

规模化电动汽车与电网互动的方案设想

许晓慧<sup>1</sup>,陈丽娟<sup>2</sup>,张 浩<sup>1</sup>,丁孝华<sup>1</sup>

(1.国网电力科学研究院,江苏 南京 210003;2.东南大学电气工程学院,江苏 南京 210096)

**摘 要:**提出了规模化电动汽车与电网互动的方案设想,分析了规模化电动汽车与电网之间的互动方式及目标,设计了互动的市场机制以及协调控制策略。并基于控制策略,从功能以及与信息交互等方面提出了互动协调控制系统的建设方案设想,为今后电动汽车大规模接入后与电网之间能量和信息的双向互动提供了研究方法和思路。  
**关键词:**电动汽车;市场机制;互动  
**中图分类号:**TM76**文献标志码:**B**文章编号:**1009-0665(2012)02-0053-03

电动汽车与电网进行双向互动的技术(V2G)<sup>[1]</sup>是一种新型电网技术,体现的是能量双向、实时、可控、高速地在车辆和电网之间流动<sup>[2,3]</sup>,是“智能电网”的重要组成部分。充放电控制装置既有与电网的交互,又有与车辆的交互,交互的内容包括能量转换、客户需求信息、电网状态、车辆信息、计量计费信息等<sup>[4]</sup>。因此,V2G 技术是融合了电力电子技术、通信技术、调度和计量技术、需求侧管理等的高端综合应用。目前,美国对电动汽车与电网的研究处于领先状态,大多数试点也都在美国实施<sup>[5,6]</sup>。2002 年 AC Propulsion 对一辆 Volkswagen Beetle 进行了改装,使其可与电网进行双向能转换,并安装有无线通信装置,可接受充放电命令。美国特拉华大学的 Will lett Kempton 教授领导的团队,在 2007 年 10 月,成功将一辆电动汽车接入电网并接受调度命令,车辆作为调峰发电设备,每车每年可为电力公司带来 4000 美元的效益。此外,2007 年底,美国福特汽车与美国 Xcel Energy 公司把互动智能电网概念引入新能源汽车领域。

电动汽车与电网的概念正从美国向全球展开,丹麦、荷兰、英国和澳大利亚都正在进行关于电动汽车与电网的研究工作。在丹麦,可持续能源国家实验室正在对电动汽车负荷管理和储能进行研究以提高电网的稳定性;丹麦能源公司 Dong Energy 也正计划一个多达 100 辆电动汽车的示范工程;荷兰 Kema 研究所正在开展 "ITM" 项目,主要对电动汽车对电网的影响和管理方法进行研究;澳大利亚 IASA 研究所也对电动汽车与电网的应用条件、对电动汽车发展的促进等进行了研究。英国 Warwick 大学正在开展 "V2GUK" 项目,主要目的是研究电动汽车对基础供电设施的影响。我国在电动汽车与电网互动方面也开展了多方面工作<sup>[7]</sup>。2010 年上海世博园区国家电网企业馆中进行电动

汽车与电网双向互动的展示,演示时使用的车辆是上海汽车开发的荣威 350EV 版,该系统具有定时、定峰、削峰填谷等充放电策略,可根据电网调度指令,完成不同模式下充放电功能。总体上国内外研究处于起步和探索阶段,实现的 V2G 技术只是示范工程,控制的车辆数目较少,并且局限在某一固定区域,其数据传输量少,控制参数较少,在规模化电动汽车与电网的互动协调控制等方面的研究尚有待进一步加强。

1 规模化 V2G 的互动方式及目标

1.1 互动方式

目前,电动汽车充电方式主要分为交流充(放)电桩、充(放)电站和电池更换站三种。其三种充电方式对应的互动方式如表 1 所示。

表 1 规模化 V2G 互动方式

互动对象	充电方式	互动方式描述
私家车等	交流充(放)电桩	通过智能车载终端与电网进行信息交互,由智能充放电电机实施充放电控制
公交车、出租车、公务车、单位用车等	充(放)电站	通过充电站内监控管理系统与电网进行信息交互,由充电站内监控管理系统控制站内每个充放电机的 states
公交车、出租车、专用车辆等	电池更换站	通过电池更换站内监控管理系统与电网进行信息交互,由站内监控管理系统控制站内每个电池组的充放电状态

