



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108515868 B

(45)授权公告日 2020.06.09

(21)申请号 201810368271.0

(22)申请日 2018.04.23

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108515868 A

(43)申请公布日 2018.09.11

(73)专利权人 国网福建省电力有限公司厦门供电公司

地址 361000 福建省厦门市思明区湖滨南路21号

专利权人 国网福建省电力有限公司

(72)发明人 熊军 刘文亮 柯清辉 林健
周建英 陈浩琿 孙明洁 黄媛
刘友波 刘俊勇

(74)专利代理机构 厦门市首创君合专利事务所有限公司 35204

代理人 杨依展 张迪

(51)Int.Cl.
B60L 53/63(2019.01)
B60L 53/64(2019.01)
H02J 3/00(2006.01)
G06Q 10/06(2012.01)
G06Q 50/06(2012.01)
G06N 3/12(2006.01)

(56)对比文件
US 2015316901 A1,2015.11.05,
KR 20150029120 A,2015.03.18,
审查员 王天照

权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

住宅小区电动汽车有序充电控制系统

(57)摘要

本发明提供了一种住宅小区电动汽车有序充电控制系统,包括数据采集管理模块、有序充电控制模块、数据分析查询展示模块;所述数据采集管理模块连接所述数据分析查询展示模块,所述数据分析查询展示模块连接所述有序充电控制模块;应用本技术方案可实现电动汽车充电成本的最优及整体负荷的峰谷差最小的有序充电控制。



1. 一种住宅小区电动汽车有序充电控制系统,其特征包括数据采集管理模块、有序充电控制模块、数据分析查询展示模块;所述数据采集管理模块连接所述数据分析查询展示模块,所述数据分析查询展示模块连接所述有序充电控制模块;

所述数据采集管理模块对充电桩的数据进行采集与交换后发送至所述数据分析查询展示模块;数据分析查询展示模块记录并储存电动汽车的充电信息及整个住宅小区的用电信息;统计并分析电动汽车充电电流电压变化曲线、电动汽车的电池在充电过程中的荷电状态后,将数据发送至所述有序充电控制模块;

所述有序充电控制模块根据接收到的数据完成有序充电的算法实现后,发送信号至充电桩与配电系统断路器的开关,控制所述充电桩及配电系统断路器的开启与关闭;

所述电动汽车充电信息包括:返回时刻的荷电状态 $SOC_{end,i}$ 、充电时长 T_i 、充电结束时刻 $T_{end,i}$ 、电动汽车的停留时间 $T_{stay,i}$:

$$SOC_{end,i} = SOC_{start,i} - \frac{D_i W_i}{100 S_i} \quad (1)$$

其中, $SOC_{start,i}$ 代表初始时刻的荷电状态; D_i 代表电动汽车的行驶距离; W_i 代表电动汽车的每百公里耗电量, S_i 代表电池容量;

$$T_i = \frac{SOC_{end,i} - SOC_{start,i}}{P_i \times \eta_i} \quad (2)$$

其中, P_i 代表电动汽车的充电功率; η_i 代表电动汽车的充电效率;

$$T_{end,i} = T_{start,i} + T_i \quad (3)$$

$$T_{stay,i} = T_{leave,i} - T_{back,i} \quad (4);$$

其中, $T_{leave,i}$ 代表电动汽车的离开时刻, $T_{back,i}$ 代表电动汽车的返回时刻;

当以电动汽车的充电成本最优为目标时为第一阶段,如式(5)所示:

$$f(x) = \min \sum_{i=1}^n \sum_{j=t_{start,i}}^{t_{end,i}} C(t) P_{i,j} \Delta t \quad (5)$$

其中, $f(x)$ 代表电动汽车的最优充电成本函数;

式中:用 n 表示住宅小区电动汽车的数量; $t_{end,i}$ 表示第 i 辆电动汽车的当日结束行程时间; $t_{start,i}$ 表示第 i 辆电动汽车的次日离家时间; $C(t)$ 表示第 i 台电动汽车在第 j 时段的峰谷电价,用式(6)描述:

$$C(t) = \begin{cases} C_v, & t_{c1} \leq t \leq t_{c2} \\ C_p, & t_{d1} \leq t \leq t_{d2} \\ C_n, & \text{其他} \end{cases} \quad (6)$$

