



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112109580 B

(45) 授权公告日 2022.04.05

(21) 申请号 202010837216.9

(22) 申请日 2020.08.19

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 112109580 A

(43) 申请公布日 2020.12.22

(73) 专利权人 同济大学  
地址 200092 上海市杨浦区四平路1239号

(72) 发明人 张浩 陶丽 陆剑峰 钱琳

(74) 专利代理机构 上海科盛知识产权代理有限公司 31225

代理人 翁惠瑜

(51) Int. Cl.

B60L 53/60 (2019.01)

B60L 53/64 (2019.01)

B60L 53/66 (2019.01)

B60L 53/62 (2019.01)

H02J 3/32 (2006.01)

H02J 3/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 106934542 A, 2017.07.07

CN 105429218 A, 2016.03.23

CN 109948943 A, 2019.06.28

CN 111030100 A, 2020.04.17

US 2020212675 A1, 2020.07.02

许晓慧等. 规模化电动汽车与电网互动的方案设想.《江苏电机工程》.2012,第31卷(第2期), J. Tao.Pricing strategy and charging management for PV-assisted electric vehicle charging station.《2018 13th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA)》.2018,

赵兴勇等. 含分布式电源和电动汽车的微电网协调控制策略.《电网技术》.2016, (第12期),

程宏波等. 基于Stackelberg博弈的车-网双向互动策略研究.《华东交通大学学报》.2017, (第05期),

审查员 陈江兰

权利要求书2页 说明书8页 附图2页

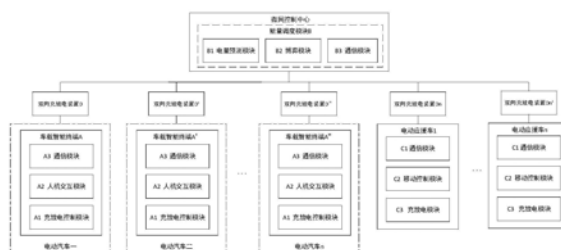
(54) 发明名称

一种电量自分配的微电网电动汽车充放电控制系统

(57) 摘要

本发明涉及一种电量自分配的微电网电动汽车充放电控制系统,包括车载智能终端、微网控制中心、电动应援车和双向充放电装置,其中,所述车载智能终端安装于电动汽车内,用于采集次日电量需求信息,接收微网控制中心广播的电价信息,并基于电价信息生成电动汽车充放电策略;微网控制中心接收各电动汽车的次日电量需求信息,基于预测的微电网发电信息及所述次日电量需求信息生成电价信息及电动应援车的能量调度控制指令;电动应援车基于所述能量调度控制指令进行充放电调度;双向充放电装置设置于电动汽车与微电网以及电动应援车与微电网之间,实现电动汽车和电动应援车的充放电。与现有技术相比,本发明具有提高微电网安全可靠

运行性能等优点。



CN 112109580 B

1. 一种电量自分配的微电网电动汽车充放电控制系统,其特征在于,包括车载智能终端、微网控制中心、电动应援车和双向充放电装置,其中,

所述车载智能终端安装于电动汽车内,用于采集次日电量需求信息,接收微网控制中心广播的电价信息,并基于所述电价信息生成电动汽车充放电策略;

所述微网控制中心接收各电动汽车的次日电量需求信息,基于预测的微电网发电信息及所述次日电量需求信息,采用带有需求响应的演化博弈模型,生成电价信息及电动应援车的能量调度控制指令;

所述电动应援车基于所述能量调度控制指令进行充放电调度;

所述双向充放电装置设置于电动汽车与微电网以及电动应援车与微电网之间,实现电动汽车和电动应援车的充放电;

通过滚动优化获得所述电动汽车充放电策略,具体包括:

P1阶段:微网控制中心收集电动汽车次日电量需求信息;

P2阶段:微网控制中心基于预测的微电网发电信息及所述次日电量需求信息生成电价信息,广播分时电价信息给车载智能终端;

P3阶段:车载智能终端以效用函数最大为目标调整充电需求,生成电动汽车充放电策略,所述效用函数表示为:

$$W_i(q_i, q_{-i}) = v_i(q_i) - q_i p(\|q^t\|_1) + I_i(q)$$

其中, $q_i$ 表示第*i*个电动汽车的日消耗电量, $q_{-i}$ 表示除第*i*个电动汽车之外的聚合的电动汽车日消耗电量, $v_i(q_i)$ 表示第*i*个电动汽车的日电量消耗预估函数, $\|q^t\|_1$ 表示电动汽车在给定时间段*t*的聚合的电量消耗, $p(\|q^t\|_1)$ 表示微网控制中心给定时间段*t*提供给用户的电价, $I_i(q)$ 表示激励函数 $I_i(q)$ 。

