



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107039697 B

(45)授权公告日 2019.03.08

(21)申请号 201710358014.4

(22)申请日 2017.05.19

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107039697 A

(43)申请公布日 2017.08.11

(73)专利权人 国网山东省电力公司莱芜供电公司

地址 271100 山东省莱芜市鲁中西大街21号

专利权人 国家电网公司

(72)发明人 段美琪 段辉 颜廷利 赵全富
蔺凯 邱金燕 刘灵慧 李淑云
毕胜华 韩明 李季 马帅 王超

(74)专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限公司 37221

代理人 黄海丽

(51)Int.Cl.
H01M 10/44(2006.01)
B60L 53/31(2019.01)
B60L 53/64(2019.01)

审查员 崔海洋

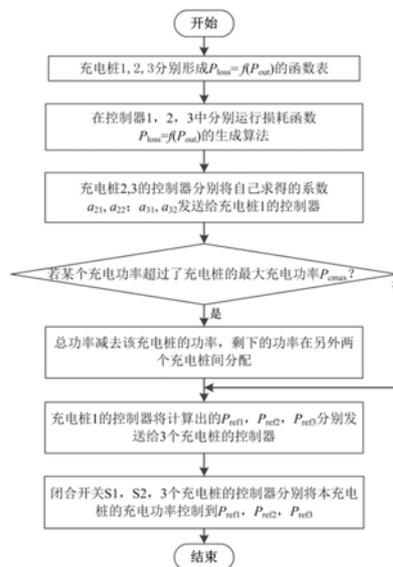
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种基于最优效率的多功率段充电方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于最优效率的多功率段充电方法,包括多个充电桩,每个充电桩都设有AC-DC变换器、通讯装置和控制器,相邻充电桩通过连接装置电连接,包括:每个控制器间隔设定时间计算各自AC-DC变换器的输入功率、输出功率以及功率损耗;每个控制器根据计算得到的功率损耗拟合出功率损耗关于输出功率的损耗函数;相邻设定个数的控制器将各自的损耗函数发送给其中一个控制器,该控制器作为主控制器进行优化计算,计算出每个充电桩的最优充电功率然后发送给相应的控制器;相邻充电桩通过连接装置电连接,按照接收到的最优充电功率进行充电。既能保证充电桩完成多种不同功率需求下的充电任务,又能保证充电过程中电力损失最小。



1. 一种基于最优效率的多功率段充电方法,包括多个充电桩,每个充电桩都设有AC-DC变换器、通讯装置和控制器,相邻充电桩通过连接装置电连接,其特征是,包括以下步骤:

步骤一,每个控制器间隔设定时间计算各自AC-DC变换器的输入功率、输出功率以及功率损耗;

步骤二,每个控制器根据计算得到的功率损耗拟合出功率损耗关于输出功率的损耗函数;

步骤三,相邻设定个数的控制器将各自的损耗函数发送给其中一个控制器,该控制器作为主控制器进行优化计算,计算出每个充电桩的最优充电功率然后发送给相应的控制器;

步骤四,相邻充电桩通过连接装置电连接,按照接收到的最优充电功率进行充电;

所述步骤二中,利用最小二乘法对离散数据进行拟合,拟合的损耗函数为:

$$P_{loss} = f(P_{out}) = a_0 + a_1 P_{out} + a_2 P_{out}^2, \text{其中} a_0, a_1, a_2 \text{为拟合得到的系数};$$

所述步骤三中,优化过程中以所有充电桩的功率损耗之和最小为目标函数;所述步骤三中,优化过程中的约束条件包括:所得最优充电功率之和为电动汽车的充电功率,每个最优充电功率大于等于0且不超过充电桩的最大充电功率。

