西南电力设计院, 四川省成都市 610021)

摘要: 针对 PSD-BPA 的地理接线图绘制软件存在的缺陷和不足, 提出了一种以 Qt 库为基础的电力系统地理接线图绘制软件设计方法。首先, 按照软件的功能需求, 以及各模块间相互独立、视图数据相互分离的设计思想将软件划分为 3 层结构: 数据服务层、绘图操作层和辅助功能层。然后, 以 Qt 图形视图框架为基础建立了软件的主体绘图框架, 并详细阐述了数据库视图框架、潮流动画功能以及接线图输出技术的实现方法。

关键词: 地理接线图; 接线图绘制; Qt 图形视图框架; 可视化

0 引言

随着电力系统的发展, 电网结构日趋复杂, 潮流计算结果的数据量也更加繁多。简单直观地表现电力系统网络结构和潮流分布结果对电力系统的分析和工程实践意义重大。用基于地理接线的图形来描述电力系统网络结构, 在图形上标注数据, 将数据和图形结合在一起, 可以使潮流分布一目了然^[1-2]。

BPA 中国版^[3]是中国电力科学研究院由美国 Bonneville 电力局引进并按照中国电力系统实际需求所开发的一款电力系统计算分析软件包, 核心为潮流计算和暂态稳定计算, 目前在国内得到了广泛应用。该软件包提供了 PSD-Clique 地理接线图格式潮流图绘制程序, 可实现网络拓扑的绘制和潮流结果的显示, 常用于展示电力系统规划的宏观结果。然而, 该程序在实际应用中也逐渐暴露出了一些缺陷, 如节点数据管理不便、绘图过程较为繁琐、图形显示平台功能较弱、地理接线的网络拓扑绘制缺乏参照、接线图输出格式单一等。南京南瑞继保电气有限公司开发的 NRFlowChart 潮流图程序^[4]以 BPA 的 DAT 格式潮流计算文件为基础数据, 绘制地理接线图。该软件在 PSD-Clique 的基础上进行了功能扩展, 如增加了厂站绘制的自动扩展, 提供了更多的接线图输出格式等; 但仍然存在节点数据管理不便、图形平台功能较弱等缺陷。

许多文献也针对各种电力系统地理接线图程序进行了研究。如文献^[5]开发的地理接线图编辑工具采用自动分析生成全网拓扑关系的方法, 实现模

型数据到电网设备的对应关系。文献^[1]以面向对象的编程方法设计了基于 PSS/E 数据的潮流图绘制软件, 并提供了 EMF 格式图形的输出方法, 克服了 PSS/E 软件自身输出位图格式潮流图的缺点。文献^[6]将可缩放矢量图形(SVG)技术运用到能量管理系统(EMS)的地理接线图上。

Qt 是一种面向对象的、易扩展且具有优良跨平台特性的 C++ 图形用户界面应用程序开发框架, 其丰富的应用程序界面(API)能为软件的开发提供便利。本文通过对既有的地理接线图绘制程序进行分析比较, 以 Qt 库为平台, 以面向对象的技术和模块化设计思想为软件开发方法, 设计出一款以 BPA 潮流计算数据文件(DAT 格式文件)和潮流计算结果文件(PFO 格式文件)为数据基础的地理接线图绘制软件。该软件界面友好、操作简单、功能丰富。

1 软件结构设计

根据地理接线图绘制的功能需求, 以及各模块间相互独立、视图数据相互分离的设计思想, 将软件划分为以下几个部分: 数据服务层、绘图操作层和辅助功能层。软件结构如图 1 所示。数据服务层为整个系统提供了数据操作的基础支持, 包括 BPA 数据资源与系统数据库及系统数据库与视图之间的交互等; 绘图操作层则在数据服务层的基础上提供了一个图形系统操作框架, 实现多方法绘图与视图操作功能; 辅助功能层则为提高软件与用户之间的交互性提供了多种辅助功能。

