

V2G 模式下电动汽车充放电效率的研究

杨涛

(浙江省太阳能利用及节能技术重点实验室, 浙江浙能技术研究院有限公司, 浙江 杭州 310000)

摘要: 1995年, Amory Lovins 提出 V2G 概念, Willet Kempton 进一步阐述了 V2G 的基本观点, 说明了其经济性和可行性。V2G 的核心思想就是利用大量电动汽车的储能作为电网和可再生能源的缓冲。当电网负荷高时, 由电动汽车储能向电网馈电, 当电网负荷低时, 存储电网过剩的发电量, 使得电动汽车主获得一定的收益。

关键词: 调频; 功率电能流动; 负载均衡控制

Research of the charge-discharge efficiency for the EV cars with the V2G model

YANG Tao

(Key Laboratory of Solar Energy Utilization and Energy Saving Technology, Zhejiang Energy Group R & D Institute Co., Ltd., Hangzhou 310000, China)

Abstract: In 1995, Amory Lovins put forward the concept of V2G, Willet Kempton, which further elaborated the basic viewpoint of V2G and explained its economy and feasibility. The core idea of V2G is using the energy stored in a large number of electric cars as a buffer against the grid and renewable energy. When the power grid load is high, the energy storage edge of the electrical vehicle will feed to the power grid; when the power grid load is low, the excess power generation capacity of the power grid will be stored, the main electric vehicle will get a certain benefit.

Key words: frequency modifying; power flow; load balance control

0 引言

1995年, Amory Lovins 提出 V2G 概念, Willet Kempton 进一步阐述了 V2G 的基本观点, 说明了其经济性和可行性。V2G 的核心思想就是利用大量电动汽车的储能作为电网和可再生能源的缓冲。当电网负荷高时, 由电动汽车储能向电网馈电, 当电网负荷低时, 存储电网过剩的发电量, 使得电动汽车主获得一定的收益^[1-5]。电能通过电力电子双向变换技术在新能源汽车电池和储能系统以及电网之间流动, 实现能源的最优化利用。

1 V2G 技术简介

1.1 模式实现方式

1) 集群式 V2G 实现方式

某一区域内停放的电动汽车聚集在一起, 可以是实际的停车场, 也可以是虚拟的聚合体, 按照电网的需求对此区域内电动汽车的能量进行统一的调度, 并由特定的管理策略来控制每台电动汽车的充放电过程。

