

基于 CIM 标准的四川省电网图模数集成方法研究

周 剑¹, 张国芳¹, 代宇涵²

(1. 国网四川省电力公司, 四川 成都 610041;

2. 国网四川省电力公司电力科学研究院, 四川 成都 610072)

摘 要: 随着调度自动化主站技术的发展, 分级电网管理并对外网等值的建模方式已经无法满足电力系统分析与计算对大电网、大数据的需求。传统建模方式中, 边界处设备被等值所导致的辖区外电网模型动态特性缺失易导致辖区内电网状态估计与潮流计算的局限性。结合四川电网分布广、区域划分多、模型离散度大等特性, 优化图模数集成方法, 阐述了边界设备智能查询、ID 重构、比对增量入库、模糊匹配等方法实现模型、数据与图形的省地一体化集成^[1]。

关键词: CIME 文件解析; 模型合并; 智能边界查询; ID 重构; 模糊匹配

Abstract: With the development of dispatching automation technology, hierarchical power grid management and external network equivalent modeling method cannot meet the requirements of power system analysis and calculation for large power grids and huge data. In traditional modeling method, there lacks the dynamic characteristics of power grid model of the equipment in the boundary caused by the equivalents, which can easily lead to the limitation of state estimation and power flow calculation. Due to the features of wide distribution, many region partition, large discrete degree of model in Sichuan power grid, the model-data-graph integration method is optimized, and the smart border-searching, ID reconstruction, incremental loading, fuzzy matching and other methods are presented to achieve the model-data-graphic integration.

Key words: CIM file analysis; model merging; smart border-searching; ID reconstruction; fuzzy matching

中图分类号: TM76 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2016)02-0045-04

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2016.02.011

0 引 言

四川电网以行政区域作为依据划分为 21 个地区电网调度, 但是电网规划独立于行政区域划分, 电网电气联系和区域划分并不一致, 地调自动化系统不统一, 导致地调与省调掌握的电网信息难以满足一致性、完整性、可靠性与实时性方面的要求。省地调图模数一体化集成的工作可以整合四川电网省调及各地调调度控制系统模型、图形及电网运行信息, 提供统一模型管理及电网分析计算平台。

传统拼接方式在进行大规模模型合并的过程中面临边界数量巨大, 冗余模型难以切除, 设备命名规范不统一, 实测数据易发生跳变等诸多困难。省地调大规模图模数一体化集成工作在全国范围内实用化程度不高^[2]。此外由于在模型合并过程中需要切除公共建模部分的重复量测点, 缺少量测的厂站

图与潮流图会相应失去使用价值。

针对上述局限性, 提出了基于 CIM 规范的图模数各自新的集成思路, 通过 CIME 模型解析、智能边界查询、ID 重构、字段模糊匹配等多项技术, 解决了模型合并中多系统融合的问题, 提高了模型合并工作的可靠性。这些技术的使用可极大降低模型数据合并对省地两级调度状态估计的冲击, 为调度自动化高级应用提供实时性更高的模型数据以及实用性更强的图形。

1 知识点描述

1.1 电网模型

电网模型通用描述规范 (CIM based efficient model exchange format), 简称 CIME。CIME 是在 IEC 61970-301 电力系统公用数据模型的基础上, 为解决 CIM/XML 方式进行描述时的效率问题而开发的

一种新型高效的电力系统数据描述规范,具有简洁、高效和适用于描述和交换大型电网模型的特点。目前国内大部分调度系统平台都遵循 IEC 61970 标准,支持使用 CIM 描述电网结构,支持 CIM 文件的导入和导出^[3],采用 CIM 规范作为图形与模型标准为四川省地一体化建设的多系统平台融合提供了便捷。

1.2 模型合并

模型合并利用各调度单位调管范围内的电网模型在调度边界处通过拆分、组合,拼接出全网电网模型。各调度不同系统提供的模型文件格式及所包含域必须遵照《CIME 电网物理模型描述与交换规范》,相同设备需使用统一的参数列表,共享区域 ID 编码方式。

