

基于 GIS 组件的配电网规划与改造软件

刘清海¹, 杨建华¹, 杨普², 阎剑³

(1. 中国农业大学信息与电气工程学院, 北京 100083; 2. 邯郸供电公司农电工作部, 河北 邯郸 056000;
3. 邯郸县供电公司生产技术部, 河北 邯郸 056000)

摘要: 介绍了一个基于地理信息系统 (GIS) 组件技术的配电网规划与改造软件的主要开发技术、规划流程和各模块的功能、模型与算法。该软件以电力 GIS 作为部分规划所需数据来源, 结合 GIS 的空间分析和网络分析算法, 随机优化技术进行配电网规划与改造, 并能对各种方案使用最小年费用法进行经济性比较; 具有人机界面友好, 规划过程直观, 人工干预方便的特点; 应用了变电站选址定容理论研究领域的最新成果, 特别适用于县级电网规划与改造, 具有较强的实用价值。

关键词: GIS 组件; 配电网; 规划与改造; 软件; 变电站选址定容

Distribution network planning and reconstruction software based on GIS component

LIU Qing-hai¹, YANG Jian-hua¹, YANG Pu², YAN Jian³

(1. College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China;
2. Department of Rural Power, Company of Electric Power Supply, Handan 056000, China;
3. Department of Production Technology, Company of Electric Power Supply, Handan 056000, China)

Abstract: This paper presents the main development technology, planning flowchart, main function, model and algorithms of a distribution network planning and reconstruction software based on GIS component technology. This software takes electric power geographical information system as part of planning data sources. Distribution network planning and reconstruction can be done combined with space data processing, algorithms of network analysis and randomization optimization technology. It can compare various schemes with the method of minimum annual cost from economic perspective. It has a friendly interface, intuitive planning process, and easy manual intervention. Meanwhile, it uses the last theory in substation locating and sizing, especially suits for electric power network planning in county company of electric power supply. It has certain practical value in distribution network planning and reconstruction.

Key words: GIS component; distribution network; planning and reconstruction; software; substation locating and sizing

中图分类号: TM715 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)04-0106-04

0 引言

基于地理信息系统 (GIS) 的配电网规划是近年来电网规划的研究热点之一。利用 GIS 系统提供基础数据, 可以极大地减少数据搜集的工作量, 提高规划效率。国内外开发的一些配网规划软件已经在实际规划工作中有所应用, 但尚存在如下两方面的问题: 一是部分软件的功能主要停留在应用管理信息系统的层面, GIS 的拓扑分析特别是空间分析、网络分析功能和可视化优势在规划中未充分发挥; 二是软件自动化程度低, 需要进行较多的人工干预和手动操作。另外理论研究领域的一些最新成果也还未成功应用到实际规划工作中来。

本文在考虑配电网经济性、技术性和安全可靠性的基础上, 建立了用于规划计算的变电站、线路、负荷的数学模型, 以县 (市) 供电公司普遍使用的电力地理信息应用管理系统作为部分数据来源, 将组件式 GIS—InfoEngine Objects 引入到配电网规划与改造中, 设计开发了这套基于组件式 GIS 的配电网规划与改造软件 (下文简称为 GPower)。

1 GPower 软件开发的主要技术

1.1 GIS 组件技术

组件式 GIS 代表了 GIS 系统的发展潮流。它能充分利用 GIS 系统已有的空间和属性数据, 为配电网规划提供图形界面, 拓扑分析功能和算法, 方便

有效地减少二次开发工作量。

1.2 随机化优化技术

在确定出标准容量配置集合的情况下,采用一种改进的混合遗传算法^[1]搜索新建变电站的地理位置,实现变电站布局的优化规划。它将交替定位分配算法与遗传算法相结合,在 GA 环节后采用 LA 算子对站址进行修正^[1];根据供电区域内的负荷密度动态映射出变电站的最大供电半径约束取值,按照算法划定的供电区域内负荷大小选择变电站容量。经过测试,改进后的混合遗传算法具有较好的站址寻优能力和快速收敛性能。

1.3 数据库技术

GPower 采用 Microsoft 开发的 ADO 数据对象,以 Access 数据库、Excel 表格、Txt 文本作为部分规划数据来源,并存储程序的运行参数和计算结果,拓展了规划程序的通用性。

