



(10) 授权公告号 CN 103683424 B

(21) 申请号 201310694545.2

(22) 申请日 2013.12.17

(73) 专利权人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区 100084-82 信箱

专利权人 国家电网公司

国网安徽省电力公司

北京国网普瑞特高压输电技术有

限公司

(72)发明人 胡泽春 徐智威 马国政 张波

李武峰 严辉

(74) 专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事

务所（普通合伙） 11201

代理人 张大威

(51) Int. Cl.

H02J 7/00(2006.01)

(56) 对比文件

CN 103259314 A, 2013. 08. 21,

JP 特开 2012 - 210119 A, 2012. 10. 25,

张晨曦. 电动汽车入网技术及社会综合效益研究. 《中国优秀硕士学位论文全文数据库》, 2013.

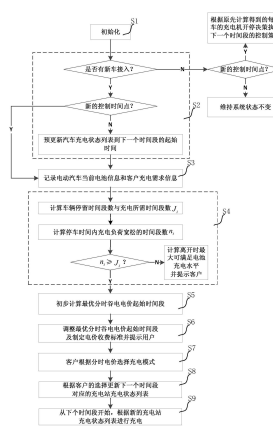
审查员 邢丹琼

权利要求书2页 说明书9页 附图3页

# 基于动态分时电价的电动汽车充电站有序充电控制方法

(57) 摘要

本发明提出一种基于动态分时电价的电动汽车充电站有序充电控制方法。该方法根据站内电动汽车的充电需求以及电网的最大充电负荷计算得到分时充电电价的优惠时段并提供给客户,由客户自主选择立即开始充电或延至电价较低时充电,以达到充电站内电动汽车有序充电协调控制的目的。该方法能有效帮助电动汽车充电站利用夜间低谷电价时段对站内电动汽车充电,提高经济效益。同时能有效控制充电站的充电高峰负荷,最大限度降低电动汽车充电对电网的负面影响。该方法计算模型简单,计算效率高,对控制系统硬件环境要求低,由于电价一次性下达后由客户自主响应,充电连续可靠,还有效降低了现有有序充电策略频繁开断充电机对电池和充电机寿命的负面影响。



1. 一种基于动态分时电价的电动汽车充电站有序充电控制方法,其特征在于,所述电动汽车充电站包括多台充电桩,每台充电桩的充电功率为  $P$ ,充电效率为  $\eta$ ,该方法包括:

S1. 将未来 24h 均匀分为  $k$  个时间段,获取低谷电价持续比例  $D$  和所述  $k$  个时间段各自对应的充电站最大充电负荷,然后定义高峰电价  $c^h$ 、低谷电价  $c^l$ ;

S2. 当有新的电动汽车接入时,判断当前时刻是否为新的控制时间点,如果不是,预更新充电站充电状态列表到下一个时间段的起始时间然后执行步骤 S3,如果是,直接跳至步骤 S3,其中所述充电站充电状态列表包括未来各个时间段对应的充电站最大充电负荷、站内停放电动汽车的充电启停计划;

S3. 记录所述电动汽车的当前电池信息和客户充电需求信息;

S4. 根据所述当前电池信息和所述客户充电需求信息,结合所述充电站充电状态列表判断能否满足客户充电需求;如果不能,计算离开时最大可满足电池充电水平并提示客户,如果能,则执行步骤 S5;

S5. 初步计算最优分时低谷电价起始时间段;

S6. 调整最优分时低谷电价起始时间段及制定电价收费标准,并提示客户;

S7. 客户根据分时电价选择充电模式;

S8. 根据客户选择的充电模式,更新下一个时间段对应的所述充电站充电状态列表;

S9. 从下一个时间段开始,根据更新后的所述下一个时间段对应的所述充电站充电状态列表进行充电,

其中,所述当前电池信息包括:电池容量  $B_i$  和当前电池充电水平  $SOC_i^A$ ,所述客户充电需求信息包括:到达时间  $t_i^a$ 、预期离开时间  $t_i^d$  和离开时期望电池充电水平  $SOC_i^D$ ,

其中,所述步骤 S4 具体包括:

S41. 根据所述当前电池信息中的  $B_i$  和  $SOC_i^A$  以及所述客户充电需求信息中的  $SOC_i^D$ , 计算理论充电时间段数  $J_i$ ;

S42. 根据充电站充电状态列表,获取从时间段  $\tilde{t}_i^a + 1$  到时间段  $\tilde{t}_i^d$  内的充电负荷裕度大于等于所述充电桩的充电功率  $P$  的时间段的数目  $n_i$ ;

S43. 若  $n_i < J_i$  则意味着不能充至离开时期望电池充电水平,根据  $n_i$  计算离开时  $t_i^d$  最大可满足电池充电水平  $SOC_i^{D,\max}$  并提示客户,并且向客户显示电价收费标准为所述高峰电价  $c^h$ ;

S44. 若  $n_i \geq J_i$  则意味着能够充至离开时期望电池充电水平,执行步骤 S5,其中,所述步骤 S4 还包括:所述步骤 S43 之后,由客户自主选择是否接受服务,如果接受服务,跳至步骤 S8,

其中,所述步骤 S5 具体包括:初步选择连续  $J_i$  个时间段充电负荷裕度之和最大的起始时间段的最小值为低谷电价的起始时间段,其中,按照如下公式初步计算分时低谷电价起始时间段:

$$t_i^{s*} = \min \left\{ \operatorname{argmax}_{t_i^s \in [\tilde{t}_i^a + 1, \tilde{t}_i^d - J_i + 1], t_i^s \in N} \left( \sum_{t=t_i^s}^{\tilde{t}_i^d + J_i - 1} m_t \right) \right\},$$

