



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102368617 B

(45) 授权公告日 2014. 02. 19

(21) 申请号 201110308382. 0

审查员 秦媛倩

(22) 申请日 2011. 10. 12

(73) 专利权人 河海大学

地址 211000 江苏省南京市江宁区佛城西路
8号

(72) 发明人 潘文霞 傅中兴 何海平 王鹏飞
全锐

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限
公司 32200

代理人 许方

(51) Int. Cl.

H02J 3/28(2006. 01)

H02J 3/18(2006. 01)

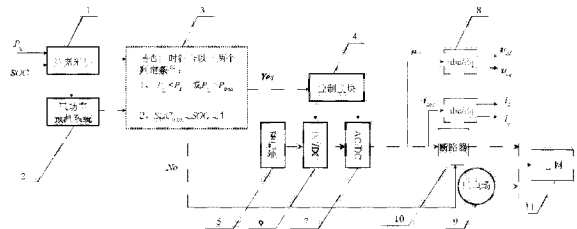
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54) 发明名称

基于风功率预测平滑功率波动的蓄电池控制
方法及系统

(57) 摘要

本发明公开一种基于风功率预测平滑功率波动的蓄电池控制系统,包括数据采集器、风功率预测系统、数据分析器、控制模块、蓄电池、风电场和断路器,数据采集器采集风电场输出的有功功率和蓄电池的荷电状态,并将结果送入风功率预测系统和数据分析器;风功率预测系统根据接收到的数据以及前一时间段的实际数据及预测值对当前时段进行预测,并将结果送入数据分析器;数据分析器根据接收到的数据进行比较判断,并根据比较结果向控制模块输出控制指令;控制模块的输出端连接断路器,而断路器连接在蓄电池与电网之间,控制模块根据指令控制断路器的通断。此系统可降低功率波动及电池容量,提高电能质量。本发明还公开一种蓄电池控制方法。



1. 一种基于风功率预测平滑功率波动的蓄电池控制系统的控制方法,所述基于风功率预测平滑功率波动的蓄电池控制系统包括数据采集器、风功率预测系统、数据分析器、控制模块、蓄电池、风电场和断路器,其中,数据采集器采集风电场输出的有功功率和蓄电池的荷电状态,并将结果分别送入风功率预测系统和数据分析器;风功率预测系统根据接收到的数据以及前一时间段的实际数据及预测值对当前时段进行预测,并将结果送入数据分析器;数据分析器的输出端连接控制模块,根据接收到的数据进行比较判断,并根据比较结果向控制模块输出控制指令;控制模块的输出端连接断路器,而断路器连接在蓄电池与电网之间,控制模块根据接收到的指令控制断路器的通断;其特征在于控制方法包括如下步骤:

(1) 采集风电场输出的有功功率 P_g 和蓄电池的荷电状态 SOC;

(2) 检测蓄电池的充满状态 $SOC_{t_{max}}$ 和最大放电深度状态 $SOC_{t_{min}}$, 并判断 SOC 是否处于 $SOC_{t_{max}}$ 和 $SOC_{t_{min}}$ 之间,若是,则保持蓄电池的当前工作状态不变,否则将断开蓄电池与电网的连接,控制蓄电池退出运行;

(3) 在 $0 \sim t_1$ 时间段内,风功率预测系统利用风电场在前一时间段的实际功率和功率预测值对 $0 \sim t_1$ 时间段进行功率预测得到风功率预测值 P_{t_1} , 并根据平滑度要求 β 计算得到功率平滑上限值 $P_{t_{1max}}$ 和功率平滑下限值 $P_{t_{1min}}$, 具体来说, 设 $P_{t_1} = 0.5 (P_{t_{1max}} + P_{t_{1min}})$, 则 $P_{t_{1max}} = (1 + 0.5\beta) P_{t_1}$, $P_{t_{1min}} = (1 - 0.5\beta) P_{t_1}$;

(4) 判断风电场的输出的有功功率 P_g 是否在 $P_{t_{1max}}$ 与 $P_{t_{1min}}$ 之间,当 $P_g \geq P_{t_{1max}}$ 时,将蓄电池投入运行并处于充电状态,然后进一步判断蓄电池的实际荷电状态 SOC 与 $SOC_{t_{max}}$ 的大小关系,当 SOC 达到 $SOC_{t_{max}}$ 时,扩充蓄电池的容量直到满足平滑度要求为止;