1.1 数据服务层

数据服务层的设计以数据与图形相互独立为原则。根据绘制地理接线图的基础数据需求设计数据库结构, 并且分别提供进行数据操作的各功能模块。

收稿日期: 2012-08-18; 修回日期: 2012-09-28。

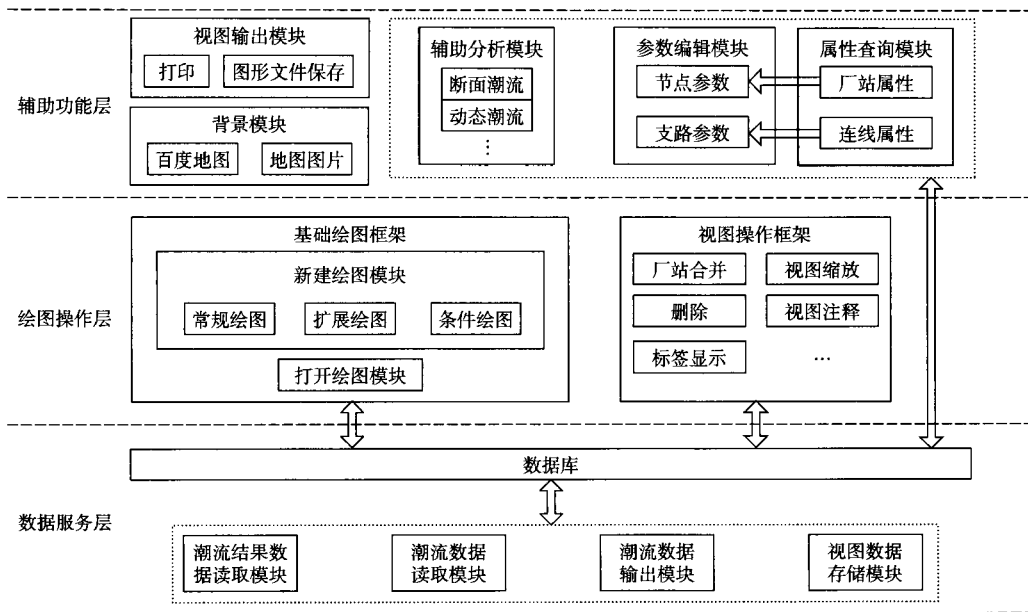


图 1 软件结构图
Fig. 1 Software structure diagram

1)潮流数据读取模块:将 BPA 数据资源中的潮流数据文件(DAT 格式文件)中的节点参数和支路参数读入数据库。

2)潮流结果数据读取模块:从 BPA 数据文件中的 PFO 格式文件中检索出节点的电压、功率与支路的潮流等数据,匹配到潮流数据读取模块生成的节点表和支路表中。

3)潮流数据输出模块:将用户在绘图操作中对节点或支路的参数修改后的结果写入原 DAT 格式文件,以使用户可以在地理接线图中直接对 DAT 格式文件进行编辑,使得数据操作更为直接、形象,避免了返回 BPA 数据编辑器查看编辑参数的繁琐过程。

4)视图数据存储模块:存储绘制的地理接线图参数,以实现打开已绘接线图的功能。

1.2 绘图操作层

绘图操作层是地理接线图程序的基础核心部分。同其他的地理接线图绘制软件一样,本层包含了建立地理接线图的最基本的功能。

在基础绘图框架中,除了常规的新建厂站绘图外,还提供了扩展绘图与条件绘图:①扩展绘图,根据选中已绘厂站的所含节点,遍历出与之有连接关系的节点,依次绘出,并添加连线;②条件绘图,根据读取的 DAT 节点参数,如分区、基准电压等,任意组合条件绘制满足要求的节点。