其中,所述步骤 S6 具体包括:若所述步骤 S5 中计算得到的  $t_i^{s*}$ ,从  $t_i^{s*}$  时间段开始一直到所述电动汽车离开时,并不存在  $J_i$  个时间段对应的充电负荷裕度  $m_t \geq P$ ,则需将低谷电价起始时间段往前调整至其后存在  $J_i$  时间段对应充电负荷裕度  $m_t \geq P$  并距离  $t_i^{s*}$  最近的位置,以确保客户在响应低谷电价后系统能将电动汽车的 SOC 充至所需要的水平,其中,按照如下公式调整分时低谷电价起始时间段:

$$\hat{t}_i^{s*} = \max \left\{ \tilde{t}_i^s \mid \tilde{t}_i^a + 1 \leq \tilde{t}_i^s \leq t_i^{s*}, \left| C_{\tilde{t}_i^s} \right| \geq J_i, C_{\tilde{t}_i^s} = \{t \mid m_t \geq P, t = \tilde{t}_i^s, \dots, \tilde{t}_i^d\}, \tilde{t}_i^s \in N \right\},$$

并且提示客户电价收费标准为在时间段  $[\hat{t}_i^{s*}, \hat{t}_i^{s*} + \lfloor D(\tilde{t}_i^d - \tilde{t}_i^a) \rfloor - 1]$  内为低谷电价  $c^l$ ,以激励客户选择从  $\hat{t}_i^{s*}$  开始充电以节约充电费用,其他时间段均为高峰电价  $c^h$ 。

2. 根据权利要求 1 所述的基于动态分时电价的电动汽车充电站有序充电控制方法,其特征在于,所述步骤 S7 中,在提示客户分时峰谷电价时间段的同时,提示客户可以满足客户充电需求,由客户自主选择立即开始充电或延迟至电价低廉时间段充电。

3. 根据权利要求 1 所述的基于动态分时电价的电动汽车充电站有序充电控制方法,其特征在于,所述步骤 S8 具体包括:

若客户选择立即开始充电,则安排电动汽车从  $\tilde{t}_i^a + 1$  时间段开始往后对应  $m_t \geq P$  的时间段进行充电,直至充电时间段个数达到  $J_i$  为止,同时更新充电站充电状态列表中的未来  $k$  个时间段对应的站内停放电动汽车的充电启停计划和充电负荷裕度;

若客户选择延迟至电价低廉时间段开始充电,则安排电动汽车从  $\hat{t}_i^{s*}$  时间段开始往后对应  $m_t \geq P$  的时间段进行充电,直至充电时间段个数达到  $J_i$  为止,同时更新充电站充电状态列表中的未来  $k$  个时间段对应的站内停放电动汽车的充电启停计划和充电负荷裕度。

4. 根据权利要求 1 所述的基于动态分时电价的电动汽车充电站有序充电控制方法,其特征在于,当同一时间段有多个所述电动汽车接入时,先对先接入的所述电动汽车执行步骤 S2 到步骤 S9 以完成一次对所述充电站充电状态列表的更新,然后对后接入的所述电动汽车再次进行步骤 S2 到步骤 S9 以再完成一次对所述充电站充电状态列表的更新。

## 基于动态分时电价的电动汽车充电站有序充电控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于电动汽车充电控制技术领域,具体涉及一种基于动态分时电价的电动汽车充电站有序充电控制方法。

### 背景技术

[0002] 电动汽车,由于其良好的节能、环保和低排放潜力近年来得到了世界各国政府的普遍重视。在中国,中央政府和地方政府纷纷出台激励政策来推动电动汽车的发展和市场普及。研究表明,未来电动汽车的大规模接入为电网所带来大量的充电负荷将对电网造成不可忽视的影响。尤其对于配电网而言,若大量电动汽车的充电负荷得不到有效地有序协调控制或者引导,将与夜间高峰负荷重叠,进一步加剧配网的负荷峰谷差,对配电网的安全、经济运行造成负面影响。因此,实现电动汽车的有序充电,最大限度的降低电动汽车充电对配网的影响是十分必要的。根据我国电动汽车的发展规划,电动汽车充电站以及加装电动汽车充电机的商业及住宅停车场将成为电动汽车的主要充电场所,也是实现电动汽车有序充电控制的理想场所。考虑到两类充电场所结构的相似性,在本发明中,我们将两类充电场所统称为“充电站”。目前,实现电动汽车有序充电的一般方法主要分为两类。一方面,在充分考虑电动汽车客户的充电需求的基础上,可由电动汽车充电站根据配电网的负荷情况,直接控制各充电桩的开断,实现有序充电。之前清华大学胡泽春等人提出了一种适用于电动汽车充电站的协调充电控制方法(专利申请号:201110023668.4)属于该类方法。另一方面,可通过设计分时充电电价,合理引导电动汽车客户自主响应,调整电动汽车的充电时间,实现有序充电。例如,我国深圳等城市已针对电动汽车充电专门出台了分时电价机制,对引导电动汽车客户避开用电高峰,在用电低谷期接入电网充电产生积极的影响。但这种电价机制也存在不足,主要在于在大规模电动汽车接入充电的情形下,大量客户可能由于同时响应低廉分时电价,导致配网在低电价时段出现负荷高峰,对配电网的安全运行产生负面影响。为有效解决该类分时电价在协调电动汽车进行有序充电方面的不足,本发明在充分考虑接入电动汽车的充电需求和充电站充电负荷裕度的基础上,提出了一种适用于电动汽车充电站的分时电价动态制定方法。所制定的分时电价时段由客户自主响应,充电过程无需频繁开断充电机,在实现充电站内电动汽车有序充电协调控制目的的同时,最大限度降低充电对电池和充电机寿命造成的负面影响。该种分时电价时段制定方法计算过程简单、迅速,易于实现。对于停放大规模电动汽车的充电站的有序充电同样适用。就调研目前国内已安装的电动汽车充电设施及监控系统的情况来看,并没有类似通过动态制定合理分时电价时段来实现站内电动汽车有序充电控制的具体运用。

