



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110826801 A

(43)申请公布日 2020.02.21

(21)申请号 201911074045.2

(22)申请日 2019.11.06

(71)申请人 江苏万帮德和新能源科技股份有限公司

地址 213164 江苏省常州市武进国家高新技术产业开发区龙惠路39号

(72)发明人 杨宏泽 廖建棠 黄皓玮

(74)专利代理机构 北京泰吉知识产权代理有限公司 11355

代理人 史瞳 谢琼慧

(51)Int.Cl.

G06Q 10/04(2012.01)

G06Q 10/06(2012.01)

G06Q 30/08(2012.01)

G06Q 50/06(2012.01)

权利要求书7页 说明书18页 附图5页

(54)发明名称

电动车充电站分布式电能管理方法

(57)摘要

一种电动车充电站分布式电能管理方法,通过处理单元来实施并包含以下步骤:(A)获得每一电动车的至少一待规划窗格;(B)对于每一电动车,根据该电动车所对应的电动车信息,至少一售出价格、至少一买入价格、至少一得标价格,及劣化成本,获得该电动车在每一待规划窗格的充电电功率或放电电功率;(C)获得该充电站在每一时间窗格的总消耗电功率;(D)根据每一时间窗格的总消耗电功率,判定是否存在至少一超载窗格;及(E)当判定出存在该至少一超载窗格时,调整每一超载窗格的买入价格,并重复步骤(B)~(D)直到判定出不存在该至少一超载窗格。

对于每一电动车,将该电动车所对应的电动车信息中的入场时间及离场时间,映像至排程周期中的多个时间窗格的至少一者,并自该电动车所在的至少一时间窗格获得至少一待规划窗格,其中该电动车所对应的该至少一待规划窗格是自一当前时间窗格至该电动车所在的最后一个时间窗格

31

对于每一电动车,根据该电动车所对应的电动车信息、至少一售出价格、至少一买入价格、至少一得标价格、一劣化成本,及一相关于在充放电转换时损失的能量的转换效率函数,利用一非线性规划获得该电动车在所对应的每一待规划窗格的一充电电功率或一放电电功率

32

1. 一种电动车充电站分布式电能管理方法,适用于管理停放于充电站的所有电动车的充放电状态,每一电动车对应于电动车信息,每一电动车信息包含所对应的电动车的入场时间、离场时间、入场时的入场电池荷电状态、期望的离场电池荷电状态、最小电池荷电状态、最大电池荷电状态、满充容量、最大的充电电功率与最大的放电电功率,其特征在于:所述电动车充电站分布式电能管理方法通过处理单元来实施并包含以下步骤:

(A) 对于每一电动车,将所述电动车所对应的电动车信息中的所述入场时间及所述离场时间,映像至排程周期中的多个时间窗格的至少一者,并自所述电动车所在的至少一时间窗格获得至少一待规划窗格,其中所述电动车所对应的所述至少一待规划窗格是自当前时间窗格至所述电动车所在的最后一个时间窗格;

(B) 对于每一电动车,根据所述电动车所对应的电动车信息,所述充电站在所述电动车所对应的至少一待规划窗格转卖单位电功率的至少一售出价格、所述充电站在所述电动车所对应的至少一待规划窗格买入所述单位电功率的至少一买入价格、所述充电站在所述电动车所对应的至少一待规划窗格参与需量竞价的至少一得标价格,及所述电动车的电池放电所述单位电功率所消耗的劣化成本,利用非线性规划获得所述电动车在所对应的每一待规划窗格的充电电功率或放电电功率;

(C) 对于所述当前时间窗格至所述排程周期的所述时间窗格中的最后一个时间窗格中的每一者,根据每一电动车在所述时间窗格的所述充电电功率或所述放电电功率,获得所述充电站在所述时间窗格的总消耗电功率;

(D) 根据步骤(C)所获得的每一时间窗格的总消耗电功率及相关于所述充电站的最大供给电功率,判定所述当前时间窗格至所述排程周期的所述时间窗格中的最后一个时间窗格中是否存在至少一超载窗格,其中每一超载窗格的总消耗电功率大于所述最大供给电功率;及

(E) 当判定出存在所述至少一超载窗格时,调整每一超载窗格的买入价格,并重复步骤(B)~(D)直到判定出不存在所述至少一超载窗格。

2. 如权利要求1所述的电动车充电站分布式电能管理方法,其特征在于:在所述步骤(B)中,所述非线性规划的目标函数及所述目标函数所满足的多个限制条件,可被表示为:

$$\max \sum_t^{K_n} (I_{t,n}^{\text{ch}} + I_{t,n}^{\text{DR}} - C_{t,n}^{\text{deg}} - C_{t,n}^{\text{feedback}} - C_{t,n}^{\text{penalty}}), t \in K_n,$$

$$I_{t,n}^{\text{ch}} = (\lambda_t^{\text{charfee}} - \lambda_t^{\text{TOU}}) p_{t,n}^{\text{ch}} \times \Delta t_{t,n},$$

$$I_{t,n}^{\text{DR}} = \lambda_t^{\text{DR}} p_{t,n}^{\text{disch}} \times \Delta t_{t,n},$$

$$C_{t,n}^{\text{deg}} = C_n^{\text{bat}} \left| \frac{m_n}{100} \right| \frac{p_{t,n}^{\text{disch}} \times \Delta t_{t,n}}{B_n^{\text{cap}}},$$

$$C_{t,n}^{\text{feedback}} = \lambda_t^{\text{charfee}} \times p_{t,n}^{\text{disch}} \times \Delta t_{t,n},$$

$$C_{t,n}^{\text{penalty}} = \lambda_t^{\text{DR}} \times p_{t,n}^{\text{ch}} \times \Delta t_{t,n},$$

$$\text{限制条件1: } p_{t,n}^{\text{ch}} = \begin{cases} -p_{t,n}, & \text{若 } p_{t,n} \leq 0 \\ 0, & \text{若 } p_{t,n} > 0 \end{cases},$$

$$\text{限制条件2: } p_{t,n}^{\text{disch}} = \begin{cases} p_{t,n}, & \text{若 } p_{t,n} > 0 \\ 0, & \text{若 } p_{t,n} \leq 0 \end{cases},$$

$$\text{限制条件3: } -p_n^{\text{max}} \leq p_{t,n} \leq p_n^{\text{dischrates}}, \forall n \in N, t \in T_n,$$

$$\text{限制条件4: } \text{SOC}_n^{\text{min}} \leq \text{SOC}_{t,n} \leq \text{SOC}_n^{\text{max}}, \forall n \in N, t \in T_n,$$

限制条件5:

$$\text{SOC}_{t+1,n} = \begin{cases} \text{SOC}_n^{\text{initial}} + \frac{p_{t,n}^{\text{ch}} \times \Delta t_{t,n}}{B_n^{\text{cap}}} - \frac{p_{t,n}^{\text{disch}} \times \Delta t_{t,n}}{B_n^{\text{cap}}}, & \forall n \in N, t \in \min(T_n) \\ \text{SOC}_{t,n} + \frac{p_{t,n}^{\text{ch}} \times \Delta t_{t,n}}{B_n^{\text{cap}}} - \frac{p_{t,n}^{\text{disch}} \times \Delta t_{t,n}}{B_n^{\text{cap}}}, & \forall n \in N, t \in T_n \text{ 且 } t \neq \min(T_n) \end{cases},$$

$$\text{限制条件6: } \text{SOC}_{t,n} = \text{SOC}_n^{\text{final}}, t \in \max(T_n),$$

其中, K_n 为第 n 台电动车所对应的至少一待规划窗格, $I_{t,n}^{\text{ch}}$ 为第 n 台电动车在第 t 个时间窗格充电时, 所述充电站所获取的充电利润, $\lambda_t^{\text{charfee}}$ 为所述充电站在第 t 个时间窗格转卖所述单位电功率的售出价格, λ_t^{TOU} 为所述充电站在第 t 个时间窗格买入所述单位电功率的买入价格, $p_{t,n}^{\text{ch}}$ 为第 n 台电动车在第 t 个时间窗格的充电电功率, $I_{t,n}^{\text{DR}}$ 为第 n 台电动车在第 t 个时间窗格参与需量反应时, 所述充电站所获取的节电利润, λ_t^{DR} 为所述充电站在第 t 个时间窗格参与需量竞价的得标价格, $p_{t,n}^{\text{disch}}$ 为第 n 台电动车在第 t 个时间窗格的放电电功率, $C_{t,n}^{\text{deg}}$ 为第 n 台电动车在第 t 个时间窗格参与需量反应的总劣化成本, C_n^{bat} 为第 n 台电动车的电池的总成本, m_n 为第 n 台电动车的电池的电池容量变化量与电池循环次数变化量的比值, B_n^{cap} 为第 n 台电动车的电池的满充容量, $C_n^{\text{bat}} \left| \frac{m_n}{100} \right| \frac{1}{B_n^{\text{cap}}}$ 为第 n 台电动车的电池放电所述单位电功率所消耗的劣化成本, $C_{t,n}^{\text{feedback}}$ 为第 n 台电动车在第 t 个时间窗格参与需量竞价的充电费补偿, $C_{t,n}^{\text{penalty}}$ 为第 n 台电动车在欲参与需量反应的第 t 个时间窗格充电时的充电惩罚, $p_{t,n}$ 为第 n 台电动车在第 t 个时间窗格的充电电功率或放电电功率, 当 $p_{t,n} \leq 0$, $p_{t,n}$ 为第 n 台电动车在第 t 个时间窗格的充电电功率, 当 $p_{t,n} > 0$, $p_{t,n}$ 为第 n 台电动车在第 t 个时间窗格的放电电功率, $-p_n^{\text{max}}$ 为第 n 台电动车的所述最大的充电电功率, $p_n^{\text{dischrates}}$ 为第 n 台电动车的所述最大的放电电功率, N 为所有的电动车, T_n 为第 n 台电动车所在的至少一时间窗格, $\text{SOC}_n^{\text{min}}$ 为第 n 台电动车的所述最小电池荷电状态, $\text{SOC}_n^{\text{max}}$ 为第 n 台电动车的所述最大电池荷电状态, $\text{SOC}_{t,n}$ 为第 n 台电动车在第 t 个时间窗格的电池荷电状态, $\text{SOC}_n^{\text{initial}}$ 为第 n 台电动车的所述入场电池荷电状态, $\text{SOC}_n^{\text{final}}$ 为第 n 台电动车的所述离场电池荷电状态, $\min(T_n)$ 为第 n 台电动车所在的第一个时间窗格, $\max(T_n)$ 为第 n 台电动车所在的最后一个时间窗格,

$\Delta t_{t,n}$ 为第n台电动车在第t个时间窗格所待的时间期间。

3.如权利要求1所述的电动车充电站分布式电能管理方法,其特征在于:在步骤(B)中,所述处理单元还根据相关于在充放电转换时损失的能量的转换效率函数,利用所述非线性规划获得所述电动车在所对应的的每一待规划窗格的所述充电电功率或所述放电电功率。

4.如权利要求3所述的电动车充电站分布式电能管理方法,其特征在于:在所述步骤(B)中,所述非线性规划的目标函数及所述目标函数所满足的多个限制条件,可被表示为:

$$\max \sum_t^{K_n} (I_{t,n}^{\text{ch}} + I_{t,n}^{\text{DR}} - C_{t,n}^{\text{deg}} - C_{t,n}^{\text{feedback}} - C_{t,n}^{\text{penalty}}), t \in K_n,$$

$$I_{t,n}^{\text{ch}} = (\lambda_t^{\text{charfee}} - \lambda_t^{\text{TOU}}) p_{t,n}^{\text{ch}} \times \eta(p_{t,n}^{\text{ch}}) \times \Delta t_{t,n},$$

$$I_{t,n}^{\text{DR}} = \lambda_t^{\text{DR}} p_{t,n}^{\text{disch}} \times \eta(p_{t,n}^{\text{disch}}) \times \Delta t_{t,n},$$

$$C_{t,n}^{\text{deg}} = C_n^{\text{bat}} \left| \frac{m_n}{100} \right| \frac{p_{t,n}^{\text{disch}} \times \Delta t_{t,n}}{B_n^{\text{cap}}},$$

$$C_{t,n}^{\text{feedback}} = \lambda_t^{\text{charfee}} \times p_{t,n}^{\text{disch}} \times \Delta t_{t,n},$$

$$C_{t,n}^{\text{penalty}} = \lambda_t^{\text{DR}} \times p_{t,n}^{\text{ch}} \times \Delta t_{t,n},$$

$$\text{限制条件1: } p_{t,n}^{\text{ch}} = \begin{cases} -p_{t,n}, & \text{若 } p_{t,n} \leq 0 \\ 0, & \text{若 } p_{t,n} > 0 \end{cases},$$

$$\text{限制条件2: } p_{t,n}^{\text{disch}} = \begin{cases} p_{t,n}, & \text{若 } p_{t,n} > 0 \\ 0, & \text{若 } p_{t,n} \leq 0 \end{cases},$$

$$\text{限制条件3: } -p_n^{\text{max}} \leq p_{t,n} \leq p_n^{\text{dischrate}}, \forall n \in N, t \in T_n,$$

$$\text{限制条件4: } \text{SOC}_n^{\text{min}} \leq \text{SOC}_{t,n} \leq \text{SOC}_n^{\text{max}}, \forall n \in N, t \in T_n,$$

限制条件5:

$$\text{SOC}_{t+1,n} =$$

$$\begin{cases} \text{SOC}_n^{\text{initial}} + \frac{p_{t,n}^{\text{ch}} \times \eta(p_{t,n}^{\text{ch}}) \times \Delta t_{t,n}}{B_n^{\text{cap}}} - \frac{p_{t,n}^{\text{disch}} \times \Delta t_{t,n}}{B_n^{\text{cap}} \times \eta(p_{t,n}^{\text{disch}})}, \forall n \in N, t \in \min(T_n) \\ \text{SOC}_{t,n} + \frac{p_{t,n}^{\text{ch}} \times \eta(p_{t,n}^{\text{ch}}) \times \Delta t_{t,n}}{B_n^{\text{cap}}} - \frac{p_{t,n}^{\text{disch}} \times \Delta t_{t,n}}{B_n^{\text{cap}} \times \eta(p_{t,n}^{\text{disch}})}, \forall n \in N, t \in T_n \text{ 且 } t \neq \min(T_n) \end{cases},$$

$$\text{限制条件6: } \text{SOC}_{t,n} = \text{SOC}_n^{\text{final}}, t \in \max(T_n),$$

其中, K_n 为第n台电动车所对应的至少一待规划窗格, T_n 为第n台电动车所在的至少一时间窗格, $I_{t,n}^{\text{ch}}$ 为第n台电动车在第t个时间窗格充电时,所述充电站所获取的充电利润, $\lambda_t^{\text{charfee}}$ 为所述充电站在第t个时间窗格转卖所述单位电功率的售出价格, λ_t^{TOU} 为所述充电站在第t个时间窗格买入所述单位电功率的买入价格, $p_{t,n}^{\text{ch}}$ 为第n台电动车在第t个时间窗格的充电电功率, $I_{t,n}^{\text{DR}}$ 为第n台电动车在第t个时间窗格参与需量反应时,所述充电站所

