(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2023 年 3 月 30 日 (30.03.2023)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2023/045273 A1

(51) 国际专利分类号:
H02J 3/38 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2022/080619

(22) 国际申请日: 2022 年 3 月 14 日 (14.03.2022)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202111105506.5 2021年9月22日 (22.09.2021) CN

(71) 申请人: 北京金风科创风电设备有限公司 (**BEIJING GOLDWIND SCIENCE & CREATION WINDPOWER EQUIPMENT CO., LTD.**) [CN/CN]; 中国北京市大兴区北京经济技术开发区康定街19号, Beijing 100176 (CN)。

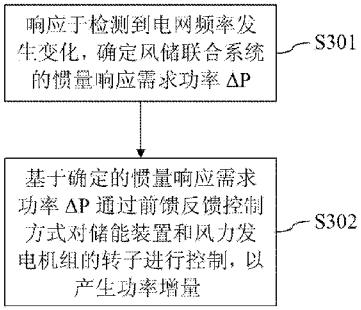
(72) 发明人: 李峰 (**LI, Feng**); 中国北京市大兴区北京经济技术开发区博兴一路 8 号, Beijing 100176 (CN)。 周建虎 (**ZHOU, Jianhu**); 中国北京市大兴区北京经济技术开发区博兴一路8号, Beijing 100176 (CN)。

(74) 代理人: 北京铭硕知识产权代理有限公司 (**MING & SURE INTELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM**); 中国北京市海淀区温泉镇高里掌路1号院3号楼, Beijing 100095 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明，要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,

(54) **Title:** WIND-STORAGE INTEGRATED INERTIA RESPONSE METHOD AND APPARATUS

(54) 发明名称: 风储联合惯量响应方法和惯量响应装置



S301 In response to detecting that a power grid frequency changes, determine an inertia response demand power ΔP of a wind-storage integrated system

S302 Control rotors of an energy storage apparatus and a wind generating set on the basis of the determined inertia response demand power ΔP and by means of feedforward and feedback control, so as to generate a power increment

图 3

(57) **Abstract:** Disclosed are a wind-storage integrated inertia response method and apparatus. The wind-storage integrated inertia response method comprises: in response to detecting that a power grid frequency changes, determining an inertia response demand power of a wind-storage integrated system, wherein the wind-storage integrated system comprises a wind generating set and an energy storage apparatus, which is connected to the wind generating set; and controlling rotors of the energy storage apparatus and the wind generating set on the basis of the determined inertia response demand power and by means of feedforward and feedback control, so as to generate a power increment.

(57) 摘要: 公开了风储联合惯量响应方法和惯量响应装置。所述风储联合惯量响应方法包括：响应于检测到电网频率发生变化，确定风储联合系统的惯量响应需求功率，其中，所述风储联合系统包括风力发电机组以及连接到风力发电机组的储能装置；基于确定的惯量响应需求功率通过前馈反馈控制方式对储能装置和风力发电机组的转子进行控制，以产生功率增量。

WO 2023/045273 A1

[见续页]

SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) **指定国**(除另有指明，要求每一种可提供的地区保护)：ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

风储联合惯量响应方法和惯量响应装置

技术领域

本公开总体说来涉及风力发电技术领域，更具体地讲，涉及风储联合惯量响应方法和惯量响应装置。

背景技术

随着风电技术的发展，电力系统中风电渗透率不断增加，风电带来的问题也不断涌现。传统风力发电机组采用传统的最大功率点跟踪（MPPT）控制策略且通过低惯性的电力电子设备接入电网，风力发电系统与电网几乎解耦，降低了系统惯性，使风场几乎不响应电网中的频率波动。另一方面，风电固有的随机性、波动性等特点也对电网安全稳定运行造成了威胁。

近年来，已经提出采用风机转子释放转子动能来做惯量响应，以维持电力系统频率稳定。图 1 是示出现有的惯量响应过程的示图。在图 1 中，f 表示电网频率，P 表示风力发电机组实时上网频率，P_n 表示风力发电机组额定功率，虚线表示电网频率，实线表示实时上网频率。在初始阶段，电网频率 f 保持在额定频率 f_n。其后，电网频率发生斜坡下降。一旦电网频率发生变化，就可以确定频率变化率，进而确定惯量响应需求功率 ΔP（通常限定 $\Delta P \leq 10\%P_n$）。然后，可以以 ΔP 为控制目标对转子进行控制，转子功率随之发生变化，并通过变流器传输到网侧，体现为实时上网功率 P 逐渐上升，最终达到稳态。一般来说，从频率开始变化到 P 响应完成的时间间隔不允许超过固定值（例如，200ms）。当电网频率下降到一定程度时，不再变化，并且随后恢复到额定频率。这时，惯量响应需求功率 Δ P 清零，实时上网功率恢复。

然而，如上所述的现有惯量响应方法完全依赖转子动能，当惯量需求大时，对风力发电机组载荷的冲击将会很大。另外，因为最大转子动能有限制，因此当惯量需求大时，会出现响应不足的问题。另外，现有惯量响应方法采用开环固定给定方式执行，在风速波动时，上网功率无法稳定，而在功率稳态期间也会存在控制偏差。

