

V2G 模式下电动汽车的有序充放电策略研究

任金彦

(万帮星星充电科技有限公司, 江苏 南京 210005)

摘要: 在 V2G 充放电设备大规模普及后电动汽车无序充电或放电将给电网带来巨大的负担。V2G 充放电设备具备了双重角色, 它不仅是充电设备还是储能设备。但这种储能设备是移动的、分布式的。设计的有序充放电策略充分地考虑了这些特征, 核心思想是以台区为单位通过定时采集台区内监控信息制定有序充放电策略, 通过合理的安排充放电可以满足在有限的容量下实现高容量充电的需求。在台区内剩余可用功率不足时优先调度台区内签订 V2G 合约的电动汽车进行放电, 通过能源路由器保证电源和负荷的平衡, 确保能量潮流在台区内部流动。这样可以有效地减少电网侧负荷波动和电能传输损耗。而在用户侧以电价的形式对参与 V2G 的电动汽车进行补贴, 保证了车主的切身利益。

关键词: 电动汽车; 有序充放电管理系统; V2G 充电桩; 能源控制器

Study on the orderly charging and discharging strategy of electric vehicles in V2G mode

REN Jinyan

(Wanbang Star Charge Co., Ltd., Nanjing 210005, China)

Abstract: The disorderly charging or discharging of electric vehicles after the large-scale popularization of V2G charging and discharging equipment will bring a huge burden on the power grid. V2G charging and discharging equipment has dual roles. It is not only a charging device but also an energy storage equipment. But this energy storage device is mobile and distributed. The orderly charging and discharge strategy designed in this paper fully considers these characteristics, and the core idea is to develop an orderly charging and discharging strategy based on the monitoring information in the station area through timed collection of the station area, and to meet the needs of high-capacity charging under limited capacity through reasonable arrangement. In this paper, when the remaining available power in the station area is insufficient, the electric vehicle which has signed the V2G contract in station area is dispatched first to be discharged, and the balance of power supply and load is guaranteed through the energy router to ensure the flow of energy flow within the station area. This can effectively reduce the power grid side load fluctuations and power transmission losses. It gives subsidies to electric vehicle which participated in V2G in the form of electricity prices on the user side, to ensure the vital interests of car owners.

Key words: electric vehicle; orderly charging and discharging management system; V2G charging pile; energy controller

0 引言

近年来, 电动汽车技术发展突飞猛进, 目前全球许多国家将交通电气化定为技术转型重点方向。电动汽车具有环保、节能、电价远低于油价、富有科技感等优势, 得到了越来越多人的关注。但大规模电动汽车集中在用电高峰期充电, 进一步加大电网负担。直到电动汽车 V2G 模式思路^[1]提出后, 人们考虑到可以充分利用电动汽车的储能特性, 在用电高峰期时将电动汽车储存的电能输送到电网, 提高了电网可靠性并减少储能的配置, 有效地减少电

网负荷波动。

由于电动汽车的接入行为具有时间的不确定性和空间上的不确定性, 这需要电动汽车有序充放电策略来规划充放电行为。文献[2]考虑了电动汽车充电的一些随机因素, 如电动汽车开始充电时间、充电时长和初始 SOC, 在此基础上建立了接近现实世界住宅配电网中电动汽车充放电的随机模型, 并基于粒子群优化算法优化充电和 V2G 策略。该策略主要目的是用于提高电网电能质量和平滑电网负荷需求。其缺点是忽略了电动汽车是否愿意参与 V2G。文献[3]以一个居民区和工商业区为研究对象, 研究

了电网侧在最优功率负荷波动和经济费用下的充放电需求，然后研究了用户侧充放电总功率与电价的关系，最后研究了中间商侧通过返利引导用户协调充放电。文中以电动汽车充放电概率分布模型作为优化目标的约束条件优化得出每个时间段的放电总功率。其缺点是对于每个独立的电动汽车如何分配放电功率，文中没有提到。文献[4]的策略是根据电动汽车的充放电行为及用户计划，将电动汽车分为3类，并以总充电费用最小为目标函数，电网运行指标及电动汽车状态作为约束条件及用户信用指标制定充放电计划，可以减少负荷波动和降低用户充电费用，其缺点是普通电动汽车优先级最低在用电高峰期只能暂停充电，无法解决普通电动汽车急需充电的问题。

本文基于文献[4]的电动汽车分类，并引入了有序充放电系统，以每个台区为基本调度单元，在用电高峰期首先在台区内调度 V2G 电动汽车，如果调度失败则调度就近的其他台区 V2G 电动汽车。若没有 V2G 电动汽车可以调度则让普通电动汽车临时升级成 V2G 电动汽车以满足其他电动汽车充电需求，对于急需充电的普通电动汽车也可以支付高溢价的充电费用给其他 V2G 电动汽车来获取高优先级的充电权。

1 有序充放电系统总体架构

有序充放电系统按照分层思想进行设计，将系统复杂功能划分层次，这样的设计具有每层功能分工明确、层间耦合低的优点。图 1 中处于系统顶层的有序充放电管理系统主要负责有序充放电策略的生成和下发；台区内的能源控制器负责实时采集负荷数据和充放电设备的控制，如控制充电桩允许最大充电/放电功率，开启/停止充电等；能源路由器为多种分布式能源与负荷的协调运行提供了解决方

