

DOI: 10.7667/PSPC150910

基于 IEC 60870-5-104 规约扩展的配电终端自描述功能实现方法研究

徐迅¹, 梅军¹, 钱超¹, 郑建勇¹, 王勇², 稽文路², 张明²

(1. 东南大学电气工程学院, 江苏 南京 210096; 2. 南京供电公司, 江苏 南京 210019)

摘要: 将 IEC 61850 标准运用到配电终端的建模中, 使原本缺乏描述的数据具备描述信息。为了解决 IEC 60870-5-104 协议不能传输终端描述信息的问题, 分析了儿种模型文件映射方法的优缺点, 提出了利用 104 扩展协议传输描述信息的实现方法。参考 IEC 60870-5-104 规约的报文格式, 设计用于传输装置自描述信息的报文, 实现配电终端的自描述功能, 并提出基于扩展 104 协议的终端描述信息更新机制。最终通过国电南瑞配电自动化系统试验论证了该方案的可行性。

关键词: IEC 61850; IEC 60870-5-104; 配电终端; 信息模型; 协议扩展; 自描述

Research method for implementation of the self-describing function of distribution terminals based on the extended IEC 60870-5-104 protocol

XU Xun¹, MEI Jun¹, QIAN Chao¹, ZHENG Jianyong¹, WANG Yong², JI Wenlu², ZHANG Ming²

(1. School of Electrical Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China;

2. Nanjing Power Supply Company, Nanjing 210019, China)

Abstract: In order to make the data lacking in descriptions enjoy self-describing information, the IEC 61850 is applied to the modeling of distribution terminal. The protocol IEC 60870-5-104 don't support the transmission of the self-describing information, the advantages and disadvantages of several model file mapping methods are analyzed and the extension to 104 protocol is put forward to solve the problem. The message used to transfer self-description information of devices is designed through referring to the message format of 104 protocol, which can realize the self-describing function of the distribution terminal. At the same time, a terminal description information update mechanism is proposed based on the extended 104 protocol. The feasibility of the scheme is confirmed by the test on the distribution automation system of NARI.

Key words: IEC 61850; IEC 60870-5-104; distribution terminal; information model; protocol extensions; self-description

0 引言

随着配网自动化程度不断提高, 配电终端与配电主站的信息交互变得越来越频繁。现有的通信方式中多采用 IEC 60870-5-101/104 协议, 其中 101 规约采用串行通信方式, 104 规约采用以太网 TCP/IP 通信方式, 这两种协议主要针对已知设备进行连接, 并且只能发送状态、采样、控制等数据信息, 对于信息的描述没有涉及。

为了实现配电终端的自描述功能, 文献[1]提出通过发现/注册机制完成配电主站与配电终端的配置。这种方法需要配电主站定时发送召唤信号。文献[2]提出可以使用 IEC 61850-7-2 标准中的 GetDirectory、GetDataDirectory 等服务来获得 IED 设备的自描述信息, 这种配置方式通过 IEC 61850 的通信服务返回值获得配置信息, 获取信息比较方便, 但是文中并没有给出相关服务的映射方法。文献[3-4]提出配电终端 SCL 数据模型和配电主站 CIM 数据模型的转换方式, 通过研究两种模型之间的数据映射, 将配电终端的模型信息转入到中间模型中, 再通过文档传送方式写入配电主站数据库中。这种方式需要

基金项目: 国家电网 2016 年科技项目“具备配电线路自愈网能力的智能配电监控终端技术研究”

配电主站侧对文档进行解析, 工作量比较大。

配电终端自描述功能主要包括终端模型的建立以及模型的传输这两方面的内容。本文提出一种新型配电终端自描述功能的实现方法。通过借鉴 IEC 61850 面向对象的建模思想完成配电终端的建模, 在模型中增加了远程维护和在线监测这两个逻辑设备。参考 IEC 60870-5-104 规约的报文格式, 设计用于传输装置描述信息的报文, 这种基于 104 规约扩展的方案解决了以往装置描述信息无法传输的问题, 从而实现配电终端的自描述功能。