发明内容

本公开的实施例提供一种风储联合惯量响应方法和惯量响应装置，能够降低由于惯量响应导致的载荷冲击，并且能够提升惯量响应能力。

在一个总的方面，提供一种风储联合惯量响应方法，包括：响应于检测到电网频率发生变化，确定风储联合系统的惯量响应需求功率，其中，所述风储联合系统包括风力发电机组以及连接到风力发电机组的储能装置；基于确定的惯量响应需求功率通过前馈反馈控制方式对储能装置和风力发电机组的转子进行控制，以产生功率增量，从而满足所述惯量响应需求功率。

在另一总的方面，提供一种风储联合惯量响应装置，所述风储联合惯量响应装置包括：惯量响应需求功率确定单元，被配置为：响应于检测到电网频率发生变化，确定风储联合系统的惯量响应需求功率，其中，所述风储联合系统包括风力发电机组以及连接到风力发电机组的储能装置；储能与转子控制单元，被配置为：基于确定的惯量响应需求功率通过前馈反馈控制方式对储能装置和风力发电机组的转子进行控制，以产生功率增量，从而满足所述惯量响应需求功率。

在另一总的方面，提供一种存储有计算机程序的计算机可读存储介质，当所述计算机程序被处理器执行时，实现如上所述的风储联合惯量响应方法。

在另一总的方面，提供一种控制器，所述控制器包括：处理器；和存储器，存储有计算机程序，当所述计算机程序被处理器执行时，实现如上所述的风储联合惯量响应方法。

在另一总的方面，提供一种风储联合系统，所述风储联合系统包括：风力发电机组；连接到风力发电机组的储能装置；如上所述的风储联合惯量响应装置或者如上所述的控制器。

根据本公开的实施例的风储联合惯量响应方法和惯量响应装置，优先使用储能装置进行惯量响应而无需转子参与，从而消除了由于转子进行惯量响应而导致的对风力发电机组载荷的冲击。另一方面，当惯量响应需求很大时，可以通过储能装置和转子二者进行惯量响应，从而提升惯量响应支撑能力。此外，通过在惯量响应过程中使用前馈反馈控制方式对储能装置和转子二者进行控制，既能提高惯量响应的速度，又能保证惯量响应的稳定度。

附图说明

通过下面结合示出实施例的附图进行的描述，本公开的实施例的上述和其他目的和特点将会变得更加清楚，其中：

图 1 是示出现有的惯量响应过程的示图；

图 2 是示出根据本公开的实施例的风储联合惯量响应方法的原理的示图；

图 3 是示出根据本公开的实施例的风储联合惯量响应方法的流程图；

图 4 是示出通过前馈反馈控制方式对储能装置和转子进行控制的示图；

图 5 是示出根据本公开的实施例的风储联合惯量响应装置的框图；

图 6 是示出根据本公开的实施例的控制器的框图。

具体实施方式

提供下面的具体实施方式以帮助读者获得对在此描述的方法、设备和/或系统的全面理解。然而，在理解本申请的公开之后，在此描述的方法、设备和/或系统的各种改变、修改和等同物将是清楚的。例如，在此描述的操作的顺序仅是示例，并且不限于在此阐述的那些顺序，而是除了必须以特定的顺序发生的操作之外，可如在理解本申请的公开之后将是清楚的那样被改变。此外，为了更加清楚和简明，本领域已知的特征的描述可被省略。

在此描述的特征可以以不同的形式来实现，而不应被解释为限于在此描述的示例。相反，已提供在此描述的示例，以仅示出实现在此描述的方法、设备和/或系统的许多可行方式中的一些可行方式，所述许多可行方式在理解本申请的公开之后将是清楚的。

如在此使用的，术语“和/或”包括相关联的所列项中的任何一个以及任何两个或更多个的任何组合。

尽管在此可使用诸如“第一”、“第二”和“第三”的术语来描述各种构件、组件、区域、层或部分，但是这些构件、组件、区域、层或部分不应被这些术语所限制。相反，这些术语仅用于将一个构件、组件、区域、层或部分与另一构件、组件、区域、层或部分进行区分。因此，在不脱离示例的教导的情况下，在此描述的示例中所称的第一构件、第一组件、第一区域、第一层或第一部分也可被称为第二构件、第二组件、第二区域、第二层或第二部分。

在说明书中，当元件（诸如，层、区域或基底）被描述为“在”另一元件上、“连接到”或“结合到”另一元件时，该元件可直接“在”另一元件上、

直接“连接到”或“结合到”另一元件，或者可存在介于其间的一个或多个其他元件。相反，当元件被描述为“直接在”另一元件上、“直接连接到”或“直接结合到”另一元件时，可不存在介于其间的其他元件。

在此使用的术语仅用于描述各种示例，并不将用于限制公开。除非上下文另外清楚地指示，否则单数形式也意在包括复数形式。术语“包含”、“包括”和“具有”说明存在叙述的特征、数量、操作、构件、元件和/或它们的组合，但不排除存在或添加一个或多个其他特征、数量、操作、构件、元件和/或它们的组合。

