



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109491445 B

(45) 授权公告日 2020.12.18

(21) 申请号 201811364143.5

(22) 申请日 2018.11.16

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109491445 A

(43) 申请公布日 2019.03.19

(73) 专利权人 西交利物浦大学
地址 215123 江苏省苏州市工业园区独墅湖高等教育区仁爱路111号

(72) 发明人 李星硕 文辉清

(74) 专利代理机构 苏州创元专利商标事务所有
限公司 32103
代理人 范晴 丁浩秋

(51) Int. Cl.
G05F 1/67 (2006.01)

(56) 对比文件
石瑞民.数值计算.《高等教育出版社》

.2004,第30-31页.

angwongwanich A , Yang Y , Blaabjerg F.A Cost-Effective Power Ramp-Rate Control Strategy for Single-Phase Two-Stage Grid-Connected Photovoltaic.《IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)》.2017,

Sangwongwanich A,Yang Y,Blaabjerg F.Delta Power Control Strategy for Multi-String Grid-Connected PV Inverters.《IEEE Transactions on Industry Application》.2017,

Batzelis E , Papathanassiou S.A Method for the Analytical Extraction of the Single-Diode PV Model Parameters.《IEEE Transactions on Sustainable Energy》.2015,

审查员 朱思韦

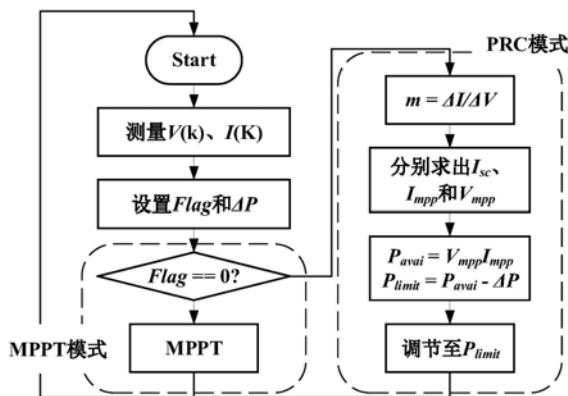
权利要求书1页 说明书3页 附图3页

(54) 发明名称

新型光伏储备功率控制方法

(57) 摘要

本发明公开了一种新型光伏储备功率控制方法,包括:对光伏系统的电压电流进行采样,得到电压电流值V(k)、I(k);根据电网运行状态发送调节信号控制光伏系统的工作模式,所述工作模式包括最大功率点跟踪模式和储备功率控制模式;在储备功率控制模式下,使当前光伏输出功率 P_{pv} 调节至MPP下方的 P_{limit} 处,计算得到短路电流 I_{sc} 的值;求得最大功率点电流 I_{mpp} 的值;根据光伏输出特性,得到最大功率点电压 V_{mpp} ;求得 P_{avai} ,根据光伏储备功率 ΔP 对工作点进行调节。该方法可以实时、准确地预测光伏最大输出功率并快速地调节光伏储备功率的变化。



1. 一种新型光伏储备功率控制方法,其特征在于,包括以下步骤:

S01:对光伏系统的电压电流进行采样,得到电压电流值 $V(k)$ 、 $I(k)$;

S02:根据电网运行状态发送调节信号控制光伏系统的工作模式,所述工作模式包括最大功率点跟踪模式和储备功率控制模式;

S03:在储备功率控制模式下,使当前光伏输出功率 P_{pv} 调节至MPP下方的 P_{limit} 处,计算得到短路电流 I_{sc} 的值: $I_{sc} = I(k) - mV(k)$, $m = \frac{\Delta I}{\Delta V} = \frac{I(k) - I(k-1)}{V(k) - V(k-1)}$;

S04:求得最大功率点电流 I_{mpp} 的值: $I_{mpp} = K_{Isc} I_{sc}$, K_{Isc} 表示最大功率点电流跟短路电流的比值;

S05:根据光伏输出特性,得到最大功率点电压 V_{mpp} ,

$$V_{mpp} \cong \eta W \left\{ \frac{I_{mpp} \left(1 + \left(R_s + \sqrt{R_p R_s + R_s^2} \right) / R_p \right)}{I_s} \right\} - R_s I_{mpp};$$