视图操作框架涵盖了厂站合并、删除、标签显示、视图注释、视图缩放等基本功能。

1.3 辅助功能层

设计辅助功能层的目的在于提高软件的操作性

与灵活性,更加方便地绘制接线图并满足用户对软件更多的需求等。

1)视图输出模块:涵盖了图形文件打印、保存等功能,对已经绘制的地理接线图提供了灵活多样的输出形式(PDF 格式、JPG 格式、SVG 格式^[6-8]等),可直接用于 Microsoft Word,PPT,Visio 等常用软件中,且生成的 SVG 格式图形可在 Visio 中进行独立的编辑,弥补了 PSD-Clque 输出图形格式不理想的问题。

2)背景模块:为避免 PSD-Clque 与 NRFlowChart 潮流图程序在绘图时地理位置信息缺乏参考,仅凭用户的个人认知绘制厂站位置,该模块提供了背景参照。一种方法是提供地图图片,该方法功能单一,较为简单;另一种方法是添加百度地图为背景,该方法实现较复杂,但功能较强。

3)辅助分析模块:主要有动态潮流显示与断面潮流分析等功能,提升了软件的图形化展示与分析能力。

4)属性查询模块:查阅厂站和连线的潮流结果信息。

5)参数编辑模块:查阅编辑厂站中节点的参数信息和连线中支路的参数信息。

2 数据库设计

数据库用于存储由 BPA 文件导入的所有数据资源。以 DAT 格式文件数据为基础,通过数据服务层将潮流数据文件分别读取到节点表和支路表,节点表包含了将要绘制厂站的基本信息,也是绘制接线图的重要基础,而支路表则表示了厂站间的连

接关系。数据库设计的关键在于视图与数据的有效连接。在绘制的地理接线图中,一个厂站包含多个节点,一条连线也包括多条支路,即每个厂站或连线都对应了数据库表中的多个节点卡数据或多个支路卡数据,在数据库的表设计时引入重要标识——ID,节点表中初始化 ID 为 -1,表示该节点尚未绘制,绘制新的厂站时,程序为每个厂站对应产生一个大于 0 的 ID 值(由 1 开始,每次自增 1),该值唯一,且将该值赋给厂站中节点在数据库中的 ID 字段。厂站与节点表之间通过相同的 ID 值发生联系。连线与支路表间连接的纽带 ID 的值为连线两端厂站 ID 组合生成,也是唯一的数值。

3 基于 Qt 的关键技术实现

本文以 C++ 为编程语言,Qt 为基础函数库,实现软件的设计。Qt 是一种跨平台 C++ 图形用户界面应用程序开发框架,支持所有的 UNIX 系统,还支持 WinNT/Win2k, Windows 95/98 平台,在电力系统软件开发领域得到了广泛的使用^[9-11];作为一种面向对象的语言,Qt 具有良好的封装机制,在保证较高模块化程度的同时也维系了很好的扩展性,且其丰富的 API(如 Qt 提供的图形视图框

架、模型视图框架、动画框架等)也为地理接线图绘制软件的开发提供了很大的便利。

本次地理接线图程序设计的关键部分在于软件整体视图框架的显示上,除了绘图操作层的基础绘图框架和视图操作框架、辅助功能层的背景模块和辅助分析模块这类基于图形化显示的功能外,还包括数据库视图显示的属性查询模块和参数编辑模块等。

3.1 图形化视图框架实现

地理接线图会包含大量的厂站、连线图形,对大规模的图形实现有效地组织和管理,保证良好的图形操作响应有赖于图形化视图框架的设计。本次设计采用 Qt 图形化视图框架为基础,此框架下每个图形为项 Item,使用一个二进制空间分区(binary space partitioning, BSP)树来提供快速的 Item 发现,可以使巨大的场景实时地可视化,即便它有上百万个 Item。另外,图形化视图框架还支持背景设置、操作拖放、碰撞检测、动画等一系列功能,为软件功能的实现提供了便利。图 2 为软件的图形化视图框架的主要类示意。其中,虚线框内为 Qt 本身的类。