### 发明内容

[0003] 本发明旨在至少解决现有技术中存在的技术问题之一。

[0004] 为此,本发明的目的在于提出一种基于动态分时电价的电动汽车充电站有序充电控制方法。

[0005] 为了实现上述目的,根据本发明一个实施例的基于动态分时电价的电动汽车充电站有序充电控制方法,包括:S1. 将未来 24h 均匀分为 k 个时间段,获取低谷电价持续比例 D 和所述 k 个时间段各自对应的充电站最大充电负荷,然后定义高峰电价  $c^h$ 、低谷电价  $c^l$ ;S2. 当有新的电动汽车接入时,判断当前时刻是否为新的控制时间点,如果不是,预更新充电站充电状态列表到下一个时间段的起始时间然后执行步骤 S3,如果是,直接跳至步骤 S3,其中所述充电站充电状态列表包括未来 k 个时间段各自对应的充电站最大充电负荷、站内停放电动汽车的充电启停计划和充电负荷裕度;S3. 记录所述电动汽车的当前电池信息和客户充电需求信息;S4. 根据所述当前电池信息和所述客户充电需求信息,结合所述充电站充电状态列表判断能否满足客户充电需求;如果不能,计算离开时最大可满足电池充电水平并提示客户,如果能,则执行步骤 S5;S5. 初步计算最优分时低谷电价起始时间段;S6. 调整最优分时低谷电价起始时间段及制定电价收费标准,并提示客户;S7. 客户根据分时电价选择充电模式;S8. 根据客户选择的充电模式,更新下一个时间段对应的所述充电站充电状态列表;S9. 从下一个时间段开始,根据更新后的所述下一个时间段对应的所述充电站充电状态列表进行充电。

[0006] 根据本发明实施例的,至少具有如下有益效果:

[0007] 1、流程简单,所有的客户充电信息输入,电池信息输入都在安装充电机的客户端完成。所述电动汽车充电站有序充电控制系统根据输入系统充电负荷裕度状态,以及用户设定充电需求,个性化地制定用户的分时电价,由用户一次性选择充电模式后,即确定该用户电动汽车的充电计划,无需重新计算。

[0008] 2、由于所制定分时电价的低廉时段对所有电动汽车用户延续时长占其停车时间的比例相同,保证了电价制定的公平性。

[0009] 3、制定电价由用户自主决定是否响应,免除了充电站有序充电控系统对用户电动汽车充电过程的过多干预。充电过程在一般情况下连续,该控制方法能最大限度的降低有序充电频繁启停充电机对用户电池和充电机造成的负面影响。

[0010] 4、算法计算规模小,每次只计算一辆电动汽车的分时充电电价策略及对应的控制策略,对控制系统硬件环境要求低,有效节约了系统的计算开销,节约了充电站内控制中心与各充电桩之间的通信资源,尤其适用于大规模电动汽车的有序充电控制。

[0011] 另外,根据本发明实施例的基于动态分时电价的电动汽车充电站有序充电控制方法还具有如下附加技术特征:

[0012] 在本发明的一个实施例中,所述当前电池信息包括:电池容量  $B_i$  和当前电池充电水平  $SOC_i^A$ ;所述客户充电需求信息包括:到达时间  $t_i^a$ 、预期离开时间  $t_i^d$  和离开时期望电池充电水平  $SOC_i^D$ 。

[0013] 在本发明的一个实施例中,所述步骤 S4 具体包括:S41. 根据所述当前电池信息中的  $B_i$  和  $SOC_i^A$  以及所述客户充电需求信息中的  $SOC_i^D$ ,计算理论充电时间段数  $J_i$ ;S42. 根据充电站充电状态列表中的充电负荷裕度信息,获取从时间段  $\tilde{t}_i^a + 1$  到时间段  $\tilde{t}_i^d$  内的所述充电负荷裕度大于等于所述充电桩的充电功率 P 的时间段的数目  $n_i$ ;S43. 若  $n_i < J_i$  则意味着不能充至离开时期望电池充电水平,根据  $n_i$  计算离开时  $t_i^d$  最大可满足电池充电水平

$SOC_i^{D,\max}$  并提示客户, 并且向客户显示电价收费标准为所述高峰电价  $c^h$ ; S44. 若  $n_i \geq J_i$  则意味着能够充至离开时期望电池充电水平, 执行步骤 S5。

[0014] 在本发明的一个实施例中, 所述步骤 S4 还包括: 所述步骤 S43 之后, 由客户自主选择是否接受服务, 如果接受服务, 跳至步骤 S8。

[0015] 在本发明的一个实施例中, 所述步骤 S5 具体包括: 初步选择连续  $J_i$  个时段充电负荷裕度之和最大的起始时段的最小值为低谷电价的起始时段, 其中, 按照如下公式初步计

$$\text{算分时低谷电价起始时间段: } t_i^{s*} = \min \left\{ \operatorname{argmax}_{t_i^s \in [\tilde{t}_i^a+1, \tilde{t}_i^d-J_i+1], t_i^s \in N} \left( \sum_{t=t_i^s}^{\tilde{t}_i^s+J_i-1} m_t \right) \right\}。$$

[0016] 在本发明的一个实施例中, 所述步骤 S6 具体包括: 若所述步骤 S5 中计算得到的  $t_i^{s*}$ , 从  $t_i^{s*}$  时段开始一直到所述电动汽车离开时, 并不存在  $J_i$  个时间段对应的充电负荷裕度  $m_t \geq P$ , 则需将低谷电价起始时段往前调整至其后存在  $J_i$  时间段对应充电负荷裕度  $m_t \geq P$  并距离  $t_i^{s*}$  最近的位置, 以确保客户在响应低谷电价后系统能将电动汽车的 SOC 充至所需要的水平, 其中, 按照如下公式调整分时低谷电价起始时间段:

$$\hat{t}_i^{s*} = \max \left\{ \tilde{t}_i^s \mid \tilde{t}_i^a + 1 \leq \tilde{t}_i^s \leq t_i^{s*}, \left| C_{\tilde{t}_i^s} \right| \geq J_i, C_{\tilde{t}_i^s} = \{t \mid m_t \geq P, t = \tilde{t}_i^s, \dots, \tilde{t}_i^d\}, \tilde{t}_i^s \in N \right\},$$

