

电网GIS平台低压台区图自动成图技术研究与应用

张雨[✉], 王德辉, 张栩华

(广州供电局有限公司信息中心, 广州 510000)

摘要: [目的] 现有电网GIS平台基于地理沿布图和站房内部接线图开展低压台区数据的维护和业务应用支撑, 无法完全满足业务部门对低压台区数据信息的进一步挖掘、提炼和精益化管理的应用需求, 为了更好的支撑低压台区的相关业务应用, 迫切的需要开展基于低压台区图的应用管理模式研究。[方法] 通过对低压台区图业务需求的细化分析, 针对性的开展低压台区图自动成图算法研究, 实现低压台区图的自动生成; 开展自动布局和自动布线算法研究, 通过智能化的布局布线算法, 实现低压台区图的初始布局调整; 研究布局布线调整工具, 支持用户个性化的布局布线要求, 并基于电子化移交流程实现低压台区图的增量更新。[结果] 经过试点供电局的测试验证, 低压台区图自动成图技术实现了低压台区图的自动生成和初始布局布线, 支持低压台区图的人工布局布线调整, 并结合电子化移交流程实现了低压台区图流程化增量更新和版本化管理。[结论] 低压台区图自动成图技术大大减少了低压台区图的维护工作量, 确保了低压台区图数据的及时准确更新, 为低压台区精益化管理奠定了基础。

关键词: 电网GIS平台; 低压台区图; 自动成图; 增量更新; 电子化移交

中图分类号: TM7; TM76

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2020)S1-0062-06

开放科学(资源服务)二维码:



Research and Application of Automatic Mapping Technology for Low Voltage Station Area of Grid GIS Platform

ZHANG Yu[✉], WANG Dehui, ZHANG Xuhua

(Information Center of Guangzhou Power Supply Bureau Co., Ltd., Guangzhou 510000, China)

Abstract: [Objective] The existing power grid GIS platform based on the geographical layout and the internal wiring diagram of the station building carries out the maintenance and business application support of the low-voltage station area data, which can not fully meet the application needs of the business department for further mining, refining and lean management of the low-voltage station area data information. In order to better support the relevant business applications of the low-voltage station area, it is urgent to carry out the low-voltage station area based on the low-voltage station area research on the application management mode of graph. [Methods] Through the detailed analysis of the business requirements of the low-voltage platform area map, targeted research on the automatic mapping algorithm of the low-voltage platform area map was carried out to realize the automatic generation of the low-voltage platform area map; research on the automatic layout and automatic routing algorithm was carried out to realize the initial layout adjustment of the low-voltage platform area map through the intelligent layout and routing algorithm; research on the layout and routing adjustment tools to support the personalized users based on the electronic handover process, the incremental update of the low voltage table area map was realized. [Results] Through the test and verification of the pilot power supply bureau, the automatic mapping technology of the low-voltage station area map realizes the automatic generation and initial layout and wiring of the low-voltage station area map, supports the manual layout and wiring adjustment of the low-voltage station area map, and realizes the flow-based incremental update and version management of the low-voltage station area map combined with the electronic transfer process. [Conclusion] The automatic mapping technology of the low-pressure table area map greatly reduces the maintenance workload of the low-pressure table area map, ensures the timely and accurate update of the low-pressure table area map data, and lays a foundation for the lean management of the low-pressure table area.

Key words: grid GIS platform; low voltage station area map; automatic mapping; incremental update; electronic handover

的接口,实现了低压落火点与营销低压用户的关联,建立了完整的站线变户关系。低压台区作为供电网络的神经末梢,是线损精益化管理的重点^[1]。伴随着一体化系统应用的不断深化,对基于GIS的低压台区应用需求越来越明显,但目前电网GIS平台基于地理沿布图实现线路设备管理,基于站房内部接线图实现站内设备管理的组合模式,无法完全满足生产、营销、调度等业务部门对低压台区数据信息的进一步挖掘、提炼和精益化管理的应用需求。主要问题如下:

1) 低压GIS沿布图线路设备数量大、细节多,资料的查看、查询、以及对具体工作指导的针对性不够突出。沿布图包含所有台区的接线信息,对指定台区而言,拓扑之间的逻辑关系不够清晰,不易直观查看和分析应用。

