



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105680458 B

(45)授权公告日 2018.06.29

(21)申请号 201410657697.X

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

(22)申请日 2014.11.18

代理人 汤在彦

(65)同一申请的已公布的文献号

(51)Int.Cl.

申请公布号 CN 105680458 A

H02J 3/24(2006.01)

(43)申请公布日 2016.06.15

(56)对比文件

(73)专利权人 国家电网公司

CN 102855385 A, 2013.01.02,

地址 100031 北京市西城区西长安街86号

CN 103489038 A, 2014.01.01,

专利权人 国网新源张家口风光储示范电站

US 6310901 B1, 2001.10.30,

有限公司

审查员 胡舒阳

华北电力科学研究院有限责任公

司

(72)发明人 任巍曦 柳玉 刁嘉 马步云

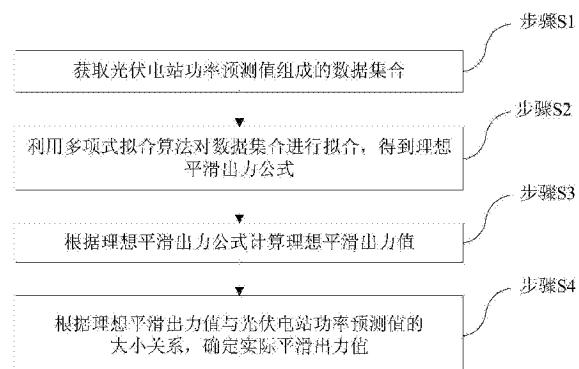
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种光伏电站平滑出力方法

(57)摘要

本发明提供一种光伏电站平滑出力方法，包括：获取光伏电站功率预测值组成的数据集合；利用多项式拟合算法对所述数据集合进行拟合，得到理想平滑出力公式；根据所述理想平滑出力公式计算理想平滑出力值；根据所述理想平滑出力值与所述光伏电站功率预测值的大小关系，确定实际平滑出力值。本发明通过对整个计划出力区间的光伏电站功率预测值进行多项式拟合，最终得到的实际平滑出力曲线不会滞后延时，相比于利用一阶低通滤波方法平抑光伏电站功率波动的方法，本发明具有更优化的平滑出力效果。



1. 一种光伏电站平滑出力方法,其特征在于,包括:

步骤A,获取光伏电站功率预测值组成的数据集合;

步骤B,利用多项式拟合算法对所述数据集合进行拟合,得到理想平滑出力公式;

步骤C,根据所述理想平滑出力公式计算理想平滑出力值;

步骤D,根据所述理想平滑出力值与所述光伏电站功率预测值的大小关系,确定实际平滑出力值;

所述步骤A具体为获取光伏电站功率预测值组成的数据集合P:

$$P = \{(p_i, t_i) | i=1, 2, \dots, m\};$$

其中,P为数据集合,p_i为光伏电站功率预测值,m为所述数据集合的样本个数且m为自然数,i为样本序列号,t_i为p_i对应的时间;

所述步骤B具体包括:

步骤B1,根据所述数据集合P中光伏电站功率预测值p_i的波动趋势,确定所述理想平滑出力公式的阶数n,其中n为自然数;

步骤B2,拟合具有所述阶数n的多项式:

$$a_n t_i^n + a_{n-1} t_i^{n-1} + \dots + a_1 t_i + a_0;$$

其中,a₀~a_n为多项式系数;

步骤B3,计算所述多项式 $a_n t_i^n + a_{n-1} t_i^{n-1} + \dots + a_1 t_i + a_0$ 与所述光伏电站功率预测值p_i的差值平方和Err:

$$Err = \sum_{i=0}^m (a_n t_i^n + a_{n-1} t_i^{n-1} + \dots + a_1 t_i + a_0 - p_i)^2;$$

步骤B4,利用最小二乘法计算所述差值平方和Err为最小值时,多项式系数a₀~a_n对应的具体值a₀~a_n;

