

# 智能调度分布式一体化建模方案

米为民<sup>1</sup>, 荆铭<sup>2</sup>, 尚学伟<sup>1</sup>, 徐丹丹<sup>1</sup>, 蒋国栋<sup>1</sup>, 付辉<sup>1</sup>

(1. 中国电力科学研究院, 北京市 海淀区 100192; 2. 山东电力调度中心, 山东省 济南市 250001)

## Distributed and Integrated Modeling of Intelligent Dispatch

MI Weimin<sup>1</sup>, JING Ming<sup>2</sup>, SHANG Xuewei<sup>1</sup>, XU Dandan<sup>1</sup>, JIANG Guodong<sup>1</sup>, FU Hui<sup>1</sup>

(1. China Electric Power Research Institute, Haidian District, Beijing 100192, China;

2. Shandong Electric Power Dispatching Center, Jinan 250001, Shandong Province, China)

**ABSTRACT:** The construction of intelligent dispatching makes demand of sharing information among dispatching centers, for this reason a distributed integrated modeling scheme for intelligent dispatching is proposed. In the proposed scheme the sharing of graphs, data and models are implemented by model information linkage technique among different levels of dispatching systems; by means of such technologies as model splitting/merging, online dynamic equivalence of external network and so on the model and graph of whole power grid are built and real-time operation data is acquired; by means of the technology of model information subscription, individual model information services are provided for each application system. Distributed and integrated modeling can provide integrated model and basic data for intelligent dispatching to realize so-called "maintenance at source of data and sharing data within whole grid", thus the business needs of dispatching center such as model analysis, early warning of security and aid decision making of whole power grid can be met.

**KEY WORDS:** intelligent dispatch; distributed and integrated modeling; model subscription; model information linkage; model splitting/merging; dynamic equivalence

**摘要:** 智能调度建设要求调度中心共享信息, 为此提出了智能调度分布式一体化建模方案。该方案中, 各级调度系统之间通过模型信息联动技术, 实现图形、数据、模型的共享; 通过模型拆分/合并技术、在线外网等值技术等建立全电网模型和图形, 并获取实时运行数据; 通过模型信息订阅技术为各应用系统提供个性化的模型信息服务。分布式一体化建模可为智能调度提供一体化模型与基础数据, 实现模型信息的“源端维护、全网共享”, 满足调度中心对全电网的模型分析、安全预警、辅助决策等业务需要。

**关键词:** 智能调度; 分布式一体化建模; 模型订阅; 模型信

息联动; 模型拆分/合并; 外网等值

## 0 引言

建设统一坚强智能电网是国家电网公司的发展目标, 建设智能化电力调度系统(简称智能调度)是建设统一坚强智能电网的关键内容, 是保障智能电网运行和发展的重要手段<sup>[1]</sup>。各调度中心之间共享信息, 可高效整合电力系统数据<sup>[2]</sup>, 实现电网的全局控制, 是智能调度建设的基本要求。我国互联电网广域分布的特点决定了电力调度分层分布的管理模式, 电网以调度中心为单位建立各自的电网模型, 彼此之间缺乏有效的信息共享与协调机制, 因此, 各调度中心必须通过技术手段实现调度中心之间的信息集成与共享, 保证调度中心及时、全面、准确地对整个电力系统进行分析和控制。

文献[1-3]对智能电网及智能调度进行了深入研究; 文献[4-7]对调度系统之间的信息集成与共享进行了研究; 文献[8-14]对 IEC 61970 标准及其扩展应用进行了研究; 文献[15]对在线外网等值技术进行了详细研究。本文提出了智能调度的分布式一体化建模方案, 以 CIM XML(common information model XML)文件作为电网模型交换的标准格式<sup>[1-12]</sup>, 以 E(easy)文件作为实时数据交换的标准格式, 以可缩放矢量图形(scalable vector graphics, SVG)文件作为图形交换的标准格式<sup>[3-4]</sup>。智能调度分布式一体化建模可解决因模型不完整而导致的稳态、动态、暂态分析预警结果不正确的问题。

## 1 方案概述

分布式一体化建模需实现的主要功能有: 模型信息联动、一体化建模、模型信息发布、实时数据

基金项目: 国家电网公司科技项目(2008K8227)。

Project Supported by Science and Technology Foundation of the State Grid Corporation of China(2008K8227).