2) 基于低压GIS沿布图和站房内部接线图模式的现场应用效果不够好。设备地理分布较为稀疏,通过沿布图显示和打印的比例尺不易控制,沿布图上的低压线路与配电房/箱变内部接线图在不同图纸上展示,站房内开关与低压线路对应关系难以分辨,直接影响图纸在现场的应用效果。

3) 生产系统、配网自动化系统与GIS平台集成,基于沿布图和内部接线图开展电网分析和可视化应用,由于没有针对台区完整接线的专题图支撑,分析和展示应用效果不理想。

借鉴配网单线图的应用经验以及专题图布局布线相关算法研究成果^[3-11],有必要通过类似的电气接线图方式,直观反应整个台区的整体逻辑接线情况和用户供电情况,建立配变、线路、用户之间的拓扑关系,完善线路设备基础属性和技术参数,提高生产、营销、调度、GIS等系统间的信息共享和数据融合,促进配网可靠性和安全生产管理水平的提升。

1 研究必要性

为了弥补地理沿布图和站房内部接线图应用过程中的不足之处,提升低压配网图模和属性数据的利用程度,提供更完善的低压业务应用支撑,有必要结合一体化GIS平台配电线路单线图的开发和实施经验,开发相应的低压台区图自动成图功能,通过直观的逻辑图展示方式,实现直观清晰的低压信

息获取和数据挖掘,提升业务人员现场工作效率和准确性,更好的保障业务过程中的人身安全、设备安全和电网安全。低压台区图自动成图技术研究必要性主要有以下几方面:

1.1 实现低压台区图自动生成,减少维护工作量

没有低压台区图自动成图支撑前,基层单位数据维护人员通过CAD等工具绘制低压台区图,工作量大,且难以保证专题图数据的正确性以及更新的及时性。借鉴配网中压单线图自动成图实现思路,通过低压台区拓扑提取和布局布线算法,实现低压台区图的自动生成,将大大减少低压台区图的维护工作量,提升工作效率的同时,也能保证低压台区图数据得到及时准确的更新。

1.2 实现低压台区图流程化增量变更,确保数据更新的及时性和准确性

数据的正确性是开展业务应用的基础和前提条件,要充分发挥系统中数据对业务的支撑作用,就必须做到数据及时、准确更新。伴随配网电子化移交过程,以流程化的方式实现低压台区图数据的增量变更,有效的保证了低压台区图在电子化移交业务过程中同步实现数据的及时、准确更新。

1.3 通过低压台区图实现便捷的信息查询和设备统计功能,支撑现场业务应用

低压台区图能清晰、直观的查看台区的整体接线情况和用户分布情况,方便用户快速查看、查询低压台区相关信息,并提供低压台区下各类设备和用户信息的统计功能,支撑现场的信息查询、设备统计等业务应用。

1.4 支撑两票、线损分析、拓扑优化、停电分析等业务应用

低压台区图对地理沿布图的拓扑连接进行了适当的简化,并展开了站房内部接线,以直观的展示效果,更好的支撑低压操作票和工作票业务应用。

台区是线损分析的末端,是线损管理的关键区域。通过基于低压台区图的拓扑分析和可视化展示,可以实现台区下的分线、分相管理,更容易发现线损异常原因,为低压配网结构优化、低压窃电查处等管理工作提供重要依据。

低压配网接线复杂、多样,由于历史建设等原因,部分低压线路存在明显的重过载、三相不平衡、线损率高等问题,直接影响供电的可靠性和经

济性。通过低压台区图与自动化终端采集数据、营销业务数据的融合,结合拓扑分析和可视化展示,更容易发现线路设备接线和网络结构存在的问题,以便开展相应的拓扑结构优化工作,保障供电可靠性的同时减少低压台区线损率。

低压台区图支持低压开关的分合操作,基于动态电气拓扑重构,实现对停电模拟分析和转供电分析等功能的应用支撑。

2 研究内容

2.1 低压台区图自动生成算法研究

按照业务应用要求,每台变压器对应一张低压台区图,低压台区图的起点是配电站房、台架、高低压开关房、箱变,终点是低压落火点。中压站房只显示变压器和低压设备,低压有联络的需显示联络关系。低压台区图生成设备范围包括公变、低压

