

DOI: 10.7667/PSPC171212

小区电动车充电服务平台技术方案探讨

李洪峰¹, 陈志刚¹, 郭葳¹, 徐石明², 苏杭¹

(1. 许继电气股份有限公司, 河南 许昌 461000; 2. 国电南瑞科技股份有限公司, 江苏 南京 210000)

摘要: 为了解决城市居民小区的电动自行车、电动慢速车、电动汽车等电动车充电面临的充电模式单一、支付手段单一、充电设施缺乏有效运营管理和充电设施无法实现共享等问题, 提出了构建小区电动车充电服务平台的设想。通过小区电动车充电服务平台总体目标、方案、架构和关键技术领域的分析探讨, 提出了小区电动车充电服务平台技术解决方案, 通过小区电动车充电服务平台网站及手机 APP 的示范应用解决了小区电动车充电面临的问题。示范应用结果表明, 居民小区电动车充电服务平台技术方案有效地解决了小区充电面临的问题, 为居民小区电动车充电服务业务发展提供了重要的理论依据和应用探索, 具有重要的研究和应用价值。

关键词: 电动自行车; 电动慢速车; 小区; 充电服务平台; 手机 APP

Discussion on the technical scheme of community electric vehicle charging service platform

LI Hongfeng¹, CHEN Zhigang¹, GUO Wei¹, XU Shiming², SU Hang¹

(1. XJ Electric Co., Ltd., Xuchang 461000, China; 2. NARI Group Co., Ltd., Nanjing 210000, China)

Abstract: The charging of electric vehicles in residential area, such as electric bicycle, electric slow vehicle, electric car, etc. has the problems that charging mode and payment means are single, charging infrastructure lacks of effective operation management and cannot be shared, etc. To solve these problems, this paper puts forward an idea of establishing charging service platform for electric vehicles in residential area. The overall target, plan, architecture and key technologies of electric vehicle charging service platform in residential area are analyzed and discussed, and the technology solutions of electric vehicle charging service platform in residential area are proposed. Through the demonstration and application of website and mobile APP of electric vehicle charging service platform in residential area, the problems of electric vehicle charging in residential area are solved. The demonstrative application shows that electric vehicle charging service platform scheme in residential area effectively solves the charging problems, providing a theoretical basis for business development of electric vehicle charging service in residential area. It has important research and application value.

This work is supported by National Key Research and Development Program of China (No. 2016YFB0101800).

Key words: electric bicycle; electric slow vehicle; residential area; charging service platform; mobile APP

0 引言

随着我国电动汽车产量的快速攀升, 国家对电动汽车充电设施建设的布局规划逐步明晰, 社会多元化资本的投入不断加大, 多种充电创新服务商业模式不断探索实践, 城市居民小区建设充电桩成为整个社会关注的热点^[1]。

在我国 2015—2020 年电动汽车充电基础设施发展指南中, 分场所建设目标已经明确了在居民小区等单位内部停车场建设超过 150 万个用户专用充

电桩, 因此居民小区与使用者居住地充电成为电动汽车补给能源的主要方式, 但这种模式目前存在以下问题:

1) 居民小区面向电动自行车/电动三轮车、电动慢速车等电动车提供充电服务的充电设施, 存在充电模式单一、支付手段单一, 同时充电设施缺乏有效的运营管理和共享模式, 充电设施无法实现共享, 存在信息孤岛^[2]。

2) 居民小区个人停车位和公共停车位自建的充电桩仅仅是自用, 充电设施的利用率低, 造成充电资源浪费, 并且相对于公共充电站而言, 居民小区个人自建的充电桩缺乏专业的运维管理, 难以实

现基于互联网/移动互联网的远程智能化服务和统一管理^[3-4]。

3) 居民小区建设充电桩, 对整个小区而言引入了新的用电负荷, 造成居民小区已有供电容量不足, 需要综合考虑居民小区已有配电容量、小区负荷用电特性、电动车充电特性和车主用户充电习惯与需求等多种因素, 实现居民小区已有用电需求和新增电动汽车充电需求的能源生态平衡^[5-6]。

