

DOI: 10.7667/PSPC150620

基于 CIM/E 的电网调度系统数据质量优化方法

丁盛舟¹, 李永光², 杜鹏¹, 孟鑫¹, 温昭琦¹, 王鑫¹

(1. 北京科东电力控制系统有限责任公司, 北京 100085; 2. 新疆电力调度中心、新疆 乌鲁木齐 830002)

摘要: 针对电力数据采集与监视控制系统(Supervisory Control And Data Acquisition, SCADA)主站系统与变电站部分不良数据等数据质量问题, 在分析现有电网调度系统数据质量的基础上, 提出了一种用于提升电网调度系统数据质量的方法。该方法通过使用基于公共信息模型(Common Information Model, CIM)的高速模型交换格式 CIM/E 文本为载体的不同系统间的数据校验技术, 采用改进的多源数据筛选较优质量数据的手段, 以及根据主站状态估计对现场数据进行反馈的方法, 提高了电网调度系统的整体数据质量。对比过去仅仅使用人工远程对点的方法, 新的数据质量优化方式不仅提升了数据核对的自动化程度, 而且节省了电力 SCADA 主站系统维护时间, 同时减少主站系统与变电站部分不良数据的产生, 整体数据质量优于从前。实践证明, 这种提升电网调度系统数据质量的优化方法可以有效地提升电网调度系统的数据质量, 从而保证电网调度系统安全、可靠的运行。

关键词: CIM/E; 数据质量; 多源数据; 数据核对; 状态估计

Data quality optimization method of power grid scheduling system based on CIM/E

DING Shengzhou¹, LI Yongguang², DU Peng¹, MENG Xin¹, WEN Zhaoqi¹, WANG Xin¹

(1. Beijing Kedong Power Control System Co., Ltd., Beijing 100085, China;

2. Xinjiang Electric Power Dispatch Center, Urumqi 830002, China)

Abstract: To solve the increasingly prominent data quality problems about part of bad data in master station and substation in power SCADA system etc., a method for improving the data quality of power grid scheduling system is presented based on analyzing the current data quality in power grid scheduling system. This method obtains the data with optimal quality by utilizing advanced multi-source screening method and data verification technology between different systems applying the CIM/E based on CIM text as carrier and feedback data in substation according to state estimate in master station, improving the overall data quality in power grid scheduling system. New data quality optimization method, comparing with previous artificial remote comparing way, not only improves the degree of automation in data verification to save maintenance time in master station of power grid SCADA system, but also reduces bad data in master station and substation, so overall data quality is better than ever before. Practice has proved that the data quality optimization technology based on CIM/E in power grid scheduling system can effectively improve the data quality in power grid scheduling system, so it could ensure the power grid scheduling system run safely and stably.

This work is supported by National High-tech R & D Program of China (863 Program) (No. 2011AA05A118).

Key words: CIM/E; data quality; multi-source data; data verification; state estimation

0 引言

电力系统状态估计是电力系统调度中心能量管理系统(Energy Management System, EMS)的重要组成部分, 其功能是根据电力系统的各种量测信息^[1-2],

估计出电力系统当前的运行状态, 并协助发现和修正系统内不良数据。其结果会影响到电网调度的智能化分析与决策, 而变电站设备传输的数据更是状态估计的决策依据^[3-5]。电网调度系统中存在各类数据的信息交互, 变电站为主站系统提供所需的数据, 这些数据的全面性、完整性是实现智能电网的信息基础^[6-7]。但现有的电网调度系统数据质量并不高,

基金项目: 国家 863 高技术基金项目 (2011AA05A118)

其原因包括:

1) 变电站现场智能设备出现故障, 造成电网调度系统采集的现场数据缺失或偏离正常值;

2) 当前电网调度系统中双方通信所需的数据点表需要人工生成, 点表分别独立维护时, 可能出现主站系统和变电站间数据同步不及时;

3) 在变电站与主站系统间采用多数据源通道采集筛选出的当前源数据的方式不一定可靠, 没有将更准确的数据发送给 SCADA 和其他应用;

