

DOI: 10.7667/PSPC150732

# 基于 IEC 61850 的电动汽车充电站远动通信建模

黎永昌, 王钢, 梁远升, 曾德辉

(华南理工大学电力学院, 广东 广州 510640)

**摘要:** 为保障电动汽车充电站大规模接入情况下的配电网可靠稳定运行, 基于 IEC61850 标准展开电动汽车充电站与配电调度控制中心的远动通信建模研究。依据典型电动汽车充电站的一次系统架构及通信系统构成, 提出了符合 IEC61850 标准的远动通信架构。在分析总结电动汽车充电站远动通信需求的基础上, 通过 IEC61850-7-4 以及 IEC61850-7-420 所定义逻辑节点构建远动通信模型。搭建远动通信仿真平台进行测试, 结果证明了该远动通信架构以及通信建模方案的有效性。

**关键词:** 电动汽车; 充电站; IEC 61850; 远动; 通信建模

## IEC61850-based electric vehicle charging station telecontrol communication information modeling

LI Yongchang, WANG Gang, LIANG Yuansheng, ZENG Dehui

(School of Electric Power, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** To guarantee safe and reliable operation of distribution network in the case of electric vehicle charging stations increasing fast, this paper carries out research on electric vehicle charging station telecontrol communication modeling based on IEC 61850. It presents a telecontrol communication architecture that complies with IEC 61850, and summarizes its telecontrol communication information requirement. Then the telecontrol communication model construction is achieved through the use of logical nodes defined in IEC 61850-7-4 and IEC 61850-7-420. Finally, the communication architecture and model are verified on simulation platform. Result shows that the communication architecture and model is feasible.

This work is supported by National Natural Science Foundation of China (No. 51477057).

**Key words:** electric vehicle; charging station; IEC 61850; telecontrol communication; communication modeling

## 0 引言

随着电动汽车的推广普及, 作为配套设施的电动汽车充电站(简称充电站)的规模以及数量不断增长, 充电站负荷占配网总负荷的比重亦不断提高<sup>[1-2]</sup>。充电站负荷具有时空随机性强、负载变化率大以及谐波污染严重等特性, 若不对其加以监视与控制, 将严重影响配电网的电能质量以及可靠、经济运行, 给配电网的调度管理带来更多的不确定性<sup>[3-5]</sup>。因此, 配电调度控制中心亟需与区内各充电站进行远动通信, 实时掌握电压、谐波、三相不平衡度等电气参数, 以及时响应控制决策, 从而确保配电网安全稳定运行、实现全局电能质量优化。上述远动通信的

实现, 重点在于建立合理的通信架构以及规范的通信模型。

目前针对充电站远动通信及其建模的报道主要侧重于通信方式以及组网方案的研究。文献[6]基于电力调度管理通信的需求分析研究了充电站参与调度通信的解决方案, 并介绍了通信方式的选择以及各种通信技术的组合应用; 文献[7]提出采用 OPPC 新型电力特种光缆、MSTP 光纤通信网技术以及 IP PBX 话音数据一体技术的电动汽车充电站通信专网建设方案, 以实现电动汽车充电站的线路保护、调度自动化以及计费计量系统通信。上述研究尚未深入至通信建模层面。

为满足在配网自动化系统中应用 IEC61850 以增强设备互操作性、减少安装和维护工作量的发展趋势<sup>[8]</sup>, 本文基于 IEC61850 开展充电站远动通信建

模研究, 首先根据充电站的一次系统架构和通信系统构成进行远动通信架构的分析、设计, 进而总结归纳该通信架构下的远动通信需求, 通过 IEC 61850-7-4 以及 IEC61850-7-420 所定义逻辑节点实现远动通信模型的构建, 最终通过远动通信测试平台验证所提通信架构及建模方案的有效性。

## 1 远动通信架构

### 1.1 通信分层

典型充电站的一次系统架构如图 1 所示, 包括供配电、充换电以及站用电等一次设备。其中供配电设备包括高压开关柜、配电变压器、有源滤波器以及无功补偿柜; 充换电设备则包括低压开关柜、交直流充电桩以及快换机等。上述一次设备均配置有保护、测控相关的智能电子装置(简称保护、测控 IED), 同时站内配置监控主机和远动通信装置(简称远动 IED)分别实现全站监控管理以及远动通信。



