

Electric Vehicle - Electric Power System Integrated Interactive System Based on Load Characteristics of Electric Vehicles

Yuan An, Qian Wei*, Fang Xi, Yuyao Wang, Jiang Yao

Institute of Water Resources and Hydroelectric Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an, China

Email address:

402488878@qq.com (Qian Wei), 407097615@qq.com (Yuan An)

*Corresponding author

To cite this article:

Yuan An, Qian Wei, Fang Xi, Yuyao Wang, Jiang Yao. Electric Vehicle - Electric Power System Integrated Interactive System Based on Load Characteristics of Electric Vehicles. *Science Discovery*. Vol. 4, No. 6, 2016, pp. 360-364. doi: 10.11648/j.sd.20160406.12

Received: October 27, 2016; Accepted: November 22, 2016; Published: November 24, 2016

Abstract: Electric vehicle load is intermittent, unbalanced and randomness, whether it is charging or discharging process, it will have a certain impact on the power system load balancing, power quality and other aspects. In order to coordinate scheduling, the communication channel between the power system and electric cars need to establish information exchange. This article based on the electric vehicle load characteristic analysis, it discussed the main effect of electric vehicles on the electric power system, and it also put forward a kind of integrated electric vehicle power system and interactive system, introduces the system structure and function realization, in order to provide reference for related research and practice.

Keywords: Electric Vehicle, Load Characteristic, Power System, Interactive System

基于电动汽车负荷特性的电动汽车-电力系统一体化交互系统

安源, 魏倩*, 习方, 王禹尧, 姚江

水利水电学院, 西安理工大学, 陕西西安, 中国

邮箱

402488878@qq.com (魏倩), 407097615@qq.com (安源)

摘要: 电动汽车负荷有着间歇性、不均衡性及随机性的特点, 无论是充电过程还是放电过程, 其都会对电力系统负荷平衡、电能质量等方面产生一定影响, 电力系统与电动汽车之间需要建立信息交互的通信通道, 以此来协调调度。本文从电动汽车负荷特性分析着手, 探讨了电动汽车对电力系统的主要影响, 并提出了一种电动汽车与电力系统一体化交互系统, 介绍了系统结构及功能实现, 旨在为相关研究和实践提供参考。

关键词: 电动汽车, 负荷特性, 电力系统, 交互系统

1. 引言

节能与环保汽车是汽车行业发展的重要趋势, 电动汽车是其中的代表, 在世界范围内被广泛推广。相较于普通

电力用户来说, 电动汽车负荷有着间歇性、随机性和不均衡性的特点, 这就会给电力系统的稳定性带来一定的影响。根据相关预测表明, 2030年我国电动汽车保有量将突破6000万辆[1]。因此, 需要以电动汽车负荷特性为基础,

实现电动汽车与电力系统的交互，以此来对充电桩及电站网点布局进行有效优化，保证电力系统安全、稳定的运行。基于以上，本文简要分析了电动汽车负荷特性及其与电力系统交互的相关问题。

2. 电动汽车负荷特性分析

2.1. 电动汽车充电设备类型及特性

充电设备是保证电动汽车正常运转的装置，主要包括充电站及充电桩、监护系统等附属设施。以充电桩安装方式的不同，可以将电动汽车分为车载式和非车载式两种类型，分别采取不同的充电方式为电动汽车车载蓄电池充电。对于车载电动车来说，充电桩位于车辆内部，对于非车载电动车来说，充电桩安装在车辆外部，通过与交流电网的连接来提供车辆电池需要的直流电能。

就目前来看，根据变换环节的不同，电动汽车充电桩采用的方式也有着一定的差异性：①不控整流+斩波器：这种型式充电桩属于早期产品，虽然动态性能良好，且能够实现隔离，但体积较大，会产生严重的谐波电流，且变换效率低下，不适用于电力系统及公共电网[2]；②不控整流+DC/DC变换器：这种型式充电桩动态性能较好，能够实现高频隔离，体积较小，但也存在变换效率低和电流谐波大等缺陷，预计未来市场占有率将逐渐走低；③PWM整

流+DC/DC变换器：这种形式充电桩控制技术先进，采用高科技电力电子元件，谐波电流低，且变换效率高，不会对电力系统供电质量产生威胁，但其属于新兴产品，存在容量限制问题，且成本较高，这也是制约其进一步推广应用的要素所在。