2. 根据权利要求1所述的电量自分配的微电网电动汽车充放电控制系统,其特征在于,所述次日电量需求信息包括电动汽车次日的联网时段以及需求电量。

3. 根据权利要求1所述的电量自分配的微电网电动汽车充放电控制系统,其特征在于,所述微电网发电信息包括次日各时段的发电量,该微电网发电信息基于天气预报信息预测获得。

4. 根据权利要求1所述的电量自分配的微电网电动汽车充放电控制系统,其特征在于,所述微网控制中心同时考虑电动应援车荷电状态生成所述电动应援车的能量调度控制指令。

5. 根据权利要求1所述的电量自分配的微电网电动汽车充放电控制系统,其特征在于,所述微网控制中心生成所述电动应援车的能量调度控制指令时,判断是否存在合适电动应援车,根据判断结果执行相应操作,具体地:

在微电网电量盈余时,判断是否存在电量未满足的电动应援车,若是,则生成对该电动应援车的能量调度控制指令,若否,则不生成能量调度控制指令;

在微电网电量存在缺口时,判断是否存在电量为满或有电量的电动应援车,若是,则生成对该电动应援车的能量调度控制指令,若否,则产生从大电网购电的指令。

6. 根据权利要求1所述的电量自分配的微电网电动汽车充放电控制系统,其特征在于,所述电动应援车被一个区域的多个微电网共享。

7. 根据权利要求1所述的电量自分配的微电网电动汽车充放电控制系统,其特征在于,

所述电动应援车基于所述能量调度控制指令生成路径规划,基于所述路径规划移动至目标微电网后进行相应充放电操作。

8.根据权利要求1所述的电量自分配的微电网电动汽车充放电控制系统,其特征在于,所述车载智能终端基于电动汽车充放电策略实现充电费用支付。

## 一种电量自分配的微电网电动汽车充放电控制系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于电动汽车充放电控制技术领域,尤其是涉及一种电量自分配的微电网电动汽车充放电控制系统。

### 背景技术

[0002] 智能电网用户侧管理的重要特征之一是通过电价来引导电能消费,为终端用户提供更加低价的电力资源,并为大电网的电力系统调度提供更加灵活的能量管理手段。大量电动汽车是微电网负荷的重要组成部分,一方面大量电动汽车的无序接入会带来一定的不确定性,特别是当电网负荷高峰时若再加上电动汽车的充电负荷,就有可能造成负荷峰上加峰,影响微电网的安全稳定运行,另一方面,电动汽车的电池可作为电网的移动储能装置,若能合理地引导电动汽车的充放电行为,使之在负荷高峰时刻反向送电到电网,可以起到削峰填谷的作用,有利于提升电网的安全性。

[0003] V2G (Vehicle to Grid) 技术实现了电网与车辆的双向互动,是智能电网技术的重要组成部分。电动汽车不仅作为电力消费体,同时在电动汽车闲置时可通过蓄电池放电为电网提供电力,实现电动汽车与电网之间的能量互动和交换,大量电动汽车的接入为电力系统能源调度的提升提供了更加广阔的空间。所以如何利用支持V2G技术的电动汽车的双向充放电特性,如何在考虑电动汽车用户的非完全理性的社会行为下制定相应的电价来引导电动汽车用户的消费行为,从而辅助微电网的能量调度,使微电网尽可能利用新能源电源实现自给自足,保障微电网和大电网能够安全稳定运行,仍是研究的重点和难点。

[0004] 专利申请CN110932257A(一种微电网能量调度方法)公开了一种微电网能量调度方法,首先,构建预测控制模型目标函数,以微电网当前时刻的储能系统实测容量作为初始值,其次,以各燃气轮机出力,储能系统充放电电量为控制量,建立微电网预测模型,接着,在满足约束条件下,以微电网运行经济性最小为目标函数,优化求解未来时段的控制变量序列,然后,只将第一个控制变量序列作用于系统,求出下一时刻的各燃气轮机出力和蓄电池容量,最后,以所述下一时刻的实际测量值为初始值,再次进行优化。但该技术没有充分考虑到利用微电网内的新能源电源,并且没有利用电动汽车电池的储能特点,需要额外的储能装置建造费用,成本高,且不利于微电网的安全可靠运行。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的就是为了解决上述现有技术存在的缺陷而提供一种提高微电网安全可靠运行性能的电量自分配的微电网电动汽车充放电控制系统。

[0006] 本发明的目的可以通过以下技术方案来实现:

[0007] 一种电量自分配的微电网电动汽车充放电控制系统,包括车载智能终端、微网控制中心、电动应援车和双向充放电装置,其中,

[0008] 所述车载智能终端安装于电动汽车内,用于采集次日电量需求信息,接收微网控制中心广播的电价信息,并基于所述电价信息生成电动汽车充放电策略;

