

基于 CIM/E 交互的省地 EMS 异构系统 状态估计设计与实现

伍凌云¹, 王民昆¹, 李强², 徐杰²

(1. 四川省电力公司调度中心, 四川 成都 610041; 2. 中国电力科学研究院, 北京 100192)

摘要: 为推进“大运行”调度技术支持体系建设, 探索建立适应大运行调度一体化及调控一体化的系统运行指标考核体系, 实现精益化运行管理与考核成为保障调度技术支持系统安全可靠运行的重要工作内容。通过基于 IEC 61970 标准的 CIM/E 电网模型数据交互, 在异构系统上实现省调对地调能量管理系统(EMS) 状态估计计算, 对于加强地调调度技术支持系统的运行管理和省地系统间的纵向互联计算都是有益尝试。

关键词: CIM/E; 状态估计; 调度技术支持系统

Abstract: In order to advance the construction of dispatching technical supporting system for "Large-scale Operation", establishing the operation index assessment system which is suitable for dispatching integration and dispatching & control integration of large-scale operation, and realizing the refinement operation management and assessment are the important contents to guarantee the safe and reliable operation of dispatching technical supporting system. Through CIM/E data interchange of grid model based on IEC 61970, the realization of state estimation calculated by provincial dispatching center for energy management system (EMS) of regional dispatching center in heterogeneous system will be a good try for the reinforcement in operation management of regional dispatching technical supporting system and the interaction between provincial and regional dispatching centers.

Key words: CIM/E interchange standard; state estimation; operation supporting system

中图分类号: TM734 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2012)05-0001-03

0 引言

为贯彻落实国网公司“三集五大”工作部署, 按照“大运行”体系建设的总体要求, 目前四川省电力公司调度中心正在全面推进各地调调度技术支持系统应用软件功能的建设和实用化工作。在保证实现调控一体化和地县一体化功能的基础上, 建设和完善调度技术支持系统各项应用软件功能, 持续提升应用功能实用化水平, 逐步推动调控运行向智能分析型转变。大运行对自动化系统运行管理提出很高要求, 系统运行维护安全责任大大增加, “调控一体化、地县一体化”的调度技术支持系统投运后, 地区电网调度生产、设备监视和远方控制严重依赖于自动化系统的安全稳定运行, 对系统功能稳定性和数据准确性提出了更加苛刻的要求, 自动化系统运行维护的安全责任和压力空前巨大。探索建立适应大运行调度一体化及调控一体化的系统运行指标考核

体系, 实现精益化运行管理与考核成为保障调度技术支持系统安全可靠运行的重要工作内容。

在保障自动化系统安全可靠运行的前提下, 保障电网运行基础数据的正确可靠是调控一体化及调度一体化业务技术支持平台实现的基础条件。而状态估计计算(state estimator, SE) 结果是调度一体化业务应用的基础数据来源, 提高状态估计合格率指标是保障调度一体化功能可靠运行的基础。这里采用自动化最新技术标准, 通过基础 IEC 61970 标准的 CIM/E 电网模型数据交互, 以松耦合的方式在异构系统上实现省调对地调 EMS 系统状态估计计算。

1 CIM/E 封装状态估计计算数据实现原理

1.1 状态估计数学描述^[1]

状态估计是能量管理系统(energy management system, EMS) 高级应用的基本功能, 其量的测量主要来自于 SCADA 的实时数据, 量测不足之处使用

预报和计划型的伪量测,另外还有一部分根据基尔霍夫定律得到的伪量测是必须使用的。

量测方程为

$$z = h(x) + v \tag{1}$$

状态估计的目标函数为

$$J(x) = [z - h(x)]^T R^{-1} [z - h(x)] \tag{2}$$

即在给定量测向量 z 之后,状态估计向量 x 是使目标函数 $J(x)$ 达到最小的 x 的值。式中 R^{-1} 表示量测权重(采用量测方差的倒数),式(2)的含意是量测量加权残差平方和为最小。

维数较少的系统状态估计可直接采用基本加权最小二乘法求解,但实际系统状态量多,需用内存量大计算时间长,这里采用快速分解模型,将量测量分解为有功和无功两类,即

$$z = \begin{bmatrix} z_a \\ z_r \end{bmatrix} \tag{3}$$

将状态量 x 也分解为电压相角 θ 和幅值 v 两类,即

$$x = \begin{bmatrix} \theta \\ v \end{bmatrix} \tag{4}$$

同样将量测方程 $h(x)$ 分解为两类,即

$$h(x) = \begin{bmatrix} h_a(\theta, v) \\ h_r(\theta, v) \end{bmatrix} \tag{5}$$

