(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
2022 年 1 月 13 日 (13.01.2022)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2022/007187 A1

(51) 国际专利分类号:
F03D 9/00 (2016.01) *F03B 13/26* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2020/115083

(22) 国际申请日: 2020 年 9 月 14 日 (14.09.2020)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202010663430.7 2020年7月10日 (10.07.2020) CN

(71) 申请人: 西安热工研究院有限公司 (XI'AN THERMAL POWER RESEARCH INSTITUTE CO.LTD) [CN/CN]; 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710048 (CN)。

(72) 发明人: 韩毅 (HAN, Yi); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710048 (CN)。 宋子琛 (SONG, Zichen); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710048 (CN)。 赵勇 (ZHAO, Yong); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710048 (CN)。 高晨 (GAO, Chen); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710048 (CN)。 马勇 (MA, Yong); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710048 (CN)。 童博 (TONG, Bo); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710048 (CN)。

(74) 代理人: 西安通大专利代理有限责任公司 (XI'AN TONG DA PATENT AGENCY CO., LTD.); 中国陕西省西安市高新区锦业路32号, Shaanxi 710075 (CN)。

(54) **Title:** WIND ENERGY AND TIDAL CURRENT ENERGY COUPLED POWER GENERATION METHOD AND SYSTEM BASED ON OFFSHORE HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE PLATFORM

(54) 发明名称: 一种基于海上水平轴风力机平台的风能与潮流能耦合发电方法及系统

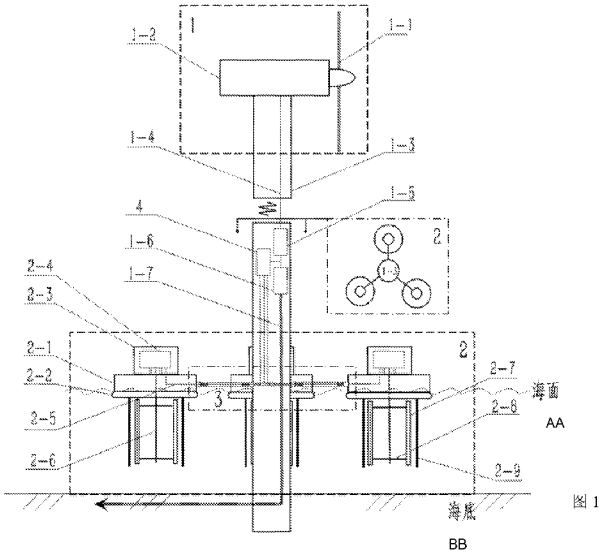


图 1

AA Sea surface
BB Seabed

(57) **Abstract:** A wind energy and tidal current energy coupling power generation method and system based on an offshore horizontal axis wind turbine platform. The method comprises: calculating, by monitoring and collecting an active power of a wind generating set (1-2) in a wind power generation platform (1) in real time, the difference between the active power and the rated power of the wind generating set (1-2); controlling a running state and power output of a tidal current energy power generation unit (2) according to a

[见续页]

WO 2022/007187 A1

(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, 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, 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))。

calculated capacity difference signal, so as to achieve wind-tide coupled power generation. On the basis of the existing offshore wind power generation platform (1), an existing power transmission equipment of offshore wind power is fully utilized to integrate the tidal current energy power generation and wind power, the shortage of offshore wind power capacity is filled by means of tidal current energy power generation, by combining a wind-tide coupled control strategy, the fluctuation of the wind power is compensated, and the offshore wind energy and tidal current energy coupled power generation system with stable output is constructed, so as to reduce the construction cost, improve the comprehensive utilization rate of offshore renewable energy and the reliability of the power generation system, and improve the economic benefits of the whole power generation.

(57) 摘要：一种基于海上水平轴风力机平台的风能与潮流能耦合发电方法及系统，通过实时监测并采集风力发电平台（1）中风力发电机组（1-2）的有功功率；计算风力发电机组（1-2）的有功功率与其额定功率之间的差额；进而根据计算得到的容量差额信号控制潮流能发电单元（2）的运行状态及功率输出，实现风潮耦合发电；以现有的海上风力发电平台（1）为基础，充分利用海上风电现有的输送电装备，将潮流能发电与风电融合，通过潮流能发电填补海上风电容量缺额，并结合风潮耦合控制策略补偿风功率波动，构建出力稳定的海上风能和潮流能耦合发电系统，以降低施工成本提高近海可再生能源的综合利用率与发电系统的可靠性，提升整场发电的经济效益。

一种基于海上水平轴风力机平台的风能与潮流能耦合发电方法及系统

技术领域

本发明属于海上风能与潮流能联合发电技术领域，特别涉及一种基于海上水平轴风力机平台的风能与潮流能耦合发电方法及系统。

背景技术

海洋覆盖着地球百分之七十的表面，蕴含着巨大的能量。近海能源是海洋能中，可以被人们直接利用且清洁的可再生能源，科学地开发近海能源，对缓解能源危机、减少环境污染、调整能源结构，具有重要的战略意义。目前，由于技术条件的限制，具备开发利用价值的近海可再生能源主要为风能、潮汐能、潮流能和波浪能。其中，近海风能发电技术相对于其他近海能源利用技术而言，研究与开发起步较早，目前已趋于成熟，已经步入到规模化发展、商业化运营并网的阶段；对于近海潮汐、潮流能、波浪能等发电技术，随着相应理论与试验的不断深入研究，近年来亦取得了长足进步，正逐步向示范化运行，规模化开发的进程发展。

现阶段，上述近海可再生能源的开发方式趋于单一、专业化，即在特定海域里，通常只有单一形式的能量被捕获并转化利用，近海风力发电场即为最典型的应用案例。然而，在单独利用海上风力单一能源进行发电时，不可避免地会出现一些瓶颈问题。首先，由于优质海风的形成具有一定的季节与时间性，风力机组在小风速时段的输出功率则远低于其设计的额定功率，造成现有资产、资源利用率的降低。再者，由于风能在时域上具有波动性，及其湍流强度的变化难以精确预测，使得风力机组的出力波动性较大，其接入电网后直接影响陆地电网的电压稳定与功率平衡，经常出现并网困难与限电的情况，造成风电设备在产能与投资上的浪费。

