

DOI:10.13296/j.1001-1609.hva.2015.05.016

基于 IEC 61850 建模的智能终端设备的实现

王留送, 杨大勇, 孔 波, 霍富强, 董永超

(许继集团微电网系统公司, 河南 许昌 461000)

摘要:文中介绍了 IEC 61850 标准中智能电子设备(IED)建模的思想,在该思想上结合智能终端装置实例,从功能定义、分解、设备的对象模型等方面详细介绍了 IED 建模的方法和流程,给出了建模后达到的效果,对构建其他 IED 模型具有一定参考指导意义,实现了不同厂家 IED 之间良好互操作性和系统无缝集成,避免重复投资,降低系统维护成本。

关键词: IEC 61850; IED 建模; 智能终端; 对象模型; GOOSE; 互操作性

Modeling and Implementation of Intelligent Terminal Devices Based on IEC 61850 Protocol

WANG Liusong, YANG Dayong, KONG Bo, HUO Fuqiang, DONG Yongchao

(XJ Group Corporation, Micro-grid System Company, Henan Xuchang 461000, China)

Abstract: The intelligent electronic device(IED) modeling method in IEC 61850 protocol is described. Then the IED modeling method is applied to the intelligent terminal device instances, the IED modeling methodology and process are introduced in terms of function definition, function decomposition, and equipment object model, and the effects achieved after modeling are given. This study may provide a reference for building other IED models. And the proposed IED modeling method can achieve good interoperability between intelligent electronic devices from different manufacturers, realized seamless system integration, avoid duplicate investment, and reduce maintenance costs of the system.

Key words: IEC 61850 protocol; IED modeling; intelligent terminal; object model; GOOSE; interoperability

0 引言

电网的智能化水平和系统决策能力的不断提高,为可再生能源和分布式电源的开发利用提供了基本保障,实现了电力流、业务流、信息流的高度一体化融合,具有信息化、自动化、互动化、智能化为主要特征的新一代智能变电站和智能电网成为电网发展的必然选择和研究的热点。在实际电网应用中需要集成大量不同厂家、不同型号及功能的设备和系统,而这些设备和系统大多数采用不同的信息格式和通信协议,未能达到统一接口、标准化和规范化信息要求,所采集的信息只能满足局部功能系统的应用需求,而不能在全网范围内被所有功能系统共享,进而形成“信息孤岛”^[1]。要实现全网信息共享就需要对信息进行标准化管理,即电网内的设

备和系统必须实现互操作,接口、协议和数据模型必须兼容,信息传输协议必须协调统一。IEC 61850 标准作为现行电力系统自动化领域的无缝通信国际标准,已得到越来越广泛地应用,成为电网事实上的统一接口标准^[2],IEC 61850 标准的实现决定着新一代智能变电站和智能电网的发展。

智能终端作为电网运行中与断路器配合使用的一种主要接口设备,在自动化要求程度不断提高和对供电稳定性要求不断增强的工况下,对断路器的安全运行要求也越来越高。通过 IEC 61850 建模规范对智能终端进行标准建模设计,避免了繁琐的协议转换,实现了不同厂家智能电子设备 IED(intelligent electronic device)之间良好互操作性和系统无缝集成^[3-4],完成了应用和通信的解耦,必将避免重复投资,降低系统维护成本,有效避免事故发生及事态扩大,从而提高供电系统的稳定性^[5-8]。

1 IEC 61850 中 IED 建模技术介绍

整个系统由 IED 对象组成,并由分布于 IED 对象中逻辑设备 LD (LOGICAL DEVICE) 的逻辑节点 LN (LOGICAL NODE) 交互完成其系统功能^[9]。IED 对象的分层信息模型自上而下分为 4 个层级: Server (服务器)、Logical Device (逻辑设备)、Logical Node(逻辑点)、Data Object(数据对象),见图 1^[10-11]。