式中: C_v 为谷电价, C_p 为峰电价, C_n 为平电价, $[t_{c1}, t_{c2}]$ 为谷电价时段; $[t_{d1}, t_{d2}]$ 为峰电价时段;

当以整个住宅小区的负荷波动为优化对象,以负荷的峰谷差最小为优化目标时为第二阶段,考虑小区配电设备容量的限制,如式(7)所示:

$$\min f_2 = \max_{0 \leq t \leq 23} (P_{load,t} + P_{EV,t}) - \min_{0 \leq t \leq 23} (P_{load,t} + P_{EV,t}) \quad (7)$$

其中, f_2 代表最小的负荷的峰谷差函数;

式中, $P_{load,t}$ 代表t时刻住宅小区的常规负荷, $P_{EV,t}$ 代表t时刻的所有电动汽车充电负荷;

此外还需要满足以下约束:

$$SOC_{exp,i} \leq SOC_{start,i} \leq 1 \quad (8);$$

其中, $SOC_{exp,i}$ 代表用户期望的电动汽车荷电量;

$$T_{exp-leave,i} \leq T_{start,i} + \frac{SOC_{except,i} - SOC_{end,i}}{P_i \eta_i} \quad (9);$$

其中, $T_{exp-leave,i}$ 代表用户的期望离开时刻, $T_{start,i}$ 代表电动汽车的初始充电时刻; $SOC_{except,i}$ 代表用户的期望电动汽车荷电量;

$$\sum_{i=0}^n P_{i,j} + P_{load,j} \leq P_{transform} \quad j \in (0,23) \quad (10);$$

其中, $P_{transform}$ 代表配电变压器的容量;

式中, $P_{load,j}$ 代表j时刻的住宅用户的功率, $P_{i,j}$ 表示第i台电动汽车在第j时段的充电功率。

2. 根据权利要求1所述的住宅小区电动汽车有序充电控制系统,其特征还在于还包括配电生产管理系统、营销业务系统、用电采集系统、配电SCADAA系统;所述配电生产管理系统、营销业务系统、用电采集系统、配电SCADAA系统用于获取住宅用户的静态及动态信息、网络拓扑关系及电价信息后,发送至有序充电控制模块。

3. 根据权利要求2所述的住宅小区电动汽车有序充电控制系统,其特征还在于采用遍历的方法,求得电动汽车充电成本最优的可行方案解集,将其用二维数组方式表达为: $A = [A_{1,1}, L, A_{i,j}, L, A_{1,m}]$,其中i代表车辆的台数, m代表所对应的方案个数, $A_{i,j}$ 代表可选择的充电时段。

4. 根据权利要求3所述的住宅小区电动汽车有序充电控制系统,其特征还在于对考虑住宅小区整体负荷峰谷差的优化中采用遗传算法对第一阶段的可行性方案,求取满足式(7)目标函数的最优解,算法流程如下:

1) 从充电桩的监控采集系统中获取N辆电动汽车实际数据,包括第i辆电动汽车的 $t_{end,i}$ 、 $t_{start,i}$ 和 D_i ($1 \leq i \leq N$),确定其相应的荷电状态及未来的出行安排;

2) 获取住宅用户的用电负荷数据及电价信息;

3) 利用遍历计算电动汽车用户的最优充电成本的可行解;

4) 利用遗传算法求取满足配网容量约束下的住宅小区负荷峰谷差最小的充电方案。

住宅小区电动汽车有序充电控制系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种电动汽车领域,具体是指一种住宅小区电动汽车有序充电控制系统。