除非另有定义，否则在此使用的所有术语（包括技术术语和科学术语）具有与由本公开所属领域的普通技术人员在理解本公开之后通常理解的含义相同的含义。除非在此明确地如此定义，否则术语（诸如，在通用词典中定义的术语）应被解释为具有与它们在相关领域的上下文和本公开中的含义一致的含义，并且不应被理想化或过于形式化地解释。

此外，在示例的描述中，当认为公知的相关结构或功能的详细描述将引起对本公开的模糊解释时，将省略这样的详细描述。

下面对根据本公开的实施例的风储联合惯量响应方法的原理进行解释。

图 2 是示出根据本公开的实施例的风储联合惯量响应方法的原理的示图。

根据本公开的实施例的风储联合惯量响应方法通过包括风力发电机组和连接到风力发电机组的储能装置的风储联合系统进行惯量响应，能够够降低由于惯量响应导致的载荷冲击，并且能够提升惯量响应能力。在图 2 中，储能装置连接到变流器直流母线，然而本公开不限于此，储能装置也可以连接到其他位置。

参照图 2，电网电压 e_abc 可输入到频率检测模块，以检测电网频率 f，并且可基于电网频率 f 的变化率，计算惯量响应需求功率 ΔP。这里，可以通过各种现有方法从电网电压 e_abc 检测电网频率 f，进而确定电网频率的变化率，本公开对此不做任何限制。稍后将对计算惯量响应需求功率 ΔP 的方法进行具体描述。随后，可将惯量响应需求功率 ΔP 分解成 Δ Pgen 和 Δ Pbat 两个功率增量。这里，ΔPgen 表示通过对风力发电机组的转子进行控制而产生的功率增量，ΔPbat 表示通过对储能装置进行控制而产生的功率增量。可以将 ΔPgen 和 ΔPbat 作为转子控制目标和储能控制目标，通过转子控制系统和储能控制系统对转子和储能装置进行控制，产生相应的功率增量。

根据本公开的实施例，使用转子和储能装置来满足惯量响应需求功率。在惯量响应过程中，优先使用储能装置进行惯量响应而无需转子参与，以消除由于转子进行惯量响应而导致的对风力发电机组载荷的冲击。另一方面，当惯量响应需求很大时，可以通过转子进行补充的惯量响应，以提升惯量响应支撑能力。下面对根据本公开的实施例的风储联合惯量响应方法进行详细描述。

图 3 是示出根据本公开的实施例的风储联合惯量响应方法的流程图。

参照图 3，在步骤 S301 中，响应于检测到电网频率发生变化，确定风储联合系统的惯量响应需求功率 ΔP。如上所述，风储联合系统包括风力发电机组以及连接到风力发电机组的储能装置。当检测到电网频率发生变化时，可计算电网频率的变化率 df/dt（即，频率导数 f'），并且基于电网频率的变化率 df/dt、电网额定频率 f_n、风力发电机组的惯量常数 T_J 和并网额定功率 P_n，确定风储联合系统的惯量响应需求功率 ΔP。具体地讲，可通过如下公式（1）来计算惯量响应需求功率 ΔP。

$$\Delta P = -\frac{T_J}{f_n}\frac{df}{dt}P_n \qquad (1)$$

接下来，在步骤 S302 中，可基于确定的惯量响应需求功率 ΔP 通过前馈反馈控制方式对储能装置和风力发电机组的转子进行控制，以产生功率增量，从而满足惯量响应需求功率 ΔP。

图 4 是示出通过前馈反馈控制方式对储能装置和转子进行控制的示图。

如图 4 所示，可以以确定的惯量响应需求功率 ΔP 作为给定值，以风力发电机组的实时上网功率值 P_{grid} 与确定风储联合系统的惯量响应需求功率时的上网功率值 P_{last} 之差作为反馈值，通过比例积分微分（PID）运算计算第一控制分量，然后可以以确定的功率增量 ΔP 作为前馈量，并将前馈量与第一控制分量之和计算为储能转子联合控制目标 ΔP*，最后可以基于计算的储能转子联合控制目标 ΔP*，对储能装置和转子进行控制，以产生功率增量。这里，实时上网功率可基于风力发电机组的变流器机侧功率和功率增量来确定。例如，可将风力发电机组的变流器机侧功率和功率增量之和确定为实时上网功率。

这样，通过反馈控制，实现了对储能装置和转子的闭环控制（包括前馈控制与反馈控制），提高了响应速度并且确保了响应的稳定度。

这里，在对储能装置进行控制时，可通过控制储能装置吸收电能或释放储存的电能，来产生相应的功率增量，在对转子进行控制时，可通过控制转子电磁转矩，来产生相应的功率增量。上述吸收/释放电能的控制方式以及电磁转矩的控制方式为本领域技术人员熟知，因此不再赘述。

如上所述，在惯量响应过程中，优先使用储能装置进行惯量响应。因此，当计算的储能转子联合控制目标 ΔP*小于等于储能装置所能提供的最大功率增量 ΔPbat_max 时，可基于计算的储能转子联合控制目标 ΔP*仅对储能装置进行控制，以产生功率增量 ΔPbat。

