

关于未来充电的几点探索

李璞, 贾心怡

(深圳市车电网络有限公司, 广东 深圳 518057)

摘要: 由于国家新能源政策的大力推进, 当前国内充电基础设施建设已经具有一定的规模。根据《新能源汽车产业发展规划(2021—2035年)》指示, 下一步充电行业的发展重点将从增量转变为质量提升, 未来充电网络在新能源汽车与能源、交通、信息等深度融合中扮演重要角色。本文针对如何实现上述要求, 提供了一些在V2G模式及应用方面的探索总结。

关键词: V2G; 分布式; 调度策略

Some explorations on future EV charging

LI Pu, JIA Xinyi

(Shenzhen Car Energy Net Co., Ltd., Shenzhen 518057, China)

Abstract: Due to the vigorous advancement of the national new energy policy, the current domestic charging infrastructure construction has already reached a considerable scale. According to the "New Energy Vehicle Industry Development Plan (2021-2035)", the next step is to shift the focus of the development of the charging industry from increment to quality improvement. The future charging network will play an important role in the deep integration of new energy vehicles with energy, transportation, and information. This paper provides a summary of some explorations in V2G modes and applications for how to achieve the above requirements.

Key words: V2G; distributed; scheduling strategy

0 引言

自2012年国务院通过了《节能与新能源汽车产业发展规划(2012-2020年)》, 提出到2020年电动汽车累计产销量超过500万辆的规划。在国家对新能源汽车产业的发展规划和政策双重支持下, 根据中国汽车工业协会数据显示, 2020年1月至11月, 新能源汽车产销111.9万辆和110.9万辆, 结合2019年底新能源汽车381万的保有量来看, 500万辆的规划目标实现在即。另一方面, 在“十二五”和“十三五”、“十四五”连续3个五年规划中, 充电设施产业作为新能源汽车发展的支撑产业也获得了政府的大力推广。

当前充电产业在建设规模方面, 根据中国充电联盟的官方数据显示, 截至2020年10月, 全国公共充电桩保有量已达66.7万台, 私桩配建率接近70%, 私桩建设数量达83.1万台, 公桩和私桩数量相比2017年同期都增加了2倍以上; 在充电技术方面, 大功率充电、即插即充、无线充电、有序充电和V2G技术等也陆续在各地展开了试点示例。2020

年作为被业内广泛看做分界点的一年, 随着补贴政策的逐步退坡, 充电设施的建设正逐步从政策导向转向市场导向, 充电运营也朝着集成化、平台化、智能化的方向发展。

2020年11月国务院办公厅印发《新能源汽车产业发展规划(2021—2035年)》(以下简称《规划(2021—2035)》), 明确指出要推动产业融合发展, 促进智慧能源、智能交通、新一代信息通信与新能源汽车全面深度融合, 构建产业协同发展新格局。关于如何实现智慧能源交通系统的深度融合, 目前业内主流的观点是利用电动汽车作为国内最大规模的分布式储能这一特点, 通过建设V2G充放电系统, 减小充电对电网的影响, 同时还可为电网提供调峰、调频等辅助服务^[1-3]。文献[4]分析了中国发展V2G技术的瓶颈问题, 从顶层设计、关键技术、发展环境等方面提出了中国加快发展V2G技术的对策建议。文献[5-6]提出了基于V2G技术的电动汽车充放电模型和实时调度策略。本文从梳理未来充电的发展目标入手, 对提升充电基础设施提出了进一步要求, 对采用V2G模式解决电网难题和V2G