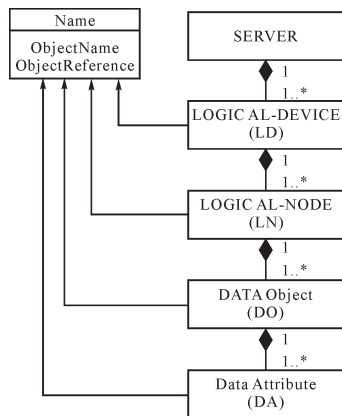


图 1 IED 对象的分层信息模型图

Fig. 1 Hierarchy information model diagram of the IED object

每个 IED 对象包含一个或多个服务器,每个服务器本身又包含一个或多个逻辑设备。逻辑设备包括逻辑节点,逻辑节点包含数据对象,数据对象则是由数据属性构成的公用数据类的命名实例。任何一个客户都可以通过抽象通信服务接口 ASIC 和服务器通信访问数据。逻辑设备、逻辑节点、数据和数据属性均从名字类继承了对象名和对对象引用的属性。在特定的作用域内,对象名是唯一的;将分层信息模型中的对象名串接起来所构成的整个路径名即对象引用。

2 IED 建模技术在智能终端中的应用

2.1 智能终端的功能介绍

文中所研究的智能终端装置,主要的控制对象为断路器,其功能应用图见图 2,它支持 SV 通信,GOOSE 通信和 MMS 通信^[12-13]。SV 通信依靠过程层网络完成模拟量信息发送;GOOSE 通信依靠过程层网络完成断路器状态信息采集和发布,同时接收上层保护测控装置发送的 GOOSE 跳合闸指令;MMS 通信把遥测量、遥信量及告警信息直接上送到监控后台,完成对间隔内信息的全面采集和对断路器快速可靠控制^[14-15]。

将一个智能终端作为一个 IED 对象,将智能终端的功能进行分解,参考 IEC 61850 标准中将某些

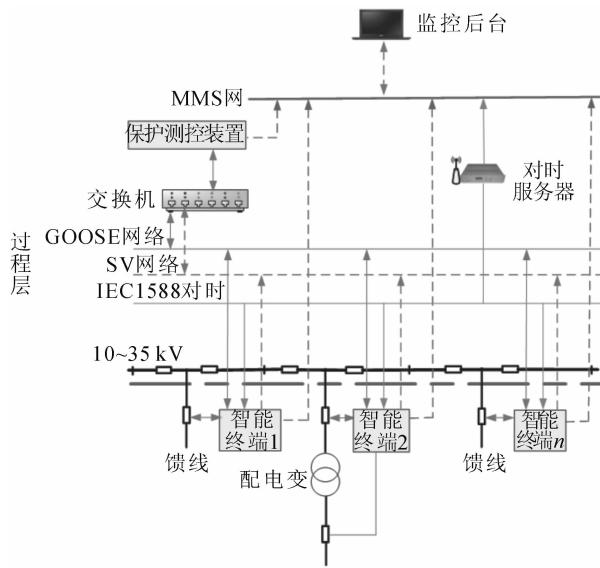


图 2 智能终端功能应用图

Fig. 2 Intelligent terminal functional application diagram 具有共同特性的逻辑节点组合成一个逻辑设备 LD^[16]。结合浙江温州南麂岛海岛微电网动模实验的实际工程需要,将智能终端的逻辑设备 LD 可以分为以下几类:公用 LD、测量 LD、保护 LD、控制 LD、录波 LD。

2.2 智能终端中 LD 的 LN 建模

根据对智能终端的功能进行抽象、划分与组合,产生实际装置 IED 的信息模型见图 3。智能终端 IED 对象可建模为包含 3 个服务访问点,服务访问点 S1 为站控层,提供 MMS 服务;M1 为过程层 SV,提供模拟量 SV 发送服务;G1 为过程层 GOOSE,提供 GOOSE 专用服务。