2. 如权利要求1所述一种基于最优效率的多功率段充电方法,其特征是,所述步骤一中,功率损耗等于输入功率减去输出功率。

3. 如权利要求1所述一种基于最优效率的多功率段充电方法,其特征是,所述充电桩有三个时,每个充电桩拟合得到的系数分别为 $a_{10}, a_{11}, a_{12}; a_{20}, a_{21}, a_{22}; a_{30}, a_{31}, a_{32}$,则最优解通过以下方程获得:

$$\begin{aligned} a_{11} + a_{12} P_{ref1} &= a_{21} + a_{22} P_{ref2} \\ a_{21} + a_{22} P_{ref2} &= a_{31} + a_{32} P_{ref3} \\ P_{ref1} + P_{ref2} + P_{ref3} &= \max(P_{EV}, 3P_{Cmax}) \end{aligned}$$

其中 $P_{ref1}, P_{ref2}, P_{ref3}$ 分别为3个充电桩的最优充电功率, P_{EV} 为电动汽车的充电功率, P_{Cmax} 为充电桩的最大充电功率。

4. 如权利要求3所述一种基于最优效率的多功率段充电方法,其特征是,当 $P_{ref1} > P_{Cmax}$ 时,通过以下方程计算 P_{ref2}, P_{ref3} ,

$$\begin{aligned} a_{21} + a_{22} P_{ref2} &= a_{31} + a_{32} P_{ref3} \\ P_{ref2} + P_{ref3} &= \max(P_{EV} - P_{Cmax}, 2P_{Cmax}) \end{aligned}$$

一种基于最优效率的多功率段充电方法

技术领域

[0001] 本发明涉及技术领域,尤其涉及一种基于最优效率的多功率段充电方法。

背景技术

[0002] 随着电力驱动技术、电池储能技术的不断发展,电动汽车数量不断增长。目前针对电动汽车的研究主要集中于家用轿车领域,在不久的将来,电动汽车的应用领域不会只局限在家用领域,在公共汽车领域、小型运输卡车领域都将有广阔的发展前景。充电桩的建设在促进电动汽车发展过程中起着重要的作用,现有充电桩多是根据家用轿车等小型充电负载的要求设计,在满足小型充电负载充电功率要求的同时也会留有一定的余量。当大型充电桩使用针对小型负载充电桩时,便无法满足充电功率的需求,完成充电需要耗费大量的时间。

[0003] 现有技术中提出一种多功率段并联充电技术,能够有效利用空闲的充电桩,即能满足小功率充电负荷的需求,也能满足大功率充电负荷的需求。其基本思想是与相邻充电桩组成并联充电系统,对于大功率充电负荷,最多可以让3个充电桩同时为充电负荷供电,提升了充电桩的利用率,也提高了大功率充电负荷的充电功率要求。

[0004] 但当多个充电桩同时给充电负荷充电时,现有控制方法采用主充电桩控制电压、从充电桩满功率输出控制方法。对于基于电力电子设备的充电桩而言,充电功率过大或过小时充电效率低,充电桩电能损耗大,会降低充电站的运营经济性。因此当多个充电桩同时给充电负荷充电时,现有控制方法难以保证工作在效率最优状态。急需一种既能保证多个充电桩并联充电,又能多个充电桩工作在效率最优状态的方法,能够有效降低充电过程中的电力损失,缓解充电过程中充电桩的发热情况。

发明内容

[0005] 本发明的目的就是为了解决上述问题,提供一种基于最优效率的多功率段充电方法,既能保证充电桩完成多种不同功率需求下的充电任务,又能保证充电过程中电力损失最小。

[0006] 为了实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0007] 一种基于最优效率的多功率段充电方法,包括多个充电桩,每个充电桩都设有AC-DC变换器、通讯装置和控制器,相邻充电桩通过连接装置电连接,包括以下步骤:

[0008] 步骤一,每个控制器间隔设定时间计算各自AC-DC变换器的输入功率、输出功率以及功率损耗;

[0009] 步骤二,每个控制器根据计算得到的功率损耗拟合输出功率损耗关于输出功率的损耗函数;

[0010] 步骤三,相邻设定个数的控制器将各自的损耗函数发送给其中一个控制器,该控制器作为主控制器进行优化计算,计算出每个充电桩的最优充电功率然后发送给相应的控制器;