交换, 总体结构如图 1 所示。模型信息联动由版本管理服务模块完成, 版本管理服务模块及其客户端负责完成本地调度中心与下级调度中心的模型信息的实时联动, 上级调度中心安装在本地的版本管理客户端负责本地调度中心与上级调度中心的模型信息实时联动。一体化建模由模型拆分/合并等模块完成, 通过上下级调度中心之间的模型信息联动, 实时获得上下级调度中心的最新模型信息。模型信息发布由模型信息订阅、外网等值、版本管理服务模块完成。获得最新的一体化模型信息后, 外网等值、模型信息订阅等模块分别生成相应的模型信息发布给上下级调度系统和本地调度中心各应用系统, 其中, 外网等值、模型信息订阅是由版本管理服务模块自动触发, 触发条件由一体化模型信息版本发布。分布式一体化建模作为独立的功能模块与本地调度系统平台是松耦合关系, 接口简单。

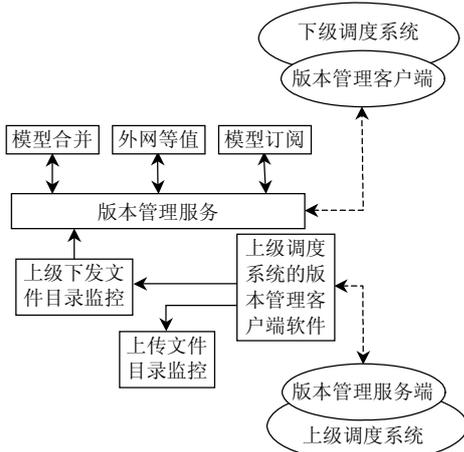


图 1 总体结构  
Fig. 1 General structure

一体化建模流程如图 2 所示, 版本管理服务模块接收到模型变化信息并通过校验后, 版本管理服务模块触发模型合并进程, 模型合并模块自动比较并判断是否符合合并条件, 如果符合, 则合并模型。模型合并完成后, 提交版本管理服务模块并发布新的模型信息版本。版本服务管理模块发布新版本

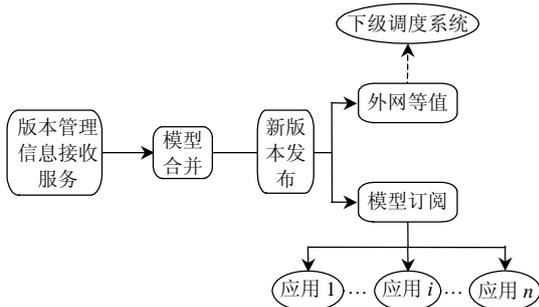


图 2 建模流程  
Fig. 2 Modeling flow

后, 触发模型订阅和外网等值模块, 在新的模型信息基础上, 外网等值为下级调度中心生成缓冲网等值模型, 并自动发送到客户端, 模型信息订阅根据应用系统注册信息, 生成新模型并发布给订阅者。

## 2 主要功能

### 2.1 模型信息联动

调度中心之间的模型联动采用实时双向互动模式, 一方发生变化, 立即会被对方感知和接受, 并指挥对方的下一步动作<sup>[2]</sup>。如何实现上下级调度中心间的模型信息实时双向互动是分布式一体化建模的关键内容之一。

网、省、地调度中心要接收下级调度中心的电网模型和上级调度中心下发的缓冲网等值模型, 为下级调度中心提供对应的缓冲网等值模型, 为上级调度中心提供本地电调模型。调度中心的模型信息导出和模型信息交换等往往由人工触发, 并没有形成真正意义上的模型信息联动, 不能保证上下级调度中心之间的模型信息自动、实时、准确地联动, 因此, 实现实时双向互动模式需要 2 个条件:

1) 本地电网模型自动实时同步导出。调度系统中, 本地电网模型维护过程如图 3 所示, 其中模型维护是离线的(图形/模型一体化维护), 维护完成并达到在线同步后, 投入实时运行系统。

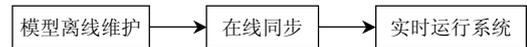


图 3 模型维护流程

Fig. 3 Model maintenance flow

根据模型联动原则, 模型一旦投入实时系统, 对方就应立刻感知到模型的变化, 并采取下一步动作, 因此只要把模型导出并嵌入到模型维护流程中就可以实现模型自动实时同步导出。本地模型自动同步导出采用图 4 方式, 模型维护完毕后, 在线同步和模型信息导出同步进行, 即在模型信息投入实时运行系统的同时, 自动同步导出最新模型信息(包括对应更新的图形), 最新模型信息放在指定路径下。



图 4 模型信息导出

Fig. 4 Model information export

2) 本地电网模型自动实时同步传输。分布式一体化建模中, 模型信息传输由专门工具(版本管理软件<sup>[4]</sup>)完成, 该软件采用 C/S 模式, 上级调度中心

在本地安装服务器, 为下级调度中心统一安装客户端。调度系统导出模型放在指定路径下, 客户端软件实时监控该路径, 发现新文件后, 立即发送至服务器, 服务器接收到模型信息后, 立即校验、分析和处理, 并决定是否采取下一步动作。

下级调度系统的电网模型自动实时同步上传到上级调度系统, 同样上级调度系统也要为下级调度系统自动实时同步生成和发送对应的外网等值模型信息。

缓冲网等值模型是在模型合并的基础上生成的。模型合并完成后, 版本管理服务模块发布新的模型信息版本, 并触发外网等值、模型信息订阅等工具。外网等值工具通过模型增量比较等手段, 判断下级调度系统的外网信息是否发生变化, 如果变化, 则生成对应的外网等值模型, 通过下级调度系统的模型信息传输客户端, 发送到下级调度系统指定的文件路径, 下级调度系统对该文件路径实施监控。

模型自动实时同步导出和自动实时同步传输实现了真正意义上的模型联动机制。

## 2.2 一体化建模

一体化建模主要通过模型拆分/合并和缓冲网等值模型<sup>[3-4]</sup>等模块完成。

模型拆分根据既定规则并利用模型拓扑关系及层次逻辑关系, 从模型(CIM XML 文件)中取出符合规则的子模型(CIM XML 文件), 同时自动抽取与模型对应的 SVG 图形、E 格式电网运行数据等, 通常可按照电压等级、模型边界设备定义等对模型进行拆分, 模型拆分在一体化建模中具有非常重要的作用, 如模型合并、缓冲网等值模型、模型信息订阅等都需要模型拆分技术。

基于 CIM XML 文件的模型合并并通过 CIM XML 文件解析、模型调度边界拆分、模型拼接等手段, 对各模型进行有效合成, 形成一个完整的全网模型<sup>[3]</sup>, 如图 5 所示。模型合并结果仍以 CIM XML 文件方式存在。

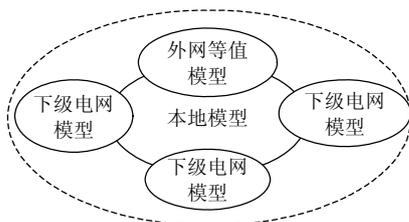


图 5 全局模型

Fig. 5 Whole grid model

常用的外网等值模型中, 缓冲网等值模型是最佳的外网等值建模方式<sup>[13]</sup>。通过模型合并等技术, 上级调度系统能准确掌握下级调度系统外围电网的运行方式和运行状态, 能够实时为下级调度系统计算出带有缓冲网的外网等值模型<sup>[14]</sup>。下级调度系统利用外网等值模型, 可进行内外网模型的在线合并, 形成包括缓冲厂站和等值厂站的电网模型, 以提高调度系统应用软件的计算精度。缓冲网等值模型信息包括外网等值模型(CIM 文件)、缓冲厂站的 SVG 图形文件、对应外网等值模型的 E 格式文件。