图 1 电动汽车充电站一次系统架构  
Fig. 1 EV charging station electric architecture

根据 IEC61850 通信分层原则, 将充电站内部通信系统划分为站控层、间隔层以及过程层, 如图 2 所示。站控层由监控主机、远动 IED 构成, 间隔层则包括冲换电设备、供配电设备的保护测控 IED, 过程层对应断路器、隔离开关等开关设备智能终端以及互感器合并单元等设备。远方的配电调度控制中心则划分为远动层。由此形成由远动层、站控层、间隔层以及过程层组成的充电站分层通信架构。

在此分层通信架构下, 间隔层的保护、测控 IED 通过过程总线上传输的 SV 和 GOOSE 报文实现对过程层设备的测量、状态监视、保护与控制。监控主机和远动 IED 则通过站层总线与间隔层的保护、测控 IED 进行站层通信, 以汇总间隔层 IED 的保护、测量以及状态信息并下发相关调控指令。同时, 远动 IED 通过调度通信网与位于远动层的配电调度控

制中心交互信息。

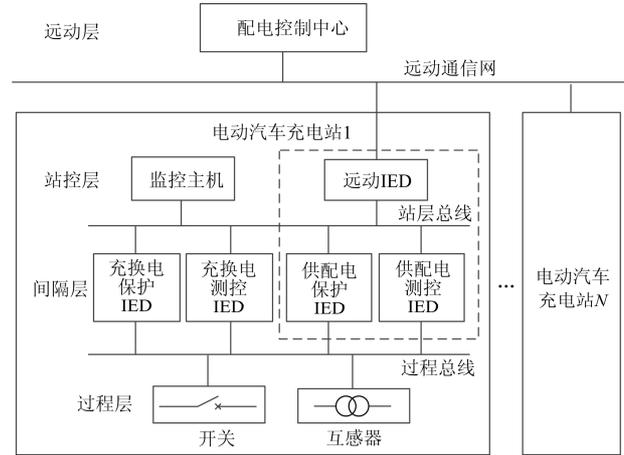


图 2 电动汽车充电站远动通信架构  
Fig. 2 EV charging station network architecture

### 1.2 远动 IED 通信范围

配电网自动化系统中与配电调度控制中心进行通信的远动终端数量极大, 为保障配电调度控制中心的通信、管理决策效率, 远动终端应尽量精简其通信内容。

充电站远动 IED 的通信内容与其在间隔层的通信范围有关。间隔层中, 充电桩、充电柜等充换电设备保护、测控 IED 的通信数据量大且与配电运行管理联系不大, 应仅与站内的监控主机交互, 不参与远动通信; 而变压器、高压开关柜、有源滤波器以及无功补偿柜等供配电设备保护、测控 IED 的通信信息涉及到配电网的运行管理, 如电能质量监控、故障定位、隔离以及恢复等, 应由远动 IED 进行汇总、转发。

因此, 本文限定远动 IED 在间隔层的通信范围为供配电设备的保护、测控 IED, 如图 2 虚线框所示, 以减少远动信息冗余、优化通信和监控效率。

### 1.3 通信映射

为适应通信技术的快速发展, IEC61850 设计了抽象通信服务接口(ACSI)以及特殊通信服务映射(SCSM), 实现抽象信息模型与具体通信协议的分离。其中 ACSI 仅仅是抽象概念的通信对象与服务的集合, 需要通过 SCSM 映射至具体通信协议的对象与服务才能实现通信功能。

实际应用中, IEC61850 推荐将站层通信映射至以高实时性以及强大性能而著称的制造业报文规范(MMS)。目前亦有研究证明了 MMS 应用在远动通信中的可行性<sup>[9]</sup>。因此, 在上述充电站远动通信架构下, 本文将远动 IED 的站层通信以及远动通信均映射至 MMS。

## 2 充电站远动通信需求

远动通信主要为遥测、遥信、遥控、遥调以及保护等信息的交换。为方便远动通信 IEC61850 模型的构建, 本文根据 IEC61850 将功能进行模块化分解、组合的信息建模原则, 对前述远动通信范围所涉及的通信信息进行归纳、分类:

1) 基础信息, 包括充电站铭牌、操作信息以及当前整体运行状况。其中操作信息用于提示该负荷为充电站以及该负荷的电气量限制定值等信息。

2) 测量和计量信息, 包括该充电站配电变压器的电压、电流、功率以及全站谐波含量、功率因数、计量、扰动记录信息。

3) 状态和控制信息, 包括: 高压开关柜内各隔离开关和断路器的位置状态、无功补偿设备的投运状态以及状态变位 SOE 信息; 各隔离开关、断路器、无功补偿设备的控制信息。

4) 保护信息, 供配电设备的保护配置和告警信息, 以及保护动作 SOE 信息。

## 3 远动通信建模

IEC61850 远动通信模型的建立, 主要是依据上述远动通信需求进行“服务器-逻辑设备-逻辑节点-数据对象”层次的内容组织。

### 3.1 服务器以及逻辑设备

IEC61850 中的服务器模型一般根据通信接入点的数量进行设置。远动 IED 与配电调度控制中心、供配电设备保护测控 IED 分别进行远动通信、站层通信, 相对应地, 在信息模型中设置远动通信接入点服务器 S1 以及站层通信接入点服务器 S2。

服务器模型的内部, 根据功能分类, 下设一个或多个逻辑设备, 其中每个逻辑设备代表着一组实际功能, 其内部包含与实际功能相关的逻辑节点。对于远动通信服务器 S1, 依据远动通信需求分类配置逻辑设备, 对应关系如表 1 所示。

表 1 逻辑设备定义

Table 1 Logical device definition

逻辑设备名称	对应信息需求
公共逻辑设备 LD0	基础信息
测量逻辑设备 MEAS	测量和计量信息
控制逻辑设备 CTRL	状态和控制信息
保护逻辑设备 PROT	保护信息

站层通信服务器 S2 则根据充电站间隔层供配电设备保护测控 IED 建模, 每台实际的 IED 对应 S2 接入点下的一个逻辑设备, 以方便管理。

### 3.2 逻辑节点以及数据对象

作为通信模型的核心, 逻辑节点代表着通信设备的基本功能, 是信息建模中最为重要的部分。本文重点分析远动通信 S1 接入点下属各逻辑设备的逻辑节点及数据对象配置。

#### (1) 公共逻辑设备 LD0 下属逻辑节点

公共逻辑设备 LD0 应设置包含充电站基础信息的逻辑节点, 用于向调度控制中心提供整体概况。

目前 IEC61850 中尚未存在针对充电站的逻辑节点定义, 但充电站地理位置分散、负荷波动性强以及谐波、无功问题突出的特性与分布式电源非常相似。对配网控制中心而言, 可以将充电站等效为特殊的分布式能源, 从而采取与分布式电源类似的无功、谐波监控策略。因此, 本文使用 IEC61850-7-420 中定义的分布式能源通信逻辑节点对充电站远动基本信息进行建模。

IEC61850-7-420 中定义了 DER 逻辑节点类以及 ECP 逻辑节点类<sup>[10]</sup>, 分别用于分布式能源发电站内单个分布式能源的监控通信建模以及分布式能源发电站的并网点监控通信建模。本文采用 ECP 逻辑节点类对通信需求框架中的基础信息进行建模, 具体对应关系如下:

1) 充电站铭牌信息。采用企业信息逻辑节点 DCRP, 该逻辑节点下设有所有者 Ownership 以及位置 Location 数据对象, 用于充电站的身份辨识。

2) 充电站操作信息。采用连接点操作信息逻辑节点 DOPR, 用于提供充电站供配电设备的操作信息, 下设接入点类型以及接入点电气量限制定值等数据对象。

其中, 接入点类型 ECPTtype 用于提示配电调度控制中心该接入点对应充电站负荷。鉴于 IEC 61850-7-420 没有定义电动汽车充电站的接入类型, 本文对其进行数据对象取值扩展。扩展后的取值定义见表 2, 其中自定义了取值“5”对应充电站接入当地配电网。可以看到, 该数据对象取值范围内仍

表 2 接入点类型定义

Table 2 ECPTtype definition

取值	定义
0	未应用/未知类型
1	单个分布式电源与当地负载的连接
2	一组分布式电源与当地电网的连接
3	带负载的当地电网与区域电网的连接
4	不带负载的当地电网与区域电网的连接
5	电动汽车充电站接入当地电网
99	其他