步骤B5,利用所述具体值a₀~a_n构建理想平滑出力公式X(t):

$$X(t) = a_n t^n + a_{n-1} t^{n-1} + \dots + a_1 t + a_0;$$

其中,t为时间;

所述步骤C具体为:

计算当t=t_i时,所述理想平滑出力公式X(t)的值X(t_i):

$$X(t_i) = a_n t_i^n + a_{n-1} t_i^{n-1} + \dots + a_1 t_i + a_0$$

其中,X(t_i)为理想平滑出力值;

所述步骤D具体包括:

当所述理想平滑出力值小于或等于所述光伏电站功率预测值时,确定实际平滑出力值等于所述理想平滑出力值;

当所述理想平滑出力值大于所述光伏电站功率预测值时,确定实际平滑出力值等于所述光伏电站功率预测值;

所述步骤B4具体包括:

分别对多项式系数a₀~a_n求偏导数,得到如下方程组:

$$\begin{cases} ma_0 + (\sum_{i=1}^m t_i) a_1 + \cdots + (\sum_{i=1}^m t_i^n) a_n = \sum_{i=1}^m p_i \\ (\sum_{i=1}^m t_i) a_0 + (\sum_{i=1}^m t_i^2) a_1 + \cdots + (\sum_{i=1}^m t_i^{n+1}) a_n = \sum_{i=1}^m t_i p_i \\ \cdots \\ \cdots \\ (\sum_{i=1}^m t_i^n) a_0 + (\sum_{i=1}^m t_i^{n+1}) a_1 + \cdots + (\sum_{i=1}^m t_i^{2n}) a_n = \sum_{i=1}^m t_i^n p_i \end{cases}$$

求解以上方程组,得到多项式系数 $a_0 \sim a_n$ 对应的具体值 $a_0 \sim a_n$ 。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述步骤B1具体包括:

根据数据集合P中光伏电站功率预测值 p_i 的波动趋势,确定理想平滑出力曲线波形;

根据所述理想平滑出力曲线波形,确定所述理想平滑出力公式的阶数n。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,当所述理想平滑出力曲线波形为直线时,确定所述理想平滑出力公式的阶数n=1。

4. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,当所述理想平滑出力曲线波形为抛物线时,确定所述理想平滑出力公式的阶数n=2。

一种光伏电站平滑出力方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电力技术领域,具体地,涉及一种光伏电站平滑出力方法。

背景技术

[0002] 光伏发电是目前较成熟的利用可再生清洁能源进行发电的技术,但由于太阳能资源存在着随机性和波动性,给电网带来一系列的影响。功率的波动性程度直接影响电网原有的潮流分布,当光伏发电的渗透率处于较高水平时,波动性和随机性会给电网的运行带来巨大冲击。图1为光伏电站的系统示意图,多台光伏发电单元共同接在同一条母线,再通过光伏电站主变压器接入电力系统。为了确保注入电网的电能保持平稳,就需要对光伏发电功率的波动进行平抑,以减小光伏发电功率波动对电网的影响。

[0003] 东北电力大学宇航、严干贵等人利用一阶低通滤波算法实现风电功率波动平抑的控制策略。该控制策略主要对风电场运行中的高频分量进行滤除,减小风电功率的变化率,为电力系统提供较为稳定的功率输出,而储能系统则是通过其充放电来改变输出功率的幅值,使注入电网的电能更加平稳。

[0004] 由于太阳能与风能均是具有随机性和波动性的可再生能源,在电力技术领域,这种利用一阶低通滤波算法进行风电功率波动平抑的控制策略也可以应用于光伏电站功率波动平抑中,即利用一阶低通滤波算法对光伏电站功率波动进行平抑。

