

基于多数据源校验的电网 EMS 数据质量 在线监控方法及其实现

黄彦¹, 黄劼¹, 陈凌¹, 杨欢红², 刘书洲², 解东²

(1. 国网福建省电力有限公司福州供电公司, 福建 福州 350009; 2. 上海电力学院, 上海 200090)

摘要: 为了解决智能电网 EMS 系统因通信通道或设备误发、丢失以及延迟发送数据等原因而导致的数据通信故障, 提出了一种基于多数据源校验的电网 EMS 数据质量在线监控方法。设计了一体化信息平台, 采用通信监听技术, 对来自不同数据源的同一个量测值进行比对, 发现可能存在的数据质量故障, 并对故障点进行诊断。借助一体化信息平台分布式架构特点, 避免了传统集中式数据比对导致的效率低的问题。实际部署应用表明, 基于分布式架构的多数据源比对平台, 为电网 EMS 系统数据质量控制与快速故障诊断提供了一种自动校验的技术手段和方法, 也为生产调度人员提供了一款功能强大的平台化分析诊断工具。

关键词: 电网 EMS 系统; 数据质量监控; 多数据源校验; 分布式架构

Research of EMS data quality control based on multiple data source calibration

HUANG Yan¹, HUANG Jie¹, CHEN Ling¹, YANG Huanhong², LIU Shuzhou², XIE Dong²

(1. Fuzhou Power Supply Company, State Grid Fujian Electric Power Co., Ltd, Fuzhou 350009, China;

2. Shanghai University of Electric Power, Shanghai 200090, China)

Abstract: In order to monitor and diagnose the data quality problem due to communication failure, misinformation from intelligent electric device and data transmission delay of EMS, a kind of EMS data quality control and online monitoring method based on multiple data source calibration is proposed. An integrated information integration platform is designed, and traffic sniffer and decoding methods are adopted to obtain data from multiple source, the alarm and diagnosis procedures for different types of measurements are implemented for data quality monitoring and control. All those applications are integrated into the distributed system architecture, and compared to traditional concentrated system architecture, system efficiency is improved. Application shows that the system not only provides the techniques for automatically checking for data quality control and fault diagnosis, but also supplies a powerful platform for EMS maintenance.

Key words: EMS; data quality control; multiple data source calibration; distributed system architecture

0 引言

当前, 随着智能电网结构日趋复杂, 电网容量不断扩大, 需要实时传送的数据量和存储的信息量成倍增多。由于这些数据固有的分散性、异构性、可读性以及不一致性, 促使人们对电网自动化运行系统的数据通信可靠性提出了更高的要求。在实际运行中, 由于远程终端单元采集、继保、测控和电能表采集、通道状况、参数设置、系统运行、硬件

平台、省市转发、人为因素等多种原因均会影响智能电网数据来源的质量, 具体表现为遥测数据跳变、不刷新、数据错误、报表出错, 遥信变位和 SOE 丢失, 遥控不成功等。这些数据质量问题干扰了整个调度自动化系统的正常运行, 尤其是当这些情况发生在具有远方或就地自动闭环控制的无功电压自动控制(AVQC)、自动发电控制(AGC)等功能的系统时, 其严重性更为突出。调度员和维护电网运行的人员一般是通过 EMS 系统自带的人机界面了解系统当前的工作状况, 当发现数据质量异常时, 由于缺乏有效的监测技术手段, 往往只能凭借经验分析故障, 盲目性大, 从而影响故障排除, 为电网的高效

运行带来安全隐患^[1]。

就数据质量产生的原因而言, 涉及数据本身、数据存储、数据使用和数据传输等质量问题^[2-5]。从数据本身的质量问题来看, 可以从正确性、完备性、一致性、实效性、自洽性 5 个方面来描述^[6]。控制数据本身质量的方法主要有 3 种: 1) 基于统计的校验方法, 数据点是否异常的判定依据为是否符合以前的统计规律^[7-9]; 2) 多个数据来源的数据校验; 3) 基于数据间关联关系的数据校验^[10-12], 即根据电网拓扑和业务逻辑来判断多个数据间是否满足相关约束来判断数据质量。其中 1) 和 3) 是目前较为成熟的方法, 而方法 2) 由于系统涉及环节多、需要较强的信息技术支撑, 实现技术相对复杂, 目前还未见有成熟的应用。