2.2. 电动汽车充电特性

从电动汽车充电时间、电流及电压降落等几个方面分析其充电特性。电动汽车主要有三种充电模式：①常规充电模式：常规充电模式属于交流充电的一种，主要利用电力低谷时段充电，充电包括阶段充电、恒压充电及恒流充电等，常规充电模式有着效率高的特点，但时间较长[3]；②快速充电模式：这种充电模式以专门配置的充电桩为基础，充电时间短，容量大，能够有效满足紧急充电需求，这不可避免的会要求充电电流较大，从而一定程度上降低了充电效率，在充电的过程中，会冲击电力系统和配电网，同时长时期大电流充电还会影响电动汽车电池寿命；③机械充电模式：机械充电模式指的是直接对电动汽车电池组进行更换，利用低谷时段对换下来的蓄电池充电，能够有效降低充电成本。

而在考虑配电网的情况下，则需要分析微电网环境下电动汽车的充电特性，如图1所示。

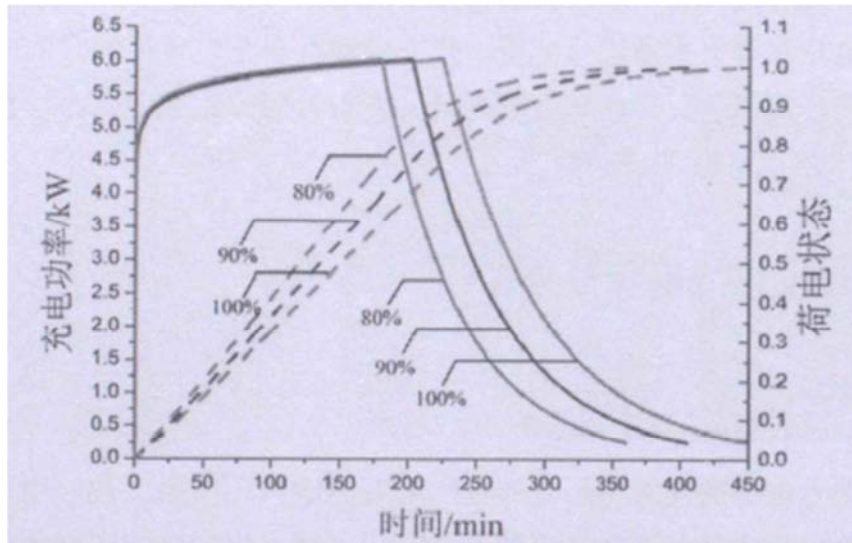


图1 电动汽车充电曲线及SOC曲线。

将电动汽车用户充电方式设为随机变量J，交流充电方式设为1，直流充电方式为0，用户充电行为随机变量为S，第一类充电行为和第二类充电行为分别取值1和2。则可以得到：

$$\begin{aligned}
 P(J=1) &= p(S=1) + \eta P(S=2) \\
 P(J=0) &= (1-\eta)P(S=2) \\
 P(S=1) &= P(t_e \geq T_0) \\
 P(S=2) &= P(0 < t_e < T_0)
 \end{aligned}$$

其中， t_e 代表充电持续时间， η 代表充电方式随机因子， T_0 为时间常数， η 与 T_0 有关。设 T_D 为最大充电持续时间，根据当前交流慢充充电倍率，取值为10，，计算随机数和单位阶跃函数，保证：

$$\eta = (PJ=1|S=2),$$

则可以求出充电方式被采用的概率P。

$$\begin{aligned}
 P(J=1) &= P(t_e \geq T_0) + \eta P(0 < t_e < T_0) \\
 P(J=0) &= (1-\eta)P(0 < t_e < T_0)
 \end{aligned}$$