2) 基于 V2H/V2B 的实现方法

用于实现家庭住宅或商业大楼与电动汽车间的双向互动, 电动车于非高峰时充电, 在闲置时接入相应的供电网络, 提供建筑物用电需求或紧急备用电源。

3) 自治式 V2G 实现方式

自治式 V2G 一般采用车载的充电机, 充电方便, 易于使用, 不受地点和空间的限制, 可以不受外界控制自动地实现 V2G^[6], 如图 1 所示。

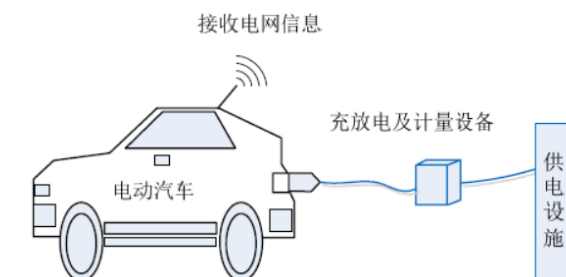


图 1 自治式 V2G

Fig. 1 Autonomy V2G

1.2 技术实现方式

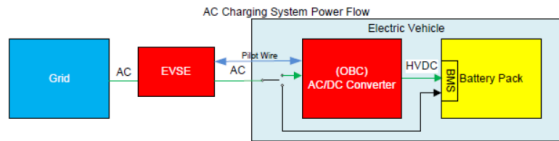


图 2 交流慢双向充放
Fig. 2 AC slow V2G

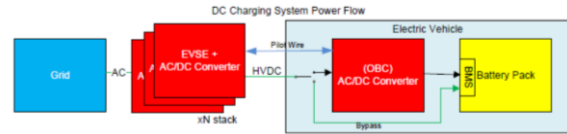


图 3 直流快双向充放
Fig. 3 DC fast V2G

2 影响 V2G 效率的因素与提升方向

2.1 能量流动

如图 4 所示，能量的双向流动会带来损耗的成倍增长。整个充放电系统的损耗主要来自于几个方面：变压器损耗、充电模块损耗以及其他供电线路损耗等^[7]。

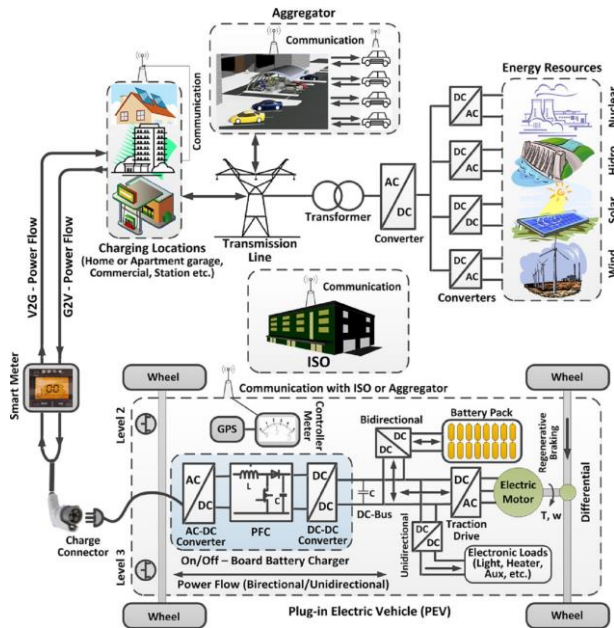


图 4 充放电能量流动
Fig. 4 Power flow of charge-discharge

2.2 车载双向充放电电机

车载充放电机的损耗同样来自于变压器及电感损耗、阻尼网络及 MOSFET 损耗以及电力电子电路采样电路损耗等^[8]，如图 5 所示。

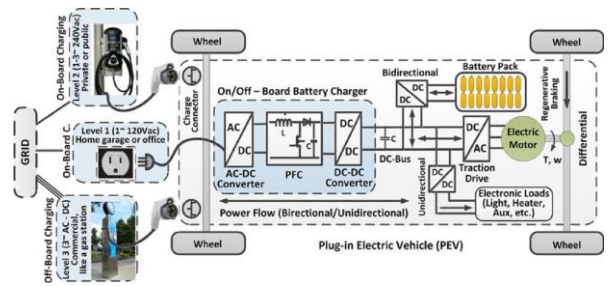


图 5 车载充放电能量流动
Fig. 5 OBC power flow of charge-discharge

2.3 拓扑结构

如图 6 优化前级 AC-DC+PFC 拓扑，图腾柱式的前级 PFC 的应用减少使用可控开关，减少损耗、DC-DC 谐振拓扑在系统效率损耗方面优于移相全桥拓扑。变换器结构的研究，包括结构的选择以及双向 DC-DC、双向 AC-DC 变换器的集成，还有就是如何利用现有牵引驱动系统完成双向充电的功能。

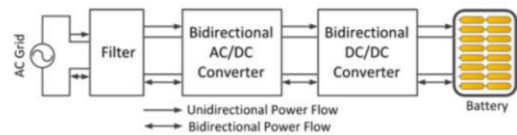
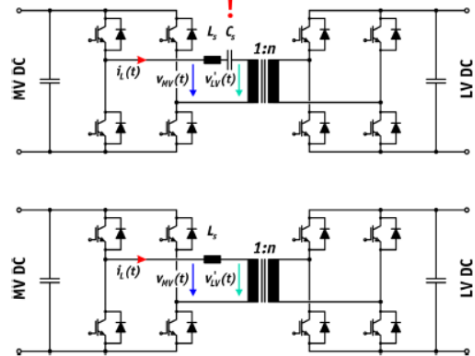


图 6 拓扑结构
Fig. 6 Topology

DC-DC 部分，谐振电路：高低压侧都有低的开关损耗，高低压侧都可实现 ZCS。移相全桥：低压侧有较高开关损耗，仅高压侧可实现 ZCS。因此，DC-DC 谐振拓扑在系统效率损耗方面优于移相全桥拓扑^[9]。