本文针对这种问题, 提出了一种基于多数据源校验的电网 EMS 数据质量在线监控方法, 选择以遥信和遥控数据质量控制为主要目标、以多数据源综合数据校验和诊断为主要手段, 采用通信过程在线监听和分析技术, 设计并实现了一种独立于 EMS 系统的第三方数据质量在线分析、预警和诊断应用系统。为数据质量控制与快速故障诊断提供了一种自动校验的技术手段和方法, 也为生产调度及维护人员提供了一款功能强大的平台化分析诊断工具。这种工具为调度员合理安排维修维护提供科学的依据, 也将大大提高 EMS 系统数据的可信度, 缩短 EMS 数据质量故障的修复周期。

1 多数据源校验的数据质量监控方法

多数据源校验是指针对同一数据项, 比对来自不同获取渠道获得的同一时刻的数据值, 以此判断其数据质量的方法, 对于电网数据, 多数据源至少包含两种含义。

第一种含义指来自不同数据采集原理的装置采集的数据, 如对于遥测数据, 现有变电站采集原理有三种: 1) 基于积分原理采样、多周期平均计算的遥测采集, 数据稳定, 数据更新周期长; 2) 利用功角测量的数据(PMU 数据), 主要基于电网基波数据采样, 刷新周期较短, 数据准确度较高; 3) 基于傅立叶级数变换原理的保护测量值采样。

第二种含义指分散在传输网络关键装置或子系统的数据, 如分散在主站前置通讯服务器、变电站远动装置以及后台监控系统中的电网数据。

基于第一种含义定义的多数据源校验适合于遥测等数据质量的监控, 而基于第二种含义定义的多数据源校验适合于包括遥测、遥信和遥控在内的所有电网数据的质量监控, 在当前电网运行实际情况

及技术条件下, 对于遥信变位和 SOE 遗漏、遥控失败等数据质量监测与分析问题, 采用基于第二种定义的多数据源综合校验技术是较为有效的方法, 本文主要针对这种多数据源技术展开研究。

2 数据质量在线监测的关键技术

由于传输网络关键装置或子系统的数据涉及电力系统不同层次的多个通讯过程, 存在需要将分布在不同位置上的数据集中处理的需求, 因此首先需要构建一体化信息集成平台, 然后利用一体化信息平台提供的, 来自不同数据源的同一个量测值的比对, 发现可能存在的数据质量故障, 并对故障点进行诊断。

为了获得较高的效率, 本方法不是来自多个数据源的数据全部集中在主站进行比对, 而是利用一体化信息平台分布式架构特点, 利用不同故障特点, 采用不同的机制以实现 EMS 系统数据质量在线监测、预警和故障诊断功能。

另外, 在多数据源的数据获取上, 由于涉及 EMS 系统的多个环节, 作为一种辅助性工具, 为了确保站控 SCADA 系统和主站 EMS 系统的运行安全, 还必须避免监测诊断系统对已有系统的运行造成影响。为此, 必须对影响系统构建的一些关键技术进行研究。

2.1 多数据源数据融合技术

该技术着重解决传统变电站 IEC 60870-5 系列标准、数字化变电站 IEC 61850 标准与 EMS 主站 IEC 61970 标准数据模型融合问题, 为多数据源的数据校验构建统一的数据比对模型和数据质量模型。该技术的关键是建立同一数据的多个数据源(通信过程)与 IEC 61970 的量测模型之间映射关系。在 IEC 61970 的量测模型中^[13], 一个量测(Measurement)类可以聚合多个量测值(Measurement Value), 每一个量测值都可以关联一个量测源(Measurement Value Source), 这种建模特征符合多数据源描述要求, 描述分析对象与量测模型之间的映射关系如图 1 所示。

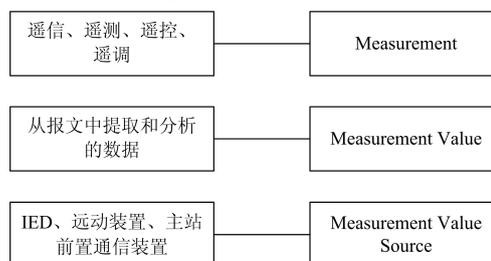


图 1 多数据源与量测模型的映射关系

Fig. 1 Mapping relationship between multi-source data and measurement model

2.2 分布式数据采集、处理与同步技术

实现多数据源综合校验方法, 还需要着重解决对分布在不同物理位置上的、采用不同通讯协议(IEC 103、IEC 104、GOOSE 和 MMS)的多个数据源的数据采集^[14]与监听、转换和同步比对问题。据测算, 实现这样的系统所涉及的数据量是巨大的, 如果将数据进行集中处理几乎是不可能的, 因此一方面需要实现将实时信息、历史信息(含网络监听报文)数据进行本地集中管理的机制; 另一方面为满足同步比对需要, 需要将分布在不同通信过程的同一个测点对象的数据传输至数据质量监控服务器, 为提高实时性, 可采用 HSDA 的订阅接口来实现数据同步集中。