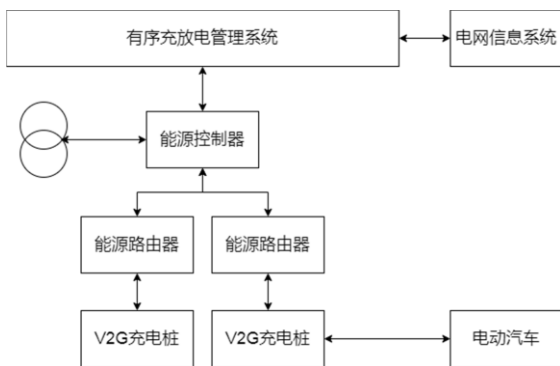


图 1 有序充放电系统总体架构

Fig. 1 Overall architecture of orderly charging and discharging system

案，比如在负荷附近分布有正在放电的电动汽车，通过使用能源路由器不仅可以减少一次性能源的使用，还可以减少电能传输时电力线上的电能损耗；V2G 充电桩是具有充放电功能的设备，它接收能源路由器充放电指令来进行有序充放电。

1.1 有序充放电策略

本文主要考虑有序充放电管理系统的有序充放电策略。该策略的主要目标是减少电网负荷波动和最大化 V2G 签约用户的最大利益。文献[4]根据电动汽车的使用特性将电动汽车分成了3类：签约电动汽车(一部分电动私家车)，优先电动汽车(电动出租车)和普通电动汽车(部分电动私家车)，本文也采用该分类方式。

1) 签约电动汽车

签约电动汽车具有日间行驶距离短，起始电量足，闲置时间长的特点。用户签约的目的主要是为了获得 V2G 补贴。这类车一般是在用电高峰期负责“削峰”而在用电波谷期负责“填谷”以此获得充放电差价。这既能满足用户的利益需求又能达到减少电网负荷波动，提高了电网质量，满足用户侧和电网侧的双赢。

2) 优先电动汽车

优先电动汽车一般是电动出租车等，这类车需要满足其充电需求以达到快速充电，它们不参与有序充放电的调度。

3) 普通电动汽车

普通电动汽车一般都会选择在用电波谷期进行充电，它们如果需要在用电高峰期进行充电需要提高充电费用为本次充电提升充电权限升级成优先电动汽车，充电结束会恢复成原先的权限，否则暂停它的充电。

下面是针对这三类电动汽车的有序充放电管理系统实现有序充放电策略的步骤。

步骤 1：有序充放电管理系统获取充电请求，根据该请求所属的台区的剩余可用功率，判定剩余可用功率是否来自于 V2G 电动汽车的功率。若是，则执行步骤 2，否则步骤 3。

步骤 2：检查电动汽车类型，如果该电动汽车是普通类型则不允许充电，并提示用户是否需要提升权限。如果用户选择提升权限，则管理系统暂时将电动汽车类型升级为优先型，然后执行步骤 3；否则提示用户当前负荷过高，需等待其他电动汽车充电结束，并在负荷降低后由有序充放电管理系统按充电请求发起的先后顺序安排充电。

步骤 3：将剩余可用功率下发给充电设备，充电设备以该功率作为最大充电功率限制值进行充电。

步骤 4: 有序充放电管理系统检查优先电动汽车的充电功率要求是否可以满足, 若充电功率要求高于该台区可用功率, 则优先检查该台区是否有空闲的签约电动汽车, 若有, 则向该台区能源控制器发起调度指令, 再经由能源路由器负责将新加入的 V2G 放电功率与充电功率达到平衡; 否则从附近台区检查是否有空闲的签约电动汽车, 若无, 则维持原来的充电功率。

2 结论

本文在有序充放电系统架构的基础上提出了一种有序充放电策略的实现步骤, 该策略的主要目的是减少电网负荷波动和最大化 V2G 签约用户的最大利益, 电网不会超负荷, 在电网无余量时暂停普通电动汽车的充电, 若它仍需要充电则通过向 V2G 电动汽车付 V2G 电价费用来维持充电。但本文未对 V2G 电价如何确定以保证其合理性, 台区 V2G 电动汽车分配严重不均等问题做详细的探讨, 这将是以后的研究方向。

参考文献

[1] KEMPTON W, TOMI J. Vehicle-to-grid power implementation: from stabilizing the grid to supporting large-scale renewable energy[J]. *Journal of Power Sources*, 2005, 144(1): 280-294.

- [2] 罗通, 陈众, 余思维, 等. 基于 PSO 算法的电动汽车有序充放电优化[J]. *电力学报*, 2018, 33(1): 32-40.
LUO Tong, CHEN Zhong, YU Siwei, et al. Ordered charging and discharging optimization of electric vehicle based on PSO algorithm[J]. *Journal of Electric Power*, 2018, 33(1): 32-40.
- [3] 候慧, 柯贤彬, 王成智, 等. 区域电动汽车协调优化的充放电策略[J]. *高压电技术*, 2018, 44(2): 648-654.
HOU Hui, KE Xianbin, WANG Chengzhi, et al. Coordinated optimization strategy for electric vehicles' charging and discharging in different regions[J]. *High Voltage Engineering*, 2018, 44(2): 648-654.
- [4] 王鑫, 周步祥, 唐浩. 计及 V2V 技术的电动汽车有序充放电策略[J]. *电力系统及其自动化学报*, 2018, 30(7): 96-102.
WANG Xin, ZHOU Buxiang, TANG Hao. Ordered charging/discharging strategy for electric vehicles with V2V technology[J]. *Proceedings of the CSU-EPSCA*, 2018, 30(7): 96-102.

收稿日期: 2020-09-10

作者简介:

任金彦(19—), 男, 硕士研究生, 控制理论与控制工程。

E-mail: jinyan.ren@wanbangauto.com