图 3 装置 IED 的信息模型图

Fig. 3 Information model diagram for the device IED

在服务访问点 S1 中建模为一个 Server 类,通讯方式采用服务器/客户端(Client/Server)模式^[11,17],该 Server 类包含 5 个逻辑设备 LD,依次为 PROT(保护 LD)、LD0(公用 LD)、RCD(录波 LD)、CTRL(控制 LD)、MEAS(测量 LD)。

各逻辑设备包含的功能介绍:

1)PROT。LLN0(保护压板、保护定值、保护事件、保护故障数据集等),LPHD1(物理设备),过流 I 段保护(PTOC1),过流 II 段保护(PTOC2),零序电流保护

(PTOC3), TCTR1 (CT 参数), TVTR1 (PT 参数), AlmGGIO1(告警信息);

2) LD0。LLN0(装置自检告警、装置参数数据、装置报告控制块等), LPHD1 (物理设备), 检修压板 (YBGGIO1);

3) RCD。LLN0(故障录波数据集), LPHD1(物理设备), 故障录波(RDRE1);

4) CTRL。LLN0(保护遥信数据集、通讯工况数据集), LPHD1(物理设备), 断路器位置(YXGGIO1), 遥控命令(CSWI1);

5) MEAS。LLN0(保护遥测数据集、报告控制块), LPHD1(物理设备), 计量用的测量值(MMXU1), 保护用的测量值(MMXU2)。

服务访问点 M1 中包含 1 个逻辑设备 MU, 对应的 LN 包含: LLN0(逻辑节点零)、LPHD1(物理设备)、TVTR1 (电压输出)、TCTR1 (保护电流输出)、TCTR2 (测量电流输出), 见图 4。

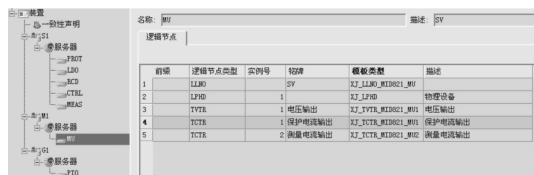


图 4 M1 中的信息模型图

Fig. 4 Information model diagram of M1

服务访问点 G1 中建模为一个 Server 类, 通讯方式采用订阅者/发布者(Subscriber/Publisher)信息, 该 Server 类包含 1 个逻辑设备 PIO, 对应的 LN 包含: LLN0 (逻辑节点零)、LPHD1 (物理设备)、GOINGGIO1(GOOSE 开入)、GOOOutGGIO1(GOOSE 开出), 见图 5。



图 5 G1 中的信息模型图

Fig. 5 Information model diagram of G1

2.3 整体建模框架

根据 IEC 61850 标准的 IED 建模思想和装置的功能划分及访问点设置, 以配电变单元为例, 对智能终端设备 IED 进行建模^[18], 给出各逻辑设备的具体模型构成, 见图 6。

模型包含 3 个服务访问点, 访问点 S1 中建模为一个 Server 类, 该 Server 类包含 5 个逻辑设备 LD; M1 中包含 1 个逻辑设备 MU; G1 中建模为一个 Server 类, 该 Server 类包含 1 个逻辑设备 PIO。