实现架构分别进行了总结和分析,探讨了代理商在V2G中的作用,并对V2G的居民应用场景应实现的功能进行了设想。

1 未来充电的发展目标

《规划(2021-2035)》提出的推动新能源汽车与能源融合发展,即是对充电基础设施在电网和电动汽车间应该承担的角色提出了要求。有序充电和低频规模效应下的V2G应用是第一步,目的是初步实现供给侧(电网)和需求侧(电动汽车)之间的供需匹配和能效优化;而要最大效力地发挥充电系统作用,需依靠V2G及智能充电网络的技术发展和大规模应用,同时电力市场的开放程度也是关键。在这种情景下,电网和电动汽车可互为供给方和需求方,电动汽车的充电行为不再只单纯给电网负荷施加压力,而能够实现双方的互利互促与和谐发展。一个理想的电网—汽车充电系统应具有两个特点:(1)“完全响应”—电网可在较宽的时间范围内对电力负载(主要为充电负载)进行细颗粒度的系统级柔性控制;(2)“无干扰性”—能识别客户的真实意愿,对最终用户的体验没有明显影响(这里主要指车主的充电计划),即以非关键负荷作为削减或调控目标。

2 V2G 模式探索

2.1 V2G 技术对解决电网难题的关键优势

关于使用电动汽车V2G技术为电力系统发展服务的意义和关键优势,业内有许多学者专家进行过讨论,大致可总结为以下观点。

1) 可预测度高。虽然无法预测单个负载,但大量电动汽车充电总负荷的变化却可小于少数大型发电机的变化^[7]。

2) 响应速度快。利用化学储能瞬间响应调度需求,作为调峰、调频资源参与AGC服务的相协调控制,而发电机则需要一些时间来进行任何有意义的输出变化^[8-9]。

3) 空间灵活性。负载分布在电网中,可提供针对突发事件在空间上的精确响应。

4) 时间灵活性。时间灵活性水平可用于支持间歇性发电新能源(风电、光电、燃料机组)的日益普及,减少电力系统发电成本、碳排放量及基础设施建设^[10-11]。

5) 技术可行性。智能控制和通信技术的发展—低延迟、中等带宽网络技术、信息处理平台、先进的电池技术、充电基础设施等。

基于以上总结可以看出,电动汽车V2G技术确实有在负荷管控、负荷协调和应急储备方面为电网

发展做出重大贡献的优势特点。

2.2 对 V2G 实现架构的探讨

电动汽车充电与电网的互动形式主要可分为自治式、集群式和基于微网3种^[12]。

1) 自治式

夜间时,家用电动汽车会停放在车库里,给车辆配备含V2G功能的双向充电机,根据电网提供的价格、区域用电量等信息,电动车结合自身电池状态与电网互动。

2) 集群式

修建集中停放电动汽车的V2G停车场,根据电网提供的价格、区域用电量等信息,电动汽车结合自身电池状态实现与电网互动。

3) 基于微网

基于微网的V2G,电动汽车并不直接与大电网相连,而是接入微网,同时微网也接入太阳能、风能等间歇性新能源,然后在微网的范围内进行调度。该种模式下考虑的主要目标为微网负荷波动、可再生能源利用率以及运营方收益^[13]。

针对充电的控制系统可以分为以下3种。

1) 分散式控制系统

特点是易于听取车主意愿,但很难完成终端所有负载的监控,同时调度可靠性低,易造成过度响应或无响应,且难以满足复杂的需求调度功能。

2) 集中式控制系统

该类系统的调度可靠性较高(但可能存在带宽限制导致的延迟问题),但对通信控制技术要求太高,不适用百万级电动车接入电网,且难以识别车主真实意愿,易造成响应疲劳。

3) 分布式控制系统

该类系统结合了前两种的特点,调度响应可靠性高,易实现大规模接入的通信控制,节点上能够可监控终端所有负载情况,可识别车主真实意图从而防止响应疲劳。

2.3 代理服务商的作用

V2G充电系统调度架构如图1所示,可以看出,基于我国电动汽车的未来规模,分布式控制系统是较为理想的一类。这种分布式系统可以通过不同层级的代理服务商来实现。

电网调度中心作为决策者与代理商签署调度协议,代理商通过V2G系统将接入用户的电动汽车电池资源整合并上报给电网。在分布式系统中,每个父节点都应对其下级的子节点负责,即不但要保持负载控制纳入电力系统运行的策略与现有系统一致,并响应系统级要求,而且还要使负载控制方案获得最终用户的认可,如图2所示。