2 模型集成关键技术

2.1 一致性建模

四川地调模型拓扑离散度高,孤岛数量多且不同地调建模系统不同,为模型边界维护、图形量测关联带来了巨大困难。基于 CIM 规范的模型与图形文件为模型合并提供了可能性。本方法对不同系统建模提出如下要求: 1) 模型必须包含调度边界设备及连接关系; 2) 模型导电设备参数齐全,满足高级应用软件和调度员培训仿真系统的需要^[4]; 3) 模型拓扑连接正确; 4) 模型中量测对象完整; 5) 模型符合原子性原则,在 CIME 文件中厂站为最小单元,即一个文件中的数据模型是若干个厂站的集合,不能只包含电压等级和设备而没有它们所属的厂站^[4-5]。

2.2 高效模型解析

针对四川电网模型规模大、电厂数量多等特点,模型切除与合并耗时较长,成为为分级电网数模图同步的瓶颈。解决大批量文件处理的效率问题是模型合并关键技术之一。因此需要根据 CIME 文件的特点,采用共享内存高速索引技术,研究 CIME 文件的专用解析器。所提出的 CIME 解析工具从两个方面成功地解决了效率问题: 1) 利用共享内存技术成功避免了大量的 I/O^[6]; 2) 采用快速排序与检索算法提高了共享内存中海量数据的检索效率。该 CIME 文件工具作为模型合并的基础,为后续的所有操作共享内存。

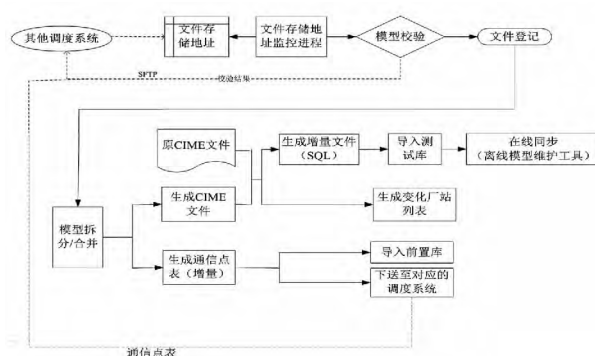


图 1 模型合并架构

3 图模数集成创新性

3.1 模型校验与共享

在进行合并之前需要检测参与合并的子模型拓扑及参数是否符合 CIM 规范。因为子模型存在跨系统偏差,除对拓扑连接进行校验外,还需针对模型参数格式、设备及关联量测重复等错误提出告警,最大化实现拼接后模型的相容性与可靠性。实用过程中难以保证子模型的独立性,因为跨系统导出的子模型存在设备 ID 与命名重复等潜在缺陷^[7-8],所提方法遵从唯一性原则对设备与量测 ID 重构,将不同系统的建模进行结构调整,最终通过高速内存实现设备与拓扑共享。

3.2 智能边界查询

古典的模型合并方式是: 1 + 1 类型的简单模型合并^[9],即每次实现本级调度与下级一个调度进行模型合并。提出基于 1 + n 的多系统模型合并新方案,实现本级调度和 n 个下级调度模型的同时合并,即在参与拼接的模型中两模型间设置边界,提高低电压等级模型的准确性和及时性。同时可以将上述两种模式合成,形成 1 + 1 + n 模式的模型合并,即实现网调、省调、地调的 3 级电网调度模型的一体化建模。

传统模型合并方式选择线路或者隔离开关作为边界,将会带来以下问题: 1) 边界设备不具备唯一性且缺乏一致性规律,难以实现智能检索; 2) 边界处出线多,边界维护量大,边界处拓扑变化频繁,手动维护繁琐。针对四川省模型划分区域多,边界拓扑复杂等情况,提出新的设备边界设置规则: 以 220 kV 厂站主变压器高压侧绕组作为边界,220 kV 母线及所有间隔由参与拼接的省调维护,110 kV 母线

及所有间隔由参与拼接的地调维护,如图 2 所示。

由于 220 kV 厂站数量相对较少,省、地对边界设备(高压侧绕组)以及边界内侧设备(主变压器)有统一的命名规范。通过 CIME 文件中的电压等级筛选出 220 kV 厂站作为边界厂站,再利用统一的主变压器命名字段进行模糊匹配,从而产生边界列表以及边界内侧设备列表,实现智能化模型边界查找与维护。