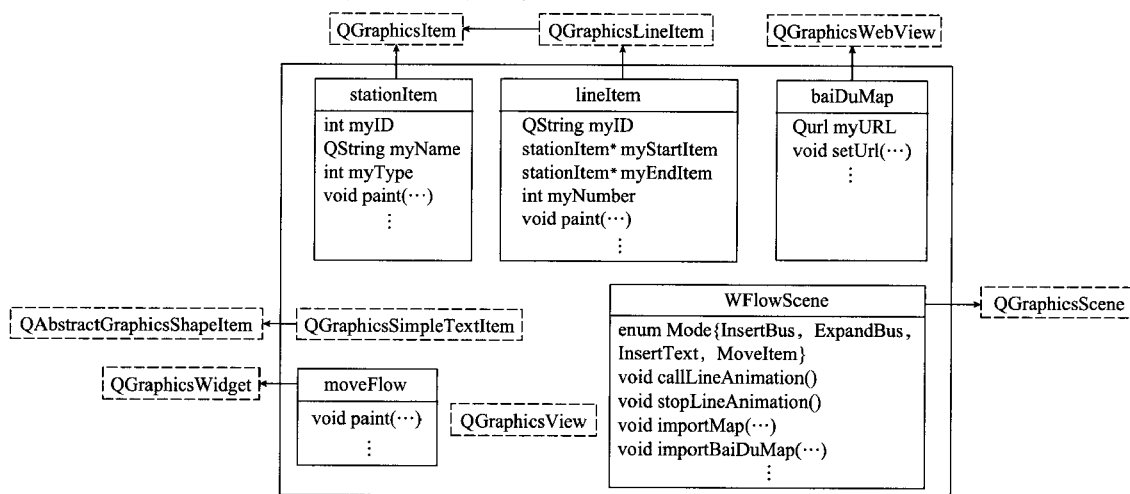


图 2 图形化视图框架的类
Fig. 2 Classes of graphics view framework

Item 对象的设计:图形化视图框架下包含的 Item 主要有厂站、连线、地图背景、名称标注、动态潮流图等,不同的 Item 之间根据视图需要设置不同的 zValue,来控制其在场景中的层次。以 Qt 的 QGraphicsItem 为厂站元件对象 stationItem 的基类, QGraphicsLineItem 为连线元件对象 lineItem 的基类,分别在每个元件对象中实现 paint() 函数,即可绘制对应图形。例如在 stationItem 的设计中,根据 myType 判断厂站类型(火电厂、水电厂、抽水蓄能电厂等),调用 paint() 函数,分别采用相应代码

绘制厂站形状。myID 是 stationItem 用于区别于其他厂站对象的标识,每创建一个 stationItem 对象,系统按顺序为其分配一个 ID 值,通过该值,与数据库中节点表对应节点产生联系。

绘图场景设计:Item 的载体为场景 scene,即所有的 Item 都绘制于场景 scene 中。接线图绘制软件中场景类 WFlowScene 继承于 QGraphicsScene,包含了 BackgroundLayer, ForegroundLayer, ItemLayer 这 3 个层。元件对象绘制于 ItemLayer 上,该层可通过元件对象的 zValue 值来控制元件对

象的上下关系,即实现元件对象的分层表现,如图 3 所示。而为场景添加背景参考时,若为地图图片,则在 BackgroundLayer 上绘制地图图片;若使用的是百度地图,则将加载百度地图的网页窗口项置于 ItemLayer 的最底层,并根据绘图操作的需要,进行必要的事件过滤器设置,以决定网页窗口项对鼠标事件等的响应。WFlowScene 设置不同的工作模式,实现不同操作功能区之间的切换。

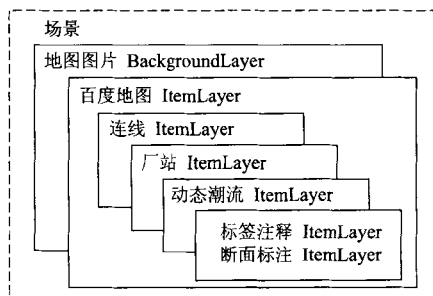


图 3 场景的分层设置
Fig. 3 Stratified set of scene

3.2 数据库视图显示框架实现

Qt 提供的项目视图类,使用模型与视图的框架:以模型表示数据项,而视图负责管理模型中读取的数据的外观布局。查看厂站或连线的潮流结果参数时,采用模型视图框架显示数据库数据。

