



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103311942 B

(45) 授权公告日 2015. 05. 13

(21) 申请号 201310085662. 9

CN 102104251 A, 2011. 06. 22, 全文.

(22) 申请日 2013. 03. 18

CN 102522763 A, 2012. 06. 27, 全文.

(73) 专利权人 国家电网公司

CN 102624017 A, 2012. 08. 01, 全文.

地址 100031 北京市西城区西长安街 86 号

闫涛等. 基于电力电子模块技术的电力储能接入系统研究. 《河北电力技术》. 2009, 第 28 卷 (第 3 期), 17-20.

专利权人 中国电力科学研究院

河北省电力公司电力科学研究院

审查员 孔舒红

(72) 发明人 李建林 张浩 修晓青 惠东

高志强 王文新 孟良

(74) 专利代理机构 北京安博达知识产权代理有

限公司 11271

代理人 徐国文

(51) Int. Cl.

H02J 3/32(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101877486 A, 2010. 11. 03, 全文.

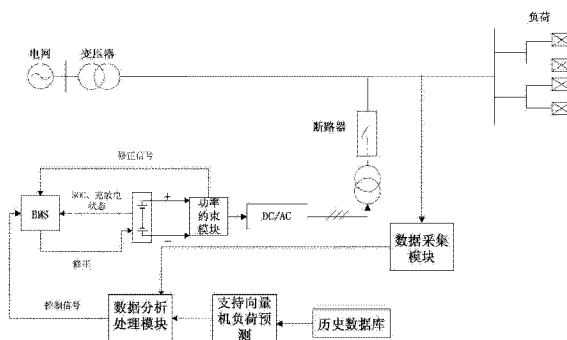
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种用于配电网削峰填谷的电池储能系统的控制方法

(57) 摘要

本发明公开了一种用于配电网削峰填谷的电池储能系统的控制方法, 根据负荷预测方法得到预测日日负荷曲线, 统计其峰、谷值; 设定储能系统参与后的合成出力低谷值, 设定合成出力峰值初始值; 将预测日负荷预测数据与已设定的合成出力低估值、合成出力峰值初始值相比较, 判断如下: 若负荷数据小于合成出力低谷值, 储能系统充电, 完成填谷; 若负荷数据大于合成出力峰值初始值, 储能系统放电, 完成削风, 使储能调节后的合成出力达到合成出力峰值初始值。本发明根据负荷曲线峰平谷时刻, 设定储能系统一日内“一充两放”, 既可满足削峰填谷要求, 又可以保持每日充放电平衡, 使电池使用寿命最长。并且本发明还可保证储能系统安全稳定运行。



1. 一种用于配电网削峰填谷的电池储能系统的控制方法,其特征在于,所述方法包括如下步骤:

(1) 对预测日日负荷进行数据预测,形成负荷曲线;

(2) 根据负荷曲线统计负荷预测数据峰值和谷值;

(3) 根据电池储能系统的容量配置和配电网削峰填谷目标,设定储能调节量,合成出力低谷值 P_{rg} ,并合成出力峰值 P_{peak} ;

(4) 基于预测日日负荷数据条数 M 对电池储能系统循环次数赋初值 $n = 1$;

(5) 比较预测日负荷数据分别与出力低谷值 P_{rg} 和出力峰值 P_{peak} 的大小关系并进行相应动作;

(6) 电池储能系统循环次数 $n = n+1$;

(7) 判断是否 $n < M$,是则返回步骤 (5),否则进入步骤 (8);

(8) 统计电池储能系统的充电电量和放电电量;

(9) 判断电池储能系统充放电是否平衡,平衡时结束所述控制方法;

步骤 (5) 根据预测日负荷数据分别与出力低谷值 P_{rg} 和出力峰值 P_{peak} 的大小关系进行相应动作的步骤包括:

当 $P_{fore} < P_{rg}$,判断是否满足 SOC 约束条件和功率约束条件,均满足则充电完成填谷;