为解决上述问题，近海风能结合其他可再生能源的联合发电系统开始引起人们的关注。例如，申请号为 201320488987 . 7 申请日期为 2013. 08. 12 授权日为 2014. 03. 26 的实用新型专利公开了一种风能潮流能联合发电装置，其海上风力发电装置选用较为常用的水平轴风力机，潮

流能发电装置为固定于风力机单桩上的垂直轴叶轮型式，其整体浸没于海面以下，二者在设计上使用同一套输电系统，有效地弥补了风力发电的不稳定性，减少了开发成本，并且提高了海域的可再生能源利用率。然而，该实用新型的在很大程度上偏重于概念性设计，在现阶段的工程实现中存在着一定的难度。通常，兆瓦级海上风机单桩塔筒直径在海面以下的层段至少为5米，若将垂直轴叶轮型式的潮流能发电机套设在该段单桩塔筒上，其体积与外形则会相应地变得庞大，在一定程度上增加自启动难度；同时，该实用新型中所述的垂直轴潮流机在风机大直径塔筒段上的套装形式、潮流能发电机的海水密封与防腐方法，在实际情况下均为亟待解决的难题。因此，充分考虑近海风场、海上风电装备的特点，整合潮流能发电现有技术资源，融合海上风能和潮流能进行联合发电，从而提高目标海域的可再生能源利用率、电力输出稳定性以及整场的投资回报率，成为了目前近海可再生能源综合发电系统的重要研究方向之一。

发明内容

本发明的目的在于提供一种基于海上水平轴风力机平台的风能与潮流能耦合发电方法及系统，提高了现有目标海域的可再生能源综合利用率，同时弥补了目前单一风力发电系统的出力稳定性缺陷。

为了达到上述目的，本发明采用的技术方案是：

本发明提供的一种基于海上水平轴风力机平台的风能与潮流能耦合发电方法，包括以下步骤：

实时监测并采集风力发电平台中的风力发电机组输出的有功功率；

计算风力发电机组输出的有功功率与风力发电机组额定功率之间的容量差额；

根据计算得到的容量差额控制潮流能发电单元的运行状态及输出功率；

其中，潮流能发电单元呈漂浮式布置于海面，且与风力发电平台中的单桩支撑塔筒相连接；

同时，所述潮流能发电单元产生的电能输送至风力发电平台中的风电机组侧变压器中。

优选地，当海面风速低于风力机的切入风速，风力机叶轮处于停转状态，风力发电机组无功率输出时，控制所述潮流能发电单元以额定功率进行电能输出；

当海面风速大于风力机的切入风速、且小于额定风速，风力机叶轮开始旋转，风力发电机组开始并网发电，风力发电机组的有功功率低于其额定功率时，根据风力发电机组有功功率与额定功率之间的容量缺额，控制所述潮流能发电单元的功率输出；

当海面风速大于风力机的额定风速、且小于切出风速，风力发电机组以其额定功率运行时，控制潮流能发电单元停止运行发电；

当海面风速高于风力机的切出风速，风力发电机组停止功率输出时，控制所述潮流能发电单元以额定功率进行电能输出。

优选地，所述潮流能发电单元设置有多个潮流能发电子系统，多个潮流能发电子系统沿单桩支撑塔筒的圆周方向均布；所述潮流能发电子系统包括圆形船体、充气浮体、密封舱、潮流能发电机、垂直轴水轮机和导流罩，其中，所述充气浮体套装在圆形船体的底部外圈上；圆形船体的甲板上设置有密封舱；所述密封舱内安装有百千瓦级的潮流能发电机，所述潮流能发电机的转子与垂直轴水轮机连接；

所述圆形船体的底部安装有一对导流罩，所述垂直轴水轮机置于导流罩形成的空腔内；

所述潮流能发电机的电能输出端连接有风潮联合发电耦合控制单元。

优选地，风潮联合发电耦合控制单元包括风力机有功功率监测器、比较器、控制模块和潮流能发电全功率变频器，其中，所述潮流能发电机的电能输出端连接潮流能发电全功率变频器，所述潮流能发电全功率变频器的输出端连接风电机组侧变压器的电能输入端；

所述风力机有功功率监测器用于采集风力发电机组输出的有功功率值，并将该有功功率值传送至比较器；

所述比较器用于计算该有功功率值与风力发电机组的额定功率之间的容量差额，得到容量差额信号，将该容量差额信号输出至控制模块；

控制模块用于根据接收到的容量差额信号控制潮流能发电机的运行状态及输出功率。

一种基于海上水平轴风力机平台的风能与潮流能耦合发电系统，包括风力发电平台、潮流能发电单元和风潮联合发电耦合控制单元；所述潮流能发电单元呈漂浮式布置于海面，且与风力发电平台中的单桩支撑塔筒相连接；同时，所述潮流能发电单元的电能输出端通过风潮联合发电耦合控制单元连接风力发电平台中的风电机组侧变压器的输入端；

所述风电机组侧变压器输出的电能通过风力发电平台中的海底电缆输送至陆地升压站并网；

所述风潮联合发电耦合控制单元用于采集风力发电平台中的风力发电机组输出的有功功率，并根据采集到的有功功率控制潮流能发电单元的运行状态及输出功率。

优选地，所述潮流能发电单元设置有多个潮流能发电子系统，多个潮流能发电子系统沿单桩支撑塔筒的圆周方向均布；

所述潮流能发电子系统包括圆形船体、充气浮体、密封舱、潮流能发电机、垂直轴水轮机和导流罩，其中，所述充气浮体套装在圆形船体的底部外圈上；圆形船体的甲板上设置有密封舱；所述密封舱内安装有百千瓦级潮流能发电机，所述潮流能发电机的转子与垂直轴水轮机连接；