有大量取值未使用，可供未来不同类型充电站接入情况下的取值定义。

接入点电气量限制定值为配电调度控制中心提供运行特性参数，包括功率、电压以及频率限制定值。

3) 充电站整体运行状态。采用 ECP 状态逻辑节点 DPST，下设 ECPConn 数据对象提供实时运行状态信息。

(2) 测量逻辑设备下属逻辑节点

为充分满足电气测量、计量需要，于测量逻辑设备下设 MMXU 测量、MMTR 计量、MHAI 谐波以及 RDRE 扰动记录逻辑节点。

MMXU 用于配电变压器高压侧的电气量数据的记录，其数据对象包含各相电压、电流；各相有功、无功、视在功率；平均功率因数、相功率因数以及频率。MMTR 为计量逻辑节点，其记录对象包括视在电能、有功电能以及无功电能。MHAI 则主要用于记录由于充电站内整流设备工作产生的奇次谐波以及间谐波。RDRE 是具有扰动记录功能的逻辑节点，实现录波数据的记录。以上逻辑节点的数据来源是测量用电压、电流互感器逻辑节点 TVTR 和 TCTR。

(3) 控制逻辑设备下属逻辑节点

控制逻辑设备用于实现配电调度控制中心对充电站内配电变压器高压侧断路器、隔离开关以及低压侧无功补偿设备进行的遥控和遥调操作。

对断路器和隔离开关的遥控操作，涉及 CSWI、XCBR 以及 XSWI 逻辑节点。XCBR 和 XSWI 逻辑节点对应断路器和隔离开关物理设备，而 CSWI 逻辑节点作为开关控制器向 XCBR 逻辑节点和 XSWI 逻辑节点发出控制指令。闭锁功能对应逻辑节点 CILO，遥控开入、遥控自检以及软压板则通过通用输入输出逻辑节点 GGIO 实现。

另外，为实现配电调度控制中心对充电站内无功补偿设备的控制，设置无功控制逻辑节点 ARCO。

(4) 保护逻辑设备下属逻辑节点

保护逻辑设备向配电调度控制中心提供充电站供配电设备的保护配置、定值以及告警、动作信息。

保护逻辑设备下属逻辑节点与充电站具体保护配置有关，如 PTOC 过流保护、PTUV 低压保护等。在配置相关保护原理的逻辑节点时，使用电压互感器 TVTR 以及电流互感器 TCTR 提供保护用测量信息。保护出口以保护跳闸逻辑节点 PTRC 实现，保护开入、自检以及告警则使用逻辑节点 GGIO。