获取的节电利润, λ_t^{DR} 为所述充电站在第 t 个时间窗格参与需量竞价的得标价格, $p_{t,n}^{disch}$ 为第 n 台电动车在第 t 个时间窗格的放电电功率, $C_{t,n}^{deg}$ 为第 n 台电动车在第 t 个时间窗格参与需量反应的总劣化成本, C_n^{bat} 为第 n 台电动车的电池的总成本, m_n 为第 n 台电动车的电池的电池容量变化量与电池循环次数变化量的比值, B_n^{cap} 为第 n 台电动车的电池的满充容量, $C_n^{bat} \left| \frac{m_n}{100} \right| \frac{1}{B_n^{cap}}$ 为第 n 台电动车的电池放电所述单位电功率所消耗的劣化成本, $C_{t,n}^{feedback}$ 为第 n 台电动车在第 t 个时间窗格参与需量竞价的充电费补偿, $C_{t,n}^{penalty}$ 为第 n 台电动车在欲参与需量反应的第 t 个时间窗格充电时的充电惩罚, $p_{t,n}$ 为第 n 台电动车在第 t 个时间窗格的充电电功率或放电电功率, 当 $p_{t,n} \leq 0$, $p_{t,n}$ 为第 n 台电动车在第 t 个时间窗格的充电电功率, 当 $p_{t,n} > 0$, $p_{t,n}$ 为第 n 台电动车在第 t 个时间窗格的放电电功率, N 为所有的电动车, $-p_n^{max}$ 为第 n 台电动车的所述最大的充电电功率, $p_n^{dischrates}$ 为第 n 台电动车的所述最大的放电电功率, SOC_n^{min} 为第 n 台电动车的所述最小电池荷电状态, SOC_n^{max} 为第 n 台电动车的所述最大电池荷电状态, $SOC_{t,n}$ 为第 n 台电动车在第 t 个时间窗格的电池荷电状态, $SOC_n^{initial}$ 为第 n 台电动车的所述入场电池荷电状态, SOC_n^{final} 为第 n 台电动车的所述离场电池荷电状态, $\min(T_n)$ 为第 n 台电动车所在的第一个时间窗格, $\max(T_n)$ 为第 n 台电动车所在的最后一个时间窗格, $\Delta t_{t,n}$ 为第 n 台电动车在第 t 个时间窗格所待的时间期间, $\eta(x)$ 为相关于每一电动车在充放电转换时损失的能量的所述转换效率函数, $\eta(x) = 0.0003307x^3 - 0.0209x^2 + 0.3833x + 92.3373$ 。

5. 如权利要求1所述的电动车充电站分布式电能管理方法, 所述充电站设置有一电能存储装置, 所述电能存储装置对应于电能信息, 所述电能信息包含所述电能存储装置的起始的荷电状态、最小荷电状态、最大荷电状态、满充容量, 与最大的充放电电功率, 所述电动车充电站分布式电能管理方法, 其特征在于: 在步骤 (C) 前, 还包含以下步骤:

(F) 将所述排程周期中的所有时间窗格作为所述电能存储装置所在的时间窗格, 并自所述排程周期中的所述时间窗格获得至少一待规划窗格, 其中所述电能存储装置所对应的所述至少一待规划窗格是自所述当前时间窗格至所述排程周期的所述时间窗格中的最后一个时间窗格; 及

(G) 根据所述电能存储装置所对应的电能信息、所述充电站在所述电能存储装置所对应的至少一待规划窗格的每一者买入所述单位电功率的一买入价格或参与需量竞价的得标价格, 及所述电能存储装置充电或放电所述单位电功率所消耗的劣化成本, 利用所述非线性规划获得所述电能存储装置在所对应的每一待规划窗格的充电电功率或放电电功率;

其中, 在步骤 (C) 中, 不仅根据每一电动车在所述时间窗格的所述充电电功率或所述放电电功率, 还根据所述电能存储装置在所述时间窗格的所述充电电功率或所述放电电功率, 获得所述充电站在所述时间窗格的所述总消耗电功率。

6. 如权利要求5所述的电动车充电站分布式电能管理方法, 其特征在于:

在步骤 (G) 中, 还根据所述充电站在所述排程周期中的每一个时间窗格的一基础消耗

电功率,及每一电动车在其所在的每一时间窗格的所述充电电功率或所述放电电功率,利用所述非线性规划来获得所述电能存储装置在所对应的每一待规划窗格的所述充电电功率或所述放电电功率;及

在步骤(C)中,不仅根据每一电动车及所述电能存储装置在所述时间窗格的所述充电电功率或所述放电电功率,还根据在所述时间窗格的所述基础消耗电功率,获得所述充电站的所述总消耗电功率。

7.如权利要求6所述的电动车充电站分布式电能管理方法,所述充电站还设置有太阳能模块,其特征在于:

在步骤(G)中,还根据所述太阳能模块在所述排程周期中的每一个时间窗格所产生的太阳能电功率,利用所述非线性规划来获得所述电能存储装置在所对应的每一待规划窗格的所述充电电功率或所述放电电功率;及

在步骤(C)中,不仅根据每一电动车及所述电能存储装置在所述时间窗格的所述充电电功率或所述放电电功率,与在所述时间窗格的所述基础消耗电功率,还根据在所述时间窗格的所述太阳能电功率,获得所述充电站的所述总消耗电功率。

8.如权利要求7所述的电动车充电站分布式电能管理方法,其特征在于:

在步骤(C)中,所述处理单元根据第n台电动车在第t个时间窗格的所述充电电功率或所述放电电功率 $p_{t,n}$ 、所述电能存储装置在第t个时间窗格的所述充电电功率或所述放电电功率 $p_{ess,t}$ 、所述充电站在第t个时间窗格的所述基础消耗电功率 $p_{load,t}$,及在第t个时间窗格的所述太阳能电功率 $p_{pv,t}$,利用下列公式,获得所述充电站在第t个时间窗格的所述总消耗电功率 $P_{sum,t}$,

$$P_{sum,t} = p_{load,t} - p_{ess,t} - p_{pv,t} - \sum_n^N p_{t,n}, t \in K_{ess},$$

其中N为所有的电动车, K_{ess} 为所述电能存储装置所对应的至少一待规划窗格;及

在步骤(E)中,对于每一超载窗格,所述处理单元是根据对应所述超载窗格的电价调整系数 $f_t(x)$ 来调整所述超载窗格的买入价格,

$$f_t(x) = \frac{p_{load,t} - p_{ess,t} - p_{pv,t} - \sum_n^N p_{t,n}}{p_{tr}^{max}}, t \in T_{overload},$$

其中, p_{tr}^{max} 为所述最大供给电功率, $T_{overload}$ 为所述至少一超载窗格。

9.如权利要求7所述的电动车充电站分布式电能管理方法,其特征在于:在所述步骤(B)中,所述非线性规划的目标函数及所述目标函数所满足的多个限制条件,可被表示为:

$$\min \sum_t^{K_{ess}} (C_{ess,t}^{ch/disch} + C_{ess,t}^{deg}), t \in K_{ess},$$

$$C_{ess,t}^{ch/disch} = -\lambda_t^{TOU'} p_{ess,t} \times \Delta t,$$

$$C_{ess,t}^{deg} = C_{ess}^{bat} \left| \frac{m_{ess}}{100} \right| \frac{|p_{ess,t}| \times \Delta t}{B_{ess}^{cap}},$$

$$\text{限制条件1: } p_{ess,t}^{ch} = \begin{cases} p_{ess,t}, & \text{若 } p_{ess,t} \leq 0 \\ 0, & \text{若 } p_{ess,t} > 0 \end{cases},$$

$$\text{限制条件2: } p_{\text{ess},t}^{\text{disch}} = \begin{cases} p_{\text{ess},t}, & \text{若 } p_{\text{ess},t} > 0 \\ 0, & \text{若 } p_{\text{ess},t} \leq 0 \end{cases},$$

$$\text{限制条件3: } |p_{\text{ess},t}| \leq P_{\text{ess}}^{\text{max}}, t \in T_{\text{ess}},$$

$$\text{限制条件4: } \text{SOC}_{\text{ess}}^{\text{min}} \leq \text{SOC}_{\text{ess},t} \leq \text{SOC}_{\text{ess}}^{\text{max}}, t \in T_{\text{ess}},$$

限制条件5:

$$\text{SOC}_{\text{ess},t+1} = \begin{cases} \text{SOC}_{\text{ess}}^{\text{initial}} + \frac{p_{\text{ess},t}^{\text{ch}} \times \eta_{\text{ess}}^{\text{ch}} \times \Delta t}{B_{\text{ess}}^{\text{cap}}} - \frac{p_{\text{ess},t}^{\text{disch}} \times \Delta t}{B_{\text{ess}}^{\text{cap}} \times \eta_{\text{ess}}^{\text{disch}}}, & t \in 1 \\ \text{SOC}_{\text{ess},t} + \frac{p_{\text{ess},t}^{\text{ch}} \times \eta_{\text{ess}}^{\text{ch}} \times \Delta t}{B_{\text{ess}}^{\text{cap}}} - \frac{p_{\text{ess},t}^{\text{disch}} \times \Delta t}{B_{\text{ess}}^{\text{cap}} \times \eta_{\text{ess}}^{\text{disch}}}, & t \in T_{\text{ess}} \text{ 且 } t \neq 1 \end{cases},$$

$$\text{限制条件6: } \text{SOC}_{\text{ess}}^{\text{initial}} = \text{SOC}_{\text{ess}}^{\text{final}},$$

$$\text{限制条件7: } p_{\text{load},t} - p_{\text{ess},t} - p_{\text{pv},t} - \sum_n^N p_{t,n} \geq 0, t \in T_{\text{ess}},$$

其中, K_{ess} 为所述电能存储装置所对应的至少一待规划窗格, T_{ess} 为所述电能存储装置所在的所述时间窗格, $C_{\text{ess},t}^{\text{ch/disch}}$ 为所述电能存储装置在第 t 个时间窗格充电或放电时, 所述充电站所消耗的充电成本或所获取的节电利润, λ_t^{TOU} 为所述充电站在第 t 个时间窗格买入所述单位电功率的买入价格或参与需量竞价的得标价格, $p_{\text{ess},t}^{\text{ch}}$ 为所述电能存储装置在第 t 个时间窗格的充电电功率, $p_{\text{ess},t}^{\text{disch}}$ 为所述电能存储装置在第 t 个时间窗格的放电电功率, $C_{\text{ess},t}^{\text{deg}}$ 为所述电能存储装置在第 t 个时间窗格充电或放电的总劣化成本, $C_{\text{ess}}^{\text{bat}}$ 为所述电能存储装置的总成本, m_{ess} 为所述电能存储装置的电池容量变化量与电池循环次数变化量的比值, $B_{\text{ess}}^{\text{cap}}$ 为所述电能存储装置的满充容量, $C_n^{\text{bat}} \left| \frac{m_n}{100} \right| \frac{1}{B_n^{\text{cap}}}$ 为所述电能存储装置的电池充电或放电所述单位电功率所消耗的劣化成本, $p_{\text{ess},t}$ 为所述电能存储装置在第 t 个时间窗格的充电电功率或放电电功率, 当 $p_{\text{ess},t} \leq 0$, $p_{\text{ess},t}$ 为所述电能存储装置在第 t 个时间窗格的充电电功率, 当 $p_{\text{ess},t} > 0$, $p_{\text{ess},t}$ 为所述电能存储装置在第 t 个时间窗格的放电电功率, $P_{\text{ess}}^{\text{max}}$ 为所述电能存储装置的所述最大的充放电电功率, $\text{SOC}_{\text{ess}}^{\text{min}}$ 为所述电能存储装置的所述最小电池荷电状态, $\text{SOC}_{\text{ess}}^{\text{max}}$ 为所述电能存储装置的所述最大电池荷电状态, $\text{SOC}_{\text{ess},t}$ 为所述电能存储装置在第 t 个时间窗格的电池荷电状态, $\text{SOC}_{\text{ess}}^{\text{initial}}$ 为所述电能存储装置的所述入场电池荷电状态, $\text{SOC}_{\text{ess}}^{\text{final}}$ 为所述电能存储装置的所述离场电池荷电状态, Δt 为每一时间窗格所对应的时间期间, $\eta_{\text{ess}}^{\text{ch}}$ 为相关于该电能存储装置在充电转换时损失之能量的充电转换效率参数, $\eta_{\text{ess}}^{\text{disch}}$ 为相关于该电能存储装置在放电转换时损失之能量的放电转换效率参数, $p_{t,n}$ 为第 n 台电动车在第 t 个时间窗格的所述充电电功率或所述放电电功率, $p_{\text{pv},t}$ 为在第 t 个时间窗格的所述太阳能电功率, $p_{\text{load},t}$ 为所述充电站在第 t 个时间窗格的所述基础消耗

电功率, N为所有的电动车。

10. 如权利要求1所述的电动车充电站分布式电能管理方法, 其特征在于: 在步骤(A)前, 还包含以下步骤:

(H) 对于每一电动车, 根据所述电动车所对应的电动车信息中的所述入场时间、所述离场时间、所述入场电池荷电状态、所述离场电池荷电状态、所述满充容量, 及所述最大的充电电功率, 获得所述电动车的充电优先权重;

(I) 对于每一电动车, 根据所述电动车的所述充电优先权重, 获得所述电动车的放电优先权重; 及

(J) 对于每一电动车, 根据所述电动车的放电优先权重、所有电动车的放电优先权重, 及预计的总放电电功率, 获得所述电动车的所述最大的放电电功率。

11. 如权利要求10所述的电动车充电站分布式电能管理方法, 其特征在于:

在步骤(H)中, 根据第n台电动车所对应的电动车信息中的所述入场时间 t_n^{arr} 、所述离场时间 t_n^{dep} 、所述入场电池荷电状态 $SOC_n^{initial}$ 、所述离场电池荷电状态 SOC_n^{final} 、所述满充容量 B_n^{cap} , 及所述最大的充电电功率 P_n^{max} , 利用以下公式获得第n台电动车的充电优先权重 $pri_{t,n}^{ch}$,

$$pri_{t,n}^{ch} = \begin{cases} \frac{(SOC_n^{final} - SOC_n^{initial}) \times B_n^{cap}}{(t_n^{dep} - t_n^{arr} + 1) \times \Delta t \times P_n^{max}}, & \text{若 } t_n^{arr} \leq t \leq t_n^{dep} \\ 0, & \text{若 } t < t_n^{arr} \text{ 或 } t > t_n^{dep} \end{cases},$$