图 4 所示的代码实现了某厂站潮流结果数据的显示:stationModel 根据厂站 Item 的 ID 值过滤得到所含节点的潮流结果信息,在 stationTab 中显示。

```
//--- 创建厂站的表格视图,初始化尺寸
stationTab=new QTableView(this);
stationTab->setFixedSize(500, 200);

//--- 设置其为单选择、行选中、不可编辑模式
stationTab->setSelectionMode(QAbstractItemView::SingleSelection);
stationTab->setSelectionBehavior(QAbstractItemView::SelectRows);
stationTab->setEditTriggers(QAbstractItemView::NoEditTriggers);
:

//--- 创建模型,添加表格
stationModel=new QSqlTableModel;
stationModel->setTable("MYNODE");

//--- 对模型数据过滤,筛选出厂站所含节点
stationModel->setFilter(tr("STATIONID=%0").arg(idString));
stationModel->select();
:

//--- 添加模型到视图,调整视图尺寸
stationTab->setModel(stationModel);
stationTab->resizeRowsToContents();
```

图 4 厂站潮流结果数据的模型和视图代码
Fig. 4 View and model code of station flow data

选择 stationTab 中的一节点,可在 nodeTab 中查看该节点参数,不同的是,nodeTab 中可以实现对

数据的编辑,其设置如图 5 所示。编辑后的结果根据读取数据时记录的行号找到在原 DAT 格式文件的位置,覆盖旧数据。

```
//--- 设置为项选中,双击触发编辑模式
nodeTab->setSelectionBehavior(QAbstractItemView::SelectItems);
nodeTab->setEditTriggers(QAbstractItemView::DoubleClicked);
```

图 5 nodeTab 配置代码
Fig. 5 Configuration code of nodeTab

3.3 潮流动画实现

在 PSASP 地理接线图程序和 PowerWorld Simulator 中可将抽象的潮流结果数据形象地表现为流水一般缓缓流动,产生的视觉效果极具震撼力。本文软件采用 Qt 的动画框架也实现了动态潮流的显示,该框架主要包含的类如图 6 所示。

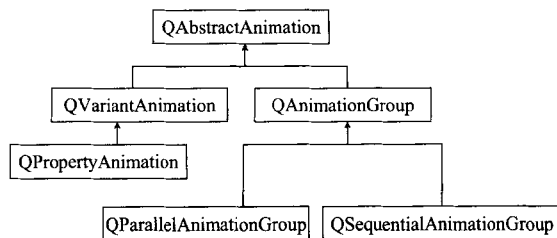


图 6 Qt 动画框架主要类
Fig. 6 Main classes of Qt animation framework

Qt 动画框架为部件和其他 QObject 对象的动画操作提供了非常大的自由性,可用于图形视图框架中。软件采用动画框架的 QPropertyAnimation 类和 QParallelAnimationGroup 类;前者是用缓和曲线算法对 QObject 对象属性进行插值演化操作,实现动画效果;后者为动画提供了并行的容器,与串行动画容器类 QSequentialAnimationGroup 可组合成复杂的动画树形结构。在图形视图中使用动画操作潮流图元应注意 QGraphicsItem 并不继承于 QObject,所以软件中使用 QGraphicsWidget 实例化潮流图元。潮流动画实现步骤如下。