针对上述问题, 如何快速寻找解决对策和方案成为制约小区电动车充电服务发展的关键因素。

以居民小区为基本单位, 基于互联网和移动互联网, 结合居民小区电动车(电动自行车/电动三轮车、电动慢速车、电动汽车)的充电需求, 提出涵盖交直流充电设施系统集成、监控与运营管理和公共服务平台的三级架构居民小区电动车充电整体解决方案, 构建居民小区电动车充电服务平台(以下简称小区充电平台), 通过信息互动、协调一致的就地控制策略以及智能化的服务和消费引导, 解决居民小区电动车充电设施存在的充电模式与支付手段单一、缺乏有效的运营管理和共享模式等问题, 从而提高充电设施的利用率, 实现充电设施智能化的远程服务和统一管理^[7-8]。

1 小区充电平台需求

居民小区充电设施服务的车辆类型众多, 包括电动自行车、电动三轮车、电动慢速车、电动汽车等, 需要从电动车辆的运行特点、车辆的充电模式、充电接口及支付方式等多个方面进行充电需求分析^[9-10], 为后续居民小区充电平台提供必要的支撑。

1) 电动自行车: 晚上集中停放充电, 白天存在补电的情况, 需要交流慢速充电模式、充电接口 220 V/AC、配套充电适配器 48 V/10 A、充电功率 100~350 W、充电卡支付方式等^[11-12]。

2) 电动三轮车: 晚上集中停放充电, 白天存在补电的情况, 需要交流慢速充电模式、充电接口 220 V/AC、配套适配器 60 V/20A、充电功率 500~1400 W、充电卡支付方式等^[13-14]。

3) 电动慢速车: 晚上集中停放充电, 白天存在补电的情况, 需要交流慢速充电模式、充电接口 220 V/AC、配套适配器 60 V/20 A、充电功率 2 kW~3 kW、充电卡或者手机扫描支付方式等^[15-16]。

4) 电动汽车: 私家车随时随地充电, 需要随时了解充电消费情况, 需要交流慢速充电、直流快速充电, 充电接口 220 V/AC 32 A, 充电功率 20 kW、充电卡或者手机扫描支付方式^[17]。

基于上述不同类型电动车充电需求, 下面以私

家电动汽车为例, 分析充电需求与设施需求间的关系。根据家庭出行调查数据对私家车充电需求进行分析, 如表 1 所示。

表 1 私家车出行目的频率统计表

Table 1 Frequency statistics of private car trip purpose

对比项目	工作日	休息日
回家	33.31	36.5
购物	18.65	21.46
工作	15.01	3.91
公共休闲	10.33	16.43
接送	6.58	4.03
就餐	5.86	8.84
总计	89.74	91.17

从表 1 可以看出, 工作日和双休休息日目的有较大区别, 6 类目的之和达到 90%, 居家停车占 30% 左右, 有 40% 的停车集中在工作、购物、公共休闲场所。

对表 1 中主要出行目的平均单次行驶里程进行统计及目的地的平均停车时间进行统计(以工作日为例), 如表 2 所示。

表 2 私家车平均里程及停车时间统计表

Table 2 Average mileage and parking time statistics of private cars

对比项目	平均单次行驶里程/km	平均停车时间/min
住宅	14.2	709.1
工作	19.2	278.6
商业	8.4	28.3
休闲	16.1	98.7
接送	11.3	18.7
就餐	9.6	50.2

目前, 交流慢充功率以 3.3 kW 和 7 kW 为主, 其中住宅小区充电功率以 3.3 kW 为主, 户外公共充电桩则 3.3 kW 和 7 kW 并存。现阶段电动乘用车百公里耗电多集中于 10~20 kWh, 住宅区充电功率取为 3.3 kW, 其余区域为 7 kW, 折算后的单程平均耗电量与停车期间平均可补充电量如表 3 所示。

表 3 私家车平均耗电量及可停车期间补充电量统计表

Table 3 Average power consumption of private cars and the statistics of supplementary electricity during the parking period

对比项目	单次行驶耗电/kWh	慢充单次停车可充电
		电量/kWh
住宅	2.8	—
工作	3.8	32.5
商业	1.7	3.3
休闲	3.2	11.5
接送	2.3	2.2
就餐	1.9	5.9

从表 3 分析可看出,私家车在一次停车过程中,慢速基本上可补充上一次行驶所消耗的电,结合浅充浅放对电池的有益效果,建议私家车采用目的地分散充电形式补充电量,当有范围足够广的小区分散充电网络作为支撑时,可使私家车在频繁停车地点找到相应的充电设施进行电量补充。私家车适宜采用慢充为主进行充电。住宅区是最主要的充电地点,但是仅在住宅区进行充电无法满足所有用户一日的出行需求,因此,需在日间频繁停车区域建设一定数量的充电设施^[18]。