其中, Δt 为每一时间窗格所对应的时间期间; 及

在步骤(I)中, 根据第n台电动车的充电优先权重 $pri_{t,n}^{ch}$, 利用以下公式获得第n台电动车的放电优先权重 $pri_{t,n}^{disch}$,

$$pri_{t,n}^{disch} = \frac{1}{pri_{t,n}^{ch}}; \text{ 及}$$

在步骤(J)中, 所述处理单元根据第n台电动车的放电优先权重 $pri_{t,n}^{disch}$ 、所有电动车的放电优先权重, 及预计的总放电电功率 P^{V2G} , 利用以下公式获得第n台电动车的所述最大的放电电功率 $p_n^{dischrate}$,

$$p_n^{dischrate} = P^{V2G} \times \frac{pri_{t,n}^{disch}}{\sum_n^N pri_{t,n}^{disch}},$$

其中N为所有的电动车。

电动车充电站分布式电能管理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种电动车充电站的电能管理方法,特别是涉及一种分布式排程每一电动车的充放电排程的电动车充电站分布式电能管理方法。

背景技术

[0002] 因应全球暖化问题,各国车商开始开发电动车代替传统化石燃料引擎,然而,电动车的充电状况会因用户习惯不同,而无法预测,若所有电动车皆在用电高峰时段同时充电,恐会造成尖峰负载过高而引发备转容量偏低问题,此外,在尖峰时段进行充电所需负担的电费相对也比较高,因此电动车充电站的电能管理是亟待解决的问题。

[0003] 现有技术如,[An Optimal Charging/Discharging Strategy for Smart Electrical Car Parks]此篇论文所提出的方法是根据电动车的当前的荷电状态、电价、期望的荷电状态,及电网需求来建立电动车充放电策略,然而上述方法在优化每一台电动车的充放电策略时是同时考虑位于充电站内的所有电动车的状况,由于在求解时要同时优化每一台电动车的充放电排程,因此集中式运算的计算维度非常地高,所需耗费的运算时间也较长。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种分别优化每一台电动车的充放电排程,以大幅降低计算维度的充电站分布式电能管理方法。

[0005] 本发明的电动车充电站分布式电能管理方法,适用于管理停放于充电站的所有电动车的充放电状态,每一电动车对应于电动车信息,每一电动车信息包含所对应的电动车的入场时间、离场时间、入场时的入场电池荷电状态、期望的离场电池荷电状态、最小电池荷电状态、最大电池荷电状态、满充容量、最大的充电电功率与最大的放电电功率,所述电动车充电站分布式电能管理方法通过处理单元来实施并包含以下步骤:

[0006] (A) 对于每一电动车,将所述电动车所对应的电动车信息中的所述入场时间及所述离场时间,映像至排程周期中的多个时间窗格的至少一者,并自所述电动车所在的至少一时间窗格获得至少一待规划窗格,其中所述电动车所对应的所述至少一待规划窗格是自当前时间窗格至所述电动车所在的最后一个时间窗格;

[0007] (B) 对于每一电动车,根据所述电动车所对应的电动车信息,所述充电站在所述电动车所对应的至少一待规划窗格转卖单位电功率的至少一售出价格、所述充电站在所述电动车所对应的至少一待规划窗格买入所述单位电功率的至少一买入价格、所述充电站在所述电动车所对应的至少一待规划窗格参与需量竞价的至少一得标价格,及所述电动车的电池放电所述单位电功率所消耗的劣化成本,利用非线性规划获得所述电动车在所对应的的每一待规划窗格的充电电功率或放电电功率;

[0008] (C) 对于所述排程周期中的所述时间窗格的每一者,根据每一电动车在所述时间窗格的所述充电电功率或所述放电电功率,获得所述充电站在所述时间窗格的总消耗电功

率；

[0009] (D) 根据所述排程周期中的每一时间窗格的总消耗电功率及相关于所述充电站的最大供给电功率,判定所述排程周期中的所述时间窗格中是否存在至少一超载窗格,其中每一超载窗格的总消耗电功率大于所述最大供给电功率;及

[0010] (E) 当判定出存在所述至少一超载窗格时,调整每一超载窗格的买入价格,并重复步骤(B)~(D)直到判定出不存在所述至少一超载窗格。

[0011] 本发明的电动车充电站电能管理方法,在步骤(B)中,该处理单元还利用该非线性规划进一步获得该电能存储装置在该当前时间点t的充电电功率或放电电功率。

[0012] 本发明的电动车充电站分布式电能管理方法,在所述步骤(B)中,所述非线性规划的目标函数及所述目标函数所满足的多个限制条件,可被表示为:

$$[0013] \quad \max \sum_t^{K_n} (I_{t,n}^{\text{ch}} + I_{t,n}^{\text{DR}} - C_{t,n}^{\text{deg}} - C_{t,n}^{\text{feedback}} - C_{t,n}^{\text{penalty}}), t \in K_n,$$

$$[0014] \quad I_{t,n}^{\text{ch}} = (\lambda_t^{\text{charfee}} - \lambda_t^{\text{TOU}}) p_{t,n}^{\text{ch}} \times \Delta t_{t,n},$$

$$[0015] \quad I_{t,n}^{\text{DR}} = \lambda_t^{\text{DR}} p_{t,n}^{\text{disch}} \times \Delta t_{t,n},$$

$$[0016] \quad C_{t,n}^{\text{deg}} = C_n^{\text{bat}} \left| \frac{m_n}{100} \right| \frac{p_{t,n}^{\text{disch}} \times \Delta t_{t,n}}{B_n^{\text{cap}}},$$

$$[0017] \quad C_{t,n}^{\text{feedback}} = \lambda_t^{\text{charfee}} \times p_{t,n}^{\text{disch}} \times \Delta t_{t,n},$$

$$[0018] \quad C_{t,n}^{\text{penalty}} = \lambda_t^{\text{DR}} \times p_{t,n}^{\text{ch}} \times \Delta t_{t,n},$$

$$[0019] \quad \text{限制条件1: } p_{t,n}^{\text{ch}} = \begin{cases} -p_{t,n}, & \text{若 } p_{t,n} \leq 0 \\ 0, & \text{若 } p_{t,n} > 0 \end{cases},$$

$$[0020] \quad \text{限制条件2: } p_{t,n}^{\text{disch}} = \begin{cases} p_{t,n}, & \text{若 } p_{t,n} > 0 \\ 0, & \text{若 } p_{t,n} \leq 0 \end{cases},$$

$$[0021] \quad \text{限制条件3: } -p_n^{\text{max}} \leq p_{t,n} \leq p_n^{\text{dischrates}}, \forall n \in N, t \in T_n,$$

$$[0022] \quad \text{限制条件4: } \text{SOC}_n^{\text{min}} \leq \text{SOC}_{t,n} \leq \text{SOC}_n^{\text{max}}, \forall n \in N, t \in T_n,$$

[0023] 限制条件5:

$$[0024] \quad \text{SOC}_{t+1,n} = \begin{cases} \text{SOC}_n^{\text{initial}} + \frac{p_{t,n}^{\text{ch}} \times \Delta t_{t,n}}{B_n^{\text{cap}}} - \frac{p_{t,n}^{\text{disch}} \times \Delta t_{t,n}}{B_n^{\text{cap}}}, & \forall n \in N, t \in \min(T_n) \\ \text{SOC}_{t,n} + \frac{p_{t,n}^{\text{ch}} \times \Delta t_{t,n}}{B_n^{\text{cap}}} - \frac{p_{t,n}^{\text{disch}} \times \Delta t_{t,n}}{B_n^{\text{cap}}}, & \forall n \in N, t \in T_n \text{ 且 } t \neq \min(T_n) \end{cases},$$

$$[0025] \quad \text{限制条件6: } \text{SOC}_{t,n} = \text{SOC}_n^{\text{final}}, t \in \max(T_n),$$

[0026] 其中, K_n 为第n台电动车所对应的至少一待规划窗格, $I_{t,n}^{\text{ch}}$ 为第n台电动车在第t个时间窗格充电时,所述充电站所获取的充电利润, $\lambda_t^{\text{charfee}}$ 为所述充电站在第t个时间窗格转卖所述单位电功率的售出价格, λ_t^{TOU} 为所述充电站在第t个时间窗格买入所述单位电功

率的买入价格, $p_{t,n}^{\text{ch}}$ 为第n台电动车在第t个时间窗格的充电电功率, $I_{t,n}^{\text{DR}}$ 为第n台电动车在第t个时间窗格参与需量反应时, 所述充电站所获取的节电利润, λ_t^{DR} 为所述充电站在第t个时间窗格参与需量竞价的得标价格, $p_{t,n}^{\text{disch}}$ 为第n台电动车在第t个时间窗格的放电电功率, $C_{t,n}^{\text{deg}}$ 为第n台电动车在第t个时间窗格参与需量反应的总劣化成本, C_n^{bat} 为第n台电动车的电池的总成本, m_n 为第n台电动车的电池的电池容量变化量与电池循环次数变化量的比值, B_n^{cap} 为第n台电动车的电池的满充容量, $C_n^{\text{bat}} \left| \frac{m_n}{100} \right| \frac{1}{B_n^{\text{cap}}}$ 为第n台电动车的电池放电所述单位电功率所消耗的劣化成本, $C_{t,n}^{\text{feedback}}$ 为第n台电动车在第t个时间窗格参与需量竞价的充电费补偿, $C_{t,n}^{\text{penalty}}$ 为第n台电动车在欲参与需量反应的第t个时间窗格充电时的充电惩罚, $p_{t,n}$ 为第n台电动车在第t个时间窗格的充电电功率或放电电功率, 当 $p_{t,n} \leq 0$, $p_{t,n}$ 为第n台电动车在第t个时间窗格的充电电功率, 当 $p_{t,n} > 0$, $p_{t,n}$ 为第n台电动车在第t个时间窗格的放电电功率, $-p_n^{\text{max}}$ 为第n台电动车的所述最大的充电电功率, $p_n^{\text{dischrates}}$ 为第n台电动车的所述最大的放电电功率, N 为所有的电动车, T_n 为第n台电动车所在的至少一时间窗格, $\text{SOC}_n^{\text{min}}$ 为第n台电动车的所述最小电池荷电状态, $\text{SOC}_n^{\text{max}}$ 为第n台电动车的所述最大电池荷电状态, $\text{SOC}_{t,n}$ 为第n台电动车在第t个时间窗格的电池荷电状态, $\text{SOC}_n^{\text{initial}}$ 为第n台电动车的所述入场电池荷电状态, $\text{SOC}_n^{\text{final}}$ 为第n台电动车的所述离场电池荷电状态, $\min(T_n)$ 为第n台电动车所在的第一个时间窗格, $\max(T_n)$ 为第n台电动车所在的最后一个时间窗格, $\Delta t_{t,n}$ 为第n台电动车在第t个时间窗格所待的时间期间。

[0027] 本发明的电动车充电站分布式电能管理方法, 在步骤(B)中, 所述处理单元还根据相关于在充放电转换时损失的能量的转换效率函数, 利用所述非线性规划获得所述电动车在所对应的的每一待规划窗格的所述充电电功率或所述放电电功率。

[0028] 本发明的电动车充电站分布式电能管理方法, 其中, 在所述步骤(B)中, 所述非线性规划的目标函数及所述目标函数所满足的多个限制条件, 可被表示为:

$$[0029] \quad \max \sum_t^{K_n} (I_{t,n}^{\text{ch}} + I_{t,n}^{\text{DR}} - C_{t,n}^{\text{deg}} - C_{t,n}^{\text{feedback}} - C_{t,n}^{\text{penalty}}), t \in K_n,$$

$$[0030] \quad I_{t,n}^{\text{ch}} = (\lambda_t^{\text{charfee}} - \lambda_t^{\text{TOU}}) p_{t,n}^{\text{ch}} \times \eta(p_{t,n}^{\text{ch}}) \times \Delta t_{t,n},$$

$$[0031] \quad I_{t,n}^{\text{DR}} = \lambda_t^{\text{DR}} p_{t,n}^{\text{disch}} \times \eta(p_{t,n}^{\text{disch}}) \times \Delta t_{t,n},$$

$$[0032] \quad C_{t,n}^{\text{deg}} = C_n^{\text{bat}} \left| \frac{m_n}{100} \right| \frac{p_{t,n}^{\text{disch}} \times \Delta t_{t,n}}{B_n^{\text{cap}}},$$

$$[0033] \quad C_{t,n}^{\text{feedback}} = \lambda_t^{\text{charfee}} \times p_{t,n}^{\text{disch}} \times \Delta t_{t,n},$$

$$[0034] \quad C_{t,n}^{\text{penalty}} = \lambda_t^{\text{DR}} \times p_{t,n}^{\text{ch}} \times \Delta t_{t,n},$$

$$[0035] \quad \text{限制条件1: } p_{t,n}^{\text{ch}} = \begin{cases} -p_{t,n}, & \text{若 } p_{t,n} \leq 0 \\ 0, & \text{若 } p_{t,n} > 0 \end{cases},$$

$$[0036] \quad \text{限制条件2: } p_{t,n}^{\text{disch}} = \begin{cases} p_{t,n}, & \text{若 } p_{t,n} > 0 \\ 0, & \text{若 } p_{t,n} \leq 0 \end{cases},$$

$$[0037] \quad \text{限制条件3: } -p_n^{\text{max}} \leq p_{t,n} \leq p_n^{\text{dischrates}}, \forall n \in N, t \in T_n,$$

$$[0038] \quad \text{限制条件4: } \text{SOC}_n^{\text{min}} \leq \text{SOC}_{t,n} \leq \text{SOC}_n^{\text{max}}, \forall n \in N, t \in T_n,$$

[0039] 限制条件5:

$$[0040] \quad \text{SOC}_{t+1,n} = \begin{cases} \text{SOC}_n^{\text{initial}} + \frac{p_{t,n}^{\text{ch}} \times \eta(p_{t,n}^{\text{ch}}) \times \Delta t_{t,n}}{B_n^{\text{cap}}} - \frac{p_{t,n}^{\text{disch}} \times \Delta t_{t,n}}{B_n^{\text{cap}} \times \eta(p_{t,n}^{\text{disch}})}, & \forall n \in N, t \in \min(T_n) \\ \text{SOC}_{t,n} + \frac{p_{t,n}^{\text{ch}} \times \eta(p_{t,n}^{\text{ch}}) \times \Delta t_{t,n}}{B_n^{\text{cap}}} - \frac{p_{t,n}^{\text{disch}} \times \Delta t_{t,n}}{B_n^{\text{cap}} \times \eta(p_{t,n}^{\text{disch}})}, & \forall n \in N, t \in T_n \text{ 且 } t \neq \min(T_n) \end{cases},$$

$$[0041] \quad \text{限制条件6: } \text{SOC}_{t,n} = \text{SOC}_n^{\text{final}}, t \in \max(T_n),$$