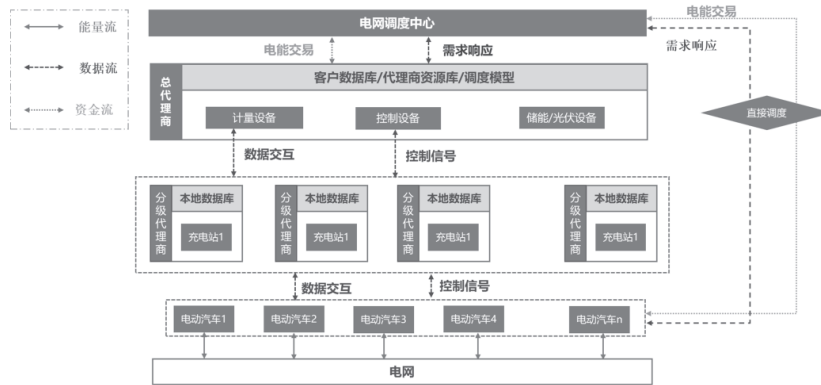


图 1 V2G 充电系统调度架构

Fig. 1 Scheduling architecture of V2G charging system

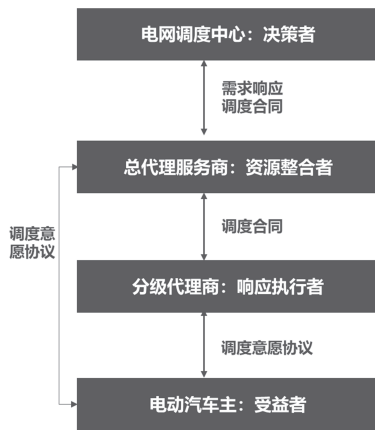


图 2 调度架构中各方之间的关系

Fig. 2 Relationship between the parties in the scheduling architecture

这里涉及到响应疲劳的问题，设想如果充电的响应能力随着时间的流逝而逐渐减弱，那么先前招募的客户可能会退出负载控制程序，而这种退出如果发生在最需要其能力的时候，例如在突发事件期间，将对电网产生很大的负面影响。为了应对不良事件的发生，必须要充分发挥代理商服务商在调度机构和 V2G 参与用户之间的协调作用。

3 V2G 应用场景探索

3.1 居民小区的 V2G 应用

私家电动汽车将占据今后纯电汽车总量的 80% 以上，而对于私家电动汽车充电，居民小区是最广泛的应用场景，因此居民小区是最先被探索的 V2G 应用场景之一。同时，居民小区也具有负荷周期规律性强，民生改善性明显等优势，本文就居民小区的 V2G 应用在功能实现方面做了以下探索总结。

1) 智能计量：实现智能小区居民用户电、水、

气的三表集抄。

2) 配电自动化：采用小区配电系统信息采集、配电开关状态监控、故障自动检测与隔离、配变监测等技术，实现从小区 10kV 进线到配变的全程监控、故障告警、故障定位、电能质量分析等功能。

3) 配电站房状态监视：实现对配电站房的水浸传感、温湿度传感、烟雾传感、门磁开关(铁门)传感与视频监控等综合监测。

4) 电动汽车充电桩：可实现电网与动力电池双向能量流动，集中管理小区内充电负荷和用能情况。

5) 自助电力服务：采用社区智能自助服务终端为社区电力用户提供 24 小时电力查询、电力缴费、电力购电、充值卡购电、业务办理、业扩报装、信息查询、票据打印等多功能于一体的智能化业务窗口。

6) 电力光纤入户：在客户家庭安装智能插座(面板)，实现客户设备用能实时监测与信息监控；利用客户信息服务 APP 或微信公众号，通过信息推送、定制服务实现与客户互动。

3.2 相关技术探索

1) V2G 充电桩系统

考虑 V2G 在大规模应用时，充电桩应满足以下要求：高度智能化的充放电控制；提供 RS485、以太网等多种通信接口与监控中心或调度中心实时通信；实时检测充放电电缆的连接状态，并接受上级指令限制车载充电机的输出功率；多重保护，确保充放电过程中人身和车辆的安全；模块化的设计，减轻运维成本。V2G 充电桩系统工作原理图如图 3 所示。