[0009] 所述微网控制中心接收各电动汽车的次日电量需求信息,基于预测的微电网发电信息及所述次日电量需求信息生成电价信息及电动应援车的能量调度控制指令;

[0010] 所述电动应援车基于所述能量调度控制指令进行充放电调度;

[0011] 所述双向充放电装置设置于电动汽车与微电网以及电动应援车与微电网之间,实现电动汽车和电动应援车的充放电。

[0012] 进一步地,所述次日电量需求信息包括电动汽车次日的联网时段以及需求电量。

[0013] 进一步地,所述车载智能终端基于所述电价信息以效用函数最大为目标生成电动汽车充放电策略。

[0014] 进一步地,所述微电网发电信息包括次日各时段的发电量,该微电网发电信息基于天气预报信息预测获得。

[0015] 进一步地,所述微网控制中心采用带有需求响应的演化博弈模型生成电价信息及电动应援车的能量调度控制指令。

[0016] 进一步地,所述微网控制中心同时考虑电动应援车荷电状态生成所述电动应援车的能量调度控制指令。

[0017] 进一步地,所述微网控制中心生成所述电动应援车的能量调度控制指令时,判断是否存在合适电动应援车,根据判断结果执行相应操作,具体地:

[0018] 在微电网电量盈余时,判断是否存在电量未满的电动应援车,若是,则生成对该电动应援车的能量调度控制指令,若否,则不生成能量调度控制指令;

[0019] 在微电网电量存在缺口时,判断是否存在电量为满或有电量的电动应援车,若是,则生成对该电动应援车的能量调度控制指令,若否,则产生从大电网购电的指令。

[0020] 进一步地,所述电动应援车被一个区域的多个微电网共享。

[0021] 进一步地,所述电动应援车基于所述能量调度控制指令生成路径规划,基于所述路径规划移动至目标微电网后进行相应充放电操作。

[0022] 进一步地,所述车载智能终端基于生成的电动汽车充放电策略实现充电费用支付。

[0023] 与现有技术相比,本发明具有如下有益效果:

[0024] 1、本发明可以实现微电网的能量调度管理,有效地提高微电网内部新能源电源的利用率,很大程度上促进了新能源微电网内部电源的自给自足。

[0025] 2、本发明通过电价调整用户需求,充分考虑到了用户的社会性行为,可以为电动汽车用户提供更加低价的电力资源,并为微电网提供了更加灵活的能量管理手段,有利于微电网和大电网的安全稳定运行。

[0026] 3、本发明利用电动应援车来解决不同微电网之间的能量平衡问题,电动应援车可以被一个区域的多个微网共享,多个微网根据需要来调度应援车,通过控制电动应援车在各个微网之间的移动和调度,可以使多个微网实现能量稳定。电动应援车提供了一种应对现实中突发的不确定因素的有效手段。

[0027] 4、本发明采用智能终端来进行电量申报以及智能终端内部程序实现根据微电网的电价以用户的效用函数最大为目标调整充电需求,此外实时运行中的智能终端自动控制电动汽车的充放电并支付充电费用,除了电量申报阶段之外全程不需要用户的参与,体现了充电过程的智能化、自动化,并且可以给用户提供良好的交互体验。

[0028] 5、本发明主要利用了演化博弈方法求解电动汽车的需求响应过程,并根据电动汽车对社会的贡献来分配激励,从而有力地引导了电动汽车在负荷高时刻放电,低谷时刻充电,调节了微电网的负荷曲线,使微电网能够稳定运行。

[0029] 6、本发明引入了激励机制,根据电动汽车对社会的贡献来分配激励。同时激励根据电动汽车的相对消费来修改它们的支付价格。对于两个不同的电动汽车,只要它们的消费是不同的就会得到不同的激励奖励,可以鼓励电动汽车的放电过程,使微网获益的同时也能使用户在满足需求的前提下享受更优惠的价格。

[0030] 7、本发明采用利用天气预报信息预测风能、光能、太阳能等新能源电源的发电量情况,随着现有对发电预测研究的深入,发电预测的准确性显著提高,且实时性较好。

## 附图说明

[0031] 图1为本发明系统的结构示意图;

[0032] 图2为本发明的充放电控制流程图;

