

模型管理技术在智能调度支撑平台上的研究

叶 飞 米为民 尚学伟

摘要: 开放的信息系统和共享的信息模式是实现智能调度建设的基础,模型管理技术是实现这一目标的高效手段。为了实现全网模型的整合、应用,提出了分布式一体化的模型管理技术方案。该方案通过调度系统之间的模型信息实时交换技术,模型拆分、模型合并、负载均衡等技术实现了高效的分布式一体化建模,利用模型订阅服务实现了应用系统个性化的模型建立。通过分布式一体化模型管理技术的研究,为智能调度的各应用提供一体化模型与数据基础,实现了模型信息的“源端维护、资源共享”,满足了调度中心基于全电网模型的分析、计算以及智能调度等新型业务需要。

关键词: 智能调度; 分布式一体化模型管理; 模型信息实时交换; 模型拆分/合并; 外网等值

作者简介: 叶飞(1978-),男,安徽太湖人,北京科东电力控制系统有限责任公司,工程师;米为民(1972-),男,山东单县人,北京科东电力控制系统有限责任公司,高级工程师。(北京 100192)

基金项目: 本文系国家电网公司科技项目的研究成果。

中图分类号: TM734

文献标识码: A

文章编号: 1007-0079(2011)03-0103-03

国家电网公司提出建设统一、方便、实用的电网,电力调度系统智能化是实现这一目标的关键内容,是保障智能电网运行和发展的重要手段。^[1]为了实现这一目标国家电网公司规定各调度中心之间必须创建开放的信息系统和共享的信息模式,高效整合电力系统中的数据。^[2]

实现全网的统一控制是智能调度建设的必要前提。由于中国电网建设广域分布的特点,国家电网公司对各级电力调度进行分层分布管理,以调度中心为单位建立各自的电网模型,这些模型之间存在明显的差异,彼此之间缺乏有效的信息共享,因此,各调度中心之间必须通过先进的计算机技术手段与电力系统模型之间的关系实现调度中心之间的信息集成与模式共享,更好地服务电网调度。

根据分布式一体化建模思想,按照传统模式建立和维护调度范围内的电网模型,各级调度系统之间通过标准化的信息实时互动技术,在统一的系统平台下实现图、数、模的共享,局部模型上传,集中合并、拼接技术等建立完整的电网模型、图形及相应的数据。文献[1-2]对智能电网及智能调度进行了深入的研究,文献[3-8]对调度系统之间的信息集成与共享进行了研究。文献[9-14]对IEC61970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的研究。文章利用模型合并、拆分、在线外网等值等成熟的电力系统技术,研究了各级调度系统之间图、数、模一体化的信息实时双向互动,模型拆分、模型订阅等技术,制定了“源端维护、资源共享”的目标提出了分布式一体化模型管理技术。本技术以公共信息模型(Common Information Model)XML文件作为电网模型交换的标准格式,^[1-12]以国家电网公司颁布的E文件作为实时数据交换的标准格式,以G(Graphics)文件作为图形交换的标准格式。^[3-4]调度系统之间的信息共享包括电网模型、电网实时运行数据、图形。

通过分布式一体化建模技术能够为智能调度的各应用提供一体化模型与数据,既能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,又能满足调度中心基于全电网模型的分析、计算、预警和辅助决策以及智能调度等各种业务的需要。

一、关键技术

1.模型实时交换技术

调度中心之间的模型互动采用实时双向互动模式,一方发生的变化,立即会被对方感知和接受,并指挥对方的下一步动作。^[2]网、省、地调度中心要接收两种模型:下级调度中心的电网模型,上级调度中心下发的缓冲网等值模型;对外提供两种模型: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常常是人工触发,并没有形成真正意义上的模型信息实时交换,不能保证上下级调度中心之间的模型信息自动、实时、准确的互动。实现实时双向交换模式需要两个条件:(1)模型自动实时同步导出。(2)模型自动实时同步传输。