## 2.3 模型信息发布

在调度中心内部, 不同的应用系统往往对电网模型范围、设备属性等有具体要求, 除了希望实时获取电网模型信息外, 还希望获取个性化的电网模型信息。针对调度中心内部不同应用系统的需求, 实时提供个性化的电网模型信息是分布式一体化建模的主要功能之一。自动为应用系统实时生成个性化模型信息的方法称为模型信息订阅。版本管理服务模块发布模型信息新版本时, 自动触发模型信息订阅进程, 自动完成个性化模型信息的生成和发布。

版本管理服务模块提供应用系统注册维护工具, 并由手工操作完成, 注册信息保存在应用系统注册管理表中。在注册管理表中, 0 表示无效, 1 表示有效。应用系统的注册内容主要包含 3 部分: 1) 应用信息, 主要包括应用名、模型发布路径等信息。2) 模型范围, 主要包括全模型、电压等级范围、边界设备表、厂站集合。电压等级指厂站的最高电压等级。通过边界设备表可提取边界范围内的电网模型信息, 指定设备必须是双端设备, 且需定义出设备的拓扑联结方向。通过厂站集合可提取给定的所有厂站信息, 该方法一般不会单独使用。在注册时, 4 种类型可以组合使用, 缺省时为全模型。3) 类及类属性, 选择需要的类及每个类的属性, 缺省时为所有类及所有属性。

一旦有新的模型信息版本发布, 模型信息订阅被触发, 进而生成和发布模型信息, 主要实现过程如下: 1) 读取应用系统的注册信息, 获取最新发布 CIM XML 文件及对应的 SVG 文件; 2) CIM XML 文件解析<sup>[3]</sup>; 3) 依据注册信息, 利用模型拆分、简单外网等值等技术, 提取满足条件的子模型; 4) 依据子模型获得对应的 SVG 图形文件; 5) 发布模型信息到指定的文件路径。

## 2.4 实时数据交换

实时数据交换有2种方式：计算机通信方式，通信规约采用 IEC 60870-5-104 规约；E 格式文件。

计算机通信方式是目前主要的实时数据通信方式，应用该方式时，要保证数据发送周期一致，并且通信测点名称要与模型中的测点名称一致。

E 文件传送方式有2种：周期传送；文件召唤。周期传送是常规传送手段，文件召唤是辅助手段。E 文件命名方式为区域名\_时标.QS，其中，时标精确到 s。为了保证各区域同步传送实时数据，应规定：1) E 文件在正分时刻生成，允许误差不得超过 2 s，即 E 文件时标的后 2 位在 00 至 02 之间；2) 发送周期一致，发送周期在分级；3) 各区域要保存一定时间的历史文件(供召唤)。应用该方式时 E 文件中的设备名称与模型中的设备名称一致。

## 3 结论

分布式一体化建模通过模型自动实时联动、模型信息订阅、模型合并/拆分、外网等值、SVG 图形转换、E 格式数据导入/导出等技术，实现了各级调度中心之间的分布式一体化智能建模，其中的大部分功能已经在实际工程中实施。

实践证明，分布式一体化建模技术能够实现调度中心各应用系统之间及各级调度系统之间的信息整合与共享，满足调度中心基于全电网模型的分析、预警和辅助决策等智能调度业务需要。