2 小区充电平台方案设计

2.1 总体目标

小区充电平台通过掌握居民小区电动车充电需求与分析技术,提出了涵盖交直流充电设施系统集成、监控与运营管理和公共服务平台的三级架构小区电动车充电整体解决方案,满足居民小区电动车充电设施的建设与运营管理需求;通过基于“互联网+二维码”的移动 APP 充电技术,解决了目前小区充电模式单一、支付手段单一的问题;通过基于互联网+的充电桩远程运维管理技术,解决了目前小区充电设施缺乏有效的运营管理模式问题,解决了个人自建的充电桩缺乏专业的运维管理,难以实现基于互联网/移动互联网的远程智能化服务和统一管理问题,通过设计居民小区电动车有序充电策略,实现了居民小区电动车有序充电。满足小区电动车有序充电需要,实现充电设施的最优化利用^[19-20],如图 1 所示。

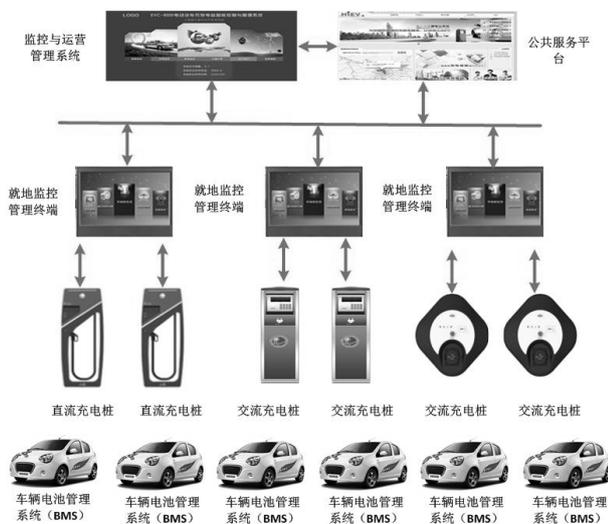


图 1 小区电动车充电系统集成架构

Fig. 1 Energy integration system of energy charging stations

2.2 总体方案设计

小区充电平台系统涵盖了从“端”到“云”两个层次的设计内容。端层指的是电动汽车充电桩/群,云层则是面向“互联网+充电桩”的公共服务平台;同时在端层和云层之间组建充电桩有线/无线 GPRS/3G/4G 网络通道,通过移动/公共互联网,采用标准开放的充电设施接入协议将充电桩/群接入小区充电服务平台。

小区电动车充电设施通过公共互联网(Internet),采用基于 Internet 的充电设施开放接入协议接入充电系统。每个充电桩通过智能控制器与系统进行安全认证、充电消费结算、状态监视等信息交互。对于散布充电桩,智能控制器通过无线 GPRS/3G/4G 上网与系统进行通信;对于群布充电桩(或者充电站),智能控制器通过集中的上网设备(ADSL、光纤上网等)与系统进行通信。