数据库中存有国内各种型号变压器、导线产品的设备参数,软导线的经济电流密度曲线,输变电工程典型造价^[2-3]等数据,供程序规划计算使用。

2 GPower 的规划流程

GPower 采用单阶段规划模型^[4],考虑规划水平年负荷大小和空间分布的变化情况,具备现状网和规划水平年网络的分析能力,规划时能通过空间分析自动识别地理环境,确定变电站优化布局、进行高中压配电网的网架规划,可以估算出各个规划方案的投资和年运行费,使用最小年费用法对规划方案进行经济性评价。程序的规划流程如图 1 所示,其中,虚线表示规划人员输入的数据类型:①负荷和用电量历史数据,现状网供电区域划分数据,规划年限;②已有和新上负荷位置、大小;③针对所规划电网特点进行的数学模型和遗传算法的参数设置,变电站标准容量配置设置;④人工指定的变电站出线数目,线路走径和网络可靠性要求;⑤规划人员通过图形界面,手动操作实施的其它相关规划行为。

在完成对电力 GIS 数据、规划数据的搜集,组织和整理基础上,GPower 的规划流程如图 1 所示。

(1) 进行规划水平年的负荷及其分布预测。首先按供电区域和电压等级分别进行系统最大负荷、年用电量预测,然后以 GIS 功能为基础进行负荷分布预测。

(2) 确定配电模式改造将要拆迁和停运变电站,其供电区域内的负荷由已有和新建变电站供电。完成分区和系统电力平衡计算后,进行已有站增容和新建站选址定容规划。

(3) 在负荷分布预测和变电站规划与改造的基础上重新确定供电区域即负荷分配,进行配电网网架规划和线路选型。

(4) 通过人工干预进行调整,使整个方案更加贴近实际。最后根据典型方案和典型造价得到整个规划与改造工程的投资估算情况。

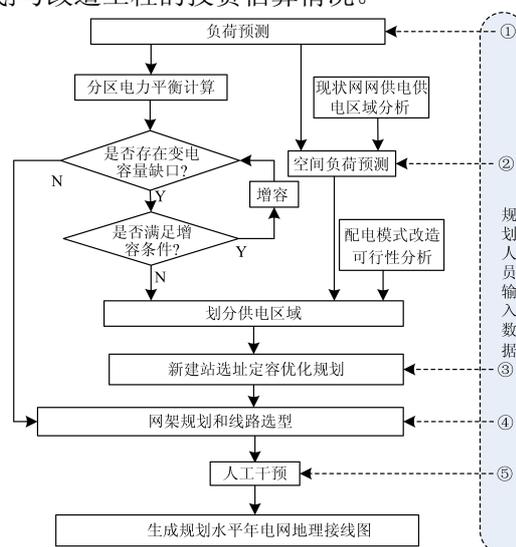


图 1 GPower 的规划流程

Fig.1 Flowchart for planning of GPower

3 GPower 的功能模块及其实现方法

3.1 电网地理信息管理和网络分析

该模块主要用于管理电网信息和地理信息,并利用这些信息实施空间、网络分析的相关算法和优选计算,进行地理位置的自动识别和用户需求信息的统计分析。

程序具有电力 GIS 应用管理系统的基本功能,如:配电网和地理图层分层显示,自由缩放浏览,空间、属性数据编辑、互查。可直接在电网 GIS 地理位置接线图上配准变电站位置,测量供电半径,计算供电区域或任意选定区域的面积、负荷总量和负荷密度。可查询任意选指定区域的 10 kV 配变总容量,线路总长度和任意一条线路所带 10 kV 配变容量和负荷信息。能实现带电网络着色,结合图形界面进行辐射网潮流计算、线损分析。

3.2 负荷预测

该模块用来进行配电网的系统最大负荷和年用电量需求预测。从基准年开始到规划水平年结束,通过一元线形回归,多元线形回归,指数预测,灰色预测等数学建模方法分别按各个供电所管辖范围或分供电区域、分电压等级统计的最大负荷和年用电量数据逐年进行预测。各个供电所或分区预测结

果汇总即得到整个系统的负荷预测值。

3.3 空间负荷预测

该模块基于 GIS 进行规划水平年的空间负荷预测^[5], 预测负荷的增长和地理位置分布情况, 计算出系统负荷预测值在各个负荷点的分配情况。

为了便于进行变电站和网架规划, 将大用户集中负荷放到配电变压器安装处; 对于分散的均匀分布负荷, 把用面区域代表的负荷块等效为负荷点, 放到分块重心处。

(1) 已知的规划年限内新增的较大均匀分布负荷面或集中负荷, 可直接在接线图中的相应地理位置标出, 并给出负荷值大小。

(2) 变电所现有供电区域内, 各负荷点在规划水平年的负荷值采取下面的两步预测算法获取^[6]。

首先按各变电所配变安装容量及次年负荷报装容量将规划年最大负荷(扣除上面提到的新增集中负荷、均匀分布面负荷)分配给各变电所供电区。然后依次把各供电区的负荷值分配给各负荷点。在分区预测结果更准确的情况下, 也可用系统负荷预测值汇总前的分区负荷预测结果直接进行分配。