在基本加权最小二乘法状态估计的修正方程(3)和(4)的雅可比矩阵 H 中引入以下两项假设。

$$\frac{\partial h_a}{\partial v} \approx 0 \text{ 和 } \frac{\partial h_r}{\partial \theta} \approx 0 \tag{6}$$

$$\sin\theta_{ij} \approx 0, \cos\theta_{ij} \approx 1 \text{ 和 } V_i \approx V_j \approx V_b \tag{7}$$

可以得到快速分解法状态估计的修正方程为

$$A \Delta A \theta(l) = a(l) \tag{8}$$

$$B \Delta V(l) = b(l) \tag{9}$$

式中, A 为 $(n_a \times n_a)$ 有功常数对称矩阵; B 为 $(n_r \times n_r)$ 无功常数对称矩阵; a 为 n_a 维有功自由向量; b 为 n_r 维无功自由向量。

$$A = V_0^4 [(-B_a)^T R_a^{-1} (-B_a)] \tag{10}$$

$$B = V_0^2 [(-B_r)^T R_r^{-1} (-B_r)] \tag{11}$$

$$a^{(l)} = V_0^2 [(-B_a)^T R_a^{-1} (Z_a - h_a) V^{(l)}, \theta^{(l)}] \tag{12}$$

$$b^{(l)} = V_0^2 [(-B_r)^T R_r^{-1} (Z_r - h_r) V^{(l)}, \theta^{(l)}] \tag{13}$$

1.2 基于 CIM/E 的 SE 计算数据交互

由状态估计最小二乘法的模型得知,要想得到完整的状态估计运行结果,有一些数据是必须事先得到的,例如系统的节点信息、支路信息等电网模型

数据,采集的实时数据信息,包括有功注入、无功注入等^[8-10]。一般情况下状态估计与 SCADA 在同一 EMS 系统中实现,计算需要完成以下功能:首先,定义电网模型及实时数据的输入输出接口,实现输入输出功能。电网模型包含了系统中所有的设备对象、量测对象等和状态估计计算相关的电网信息。其次,按导入的电网模型中定义的网络元件互连关系和当前的开关刀闸状态判别电网实时接线方式,进行网络拓扑。最后,根据已知的系统量测信息,导入电网模型信息以及网络拓扑后的系统状态,进行状态估计计算并输出结果。目前省调 EMS 系统中没有对地调管辖电网设备进行建模,也未实时采集地区电网运行数据,要在省调 EMS 系统中实现对地调的状态估计计算,必须实现省地 EMS 系统模型和电网运行数据交互。但省调与各地调现未采用基于同一平台的 EMS 系统,系统应用的互联受到限制。

在近年来中国智能电网调度技术支持系统建设过程中,各级调度中心基础数据和模型参数的“源端维护、全网共享”是系统建设需要解决的重要关键技术之一,也是智能电网调度技术支持系统建设运行的重要基础工作。为此,国调中心制定基于 CIM/E 语言的模型交互方案。此方案的基础是 IEC 61970/IEC 61968 标准^[3,4]。通用信息模型(common information model, CIM)是 IEC 61970 的核心部分,定义了电力企业应用集成中涉及到的公用类、属性、关系等。其中,公用类(class)是抽象的,可以扩展到许多应用,可定义信息交换模型^[5-7]。

CIM/E 文件主要包含电网模型描述、模型导出时刻的电网数据断面、设备命名规范、模型与通信索引表、与模型匹配的单线图等信息,文件格式简洁易于程序解析,因此这里将其作为省、地两级调度之间的模型和数据交换文件。在地调 EMS 中提供本地模型到 CIM 模型的映射,根据程序内部数据库的结构和内容,按照 CIM 数据模型的结构,转化为 CIM 对象,生成 CIM/E 文本文件并输出,通过调度数据网准实时传输至省调,省调读入 CIM/E 文件解析并将其转换为内部程序所需格式,经过网络拓扑分析和运行数据预处理后就可以得到电网结点模型和实时数据进行状态估计计算。

