

IEC 61850 在数字化变电站直流电源系统中的应用

丁希亮^{1,2}, 李建祥^{2,3}, 孟祥军^{2,3}, 巩方彬^{2,3}

(1. 山东电力研究院, 山东 济南 250001; 2. 山东鲁能智能技术有限公司, 山东 济南 250001;
3. 山东省配电自动化工程技术中心, 山东 济南 250001)

摘要: 在介绍面向对象的电力系统无缝通信系统体系——IEC 61850 标准的产生过程、目标和思想体系架构的基础上, 着重分析了 IEC 61850 基本模型规范和信息交换服务模型规范。结合传统的变电站直流电源系统, 将 IEC 61850 标准的建模思想引入到直流电源系统信息建模中, 完成了直流电源系统的逻辑装置、逻辑节点和数据对象的定义扩充及信息建模, 并基于 SISCO MMS Lite 进行了实时信息数据库和 MMS 访问服务的实现, 经过了一致性测试。将变电站直流电源监控系统纳入到变电站综合自动化系统范畴内, 方便实现对直流电源系统充、放电维护管理, 大大降低了电力系统运行维护人员的成本。

关键词: IEC 61850; 数字化变电站; 直流电源; 信息模型

Application of IEC61850 to DC power supply in digital substation

DING Xi-liang^{1,2}, LI Jian-xiang^{2,3}, MENG Xiang-jun^{2,3}, GONG Fang-bin^{2,3}

(1. Shandong Electric Power Research Institute, Jinan 250001, China; 2. Shandong Luneng Intelligence Technology CO. LTD, Jinan 250001, China; 3. Shandong Distribution Automation Technology Center, Jinan 250001, China)

Abstract: Based on introducing the production process, goals and ideology framework of IEC 61850, i.e. the object-oriented seamless communication system, the IEC61850 information model and modeling method are analyzed. Compared with the traditional substation DC power system, the IEC61850 is used in information modeling of digital substation DC power supply system. The definition of logic device, logic nodes and data object is expanded and relevant information modeling is finished. The real-time information database and MMS access services are realized based on the SISCO MMS Lite, and conformance testing is passed. The DC power supply system monitoring system substation is integrated into the digital substation automation system to achieve the DC power system charge and discharge maintenance and management, thus the electric power system operation and maintenance personnel cost is significantly reduced.

Key words: IEC61850; digital substation; DC power supply; information model

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)23-0147-06

0 引言

变电站直流电源是电力系统中断路器操作机构、继电保护装置、信号装置及照明装置等重要负载的电源, 其可靠性直接影响到电网的安全运行。变电站的设计规范和设备选择原则逐渐成熟, 但作为变电站监控和保护重要环节的直流电源却鲜有论及, 没有引起人们应有的重视。在变电站实行无人值班后, 要求直流电源的可靠性及自动化程度更高、功能更完善。

同时, 面向对象、工业以太网等新兴技术的发展和成熟, 为变电站站内建立统一规范的通信体系提供了可靠的保证和发展机遇。IEC 61850 为不同厂商 IED 之间的互操作和不同系统之间的无缝集成 (Seamless Integration) 提供一个统一的实现途径,

代表了变电站自动化技术的发展方向。鉴于此, 本文将 IEC 61850 标准引入变电站直流电源系统中, 提出将变电站直流电源监控系统纳入到变电站综合自动化系统范畴内, 实现从变电站综合自动化完成对直流电源系统的监控、维护和管理。

1 IEC 61850 简介

IEC 61850 的主要目标是实现变电站内 IED 之间的互操作。由于站内各 IED 之间的信息交互采用通信的方式, 以前的标准都是通过制订通信协议、统一报文传输格式来实现互操作, 但实践证明仅仅依靠通信协议这种低层次的语义约定来实现互操作是困难的, 因为不同厂商类型 IED 的功能结构和运行机制各不相同, 只是在通信环节中将信息转变成标准格式, 转变后的信息是笼统或不完备的, 不能