模型自动同步导出。调度系统中,本地电网模型维护过程见图1,其中,模型维护是离线的(图形/模型一体化维护),维护完成以后,通过在线同步,投入实时运行系统。



图1 模型维护流程图

在这个过程中,根据模型实时交换原则,模型一旦投入实时系统,对方就应该立刻感知到模型的变化,并且采取下一步的动作,因此,只要把模型导出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如图2所示的方式,模型维护完毕后,在线同步时加入模型信息导出模块,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(包括对应的

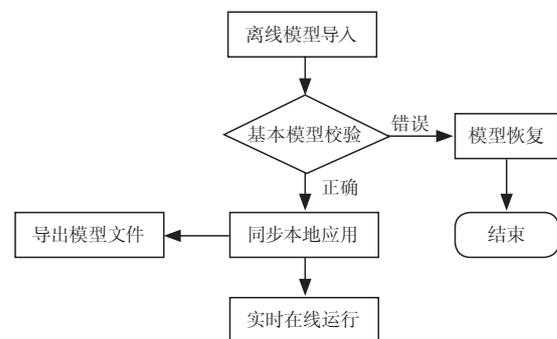


图2 模型管理流程

更新的图形)放在指定的路径下。

模型自动实时同步传输。分布式一体化建模中,模型信息的传输由专门的软件(版本管理软件)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,服务器接受到模型信息,立即校验、分析、处理,决定是否采取下一步动作。

通过模型自动实时同步导出和模型自动实时同步传输,实现了真正意义上的模型实时交换机制。

2.模型拆分、合并技术

模型的拆分技术就是利用模型拓扑关系及层次逻辑关系,从模型(CIMXML文件)中,提取出符合规则的子模型(CIMXML文件),同时自动抽取与模型对应的SVG图形、E格式实时数据等。模型拆分在一体化建模中有着非常重要的作用,对于模型合并、缓冲网等值模型、模型订阅等都需要模型拆分技术。模型拆分一般采用以下三种。(1)给定一组设备,按照设备的某个方向拆分(如模型合并中按照边界设备拆分)。指定的设备必须是双端设备,且定义出设备的拓扑联结方向。(2)按照电压等级拆分,其中,电压等级指的是厂站的最高电压等级。按照电压等级从模型中提取出符合要求的子模型,按电压等级拆分包括三类条件:大于某个电压等级,如电压等级大于或等于220,提取模型中所有的电压等级符合条件的厂站;小于某个电压等级;小于某个电压等级同时又大于某个电压等级。(3)按照一组厂站拆分。第一种方式和第三种方式原理上基本类同,第二种方式第四种拆分方式类同。第一种方式在模型合并和外网等值中已经用到,在技术上相对成熟,不再专门论述。下面主要论述按照电压等级拆分技术。

模型合并和缓冲网等值模型是比较成熟的技术,已经广泛使用,本文不做详细介绍。

基于CIMXML文件的模型合并,是通过CIMXML文件解析、模型调度边界拆分、模型拼接等一系列技术手段,对各模型进行有效合成,形成一个完整的全网模型。^[3]模型合并是实现一体化建模的核心技术,该技术多次在实际系统中应用,并取得不错的效果。一体化建模中,参与模型合并的电网模型包括:本地调度中心的EMS模型+各下级调度中心的EMS模型+外网等值模型(上级调度系统提供)=新的EMS模型,简称全局模型。模型合并结果仍然以CIMXML文件的方式存在。

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。^[13]通过模型合并等技术,上级调度系统能够准确地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。^[14]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,从而,以更加合理的方式提高调度系统应用软件的计算精度。外网等值信息包括: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。外网等值模型有两种形式:下级调度系统边界厂站+缓冲厂站+动态等值数据;下级调度系统模型+缓冲厂站+动态等值数据。第一种形式的外网等值模型发送到下级调度系统后,必须和本地模型合并,才能使用,第二种形式的外网等值模型可直接导入本地系统使用,两种形式可以选择使用。