开关、刀闸、熔断器、电容器、CT、PT、关键的低压杆塔、低压落火点等设备。

低压台区图按照均匀分布、横平竖直的原则生成,支持“鱼骨头”样式和层次布局等多种布局方式,尽可能在一个页面上按相对地理走向均匀布局,满足查看和打印输出等页面效果要求。低压台区图初始布局时提供A3、A4页面布局模板选项,可根据实际情况选择合适的布局模板,支持从左到右、从右到左、从上到下、从下到上方向生成,默认为从左到右生成^[2]。设备布置横平竖直排列整齐,同一行的设备位置调整至同一水平线上,形成层次分明的横向或纵向排列布局。电房内的开关间距,母线段间距应保持一致。

依据地理沿布图和内部接线图的低压拓扑和属性数据自动生成低压台区图,生成算法处理逻辑如图1所示:

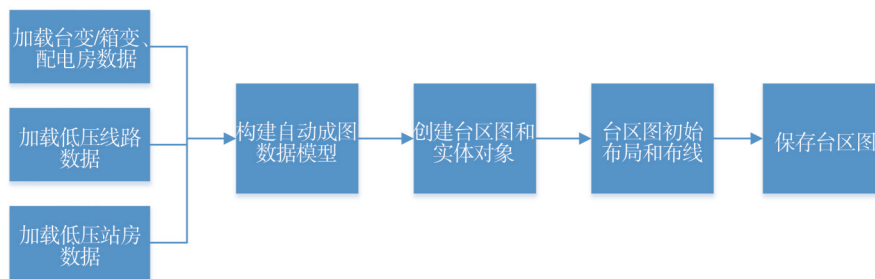


图1 算法处理逻辑

Fig. 1 Algorithm processing logic

首先是低压线路和站房数据的初始加载过程,构建用于后续自动成图的内存对象模型^[3],在该过程中需要对沿布图低压线路模型和站房内接线图模型进行拓扑融合和化简,支持后续自动生成过程的高效成图处理。

在中间内存数据结构的基础上实现台区图文档的创建,以及台区图所有线路设备实体对象的创建,并建立与沿布图、内部接线图源对象的关联关系。通过布局和布线算法实现台区图的初始布局和布线,完成后执行台区图的保存,实现台区图的完整初始化生成过程。

低压台区图自动生成效果如图2所示。

2.2 低压台区图布局布线算法研究

低压线路主要分为低压架空线路和低压电缆线路,针对线路设备的连接情况和相互关系,需要研究不同的算法,实现不同类型低压台区图的自动布

局和自动布线。

2.2.1 布局算法的选择

树状布局是针对架空线路较为合适的布局算法,通过对改良Walkers算法^[5]的定制和扩展,实现架空线路的树状布局效果。对于电缆线路,层次布局是较为合适的布局算法,通过对Sugiyam算法^[4,8]的定制和扩展,实现电缆线路上各站房设备的层次化布置和整体布局效果的优化。进一步通过基于端子约束的层次布局算法^[9-11]实现站房设备端子的位置确定和布局调整。

2.2.2 分支绘制方向智能选择

一般情况,一个低压台区包含多条分支线路,分支线路绘制方向很大程度上决定了分支布局的整体效果。找到各支线的合理绘制方向,不仅可以使节点均匀分布,更能有效的减少线路设备间的交叉重叠,实现台区图直观、清晰的自动布局效果。本

