

DOI: 10.3969/j.issn.1001-4551.2013.04.026

基于GIS的城市配网系统图自动生成研究

刘中原, 吴胜旗

(杭州职业技术学院 信息电子工程系, 浙江 杭州 310018)

摘要: 针对电网工作中配网系统图的正确性与完整性等问题,开展了对电力网络结构和电力行业业务特点的调查与分析,抽象出了变电站之间联络关系的分析模型,将集成电路版图设计思想应用到配网系统图中,提出了根据线路联络关系进行供电区域划分的方法,开发了等密度约束空间布局算法。通过读取配网地理信息系统(GIS)所维护的电网拓扑结构及线路信息,使得系统图内包含地理信息系统上所有的电气设备,并保持了原有电气拓扑关系,能够在多个应用子系统中无缝共享,为多种应用提供了图形支撑。系统已在杭州电力局试运行半年,研究及应用结果表明,配网系统图能够很好地实现自动成图的功能,大大减轻了系统图维护的工作量,降低了系统的运维成本。

关键词: 地理信息系统; 城市配网系统图; 供电范围; 等密度约束空间算法

中图分类号: TM769; TM727 **文献标志码:** A

文章编号: 1001-4551(2013)04-0492-05

Auto-mapping of GIS-based urban distribution grid system diagram

LIU Zhong-yuan, WU Sheng-qi

(Department of Information Science & Electronic, Hangzhou Vocational Technology College,
Hangzhou 310018, China)

Abstract: Aiming at the correctness and integrity of the distribution grid system diagram in grid work, the grid structure and the operational characteristics of the power industry were investigated and analyzed, and the analysis model for the liaison between substations was abstracted. With the application of the IC layout design thinking into the distribution grid system diagram, the liaison-based method for grid region dividing and the equidensity constraint space placement algorithm were established. By reading the grid topology structure and power transmission line data maintained by the geographic information system(GIS), all electrical equipment in the GIS can be covered, original topology relationship between substations maintained, and seamless sharing in multiple application subsystems achieved for graphics support. The test run of the system has been evaluated in Hangzhou Electric Power Bureau for half a year. The research results indicate that the functions of auto-mapping for the distribution grid system diagram can be well realized, the workload on system diagram maintenance and the costs on the system operation and maintenance can be greatly reduced.

Key words: geographic information system(GIS); urban distribution grid system diagram; power supply areas; equidensity constraint space placement algorithm

0 引言

电网运行管理直接面对电力企业和广大的电力用户,网络数据量大,电气接线复杂,动态变化频繁,现有的电网运行管理手段已经难以适应现代化电网

生产建设和发展的需要。配网运行调度、生产管理以及配网自动化、停电故障管理等都需要用到系统图。配网系统图是一份能够反映配电网供电情况的示意图,是配网安全生产的重要基础,它的正确与否直接影响到10 kV配电网的安全运行与生产^[1]。

收稿日期: 2013-01-06

作者简介: 刘中原(1977-),男,浙江杭州人,主要从事计算机软件开发方面的研究。E-mail: liuzy1977@163.com

如何方便地建立和维护全配电网拓扑模型的配网系统图是世界性的难题,采用基于GIS统一的配网空间数据管理方式则可以大大地减少这些压力。目前,世界各国都在积极探索基于GIS系统数据自动生成配网系统图的技术,但普遍认为存在相当大的技术难度。在GIS电网设备模型基础上,研究者通过配电网调度系统图自动成图软件来管理庞大的电气接线图,而系统图的线路纵横交错,按馈线分少则几十条,多则几百条;架空导线少则上千公里,多则数千公里;电缆线路少则数百公里,多则数千公里;配变少则两三千台,多则上万台,各种线路间形成环网,成图难度巨大^[2-3]。

在系统图自动成图领域,国内外均无成熟产品推出。国外厂家如ABB均采用手工绘制方式。国内目前只有部分厂家具有单条线路的自动成图技术;对于系统图的成图技术,因其线路设备数量远超单条线路,并且线路间联络环网,所以自动成图的技术难度远超单条线路。对于该技术,其他厂家尚未开始开发或刚刚开始探索^[4]。