2) 基于区块链技术的分布式能源交易

随着 V2G 分布式能源的兴起，导致电力市场的交易数量、规模和信息数据随之增加，而区块链的去中心化特性在该方面具有天然的应用优势^[14-15]。

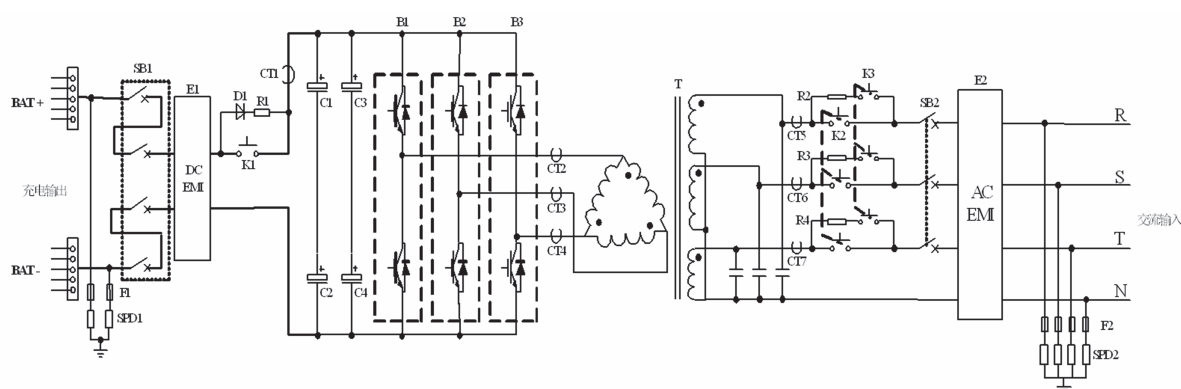


图3 V2G充电桩系统工作原理图

Fig. 3 Working principle diagram of V2G charger system

(1) 交易成本降低。各用户节点无需相互信任即可完成交易, 降低了信用成本和管理成本, 为大规模分布式能源进入交易市场提供可行性。

(2) 交易形式多样。为交易提供了一个可信的广播及存储平台, 参与到该平台的用户可以进行点对点的直接交易, 增强了能源供应商与需求侧用户之间的互动, 改变用户参与交易的形式。

(3) 能源选择多类型。数据具有追溯性, 可追随参与交易的电力来源类型, 使决策双方拥有更多的交易选择。

4 结论

按照《规划 2021-2035 年》的要求, 未来充电系统应作为一个连接智能电网与电动汽车的纽带, 以充电系统为核心, 借助先进通信及区块链交易手段, 将能源流动过程中的多个相关参与方融合起来, 实现全面协调发展。同时作为城市的基础设施, 未来充电系统也应充分发挥其聚合作用, 实现车—桩—网—人的四位一体, 助力智慧城市的建设和发展。

参考文献

- [1] JAIN P, JAIN T. Application of V2G and G2V Coordination of aggregated electric vehicle resource in load levelling[J]. International Journal of Emerging Electric Power Systems, 2018, 19.
- [2] 李惠玲, 白晓民. 电动汽车充电对配电网的影响及对策[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(17): 38-43.
LI Huiling, BAI Xiaomin. Impacts of electric vehicles charging on distribution grid[J]. Automation of Electric Power Systems, 2011, 35(17): 38-43.
- [3] 陈明强, 高健飞, 畅国刚, 等. V2G 模式下微网电动汽车有序充电策略研究[J]. 电力系统保护与控制, 2020, 48(8): 141-148.

CHEN Mingqiang, GAO Jianfei, CHANG Guogang, et al. Research on orderly charging strategy of micro-grid electric vehicles in V2G model[J]. Power System Protection and Control, 2020, 48(8): 141-148

- [4] 赵世佳, 刘宗巍, 郝瀚, 等. 中国 V2G 关键技术及其发展对策研究[J]. 汽车技术, 2018(9): 1-5.

ZHAO Shijia, LIU Zongwei, HAO Han, et al. Research on V2G key technology and development countermeasures in China[J]. Automobile Technology, 2018(9): 1-5.