[0033] 图3为本发明电动汽车每个时间段充放电行为的滚动优化过程图。

## 具体实施方式

[0034] 下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明。本实施例以本发明技术方案为前提进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0035] 如图1所示,本发明提供一种电量自分配的微电网电动汽车充放电控制系统,包括车载智能终端、微网控制中心、电动应援车和双向充放电装置,其中,所述车载智能终端安装于电动汽车内,用于采集次日电量需求信息,包括电动汽车次日的联网时段以及需求电量,接收微网控制中心广播的电价信息,并基于所述电价信息生成电动汽车充放电策略;所述微网控制中心接收各电动汽车的次日电量需求信息,基于预测的微电网发电信息及所述次日电量需求信息生成电价信息及电动应援车的能量调度控制指令;所述电动应援车基于所述能量调度控制指令进行充放电调度;所述双向充放电装置设置于电动汽车与微电网以及电动应援车与微电网之间,实现电动汽车和电动应援车的充放电。

[0036] 针对微电网的能量调度问题,本发明采用了智能终端的日前申报机制,由电动汽车用户通过智能终端上报电动汽车次日联网时段以及需求电量给微网控制中心,微网控制中心根据天气预报信息,预测微电网内新能源电源发电时段以及发电率并采用博弈论方法协调电动汽车的电量分配。微网控制中心通过车载智能终端收集聚合的电动汽车需求信息,根据电动汽车聚合的电量需求调整电价信息,同时广播给载智能终端,并决定是否进行电动应援车的调度,车载智能终端内部程序实现以用户的效用函数最大为目标调整充电需求。

[0037] 车载智能终端A为电力系统和电动汽车使用者之间的中介,包括人机交互模块A2、通信模块A3和充放电控制模块A1,其中,

[0038] 人机交互模块A2:主要负责收集用户信息,用户侧采用日前申报机制,车主向智能终端上报电动汽车次日的联网时段以及需求电量,同时基于反馈的电价信息,以用户的效用函数最大为目标调整充电需求。

[0039] 通信模块A3:将车主上报的电动汽车次日联网时段以及需求电量上报给微网控制中心,以及接受来自微网控制中心的能量调度信息,实现与微网控制中心能量调度模块的信息交互。

[0040] 充放电控制模块A1:根据来自微网控制中心的能量调度信息,实时运行中的智能终端通过双向充放电装置自动控制电动汽车充放电,并支付充电费用。

[0041] 微网控制中心具有能量调度模块B,包括电量预测模块B1、博弈模块B2以及通信模块B3,其中,

[0042] 电量预测模块B1:根据天气预报信息预测次日各时段的发电量,并将预测的发电信息传递给演化博弈模块B2;

[0043] 博弈模块B2:根据预测的发电量,并根据智能终端提供的充电信息制定相应电价,采用演化博弈的方法协调电动汽车的电量分配。微网控制中心通过智能终端收集聚合的电动汽车需求信息,根据电动汽车聚合的电量需求调整电价信息,同时广播给智能终端,这个过程可以建模为带有需求响应的演化博弈模型。

[0044] 通信模块B3:负责接受天气预报信息、接收来自智能终端的充电需求信息、将电价广播给智能终端以及将能量调度信息传递给联网的电动应援车。

[0045] 电动应援车是一种特殊功能的电动汽车,可以在一定区域的多个微网之间进行调度,连接智能充放电服务网络系统的电动应援车根据微网控制中心的能量调度信息进行路径规划,并控制电动应援车的移动,使其达到指定地点进行充放电,实现在电量紧急时刻将电量输送给微电网,在电量盈余时刻进行充电储能。电动应援车C负责在一定区域的多个微电网之间进行电力援助,类似于“移动充电宝”,包括通信模块C1、移动控制模块C2和充放电模块C3,其中,

[0046] 通信模块C1:负责与微网控制中心之间的通讯,接受来自微网控制中心的能量调度信息,可以提高充放电服务的信息化和智能化水平。

[0047] 移动控制模块C2:根据微网控制中心的能量调度信息进行路径规划,控制电动应援车的移动,使其到达指定地点并进行行驶记录。

[0048] 充放电模块C3:到达指定地点后根据来自微网控制中心的能量调度信息进行充放电,实现在电量紧急时刻将电量输送给微电网,在电量盈余时刻进行充电储能。

[0049] 双向充放电装置D作为电动汽车和微电网之间能量交互的接口,实现电动汽车的充电以及将电动汽车的电量反向输送给微电网。双向充放电装置的实现方法可以参考有关文献,例如实用新型专利(专利号:CN201920302170.3)“一种煤矿矿用本安型移动电源箱”。

[0050] 上述微电网电动汽车充放电控制系统实现充放电控制的过程如图2所示,包括:

[0051] S1:电动汽车用户采用日前申报机制,通过车载智能终端的人机交互模块A2上报电动汽车次日的联网时段以及需求电量。

[0052] S2:车载智能终端的通信模块A3将车主上报的电动汽车次日联网时段以及需求电量上报给微网控制中心的通信模块B3,实现智能终端与微网控制中心能量调度模块之间的信息交互。