当计算的储能转子联合控制目标 ΔP*大于储能装置所能提供的最大功率增量 ΔPbat_max 且小于等于储能装置所能提供的最大功率增量 ΔPbat_max 与转子所能提供的最大功率增量 ΔPgen_max 之和时，可以以储能装置所能提供的最大功率增量 ΔPbat_max 作为储能装置控制目标对储能装置进行控制，并以储能转子联合控制目标 ΔP*与储能装置所能提供的最大功率增量 ΔPbat-_max 之差作为转子控制目标对转子进行控制，以产生功率增量。在这种情况下，功率增量可以是通过对储能装置进行控制而产生的功率增量 ΔPbat 与通过对转子进行控制而产生的功率增量 ΔPgen 之和。

当计算的储能转子联合控制目标 ΔP*大于储能装置所能提供的最大功率增量 ΔPbat_max 与转子所能提供的最大功率增量 ΔPgen_max 之和时，可以以储能装置所能提供的最大功率增量 ΔPbat_max 作为储能装置控制目标对储能装置进行控制，并以转子所能提供的最大功率增量 ΔPgen_max 作为转子控制目标对转子进行控制，以产生功率增量。如上所述，在这种情况下，功率增量可以是通过对储能装置进行控制而产生的功率增量 ΔPbat 与通过对转子进行控制而产生的功率增量 ΔPgen 之和。

根据本公开的实施例的风储联合惯量响应方法，优先使用储能装置进行惯量响应而无需转子参与，从而消除了由于转子进行惯量响应而导致的对风力发电机组载荷的冲击。另一方面，当惯量响应需求很大时，可以通过储能装置和转子二者进行惯量响应，提升惯量响应支撑能力。此外，通过在惯量响应过程中使用前馈反馈控制方式对储能装置和转子二者进行控制，既能提高惯量响应的速度，又能保证惯量响应的稳定度。

图 5 是示出根据本公开的实施例的风储联合惯量响应装置的框图。作为示例，根据本公开的实施例的风储联合惯量响应装置可设置在风力发电机组

的变流器控制器中，但不限于此。例如，根据本公开的实施例的风储联合惯量响应装置可设置在风力发电机组的主控制器中，或者设置在风力发电机组的专用控制器中。可选择地，根据本公开的实施例的风储联合惯量响应装置可实现为风储联合系统中的独立部件。

参照图 5，根据本公开的实施例的风储联合惯量响应装置 500 可包括惯量响应需求功率确定单元 501 和储能与转子控制单元 502。

惯量响应需求功率确定单元 501 可响应于检测到电网频率发生变化，确定风储联合系统的惯量响应需求功率。如上所述，风储联合系统包括风力发电机组以及连接到风力发电机组的储能装置。惯量响应需求功率确定单元 501 可基于电网频率的变化率、电网额定频率、风力发电机组的惯量常数和并网额定功率，确定风储联合系统的惯量响应需求功率。具体地讲，惯量响应需求功率确定单元 501 可通过如上所述的公式（1）来计算惯量响应需求功率。

储能与转子控制单元 502 可基于确定的惯量响应需求功率通过前馈反馈控制方式对储能装置和风力发电机组的转子进行控制，以产生功率增量，从而满足所述惯量响应需求功率。具体地讲，储能与转子控制单元 502 可首先以确定的惯量响应需求功率作为给定值，以风力发电机组的实时上网功率值与确定风储联合系统的惯量响应需求功率时的上网功率值之差作为反馈值，通过比例积分微分运算计算第一控制分量，然后以确定的惯量响应需求功率作为前馈量，并将前馈量与第一控制分量之和计算为储能转子联合控制目标，最后基于计算的储能转子联合控制目标，对储能装置和转子进行控制，以产生功率增量。这里，实时上网功率值可基于风力发电机组的变流器机侧功率和功率增量来确定。

进一步讲，储能与转子控制单元 502 可响应于计算的储能转子联合控制目标小于等于储能装置所能提供的最大功率增量，基于计算的储能转子联合控制目标仅对储能装置进行控制，以产生功率增量。可选择地，储能与转子控制单元 502 可响应于计算的储能转子联合控制目标大于储能装置所能提供的最大功率增量且小于等于储能装置所能提供的最大功率增量与转子所能提供的最大功率增量之和，以储能装置所能提供的最大功率增量作为储能装置控制目标对储能装置进行控制，并以储能转子联合控制目标与储能装置所能提供的最大功率增量之差作为转子控制目标对转子进行控制，以产生功率增量。此外，储能与转子控制单元 502 可响应于计算的储能转子联合控制目标

大于储能装置所能提供的最大功率增量与转子所能提供的最大功率增量之和，以储能装置所能提供的最大功率增量作为储能装置控制目标对储能装置进行控制，并以转子所能提供的最大功率增量作为转子控制目标对转子进行控制，以产生功率增量。