- [0011] 步骤四,相邻充电桩通过连接装置电连接,按照接收到的最优充电功率进行充电。
- [0012] 所述步骤一中,功率损耗等于输入功率减去输出功率。
- [0013] 所述步骤一中,利用最小二乘法对离散数据进行拟合,拟合的损耗函数为:
- [0014] $P_{loss} = f(P_{out}) = a_0 + a_1 P_{out} + a_2 P_{out}^2$,其中 a_0 、 a_1 、 a_2 为拟合得到的系数。
- [0015] 所述步骤三中,优化过程中以所有充电桩的功率损耗之和最小为目标函数。
- [0016] 所述步骤三中,优化过程中的约束条件包括:所得最优充电功率之和为电动汽车的充电功率,每个最优充电功率大于等于0且不超过充电桩的最大充电功率。
- [0017] 所述充电桩有三个时,每个充电桩拟合得到的系数分别为 $a_{10}, a_{11}, a_{12}; a_{20}, a_{21}, a_{22}; a_{30}, a_{31}, a_{32}$,则最优解通过以下方程获得:
- [0018] $a_{11} + a_{12} P_{ref1} = a_{21} + a_{22} P_{ref2}$
- [0019] $a_{21} + a_{22} P_{ref2} = a_{31} + a_{32} P_{ref3}$
- [0020] $P_{ref1} + P_{ref2} + P_{ref3} = \max(P_{EV}, 3P_{Cmax})$,
- [0021] 其中 $P_{ref1}, P_{ref2}, P_{ref3}$ 分别为3个充电桩的最优充电功率, P_{EV} 为电动汽车的充电功率,
- [0022] P_{Cmax} 为充电桩的最大充电功率
- [0023] 当 $P_{ref1} > P_{Cmax}$ 时,通过以下方程计算 P_{ref2}, P_{ref3} ,
- [0024] $a_{21} + a_{22} P_{ref2} = a_{31} + a_{32} P_{ref3}$
- [0025] $P_{ref2} + P_{ref3} = \max(P_{EV} - P_{Cmax}, 2P_{Cmax})$ 。
- [0026] 本发明的有益效果:
- [0027] 本发明既能保证多个充电桩并联充电,又能保证多个充电桩工作在效率最优状态,能够有效降低充电过程中的电力损失,缓解充电过程中充电桩的发热情况。

附图说明

- [0028] 图1为多功率段并联充电系统整体结构图;
- [0029] 图2为充电桩控制示意图;
- [0030] 图3为本发明的工作流程图。

具体实施方式

- [0031] 下面结合附图与实施例对本发明作进一步说明。
- [0032] 如图1-2所示,一种基于最优效率的多功率段充电方法所依赖的充电系统,包括多个充电桩,本实施例以三个为例进行说明,每个充电桩都设有AC-DC变换器、通讯装置和控制器,相邻充电桩通过连接装置电连接。
- [0033] 所述通讯装置用来在相邻充电桩间、充电桩与电动汽车间传递所需的控制信号。
- [0034] 所述充电桩间的连接装置能够根据指令进行闭合、打开动作。
- [0035] 所述充电桩中的AC-DC变换器具有检测输出电压电流、输出电压电流的功能。
- [0036] 定义电动汽车的充电功率为 P_{EV} ,充电桩的最大充电功率为 P_{Cmax} 。充电桩中的控制器每隔 t_{record} 记录一次AC-DC变换器的输出电压电流有效值和输出电压电流有效值,并计算出输出功率和输入功率 P_{in} 和 P_{out} 。控制器计算出功率损耗 P_{loss} , $P_{loss} = P_{in} - P_{out}$,对输出功率取整数,并在控制器中对应于输出功率的位置存储功率损耗,相当于形成了一个 $P_{loss} = f$

(P_{out})的函数表。该过程不需要单独进行,只需在给电动汽车充电过程中记录即可。充电桩的损耗特性随着使用年限的增长而发生微小变化,因此上述计算功率损耗的功能一直在运行。为避免数据记录量随着时间的增加而增长,新纪录的数据会覆盖原始数据,因此总的的数据量不变,设数据总量为 N ,这些数据表示为 (P_{outi}, P_{lossi}) ,其中 $i=1, 2, \dots, N$ 。