并且提示客户电价收费标准为在时间段  $[\hat{t}_i^{s*}, \hat{t}_i^{s*} + \lfloor D(\tilde{t}_i^d - \tilde{t}_i^a) \rfloor - 1]$  内为低谷电价  $c^l$ , 以激励客户选择从  $\hat{t}_i^{s*}$  开始充电以节约充电费用, 其他时间段均为高峰电价  $c^h$ 。

[0017] 在本发明的一个实施例中, 所述步骤 S7 中, 在提示客户分时峰谷电价时间段的同时, 提示客户可以满足客户充电需求, 由客户自主选择立即开始充电或延迟至电价低廉时间段充电。

[0018] 在本发明的一个实施例中, 所述步骤 S8 具体包括: 若客户选择立即开始充电, 则安排电动汽车从  $\tilde{t}_i^a + 1$  时间段开始往后对应  $m_t \geq P$  的时间段进行充电, 直至充电时间段个数达到  $J_i$  为止, 同时更新充电站充电状态列表中的未来  $k$  个时间段对应的站内停放电动汽车的充电启停计划和充电负荷裕度; 若客户选择延迟至电价低廉时间段开始充电, 则安排电动汽车从  $\hat{t}_i^{s*}$  时间段开始往后对应  $m_t \geq P$  的时间段进行充电, 直至充电时间段个数达到  $J_i$  为止, 同时更新充电站充电状态列表中的未来  $k$  个时间段对应的站内停放电动汽车的充电启停计划和充电负荷裕度。

[0019] 在本发明的一个实施例中, 当同一时间段有多个所述电动汽车接入时, 先对先接入的所述电动汽车执行步骤 S2 到步骤 S9 以完成一次对所述充电站充电状态列表的更新, 然后对后接入的所述电动车再次进行步骤 S2 到步骤 S9 以再完成一次对所述充电站充电状态列表的更新。

[0020] 本发明的附加方面和优点将在下面的描述中部分给出, 部分将从下面的描述中变得明显, 或通过本发明的实践了解到。

## 附图说明

[0021] 本发明的上述和 / 或附加的方面和优点从结合下面附图对实施例的描述中将变

得明显和容易理解,其中:

[0022] 图 1 是电动汽车充电站的示意图;

[0023] 图 2 是本发明实施例的基于动态分时电价的电动汽车充电站有序充电控制方法的流程图;

[0024] 图 3 是本发明实施例的基于动态分时电价的电动汽车充电站有序充电控制装置的结构框图。

## 具体实施方式

[0025] 下面详细描述本发明的实施例,所述实施例的示例在附图中示出,其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的,旨在用于解释本发明,而不能理解为对本发明的限制。

[0026] 根据本发明实施例的基于动态分时电价的电动汽车充电站有序充电控制方法。如图 1 所示,该电动汽车充电站包括多台充电桩,每台充电桩的充电功率为  $P$ , 充电效率为  $\eta$ 。充电站包括一个电动汽车有序充电控制中心,该电动汽车有序充电控制中心用于进行有序充电决策。每个充电桩为一辆电动汽车充电,每个充电桩具有动力电池测量装置,也配备有人机交互界面。如图 2 所示,本发明实施例的基于动态分时电价的电动汽车充电站有序充电控制方法可以包括以下步骤:

[0027] 步骤 1. 将未来 24h 均匀分为  $k$  个时间段,获取低谷电价持续比例  $D$  和  $k$  个时间段各自对应的充电站最大充电负荷,然后定义高峰电价  $c^h$ 、低谷电价  $c^l$ 。

[0028] 具体地,通常电动汽车充电站从上游供电单位(例如电网公司)获取低谷电价持续比例  $D$  和  $k$  个时间段各自对应的充电站最大充电负荷信息。例如,将未来 24h 分为 96 个时间段,每段 15min。低谷电价持续比例  $D = \frac{\text{未来24h内低谷电价持续时间}}{24h}$ , 参数  $D$  在后续计算

对客户(即电动汽车的车主)收取的电价收费标准的过程中会应用到。充电站最大充电负荷是指某时间段内电网公司允许充电站用于电动汽车充电的最大功率,其单位为 kW。然后由充电站自主定义高峰电价  $c^h$  和低谷电价  $c^l$ , 单位均为元 / kWh。

[0029] 步骤 2. 当有新的电动汽车接入时,判断当前时刻是否为新的控制时间点。如果不是,预更新充电站充电状态列表到下一个时间段的起始时间然后执行步骤 3, 如果是,直接跳至步骤 3。其中所述充电站充电状态列表包括未来  $k$  个时间段各自对应的充电站最大充电负荷、站内停放电动汽车的充电启停计划和充电负荷裕度的信息。

[0030] 具体地,充电站为电动汽车充电是依靠充电站充电状态列表来进行的。该充电站充电状态列表中包括未来  $k$  个时间段各自对应的充电站最大充电负荷、站内停放电动汽车的充电启停计划和充电负荷裕度的信息。其中,站内停放电动汽车的充电启停计划是不断更新的,其包括哪个充电桩为电动汽车充电、启动充电时间段和结束充电时间段的信息。充电负荷裕度可以由站内停放电动汽车的充电启停计划和充电站最大充电负荷得到。具体地,某个时间段充电负荷裕度等于该时间段充电站最大充电负荷减去充电功率  $P$  与该时间段内工作状态充电桩的数目的乘积。