当 $P_g \leq P_{t_{1min}}$ 时,将蓄电池投入运行并处于放电状态,然后进一步判断蓄电池的荷电状态 SOC 与 $SOC_{t_{min}}$ 的大小关系,当 SOC 降到 $SOC_{t_{min}}$ 时,扩充蓄电池的容量直到满足平滑度要求为止;

(5) 到达 t_1 时刻后,循环到步骤(1)。

基于风功率预测平滑功率波动的蓄电池控制方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于解决风电场功率输出波动和降低电池容量的控制方法及系统,属于改善风电场电能质量领域。

背景技术

[0002] 由于风电受自然气象条件的影响较大,所以风力发电场(也即风电场)的功率输出波动很大,因此可能导致电网频率、电压的偏差和稳定问题,同时增大了电力系统调度、储备和电能质量相关指标控制的难度。

[0003] 为了减轻由风电功率波动给电力系统带来的影响,储能系统期望被广泛应用于风电场中,储能系统容量太大会增加风力发电系统的成本,因此根据系统要求,设法减少储存容量对风电系统的经济、安全稳定运行具有重要意义。

[0004] 有鉴于此,本发明人针对现有风力发电场和蓄电池组成的系统中蓄电池的控制方式及原理进行深入研究,并经多次改进,本案由此产生。

发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题,是针对前述背景技术中的缺陷和不足,提供一种基于风功率预测平滑功率波动的蓄电池控制方法及系统,其可降低功率波动及电池容量,提高电能质量。

[0006] 本发明为解决以上技术问题,所采用的技术方案是:

[0007] 一种基于风功率预测平滑功率波动的蓄电池控制系统,包括数据采集器、风功率预测系统、数据分析器、控制模块、蓄电池、风电场和断路器,其中,数据采集器采集风电场输出的有功功率和蓄电池的荷电状态,并将结果分别送入风功率预测系统和数据分析器;风功率预测系统根据接收到的数据以及前一时间段的实际数据及预测值对当前时段进行预测,并将结果送入数据分析器;数据分析器的输出端连接控制模块,根据接收到的数据进行比较判断,并根据比较结果向控制模块输出控制指令;控制模块的输出端连接断路器,而断路器连接在蓄电池与电网之间,控制模块根据接收到的指令控制断路器的通断。

[0008] 一种基于风功率预测平滑功率波动的蓄电池控制方法,包括如下步骤:

[0009] (1) 采集风电场输出的有功功率 P_g 和蓄电池的荷电状态 SOC;

[0010] (2) 检测蓄电池的充满状态 $SOC_{t_{max}}$ 和最大放电深度状态 $SOC_{t_{min}}$,并判断 SOC 是否处于 $SOC_{t_{max}}$ 和 $SOC_{t_{min}}$ 之间,若是,则保持蓄电池的当前工作状态不变,否则将断开蓄电池与电网的连接,控制蓄电池退出运行;

[0011] (3) 在 $0 \sim t_1$ 时间段内,风功率预测系统利用风电场在前一时间段的实际功率和功率预测值对 $0 \sim t_1$ 时间段进行功率预测得到风功率预测值 P_{t1} ,并根据平滑度要求 β 计算得到功率平滑上限值 P_{t1max} 和功率平滑下限值 P_{t1min} ;

[0012] (4) 判断风电场的输出功率 P_g 是否在 P_{t1max} 与 P_{t1min} 之间,当 $P_g \geq P_{t1max}$ 时,将蓄电池投入运行并处于充电状态,然后进一步判断蓄电池的实际荷电状态 SOC 与 $SOC_{t_{max}}$ 的大小

关系,当 SOC 达到 $SOC_{t_{max}}$ 时,扩充蓄电池 5 的容量直到满足平滑度要求为止;

[0013] 当 $P_g \leq P_{t_{min}}$ 时,将蓄电池投入运行并处于放电状态,然后进一步判断蓄电池的荷电状态 SOC 与 $SOC_{t_{min}}$ 的大小关系,当 SOC 降到 $SOC_{t_{min}}$ 时,扩充蓄电池 5 的容量直到满足平滑度要求为止;