当 $P_{fore} > P_{peak}$,判断是否满足 SOC 约束条件和功率约束条件,均满足则完成削峰,使电池储能调节后的合成出力达到合成出力峰值 P_{peak} ;

当 $P_{fore} \in [P_{rg}, P_{peak}]$ 范围内,电池储能系统不动作;

其中, P_{fore} 为负荷数据;

步骤 (9) 判断电池储能系统充放电是否平衡包括:

若充电电量大于放电电量,减小设定的合成出力峰值 P_{peak} 并返回步骤 (5);

若充电电量小于放电电量,增大设定的合成出力峰值 P_{peak} 并返回步骤 (5);

若充放电平衡,则结束此控制方法;

所述 SOC 约束条件包括:

1) $P_{fore} < P_{rg}$,即电池储能系统充电:

将采集的电池储能系统的 SOC 状态和电池储能系统设定 SOC 限值相比较:若电池实际 SOC 值不小于 SOC 上限值 SOC_{high} 时,启动电池储能系统越限保护,电池储能系统操作标示 $flag = 0$,电池储能系统停止动作;若电池实际 SOC 值小于 SOC 上限值 SOC_{high} ,电池储能系统操作标示 $flag = 1$,电池储能系统充电;

2) $P_{fore} > P_{peak}$,即电池储能系统放电:

将采集的电池储能系统的 SOC 和电池储能系统设定 SOC 限值相比较:若电池实际 SOC 值不大于 SOC 下限值 SOC_{low} 时,启动电池储能系统越限保护,电池储能系统操作标示 $flag = 0$,电池储能系统停止动作;若电池实际 SOC 值大于 SOC 下限值 SOC_{low} ,电池储能系统操作标示 $flag = -1$,电池储能系统放电;

所述功率约束条件包括:

① $P_{fore} < P_{rg}$,即电池储能系统充电:

将电池储能系统充电功率 P_{charge} 与电池储能系统中储能变流器中功率限值 P_{max} 相比较,若 $-P_{max} \leq P_{charge} \leq P_{max}$,电池储能系统充电;若 $P_{charge} < -P_{max}$ 或 $P_{charge} > P_{max}$,则对电池储能

系统充电功率进行修正,保证充电功率满足功率约束限制;

② $P_{\text{fore}} > P_{\text{peak}}$,即电池储能系统放电:

将电池储能系统放电功率 $P_{\text{discharge}}$ 与电池储能系统中储能逆变器中功率限值 P_{max} 相比较,若 $-P_{\text{max}} \leq P_{\text{discharge}} \leq P_{\text{max}}$,电池储能系统放电;若 $P_{\text{discharge}} < -P_{\text{max}}$ 或 $P_{\text{discharge}} > P_{\text{max}}$,则对电池储能系统放电功率进行修正,保证放电功率满足功率约束限制。

2. 如权利要求 1 所述的控制方法,其特征在于,步骤 (1) 在历史数据库中查找预测日上一一年同时期历史数据,结合预测日前期历史数据,对预测日日负荷进行数据预测。

3. 如权利要求 1 所述的控制方法,其特征在于,计算电池储能系统的充放电电量的表达式如下:

$$Q_{\text{charge}} = \sum_{i=1}^{m_1} \Delta P_{\text{charge}} \times \Delta T \times \eta_{\text{charge}};$$

$$Q_{\text{discharge}} = \left(\sum_{i=1}^{m_2} \Delta P_{\text{discharge}} \times \Delta T \right) / \eta_{\text{discharge}};$$

其中, ΔP_{charge} 、 $\Delta P_{\text{discharge}}$ 分别为充放电时刻电池储能系统出力需求; η_{charge} 、 $\eta_{\text{discharge}}$ 分别为电池储能系统充电效率和放电效率; ΔT 为负荷预测样本数据采样时间间隔; $1-m_1, m_2-m_3, \dots, m_{i-1}-m_i$ 为样本数据中需要储能不间断充电/放电的数据采样时刻,其中不间断充电时间是指为连续不放电时间,不间断放电时间定义为连续不充电时间。