背景技术

[0002] 随着人们对环境和能源的日益关注和重视,电动汽车以其环保、节能等优势受到各国政府的积极扶持,其普及程度大大提高了。国家对居民用户购买电动汽车的补贴不断提高,居民购买电动汽车的意愿也日益强烈。目前,用户的日用电需求均能在车载电池的容量范围内,因此大规模电动汽车的渗入已成趋势,也成为新的负荷增长点。随着大规模电动汽车负荷的急剧增多,而住宅小区因为用地限制和昂贵的改造成本,不具备新建专门供电设施的条件,不利于电动汽车的大规模接入,从而不利于电动汽车的普及,那么交通工具方面的能源消耗则无法响应改善环境与节约能源的号召。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于克服上述现有技术中的不足,提供一种住宅小区电动汽车有序充电控制系统,实现电动汽车充电成本的最优及整体负荷的峰谷差最小的有序充电控制。

[0004] 为了解决上述技术问题,本发明提供了一种住宅小区电动汽车有序充电控制系统,包括数据采集管理模块、有序充电控制模块、数据分析查询展示模块;所述数据采集管理模块连接所述数据分析查询展示模块,所述数据分析查询展示模块连接所述有序充电控制模块;

[0005] 所述数据采集管理模块对充电桩的数据进行采集与交换后发送至所述数据分析查询展示模块;数据分析查询展示模块记录并储存电动汽车的充电信息及整个住宅小区的用电信息;统计并分析电动汽车充电电流电压变化曲线、电动汽车的电池在充电过程中的荷电状态后,将数据发送至所述有序充电控制模块;

[0006] 所述有序充电控制模块根据接收到的数据完成有序充电的算法实现后,发送信号至充电桩与配电系统断路器的开关,控制所述充电桩及配电系统断路器的开启与关闭;

[0007] 所述电动汽车充电信息包括:返回时刻的荷电状态 $SOC_{end,i}$ 、充电时长 T_i 、充电结束时刻 $T_{end,i}$ 、电动汽车的停留时间 $T_{stay,i}$;

$$[0008] \quad SOC_{end,i} = SOC_{start,i} - \frac{D_i W_i}{100 S_i} \quad (1)$$

[0009] 其中, $SOC_{start,i}$ 代表初始时刻的荷电状态; D_i 代表电动汽车的行驶距离; W_i 代表电动汽车的每百公里耗电量, S_i 代表电池容量;

$$[0010] \quad T_i = \frac{SOC_{end,i} - SOC_{start,i}}{P_i \times \eta_i} \quad (2)$$

[0011] 其中, P_i 代表电动汽车的充电功率; η_i 代表电动汽车的充电效率;

$$[0012] \quad T_{end,i} = T_{start,i} + T_i \quad (3)$$

[0013] $T_{\text{stay},i} = T_{\text{leave},i} - T_{\text{back},i}$ (4);

[0014] 其中, $T_{\text{leave},i}$ 代表电动汽车的离开时刻, $T_{\text{back},i}$ 代表电动汽车的返回时刻;

[0015] 当以电动汽车的充电成本最优为目标时为第一阶段, 如式 (5) 所示:

$$[0016] \quad f(x) = \min \sum_{i=1}^n \sum_{j=t_{\text{start},i}}^{t_{\text{end},i}} C(t) P_{i,j} \Delta t \quad (5)$$

[0017] 其中, $f(x)$ 代表电动汽车的最优充电成本函数;

[0018] 式中: 用 n 表示住宅小区电动汽车的数量; $t_{\text{end},i}$ 表示第 i 辆电动汽车的当日结束行程时间; $t_{\text{start},i}$ 表示第 i 辆电动汽车的次日离家时间; $C(t)$ 表示第 i 台电动汽车在第 j 时段的峰谷电价, 用式 (6) 描述:

$$[0019] \quad C(t) = \begin{cases} C_v, & t_{c1} \leq t \leq t_{c2} \\ C_p, & t_{d1} \leq t \leq t_{d2} \\ C_n, & \text{其他} \end{cases} \quad (6)$$

[0020] 式中: C_v 为谷电价, C_p 为峰电价, C_n 为平电价, $[t_{c1}, t_{c2}]$ 为谷电价时段; $[t_{d1}, t_{d2}]$ 为峰电价时段;