2.3 关键数据集中与在线故障预警技术

采用关键数据集中机制是解决海量数据处理问题另外一项关键性技术^[15]。所谓关键数据即为完成故障检测而关注的“热点”数据, 如对遥信数据“跳变”故障, 只需监测主站前置通信装置与站控通讯管理机的遥信数据, 而不需要对三个不同层次上的数据进行连续全部集中, 只有监测到故障发生时, 才可能需要进行数据集中, 进一步分析诊断故障原因。

在线故障预警是对遥信点、遥控点预先设置故障检测条件, 由系统自动监测, 当满足故障发生条件时, 提供故障自动告警通知功能, 并提供故障辅助诊断功能。该功能的实现包括两方面的内容: ① 利用记录的原始通信报文重建故障发生前后完整的通信过程以便于准确定位故障点。② 建立故障诊断知识库, 对故障信息(包括故障类型、原因、发生时间、处理方法等信息)进行存储, 以便于知识和

经验的积累。

2.4 分布式系统架构技术

由于本方法的实施涉及海量的分布式数据处理问题, 传统的集中式系统架构显然无法满足要求, 同时为满足一体化信息集成的要求, 本文提出了一种全分布式集成架构(图 2), 该集成架构参考了 IEC 61970 CIS 接口规范^[16], 构建了包括模型数据服务、高速数据服务(实时数据服务)、报警和事件数据服务、历史数据服务(含报文录波数据)等在内的数据服务功能及其组件接口, 但与标准的 IEC 61970 CIS 规范定义的集成框架不同, 我们将该接口规范延伸到厂站端, 在控制中心的集成层次上仅提供平台管理和模型管理所需要的数据, 而将传统的实时和历史数据库等数据服务集成在厂站系统, 提供了一种数据“本地集中, 按需存取”的服务模式, 以此为基础构建了控制中心与变电站自动化系统一体化集成平台, 以满足不同层次的信息集成和应用集成需要。

该全分布式集成架构的实施, 在数据集成层面, 实现了数据资源的统一建模和集中管理, 有利于为上层应用提供模式一致的数据源, 便于开发统一的 API; 另一方面也为海量数据的分布式处理提供了一种有效的管理机制, 为多数据源质量的在线监控系统的顺利实施打下了良好的架构基础。