本研究主要探讨基于GIS的城市配网系统图自动生成的研究。

1 基于GIS的配网空间数据管理

建立形成全配电网拓扑模型的系统图非常有现实意义。但是配电网变更频繁,配网系统图做到要与实际现状完全相符,如何方便地建立和维护全配电网拓扑模型的配网系统图是世界性的难题。采用基于GIS的统一配网空间数据管理方式则可以大大地减少这些压力,在GIS电网设备模型基础上,通过配电网调度系统图自动成图软件来管理庞大的电气接线图,实现应用系统间信息共享已是大势所趋^[5-6]。

该系统架构分为3层^[7]:系统应用层、数据服务层、物理存储层。系统架构如图1所示。

系统应用层直接调用GIS系统的空间图形引擎、电网模型引擎来完成对数据的操作。

数据服务层对物理存储层中的原始数据进行读取以及将布局结果数据保存进去,从而最大限度地提高数据的共享和功能服务的共享。

物理存储层存放的是物理数据,电网台账数据存放在Oracle数据库中,电网图形和电网拓扑数据存放在SmallWorld数据库中。

2 系统图逻辑划分方式

在传统的调度系统图中,一个变电站对应一幅图,把该变电所的所有供电范围画在同一幅系统图

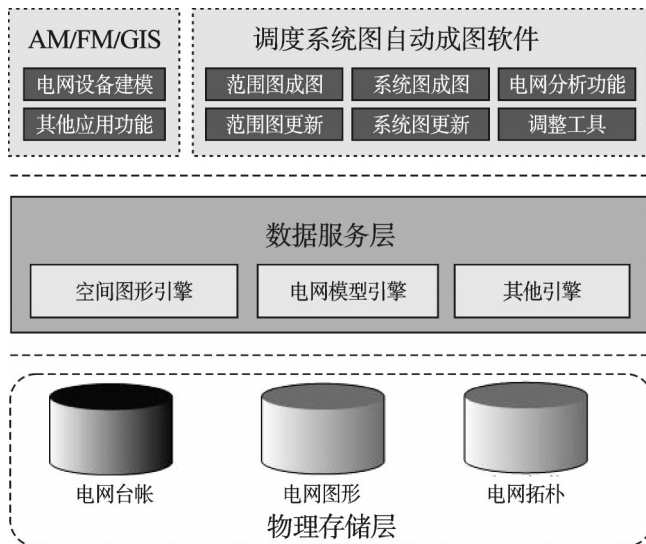


图1 系统架构

中。该种系统图不但图形过于复杂,增加了绘图工作量、图形易读性差;而且对于联络的馈线,可能会在多个变电站的多张系统图里重复出现,如果不能同步更新,就会造成安全隐患。

经过调研以及国内外实用系统比较分析,配网系统图有以下几种组成方式^[8]:

(1) 以一个变电所为中心的所有供电范围,对于联络线,以开环点为分界。

优点:抽取数据、生成图形相对容易;

缺点:不利于调度员对负荷的转供。

(2) 以一个变电所为中心,追溯到与它相邻有联系的变电所所有供电点。

优点:对于调度员调度转供负荷较为方便;

缺点:图形显示信息过多,不利于生成图形,调整工作量大,不同图形重复部分内容较多。可读性差。

(3) 以一个变电所为中心,把馈线分组,按供电联络关系组成局部电网部分,形成分区供电区域图。通过下一个局部画面,即在分区供电范围图上显示所有详细图形。

优点:供电范围清晰,转供负荷方便;

缺点:软件处理难度较大,必须先处理逻辑分组,生成图形时要求程序预处理工作较多。

(4) 以馈线为单位生成系统图,到相邻变电所的供电点。

优点:生成方便、维护简单;

缺点:缺乏系统概念,调度转供麻烦,对于调度运行不具有实用性。

综上所述,选择第2、第3种方式进行配网系统图的组织较为合理。但第2种图信息量太大,可读性不强。因此,本研究选择了第3种方式进行配网系统图的组织。配电网络的电源点来自变电所,以变电所的