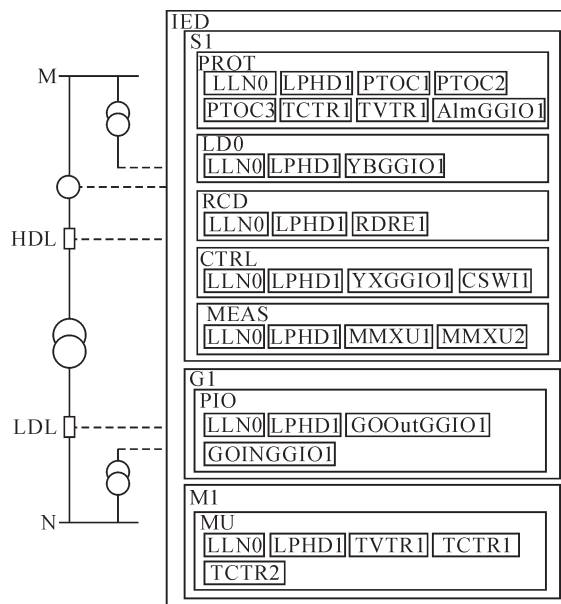


图 6 各逻辑设备的具体模型图

Fig. 6 Specific model diagram of the logical devices

3 整体实现效果

利用上述建模思想和方法产生 IED 对象 (取名 IED1) 的逻辑设备模型, 其模型的展开图见图 7。

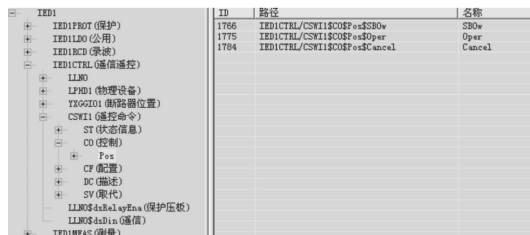


图 7 IED 对象模型展开图

Fig. 7 Model diagram for the IED object

为验证所建立逻辑设备模型的正确性, 搭建如图 8 所示的测试环境^[19-21]。

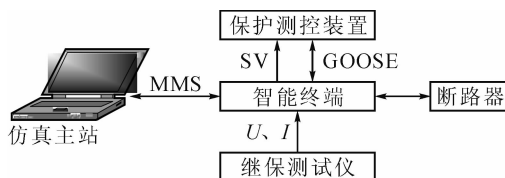


图 8 智能终端测试环境

Fig. 8 Intelligent terminal test environment

测试方案: 继保测试仪输出模拟量 U 、 I , 智能终端设备将采集模拟量值和状态量值分别以 SV 通信、GOOSE 通信模式上送给保护测控装置, 并接收保护测控装置发过来的 GOOSE 控制命令或通过过流保护逻辑判别进行一次断路器的跳合闸动作, 同时接收仿真主站以 MMS 报文发送的控制命令^[22]。

验证过程 1: 验证逻辑设备 IED1 的 CTRL(控制

LD) 即通信遥控 IED1CTRL 的遥控命令 CSWI 模型的正确性。

通过仿真主站将遥控命令 CSWI1 下的 CO.Pos 设置为 ture, 模拟监控后台下发一条遥控控制指令, 选择确定, 见图 9。

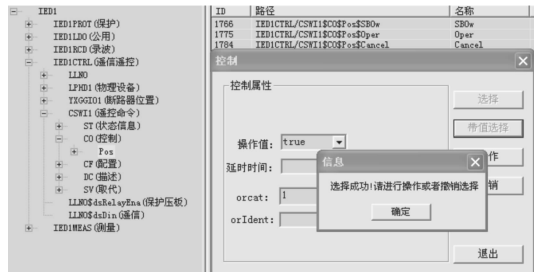


图 9 主站下发遥控控制命令图

Fig. 9 Control command diagram of the main station issued

智能终端装置接收到遥控控制命令, 控制断路器合闸。当断路器成功合闸后将合闸状态上送, 仿真主站确认合闸成功, 主站上显示子站操作成功, 见图 10, 说明 IED1 对象 CTRL(控制 LD)建模正确。



图 10 操作成功显示图

Fig. 10 The demonstrates picture of operation success

验证过程 2: 验证逻辑设备 IED1 的 PROT(保护 LD)即保护 IED1PROT 的过流 I 段 PTOC1 模型的正确性。

通过继保测试仪输出模拟量 I , 当智能终端设备判断满足过流条件 ($I_{act} > I_{set} = 2$ A) 时经过延时整定, 设备将过流 I 段动作信息上送给仿真主站, 见图 11, 说明 IED1 对象 PROT(保护 LD)建模正确。