一种用于配电网削峰填谷的电池储能系统的控制方法

技术领域

[0001] 本发明属于电力系统领域,具体涉及一种用于配电网削峰填谷的电池储能系统的控制方法。

背景技术

[0002] 随着社会经济的发展和人民生活水平的提高,电力系统中的负荷呈现峰谷负荷差逐年增大、最大负荷利用小时数逐年下降的特点。这会导致发、输、配等环节的电力设备规模跟随年最大负荷的增大而增大,但设备的年最大负荷利用小时数却会降低,降低了电力设备投资的经济性,造成社会资源利用低下。尽管可以实施分时电价和需求侧管理等措施实现削峰填谷,但其作用相对有限。

[0003] 随着现代电网技术的发展,储能技术逐渐被引入到电力系统中,储能可以有效的实现需求侧管理,消除昼夜间峰谷差,平滑负荷,可以提高电力设备利用率,降低供电成本,还可以促进新能源的利用。

[0004] 储能技术已成为配电网中实现削峰填谷的一个重要手段。以锂离子电池、钠硫电池、全钒液流氧化还原电池为代表的电池储能技术研究已经有了长足的发展。由于许多地区的调峰只能依靠常规电厂来承担,其中绝大部分要由燃煤电厂负担,使单位煤耗增加,给电网安全、稳定运行带来隐患,电池储能系统(Battery Energy Storage System, BESS)的削峰填谷作用,可降低系统峰谷差,提高系统供电可靠性,减小拉闸限电次数和时间,同时优化系统火电、核电机组的运行,使这些机组能基本上保持在高效率区稳定运行,在运行过程中不需要频繁增减出力或开停机组,从而降低单位煤耗,节省燃料。

发明内容

[0005] 针对现有技术的不足,本发明提出一种用于配电网削峰填谷的电池储能系统的控制方法,此种控制方法简单实用,更贴近于实际工程应用。通过储能系统削峰填谷使负荷曲线变得平坦,减小了负荷峰谷差值,缓解了电网压力,有利于配电网的稳定。

[0006] 本发明提供的一种用于配电网削峰填谷的电池储能系统的控制方法,其改进之处在于,所述方法包括如下步骤:

[0007] (1) 对预测日日负荷进行数据预测,形成负荷曲线;

[0008] (2) 根据负荷曲线统计负荷预测数据峰值和谷值;

[0009] (3) 根据电池储能系统的容量配置和配电网削峰填谷目标,设定储能调节量,合成出力低谷值 P_{rg} ,并合成出力峰值赋初始值 P_{peak} ;

[0010] (4) 基于预测日日负荷数据条数 M 对电池储能系统循环次数赋初值 $n=1$;

[0011] (5) 比较预测日负荷数据分别与出力低谷值 P_{rg} 和出力峰值赋初始值 P_{peak} 的大小关系并进行相应动作;

[0012] (6) 电池储能系统循环次数 $n=n+1$;

[0013] (7) 判断是否 $n < M$,是则返回步骤(5),否则进入步骤(8);

[0014] (8) 统计电池储能系统的充电电量和放电电量；

[0015] (9) 判断电池储能系统充放电是否平衡，平衡时结束所述控制方法。

[0016] 其中，步骤(1)在历史数据库中查找预测日上一时期历史数据，结合预测日前期历史数据，对预测日日负荷进行数据预测。

[0017] 其中，步骤(5)根据预测日负荷数据分别与出力低谷值 P_{rg} 和出力峰值赋初始值 P_{peak} 的大小关系进行相应动作的步骤包括：

[0018] 当 $P_{fore} < P_{rg}$ ，判断是否满足 SOC 约束条件和功率约束条件，均满足则充电完成填充；

[0019] 当 $P_{fore} > P_{peak}$ ，判断是否满足 SOC 约束和功率约束条件，均满足则完成削峰，使电池储能调节后的合成出力达到合成出力峰值初始值 P_{peak} ；