3.同步实时数据技术

实时数据交换有两种方式:第一种是IEC60870-5-104网络通信方式,第二种是传递E格式文件。IEC60870-5-104方式是目前主

要的实时数据通信方式,只要保证数据发送周期、点序号一致,就可以实现同步。

E文件传送方式有两种:定时传送;召唤传送。定时传送是常规的传送手段,文件召唤是辅助手段。E文件命名方式:区域名_时标.QS,其中,时标精确到秒。为了保证各区域传送的实时数据的同步,规定:发送周期一致,发送周期在分钟级;E文件在正分时刻生成,允许误差不得超过2秒,即E文件时标的后两位在00至02之间;各区域要保存一定时间的历史文件(供召唤)。系统根据文件的时标,形成全网的数据断面,保证各区域的实时数据同步,如果发现某个区域没有匹配E文件,则启用文件召唤机制,如果文件召唤再次失败,则选择距该时刻最近的E文件。^[4]该方式需要注意的是E文件中的设备名称与模型中的设备名称一致。

4.模型订阅技术

针对不同应用的需求,为其提供个性化的模型信息是一体化建模的主要功能之一。模型订阅通过设置配置表的方式,为不同的业务生成个性化的电网模型信息。

配置信息主要分为两部分:应用信息,主要包括应用名,模型发布路径等信息。模型范围,主要包括电压等级范围;边界设备表;一组厂站;选择某个对象做为起始导出路径节点,导出该节点及其所有下级关联路径上的对象。应用在配置范围时,这几种类型可以组合使用,缺省为全模型。

基于配置信息中的模型范围信息,综合利用模型拆分技术,缩小出模型的范围,过滤并导出需要的模型。根据应用信息,发布到指定路径。

二、模型管理特点

1.建模结构

采用模型订阅技术为调度系统内部各应用提供了个性化的模型信息服务,采用模型实时交换技术、模型拆分/合并技术、在线外网等值技术等实现了上下级调度系之间的统一建模。以上下级调度系统和本地调度系统为数据源,以模型合并、外网等值等为数据整合器,整合后的结果由版本管理服务分发给上下级调度系统和本地调度系统。

2.模型管理流程

模型管理流程如图3,通过模型实时交换机制获得变化模型,版本管理服务自动启动模型合并进程,模型合并自动比较并判断是否符合模型合并条件,若符合,则进行模型合并,模型合并完成后,提交版本管理服务,版本服务则保存旧版本,发布新版本。模型订阅和外网等值自动获取新版本后,外网等值为下级调度中心生成缓冲网等值模型,并自动发送到上级调度,模型订阅进程根据配置信

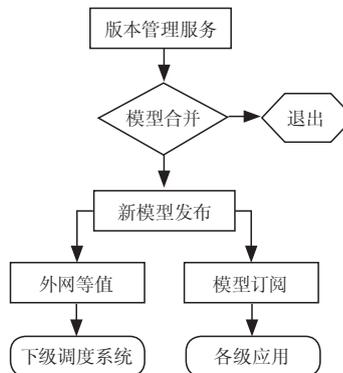


图3 模型管理流程

息,生成新的模型发布给订阅者。一体化建模采用自动化的流程,实现了分布式一体化免维护建模。

三、结论

模型管理技术在智能调度支撑平台上的研究基于IEC61970标准、E格式、G格式规范、模型变化做到实时更新,模型订阅,模型拆分、模型合并、外网等值、图形转换、E格式数据导入/导出等多项先进技术,在调度系统之间建立模型信息实时互动机制,实现了各级调度系统之间分布式一体化智能建模及管理,实现了各种应用个性化的订阅模型。整个分布式一体化模型管理基本实现了智能化,实现了调度中心各应用系统之间及各级调度系统之间信息整合与共享,为智能调度的各种应用提供一体化模型与数据,满足了调度中心基于全电网模型的分析、计算、预警和辅助决策以及智能调度等新型业务的需要。

参考文献:

[1] 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.
 [2] 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.
 [3] 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.
 [4] 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.