[0005] 但在实际应用中发现利用一阶低通滤波算法得到的出力平滑曲线存在一定的延时作用,如图2所示,较细的线为风电单独出力曲线,较粗的线为利用这种控制策略得到的风储联合发电平滑出力曲线,从图2可明显看出,风储联合发电平滑出力曲线滞后于风电单独出力曲线。这是因为这种利用一阶低通滤波算法实现风电功率波动平抑的控制策略是采用本次采样值与上次滤波输出值进行加权得到本次滤波输出值,具体公式为:

$$Y(n) = \alpha X(n) + (1-\alpha) Y(n-1)$$

[0007] 以上公式中, α 为滤波系数; $X(n)$ 为本次采样值; $Y(n-1)$ 为上次滤波输出值; $Y(n)$ 为本次滤波输出值。

[0008] 可见,这种利用一阶低通滤波算法实现风电功率波动平抑的控制策略还存在不足之处。

[0009] 同理,当利用一阶低通滤波算法对光伏电站功率波动进行平抑时,也不可避免会出现得到的平滑出力曲线延时滞后的问题。

发明内容

[0010] 本发明实施例的主要目的在于提供一种光伏电站平滑出力方法,以解决现有技术利用一阶低通滤波算法平抑光伏电站功率波动所得到的平滑出力曲线存在延时现象的问题。

[0011] 为了实现上述目的,本发明实施例提供一种光伏电站平滑出力方法,包括:

[0012] 步骤A,获取光伏电站功率预测值组成的数据集合;

- [0013] 步骤B,利用多项式拟合算法对所述数据集合进行拟合,得到理想平滑出力公式;
- [0014] 步骤C,根据所述理想平滑出力公式计算理想平滑出力值;
- [0015] 步骤D,根据所述理想平滑出力值与所述光伏电站功率预测值的大小关系,确定实际平滑出力值;
- [0016] 所述步骤A具体为获取光伏电站功率预测值组成的数据集合P:
- [0017] $P = \{(p_i, t_i) | i = 1, 2, \dots, m\}$;
- [0018] 其中,P为数据集合, p_i 为光伏电站功率预测值,m为所述数据集合的样本个数且m为自然数,i为样本序列号, t_i 为 p_i 对应的时间;
- [0019] 所述步骤B具体包括:
- [0020] 步骤B1,根据所述数据集合P中光伏电站功率预测值 p_i 的波动趋势,确定所述理想平滑出力公式的阶数n,其中n为自然数;
- [0021] 步骤B2,拟合具有所述阶数n的多项式:
- [0022] $a_n t_i^n + a_{n-1} t_i^{n-1} + \dots + a_1 t_i + a_0$;
- [0023] 其中, $a_0 \sim a_n$ 为多项式系数;
- [0024] 步骤B3,计算所述多项式 $a_n t_i^n + a_{n-1} t_i^{n-1} + \dots + a_1 t_i + a_0$ 与所述光伏电站功率预测值 p_i 的差值平方和Err:
- [0025]
$$Err = \sum_{i=0}^m (a_n t_i^n + a_{n-1} t_i^{n-1} + \dots + a_1 t_i + a_0 - p_i)^2;$$
- [0026] 步骤B4,利用最小二乘法计算所述差值平方和Err为最小值时,多项式系数 $a_0 \sim a_n$ 对应的具体值 $a_0 \sim a_n$;
- [0027] 步骤B5,利用所述具体值 $a_0 \sim a_n$ 构建理想平滑出力公式X(t):
- [0028] $X(t) = a_n t^n + a_{n-1} t^{n-1} + \dots + a_1 t + a_0$;
- [0029] 其中,t为时间;
- [0030] 所述步骤C具体为:
- [0031] 计算当t=t_i时,所述理想平滑出力公式X(t)的值X(t_i):
- [0032] $X(t_i) = a_n t_i^n + a_{n-1} t_i^{n-1} + \dots + a_1 t_i + a_0$
- [0033] 其中,X(t_i)为理想平滑出力值;
- [0034] 所述步骤D具体包括:
- [0035] 当所述理想平滑出力值小于或等于所述光伏电站功率预测值时,确定实际平滑出力值等于所述理想平滑出力值;
- [0036] 当所述理想平滑出力值大于所述光伏电站功率预测值时,确定实际平滑出力值等于所述光伏电站功率预测值。
- [0037] 借助于上述技术方案,本发明通过对整个计划出力区间的光伏电站功率预测值进行多项式拟合,最终得到的实际平滑出力曲线不会滞后延时,相比于利用一阶低通滤波方法平抑光伏电站功率波动的方法,本发明具有更优化的平滑出力效果。

