

安科瑞电动汽车的有序充电管理-及其对配网的影响分析

产品名称	安科瑞电动汽车的有序充电管理-及其对配网的影响分析
公司名称	安科瑞电气股份有限公司
价格	.00/件
规格参数	品牌:安科瑞 型号:新能源充电桩 产地:江苏江阴
公司地址	上海市嘉定区育绿路253号
联系电话	19821750213 19821750213

产品详情

摘要：电动汽车以无序充电方式接入配电网时与网内基础用电负荷叠加，会形成峰上加峰的现象，不利于配电网的稳定运行。针对上述问题，首先对私家车充电负荷进行建模，采用蒙特卡罗抽样模拟电动汽车无序行为下的充电负荷曲线。然后提出一种新型的多时段动态充电价格机制，引导车主有序充电，并以配电网负荷波动比较小为目标函数，优化电动汽车充电行为。比较后在IEEE3节点配电网中，分别分析有序和无序充电负荷并网时电动汽车充电费用、配电网电压偏移率及网损，结果表明所提策略可有效兼顾用户利益和配电网的稳定运行。

关键词：电动汽车；配电网；多时段动态充电价格；电压偏移；网损

0引言

伴随我国能源结构的调整，制定以绿色新能源为主体的新型电力系统可为推进国家“双碳”目标的早日实现发挥积极作用，电动汽车的推广和应用在节能减排方面有着无可比拟的优势，推进电动汽车发展是推动我国能源转型发展的重要环节。虽然电动汽车的存在为人们出行带来了巨大的便利，但由于其充电行为具有不确定性，大量无序、随机的负荷直接并网会对配电网造成许多不可预知的负面影响。因此应大力推广对电动汽车的有序充电管理，以兼顾电网安全、经济效益和用户利益。在解决电动汽车并网时如何管控的问题上，已有学者进行研究。考虑到配电网用电峰谷差较大导致变压器过载和产生大量网内损耗，提出了一种对电动汽车充电功率进行实时优化的策略，算例结果表明该策略可以有效降低网损。针对大规模电动汽车入网现象，根据网内用电负荷状态及电动汽车充电需求等实时数据，利用模糊控制算法对电动汽车的充电行为做有序优化，有效避免了大规模车群入网引起的负荷尖峰问题。将电动汽车电池的可放比较大容量为选定优化目标，通过竞价的方法，引导用户在用电高峰时间段利用电动汽车的V2G技术馈电给电网，以达到“削峰填谷”的效果。基于虚拟电价，考虑以系统负荷峰谷差比较小、用户经济性指标比较大和电池的折旧费用比较小为目标对电动汽车建模，通过仿真算例证明了该策略提出的有效性。提出了一种基于峰谷分时电价为背景的，考虑电动汽车充放电随机性的有序充放电策略，使得电动汽车在负荷高峰期向网馈电，负荷低谷期充电，平滑了网内用电曲线。以分时电价为背景，构建同时考虑用户用电缴费情况和负荷稳定性的多目标优化调度模型，使电动汽车参与有序充电管理规划。

通过算例分析验证了该方法不但可以减小负荷的峰谷差，还能提高用户用电的经济效益。上述文献中，学者从电网侧角度通过对电动汽车的充电特性直接调度或是从用户侧角度利用价格引导电动汽车优化充电行为来满足电网功率的调节。前者的直接调度仅考虑了对电网的影响，没有调动用户用电的主观意愿，实施推广具有难度；后者虽然利用价格因素很好调动了用户参与性，但现有的分时电价分区少，限制了调度的比较优可能性。因此本文以私家车并入配电网为研究对象，根据短期负荷预测为基础提出一种新型的多时段动态电价策略，引导电动汽车有序充电。对用户用电缴费、配电网的电压偏移及网损情况加以分析后，验证了所提出的价格机制可以引导电动汽车有序充电，并兼顾配电网系统的稳定运行和用户利益。