[0042] 其中, K_n 为第 n 台电动车所对应的至少一待规划窗格, T_n 为第 n 台电动车所在的至少一时间窗格, $I_{t,n}^{\text{ch}}$ 为第 n 台电动车在第 t 个时间窗格充电时, 所述充电站所获取的充电利润, $\lambda_t^{\text{charfee}}$ 为所述充电站在第 t 个时间窗格转卖所述单位电功率的售出价格, λ_t^{TOU} 为所述充电站在第 t 个时间窗格买入所述单位电功率的买入价格, $p_{t,n}^{\text{ch}}$ 为第 n 台电动车在第 t 个时间窗格的充电电功率, $I_{t,n}^{\text{DR}}$ 为第 n 台电动车在第 t 个时间窗格参与需量反应时, 所述充电站所获取的节电利润, λ_t^{DR} 为所述充电站在第 t 个时间窗格参与需量竞价的得标价格, $p_{t,n}^{\text{disch}}$ 为第 n 台电动车在第 t 个时间窗格的放电电功率, $C_{t,n}^{\text{deg}}$ 为第 n 台电动车在第 t 个时间窗格参与需量反应的总劣化成本, C_n^{bat} 为第 n 台电动车的电池的总成本, m_n 为第 n 台电动车的电池的电池容量变化量与电池循环次数变化量的比值, B_n^{cap} 为第 n 台电动车的电池的满充容量, $C_n^{\text{bat}} \left| \frac{m_n}{100} \right| \frac{1}{B_n^{\text{cap}}}$ 为第 n 台电动车的电池放电所述单位电功率所消耗的劣化成本, $C_{t,n}^{\text{feedback}}$ 为第 n 台电动车在第 t 个时间窗格参与需量竞价的充电费补偿, $C_{t,n}^{\text{penalty}}$ 为第 n 台电动车在欲参与需量反应的第 t 个时间窗格充电时的充电惩罚, $p_{t,n}$ 为第 n 台电动车在第 t 个时间窗格的充电电功率或放电电功率, 当 $p_{t,n} \leq 0$, $p_{t,n}$ 为第 n 台电动车在第 t 个时间窗格的充电电功率, 当 $p_{t,n} > 0$, $p_{t,n}$ 为第 n 台电动车在第 t 个时间窗格的放电电功率, N 为所有的电动车, $-p_n^{\text{max}}$ 为第 n 台电动车的所述最大的充电电功率, $p_n^{\text{dischrates}}$ 为第 n 台电动车的所述最大的放电电功率, $\text{SOC}_n^{\text{min}}$ 为第 n 台电动车的所述最小电池荷电状态, $\text{SOC}_n^{\text{max}}$ 为第 n 台电动车的所述最大电池荷电状态, $\text{SOC}_{t,n}$ 为第 n 台电动车在第 t 个时间窗格的电池荷电状态,

$SOC_n^{initial}$ 为第n台电动车的所述入场电池荷电状态, SOC_n^{final} 为第n台电动车的所述离场电池荷电状态, $\min(T_n)$ 为第n台电动车所在的第一个时间窗格, $\max(T_n)$ 为第n台电动车所在的最后一个时间窗格, $\Delta t_{t,n}$ 为第n台电动车在第t个时间窗格所待的时间期间, $\eta(x)$ 为相关于每一电动车在充放电转换时损失的能量的所述转换效率函数, $\eta(x) = 0.0003307x^3 - 0.0209x^2 + 0.3833x + 92.3373$ 。

[0043] 本发明的电动车充电站分布式电能管理方法, 所述充电站设置有电能存储装置, 所述电能存储装置对应于电能信息, 所述电能信息包含所述电能存储装置的起始的荷电状态、最小荷电状态、最大荷电状态、满充容量, 与最大的充放电电功率, 所述电动车充电站分布式电能管理方法, 在步骤(C)前, 还包含以下步骤:

[0044] (F) 将所述排程周期中的所有时间窗格作为所述电能存储装置所在的时间窗格, 并自所述排程周期中的所述时间窗格获得至少一待规划窗格, 其中所述电能存储装置所对应的所述至少一待规划窗格是自所述当前时间窗格至所述排程周期的所述时间窗格中的最后一个时间窗格; 及

[0045] (G) 根据所述电能存储装置所对应的电能信息、所述充电站在所述电能存储装置所对应的至少一待规划窗格的每一者买入所述单位电功率的买入价格或参与需量竞价的得标价格, 及所述电能存储装置充电或放电所述单位电功率所消耗的劣化成本, 利用所述非线性规划获得所述电能存储装置在所对应的每一待规划窗格的充电电功率或放电电功率;

[0046] 在步骤(C)中, 不仅根据每一电动车在所述时间窗格的所述充电电功率或所述放电电功率, 还根据所述电能存储装置在所述时间窗格的所述充电电功率或所述放电电功率, 获得所述充电站在所述时间窗格的所述总消耗电功率。

[0047] 本发明的电动车充电站分布式电能管理方法:

[0048] 在步骤(G)中, 还根据所述充电站在所述排程周期中的每一个时间窗格的基础消耗电功率, 及每一电动车在其所在的每一时间窗格的所述充电电功率或所述放电电功率, 利用所述非线性规划来获得所述电能存储装置在所对应的每一待规划窗格的所述充电电功率或所述放电电功率; 及

[0049] 在步骤(C)中, 不仅根据每一电动车及所述电能存储装置在所述时间窗格的所述充电电功率或所述放电电功率, 还根据在所述时间窗格的所述基础消耗电功率, 获得所述充电站的所述总消耗电功率。

[0050] 本发明的电动车充电站分布式电能管理方法:

[0051] 在步骤(G)中, 还根据所述太阳能模块在所述排程周期中的每一个时间窗格所产生的太阳能电功率, 利用所述非线性规划来获得所述电能存储装置在所对应的每一待规划窗格的所述充电电功率或所述放电电功率; 及

[0052] 在步骤(C)中, 不仅根据每一电动车及所述电能存储装置在所述时间窗格的所述充电电功率或所述放电电功率, 与在所述时间窗格的所述基础消耗电功率, 还根据在所述时间窗格的所述太阳能电功率, 获得所述充电站的所述总消耗电功率。

[0053] 本发明的电动车充电站电能管理方法:

[0054] 在步骤(C)中, 所述处理单元根据第n台电动车在第t个时间窗格的所述充电电功率或所述放电电功率 $p_{t,n}$ 、所述电能存储装置在第t个时间窗格的所述充电电功率或所述放

电功率 $p_{\text{ess},t}$ 、所述充电站在第 t 个时间窗格的所述基础消耗电功率 $p_{\text{load},t}$,及在第 t 个时间窗格的所述太阳能电功率 $p_{\text{pv},t}$,利用下列公式,获得所述充电站在第 t 个时间窗格的所述总消耗电功率 $P_{\text{sum},t}$,

$$[0055] \quad P_{\text{sum},t} = p_{\text{load},t} - p_{\text{ess},t} - p_{\text{pv},t} - \sum_n^N p_{t,n}, t \in K_{\text{ess}},$$

[0056] 其中 N 为所有的电动车, K_{ess} 为所述电能存储装置所对应的至少一待规划窗格;及

[0057] 在步骤(E)中,对于每一超载窗格,所述处理单元是根据对应所述超载窗格的电价调整系数 $f_t(x)$ 来调整所述超载窗格的买入价格,

$$[0058] \quad f_t(x) = \frac{p_{\text{load},t} - p_{\text{ess},t} - p_{\text{pv},t} - \sum_n^N p_{t,n}}{P_{\text{tr}}^{\text{max}}}, t \in T_{\text{overload}},$$

[0059] 其中, $P_{\text{tr}}^{\text{max}}$ 为所述最大供给电功率, T_{overload} 为所述至少一超载窗格。

[0060] 本发明的电动车充电站分布式电能管理方法,在所述步骤(B)中,所述非线性规划的目标函数及所述目标函数所满足的多个限制条件,可被表示为:

$$[0061] \quad \min \sum_t^{K_{\text{ess}}} (C_{\text{ess},t}^{\text{ch/disch}} + C_{\text{ess},t}^{\text{deg}}), t \in K_{\text{ess}},$$

$$[0062] \quad C_{\text{ess},t}^{\text{ch/disch}} = -\lambda_t^{\text{TOU}'} p_{\text{ess},t} \times \Delta t,$$

$$[0063] \quad C_{\text{ess},t}^{\text{deg}} = C_{\text{ess}}^{\text{bat}} \left| \frac{m_{\text{ess}}}{100} \right| \frac{|p_{\text{ess},t}| \times \Delta t}{B_{\text{ess}}^{\text{cap}}},$$

$$[0064] \quad \text{限制条件1: } p_{\text{ess},t}^{\text{ch}} = \begin{cases} p_{\text{ess},t}, & \text{若 } p_{\text{ess},t} \leq 0 \\ 0, & \text{若 } p_{\text{ess},t} > 0 \end{cases},$$

$$[0065] \quad \text{限制条件2: } p_{\text{ess},t}^{\text{disch}} = \begin{cases} p_{\text{ess},t}, & \text{若 } p_{\text{ess},t} > 0 \\ 0, & \text{若 } p_{\text{ess},t} \leq 0 \end{cases},$$

$$[0066] \quad \text{限制条件3: } |p_{\text{ess},t}| \leq P_{\text{ess}}^{\text{max}}, t \in T_{\text{ess}},$$

$$[0067] \quad \text{限制条件4: } \text{SOC}_{\text{ess}}^{\text{min}} \leq \text{SOC}_{\text{ess},t} \leq \text{SOC}_{\text{ess}}^{\text{max}}, t \in T_{\text{ess}},$$

[0068] 限制条件5:

$$[0069] \quad \text{SOC}_{\text{ess},t+1} = \begin{cases} \text{SOC}_{\text{ess}}^{\text{initial}} + \frac{p_{\text{ess},t}^{\text{ch}} \times \eta_{\text{ess}}^{\text{ch}} \times \Delta t}{B_{\text{ess}}^{\text{cap}}} - \frac{p_{\text{ess},t}^{\text{disch}} \times \Delta t}{B_{\text{ess}}^{\text{cap}} \times \eta_{\text{ess}}^{\text{disch}}}, & t \in 1 \\ \text{SOC}_{\text{ess},t} + \frac{p_{\text{ess},t}^{\text{ch}} \times \eta_{\text{ess}}^{\text{ch}} \times \Delta t}{B_{\text{ess}}^{\text{cap}}} - \frac{p_{\text{ess},t}^{\text{disch}} \times \Delta t}{B_{\text{ess}}^{\text{cap}} \times \eta_{\text{ess}}^{\text{disch}}}, & t \in T_{\text{ess}} \text{ 且 } t \neq 1 \end{cases},$$

$$[0070] \quad \text{限制条件6: } \text{SOC}_{\text{ess}}^{\text{initial}} = \text{SOC}_{\text{ess}}^{\text{final}},$$

$$[0071] \quad \text{限制条件7: } p_{\text{load},t} - p_{\text{ess},t} - p_{\text{pv},t} - \sum_n^N p_{t,n} \geq 0, t \in T_{\text{ess}},$$

[0072] 其中, K_{ess} 为所述电能存储装置所对应的至少一待规划窗格, T_{ess} 为所述电能存储装置所在的所述时间窗格, $C_{\text{ess},t}^{\text{ch/disch}}$ 为所述电能存储装置在第 t 个时间窗格充电或放电

时,所述充电站所消耗的充电成本或所获取的节电利润, $\lambda_t^{\text{TOU}'}$ 为所述充电站在第 t 个时间

窗格买入所述单位电功率的买入价格或参与需量竞价的得标价格, $p_{ess,t}^{ch}$ 为所述电能存储装置在第t个时间窗格的充电电功率, $p_{ess,t}^{disch}$ 为所述电能存储装置在第t个时间窗格的放电电功率, $C_{ess,t}^{deg}$ 为所述电能存储装置在第t个时间窗格充电或放电的总劣化成本, C_{ess}^{bat} 为所述电能存储装置的总成本, m_{ess} 为所述电能存储装置的电池容量变化量与电池循环次数变化量的比值, B_{ess}^{cap} 为所述电能存储装置的满充容量, $C_n^{bat} \left| \frac{m_n}{100} \right| \frac{1}{B_n^{cap}}$ 为所述电能存储装置的电池充电或放电所述单位电功率所消耗的劣化成本, $p_{ess,t}$ 为所述电能存储装置在第t个时间窗格的充电电功率或放电电功率, 当 $p_{ess,t} \leq 0$, $p_{ess,t}$ 为所述电能存储装置在第t个时间窗格的充电电功率, 当 $p_{ess,t} > 0$, $p_{ess,t}$ 为所述电能存储装置在第t个时间窗格的放电电功率, P_{ess}^{max} 为所述电能存储装置的所述最大的充放电电功率, SOC_{ess}^{min} 为所述电能存储装置的所述最小电池荷电状态, SOC_{ess}^{max} 为所述电能存储装置的所述最大电池荷电状态, $SOC_{ess,t}$ 为所述电能存储装置在第t个时间窗格的电池荷电状态, $SOC_{ess}^{initial}$ 为所述电能存储装置的所述入场电池荷电状态, SOC_{ess}^{final} 为所述电能存储装置的所述离场电池荷电状态, Δt 为每一时间窗格所对应的的时间期间, η_{ess}^{ch} 为相关于该电能存储装置在充电转换时损失之能量的充电转换效率参数, η_{ess}^{disch} 为相关于该电能存储装置在放电转换时损失之能量的放电转换效率参数, $p_{t,n}$ 为第n台电动车在第t个时间窗格的所述充电电功率或所述放电电功率, $p_{pv,t}$ 为在第t个时间窗格的所述太阳能电功率, $p_{load,t}$ 为所述充电站在第t个时间窗格的所述基础消耗电功率, N为所有的电动车。

[0073] 本发明的电动车充电站分布式电能管理方法, 在步骤 (A) 前, 还包含以下步骤:

[0074] (H) 对于每一电动车, 根据所述电动车所对应的电动车信息中的所述入场时间、所述离场时间、所述入场电池荷电状态、所述离场电池荷电状态、所述满充容量, 及所述最大的充电电功率, 获得所述电动车的充电优先权重;

[0075] (I) 对于每一电动车, 根据所述电动车的所述充电优先权重, 获得所述电动车的放电优先权重; 及

[0076] (J) 对于每一电动车, 根据所述电动车的放电优先权重、所有电动车的放电优先权重, 及预计的总放电电功率, 获得所述电动车的所述最大的放电电功率。

[0077] 本发明的电动车充电站分布式电能管理方法:

[0078] 在步骤 (H) 中, 根据第n台电动车所对应的电动车信息中的所述入场时间 t_n^{arr} 、所述离场时间 t_n^{dep} 、所述入场电池荷电状态 $SOC_n^{initial}$ 、所述离场电池荷电状态 SOC_n^{final} 、所述满充容量 B_n^{cap} , 及所述最大的充电电功率 P_n^{max} , 利用以下公式获得第n台电动车的充电优先权重 $pri_{t,n}^{ch}$,

$$[0079] \quad \text{pri}_{t,n}^{\text{ch}} = \begin{cases} \frac{(\text{SOC}_n^{\text{final}} - \text{SOC}_n^{\text{initial}}) \times B_n^{\text{cap}}}{(t_n^{\text{dep}} - t_n^{\text{arr}} + 1) \times \Delta t \times P_n^{\text{max}}}, & \text{若 } t_n^{\text{arr}} \leq t \leq t_n^{\text{dep}}, \\ 0, & \text{若 } t < t_n^{\text{arr}} \text{ 或 } t > t_n^{\text{dep}} \end{cases},$$