[0014] (5) 到达 t_1 时刻后,循环到步骤 (1)。

[0015] 采用上述方案后,本发明首先从风电场和蓄电池组成的系统出发,对该系统输出的有功功率和蓄电池的剩余容量进行分析,利用预测法得到各时间段的预测功率,再根据得到的预测功率提出对蓄电池的运行状况进行控制的指令,以达到平滑风电场的功率波动、降低蓄电池容量以及提高电能质量的目的;其次,采用 PWM 控制技术控制由全控型功率开关器件 IGBT 组成的三相桥式电路,从而提高了功率因数。

附图说明

[0016] 图 1 为本发明基于风功率预测平滑风电场功率波动的蓄电池控制系统的整体结构框图;

[0017] 图 2 为本发明基于风功率预测平滑风电场功率波动的蓄电池控制系统中 AC/DC 变频器的控制结构图;

[0018] 图 3 为本发明基于风功率预测平滑风电场功率波动的蓄电池控制系统中 DC/DC 变频器的结构图;

[0019] 图 4 为本发明基于风功率预测平滑风电场功率波动的蓄电池控制系统中 DC/DC 变频器的控制框图;

[0020] 图 5 为本发明基于风功率预测平滑风电场功率波动的蓄电池控制系统中风电场发出的有功功率和预测功率;

[0021] 图 6 为本发明基于风功率预测平滑风电场功率波动的蓄电池控制系统中风电场经蓄电池功率平滑控制后得到的有功功率;

[0022] 图 7 为本发明基于风功率预测平滑风电场功率波动的蓄电池控制系统中,风电场 48 小时实际发出的有功功率;

[0023] 图 8 为本发明基于风功率预测平滑风电场功率波动的蓄电池控制系统中,利用风功率预测法,预测时间周期为 4 小时,平滑度 $\beta = 20\%$ 时,风电场经蓄电池功率平滑控制后得到的有功功率;

[0024] 图 9 为本发明基于风功率预测平滑风电场功率波动的蓄电池控制系统中,利用风功率预测法,预测时间周期为 4 小时,平滑度 $\beta = 20\%$ 时,蓄电池的荷电状态 SOC 的变化曲线;

[0025] 图 10 为本发明基于风功率预测平滑风电场功率波动的蓄电池控制系统中,利用风功率预测法,预测时间周期为 2 小时,平滑度 $\beta = 20\%$ 时,风电场经蓄电池功率平滑控制后得到的有功功率;

[0026] 图 11 为本发明基于风功率预测平滑风电场功率波动的蓄电池控制系统中,利用风功率预测法,预测时间周期为 2 小时,平滑度 $\beta = 20\%$ 时,蓄电池的荷电状态 SOC 的变化曲线;

[0027] 图 12 为本发明基于风功率预测平滑风电场功率波动的蓄电池控制系统中,通过

仿真计算得到的预测时间周期与电池容量的关系曲线。

[0028] 图中 :1 为数据采集器 ;2 为风功率预测系统 ;3 为数据分析器 ;4 为控制模块 ;5 为蓄电池 ;6 为 DC/DC 变流器 ;7 为 AC/DC 变流器 ;8 为坐标变换 ;9 为风电场 ;10 为断路器 ;11 为电网。

具体实施方式

[0029] 以下将结合附图,对本发明的具体内容和有益效果进行详细说明。

[0030] 配合图 1 所示,是本发明基于风功率预测平滑功率波动的蓄电池控制系统的结构框图,包括数据采集器 1、风功率预测系统 2、数据分析器 3、控制模块 4、蓄电池 5、风电场 9 和断路器 10,其中,数据采集器 1 用于采集风电场 9 输出的有功功率和蓄电池 5 的荷电状态,并将结果分别送入风功率预测系统 2 和数据分析器 3;风功率预测系统 2 根据接收到的数据以及前一时间段的实际数据及预测值对当前时段进行预测,并将结果送入数据分析器 3;数据分析器 3 的输出端连接控制模块 4,根据接收到的数据进行比较判断,并根据比较结果向控制模块 4 输出控制指令;控制模块 4 的输出端连接断路器 10,而断路器 10 连接在蓄电池 5 与电网 11 之间,控制模块 4 根据接收到的指令控制断路器 10 的通断,从而控制蓄电池 5 对电网 11 的供电情况。