附图说明

- [0038] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些

实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0039] 图1是本发明背景技术提供的风电场的系统示意图;

[0040] 图2是本发明背景技术提供的利用一阶低通滤波算法进行风电波动平抑前后的功率曲线对比示意图;

[0041] 图3是本发明提供的光伏电站平滑出力方法流程示意图;

[0042] 图4是本发明提供的计划出力区间光伏电站功率预测值组成的曲线示意图;

[0043] 图5是本发明提供的计划出力区间光伏电站功率预测值组成的曲线与理想平滑出力曲线对比示意图;

[0044] 图6是本发明提供的对应图5的实际平滑出力曲线。

具体实施方式

[0045] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0046] 本发明提供一种光伏电站平滑出力方法,如图3所示,该方法包括:

[0047] 步骤S1,获取光伏电站功率预测值组成的数据集合。

[0048] 具体的,该步骤可从光伏电站的功率预测系统SCADA中获取功率预测值,即获取SCADA预测的光伏电站在计划出力区间(未来一段时间)的输出功率值。如图4所示为某光伏电站在计划出力区间的光伏电站功率预测值组成的曲线。

[0049] 步骤S2,利用多项式拟合算法对数据集合进行拟合,得到理想平滑出力公式。

[0050] 具体的,该步骤利用多项式拟合算法对计划出力区间的光伏电站功率预测值数据进行拟合,由于不是如现有的利用一阶低通滤波算法那样采用相邻滤波输出值来计算当前的滤波输出值,因此本发明得到的理想平滑出力曲线(即理想平滑出力公式对应的曲线)不会存在延时现象,平滑效果更加优化。

[0051] 步骤S3,根据理想平滑出力公式计算理想平滑出力值。

[0052] 步骤S4,根据理想平滑出力值与光伏电站功率预测值的大小关系,确定实际平滑出力值。

[0053] 具体的,由于在光资源不足的条件下,光伏电站无法增加出力,也就是说,光伏逆变器输出的功率仅具有向下可调特性,因此,当理想出力大于光伏电站实际出力,即理想平滑出力值大于光伏电站功率预测值时,以光伏电站的实际出力为控制目标发电,也就是实际平滑出力值等于光伏电站功率预测值,向电网释放最大功率;而当理想出力小于或等于光伏电站的可用出力,即理想平滑出力值小于或等于光伏电站功率预测值时,以理想出力为控制目标发电,也就是实际平滑出力值等于理想平滑出力值。

[0054] 下面对以上各步骤的具体过程进行说明:

[0055] 步骤S1具体为获取光伏电站功率预测值组成的数据集合P:

[0056] $P = \{(p_i, t_i) | i=1, 2, \dots, m\}$;

[0057] 其中,P为数据集合, p_i 为光伏电站功率预测值, m 为数据集合的样本个数且 m 为自

然数,i为样本序列号,t_i为p_i对应的时间。

[0058] 步骤S2具体包括:

[0059] 步骤S21,根据数据集合P中光伏电站功率预测值p_i的波动趋势,确定理想平滑出力公式的阶数n,其中n为自然数。

[0060] 较佳的,步骤S21可以具体包括:

[0061] 根据数据集合P中光伏电站功率预测值p_i的波动趋势,确定理想平滑出力曲线波形;

[0062] 根据所述理想平滑出力曲线波形,确定所述理想平滑出力公式的阶数n。

[0063] 例如,当所述理想平滑出力曲线波形为直线时,确定所述理想平滑出力公式的阶数n=1;当所述理想平滑出力曲线波形为抛物线时,确定所述理想平滑出力公式的阶数n=2。

[0064] 步骤S22,拟合具有阶数n的多项式:

[0065] a_nt_iⁿ+a_{n-1}t_iⁿ⁻¹+…+a₁t_i+a₀;

[0066] 其中,a₀~a_n为多项式系数。

[0067] 步骤S23,计算多项式a_nt_iⁿ+a_{n-1}t_iⁿ⁻¹+…+a₁t_i+a₀与光伏电站功率预测值p_i的差值平方和Err:

$$[0068] Err = \sum_{i=0}^m (a_n t_i^n + a_{n-1} t_i^{n-1} + \dots + a_1 t_i + a_0 - p_i)^2$$

[0069] 步骤S24,利用最小二乘法计算差值平方和Err为最小值时,多项式系数a₀~a_n对应的具体值a₀~a_n。

[0070] 该步骤可采用如下计算方式:

[0071] 分别对多项式系数a₀~a_n求偏导数,得到如下方程组:

$$[0072] \begin{cases} ma_0 + (\sum_{i=1}^m t_i) a_1 + \dots + (\sum_{i=1}^m t_i^n) a_n = \sum_{i=1}^m p_i \\ (\sum_{i=1}^m t_i) a_0 + (\sum_{i=1}^m t_i^2) a_1 + \dots + (\sum_{i=1}^m t_i^{n+1}) a_n = \sum_{i=1}^m t_i p_i \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ (\sum_{i=1}^m t_i^n) a_0 + (\sum_{i=1}^m t_i^{n+1}) a_1 + \dots + (\sum_{i=1}^m t_i^{2n}) a_n = \sum_{i=1}^m t_i^n p_i \end{cases}$$

[0073] 求解以上方程组,得到多项式系数a₀~a_n对应的具体值a₀~a_n。

[0074] 步骤S25,利用具体值a₀~a_n构建理想平滑出力公式X(t):

[0075] X(t) = a_ntⁿ+a_{n-1}tⁿ⁻¹+…+a₁t+a₀;

[0076] 其中,t为时间。

[0077] 步骤S3具体为:

[0078] 计算当t=t_i时,理想平滑出力公式X(t)的值X(t_i):

[0079] X(t_i) = a_nt_iⁿ+a_{n-1}t_iⁿ⁻¹+…+a₁t_i+a₀

[0080] 其中,X(t_i)为理想平滑出力值。

[0081] 步骤S4具体包括：

[0082] 当理想平滑出力值 $X(t_i)$ 小于或等于光伏电站功率预测值 p_i 时,确定实际平滑出力值 $X(t_i)'$ 等于理想平滑出力值 $X(t_i)$,即,当 $X(t_i) \leq p_i$ 时, $X(t_i)' = X(t_i)$ 。

[0083] 当理想平滑出力值 $X(t_i)$ 大于光伏电站功率预测值 p_i 时,确定实际平滑出力值 $X(t_i)'$ 等于光伏电站功率预测值 p_i ,即,当 $X(t_i) > p_i$ 时, $X(t_i)' = p_i$ 。

[0084] 图5分别显示了计划出力区间光伏电站功率预测值组成的曲线(虚线所示)以及利用本发明提供的方法计算得到的理想平滑出力曲线(实线所示),通过对比可知,理想平滑出力曲线减小了功率波动,且不存在延时现象。根据图5中各时刻光伏电站功率预测值与理想平滑出力值的大小关系,得到图6所示的实际平滑出力曲线。

[0085] 以上的具体实施例,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上仅为本发明的具体实施例而已,并不用于限定本发明的保护范围,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