[0020] 当 $P_{fore} \in [P_{rg}, P_{peak}]$ 范围内，电池储能系统不动作；

[0021] 其中， P_{fore} 为负荷数据。

[0022] 其中，步骤(9)判断电池储能系统充放电是否平衡包括：

[0023] 若充电电量大于放电电量，减小设定的合成出力峰值 P_{peak} 并返回步骤(5)；

[0024] 若充电电量小于放电电量，增大设定的合成出力峰值 P_{peak} 并返回步骤(5)；

[0025] 若充放电平衡，则结束此控制方法。

[0026] 其中，所述 SOC 约束条件包括：

[0027] 1) $P_{fore} < P_{rg}$ ，即电池储能系统充电：

[0028] 将采集的电池储能系统的 SOC 状态和电池储能系统设定 SOC 限值相比较：若电池实际 SOC 值不小于 SOC 上限值 SOC_{high} 时，启动储能系统越限保护(即储能不充电，不动作)，储能系统操作标示 $flag=0$ ，电池储能系统停止动作；若电池实际 SOC 值小于 SOC 上限值 SOC_{high} ，储能系统操作标示 $flag=1$ ，储能系统充电；

[0029] 2) $P_{fore} > P_{peak}$ ，即电池储能系统放电：

[0030] 将采集的电池储能系统的 SOC 和电池储能系统设定 SOC 限值相比较：若电池实际 SOC 值不大于 SOC 下限值 SOC_{low} 时，启动储能系统越限保护(即储能不放电，不动作)，储能系统操作标示 $flag=0$ ，储能系统停止动作；若电池实际 SOC 值大于 SOC 下限值 SOC_{low} ，储能系统操作标示 $flag=-1$ ，储能系统放电。

[0031] 其中，所述功率约束条件包括：

[0032] ① $P_{fore} < P_{rg}$ ，即电池储能系统充电：

[0033] 将电池储能系统充电功率 P_{charge} 与电池储能系统 PCS 中功率限值相比较，若 $-P_{max} \leq P_{charge} \leq P_{max}$ ，储能系统充电；若 $P_{charge} < -P_{max}$ 或 $P_{charge} > P_{max}$ ，则对储能系统充电功率进行修正，保证充电功率满足功率约束限制(即电池储能系统配套设施 PCS 对储能充电功率的限制)。

[0034] ② $P_{fore} > P_{peak}$ ，即电池储能系统放电：

[0035] 将电池储能系统放电功率 $P_{discharge}$ 与电池储能系统 PCS 中功率限值相比较，若 $-P_{max} \leq P_{discharge} \leq P_{max}$ ，储能系统放电；若 $P_{discharge} < -P_{max}$ 或 $P_{discharge} > P_{max}$ ，则对电池储能系统放电功率进行修正，保证放电功率满足功率约束限制。

[0036] 其中，计算电池储能系统的充放电电量的表达式如下：

$$[0037] \quad Q_{charge} = \sum_{i=1}^{m_i} \Delta P_{charge} \times \Delta T \times \eta_{charge};$$

$$[0038] \quad Q_{discharge} = (\sum_{i=1}^{m_i} \Delta P_{discharge} \times \Delta T) / \eta_{discharge};$$

[0039] 式中, ΔP_{charge} 、 $\Delta P_{discharge}$ 分别为充放电时刻电池储能系统出力需求; η_{charge} 、 $\eta_{discharge}$ 分别为储能系统充电效率和放电效率; ΔT 为负荷预测样本数据采样时间间隔; $1-m_1, m_2-m_3, \dots, m_{i-1}-m_i$ 为样本数据中需要储能不间断充电 / 放电的数据采样时刻, 其中不间断充电时间是指为连续不放电时间, 不间断放电时间定义为连续不充电时间。