[0080] 其中, Δt 为每一时间窗格所对应的时间期间;及

[0081] 在步骤(I)中,根据第n台电动车的充电优先权重 $\text{pri}_{t,n}^{\text{ch}}$,利用以下公式获得第n台电动车的放电优先权重 $\text{pri}_{t,n}^{\text{disch}}$, $\text{pri}_{t,n}^{\text{disch}} = \frac{1}{\text{pri}_{t,n}^{\text{ch}}}$;及

[0082] 在步骤(J)中,所述处理单元根据第n台电动车的放电优先权重 $\text{pri}_{t,n}^{\text{disch}}$ 、所有电动车的放电优先权重,及预计的总放电电功率 P^{V2G} ,利用以下公式获得第n台电动车的所述最大的放电电功率 $p_n^{\text{dischrates}}$,

$$[0083] \quad p_n^{\text{dischrates}} = P^{\text{V2G}} \times \frac{\text{pri}_{t,n}^{\text{disch}}}{\sum_n^N \text{pri}_{t,n}^{\text{disch}}},$$

[0084] 其中N为所有的电动车。

[0085] 本发明的有益效果在于:通过所述处理单元分别根据每一电动车所对应的电动车信息、至少一售出价格、至少一买入价格、至少一得标价格,及劣化成本,利用非线性规划获得所对应的电动车在每一待规划窗格的充电电功率或放电电功率,接着在综合考虑每一时间窗格下所有电动车所消耗的总消耗电功率,以判定是否要重新进行每一台电动车的优化排程,通过此种分布式的排程方法,可大幅降低计算维度。

附图说明

[0086] 本发明的其他的特征及功效,将于参照图式的实施方式中清楚地呈现,其中:

[0087] 图1是一方块图,说明实施本发明电动车充电站分布式电能管理方法的实施例的一运算装置;

[0088] 图2是一流程图,说明本发明电动车充电站分布式电能管理方法的实施例的一放电分配程序;

[0089] 图3是一流程图,说明本发明电动车充电站分布式电能管理方法的实施例的一电动车分布式排程程序;

[0090] 图4是一示意图,说明一转换效率图;

[0091] 图5是一流程图,说明本发明电动车充电站分布式电能管理方法的实施例的一电能存储装置排程程序;

[0092] 图6是一流程图,说明本发明电动车充电站分布式电能管理方法的实施例的一综合规划程序;及

[0093] 图7是一示意图,说明一电池容量与一电池循环次数的线性关系的关系图。

具体实施方式

[0094] 参阅图1,本发明电动车充电站分布式电能管理方法的实施例适用于管理停放于一充电站的所有电动车(图未示)的充放电状态,并通过一运算装置1来实施。该充电站设置

有一用于存储电能并与该运算装置1电连接的电能存储装置(图未示),与一用于产生电能并与该运算装置1电连接的太阳能模块(图未示)。

[0095] 该运算装置1包含一输入单元11、一连接至一通讯网络的通讯单元12,及一电连接该输入单元11与该通讯单元12的处理单元13。在本实施例中,该运算装置1例如为一计算机、一服务器或一智能型手机等。

[0096] 每一电动车对应于一电动车信息,每一电动车信息包含所对应的电动车的一入场时间、一离场时间、入场时的一入场电池荷电状态、一期望的离场电池荷电状态、一最小电池荷电状态、一最大电池荷电状态、一满充容量、一最大的充电电功率与一最大的放电电功率。

[0097] 值得一提的是,该电动车信息中的该入场时间、该离场时间、该入场电池荷电状态、该离场电池荷电状态、该最小电池荷电状态、该最大电池荷电状态、该满充容量、该最大的充电电功率,与该电池劣化成本可由所对应的电动车的用户利用该运算装置1的输入单元11进行输入操作而产生,该入场电池荷电状态也可通过装设于该充电站,并与该运算装置1电连接的一电量检测器(图未示)测量该电动车的电池的荷电状态后传送至该运算装置1而获得。在其他实施方式中,该电动车信息也可通过所对应的电动车的用户利用其所持有的使用端(图未示)进行输入操作而产生后,该使用端将所产生的该电动车信息经由该通讯网络传送至该运算装置1,然并不以此为限。

[0098] 该电能存储装置例如为一储能系统(Energy Storage System,简称ESS)。该电能存储装置对应于一电能信息,该电能信息包含该电能存储装置的一起始的荷电状态、一最小荷电状态、一最大荷电状态、一满充容量,与一最大的充放电电功率。该太阳能模块例如包含一太阳能电池模板,并用于在该排程周期中的每一个时间窗格产生一太阳能电功率。

[0099] 值得一提的是,该电能信息中的该起始的荷电状态、该最小荷电状态、该最大荷电状态、该满充容量,与一最大的充放电电功率是由该充电站的管理者利用该运算装置1的输入单元11进行输入操作而产生。

[0100] 以下将配合所附图式来说明本发明电动车充电站分布式电能管理方法的一第一实施例,本实施例依序包含一放电分配程序、一电动车分布式排程程序、一电能存储装置排程程序,及一综合规划程序。

[0101] 参阅图1与图2,该电动车充电站分布式电能管理方法的放电分配程序说明了如何分配每一台电动车所对应的一最大的放电电功率,并包含下列步骤。

[0102] 在步骤21中,对于每一电动车,该运算装置1的处理单元13根据该电动车(也就是说,第n台电动车)所对应的电动车信息中的该入场时间 t_n^{arr} 、该离场时间 t_n^{dep} 、该入场电池荷电状态 $SOC_n^{initial}$ 、该离场电池荷电状态 SOC_n^{final} 、该满充容量 B_n^{cap} ,及该最大的充电电功率 P_n^{max} 利用下列公式(1),获得该电动车在一介于该入场时间至该离场时间的停留时间区间的一充电优先权重 $pri_{t,n}^{ch}$ 。

$$[0103] \quad pri_{t,n}^{ch} = \begin{cases} \frac{(SOC_n^{final} - SOC_n^{initial}) \times B_n^{cap}}{(t_n^{dep} - t_n^{arr} + 1) \times \Delta t \times P_n^{max}}, & \text{若 } t_n^{arr} \leq t \leq t_n^{dep} \\ 0, & \text{若 } t < t_n^{arr} \text{ 或 } t > t_n^{dep} \end{cases} \dots(1)$$

[0104] 在公式(1)中, Δt 为一时间窗格所对应的时间期间,其单位为小时,在本实施例中,一完整的时间窗格被定义为15分钟,也就是0.25小时,所以 Δt 的值为0.25。

[0105] 在步骤22中,对于每一电动车,该运算装置1的处理单元13根据该电动车(也就是说,第n台电动车)的该充电优先权重 $\text{pri}_{t,n}^{\text{ch}}$,利用以下公式(2)获得该电动车的一放电优先权重 $\text{pri}_{t,n}^{\text{disch}}$ 。

$$[0106] \quad \text{pri}_{t,n}^{\text{disch}} = \frac{1}{\text{pri}_{t,n}^{\text{ch}}} \dots (2)$$

[0107] 在步骤23中,对于每一电动车,该运算装置1的处理单元13根据该电动车(也就是说,第n台电动车)的放电优先权重 $\text{pri}_{t,n}^{\text{disch}}$ 、所有电动车的放电优先权重,及一预计的总放电能功率 P^{V2G} ,利用以下公式(3)获得该电动车的该最大的放电能功率 $p_n^{\text{dischrate}}$ 。

$$[0108] \quad p_n^{\text{dischrate}} = P^{\text{V2G}} \times \frac{\text{pri}_{t,n}^{\text{disch}}}{\sum_N \text{pri}_{t,n}^{\text{disch}}} \dots (3)$$

[0109] 其中N为所有电动车。

[0110] 值得一提的是,在本实施例中,该总放电能功率的大小是由该管理者依需求而设定,由于本发明电动车充电站分布式电能管理方法在优化每一电动车的排程时是采取分布式的独立运算,为了避免排程时互不受影响的所述电动车无限制地放电而导致所有电动车的放电能功率的总和大于该总放电能功率,进而发生逆送电到电网的情况,该处理单元13通过根据每一台电动车的放电优先级来分配每一台电动车所对应的该最大的放电能功率即可避免逆送电到电网的情况发生。然而,在其他实施例中,每一台电动车所对应的该最大的放电能功率也可由所对应的电动车的用户依需求自行设定。

[0111] 参阅图1与图3,该电动车充电站分布式电能管理方法的电动车分布式排程程序说明了如何优化每一台电动车所对应的充放电排程,并包含下列步骤。

[0112] 在步骤31中,对于每一电动车,该运算装置1的处理单元13将该电动车(也就是说,第n台电动车)所对应的电动车信息中的该入场时间及该离场时间,映像至一排程周期中的多个时间窗格的至少一者,并自该电动车所在的至少一时间窗格获得至少一待规划窗格,其中该电动车所对应的该至少一待规划窗格是自一当前时间窗格至该电动车所在的最后一个时间窗格。在本实施例中,该排程周期例如为一天,每一完整的时间窗格为0.25小时,而一天可以被划分为96个时间窗格。

[0113] 在步骤32中,对于每一电动车,该运算装置1的处理单元13根据该电动车(也就是说,第n台电动车)所对应的电动车信息、该充电站在该电动车所对应的至少一待规划窗格转卖一单位电功率的至少一售出价格(也就是说,1度电的售出价格)、该充电站在该电动车所对应的至少一待规划窗格买入该单位电功率的至少一买入价格(也就是说,1度电的买入价格)、该充电站在该电动车所对应的至少一待规划窗格参与需量竞价的至少一得标价格(也就是说,1度电的得标价格)、该电动车的电池放电该单位电功率所消耗的一劣化成本(也就是说,消耗1度电的劣化成本),及一相关于在充放电转换时损失的能量的转换效率函数,利用一非线性规划获得该电动车在所对应的每一待规划窗格的一充电电功率或一放电电功率。其中,该非线性规划的一目标函数可被表示成下列公式(4),且该目标函数所满足

的所述限制条件如下列限制条件1~限制条件6。

$$[0114] \quad \max \sum_t^{K_n} (I_{t,n}^{\text{ch}} + I_{t,n}^{\text{DR}} - C_{t,n}^{\text{deg}} - C_{t,n}^{\text{feedback}} - C_{t,n}^{\text{penalty}}), t \in K_n \dots (4)$$

$$[0115] \quad \text{其中, } I_{t,n}^{\text{ch}} = (\lambda_t^{\text{charfee}} - \lambda_t^{\text{TOU}}) p_{t,n}^{\text{ch}} \times \eta(p_{t,n}^{\text{ch}}) \times \Delta t_{t,n},$$

$$[0116] \quad I_{t,n}^{\text{DR}} = \lambda_t^{\text{DR}} p_{t,n}^{\text{disch}} \times \eta(p_{t,n}^{\text{disch}}) \times \Delta t_{t,n},$$

$$[0117] \quad C_{t,n}^{\text{deg}} = C_n^{\text{bat}} \left| \frac{m_n}{100} \right| \frac{p_{t,n}^{\text{disch}} \times \Delta t_{t,n}}{B_n^{\text{cap}}},$$

$$[0118] \quad C_{t,n}^{\text{feedback}} = \lambda_t^{\text{charfee}} \times p_{t,n}^{\text{disch}} \times \Delta t_{t,n},$$

$$[0119] \quad C_{t,n}^{\text{penalty}} = \lambda_t^{\text{DR}} \times p_{t,n}^{\text{ch}} \times \Delta t_{t,n}.$$

$$[0120] \quad \text{限制条件1: } p_{t,n}^{\text{ch}} = \begin{cases} -p_{t,n}, & \text{若 } p_{t,n} \leq 0 \\ 0, & \text{若 } p_{t,n} > 0 \end{cases}.$$

$$[0121] \quad \text{限制条件2: } p_{t,n}^{\text{disch}} = \begin{cases} p_{t,n}, & \text{若 } p_{t,n} > 0 \\ 0, & \text{若 } p_{t,n} \leq 0 \end{cases}.$$

$$[0122] \quad \text{限制条件3: } -p_n^{\text{max}} \leq p_{t,n} \leq p_n^{\text{dischrates}}, \forall n \in N, t \in T_n.$$

$$[0123] \quad \text{限制条件4: } \text{SOC}_n^{\text{min}} \leq \text{SOC}_{t,n} \leq \text{SOC}_n^{\text{max}}, \forall n \in N, t \in T_n.$$

[0124] 限制条件5:

$$[0125] \quad \begin{cases} \text{SOC}_{t+1,n} = \\ \text{SOC}_n^{\text{initial}} + \frac{p_{t,n}^{\text{ch}} \times \eta(p_{t,n}^{\text{ch}}) \times \Delta t_{t,n}}{B_n^{\text{cap}}} - \frac{p_{t,n}^{\text{disch}} \times \Delta t_{t,n}}{B_n^{\text{cap}} \times \eta(p_{t,n}^{\text{disch}})}, \forall n \in N, t \in \min(T_n) \\ \text{SOC}_{t,n} + \frac{p_{t,n}^{\text{ch}} \times \eta(p_{t,n}^{\text{ch}}) \times \Delta t_{t,n}}{B_n^{\text{cap}}} - \frac{p_{t,n}^{\text{disch}} \times \Delta t_{t,n}}{B_n^{\text{cap}} \times \eta(p_{t,n}^{\text{disch}})}, \forall n \in N, t \in T_n \text{ 且 } t \neq \min(T_n) \end{cases}$$

$$[0126] \quad \text{限制条件6: } \text{SOC}_{t,n} = \text{SOC}_n^{\text{final}}, t \in \max(T_n).$$

[0127] 其中, K_n 为第 n 台电动车所对应的至少一待规划窗格, T_n 为第 n 台电动车所在的至少一时间窗格, $I_{t,n}^{\text{ch}}$ 为第 n 台电动车在第 t 个时间窗格充电时,该充电站所获取的一充电利润, $\lambda_t^{\text{charfee}}$ 为该充电站在第 t 个时间窗格转卖该单位电功率的一销售价格, λ_t^{TOU} 为该充电站在第 t 个时间窗格买入该单位电功率的一买入价格, $p_{t,n}^{\text{ch}}$ 为第 n 台电动车在第 t 个时间窗格的充电电功率, $I_{t,n}^{\text{DR}}$ 为第 n 台电动车在第 t 个时间窗格参与需量反应时,该充电站所获取的一节电利润, λ_t^{DR} 为该充电站在第 t 个时间窗格参与需量竞价的一得标价格, $p_{t,n}^{\text{disch}}$ 为第 n 台电动车在第 t 个时间窗格的放电电功率, $C_{t,n}^{\text{deg}}$ 为第 n 台电动车在第 t 个时间窗格参与需量反应的一总劣化成本, C_n^{bat} 为第 n 台电动车的电池的一总成本, m_n 为第 n 台电动车的电池的一

