

# 基于配网主站平台的图模变化量多版本机制研究

卢小海, 王宇名, 赵文博

(广东电网有限责任公司中山供电局, 广东 中山 528400)

**摘要:**配网网络结构复杂、设备繁多,图模变化频率高,导致配网自动化运维的图模管理工作存在一定的困难。针对当前配网自动化系统图模维护和管理的方式,本文提出一种基于精细变化量的图模多版本分层订阅机制。通过源端唯一的配电网设备异动管理,分层次订阅数据、拓扑结构的变化量,采用数据库多版本管理机制构建设备数据结构。通过快速构建设备间的层次结构和拓扑结构,按版本对配网图模进行对比和更新,全面提升配网自动化系统图模的正确性,提高配网图模的维护效率,保证了基于配电网模型开展研究分析的应用需求。

**关键词:**配电网图模;图模变化量;多版本管理;分层订阅;模型校验

中图分类号:TM711

文献标志码:A

文章编号:2096-3203(2017)05-0109-05

## 0 引言

配电网是连接电力负荷与大电网的中间环节,通过建设智能化配电网来实现资源的优化配置是建设智能电网的关键内容。随着我国经济的快速增长,配电网规模也日趋扩大。而反映电网架构及模型的配电网一次接线图和环网图是配电网各类业务应用的基础。当前配电网调度主站系统一次接线图主要来源于生产管理系统(PMS)或地理信息系统(GIS),由于城市建设和改造的需要,配电网的改造和线路运方变动频繁,网络拓扑模型几乎天天在变,配电网接线图还需要不断地调整和修改<sup>[1-3]</sup>。在配网自动化系统建设过程中,从PMS或GIS导入图模时,存在图模不规范或各种错误,导致多次重复流程;配电网运方变化频繁,加重了图模维护的频度和工作量;图形标准的不同导致在配电网主站系统建设过程中图纸的实时、超链、标注信息等需二次维护,且易于被覆盖,造成重复性劳动;图模维护工作量巨大,维护质量的可感知度较低,对存在的拓扑连接错误、模型异动和基本的模型属性错误缺乏有效的感知、校核手段,调度员和运方人员几乎每天都要对同一条馈线的单线图改造前和改造后的情况进行对比、拟订计划、开操作票,执行线路停送电。由此可见,地区级配电网图模及一体化关联的正确性在运维方面存在不足,难以全面满足地区配电网调度、自动化运维工作的需求。因此,需要有严格的图模管理机制。

本文提出一种基于精细变化量的图模多版本分层订阅机制,通过源端唯一的配电网设备异动管理,全面提升配网自动化系统图模的正确性,可满

足配电网运维管理各业务应用需求。解决了由于规模巨大的配电网数据量带来的维护困难、不及时、质量低下的问题,节省了人工成本和运行管理成本。

## 1 配网图模关联处理机制

配电网主站系统建设过程中的配电网图模导入工作是一项基础性工程,正确、完善的图模是配网自动化系统对配电网分析的基础。配网自动化(DMS)系统与外部图模平台建模遵循“同一模型、同一图形、不同应用角度”的原则,从应用系统数据源唯一的角度出发,系统中需要的变电站图模来自于调度自动化(EMS)系统,称为主网图模;站外图模通常来自PMS或GIS系统,称为配网图模;设备资产编号是对设备唯一标识的重要纽带,原则上要求唯一<sup>[4,5]</sup>。外部图模平台和内部系统之间,需要利用设备资产编号进行设备增量的处理,通过实现主网模型与配网模型的边界拼接,实现完整、统一的配网主站系统调配一体化电网模型<sup>[6]</sup>。

配网自动化主站平台的模型管理流程如图1所示。按照IEC 61968/61970消息格式,PMS或GIS系统把CIM/XML格式的模型数据文件和图形数据文件,通过通信接口服务器发送到信息交互总线上。总线将图形和模型数据传送到配网主站系统,主站根据此模型文件增量方式完成在数据库的模型更新,图形则以覆盖方式完成更新<sup>[7-9]</sup>。

主网图模来自EMS系统,图模接口遵循IEC 61968/61970标准接口规范格的CIM/SVG方式,导出一组CIM/SVG分别描述主网厂站的网络模型、图形,并通过信息交互总线发送到配网自动化系统中。配网自动化系统解析收到的主网模型,一方