1 私家车无序模式充电模型

本文从以下4个方面构建电动汽车的充电模型。a 电动汽车电池特性本文选用锂电池为研究对象。与普通汽车相同，不同类型私家车电池容量有差异。

式中 f_Q 为私家车锂电池容量的概率密度； x 表示该时刻的电池容量大小，一般取值为20-30kwh。锂电池充电变化过程如图1所示。由于充电起始过程和结束过程的时间非常短暂，可以近似地认为锂电池充电是恒功率充电。b 车主日行驶里程本文引用美国交通部汽车日出行数据进行分析

计算 [13] ，可知电动汽车车主每日用车行驶里程数的概率密度函数为

式中： f_D 为车主日行驶里程的概率密度函数； μ_D 为期望值； σ_D 为标准差。c 车主比较后归程时刻假设车主每日结束行程时刻即为电动汽车每日开始充电时刻，比较后归程概率密度函数为

式中： f_s 为车主比较后归程的概率密度函数； w 为回家时刻； μ_s 为期望值； σ_s 为标准差。d 车主离家时间假设车主每日用车期间只可放电不可充电，出行开始时刻的概率密度函数为

式中： f_e 为车主启程离家的概率密度函数； v 为离家时刻。结合用户出行数据及电动汽车充电模型利用蒙特卡洛算法，得到500辆电动汽车的24 h 无序充电负荷曲线，如图2所示。

2 多时段动态电价下电动汽车有序充电模型

2.1 多时段动态电价区间划分

传统的分时电价一旦制定后其区间不再变化，但居民的用电行为会随着季节变化、地域不同和个人舒适度而改变，与原分时电价的价格区间范围有偏差，产生负荷和电价的峰谷不匹配的现象。而电动汽车的充电行为在时间上有很大的随机性，导致实时电价的制定考虑因素十分复杂。因此本文根据短期负荷预测为基础提出一种新型的多时段动态电价策略。目前为止，隶属度函数是对传统用电价格进行划分的比较成熟且通用性比较广的方法。以表1某地区分时电价为例，首先基于模糊数学的理论，可将每个时间段认为是一个独立的模糊集合，然后利用隶属度函数构建时段内每时刻对应的隶属度，并根据隶属度值将其划分到对应的时间段 [14] 。再将短期预测的基础负荷划分成多时段，根据每时段对应的负荷值计算对应的电价。

式中： C_{max} 和 C_{min} 分别为分时电价的峰值与谷值； C 为每时段负荷在价格区间上的映射。

式中： C_i 为精准。

2.2 电动汽车有序充电策略

电动汽车聚合商是专门针对电动汽车充电进行资源整合的参与者，其部署的智能充电桩可提供常规充电模式和充电优化模式。常规充电模式可将电动汽车的电池充至期望电量值，而优化模式则需要根据车主个人用电需求输入结束充电时刻及结束时刻的充电期望值。车辆接入后，充电桩将获取该车信息，将输入值及车电池的剩余电量反馈到系统调度中间，对收集的数据进行在线智能计算，形成电动汽车的充电计划。

2.3 目标函数

本文以网内负荷波动比较小为目标函数。

式中： F 为目标函数； N 为谷时段数目； P_i 为第 i 个时段配电网的基础负荷值。

2.4 约束条件

小值和比较大值。

B_u 充电时段 T 约束 $T_s \leq T \leq T_e$ (12) 式中： T_s 为车主每日充电开始时刻； T_e 为当天充电结束时刻。
 c 总电量 S 约束本文优化中不计电池损耗，假设电池容量为恒定值。

