

基于配电 GIS 动态拓扑关系生成电气接线图

胡森, 徐学军, 冯晓良

(华中科技大学水电与数字化工程学院, 湖北 武汉 430074)

摘要: 为了生成配电网馈线的电气接线图, 以 ArcInfo 的几何网络为研究对象, 提出了基于树的配电网模型。模型以网络动态拓扑关系为出发点, 对各个用电设备按供电线路分类, 依据距离电源点的远近进行分层处理。画电气接线图时, 按层次排放和元素数量均衡排列。为了防止连线交叉, 对个设备元素进行排序, 使子节点绘制编码与父节点的大小顺序一致。算例结果证明了所提出的方法在多电源的情况下仍切实可行。

关键词: 配电网; GIS; 动态拓扑; 电气接线图

GIS-based dynamic relationship of topology to generate electrical diagrams of distribution network

HU Sen, XU Xue-jun, FENG Xiao-liang

(School of Hydroelectricity & Digitalization Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: In order to generate electrical diagrams, a tree-based model for distribution network is proposed by studying the ArcInfo network. In the model the relationship of dynamic network topology is treated as starting point, and then all electrical equipments are classified according to their feeder lines and multi-layered by the distance from its power source. On the electrical diagram, all electrical elements are arranged evenly by their layer-value and elements' number of per layer. At the same time, equipment elements are sorted to keep the consistency of child points' ordered-code with their father points', which will remedy the occurrence of intersection. Finally, example result indicates the feasibility of the proposed method in the case of multi power source.

Key words: distribution network; GIS; dynamic topology; electric diagram

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2007)09-0052-04

0 引言

在正常的运行条件下, 配电调度员根据运行情况进行开关操作以调整网络结构, 一方面平衡负荷, 消除过载, 提高供电电压质量; 另一方面降低网损, 提高系统的经济性。在发生故障时隔离故障, 缩小停电范围, 并在故障后迅速恢复供电, 配电网结构是提高配电系统安全性和经济性的重要手段^[1]。

现有的 GIS 软件中大多有拓扑专题, 但生成的拓扑关系是固定不变的。当局部图形数据发生变化时, 引起的变化也是局部的, 却依然需要专业的 GIS 人员去重构整个拓扑专题, 这使得建立和维护基于拓扑关系的空间数据结构的开销变得相当大, 同时也给用户带来极大的不便。因此配电网运行管理系统开发的关键问题之一就是拓扑关系的构建问题^[2]。自动生成的配电网电气接线图, 不仅需要布局科学、布线美观, 而且要避免交叉^[3,4], 同时还需要算法简单、可靠。

1 中压配电网拓扑关系的特点

中压配电网由 10 kV 线路、配电所、开关、开闭所、环网柜、变压器等组成, 主要是分布面广的公用电网。中压配电网拓扑关系符合以下原则:

1) 中压配电网可根据高压变电所的位置和负荷分布分成若干相对独立的分区。分区配电网具有大致明确的供电范围, 一般不交错重叠。分区配电网的供电范围将随新增加的高压配电变电所及负荷的增长而进行调整。

2) 高压配电变电所中压出线开关停用时, 能通过中压电网转移负荷, 对用户不停电。

3) 高压变电所之间的中压电网具有足够的联络容量, 正常时开环运行, 异常时能转移负荷。

2 ArcInfo 几何网络模型

几何网络 (Geometric Network) 用于模拟线形系统; 如道路交通网络、电力网络等。支持丰富的网络跟踪和分析功能。目前的 ArcInfo 网络分析程

序可以处理一类 Utility 网络问题, 方法名为追踪 (Tracing)。追踪的意思是在网络中沿着流搜索直到一些条件被满足。具体方法是首先创建一个选择集或设置算法参数的方式来确定障碍、过滤器和 Netflags 的位置, 并由此来交互地设置网络的状态。一旦网络的状态被设定后你就可以选择你想执行的算法。分析结果的输出包括边、节点元素集合和 Netflags 的集合^[5]。

具体程序中使用 ITraceFlowSolver 接口的 FindPath 方法, 结果得到所需的按序排列节点元素和边元素的 EID 数组。

3 中压配电网拓扑数据库的生成及修正

3.1 拓扑数据库初始化

拓扑数据库的初始化与配电网树模型的建立是同步进行的。

1) 以各电源点为树根, 预置为正常带电状态, 各点的 EID 信息存储在数组 A 中。

2) 遍历配电网空间数据库中变电站表、开关表、T 接箱表、环网柜表、开闭所表, 将各点的 EID 信息存储在数组 B 中。

3) 遍历数组 B 中的点, 利用几何网络中 ITraceFlowSolver 接口的 FindPath 方法, 分别检查与数组 A 中的每个电源是否有通路, 得到每个点的电源数 $source_count(i)$ 。