10 kV 母线为分界,实际配电网的结构建立这些岛。一般的岛最多有4个主变电所和互联馈线。使用漫游和缩放特性可以非常容易地在画面上移动。对分层系统图的访问可以通过总图上的层次结构来实现,从供电区的总图上可以访问一组分区图和实际的运行分区画面。

2.1 变电站联络关系分析模型

本研究通过对电力网络结构和用电部门的业务特点的调查和分析,抽象出变电站之间复杂联络关系的分析模型,提出了依据线路联络进行供电区域划分的方式,很好地解决了复杂系统图的分区问题。线路供电方式主要分为联络型、闭合型、辐射型3种,如图2所示。联络型为线路与其他变电站若干线路形成手拉手关系。闭合型为线路与同一变电站的其他线路形成手拉手关系。辐射型线路为线路与其他线路无手拉手关系。

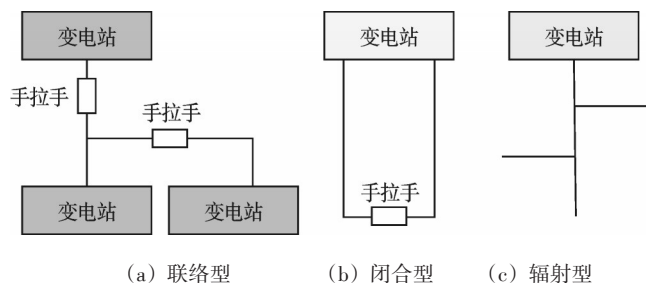


图2 线路供电方式

2.2 变电站供电范围的逻辑划分方式

本研究分析配电网变电站间线路逻辑联络关系抽象模型,得出变电站与其他变电站之间的环网线路,每个环网区域各成一个供电范围,剩余的辐射和闭合线路形成一个供电范围,每个供电范围对应一幅详细的系统图,因为调度员进行事故处理和负荷转移时都在联络线路间(即一个供电范围)进行,该种划分方式不但缩小了单幅系统图的规模,也让使用者感觉更加清晰易用。

2.3 供电范围图的布局算法

本研究以图块和连线的方式,简单明了地表达了供电范围的划分结果,并清晰标注出当前变电站出线名称。以当前变电站为中心,上下两边均匀分布供电范围,标明多个联络变电站的联合名称、供电范围和当前变电站之间用连线表达联络的线路数量,并标上当前变电站的出线线路名称。

2.4 设备逻辑分层方式

本研究对供电范围内的电网设备进行逻辑分层分块抽象,抽象电网主干网的设备组及连接的设备,对电网数据的分支层再进行分组,分支层设备组在布局时依附到主干设备上,作为另一个单元来处理。

3 等密度约束空间算法

如何把大量的图形尽量绘制在有效的空间里面,既要保持每个设备清晰可见、线路之间尽量少交叉重叠,又要让总体幅面空间尽量小,这历来是自动布局领域的难题。目前业内比较成熟的是单线图自动成图算法,单线图只针对一条线路,设备数量不到百个级别,形状是辐射的。而系统图设备规模达到千个级别,形状是多条线路相互环网,这使得生成难度巨大。

通过对调度系统图本身图形规范和配电网线路本身特点的分析和研究,本研究提出了等密度约束空间专题图布局算法,很好地实现了系统图自动成图功能^[9]。

所谓等密度,就是把所有设备线路尽可能均匀分布在系统图内,这样有利于系统图清晰、明了。所谓约束布局,就是在有限的空间内,把所有相关设备都呈现在系统图中,这样有利于系统图的完整性和可操作性。所谓空间,是指在一个显示屏幕的范围内,成图后一目了然,设备清晰,排列有序,不需要拖动滚动条,就能一眼浏览到整张图纸内容,这样有利于提高工作效率和工作质量。