图 6 是示出根据本公开的实施例的控制器的框图。

参照图 6，根据本公开的实施例的控制器 600 可实现在风储联合系统中，例如，可实现为风力发电机组的主控制器。根据本实施例公开的控制器 600 可包括处理器 610 和存储器 620。处理器 610 可包括（但不限于）中央处理器（CPU）、数字信号处理器（DSP）、微型计算机、现场可编程门阵列（FPGA）、片上系统（SoC）、微处理器、专用集成电路（ASIC）等。存储器 620 可存储将由处理器 710 执行的计算机程序。存储器 620 可包括高速随机存取存储器和/或非易失性计算机可读存储介质。当处理器 610 执行存储器 620 中存储的计算机程序时，可实现如上所述的风储联合惯量响应方法。

可选择地，控制器 600 可以以有线/无线通信方式与风储联合系统中的其他各种组件进行通信，还可以有线/无线通信方式与风电场中的其他装置进行通信。此外，控制器 600 可以以有线/无线通信方式与风电场外部的装置进行通信。

根据本公开的实施例的风储联合惯量响应方法可被编写为计算机程序并被存储在计算机可读存储介质上。当所述计算机程序被处理器执行时，可实现如上所述的风储联合惯量响应方法。计算机可读存储介质的示例包括：只读存储器（ROM）、随机存取可编程只读存储器（PROM）、电可擦除可编程只读存储器（EEPROM）、随机存取存储器（RAM）、动态随机存取存储器（DRAM）、静态随机存取存储器（SRAM）、闪存、非易失性存储器、CD-ROM、CD-R、CD+R、CD-RW、CD+RW、DVD-ROM、DVD-R、DVD+R、DVD-RW、DVD+RW、DVD-RAM、BD-ROM、BD-R、BD-R LTH、BD-RE、蓝光或光盘存储器、硬盘驱动器（HDD）、固态硬盘（SSD）、卡式存储器（诸如，多媒体卡、安全数字（SD）卡或极速数字（XD）卡）、磁带、软盘、磁光数据存储装置、光学数据存储装置、硬盘、固态盘以及任何其他装置，所述任何其他装置被配置为以非暂时性方式存储计算机程序以及任何相关联的数据、数据文件和数据结构并将所述计算机程序以及任何相关联的数据、数据文件和数据结构提供给处理器或计算机使得处理器或计算机能执行所述计算机程

序。在一个示例中，计算机程序以及任何相关联的数据、数据文件和数据结构分布在联网的计算机系统上，使得计算机程序以及任何相关联的数据、数据文件和数据结构通过一个或多个处理器或计算机以分布式方式存储、访问和执行。

根据本公开的实施例的风储联合惯量响应方法和惯量响应装置，优先使用储能装置进行惯量响应而无需转子参与，从而消除了由于转子进行惯量响应而导致的对风力发电机组载荷的冲击。另一方面，当惯量响应需求很大时，可以通过储能装置和转子二者进行惯量响应，从而提升惯量响应支撑能力。此外，通过在惯量响应过程中使用前馈反馈控制方式对储能装置和转子二者进行控制，既能提高惯量响应的速度，又能保证惯量响应的稳定度。

虽然已表示和描述了本公开的一些实施例，但本领域技术人员应该理解，在不脱离由权利要求及其等同物限定其范围的本公开的原理和精神的情况下，可以对这些实施例进行修改。

权 利 要 求 书

1、一种风储联合惯量响应方法，所述风储联合惯量响应方法包括：

响应于检测到电网频率发生变化，确定风储联合系统的惯量响应需求功率，其中，所述风储联合系统包括风力发电机组以及连接到风力发电机组的储能装置；

基于确定的惯量响应需求功率通过前馈反馈控制方式对储能装置和风力发电机组的转子进行控制，以产生功率增量，从而满足所述惯量响应需求功率。

2、如权利要求 1 所述的风储联合惯量响应方法，其中，确定风储联合系统的惯量响应需求功率的步骤包括：

基于电网频率的变化率、电网额定频率、风力发电机组的惯量常数和并网额定功率，确定风储联合系统的惯量响应需求功率。

3、如权利要求 1 所述的风储联合惯量响应方法，其中，基于确定的惯量响应需求功率通过前馈反馈控制方式对储能装置和风力发电机组的转子进行控制的步骤包括：

以确定的惯量响应需求功率作为给定值，以风力发电机组的实时上网功率值与确定风储联合系统的惯量响应需求功率时的上网功率值之差作为反馈值，通过比例积分微分运算计算第一控制分量；

以确定的惯量响应需求功率作为前馈量，并将前馈量与第一控制分量之和计算为储能转子联合控制目标；

基于计算的储能转子联合控制目标，对储能装置和转子进行控制，以产生功率增量。

4、如权利要求 3 所述的风储联合惯量响应方法，其中，基于计算的储能转子联合控制目标，对储能装置和转子进行控制的步骤包括：

响应于计算的储能转子联合控制目标小于或等于储能装置所能提供的最大功率增量，基于计算的储能转子联合控制目标仅对储能装置进行控制，以产生功率增量；

响应于计算的储能转子联合控制目标大于储能装置所能提供的最大功率增量且小于或等于储能装置所能提供的最大功率增量与转子所能提供的最大功率增量之和，以储能装置所能提供的最大功率增量作为储能装置控制目标