[0021] 当以整个住宅小区的负荷波动为优化对象, 以负荷的峰谷差最小为优化目标时为第二阶段, 考虑小区配电设备容量的限制, 如式 (7) 所示:

$$[0022] \quad \min f_2 = \max_{0 \leq t \leq 23} (P_{\text{load},t} + P_{\text{EV},t}) - \min_{0 \leq t \leq 23} (P_{\text{load},t} + P_{\text{EV},t}) \quad (7)$$

[0023] 其中, f_2 代表最小的负荷的峰谷差函数;

[0024] 式中, $P_{\text{load},t}$ 代表 t 时刻住宅小区的常规负荷, $P_{\text{EV},t}$ 代表 t 时刻的所有电动汽车充电负荷;

[0025] 此外还需要满足以下约束:

$$[0026] \quad \text{SOC}_{\text{exp},i} \leq \text{SOC}_{\text{start},i} \leq 1 \quad (8);$$

[0027] 其中, $\text{SOC}_{\text{exp},i}$ 代表用户期望的电动汽车荷电量;

$$[0028] \quad T_{\text{exp-leave},i} \leq T_{\text{start},i} + \frac{\text{SOC}_{\text{except},i} - \text{SOC}_{\text{end},i}}{P_i \eta_i} \quad (9);$$

[0029] 其中, $T_{\text{exp-leave},i}$ 代表用户的期望离开时刻, $T_{\text{start},i}$ 代表电动汽车的初始充电时刻; $\text{SOC}_{\text{expect},i}$ 代表用户的期望电动汽车荷电量;

$$[0030] \quad \sum_{i=0}^n P_{i,j} + P_{\text{load},j} \leq P_{\text{transform}} \quad j \in (0,23) \quad (10);$$

[0031] 其中, $P_{\text{transform}}$ 代表配电变压器的容量;

[0032] 式中, $P_{\text{load},j}$ 代表 j 时刻的住宅用户的功率, $P_{i,j}$ 表示第 i 台电动汽车在第 j 时段的充电功率。

[0033] 在一较佳的实施例中, 还包括配电生产管理系统、营销业务系统、用电采集系统、配电 SCADA 系统; 所述配电生产管理系统、营销业务系统、用电采集系统、配电 SCADA 系统用于获取住宅用户的静态及动态信息、网络拓扑关系及电价信息后, 发送至有序充电控制模块。

[0034] 在一较佳的实施例中,采用遍历的方法,求得电动汽车充电成本最优的可行方案解集,将其用二维数组方式表达为: $A=[A_{1,1},L,A_{i,j},L,A_{1,m}]$,其中 i 代表车辆的台数, m 代表所对应的方案个数, $A_{i,j}$ 代表可选择的充电时段。

[0035] 在一较佳的实施例中,对考虑住宅小区整体负荷峰谷差的优化中采用遗传算法对第一阶段的可行性方案,求取满足式(7)目标函数的最优解,算法流程如下:

[0036] 1) 从充电桩的监控采集系统中获取 N 辆电动汽车实际数据,包括第 i 辆电动汽车的 $t_{end,i}$ 、 $t_{start,i}$ 和 D_i ($1 \leq i \leq N$),确定其相应的荷电状态及未来的出行安排;

[0037] 2) 获取住宅用户的用电负荷数据及电价信息;

[0038] 3) 利用遍历计算电动汽车用户的最优充电成本的可行解;

[0039] 4) 利用遗传算法求取满足配网容量约束下的住宅小区负荷峰谷差最小的充电方案。

[0040] 相较于现有技术,本发明的技术方案具备以下有益效果:

[0041] 本发明充分利用有线和无线通信进行信息交互,将电动汽车的有序充电策略与所在住宅小区的用电负荷相结合,并在峰谷电价的驱动下实现电动汽车的有序充电控制,从而保障电动汽车与电网的有序互动。不需要通过配电设备的扩容来满足充电负荷的增长,而是通过信息系统及电价机制的管理控制来实现电动汽车负荷的有序充电,能够充分实现用户与电网的互动。本系统在实施过程中能够利用峰谷时刻的电价调节灵活实现电动汽车充电负荷与住宅小区负荷特性多样性的有序管理,从而实现充电成本的最优及整体负荷的峰谷差最小的有序充电控制。