1 配电终端的模型建立

1.1 配电终端的功能分析

配电终端是用于配电网的各种远方监测、控制单元的总称。目前, 常见的配电终端大致分为三个类型: 馈线终端(FTU), 配变终端(TTU)以及站所终端(DTU)。其中以馈线终端 FTU 最为常见^[5-6]。下面以 FTU 为例介绍配电终端的功能。

如图 1 所示, FTU 是集测量、保护、监控为一体的远程自动监控装置。FTU 的基本功能包括遥测、遥信、遥控, 故障检测与处理, 故障录波, 电能质量检测等。其中遥测、遥信、遥控即监控与数据采集(SCADA)功能。

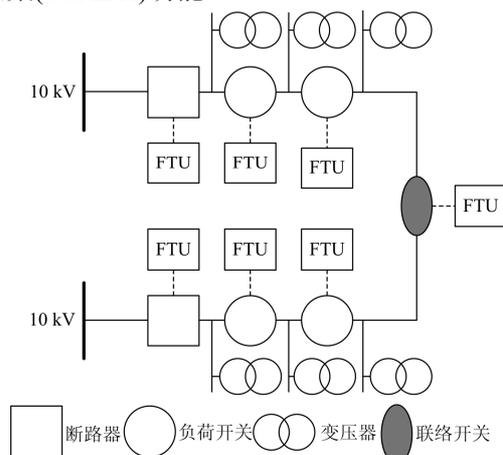


图 1 FTU 典型应用场合

Fig. 1 Typical applications of FTU

此外, 配电终端还具备远程维护和实时监测功能。配电终端的远程维护功能是在远方对配电终端运行及控制参数进行修改及调整, 该功能主要实现对保护定值等与系统运行相关的参数进行远程的修改及装置的相关维护工作, 以便减轻运行人员的设备维护工作量。配电终端的实时监测功能主要是对配电终端主要功能模块的运行状态进行实时检测, 如配电终端采样模块、控制模块及电源模块等主要

元部件的工作状态, 当配电终端设备相关功能模块运行出现异常时, 配电终端应能够对相关异常进行自检并评估故障的严重程度, 并及时将相关告警信号上送至主站, 以便运行维护人员能够及时发现并对故障进行处理, 从而保障系统的稳定、可靠运行。

1.2 配电终端的信息模型

针对国电南瑞的 PDZ800 配电自动化终端, 借鉴 IEC 61850 的建模思想, 建立了信息模型, 如图 2 所示。

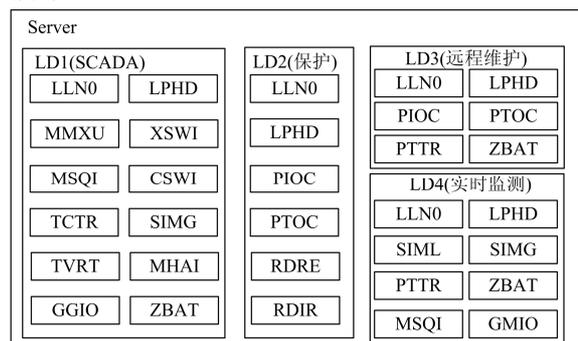


图 2 FTU 信息模型

Fig. 2 Information model of FTU

根据对 FTU 功能的分类, 将服务器(Server)划分为 4 个逻辑设备, 分别为 LD1(SCADA), LD2(保护), LD3(远程维护), LD4(实时监测)。很多论文都研究过 LD1(SCADA)和 LD2(保护)这两个逻辑设备的建模, 而对于 LD3(远程维护)和 LD4(实时监测)这两个逻辑设备建模的研究比较少^[7-8]。如图 2 所示, LLN0 和 LPHD 是每个逻辑设备不可缺少的两个逻辑节点, 其中 LLN0 包含逻辑设备里的公共信息, LPHD 含有与物理装置本身相关的信息。LD3 中的 PIOC、PTOC 是为了实现配电系统带时限过流和反时限过流的定值下发。ZBAT 是远方对配电终端的电池就地维护。LD4 中的 SIMG 和 SIML 是绝缘介质监视, 分别用来监视气体绝缘介质和液体绝缘介质。PTTR 是过热逻辑节点, 此逻辑节点适用于所有的过热功能。MSQI 监测不平衡电压、电流, 用来判断 PT、CT 是否断线。同时, 新建终端状态监测通用逻辑节点 GMIO, 对无法对应到 IEC 61850-7-4 中逻辑节点的监测量进行统一建模。