[5] 钱静,葛敏辉,米为民,等. 基于 IEC 61970 的华东电网分级模型管理方法 [J]. 电网技术, 2007,31(Supp2):295-298.
 [6] 钱静,范广民,何蕾,等. 分布式协同建模技术在综合数据平台中的实现 [J]. 电网技术, 2009,33(20):136-141.
 [7] 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.
 [8] 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.
 [9] IEC 61970, Energy management system application program interface(EMS-API) part 1: Guidelines and general requirements[S]. 2003.
 [10] CPSM minimum Data Requirements in Terms of the EPRI CIM [S]. 2004.
 [11] 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].
 [12] Report on the Common Information Model(CIM) Extensible Markup Language(XML) interoperability test #4. 2002. <http://groups.yahoo.com/group/cimxml>.
 [13] 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.
 [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.
 [15] 温柏坚,张海波,张伯明,黄滔,卢建刚. 广东省地区电网外网等值自动生成系统设计 [J]. 电力系统自动化, 2004,28(20):77-80.

(责任编辑:刘俊卿)

(上接第 102 页)

采用并行开发和测试,缩短产品开发周期。

(2) 中期或成型综合测试:采用静态模拟、数字仿真、动态模拟等进行系统测试,模拟系统运行环境,测试系统策略表的正确性,查找设计缺陷并及时改进。

(3) 运行前的外界环境测试:主要进行系统在复杂电磁环境下的抗干扰能力、自然环境条件下系统的稳定运行水平,特高压电网中电磁干扰尤为严重,需要对装置的电磁兼容能力进行详细测试。

(4) 挂网试运行:将安稳装置投入实际系统进行在线运行测试,及时发现系统安全隐患并改进。

(5) 投运后的异常测试:产品具备投运后的自诊断能力,记录系统异常情况并改进设计。

特高压电力系统稳定控制装置测试的难点还在于其分布式配置特性,造成了系统测试时协调和场景模拟等的困难。尤其是大电网的稳定控制策略一般比较复杂,一般采用分层、分级局部测试的方法,整个系统的全面测试较难实现。^[8]传统测试需要搭建物理仿真平台进行动模试验,系统规模和复杂程度均受到限制。大规模的 RTDS 仿真系统是对安稳系统进行闭环试验的有力工具,目前成功应用于多个大型安全稳定控制系统的测试工作中。^[9]

采用上述测试步骤对所设计的安全稳定装置进行严格测试,结果表明计算模块测量的有效值和频率精度均满足《电网安全稳定自动装置技术规范》的要求,抗电磁干扰能力符合行业标准,并利用实时数字仿真系统进行闭环动态模拟试验,系统运行的安全性和可靠性均可得到保证。

四、结语

特高压和智能电网环境对电网安全稳定控制技术提出了新要

求和挑战,传统的稳定控制装置设计与测试方法已不能满足切实需求。本文提出了一种适用于特高压和智能电网环境的稳定控制装置的设计与测试方法。基于 ARM 高速处理器和 FPGA 搭建硬件平台,利用嵌入式 Linux 系统设计系统软件的安全稳定装置,并对系统测试的方法和步骤进行总结,测试结果表明本文方法的正确性和有效性。

参考文献:

[1] 林宇锋,钟金,吴复立. 智能电网技术体系探讨 [J]. 电网技术, 2009,(12).
 [2] 李晨光,王芸波,刘太学. 无线通信技术在智能配电网中的应用研究 [J]. 中国电力教育, 2010,(27).
 [3] 万秋兰. 大电网实现自愈的理论研究方向 [J]. 电力系统自动化, 2009,(17).
 [4] 蒙定中. 建议直流远送 / 稳控互联各大区强化的同步网,避免全国 1000kV 联网 [J]. 电力自动化设备, 2007,(5).
 [5] 宋锦海,宣筱青,朱开阳,等. 基于 IEC 61850 的安全稳定控制装置方案设计 [J]. 电力系统自动化, 2010,(12).
 [6] 关杰,白凤香. 浅谈智能电网与智能变电站 [J]. 中国电力教育, 2010,(21).
 [7] 邵俊松,李雪明,方勇杰. 安全稳定控制装置通用测试仪器 [J]. 电力系统自动化, 2007,(17).
 [8] 王亮,王新宝,高亮,等. 基于故障场景的区域电网安全稳定控制系统测试方法 [J]. 电力系统自动化, 2007,(18).
 [9] 郭琦,韩伟强,贾旭东,等. 广云直流输电工程安稳装置的 RTDS 试验方法研究 [J]. 南方电网技术, 2010,(2).

(责任编辑:刘俊卿)