所谓等密度约束空间布局算法就是在有限的图幅中,通过程序自动划分区域,计算单位像素内的图元数量,将所有供电范围内的图元合理有序地均匀分布在系统图中,在有限的空间内充分利用空间,最终生成设备识别度高、走线清晰美观、内容完整、可操作性高的配网系统图的一种方法。

在刚开始研发的时候,研究者是从集成电路布图设计规则中得到启发,系统图成图原理与它有相似之处,但也有所不同,最大的不同点就是线路板排线图纸没有局限性,多张图纸或者2层、3层板都没有问题,但针对本研究的系统图,所有需要呈现的设备必须在一张图纸中呈现,要求走线清晰,设备识别度高,所以,本研究提出了等密度约束空间布局算法。

笔者通过读取配电网地理信息系统(GIS)所维护的整个配电网的拓扑结构及线路信息,对供电范围内的电网设备进行逻辑分层分块抽象^[10]。电网设备逻辑划分完成后,笔者接着对主干网的设备组及连接设备的分支层进行分组,分支层设备组在布局时依附到主干设备上,作为一个单元来处理。当系统图上的所有设备都有了初步的逻辑划分之后,本研究通过程序运行,先计算图纸范围,然后按照图幅约束条件及连接关系,以米字型为基础,将图中所

有一级图元进行空间均匀分布在图上,例如变电站、刀闸(出线开关)、出线等,一般线路都以正交形式呈现。一级图元布局完成后,系统图还是比较干净清晰的,接着,再进行第2层图元,即2级图元布局,依次递归下去。经过一层一层的图元布局后,因为空间有限,图纸内容会越来越满。假如,1条出线上有3条或者更多分线,由于空间限制,程序就很难将多条线路均匀分布在一条出线上,此时,程序会自动在有限空间内寻找空闲位置,通过密度(一定像素大小的图幅内所包含的图元个数)计算,从东南西北4个方向寻找,如果都没有合适的位置,则向 45° 角偏移寻找,这样就可以达到连接线交叉最少、空间使用充分、连线长度最短的效果。

本研究通过设备分层,不但使主干层优先布局保证了主干层的美观,也可分别控制主干层和分支层的图层显示、显示风格,满足各个不同部门的使用要求。通过分层分区,很好地解决了系统图的美观度及详细程度的矛盾,使得分级调度部门能快速处理分支线的应急抢修事故。

4 实例分析

以杭州局为例,自动生成的系统图清晰直观、极少交叉,有效避免了人工绘制复杂系统图所潜在的失误隐患,又避免了繁重的绘制和更新工作量。在自动成图的过程中,笔者建立了数据间的关联,保持了数据源的唯一性,避免了信息孤岛的产生,也为动态着色、开关操作防误提醒、高级分析计算等打下了数据基础。

首先,分析单条线路成图效果及手工绘制的典型调度系统图的特点。单线图虽然清晰明了,但包括信息太少,文件数量巨大,维护困难;手工绘制的系统图维护成本高、图纸时效性低、数据完整性差、数据错误率高、数据不能有效地共享等。

针对以上调度系统图制作模式的不足,基于GIS系统所维护的电网数据,本研究提出“变电站供电范围分区分层”的全新理念,现针对杭州局的特点进行分析。

(1) 分析得出变电站间联络结果。读取电网拓扑,分析线路结构,逻辑划分供电区域,形成不同的供电区域,每个区域对应一幅系统图,通过这种方式可以有效地减低每幅系统图的复杂度。

(2) 生成变电站供电范围图。根据变电站间联络分析结果,运行等密度约束空间专题图布局算法,形成变电站供电范围图,如图3所示。图3中保持原有电气拓扑关系,但所有图元的摆放位置只做逻辑示