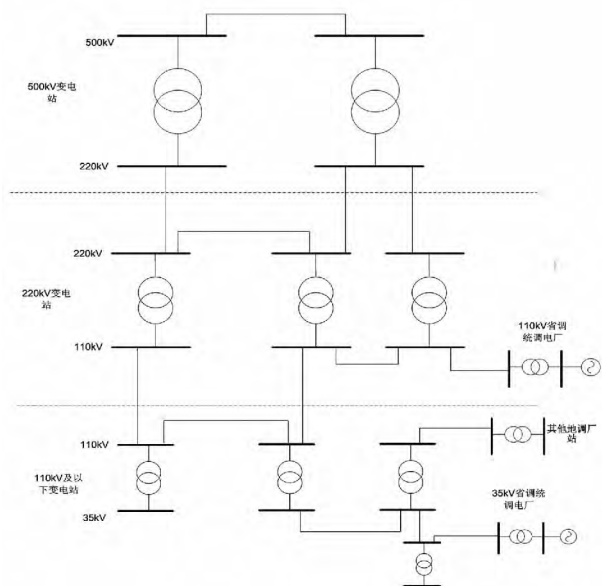


图 2 模型边界划分

3.3 高效模型同步

在大规模模型合并过程中,不同系统导出生成的全模型节点多,遥信遥测数据量巨大,模型更新与系统实时同步难以得到保障^[10]。所提方法对数据库结构分层,采用增量对比的方法将模型同步时间由数小时级别缩短至数分钟级别。

数据同步是实时数据集成管理的基础,在传统模型合并过程中,全模型与子模型间通过通信链路全点表来实现数据交换^[11-12],如果子模型发生增删或修改,通信链路中与之对应的点表会产生错位。点表错位与重新导入过程中导致的量测跳变容易导致高级应用的错误决策。所提方法对通信链路点号进行排序,通过增量点表导入,确保模型变更引起的点表差异最小化。对于庞大模型包含量测数量超过跨系统限制值——10 000 条的情况,通过链路拆分与自动排序使得点表规模小于最大限制,也将每次点表变化量控制在 100 条以内。所提方法已确保在线系统实时数据刷新频率 1 Hz 时实测数据不发生跳变。采集装置的采集频率提高后,可进一步满足

毫秒级采样^[13-14]的需求。

3.4 多系统图形匹配

模型合并需要图形匹配来提高其可视性与直观性。模型合并过程中对边界处重复建模进行切除,边界厂站图(或潮流图)因为缺少对应量测成为残缺图。由于合并边界处被切除的设备与所保留的内侧设备来自不同地调系统平台,设备 ID 在合并过程中需进行唯一性处理并进行转换。通过对设备命名与量测模糊匹配形成切除设备 ID 对照表,将量测 ID 编码进行重构,完善量测关联度。借助合理的模糊匹配规则,确保被部分切除量测厂站图(或潮流图)的完整性。

4 运行测试

前面介绍的图模数集成方法在四川省地一体化平台使用,形成图模数一体化的模型中心。一体化模型中心现已常态化对省调在内的 22 个子模型进行模型拼接,智能维护边界超过 600 条,全模型包含 10~500 kV 四川省电网一次模型。图形匹配后可以完整调阅全网厂站图及潮流图。单次模型拓扑切除与拼接可 20 min 内自动完成,子模型间全通信链路更新时长控制在 1 h 内,为模型中心提供完整拓扑与可靠数据的同时,极大提高了模型合并与数据同步的效率。

5 结 论

所提出的 CIME 模型解析、智能边界查找、ID 重构、模糊匹配等方法为四川省地一体化模型中心建设提供了高效同步的图模数集成途径。优化后高效的模型合并技术、数据采集通道与图形匹配功能,为调度系统的横向协同、纵向贯通带来便捷。实用化与常态化的图模数集成与同步为提高互联大电网的在线监控、动态和静态安全稳定分析水平提供信息基础和技术支撑。

参考文献

- [1] 钱锋,唐国庆,顾全.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.
- [2] 钱锋,唐国庆,顾全.基于 CIM 标准和 SVG 的分散式图模合并[J].电力系统自动化,2007,31(5):84-89.