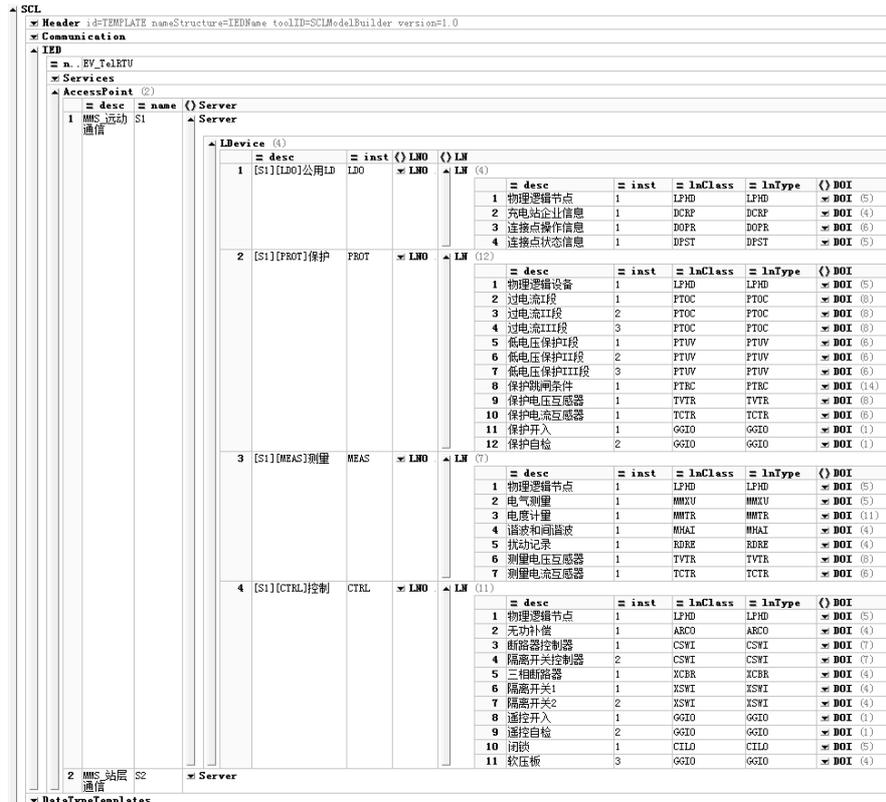


图 3 充电站远动 IED 的 SCL 配置信息

Fig. 3 Electric vehicle charging stations telecontrol communication IED SCL configuration information

### 3.3 实例建模

基于上述通信建模分析, 采用 SCLbuilder 工具对图 1 所示典型电动汽车充电站中的远动 IED 进行通信模型配置。最终的 SCL 配置信息如图 3 所示, 名为 EV\_TelRTU 的 IED 下属 MMS 远动通信接入点 S1, S1 下属逻辑设备以及逻辑节点的配置如前文所分析, 充电站远动通信需求在该通信模型中均得到了体现。

## 4 远动通信测试

为验证本文所提出的分层分区通信架构以及信息建模方案的有效性, 搭建如图 4 所示测试平台进行通信测试。

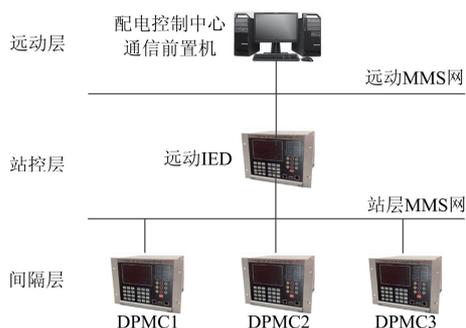


图 4 通信测试平台

Fig. 4 Communication test platform

测试平台包括配电调度中心的通信前置机、远动 IED、保护测控装置以及交换机等网络设备。通信前置机为运行 MMS 客户端的 PC 主机, 同时使用 Wireshark 网络报文分析软件记录通信报文以供分析验证。远动 IED 以及间隔层供配电设备保护测控装置 DPMC1/2/3 均为高性能嵌入式智能电子装置, 于 Linux 系统平台使用 MMS-EASE Lite 套件进行 MMS 通信。

通信测试内容覆盖远动 IED 与通信前置机的通信初始化以及报告上送、远方控制、文件传输服务。以通信前置机与远动 IED 的通信初始化为例, 二者建立通信链接后, 通信前置机通过读服务器目录、读逻辑设备目录、读逻辑节点目录等 ACSI 服务获取远动 IED 的通信模型信息, 图 5 所示为读逻辑设备服务(经 SC5M 映射至 MMS 的读有名变量表服务 getNameList)的返回报文, 经解析可知读取了名为 EV\_TelRTU 的 IED 下属的 4 个逻辑设备, 与图 3 中的远动 IED 模型配置信息一致。

通信初始化后, 远动 IED 顺利通过报告服务向通信前置机上送遥测量、状态量、保护动作以及告

警信号, 并在故障发生后通过文件传输服务上传录波以及故障报告文件至通信前置机; 而通信前置机则通过远方控制服务实现了对断路器、隔离开关以及无功补偿装置的控制, 证明了本文所提远动通信架构以及通信建模方案的有效性。

```

MMS
├─ confirmed-ResponsePDU
│   └─ invokeID: 1
│       └─ confirmedServiceResponse: getNameList (1)
│           └─ getNameList
│               └─ listOfIdentifier: 4 items
│                   └─ Identifier: EV_TelRTUCTRL
│                       Identifier: EV_TelRTULDO
│                           Identifier: EV_TelRTUMEAS
│                               Identifier: EV_TelRTUPROT
│                                   moreFollows: False
└─ 0000 14 cf 92 f6 4c de 08 00 27 50 cc 1c 08 00 45 00
    0010 00 83 03 69 40 00 80 06 96 62 ac 18 04 3d ac 18
    0020 04 3c 00 66 ff 5b 32 3f aa 64 91 d2 7d 3c 50 18
    0030 f9 f7 6a cc 00 00 03 00 00 5b 02 f0 80 01 00 01
    0040 00 61 4e 30 4c 02 01 03 a0 47 a1 45 02 01 a1
    0050 40 a0 3b 1a 0d 45 56 5f 54 65 6c 52 54 55 43 54
    0060 52 4c 1a 0c 45 56 5f 54 65 6c 52 54 55 4c 44 30
    0070 1a 0d 45 56 5f 54 65 6c 52 54 55 4d 45 41 53 1a
    0080 0d 45 56 5f 54 65 6c 52 54 55 50 52 4f 54 81 01
    0090 00
  