充电运营管理者使用手机 APP 或者 PC 浏览器对充电设施进行监控;电动汽车充电用户使用手机 APP 或者 PC 浏览器搜索并查看充电桩状态,如图 2 所示。

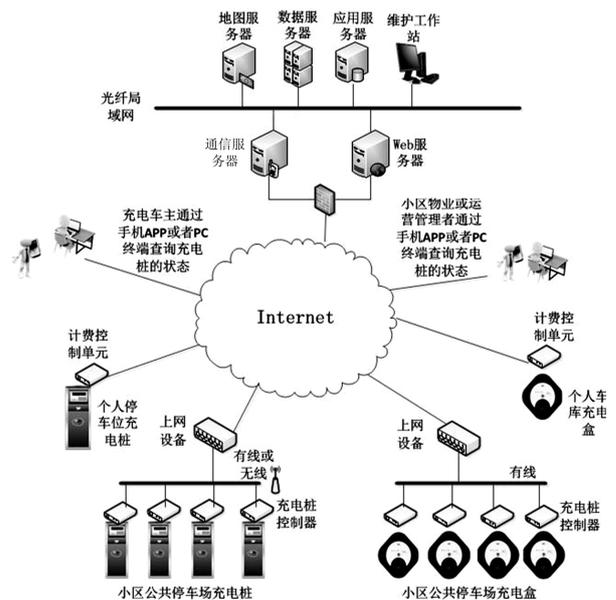


图 2 小区电动车充电平台系统图

Fig. 2 Platform architecture of energy charging system

2.3 关键技术及方案

基于上述系统方案设计,采用移动 APP 充电技术、充电桩远程运维管理技术和小区电动车与配网互动的有序充电技术,提出了目前小区电动车充电存在问题技术解决方案。

2.3.1 基于“互联网+二维码”的移动 APP 充电技术,解决小区充电模式单一、支付手段单一的问题

小区充电用户利用手机扫描充电桩上的 APP 二维码下载 APP 并安装, 通过手机 APP 注册到小区充电站系统, 并通过微信或支付宝自助完成账户的充值, 充电用户用充电线缆将电动车与充电桩连接后, 充电用户直接扫描充电桩上充电接口端的充电二维码, 完成支付同时对充电桩开启充电, 通过该技术解决了目前小区充电模式单一、支付手段单一的问题, 同时通过该技术方案减少了充电用户充电的操作次数, 提升了充电用户充电过程的体验, 提高了充电服务水平。

2.3.2 基于互联网+的充电桩远程运维管理技术, 解决目前小区充电设施缺乏有效的运营管理模式

充电运营商通过小区充电站系统远程进行充电桩的配置升级维护、远程更新升级软件、远程诊断充电桩的预警故障信息, 同时小区充电站系统通过运维人员手中的运维 APP 下发检修工单并及时通知运维人员, 运维人员在运维工作完成后将充电桩检修的结果上报。该技术解决了目前小区充电设施缺乏有效的运营管理模式问题, 解决了个人自建的充电桩缺乏专业的运维管理, 难以实现基于互联网/移动互联网的远程智能化服务和统一管理, 同时通过该技术方案降低了充电桩运行维护成本, 提高了充电桩运维能力水平。

2.3.3 小区电动车与配网互动的有序充电技术, 解决小区新建设充电桩引入了新的用电负荷, 造成居民小区已有供电容量不足的问题

通过设计限制功率和充电用户优先级的算法策略, 实现小区电动车与配网间协调互动功能。该系统通过能源互联充电终端采集并实时分析小区配用电特性, 追踪出小区配电台区除小区用电负荷以外的限制功率, 结合电动车主的充电时间和电动车的 SOC, 利用限制功率和充电用户优先级算法, 动态调整电动车有序充电。该技术解决了居民小区新建设充电桩, 对整个小区而言引入了新的用电负荷, 造成居民小区已有供电容量不足的问题, 同时通过该技术方案实现居民小区已有用电需求和新增电动汽车充电需求的能源生态平衡。

3 小区充电平台功能设计

小区充电平台对外提供三大板块功能: 一是向社会公众发布充电设施运行及运营信息, 主要包含充电设施分布及状态监测、车主手机 APP 下载服务、平台服务帮助、最新资讯活动等; 二是向充电车主提供充电预约、充电导航、充电状态管理等快捷方便的充电服务; 三是向充电运营商提供设施监控、发卡管理、充电收益等经济方便的互联网充电

设施监控运营服务。

小区充电平台功能主要涵盖充电设施 GIS 全景检测、充电设施状态实时监视及报警、运营商管理、充电用户管理、充电设施运营管理功能等功能。

3.1 充电设施 GIS 全景监视功能

充电基于 GIS 技术搜索和监视充电设施的运行工况, 通过充电设施名称、运行状态、距离范围等多种组合条件搜索。

3.2 充电设施实时监视报警功能

实时监视充电设施运行工况, 主要包括充电桩运行状态、充电过程中的充电电量、充电电压/电流、充电桩告警信息等。

3.3 运营商管理功能

通过互联网, 系统平台建立运营商基础账户, 运营商利用该基础账户建立和管理其运营所需的其他账户及其权限管理(系统管理员、设施及客户管理员、发卡管理员、监控管理员、财务管理员等)。

3.4 充电设施运营管理功能

通过系统平台, 从充电站点、充电设施、充电用户、充电时间、充电方式等不同角度, 查询充电交易详细信息、充电交易统计信息。

3.5 充电设施信息交互和监控

从“运营商”、“充电站点”、“充电设施”三个层次实现对充电设施的全面监控。完成充电设施充电状态、运行信息、故障和告警信息、充电交易信息、充电控制命令信息、设施收费策略信息等的交互。