1.2 互动目标

考虑到实现电动汽车与电网互动的难易程度,将互动目标由易至难划分为三个层次。

(1) 第一层次为削峰填谷。根据电网状态信息、电动汽车充放电负荷信息,确定并发布分时电价;通过调整电价实现对电动汽车充放电负荷的调节,达到削峰填谷的目标。

(2) 第二层次为备用服务。电动汽车以可中断负荷的形式(在电网峰荷或故障时中断电动汽车充

电负荷)向电网提供备用服务,可起到提高电网可靠性的作用。

(3) 第三层次为调频服务。大规模电动汽车具有可观的储能容量,且能够快速改变充放电状态,具有向电网提供调频服务的巨大潜力。

三种互动目标的基本设计方案如表 2 所示。电动汽车与电网互动可由低层次向高层次逐级实现。

表 2 三种互动目标的基本设计方案

互动目标	电网侧信息	电网侧充放电控制指令	用户端反馈	互动结果	互动效益
削峰填谷	电网负荷和电价	—	优化充放电时间和过程	降低峰荷,平滑负荷曲线	提高设备利用率和电网运行成本
备用服务	电网备用功率和持续时间	停止或继续充放电指令	根据控制指令,中断或继续充放电过程	电动汽车在电网需要时提供备用支援	减小电网对发电机的备用容量需求和支付的备用成本
调频服务	电网调频需求	调整或改变充放电状态指令	根据控制指令,调整或改变充放电状态	电动汽车在电网需要时提供调频服务	减小电网对发电机组的调频容量需求和支付的调频成本

2 规模化 V2G 的控制策略

电动汽车与电网互动体现在能量和信息的双向流动。而控制策略是实现这种双向流动的核心。所谓控制策略是在充分采集电网和用户数据,权衡多方利益的基础上作出的决策性判断。该判断将对用户的行为和电网的运行状态产生直接的影响。在双方作出决策时,需要有一个共同遵循的准则,这就是市场机制。

2.1 市场机制

(1) 电动汽车提供削峰填谷服务的市场机制。采用基于分时电价的市场机制引导电动汽车的充放电状态和过程,达到削峰填谷和平滑负荷曲线的目的。根据电网状态信息、电动汽车充放电负荷信息,确定并发布分时电价,通过调节分时电价实现对电动汽车充放电负荷的调节。用户根据分时电价、电池状态以及自身需求,制定以经济效益最大化为目标的电池充放电策略。

(2) 电动汽车提供备用和调频服务的市场机制。电动汽车提供备用和调频服务的市场机制研究方案如图 1 所示。

首先分析电动汽车参与电网互动的成本(主要是对电池寿命的影响)、电网公司能够获得的效益和社会效益。对电网公司无法直接获得的效益(如可再生能源多发电、减排效益等),考虑政府给予电动汽车用户和电网公司一定的补贴,以支持电动汽

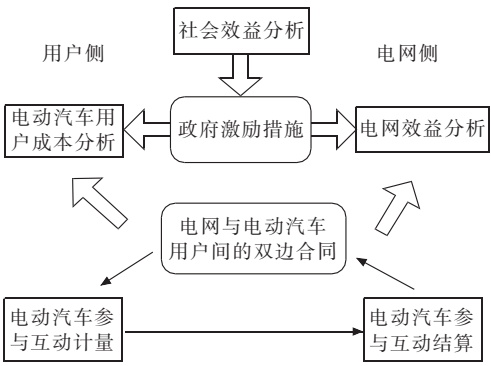


图 1 备用和调频服务的市场机制示意图

车与电网的互动。这一市场机制需要研究电网公司与电动汽车用户签订双边合同的方式。电动汽车用户参与电网互动可获得一定的补偿,但双边合同也会规定用户应尽的义务、相应的考核和奖惩措施等。

2.2 协调控制策略

对 3 辆电动汽车与电网互动目标拟采用的协调控制策略如图 2 所示。

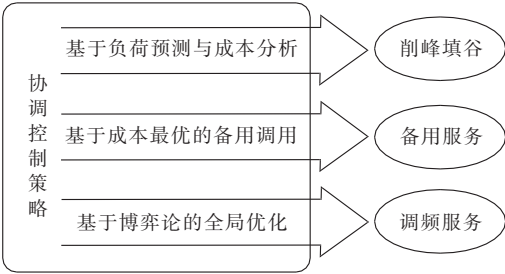


图 2 电动汽车与电网互动的控制策略

(1) 以削峰填谷为目标的控制策略。基于对次日的负荷预测,考虑发电成本、用户充电成本和用户响应程度,以综合成本最低为目标,制订合理的电动汽车充放电价格并向充放电设施发布。

(2) 提供备用服务的控制策略。电动汽车提供备用服务的形式包括运行备用和事故备用。对运行备用,在保持电网可靠运行的前提下,基于对与电网连接电动汽车规模的预测,以备用成本最小为目标,分配电动汽车提供运行备用的容量大小;对于紧急备用,在事故情况下,以损失最小为目标,短时中断电动汽车的充放电状态。