式中： K 为充电的电动汽车数目； $T_{c h i}$ 为第 i 辆车总充电时间。

2.5 算法求解

传统的遗传算法是一种起源于生物进化规律演变的寻优算法。从任意初始种群开始，通过选择、交叉、变异等环节，产生一些对环境适应度高的个体并进入搜索空间中更好的区域，不断繁衍进化，比较终得到比较大适应度的个体作为比较优解输出。但由于进化过程中交叉概率参数及变异概率参数为定值，忽略了进化过程中种群的自适应特性，存在过早收敛的缺陷。且算法没有保留精英机制，适应度高的个体可能在进化中丢失好的基因。为了解决以上问题，本文采用自适应交叉概率 K_c 和自适应变异概率 K_m 以及精英保留机制进行优化求解 [15]。自适应交叉概率 K_c 和自适应变异概率 K_m 公式如下：

式中： K_1 为基础交叉概率； f_{max} 为个体比较大适应度； f_{av} 为个体适应度值的平均值； f_l 为每相邻交叉个体中较大的适应度。

式中： K_2 为基础变异概率； f_i 为第 i 代进化的阈值，公式如下：

式中： $f_{i l}$ 为第 i 个个体； $K_{e e p} = 1$ ，则精英保留， $K_{e e p} = 0$ ，则不保留。优化过程如图4。

3 算例仿真与分析

3.1 仿真场景设定

本文仿真过程选择在IEEE33节点配电网中进行，其拓扑如图5所示。假设节点1为平衡节点，即电源接入节点，余下32个节点全部为PQ节点。假设整个配电网系统中含基础负荷以及1500辆电动汽车，车群被均匀分配到节点19、23和26中。以私家车比亚迪E1车型作为研究对象，规定每辆电动汽车的动力电池规格相同，参数为：220V，16A慢充模式，限制容量为35KWH，3.52KWH恒功率充电，充电效率为0.82，转换效率为0.90

3.2 对用电负荷的分析

电动汽车以不同方式充电的负荷曲线及配电网总负荷曲线如图6、图7所示。由图6和图7可知，通过动态价格的引导，电动汽车充电行为趋于有序化，车主对充电时间段的选择逐渐向夜间转移，负荷峰值水平大幅度下降，说明新型电价的提出可以使车主的用电行为不再大面积集中，系统总用电负荷曲线相对变得平缓，有削峰填谷的效果。

由表2可知，无序充电车主日缴纳电费为21880.8元，基于多时段动态电价的有序充电日缴费为17248.80元，比无序充电费用降低了21.17%。因此新电价机制的提出可有效降低车主充电成本。

3.3 对配电网影响分析

将IEEE33节点配电网模型的节点负荷参数和优化后的有序充电负荷数据导入MATLAB软件语言编程，对比以下3种场景下的配电网电压偏移及网损。场景1：配电网内未接入电动汽车负荷。场景2：配电网内接入无序充电负荷。场景3：配电网内接入有序充电负荷。图8表示部分时段下3种用电方式的网损率。可见18.00-24.00由于无序充电负荷的接入使得网内网损明显升高。原因是车主归程后的无序充电行为与用户基础用电行为的一致性导致网内用电功率激增。09.00-21.00时，对比接入无序充电负荷和有序充电负荷，后者可有效降低配电网网损，尤其在电价高峰时段21.00网损率下降了2.77%，效果比较显著。说明多时段分时电价的提出引导车主有序充电对调节配电网网损具有一定效果。

由图9可知，场景1配电网未接入充电负荷时的电压偏移都控制在 $\pm 7\%$ 以内，纵横对比没有发现严重的电压偏移现象，但是节点18和19在20.00-21.00时间段上有局部节点处在越限边界。由图10可知，场景2中配电网内接入无序充电负荷时，节点13-19和28-33在晚间出现电压越限情况，原因是无序充电负荷的高峰期恰巧与网内基础负荷用电的高峰期时段相叠。

图11表示场景3下配电网内接入有序充电负荷时各个节点电压的偏移情况。与图9和图10对比可知，有序充电负荷的接入使局部节点越限现象得到缓解，偏移的电压回归到正常标准范围内。说明所提出的新型动态分时电价可以通过对电动汽车进行充电有序化管理来改善配电网电压偏移现象。