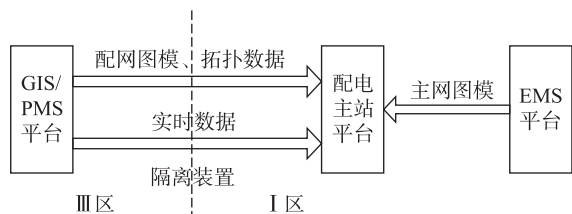


图1 配电自动化主站系统图模管理流程

Fig.1 Distribution automation master station system graphics and models management process

面与已有的主网模型作比较,计算出需要增量更新的设备信息;另一方面,在配电网模型中通过搜索与之相匹配的配电网模型边界设备(通常为10 kV断路器),如果发现该边界设备,表明有需要与当前厂站模型拼接的配电网设备。主网模型对系统增量更新后,标记与之匹配的配电网模型,更新与边界设备相连接的配电网设备一端节点号。当配电网模型改变后,以边界设备为基础重新建立网络拓扑,确保主配网模型拼接以及图模关联的正确性<sup>[10]</sup>。

## 2 多版本图模管理机制

### 2.1 图模精细变化量维护

良好的图模管理能够针对不同应用提供不同特点的版本,也能够根据图模的变化形成不同版本,包括配电网模型、图形和断面数据。图模管理以基础图模库为核心,通过保存的图模差异信息,最终形成满足各类需求的不同版本的图模信息。基础图模库与图模版本的关系如图2所示。以配电自动化系统建成上线运行时的图模库为基础模型库和基础图形库,当外部系统有图模异动时,形成一组模型变量和图形变量并注有编号1~n,发送至配电主站系统形成对应的模型版本和图形版本并注有版本号1~n。

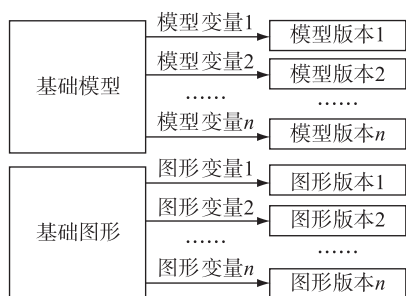


图2 基础图模库与图模版本的关系

Fig.2 Relationship between graphic and model library and version

多版本图模管理的关键技术在于变化量维护过程中的数据一致性和准确性,关键的技术应用在

于以下几点:

(1) 基于变化量的图模更新交互。通过对图模变化的数据源控制,在增、删、改操作配网图模数据时,以及改变网络拓扑结构时,保留设备及拓扑结构修改的痕迹,生成基于精细变化量信息的新数据库版本,用于图模更新交互<sup>[11]</sup>。

(2) 图模变更多版本管理及控制。通过数据库的多版本管理技术,识别电网模型的版本变化信息,只获取电网模型最新变化量的版本信息进行交互,通过变化量与基础数据的对比,生成最新的图模数据版本,实现图模数据变化的同步控制。

(3) 图模变化量的数据库存储技术。配电网图模的数据交互是基于变化量信息进行的同版本文件交互。在解析过程中,只需解析图模的变化部分,以减少数据交互文件的信息量以及模型解析工作量,同时基于变化量信息的数据库版本控制,保证了数据库存储空间最小,数据查询速度最快<sup>[12]</sup>。

### 2.2 图模分层订阅机制

由于配电网设备种类繁多、数量庞大,建立基于多叉树原则的层次结构,能够更高效地建立设备之间的层次关系。例如,配电网网络结构中以馈线为单位描述配网网络接线图,馈线即为配网设备的最上层容器,开闭锁/环网柜也是配网的一种容器,每个配网设备仅有一个容器(直接容器),即向上描述,如柱上开关的容器仅是馈线,开闭所/环网柜内开关的容器仅是开闭所/环网柜。主网网络结构中以厂站为单位描述厂站接线图,厂站即为主网设备的最上层容器,断路器作为主配网拼接的边界设备,可以作为馈线的容器。设备与容器的层次从属结构如图3所示。