3.6 充电用户管理功能

充电用户通过用户手机 APP 注册、充值、查询账户余额; 用户基本信息维护; 已注册用户的信息查询和分组管理。充电卡的用户绑定、发卡、充值、解灰、退卡、综合业务查询、收支明细查询、操作记录查询、充电记录查询等管理。

4 小区充电平台模式创新

4.1 “互联网+充电桩”的充电运营服务模式

充电用户利用手机 APP, 方便快捷地扫描充电桩上的二维码, 并完成支付同时对充电桩开启充电, 此种模式减少了充电用户充电的操作次数, 提升了充电用户充电过程的体验, 提高了充电服务水平。

4.2 基于“互联网+”的充电桩远程智能诊断模式

充电运营商通过运维平台远程实时诊断充电桩预警故障信息, 同时通过运维 APP 通知运维人员, 运维人员在运维工作完成后将结果上报。此种模式降低了充电桩运行维护成本, 提高了充电桩运维能力水平。

5 小区充电平台示范应用

小区充电平台已成功在河南省许昌市电动汽车智能充电服务网络项目中上线运行，目前已接入包括广汇君悦城、骏景中央公园等 6 个居民小区的共 72 套充电设施，该小区充电平台支持手机扫描和充电卡两种充电方式，已注册充电用户近 500 人。

传统小区充电系统主要指小区充电桩，整个系统封闭，没有上层服务系统，全部采用离线充电卡方式进行充电，用户通过物业公司办理充电卡，无法实现自动结算，不同小区充电桩无法实现充电共享；新型充电平台主要包括充电桩和上层充电服务系统两个部分，支持用户充电 APP 方式，支持微信、支付宝等多种支付方式，用户无需通过物业可通过手机自助办理开户充值业务，用户能够跨小区充电，并且小区充电服务平台自动完成结算，无须人工参与；下面通过充电方式、支付方式、运维管理、设施共享及有序充电等方面对比分析传统小区充电系统与新型小区充电平台，如表 4 所示。

表 4 传统充电系统与新型充电平台对比表
Table 4 Comparison of traditional charging system with new charging platform

对比项目	传统充电系统	新型充电平台
充电方式	充电卡 充电	扫描充电、 充电卡充电
支付方式	现金	微信、支付宝、银行卡
运维管理	人工现场 本地运维	远程运维，配置升级 无需人工现场处理
设施共享	不支持 跨小区充电 不具备	支持 跨小区充电 支持有序充电， 无需考虑增容， 充分利用配电容量
有序充电	不支持有序充电，新建需要 考虑变压器增容问题	

与传统的小区充电相比，该系统设计具有明显的技术优势和广阔的推广应用价值，通过手机充电 APP 及运营管理网站向居民小区电动车使用者提供各类充电服务，随着电动汽车数量的增长，系统应用必将朝着更加全面、便捷、人性化的方向不断发展，为用户带来更加舒适、完美的使用体验。

5.1 小区充电服务配套 APP

小区充电手机 APP 为个人用户提供基于移动互联网的电动车充电信息共享与支付服务，实现了包括我要充电、充电网络、个人中心三大功能。“我要充电”主要包含充电导航、预约充电、充电状态等功能；“充电网络”主要包含最新资讯、用户提醒

等功能；“个人中心”主要包含账户充值，充电卡查询、交易查询、个人设置等功能。如图 3 所示。



图 3 手机 APP 充电应用图

Fig. 3 Mobile APP charging navigation query

5.2 小区充电服务平台

小区充电平台实现了电动汽车用户、充电运营商、小区物业管理者等多方需求信息互动共享的深度融合。通过充电信息和交易服务的互联互通，推动多方需求开放共享、灵活转化、智能协同，如图 4 所示。



图 4 小区充电服务平台网站应用图

Fig. 4 Application of residential charging service platform website

6 结论与展望

本文从当前居民小区电动车充电面临的问题出发，通过小区电动车充电需求分析，采用居民小区电动车充电共享的理念，研究设计的居民小区电动车充电服务平台，对当前电动汽车推广发展具有及其重要的意义。