[0040] 与现有技术比, 本发明的有益效果为:

[0041] 本发明旨在提出符合储能系统实际应用模式的控制方法, 根据负荷曲线峰平谷时刻, 设定储能系统一日内“一充两放”, 既可满足削峰填谷要求, 又可以保持每日充放电平衡。此外, 控制方法中还要求储能系统满足 SOC 约束、功率约束, 可保证储能系统安全稳定运行。

[0042] 本发明简单实用, 更贴近于实际工程应用。通过储能系统削峰填谷使负荷曲线变得平坦, 减小了负荷峰谷差值, 缓解了电网压力, 有利于配电网的稳定。其中储能系统充放电策略满足放电深度限制、功率限制和充放电电量平衡限制, 以延长电池的使用寿命。

[0043] 本发明通过计算得到的峰值, 提高了了系统运行的精准度。

[0044] 本发明将储能系统用于削峰填谷, 能够有效缓解负荷曲线一天周期内的剧烈波动, 减少对大电网的影响, 并可推迟设备容量升级改造, 提高设备利用率, 节省升级费用。

[0045] 本发明的储能系统用于削峰填谷具有良好的经济效益和环境效益, 减少火电厂旋转备用机组的使用频率, 减少二氧化碳等污染气体的排放。

附图说明

[0046] 图 1 为本发明提供的用于配电网削峰填谷的电池储能系统控制方法的控制结构图;

[0047] 图 2 为本发明提供的用于配电网削峰填谷的电池储能系统控制方法流程图;

具体实施方式

[0048] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步的详细说明。

[0049] 本实施例提出的用于配电网削峰填谷的电池储能系统的控制方法, 所述的配电网削峰填谷控制系统由历史数据库、数据采集模块、负荷预测系统、数据分析处理模块、功率约束模块、电池储能系统模块构成, 如图 1 所示。

[0050] 本实施例基于历史数据库, 选取与预测日情况相同、天气相似的数据, 运用支持向量机方法对预测日负荷进行预测, 根据负荷预测值统计当日负荷高、峰值、低谷值, 并分别设定为 P_{rg} (由储能系统容量配置、削峰填谷目标确定)、 P_{peak} ; 将 P_{rg} 、 P_{peak} 值导入数据分析处理模块, 载入负荷预测值 P_{fore} 与 P_{rg} 、 P_{peak} 相比较: 当负荷数据 P_{fore} 小于合成出力低谷值 P_{rg} , 拟进行储能系统充电, 此时根据 BMS (能量管理模块) 中采集的电池 SOC 状态值判断电池是否满足 SOC 约束, 若满足则储能系统充电, 并载入功率约束模块判断是否满足功率约束, 满足则充电完成填谷, 否则进行功率修正; 当负荷数据 P_{fore} 大于合成出力峰值初始值 P_{peak} , 拟

进行储能系统放电,此时根据 BMS (能量管理模块) 中采集的电池 SOC 状态值判断电池是否满足 SOC 约束,若满足则储能系统放电,并载入功率约束模块判断是否满足功率约束,满足则完成削风,使储能调节后的合成出力达到合成出力峰值初始值 P_{peak} ;当负荷数据 P_{fore} 在 $[P_{rg}, P_{peak}]$ 范围内,储能系统不动作。

[0051] 具体的,本实施例的控制方法流程图如图 2 所示,具体包括如下步骤:

[0052] (1) 在历史数据库中查找预测日上一时期历史数据,结合预测日前期历史数据,对预测日日负荷进行数据预测;

[0053] (2) 根据负荷曲线统计负荷预测数据峰值和谷值;

[0054] (3) 根据电池储能系统的容量配置和配电网削峰填谷目标,设定储能调节量,合成出力低谷值 P_{rg} ,并合成出力峰值赋初始值 P_{peak} ;

[0055] (4) 基于预测日日负荷数据条数 M 对电池储能系统循环次数赋初值 $n=1$;