序号	IED名称	操作名称	操作时间	操作结果	备注
1	IED1	过流 I 段动作	2014-08-08T09:54:44.444	成功	IED1/PTOC1/PTOC1
2	IED1	过流 I 段动作	2014-08-08T09:54:44.444	成功	IED1/PTOC1/PTOC1
3	IED1	过流 I 段动作	2014-08-08T09:54:44.444	成功	IED1/PTOC1/PTOC1
4	IED1	过流 I 段动作	2014-08-08T09:54:44.444	成功	IED1/PTOC1/PTOC1
5	IED1	过流 I 段动作	2014-08-08T09:54:44.444	成功	IED1/PTOC1/PTOC1
6	IED1	过流 I 段动作	2014-08-08T09:54:44.444	成功	IED1/PTOC1/PTOC1
7	IED1	过流 I 段动作	2014-08-08T09:54:44.444	成功	IED1/PTOC1/PTOC1
8	IED1	过流 I 段动作	2014-08-08T09:54:44.444	成功	IED1/PTOC1/PTOC1
9	IED1	过流 I 段动作	2014-08-08T09:54:44.444	成功	IED1/PTOC1/PTOC1
10	IED1	过流 I 段动作	2014-08-08T09:54:44.444	成功	IED1/PTOC1/PTOC1

图 11 过流 I 段动作信息

Fig. 11 The action information of overcurrent on the I section

为了保证用该建模设计的装置能够在浙江温州南鹿岛海岛微电网试验系统中稳定可靠运行, 搭建动模实验环境示意图及动模试验接线图, 分别见图 12、13。

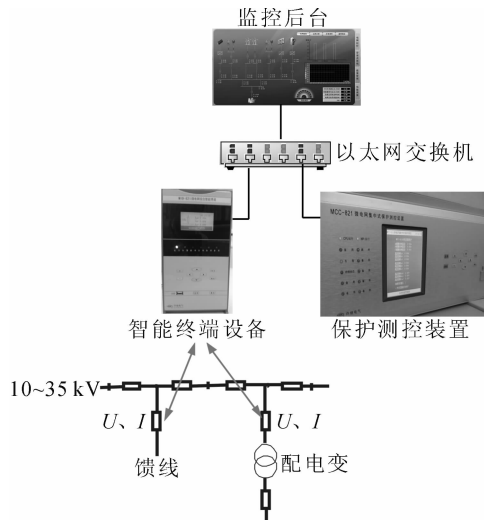


图 12 动模实验环境示意图

Fig. 12 Schematic diagram of dynamic simulation environment

利用智能终端设备采集配电变高压侧断路器的电压和电流值, 模拟高压侧发生短路故障, 设备将采集的故障电流以 SV 通信上送到交换机, 保护测控装置从交换机取到对应配电变的模拟量值进行差动保护判别, 触发差动保护动作, 动作的录波图形见图 14。

无论是通过模拟操作试验, 还是动模测试, 均可看出: 智能终端完全可以正确快速地完成预期的功能, 建模过程也简单便捷, 充分说明建模的思想和方法是正确的。

4 结语

笔者根据 IEC 61850 建模思想, 结合《DL/T 860 实施技术规范》, 针对智能终端装置进行了建模研究, 实例验证了通过这种建模方法得到的配置文件结构清晰、功能合理、性能稳定。在浙江温州南鹿岛海岛微电网动模实验中得到应用, 能够很好地满足工程需要。

参考文献:

- [1] 杨波. 基于 IEC 61850 的保护测控智能终端建模研究及通信实现[D]. 广州: 华南理工大学, 2012: 1-2.
YANG Bo. The IEC 61850-based modeling research and communication realizing of protection measuring control intelligent device[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2012: 1-2.
- [2] 张青青, 王庆玉. 电能质量监测终端的 IEC 61850 日志功能研究[J]. 电气应用, 2013, 32(21): 89-93.
ZHANG Qingqing, WANG Qingyu. IEC 61850 log function of the power quality monitoring terminal[J]. Electrotechni-