4) 主站系统对各类量测数据进行状态估计, 但统计状态估计合格率, 仅仅作为考核指标, 并没有实际对变电站现场设备数据进行反馈纠正。

针对电网调度系统数据质量不高的情况, 已有一些不良数据识别校验的方法, 如分时段设定阈值判别法、数据横向对比法、数据纵向对比法、置信区间估计法、多数据来源校验、基于数据间关联关系的校验等^[8-9], 在一定程度上提升了电网调度系统的数据质量。

本文通过参考现有电网调度系统功能特点和 CIM/E 技术^[10-16], 提出一套电网调度系统的数据质量优化方法, 实现主站系统和变电站的自动化数据核对, 使电网调度人员从繁琐的数据核对校验工作中解放出来, 进而能够从全局角度监控和决策电网的运行情况。该方法相比较其他提升电网调度系统数据质量的方法, 具有闭环反馈、多源优选、规范定义、效率高等特点。保证了数据的正确性和一致性^[17-19], 提高了整体数据质量, 具有十分重要的现实意义。

文中首先分析了电网调度系统数据质量的现状, 提出方案的总体架构和工作流程, 然后研究了基于 CIM/E 的数据核对技术、改进的多源数据优选技术和基于状态估计结果的数据反馈技术这三项关键技术, 接着展示了方案的实际应用情况, 最后对全文进行总结并展望。

1 电网调度系统数据质量优化方案研究

1.1 电网调度系统数据质量优化总体架构

本文研究电网调度系统基于 CIM/E 的数据核对技术、改进的多源数据优选技术和基于状态估计结果的数据反馈技术, 提出适用于主站系统和变电站之间进行远程数据核对的方法, 在可靠性、效率、易用性等方面提升了整体数据的正确性、一致性以及电网调度自动化程度。

电网调度系统数据质量优化从纵向上分成主站系统和变电站两个层次, 两套系统之间通过以太网进行规约通信, 实现系统间的数据传输与反馈。从

横向上分为多源数据采集优选、数据点 CIM/E 文件校验比对、状态估计结果反馈三个功能, 为数据质量优化提供有效手段。

电网调度系统数据质量优化总体架构如图 1 所示。

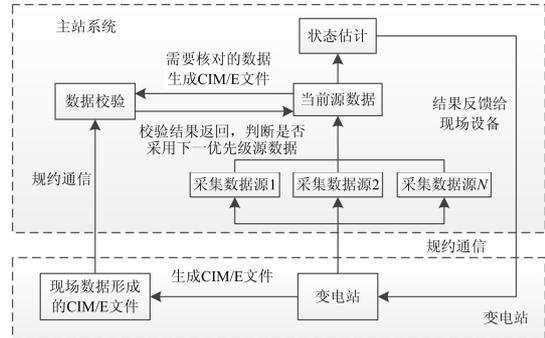


图 1 电网调度系统数据质量优化总体架构

Fig. 1 Overall architecture of data quality optimization in power grid scheduling system

图 1 中上部虚线框内为主站系统, 下部虚线框内为变电站系统, 左侧部分从下至上分别为现场数据形成的 CIM/E 文件和主站提供的数据校验服务, 中间部分从下至上分别为变电站、主站多个数据采集源、当前源数据和系统状态估计, 右侧部分为主站系统状态估计的结果反馈给变电站现场设备。

1.2 电网调度系统数据质量优化工作流程

电网调度系统数据质量优化方案中的工作流程如下:

(1) 主站系统的采集端将变电站数据通过通信规约从多个通信信道采集上来, 根据自动获取或人工指定的优先级选出当前数据源;

(2) 主站系统生成当前数据源的数据点 CIM/E 文件;

(3) 同时变电站定期生成数据点 CIM/E 文件, 通过通信规约从独立的以太网通信信道发送给主站系统;

(4) 根据主站系统提供的数据校验功能, 主站系统的数据点 CIM/E 文件和变电站的数据点 CIM/E 文件进行分数据类型校验, 并将校验结果反馈给主站系统;

(5) 正常或偏差在设定阈值内的数据送往 SCADA 系统相关应用并进行状态估计, 偏差超过阈值的异常数据可调取下一较低优先级源的同一数据进行再次校验比对;