电池容量变化量与一电池循环次数变化量的比值(见图7的电池容量与电池循环次数的关系, m_n 即为第n台电动车的该电池容量与电池循环次数的线性关系的斜率), B_n^{cap} 为第n台电动车的电池的一满充容量 (fully charge capacity), $C_n^{\text{bat}} \left| \frac{m_n}{100} \right| \frac{1}{B_n^{\text{cap}}}$ 为第n台电动车的电池放电该单位电功率所消耗的一劣化成本, $C_{t,n}^{\text{feedback}}$ 为第n台电动车在第t个时间窗格参与需量竞价的一充电费补偿, $C_{t,n}^{\text{penalty}}$ 为第n台电动车在欲参与需量反应的第t个时间窗格充电时的一充电惩罚, $p_{t,n}$ 为第n台电动车在第t个时间窗格的充电电功率或放电电功率, 单位为千瓦 (kW), 当 $p_{t,n} \leq 0$, $p_{t,n}$ 为第n台电动车在第t个时间窗格的充电电功率, 当 $p_{t,n} > 0$, $p_{t,n}$ 为第n台电动车在第t个时间窗格的放电电功率, N 为所有的电动车, $-p_n^{\text{max}}$ 为第n台电动车的该最大的充电电功率, $p_n^{\text{dischrates}}$ 为第n台电动车的该最大的放电电功率, $\text{SOC}_n^{\text{min}}$ 为第n台电动车的该最小电池荷电状态, $\text{SOC}_n^{\text{max}}$ 为第n台电动车的该最大电池荷电状态, $\text{SOC}_{t,n}$ 为第n台电动车在第t个时间窗格的一电池荷电状态, $\text{SOC}_n^{\text{initial}}$ 为第n台电动车的该入场电池荷电状态, $\text{SOC}_n^{\text{final}}$ 为第n台电动车的该离场电池荷电状态, $\min(T_n)$ 为第n台电动车所在的第一个时间窗格, $\max(T_n)$ 为第n台电动车所在的最后一个时间窗格, $\Delta t_{t,n}$ 为第n台电动车在第t个时间窗格所待的时间期间, 其单位为小时, $\eta(x)$ 为相关于每一电动车在充放电转换时损失的能量的该转换效率函数, $\eta(x) = 0.0003307x^3 - 0.0209x^2 + 0.3833x + 92.3373$ 。

[0128] 值得一提的是, 由于任一电动车在充放电时皆会有效率转换损失, 换句话说, 虽然该充电站的直流充电桩变流器提供了10kW的电给电动车充电, 但实际上该电动车充到的电会有部分损失, 而使得该电动车实际上充到的电功率小于10kW, 相似地, 虽然该电动车释放了10kW的电给该充电站, 但实际上该充电站得到的电会有部分损失, 而使得该充电站实际上得到的电功率小于10kW。在本实施例中, 通过将该转换效率函数纳入目标函数中, 可使得该电动车的充放电会尽可能运作在最佳的转换效率运作点, 由于不同的充电或放电功率, 所产生的转换耗损也随着不同(见图4), 从图4的示例可知, 当充电或放电功率介于12~15kW时, 所造成的转换耗损相对最小, 因此为了使得转换耗损最小化而使充电站的营运利润最大化, 该电动车的充放电功率会尽可能运作在15kW左右。然而, 在本发明的其他实施例中, 该运算装置1的处理单元13在优化该电动车所对应的充放电排程时也可不将该转换效率函数纳入目标函数中, 此时, 该目标函数中的 $I_{t,n}^{\text{ch}}$ 及 $I_{t,n}^{\text{DR}}$ 即需修改为 $I_{t,n}^{\text{ch}} = (\lambda_t^{\text{charfee}} - \lambda_t^{\text{TOU}}) p_{t,n}^{\text{ch}} \times \Delta t_{t,n}$ 且 $I_{t,n}^{\text{DR}} = \lambda_t^{\text{DR}} p_{t,n}^{\text{disch}} \times \Delta t_{t,n}$, 该限制条件5即需修

$$\text{改为 } \text{SOC}_{t+1,n} = \begin{cases} \text{SOC}_n^{\text{initial}} + \frac{p_{t,n}^{\text{ch}} \times \Delta t_{t,n}}{B_n^{\text{cap}}} - \frac{p_{t,n}^{\text{disch}} \times \Delta t_{t,n}}{B_n^{\text{cap}}}, \forall n \in N, t \in \min(T_n) \\ \text{SOC}_{t,n} + \frac{p_{t,n}^{\text{ch}} \times \Delta t_{t,n}}{B_n^{\text{cap}}} - \frac{p_{t,n}^{\text{disch}} \times \Delta t_{t,n}}{B_n^{\text{cap}}}, \forall n \in N, t \in T_n \text{ 且 } t \neq \min(T_n) \end{cases}。$$

[0129] 参阅图1与图5, 该电动车充电站分布式电能管理方法的电能存储装置排程程序说明了如何优化该电能存储装置所对应的充放电排程, 并包含下列步骤。

[0130] 在步骤51中, 该运算装置1的处理单元13将该排程周期中的所有时间窗格作为该

电能存储装置所在的时间窗格,并自该排程周期中的所述时间窗格获得至少一待规划窗格,其中该电能存储装置所对应的该至少一待规划窗格是自该当前时间窗格至该排程周期的所述时间窗格中的最后一个时间窗格。由于该电能存储装置是设置于该充电站,所以其所在的时间窗格即为该排程周期中的所有时间窗格。

[0131] 在步骤52中,该运算装置1的处理单元13根据该电能存储装置所对应的电能信息、该充电站在该电能存储装置所对应的至少一待规划窗格的每一者买入该单位电功率的一买入价格(也就是说,1度电的买入价格)或参与需量竞价的一得标价格(也就是说,1度电的得标价格)、该电能存储装置放电该单位电功率所消耗的一劣化成本(也就是说,充放1度电的劣化成本)、该充电站在该排程周期中的每一个时间窗格的一基础耗电功率(也就是说,维持该充电站营运的基本耗电功率,例如,该充电站所架设的灯、传感器等电器的耗电功率总和)、该太阳能模块在该排程周期中的每一个时间窗格所产生的一太阳能电功率,及每一电动车在其所在的每一时间窗格的该充电电功率或该放电电功率,利用该非线性规划获得该电能存储装置在所对应的每一待规划窗格的一充电电功率或一放电电功率。其中,该非线性规划的一目标函数可被表示成下列公式(5),且该目标函数所满足的所述限制条件如下列限制条件1~限制条件7。

$$[0132] \quad \min \sum_t^{K_{ess}} (C_{ess,t}^{ch/disch} + C_{ess,t}^{deg}), t \in K_{ess} \dots (5)$$

$$[0133] \quad \text{其中, } C_{ess,t}^{ch/disch} = -\lambda_t^{TOU} p_{ess,t} \times \Delta t,$$

$$[0134] \quad C_{ess,t}^{deg} = C_{ess}^{bat} \left| \frac{m_{ess}}{100} \right| \frac{|p_{ess,t}| \times \Delta t}{B_{ess}^{cap}}.$$

$$[0135] \quad \text{限制条件1: } p_{ess,t}^{ch} = \begin{cases} p_{ess,t}, & \text{若 } p_{ess,t} \leq 0 \\ 0, & \text{若 } p_{ess,t} > 0 \end{cases}.$$

$$[0136] \quad \text{限制条件2: } p_{ess,t}^{disch} = \begin{cases} p_{ess,t}, & \text{若 } p_{ess,t} > 0 \\ 0, & \text{若 } p_{ess,t} \leq 0 \end{cases}.$$

$$[0137] \quad \text{限制条件3: } |p_{ess,t}| \leq P_{ess}^{max}, t \in T_{ess}.$$

$$[0138] \quad \text{限制条件4: } SOC_{ess}^{min} \leq SOC_{ess,t} \leq SOC_{ess}^{max}, t \in T_{ess}.$$

[0139] 限制条件5:

$$[0140] \quad \begin{cases} SOC_{ess,t+1} = \\ SOC_{ess}^{initial} + \frac{p_{ess,t}^{ch} \times \eta_{ess}^{ch} \times \Delta t}{B_{ess}^{cap}} - \frac{p_{ess,t}^{disch} \times \Delta t}{B_{ess}^{cap} \times \eta_{ess}^{disch}}, t \in 1 \\ SOC_{ess,t} + \frac{p_{ess,t}^{ch} \times \eta_{ess}^{ch} \times \Delta t}{B_{ess}^{cap}} - \frac{p_{ess,t}^{disch} \times \Delta t}{B_{ess}^{cap} \times \eta_{ess}^{disch}}, t \in T_{ess} \text{ 且 } t \neq 1 \end{cases}.$$

$$[0141] \quad \text{限制条件6: } SOC_{ess}^{initial} = SOC_{ess}^{final}.$$

$$[0142] \quad \text{限制条件7: } p_{load,t} - p_{ess,t} - p_{pv,t} - \sum_n^N p_{t,n} \geq 0, t \in T_{ess}.$$

[0143] 其中, K_{ess} 为该电能存储装置所对应的至少一待规划窗格, T_{ess} 为该电能存储装置

所在的所述时间窗格, $C_{ess,t}^{ch/disch}$ 为该电能存储装置在第 t 个时间窗格充电或放电时, 该充电站所消耗的一充电成本或所获取的一节电利润, λ_t^{TOU} 为该充电站在第 t 个时间窗格买入该单位电功率的一买入价格或参与需量竞价的一得标价格, $p_{ess,t}^{ch}$ 为该电能存储装置在第 t 个时间窗格的充电电功率, $p_{ess,t}^{disch}$ 为该电能存储装置在第 t 个时间窗格的放电电功率, $C_{ess,t}^{deg}$ 为该电能存储装置在第 t 个时间窗格充电或放电的一总劣化成本, C_{ess}^{bat} 为该电能存储装置的一总成本, m_{ess} 为该电能存储装置的一电池容量变化量与一电池循环次数变化量的比值, B_{ess}^{cap} 为该电能存储装置的一满充容量, $C_n^{bat} \left| \frac{m_n}{100} \right| \frac{1}{B_n^{cap}}$ 为该电能存储装置的电池充电或放电该单位电功率所消耗的一劣化成本, $p_{ess,t}$ 为该电能存储装置在第 t 个时间窗格的充电电功率或放电电功率, 单位为千瓦, 当 $p_{ess,t} \leq 0$, $p_{ess,t}$ 为该电能存储装置在第 t 个时间窗格的充电电功率, 当 $p_{ess,t} > 0$, $p_{ess,t}$ 为该电能存储装置在第 t 个时间窗格的放电电功率, P_{ess}^{max} 为该电能存储装置的该最大的充放电电功率, SOC_{ess}^{min} 为该电能存储装置的该最小电池荷电状态, SOC_{ess}^{max} 为该电能存储装置的该最大电池荷电状态, $SOC_{ess,t}$ 为该电能存储装置在第 t 个时间窗格的一电池荷电状态, $SOC_{ess}^{initial}$ 为该电能存储装置的该入场电池荷电状态, SOC_{ess}^{final} 为该电能存储装置的该离场电池荷电状态, Δt 为每一时间窗格所对应的时间期间, 其单位为小时, η_{ess}^{ch} 为相关于该电能存储装置在充电转换时损失的能量的一充电转换效率参数, η_{ess}^{disch} 为相关于该电能存储装置在放电转换时损失的能量的一放电转换效率参数, $p_{t,n}$ 为第 n 台电动车在第 t 个时间窗格的该充电电功率或该放电电功率, $p_{pv,t}$ 为在第 t 个时间窗格的该太阳能电功率, $p_{load,t}$ 为该充电站在第 t 个时间窗格的该基础耗电功率, N 为所有的电动车。

[0144] 值得说明的是, 限制条件7的 $t \in T_{ess}$ 也可设为 $t \in K_{ess}$, 由于先前已规划过的时间窗格必然皆会满足限制条件7的限制, 所以也可仅就该至少一待规划窗格中的每一时间窗格皆须满足限制条件7即可。此外, 在本实施例中, η_{ess}^{ch} 及 η_{ess}^{disch} 皆为一预设的定值。

[0145] 另值得一提的是, 由于该电能存储装置放电的期间不必然皆是在有参与需量反应的期间, 所谓需量反应 (Demand Response, 简称DR), 是通过用户有弹性地配合减少用电, 降低尖峰负载的用电压力, 形成一座虚拟电厂的节能方案。若欲参与需量反应, 则必须进行需量竞价, 所谓需量竞价是指系统高载时期, 鼓励用户节电, 其由用户出价竞标, 电力公司则采取愈低报价者先得标的方式决定得标者, 若得标者于抑低用电期间确实减少用电, 则可获得电费扣减。虽然该电能存储装置会尽可能于需量竞价的得标期间进行放电作业以节省电费, 但该电能存储装置在没得标的时候仍有机会进行放电作业。此时, 该电能存储装置所省下的电费就不是参与需量竞价的得标价格, 而是当时电费的买入价格, 因此在计算 $C_{ess,t}^{ch/disch}$ 时, 该电能存储装置因放电所获取的节电利润即需视该电能存储装置其放电当时有无得标, 若在其放电时, 没有得标, 就是根据买入该单位电功率的买入价格来计算节电

利润;若在其放电时,有得标,就是根据参与需量竞价的得标价格来计算节电利润。

[0146] 此外,在本实施例中,在求解该电能存储装置的优化排程时,有特别考虑该充电站在该排程周期中的每一个时间窗格的该基础消耗电功率、该太阳能模块在该排程周期中的每一个时间窗格所产生的该太阳能电功率,及每一电动车在其所在的每一时间窗格的该充电电功率或该放电电功率,以避免因太阳能模块产生的该太阳能电功率与所述电动车产生的放电电功率过剩,而逆送电到电网的情况发生。然而,在其他实施例中也可不考虑上述参数,此时,即将公式(5)的目标函数所对应的限制条件7删除即可。

[0147] 参阅图1与图6,该电动车充电站分布式电能管理方法的综合规划程序说明了如何避免因独立排程而缺乏整体考虑,导致在某些特定情况下违反一最大供给电功率的限制,该综合规划程序包含下列步骤。

[0148] 在步骤61中,对于该当前时间窗格至该排程周期的所述时间窗格中的最后一个时间窗格中(也就是说,该电能存储装置所对应的至少一待规划窗格)的每一者,该运算装置1的处理单元13根据该充电站在该时间窗格(也就是说,第t个时间窗格)的该基础消耗电功率、每一电动车在该时间窗格的该充电电功率或该放电电功率、该电能存储装置在该时间窗格的该充电电功率或该放电电功率,及该太阳能模块在该时间窗格所产生的该太阳能电功率,利用下列公式(6),获得该充电站在该时间窗格的一总消耗电功率 $P_{sum,t}$ 。

$$[0149] \quad P_{sum,t} = p_{load,t} - p_{ess,t} - p_{pv,t} - \sum_n^N p_{t,n}, t \in K_{ess} \dots (6)$$