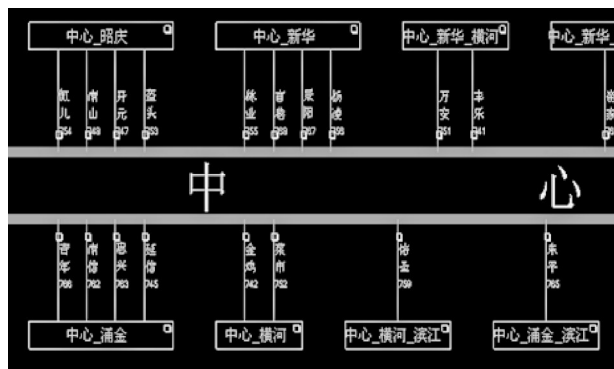


图3 抽象分析后的变电站供电范围图

意,不代表实际位置和长度。

(3) 通过读取GIS所维护的整个配电网的拓扑网络及线路信息,对供电范围内的电网设备进行逻辑分层分块抽象,进行设备分层分块处理。

(4) 根据对供电范围内的电网设备进行逻辑分层分块抽象后,对主干层设备进行布局^[11],自动成图后的系统图主干线层如图4所示。

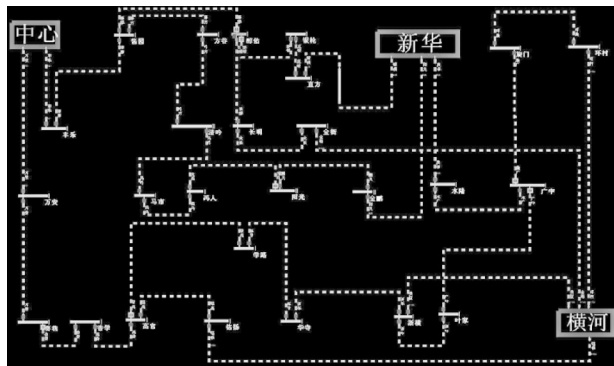


图4 自动成图后的系统图主干线层

(5) 然后,对分支层设备进行布局,显示分支层的系统图如图5所示。

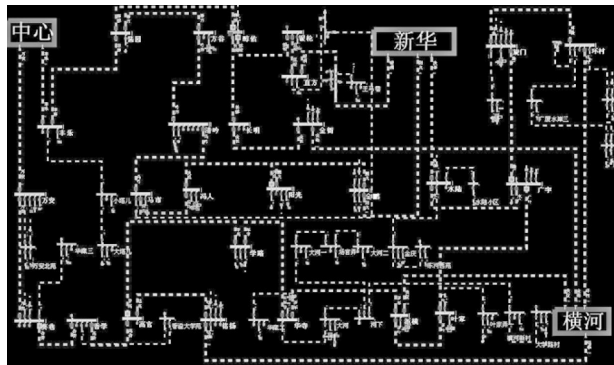


图5 显示分支层的系统图

通过设备分层,不但使主干层优先布局保证了主干层的美观,也可分别控制主干层和分支层的图层显示,满足各个不同部门的使用要求。本研究通过分层分区,很好地解决了系统图的美观度及详细程度的矛盾,使得分级调度部门能快速处理分支线的应急抢修事故。

5 结束语

系统图在配网业务中至为重要,配网运行指挥调度、生产管理以及配网自动化、停电故障管理等都需要用到系统图。本研究使用独创的自动成图技术,应用于调度系统图的自动生成和日常增量更新功能,在杭州电力局试运行半年时间。运行结果表明,系统具有快速高效自动生成横平竖直正交化接线图的特点,且能在有限的空间内完成电源站室类和线路类设备的布局,同时,避免了线路设备间的交叉与重叠,极大提高了调度系统图的可读性和美观性。研究者利用自动成图软件可以大大减轻系统图维护工作量,降低系统运维成本。

该系统图自动成图软件同时可以广泛应用于电力、自来水、煤气和城市管线综合管理等领域,将在管线的自动生成、增量更新、信息展示等方面产生重大作用。

参考文献(References):

- [1] 李志新. 10 kV 配电运行管理分析[J]. 科技风, 2010(20): 13-15.