1) 提供了多种充电方式和支付方式，实现了小区充电设施的共享，同时实现了跨小区充电，构建了充电用户和充电服务运营商、充电设施投资者和充电设施供应商间的信息交互桥梁。

2) 解决了居民小区充电设施利用率低, 缺乏专业的充电桩运维管理, 实现了基于互联网/移动互联网的远程智能化服务和统一管理。

3) 考虑了小区负荷用电特性、电动车充电特性和车主用户充电习惯等因素, 满足小区已有用电需求和新增电动车充电需求的能源生态平衡。

通过居民小区电动车充电服务平台的设计研究, 搭建了小区电动车充电用户间的设施共享平台, 很好地解决了小区电动车在推广发展过程中的各种瓶颈问题, 加强了产业各方的互通互动。建设好面向居民小区电动车充电服务平台, 对电动汽车在国内的迅速普及与健康发展具有至关重要的作用。

参考文献

- [1] 贾俊国, 倪峰. 电动汽车充电接口标准化研究[J]. 电力系统自动化, 2012, 35(8): 76-80.
JIA Junguo, NI Feng. The electric car charging interface standardization research[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 35(8): 76-80.
- [2] 郑竞宏, 戴梦婷, 张曼, 等. 住宅区式电动汽车充电站负荷聚集特性及其建模[J]. 中国电机工程学报, 2012, 32(22): 32-38.
ZHENG Jinghong, DAI Mengting, ZHANG Man, et al. Load cluster characteristic and modeling of EV charge station in residential district[J]. Proceedings of the CSEE, 2012, 32(22): 32-38.
- [3] 颜湘武, 恩日, 海日, 等. 典型住宅小区接入电动汽车的供电方式研究[J]. 电网技术, 2014, 38(4): 910-917.
YAN Xiangwu, EN Ri, HAI Ri, et al. Research on power supply modes for typical residential communities integrated with charging station for electric vehicles[J]. Power System Technology, 2014, 38(4): 910-917.
- [4] 苏海锋, 梁志瑞. 基于峰谷电价的家用电动汽车居民小区有序充电控制方法[J]. 电力自动化设备, 2015, 35(6): 17-22.
U Haifeng, LIANG Zhirui. Orderly charging control based on peak-valley electricity tariffs for household electric vehicles of residential quarter[J]. Electric Power Automation Equipment, 2015, 35(6): 17-22.
- [5] 孙近文, 万云飞, 郑培文, 等. 基于需求侧管理的电动汽车有序充放电策略[J]. 电工技术学报, 2014, 29(8): 14-20.
SUN Jinwen, WAN Yunfei, ZHENG Peiwen, et al. Coordinated charging and discharging strategy for electric vehicles based on demand side management[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2014, 29(8): 14-20.
- [6] 周念成, 熊希聪, 王强钢. 多种类型电动汽车接入配电网的充电负荷概率模拟[J]. 电力自动化设备, 2014, 34(2): 1-7.
ZHOU Niancheng, XIONG Xicong, WANG Qianggang. Simulation of charging load probability for connection of different electric vehicles to distribution network[J]. Electric Power Automation Equipment, 2014, 34(2): 1-7.
- [7] 肖湘宁, 温剑锋, 陶顺, 等. 电动汽车充电基础设施规划中若干关键问题的研究与建议[J]. 电工技术学报, 2014, 29(8): 1-10.
XIAO Xiangning, WEN Jianfeng, TAO Shun, et al. Study and recommendations of the key issues in planning of electric vehicles' charging facilities[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2014, 29(8): 1-10.
- [8] 庄怀东, 吴红斌, 刘海涛, 等. 含电动汽车的微网系统多目标经济调度[J]. 电工技术学报, 2014, 29(1): 365-373.
ZHUANG Huaidong, WU Hongbin, LIU Haitao, et al. Multi-objective economic dispatch of microgrid system considering electric vehicles[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2014, 29(1): 365-373.
- [9] 王姝凝, 杨少兵. 居民小区电动汽车充电负荷有序控制策略[J]. 电力系统自动化, 2016, 40(4): 71-77.
WANG Shuning, YANG Shaobing. A coordinated charging control strategy for electric vehicles charging load in residential area[J]. Automation of Electric Power Systems, 2016, 40(4): 71-77.
- [10] 李瑞生, 王晓雷, 周逢权, 等. 灵巧潮流控制的电动汽车智能化充电站[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(21): 87-90.
LI Ruisheng, WANG Xiaolei, ZHOU Fengquan, et al. The system of electric vehicle intelligent charge station with smart power flow control[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(21): 87-90.
- [11] 胡泽春, 宋永华, 徐智威, 等. 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.
HU Zechun, SONG Yonghua, XU Zhiwei, et al. Impacts and utilization of electric vehicles integration into power systems[J]. Proceedings of the CSEE, 2012, 32(4): 1-10.
- [12] 黎永昌, 王钢, 梁远省, 等. 基于 IEC 61850 的电动汽车充电站远动通信建模[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(4): 137-142.
LI Yongchang, WANG Gang, LIANG Yuansheng, et al. IEC-61850-based electric vehicle charging station telecontrol communication information modeling[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(4): 137-142.