[0037] 在所述控制器加入损耗函数 $P_{loss}=f(P_{out})$ 的生成算法。该算法利用最小二乘方法对离散数据进行拟合,为简化计算,设损耗函数为

$$[0038] \quad P_{loss} = f(P_{out}) = a_0 + a_1 P_{out} + a_2 P_{out}^2$$

[0039] 其中 a_0, a_1, a_2 为待定系数,需要通过下面公式确定:

$$[0040] \quad \begin{bmatrix} \sum_{i=0}^N 1 & \sum_{i=0}^N P_{outi} & \sum_{i=0}^N P_{outi}^2 \\ \sum_{i=0}^N P_{outi} & \sum_{i=0}^N P_{outi}^2 & \sum_{i=0}^N P_{outi}^3 \\ \sum_{i=0}^N P_{outi}^2 & \sum_{i=0}^N P_{outi}^3 & \sum_{i=0}^N P_{outi}^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=0}^N P_{lossi} \\ \sum_{i=0}^N P_{outi} \cdot P_{lossi} \\ \sum_{i=0}^N P_{outi}^2 \cdot P_{lossi} \end{bmatrix}$$

[0041] 所述三个充电桩中的控制器都执行以上计算并确定本充电桩的损耗函数 $P_{loss}=f(P_{out})$ 。为区分三个充电桩的待定系数,现分别将充电桩的 a_0, a_1, a_2 待定系数表示为 $a_{10}, a_{11}, a_{12}; a_{20}, a_{21}, a_{22}; a_{30}, a_{31}, a_{32}$ 。

[0042] 所述充电桩2,3的控制器分别将自己求得的系数 $a_{21}, a_{22}; a_{31}, a_{32}$ 发送给充电桩1的控制器,充电桩1的控制器将进行优化计算,计算出3个充电桩的充电功率 $P_{ref1}, P_{ref2}, P_{ref3}$ 。 $P_{ref1}, P_{ref2}, P_{ref3}$ 可以通过求解以下最优化问题获得,目标函数和约束方程如下:

$$[0043] \quad \min P_{loss\text{total}} = P_{loss1} + P_{loss2} + P_{loss3} = f_1(P_{ref1}) + f_2(P_{ref2}) + f_3(P_{ref3})$$

$$[0044] \quad \text{s.t. } P_{ref1} + P_{ref2} + P_{ref3} = P_{EV}$$

$$[0045] \quad 0 \leq P_{ref1}, P_{ref2}, P_{ref3} \leq P_{C\text{max}}$$

[0046] 所述充电桩1的控制器将计算出的 $P_{ref1}, P_{ref2}, P_{ref3}$ 分别发送给3个充电桩的控制器。3个充电桩的控制器分别将本充电桩的充电功率控制到 $P_{ref1}, P_{ref2}, P_{ref3}$,如图2所示,其具体控制方法为业内公知常识。

[0047] 一种基于最优效率的多功率段充电方法,整个过程流程图如图3所示,包括以下步骤:

[0048] 1) 充电桩中的控制器每隔 t_{record} 记录一次AC-DC变换器的输出电压电流有效值和输出电压电流有效值,并计算出输出功率和输入功率 P_{in} 和 P_{out} 。控制器计算出功率损耗 $P_{loss}, P_{loss} = P_{in} - P_{out}$,对输出功率取整数,并在控制器中对应于输出功率的位置存储功率损耗,相当于形成了一个 $P_{loss} = f(P_{out})$ 的函数表。