从电动汽车蓄电池上来看,不同类型蓄电池充电特性不尽相同,铅酸蓄电池、锂电池及镍氢电池是电动汽车常用的蓄电池。从理论上讲,铅酸电池以指数型固有充电特性来进行充电,但在实际充电过程中,受限于技术往往难以实现,相较于固有特性数值来说,其常规充电电流要小很多,在充电的过程中,铅酸电池不会出现温度升高和产生气泡的问题,但充电时间较长[4];对于镍氢电池来说,在充电伊始,电池端电压会骤然升高,且充电过程中电池端电压一直维持较高水平,快充满电时则略微下降,且电池温度会极速升高,其充电内电阻小,因此充电效率相对较高;锂电池在充电开始后电池端电压也会骤然升高,但与镍氢电池不同的是,随着充电时间的推移,电池端电压会趋于平缓,在智能充电模式下,锂电池充电效率高,且对电流有着良好的接受能力,充电开始后,充电电流迅速升高,之后呈线性下降,指导锂电池电量充满。

2.3. 电动汽车放电特性

在电动汽车与电力系统交互的过程中,电动汽车不仅可以充电,还能够放电,即不仅可以从电网获取电能,还会在满足行使需求的基础上将电能回馈给电网[5]。

从放电方面来看,不同类型电池的放电特性有着一定的差异性。对于铅酸电池来说,无论是大电流放电方式还是小电流放电方式都不可避免的损害电池,大电流放电会导致活性物质脱离,小电流放电终止电压过高,出现过放电的问题,这就需要合理的控制铅酸电池的放电电流;镍氢电池放电效率高,电池电压从放电开始缓慢下降,直到最后电量快放尽时才会大幅度下降,同时在放电的过程中,镍氢电池受到温度的影响较小;对于锂离子动力电池来说,放电伊始,电池电压会迅速下降,之后呈现线性下降,放电结束前又会出现急剧下降,放电深度直接影响锂离子动力电池的工作电压[6]。

3. 电动汽车与电力系统一体化交互系统

3.1. 电动汽车对电力系统的影响分析

随着电动汽车的普及,其比较大规模接入到电网充电,而通过上文分析可知,电动汽车负荷有着间歇性、随机性和不均衡性的特性,这必然会对电力系统的运行和规划产生影响,具体包括以下几个方面:

第一,是负荷增加。随着电动汽车的普及,其接入电网充电必然会导致电力系统负荷增加,尤其在用电高峰期,电动汽车的集中充电会拉大电力系统负荷峰谷差,从而导致电力系统负担加重。

第二,给电力系统优化控制带来难度。通过上文中的分析可知,电动汽车负荷有着不确定性的特点,主要体现在充电时间、空间分布及用户行为等几个方面,这就使得电动汽车接入电网充电负荷有着随机性的特性,电力系统及电网优化控制因此变得困难。

第三,会影响电力系统供电质量。电动汽车负荷有着非线性的特点,电力电子设备在运行的过程中会产生谐波,这会影响电力系统供电质量。

第四,是对电网规划的影响。在电动汽车不断普及的背景下,为了满足电动汽车充电需要,需要将众多充电设施布置在配电网中,电力系统配电网负荷结构和特性随之改变,在这样的背景下,需要电力系统电网规划摒弃传统的规划准则,以此来适应大规模电动汽车的接入。

3.2. 交互系统结构及原理分析

通过上述分析可知,电动汽车负荷有着一定的特殊性,其必然会对电力系统运行和规划带来一定影响,电动汽车与电力系统的交互是十分必要的。本文提出了一种电动汽车与电力系统一体化交互系统,以此来对电动汽车、充电设施及配电房运行进行实时监测,保证在电动汽车接入下电力系统的安全、稳定运行,为电力系统及电网智能化、规范化、高效化、网络化的建设及运营奠定基础。

交互系统拓扑结构:

本文提出的电动汽车与电力系统一体化交互系统以GPS技术、GIS技术、GPRS技术、移动计算技术及远程数据采集与监控技术为基础,能够对电动汽车运行位置及其电池状态进行检测,实现智能化提醒和告警,能够实时监控和查询充电站及充电排队情况,并为电动汽车用户提供最佳充电路径,以此来实现大规模电动汽车充电的协调指挥与调度,保证电力系统的正常运行[7]。系统拓扑结构如图2所示:

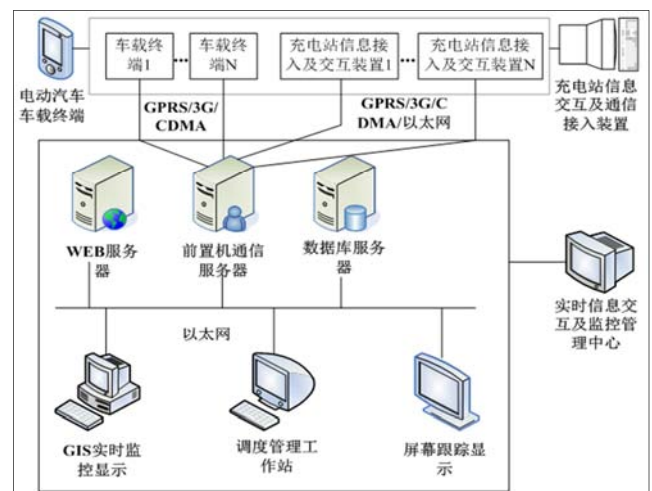


图2 电动汽车与电力系统一体化交互系统结构。

系统由车载终端模块、管理中心、通信链路、充电站信息接入交互装置等四部分组成。其中车载终端模块、充电站信息接入交互装置属于系统底层数据采集终端,主要功能是采集电动汽车位置、电池情况及充电站等相关信息,能够与充电站监控系统及电池管理系统实现交互与通信。以GPRS模块为基础,将信息发送到管理中心。监控中心前置机通信服务器能够简单处理终端数据,之后借助以太网将处理后的数据存储在数据库服务器中,WEB、GIS等工作站则可以从数据库服务器中获取数据,处理后进行GIS显示和WEB发布[8]。此外,管理中心可以利用无线公网来监控电动汽车,或为电动汽车用户提供高级应用服务。下面来具体分析四部分组成及功能。

(1) 电动汽车终端模块

电池信息采集管理系统(BMS)、GSM模块、GPRS模块及GPS模块等组成电动汽车终端模块,其不仅能够实现电动汽车定位通信导航功能,还能够对电动汽车自身及电池信息进行采集和传输,为远程监控中心对电动汽车的监控提供了信息依据,对于保证电动汽车安全、稳定、可靠的运行有着重要意义。具体来说,电动汽车车载终端能够实时采集并再如BMS电池信息,利用3G模块、GPRS模块、CDMS模块等,通过与指挥中心的信息交互平台来传输实时信息,主要包括电动汽车位置信息及电池信息等,同时其能够接受指挥中心下达的指令信息与语音、屏幕、短信等形式的报警信息,为驾驶员操作选择提供依据。

(2) 实时信息交互及监控管理中心

实时信息交互及监控管理中心以GIS监控画面为基础,有着监控、调度及报警功能,同时负责协调管理整个交互系统的软硬件设施。指挥控制中心位于机房,通过无线网络采集电动汽车电池容量、电量及汽车位置经纬度等电动汽车行驶状态信息,并能够将这些信息发送到指挥系统中,经过数据分析处理后能够在工作站GIS地理接线图上显示[9]。根据电池量持续时间、附近充电站等综合信息分析处理,为电动汽车驾驶员提供提示或告警。

(3) 充电站信息接入终端

光纤接口、网络接口及串口共同组成充电站信息接入终端,能够将充电站运行电压、电流、功率、充电汽车工况及相关视频信号接入进来。以此来对充电站工况和电气量等进行实施监视,并通过GPRS公网和光纤与实时信息交互及监控管理中心实现信息交互。

(4) 通信链路

监控中心与各终端之间的信息交互和数据传输主要依赖于通信链路,通信链路的选择较多,例如联通公司WCDMA、中国电信CDMA及中国移动GSM/GPRS等通信平台都可以作为交互系统通信链路。

3.3. 系统功能

(1) 信息实时监测功能

系统可以监测充电机状态、充电电压电流及谐波含量等充电站信息和电池电压电流、温度及SOC等电动汽车电池信息[10]。当系统检测电动汽车电量不足时,会为驾驶员提供附近充电站位置信息,驾驶员驾驶电动汽车到达充电站后,系统会综合分析充电汽车数量、充电机实际充电情况等信息来启动优化分析模块,为驾驶员提供最优充电路线。