[0031] 当有新的电动汽车在非新的时间控制点接入时,例如,在当前时间段的第 8min 接入,此时虽然不能立刻开始对电动汽车充电,此时可以预更新充电站充电状态列表到下一

个时间段的起始时间(下一时间段的第 0min),然后进入后续步骤 3。这样可以避免客户干等,可以立即着手开始为汽车充电的准备工作。

[0032] 当有新的电动汽车恰好在新的时间控制点接入时,例如,在第 0min 接入时,可以直接进行后续步骤 3。

[0033] 步骤 3. 记录电动汽车的当前电池信息和客户充电需求信息。

[0034] 具体地,当前电池信息包括:电池容量  $B_i$  和当前电池充电水平  $SOC_i^A$ 。客户充电需求信息包括:到达时间  $t_i^a$ 、预期离开时间  $t_i^d$  和离开时期望电池充电水平  $SOC_i^D$ 。

[0035] 步骤 4. 根据当前电池信息和客户充电需求信息,结合充电站充电状态列表判断能否满足客户充电需求。如果不能,计算离开时最大可满足电池充电水平并提示客户。如果能,则执行步骤 S5。具体步骤如下,

[0036] 步骤 4-1. 根据当前电池信息中的  $B_i$  和  $SOC_i^A$  以及客户充电需求信息中的  $SOC_i^D$ , 计算理论充电时间段数  $J_i$ 。

[0037]  $J_i$  的计算公式为  $J_i = \left\lceil \frac{(SOC_i^D - SOC_i^A) \times B_i}{P \times \Delta t \times \eta} \right\rceil$ , 其中  $\lceil x \rceil$  表示对  $x$  向上取整数,  $\Delta t$  表示一个充电时间段的长度,为 15min。

[0038] 步骤 4-2. 根据充电站充电状态列表中的充电负荷裕度信息,获取从时间段  $\tilde{t}_i^a + 1$  到时间段  $\tilde{t}_i^d$  内的充电负荷裕度  $m_t$  大于等于充电桩的充电功率  $P$  的时间段的数目  $n_i$ 。需要说明的是,充电负荷裕度大于等于充电桩的充电功率  $P$  则意味着该时间段的富余电力资源允许为新来的电动汽车充电,小于  $P$  则意味着虽然电力资源略有富余但不足多为一辆的电动汽车充电。

[0039] 步骤 4-3. 若  $n_i < J_i$ , 则意味着不能充至离开时期望电池充电水平。此时根据  $n_i$  计算离开时  $t_i^d$  最大可满足电池充电水平  $SOC_i^{D,\max}$  并提示客户,并且向客户显示电价收费标准为所述高峰电价  $c^h$ 。  $SOC_i^{D,\max}$  的计算公式为  $SOC_i^{D,\max} = SOC_i^A + \frac{n_i \times P_i \times \eta \times \Delta t}{B_i}$ 。由于当前

处于用电紧张的时间段(正是由于用电紧张,所以才不能充至离开时期望电池充电水平),因此对客户征收较高的电价,即向用户显示电价收费标准为所述高峰电价  $c^h$ 。

[0040] 然后,由客户自主选择是否接受服务。如果客户接受服务,跳至步骤 S8。如果客户不接受服务,则客户驾驶电动汽车离开。

[0041] 步骤 4-4. 若  $n_i \geq J_i$ , 则意味着能够充至离开时期望电池充电水平,执行步骤 S5。

[0042] 步骤 5. 初步计算最优分时低谷电价起始时间段。

[0043] 具体地,初步选择连续  $J_i$  个时段充电负荷裕度之和最大的起始时段的最小值为低谷电价的起始时段,其中,按照如下公式初步计算分时低谷电价起始时间段:

$$[0044] \quad t_i^{S*} = \min \left\{ \operatorname{argmax}_{t_i^s \in [\tilde{t}_i^a + 1, \tilde{t}_i^d - J_i + 1], t_i^s \in N} \left( \sum_{t=t_i^s}^{\tilde{t}_i^s + J_i - 1} m_t \right) \right\}。$$

[0045] 步骤 6. 调整最优分时低谷电价起始时间段及制定电价收费标准,并提示客户。



[0046] 具体地：若步骤5中计算得到的 $t_i^{s*}$ ，从 $t_i^{s*}$ 时段开始一直到该电动汽车离开时，并不存在 $J_i$ 个时间段对应的充电负荷裕度 $m_t \geq P$ ，则需将低谷电价起始时段往前调整至其后存在 $J_i$ 时间段对应充电负荷裕度 $m_t \geq P$ 并距离 $t_i^{s*}$ 最近的位置，以确保客户在响应低谷电价后系统能将电动汽车的SOC充至所需要的水平。其中，按照如下公式调整分时低谷电价起始时间段：

$$[0047] \quad \hat{t}_i^{s*} = \max \left\{ \tilde{t}_i^s \mid \tilde{t}_i^a + 1 \leq \tilde{t}_i^s \leq t_i^{s*}, \left| C_{\tilde{t}_i^s} \right| \geq J_i, C_{\tilde{t}_i^s} = \{ t \mid m_t \geq P, t = \tilde{t}_i^s, \dots, \tilde{t}_i^d \}, \tilde{t}_i^s \in N \right\}$$

[0048] 并且提示客户在时间段 $[\hat{t}_i^{s*}, \hat{t}_i^{s*} + \lfloor D(\tilde{t}_i^d - \tilde{t}_i^a) \rfloor - 1]$ 内的电价收费标准为低谷电价 $c^l$ ，以激励客户选择从 $\hat{t}_i^{s*}$ 开始充电以节约充电费用，其他时间段电价收费标准均为高峰电价 $c^h$ 。