[0049] 2) 在控制器1,2,3中分别运行损耗函数 $P_{loss} = f(P_{out})$ 的生成算法。该算法利用最小二乘方法对离散数据进行拟合,为简化计算,设损耗函数为

$$[0050] \quad P_{loss} = f(P_{out}) = a_0 + a_1 P_{out} + a_2 P_{out}^2$$

[0051] 其中 a_0, a_1, a_2 为待定系数,需要通过下面公式确定:

$$[0052] \quad \begin{bmatrix} \sum_{i=0}^N 1 & \sum_{i=0}^N P_{outi} & \sum_{i=0}^N P_{outi}^2 \\ \sum_{i=0}^N P_{outi} & \sum_{i=0}^N P_{outi}^2 & \sum_{i=0}^N P_{outi}^3 \\ \sum_{i=0}^N P_{outi}^2 & \sum_{i=0}^N P_{outi}^3 & \sum_{i=0}^N P_{outi}^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=0}^N P_{lossi} \\ \sum_{i=0}^N P_{outi} \cdot P_{lossi} \\ \sum_{i=0}^N P_{outi}^2 \cdot P_{lossi} \end{bmatrix}$$

[0053] $(P_{outi}, P_{lossi}), i=1, 2, \dots, N$, 来自于步骤1) 测得的 $P_{loss} = f(P_{out})$ 的函数表。为区分三个充电桩的待定系数, 现分别将充电桩的 a_0, a_1, a_2 待定系数表示为 $a_{10}, a_{11}, a_{12}; a_{20}, a_{21}, a_{22}; a_{30}, a_{31}, a_{32}$ 。

[0054] 3) 充电桩2, 3的控制器分别将自己求得的系数 $a_{21}, a_{22}; a_{31}, a_{32}$ 发送给充电桩1的控制器。

[0055] 4) 充电桩1的控制器将进行优化计算, 计算出3个充电桩的充电功率 $P_{ref1}, P_{ref2}, P_{ref3}$, 即计算以下优化问题的最优解:

$$[0056] \quad \min P_{loss\text{total}} = P_{loss1} + P_{loss2} + P_{loss3} = f_1(P_{ref1}) + f_2(P_{ref2}) + f_3(P_{ref3})$$

$$[0057] \quad \text{s.t. } P_{ref1} + P_{ref2} + P_{ref3} = P_{EV}$$

$$[0058] \quad 0 \leq P_{ref1}, P_{ref2}, P_{ref3} \leq P_{C\text{max}}$$

[0059] 通过求解以下方程获得:

$$[0060] \quad a_{11} + a_{12}P_{ref1} = a_{21} + a_{22}P_{ref2}$$

$$[0061] \quad a_{21} + a_{22}P_{ref2} = a_{31} + a_{32}P_{ref3}$$

$$[0062] \quad P_{ref1} + P_{ref2} + P_{ref3} = \max(P_{EV}, 3P_{C\text{max}})$$

[0063] 若某个充电功率超过了充电桩的最大充电功率 $P_{C\text{max}}$ (为方便说明, 以 $P_{ref1} > P_{C\text{max}}$ 为例进行说明)。再求解以下方程计算 P_{ref2}, P_{ref3} 。

$$[0064] \quad a_{21} + a_{22}P_{ref2} = a_{31} + a_{32}P_{ref3}$$

$$[0065] \quad P_{ref2} + P_{ref3} = \max(P_{EV} - P_{C\text{max}}, 2P_{C\text{max}})$$

[0066] 5) 所述充电桩1的控制器将计算出的 $P_{ref1}, P_{ref2}, P_{ref3}$ 分别发送给3个充电桩的控制器。

[0067] 6) 闭合开关 $S1, S2$, 3个充电桩的控制器分别将本充电桩的充电功率控制到 $P_{ref1}, P_{ref2}, P_{ref3}$ 。

[0068] 本发明各个充电桩的控制器首先采集本充电桩的输入功率和输出功率, 计算出个功率值时的充电桩损耗, 并利用数值分析方法拟合出输出功率和损耗的关系曲线 $f(P_{out})$ 。当电动汽车加入充电桩时, 充电桩能够综合考虑邻近充电桩的工作状况和整体充电效率最优原则, 合理分配参与充电的充电桩数量和每个充电桩的充电功率 P_{ref} 。既能保证充电桩完成多种不同功率需求下的充电任务, 又能保证充电过程中电力损失最小。