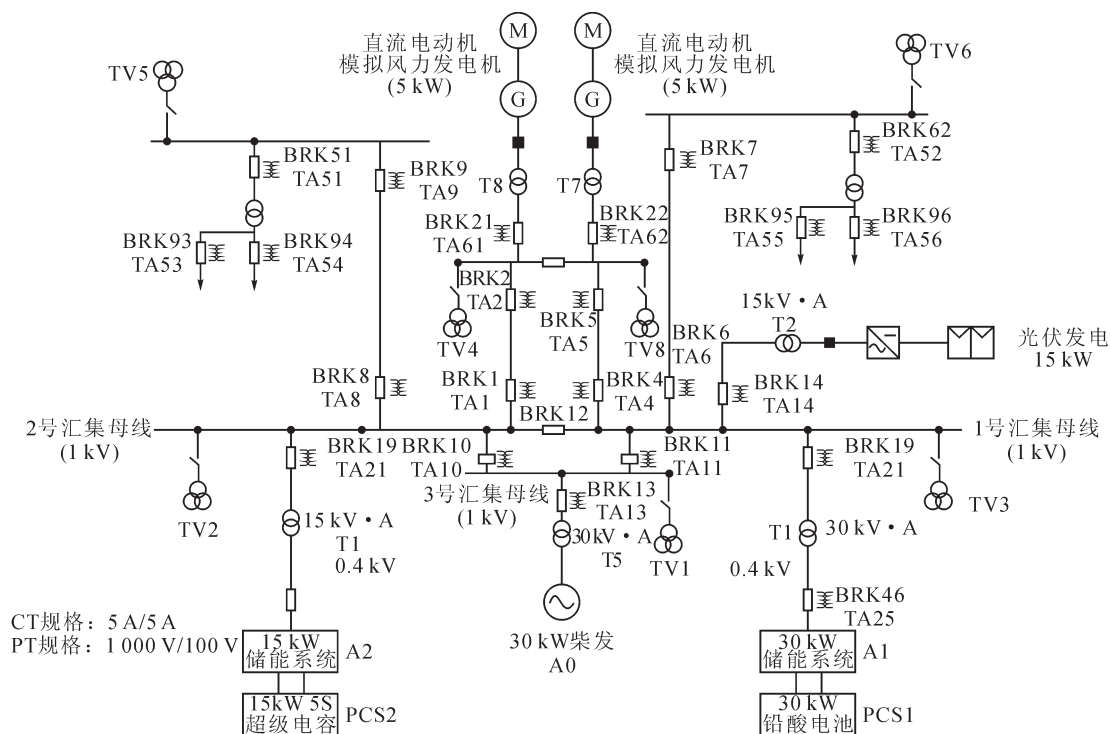


图 13 动模试验接线图

Fig. 13 The wiring diagram of dynamic simulation test

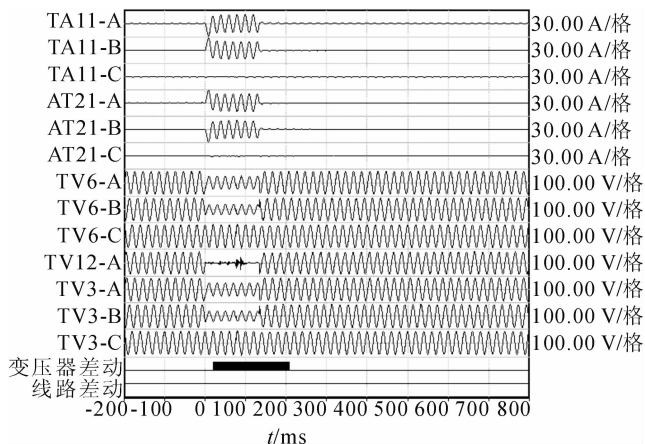


图 14 变压器差动保护动作录波图

Fig. 14 The protection action recorded diagram of transformer differential

cal Application, 2013, 32(21):89-93.

- [3] 王力, 朱冉. 基于 IEC 61850 标准的装置建模与工程应用[J]. 江苏电机工程, 2011, 30(1):26-28.