由于大量负荷突然接入使各节点电压发生偏移现象，因此对比较大负载量时刻（21.00）各节点电压偏移情况进行对比更有意义，结果如图12所示。

由图12可知，未接入无序负荷时网内各节点的电压偏移都控制在 $\pm 7\%$ 范围以内，电压无越限行为。当无序充电负荷并网后，一部分节点电压发生显著偏移，且偏移量均超过规定标准范围。而经过多时段动态

电价策略调控的有序充电行为接入配电网后，网内各节点电压值还原到标准范围以内，其中变化比较显著的18号节点电压标幺值由0.9467调整到0.9828，电压偏移率修正了3.61%。

4安科瑞充电桩收费运营云平台

4.1概述

AcrelCloud-9000安科瑞充电桩收费运营云平台系统通过物联网技术对接入系统的电动自行车充电站以及各个充电整法行不间断地数据采集和监控，实时监控充电桩运行状态，进行充电服务、支付管理，交易结算，资要管理、电能管理，明细查询等。同时对充电机过温保护、漏电、充电机输入/输出过压，欠压，绝缘低各类故障进行预警；充电桩支持以太网、4G或WIFI等方式接入互联网，用户通过微信、支付宝，云闪付扫码充电。

4.2应用场所

适用于民用建筑、一般工业建筑、居住小区、实业单位、商业综合体、学校、园区等充电桩模式的充电基础设施设计。

4.3系统结构

4.3.1系统分为四层：

- 1) 即数据采集层、网络传输层、数据中间层和客户端层。
- 2) 数据采集层：包括电瓶车智能充电桩通讯协议为标准modbus-rtu。电瓶车智能充电桩用于采集充电回路的电力参数，并进行电能计量和保护。
- 3) 网络传输层：通过4G网络将数据上传至搭建好的数据库服务器。
- 4) 数据中间层：包含应用服务器和数据服务器，应用服务器部署数据采集服务、WEB网站，数据服务器部署实时数据库、历史数据库、基础数据库。
- 5) 应客户端层：系统管理员可在浏览器中访问电瓶车充电桩收费平台。终端充电用户通过刷卡扫码的方式启动充电。

小区充电平台功能主要涵盖充电设施智能化大屏、实时监控、交易管理、故障管理、统计分析、基础数据管理等功能，同时为运维人员提供运维APP，充电用户提供充电小程序。

4.4安科瑞充电桩云平台系统功能

4.4.1智能化大屏

智能化大屏展示站点分布情况，对设备状态、设备使用率、充电次数、充电时长、充电金额、充电度数、充电桩故障等进行统计显示，同时可查看每个站点的站点信息、充电桩列表、充电记录、收益、能耗、故障记录等。统一管理小区充电桩，查看设备使用率，合理分配资源。

4.4.2实时监控

实时监视充电设施运行状况，主要包括充电桩运行状态、回路状态、充电过程中的充电电量、充电电压/电流，充电桩告警信息等。

4.4.3交易管理

平台管理人员可管理充电用户账户，对其进行账户进行充值、退款、冻结、注销等操作，可查看小区用户每日的充电交易详细信息。

4.4.4故障管理

设备自动上报故障信息，平台管理人员可通过平台查看故障信息并进行派发处理，同时运维人员可通过运维APP收取故障推送，运维人员在运维工作完成后将结果上报。充电用户也可通过充电小程序反馈现场问题。