2.4 器件

宽禁带半导体的逐步应用，SiC MOSFET GaN HEMT 替换传统的功率器件，在效率和成本上选择折衷^[10]，如图 8 所示。



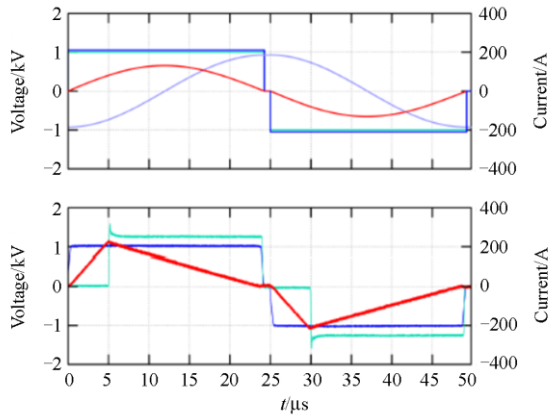


图 7 DC-DC 电路拓扑结构
Fig. 7 DC-DC topology

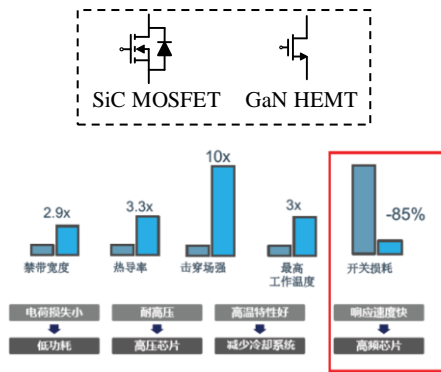


图 8 宽禁带半导体
Fig. 8 WBG semi-conductor

图 9 为高频变压器参与整个双向变换器的优化设计，不同磁芯材料绕组的变压器性能对比。不同开关频率下充放电损耗、冷却、绝缘、噪音减少(不同的磁芯材料)，绕组布置-同轴绕组漏电感低^[11]。