2 通信协议的选择

2.1 配电自动化系统常用的通信协议

由配电终端的工作方式可知, 配电终端的信息交换主要分为以下三类: 配电终端与电压、电流互感器之间的通信; 配电终端与配电终端之间的通信以及配电终端与配电主站之间的通信。IEC 61850

对于前两种信息交换方式给出了明确具体的规定，其中电压、电流互感器与配电终端的通信采用采样值传输服务，配电终端与配电终端之间采用 GOOSE 报文^[9-10]。而对于第三类通信，即配电终端与配电主站之间的通信，目前尚未实现统一的规定。为了实现配电终端的自描述功能，终端与主站的通信内容不仅要包含实时数据，还应该包括模型的描述信息。目前广泛应用的 104 规约仅能完成数据的传输，故模型描述信息的传输是实现配电终端自描述功能的关键。

图 3 给出了 5 种配电主站与配电终端信息交换的方式。

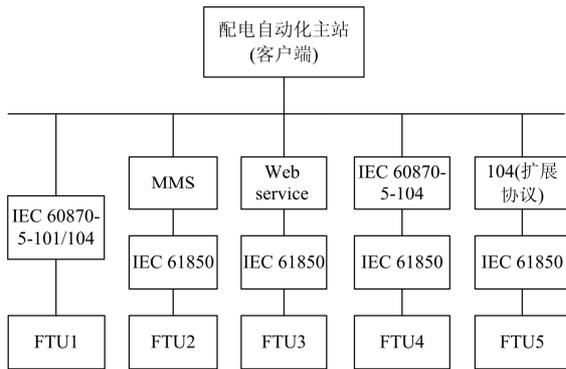


图 3 主站与终端间的通信方式

Fig. 3 Communications between the master station and the terminal

1) 传统配电网中，基于点表传输数据的 IEC 60870-5-101/104 协议是实现配电主站与配电终端通信的主要方式，如图中 FTU1 所示。这种方式只是完成了数据传输的任务，在数据实际传输的过程中，数据之间的关系容易丢失且在安装调试配电自动化系统时，需要在主站和终端间以人工的方式核对点表，工作量巨大且易发生错误。

在 IEC 61850 标准引入配电自动化系统后，借鉴 IEC 61850 的建模思想对配电终端进行功能建模成为一种趋势，这使得原先缺乏关联的数据具有了自描述的功能。然而 IEC 61850 标准并未规定具体的通信协议，选择哪种通信协议以及如何将模型映射到通信协议是实现配电终端自描述功能的关键。图中所示 FTU3、FTU4 和 FTU5 是将信息模型映射到三种不同的通信协议。

2) FTU2 将信息模型映射到 MMS 协议。MMS 协议具有完整的信息模型，可以通过将 IEC 61850 的信息模型映射到 MMS 的信息模型里面实现配电终端与配电主站的通信。但是由于 MMS 信息模型的层次与 IEC 61850 信息模型的层次有所不同，例

如 IEC 61850 里的逻辑节点、数据、控制等都要映射到 MMS 里的有名变量。这会造成调用逻辑节点信息的服务响应中包含大量冗余信息。又由于配电终端数量多，故这种方式不适用于配电系统。

3) FTU3 将信息模型映射到 IEC 60870-5-104 协议，这种方式可以实现配电终端与配电主站实时信息的传输，但是还不能支持用于获取终端信息模型的 GetServerDirectory 以及 GetLogicalDirectory 等服务。