[0150] 其中, $p_{t,n}$ 为第n台电动车在第t个时间窗格的该充电电功率或该放电电功率, $p_{ess,t}$ 为该电能存储装置在第t个时间窗格的该充电电功率或该放电电功率, $p_{load,t}$ 为该充电站在第t个时间窗格的该基础消耗电功率, $p_{pv,t}$ 为该太阳能模块在第t个时间窗格所产生的该太阳能电功率,N为所有电动车, K_{ess} 为该电能存储装置所对应的至少一待规划窗格。

[0151] 在步骤62中,该运算装置1的处理单元13根据该至少一待规划窗格中的每一时间窗格的总消耗电功率及相关于该充电站的该最大供给电功率,判定该至少一待规划窗格中是否存在至少一超载窗格,其中每一超载窗格的总消耗电功率大于该最大供给电功率。当该处理单元13判定出存在该至少一超载窗格时,流程进行步骤63;当该处理单元13判定出不存在任一超载窗格时,流程进行步骤64。

[0152] 在步骤63中,对于每一超载窗格,该运算装置1的处理单元13是根据一对应该超载窗格的电价调整系数 $f_t(x)$ 来调整该超载窗格的买入价格,并重复进行步骤32、步骤52、步骤61~62。其中每一电价调整系数 $f_t(x)$ 可被表示为以下公式(7)。

$$[0153] \quad f_t(x) = \frac{p_{load,t} - p_{ess,t} - p_{pv,t} - \sum_n^N p_{t,n}}{P_{tr}^{max}}, t \in T_{overload} \dots (7)$$

[0154] 其中, $p_{t,n}$ 为第n台电动车在第t个时间窗格的该充电电功率或该放电电功率, $p_{ess,t}$ 为该电能存储装置在第t个时间窗格的该充电电功率或该放电电功率, $p_{load,t}$ 为该充电站在第t个时间窗格的该基础消耗电功率, $p_{pv,t}$ 为该太阳能模块在第t个时间窗格所产生的该太阳能电功率,N为所有电动车的数量, P_{tr}^{max} 为该最大供给电功率, $T_{overload}$ 为该至少一超载窗格。

[0155] 值得一提的是,在本实施例中,该处理单元13是通过将该超载窗格原先的买入价格乘上该超载窗格所对应的电价调整系数以调整该超载窗格的买入价格,以使得该超载窗

格的电价被调高。而在重新进行的步骤32中,该充电站在该电动车所对应的至少一待规划窗格买入该单位电功率的该至少一买入价格中对应该至少一超载窗格的时间窗格的买入价格为调整后的电价,类似地,该充电站在该电能存储装置所对应的至少一待规划窗格买入该单位电功率的该至少一买入价格中对应该至少一超载窗格的时间窗格的买入价格为调整后的电价。因应该至少一超载窗格的电价被调高,为了优化该充电站的利益,可促使在该至少一超载窗格的充电量转移至其他没有被调高电价的待规划窗格。如此一来,通过该综合规划程序可弥补独立规划每一台电动车时可能产生的超载问题,使得在任一时间窗格下皆不会违反该最大供给电功率的限制。

[0156] 另值得一提的是,公式(6)的 t 的范围也可定义为该排程周期的所有时间窗格,由于本发明电动车充电站分布式电能管理方法每次在进行完该电动车分布式排程程序与该电能存储装置排程程序后,皆会进行该综合规划程序以使得所规划出的排程结果在任一时间窗格下皆不会违反该最大供给电功率的限制,所以先前已规划过的时间窗格必然皆会满足不大于该最大供给电功率的限制,所以即便将先前已规划过的时间窗格纳入是否存在任一超载窗格的考虑也无妨。

[0157] 在步骤64中,该运算装置1的处理单元13根据所规划出的不存在任一超载窗格的每一电动车在其所在的每一时间窗格的该充电电功率或该放电电功率,及所规划出的不存在任一超载窗格的该电能存储装置在所对应的每一待规划窗格的该充电电功率或该放电电功率,控制该充电站在该当前时间窗格依据每一电动车及该电能存储装置在该当前时间窗格所对应的该充电电功率或该放电电功率对每一电动车及该电能存储装置进行充电或放电。

[0158] 在步骤65中,该运算装置1的处理单元13判定该当前时间窗格是否为该排程周期中的最后一个时间窗格。当该处理单元13判定出该当前时间窗格为该排程周期中的最后一个时间窗格时,流程结束;当该处理单元13判定出该当前时间窗格不为该排程周期中的最后一个时间窗格时,流程进行步骤66。

[0159] 在步骤66中,当时间推移至该当前时间窗格的下一时间窗格(也就是说,该下一时间窗格成为新的该当前时间窗格)时,该运算装置1的处理单元13判定是否有新的电动车停入该充电站。当该运算装置1的处理单元13判定出有新的电动车停入该充电站时,流程回到步骤21;当该运算装置1的处理单元13判定出无新的电动车停入该充电站时,流程回到步骤64。值得说明的是,若有新的电动车停入该充电站,即需重新规划每一台电动车的充放电排程与该电能存储装置的充放电排程,其中,再次进行步骤31时,仅需将新加入该充电站的电动车的该入场时间及该离场时间,映像至该排程周期中的所述时间窗格的至少一者,先前已映射过的电动车无须再重复映射。此外,若无新的电动车停入该充电站,该运算装置1的处理单元13即可依照在步骤64已规划好的每一电动车及该电能存储装置在该下一时间窗格所对应的该充电电功率或该放电电功率来控制该充电站对该每一电动车及该电能存储装置进行充电或放电。

[0160] 以下举例说明本发明电动车充电站分布式电能管理方法的运作方式,若排程周期为一天,则一天包含0~95个时间窗格,假设在第0个时间窗格有3台电动车车停在该充电站,其中第1台电动车映射至0~95个时间窗格中的第0~3个时间窗格,第2台电动车映射至0~95个时间窗格中的第0~5个时间窗格,第3台电动车映射至0~95个时间窗格中的第0~

8个时间窗格,而当前时间窗格为第1个时间窗格,则第1台电动车的至少一待规划窗格即为第1~3个时间窗格,以 $[1, 2, 3]$ 表示,第2台电动车的至少一待规划窗格即为 $[1, 2, 3, 4, 5]$,第3台电动车的至少一待规划窗格即为 $[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]$,该运算装置1的处理单元13先进行该放电分配程序以求解出每一台电动车所对应的该最大的放电能功率,接着,该运算装置1的处理单元13进行该电动车分布式排程程序以求解出第1台电动车在每一待规划窗格(也就是说,第1~3个时间窗格的每一者)的该充电电功率或该放电能功率,第2台电动车在每一待规划窗格(也就是说,第1~5个时间窗格的每一者)的该充电电功率或该放电能功率,第3台电动车在每一待规划窗格(也就是说,第1~8个时间窗格的每一者)的该充电电功率或该放电能功率。接着,该运算装置1的处理单元13进行该电能存储装置排程程序以求解出该电能存储装置在每一待规划窗格(也就是说,第1~95个时间窗格的每一者)的该充电电功率或该放电能功率。最后,该运算装置1的处理单元13先进行该综合规划程序以判定第1~95个时间窗格中是否存在至少一超载窗格,假设该处理单元13判定出所述第1~95个时间窗格中的第2~3个时间窗格为超载窗格时,该处理单元13即会将调整所述超载窗格(也就是说,第2~3个时间窗格,以 $[2, 3]$ 表示)的买入价格,并重新进行每一电动车与该电能存储装置的充放电规划,直到所述第1~95个时间窗格中不存在任一超载窗格。接着,该处理单元13根据所规划出的不存在任一超载窗格的第1台电动车在第1~3个时间窗格的每一者的该充电电功率或该放电能功率、第2台电动车在第1~5个时间窗格的每一者的该充电电功率或该放电能功率、第3台电动车在第1~8个时间窗格的每一者的该充电电功率或该放电能功率,及该电能存储装置在第1~95个时间窗格的每一者的该充电电功率或该放电能功率来控制该充电站在该当前时间窗格(也就是说,第1个时间窗格)依据每一电动车及该电能存储装置在该第1个时间窗格所对应的该充电电功率或该放电能功率对每一电动车及该电能存储装置进行充电或放电。假设直到第3个时间窗格才有新的电动车(即第4台电动车)停入该充电站,则当时间推移至第2个时间窗格(也就是说,该第2个时间窗格成为新的该当前时间窗格)时,该处理单元13仍可根据所规划出的不存在任一超载窗格的第1台电动车在第1~3个时间窗格的每一者的该充电电功率或该放电能功率、第2台电动车在第1~5个时间窗格的每一者的该充电电功率或该放电能功率、第3台电动车在第1~8个时间窗格的每一者的该充电电功率或该放电能功率,及该电能存储装置在第1~95个时间窗格的每一者的该充电电功率或该放电能功率来控制该充电站在该当前时间窗格(也就是说,第2个时间窗格)依据每一电动车及该电能存储装置在该第2个时间窗格所对应的该充电电功率或该放电能功率对每一电动车及该电能存储装置进行充电或放电。当时间推移至第3个时间窗格(也就是说,该第3个时间窗格成为新的该当前时间窗格)时,该处理单元13即需重新规划每一台电动车(也就是说第1~4台的每一者)的充放电排程与该电能存储装置的充放电排程。

[0161] 综上所述,本发明电动车充电站分布式电能管理方法具有以下功效,第一:该处理单元13通过分布式地规划每一台电动车在其所对应的每一待规划窗格的该充电电功率或该放电能功率,可大幅降低计算维度,第二:该处理单元13通过根据每一台电动车的放电优先级来分配每一台电动车所对应的该最大的放电能功率,可避免逆送电到电网的情况发生,第三:该处理单元13通过将该转换效率函数纳入目标函数中,可使得该电动车的充放电会尽可能运作在最佳的转换效率运作点,第四:该处理单元13通过将限制条件7加入公式

(5)的目标函数,以避免太阳能模块产生的该太阳能电功率与所述电动车产生的放电电功率过剩,而逆送电到电网的情况发生,第五:该处理单元13通过进行该综合规划程序以使得所规划出的排程结果在任一时间窗格下皆不会违反该最大供给电功率的限制,所以确实能达成本发明的目的。

[0162] 以上所述者,仅为本发明的实施例而已,当不能以此限定本发明实施的范围,即凡依本发明权利要求书及说明书内容所作的简单的等效变化与修饰,皆仍属本发明的范围。