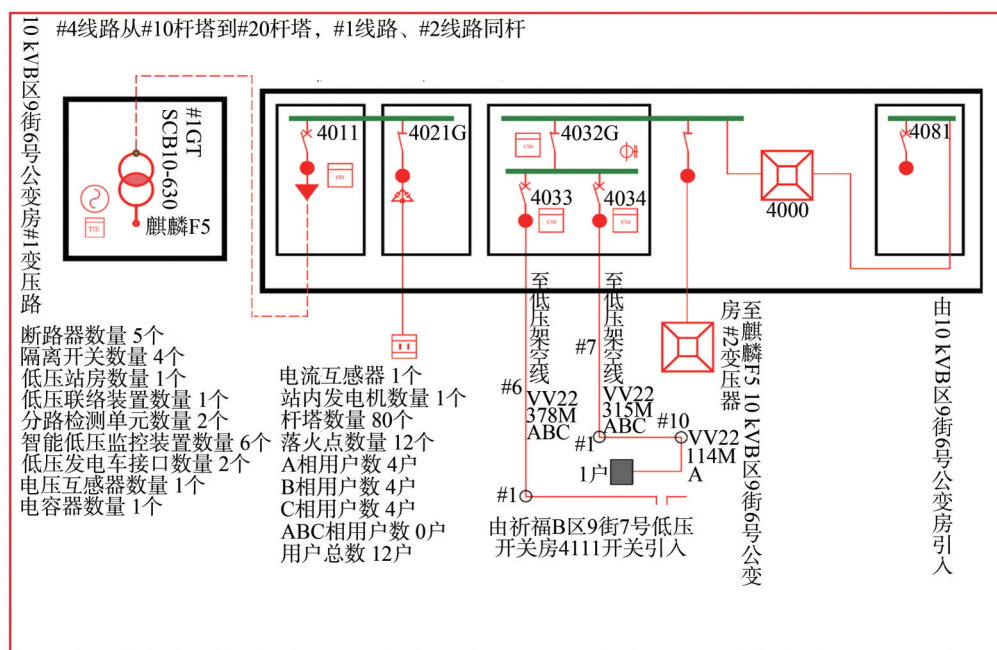


图2 典型低压台区图

Fig. 2 Typical low pressure station area diagram

文采用基于支线排序分配支线绘制方向, 并根据整体空间占用情况调整初始绘制方向的策略。

长支线对台区图整体布局影响较大, 首先应该考虑长支线的布局优化。基本处理思路是通过对各支线按长度排序, 根据排序值为各分支分配初始绘制方向, 并按照偶数级分支先上下后交替排布, 奇数级分支先右后左交替排布的原则确定分支绘制方向^[6]。

2.2.3 重叠交叉的处理

系统底层支持角勾链数据结构^[12], 通过分支整体的角勾链占用, 可以很容易判断整体空间的占用, 是否存在交叉重叠以及重叠的区域大小都可以很方便的进行计算。根据重叠交叉的情况, 动态调整分支的上下左右放置方向, 减少不同分支间的相互影响, 在不出现重叠交叉的基础上, 也可以使台区图整体布局更匀称合理。

2.2.4 标注智能布局位置计算

利用角勾链数据结构^[12]实现标注布局的智能计算, 首先对台区图所有设备进行角勾链平面初始化, 设备所在区域创建设备方块, 确定设备空间占用后, 根据设备标注重要程度, 优先对开关、站房设备进行标注布局, 标注加入角勾链平面将以障碍物方块方式存在, 避免出现标注间的重叠放置。进

一步放置杆塔、导线等设备标注, 最终实现所有线路设备标注的智能判断和放置。

2.3 低压台区图布局布线调整工具研究

考虑到不同用户对低压台区图布局美观的不同需求, 需要提供相应的布局调整和布线调整工具, 主要包括设备的移动、旋转、翻转、对齐, 支线整体的移动、旋转, 标注的移动、字体大小调整、文本换行等调整工具, 支持快捷的布局和布线调整。

2.4 低压台区图流程化增量更新技术研究

考虑到台区图的布局美观, 部分用户对台区图会进行个性化的布局调整, 随着电网的建设和改造, 电网沿布图和内部接线图数据会同步发生变更, 此时需要保留用户修改内容的基础上实现变更内容的增量同步更新。

增量更新过程采用初始生成类似的内存中间数据提取和对象生成更新过程, 对于已经存在的对象, 直接更新相关属性, 并基于现有对象的布局信息进行后续对象的布局生成。现有对象在更新过程中保持布局位置不变, 新增加的设备通过智能空间占用判断放置在附近的空白位置, 并使用布线算法完成设备间的连线。