(2) 充电电动汽车信息存取功能

系统能够存储电动汽车上传的历史信息,并生成历史曲线和历史报表,系统管理员可定期管理和查询。

(3) 提供电动汽车运行GIS信息

系统能够实时跟踪和监控电动车运行过程,不仅能够回放电动汽车运行轨迹,还能够根据车载终端上传的车辆经纬度位置信息进行地图匹配计算,用不同颜色在电子地图显示车辆运行位置、路线及情况。

(4) 分组监控和分级监控

针对使用电池种类的不同,系统可以对电动汽车进行分级和分类,可以全屏幕监控全部车辆,也可以分窗口监控重点车辆,采用不同颜色对不同类型电池电动汽车进行标识,实现电动汽车的分组监控和分级监控。

(5) 最优充电策略仿真

系统能够进行电动汽车最小功率损失的仿真,提出最优充电策略,仿真公式如下:

$$\min \sum_{t=1}^{t_{\max}} \sum_{l=1}^{n_l} R_l I_{l,t}^2$$

$$s.t. S_{\min,n,t} \leq S_{n,t} \leq S_{\max,n,t} \quad \forall t, \forall n \in V_n$$

$$\sum_{t=1}^{t_{\max}} (P_{n,t} \Delta t C_n) = B_{add} \quad \forall n \in V_n$$

在上述公式中,线路l电阻用 R_l 表示,t时刻电流用 $I_{l,t}$ 表示,充电截止时间用 t_{\max} 表示,线路数量用 n_l 表示,t时刻节点n最小允许功率用 $S_{\min,n,t}$ 表示,充电功率用 $P_{n,t}$ 表示,充电时间段用 Δt 表示, $c_n=1$,表示节点n有电动汽车接入, $c_n=0$ 表示没有电动汽车接入, B_{add} 表示节点n电动汽车容量总和。根据仿真来得出最优电动汽车充电策略。

(6) 扩展功能

首先,系统可以通过车载终端摄像头拍摄电池图像,并在存储卡中存储,定期上传到监控系统中,系统管理者可以以此来制定电池检查和维护策略;第二,当电动汽车电池电量接近最低阈值,车载终端模块会向驾驶员提供告警信息,提醒驾驶员及时充电,如果电池电量达到最低阈值,则车载终端会启动自动锁车功能,并将车辆状况信息传输给监控管理中心,管理中心接到信息后会向驾驶员提供解锁密码和最近充电路线,以此来帮助驾驶员到充电站充电;第三,交互系统通过存储的电动汽车充电历史数据来对汽车用电情况进行预估,为车辆维护者维护计划的制定提供参考;第四,系统有着行车分析功能,能够对电动汽车行驶时间、历程及能耗等进行分析,可根据用户需求定期生成行车数据汇总表格。

3.4. 系统功能软件实现

系统各个功能模块如图3所示。主要包括WEB发布系统、GIS电子地图跟踪系统及实施信息监控管理中心系统。



图3 软件管理系统。

3.4.1. 实时信息监控与管理中心系统

以On Power 3100系统为基础，引入SOA、组件化及分布集群控制等设计思想，以IEC61970、IEC61968作为标准，构建实时信息监控与管理中心系统，处理前置机发送来的信息，解释调度员命令，并实现数据库中心，实现对电动汽车及电动汽车充电站的监测。

3.4.2. GIS电子地图跟踪系统

采用Map Object开发GIS电子地图跟踪系统，以三层CE架构为基础进行GIS图形编辑，如图4所示。图形数据访问和展示组件为ESRI的Map Object2.0组件，实时数据访问组件利用On power3100平台实现。