3.4 电力平衡和变电站增容计算

该模块用于进行现状网分析和变电容量需求测算, 然后在完成网络的分区、分电压等级变电容量需求测算之后, 对已有变电站扩建和变压器更换进行规划安排。

首先分别按现状网和规划水平年分区预测结果计算公共变电站的容载比, 进一步缩小增容和新建站在规划区内的可能位置。然后设置规划年容载比后, 计算出变电容量需求, 通过电力平衡计算得出整个规划区域的变电容量缺口。最后程序按两种增容规则智能辨识需要增容的变电站, 从标准容量等级中选择合适的容量配置完成增容。即在变电站负载率较高时, 如果只有一台变压器, 考虑扩建增容; 如果已有多台变压器, 但单台容量较小时, 更换大容量变压器, 实施更换增容。

3.5 配电模式改造可行性计算

在特定的负荷密度情况下, 逐步将部分 35 kV 变电站用 110 kV 取代是目前配网改造的一项重要工作, 通过简化配电网的电压等级, 增大级差可以有效降低网络运行费。

该模块在规划区内域内使用年费用法比较变电站拆迁改建的经济性, 为变电站电压制式是否适宜改造提供理论依据。

3.6 新建变电站选址定容优化计算^[1,7-8]

该模块以变电站容量、对所有负荷供电和供电半径为约束, 确定规划水平年内变电所的优化个数、

最优位置和容量大小。

变电站增容接近容量极限后, 若仍无法满足负荷增长要求, 或大量新增负荷点超出了当前变电所的合理供电半径, 同时通过配电模式改造可行性论证确定出了将要停运或拆迁的变电站, 这时就可以划定新建变电站的规划区域, 计算新建站数目、容量和地理位置, 为新增负荷供电。首先根据增容后容载比计算的结果, 和存在变电容量缺口的供电区域内负荷分布情况, 缩小新建变电站在规划区内的可行区域, 减小问题的求解规模, 缩短求解时间。然后确定新建变电站个数范围^[1], 对这些个数对应的方案逐一用改进的混合遗传算法进行搜索计算, 取最小年费用最小的个数为个数优化结果。

对于单场址选址问题在明确供电区域及区内各负荷点数据的情况下, 程序可以使用平面单中位选址法求解变电站站址, 由供电区域内变电站所带负荷大小确定变电站容量。对于多个站址容量的配合选择问题, 为了尽量找到最优解, 所以在考虑馈线年费用的情况下建立了新建变电站选址定容的单阶段全系统^[4]选址定容模型, 选址定容以技术指标为约束, 以规划网络年费用最低为目标函数, 并使用改进的混合遗传算法求解。变电站初始位置可以由程序随机生成, 也可以根据规划人员的经验进行设定; 既能对所有已有站和新建站统一重新规划, 给出现状网变电站的理想参考位置和容量, 也可以在现状网已有站的基础上, 考虑新建站的选址定容问题。该算法对站址采用二维编码策略, 同时包含新建站的站址, 数量信息。

程序能计算出每代种群的数字特征值, 如最大值、最小值、平均值、方差, 并从每代种群中筛选出年费用最小的染色体作为新建变电站方案, 在数据库中记录每代种群中最优方案及其所包含变电站、线路的投资费、运行费和年费用。

3.7 配电网网架规划和线路选型

该模块根据负荷预测、变电站布点方案及电源点位置, 拟定出新建 110 kV、35 kV 线路和 10 kV 线路的可行路径, 计算出导线截面, 选择合理的线路型号, 并对各种方案从技术经济角度进行比较。

(1) 变电站联络线设计

根据可靠性要求, 包含重要用户的配电网应当闭环设计^[9]、开环运行。重要的 110 kV 变电所需要满足供电安全 N-1 准则: 变电所设至少设两台变压器, 并由两个回路供电。35 kV 变电站应尽量实现双电源供电。

(2) 10 kV 线路分区规划

在未给出待选路径的情况下, 根据新建、增容

站的供电区域和 10 kV 出线回路数,对重要用户或大用户直接采用专线进行供电;将供电区域内的其它负荷按地域连续性进行等分,余下的出线以各等分区域内的负荷重心作为干线走向,避开障碍物的同时按距离最短原则选出转角杆位置,最终确定出各条主干线的实际走径和所带负荷大小,保证变电站馈线走径的合理、经济性。