其中 W 代表Lambert函数; I_s 为二极管反向饱和电流; R_s 和 R_p 分别为光伏等效串并联电阻; η 为二极管理想系数;

S06:求得 P_{avai} , $P_{avai} = V_{mpp} I_{mpp}$;

S07:根据光伏储备功率 ΔP 对工作点进行调节。

新型光伏储备功率控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种光伏储备功率控制方法,具体地涉及一种新型光伏储备功率控制方法,可以实时、准确地预测光伏最大输出功率并快速地调节光伏储备功率的变化。

背景技术

[0002] 随着新能源发电渗透率的不断提高,其对电网也造成了诸多不利影响。这些影响严重制约新能源产业的大规模发展,甚至导致已建成的大型风电场和光伏电站屡屡被限电,造成极大的资源浪费。

[0003] 为了克服这些不利影响,目前主要思路是采用新能源与储能的混合系统,来参与调频并实现平滑的功率输出。但由于储能造价成本太高且寿命太短,此方案在工业界中并未被大规模实现。近年来,一种利用光伏自身进行电网调频与功率平滑输出的算法被提出,即储备功率控制(Power Reserve Control,PRC)。

[0004] 图1为光伏输出特性曲线与PRC算法的示意图。传统的光伏系统往往采用最大功率点跟踪(Maximum Power Point Tracking,MPPT)使系统工作在其最大功率点(Maximum Power Point,MPP)。而PRC算法则是根据电网频率的运行情况,使当前光伏输出功率 P_{pv} 调节至MPP下方的 P_{limit} 处,如A点或B点,其数学表达式可写为:

$$[0005] \quad P_{pv} = P_{limit} = P_{avai} - \Delta P$$

[0006] 其中, P_{avai} 指光伏最大输出功率, ΔP 指光伏储备功率。当电网频率发生改变时,PRC算法通过调节 ΔP ,调节光伏系统出力大小,从而响应电网频率。

[0007] 由于光伏系统功率输出受其工作环境的影响(如光照和温度),因此PRC算法的关键之处在于如何在工作环境发生变化的情况下准确预测 P_{avai} 并根据电网频率的变化控制 ΔP 。

发明内容

[0008] 为了解决上述存在的技术问题,本发明的目的是提出了一种新型光伏储备功率控制方法。该方法可以实时、准确地预测光伏最大输出功率并快速地调节光伏储备功率的变化。同时,此算法不需要借助额外的传感器,可以直接应用于现有的光伏系统,在成本和可实施方面有更强的优势。

[0009] 本发明的技术方案是:

[0010] 一种新型光伏储备功率控制方法,包括以下步骤:

[0011] S01:对光伏系统的电压电流进行采样,得到电压电流值 $V(k)$ 、 $I(k)$;

[0012] S02:根据电网运行状态发送调节信号控制光伏系统的工作模式,所述工作模式包括最大功率点跟踪模式和储备功率控制模式;

[0013] S03:在储备功率控制模式下,使当前光伏输出功率 P_{pv} 调节至MPP下方的 P_{limit} 处,计算得到短路电流 I_{sc} 的值: $I_{sc} = I(k) - mV(k)$,

$$[0014] \quad m = \frac{\Delta I}{\Delta V} = \frac{I(k) - I(k-1)}{V(k) - V(k-1)};$$

[0015] S04:求得最大功率点电流 I_{mpp} 的值: $I_{mpp} = K_{Isc} I_{sc}$, K_{Isc} 表示最大功率点电流跟短路电流的比值;

[0016] S05:根据光伏输出特性,得到最大功率点电压 V_{mpp} ;

[0017] S06:求得 P_{avai} , $P_{avai} = V_{mpp} I_{mpp}$;

[0018] S07:根据光伏储备功率 ΔP 对工作点进行调节。

[0019] 优选的技术方案中,所述步骤S05中,

$$[0020] \quad V_{mpp} \cong \eta W \left\{ \frac{I_{mpp} \left(1 + \left(R_s + \sqrt{R_p R_s + R_s^2} \right) / R_p \right)}{I_s} \right\} - R_s I_{mpp};$$

[0021] 其中 W 代表Lambert函数; I_s 为二极管反向饱和电流; R_s 和 R_p 分别为光伏等效串并联电阻; η 为二极管理想系数。

[0022] 与现有技术相比,本发明的优点是:

[0023] 该方法可以实时、准确地预测光伏最大输出功率并快速地调节光伏储备功率的变化。同时,此算法不需要借助额外的传感器,可以直接应用于现有的光伏系统,在成本和可实施方面有更强的优势。

附图说明

[0024] 下面结合附图及实施例对本发明作进一步描述:

[0025] 图1为光伏输出特性曲线与PRC算法的示意图;

[0026] 图2为本发明新型光伏储备功率控制方法的原理图;

[0027] 图3为本发明新型光伏储备功率控制方法的流程图;

[0028] 图4为光伏最大输出功率预测示意图;

[0029] 图5为本发明的实验结果图。

具体实施方式

[0030] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚了,下面结合具体实施方式并参照附图,对本发明进一步详细说明。应该理解,这些描述只是示例性的,而并非要限制本发明的范围。此外,在以下说明中,省略了对公知结构和技术的描述,以避免不必要地混淆本发明的概念。

[0031] 实施例:

[0032] 如图2、3所示,本发明所提出的算法主要包括两种工作模式,即MPPT模式和PRC模式;算法信号也可分为本地信号和网测信号。本地信号通过对光伏进行电压电流采样(V_{pv} 、 I_{pv}),然后根据算法产生一个PWM信号对光伏系统进行控制。网测信号则是根据电网运行状态,通过调节信号Flag对两种工作模式进行切换,然后对 P_{avai} 进行预测,最后调节 ΔP 来响应电网频率变化。

[0033] 图4为 P_{avai} 预测示意图。从图4可以看出,当系统工作在A的情况下时,工作点实际

位于光伏I-V曲线的左侧,即恒电流区。通过在A附近进行扰动可求得m的值,即:

$$[0034] \quad m = \frac{\Delta I}{\Delta V} = \frac{I(k) - I(k-1)}{V(k) - V(k-1)}$$

[0035] 然后即可得到短路电流 I_{sc} 的值:

$$[0036] \quad I_{sc} = I(k) - mV(k)$$

[0037] 继而可求得最大功率点电流 I_{mpp} 的值:

$$[0038] \quad I_{mpp} = K_{Isc} I_{sc} \quad 0.78 < K_{Isc} < 0.92$$

[0039] 其中, K_{Isc} 表示最大功率点电流跟短路电流的比值;

[0040] 同时,根据光伏输出特性,最大功率点电压 V_{mpp} 的值为:

$$[0041] \quad V_{mpp} \cong \eta W \left\{ \frac{I_{mpp} \left(1 + \left(R_s + \sqrt{R_p R_s + R_s^2} \right) / R_p \right)}{I_s} \right\} - R_s I_{mpp}$$

[0042] 其中,W代表Lambert函数; I_s 为二极管反向饱和电流; R_s 和 R_p 分别为光伏等效串并联电阻; η 为二极管理想系数。

[0043] 最后, P_{avai} 可以求得:

$$[0044] \quad P_{avai} = V_{mpp} I_{mpp}$$

[0045] 如图3所示,该算法主要流程如下所述:

[0046] 1. 测量当前电压电流值 $V(k)$ 、 $I(k)$ 。

[0047] 2. 根据电网运行状态调节Flag和 ΔP 。

[0048] 3. 如果Flag等于0,则切换至MPPT模式;否则切换至PRC模式。

[0049] 4. 在PRC模式下,分别求出 m 、 I_{sc} 、 I_{mpp} 、 V_{mpp} 和 P_{avai} 的值。

[0050] 5. 最后根据 ΔP 对工作点进行调节。

[0051] 通过试验样机进行实验,其中太阳能阵列模拟器(PV emulator)用来模拟光伏阵列的输出,dSPACE用来完成本算法的实现。实验结果如图5所示。

[0052] 应当理解的是,本发明的上述具体实施方式仅仅用于示例性说明或解释本发明的原理,而不构成对本发明的限制。因此,在不偏离本发明的精神和范围的情况下所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。此外,本发明所附权利要求旨在涵盖落入所附权利要求范围和边界、或者这种范围和边界的等同形式内的全部变化和修改例。