(6) 状态估计不合格数据反馈给变电站端, 根据反馈信息对现场设备进行调整以保证下次上送数据的正确性。

1.3 数据校验方法的研究

变电站根据现场实际数据形成数据点 CIM/E 文件, 通过规约通信方式发送给远端主站系统, 作为主站系统数据校验的来源和主站系统数据点 CIM/E 文件进行比对校验。数据校验在校验方式上分为两种, 一种是数据横向对比, 即将主站系统数据点 CIM/E 文件与变电站数据点 CIM/E 文件中同一时刻的数据进行对比, 若数据偏差超过设定阈值则将结果反馈给主站系统; 另一种是数据纵向对比, 即将主站系统某一时刻所需要校验的数据与多个时刻的变电站数据点 CIM/E 文件进行对比, 分析趋势发现数据与历史数据有明显偏差且超过设定阈值时将结果反馈给主站系统。

数据校验方式如图 2 所示。

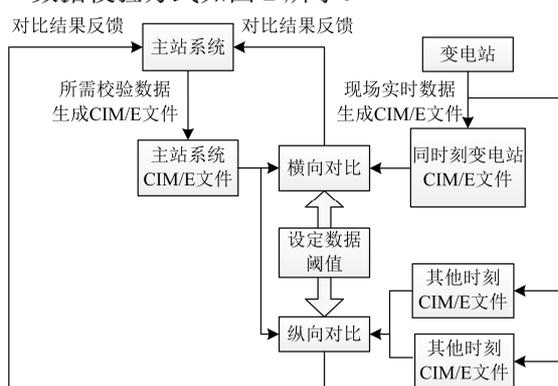


图 2 数据校验方式

Fig. 2 Data verifying method

图 2 中左边部分为主站系统, 包括主站生成的数据点 CIM/E 文件, 右边部分为变电站, 包括变电站生成的不同时间数据点 CIM/E 文件, 中间部分为两套系统间数据点 CIM/E 文件对比的两种方法。

数据校验在数据类型上共分为三种, 分别为遥测数据校验、遥信数据校验和遥控数据校验, 三类数据分别采用三种不同格式的数据点 CIM/E 文件来记录。

2 电网调度系统数据质量优化关键技术研究

2.1 基于 CIM/E 的数据核对技术

在现有文献描述的电网调度系统中采用多种数据核对方式来提升数据质量, 其中基于统计的校验方法采用模型不一致性来定位不良数据点, 包括:

(1) 分时段设定阈值判别法。对不同时间段的数据设定最大、最小阈值, 然后对数据进行筛选, 超过最大阈值和低于最小阈值的数据被判断为不良数据。

(2) 数据横向对比法。不同来源的 CIM/E 文件某一时刻的数据进行对比, 差值超过阈值的数据被

判断为不良数据。

(3) 数据纵向对比法。CIM/E 文件某一时刻数据值与其他时刻数据值进行对比, 差值超过阈值的数据被判断为不良数据。

本文中这三种方法进行了综合采纳, 并采用 CIM/E 格式文件对数据点模型进行了准确定义, 使得数据格式更加标准, 对比校验过程更加高效。

在本套电网调度系统数据质量优化方案中, 主站系统开辟接收变电站传送的数据点 CIM/E 文件服务, 动态实时触发数据对比校验功能, 将主站系统数据点的 CIM/E 文件与变电站数据点的 CIM/E 文件进行数据核对。其中根据类型分成三种, 分别是遥测类型数据校验、遥信类型数据校验和遥控类型数据校验, 三种数据点 CIM/E 文件分别定义了不同的格式。

2.1.1 CIM/E 遥测类型数据校验

遥测类(Analog)数据以模拟量为主, 需要在提供数据模型信息和数据值等信息的同时定义遥测阈值, 作为校验的依据。遥测类数据点 CIM/E 文件具体格式定义如表 1 所示。