所述圆形船体的底部安装有一对导流罩，所述垂直轴水轮机置于导流罩形成的空腔内；

所述潮流能发电机的电能输出端连接有风潮联合发电耦合控制单元。

优选地，所述垂直轴水轮机包括旋转主轴、升力型直叶片和叶片支撑梁，其中，所述升力型直叶片沿旋转主轴的圆周方向均匀设置有多个，并通过叶片支撑梁与旋转主轴连接。

优选地，风潮联合发电耦合控制单元包括风力机有功功率监测器、比较器、控制模块和潮

流能发电全功率变频器，其中，所述潮流能发电机的电能输出端连接潮流能发电全功率变频器，所述潮流能发电全功率变频器的输出端连接风电机组侧变压器的电能输入端；

所述风力机有功功率监测器用于采集风力发电机组输出的有功功率值，并将该有功功率值传送至比较器；

所述比较器用于计算该有功功率值与风力发电机组的额定功率之间的容量差额，得到容量差额信号，将该容量差额信号输出至控制模块；

控制模块用于根据接收到的容量差额信号控制潮流能发电机的运行状态及输出功率。

优选地，所述潮流能发电单元通过风潮链接单元与风力发电平台中的单桩支撑塔筒相连接。

优选地，所述风潮链接单元包括第一固定结构组件、环状结构连接架、第一位移弹簧、连接管、第二位移弹簧和第二固定结构组件，其中，所述环状结构连接架套装在单桩支撑塔筒上；所述第一固定结构组件设置有多个，多个第一固定结构组件的沿环状结构连接架的圆周方向布置；所述第一固定结构组件的内端固定在环状结构连接架上；所述第一固定结构组件的外端通过第一位移弹簧与连接管的一端连接，所述连接管的另一端通过第二位移弹簧与第二固定结构组件的一端连接，第二固定结构组件的另一段固定在潮流能发电子系统的圆形船体的侧壁上。

与现有技术相比，本发明的有益效果是：

本发明提供的一种基于海上水平轴风力机平台的风能与潮流能耦合发电方法及系统，在现有的海上风能发电平台的基础上，充分利用海上风电现有的输送电装备，将潮流能发电与风电融合，实现海下潮流与海上风能共同发电，在不增加大量海事施工的前提下，有效提高了近海可再生能源的综合利用率，提升整场发电的经济技术指标。

进一步的，潮流能量来源规律、稳定，可以弥补近海风能稳定性差的缺点；同时，风潮联合发电的耦合控制策略可利用潮流发电填补海上风电容量缺额，补偿风功率的波动，在一定程度上增强发电系统的可靠性及出力稳定性，使得系统输出功率更加平滑，提高电力输出的可靠

性。

进一步的，潮流能水轮机叶片采用升力型对称翼型，结构简单，易加工，制造成本低；同时，垂直轴叶轮转子可以捕获来自任意方向的潮汐来流动能，从而无须安装复杂的偏航（对水）调节系统，简化了整体的结构设计；

进一步的，导流罩的安装可以起到聚流增速的作用，使发电装置能够在较低流速的海域工作的同时，有效降低叶轮流场的湍流度，使得系统运行更为平稳；

进一步的，潮流能发电机位于漂浮式载体平台的舱体内，易于安装与维护；潮流能发电机不与海水直接接触，可有效地减弱海洋环境对机组的腐蚀，同时降低了机舱密封的难度和成本。

附图说明

图 1 为本发明的整体结构示意图；

图 2 为本发明中潮流能发电子系统示意图；

图 3 为本发明中风潮链接单元示意图；

图 4 为本发明中的风潮联合发电耦合控制单元的示意图。

具体实施方式

下面结合附图，对本发明作进一步详细说明。

参照附图 1，本发明提供了一种基于海上水平轴风力机平台的风能与潮流能耦合发电系统，包括风力发电平台 1、潮流能发电单元 2、风潮链接单元 3 和风潮联合发电耦合控制单元 4，其中，所述风力发电平台 1 采用常用的海上兆瓦级水平轴风力机组；具体包括：水平轴风机叶片 1-1、风力发电机组 1-2、单桩支撑塔筒 1-3、风力发电机输出端电缆 1-4、风力机全功率变频器 1-5、风电机组侧变压器 1-6 和海底电缆 1-7，其中，风力发电机组 1-2 安装在单桩支撑

塔筒 1-3 顶部的机舱内，单桩支撑塔筒 1-3 的底端固定在海床上。

所述水平轴风机叶片 1-1 在风力的作用下旋转，通过叶轮主轴将旋转机械能传递至风力发电机组后转化为电能。

所述风力发电机组 1-2 输出的电能经风力机全功率变频器 1-5 的整流、滤波与逆变处理，并风电机组侧变压器 1-6 升压后，通过海底电缆 1-7 从风力发电平台 1 中输出，最终接入陆地升压站并网。

所述风潮链接单元 3 套装在风力发电平台 1 的单桩支撑塔筒 1-3 上；所述潮流能发电单元 2 设置有三个潮流能发电子系统；所述潮流能发电子系统为海面漂浮形式，通过风潮链接单元 3 均布在风力发电平台 1 的单桩支撑塔筒 1-3 的周围；所述风潮链接单元 3 位于海面以上。

所述潮流能发电单元 2 输出的电流，经过风潮联合发电耦合控制单元 4，与风力发电机组 1-2 输出的电流汇合，并在风电机组侧变压器 1-6 升压后，通过风力发电平台 1 配备的海底电缆 1-7，接入陆地升压站并网。

所述风潮联合发电耦合控制单元 4 用于监测风力机全功率变频器 1-5 后端输出的有功功率，进而控制潮流能发电单元 2 的启动（接入）与停止（切出）、及其输出功率。