对储能装置进行控制，并以储能转子联合控制目标与储能装置所能提供的最大功率增量之差作为转子控制目标对转子进行控制，以产生功率增量；或者/并且

响应于计算的储能转子联合控制目标大于储能装置所能提供的最大功率增量与转子所能提供的最大功率增量之和，以储能装置所能提供的最大功率增量作为储能装置控制目标对储能装置进行控制，并以转子所能提供的最大功率增量作为转子控制目标对转子进行控制，以产生功率增量。

5、一种风储联合惯量响应装置，所述风储联合惯量响应装置包括：

惯量响应需求功率确定单元，被配置为：响应于检测到电网频率发生变化，确定风储联合系统的惯量响应需求功率，其中，所述风储联合系统包括风力发电机组以及连接到风力发电机组的储能装置；

储能与转子控制单元，被配置为：基于确定的惯量响应需求功率通过前馈反馈控制方式对储能装置和风力发电机组的转子进行控制，以产生功率增量，从而满足所述惯量响应需求功率。

6、如权利要求 5 所述的风储联合惯量响应装置，其中，储能与转子控制单元被配置为：

以确定的惯量响应需求功率作为给定值，以风力发电机组的实时上网功率值与确定风储联合系统的惯量响应需求功率时的上网功率值之差作为反馈值，通过比例积分微分运算计算第一控制分量；

以确定的惯量响应需求功率作为前馈量，并将前馈量与第一控制分量之和计算为储能转子联合控制目标；

基于计算的储能转子联合控制目标，对储能装置和转子进行控制，以产生功率增量。

7、如权利要求 6 所述的风储联合惯量响应装置，其中，储能与转子控制单元还被配置为：

响应于计算的储能转子联合控制目标小于或等于储能装置所能提供的最大功率增量，基于计算的储能转子联合控制目标仅对储能装置进行控制，以产生功率增量；

响应于计算的储能转子联合控制目标大于储能装置所能提供的最大功率增量且小于或等于储能装置所能提供的最大功率增量与转子所能提供的最大功率增量之和，以储能装置所能提供的最大功率增量作为储能装置控制目标

对储能装置进行控制，并以储能转子联合控制目标与储能装置所能提供的最大功率增量之差作为转子控制目标对转子进行控制，以产生功率增量；或者/并且

响应于计算的储能转子联合控制目标大于储能装置所能提供的最大功率增量与转子所能提供的最大功率增量之和，以储能装置所能提供的最大功率增量作为储能装置控制目标对储能装置进行控制，并以转子所能提供的最大功率增量作为转子控制目标对转子进行控制，以产生功率增量。

8、如权利要求 7 所述的风储联合惯量响应装置，其中，所述风储联合惯量响应装置设置在风力发电机组的变流器中。

9、一种存储有计算机程序的计算机可读存储介质，其中，当所述计算机程序被处理器执行时，实现如权利要求 1 至 4 中任意一项所述的风储联合惯量响应方法。

10、一种控制器，所述控制器包括：处理器；和存储器，存储有计算机程序，当所述计算机程序被处理器执行时，实现如权利要求 1 至 4 中任意一项所述的风储联合惯量响应方法。