[0049] 步骤7. 客户根据分时电价选择充电模式。

[0050] 具体地，在提示客户分时峰谷电价时间段的同时，提示客户可以满足客户充电需求，由客户自主选择立即开始充电或延迟至电价低廉时间段充电。

[0051] 步骤8. 根据客户选择，更新下一个时间段对应的所述充电站充电状态列表。

[0052] 具体地，若是步骤S7之后执行步骤S8，分两种情况：

[0053] A. 客户选择立即开始充电，则安排电动汽车从 $\tilde{t}_i^a + 1$ 时间段开始往后对应 $m_t \geq P$ 的时间段进行充电，直至充电时间段个数达到 $J_i$ 为止。同时更新充电站充电状态列表中的未来 $k$ 个时间段对应的站内停放电动汽车的充电启停计划和充电负荷裕度。

[0054] B. 客户选择延迟至电价低廉时间段开始充电，则安排电动汽车从 $\hat{t}_i^{s*}$ 时间段开始往后对应 $m_t \geq P$ 的时间段进行充电，直至充电时间段个数达到 $J_i$ 为止。同时更新充电站充电状态列表中的未来 $k$ 个时间段对应的站内停放电动汽车的充电启停计划和充电负荷裕度。

[0055] 若是步骤4-3之后跳至步骤S8，即客户已知不能充至离开时期望电池充电水平但选择开始充电，则安排电动汽车从 $\tilde{t}_i^a + 1$ 时间段开始对应 $m_t \geq P$ 的时间段进行充电直至预期离开时间 $t_i^d$ 离开。同时更新充电站充电状态列表中的未来 $k$ 个时间段对应的站内停放电动汽车的充电启停计划和充电负荷裕度。

[0056] S9. 从下一个时间段开始，根据更新后的所述下一个时间段对应的所述充电站充电状态列表进行充电。

[0057] 具体地，如果在本次15min的时间间隔内没有新车进入系统，即按照之前计算好的控制策略15min改变充电机的状态，在有新车进入的情形下，在本次15min时间段内，保持原有车辆的充电状态不变。在下一个时间段内，根据计算得到的控制策略，改变充电机的充电状态。在每个时间段，各辆车按照确定好的电价以及相应的控制功率结算充电费用。

[0058] 需要说明的是，当同一时间段有多个电动汽车接入时，应当先对先接入的电动汽车执行步骤S2到步骤S9以完成一次对充电站充电状态列表的更新，然后对后接入的电动车再次进行步骤S2到步骤S9以再完成一次对充电站充电状态列表的更新。

[0059] 本发明的基于动态分时电价的电动汽车充电站有序充电控制方法至少具有如下

有益效果：

[0060] 1、流程简单，所有的客户充电信息输入，电池信息输入都在安装充电机的客户端完成。所述电动汽车充电站有序充电控制系统根据输入系统充电负荷裕度状态，以及用户设定充电需求，个性化地制定用户的分时电价，由用户一次性选择充电模式后，即确定该用户电动汽车的充电计划，无需重新计算。

[0061] 2、由于所制定分时电价的低廉时段对所有电动汽车用户延续时长占其停车时间的比例相同，保证了电价制定的公平性。

[0062] 3、制定电价由用户自主决定是否响应，免除了充电站有序充电控系统对用户电动汽车充电过程的过多干预。充电过程在一般情况下连续，该控制方法能最大限度的降低有序充电频繁启停充电机对用户电池和充电机造成的负面影响。

[0063] 4、算法计算规模小，每次只计算一辆电动汽车的分时充电电价策略及对应的控制策略，对控制系统硬件环境要求低，有效节约了系统的计算开销，节约了充电站内控制中心与各充电桩之间的通信资源，尤其适用于大规模电动汽车的有序充电控制。

[0064] 为使本领域技术人员更好地理解本发明，申请人还提出一种基于动态分时电价的电动汽车充电站有序充电控制装置。如图3所示，该装置包括客户充电需求信息输入模块1、车辆电池信息输入模块2、充电桩客户端程序3、最大充电负荷及电价信息输入模块4、分时电价制定模块5、客户电价显示与充电模式选择模块6、充电计划制定模块7、充电负荷裕度更新模块8、充电桩启停模块9，以及有序充电控制系统参数设置模块10。结合上文叙述的本发明实施例的电动汽车充电站的有序充电控制方法，描述该装置的工作过程如下：

[0065] 首先最大充电负荷及电价信息输入模块4从电网获得未来多个时间段的最大充电负荷信息。当有新车接入时，用户通过客户充电需求信息输入模块1输入充电需求信息，同时，车辆电池信息输入模块2读取电动汽车车载电池管理系统(BMS)上的电池信息。充电桩客户端程序3将充电需求信息和电池信息传送给分时电价制定模块5。分时电价制定模块5接收充电需求信息和电池信息结合最大充电负荷及电价信息输入模块4中的数据进行处理，然后将处理结果通过客户电价显示与充电模式选择模块6提示客户。客户做出选择后由充电计划制定模块7更新充电站充电状态列表中的站内停放电动汽车的充电启停计划，充电负荷裕度更新模块8也随即更新充电站充电状态列表中的充电负荷裕度信息。充电桩启停模块9根据充电计划制定模块7中的数据控制充电桩的动作。该装置根据客户输入的充电需求信息，电动汽车电池信息以及电力系统负荷水平和电价信息，动态制定电动汽车分时充电电价，由客户自主响应，以达到实现充电站内电动汽车协调充电控制的目的。

[0066] 在本发明的描述中，需要理解的是，术语“中心”、“纵向”、“横向”、“长度”、“宽度”、“厚度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”“内”、“外”、“顺时针”、“逆时针”、“轴向”、“径向”、“周向”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。

[0067] 此外，术语“第一”、“第二”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此，限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。在本发明的描述中，“多个”的含义是两个或两个以上，除非另有明确具体的限定。