4.4.5统计分析

通过系统平台，从充电站点、充电设施、充电时间、充电方式等不同角度，查询充电交易统计信息、能耗统计信息等。

4.4.6基础数据管理

在系统平台建立运营商户，运营商可建立和管理其运营所需站点和充电设施，维护充电设施信息、价格策略、折扣、优惠活动，同时可管理在线卡用户充值、冻结和解绑。

4.4.7运维APP

面向运维人员使用，可以对站点和充电桩进行管理、能够进行故障闭环处理、查询liuliang卡使用情况、查询充电\充值情况，进行远程参数设置，同时可接收故障推送。

4.4.8充电小程序

面向充电用户使用，可查看附近空闲设备，主要包含扫码充电、账户充值，充电卡绑定、交易查询、故障申诉等功能。

4.5系统硬件配置

类型

型号

图片

功能

安科瑞充电桩收费运营云平台

AcrelCloud-9000

安科瑞响应国家节能环保、绿色出行的号召，为广大用户提供慢充和快充两种充电方式壁挂式、落地式等多种类型的充电桩，包含智能7kW交流充电桩，30kW壁挂式直流充电桩，智能60kW/120kW直流一体式充电桩等来满足新能源汽车行业快速、经济、智能运营管理的市场需求，提供电动汽车充电软件解决方案，可以随时随地享受便捷安全的充电服务，微信扫一扫、微信公众号、支付宝扫一扫、支付宝服务窗，充电方式多样化，为车主用户提供便捷、安全的充电服务。实现对动力电池快速、安全、合理的电量补给，能计时，计电度、计金额作为市民购电终端，同时为tigao公共充电桩的效率和实用性。

互联网版智能交流桩

AEV-AC007D

额定功率7kW，单相三线制，防护等级IP65，具备防雷

保护、过载保护、短路保护、漏电保护、智能监测、智能计量、远程升级，支持刷卡、扫码、即插即用。

通讯方：4G/wifi/蓝牙支持刷卡，扫码、免费充电可选配显示屏

互联网版智能直流桩

AEV-DC030D

额定功率30kW，三相五线制，防护等级IP54，具备防雷保护、过载保护、短路保护、漏电保护、智能监测、智能计量、恒流恒压、电池保护、远

程升级，支持刷卡、扫码、即插即用

通讯方式：4G/以太网

支持刷卡，扫码、免费充电

互联网版智能直流桩

AEV-DC060S

额定功率60kW，三相五线制，防护等级IP54，具备防雷保护、过载保护、短路保护、漏电保护、智能监测、智能计量、恒流恒压、电池保护、远程升级，支持刷卡、扫码、即插即用

通讯方式：4G/以太网

支持刷卡，扫码、免费充电

互联网版智能直流桩

AEV-DC120S

额定功率120kW，三相五线制，防护等级IP54，具备防雷保护、过载保护、短路保护、漏电保护、智能

监测、智能计量、恒流恒压、电池保护、远程升级，支持刷卡、扫码、即插即用

通讯方式：4G/以太网

支持刷卡，扫码、免费充电

10路电瓶车智能充电桩

ACX10A系列

10路承载电流25A，单路输出电流3A，单回路功率1000W，总功率5500W。充满自停、断电记忆、短路保护、过载保护、空载保护、故障回路识别、远程升级、功率识别、独立计量、告警上报。

ACX10A-TYHN：防护等级IP21，支持投币、刷卡，扫码、免费充电

ACX10A-TYN：防护等级IP21，支持投币、刷卡，免费充电

ACX10A-YHW：防护等级IP65，支持刷卡，扫码，免费充电

ACX10A-YHN：防护等级IP21，支持刷卡，扫码，免费充电

ACX10A-YW：防护等级IP65，支持刷卡、免费充电

ACX10A-MW：防护等级IP65，仅支持免费充电

2路智能插座

ACX2A系列

2路承载电流20A，单路输出电流10A，单回路功率2200W，总功率4400W。充满自停、断电记忆、短路保护、过载保护、空载保护、故障回路识别、远程升级、功率识别，报警上报。