准确代表 IED 的自动化功能,也就无法实现互操作。所以,实现 IED 之间的互操作,需要对整个 SAS 做出系统和全面的规范。

与以往的变电站通信标准不同,IEC 61850 并没有停留在通信协议的层次上,而是对整个 SAS 做出了全面的规范,即采取“从源入手”的方法。同时,IEC 61850 也不仅仅是给出交互信息的报文组织规范,而是采取通过规范变电站的信息语义和自动化功能服务去实现互操作的方法。IEC 61850 具有三项基本目标:①真正意义上的互操作;②功能自由分布;③良好的扩展性以适应变电站和通信技术的发展。国内外的很多厂商已推出基于 IEC 61850 的变电站自动化系统的产品。

随着国家电网公司组织的 6 次 IEC 61850 互操作试验的进行,我国已经从标准研究阶段过渡到工程应用阶段,并已有多个基于 IEC 61850 标准的数字化变电站投入运行^[3]。同时,学术界也逐步重视对 IEC 61850 标准的研究^[4-7]。

2 IEC 61850 信息模型规范

IEC 61850 采用面向对象的设计方法,用对象继承的方法设计不同层次的类,为 SAS 建立了统一的数据对象信息模型。

IEC 61850 总结变电站内信息传输所必须的通信服务,设计了独立于所采用网络和应用层协议的抽象通信服务接口(Abstract Communications Service Interface, ACSI)。客户服务通过抽象通信服务接口,由 SCSM 映射到采用的具体通信栈或协议子集。ACSI 对信息模型的约束是强制和唯一的,而 SCSM 的方法却是多样和开放的。由于电力系统的复杂性,信息传输响应时间的要求不同,在变电站内具体实施时可能采用不同类型的网络,采用 IEC61850 只需要改动相应的 SCSM 来实现映射到不同的通信栈或协议子集,而不需要修改 ACSI。

信息模型不是数据集合,而是数据与功能服务的聚合,是一个面向对象的模型,模型中的数据和功能服务相互对应,数据的交换必须通过对应的功能服务来实现。数据与功能服务的紧密结合使模型具备了良好的稳定性、可重构性和易维护性。IEC61850 定义了 14 类 ACSI 模型,用来规范信息模型的功能服务。每类 ACSI 模型都由若干抽象通信服务组成,每个服务又都定义了服务的对象和服务方式。服务方式包括服务的发起、响应和过程,而服务的过程是指某个具体服务请求如何被服务器所响应,以及采取什么动作、在什么时候以及以什么方式响应。

ACSI 模型中的通信服务分为两类:客户机/服务器结构,主要应用在针对控制、读写数据值等服务中;发布者/订阅者模式,主要应用在针对快速和可靠的数据传输服务中,例如采样值传输、通用变电站事件等服务。

ACSI 模型分为两部分:

1) 基本模型规范(公用数据类、兼容逻辑节点类);

2) 信息交换服务模型规范(各种服务模型)。

上述两部分是紧密相关的,服务是基于基本模型的服务,为基本模型提供信息的交换。撇开基本模型谈服务是不现实的,因为信息交换服务的定义是基于基本模型的。

基本信息模型以类的形式定义,他们都包含了数据和服务,标准中定义的基本数据模型有:

a) Server (服务器)。将 IED 的自动化功能和相关信息抽象、分解,并通过语义模型类的继承、重载或直接引用,生成特定的应用实例,将这些实例按照“类”的形式层次化地构成具有一致性和确定性的信息模型,即服务器。这是 ACSI 模型的根,其他的模型都是服务器的一部分,或者说从属于服务器。

b) Logical Device (逻辑设备)。存在于服务器中,作为一组逻辑节点的容器实现特定功能,或者完成网关、代理者设备功能的虚拟设备。

c) Logical Node (逻辑节点)。交换数据的最小功能单元,一个逻辑节点代表服务器的一项基本功能或 IED 中的一组设备信息,可以与其他逻辑节点进行信息交互,并执行特定的操作,逻辑节点由数据对象、数据属性、数据属性列表以及对应的功能服务聚合而成。

d) Data Object (数据对象)。包含逻辑节点的所有信息,从不同的 CDC 继承而来。每个数据对象都有若干个数据属性组成,数据属性代表了数据对象的内涵,是模型中信息的最终承载者。