[0056] (5) 比较预测日负荷数据分别与出力低谷值 P_{rg} 和出力峰值赋初始值 P_{peak} 的大小关系并进行相应动作;其中,

[0057] 当 $P_{fore} < P_{rg}$,判断是否满足 SOC 约束条件和功率约束条件,均满足则充电完成填谷;

[0058] 当 $P_{fore} > P_{peak}$,判断是否满足 SOC 约束和功率约束条件,均满足则完成削峰,使电池储能调节后的合成出力达到合成出力峰值初始值 P_{peak} ;

[0059] 当 $P_{fore} \in [P_{rg}, P_{peak}]$ 范围内,电池储能系统不动作;

[0060] 其中, P_{fore} 为负荷数据。

[0061] 所述 SOC 约束条件包括:

[0062] 1) $P_{fore} < P_{rg}$,即电池储能系统充电:

[0063] 将采集的电池储能系统的 SOC 状态和电池储能系统设定 SOC 限值相比较:若电池实际 SOC 值不小于 SOC 上限值 SOC_{high} 时,启动储能系统越限保护(即储能不放电,不动作),储能系统操作标示 $flag=0$,电池储能系统停止动作;若电池实际 SOC 值小于 SOC 上限值 SOC_{high} ,储能系统操作标示 $flag=1$,储能系统充电;

[0064] 2) $P_{fore} > P_{peak}$,即电池储能系统放电:

[0065] 将采集的电池储能系统的 SOC 和电池储能系统设定 SOC 限值相比较:若电池实际 SOC 值不大于 SOC 下限值 SOC_{low} 时,启动储能系统越限保护(即储能不放电,不动作),储能系统操作标示 $flag=0$,储能系统停止动作;若电池实际 SOC 值大于 SOC 下限值 SOC_{low} ,储能系统操作标示 $flag=-1$,储能系统放电。

[0066] 所述功率约束条件包括:

[0067] ① $P_{fore} < P_{rg}$,即电池储能系统充电:

[0068] 将电池储能系统充电功率 P_{charge} 与电池储能系统 PCS 中功率限值(最大和最小)相比较,若 $-P_{max} \leq P_{charge} \leq P_{max}$,储能系统充电;若 $P_{charge} < -P_{max}$ 或 $P_{charge} > P_{max}$,则对储能系统充电功率进行修正,保证充电功率满足功率约束限制。

[0069] 修正的过程如下:

[0070] <1> 充电时:

[0071] 充电功率小于 PCS 功率设定的最小值,即 $P_{charge} < -P_{max}$ 时,增大充电功率,使充电功率大于设定的底限。

[0072] 充电功率大于 PCS 功率设定的最大值, 即 $P_{\text{charge}} > P_{\text{max}}$ 时, 减小充电功率, 使充电功率小于设定的最大值。

[0073] <2> 放电时:

[0074] 放电功率大于 PCS 功率设定的最大值, 减小放电功率;

[0075] 放电功率小于 PCS 功率设定的最小值, 增大放电功率。

[0076] ② $P_{\text{fore}} > P_{\text{peak}}$, 即电池储能系统放电:

[0077] 将电池储能系统放电功率 $P_{\text{discharge}}$ 与电池储能系统 PCS 中功率限值相比较, 若 $-P_{\text{max}} \leq P_{\text{discharge}} \leq P_{\text{max}}$, 储能系统放电; 若 $P_{\text{discharge}} < -P_{\text{max}}$ 或 $P_{\text{discharge}} > P_{\text{max}}$, 则对电池储能系统放电功率进行修正, 保证放电功率满足功率约束限制。

[0078] (6) 电池储能系统循环次数 $n=n+1$;

[0079] (7) 判断是否 $n < M$, 是则返回步骤(5), 否则进入步骤(8);

[0080] (8) 统计电池储能系统的充电电量和放电电量;