4) FTU4 将信息模型映射到 Web services，Web services 技术是服务器程序通过 Internet 发布应用服务并能够被客户端程序远程调用的一种标准机制。Web services 不适合用于实时数据的传输^[11-12]，配电自动化系统通常会使用 IEC 60870-5-104+Web services 的方法实现配电主站与配电终端的通讯。但是配电自动化系统数据传输的安全性日益成为电网公司关注的焦点，因此，Web services 作为公有协议并不能保证数据传输的安全性。

5) 如图中 FTU5 所示，借鉴 IEC 60870-5-103 协议中的类型标识来扩展 IEC 60870-5-104 协议，使之不仅能够传输实时数据，还能通过召唤终端描述、应答等报文获取配电终端的信息模型，从而实现配电终端的自描述功能^[13-14]。

2.2 IEC 61850 模型映射到 IEC 60870-5-104

国际电工委员会制定了 IEC 61850-80-1，规范了 IEC 61850 模型向 IEC 60870-5-104 映射的方法。主站通过配置实现与终端信息模型的数据交换，配置方式有多种，常用的是以变电站配置描述语言形成的 SCL(Substation Configuration Language)文件。映射的框架图如图 4 所示。

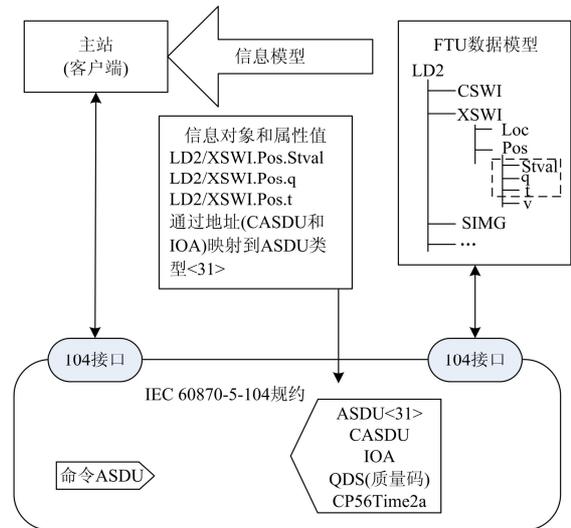


图 4 映射框架图

Fig. 4 Frame diagram of the mapping

其中, 逻辑设备序号映射到公共地址 CASDU (Common Address of ASDU)。逻辑节点序号和数据属性映射到信息对象地址 IOA(Information Object Address)。

如表 1 所示, “有功值”的地址是 1, “无功值”的地址是 2, “A 相电流幅值”是 3, 即相同类型的数据的地址是连续的。

由于传送的数据有各种类型, IEC 60870-5-104 定义了类型标识(TI)对不同的数据类型加以区别。例如类型标识 30(带 CP56Time2a 时标的单点信息)用来表示电池数据, 类型标识 31(带 CP56Time2a 时标的双点信息)用来表示开关位置数据, 类型标识 39(带 CP56Time2a 时标的继电保护启动事件)用来表示保护类数据。

表 1 数据地址

Table 1 Data address

量测名称	信息对象地址(IOA)
有功值	1
无功值	2
A 相电流幅值	3
B 相电流幅值	4
C 相电流幅值	5
功率因数	6

2.3 IEC 60870-5-104 的扩展

目前, 在工程实际中配电终端通常使用 FTP 上送模型文件, 配电主站通过解析配电终端的 SCL 文件, 将配电终端信息模型内的数据映射到 IEC 60870-5-104 中的地址信息中, 完成配电主站与配电终端的配置工作。这种方式实施起来简单方便, 但是模型文件的传输可能引起网络的延时, 影响实时数据的传输。

另外一种配置方式是借鉴 IEC 60870-5-103 协议中的类型标识, 并参考 104 规约的报文格式, 设计用于传输装置描述信息的报文^[15-17]。在 104 规约中扩展一种应用数据服务单元 ASDU, 采用八位位组串作为数据类型, 传送对应信息体的描述。终端装置在与主站连接后, 将装置的描述信息按照信息对象地址排列, 等待主站召唤命令。