3 数据质量在线监控系统设计与实现

3.1 系统总体架构

按照前述的全分布式架构思想, 采用基于 SOA 架构将包括集成平台在内的各种数据服务系统有机集成到一起, 并以“应用服务器”模式来组织各

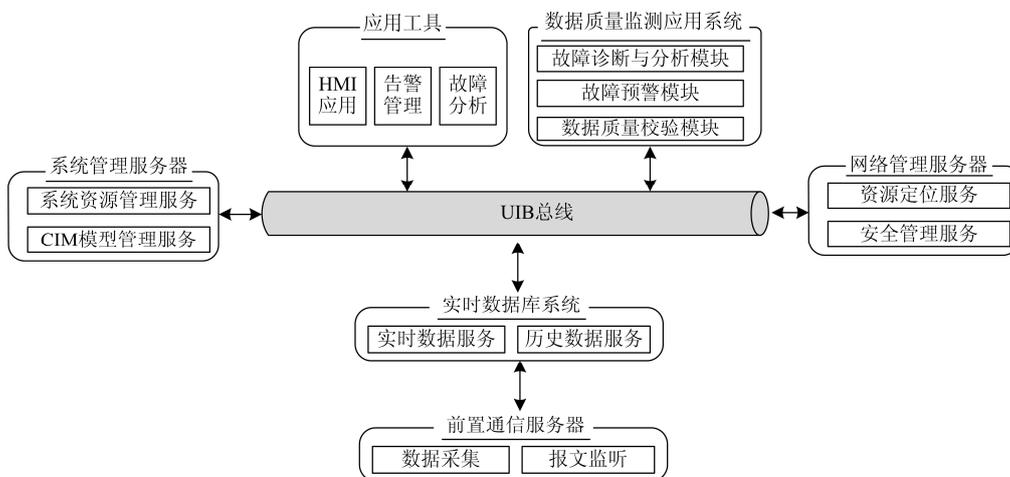


图 2 系统总体框架

Fig. 2 General framework of the system

种应用服务功能,不但可以满足应用业务的构建需求,还可以有效地确保系统的可扩充性和在线扩容能力。

在实现时,系统总体上参考了 IEC 61970 系列标准(CIM/CIS)^[16],首先构建了一体化的企业集成总线(UIB),以 SOA 服务的形式来封装 CIM 模型服务(GDA)、实时数据服务(HSDA)、事件与告警服务(GES)、历史数据服务(TSDA)等,并实现了基于 IEC 61970 CIM 模型的信息数据交换,通过 CORBA 技术解决了不同平台的、异构的应用系统信息集成和共享,为企业提供先进的基于总线结构的数据集成架构,并且提供一组基于 CIS 接口规范的中间件,并通过这些中间件来构成一个开放的、高性能的主站与厂站一体化的分布式信息集成平台,如图 2 所示。

同时本系统作为一个业务应用系统,在平台管理、实时数据库、历史数据库等基础应用服务的基

础上,实现了包括数据质量校验、故障预警、故障诊断与分析等功能模块,并进行了系统集成,为 EMS 系统构建起数据质量监控应用。

3.2 案例及案例分析

基于上述分布式架构实现的一套在某电力局得到实际部署应用的 EMS 数据质量在线监控系统,如图 3 所示。

该系统可分为四个部分,即平台管理服务器、数据质量监控应用服务器、通信对象服务装置以及客户端应用工具。其中:

1) 平台管理服务器实现一体化平台资源的集中管理、安全管理以及分布式数据访问相关的服务功能。

2) 数据质量监控应用服务器利用一体化平台提供的多源全景数据,实现了基于多源校验的 EMS 数据质量监控功能。

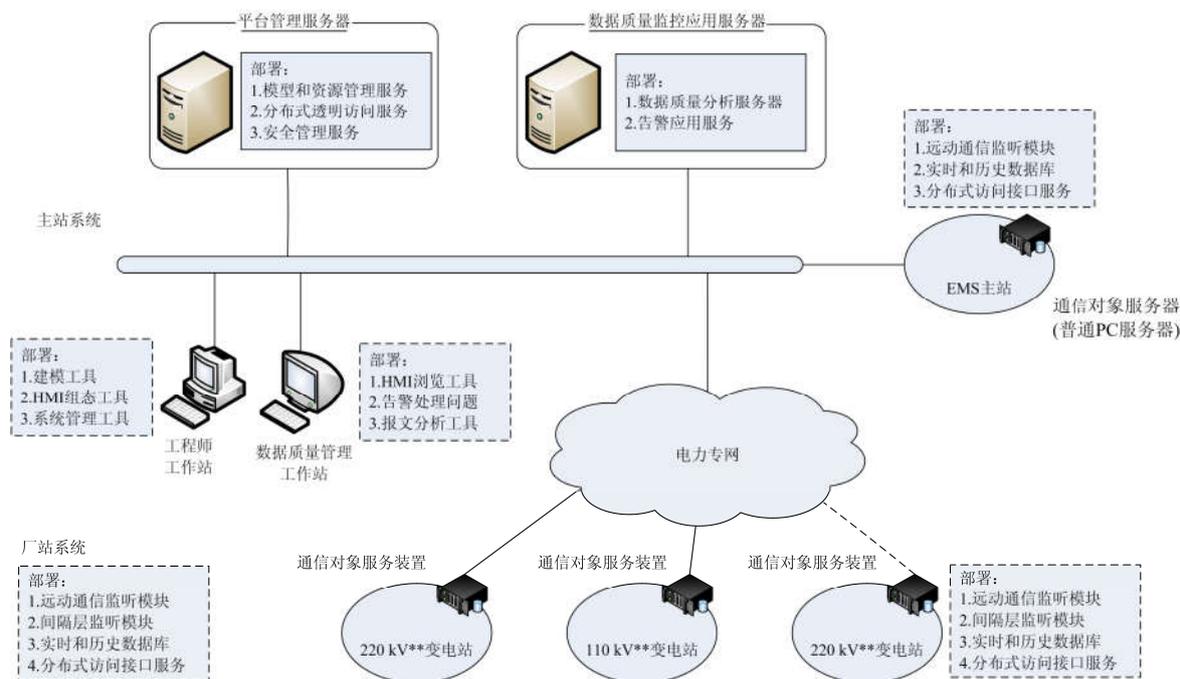


图 3 系统部署结构图

Fig. 3 System deployment structure

3) 通信对象服务装置是一体化设计的信息获取、处理、存储管理装置,实现 SCADA 数据的提取、通讯报文监听、分析及数据的压缩存储等功能,并部署相关实时和历史数据访问服务。

系统在部署时,一般分为主站系统与厂站系统来实施,其中:

1) 主站系统部署有平台管理服务器、数据质量监控应用服务器及必要的客户端应用工具,同时为获取主站前置通信管理机与各厂站远动通信装置

的实时报文信息,并实现主站侧 SCADA 数据的提取、通信报文的压缩存储等功能,需要根据实际情况部署一台或几台通讯对象服务装置。

2) 厂站系统一般由一台通信对象服务装置构成,用来获取厂站站控层和远动层的实时报文信息,以及相关 SCADA 数据的提取、通信报文的压缩存储。

在系统实际应用中,选择三种典型的数据源:

(1) 主站端前置通讯服务器获取的电网数据,(2) 远

动装置传输的电网数据, 以及(3)站控层传输的电网实时数据, 作为判断遥信和遥控故障的多个数据源。厂站系统分别利用远动网络和站控网络交换机具备的镜像功能, 通过通信监听的方式, 实时获取远动装置以及间隔层网络传输的遥信和遥控数据, 主站系统利用主站远动交换机的镜像功能, 获取前置服务器接收到的遥信和遥控数据, 并通过订阅的方式订阅在厂站系统的遥信和遥控信息, 实时比对三者的差异, 当发现信息不匹配时, 产生故障告警。

实际应用表明, 利用本文构建的方法和系统, 采用通讯监听的方式自动获取多个数据源的数据, 无需与其它电网自动化系统或装置建立直接的接口, 实现简单, 利用订阅方式实现分散在不同位置的多个数据源的融合, 无需进行数据的集中存储, 系统效率高, 结构简单。由于标示了每个数据项的来源, 通过缺失数据项或不匹配数据项的判断, 不但可以对遥信和遥控故障告警, 而且可以定位故障源, 辅助故障的快速诊断。总体上讲方法和系统结构简单, 可扩展性强, 易于部署与工程实施。

4 结语

本文通过综合分析电网 EMS 数据质量问题, 选择以遥信和遥控数据质量控制为主要目标, 提出一种基于多源综合数据校验技术的在线监控方法, 并对影响系统构建的关键性技术进行了探讨, 采用基于 IEC 61970 标准的主站和厂站一体化信息集成技术解决方案, 构建了一个实用化的、独立的 EMS 数据质量在线监控系统。目前, 该系统已经在实际的 EMS 数据质量故障排查和诊断工作中发挥出重要作用, 为开展更全面的 EMS 数据质量在线检测、在线预警和分析诊断提供了一种系统、定量的科学分析方法, 以及更合理、有效的技术机制, 也为生产调度人员提供了一款功能强大的平台化数据质量诊断分析工具。

参考文献

[1] 张亮. 电力调度数据中心数据质量问题研究[J]. 华东电力, 2009, 37(3): 403-406.
ZHANG Liang. Research on data quality for electric power dispatch data centers[J]. East China Electric Power, 2009, 37(3): 403-406.

[2] 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.
HUANG Hui, ZHU Qiliang. Analysis and prospect of the development of intelligent power grid data quality control[J]. Science & Technology Information, 2012(7):

92-93.

[3] 杨冬青, 杨青云, 赵培英, 等. 数据质量评估方法研究[J]. 计算机工程与应用, 2004(9): 3-4.
YANG Dongqing, YANG Qingyun, ZHAO Peiying, et al. Research on data quality assessment methodology[J]. Computer Engineering and Applications, 2004(9): 3-4.