表 1 遥测类型 CIM/E 格式定义

Table 1 Format definition of analog type CIM/E

中文名称	英文名称	说明
标识	Key	唯一的标识
中文名	Name	
带路径全名	PathName	区域名.场站名/设备名/遥测类型
设备名	DevName	一次设备英文名
设备标识	DevId	具体设备 id
遥测类型	Type	
遥测阈值	Threshold	
遥测值	Value	

2.1.2 CIM/E 遥信类型数据校验

遥信类(Point)数据以开关量为主, 需要在提供数据模型信息和开合状态等信息。遥信类数据点 CIM/E 文件具体格式定义如表 2 所示。

表 2 遥信类型 CIM/E 格式定义

Table 2 Format definition of point type CIM/E

中文名称	英文名称	说明
标识	Key	唯一的标识
中文名	Name	
带路径全名	PathName	区域名.场站名/设备名/遥信类型
设备名	DevName	一次设备英文名
设备标识	DevId	具体设备 id
遥信类型	Type	
遥信阈值	Threshold	
遥信值	Value	开合状态

2.1.3 CIM/E 遥控类型数据校验

遥控类(Distant Control) 数据以开关量为主, 需要提供数据模型信息和刀闸状态等信息。遥控类数据点 CIM/E 文件具体格式定义如表 3 所示。

表 3 遥控类型 CIM/E 格式定义

Table 3 Format definition of distant control type CIM/E

中文名称	英文名称	说明
标识	Key	唯一的标识
中文名	Name	
带路径全名	PathName	区域名.场站名/设备名/遥控类型
设备名	DevName	一次设备英文名
设备标识	DevId	具体设备 id
遥控类型	Type	
遥控状态	Value	开合刀闸状态

2.2 改进的多源数据优选技术

在现有文献描述的电网调度系统多源数据采集技术中, 对于一个数据可以有多个数据来源, 每个数据源占用独立的通信通道。理想情况下, 多个数据源之间具有相同的数据索引, 即各数据源提供相同的数据服务, 互为备用关系。用户根据通信通道的稳定程度将各数据源划分成不同的优先级。在多个数据源同时稳定运行的情况下, 其中只有一个数据源会提供数据给 SCADA 或其他应用, 称为当前数据源, 其数据作为最优数据。如果当前数据源发生故障, 则系统会从其他可用的数据源当中选取优先级最高的作为新的当前数据源。

但传统的多源数据采集技术也存在一定的问题, 由于自动分配或人工指定的最优先数据源并不一定是最准确的, 当前数据源所使用的通信信道出现非切换数据源类的异常情况时, 可能会造成不良数据的产生。如果将不良数据上送至 SCADA, 势必会影响数据的正确性。

因而本文中在原有多源数据筛选来获取最优数据的方法上进行了改进, 将当前数据源的数据生成 CIM/E 格式的文件, 与变电站通过其他独立通信通道上传的数据点 CIM/E 文件进行校验比对, 并将比对结果反馈给主站系统。如果当前源数据与变电站上送的同一数据偏差超过设定阈值, 则判断该数据为不良数据, 选取下一优先级数据源该数据继续进行校验比对, 直到选出合理数据作为最优先数据点传送给 SCADA 及相关应用。若所有源数据偏差都超过设定阈值, 则判断所有源该数据为不良数据, 指定变电站上送的数据为最优数据传送给 SCADA 及相关应用, 同时发送异常告警提示调度运行人员。

2.3 基于状态估计结果的数据反馈技术

状态估计是根据电力系统的各种量测信息, 估计出电力系统当前运行状态的方法, 一般在电网调度系统的主站端进行。通过采集变电站的远程终端单元(Remote Terminal Unit, RTU)、电力系统同步相量测量装置(Phasor Measurement Unit, PMU)等现场设备量测信息, 并集中到主站系统完成全网拓扑分析和状态估计。

在现有文献描述的电网调度系统状态估计结果使用方法中, 当变电站智能设备、保护装置等出现设备故障或通信故障的情况时, 变电站监控系统和采集端仍然继续进行量测信息的采集工作, 此时会产生不良数据信息。这些信息上传到主站系统, 会对主站状态估计结果造成影响。此时, 主站状态估计对上送的数据进行处理分析并形成状态估计结果, 将数据的异常展示给调度维护人员, 供其做出正确处理。