附图说明

[0042] 图1为本发明优选实施例中住宅小区电动汽车接入配电网的有序充电构架图;

[0043] 图2为本发明优选实施例中电动汽车有序充电的两阶段优化流程图。

具体实施方式

[0044] 下文结合附图和具体实施方式对本发明做进一步说明。

[0045] 一种住宅小区电动汽车有序充电控制系统,包括数据采集管理模块、有序充电控制模块、数据分析查询展示模块;所述数据采集管理模块连接所述数据分析查询展示模块,所述数据分析查询展示模块连接所述有序充电控制模块;

[0046] 参考图1至2,所述数据采集管理模块对充电桩的数据进行采集与交换后发送至所述数据分析查询展示模块;数据分析查询展示模块记录并储存电动汽车的充电信息及整个住宅小区的用电信息;统计并分析电动汽车充电电流电压变化曲线、电动汽车的电池在充电过程中的荷电状态后,将数据发送至所述有序充电控制模块;所述住宅小区的用电信息通过配电生产管理系统、营销业务系统、用电采集系统、配电SCADAA系统获取;所述配电生产管理系统、营销业务系统、用电采集系统、配电SCADAA系统用于获取住宅用户的静态及动态信息、网络拓扑关系及电价信息后,发送至有序充电控制模块。

[0047] 所述有序充电控制模块根据接收到的数据完成有序充电的算法实现后,发送信号至充电桩与配电系统断路器的开关,控制所述充电桩及配电系统断路器的开启与关闭。

[0048] 所述电动汽车充电信息包括:返回时刻的荷电状态 $SOC_{end,i}$ 、充电时长 T_i 、充电结束

时刻 $T_{end,i}$ 、电动汽车的停留时间 $T_{stay,i}$ ：

$$[0049] \quad SOC_{end,i} = SOC_{start,i} - \frac{D_i W_i}{100 S_i} \quad (1)$$

[0050] 其中, $SOC_{start,i}$ 代表初始时刻的荷电状态; D_i 代表电动汽车的行驶距离; W_i 代表电动汽车的每百公里耗电量, S_i 代表电池容量;

$$[0051] \quad T_i = \frac{SOC_{end,i} - SOC_{start,i}}{P_i \times \eta_i} \quad (2)$$

[0052] 其中, P_i 代表电动汽车的充电功率; η_i 代表电动汽车的充电效率;

$$[0053] \quad T_{end,i} = T_{start,i} + T_i \quad (3)$$

$$[0054] \quad T_{stay,i} = T_{leave,i} - T_{back,i} \quad (4);$$

[0055] 其中, $T_{leave,i}$ 代表电动汽车的离开时刻, $T_{back,i}$ 代表电动汽车的返回时刻;

[0056] 当以电动汽车的充电成本最优为目标时为第一阶段,如式(5)所示:

$$[0057] \quad f(x) = \min \sum_{i=1}^n \sum_{j=t_{start,i}}^{t_{end,i}} C(t) P_{i,j} \Delta t \quad (5)$$

[0058] 其中, $f(x)$ 代表电动汽车的最优充电成本函数;

[0059] 式中:用 n 表示住宅小区电动汽车的数量; $t_{end,i}$ 表示第 i 辆电动汽车的当日结束行程时间; $t_{start,i}$ 表示第 i 辆电动汽车的次日离家时间; $C(t)$ 表示第 i 台电动汽车在第 j 时段的峰谷电价,用式(6)描述:

$$[0060] \quad C(t) = \begin{cases} C_v, & t_{c1} \leq t \leq t_{c2} \\ C_p, & t_{d1} \leq t \leq t_{d2} \\ C_n, & \text{其他} \end{cases} \quad (6)$$

[0061] 式中: C_v 为谷电价, C_p 为峰电价, C_n 为平电价, $[t_{c1}, t_{c2}]$ 为谷电价时段; $[t_{d1}, t_{d2}]$ 为峰电价时段; Δt 为时间长度;