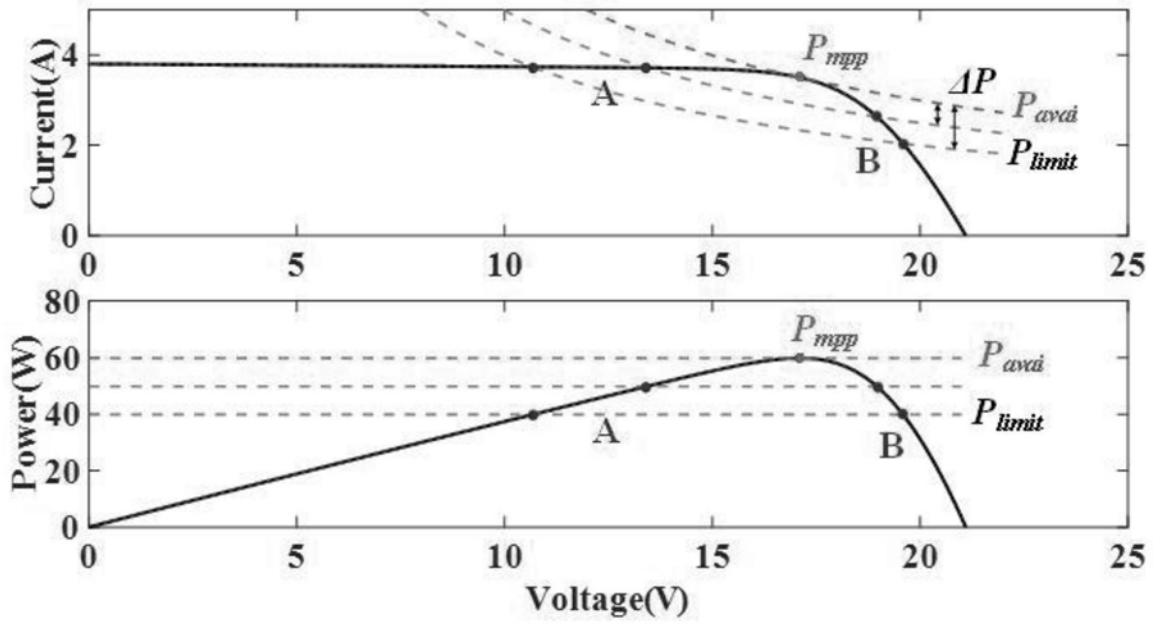


图1

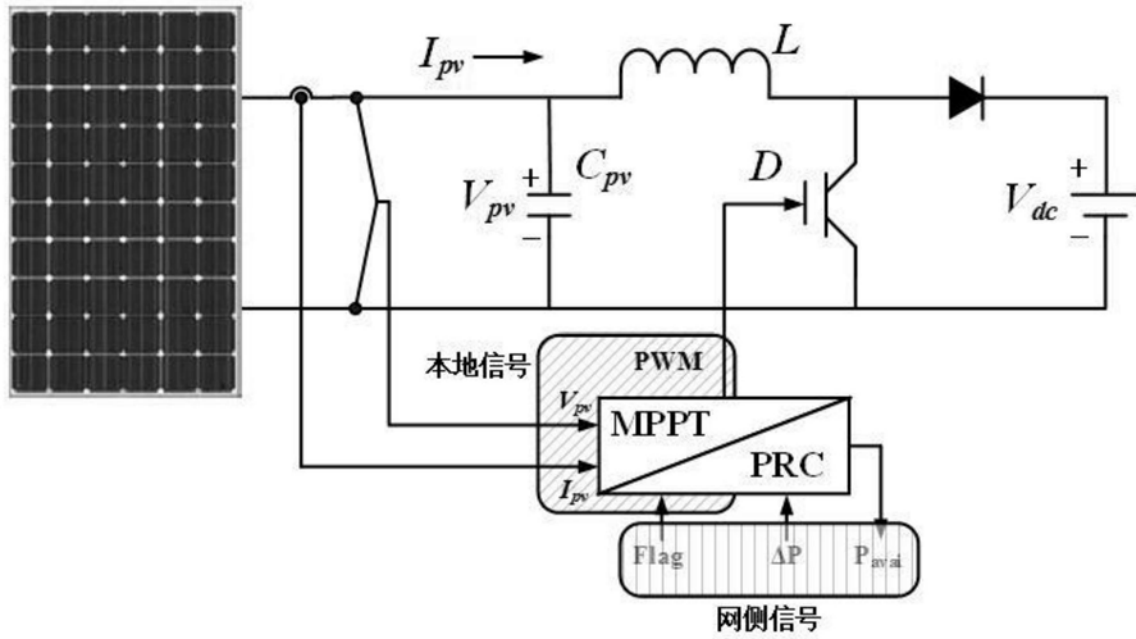