[0031] 以下将结合图示,对基于前述控制系统的控制方法的内容进行详细说明。所述控制方法的步骤为:

[0032] (1) 利用数据采集器 1 采集风电场 9 输出的有功功率 P_g 和蓄电池 5 的荷电状态 SOC(state of charge),同时送入风功率预测系统 2 和数据分析器 3;

[0033] (2) 检测蓄电池 5 的充满状态 SOC_{tmax} 和最大放电深度状态 SOC_{tmin} ,并由控制模块 4 判断 SOC 是否处于 SOC_{tmax} 和 SOC_{tmin} 之间,若是,则保持蓄电池 5 的当前工作状态不变,否则将向断路器 10 发出指令,断开蓄电池 5 与电网 11 的连接,控制蓄电池 5 退出运行;

[0034] (3) 在 $0 \sim t_1$ 时间段内,风功率预测系统 2 利用风电场 9 在前一时间段的实际功率和功率预测值对 $0 \sim t_1$ 时间段进行功率预测得到风功率预测值 P_{t1} ,并将预测值送入数据分析器 3,由数据分析器 3 根据平滑度要求 β 计算得到功率平滑上限值 P_{t1max} 和功率平滑下限值 P_{t1min} ,具体来说,设 $P_{t1} = 0.5(P_{t1max} + P_{t1min})$,则 $P_{t1max} = (1 + 0.5\beta)P_{t1}$, $P_{t1min} = (1 - 0.5\beta)P_{t1}$;

[0035] 将风电场看作一个吸收负的有功功率的负荷,根据地区电网调度的要求,短期负荷预测的准确率 A_1 要满足: $A_1 = (1 - \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i^2}) \times 100\% \geq 90\%$,其中, n 为一个预测周期内的采样

点数, E_i 为某一点的相对误差,计算公式为: $E_i = \frac{|负荷预测值 - 负荷实际值|}{负荷实际值} \times 100\%$ 。当按照两

个极端条件计算,即 P_{t1} 在一个周期内保持最小值 P_{t1min} ,此时 $E_i = \beta / (2 - \beta)$,通过计算得到 β 小于等于 19%,当按照 P_{t1max} 计算时, β 小于等于 23%,所以 β 最大不能超过 23%,计算得到 P_{t1max} 和 P_{t1min} 的值;

[0036] (4) 通过数据分析器 3 判断风电场 9 的输出功率 P_g 是否在 P_{t1max} 与 P_{t1min} 之间,如图 2 所示,当 $P_g \geq P_{t1max}$ 时,表示风电场 6 发出的功率过多,需要将多余的功率储存起来,此时将蓄电池 5 投入运行并处于充电状态,然后进一步判断蓄电池 5 的实际荷电状态 SOC 与 SOC_{tmax} 的大小关系,当 SOC 达到 SOC_{tmax} 时,表示蓄电池 5 处于充满状态,此时扩充蓄电池 5

的容量直到满足平滑度要求为止；

[0037] 当 $P_g \leq P_{t_{\min}}$ 时,表示风电场 9 发出的功率不足,需要填补这部分的功率,因此将蓄电池 5 投入运行并处于放电状态,然后进一步判断蓄电池 5 的荷电状态 SOC 与 $SOC_{t_{\min}}$ 的大小关系,当 SOC 降到 $SOC_{t_{\min}}$ 时,表示蓄电池 5 处于最大放电深度状态,此时扩充蓄电池 5 的容量直到满足平滑度要求为止；

[0038] (5) AC/DC 变流器 7 采用直接电流控制,将交流侧的三相电压、电流通过坐标变换器 8 转换为 dq 两相,即 U_d 和 U_q , I_d 和 I_q 。其中 I_d 为有功电流,与有功功率 P_1 成正比并有 $P_1 = 1.5U_d I_d$, I_q 为无功电流,与无功功率 Q_1 成正比并有 $Q_1 = -1.5U_d I_q$; U_d 为 d 轴电压, U_q 为 q 轴电压；