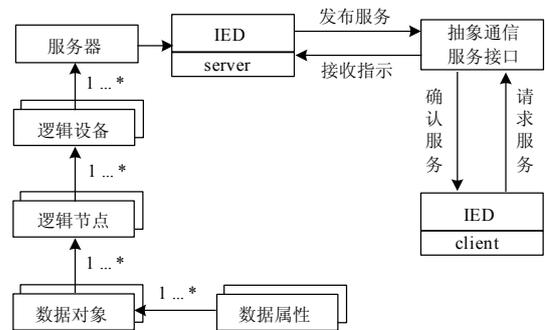


图 1 ACSI 信息模型-客户机/服务器模式图

Fig.1 Schema chart of ACSI information model-client/server

标准中定义的服务模型包括数据集、取代、定制组控制块、报告控制块、通用变电站事件控制块、采样值控制块、控制、时间和同步、文件传输。服务模型实现对数据、数据属性、数据集的操作服务。

3 直流电源系统信息建模

电池技术近年来有了很大发展, 最早变电站主要应用固定式防爆铅酸蓄电池, 自八十年代以来推广使用了镉镍碱性蓄电池, 现在, 阀控式密封铅酸蓄电池得到了广泛应用。同时, 随着电力电子技术的迅速发展, 直流电源制造技术也取得了飞跃发展, 直流电源系统由过去的分立元件和集成电路控制发展成为现在的微机控制, 使直流电源具有智能化, 能够和变电站综合自动化网络连接进行通信, 具有四遥功能。

3.1 传统的直流电源的系统结构

整个直流电源系统主要由蓄电池组、充电装置、放电装置、直流控制电源(控母和合母)、馈电线路、系统检测装置构成(如图2)。系统状态监测模块对整个直流电源系统的交流输入电压、母线电压、充电电流、蓄电池温度等模拟量信息, 系统各开关的状态等进行实时监测。

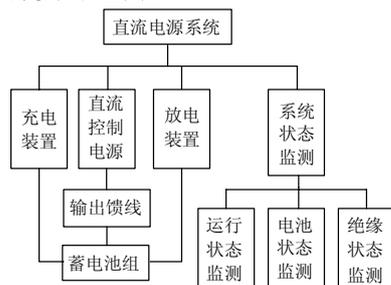


图2 直流电源系统结构图

Fig.2 System diagram of DC power supply

3.2 逻辑装置的建模

逻辑装置在标准中没有详细的规范, 所以在建模时就有了很大的灵活性。由上所述, 系统状态检测装置采集了其他装置的所有状态信息, 可以将状态检测装置建模为一个 IED, 作为服务器与变电站综合自动化进行通信。充电管理、供电管理、电池管理、放电管理等装置抽象为逻辑装置, 将其按代理的方式建模在直流电源服务器 IED 上。具体如图3所示。

3.3 逻辑节点和数据对象的建模

IEC 61850-7-4 已经定义了有关变电站各种功能的逻辑节点, 但是没有对直流电源系统的功能进

行描述。当在实际应用中需要的某些信息无法在标准中找到完全对应的描述时, 此时就需要对逻辑节点、数据对象和数据属性等进行扩展。标准中对于逻辑节点的扩展有详细的规范。参照图3, 充电开关、电池逻辑节点在标准中有规定好的 XCBR、ZBAT 等模型可以使用。对于信息模型ZBAT, 需要扩展数据对象, 扩展的数据对象类型采用标准 7-3 中定义的公用数据类。