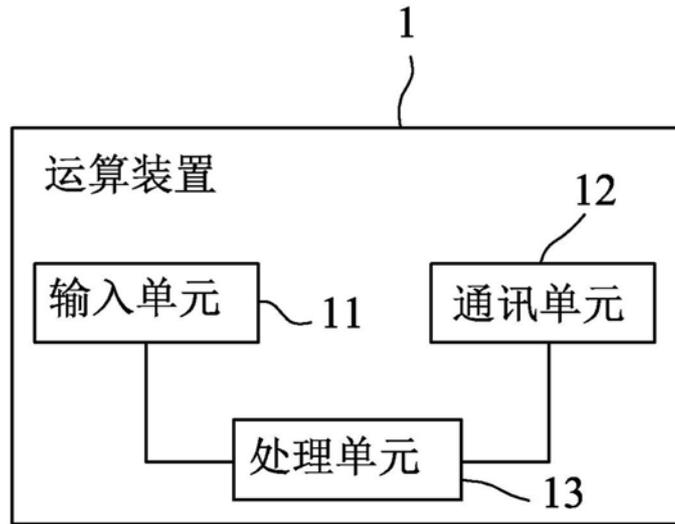


图1

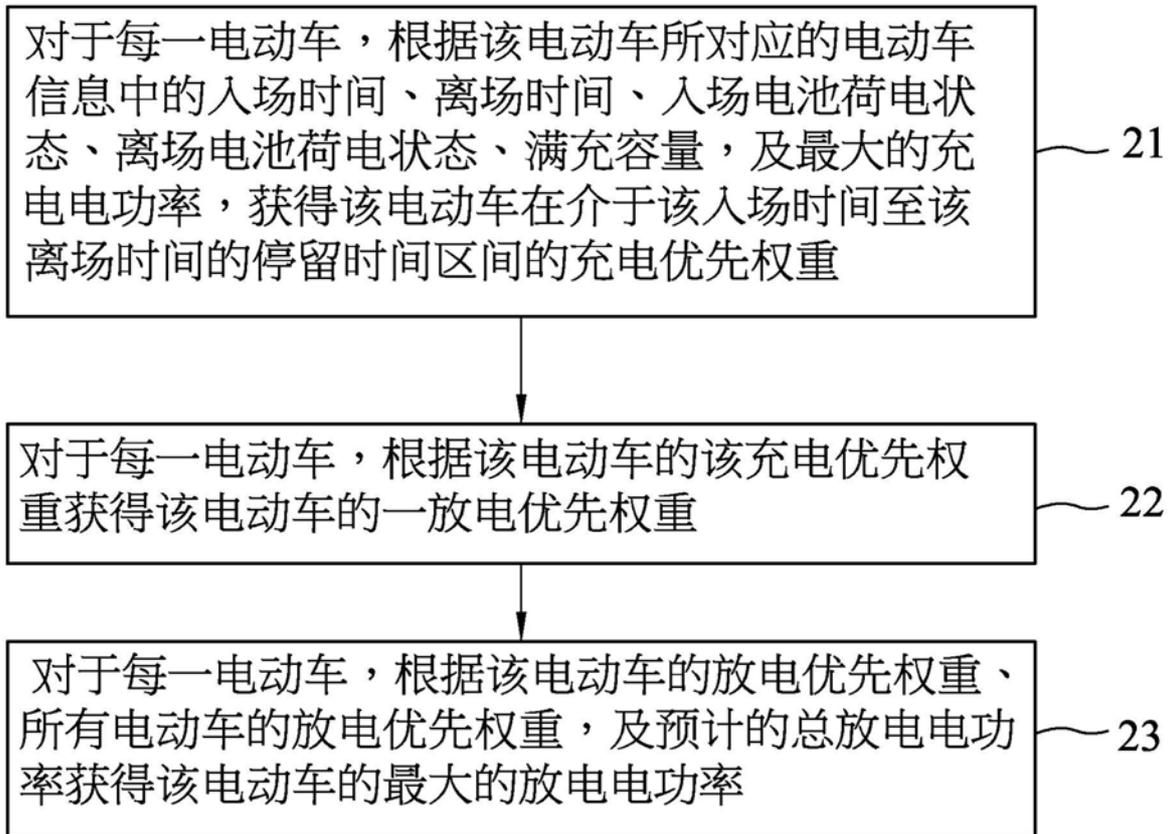


图2

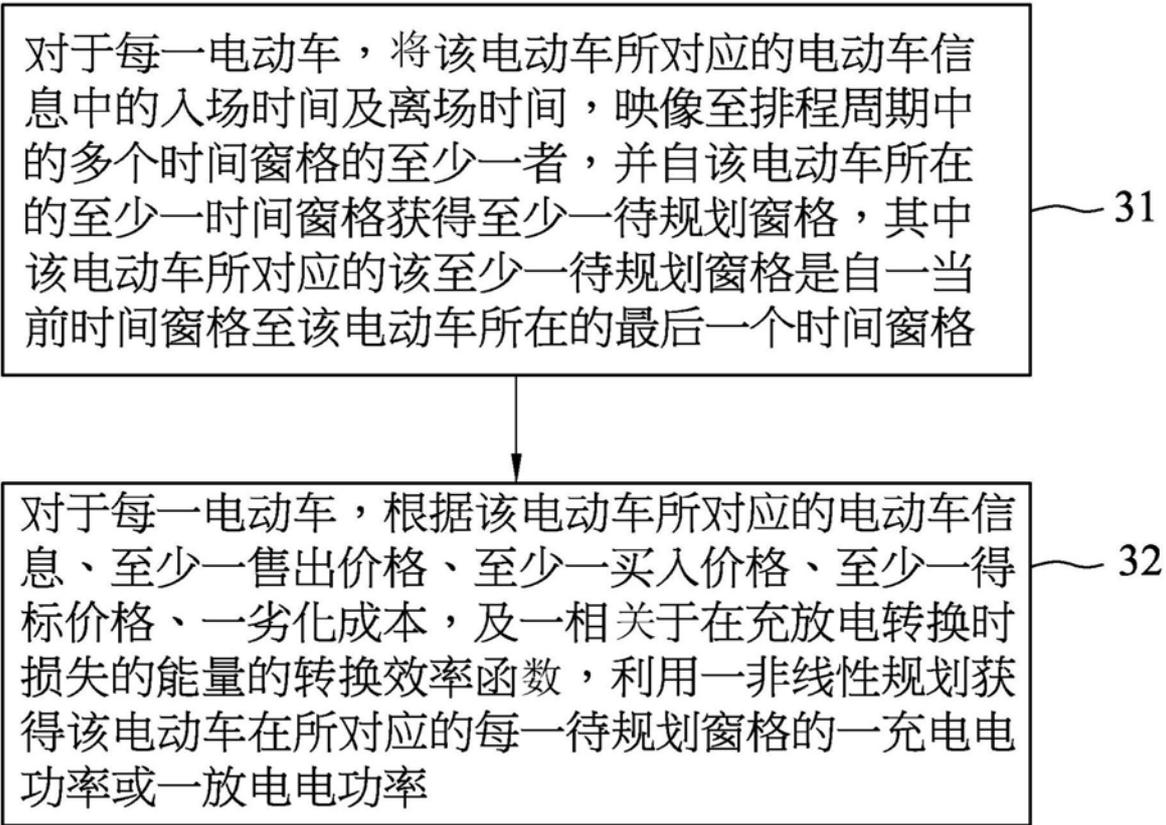


图3

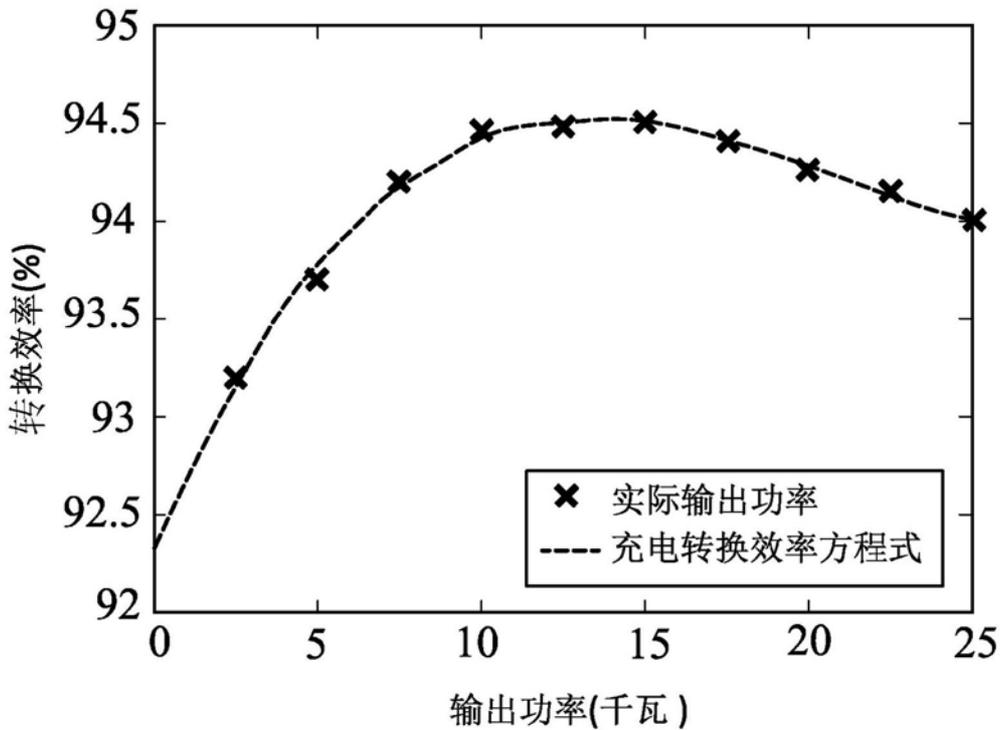


图4

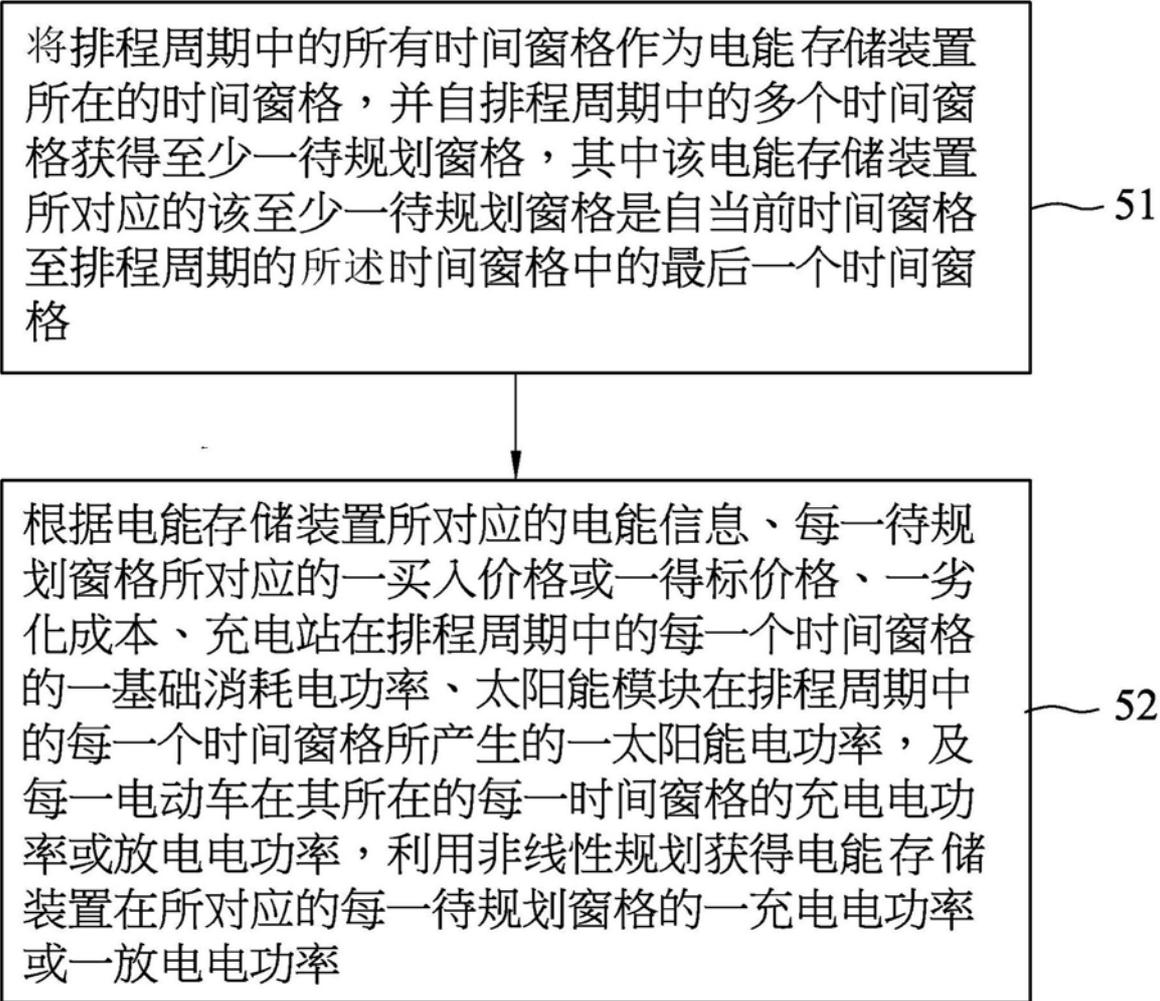


图5

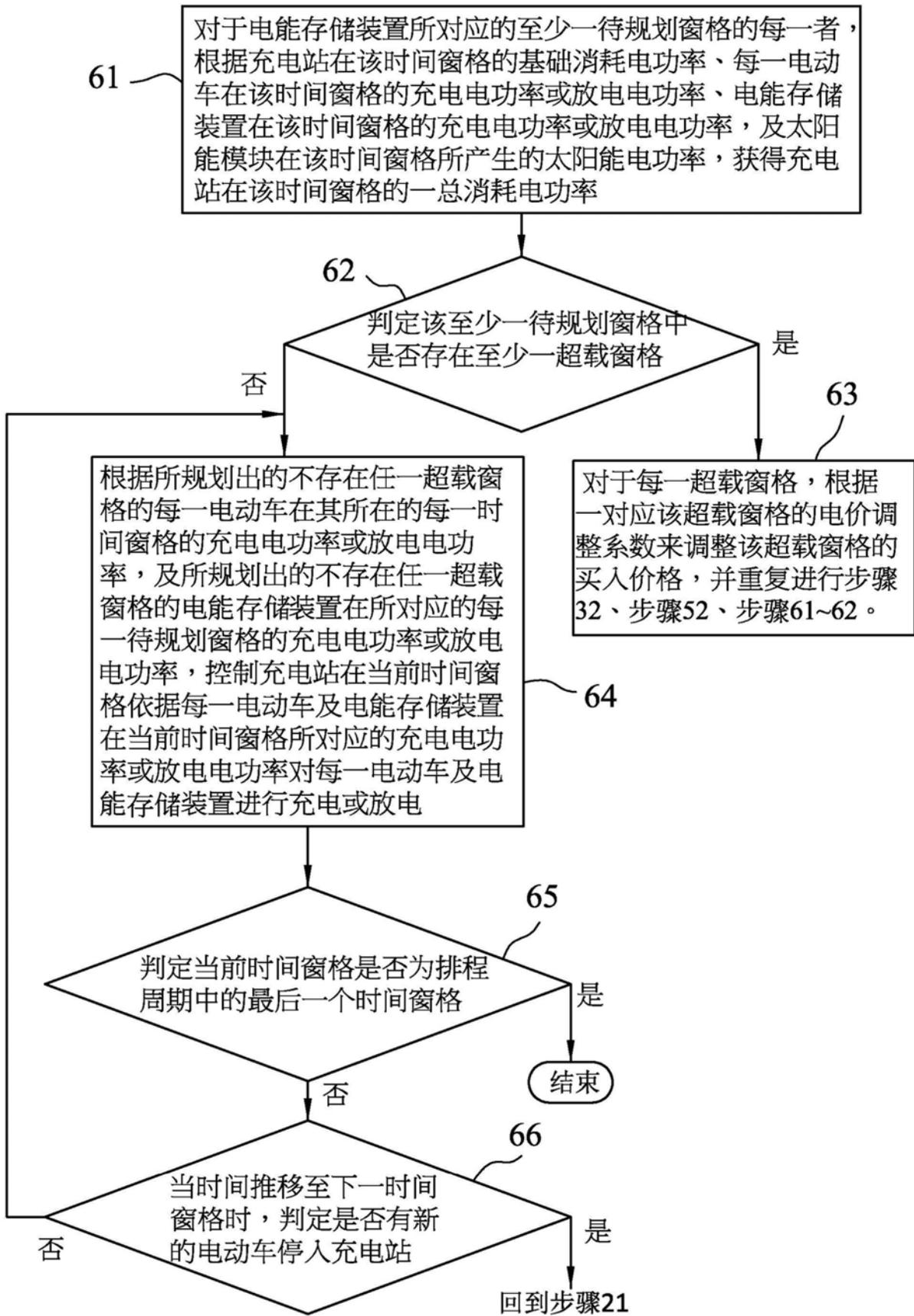


图6

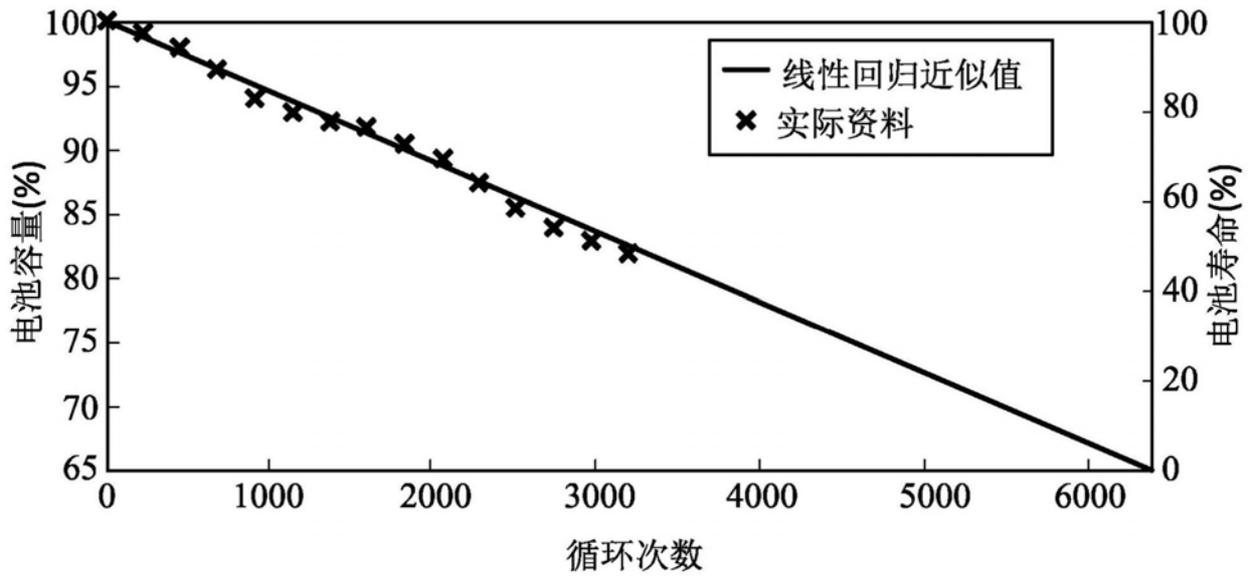


图7