[0053] S3:电量预测模块B1根据天气预报信息,预测微电网内新能源电源如风能、光能、太阳能的发电时段以及发电率。

[0054] 关于依据风速、光照等天气信息预测发电量的研究已相对成熟,且有大量参考文献进行了详细阐述,这里不再赘述。

[0055] S4:引入了一个激励计划(间接揭露机制)来使电动汽车种群的聚合盈余最大化。可以将每个电动汽车看作一个智能体,每个智能体可以实现一个演化动态方程来寻找最好的资源分配。

[0056] 博弈模块B2根据预测的发电量,并根据智能终端提供的充电需求信息制定分时电价,采用演化博弈的方法协调电动汽车的电量分配。微网控制中心通过智能终端收集聚合的电动汽车需求信息,根据电动汽车聚合的电量需求以及预测的发电量调整电价信息,同时广播给智能终端,智能终端的人机交互模块A2实现以用户的效用函数最大为目标调整充电需求,决定电动汽车每个时间段的具体充放电行为,这个过程可以建模为带有需求响应的演化博弈模型,如图3所示。

[0057] 将微电网内的电动汽车看作由N个消费者组成的种群,这个种群定义为 $v=1, \dots, N$ 。

[0058] 将一天24小时分为一系列的T个时间间隔,定义为 $\tau = \{\tau_1, \dots, \tau_T\}$ ,将集合 $\tau$ 作为 $[0, 24)$ 的分割间隔,其中 $\bigcup_{t \in \{1, \dots, T\}} \tau_t = \tau$ ,  $\bigcap_{t \in \{1, \dots, T\}} \tau_t = \emptyset$ 。

[0059] 假设发电成本在所有的时间t都是相同的,每个电动汽车的效用函数可以表示为:

$$[0060] \quad W_i(q_i, q_{-i}) = v_i(q_i) - q_i p(\|q^t\|_1) + I_i(q)$$

[0061] 其中, $q_i$ 表示第i个电动汽车的日消耗电量,

[0062]  $q_{-i}$ 表示除第i个电动汽车之外的聚合的电动汽车日消耗电量,

[0063]  $v_i(q_i)$ 表示第i个电动汽车的日电量消耗预估函数,

[0064]  $\|q^t\|_1$ 表示电动汽车在给定时间段t的聚合的电量消耗,

[0065] 其中, $p(\|q^t\|_1)$ 表示微网控制中心给定时间段t提供给用户的电价:

$$[0066] \quad p(\|q^t\|_1) = \frac{C(\|q^t\|_1)}{\|q^t\|_1} = \beta \|q^t\|_1 + b$$

$$[0067] \quad C(\|q^t\|_1) = \beta \|q^t\|_1^2 + b \|q^t\|_1$$

[0068] 其中, $C(\|q^t\|_1)$ 表示微电网t时间段内的发电成本, $\beta$ 和**b**表示发电特征参数;

[0069] 其中激励函数 $I_i(q)$ 的形式如下:

$$[0070] \quad I_i(q) = (\|q_{-i}^t\|_1) (h_i(\|q_{-i}\|) - p(\|q^t\|_1))$$

[0071] 其中, $\|q_{-i}^t\|_1$ 表示除第i个电动汽车之外的电动汽车在给定时间段t的聚合的电量消耗, $\|q_{-i}\|$ 表示除第i个电动汽车之外的电动汽车的日聚合电量消耗;

[0072]  $h_i(\|q_{-i}\|)$ 是一个设计函数,评估每个电动汽车带来的外部效应:

$$[0073] \quad h_i(\|q_{-i}\|) = \delta \|q_{-i}\|$$

[0074] 其中, $\delta > 0$ ,是表示除第i个电动汽车之外的电动汽车的日聚合电量消耗特征参数;

[0075] P1阶段:

[0076] 第i个电动汽车的日电量消耗估计为:

$$[0077] \quad v_i(q_i) = \sum_{t=1}^T v_i^t(q_i^t), t \in \{1, \dots, T\}$$



[0078]  $v_i^t(q_i^t)$  表示第*i*个电动汽车在*t*时间段内的日电量消耗预估，

[0079]  $v_i^t(q_i^t) = \alpha_i^t \log(1 + q_i^t)$

[0080]  $\alpha_i^t$  代表第*i*个电动汽车在第*t*个时间间隔电量消耗的预估参数；

[0081]  $q_i^t$  代表了第*i*个电动汽车在第*t*个时间间隔的电量消耗，第*i*个电动汽车的日消耗电量用向量为：

[0082]  $q_i = [q_i^1, \dots, q_i^T]^T$

[0083] 种群在给定时间*t*的电量消耗为向量

[0084]  $q^t = [q_1^t, q_2^t, \dots, q_N^t]^T$

[0085] 整个种群的联合电量消耗为：

[0086]  $q = [q_1^T, \dots, q_N^T]^T$

[0087] P2阶段：

[0088] 评估函数  $v_i^t(q_i^t)$  对第*i*个电动汽车所提供的在第*t*个时间间隔的电量消耗  $q_i^t$  进行了估计。

[0089]  $p(\cdot)$ ： $\mathbb{R} - \mathbb{R}$  为实数到实数的映射，表示微网控制中心提供给电动汽车用户的电价。

[0090] 在给定时间*t*的聚合的电量消耗定义为  $\|q^t\|_1 = \sum_{j=1}^N q_j^t$ ，广播程序向每个电动汽车发送一个二维信号，即  $(q, I_i)$ 。