[0068] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或成一体;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0069] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,第一特征在第二特征“上”或“下”可以是第一和第二特征直接接触,或第一和第二特征通过中间媒介间接接触。而且,第一特征在第二特征“之上”、“上方”和“上面”可是第一特征在第二特征正上方或斜上方,或仅仅表示第一特征水平高度高于第二特征。第一特征在第二特征“之下”、“下方”和“下面”可以是第一特征在第二特征正下方或斜下方,或仅仅表示第一特征水平高度小于第二特征。

[0070] 流程图中或在此以其他方式描述的任何过程或方法描述可以被理解为,表示包括一个或更多个用于实现特定逻辑功能或过程的步骤的可执行指令的代码的模块、片段或部分,并且本发明的优选实施方式的范围包括另外的实现,其中可以不按所示出或讨论的顺序,包括根据所涉及的功能按基本同时的方式或按相反的顺序,来执行功能,这应被本发明的实施例所属技术领域的技术人员所理解。

[0071] 在流程图中表示或在此以其他方式描述的逻辑和/或步骤,例如,可以被认为用于实现逻辑功能的可执行指令的定序列列表,可以具体实现在任何计算机可读介质中,以供指令执行系统、装置或设备(如基于计算机的系统、包括处理器的系统或其他可以从指令执行系统、装置或设备取指令并执行指令的系统)使用,或结合这些指令执行系统、装置或设备而使用。

[0072] 就本说明书而言,“计算机可读介质”可以是任何可以包含、存储、通信、传播或传输程序以供指令执行系统、装置或设备或结合这些指令执行系统、装置或设备而使用的装置。计算机可读介质的更具体的示例(非穷尽性列表)包括以下:具有一个或多个布线的电连接部(电子装置),便携式计算机盘盒(磁装置),随机存取存储器(RAM),只读存储器(ROM),可擦除可编程只读存储器(EPROM或闪速存储器),光纤装置,以及便携式光盘只读存储器(CDROM)。另外,计算机可读介质甚至可以是可在其上打印所述程序的纸或其他合适的介质,因为可以例如通过对纸或其他介质进行光学扫描,接着进行编辑、解译或必要时以其他合适方式进行处理来以电子方式获得所述程序,然后将其存储在计算机存储器中。

[0073] 应当理解,本发明的各部分可以用硬件、软件、固件或它们的组合来实现。在上述实施方式中,多个步骤或方法可以用存储在存储器中且由合适的指令执行系统执行的软件或固件来实现。例如,如果用硬件来实现,和在另一实施方式中一样,可用本领域公知的下列技术中的任一项或他们的组合来实现:具有用于对数据信号实现逻辑功能的逻辑门电路的离散逻辑电路,具有合适的组合逻辑门电路的专用集成电路,可编程门阵列(PGA),现场可编程门阵列(FPGA)等。

[0074] 本技术领域的普通技术人员可以理解实现上述实施例方法携带的全部或部分步骤是可以通程序来指令相关的硬件完成,所述的程序可以存储于一种计算机可读存储介质中,该程序在执行时,包括方法实施例的步骤之一或其组合。

[0075] 此外,在本发明各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理模块中,也可以是各个单元单独物理存在,也可以两个或两个以上单元集成在一个模块中。上述集成的模

块既可以采用硬件的形式实现,也可以采用软件功能模块的形式实现。所述集成的模块如果以软件功能模块的形式实现并作为独立的产品销售或使用,也可以存储在一个计算机可读取存储介质中。

[0076] 上述提到的存储介质可以是只读存储器,磁盘或光盘等。

[0077] 在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不必针对的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外,本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例进行结合和组合。

[0078] 尽管上面已经示出和描述了本发明的实施例,可以理解的是,上述实施例是示例性的,不能理解为对本发明的限制,本领域的普通技术人员在本发明的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