[4] 闪鑫, 宁剑, 陈美, 等. 一种调度主站端电网故障特征数据质量稽查方法[J]. 电气应用, 2015(增刊): 317-321.
SHAN Xin, NING Jian, CHEN Mei, et al. A data quality checking method for dispatching main station network fault characteristic data[J]. Electrical Applications, 2015(S): 317-321.

[5] 周爱华, 戴江鹏, 丁杰, 等. 面向多源异构电网数据的获取与转换技术研究[J]. 电力信息与通信技术, 2015, 13(7): 22-27.
ZHOU Aihua, DAI Jiangpeng, DING Jie, et al. Research on acquisition and conversion techniques for multi-source heterogeneous grid data[J]. Electric Power Information and Communication Technology, 2015, 13(7): 22-27.

[6] 丁小欧, 王宏志, 张笑影, 等. 数据质量多种性质的关联关系研究[J]. 软件学报, 2016, 27(7): 1626-1644.
DING Xiaou, WANG Hongzhi, ZHANG Xiaoying, et al. Association relationships study of multi-dimensional data quality[J]. Journal of Software, 2016, 27(7): 1626-1644.

[7] 张志亮, 孙煜华, 陈承志, 等. 基于 Hadoop 的电网数据质量校验方法与验证系统[J]. 计算机研究与发展 2014, 51(增刊): 134-144.
ZHANG Zhiliang, SUN Yihua, CHEN Chengzhi, et al. Data quality verification system for power grid based on Hadoop[J]. Journal of Computer Research and Development, 2014, 51(S): 134-144.

[8] 王兴志, 严正, 沈沉, 等. 基于在线核学习的电网不良数据检测与辨识方法[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(1): 50-55.
WANG Xingzhi, YAN Zheng, SHEN Chen, et al. Power grid bad-data detection and identification based on online kernel learning method[J]. Power System Protection and Control, 2012, 40(1): 50-55.

[9] 蒋晓科. 大型电力网络故障数据库快速数据定位模型仿真[J]. 电网与清洁能源, 2015, 31(11): 101-106.
JIANG Xiaoke. Rapid data positioning model simulation of large power network fault database[J]. Power System and Clean Energy, 2015, 31(11): 101-106.

[10] 张少敏, 高鹏, 王保义. 一种用于智能电网的数据完整性定量评估模型[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(13): 93-97.

- ZHANG Shaomin, GAO Peng, WANG Baoyi. A quantitative evaluation model of data integrity for smart grid[J]. Power System Protection and Control, 2012, 40(13): 93-97.
- [11] 丁盛舟, 李永光, 杜鹏, 等. 基于 CIM/E 的电网调度系统数据质量优化方法[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(3): 129-134.
- DING Shengzhou, LI Yongguang, DU Peng, et al. Data quality optimization method of power grid scheduling system based on CIM/E[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(3): 129-134.
- [12] 覃星福, 龚仁喜. 基于广义 S 变换与 PSO-PNN 的电能质量扰动识别[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(15): 10-17.
- QIN Xingfu, GONG Renxi. Power quality disturbances classification based on generalized S-transform and PSO-PNN[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(15): 10-17.
- [13] 公共信息模型(CIM) SCADA: DL/T890 303-2006[S].
Common information model (CIM) SCADA: DL/T890 303—2006[S].
- [14] 高强, 王霖. 基于 GSIG 的分布式电源信息采集模型[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(5): 55-59.
- GAO Qiang, WANG Lin. Research on information acquisition model of distributed generation based on GSIG[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(5): 55-59.
- [15] 蔡维, 袁翔, 刘澜涛. 基于 IEC61850 的电能质量数据集成系统设计[J]. 电网与清洁能源, 2016, 32(6): 101-107.
- CAI Wei, YUAN Xiang, LIU Lantao. Design of power quality data integration system based on IEC61850[J]. Power System and Clean Energy, 2016, 32(6): 101-107.
- [16] 组件接口规范(CIS): DL/T890 401—2006[S].
Component interface specification (CIS): DL/T890.401—2006[S].
-
- 收稿日期: 2016-08-23; 修回日期: 2016-11-25
- 作者简介:
- 黄彦(1980—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事电力自动化的研究工作; E-mail: nani_0@163.com
- 黄劼(1980—), 男, 本科, 高级工程师, 主要从事调度自动化的研究工作; E-mail: 001hj@sina.com
- 陈凌(1980—), 女, 本科, 高级工程师, 主要从事电力通信的研究工作。E-mail: fzlinger@163.com
- (编辑 张爱琴)