但仅仅依靠调度维护人员的决策无法从根本上解决系统整体数据质量不高的问题, 而采用本文中的方法, 将状态估计结果中数据异常的设备信息反馈到变电站现场设备端作为参考, 通过修复故障或调整参数等操作, 将不良数据的设备修复正常, 进而保证下一次采集以及状态估计的正确性是十分有效的。状态估计结果对现场设备的反馈并不都是一次成功的, 需要进行多次闭环调整, 最终达到准确正常的结果。

经过主站系统状态估计结果的反馈工作, 变电站设备上送数据的准确度得到了较大的提升, 进而提升了电网调度系统数据的可靠性、准确性, 为整体数据质量的提升提供了有效的手段。

3 工程实例分析

本文所研究成果在部分电力 SCADA 系统试点建设工程中进行了测试验证。通过采用文中的电网调度系统数据质量优化方法, 应用自动化数据校验手段, 有效地提升了电网实时运行数据的整体质量。

根据实际运行测试情况统计, 共完成 22 个场站的数据校核工作, 整体完成率达到100%。从现场核对和检验结果来看, 纠正不正确遥信数据 75 个, 占全部采集遥信总数的 0.025%; 纠正不正确遥测数据 134 个, 占全部采集遥测总数的 0.045%。通过提升数据质量, 状态估计合格率由 92.84%上升到 98.26%, 有了很大程度的提高。

遥测不良数据修正情况如表 4 所示。

表 4 遥测不良数据修正情况
Table 4 Analog bad data correction

分类	修正个数
交流线路量测	62
变压器绕组量测	30
负荷量测	15
发电机量测	12
电容电抗量测	15

遥信不良数据修正情况如表 5 所示。

表 5 遥信不良数据修正情况
Table 5 Point bad data correction

分类	修正个数
交流线路量测	30
变压器绕组量测	14
负荷量测	23
发电机量测	2
电容电抗量测	6

状态估计合格率提升情况如表 6 所示。

表 6 状态估计合格率情况
Table 6 Promotion of qualification rate of state estimation

名称	数值
过去状态估计合格率	92.84%
当前状态估计合格率	98.26%

4 结论

本文通过研究一种提升电网调度系统数据质量优化方法, 实现调度主站系统与变电站之间数据的自动化核对, 极大地减少目前远程人工对点庞大的维护工作量, 解决了主站系统和变电站部分数据不一致的问题, 同时根据状态估计结果对现场设备信息的不断反馈, 有效地提升了电网调度系统整体数据质量。数据质量的优化也为电力 SCADA 系统和其他相关应用提供了有力的支撑, 保障其稳定正确的运行。

系统经过现场实际运行, 验证了该方案是可行和高效的。后续研究可以考虑进一步实现各系统间数据一致和高效率的工程应用, 不断增加各种新类型的数据校验功能, 以及包括其他非数据类信息的比对校验, 来满足调度主站系统和变电站关于数据核对的多方面需求。

参考文献

- [1] 杨德友, 蔡国伟. 基于广域局部量测信息的复杂电力系统自适应低频保护策略研究[J]. 电工技术学报, 2014, 29(10): 266-275.
- [2] 卢志刚, 赵号, 刘雪迎, 等. 基于可靠度与可观度的量测优化配置研究[J]. 电工技术学报, 2014, 29(12): 180-187.
- [3] 黄知超, 谢霞, 王斌. 结合模糊综合评判与决策的电力系统状态估计[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(7): 65-69.
- [4] 黄伟, 庞琳, 曹彬, 等. 基于分区解耦的配电网状态估计的分布式并行计算[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(15): 45-51.
- [5] 周国亮, 朱永利, 王桂兰, 等. 实时大数据处理技术在状态监测领域中的应用[J]. 电工技术学报, 2014, 29(增刊 1): 432-437.
- [6] 雷霆, 朱传柏, 黄太贵, 等. 基于数据平台的调度数据质量辨识方法[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(12): 71-75.
- [7] 葛亮, 张建华, 余斌. 智能变电站数据中心及其应用服务[J]. 电力系统自动化, 2013, 37(24): 54-59.
- [8] 黄慧, 朱齐亮. 智能电网数据质量控制的发展分析与

展望[J]. 科技信息, 2012(7): 92-93.