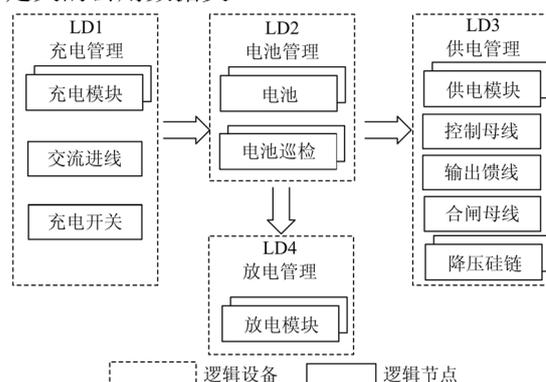


图3 直流电源信息模型

Fig.3 Information model of DC power supply

对于其他逻辑节点就要依据扩展规范进行扩展, 以充电模块和交流进线为例, 详细定义如表1、表2所示。

表1 逻辑节点 ZSCM 类(充电模块)定义

Tab.1 Definition of logical node ZSCM (charge module 0

ZSCM类(充电模块)			
属性名	属性类型	数据描述	M/O
公用逻辑节点信息			
Mod	INC	模式	M
Beh	INS	性能	M
Health	INS	健康状况	M
NamPlt	LPL	铭牌	M
状态信息(遥信)			
ChgOpSt	SPS	充电模块开关机状态	M
ChgComSt	SPS	充电模块通信状态	M
ChgAlmSt	SPS	充电模块报警状态	M
ChgOperSt	SPS	充电模块运行状态	M
测量信息(遥测)			
OutputVol	MV	输出电压	M
OutputAmp	MV	输出电流	M
控制(遥控)			
OpenCtrl	SPC	开关机控制	M

表 2 逻辑节点 ZAIL 类（交流进线）定义

Tab.2 Definition of logical node ZAIL(AC inlet line)

ZAIL类（交流进线）			
属性名	属性类型	数据描述	M/O
公用逻辑节点信息			
Mod	INC	模式	M
Beh	INS	性能	M
Health	INS	健康状况	M
NamPlt	LPL	铭牌	M
状态信息（遥信）			
UabNoV	SPS	Uab失电报警	M
UbcNoV	SPS	Ubc失电报警	M
UabHAlm	SPS	Uab电压高报警	M
UabLAlm	SPS	Uab电压低报警	M
测量信息（遥测）			
Uab	MV	Uab电压	M
Ubc	MV	Ubc电压	M
定值			
VolHRtg	ASG	交流电压高报警定值	M
VolLRtg	ASG	交流电压低报警定值	M

3.4 命名空间的扩展

命名空间提供了一种手段唯一标识逻辑设备实例的全部语义，即标识所有它的逻辑节点、数据、数据属性的语义，和它的应用环境中的所有其他实例的语义。只要名称空间有唯一的标识符，名字空间的概念就能够区分由不同的用户所定义的类。

标准定义了引用名字空间的四种属性，如下所示：

1) IdNs: 如果逻辑设备的定义超出了规范 DL/T860.74，数据属性 IdNs 应包含在逻辑节点 LLN0 中。

2) InNs: 如果逻辑节点的定义超出了 DL/T860.74 的定义，即对一些逻辑节点进行了数据扩展，数据属性 InNs 应该包含在扩充的数据中。

3) cdcNs: 如果公用数据类至少有一个数据属性的定义超出了定义该数据的公用数据类的规范 DL/T860.73 中的定义，数据属性 cdcNs 应包含在内。

4) dataNs: 如果数据的定义超出了逻辑节点及其数据定义规范 DL/T860.74，那么数据属性 dataNs 应被包含在内。

依照标准规定，充电模块逻辑节点 ZSCM 和交流进线逻辑节点 ZAIL 的具体名字空间可以定义如下：

1) IdNs: DC Power Supply for vendor ABC:

2009;

2) InNs: DC Power Supply for vendor ABC: 2009;

3) cdcNs: DL/T860.73: 2005;

4) dataNs: DC Power Supply for vendor ABC: 2009。

4 系统方案

直流电源系统 IED 作为变电站间隔层装置，通过 IEC 61850 规定的统一通信接口与监控后台通信。在系统实现时，严格按照标准规定，实现直流电源与变电站综合自动化系统无缝接入。系统整个实现方案见图 4。