11、一种风储联合系统，所述风储联合系统包括：

风力发电机组；

连接到风力发电机组的储能装置；

如权利要求 5-8 中任一项所述的风储联合惯量响应装置或者如权利要求 10 所述的控制器。

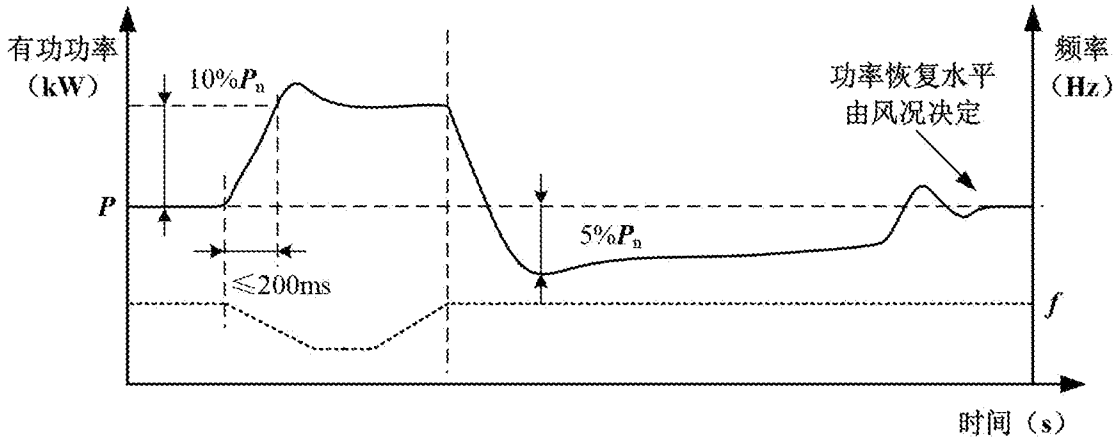


图 1

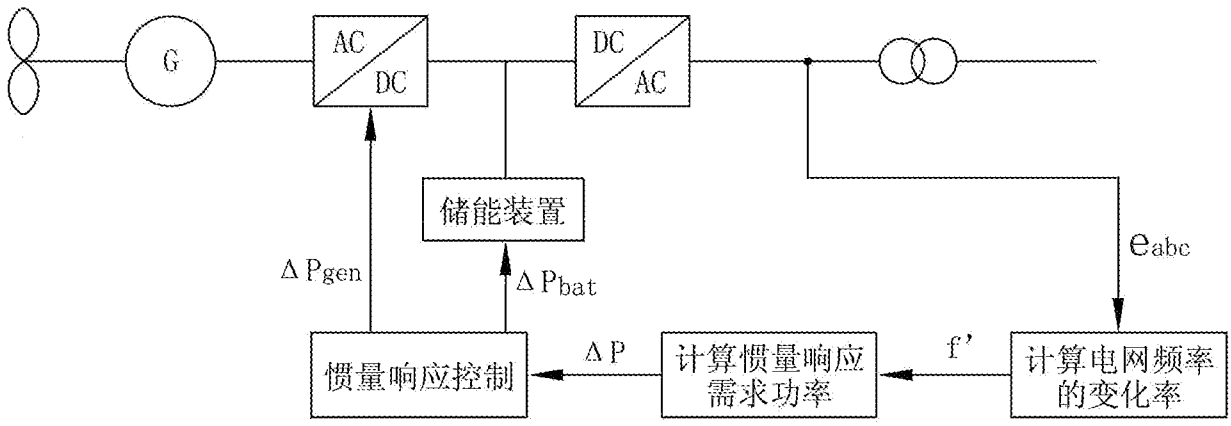

G
AC
DC
DC
AC
储能装置
ΔPgen
ΔPbat
eabc
惯量响应控制
ΔP
计算惯量响应
需求功率
f'
计算电网频率
的变化率

图 2

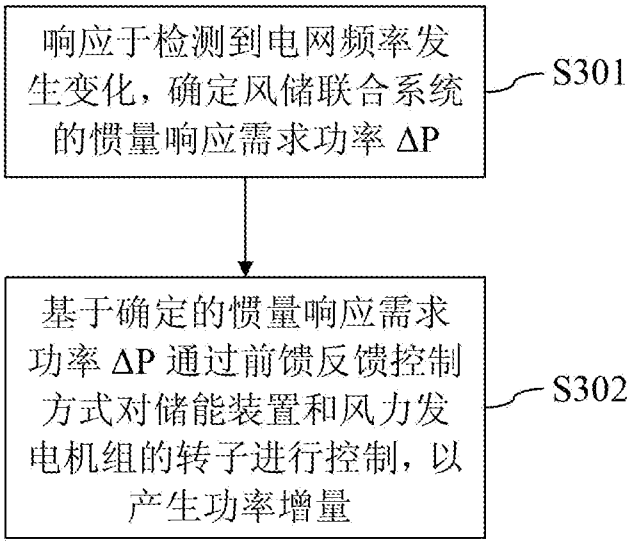

响应于检测到电网频率发生变化，确定风储联合系统的惯量响应需求功率 ΔP
S301
基于确定的惯量响应需求功率 ΔP 通过前馈反馈控制方式对储能装置和风力发电机组的转子进行控制，以产生功率增量
S302