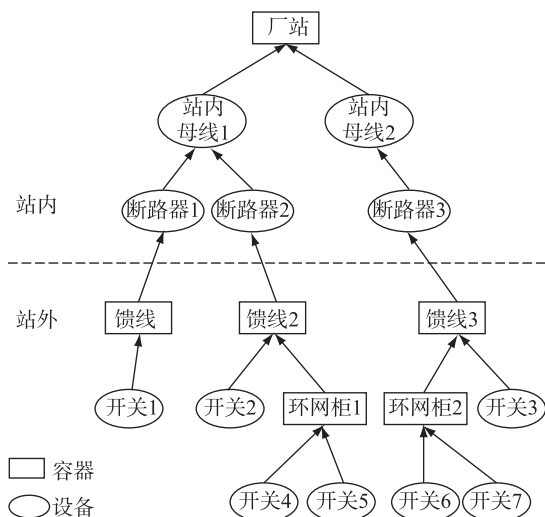


图3 设备-容器层次结构

Fig.3 Device-container hierarchy diagram

对层次、拓扑结构发生变更的数据,以提示的方式通知系统。在系统中订阅数据变动专题的应用程序(或应用程序使用者),所有订阅相同专题数据应用程序全部确认后,才清除对该专题下当前数据的提示,图模变更分层订阅流程如图4所示。

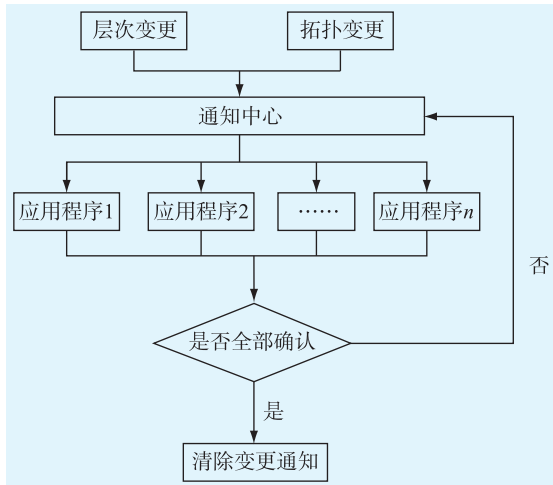


图4 图模变更分层订阅流程

Fig.4 Hierarchical subscription flow figure of graphic and model change

基于上述层次、拓扑关系构建,每条通知内容包含两部分,前半部分描述具体的统计分析内容或变化内容,后半描述关注的内容所在的容器,如:

- (1) 变电站 M 下有馈线设备 N,O,P,该情况出现在变电站 M 内;
- (2) 断路器 R 和断路器 S 形成环网,该情况出现在变电站 C 内;
- (3) 馈线段 B 的拓扑发生变化,该情况出现在馈线 D 上;
- (4) 开关 A 的层次发生变化,该情况出现在馈线 E 上。

### 2.3 消息处理与数据存储

采用 IEC 61968 消息集成技术,实现消息传送。消息总线为应用支持软件提供统一的信息交换机制,方便各应用使用。消息总线基于事件,适用于在各个应用之间通过发布/订阅方式快速传递实时数据更新、开关变位、电力系统重大事故等实时信息,包括实时态、反演态、研究态、测试态等不同态下应用的数据交换。同时消息总线为应用提供一套通用的消息调用接口,应用通过调用这些接口来进行消息的发送和接收。

从宏观角度来看,数据分为两部分:一是层次拓扑模型数据;二是通知。因层次、拓扑模型数据量巨大,从考虑不占用数据库资源调度出发,以及快速对象化的需要,层次与拓扑模型将以二进制文

件形式存储。统计信息、变化信息等通知数据将存储于实时库模型校验通知表中。

## 3 配电网模型校验

网络模型校验是保证配电网主站系统图模版质量的重要手段,通过全局统计分析配电主站系统中的所有设备模型信息,构建设备间层次关系、拓扑关系,查找设备模型可能存在的问题,及时处理潜在风险<sup>[13]</sup>。

### 3.1 快速构建层次结构

在模型导入、模型修改等操作过程中,往往容易产生模型的误操作,如果仅局限于某一图或者某一厂站来分析模型往往具有片面性。网络模型校验依赖于主站系统实时库数据,统计分析实时库中所有的模型数据,给用户提供一个接口进行全面检查、分析模型数据。