[0039] (6) 蓄电池充电时,以 $I_{dref} = (P - P_{\max}) / 1.5U_d$ 作为 I_d 的参考值,且 I_{dref} 为正值；蓄电池放电时, $I_{dref} = (P - P_{\min}) / 1.5U_d$ 作为 I_d 的参考值,且 I_{dref} 为负值； $I_{qref} = 0$ 作为 I_q 的参考值,这样就可以保持无功功率恒定为 0,对 I_d 、 I_q 进行跟踪控制并得到 PWM 开关信号,用 PWM 开关信号控制 AC/DC 变流器；

[0040] (7) DC/DC 变流器 6 有两种工作模式,如图 3 所示,当电池充电时,双向 DC/DC 变流器工作于 Buck 电路模式；当电池放电释能时,双向 DC/DC 变换器应工作于 Boost 电路模式,如图 4 所示,当双向 DC/DC 变换器工作在 Buck 电路模式时, S_1 工作在 PWM 模式, S_2 始终关断；当双向 DC/DC 变换器工作在 Boost 电路模式时, S_1 始终关断, S_2 工作在 PWM 模式；

[0041] (8) 当系统运行到 t_1 时刻后,循环到步骤 (1)。

[0042] 配合图 5 所示,若以 P_g 、 P_t 为系统中风电场发出的有功功率和预测功率,则该系统风电场经蓄电池功率平滑控制后得到的有功功率的曲线如图 6 所示。

[0043] 结合某风电场 48 小时实际运行情况为例。如图 7 所示,为风电场 48 小时实际发出的有功功率,如果利用风功率预测法,预测时间周期为 4 小时,平滑度 $\beta = 20\%$ 时,风电场经蓄电池功率平滑控制后得到的有功功率如图 8 所示,此时蓄电池的荷电状态 SOC 的变化曲线如图 9 所示。如果利用风功率预测法,预测时间周期为 2 小时,平滑度 $\beta = 20\%$ 时,风电场经蓄电池功率平滑控制后得到的有功功率如图 10 所示,此时蓄电池的荷电状态 SOC 的变化曲线如图 11 所示。通过仿真计算得到的预测时间周期与电池容量的关系曲线如图 12 所示。

[0044] 以上实施例仅为说明本发明的技术思想,不能以此限定本发明的保护范围,凡是按照本发明提出的技术思想,在技术方案基础上所做的任何改动,均落入本发明保护范围之内。