WANG Li, ZHU Ran. Device modeling and engineering application based on IEC 61850[J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2011, 30(1):26-28.

- [4] 唐海国, 冷华. 基于 DSP 和交换芯片的智能终端通信模块设计[J]. 电力 ICT, 2014, 12(3):13-18.

TANG Haiguo, LENG Hua. Design of an intelligent terminal communication module based on DSP and ethernet switch chip[J]. Electric Power ICT, 2014, 12(3):13-18.

- [5] 李鹏, 游大海. 基于 IEC 61850 的对象模型在电能质

量监测 IED 中的应用[J]. 电力系统通信, 2006, 27(12):66-70.

- LI Peng, YOU Dahai. Application of object model based on IEC 61850 in power quality monitoring IED[J]. Telecommunications for Electric Power System, 2006, 27(12):66-70.

- [6] 韩国政, 徐丙垠. 基于 IEC 61850 标准的智能配电终端建模[J]. 电力自动化设备, 2011, 31(2):104-107.

HAN Guozheng, XU Bingyin. Modeling of intelligent distribution terminal according to IEC 61850[J]. Electric Power Automation Equipment, 2011, 31(2):104-107.

- [7] 钱平, 郑海明. IEC 61850 通讯规约在 500 kV 芝堰变电站的应用[J]. 环境技术, 2010, 28(2):44-46.

QIAN Ping, ZHENG Haiming. Application of IEC 6185 communication protocol in 500 kV Zhiyan substation[J]. Environmental Science & Technology, 2010, 28(2):44-46.

- [8] 王莉, 华煌圣, 刘育权, 等. 一种基于 IEC 61850 标准的继电保护装置远方控制技术方案[J]. 南方电网技术, 2013, 7(2):83-87.

WANG Li, HUA Huangsheng, LIU Yuquan, et al. A remote control technology scheme for relay protective device based on IEC 61850 standard[J]. Southern Power System Technology, 2013, 7(2):83-87.

- [9] 韩法玲, 黄润长, 张华, 等. 基于 IEC 61850 标准的 IED 建模分析[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(19):219-222.

HAN Faling, HUANG Runchang, ZHANG Hua, et al. IED modeling analysis based on IEC 61850 standard[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(19):219-222.

