

泛在电力物联网下电动汽车充电与储能的市场化研究

杨立军, 杨志

(万帮数字能源股份有限公司, 江苏 常州 213000)

摘要: 电动汽车作为分布式储能具有容量大、可移动、响应快速等优点。围绕电力系统各环节, 在移动互联、人工智能等技术的支持下, 如何把电动汽车整合到电力市场中发挥它更大的价值, 构建具备全面感知、高效应变、灵活处理的智慧服务系统, 具有很大市场价值。结合电动汽车和电力市场的现状, 对应用电动汽车作为电力市场商业应用进行分析, 希望能更好地推动电动汽车作为移动储能带来的好处, 以挖掘电动汽车更多的商业价值。

关键词: 分布式储能; 电力市场; 移动互联; 商业应用

Research on marketization of electric vehicle charging and storage in internet of things in power systems

YANG Lijun, YANG Zhi

(Wanbang Digital Energy Co., Ltd., Changzhou 213000, China)

Abstract: Working as a distributed storage, the electrical vehicle has features including high capacity, being portable, quick response, etc. With the support of techniques such as mobile internet and artificial intelligence, it has a high market value of how to integrate electric vehicle into electricity market and building a smart service system having comprehensive sensing, effective response and flexible handling for each link of power system. This paper combines current status of electric vehicle and electricity market and analyses electricity commercial application based on electric vehicle application, aiming at bringing benefit to pushing the storage application of electric vehicle and exploring more commercial value of electric vehicle.

Key words: distributed storage; electricity market; mobile internet; commercial application

0 引言

电动汽车可以看成是移动的储能单元, 连接电网与电动汽车之间的是充电器, 把充电器做成双向可充可放, 就能使电动汽车与电网之间进行互动, 这种技术也就是所说的 V2G, 基于蓝牙、4G 通信技术、设备可连入电力物联网, 参与泛在电力物联网下的电力市场化应用。

电动汽车不仅可以作为交通工具解决出行问题, 同时也是解决能源和环境的重要手段, 电动汽车参与电网应用研究越来越广泛, 文献[1]进行了电动汽车消纳风电策略研究, 文献[2-3]基于需求响应阐述了虚拟电厂概念, 文献[4]面向电动汽车有序充电的控制策略研究, 基于有序充电应用需求给出了电动汽车有序充电系统的架构设计; 并对充电负荷优化策略和充电负荷分配策略进行了深入研究。

上述工作偏重于研究电动汽车消纳风电策略研究、参与电网互动策略等微观层面, 而较少涉及从宏观层面研究电动汽车参与电力市场交易的商业模

式。由此产生一个技术难题, 如何促使电动汽车参与电力市场交易, 从而促进电力系统供需平衡。围绕上述难题, 本文在“泛在电力物联网”的技术支持下以实现电动汽车有序充放电, 改善系统负荷特性、电压及频率质量, 实现车辆、充电设施和电网三者间的友好互动、协同运行, 构建电力市场化的新模式。

1 电力市场下的电动汽车特性现状

电动汽车可以直接接入大电网或者通过家庭、楼宇或者运营商等方式接入电网。直接接入大电网时用户直接与供电局进行电费交易, 间接接入需与中间商进行交易, 但电费最终也是与供电局交易。早期的电动汽车基本只支持单向充电功能, 随着电动汽车和充电技术的发展, 电动汽车厂家逐渐增加了电能的双向流动控制, 使原本的充电服务变成可以双向传输的新电力市场模式; 而支撑这种模式的原因有: ① 电动汽车停车时间较长, 且充电时间基本在电网晚高峰时间, 若通过综合控制策略来避开

高峰充电, 则能有效稳定电网; ② 电动汽车自身的车载通信系统可以使其连接到电力物联网, 同时内部带有数据监控装置, 可在泛在电力物联网下共享充放电数据; ③ 电动汽车的充放电响应可在几秒内完成, 在电网需求时提供灵活响应。

2 泛在电力物联网下的电动汽车市场价值

2.1 削峰填谷

利用峰谷价差获取利润是电动汽车作为储能最主要的商业应用之一。在低谷电价时, 对储能设备进行充电, 获取低谷电量时的花费则为储能的充电成本。在高峰电价时, 使用已储存好的电能, 做到负荷高峰时使用低价电用于生产生活, 负荷高峰时使用的电能与峰谷电价的乘积为峰谷差价收益。

建立在泛在电力物联网下的“星星充电”平台以运行成本最小、经济效益最高、综合费用最低为目标。该平台在某个体营业场所半年试运行测试, 运行状态与产生的经济效益中每年可以赚得近 3.2 万元。由此扩展可知, 电动汽车的集中式充放电调度将产生更好的经济收入, 无论电网的运行状态是并网还是离网, 电动汽车是有序充电还是无序充电, 都能产生正向利润, 证明平台控制策略的鲁棒性较好, 对外部环境的变化有较好的适应性, 为推动电动汽车 V2G 模式打下了坚实的理论基础, 具有大规模可复制性与推广价值。