(3) 提供调频服务的控制策略。由电动汽车与电网互动的通信信息平台,获取电动汽车与电网连接及电池的状态,计算能够参与调频的电动汽车电池容量;在分析系统负荷特性和频率特性的基础上,提出电动汽车参与调频的优化控制方法。由于调频服务是一个动态的过程,需要考虑在一段时间内的全局优化。另外,在调频市场机制足够吸引用户的前提下,多辆电动汽车参与调频服务是一个多方博弈问题,拟采用基于博弈理论的全局优化策略。

### 3 规模化 V2G 的实现设想

互动协调控制系统是实现规模化 V2G 的核心。它根据电网的实时信息以及电动汽车的状态和用户需求信息进行决策,制定优化的协调控制策略;根据电网信息和控制指令优化电动汽车的充放电过程,从而实现电动汽车与电网能量和信息的双向互动。根据前一部分所述控制策略,设计的互动协调控制系统的整体架构如图 3 所示。

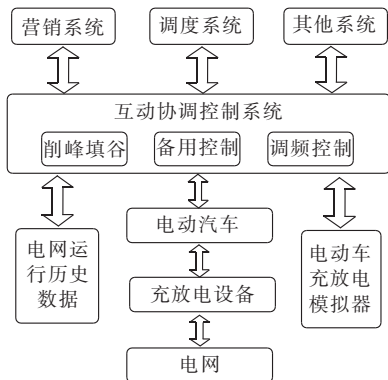


图 3 协调控制系统整体架构图

#### 3.1 系统功能

(1) 与电动汽车、充放电设施及与电网相关系统间的通信功能;可靠性的通信信息系统,保证协调控制系统与大量充放电设施的双向通信。

(2) 针对不同层次互动内容的优化决策功能;互动决策算法能在规定的时间根据充放电设施的连网状态和电池状态给出优化决策指令;充电站与电网互动实际上是双层互动,充电站内的多台充放电电机和多个电池组由站内监控系统实现协调控制,这大大减轻了互动协调控制决策模块的计算量。

(3) 不同层次互动内容的互动效果和经济效益评估功能。

(4) 电动汽车与电网互动的实体、物理和数字仿真功能。

#### 3.2 系统信息交互

(1) 与电网调度和运营系统的交互。系统通过开放接口,从电网的调度和运行系统获取电网运行的实际数据,并获取电力公司与电动汽车的营销信息等。

(2) 与配电网历史运行数据库的交互。为验证分析需要,建立电网运行的历史数据库。在不能与电网实时信息系统相连的情况下,系统可调用电网的历史数据进行仿真分析。

(3) 与电动汽车充放电模拟器的交互。在互动协调控制系统中,电动汽车和充放电设施的数量有限,为模拟大规模电动汽车与电网的互动,需开发专门的电动汽车充放电模拟器。模拟器建立典型电

动汽车充放电的数学模型,接收发布的信息,模拟充放电过程并向系统反馈充放电状态。在没有大规模电动汽车接网的条件下,由充放电模拟器进行大规模电动汽车与电网互动的仿真模拟,可检验互动协调控制决策模块的计算能力和互动控制的效果。

### 4 结束语

本文在所设计的市场机制以及协调控制策略的基础上提出了规模化电动汽车与电网互动的方案设想。本文分析得出实现规模化 V2G 的核心是建设互动协调控制系统。因此,本文从功能以及与信息交互等方面提出了互动协调控制系统建设方案设想,为未来实现规模化电动汽车与电网互动提供了研究思路 and 基础。

#### 参考文献:

- [1] 李 瑾,杜成刚,张 华. 智能电网与电动汽车双向互动技术综述[J]. 供用电,2010,27(3):12-14.
- [2] VENAYAGAMOORTHY G K, MITRA P, CORZINE K, et al. Real-time Modeling of Distributed Plug-invehicles for V2G Transactions[J].IEEE Energy Conversion Congress and Exposition, 2009:3937- 3941.
- [3] HINES C, DOWDS P, BLUMSACK J. Modeling the Impact of Increasing PHEV Loads on the Distribution Farmer[C]. 43rd Hawaii International Conference on System Sciences, 2010: 1-10.
- [4] ZHONG X, CRUDEN A, INFELD D, et al. Assessment of Vehicle to Grid Power as Power System Support[C]. Smart Grid & Mobility Europe Conference, 2009(7): 16-17.
- [5] KEMPTON W, LETENDRE S. Electric Vehicles as a New Source of Power for Electric Utilities[J]. Transportation Research, 1997, 2(3):157-175.
- [6] KEMPTON W, TOMIC J. Vehicle to Grid Fundamentals:Calculating Capacity and net Revenue[J]. Journal of Power Sources, 2005, 144(1): 268-279.
- [7] DU Y, ZHOU X H, BAI S Z, et al. Review of Non-isolated Bi-directional DC-DC Converters for Plug-in Hybrid Electric Vehicle Charge Station Application at Municipal Parking Decks [C]. IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), 2010:1145-1151.

