

基于 GIS 系统的配电网分析与研究

张东明¹ 常喜强³ 刁海勇¹ 王维庆² 任 华¹

(1. 国网新疆电力公司巴州供电公司, 新疆 库尔勒 841000;

2. 教育部可再生能源发电与并网控制工程技术研究中心, 新疆 乌鲁木齐 830047;

3. 新疆电力调度通信中心, 新疆 乌鲁木齐 830001)

摘要: 针对配电网自动化改造工程, 重点研究了配电网拓扑算法, 并在地理信息系统 (geographic information system, GIS) 平台上建立了详细的配电网模型; 在 Matlab 中编辑了潮流计算程序, 并将组件插入到 GIS 平台中, 调用潮流计算, 结合实例验证了配电网模型以及潮流计算的正确性, 为配电网自动化改造工程提供了建设性依据。

关键词: 配电网自动化; 地理信息系统; 网络拓扑结构; 潮流计算

Abstract: According to the renovation project of distribution network automation, it focuses on the research of distribution network topology algorithms, and a detailed distribution network model is established on the platform of geographic information system (GIS). The power flow calculation program is edited with Matlab, and the module is inserted into the GIS platform. Based on an example, the correctness of distribution network model and power flow calculation are verified with the call of power flow calculation, which provides a constructive basis for the renovation project of distribution network automation.

Key words: distribution network automation; geographic information system; network topology structure; power flow calculation

中图分类号: TM726 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2015)06-09-03

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2015.06.003

0 引言

随着中国经济的飞速发展, 用电负荷的不断增加, 使得配网规模不断扩大, 导致配电网的安全、可靠、经济、高效的运行状态受到影响。根据用电客户对电能质量及其可靠供电的要求不断提高, 供电公司在全国范围内开展基于 GIS 系统的配网自动化改造工程, 因此, 基于地理信息系统 (geographic information system, GIS) 的配电网的分析已成为科研工作者的研究热点。

目前, 大部分学者的研究方向主要有以下几种:

1) 研究地理信息系统和可视化技术融合, 用于电网大量数据的管理, 使得数据的查询与调用更加方便、直观; 2) 研究电网 GIS 的二次开发能力, 电网 GIS 需要嵌入大量的电网专业模块, 对于专业能力的要求很高, 必须要有强大的二次开发能力; 3) 由于电力系统的信息系统很多, 没有统一的信息编码, 使得数

基金项目: 教育部创新团队项目 (IRT1285); 国家自然科学基金项目 (51267017)

据共享与交换困难, 因此, 对于 GIS 系统的数据转换能力的研究也是热点之一。

下面主要在配电网 GIS 系统平台上建立了配电网网络拓扑模型, 在此基础上, 详细分析了配电网的潮流计算, 并结合实例验证了配电网网络拓扑模型的正确性, 为 GIS 系统在配电网中的应用提供参考依据。

1 GIS 系统平台简介

电网 GIS 系统主要是利用地理信息系统对地理位置准确定位, 结合计算机网络技术对电网进行可视化操作以及大量电网数据分析; 是计算机技术、地理信息技术、测绘学技术、图形处理技术相结合的综合信息系统; 是利用地理空间数据将用户所关心事物的空间数据、属性数据、拓扑数据和时态数据准确真实、图文并茂的输出给用户。该系统可以直观地提供电力系统中相应的电力设备运行状态信息、电力生产和管理信息以及电力线路途经的自然地理环境, 对电力系统的检修、运行与维护起着十分重要的作用。

1.1 GIS 系统在电力系统中的应用

对电力来说,绝大多数电网资源都与空间位置具有天然联系;地理信息系统(GIS)是构建“数字化电网,信息化企业”不可或缺的重要技术,因此,目前 GIS 已经在电力行业获得了广泛应用。电网企业的发电、输电、变电、配电、调度、营销、通信等各个专业都需要 GIS 来提高数据采集、分析和处理的能力。

通过 GIS,一方面可以增强一体化平台的功能。电网 GIS 平台作为一体化平台的组成部分,作为企业级公共信息服务平台,可以支撑各类业务应用的电网空间信息应用需求;同时也扩展增强了一体化平台数据中心对于电网企业四大类数据之一的空间数据管理支持。