[0062] 当以整个住宅小区的负荷波动为优化对象,以负荷的峰谷差最小为优化目标时为第二阶段,考虑小区配电设备容量的限制,如式(7)所示:

$$[0063] \quad \min f_2 = \max_{0 \leq t \leq 23} (P_{load,t} + P_{EV,t}) - \min_{0 \leq t \leq 23} (P_{load,t} + P_{EV,t}) \quad (7)$$

[0064] 其中, f_2 代表最小的负荷的峰谷差函数;

[0065] 式中, $P_{load,t}$ 代表 t 时刻住宅小区的常规负荷, $P_{EV,t}$ 代表 t 时刻的所有电动汽车充电负荷;

[0066] 此外还需要满足以下约束:

$$[0067] \quad SOC_{exp,i} \leq SOC_{start,i} \leq 1 \quad (8);$$

[0068] 其中, $SOC_{exp,i}$ 代表用户期望的电动汽车荷电量;

$$[0069] \quad T_{exp-leave,i} \leq T_{start,i} + \frac{SOC_{except,i} - SOC_{end,i}}{P_i \eta_i} \quad (9);$$

[0070] 其中, $T_{\text{exp-leave},i}$ 代表用户的期望离开时刻, $T_{\text{start},i}$ 代表电动汽车的初始充电时刻; $\text{SOC}_{\text{expect},i}$ 代表用户的期望电动汽车荷电量;

$$[0071] \quad \sum_{i=0}^n P_{i,j} + P_{\text{load},j} \leq P_{\text{transform}} \quad j \in (0,23) \quad (10);$$

[0072] 其中, $P_{\text{transform}}$ 代表配电变压器的容量;

[0073] 式中, $P_{\text{load},j}$ 代表 j 时刻的住宅用户的功率, $P_{i,j}$ 表示第 i 台电动汽车在第 j 时段的充电功率。

[0074] 具体来说,采用遍历的方法,求得电动汽车充电成本最优的可行方案解集,将其用二维数组方式表达为: $A = [A_{1,1}, L, A_{i,j}, L, A_{1,m}]$, 其中 i 代表车辆的台数, m 代表所对应的方案个数, $A_{i,j}$ 代表可选择的充电时段。

[0075] 具体来说,对考虑住宅小区整体负荷峰谷差的优化中采用遗传算法 (Genetic Algorithm, GA) 对第一阶段的可行性方案,求取满足式 (7) 目标函数的最优解,算法流程如下:

[0076] 1) 从充电桩的监控采集系统中获取 N 辆电动汽车实际数据,包括第 i 辆电动汽车的 $t_{\text{end},i}$ 、 $t_{\text{start},i}$ 和 D_i ($1 \leq i \leq N$), 确定其相应的荷电状态及未来的出行安排;

[0077] 2) 获取住宅用户的用电负荷数据及电价信息;

[0078] 3) 利用遍历计算电动汽车用户的最优充电成本的可行解;

[0079] 4) 利用遗传算法求取满足配网容量约束下的住宅小区负荷峰谷差最小的充电方案。

[0080] 综上所述,住宅小区电动汽车的有序充电控制以对充电桩的监控数据为基础,结合配电网的实时运行数据进行有序充电控制。其构架结构如图1所示,第一步,充电信息交互,即充电起、止时间及充电电流的需求信息获取;第二步,广播信息配电网预测负荷 $i-1$ 辆电动汽车的充电计划;第三步,有序充电控制;第四步,下传充电计划。电动汽车控制中心负责对电动汽车充电桩进行集中管理,对电动汽车的充放电信息进行收集和传递,接收住宅小区所在的配电网用电信息及设备容量信息,对电动汽车进行有序充电控制。采用有线或无线通信方式相结合的方式对充电桩进行实时监控,获取电动汽车的基本运行状态信息、用户的用车信息,从而实现对住宅小区电动汽车的有序充电控制。