表 1 电动汽车充放电年利润

Table 1 Annual profit of electric vehicle charging and discharging

| 状态 | 电费/元 | 年利润 | 备注 |
|------|------|--------|--------|
| 充电运行 | 0.3 | -9 221 | 效率 95% |
| 放电运行 | 1.5 | 41 172 | 效率 94% |

2.2 辅助服务

风能、太阳能等新能源电源具有典型的间歇性。随着电网中新能源渗透率的逐渐升高, 间隙性电源出力的波动性和不确定性极有可能导致系统发出功率与负荷需求之间的偏差, 从而引起电网频率产生偏差。

电动汽车作为移动储能装置, 在电网辅助服务中具有广泛的应用前景。在电动汽车大规模普及的情况下, 电动汽车集群可以作为系统的储能设备, 向电力系统提供频率调节的服务。电力系统调频分为二次调频, 一次调频是电网应对短周期的负荷功率变化, 由机组通过自身调速器完成, 频率有差调节。二次调频, 应对较长周期的负荷功率变化, 通常由调度中心通过 AGC 控制完成, 频率无差调节。

电动汽车的储能特性参与电力系统的二次调频需求。

如图 1 所示的中心调度系统进行投标和竞价策略计算, 调频斜率限制设置。就地监控对本地的设备进行集中管理。

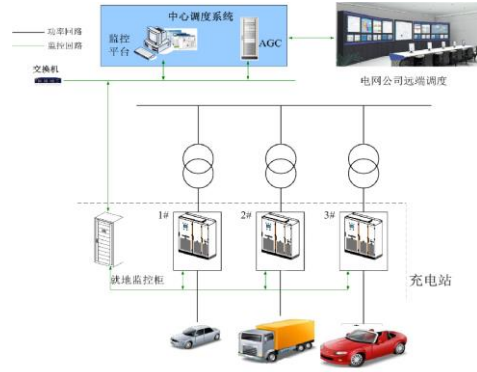


图 1 中央调度系统图

Fig. 1 Central dispatch system diagram

充电站系统满足 UL1741 和 IEEE 1547.1 标准要求, 适合市场应用。调频系统主要是由电动汽车、V2G、升压变压器及相关配电组成。充电站调频系统与电力发电机组协调工作, 快速、准确响应 AGC 二次调频指令, 图 3 为响应指令调频功率曲线。

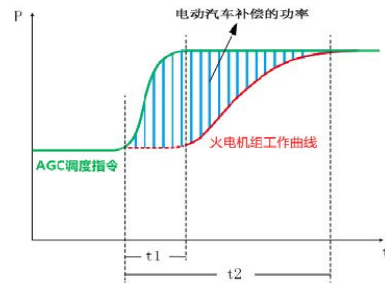


图 2 调频功率曲线

Fig. 2 Frequency modulation power curve

电动汽车作为替代传统火电调频的收益, 按照电网公司的考核奖励办法来测算收益, 如表 2 所示调节深度 D 为 AGC 日调节量总和, Kp 为当日 AGC 调节性能综合评判指标, Y 为 AGC 调节性能补偿标准, 这里参考火电机组取 15 元/MW。

表 2 辅助服务计算数据

Table 2 Auxiliary services computation data

| D | Kp | Y |
|--------|----|----|
| 100 MW | 5 | 15 |

日补偿费用 = $D \times Kp \times Y = 7500$ 元, 年补偿费用为 270.3 万元, 虽然收益和实现调频调度的支出没有那么大优势, 但作为传统火力发电外的一种调频方式是值得推广研究应用的。

2.3 可再生能源跨省销售

《关于建立健全可再生能源电力消纳保障机制的通知》在 2019 年 5 月 10 日由国家发改委、国家能源局两部门联合下发可再生能源消纳监督与考核要求, 根据通知, 各省级能源主管部门对照 2018 年消纳责任权重开展自我核查, 2019 年模拟运行并对市场主体进行试考核, 自 2020 年 1 月 1 日起全面进行监测评价和正式考核。在此背景下, 供电公司作为被考核主体, 电动汽车具有可移动性的特点, 可以跨省区域交易购买低价可再生能源电力, 这样能够促进省外可再生能源的消纳, 也满足自身需求, 调动电动汽车参与电力市场的积极性。

此模式的商业下各方的收入来源, 售电公司赚取充电电费及服务费用, 批量参与电力市场可与电网公司进行批发电价商谈, 也可以联合其他发电业务, 作为辅助服务来响应电网需求的负荷曲线以获得相应的收益。