参照附图 2，潮流能发电子系统采用垂直轴型式；包括圆形船体 2-1、充气浮体 2-2、密封舱 2-3、潮流能发电机 2-4、潮流能电气输送线路 2-5、旋转主轴 2-6、升力型直叶片 2-7、叶片支撑梁 2-8 和导流罩 2-9，其中，所述充气浮体 2-2 套装在圆形船体 2-1 的底部外圈上；所述圆形船体 2-1 的甲板上设置有密封舱 2-3；所述潮流能电气输送线路 2-5 中包含由潮流能发电子系统至风力发电平台方向的电能输送通道，以及由风力发电平台至潮流能发电子系统方向的反馈信号传输通道。

所述密封舱 2-3 内安装有一台百千瓦级潮流能发电机 2-4，所述潮流能发电机 2-4 采用直驱式永磁低转速发电机。所述潮流能发电机 2-4 的转子与垂直轴水轮机的旋转主轴 2-6 连接。

所述升力型直叶片 2-7 设置有四个，通过叶片支撑梁 2-8 安装在旋转主轴 2-6 上，组成垂直轴水轮机。

所述升力型直叶片 2-7 置于一对（两片）导流罩 2-9 形成的空间内，且导流罩 2-9 的内壁与升力型直叶片 2-7 之间设置有间隙。

所述一对导流罩 2-9 竖直安装在圆形船体 2-1 的底部；所述一对导流罩 2-9 设计为对称形状，当涨潮落潮交替转变时，导流罩入流口和出流口可以互换；所述一对导流罩 2-9 之间形成的入流口和出流口截面均与涨落潮的主流动方向垂直。

所述导流罩 2-9 的内壁为波浪形结构，使得两个导流罩 2-9 形成的入流区域沿主流动方向呈渐缩结构；所述两个导流罩 2-9 形成的出流区域沿主流动方向呈渐扩结构；所述渐缩与渐扩结构最窄处的水平宽度均小于垂直水轮机的直径。

所述导流罩 2-9 的外壁为外凸的流线型结构。

所述潮流能发电机 2-4 将升力型直叶片 2-7 的旋转机械能转化为电能，其输出电流通过潮流能电气输送线路 2-5 中的电能传输通道沿着风潮链接单元 3 接入风潮联合发电耦合控制单元 4 中。

参照附图 3，所述风潮链接单元 3 包括第一（塔筒侧）固定结构组件 3-1、环状结构连接架 3-2、第一（塔筒侧）位移弹簧 3-3、连接管 3-4、第二（潮流侧）位移弹簧 3-5 和第二（潮流侧）固定结构组件 3-6（示于图 2）。

其中，所述第一固定结构组件 3-1 设置有三个，三个第一固定结构组件 3-1 沿环形结构连接架的圆周方向布置，固定在环形结构连接架 3-2 上。

所述环状结构连接架 3-2 套装在风力机单桩支撑塔筒 1-3 上。

所述第一固定结构组件 3-1 的数量与潮流能发电子系统的数量一致。所述第一固定结构组件 3-1 为长方体结构，其上开设有第一通孔和第二通孔，所述第一通孔和第二通孔的轴线互相

垂直。所述第一固定结构组件 3-1 通过第一通孔套装在环状结构连接架 3-2 上，所述第二通孔内贯穿有潮流能电气输送线路 2-5。所述第一固定结构组件 3-1 的内端伸入至单桩支撑塔筒 1-3 的内腔中，外端部固定有第一位移弹簧 3-3，第一位移弹簧 3-3 的另一端与连接管 3-4 的塔筒侧端相连；所述连接管 3-4 的潮流侧端与第二位移弹簧 3-5 相连，所述第二位移弹簧 3-5 的另一端固定在第二固定结构组件 3-6 的外端。

所述第一位移弹簧 3-3 和第二位移弹簧 3-5 可为漂浮式潮流能发电单元的局部晃动提供一定的位移裕量，避免风潮链接单元整体发生破坏。

所述第二固定结构组件 3-6 为长方体结构，其整体固定于圆形船体 2-1 的侧壁上。所述第二固定结构组件 3-6 亦开设有通孔，所述潮流能电气输送线路 2-5 贯穿于其通孔。

潮流能发电单元 2 与风潮链接单元 3 的外表整体进行防腐处理，并且对所有开孔结构周围进行密封防水处理。

参照附图 4，风潮联合发电耦合控制单元 4 整体嵌入在风力机全功率变频器 1-5 与风电机组侧变压器 1-6 之间，所述风潮联合发电耦合控制单元 4 包括风力机有功功率监测器 4-1、比较器 4-2、控制模块 4-3 和潮流能发电全功率变频器 4-4。

所述风力机有功功率监测器 4-1 用于监测并采集风力机全功率变频器 1-5 后端的功率输出，并将该功率值传送至比较器 4-2；

所述比较器 4-2 用于计算风力机有功功率值与风电机组侧变压器 1-6 的额定功率（即风力发电机组的额定功率值）之间的容量差额，得到容量差额信号，并将容量差额信号输出至控制模块 4-3；

所述控制模块 4-3 根据接收到的容量差额信号，通过潮流能电气输送线路 2-5 中的反馈信号传输通道，向潮流能发电单元发出指令，进而控制潮流能发电机 2-4 的运行状态及输出功率。

当潮流能发电机 2-4 收到所述控制模块 4-3 的启动指令时，潮流能发电子系统运行并处于

发电状态，其产生的交变电流通过潮流能电气输送线路 2-5 中的电能传输通道接入到所述潮流能发电全功率变频器 4-4 中，经过整流、逆变处理后输出的电能与风力机全功率变频器 1-5 输出的电能一并汇入至风电机组侧变压器 1-6 中。

本发明的工作原理如下：

(1)当海面风速低于风力机的切入风速时：风力机叶轮处于停转状态，风力发电机无功率输出；风潮联合发电耦合控制单元控制垂直轴水轮机在水平运动的海潮流作用下转动，产生的旋转机械能通过主轴带动潮流能发电机的转子旋转，产生电能输出。整个系统由潮流能发电子系统单一发电。