层次结构需要记录的设备包括配网设备及变电站、站内母线、断路器、主网负荷等主网设备。通过设备与容器之间的关系,以及已有设备拓扑关系,构建设备层次关系。层次结构构建的输入、输出分别为:设备的详细信息和设备的直接容器信息。读取数据库时直接构建设备信息,根据上述设备-容器的从属关系建立设备与设备间的层次关系,并进行存储,得到设备的直接容器信息,以及以当前设备为容器包含的全部设备。典型设备层次结构构建流程如图5所示,从遍历配网设备表开始,记录设备所属的直接容器,遍历配网馈线表,建立设备-容器的层次关系,查找节点号为正的馈线段,即配网根馈线段(与主网负荷为直接连接关系的馈线段。通常主网设备的节点号为正,配网设备的节点号为负,根馈线段的两端节点号一端为正一端为负)。向上搜索相连的主网负荷,依次向上搜索断路器→站内母线→厂站,所有馈线遍历结束后,再向下搜索馈线包含的配网设备,如配网母线、配网开关、配网负荷等。

### 3.2 快速构建拓扑结构

配电网模型拓扑连通性检查方法包含基于层次聚类分析和基于拓扑模型抽取分析两个层面。基于层次聚类分析是指通过馈线层次关系抽取单线模型,再进行节点连通性聚类分析<sup>[14,15]</sup>。

拓扑结构快速构建方法:以变电站中母线为起始点,通过记录的节点信息以及与设备间映射关系,迅速构建设备间父子拓扑关系。基于拓扑模型抽取分析是指通过馈线拓扑模型抽取单线模型,再基于一般化的布局布线算法,生成配电网拓扑图,

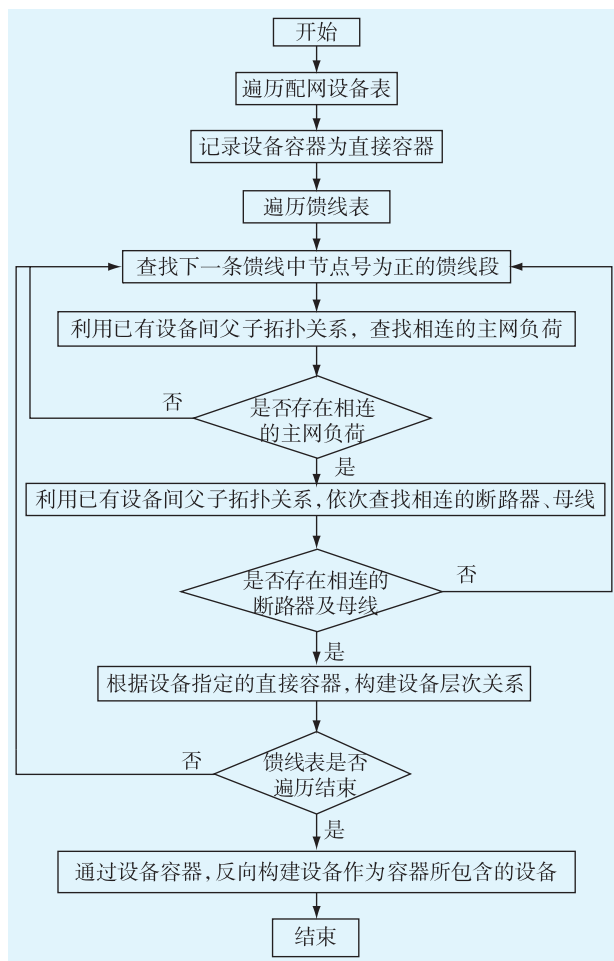


图5 模型校核逻辑

Fig.5 Logic diagram of model check

根据拓扑图进行连通性分析或修改模型抽取规则重新成图<sup>[16]</sup>。通过馈线拓扑模型抽取单线模型是指可提供多种方式确定模型抽取规则:包括(1)起始规则,可指定节点号、选择馈线对象;(2)搜索规则,正常运方(根据开关联络类型拓扑)、实时运方(根据开关实时遥信拓扑)、最大步骤(指定最大搜索深度);(3)终止规则,主网节点、非本线路站所。