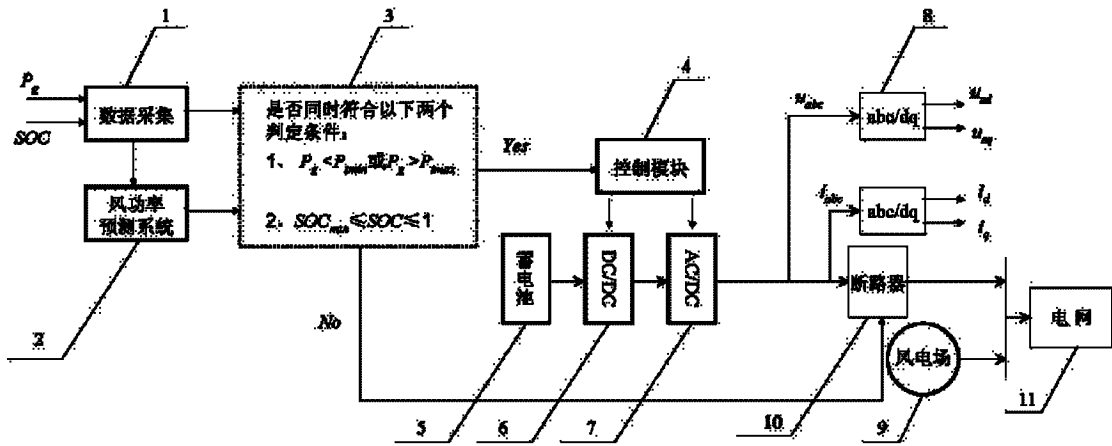


图 1

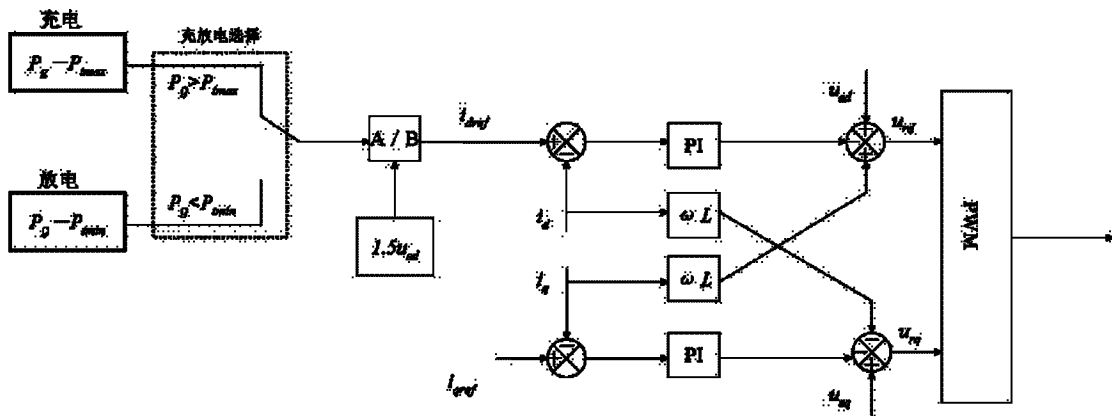


图 2

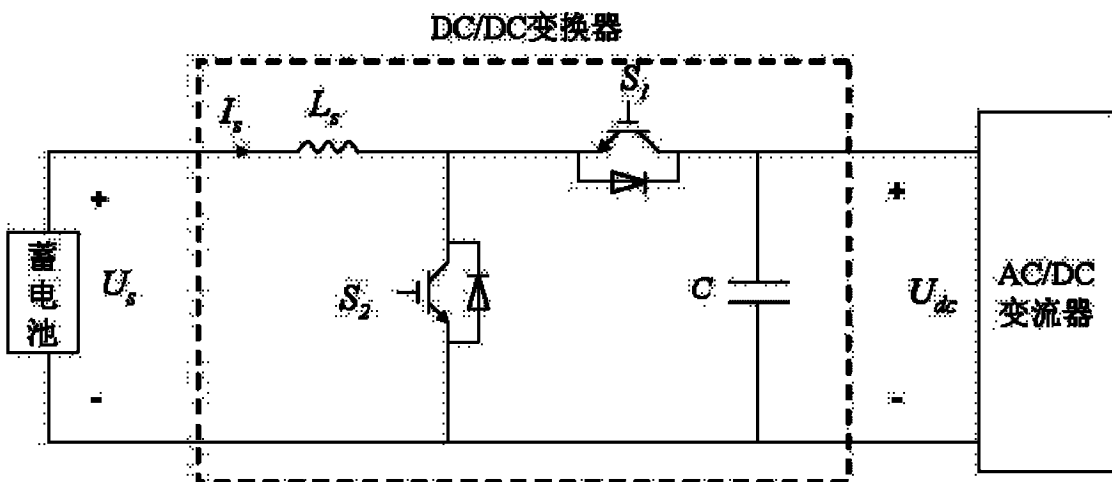


图 3

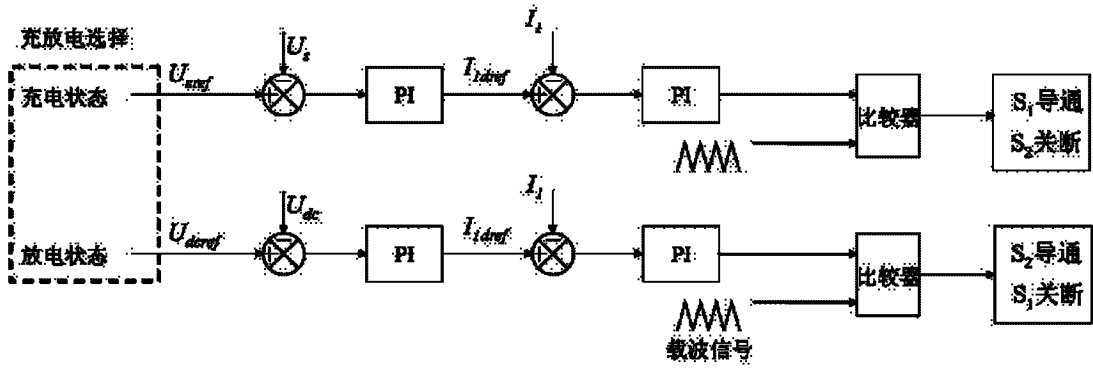


图 4