(2) 当海面风速大于风力机的切入风速、同时小于额定风速时：风力机叶轮开始旋转，风力发电机组开始并网发电，然而其机组有功功率低于额定功率，发电系统存在容量缺额；所述潮流能发电子系统继续保持运行发电状态，用于补偿风功率从而填补海上风电容量缺额，此时整个系统为风能与潮流能联合发电，风潮联合发电耦合控制单元以风力发电机组的实际输出为基础，根据风电容量的缺额，调整潮流能发电机组的功率输出，在补偿风功率的同时避免电气输送系统的过载。

(3) 当海面风速大于风力机的额定风速、同时小于切出风速时：风力发电机处于满发状态，以额定输出功率运行；所述风潮联合发电耦合控制单元控制潮流能发电子系统停止发电，以免输出功率过大而造成电气输送系统的过载。此时整个系统为风能单一发电。

(4) 当海面风速高于风力机的切出风速时：风力机叶轮收桨刹车，风力发电机组停止功率输出；所述风潮联合发电耦合控制单元控制潮流能发电子系统重新切入启动运行。 此时整个系统为潮流能发电子系统单一发电。

以上所述，仅为本发明较佳的指导性实施方式，本发明的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明所述的精神、原则和技术范围内，可轻易想到的对风力发电

平台、潮流能发电单元，风潮链接单元中主要零部件的同等替换，以及风潮联合发电耦合控制单元中主体控制策略的相似替换，都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此，本发明的保护范围应该以权力要求书的保护范围为准。

权 利 要 求 书

1、一种基于海上水平轴风力机平台的风能与潮流能耦合发电方法，其特征在于，包括以下步骤：

实时监测并采集风力发电平台（1）中的风力发电机组（1-2）输出的有功功率；

计算风力发电机组（1-2）输出的有功功率与风力发电机组（1-2）额定功率之间的容量差额；

根据计算得到的容量差额控制潮流能发电单元（2）的运行状态及输出功率；

其中，潮流能发电单元（2）呈漂浮式布置于海面，且与风力发电平台（1）中的单桩支撑塔筒（1-3）相连接；同时，所述潮流能发电单元（2）产生的电能输送至风力发电平台（1）中的风电机组侧变压器（1-6）中。

2、根据权利要求 1 所述的一种基于海上水平轴风力机平台的风能与潮流能耦合发电方法，其特征在于：

当海面风速低于风力机的切入风速，风力机叶轮处于停转状态，风力发电机组（1-2）无功率输出时，控制所述潮流能发电单元（2）以额定功率进行电能输出；

当海面风速大于风力机的切入风速、且小于额定风速，风力机叶轮开始旋转，风力发电机组（1-2）开始并网发电，风力发电机组（1-2）的有功功率低于其额定功率时，根据风力发电机组（1-2）有功功率与额定功率之间的容量缺额，控制所述潮流能发电单元（2）的功率输出；

当海面风速大于风力机的额定风速、且小于切出风速，风力发电机组（1-2）以其额定功率运行时，控制潮流能发电单元（2）停止运行发电；

当海面风速高于风力机的切出风速，风力发电机组（1-2）停止功率输出时，控制所述潮流能发电单元（2）以额定功率进行电能输出。

3、根据权利要求 1 所述的一种基于海上水平轴风力机平台的风能与潮流能耦合发电方法，其特征在于，所述潮流能发电单元（2）设置有多个潮流能发电子系统，多个潮流能发电子系

统沿单桩支撑塔筒（1-3）的圆周方向均布；

所述潮流能发电子系统包括圆形船体（2-1）、充气浮体（2-2）、密封舱（2-3）、潮流能发电机（2-4）、垂直轴水轮机和导流罩（2-9），其中，所述充气浮体（2-2）套装在圆形船体（2-1）的底部外圈上；圆形船体（2-1）的甲板上设置有密封舱（2-3）；所述密封舱（2-3）内安装有百千瓦级的潮流能发电机（2-4），所述潮流能发电机（2-4）的转子与垂直轴水轮机连接；

所述圆形船体（2-1）的底部安装有一对导流罩（2-9），所述垂直轴水轮机置于导流罩形成的空腔内；

所述潮流能发电机（2-4）的电能输出端连接有风潮联合发电耦合控制单元（4）。

4、根据权利要求 3 所述的一种基于海上水平轴风力机平台的风能与潮流能耦合发电方法，其特征在于，风潮联合发电耦合控制单元（4）包括风力机有功功率监测器（4-1）、比较器（4-2）、控制模块（4-3）和潮流能发电全功率变频器（4-4），其中，所述潮流能发电机（2-4）的电能输出端连接潮流能发电全功率变频器（4-4），所述潮流能发电全功率变频器（4-4）的输出端连接风电机组侧变压器（1-6）的电能输入端；

所述风力机有功功率监测器（4-1）用于采集风力发电机组（1-2）输出的有功功率值，并将该有功功率值传送至比较器（4-2）；

所述比较器（4-2）用于计算该有功功率值与风力发电机组（1-2）的额定功率之间的容量差额，得到容量差额信号，将该容量差额信号输出至控制模块（4-3）；

控制模块（4-3）用于根据接收到的容量差额信号控制潮流能发电机（2-4）的运行状态及输出功率。

5、一种基于海上水平轴风力机平台的风能与潮流能耦合发电系统，其特征在于，包括风力发电平台（1）、潮流能发电单元（2）和风潮联合发电耦合控制单元（4）；所述潮流能发电单元（2）呈漂浮式布置于海面，且与风力发电平台（1）中的单桩支撑塔筒（1-3）相连接；

同时，所述潮流能发电单元（2）的电能输出端通过风潮联合发电耦合控制单元（4）连接风力发电平台（1）中的风电机组侧变压器（1-6）的输入端；

所述风电机组侧变压器（1-6）输出的电能通过风力发电平台（1）中的海底电缆（1-7）输送至陆地升压站并网；

所述风潮联合发电耦合控制单元(4)用于采集风力发电平台(1)中的风力发电机组(1-2)输出的有功功率，并根据采集到的有功功率控制潮流能发电单元(2)的运行状态及输出功率。