步骤 1:产生一个 QParallelAnimationGroup 对象,设置潮流图元固定间距 d_1 。

步骤 2:遍历绘制的连线,获取连线的潮流结果、潮流方向、长度 L 、角度等。

步骤 3:根据 d_1 和 L 生成 n 个潮流图元。

步骤 4:为每个图元生成 QPropertyAnimation 对象,动画属性置为位置“pos”,并根据获取的连线参数依次配置每个图元属性动画的起止位置等属性。

步骤 5:添加动画到并行动画容器。

步骤 6:触发动画容器开始动画,直到接收停止

命令。

3.4 接线图输出技术实现

为方便用户对地理接线图的后期使用,软件提供了丰富的接线图输出方式:打印模式、多格式图片生成模式。QGraphicsScene 类的函数 render() 使用 QPainter 在绘图设备上绘制场景。QPainter 是一个包含各种绘图函数的类,可以根据需要指向不同的设备对象。软件用到的主要绘图设备有 QPrinter, QSvgGenerator, QPixmap。QPrinter 打印时,配合 QPrintDialog 实现打印机与参数的选择等功能;QSsvgGenerator 属于 Qt 中的 QtSvg 模块,是用于生成 SVG 文件的绘图设备类,使用 QPainter::begin() 和 end() 显性地在 QSsvgGenerator 上开始和结束绘图,得到的 SVG 图可灵活地在 Visio 中进行再编辑;QPixmap 是一个脱屏位图处理类,在 QPainter 的对象完成绘图后,可以实现 BMP, JPG, PNG 等多种格式图片的保存。

4 结语

地理接线图作为电力系统规划文本的附图,体现出系统规划结果的宏观印象。绘制该图是规划设计人员日常工作的重要部分,因此,一个性能良好的绘图平台对提高规划工作的效率是非常有意义的。本文在研究对比既有地理接线图绘制软件的基础上,基于 Qt 库设计了一款绘图软件,该软件提供了多形式的绘图方法,支持绘图背景功能,实现了 DAT 格式文件数据卡与视图的紧密结合,增加了动态潮流与断面潮流等辅助分析功能,提供了灵活的接线图输出方式,功能丰富,且操作简单、扩展性强。

参考文献

- [1] 徐蔚,任雷,徐政. 电力系统潮流图自动生成软件的设计与实现[J]. 电力系统及其自动化学报, 2008, 20(4): 46-50.
XU Wei, REN Lei, XU Zheng. Design and implementation of an automatic generation system for power flow diagram[J]. Proceedings of the CSU-EPSA, 2008, 20(4): 46-50.
- [2] 陶向红,卜广全,陈珍珍. 采用面向对象方法开发的地理接线图格式的潮流图软件[J]. 电网技术, 1999, 23(3): 39-41.
TAO Xianghong, BU Guangquan, CHEN Zhenzhen. An object-oriented approach for implementing geographical network schematic diagram[J]. Power System Technology, 1999, 23(3): 39-41.
- [3] 张艳,毛晓明,陈少华. 电力系统计算分析软件包——中国版 BPA[J]. 广东工业大学学报, 2008, 25(4): 73-77.
ZHANG Yan, MAO Xiaoming, CHEN Shaohua. Power system analysis software package—BPA in Chinese copyright[J]. Journal of Guangdong University of Technology, 2008, 25(4): 73-77.
- [4] 苏小三,王义平,王姝娥. 省地一体化暂态稳定计算软件在地区电网的应用分析[J]. 湖北电力, 2010, 34(2): 16-18.
SU Xiaosan, WANG Yiping, WANG Shue. The application analysis of province and region integrated transient stability calculation software in regional electric grid[J]. Hubei Electric Power, 2010, 34(2): 16-18.
- [5] 万芳茹,许剑冰. 基于模型数据的电力系统地理位置接线图编辑工具[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(6): 82-84.
WAN Fangru, XU Jianbing. A power system geographical diagram drawing tool based on modeling parameters[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(6): 82-84.
- [6] 李亚平,姚建国,黄海峰,等. 基于 SVG 的地理接线图的交互[J]. 电网技术, 2006, 30(增刊 2): 218-220.
LI Yaping, YAO Jianguo, HUANG Haifeng, et al. Interoperation of geographical wiring diagram based on SVG[J]. Power System Technology, 2006, 30(Supplement 2): 218-220.
- [7] 王康元,张洁,朱丽娟. 基于 SVG 的电网数据可视化图形描述[J]. 电力系统及其自动化学报, 2006, 18(5): 84-88.
WANG Kangyuan, ZHANG Jie, ZHU Lijuan. SVG-based power grid data description and visualization[J]. Proceedings of the CSU-EPSA, 2006, 18(5): 84-88.
- [8] 李亚平,姚建国,黄海峰,等. SVG 技术在电网调度自动化系统中的应用[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(23): 80-82.
LI Yaping, YAO Jianguo, HUANG Haifeng, et al. Application of SVG in the dispatching automation system of power network[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(23): 80-82.
- [9] 黄小猷,翟长国,向兵,等. 基于 CIM 引擎的 EMS 界面动态生成管理技术[J]. 电力自动化设备, 2011, 31(11): 108-111.
HUANG Xiaoshu, ZHAI Changguo, XIANG Bing, et al. Dynamic generation and management based on CIM engine for EMS interface[J]. Electric Power Automation Equipment, 2011, 31(11): 108-111.
- [10] 桂勋,姚兰,钱清泉. 基于 COMTRADE 的可跨平台在线自动故障分析软件系统[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(4): 58-61.
GUI Xun, YAO Lan, QIAN Qingquan. A cross-platform on-line automatic fault analysis software system based on COMTRADE[J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(4): 58-61.
- [11] 桂勋,姚兰,钱清泉. 跨平台的海量波形数据并行绘制算法[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(14): 56-60.
GUI Xun, YAO Lan, QIAN Qingquan. A cross-platform parallel painting algorithm for massive waveform data[J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(14): 56-60.