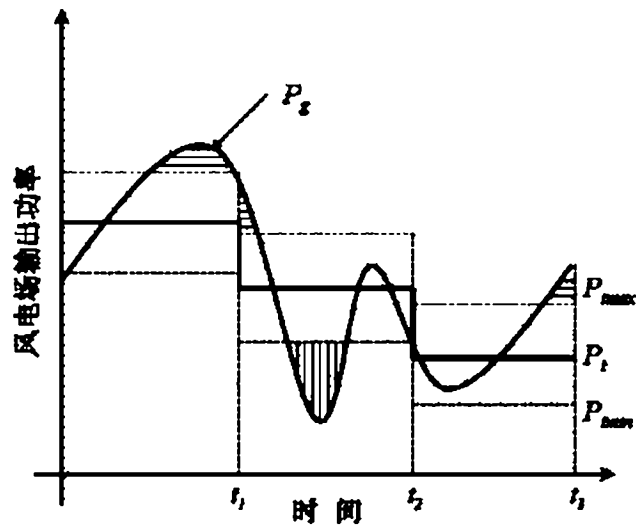


图 5

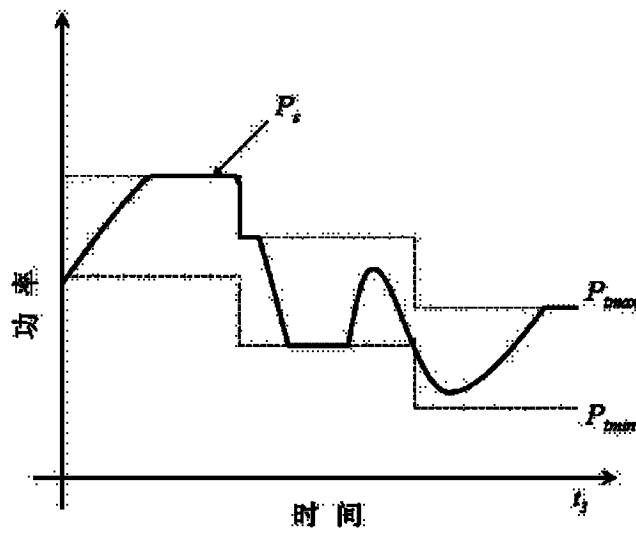


图 6

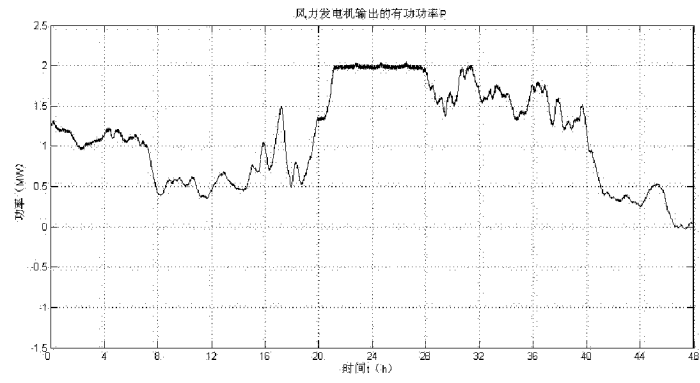


图 7

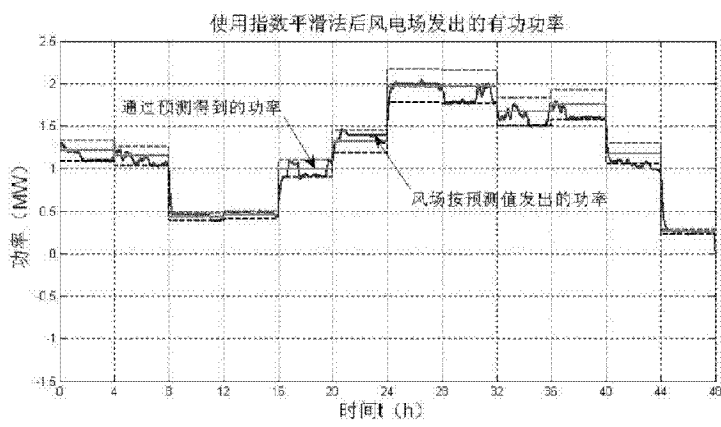


图 8