遵循 104 规约对报文格式的基本定义, 扩展两种报文格式如表 2 和表 3 所示。

扩展报文的类型标识为 A0H, 其余的报文格式与 104 规约中要求相同。

扩展报文的类型标识为 A0H, 每个信息体的数据类型是八位位组串, 由终端控制每帧报文中送的信息对象的个数。

主站获取终端描述时使用的传送原因为总召

表 2 主站召唤终端描述的报文格式

Table 2 Message format for the master calling terminal description

类型标识	A0H	
可变结构限定词	104 规约中定义	数据单元 标识符
传送原因	104 规约中定义	
ASDU 公共地址	104 规约中定义	
信息对象地址	104 规约中定义	信息对象

表 3 终端应答的报文格式

Table 3 Message format for terminal response

类型标识	A0H	
可变结构限定词	104 规约中定义	数据单元 标识符
传送原因	104 规约中定义	
ASDU 公共地址	104 规约中定义	
信息对象地址	104 规约中定义	信息对象
八位位组串长度	单字节标识(1-255)	
八位位组串	ASCII 字符	

唤, 当主站系统重新启时或者当主站判断出终端装置为重新上电时, 发送召唤终端描述的报文, 终端装置收到召唤报文后将按照信息对象地址排列好的装置描述信息依次送至主站, 完毕后发送响应结束报文。

2.4 基于扩展 104 协议的终端描述信息更新机制

新上电的配电终端向配电主站发送 Register 信息进行注册请求, 此信息中包含配电终端的版本配置、名字、IP 地址等信息。配电主站收到 Register 信息后发送一次 Discover 信息给相应的终端来召唤终端的描述, 此信息中包括配电主站的名称、IP 地址等信息。配电终端收到 Discover 信息后将描述上送主站, 此后配电主站将新注册的配电终端上传的信息与主站已有的终端信息库进行比较。

处理结果分为三种情况, 如图 5 所示。

1) 配电主站的终端信息库中没有新注册的配电终端, 则配电主站要在终端信息库中增加相应的终端信息, 通过扩展 104 获取终端的模型信息, 并将全部信息按照信息对象地址录入数据库中, 并将信息对象地址与系统监视画面关联;

2) 配电主站的终端信息库中有新注册的配电终端, 则依次比较每一个信息对象地址的描述是否一致, 如果配置信息版本号等描述有所改变, 则需要更新相应信息对象地址下的描述信息, 并且自动更新系统监视画面中该信息对象地址的描述;

3) 新注册的配电终端的模型在配电主站中已经存在, 则配电主站可以直接获取配电终端的实时信息。

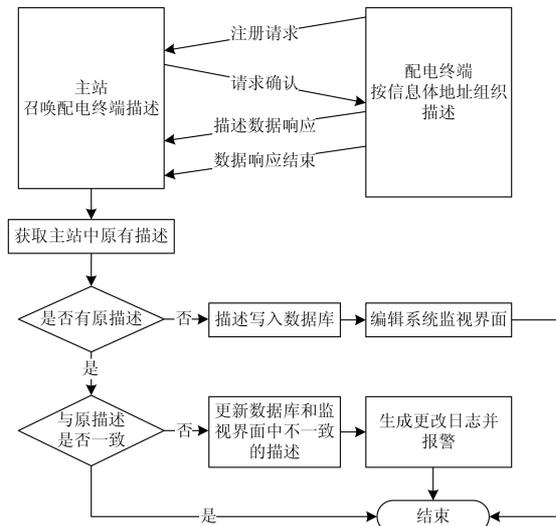


图 5 终端描述信息更新机制

Fig. 5 Terminal description information update mechanism

3 试验系统

3.1 配电终端自描述功能实现的基础

为了使采用 IEC 61850 标准建模的配电终端能够自动快速接入配电系统并实现自描述功能，国电南瑞自主研发的配电自动化管理系统通过终端注册、主站建模、模型映射、配置下发、终端接入等一系列步骤实现配电终端的即插即用。

1) 终端注册：与通常采用的发现/注册模型不同，在此系统中，当没有注册的配电终端接入系统后会主动将配电版本号、IP 地址发送给主站。主站识别到配电终端的地址后，通过召唤报文获取终端的自描述信息。这样减少了配电主站按时通过 UDP 发送“发现”命令的步骤。