[0081] 计算电池储能系统的充放电电量的表达式如下:

$$[0082] \quad Q_{\text{charge}} = \sum_{i=1}^{m_1} \Delta P_{\text{charge}} \times \Delta T \times \eta_{\text{charge}};$$

$$[0083] \quad Q_{\text{discharge}} = \left(\sum_{i=1}^{m_2} \Delta P_{\text{discharge}} \times \Delta T \right) / \eta_{\text{discharge}};$$

[0084] 其中, ΔP_{charge} 、 $\Delta P_{\text{discharge}}$ 分别为充放电时刻电池储能系统出力需求; η_{charge} 、 $\eta_{\text{discharge}}$ 分别为储能系统充电效率和放电效率; ΔT 为负荷预测样本数据采样时间间隔; $1-m_1, m_2-m_3, \dots, m_{i-1}-m_i$ 为样本数据中需要储能不间断充电/放电的数据采样时刻, 其中不间断充电时间是指为连续不放电时间, 不间断放电时间定义为连续不充电时间。

[0085] (9) 判断电池储能系统充放电是否平衡, 平衡时结束所述控制方法。其中, 判断电池储能系统充放电是否平衡包括:

[0086] 若充电电量大于放电电量, 减小设定的合成出力峰值 P_{peak} 并返回步骤(5);

[0087] 若充电电量小于放电电量, 增大设定的合成出力峰值 P_{peak} 并返回步骤(5);

[0088] 若充放电平衡, 则结束此控制方法。

[0089] 最后应当说明的是: 以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非对其限制, 尽管参照上述实施例对本发明进行了详细的说明, 所属领域的普通技术人员应当理解: 依然可以对本发明的具体实施方式进行修改或者等同替换, 而未脱离本发明精神和范围的任何修改或者等同替换, 其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