另一方面,GIS 作为电网资源综合集成管理与可视化分析的有效手段,可有效提高数据采集、分析、处理能力,提供电网分析辅助决策支持,对于降低企业生产运营风险起重要的作用。

1.2 GIS 系统平台整体框架

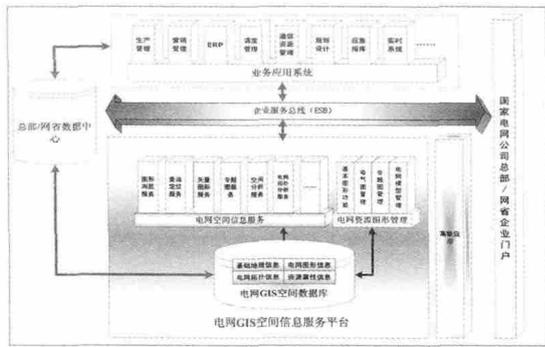


图 1 GIS 系统平台整体框架

从 GIS 平台内部结构来看,在数据层面,电网 GIS 空间数据库中包含四类数据:基础地理数据、电网图形数据、资源属性数据和电网拓扑数据;在功能层面,电网 GIS 平台主要包含两个大的部分:电网资源图形管理和电网空间信息服务;其中电网资源图形管理主要实现对基础图形、电网模型、电气图、专题图的维护和管理。电网空间信息服务主要为各类业务应用提供各类电网空间信息服务。服务的类型主要包括:图形浏览服务、查询定位服务、矢量图形服务、专题图服务、空间分析服务和电网拓扑分析服务。

从“SG186”中的整体架构来看,电网 GIS 平台是一体化平台的一部分。通过数据中心、企业服务总线实现与各类业务应用系统的横向集成及总部与网省的纵向贯通;通过应用集成,电网 GIS 空间信息服务平台发布各类电网空间信息服务,为生产、营

销、ERP、调度、通信、规划设计、应急和实时系统等业务应用提供服务支撑,实现电网 GIS 平台与业务应用系统的横向集成;通过数据中心、数据交换完成电网空间数据的共享与交换,实现总部和网省的纵向贯通;通过企业门户发布各类空间图形信息。

2 基于 GIS 平台的配电网建模

配电网是由架空线路、电缆、杆塔配电变压器、隔离开关、无功补偿器及一些附属设施等组成的,在电力网中起到重要分配电能作用的网络。

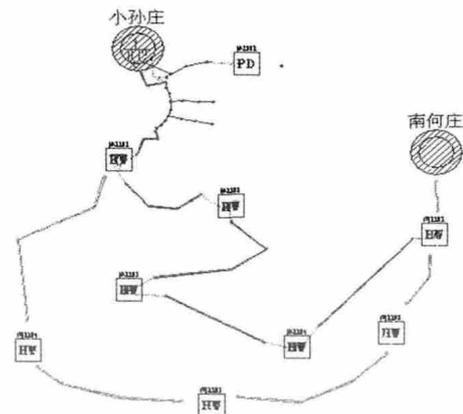


图 2 GIS 平台下的配电网线路图

2.1 配电网拓扑结构分析

GIS 平台中根据配电电气元件的链接关系,把整个配电网看成线与点相结合的拓扑结构图,然后根据电源节点、开关节点等进行整个网络的拓扑链接分析,如图 2 所示。它是配电网进行状态估计、潮流计算、故障定位、隔离及供电恢复、网络重构等其他分析的基础,在此基础上主要研究潮流计算。

2.2 配电网拓扑算法分析

由于配电网的结构复杂,当网络结构发生故障或负荷转移操作时,开关的开合经常发生变化。作为配电网分析的基础,网络拓扑计算需要进一步提高,因此,迫切需要一个好的网络拓扑算法。它不仅能够满足配电网自动化中不同高级功能的要求,还应能实现配电网连通性的快速跟踪和识别,适应事件变化;同时还应节省存储空间和其他高级计算功能的时间。目前国内外在这方面现有的研究有关联表矩阵表示法、网基矩阵表示法、结点消去法、树搜索表示法、离散处理法等。