## 参考文献

- [1] 陈树勇, 宋书芳, 李兰欣, 等. 智能电网技术综述[J]. 电网技术, 2009, 33(8): 1-7.  
Chen Shuyong, Song Shufang, Li Lanxin, et al. Survey on smart grid technology[J]. Power System Technology, 2009, 33(8): 1-7(in Chinese).
- [2] 姚建国, 严胜, 杨胜春, 等. 中国特色智能调度的实践与展望[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(17): 16-20.  
Yao Jianguo, Yan Sheng, Yang Shengchun, et al. Practice and prospects of intelligent dispatch with Chinese characteristics[J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(17): 16-20(in Chinese).
- [3] 张伯明, 孙洪斌, 吴文传, 等. 智能电网控制中心技术的未来发展[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(17): 21-28.  
Zhang Boming, Sun Hongbin, Wu Wenchuan, et al. Future development of control center technologies for smart grid[J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(17): 21-28(in Chinese).
- [4] 米为民, 韦凌霄, 钱静, 等. 基于 CIM XML 的电网模型合并方法在北京电力公司调度系统中的应用[J]. 电网技术, 2008, 32(10): 33-37.  
Mi Weimin, Wei Lingxiao, Qian Jing, et al. Application of CIM & XML based combination method of power network models in dispatching system of Beijing electric power corporation[J]. Power System Technology, 2008, 32(10): 33-37(in Chinese).
- [5] 米为民, 李立新, 尚学伟, 等. 互联电力系统分层分解时空协调建模研究[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(15): 56-61.  
Mi Weimin, Li Lixin, Shang Xuewei, et al. An investigation on hierarchical and decomposition and space-time coordination modeling in interconnected power systems[J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(15): 56-61(in Chinese).
- [6] 潘毅, 周京阳, 李强, 等. 基于公共信息模型的电力系统模型的拆分与合并[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(15): 45-48.  
Pan Yi, Zhou Jingyang, Li Qiang, et al. The separation/combination of power system model based on CIM[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(15): 45-48(in Chinese).
- [7] 刘崇茹, 孙宏斌, 张伯明, 等. 公共信息模型拆分与合并应用研究[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(12): 51-55.  
Liu Chongru, Sun Hongbin, Zhang Boming, et al. A research on incremental and partial model transfers based CIM[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(12): 51-55(in Chinese).
- [8] IEC 61970, energy management system application program interface (EMS-API), part 1: guidelines and general requirements[S]. 2003.
- [9] CPSM minimum data requirements in terms of the EPRI CIM [S]. 2004.
- [10] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. DL/T 890.301—2004 能量管理系统应用程序接口(EMS-API)第301篇:公共信息模型(CIM)基础[S]. 北京:中国电力出版社, 2004.
- [11] Report on the common information model (CIM) extensible markup language (XML) interoperability test #4[EB/OL]. [2009-10-05]. <http://groups.yahoo.com/group/cimxml>.
- [12] 潘毅, 周京阳, 吴杏平, 等. 基于电力系统公共信息模型的互操作试验[J]. 电网技术, 2003, 27(10): 25-28.  
Pan Yi, Zhou Jingyang, Wu Xingping, et al. Interoperability test based on common information model[J]. Power System Technology, 2003, 27(10): 25-28(in Chinese).
- [13] 孙宏斌, 吴文传, 张伯明, 等. IEC61970 标准的扩展在调度控制中心集成化中的应用[J]. 电网技术, 2005, 29(16): 21-25.  
Sun Hongbin, Wu Wenchuan, Zhang Boming, et al. Application of extension of IEC61970 stand in control center integration[J]. Power System Technology, 2005, 29(16): 21-25(in Chinese).
- [14] 何江, 吴杏平, 李立新, 等. 基于组件技术的电力系统实时数据库平台[J]. 电网技术, 2002, 26(3): 64-67.  
He Jiang, Wu Xingping, Li Lixin, et al. A component based real-time database management platform[J]. Power System Technology, 2002, 26(3): 64-67(in Chinese).
- [15] 张海波, 张伯明, 王俏文, 等. 不同外网等值模型对 EMS 应用效果影响的试验研究[J]. 电网技术, 2006, 30(3): 1-6.  
Zhang Haibo, Zhang Boming, Wang Qiaowen, et al. A test investigation on effect of different external network equivalent models on EMS applications[J]. Power System Technology, 2006, 30(3): 1-6(in Chinese).



米为民

收稿日期: 2010-03-17。

作者简介:

米为民(1972), 男, 硕士, 高级工程师, 从事电力调度自动化系统研究工作, E-mail: dami1972@sina.com;

荆铭(1969), 男, 高级工程师, 从事电力调度自动化研究工作, E-mail: jm@luneng.com。

(编辑 徐梅)