电子化移交流程已包含单线图的更新处理过程, 类似的, 流程中增加低压台区图的更新检测、

增量更新以及审核发布支持,通过电子化移交业务,实现低压台区图的同步及时变更。电子化移交流程处理过程如图3所示。

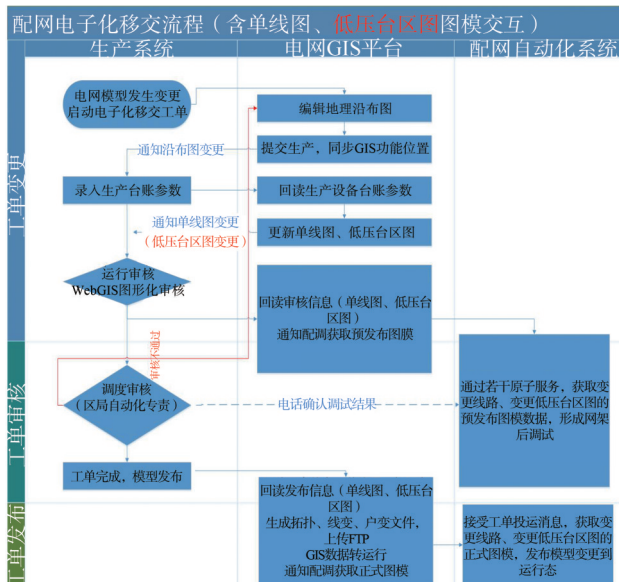


图3 电子化移交流程图

Fig. 3 Flow chart of electronic transfer

3 技术特点

3.1 低压台区图自动生成,参数化生成过程控制

考虑到不同台区线路设备情况的差异,系统提供了多种生成参数选择,包括台区图生成方向、生成的设备类型、标注内容、打印布局等参数,允许局部生成过程个性化定制,确保低压台区图满足不同部门、不同应用场景的需求。

3.2 智能初始布局技术

通过对架空线路、电缆线路不同布局算法的选择和定制扩展,实现低压台区图的智能初始布局,结合分支绘制方向的智能选择和动态调整,实现台区图布局的整体均衡。通过角勾链数据结构,实现空间占用情况的智能判断和识别,避免线路设备间的重叠交叉。通过标注智能布局位置计算,实现标注的空间位置计算和布局优化。

3.3 基于角勾链的自动布线技术

基于底层的角勾链空间数据结构,实现设备间连线的自动布线,根据分支的级别、连线的长度、与设备端子的相对位置等动态设定连线的布线顺序,并支持交叉区域线路的拆线重布,尽可能实现低压台区上各连接线的合理布置。

3.4 通过多部门协同的电子化移交流程实现低压台区图的流程化增量更新

通过一体化系统间的电子化移交流程,结合增量更新算法逻辑,实现低压台区图的同步增量更新,确保专题图数据与沿布图、内部接线及时同步变更,确保数据发布的权威性。

4 结论

通过对低压台区图自动成图技术的研究,实现了低压台区图的自动生成和初始布局布线,解决了核心的专题图自动生成和布局布线算法与业务应用的融合。考虑到不同班组和绘图人员对低压台区图布局效果的个性化要求,系统提供了低压台区图的人工布局布线调整功能,并结合电子化移交流程实现了低压台区图的流程化增量更新。经过一段时间的试点业务应用,自动成图技术生成的低压台区图基本满足业务应用要求,自动成图技术大大减少了低压台区图的维护工作量,有效的保证了低压台区图数据的及时准确更新,为低压台区精益化管理奠定了基础。

试点应用过程中,也发现了目前研究成果部分不完善的地方,主要是自动布局布线过程中没有充分考虑页面纸张的范围限制,无法基于纸张实现智能化的自动分页和布局效果优化,在后续研究和实施过程中有待进一步优化完善。

参考文献:

- [1] 邓其军,刘姜涛,周洪,等. 低压台区地理图到电器接线图的自动转换[J]. 电力系统保护与控制,2011,39(4): 132-136+140.
DENG Q L, LIU J T, ZHOU H, et al. Automatic conversion from geographical map of low voltage station area to electrical wiring diagram [J]. Power System Protection and Control, 2011,39(4): 132-136+140.
- [2] 中国南方电网有限责任公司. 配电网单线图绘图规范:设备[2015]34号[S]. 广州:中国南方电网有限责任公司,2015.
- [3] 吴丽贤,邓肃. 基于GIS的配网单线图自动成图算法[J]. 信息技术,2016(8):155-158.
WU L X, DENG S. Automatic mapping algorithm of distribution network single line diagram based on GIS [J]. Information Technology, 2016(8): 155-158.
- [4] 陈连杰,赵仰东,韩韬,等. 基于层次结构及模型驱动的配电网图形自动生成[J]. 电力系统自动化,2015,39(1): 226-232.