2 技术实施方案

省、地调之间用 CIME 进行模型和运行数据的

交换。省调侧依据各地调模型和数据分别进行状态估计计算,计算结果和统计信息分别写入实时数据库和商用数据库,并提供界面展示和查询。

2.1 电网模型和运行数据交换

在省调侧部署专用数据接口服务器,存放模型文件和运行数据文件。地调侧使用状态估计应用下的电网模型生成 CIM/E 格式的模型文件,模型文件中包含 scada 数据断面,上传至省调指定路径。省调侧状态估计应用周期读取解析 CIM/E 文件进行状态估计计算。考虑到多个地调模型/数据文件同时上传,同时启动状态估计计算,计算程序设计采用并行计算技术。

基于 CIM/E 模型数据交换和并行技术的状态估计软件设计框图如图 1 所示。

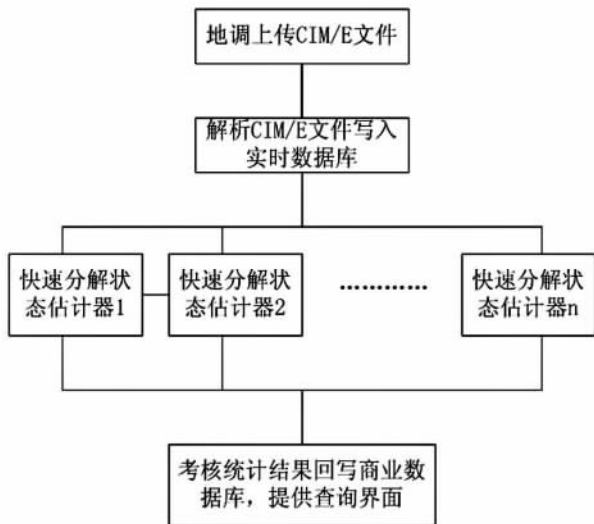


图 1 状态估计软件设计框图

2.2 模型数据要求及校验

地调电网模型和准实时数据均使用 CIM/E 文件。地调建模应保证系统完整性(电源、网络、负荷)。对外网和未采集厂站模型做等值处理,如将外网厂站等值成发电机组或负荷(如受电线路建议增加等值发电机,送电线路建议增加等值负荷),无实时量测数据的用户变等值成负荷模型。CIM/E 文件中应包含模型和 scada 断面数据,模型与断面数据应相互匹配。

省调对地调模型和准实时数据进行量测预校验,主要包含模型正确性校验和准实时数据预检测。模型正确性校验包含(模型校验及错误信息总览、设备空挂/单端悬空及设备信息属性错误信息);准实时数据预检测包含可观测性校验、厂站平衡校验、

母线平衡校验、线路两端量测冲突等,校验信息提供界面展示。模型/数据交换方式及相关接口。

地调侧电网模型发生变更时,应及时主动请求省调侧对新模型进行校验。模型校验结果通过界面展示,校验包含连接点错误、参数不完整、设备空挂等信息。模型校验程序同时将模型更新时间写入历史库,提供界面查询。

2.3 状态估计计算

省调侧状态估计应用通过常驻进程周期启动计算,计算周期应不小于地调模型和数据上传周期。状态估计先 CIM/E 文件内容的写入省调 EMS 实时数据库,同时读入到内存库中进行状态估计计算。状态估计主要包含网络拓扑分析、量测系统分析、量测预校验功能、状态估计计算、不良数据检测与辨识。状态估计计算程序框图如图 2 所示。

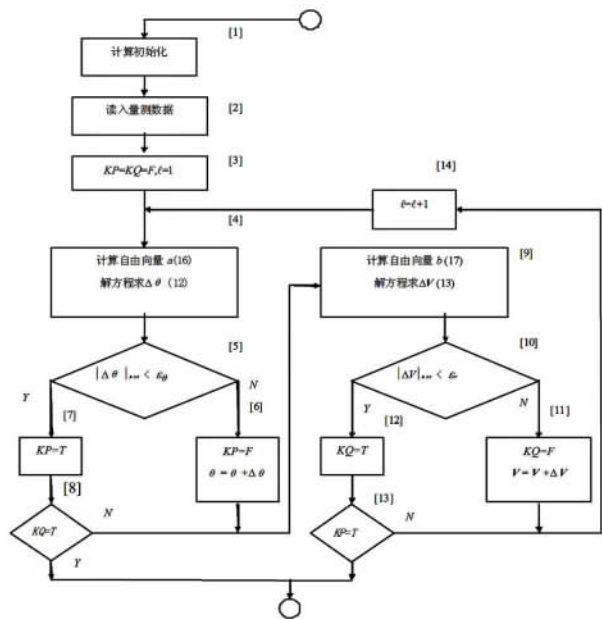


图 2 状态估计框图

3 系统配置方案

硬件根据计算量(21 个地调 15 分钟频率 SE 计算)需求配置 3 台专用 SE 计算服务器,以满足于 21 个地调准实时数据并列计算。服务器配置在安全 I 区,计算结果统计信息传输至 III 区通过 OMS 系统发布。