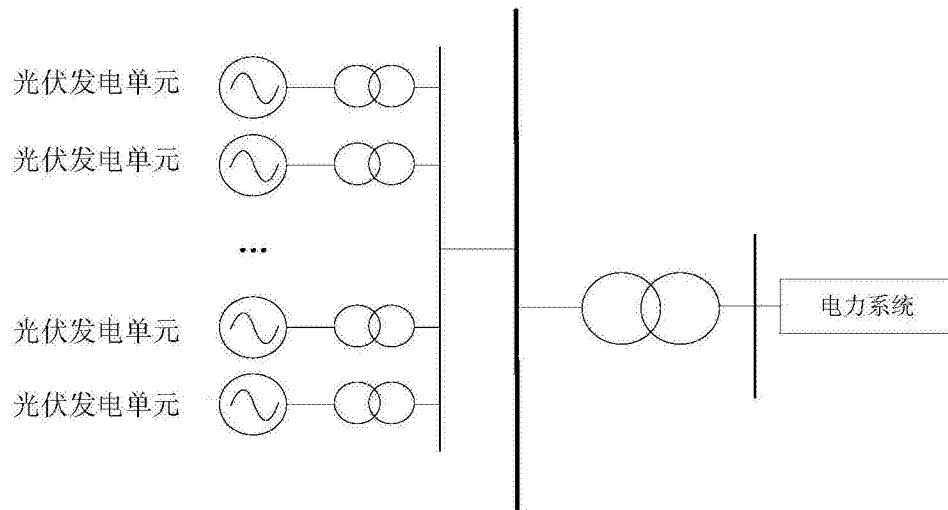


图1

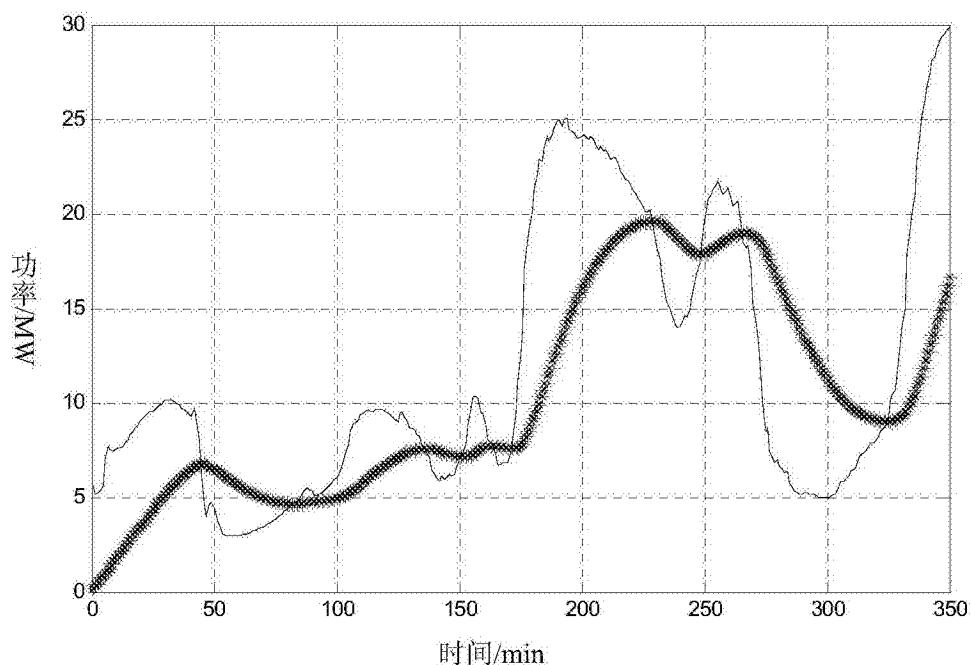


图2