拓扑关系检查辅助自动化维护人员校核配网模型连通性质量工作,解决了依靠人工检查效率低、易出错、不直观、难度大等问题,为满足配电网自动化运维及电力分析业务应用的实用性提供了技术保障。

#### 4 结语

本文研究了基于配电主站平台的配网图模关联、图模变化量管理和模型校验的方法。针对配网图模的具体特性,在新版本图模成功导入配电主站平台后进行图模校验,利用在数据构建阶段生成的设备信息及设备间层次结构、拓扑结构,对新构建

的模型与上一版本模型数据进行对比分析,得到层次、拓扑的具体变化,最后对新版本图模的完整性和正确性进行功能验证,并将变化结果通知各应用程序。典型的应用有网络拓扑分析、供电追踪着色,还有负荷转供、故障处理等高级应用。

本文提出的基于精细化变量的图模多版本分层管理机制,在省内多个城市的配电自动化管理系统中已得到应用。其中,中山配电自动化系统建设时间较早,城市电网包含 220 kV 变电站 10 座、110 kV 变电站 60 座、10 kV 馈线 1199 条,图模维护工作量较大、人工检查效率较低。由于配电自动化系统已经过多次升级,配电网图模版本管理技术也不断在改进,通过使用本文研究的基于图模变化量的多版本管理机制,大大提高了图模导入及模型校验的效率,为配网调度提供了高质量图模,进一步提高了配电网调度系统的实际运行效率。

#### 参考文献:

- [1] 陈根军, 顾全. 应用模型拼接建立的全电网模型[J]. 电网技术, 2010, 34(12): 94-98.  
CHEN Genjun, GU Quan. Creation of complete power network model by splicing power network model for EMS with external network model built by BPA [J]. Power System Technology, 2010, 34(12): 94-98.
- [2] 钱静, 施毅斌, 崔立忠, 等. 智能配电网模型信息集成技术研究[J]. 电网技术, 2013, 37(12): 3534-3540.  
QIAN Jing, SHI Yibin, CUI Lizhong, et al. Research on model information integration technology for smart distribution network [J]. Power System Technology, 2013, 37(12): 3534-3540.
- [3] CHAKRAVARTY P, WICKRAMASEKARA M G. A better GIS leads to a better DMS [C] // 2014 Clemson University Power Systems Conference. South California: 2014.
- [4] 柳劲松, 罗海强, 江平. 配网生产运行中基于 CIM 的配网模型交换[J]. 华东电力, 2014, 42(12): 2902-2905.  
LIU Jinsong, LUO Haiqiang, JIANG ping. CIM-based model exchange during distribution network operation [J]. East China Electric Power, 2014, 42(12): 2902-2905.
- [5] WUERGLER E, VANHEMELYCK C. Use of CIM for work flows across network operation, asset management and Network planning systems at a distribution utility [C] // 2012 IEEE Power and Energy Society General Meeting. California: 2012.
- [6] 朱见伟, 丁巧林, 杨宏, 等. 配电网 CIM 综合模型的构建与应用[J]. 继电器, 2006, 34(10): 60-72.  
ZHU Jianwei, DING Qiaolin, YANG Hong, et al. Construction and application of electrical distribution CIM model [J]. Relay, 2006, 34(10): 60-72.
- [7] 费建法, 方泉, 王成现. 基于 CIM 的配电自动化系统信息交互[J]. 江苏电机工程, 2014, 33(3): 15-20.  
FEI Jianfa, FANG Quan, WANG Chengxian. Information interaction of distribution automation system based on CIM [J]. Jian-