- [13] 刘敏, 周晓霞, 陈慧春, 等. 采用三相不可控整流充电机的电动汽车充电站谐波放大效应分析与计算[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(4): 36-43.
LIU Min, ZHOU Xiaoxia, CHEN Huichun, et al. Analysis and calculation on harmonic amplification effect vehicle charging station using three-phase uncontrolled rectification charger[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(4): 36-43.
- [14] 胡宇航, 皮一晨, 崔静安, 等. 电动汽车充电站负荷建模研究[J]. 电力系统保护与控制, 2017, 45(8): 107-112.
HU Yuhang, PI Yichen, CUI Jingan, et al. Research on electric vehicle charging station modeling[J]. Power System Protection and Control, 2017, 45(8): 107-112.
- [15] 段豪翔, 吕林, 向月. 计及分时充电电价激励的电动汽车充电站与配电网协同规划[J]. 电力系统及其自动化学报, 2017, 29(1): 103-110.
DUAN Haoxiang, LÜ Lin, XIANG Yue. Coordinated planning for electric vehicle charging station and distribution network considering time-of-use charging price[J]. Proceedings of the CSU-EPSA, 2017, 29(1): 103-110.
- [16] 徐青山, 蔡婷婷, 刘瑜俊, 等. 考虑驾驶人行为习惯及出行链的电动汽车充电站站址规划[J]. 电力系统自动化, 2016, 40(4): 59-65.
XU Qingshan, CAI Tingting, LIU Yujun, et al. Location planning of charging station for electric vehicles based on drivers' behaviors and travel chain[J]. Automation of Electric Power Systems, 2016, 40(4): 59-65.
- [17] 彭曙蓉, 翟云峰, 郝伟伟, 等. 考虑电动汽车的微网动态经济调度[J]. 陕西电力, 2016, 44(4): 12-17.
PENG Shurong, ZHAI Yunfeng, HAO Weiwei, et al. Microgrid dynamic economic dispatch considering electric vehicles[J]. Shaanxi Electric Power, 2016, 40(4): 59-65.
- [18] 董文杰, 田廓. 考虑电动汽车接入的智能配电网投资规划模型[J]. 陕西电力, 2016, 44(9): 32-36.
DONG Wenjie, TIAN Kuo. Smart distribution investment planning model considering the integration of electric vehicles[J]. Shaanxi Electric Power, 2016, 44(9): 32-36.
- [19] LIU H, HUANG K, YANG Y, et al. Real-time vehicle-to-grid control for frequency reulation with high frequency regulating signal[J]. Protection and Control of Modern Power Systems, 2018, 3(3): 141-148. DOI: 10.1186/s41601-018-0085-1.
- [20] HE Yuqing, CHEN Yuehui, YANG Zhiqiang, et al. A review on the influence of intelligent power consumption technologies on the utilization rate of distribution network equipment[J]. Protection and Control of Modern Power Systems, 2018, 3(3): 183-193. DOI: 10.1186/s41601-018-0092-2.

收稿日期: 2017-08-12; 修回日期: 2017-09-26

作者简介:

李洪峰(1978—), 男, 硕士, 主要研究方向为电动汽车充换电系统研究; E-mail: xjtc_lihongfeng@126.com

陈志刚(1977—), 男, 硕士, 主要研究方向为电动汽车充换电方案研究; E-mail: xjtc_chenzhigang@126.com

郭 葳(1988—), 女, 硕士, 主要研究方向为电动汽车充换电方案研究. E-mail: xjtc_guowei@126.com

(编辑 张爱琴)