[0091] P3阶段：

[0092] 每个电动汽车响应自己的电量消费  $q_i$ 。激励根据电动汽车的相对消费来修改它们的支付价格，电动汽车根据激励调整充电需求，返回P1阶段。

[0093] 可以利用Matlab、AnyLogic等仿真软件求解上述滚动优化过程；

[0094] 不失一般性地，这里利用Matlab内部的演化博弈工具箱来进行求解，这里演化动态方程采用复制子动态方程：

[0095] 随机初始状态：

[0096]  $G = \text{struct}('P', P, 'n', n, 'f', @fitness\_user, 'ode', 'ode45', 'time', time, 'tol', 0.000001, 'm', m)$ ；

[0097]  $G.dynamics = \{ 'rd' \}$ 。

[0098]  $G$  为种群的演化博弈结构函数；

[0099] 'P' 代表了种群数量的形式参数；

[0100]  $P$  代表了种群数量的实际参数，不失一般性地，可以取值为  $P=1$ ；

[0101] 'n' 代表了每个种群的策略数最大值的形式参数， $n$  代表了每个种群的策略数最大值的实际参数，不失一般性地，可以取  $n$  的值为 24；

[0102] 'f' 是计算每个种群策略适应度的函数， $@fitness\_user$  是仿真过程中实际使用的函数，不失一般性地，使用自定义的  $fitness\_user()$ ；

[0103] 'ode' 表示仿真使用差分方程求解器计算该演化过程，'ode45'，表示仿真过程中

使用的差分方程求解器的具体形式,也可以采用工具箱提供的其他求解器。;'time'代表仿真运行时间的形式参数,time代表仿真运行时间的实际参数,不失一般性地,仿真过程中可以取time的值为60ms;

[0104] 'tol'代表了ode45求解器的精确度的形式参数,0.000001代表了仿真过程中使用的求解器的精确度实际值为0.000001;

[0105] 'm'代表了每个种群的纯策略数的形式参数,m代表了每个种群的纯策略数的实际参数,不失一般性地,可以取m为ones(P,1)矩阵;

[0106] G.dynamics={'rd'}表示该种群使用复制子动态方程'rd'方程进行演化。

[0107] S5:根据电动汽车电量需求以及电动应援车的荷电状态决定电动应援车的调度情况。如果需要用到电动应援车且有车辆可以调度则进入S6,否则向大电网购买缺口电量并进入S8。因为电动应援车具有双向充放电特性,即具有“蓄电”和“放电”两种行为。在进行调度时,需要考虑是否有合适的车辆,例如,微电网电量盈余则考虑蓄电,首先考虑调度电量为空的车辆。如果没有电量未满的车辆则考虑其他固定储能装置或者放弃储能。如果微电网电量有缺口,则需要考虑利用电动应援车的放电特性,此时需要调度电量为满或有电量的车辆。如果没有可以提供放电的电动应援车,则需要向大电网购买缺口电量。

[0108] S6:通信模块C1接受来自微网控制中心通信模块B3的调度消息。移动控制模块C2根据微网控制中心的能量调度信息进行路径规划,控制电动应援车的移动,使其达到指定地点并进行行驶记录。

[0109] S7:充放电模块C3根据来自微网控制中心的能量调度信息通过双向充放电装置D进行充放电,实现在电量紧急时刻将电量输送给微电网,在电量盈余时刻进行充电储能。

[0110] S8:通信模块A3接受来自微网控制中心通信模块B3发送的能量调度信息,实时运行中的智能终端的充放电控制模块A1通过双向充放电装置D自动控制电动汽车充放电,并由人机交互模块A2支付充电费用。

[0111] 本实施例以某个住宅小区的微电网能量调度过程为例进行说明:

[0112] 某电动汽车接入该住宅小区的微电网时经历如下过程:

[0113] S01:电动汽车车主晚上下班回小区,通过车载智能终端申报电动汽车次日的联网时段以及需求电量,需求电量为离开时达到100%,联网时段具体信息如表1所示(朝九晚五型作息,其中1代表联网,0代表非联网,时段将一天划分为24小时,每一个小时是一个时段):