采用网基矩阵表示法作为配电网的拓扑算法,

该方法是基于图论的表示方法。其基本思想是：配电网是一个变结构的网络，网络由结点和弧构成。称变结构网络的各种允许结构形态为网形，称所有网形中出现的弧的并集对应的基础图为变结构网络的网基。网基用网基结构矩阵来描述，将配电网的馈线当作无向边，并采用 N 行 N 列的 D 矩阵加以描述， D 矩阵称作网基结构矩阵，其中 N 为配电网中节点的个数，即

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \cdots & d_{1N} \\ d_{21} & & & \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ d_{N1} & & \cdots & d_{NN} \end{bmatrix}$$

若节点 i 和 j 之间存在一条边，则 $d_{ij} = d_{ji} = 1$ ，其余元素为 0。网基结构矩阵 D 描述了配电网的潜在联接方式，它取决于配电线路的架设，这种具有潜在联接方式的配电网构成图被称作“网基”。

3 实例分析

3.1 GIS 平台下潮流分析模块

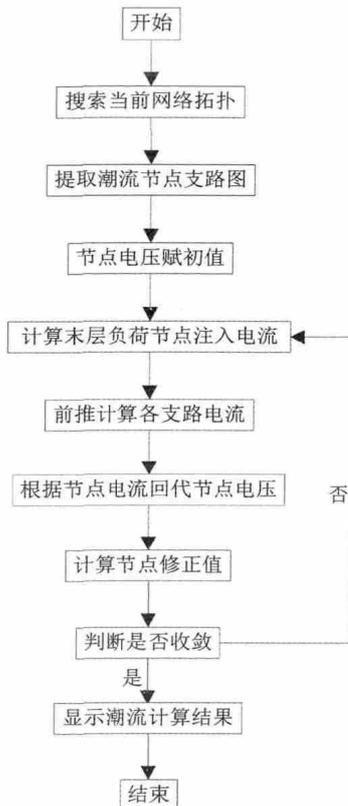


图 3 配网拓扑算法流程
基于网基矩阵表示法，在 Matlab 中编辑潮流计

算程序，并将该程序的文件生成 com 组件，插入到配网 GIS 平台中，从而可以调用潮流计算程序。其计算程序流程图如图 3 所示。

图 4 所示为某农网在 GIS 平台下搭建的潮流分析图，该实例中仅截取了 6 个节点。

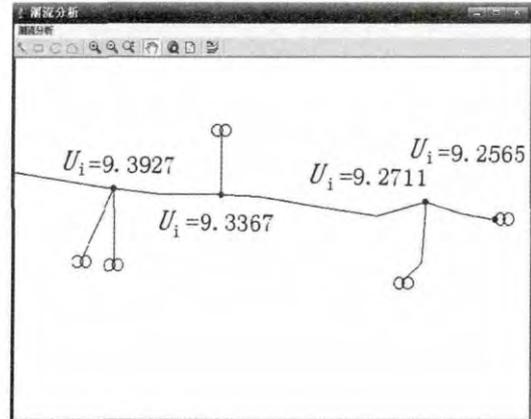


图 4 GIS 平台下潮流分析图

3.2 GIS 平台下潮流计算结果

如图 4 所示，该线路上没有无功补偿装置，电压相角必然随着首端到末端逐渐增大。从计算结果看，是与实际情况相符的，反映了该算法在配电网潮流计算中的实用性。线路潮流计算结果如表 1 所示。

表 1 线路潮流计算结果

线路编号	始节点	终节点	有功 /kW	无功 /kVA	节点电 压 /kV	支路损耗 /kW
1	1	2	100	60	10.5	17.8
2	2	3	120	80	10.25	31.3
3	3	4	60	20	10.13	28.54
4	4	5	90	40	10.54	32.14
5	5	6	60	40	9.23	0.45
6	6	7	60	25	9.78	2.36
.	...					
.	...					
.	...					

4 结 论

把整个配网看成是线与点相结合，在 GIS 平台中建立了配电网详细模型，根据网基矩阵表示方法分析了配电网的拓扑算法，并在 Matlab 中编辑潮流计算程序，将该程序的文件生成 com 组件，插入到

(下转第 32 页)

[2] 孙鹁鸿,任晋旗,严萍,等. 架空输电线路雷击跳闸率影响因素研究现状[J]. 高电压技术, 2004(12): 12-14.

[3] 李川. 架空输电线路雷击跳闸分析及防雷探讨[J]. 广东科技, 2011(8): 56-58.