4) 如果 $source_count(i)=0$, 表明节点 i 处于停电状态; $source_count(i)=1$, 表明节点 i 正常带电, 得到所需的按序排列节点元素的 EID 数组 C; $source_count(i)=2$, 表明节点 i 故障带电, 给出报警信息。非正常带电的节点其余相关信息分别清空和置零。

5) 正常带电节点 i : 数组 C 的元素个数就是该节点在电气接线图中的层数 (即从电源点到该点沿途经过节点的数目, 包括该节点和电源点); 数组 C 的第二个元素就是该节点的父节点 (电源点没有); 数组的倒数第二个元素就是该节点所经过的出线开关 (电源点没有); 数组 C 的倒数第一个元素就是该节点的供电电源。

6) 遍历数组 B 中的正常带电节点, 查找节点 i 是否是另外节点的父节点, 如果是则节点 i 不是叶子节点, 否则就是叶子节点。

7) 参照 4.2 节所论述的交叉消除处理算法, 对各节点在所在线路的绘制编号属性进行赋值。

依照上述方法, 就可以很方便地获得各节点的拓扑信息, 然后参照 4.1 节所述的电气接线图的生成原则就可以建立配电网的树模型。

3.2 拓扑数据库的局部修正

当网络分析程序设定这些程序初值的时候, 拓扑处理过程会处理每个断路器状态来确定原始拓扑信息。然而在跟踪模块中, 只需要处理最近一次运行以后那些状态发生改变的断路器。事实上, 如果在一个过程内没有断路器的状态发生改变, 网络拓扑没有改变, 拓扑处理程序也没有必要运行^[6]。

本文所采取的方法是一旦开关状态发生变化, 就对拓扑数据库进行局部修正, 及时更新所影响线路电气设备的拓扑信息, 为电气接线图的生成做好准备。

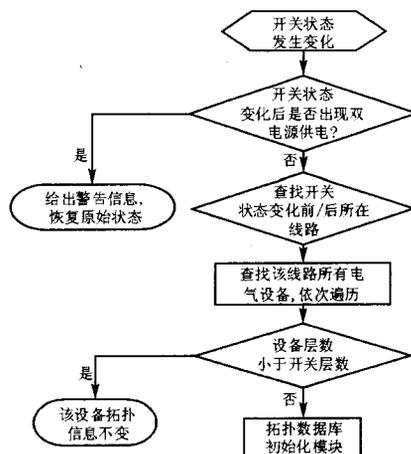


图 1 拓扑数据库局部修正基本流程

Fig.1 Basic process of modifying part of topology database

4 电气接线图的生成算法

4.1 电气接线图的生成原则

在获得了每条线路的拓扑信息之后, 就可以生成树状结构的电气接线图。由于本模块出现在独立的窗体上, 则在生成电气接线图的过程中应遵循以下规则:

1) 确定各层的纵坐标。以窗体的 top 值作为基准, 各层的纵坐标按序增加一个变量 Δy 。例如第 n 层的纵坐标为 $n \cdot \Delta y$ 。

2) 确定每层元素的横坐标。以窗体的 width 值作为基准, 每个元素按照该层元素个数等间隔排列。如果第 n 层有 k 个元素, 则各个元素的间隔应为 $width/(k+1)$ 。

4.2 交叉消除处理

由于所有的节点是按层随机排列的。在初始化时, 没有考虑同层各节点的父节点的前后顺序, 故难免会在电气接线图上出现交叉的情况。本文采取的方法是利用父节点的位置确定子节点在所在层的先后位置。具体就是给各节点进行绘制顺序编号。特别注意的是本文谈到的接线图是基于不同的出线

开关的, 因为出线开关确定了这幅接线图的名称, 以及属于该接线图的所有节点, 存储相关信息在数组 D 中。具体步骤如下:

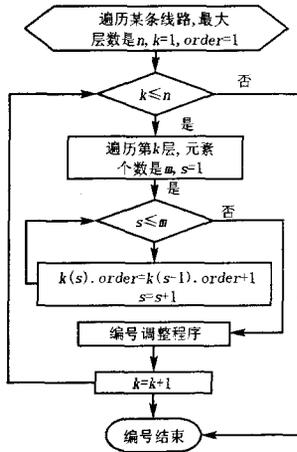


图 2 绘制编号初始化基本流程

Fig.2 Basic process of drawing-order initialization

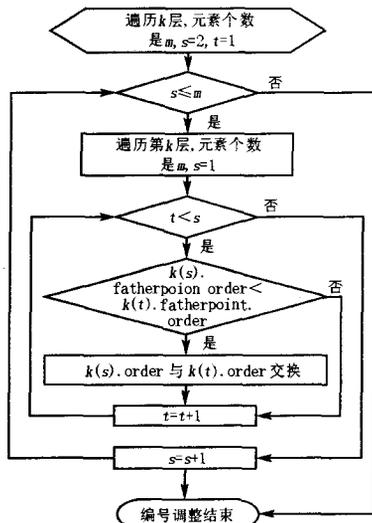


图 3 绘制编号调整基本流程

Fig.3 Basic process of drawing-order adaption

1) 因为每条线路只可能有一个电源点和一个出线开关, 故电源点的绘制顺序编号是 1, 出线开关是 2。然后向数组 D 中所有的第三层节点遍历, 按照数组中的自然顺序, 每个节点的编号就累加 1, 接着向第四层遍历...直到遍历完了最后一层的最后一个节点。这样就完成了绘制顺序编号的初始化工作。具体的程序流程如图 2 所示。

2) 现在就是要进行编号调整。调整过程是在同层节点之间进行的。如果出线两个节点编号大小的关系与各自父节点编号大小的关系不同, 就将这两个节点的绘制顺序编号进行交换。直到遍历完数

组 D 中的所有节点, 就完成了绘制顺序编号的调整工作。具体的程序流程如图 3 所示。

5 实例及结论

图 4 是某城区部分配电线路的地理接线图。图例说明: \blacklozenge , 变电站; \textcircled{T} , T 接箱; \textcircled{H} , 环网柜; \textcircled{S} , 开闭所; \blacksquare , 开关。

按出线开关将所有电气设备分类: 共有 2 类, 张供一线和罗供一线; 开关 04 和开关 06 处于断开状态, 其他电气设备正常闭合。

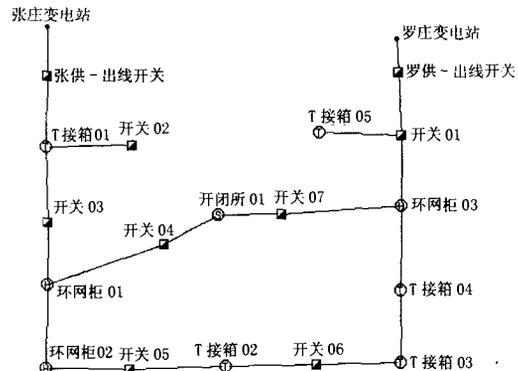


图 4 配电馈线地理图

Fig.4 GIS based feeder maps

程序运行结果, 可以得到以下的电气接线图 1, 如图 5 所示。

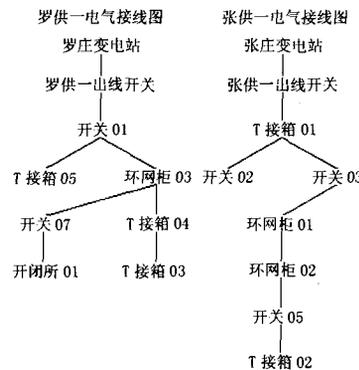


图 5 电气接线图 1

Fig.5 The 1st electric diagram

然后进行开关操作, 断开开关 05 和开关 07, 闭合开关 04 和开关 06。运行程序得到以下的电气接线图 2, 如图 6 所示。

实例证明通过绘制编号排序的方法, 可以有效消除连线交叉的情况; 开关变化所带来局部网络拓扑信息的变化, 能迅速地反应在接线图上, 实时反应配电网的实际供电状况。

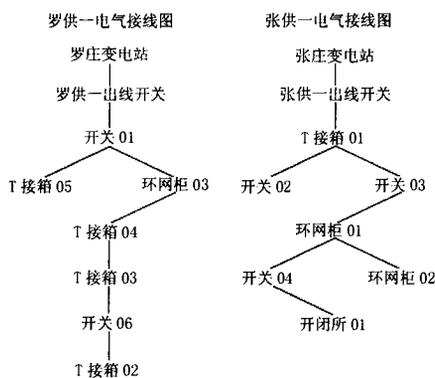


图 6 电气接线图 2

Fig.6 The 2nd electric diagram

文献[3]提出的方法是将各电气设备分级, 然后把偶数级水平放置, 奇数级垂直放置。若产生交叉或重叠则采取水平或垂直一维局部拉伸平移的方法来消除。本文采用的是树型结构, 从电源点(变电站)到联络开关断开处, 由上至下, 供电线路的电气连接状况一目了然。该方法也还适用于多电源的配电网络, 若出现的开关误操作也给予了相应的警告提示。并且在开关操作网络拓扑信息变化的时候, 采用了拓扑数据库的局部修正技术, 避免对全网拓扑结构的操作, 大大提高了程序的运行效率, 为用户提供了极大的方便。