ACX2A-YHN：防护等级IP21，支持刷卡、扫码充电

ACX2A-HN：防护等级IP21，支持扫码充电

ACX2A-YN：防护等级IP21，支持刷卡充电

20路电瓶车智能充电桩

ACX20A系列

20路承载电流50A，单路输出电流3A，单回路功率1000W，总功率11kW。充满自停、断电记忆、短路保护、过载保护、空载保护、故障回路识别、远程升级、功率识别，报警上报。

ACX20A-YHN：防护等级IP21，支持刷卡，扫码，免费充电

ACX20A-YN：防护等级IP21，支持刷卡，免费充电

落地式电瓶车智能充电桩

ACX10B系列

ACX10B-YHW：户外使用，落地式安装，包含1台主机及5根立柱，支持刷卡、扫码充电,不带广告屏

ACX10B-YHW-LL：户外使用，落地式安装，包含1台主机及5根立柱，支持刷卡、扫码充电。液晶屏支持U盘本地投放图片及视频广告

智能边缘计算网关

ANet-2E4SM

4路RS485串口，光耦隔离，2路以太网接口，支持ModbusRtu、ModbusTCP、DL/T645-1997、DL/T645-2007、CJT188-2004、OPCUA、ModbusTCP（主、从）、104（主、从）、建筑能耗、SNMP、MQTT；（主模块）输入电源：DC12V~36V。支持4G扩展模块，485扩展模块。

扩展模块ANet-485

M485模块：4路光耦隔离RS485

扩展模块ANet-M4G

M4G模块：支持4G全网通

导轨式单相电表

ADL200

单相电参量U、I、P、Q、S、PF、F测量，输入电流：10（80）A；

电能精度：1级

支持Modbus和645协议

证书：MID/CE认证

导轨式电能计量表

ADL400

三相电参量U、I、P、Q、S、PF、F测量，分相总有功电能，总正反向有功电能统计，总正反向无功电能统计；红外通讯；电流规格：经互感器接入 $3 \times 1(6)$ A，直接接入 $3 \times 10(80)$ A，有功电能精度0.5S级，无功电能精度2级

证书：MID/CE认证

无线计量仪表

ADW300

三相电参量U、I、P、Q、S、PF、F测量，有功电能计量（正、反向）、四象限无功电能、总谐波含量、分次谐波含量（2~31次）；A、B、C、N四路测温；1路剩余电流测量；支持RS485/LoRa/2G/4G/NB；LCD显示；有功电能精度：0.5S级

证书：CPA/CE认证

导轨式直流电表

DJSF1352-RN

直流电压、电流、功率测量，正反向电能计量，复费率电能统计，SOE事件记录:8位LCD显示:红外通讯:电压输入较大1000V，电流外接分流器接入(75mV)或霍尔元件接入(0-5V);电能精度1级，1路485通讯，1路直流电能计量AC/DC85-265V供电

证书：MID/CE认证

面板直流电表

PZ72L-DE

直流电压、电流、功率测量，正反向电能计量:红外通讯:电压输入较大1000V，电流外接分流器接入·(75mV)或霍尔元件接入(0-20mA0-5V);电能精度1级

证书：CE认证

电气防火限流式保护器

ASCP200-63D

导轨式安装，可实现短路限流灭弧保护、过载限流保护、内部超温限流保护、过欠压保护、漏电监测、线缆温度监测等功能;1路RS485通讯，1路NB或4G无线通讯(选配);额定电流为0~63A，额定电流菜单可设

。

5结语

本文基于分时电价与短期负荷预测提出了一种新型多时段动态充电价格机制，引导车主规划用车安排，使充电行为由无序变为有序。建立以配电网内负荷波动比较小为目标函数，利用MATLAB软件进行算法编程，结果表明所提出的多时段动态电价策略可减小网内的负荷波动，有明显的削峰填谷作用，为车主减少21.17%的充电成本。此外还有效降低了21.00用电高峰期2.77%的网损率并修正18号节点3.61%的电压偏移率，实现了保证车主充电利益与tigao配电网运行安全的并存。