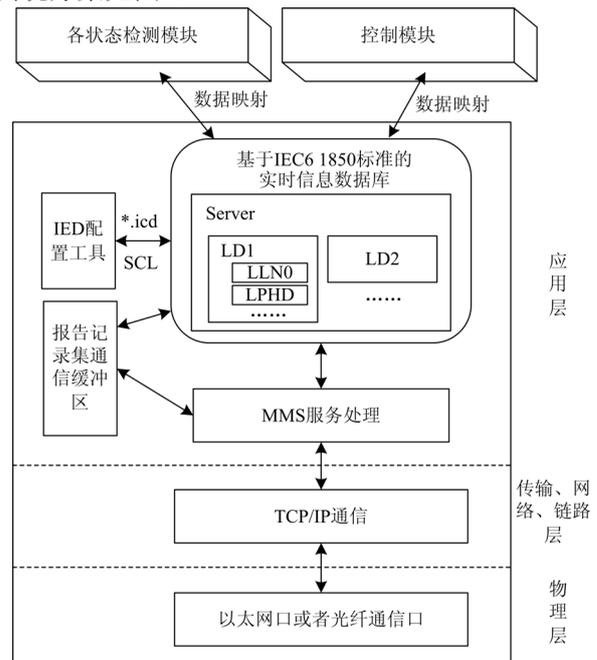


图 4 直流电源系统方案

Fig.4 DC power system solution

4.1 IED 模型文件加载

对应图 3 的信息模型，利用 IED 配置工具生成 icd 文件。IEC 61850-6 中规定，icd 文件描述了该 IED 的所有配置信息，包括了通信配置信息（Communication 元素）、功能配置信息（IED 元素）及数据模型定义信息（DataTypeTemplates 元素），文件结构见图 5。SCL 文件符合 XML 规范，IED 模型文件加载即对 ICD 文件解析，获取整个 IED 的信息模型。

4.2 实时信息数据库

基于加载的 SCL 信息模型，创建实时信息数据库。如图 4 中所示，实时信息数据库中的数据组织方式完全按照 IEC 61850 标准，该数据库是整个系

系统的核心, 内部存储了整个直流电源系统的所有信息。

直流电源系统的各个模块(充电装置、放电装置等)的具体的遥信、遥测信息通过数据映射的方式存入实时信息数据库。远方的遥控命令也是经过实时信息数据库传送到具体的控制模块, 执行控制操作。

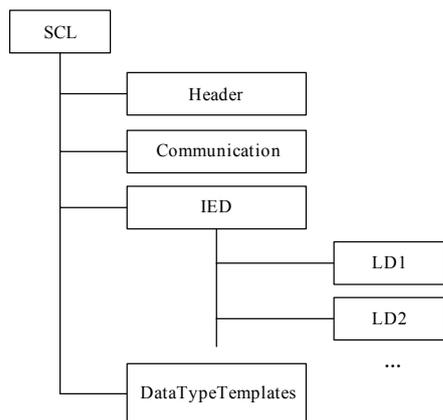


图 5 SCL 模型结构

Fig.5 Structure of SCL model

4.3 MMS 服务处理及底层协议栈

实时数据库提供对 ACSI 接口的访问支持, 即实现了 IEC 61850 标准中规定的 ACSI 服务。IEC 61850-8 中建议, 在应用层将 ACSI 通过 SC5M 映射到 MMS (ISO 9506-1 and ISO 9506-2)。

报告是 IEC 61850 中规定的间隔层设备信息上送到后台监控系统的主要方式。直流电源控制系统的遥测、遥信信息也是通过报告上传到变电站自动化系统的后台。记录集通信缓冲区提供报告的缓冲处理。

SISCO 的 MMS_EASE Lite 是利用 MMS 实现 IEC 61850 的重要工具, 它是一个经过优化, 支持 MMS 和 IEC 61850 的源代码包, 对 MMS 及底层协议栈进行了封装。本文在 MMS_EASE Lite 的基础上进行 IEC 61850 的 ACSI 及 MMS 底层协议栈的开发。传输层和网络层采用 TCP/IP 协议^[8], 在物理层上提供以太网口和光纤通信口。