本文论述的方法, 已经应用于某市配电网电力信息系统, 起到了良好的配电网辅助运行效果。

参考文献

[1] 刘建, 毕鹏翔, 董海鹏. 复杂配电网简化分析与优化[M]. 北京: 中国电力出版社.

(上接第 44 页 continued from page 44)

参考文献

[1] Cabiati F, Pogliano U. High-Accuracy Two-Phase Digital Generator with Automatic Ratio and Control[J]. IEEE Trans on Instrumentation and Measurement, 1999, 36(2): 411-417.
 [2] Varnes R S, Ball J A R, Hancock N H.A Dual-Output Coherent Signal Generator Using Direct Digital Synthesis[J]. Proceedings on Sensing, Processing, Networking, 1997, (2) : 1299-1304.
 [3] Morie T, Sakabayashi S, Nagata M, et al. Nonlinear Function Generators and Chaotic Signal Generators Using a Pulse-width Modulation Method[J]. Electronics Letters, 1997: 1351 - 1352.
 [4] TMS320F28x DSP Event Manager(EV) Reference Guide[Z]. Texas Instruments, 2003.
 [5] 王兆安, 黄俊. 电力电子技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
 WANG Zhao-an, HUANG Jun. Power Electronic

LIU Jian, BI Peng-xiang, DONG Hai-peng. Simplified Analysis and of Complicated Distribution Networks[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2002.

[2] 李光辉, 陈雄波, 孟遂民. 基于图论构建输电线路动态拓扑关系方法[J]. 三峡大学学报(自然科学版), 2006, 28(4): 321-323.
 LI Guang-hui, CHEN Xiong-bo, MENG Sui-min. Method to Compose Dynamic Topological Relations of Relations of Power Transmission Line Based on Graph Theory[J]. Journal of China Gorges University(Natural Sciences), 2006, 28(4): 321-323.
 [3] 刘建, 吴媛, 刘巩权. 配电馈线地理图到电气接线图的转换[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(14): 73-77.
 LIU Jian, WU Yuan, LIU Gong-quan. Conversion from GIS Based Feeder Maps to Electric Diagrams[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(14): 73-77.
 [4] ONG Y S, GOOI H B, CHAN C K. Algorithms for Automatic Generation of One-line Diagrams[J]. IEEE Proceedings Gener, Transm, and Distrib, 2000, 147(5): 292-298.
 [5] Modeling Our World[Z]. ESRI, 2000.
 [6] Prais M, Bose A. A Topology Processor that Tracks Network Modification Over Time[J]. IEEE Trans on Power Systems, 1988, 3(3): 992-998.

收稿日期: 2006-11-23; 修回日期: 2006-12-20

作者简介:

胡森(1979-), 男, 硕士研究生, 研究方向是基于地理信息系统的配电管理信息系统; E-mail: cheery-hs@126.com

徐学军(1964-), 男, 副教授, 研究方向是地理信息系统。

冯晓良(1982-), 男, 硕士研究生, 研究方向是配电地理信息系统。

Technology[M]. Beijing: China Machine Press, 2000.

[6] 佟为明, 李可敬, 翟国富, 等. SPWM 电压源逆变器变压变频过程中的谐波分析[J]. 电力电子技术, 1995, 29(3): 47-51.
 TONG Wei-ming, LI Ke-jing, ZHAI Guo-fu, et al. Harmonic Analysis of SPWM VSI in Process of VVVF[J]. Power Electronic Technology, 1995, 29(3): 47-51.

收稿日期: 2006-10-10; 修回日期: 2006-12-02

作者简介:

王小立(1980-), 男, 硕士研究生, 研究方向为电力电子技术在电力系统中的应用; E-mail: wxl_972116@163.com

李莹(1977-), 男, 硕士, 研究方向为电力电子技术在电力系统中的应用;

张一工(1955-), 男, 教授, 研究方向为电力电子技术在电力系统中的应用。