2.4 应急电源

当电网出现跌落, 闪变或者中断时能够保证对重要负荷的短时紧急供电, 以使重要数据备份或启动备用电源支撑。当电动汽车或充换电站具备 V2G 功能时, 其可控的电源特性可以实现应急电源功能, 根据实际情况选择需要的电动汽车数量来提供相应的容量需求, 这样可以不用购置常规的应急电源装置。当电网出现故障时, 可以通过控制电动汽车的电池放电来应急使用。需要维护的只是 V2G 设备, 对比传统的应急电源, 减少了设备维护和维修人员, 进一步提供经济性。

3 结论

在泛在电力物联网下, 无论是从电动汽车使用者的角度还是电力市场角度, 电动汽车作为充电用户和储能单元参与电网的市场化中, 对电网来说相当于提高了容量, 通过优化的调度策略缓解电网在负荷高峰时的压力, 也能在负荷低谷时充分利用电网的闲置资源提高电网的利用率, 通过电力辅助服务获取政府补贴, 峰谷电价获取利润, 作为应急电源减少停电带来的损失。电动汽车参与电力的市场化, 还能对风电、光伏等清洁能源进行消纳, 达到减碳排放、节约资源的目标, 也避免传统储能建设的高昂费用。结合对电动汽车充放电市场化的研究, 可以得出电动汽车参与电力市场有助于电网和电动汽车相互成长, 具有重要的推广价值。

参考文献

[1] 刘都利. 考虑电动汽车分类的 V2G 消纳风电优化策略

- 研究[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2017.
- [2] 王金明, 张卫国, 朱庆, 等. 含风电及电动汽车虚拟电厂参与电力市场的优化调度策略[J]. 电力需求侧管理, 2020, 22(1): 28-34, 47.
WANG Jinming, ZHANG Weiguo, ZHU Qing, et al. Optimal scheduling strategy for VPP participating in the power market including wind power and EV[J]. Power Demand Side Management, 2020, 22(1): 28-34, 47.
- [3] 傅晓晴. 电力改革和新技术推动下的电力营销研究[D]. 保定: 华北电力大学, 2019.
- [4] 李苗苗. 面向电动汽车有序充电的控制策略研究[D]. 济南: 山东大学, 2020.
- [5] 刘继春, 贾琢玉, 向月, 等. 泛在电力物联网下电动汽车充电服务费定价模型[J]. 工程科学与技术, 2020, 52(4): 33-41.
LIU Jichun, JIA Zhuoyu, XIANG Yue, et al. Pricing model of electric vehicle charging in electrical internet of things[J]. Journal of Sichuan University (Engineering Science Edition), 2020, 52(4): 33-41.
- [6] 张玉朋, 崔克刚. 基于泛在电力物联网的 V2G 技术综述[J]. 电工技术, 2020(5): 135-137.
ZHANG Yupeng, CUI Kegang. Review of V2G technology based on ubiquitous power internet of things[J]. Electric Engineering, 2020(5): 135-137.
- [7] 赖飞屹, 徐弘. 基于纳什均衡的电动汽车参与下的电网博弈分析[J]. 江西电力, 2019, 43(6): 9-15, 20.
- [8] 李德智, 田世明, 王伟福, 等. 分布式储能的商业模式研究和经济性分析[J]. 供用电, 2019, 36(4): 86-91.
LI Dezhi, TIAN Shiming, WANG Weifu, et al. Business model research and economic analysis of distributed energy storage[J]. Distribution & Utilization, 2019, 36(4): 86-91.
- [9] 王利强, 孙景, 李建华. 论市场环境下电动汽车的电力服务[J]. 电子世界, 2017(14): 161.
- [10] 刘敦楠, 王梅宝, 李根柱, 等. 电动汽车参与电力市场的商业运营模式研究[J]. 全球能源互联网, 2019, 2(5): 516-524.
LIU Dunnan, WANG Meibao, LI Genzhu, et al. Business model for optimal electric vehicle participation in electricity market[J]. Journal of Global Energy Interconnection, 2019, 2(5): 516-524.
- [11] 刘新利, 程玮, 刘涛, 等. 输配电价改革后的电网企业盈利模式分析[J]. 中国电力企业管理, 2018(19): 18-21.
- [12] 颜乐平, 李琰, 徐天奇. 智能电网中电动汽车充放电实时电价策略研究[J]. 电工技术, 2019(24): 177-180.
YAN Leping, LI Yan, XU Tianqi. Research on real-time electricity price strategy of electric vehicle charging and discharging in smart grid[J]. Electric Engineering, 2019(24): 177-180.

收稿日期: 2020-09-12

作者简介:

杨立军(1978—), 男, 硕士, 高级工程师, 研究方向为开关电源、电力电子装置。E-mail: lijun.yang@wanbangauto.com