图 3

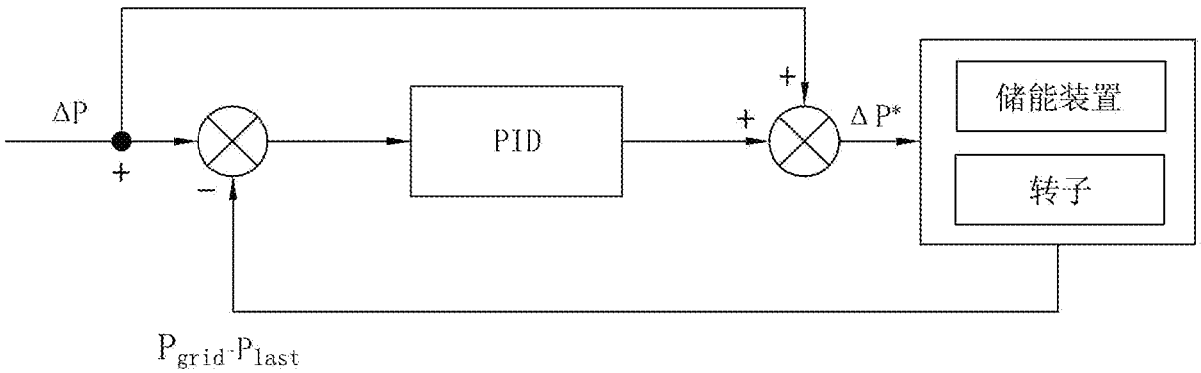


图 4

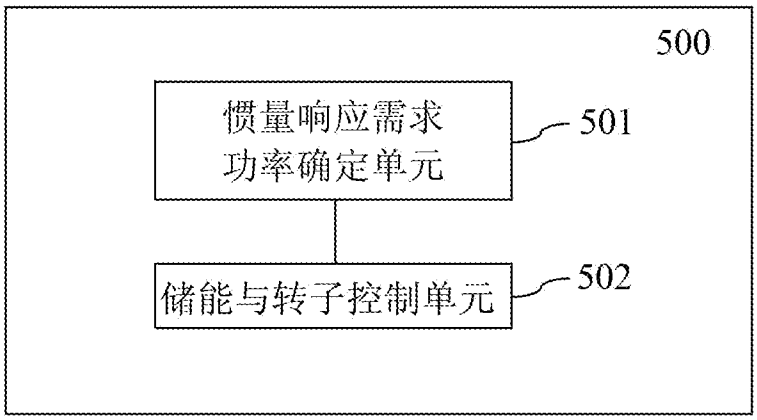


图 5

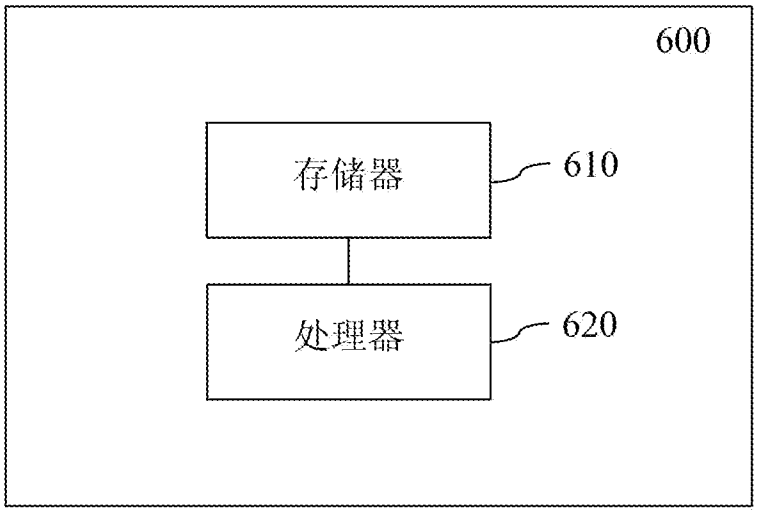


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2022/080619

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J 3/38(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02J;F03D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPABSC; CNTXT; CJFD; ENTXTC; DWPI; VEN; ENTXT; CNKI; IEEE: 风, 储能, 电池, 功率, 频率, 惯量, 响应, 转子, wind, energy storage, battery, power, frequency, inertia, response, rotor

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 108493960 A (CHINA DATANG CORPORATION, CENTRAL-CHINA ELECTRIC POWER TEST RESEARCH INSTITUTE) 04 September 2018 (2018-09-04) description, paragraphs 30-38, and figures 1-2	1-2, 5, 9-11
A	CN 106505623 A (HOHAI UNIVERSITY et al.) 15 March 2017 (2017-03-15) description, paragraphs 37-50, and figures 1-4	1-11
A	CN 113162073 A (SHANDONG UNIVERSITY et al.) 23 July 2021 (2021-07-23) entire document	1-11
A	CN 107959304 A (JINAN POWER SUPPLY COMPANY OF STATE GRID SHANDONG ELECTRIC POWER COMPANY et al.) 24 April 2018 (2018-04-24) entire document	1-11
A	US 2017298904 A1 (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) 19 October 2017 (2017-10-19) entire document	1-11

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
21 May 2022	**02 June 2022**
Name and mailing address of the ISA/CN **China National Intellectual Property Administration (ISA/CN)** **No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088, China** Facsimile No. **(86-10)62019451**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2022/080619

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN 108493960 A	04 September 2018	None	
CN 106505623 A	15 March 2017	CN 106505623 B	08 January 2019
CN 113162073 A	23 July 2021	None	
CN 107959304 A	24 April 2018	CN 107959304 B	02 November 2021
US 2017298904 A1	19 October 2017	None	

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2022/080619

A. 主题的分类

H02J 3/38(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

H02J;F03D

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用））

WPABSC;CNTXT;CJFD;ENTXTC;DWPI;VEN;ENTXT;CNKI;IEEE:风，储能，电池，功率，频率，惯量，响应，转子，wind, energy storage, battery, power, frequency, inertia, response, rotor

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 108493960 A (中国大唐集团科学技术研究院有限公司华中分公司) 2018年9月4日 (2018-09-04) 说明书第30-38段及图1-2	1-2，5，9-11
A	CN 106505623 A (河海大学 等) 2017年3月15日 (2017-03-15) 说明书第37-50段及图1-4	1-11
A	CN 113162073 A (山东大学 等) 2021年7月23日 (2021-07-23) 全文	1-11
A	CN 107959304 A (国网山东省电力公司济南供电公司 等) 2018年4月24日 (2018-04-24) 全文	1-11
A	US 2017298904 A1 (SIEMENS AG) 2017年10月19日 (2017-10-19) 全文	1-11

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2022年5月21日	2022年6月2日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451	受权官员 陈雪 电话号码 86-(20)-28958140

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2022/080619

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	108493960	A	2018年9月4日		无		
CN	106505623	A	2017年3月15日	CN	106505623	B	2019年1月8日
CN	113162073	A	2021年7月23日		无		
CN	107959304	A	2018年4月24日	CN	107959304	B	2021年11月2日
US	2017298904	A1	2017年10月19日		无		