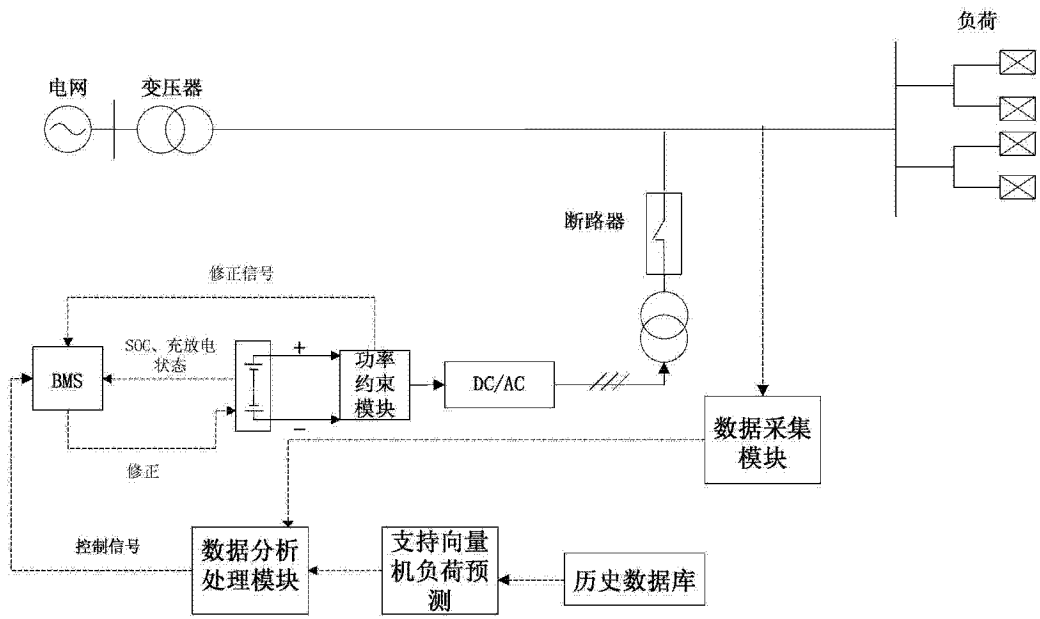


图 1

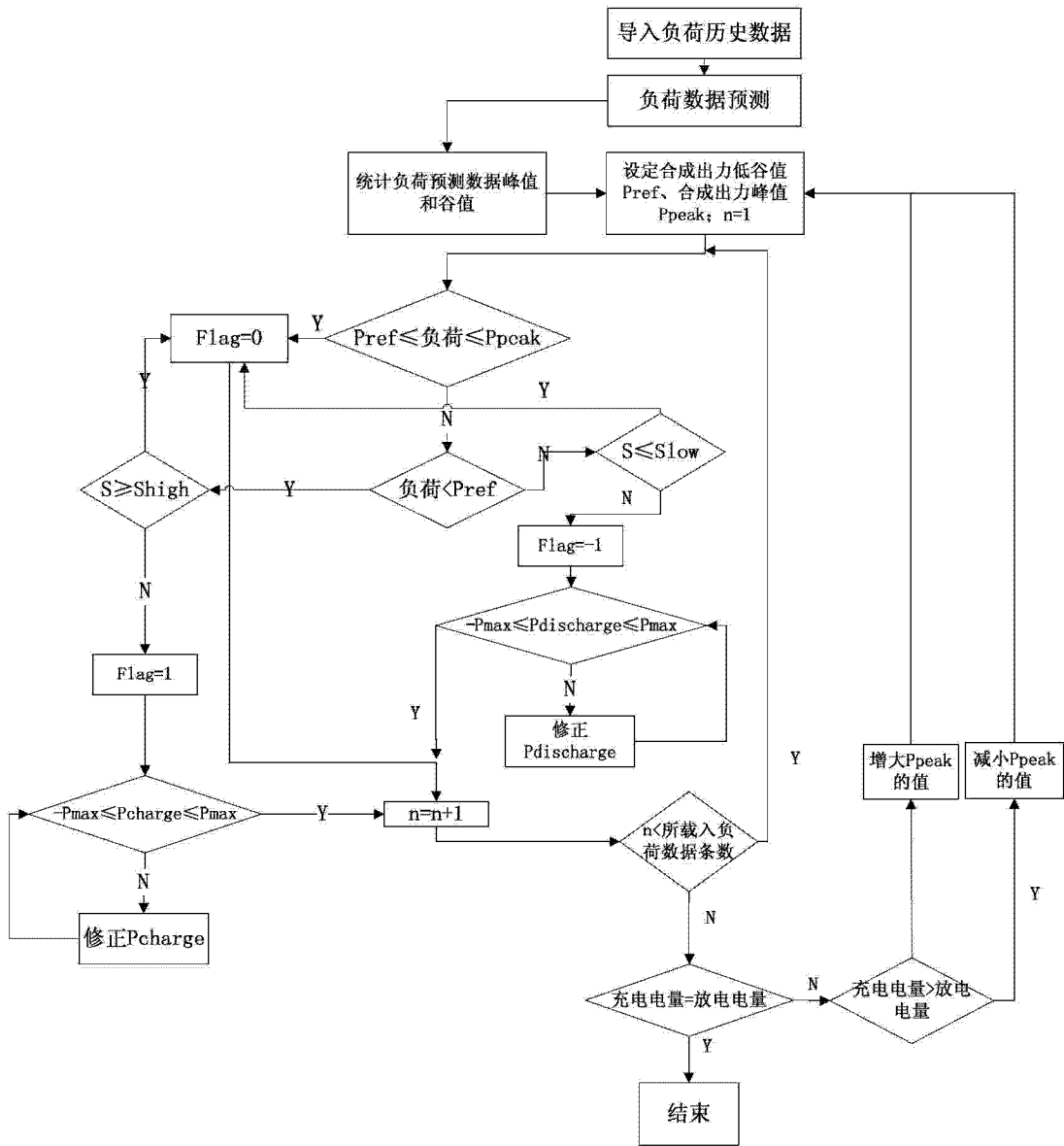


图 2