#### 作者简介:

许晓慧(1981),男,江苏苏州人,高级工程师,从事智能电网研究工作;

陈丽娟(1982),女,江苏泰州人,高级工程师,从事电动汽车关键技术研究工作;

张 浩(1971),男,江苏南京人,高级工程师,从事电动汽车应用技术研究工作;

丁孝华(1974),男,江苏南京人,高级工程师,从事智能配用电技术研究工作。



数据同步功能,否则就会造成工程数据的多次录入与维护,给各级运行和维护人员带来巨大的工作量。为实现上级系统的免维护功能,设计和开发了工程数据同步系统,从而实现了在下级系统中进行工程数据的维护时,自动同步推送到上级系统,上级系统自动同步后,会提示运维人员确认同步的信息,并自动重新刷新内存中的实时工程数据,从而减轻了省级、市级的工程维护量。

该方法利用了分布式数据库的触发同步技术,系统在部署时首先定义好多级系统的上下级关系,下级系统需要同步推送的上级系统的具体数据信息,多个上级系统需要预先定义好优先级。当下级监控中心的工程数据更新、修改、删除时,同步程序会缓存这些信息,同时根据预先定义好的规则,实时同步到上级系统的商用数据库,同时更新上级系统的内存数据库。当上下级网络中断或上级系统停运时,同步系统会不断查询上级系统的运行状态,并把中断期间的所有更新、修改、删除的工程数据进行存储,当上级系统恢复运行后,下级系统会自动把所有需要同步地数据及时的更新到上级系统中,从而实现了上级系统的免维护功能。

### 3 结束语

本文提出了采用多级分布式部署、图像流转发、

负载均衡等方法实现电力视频监控系统的全省联网。利用本文提出的设计方案,开发了应用于区域性视频监控的联网的管理系统,并成功应用于河北省南部电网的全省变电站视频监控系统互联等多个大联网监控中心。河北省南部电网辖6个市、一个超高压局、一个风电管理中心;辖区装设有视频监控的变电站共610个,需要接入的摄像机为6200个。自全省变电站视频监控系统联网工程投运以来,实现了河北省南部电网所辖变电站视频监控系统的统一联网,统一监视,统一管理,良好的系统架构、简单的功能操作、丰富的人机界面以及良好的用户体验得到了用户的充分认可。

#### 参考文献:

- [1] 郭丽红,杨洁,郝慧珍.电力远程视频监控系统的设计与实现[J].南京工程学院学报,2006(3):11.
- [2] 姜琴,王林,马勇.基于P2P技术的流媒体转发服务器的设计与实现[J].计算机系统应用,2008,04(9):24-27.
- [3] 王琴.基于负载均衡的网格工作流调度算法的研究[D].厦门:厦门大学,2009.

#### 作者简介:

杨晓旭(1972),男,内蒙古赤峰人,工程师,研究方向为电力系统自动化;

陈西海(1979),男,广西南宁人,工程师,研究方向为电力系统自动化。

## The Design and Implementation of Unified Platform of Province Video Monitoring

YANG Xiao-xu, CHEN Xi-hai

(NARI Technology Development Co. Ltd., Nanjing 210061, China)

**Abstract:** Based on the summary of effect on power system production and operation by video monitoring system, this paper analyzed the existing problem and difficulty of realizing regional network of electric video monitoring system. A method adopting multilevel distributed deployment, video streaming transmission, load balance and engineering data synchronization technologies was proposed. This method has characteristics of unified management, distributed deployment, cross-platform application etc, can solve regional and even whole province networking problem of transformer substation's video monitoring system, so as to achieve the requirements of unified monitoring and management. The design and implementation have been successfully utilized in multiple provincial and district levels video monitoring network, and can meet the needs of the users.

**Key words:** video monitoring; multilevel distributed; video streaming transmission; load balancing

(上接第55页)

## Conceptual Design of Interaction between Large-scale Electric Vehicles and Grid

XU Xiao-hui<sup>1</sup>, CHEN Li-juan<sup>2</sup>, ZHANG Hao<sup>1</sup>, DING Xiao-hua<sup>1</sup>

(1. State Grid Electric Power Research Institute, Nanjing 210003, China;

2. School of Electrical Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China)

**Abstract:** Conceptual design of interaction between large-scale electric vehicles and grid (V2G) was proposed. The interactive manners and objectives of large-scale V2G were analyzed. And the interactive market mechanism and coordinated control strategies were designed. Based on the control strategies, conceptual design of the interactive coordinated control system was proposed from two aspects including functions and interactive information. The research could provide methods and ideas for two-way power energy and information interaction of future large-scale V2G applications.

**Key words:** electric vehicles; market mechanism; interaction