图2

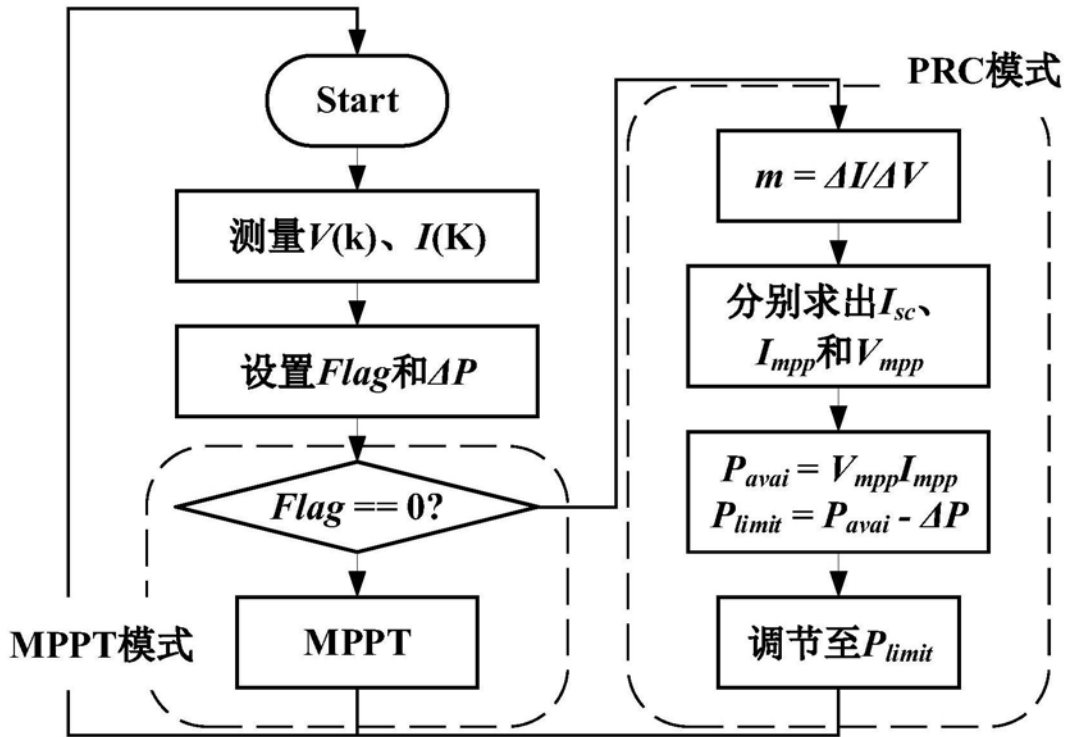


图3