- [3] 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.
- [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] 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.
- [6] IEC 61970,Energy Management System Application Program Interface (EMS-API) Part 1: Guidelines and General Requirements[S].2003.
- [7] IEC,CPSM Minimum Data Requirements in Terms of the EPRI CIM[S].2004.
- [8] 孙宏斌,李鹏,李矛,等.中国南方电网在线分布式建模系统研究与设计[J].电力系统自动化,2007,31(10):82-86.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 邹根华,黄伟,姚诸香,等.考虑外网等值的江西电网模型拼接实现方法研究[J].电力系统保护与控制,2009,37(13):94-97.
- (收稿日期:2015-10-12)

(上接第 40 页)

4 结 论

快速定位故障线路位置及时解决单相接地引起的配电系统故障是目前急需研究解决的主要问题之一。针对小电流接地时,由于电流非常微弱并且配电网出现分支非常多,难以进行定位这一问题,使用卷积小波包能量矩对发生单相接地故障时的稳态和暂态特征进行提取,再使用 BP 神经网络建立接地故障定位模型。为提高 BP 神经网络效率,避免陷入局部最小值,使用通过混合编码方式改进的遗传算法对 BP 神经网络进行优化。最后通过实验对一种配电系统模型的单相接地故障定位进行实验研究,结果表明,针对该系统所研究方法的故障定位平均相对误差比传统 BP 神经网络算法建立的故障定位的平均相对误差降低了 1.89%,具有较好的定位性能和较高的效率。

说明所研究方法的定位性能要明显优于常规 BP 神经网络模型,对于 BP 神经网络的结构、权值以及阈值,所提出的改进型遗传算法进行了较好的优化,有效避免 BP 神经网络对结构参数盲目选择带来的问题等。

参考文献

- [1] 高殿滢,王开宇,刘佳鑫,等.小电流接地系统谐振过电压的原因分析及防治措施[J].东北电力技术,2014,35(12):47-50.
- [2] 高殿滢,李胜川,刘佳鑫.一起 500kV 线路电压异常现象的事故分析处理[J].东北电力技术,2015,36(1):1-5.
- [3] 张大宁,刘冉,蔡静,等.变电站接地网缺陷诊断系统[J].东北电力技术,2014,35(2):54-57.
- [4] 金英.城市电网 35 kV 系统单相接地故障分析[J].东北电力技术,2013(2):32-36.
- [5] 周永勇,周涓,杨柱石,等.采用 CWP-EM 和 IPSO-WNN 的配电网单相接地故障定位[J].高电压技术,2010,36(4):873-877.
- [6] 郭三中.基于小波神经网络的配电网故障定位研究[J].自动化应用,2010(12):27-30.
- [7] 惠学军.基于小波神经网络的小电流接地系统单相接地故障定位研究[D].南京:河海大学,2002.
- [8] 李振然,贾旭彩,李滨.基于小波变换与 BP 神经网络相结合的配电网单相接地故障定位方法[J].继电器,2004(9):24-26.
- [9] 黄琼.基于小波神经网络的配电网单相接地故障定位研究[D].南昌:南昌大学,2013.
- [10] 杨柱石,周涓,卢毅,等.基于 IMF-EM 和 IPSO-WNN 的配电网单相接地故障定位[C].重庆市电机工程学会 2010 年学术会议论文集,2010.
- [11] 张钧.配电网智能故障诊断与谐波源定位研究[D].成都:西南交通大学,2012.
- [12] 唐金锐.电力线路在线巡视监测及故障精确定位的定位研究[D].武汉:华中科技大学,2014.
- [13] 彭基伟,吕文华,行鸿彦,等.基于改进 GA-BP 神经网络的湿度传感器的温度补偿[J].仪器仪表学报,2013(1):153-160.
- [14] 温文.基于改进 BP 神经网络的产品质量合格率预测研究[D].广州:华南理工大学,2014.
- [15] 曹步清.基于 GA 进化 BP 神经网络的货币识别研究[D].长沙:中南大学,2007.
- [16] 董升伟.基于改进 BP 神经网络的轨道交通短时客流预测方法研究[D].北京:北京交通大学,2013.

作者简介:

朱雁斌(1985),工程师,从事电力系统变电、配电生产技术管理工作。

(收稿日期:2015-11-26)