- CHEN L J, ZHAO Y D, HAN T, et al. Automatic generation of distribution network graph based on hierarchy and model driven [J]. Power System Automation, 2015, 39(1): 226-232.
- [5] 丁威. 电力系统单线图自动成图技术研究 [D]. 济南: 山东大学, 2017.
- [6] 王姣姣. 配网单线图自动成图算法的研究与应用 [D]. 保定: 华北电力大学, 2017.
- [7] 赵国庆, 杨南应, 贾振洋, 等. 概念图的布局算法研究 [J]. 开放教育研究, 2005, 11(5): 32-37.
- [8] SUGIYAMA K, TAGAWA S, TODA M. Methods for visual understanding of hierarchical system structures [J]. IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics, 1981, 11(2): 109-125.
- [9] DWYER T, KOREN Y, MARRIOTT K. IPSEP-COLA: an incremental procedure for separation constraint layout of graphs [J]. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2006, 12(5): 821-828.
- [10] SCHULZE C D, SPONEMANN M, VON H R. Drawing layered graphs with port constraints [J]. Journal of Visual Languages and Computing, 2014, 25(2): 89-106.
- [11] RÜEGG U, KIEFFER S, DWYER T, et al. Stress-minimizing orthogonal layout of data flow diagrams with ports [J]. Lecture Notes in Computer Science, 2014(8871): 319-330.
- [12] OUSTERHOUT J. Corner stitching: a data structuring technique for VLSI layout tools [J]. IEEE Transactions on CAD, 1984, 3(1): 87-99.

作者简介:



张雨

张雨 (通信作者)

1983-, 女, 高级工程师, 硕士, 主要从事电网营配调业务的信息化支撑工作 (e-mail) 237398@qq.com。

王德辉

1986-, 男, 广东顺德人, 工程师, 学士, 主要从事信息与计算科学工作 (e-mail) 251763803@qq.com。

张翔华

1992-, 男, 山东枣庄人, 硕士, 主要从事软件开发 (e-mail) klxyzxh@163.com。

(责任编辑 李辉)

能源知识

电力GIS是将电力企业的电力设备、变电站、输配电网络、电力用户与电力负荷和生产及管理为核心业务连接形成电力信息化的生产管理的综合信息系统。它提供的电力设备设施信息、电网运行状态信息、电力技术信息、生产管理信息、电力市场信息与山川、河流、地势、城镇、公路街道、楼群,以及气象、水文、地质、资源等自然环境信息集中于统一系统中。通过GIS可查询有关数据、图片、图象、地图、技术资料、管理知识等。

低压台区图总体原则:

- 1) 依据地理沿布图和内部接线图的拓扑和属性数据自动生成和增量更新台区图,可调整台区图布局、布线,添加自定义标注,不能增删设备、线路、分支,不能改变设备属性和拓扑关系。以包含一台配电变压器的配电站房为单位,每个变压器对应一张低压台区图。
- 2) 低压台区图的起点是配电站房、台架、高低压开关房、箱变,终点是低压落火点。中压站房只显示变压器和低压设备,低压有联络的需显示联络关系。
- 3) 台区图成图布局布线前,应先验证台区图拓扑连接情况,检查设备属性、设备间连接关系是否正确、完整。
- 4) 台区图按照均匀分布、横平竖直的原则生成,支持“鱼骨头”样式和层次布局等多种布局方式,尽可能在一个页面上按相对地理走向均匀布局,应满足查看和打印输出等页面效果要求。
- 5) 台区图初始布局时提供 A3、A4 页面布局模板选项,可根据实际情况选择合适的布局模板,支持从左到右、从右到左、从上到下、从下到上方向生成,默认为从左到右生成。
- 6) 设备布置横平竖直排列整齐,同一行的设备位置调整至同一水平线上,形成层次分明的横向或纵向排列布局。电房内的开关间距,母线段间距应保持一致。
- 7) 设备文字标注字符应正立显示,设备、框图等文字标注水平排列,电房名称居中放置在框图下方或上方(通过生成选项控制)。支持按照配网调度、配网运行管理对设备、标注分层分类显示和管理。
- 8) 台区图成图时应减少线路间的交叉情况,如果需要交叉,系统自动在交叉位置生成交叉符。

(张雨)