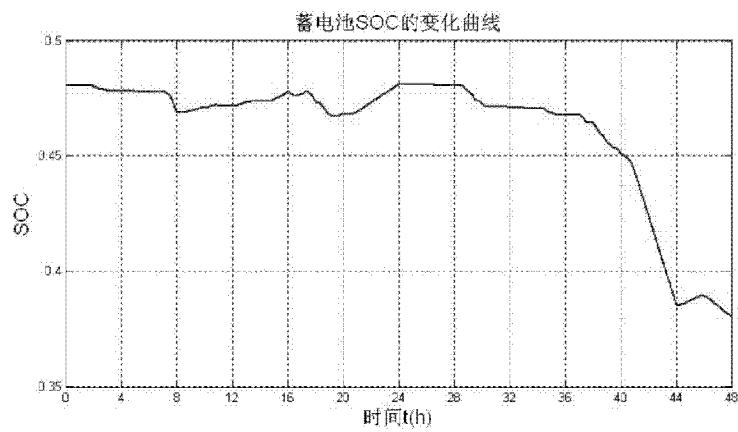


图 9

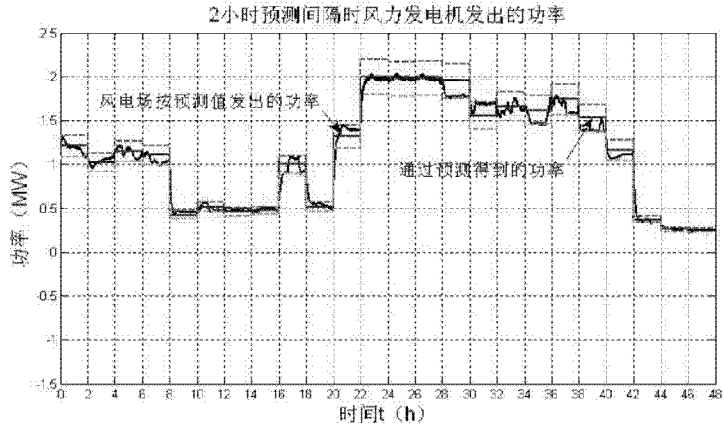


图 10

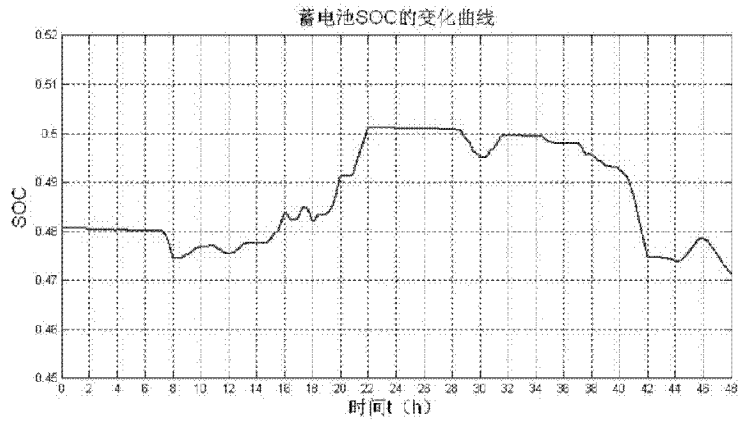


图 11

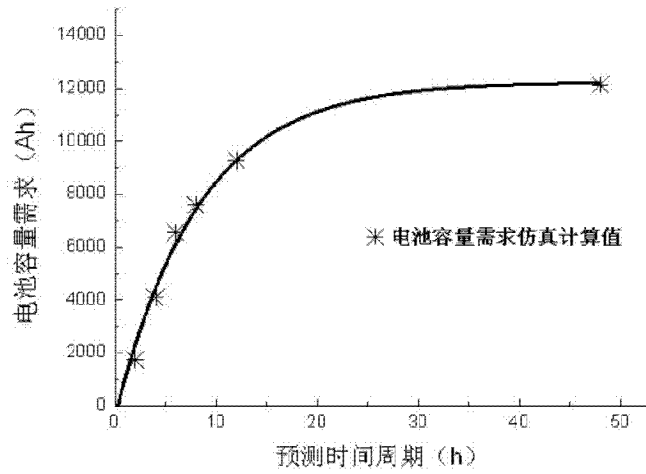


图 12