- [10] 章书剑. 智能变电站智能终端建模研究[D]. 合肥: 合肥

- 工业大学,2012:7-10.
- [11] 罗四倍,黄润长. 基于 IEC 61850 标准而向对象思想的 IED 建模[J]. 电力系统保护与控制,2009,37(17):88-92.
LUO Sabei, HUANG Runchang. IED modeling based on object-oriented technology of IEC 61850 standard[J]. Automation of Electric Power Systems,2009,37(17):88-92.
- [12] 于广耀. Q/GDW 428—2010 智能变电站智能终端技术规范[S]. 2010.
YU Guangyao. Q/GDW 428—2010 The technical specification for intelligent terminal in smart substation[S].2010.
- [13] IEC 61850 Communication networks and systems in substations[S]. 2004.
- [14] 刘 曦,朱继红. 关于合并单元和智能终端应用模式的探讨[J]. 浙江电力,2011,3(4):15-16.
LIU Xi, ZHU Jihong. Discussion on application mode of merging units and intelligent terminals[J]. Zhejiang Electric Power,2011,3(4):15-16.
- [15] 王 健,张 锋. 基于 IECG 1850 标准的智能变电站设计[J]. 现代工业经济和信息化,2013,6(50):65-73.
WANG Jian, ZHANG Feng. The design of intelligent substation based on IECG 61850[J]. Modern Industrial Economy and Informationization,2013,6(50):65-73.
- [16] 朱炳铨. Q/GDW 396—2009 IEC 61850 工程继电保护应用模型[S]. 2009.
ZHU Bingquan. Q/GDW 396—2009 IEC 61850 engineering application model of relay protection[S]. 2009.
- [17] 陈国炎,张 哲. 基于 IEC 61850 的广域继电保护通信建模[J]. 电网技术,2012,36(6):56-63.
CHEN Guoyan, ZHANG Zhe. An IEC 61850 based communication model of wide-area relay protection[J]. Power System Technology,2012,36(6):56-63.
- [18] 刘益青,高厚磊,魏 欣,等. 智能变电站中过程层和间隔层功能一体化 IED 的设计[J]. 电力系统自动化,2011,35(21):58-62.
LIU Yiqing, GAO Houlei, WEI Xin, et al. Design of IED with integrated functions of process level and bay level in intelligent substation[J]. Automation of Electric Power Systems,2011,35(21):58-62.
- [19] 樊 鹏,周芝萍,张鹏远,等. 基于 PowerPC 的微电网智能终端设计[J]. 电气自动化,2014,36(1):85-87.
FAN Peng, ZHOU Zhiping, ZHANG Pengyuan, et al. Design of micro-grid intelligent terminal based on PowerPC[J]. Electrical Automation,2014,36(1):85-87.
- [20] 汝雁飞,杨洪涛,但富中. 数字化变电站中智能终端装置动作时延测试的研究[J]. 电工技术,2011,6(6):14-15.
RU Yanfei, YANG Hongtao, DAN Fuzhong. Digitalized substation research of intelligent terminal device delay test[J]. Electric Engineering,2011,6(6):14-15.
- [21] 康海珍,丁 美. 对数字化变电站 IEC 61850 标准的分析与探讨[J]. 电网与清洁能源,2013,29(1):40-44.
KANG Haizhen, DING Mei. Analysis and discussion of digital substation IEC 61850 standard[J]. Power System and Clean Energy,2013,29(1):40-44.
- [22] 王 宾,黄 磊,曹润彬,等. 智能变电站 126 kV 智能终端设计与测试方案研究[J]. 电力系统保护与控制,2014,38(1):119-125.
WANG Bin, HUANG Lei, CAO Runbin, et al. Design and test of 126 kV intelligent terminal in smart substation[J]. Power System Protection and Control,2014,38(1):119-125.

王留送(1983—),男,工程师,硕士,主要研究方向为智能电力设备及电力系统自动化、智能变电站过程层系统。

(编辑 吴俊丽)

(上接第 88 页)

- Annual Report Conference on Electrical insulation and Dielectric Phenomena. Shenzhen: IEEE,2013:382-386.
- [18] 刘学忠,高 超,邓显波,等. 高速气流对绝缘子表面放电特征的影响[J]. 电工技术学报,2010,25(12):16-21.
LIU Xuezhong, GAO Chao, DENG Xianbo, et al. Influence of high-speed airflow on surface discharge characteristics of insulator[J]. Transactions of China Electrotechnical Society,2010,25(12):16-21.
- [19] LIU X Z, WU Z W, ZHU Y Z, et al. Numerical simulation of airflow pressure distributions along insulator surface for electric high-speed locomotive[C]//8th International Conference on Properties and Applications of Dielectric Materials. Bali: IEEE,2006:526-529.
- [20] 陶文铨. 数值传热学[M]. 西安:西安交通大学出版社,2001.
- [21] 郎培英,黄 涛,梁义明. 支柱瓷绝缘子弯扭能力与声速关系的研究[J]. 高压电器,2009,45(3):120-123.
LANG Peiying, HUANG Tao, LIANG Yiming. Research on relationships of bending resistance and twisting resistance and sound velocity of post insulators[J]. High Voltage Apparatus,2009,45(3):120-123.
- [22] SHABANY Y. 传热学:电力电子器件热管理[M]. 北京:机械工业出版社,2013.
- 刘学军(1968—),男,硕士,副教授,研究方向为与电力设备相关的机械强度、流动与传热问题。
- 冯 涛(1969—),男,博士,教授,研究方向为与电力设备相关的振动与噪声问题。

(编辑 吴俊丽)