3.8 人工干预和电网地理接线图生成

该模块用于软件规划过程中进行人工干预,在处理图形信息时既可以手动绘图,也可以在规划过程中根据规划结果自动生成由多个图层叠加而成的电网 GIS 地理接线图。

人工干预一方面体现在软件规划计算前对选项卡参数的设置,如:单位长度线路的投资系数,线路的网损系数,主干线和支线长度的比值关系,变电站、线路的折旧系数,遗传算法的种群规模、进化代数、遗传算子参数等。另一方面是根据规划人员的知识经验把计算机技术还不能模拟的一些客观和主观现实因素也考虑进来,如:程序求解结束后,规划人员结合地理环境特点为避开程序通过空间分析识别出的障碍物或减少交叉跨越,而对变电站布局 and 线路走径的修正;采纳城建部门批复可能性较大的地理位置点进行人工干预,比较各种方案的年费用计算结果,最终确定变电站的合理位置。第二种人工干预通过人和计算机的交互在接线图上手动实现,可直接在图形界面上对变电站、杆塔、线路符号进行拖动,或输入经纬度精确指定网络元件的地理位置。

4 结论

GPower 的人机界面友好、简洁,实现了和常用办公软件的接口,以及和其他多种商用 GIS 产品,如: ArcGIS、MapInfo 等文件格式的接口。规划所需基本数据既可从 GIS 中转换得到,也能通过相关图形、文本界面方便地输入。

程序用于配电网规划所需的统计分析功能齐全,大大减小了规划人员的数据处理工作量;能够根据负荷预测和网络分析的结果,考虑停运、拆迁因素的影响,安排变电站的扩容、新建工程,进行网架结构设计和线路选型;能对给出的各种规划方案快速进行年费用计算,进行方案的经济性比较。通过结合 GIS 的空间分析、网络分析能力和随机优化算法有效提高了配网规划和改造工作的自动化程度。

参考文献

[1] 王成山,刘涛,谢莹华. 基于混合遗传算法的变电站

选址定容[J]. 电力系统自动化, 2006, 30 (6): 30-34.
WANG Cheng-shan, LIU Tao, XIE Ying-hua. Substation Locating and Sizing Based on Hybrid Genetic Algorithm[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30 (6): 30-34.

[2] 刘振亚. 国家电网公司输变电工程典型造价-110kV 变电站分册[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.

[3] 刘振亚. 国家电网公司输变电工程典型造价-110kV 输电线路分册[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.

[4] 方兴,郭志忠. 配电网规划研究述评[J]. 电力自动化设备, 2003, 23 (5): 71-74.

FANG Xing, GUO Zhi-zhong. Review of Power Distribution Planning[J]. Electric Power Automation Equipment, 2003, 23 (5): 71-74.

[5] 王天华, 范明天, 王平洋, 等. 基于地理信息系统平台的配电网空间负荷预测[J]. 电网技术, 1999, 23 (5): 42-47.

WANG Tian-hua, FAN Ming-tian, WANG Ping-yang, et al. Spatial Load Forecasting for Distribution Planning Based on GIS Platform[J]. Power System Technology, 1999, 23 (5): 42-47.

[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.

TANG Hong-wei, WANG Hua, GUO Xi-qing. A Distribution Network Planning Method Based on GIS[J]. Power System Technology, 2002, 26 (12): 79-82.

[7] 刘自发, 张建华. 基于改进多组织粒子群体优化算法的配电网变电站选址定容[J]. 中国电机工程学报, 2007, 27 (1): 105-111.

LIU Zi-fa, ZHANG Jian-hua. Optimal Planning of Substation Location and Sizing Based on Refined Multi-team PSO Algorithm[J]. Proceedings of the CSEE, 2007, 27 (1): 105-111.

[8] DAI Hong-wei, YU Yi-xin, HUANG Chun-hua, et al. Optimal Planning of Distribution Substation Locations and Sizes-model and Algorithm[J]. Electrical Power and Energy Systems, 1996, 18 (6): 353-357.

[9] 孟旻, 顾洁, 程浩忠, 等. 基于地理信息系统的配电网规划软件包的开发[J]. 电力自动化设备, 2002, 22(5): 4-6.

MENG Yang, GU Jie, CHENG Hao-zhong, et al. Development of Distribution Network Planning Software Package Based on GIS[J]. Electric Power Automation Equipment, 2002, 22 (5): 4-6.

收稿日期: 2009-02-26; 修回日期: 2009-04-28

作者简介:

刘清海(1980-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为电力系统规划与优化运行; E-mail: odldr@126.com

杨建华(1963-), 男, 副教授, 主要研究方向为电力系统规划与优化运行。