[0114] 表1电动汽车联网时段

时段	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
是否联网	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
时段	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
是否联网	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1

[0116] S02:智能终端将车主上报的电动汽车次日联网时段以及需求电量上报给微网控制中心,实现与微网控制中心能量调度模块之间的信息交互。

[0117] S03:微网控制中心根据天气预报信息,预测微电网内新能源电源如风能、光能、太阳能的发电时段以及发电率。具体发电信息如表2所示:

[0118] 表2该住宅小区微电网一天的发电量

[0119]	时段/h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	发电量/kwh	1100	1500	1050	750	600	750	1050	350	250	350	1000	1550
	时段/h	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	发电量/kwh	1600	1700	1450	1500	750	300	250	450	500	1050	1200	1150

[0120] S04:引入了一个激励计划(间接揭露机制)来使电动汽车种群的聚合盈余最大化。可以将每个电动汽车看作一个智能体,每个智能体可以实现一个演化动态方程来寻找最好的资源分配。微网控制中心根据预测的发电量,并根据智能终端提供的充电信息制定相应电价,采用演化博弈的方法协调电动汽车用户的电量分配。

[0121] 微网控制中心通过智能终端收集聚合的电动汽车需求信息,根据电动汽车聚合的电量需求调整电价信息,同时广播分时电价给智能终端,智能终端内部实现以用户的效用函数最大为目标调整充电需求,这个过程可以建模为带有需求响应的演化博弈模型。

[0122] S05:随后,微网控制中心根据电动汽车电量需求以及电动应援车的荷电状态决定电动应援车的调度情况。在进行调度时,需要考虑是否有合适的车辆,微电网电量有缺口,则需要考虑利用电动应援车的放电特性,此时需要调度电量为满或有电量的车辆。如果有电动应援车辆可以调度则进入S06,否则向大电网购买缺口电量并进入S08。

[0123] S06:电动应援车接受来自微网控制中心的调度消息,根据调度信息进行路径规划,控制电动应援车在用电高峰移动到该小区。

[0124] S07:电动应援车根据来自微网控制中心的能量调度信息进行充放电,在电量高峰时刻将电量输送给微电网。

[0125] S087:实时运行中的智能终端自动控制电动汽车充放电,并支付充电费用,不需要人的参与。

[0126] 以上详细描述了本发明的较佳具体实施例。应当理解,本领域的普通技术人员无需创造性劳动就可以根据本发明的构思作出诸多修改和变化。因此,凡本技术领域技术人员依本发明的构思在现有技术的基础上通过逻辑分析、推理或者有限的实验可以得到的技术方案,皆应在由权利要求书所确定的保护范围内。