- [5] 王彪, 尹霞. 实时电价下含 V2G 功能的电动汽车理性充放电模型及其分析[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(24): 90-96.

WANG Biao, YIN Xia. Modeling and analysis on the rational charging and discharging of electric vehicle with V2G function under real-time prices[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(24): 90-96.

- [6] 陈凯炎, 牛玉刚. 基于 V2G 技术的电动汽车实时调度策略[J]. 电力系统保护与控制, 2019, 47(14): 1-9.

CHEN Kaiyan, NIU Yugang. Real-time scheduling strategy of electric vehicle based on vehicle-to-grid application[J]. Power System Protection and Control, 2019, 47(14): 1-9

- [7] 王锡凡, 邵成成, 王秀丽, 等. 电动汽车充电负荷与调度控制策略综述[J]. 中国电机工程学报, 2013, 33(1): 1-10.

WANG Xifan, SHAO Chengcheng, WANG Xiuli, et al. Survey of electric vehicle charging load and dispatch control strategies[J]. Proceedings of the CSEE, 2013, 33(1): 1-10.

- [8] 王鑫, 周步祥, 张百甫, 等. 基于分层控制的电动汽车调频策略研究[J]. 电测与仪表, 2018, 55(6): 8-15.

WANG Xin, ZHOU Buxiang, ZHANG Baifu, et al. Research on electric vehicles providing frequency regulation strategy based on hierarchical control[J]. Electric

- Measurement & Instrumentation, 2018, 55(6): 8-15.
- [9] 韩海英. V2G 参与电网调峰和调频控制策略研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2011.
HAN Haiying. The study on the control strategy of V2G participating peak regulation and frequency regulation of the grid[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2011.
- [10] 刘东奇, 王耀南, 袁小芳. 电动汽车充放电与风力/火力发电系统的协同优化运行[J]. 电工技术学报, 2017, 32(3): 18-26.
LIU Dongqi, WANG Yaonan, YUAN Xiaofang. Cooperative dispatch of large-scale electric vehicles with wind-thermal power generating system[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2017, 32(3): 18-26.
- [11] SACHAN S, ADNAN N. Stochastic charging of electric vehicles in smart power distribution grids[J]. Sustainable Cities and Society, 2018, 40: 91-100.
- [12] 刘晓飞, 张千帆, 崔淑梅. 电动汽车 V2G 技术综述[J]. 电工技术学报, 2012, 27(2): 121-127.
LIU Xiaofei, ZHANG Qianfan, CUI Shumei. Review of electric vehicle V2G technology[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2012, 27(2): 121-127.
- [13] 周天沛, 孙伟. 基于微网的电动汽车与电网互动技术[J]. 电力系统自动化, 2018, 42(3): 98-104.
ZHOU Tianpei, SUN Wei. Electric vehicle-to-grid technology based on microgrid[J]. Automation of Electric Power Systems, 2018, 42(3): 98-104.
- [14] 黄虹, 文康珍, 刘璇, 等. 泛在电力物联网背景下基于联盟区块链的电力交易方法[J]. 电力系统保护与控制, 2020, 48(3): 22-28.
HUANG Hong, WEN Kangzhen, LIU Xuan, et al. Power trading method based on consortium blockchain under ubiquitous power internet of things[J]. Power System Protection and Control, 2020, 48(3): 22-28
- [15] 王蓓蓓, 李雅超, 赵盛楠, 等. 基于区块链的分布式能源交易关键技术[J]. 电力系统自动化, 2019, 43(14): 53.
WANG Beibei, LI Yachao, ZHAO Shengnan, et al. Key technologies on blockchain based distributed energy transaction[J]. Automation of Electric Power Systems, 2019, 43(14): 53-64.

收稿日期: 2022-08-17; 修回日期: 2022-10-08

作者简介:

李璞(1978—), 男, 硕士, 中级工程师, 研究方向为新能源汽车供电、储能系统等; E-mail: Lipu1@szclou.com

贾心怡(1991—), 女, 硕士, 工程师, 研究方向为新能源汽车供电。E-mail: jiaxinyi@szclou.com