6、根据权利要求 5 所述的一种基于海上水平轴风力机平台的风能与潮流能耦合发电系统，其特征在于，所述潮流能发电单元（2）设置有多个潮流能发电子系统，多个潮流能发电子系统沿单桩支撑塔筒（1-3）的圆周方向均布；

所述潮流能发电子系统包括圆形船体（2-1）、充气浮体（2-2）、密封舱（2-3）、潮流能发电机(2-4)、垂直轴水轮机和导流罩(2-9)，其中，所述充气浮体(2-2)套装在圆形船体(2-1)的底部外圈上；圆形船体（2-1）的甲板上设置有密封舱（2-3）；所述密封舱（2-3）内安装有百千瓦级潮流能发电机（2-4），所述潮流能发电机（2-4）的转子与垂直轴水轮机连接；

所述圆形船体（2-1）的底部安装有一对导流罩（2-9），所述垂直轴水轮机置于导流罩形成的空腔内；

所述潮流能发电机（2-4）的电能输出端连接有风潮联合发电耦合控制单元（4）。

7、根据权利要求 6 所述的一种基于海上水平轴风力机平台的风能与潮流能耦合发电系统，其特征在于，所述垂直轴水轮机包括旋转主轴(2-6)、升力型直叶片(2-7)和叶片支撑梁(2-8)，其中，所述升力型直叶片（2-7）沿旋转主轴（2-6）的圆周方向均匀设置有多个，并通过叶片支撑梁（2-8）与旋转主轴（2-6）连接。

8、根据权利要求 1 所述的一种基于海上水平轴风力机平台的风能与潮流能耦合发电系统，其特征在于，风潮联合发电耦合控制单元(4)包括风力机有功功率监测器(4-1)、比较器(4-2)、

控制模块（4-3）和潮流能发电全功率变频器（4-4），其中，所述潮流能发电机（2-4）的电能输出端连接潮流能发电全功率变频器（4-4），所述潮流能发电全功率变频器（4-4）的输出端连接风电机组侧变压器（1-6）的电能输入端；

所述风力机有功功率监测器（4-1）用于采集风力发电机组（1-2）输出的有功功率值，并将该有功功率值传送至比较器（4-2）；

所述比较器（4-2）用于计算该有功功率值与风力发电机组（1-2）的额定功率之间的容量差额，得到容量差额信号，将该容量差额信号输出至控制模块（4-3）；

控制模块（4-3）用于根据接收到的容量差额信号控制潮流能发电机（2-4）的运行状态及输出功率。

9、根据权利要求 5 所述的一种基于海上水平轴风力机平台的风能与潮流能耦合发电系统，其特征在于，所述潮流能发电单元（2）通过风潮链接单元（3）与风力发电平台（1）中的单桩支撑塔筒（1-3）相连接。

10、根据权利要求 9 所述的一种基于海上水平轴风力机平台的风能与潮流能耦合发电系统，其特征在于，所述风潮链接单元（3）包括第一固定结构组件（3-1）、环状结构连接架（3-2）、第一位移弹簧（3-3）、连接管（3-4）、第二位移弹簧（3-5）和第二固定结构组件（3-6），其中，所述环状结构连接架（3-2）套装在单桩支撑塔筒（1-3）上；所述第一固定结构组件（3-1）设置有多个，多个第一固定结构组件（3-1）的沿环状结构连接架（3-2）的圆周方向布置；所述第一固定结构组件（3-1）的内端固定在环状结构连接架（3-2）上；所述第一固定结构组件（3-1）的外端通过第一位移弹簧（3-3）与连接管（3-4）的一端连接，所述连接管（3-4）的另一端通过第二位移弹簧（3-5）与第二固定结构组件（3-6）的一端连接，第二固定结构组件（3-6）的另一段固定在潮流能发电子系统的圆形船体（2-1）的侧壁上。