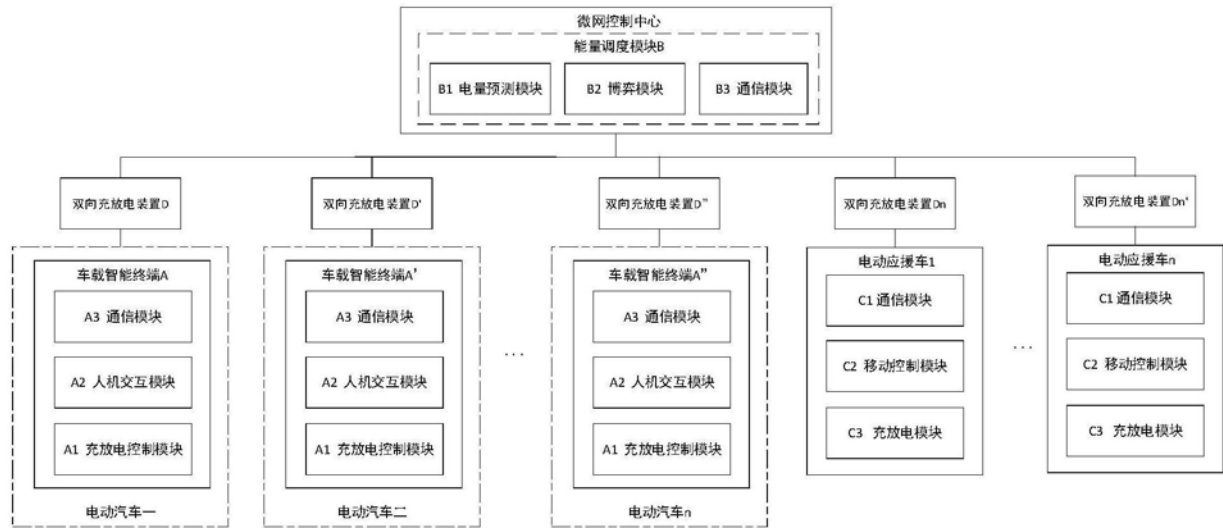


图1

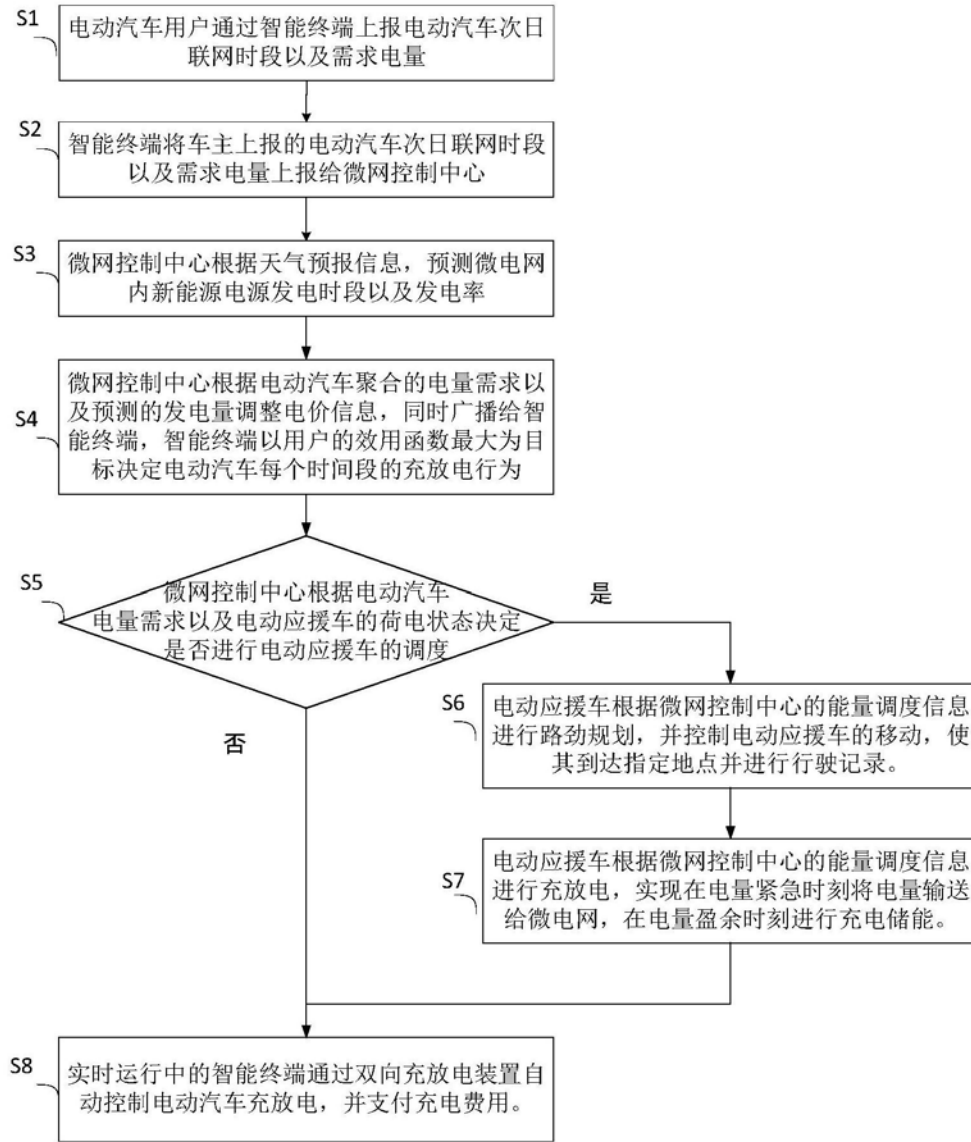


图2

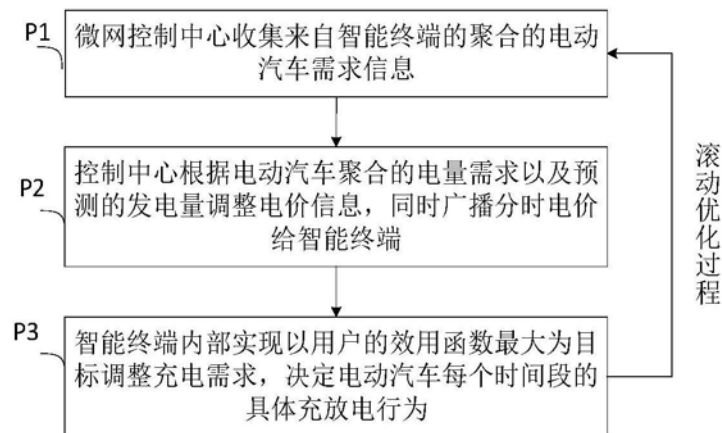


图3