4.4 方案验证

在 IED 的 icd 文件中配置好通信参数后, 利用OMICRON 公司的 IED Scout 工具作为后台客户端, 与直流电源 IED 进行了通信连接测试, 同时对数据模型读取、数据读写、报告发送等功能进行了验证。

图 6 所示为取得连接后, 获取到的 IED 上 Server 中的数据模型, 可以看到 IED 上有三个逻辑装置, 逻辑装置 IED_DC_Supply_LD1 上有三个逻辑节点

类 ZSCM (充电模块) 的三个实例, 即该 IED 装置上有三个充电模块。图 7 所示为逻辑节点实例 ZSCM1 的数据展示, 数据对象 ZSCM1.ChgComSt.stVal 的值为“T”, 即充电模块 1 的通信状态正常。

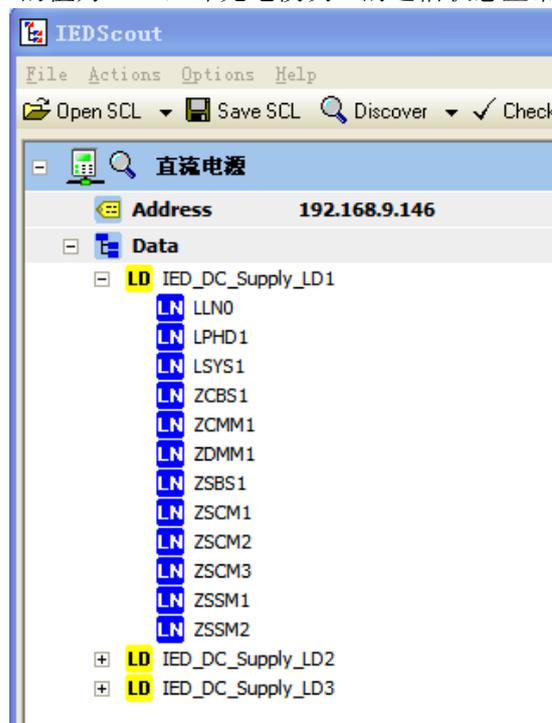


图 6 IED 通信连接测试

Fig.6 IED communication connect test

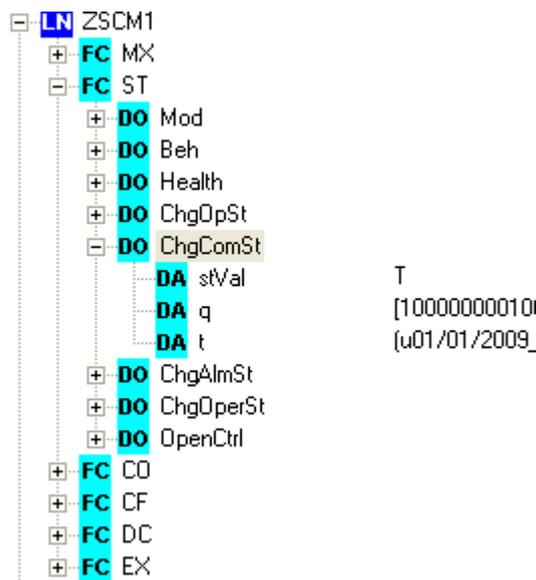


图 7 逻辑节点实例 ZSCM1 数据

Fig.7 Logical node instance ZSCM1 data

5 结语

IEC 61850 是统一的变电站网络通信标准, 本

文在直流电源系统的设计中引入了 IEC 61850 的思想,对 IEC 61850 在直流电源系统中的应用做了一定的可行性研究,完成了信息模型的建模,提出整个系统的解决方案并进行了实现。