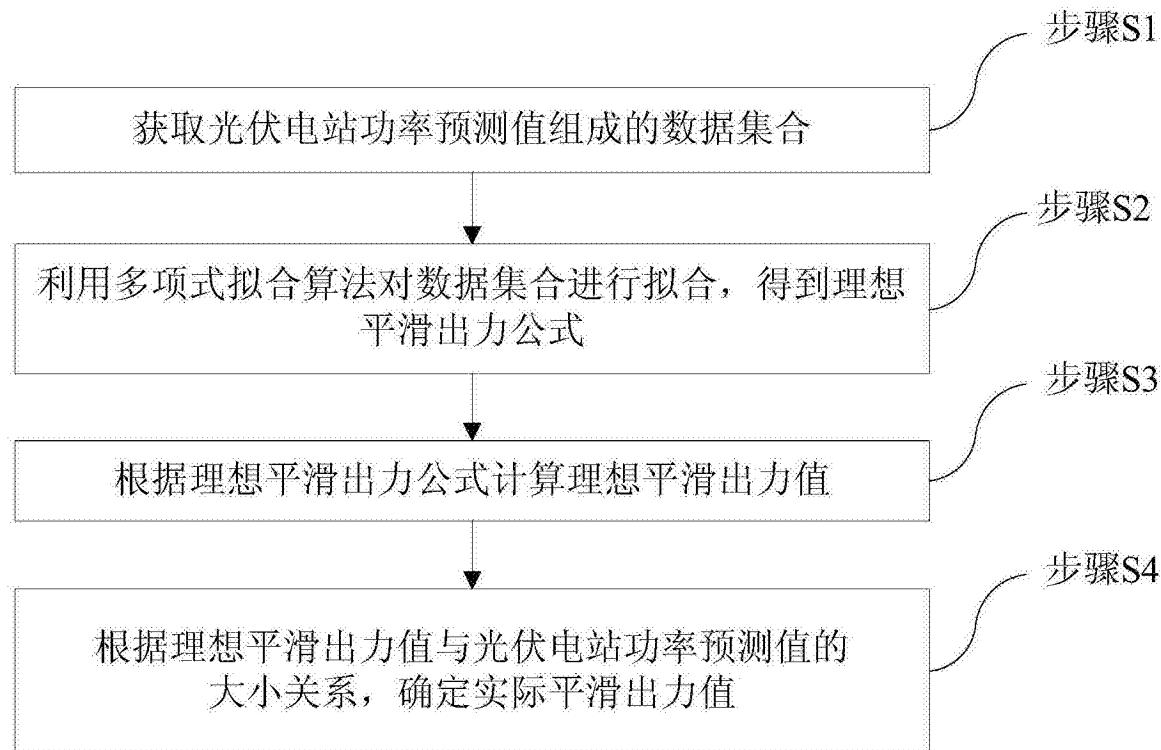


图3

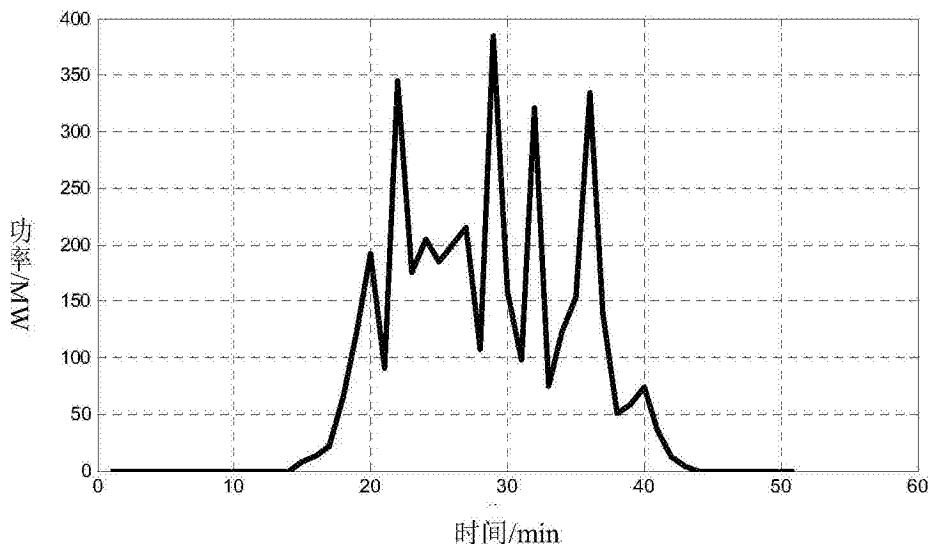


图4