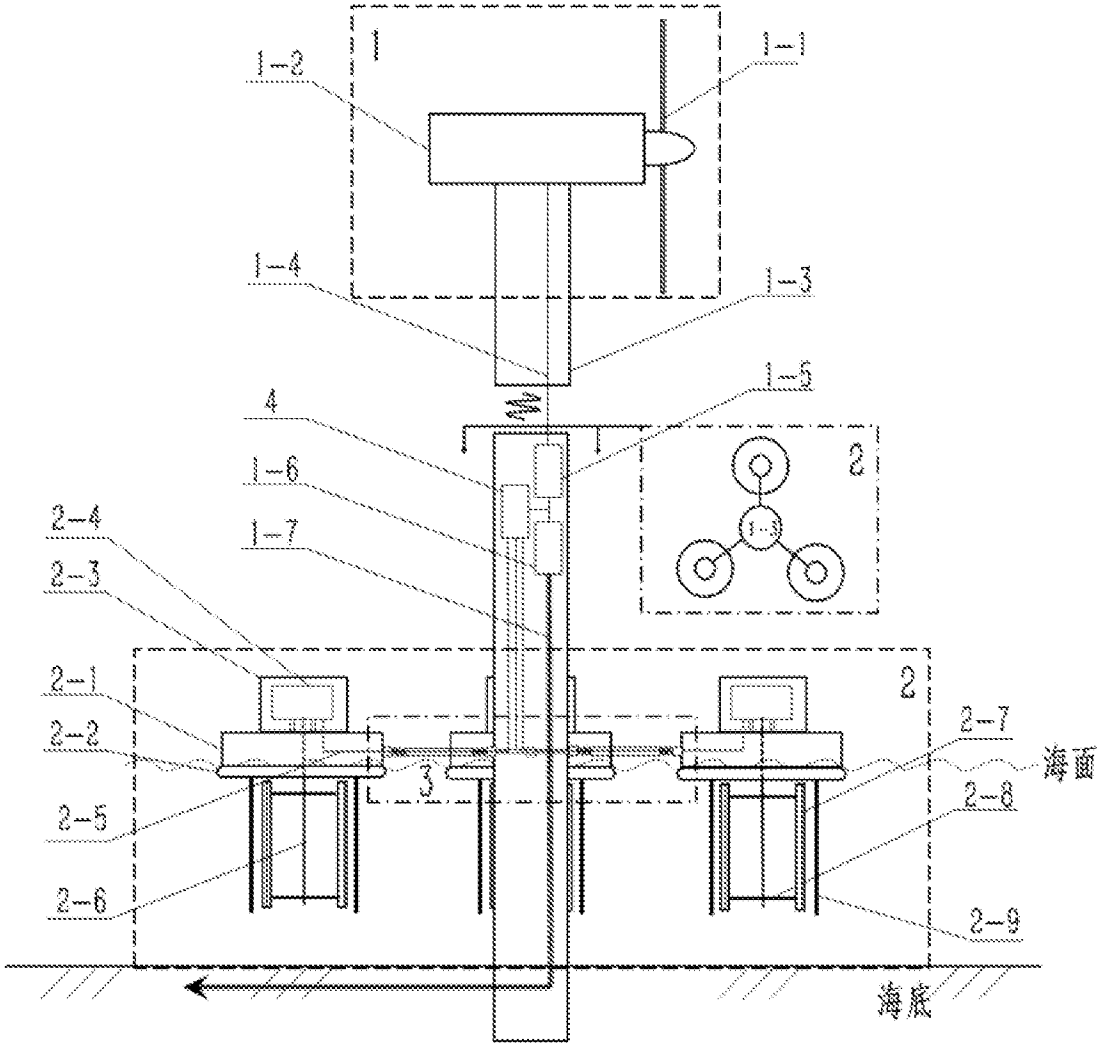


图 1

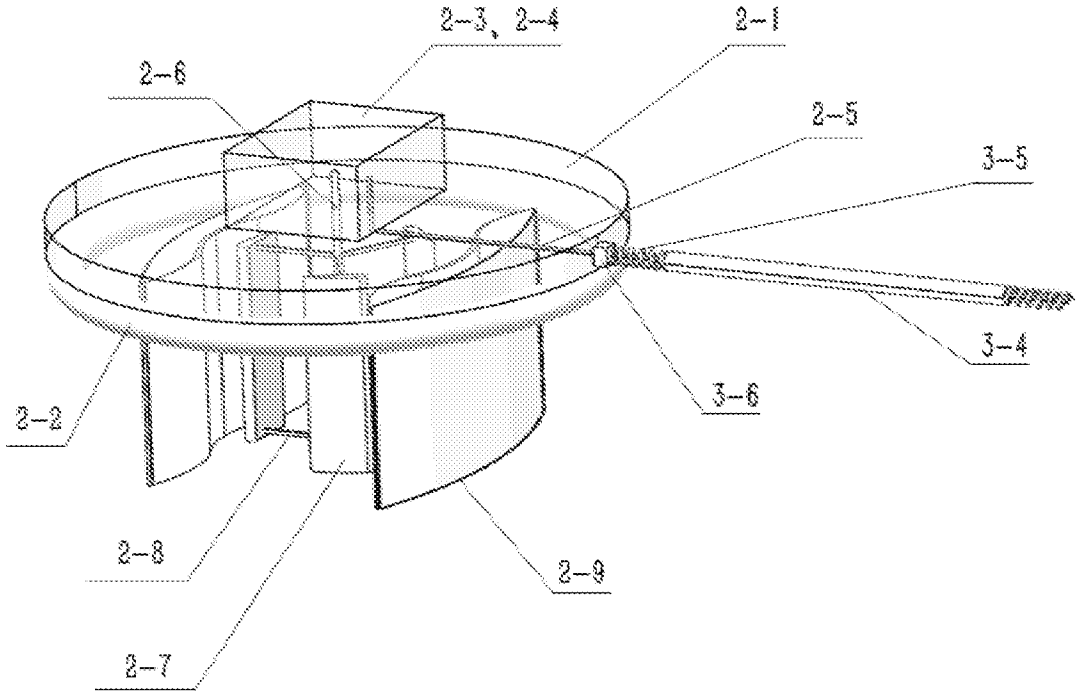


图 2

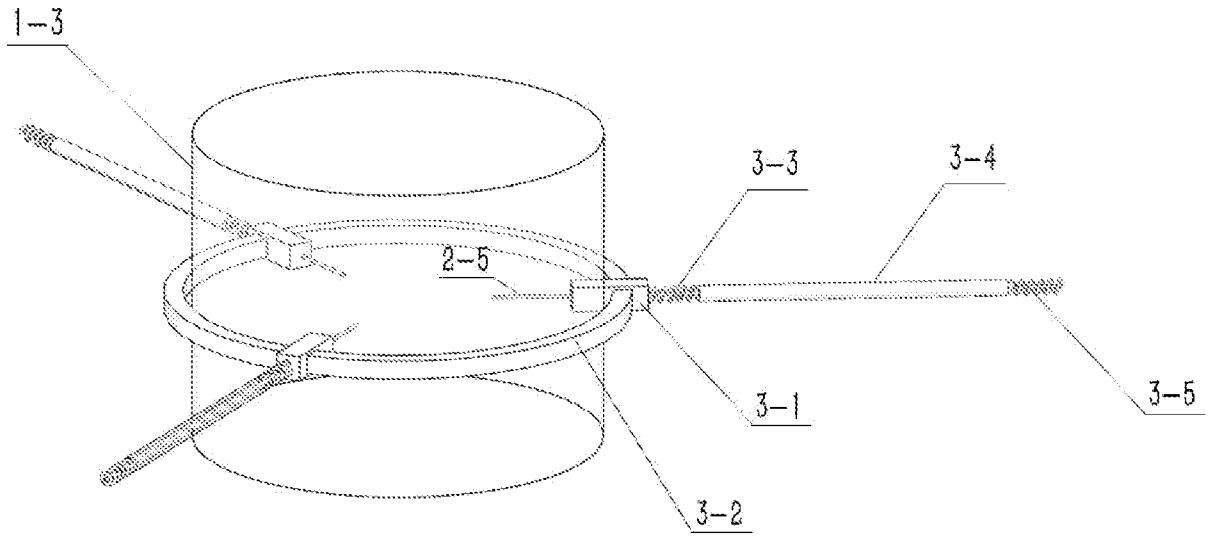


图 3

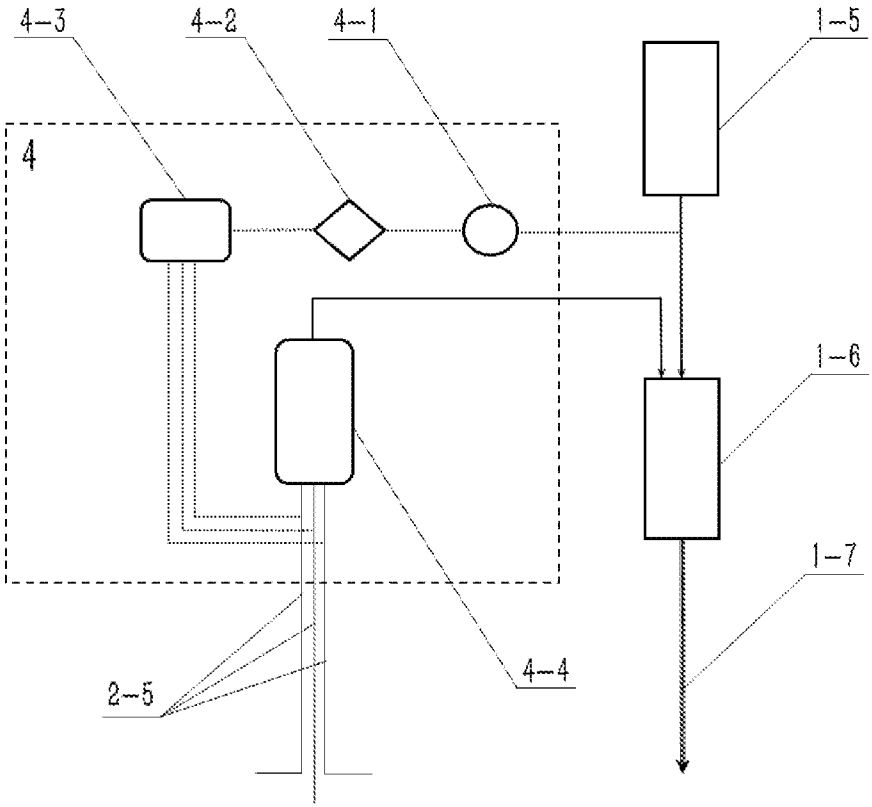


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2020/115083

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F03D 9/00(2016.01)i; F03B 13/26(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)

F03D; F03B

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)

CNPAT; CNKI; WPI; EPODOC: 海上, 风力, 风电, 潮流, 潮汐, 洋流, 功率, 风速, 切入, 切出, 耦合, 平台, offshore, wind, water, turbine, flow, tide, energy, power, couple, platform, fluctuation

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 103075295 A (INSTITUTE OF ENGINEERING THERMOPHYSICS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 01 May 2013 (2013-05-01) description paragraphs 14-25 and figures 1(a)-3	1-10
A	CN 204984728 U (HUANENG CLEAN ENERGY RESEARCH INSTITUTE) 20 January 2016 (2016-01-20) entire document	1-10
A	CN 101922418 A (CHONGQING UNIVERSITY) 22 December 2010 (2010-12-22) entire document	1-10
A	CN 101054951 A (SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY) 17 October 2007 (2007-10-17) entire document	1-10
A	CN 108843484 A (JIANGSU UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 20 November 2018 (2018-11-20) entire document	1-10
A	WO 2010042069 A2 (VESTAS WIND SYSTEMS AS.) 15 April 2010 (2010-04-15) entire document	1-10

☐ 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
22 March 2021	**09 April 2021**
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/CN2020/115083

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN 103075295 A	01 May 2013	CN 103075295 B	22 April 2015