[4] 张仕名,张先怡,许安,等. 220 kV 输电线路防绕击侧防护效果研究[J]. 四川电力技术, 2013, 36(4): 75-79.

[5] 吴玉麟,高建勇. 高压输电线路雷击跳闸率的计算[J]. 四川电力技术, 2008, 31(3): 16-18.

[6] 童杭伟,金祖山,赵伟,等. 影响输电线路雷击跳闸的环境因素分析[J]. 浙江电力, 2013(5): 1-3, 25.

[7] 童杭伟,李思南,杨立川. 以雷电日和落雷密度为参数的输电线路雷击跳闸率计算的对比分析[J]. 浙江电力, 2006(1): 48-49, 68.

[8] 金祖山,吴健儿. 220 kV 同塔双回输电线路雷击跳闸原因分析[J]. 浙江电力, 2009(1): 51-53.

[9] 毛峰. 山区输电线路防雷相关问题的探讨[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2008.

[10] 植芝豹. 柳州电网输电线路防雷研究与实践[D]. 南宁: 广西大学, 2005.

[11] 贺含峰,张仕名. 四川 500 kV 线路雷击跳闸情况分析

析[J]. 四川电力技术, 2003, 26(1): 1-5.

[12] 金祖山,胡文堂,龚坚刚,等. 浙江电网降低高压输电线路雷击跳闸率的措施分析[J]. 浙江电力, 2010(11): 1-5.

[13] 郭志红,程学启,李树静,等. 山东省输电线路雷击跳闸分析及反措[J]. 高电压技术, 2001(6): 66-69.

[14] 刘家芳,许飞. 超高压输电线路雷击跳闸典型故障分析[J]. 高电压技术, 2006(4): 114-115.

[15] 张志劲,司马文霞,蒋兴良,等. 超/特高压输电线路雷电绕击防护性能研究[J]. 中国电机工程学报, 2005(10): 1-6.

[16] 王云飞. 输电线路的选择性及其影响因素的研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2009.

作者简介:

黄江龙(1987), 学士, 主要从事高压输电线路防雷应用与技术监督研究;

李倩竹(1989), 硕士, 主要从事输电线路在线监测及防雷措施分析。

(收稿日期: 2015-07-31)

(上接第 11 页)

配网 GIS 平台中, 从而可以调用潮流计算程序计算出潮流结果。结合实例分析验证了模型的正确性。

不足之处是: 利用网基矩阵方法从配电网的变结构特点出发, 能有效地表示配电网拓扑; 但它是基于矩阵的表示方法, 而配电网的矩阵稀疏程度很高, 占用了较大的存储空间, 无法快速跟踪和识别网络故障。下一步将研究 GIS 系统数据存储的问题, 在电力系统公共信息模型(CIM)的基础上建立配电网 GIS 模型, 从而解决了数据存储空间不足的问题, 进一步为配网自动化的改造工作提供参考依据。

参考文献

[1] 曹英丽,郑伟,周云成. 基于 GIS 平台的配电网潮流计算[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(14): 125-127.

[2] 陈根永,陈永华. 基于 GIS 平台的配电网故障诊断算法[J]. 电力自动化设备, 2011, 31(3): 71-74.

[3] 刘青海,杨建华,杨普,等. 基于 GIS 组件的配电网规

划与改造软件[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(4): 106-109.

[4] 周云成. 基于 GIS 的 10kV 配电网电气连通性分析[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(10): 83-87.

[5] 周云成,许童,朴再林. 基于 CIM 的配电网 GIS 数据模型存储与维护方法研究[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(15): 104-108.

[6] 汤红卫,王华,郭喜庆. 一种基于地理信息系统的配电网规划方法[J]. 电网技术, 2002, 26(12): 79-82.

作者简介:

张东明(1987), 硕士, 研究方向为电力系统稳定与控制;

常喜强(1976), 高级工程师, 研究方向为电力系统稳定与控制及风力发电技术;

刁海勇(1973), 高级工程师, 研究方向为输变电检修技术;

王维庆(1959), 教授, 博士研究生导师, 主要研究方向为电力系统自动化和风力发电机组的智能控制;

任华(1985), 硕士, 研究方向为电力系统稳定与控制。

(收稿日期: 2015-08-10)