[9] 梅德冬, 樊瑞, 周斌. IEC 61850 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.

[10] 朱伯通, 程志海, 唐志强, 等. 基于 CIM 模型的智能变电站和调度中心互操作研究[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(10): 93-97.
ZHU Botong, CHENG Zhihai, TANG Zhiqiang, et al. Interoperate research of the intelligent substation and dispatching center based on CIM model[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(10): 93-97.

[11] 马平川, 黄少伟, 陈颖, 等. CIM 数据应用性能提升方法研究[J]. 电力科学与技术学报, 2013, 28(3): 50-56.
MA Pingchuan, HUANG Shaowei, CHEN Ying, et al. CIM data application integrated enhancement and validation method research[J]. Journal of Electric Power Science and Technology, 2013, 28(3): 50-56.

[12] 丁宏恩, 赵家庆, 苏大威, 等. 智能变电站和调控主站的模型按需共享技术[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(22): 73-77.
DING Hongen, ZHAO Jiaqing, SU Dawei, et al. Model sharing technologies on demand between smart substations and control centers[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(22): 73-77.

[13] 辛耀中, 米为民, 蒋国栋, 等. 基于 CIM/E 的电网调度中心应用模型信息共享方案[J]. 电力系统自动化, 2013, 37(8): 1-5.
XIN Yaozhong, MI Weimin, JIANG Guodong, et al. Scheme of application model information sharing between control centers based on CIM/E[J]. Automation of Electric Power Systems, 2013, 37(8): 1-5.

[14] 张龙, 高志远, 姚建国, 等. 通过 CIM/E 语言实现变电站端与调度端模型协调共享[J]. 电力自动化设备, 2013, 33(4): 148-154.
ZHANG Long, GAO Zhiyuan, YAO Jianguo, et al. Coordination between CIM model and IEC61850 model based on CIM/E language[J]. Electric Power Automation Equipment, 2013, 33(4): 148-154.

[15] 李珊, 俞小勇, 高立克, 等. 基于 CIM/XML 电网模型标准的数据监测平台的设计[J]. 广西电网公司电力科学研究院, 2014, 37(1): 9-12.
LI Shan, YU Xiaoyong, GAO Like, et al. Design of data detection platform based on CIM/XML power grid model standard[J]. Guangxi Power Electric Power Research Institute, 2014, 37(1): 9-12.

[16] 高志远, 姚建国, 曹阳, 等. 一种用于表达变电站模型的 CIM/E 扩充方案[J]. 中国电力, 2013, 46(7): 116-120, 125.
GAO Zhiyuan, YAO Jianguo, CAO Yang, et al. An expansion scheme of CIM/E for the expression of substation model[J]. Electric Power, 2013, 46(7): 116-120, 125.

[17] 李贺平, 王倩. 基于电网调度自动化基础数据质量整治的探讨[J]. 河南科技, 2013(11): 98-99.

[18] 李明焯, 许军, 吕冬, 等. 一种用于表达变电站模型的 CIM/E 扩充方案[J]. 电力信息化, 2012, 10(6): 34-38.
LI Mingxuan, XU Jun, LÜ Dong, et al. Research on improving the accuracy of ERP data import using macro and its application[J]. Electric Power Information Technology, 2012, 10(6): 34-38.

[19] 毛鹏, 李颖, 李健, 等. 遵从 OSI 体系的 CIM 数据一致性测试框架研究[J]. 电工电能新技术, 2013, 32(2): 68-71.
MAO Peng, LI Ying, LI Jian, et al. Research on framework of CIM conformance test based on OSI architecture[J]. Advanced Technology of Electrical Engineering and Energy, 2013, 32(2): 68-71.

收稿日期: 2015-04-14; 修回日期: 2015-05-05

作者简介:

丁盛舟(1989-), 男, 本科, 工程师, 研究方向为电力系统自动化。E-mail: dingshengzhou@sina.com

(编辑 周金梅)