[0069] 上述虽然结合附图对本发明的具体实施方式进行了描述, 但并非对本发明保护范围的限制, 所属领域技术人员应该明白, 在本发明的技术方案的基础上, 本领域技术人员不需要付出创造性劳动即可做出的各种修改或变形仍在本发明的保护范围以内。

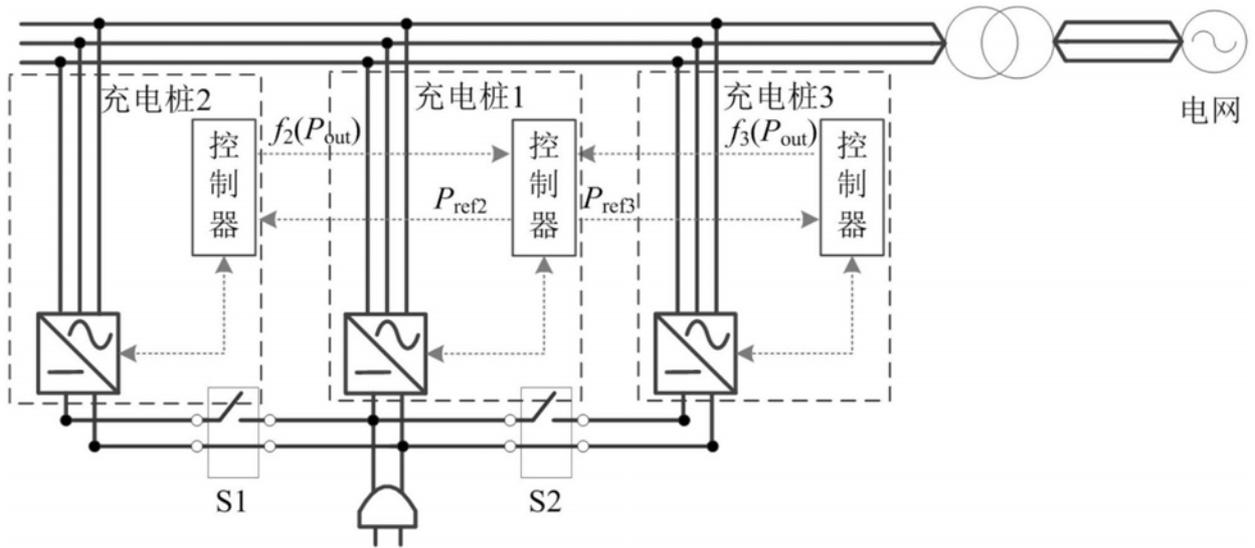


图1

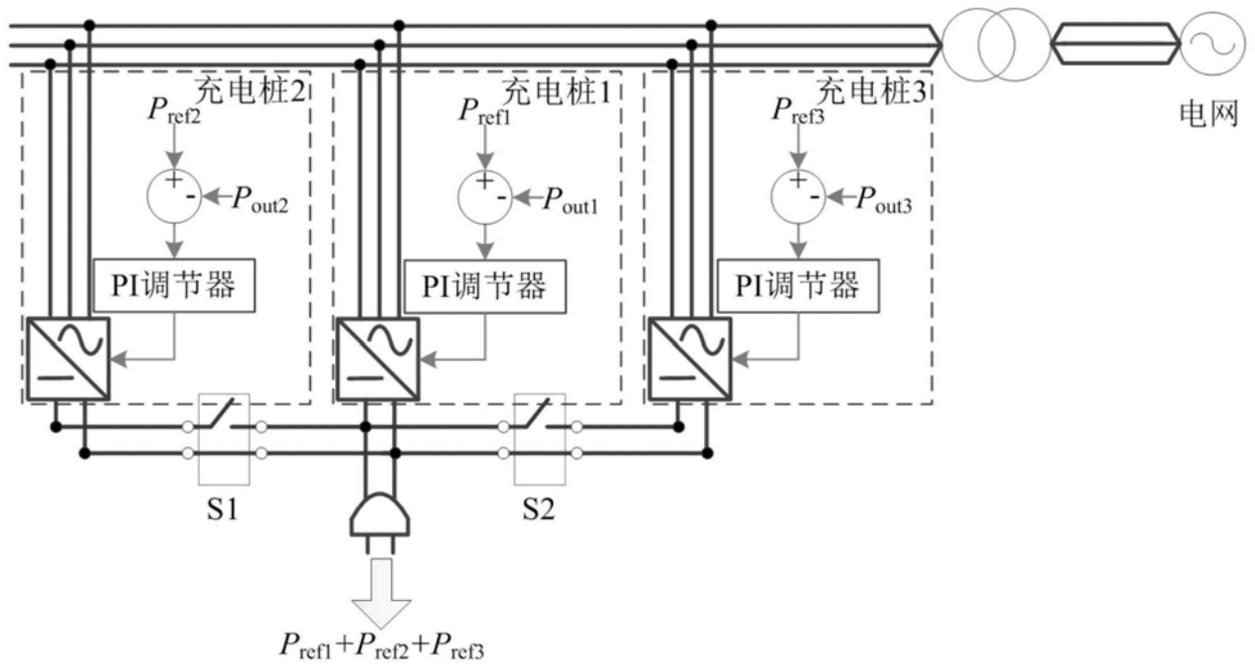


图2

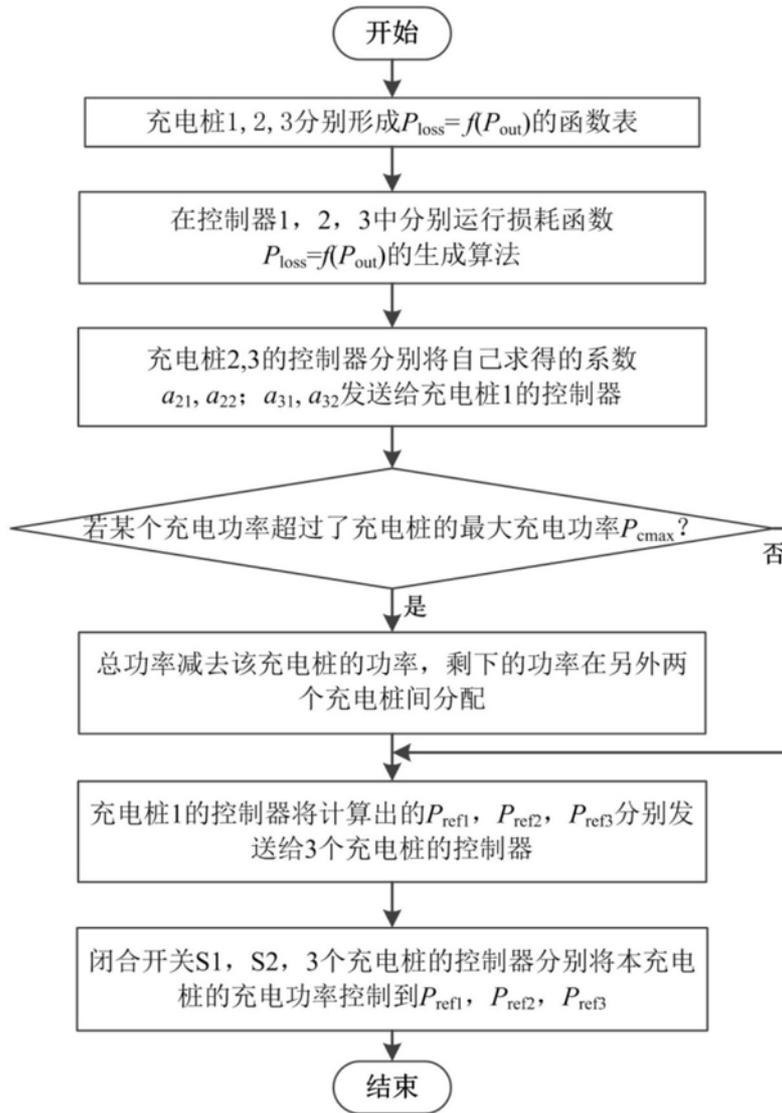


图3