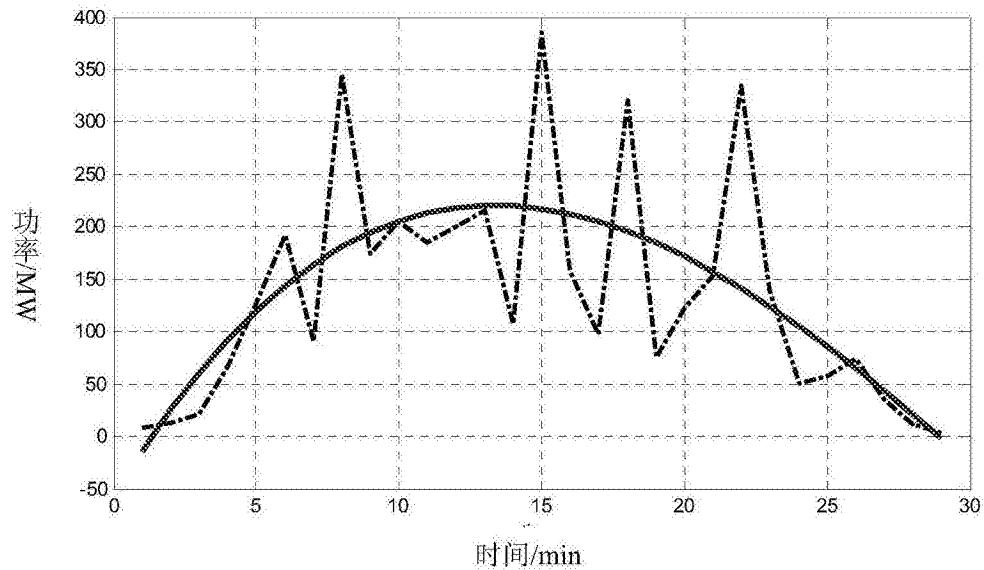


图5

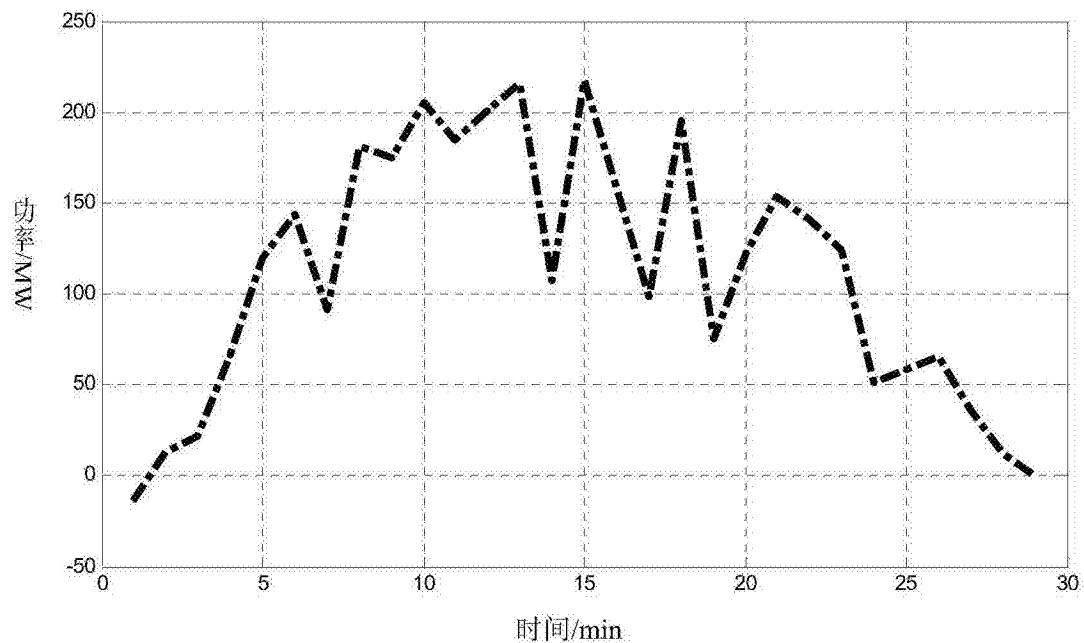


图6