基于 IEC 61850 标准的直流电源系统,不仅可以实现真正意义上的信息共享,还可以实现常规直流电源很难实现的互操作功能,具有无可比拟的优越性。

参考文献

- [1] 谭文恕. 电力系统无缝通信系统体系[J]. 电力自动化设备, 2001, 21 (11): 1-4.
TAN Wen-shu. Seamless communication architecture in power systems[J]. Electric Power Automation Equipment, 2001, 21 (11): 1-4.
- [2] 谭文恕. 变电站通信网络和系统协议IEC61850介绍[J]. 电网技术, 2001, 25 (9): 8-9.
TAN Wen-shu. An introduction to substation communication network and system-IEC61850[J]. Power System Technology, 2001, 25 (9): 8-9.
- [3] 辛耀中, 王永福, 任雁铭. 中国IEC61850研发及互操作试验情况综述[J]. 电力系统自动化, 2007, 31 (12): 1-6.
XIN Yao-zhong, WANG Yong-fu, REN Yan-ming. Survey on research, development and interoperability test of IEC 61850 in China[J]. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31 (12): 1-6.
- [4] 茹峰, 夏成军, 许扬. IEC61850标准在变电站自动化系统中的应用探讨[J]. 江苏电机工程, 2004, 23 (3): 8-11.
RU Feng, XIA Cheng-jun, XU Yang. Study on the IEC 61850 standard applied to substation automation system[J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2004, 23 (3): 8-11.
- [5] 张结. IEC61850的结构化模型分析[J]. 电力系统自动化, 2004, 28 (18): 90-93.
ZHANG Jie. Analysis on structure model in IEC 61850[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28 (18): 90-93.
- [6] 章坚民, 朱炳铨, 赵舫, 等. 基于IEC61850的变电站子站系统建模与实现[J]. 电力系统自动化, 2004, 28 (21): 43-48.
ZHANG Jian-min, ZHU Bing-quan, ZHAO Fang, et al. Modeling and implementation of the subsystem in substations based on IEC 61850[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28 (21): 43-48.
- [7] 殷志良, 刘万顺, 杨奇逊, 等. 基于IEC61850标准的采样值传输模型构建与映射实现[J]. 电力系统自动化, 2004, 28 (21): 38-42.
YIN Zhi-liang, LIU Wan-shun, YANG Qi-xun, et al. Modeling and mapping implementation of a sampled value model based on IEC 61850[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28 (21): 38-42.
- [8] 李永亮, 袁志雄, 陈斌, 等. 对基于TCP/IP的IEC61850特定通信服务映射MMS的分析与实现[J]. 电网技术, 2004, 28 (24): 33-38.
LI Yong-liang, YUAN Zhi-xiong, CHEN Bin, et al. Analysis and implementation of TCP/IP based specific communication service mapping MMS in IEC 61850[J]. Power System Technology, 2004, 28 (24): 33-38.
- [9] IEC.IEC61850-6 communication networks and systems in substations-part6: configuration description language for communication in electrical substation related to IEDs[S]. Geneva: IEC, 2003.
- [10] IEC.IEC61850-7-1 communication networks and systems in substations-Part7-1: basic communication structure for substation and feeder equipment principles and models [S]. Geneva: IEC, 2003.
- [11] IEC.IEC61850-7-2 communication networks and systems in substations-part7-3: basic communication structure for substation and feeder equipment abstract communications service interfaces[S]. Geneva: IEC, 2003.
- [12] IEC.IEC61850-7-3 communication networks and systems in substations-Part7-3: basic communication structure for substation and feeder equipment-common data classes [S]. Geneva: IEC, 2003.
- [13] IEC.IEC61850-7-4 communication networks and systems in substations-part7-4: basic communication structure for substation and feeder equipment-compatible logical node classes and data classes[S]. Geneva: IEC, 2003.
- [14] IEC.IEC61850-8-1 communication networks and systems in substations-part8-1: specific communication service mapping (SCSM)-mapping to MMS (ISO 9506-1 and ISO 9506-2) and to ISO/IEC8802-3[S]. Geneva: IEC, 2003.

收稿日期: 2009-12-04; 修回日期: 2010-01-26

作者简介:

丁希亮 (1982-), 男, 工程师, 从事电力系统自动化研发工作; E-mail: dingxiliang@foxmail.com

李建祥 (1979-), 男, 工程师, 从事电力系统自动化研发工作;

孟祥军 (1979-), 男, 工程师, 从事电力系统自动化研发工作。