- gsu Electrical Engineering, 2014, 33(3):15-20.
- [8] 杨睿,程桂林,徐懂理. IEC 61961970 CIM 与 IEC 61850SCL 模型互通性分析与研究[J]. 江苏电机工程, 2015, 35(5):46-52.  
YANG Rui, CHENG Guilin, XU Dongli. Analysis and research on the interoperability between IEC 61970 CIM and IEC 61850 SCL Model[J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2015, 35(5):46-52.
- [9] 钱锋,唐国庆,顾全,等. 基于 CIM 标准的多级电网模型集成分析[J]. 电网技术, 2007, 31(12):69-73.  
QIAN Feng, TANG Guoqing, GU Quan, et al. Analysis on integration of multilevel power network model based on CIM[J]. Power System Technology, 2007, 31(12):69-73.
- [10] 陆一鸣,刘东,黄玉辉,等. 基于 CIM 的馈线建模和应用[J]. 中国电机工程学报, 2012, 32(28):157-163.  
LU Yiming, LIU Dong, HUANG Yuhui, et al. Feeder modeling and application based on CIM[J]. Proceedings of the CSEE, 2012, 32(28):157-163.
- [11] 闫湖,李立新,袁荣昌,等. 多维度电网模型一体化存储与管理技术[J]. 电力系统自动化, 2014, 38(16):94-99.  
YAN Hu, LI Lixin, YUAN Rongchang, et al. Integrated storage and management technology for multi-dimensional grid model[J]. Automation of Electric Power Systems, 2014, 38(16):94-99.
- [12] 曹阳,姚建国,杨胜春,等. 基于模型集和差异模型的电网模型多版本管理方法[J]. 电力系统自动化, 2015, 39(5):142-146.  
CAO Yang, YAO Jianguo, YANG Shengchun, et al. A multi-version management method of grid model based on model set and difference model[J]. Automation of Electric Power Systems, 2015, 39(5):142-146.
- [13] 钱静,徐丹丹,蒋国栋,等. 智能调度离线模型管理技术的深化研究[J]. 电网技术, 2012, 36(12):76-82.  
QIAN Jing, XU Dandan, JIANG Guodong, et al. In-depth study of offline model management technologies for intelligent power dispatching system[J]. Power System Technology, 2012, 36(12):76-82.
- [14] 邓迪,肖健,谭力坚,等. 配网模型自动分析与校核研究[J]. 数字技术与应用, 2014, (10):80-80.  
DENG Di, XIAO Jian, TAN Lijian, et al. Research on automatic analysis and checking of distribution network model[J]. Digital Technology and Application, 2014, (10):80-80.
- [15] 樊瑞,周宾,梅德冬,等. IEC 61850 模型校验工具的研究与实现[J]. 智能电网, 2015, (1):85-90.  
FAN Rui, ZHOU Bin, MEI Dedong, et al. Research and implementation of tools for model verification of IEC 61850[J]. Smart Grid, 2015, (1):85-90.
- [16] 梅德冬,樊瑞,周斌. IEC61850 模型信息的规则表达与校验研究[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(3):131-136.  
MEI Dedong, FAN Rui, ZHOU Bin. Research on regular expressions and check of IEC 61850 model information[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(3):131-136.

## 作者简介:



卢小海

卢小海(1979—),男,广东惠州人,硕士,高级工程师,从事调度自动化专业工作(E-mail: seanlou@126.com);

王宇名(1984—),男,广东茂名人,硕士,工程师,主要从事电网自动化、智能配电网工作(E-mail: cymmch@sina.com);

赵文博(1980—),男,河南辉县人,硕士,高级工程师,从事调度自动化、配网自动化技术管理工作(E-mail: 13424510801@139.com)。

## Multi-version Mechanism of Change in Graphics and Models Based on Distribution Network Master Station Platform

LU Xiaohai, WANG Yuming, ZHAO Wenbo

(Zhongshan Power Supply Corporation, Zhongshan 528400, China)

**Abstract:** In the distribution automation system, the distribution network structure is complex, and devices, graphics and models change frequently. There are some difficulties of graphics and models management in the distribution of automation operation and maintenance. A multi-version hierarchical subscription mechanism method based on graphics and models fine change is presented. Through the unique source distribution network equipment transaction management, data and topology changes are hierarchically subscribed. Multi-version database management mechanism is used to build device data structure. By quickly building the hierarchies and topologies between devices, matching and updating the distribution graphics and models, the correctness of distribution automation system graphics and models can be improved comprehensively, and the maintenance efficiency of the graphics and models can also be improved, which ensures the application requirements of research and analysis based on distribution network models.

**Key words:** distribution network graphics and models; change of graphics and models; multi-version management; tiered subscription; model verification

(编辑 陈娜)