2) 主站建模：配电主站获取配电终端的整个信息模型后，解析出模型中的数据及数据属性。然后根据模型中逻辑设备的划分，自动生成符合 IEC 61850-80-1 的信息点表，即各数据所对应的信息对象地址。

3) 模型映射：根据 IEC 61850-80-1 的映射规则，主站侧生成 IEC 61850 模型数据映射到 IEC 60870-5-104 地址信息中的映射文件。

4) 配置下发：映射文件生成之后，主站将映射文件下发给相应的终端设备。这样便完成了通信双方的配置工作，配电终端从而接入配电系统。

3.2 试验验证

试验系统如图 6 所示，主站采用 OPEN-3200，工作站为 HP 系列，采用 Linux 系统，编程软件使用 microsoft visual c++6.0。终端采用 PDZ800，该配

电自动化终端采用高配置的硬件平台进行开发。当配电终端上电或主站系统重启时，主站侧的管理界面立即显示主站发送的召唤报文，终端在 1 s 内会发送应答报文将自描述信息依次上发主站。经过多次试验，从主站发送召唤报文到终端回复应答报文之间的时间少于 1 s，完全满足配电自动化系统对时间的要求。

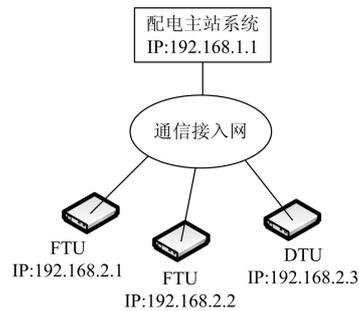


图 6 试验系统

Fig. 6 Test system

4 结论

本文建立了基于 IEC 61850 标准的配电终端信息模型，并在模型里增加了远程维护和实时监测功能的逻辑设备。在比较目前常用的通信协议的优缺点后，提出采用扩展的 IEC 60870-5-104 协议实现配电主站与配电终端的信息传递。配电终端的实时数据通过映射到 104 中的信息对象地址实现传输，配电终端的描述信息通过主站召唤终端描述报文和终端应答报文实现传输。其中，应答报文采用八位组串的数据类型传输装置描述信息，装置描述信息按照信息对象地址排列依次上传至主站。最终通过试验证明了扩展的 IEC 60870-5-104 协议在配电自动化系统应用的可行性。解决了常规 IEC 60870-5-104 协议不支持模型文件传输的问题。

参考文献

[1] 韩国政, 徐丙垠, 索南加乐, 等. 配电终端自动发现技术的实现[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(18): 82-85.
 HAN Guozheng, XU Bingyin, SUONAN Jiale, et al. Realization of automatic discovery technology for distribution terminals[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(18): 82-85.

[2] 石文江, 冯松起, 夏燕东. 新型智能配电自动化终端自描述功能的实现[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(4): 105-109.
 SHI Wenjiang, FENG Songqi, XIA Yandong. Realization of self description function of new intelligent distribution automation terminal[J]. Automation of Electric Power