李文帆(1987—),男,通信作者,硕士研究生,主要研究方向:电力系统可视化。E-mail: lwf1987@126.com

刘志刚(1975—),男,博士,教授,博士生导师,主要研究方向:现代信号处理及其在电力系统中的应用。

伍文城(1977—),男,博士研究生,高级工程师,主要研究方向:电力系统规划、电力系统仿真技术及电力市场。

(编辑 万志超)

(下转第 107 页 continued on page 107)

- frequency and its rate of change for applications in power systems[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 2004, 19(2): 472-480.
- [9] JENQ Y C. Digital spectra of non-uniformly sampled signals: fundamentals and high speed waveform digitizers[J]. IEEE Trans on Instrumentation and Measurement, 1988, 37(2): 245-251.
- [10] 门长有,王荣华,谭年熊.一种用于谐波测量的全数字同步采样算法[J].电力系统自动化,2008,32(22):83-86.
MEN Changyou, WANG Ronghua, TAN Nianxiong. An entire digital synchronous sampling algorithm for harmonics measurements[J]. Automation of Electric Power Systems,

2008, 32(22): 83-86.

赵 岩(1978—),男,通信作者,博士研究生,主要研究方向:电能计量集成电路与计量算法。E-mail: viperoustone@163.com

孙玲玲(1956—),女,教授,博士生导师,主要研究方向:半导体材料与射频集成电路。E-mail: hzllsun@163.com

谭年熊(1966—),男,教授,博士生导师,主要研究方向:混合信号集成电路设计。E-mail: ntan@vlsi.zju.edu.cn

(编辑 万志超)

An Integrated Circuit Oriented Harmonics Measurement Algorithm Based on Non-uniform Synchronized Oversampling

ZHAO Yan^{1,2}, SUN Lingling², TAN Nianxiong¹

(1. College of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China;

2. Key Laboratory of RF Circuits and Systems of Ministry of Education, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: A harmonics measurement algorithm based on the non-uniform synchronized oversampling is proposed from integrated circuit design perspective. A probability distribution function of sampling clock frequency at oversampling and down-sampling stages is designed to minimize the impact of non-uniform sampling noise. The final down-sampled data can be treated as uniformly sampled and synchronized data. Thus fast Fourier transform can be directly applied. No extra work of computing is needed. The non-uniform property of the sampling clock simplifies the delay locked loop circuit. Precision improvement of harmonics measurement can be identified by the simulation results.