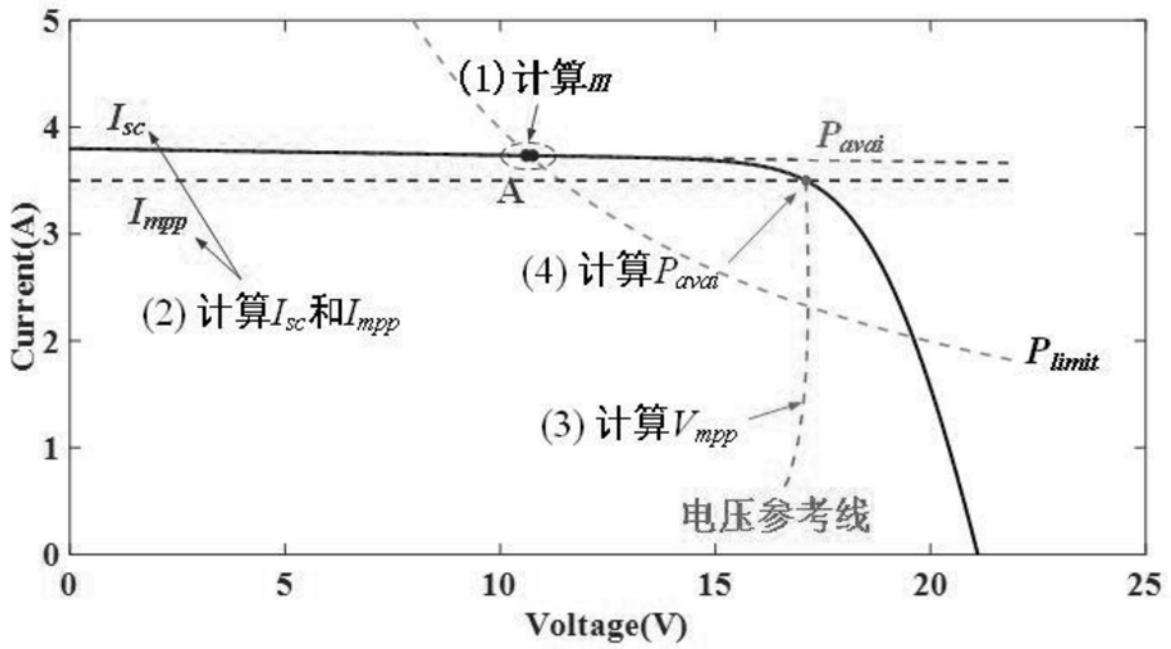


图4

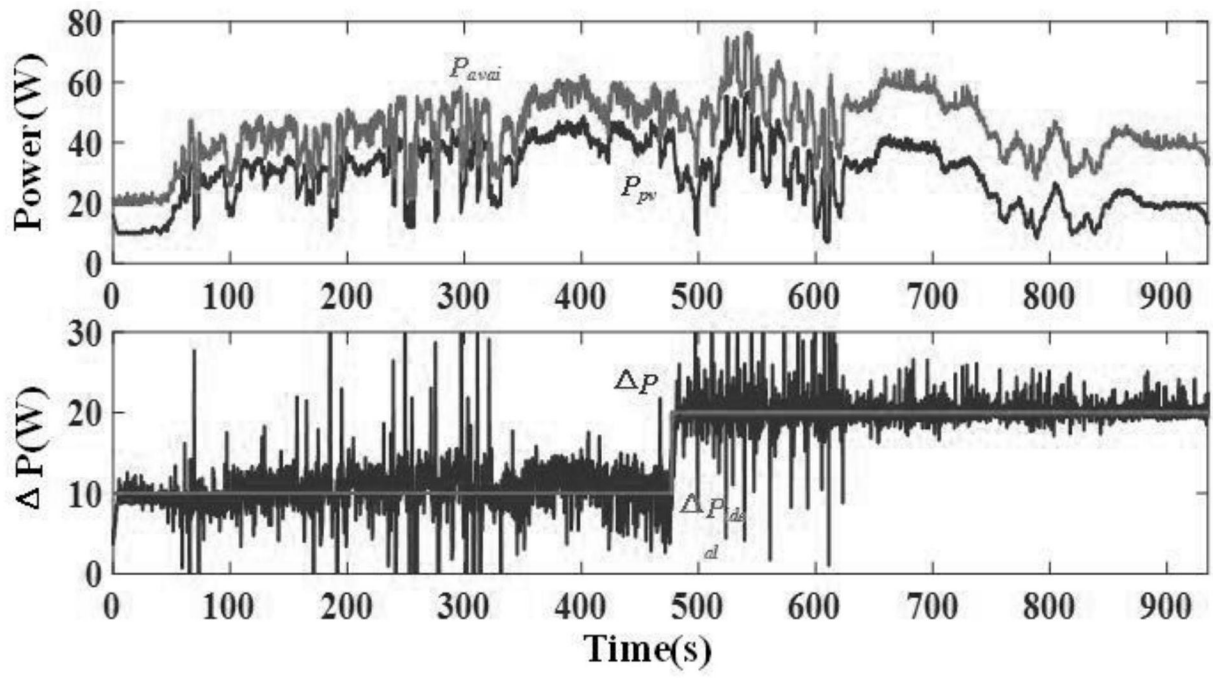


图5