- Systems, 2012, 36(4): 105-109.
- [3] 樊俊言. 馈线自动化终端设备的信息模型及接入方法研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2013.
FAN Junyan. Research for the information model and access method of feeder automation terminal equipment [D]. Chongqing: Chongqing University, 2013.
- [4] 罗建, 朱伯通, 蔡明, 等. 基于 CIM XML 的 CIM 和 SCL 模型互操作研究[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(17): 134-138.
LUO Jian, ZHU Botong, CAI Ming, et al. Interoperability of CIM and SCL model based on CIM XML[J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(17): 134-138.
- [5] 林功平, 徐石明, 罗剑波. 配电自动化终端技术分析[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(12): 59-62.
LIN Gongping, XU Shiming, LUO Jianbo. Technical analysis of distribution automation terminal[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(12): 59-62.
- [6] 徐丙垠, 李天友, 薛永端, 等. 智能配电网与配电自动化[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(17): 38-41.
XU Bingyin, LI Tianyou, XUE Yongduan, et al. Intelligent distribution network and distribution automation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(17): 38-41.
- [7] 袁龙, 滕欢. 基于 IEC 61850 的馈线终端的研究[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(12): 126-129.
YUAN Long, TENG Huan. The research of FTU based on IEC61850[J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(12): 126-129.
- [8] 齐昕, 张育臣, 唐喜, 等. 基于 IEC 61850 的配网成套开关状态监测系统研制[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(6): 109-114.
QI Xin, ZHANG Yuchen, TANG Xi, et al. Development of distribution network switchgear condition monitoring system based on IEC 61850[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(6): 109-114.
- [9] 韩国政, 徐丙垠, 索南加乐, 等. 基于 IEC 61850 的配网自动化通信技术研究[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(2): 62-66.
HAN Guozheng, XU Bingyin, SUONAN Jiale, et al. Communication technology for distribution automation based on IEC 61850[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(2): 62-66.
- [10] 张双悦, 王红, 杨士元, 等. IEC 61850 服务映射中的矛盾及一种解决方案[J]. 电力自动化设备, 2013, 33(3): 141-146.
ZHANG Shuangyue, WANG Hong, YANG Shiyuan, et al. The contradiction and solution of IEC 61850 mapping[J]. Electric Power Automation Equipment, 2013, 33(3): 141-146.
- [11] 陈志伟, 徐丙垠, 韩国政. IEC 61850 的 Web Services 映射及实现[J]. 电力自动化设备, 2013, 33(3): 136-140.
CHEN Zhiwei, XU Bingyin, HAN Guozheng. Web IEC 61850 service mapping and implementation[J]. Electric Power Automation Equipment, 2013, 33(3): 136-140.
- [12] 王成山, 武震, 李鹏. 微电网关键技术研究[J]. 电工技术学报, 2014, 29(2): 1-12.
WANG Chengshan, WU Zhen, LI Peng. Research on key technologies of micro grid[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2014, 29(2): 1-12.
- [13] 肖湘宁, 陈征, 刘念. 可再生能源与电动汽车充电设施在微电网中的集成模式与关键问题[J]. 电工技术学报, 2013, 28(2): 1-14.
XIAO Xiangning, CHEN Zheng, LIU Nian. Integrated mode and key issues of the integrated mode and key problem of the electric vehicle charging and discharging facilities in micro grid[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2013, 28(2): 1-14.
- [14] 张犁, 孙凯, 吴田进, 等. 基于光伏发电的直流微电网能量变换与管理[J]. 电工技术学报, 2013, 28(2): 248-254.
ZHANG Li, SUN Kai, WU Tianjin, et al. Energy conversion and management of DC micro grid based on photovoltaic power generation[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2013, 28(2): 248-254.
- [15] 张磊, 陈宏君, 吴相楠, 等. 基于扩展 103 规约的保护装置通信与调试系统设计[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(21): 126-130.
ZHANG Lei, CHEN Hongjun, WU Xiangnan, et al. Design of communication and debugging system of protection device based on extended 103 protocol[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(21): 126-130.
- [16] 余存, 黄利军, 黄浩然, 等. 基于 UML 状态图和 Qt 状态机框架的 IEC104 规约的分析与实现[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(15): 118-125.
YU Cun, HUANG Lijun, HUANG Haoran, et al. Analysis and implementation of IEC104 protocol based on UML state diagram and Qt state machine framework [J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(15): 118-125.
- [17] HAN Guozheng, XU Bingyin, SUONAN Jiale. IEC 61850-based feeder terminal unit modeling mapping to IEC 60870-5-104[J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2012, 27(4): 2046-2053.

收稿日期: 2015-06-02; 修回日期: 2015-11-20

作者简介:

徐 迅(1991-), 男, 硕士, 研究方向为智能电网;
E-mail: xuxun_seu@163.com

梅 军(1971-), 男, 博士, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为电力电子, 智能电网等;

钱 超(1990-), 男, 硕士, 研究方向为智能电网。

(编辑 魏小丽)