```

图 5 读逻辑设备服务返回报文

Fig. 5 getNameList service response PDU

## 5 结论

电动汽车充电站与配电调度控制中心的可靠远动通信有利于配网的安全可靠运行以及全局电能质量优化。本文研究电动汽车充电站的远动通信建模, 提出了遵循 IEC61850 标准的充电站远动通信架构, 并划定远动 IED 在间隔层的通信范围以减少信息冗余、提高通信和管理效率, 进而总结远动通信需求、进行模型分析和实例建模, 最终通过通信测试证明了所提远动通信架构和通信建模方案的有效性。

## 参考文献

- [1] SHAO S, PIPATTANASOMPORN M, RAHMAN S. Challenges of PHEV penetration to the residential distribution network[C] // Power & Energy Society General Meeting, 2009. PES'09. IEEE, 2009: 1-8.
- [2] 许庆强, 寇英刚, 马建伟, 等. 电动汽车充换电设施典型设计方案研究[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(13): 118-124.
- [3] XU Qingqiang, KOU Yinggang, MA Jianwei, et al. Research on typical design scheme of charging/battery swap infrastructure for electric vehicle[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(13): 118-124.
- [3] 胡泽春, 宋永华, 徐智威. 电动汽车接入电网的影响与利用[J]. 中国电机工程学报, 2012, 32(4): 1-10.
- [3] HU Zechun, SONG Yonghua, XU Zhiwei. Impacts and

- utilization of electric vehicles integration into power systems[J]. Proceedings of the CSEE, 2012, 32(4): 1-10.
- [4] 郭煜华, 范春菊. 含大规模电动汽车的配电网保护技术研究[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(8): 14-20.  
GUO Yuhua, FAN Chunju. Research on relaying technologies of distribution network including mass electric vehicles[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(8): 14-20.
- [5] 刘辉, 魏岩岩, 汪旒, 等. 电动汽车入网一次调频控制策略研究[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(23): 90-95.  
LIU Hui, WEI Yanyan, WANG Ni, et al. V2G control for EVs participating in primary frequency regulation[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(23): 90-95.
- [6] 王志进. 电动汽车充电站电力调度通信建设方案研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2011.  
WANG Zhijin. Electric car battery charging station power communications construction scheme research[D]. Beijing: North China Electric Power University, 2011.
- [7] 王志进. 电动汽车充电站电力通信方案[J]. 农村电气化, 2011(6): 23.  
WANG Zhijin. Electric car battery charging station power communications scheme[J]. Rural Electrification, 2011(6): 23.
- [8] 韩国政, 徐丙垠, 索南加乐, 等. 基于 IEC61850 的配电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, SUNAN Jiale, et al. Communication technology for distribution automation based on IEC 61850[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(2): 62-66.
- [9] 王德文, 朱永利, 邸剑. 利用 IEC61850/MMS 的电力远动实时数据交换新方法[J]. 中国电机工程学报, 2008, 28(1): 65-70.  
WANG Dewen, ZHU Yongli, DI Jian. A new approach to exchange real-time data of power telemonitoring systems by using IEC 61850/MMS[J]. Proceedings of the CSEE, 2008, 28(1): 65-70.
- [10] IEC 61850-7-420 communication networks and systems for power utility automation — part 7-420: basic communication structure — distributed energy resources logical nodes[S].

---

收稿日期: 2015-05-04

作者简介:

黎永昌(1990-), 男, 硕士研究生, 研究方向为 IEC61850、数字化变电站; E-mail: 394757534@qq.com

王 钢(1966-), 男, 通信作者, 博士, 教授, 研究方向为电力系统保护与控制; E-mail: wangg@scut.edu.cn

梁远升(1980-), 男, 博士, 讲师, 研究方向为数字化变电站、IEC61850。E-mail: yshliang@scut.edu.cn

(编辑 张爱琴)