CN 204984728 U	20 January 2016	None	
CN 101922418 A	22 December 2010	CN 101922418 B	09 November 2011
CN 101054951 A	17 October 2007	None	
CN 108843484 A	20 November 2018	None	
WO 2010042069 A2	15 April 2010	WO 2010042069 A3	23 December 2010

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2020/115083

A. 主题的分类

F03D 9/00(2016.01)i; F03B 13/26(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)

F03D; F03B

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））

CNPAT;CNKI;WPI;EPODOC:海上，风力，风电，潮流，潮汐，洋流，功率，风速，切入，切出，耦合，平台，offshore，wind，water，turbine，flow，tide，energy，power，couple，platform，fluctuation

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 103075295 A (中国科学院工程热物理研究所) 2013年 5月 1日 (2013 - 05 - 01) 说明书第14-25段及附图1(a)-3	1-10
A	CN 204984728 U (中国华能集团清洁能源技术研究院有限公司) 2016年 1月 20日 (2016 - 01 - 20) 全文	1-10
A	CN 101922418 A (重庆大学) 2010年 12月 22日 (2010 - 12 - 22) 全文	1-10
A	CN 101054951 A (上海交通大学) 2007年 10月 17日 (2007 - 10 - 17) 全文	1-10
A	CN 108843484 A (江苏科技大学) 2018年 11月 20日 (2018 - 11 - 20) 全文	1-10
A	WO 2010042069 A2 (VESTAS WIND SYSTEMS AS.) 2010年 4月 15日 (2010 - 04 - 15) 全文	1-10

☐ 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
2021年 3月 22日	2021年 4月 9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 张凯乐 电话号码 86-10-53961033

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2020/115083

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	103075295	A	2013年 5月 1日	CN	103075295	B	2015年 4月 22日
CN	204984728	U	2016年 1月 20日		无		
CN	101922418	A	2010年 12月 22日	CN	101922418	B	2011年 11月 9日
CN	101054951	A	2007年 10月 17日		无		
CN	108843484	A	2018年 11月 20日		无		
WO	2010042069	A2	2010年 4月 15日	WO	2010042069	A3	2010年 12月 23日