Key words: non-uniform synchronized oversampling; delay locked loop; probability distribution function; harmonics measurement; hardware implement

(上接第 76 页 continued from page 76)

Design of Power System Geographical Wiring Diagram Drawing Software Based on Qt

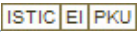
LI Wenfan¹, LIU Zhigang¹, WU Wencheng^{1,2}, HE Shiyu¹

(1. School of Electrical Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China;

2. Southwest Electric Power Design Institute, Chengdu 610021, China)

Abstract: In view of the disadvantages of the geography diagram drawing software of PSD-BPA, a design method of power system geography diagram drawing software based on Qt library is proposed. First of all, the software is designed to consist of a three-layer architecture (the data service layer, drawing operation layer and auxiliary function layer) in accordance with the functional demands on the software, as well as the design ideas that the modules are independent of each other and the view is separated from data. And then the main drawing framework is designed based on the graphics view framework of Qt. The implementation of the framework of the database view, the function of flow animation, and the wiring diagram output technology are presented.

Key words: geographical wiring diagram; wiring diagram drawing; graphics view framework of Qt; visualization

作者: [李文帆](#), [刘志刚](#), [伍文城](#), [何士玉](#), [LI Wenfan](#), [LIU Zhigang](#), [WU Wencheng](#), [HE Shiyu](#)
作者单位: [李文帆, 刘志刚, 何士玉, LI Wenfan, LIU Zhigang, HE Shiyu\(西南交通大学电气工程学院, 四川省成都市, 610031\)](#), [伍文城, WU Wencheng\(西南交通大学电气工程学院, 四川省成都市 610031; 西南电力设计院, 四川省成都市 610021\)](#)
刊名: [电力系统自动化](#) 
英文刊名: [Automation of Electric Power Systems](#)
年, 卷(期): 2013, 37(7)

参考文献(11条)

1. [徐蔚;任雷;徐政](#) [电力系统潮流图自动生成软件的设计与实现](#)[期刊论文]-[电力系统及其自动化学报](#) 2008(04)
2. [陶向红;卜广全;陈珍珍](#) [采用面向对象方法开发的地理接线图格式的潮流图软件](#)[期刊论文]-[电网技术](#) 1999(03)
3. [张艳;毛晓明;陈少华](#) [电力系统计算分析软件包——中国版BPA](#)[期刊论文]-[广东工业大学学报](#) 2008(04)
4. [苏小三;王义平;王姝娥](#) [省地一体化暂态稳定计算软件在地区电网的应用分析](#)[期刊论文]-[湖北电力](#) 2010(02)
5. [万芳茹;许剑冰](#) [基于模型数据的电力系统地理位置接线图编辑工具](#)[期刊论文]-[电力系统自动化](#) 2004(06)
6. [李亚平;姚建国;黄海峰](#) [基于SVG的地理接线图的交互](#) 2006(增刊2)
7. [王康元;张洁;朱丽娟](#) [基于SVG的电网数据可视化图形描述](#)[期刊论文]-[电力系统及其自动化学报](#) 2006(05)
8. [李亚平;姚建国;黄海峰](#) [SVG技术在电网调度自动化系统中的应用](#)[期刊论文]-[电力系统自动化](#) 2005(23)
9. [黄小钵;翟长国;向兵](#) [基于CIM引擎的EMS界面动态生成管理技术](#)[期刊论文]-[电力自动化设备](#) 2011(11)
10. [桂勋;姚兰;钱清泉](#) [基于COMTRADE的可跨平台在线自动故障分析软件系统](#)[期刊论文]-[电力系统自动化](#) 2009(04)
11. [桂勋;姚兰;钱清泉](#) [跨平台的海量波形数据并行绘制算法](#)[期刊论文]-[电力系统自动化](#) 2009(14)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_dlxtzdh201307013.aspx