- [2] 颜孟渊. 浅析如何构建一种应用于配网管理的信息系统[J]. 通信电源技术, 2011, 28(4): 35-37.
- [3] 石 岩. 浅谈 10 kV 配网自动化管理的应用[J]. 中国高新技术企业, 2011(9): 78-79.
- [4] 董瑞杰. 浅谈供电企业配电网自动化应用技术[J]. China's Foreign Trade, 2010(24): 62-63.
- [5] 郑瑞晨. 基于地理信息系统的配电网信息管理系统及其关键技术研究与实践[D]. 武汉: 华中科技大学软件学院, 2006: 4-6.
- [6] 张天兵, 张增华. SmallWorld 在电力通信资源管理系统中的应用[J]. 电力系统通信, 2010, 31(11): 21-24.
- [7] 周恒俊, 郭创新. 面向智能配网的能量管理系统体系结构[J]. 高电压技术, 2010, 36(8): 8-9.
- [8] 宋仁平, 吴玉新. 配网管理信息化业务模型构架探析[J]. 电力信息化, 2010, 8(10): 91-93.
- [9] 杨林蛟, 张 鑫. 基于 JGraph 的图像处理编程平台的实现[J]. 机电工程, 2011, 28(8): 23-25.
- [10] 谢跟踪, 陈 忠. 桌面地图信息系统的现状与发展[J]. 福建地理, 2002, 17(3): 55-56.
- [11] 曾忠平, 李宗华, 赵中元, 等. 基于三维 GIS 的城市规划信息系统研究[J]. 重庆建筑大学学报, 2007, 29(5): 21-23.

[编辑: 李 辉]

(上接第 471 页)

机模拟的遗传算法完成寻优计算。与传统的规划方法相比,所提出的方法可以用于适当处理风力发电出力随机变化等不确定因素,在约束条件处理上更加灵活,从而将传统刚性约束柔化,得到的置信区间与储能成本关系曲线对实际容量配置更具有实用性。本研究考虑切风量和放电惩罚,设计了相应的控制策略,能够有效控制储能系统荷电状态变化范围,从而延长了使用寿命。

参考文献(References):

- [1] 白建华. 新能源消纳及电力发展的关键问题[R]. 第十二届中国电机工程学会青年学术会议报告. 杭州: 中国电机工程学会, 2012.
- [2] 马彦宏, 王宁渤, 刘福潮. 甘肃酒泉风电基地风电预测系统[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(16): 88-90.
- [3] 韩 涛, 卢继平, 乔 梁, 等. 大型并网风电场储能容量的优化方案[J]. 电网技术, 2010, 1(1): 169-174.
- [4] 吴云亮, 孙元章, 徐 箭, 等. 基于饱和控制理论的储能装置容量配置方法[J]. 中国电机工程学报, 2011, 31(22): 32-39.
- [5] 王成山, 于 波, 肖 峻, 等. 平滑可再生能源发电系统输出波动的储能系统容量优化方法[J]. 中国电机工程学报, 2012, 32(16): 1-8.

- [6] 贾宏新, 张 宇, 王育飞, 等. 储能技术在风力发电系统中的应用[J]. 可再生能源, 2009, 27(6): 10-15.
- [7] BLUDSZUWEIT H, DOMINGUEZ-NAVARRO J A. A probabilistic method for energy storage sizing based on wind power forecast uncertainty [J]. IEEE Transactions on Power System, 2011, 26(3): 1651-1658.
- [8] WANG X Y, VILATHGAMUWA D M, CHOI S S. Determination of battery storage capacity in energy buffer for wind farm[J]. IEEE Transactions on Power System, 2008, 23(3): 868-878.
- [9] 雷亚洲, 王伟胜, 印勇华, 等. 基于机会约束的风电穿透功率极限计算[J]. 中国电机工程学报, 2002, 22(5): 32-35.
- [10] 杨 宁, 文福栓. 基于机会约束规划的输电系统的规划方案[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(14): 23-27.
- [11] 朱建全, 吴杰康. 水火电力系统短期优化调度的不确定性模型[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(6): 51-54.
- [12] YUAN Yue, LI Qiang, WANG Wei-sheng. Optimal operation strategy of energy storage applied in wind power integration based on chance-constrained programming[C]//Proceedings of the 1st International Conference on Sustainable Power Generation and Supply, Nanjing: Hohai University, 2009: 1-6.

[编辑: 李 辉]