[0081] 以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明的设计构思并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,利用此构思对本发明进行非实质性的改动,均属于侵犯本发明保护范围的行为。



图1

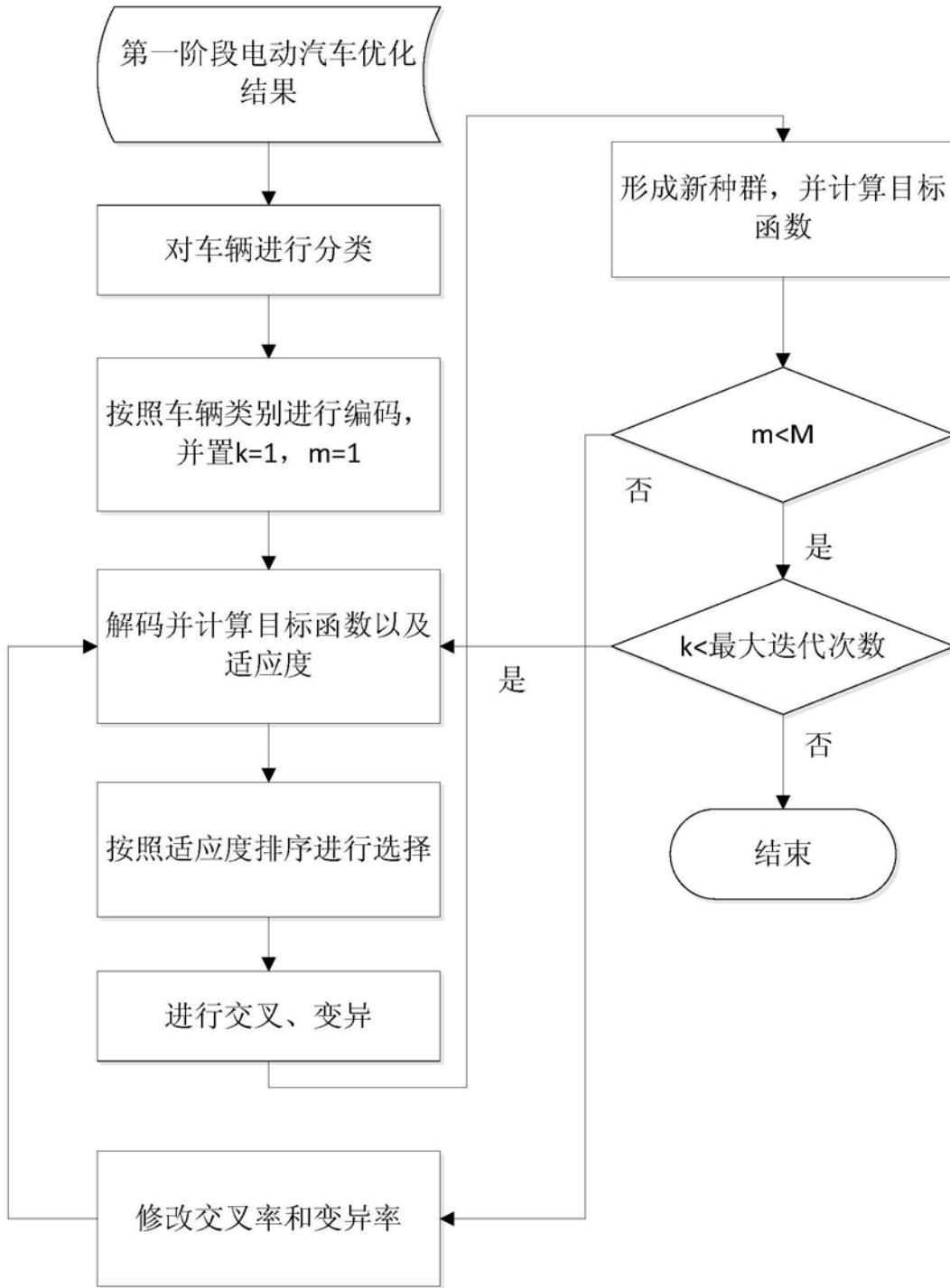


图2