状态估计是基于智能电网调度技术支持系统中的网络分析应用,应接受平台统一管理。省调侧对 21 个地调模型和数据同时进行状态估计计算,因此

(下转第 94 页)

研磨,磨完后的球面过渡圆滑。

(7) 内六方螺栓不得上得太紧,防止耐油橡胶垫圈(件6)被压得没有弹性,耐油橡胶垫圈(件6)在每次大修时需更换。

通过以上改造,可倾垫铁第一次研刮合格,以后大修就无需研刮垫铁,只调整内部垫片,从100~1 000 MW 汽轮机中心调整仅2天即可完成,机组提前发电,能够创造可观利润。

(上接第3页)

需要对每台服务器上的应用进行合理分布。人机界面只展示应用主节点上的数据,因此需给21个地调状态估计分配21个不同的应用。采用小应用的模式,每个状态估计小应用相当于状态估计大应用的一个映射,拥有同样的数据库结构,不同的小应用可布置在不同服务器上,因此可以满足21个状态估计计算的需求。各个小应用集成一套人机界面,通过切换应用来查看不同地调的SE计算结果数据。

4 结 语

推进调度技术支持系统的精细化运行管理工作,以系统状态估计遥测合格率运行指标为着手点监督考核系统运行情况,对有效提升调度一体化功能应用水平提供了基础保障。充分利用了CIM/E电网通用模型交互规范,在省地EMS系统异构条件下,在省调侧实现各地调系统电网数据的状态估计准实时计算,是对加强地调调度技术支持系统的运行管理的有益尝试,同时也为探索建立适应大运行调度一体化及调控一体化的系统运行指标考核体系,实现精益化运行管理与考核提供了可行方案。

参考文献

[1] 于尔铿,相年德,王世纛,等. 电力系统状态估计[M]. 北京:水利电力出版社,1985.

[2] 于尔铿,刘广一,周京阳. 能量管理系统(EMS)[M]. 北京:科学出版社,1998.

[3] IEC 61970-301 Energy Management System Application Program Interface (EMS-API): Part 301 Common Information Model(CIM) Base[S]. 2004.

参考文献

[1] 郭延秋. 汽轮机分册/大型火电机组检修实用技术丛书[M]. 北京:中国电力出版社,2003.

[2] 马艳,卜丽,孙长江. 汽轮机设备检修[M]. 北京:中国电力出版社,1997.

[3] 常威武,霍如恒. 汽轮机本体检修实用技术[M]. 北京:中国电力出版社,2004.

(收稿日期:2012-04-01)

[4] IEC 61970-452 Energy Management System Application Program Interface (EMS-API): Part 452 CIM Network Applications Model Exchange Specification, DR3[S]. 2006.

[5] 谢善益,梁成辉,高新华. CIM/CIS互操作细则在多级电网调度中的应用[J]. 电力系统自动化,2009,33(1):103-107.

[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.

[7] 孙宏斌,吴文传,张伯明,等. IEC 61970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.

[8] 许凯宁,程新功,刘新锋,等. 基于CIM设计的电力系统状态估计模型[J]. 电力系统保护与控制,2009,37(24):124-127.

[9] 兰华,李积捷. 电力系统状态估计算法的研究现状和展望[J]. 继电器,2007,35(10):78-82.

[10] 李盟,秦立军,郭庆,等. 基于CIM模型的电网拓扑分析[J]. 电力科学与工程,2011,27(9):18-22.

作者简介:

伍凌云(1976),男,博士,研究方向为电力系统分析,现就职于四川省电力公司调度中心;

王民昆(1973),男,高级工程师,研究方向为电力调度自动化技术,现就职于四川省电力公司调度中心;

李强(1966),男,博士,高级工程师,研究方向为电力系统分析,现就职于中国电力科学院电力自动化所;

徐杰(1986),男,硕士研究生,工程师,研究方向为电力系统网络分析,现就职于中国电力科学院电力自动化所。

(收稿日期:2012-05-22)