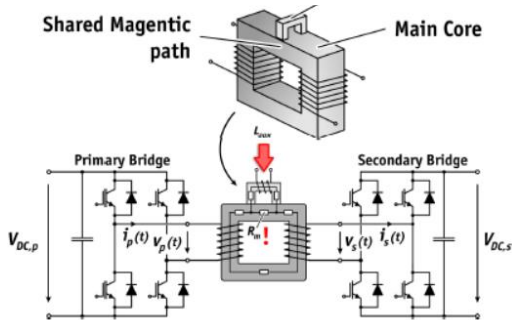


图 9 高频变压器
Fig. 9 High frequency transformer

2.5 运行策略

如图 10 所示，控制变换器在最大功率工作区域，研发新的效率寻优算法，进行智能风扇调速，

降低散热功耗^[12-15]。

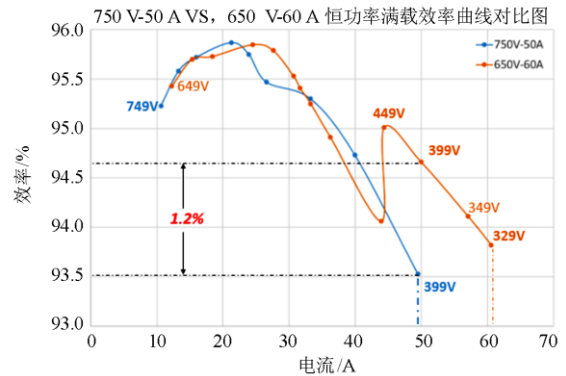


图 10 变换器在最大功率工作区域
Fig. 10 Converter with the maximum power working zone

3 结论

提升V2G双向效率的几个方向包含功率器件-宽禁带、拓扑或系统结构、变压器磁性元件设计系统控制策略等优化方向。

参考文献

- [1] 赵玉, 徐天奇, 李琰, 等. 基于分时电价的电动汽车调度策略研究[J]. 电力系统保护与控制, 2020, 48(11): 92-101.
ZHAO Yu, XU Tianqi, LI Yan, et al. Research on electric vehicle scheduling strategy based on time-shared electricity price[J]. Power System Protection and Control, 2020, 48(11): 92-101.
- [2] 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.
- [3] 陈奎, 马子龙, 周思宇, 等. 电动汽车两阶段多目标有序充电策略研究[J]. 电力系统保护与控制, 2020, 48(1): 65-72.
CHEN Kui, MA Zilong, ZHOU Siyu, et al. Charging control strategy for electric vehicles based on two-stage multi-target optimization[J]. Power System Protection and Control, 2020, 48(1): 65-72.
- [4] 颜湘武, 赵帅帅, 董清, 等. 电动汽车充电机性能综合评估[J]. 电力系统保护与控制, 2020, 48(1): 164-171.
YAN Xiangwu, ZHAO Shuishuai, DONG Qing, et al. Comprehensive evaluation of electric vehicle charger performance[J]. Power System Protection and Control,

- 2020, 48(1): 164-171.
- [5] 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.
- [6] ZHONG Jin, HE Lina, LI Canbing, et al. Coordinated control for large-scale EV charging facilities and energy storage devices participating in frequency regulation[J]. Applied Energy, 2014, 123: 253-262.
- [7] 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 Jing'an, et al. Research on electric vehicle charging station modeling[J]. Power System Protection and Control, 2017, 45(8): 107-112.
- [8] 周逢权, 连湛伟, 王晓雷, 等. 电动汽车充电站运营模式探析[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(21): 63-71.
ZHOU Fengquan, LIAN Zhanwei, WANG Xiaolei, et al. Analysis on operation mode of electric vehicle charging station[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(21): 63-66, 71.
- [9] 张维戈, 颀飞翔, 黄梅, 等. 快换式公交充电站短期负荷预测方法的研究[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(4): 61-66.
ZHANG Weige, JIE Feixiang, HUANG Mei, et al. Research on short-term load forecasting methods of electric buses charging station[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(4): 61-66.
- [10] 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.
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.
- [11] 张谦, 韩维健, 俞集辉, 等. 电动汽车充电站仿真模型及其对电网谐波影响[J]. 电工技术学报, 2012, 27(2): 159-164.
ZHANG Qian, HAN Weijian, YU Jihui, et al. Simulation model of electric vehicle charging station and the harmonic analysis on power grid[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2012, 27(2): 159-164.
- [12] 赵东元, 胡楠, 傅靖, 等. 提升新能源电力系统灵活性的中国实践及发展路径研究[J]. 电力系统保护与控制, 2020, 48(24): 1-8.
ZHAO Dongyuan, HU Nan, FU Jing, et al. Research on the practice and road map of enhancing the flexibility of a new generation power system in China[J]. Power System Protection and Control, 2020, 48(24): 1-8.
- [13] 钱科军, 刘乙, 张新松, 等. 考虑电动汽车充电负荷的配电系统场景概率潮流分析[J]. 电力系统保护与控制, 2020, 48(24): 62-70.
QIAN Kejun, LIU Yi, ZHANG Xinsong, et al. Scenario-based probabilistic power flow calculation of distribution systems with electric vehicle charging loads[J]. Power System Protection and Control, 2020, 48(24): 62-70.
- [14] 张虹, 申鑫, 葛得初, 等. 基于全局和局部最优模型的电动汽车充放电优化调度[J]. 电力系统保护与控制, 2020, 48(6): 1-9.
ZHANG Hong, SHEN Xin, GE Dechu, et al. Optimal scheduling of charging and discharging of electric vehicles based on global and local optimal model[J]. Power System Protection and Control, 2020, 48(6): 1-9.
- [15] 慕昆, 齐红柱, 何国锋. 基于 LLC 谐振变换器的直流电源控制系统设计[J]. 电力系统保护与控制, 2020, 48(6): 152-157.
MU Kun, QI Hongzhu, HE Guofeng. Design of DC power supply control system based on LLC resonant converter[J]. Power System Protection and Control, 2020, 48(6): 152-157.

收稿日期: 2020-12-28

作者简介:

杨涛(1987—), 男, 博士, 高级工程师, 电力电子/新能源技术。E-mail: yangtao1987323@163.com