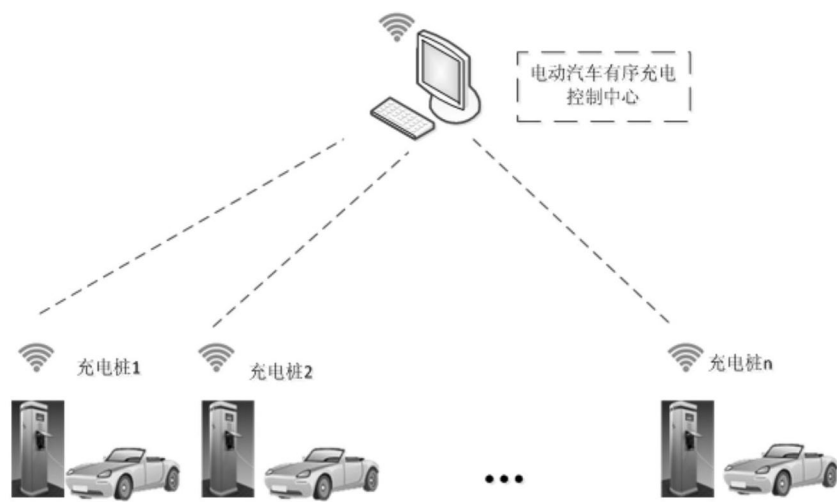


图 1

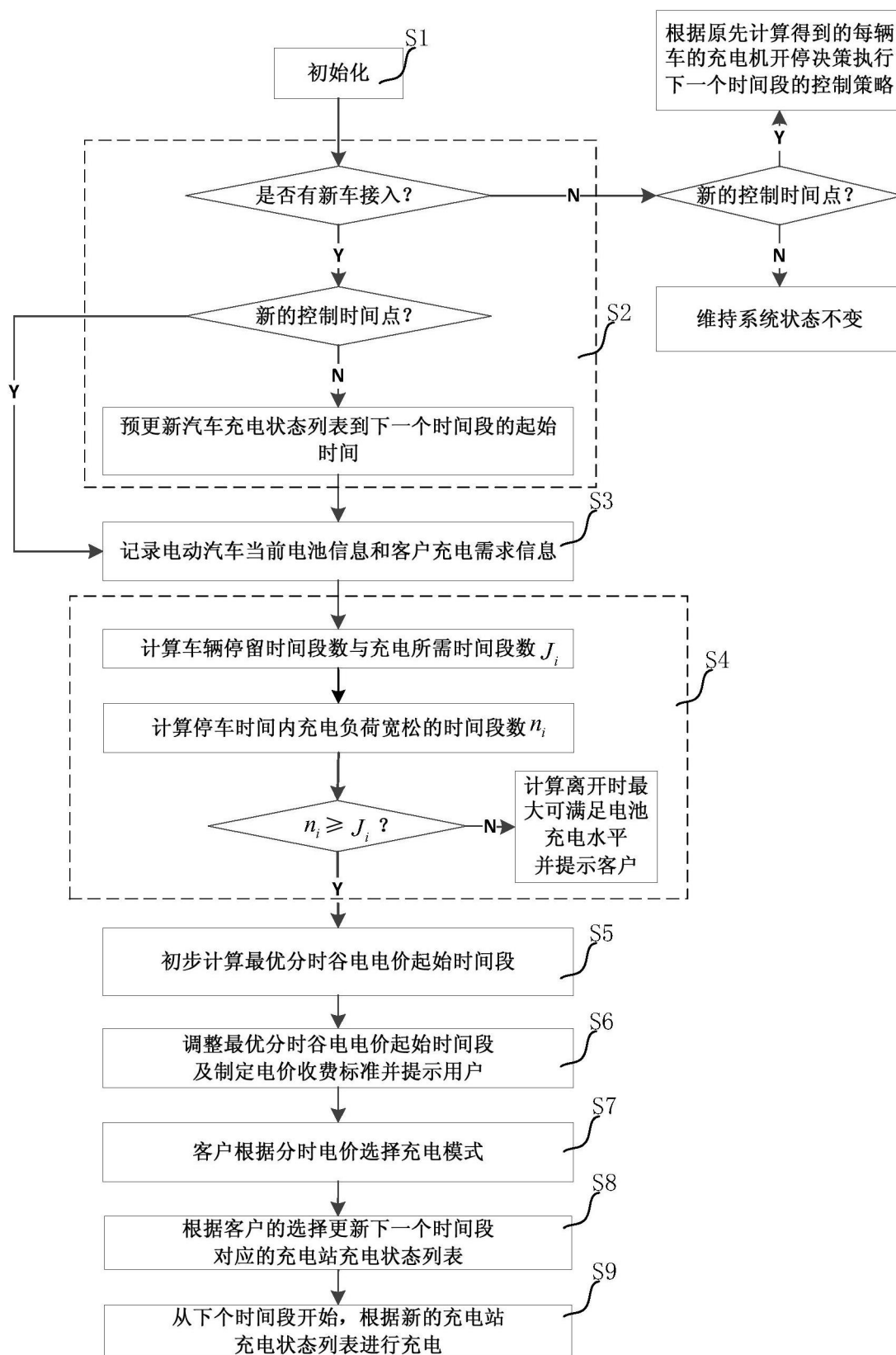


图 2

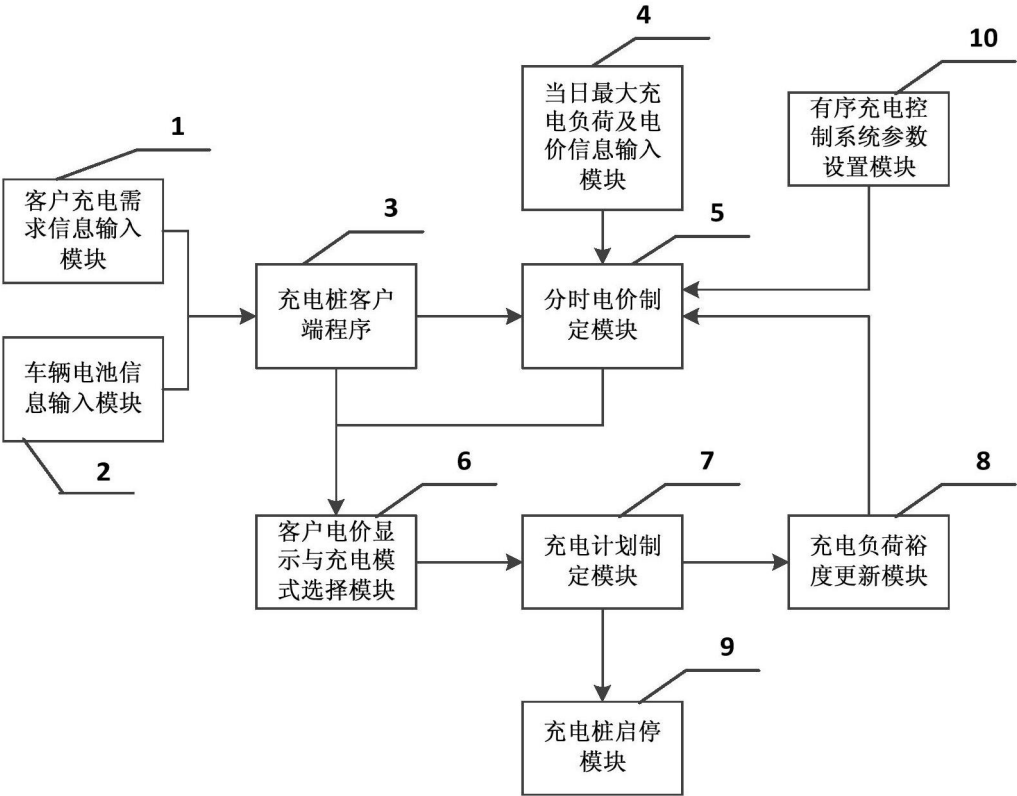


图 3