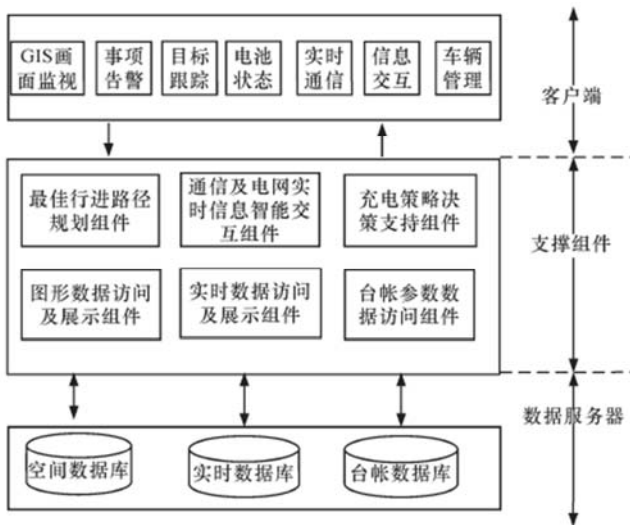


图4 GIS画面实施监控系统C/S架构。

3.4.3. WEBGIS发布系统

以Arc IMS开放环境为基础，提供强大GIS功能，能够以要素流的方式传送矢量数据和影像数据，其C/S架构图如图5所示。

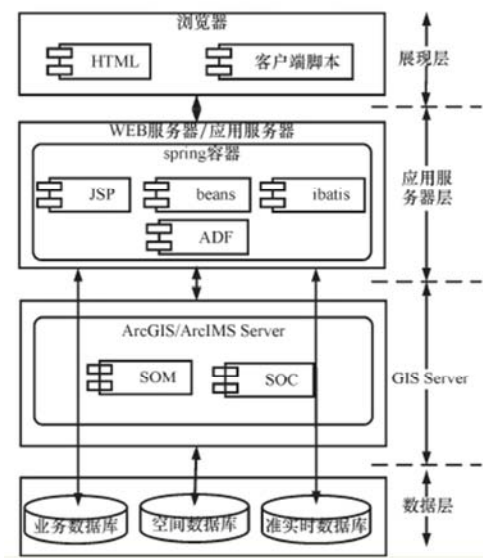


图5 WEBGIS画面实时监控系统的C/S架构。

4. 结论

综上所述，电动汽车负荷有着间歇性、随机性和不平衡性的特点，其对电力系统负荷平衡、供电质量等方面的影响是客观存在的，因此需要实现电动汽车与电力系统的交互，建立双方信息交互的通信通道。本文提出的电动汽车与电力系统一体化交互系统，能够实现对电动汽车、充电设施及配电房运行进行实时监测，保证在电动汽车接入下电力系统的安全、稳定运行。

参考文献

- [1] 陈良亮, 张浩, 倪峰等. 电动汽车能源供给设施建设现状与发展探讨[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(14):11-17.
- [2] 蔡德福, 钱斌, 陈金富, 姚美齐. 含电动汽车充电负荷和风电的电力系统动态概率特性分析[J]. 电网技术, 2013, 03:590-596.
- [3] 杨俊, 文福拴, 汪震, 张西竹, 王蕾, 曾平良. 电动汽车与电力系统的交互作用[J]. 电力建设, 2015, 07:14-24.
- [4] 赵俊华, 文福拴, 杨爱民, 辛建波. 电动汽车对电力系统的影响及其调度与控制问题[J]. 电力系统自动化, 2011, 14:2-10+29.
- [5] 姚伟锋, 赵俊华, 文福拴等. 基于双层优化的电动汽车充电调度策略[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(11):30-37.
- [6] 徐立中, 杨光亚, 许昭, F. MARRA, C. TRHOLT. 电动汽车充电负荷对丹麦配电系统的影响[J]. 电力系统自动化, 2011, 14:18-23.
- [7] 胡泽春, 宋永华, 徐智威, 罗卓伟, 占恺岍, 贾龙. 电动汽车接入电网的影响与利用[J]. 中国电机工程学报, 2012, 04:1-10+25.
- [8] 张洪财, 胡泽春, 宋永华, 徐智威, 贾龙. 考虑时空分布的电动汽车充电负荷预测方法[J]. 电力系统自动化, 2014, 01:13-20.
- [9] 吴红斌, 侯小凡, 赵波, 朱承治. 计及可入网电动汽车的微网系统经济调度[J]. 电力系统自动化, 2014, 09:77-84+99.
- [10] 刘蕴红, 王坤. 电动汽车电池管理系统监测平台的设计[J]. 电源技术, 2015, 39(10):2203-2205. DOI:10.3969/j.issn.1002-087X.2015.10.048.
- [11] 何丽娜. 电动汽车充电负荷频率响应控制策略研究[D]. 湖南大学, 2014.
- [12] 张金国. 电动汽车充电负荷不确定性及有序充电研究[D]. 北京交通大学, 2015.
- [13] 唐升卫. 电动汽车有序充电研究[D]. 湖南大学, 2012.