



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115013245 A

(43) 申请公布日 2022.09.06

(21) 申请号 202210651716.2

F01K 3/14 (2006.01)

(22) 申请日 2022.06.09

F03B 17/02 (2006.01)

H02J 15/00 (2006.01)

(71) 申请人 中国科学院工程热物理研究所
地址 100190 北京市海淀区北四环西路11号

(72) 发明人 郭欢 徐玉杰 梁奇 张华良
陈海生

(74) 专利代理机构 北京三聚阳光知识产权代理有限公司 11250

专利代理师 王月

(51) Int. Cl.

F03D 9/10 (2016.01)

F03D 9/17 (2016.01)

F04B 35/04 (2006.01)

F04B 41/02 (2006.01)

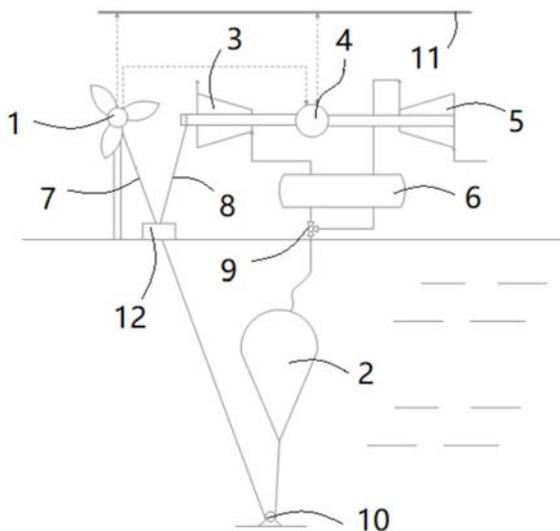
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种压缩空气储能与浮力储能耦合系统及方法

(57) 摘要

本发明涉及储能系统技术领域,提供了一种压缩空气储能与浮力储能耦合系统,包括:浮力储能系统,包括风力机与气囊,风力机与气囊相连;压缩空气储能系统,与风力机以及气囊均相连;其中,储能时,风力机驱动气囊向水下运动,以将风能转化为浮力能;和/或风力机驱动压缩空气储能系统压缩空气并存储在气囊中,以将风能转化为压缩空气压力能;释能时,气囊向上浮起,驱动压缩空气储能系统的电机将浮力能转化为电能;和/或气囊中的压缩空气释放,驱动压缩空气储能系统将压缩空气能转化为电能。该系统,相较于现有系统可以吸收波动的可再生能源并在需要时向外输出较大变化范围内的功率,并保持高效运行,使得系统可以更好的适应海上风电环境。



1. 一种压缩空气储能与浮力储能耦合系统,其特征在于,包括:

浮力储能系统,包括风力机与气囊,所述风力机与所述气囊相连,所述风力机适于设置在水面以上,所述气囊适于设置在水面以下;

压缩空气储能系统,与所述风力机以及所述气囊均相连;

其中,储能时,所述风力机驱动所述气囊向水下运动,以将风能转化为浮力能;和/或所述风力机驱动所述压缩空气储能系统压缩空气并存储在所述气囊中,以将风能转化为压缩空气能;释能时,所述气囊向上浮起,驱动所述压缩空气储能系统的电机将浮力能转化为电能;和/或所述气囊中的压缩空气释放,驱动所述压缩空气储能系统将压缩空气能转化为电能。

2. 根据权利要求1所述的压缩空气储能与浮力储能耦合系统,其特征在于,

还包括第一绳索、第二绳索以及绳索连接控制器;

所述第一绳索的一端与所述气囊相连,另一端绕过所述绳索连接控制器并与所述风力机相连;

所述第二绳索的一端与所述气囊相连,另一端绕过所述绳索连接控制器并与所述压缩空气储能系统相连;

储能时,所述绳索连接控制器所述第一绳索与所述气囊相连,所述第二绳索与所述气囊断开;

释能时,所述绳索连接控制器所述第二绳索与所述气囊相连,所述第一绳索与所述气囊断开。

3. 根据权利要求2所述的压缩空气储能与浮力储能耦合系统,其特征在于,

还包括滑轮,适于设置在水底,所述第一绳索与所述第二绳索靠近所述气囊的一端均饶经所述滑轮后与所述气囊相连。

4. 根据权利要求2所述的压缩空气储能与浮力储能耦合系统,其特征在于,

所述压缩空气储能系统包括相连的压缩机、膨胀机、电动机以及发电机;

所述风力机与所述压缩机相连,所述压缩机的出气口与所述气囊的进气口通过管路相连,储能时,所述风力机驱动所述压缩机压缩空气,并将压缩空气能存储在所述气囊中;

所述第二绳索的一端与所述发电机相连,释能时,所述气囊驱动所述发电机将浮力能转化为电能;

所述气囊的出气口通过管路与所述膨胀机相连,释能时,压缩空气进入所述膨胀机中膨胀做功,所述膨胀机驱动所述发电机发电。

5. 根据权利要求4所述的压缩空气储能与浮力储能耦合系统,其特征在于,

还包括蓄热器,所述蓄热器的第一进口与所述压缩机的出气口相连,所述蓄热器的第一出口与所述气囊的进气口相连,压缩空气流经所述蓄热器时所蕴含的热能存储在所述蓄热器中;

所述蓄热器的第二进口与所述气囊的出气口相连,所述蓄热器的第二出口与所述膨胀机的进气口相连,压缩空气流经所述蓄热器时吸收所述蓄热器中存储热能。

6. 根据权利要求5所述的压缩空气储能与浮力储能耦合系统,其特征在于,

所述气囊的进气口与所述气囊的出气口为同一个口,所述气囊的进气口、所述蓄热器的第二进口以及所述蓄热器的第一出口通过三通阀及管路相连。

7. 根据权利要求4所述的压缩空气储能与浮力储能耦合系统,其特征在于,所述气囊的出气口与所述膨胀机之间的管路、以及所述压缩机的出气口与所述气囊的进气口之间的管路均为柔性软管。

8. 根据权利要求4所述的压缩空气储能与浮力储能耦合系统,其特征在于,所述发电机与所述风力机均与外部的电网相连。

9. 一种压缩空气储能与浮力储能耦合的方法,其特征在于,包括权利要求1-8中任一项所述的压缩空气储能与浮力储能耦合系统,还包括如下步骤:

输入功率为第一级时,风力驱动风力机转动,带动气囊向水下运动,将风能转化为浮力能;

输入功率为第二级时,风力驱动风力机转动,带动压缩空气储能系统压缩空气并存储在气囊中,将风能转化为压缩空气能;

输入功率为第三级时,风力驱动风力机转动,带动气囊向水下运动,将风能转化为浮力能,同时,风力驱动风力机转动,带动压缩空气储能系统压缩空气并存储在气囊中,将风能转化为压缩空气能;

输出功率为第一级时,气囊向上浮起,驱动压缩空气储能系统将浮力能转化为电能;

输入功率为第二级时,气囊中的压缩空气释放,驱动压缩空气储能系统将压缩空气能转化为电能;

输入功率为第三级时,气囊向上浮起,驱动压缩空气储能系统将浮力能转化为电能,同时,气囊中的压缩空气释放,驱动压缩空气储能系统将压缩空气能转化为电能;

其中,输入功率的第一级、第二级以及第三级依次增大,输出功率的第一级、第二级以及第三级依次增大。

一种压缩空气储能与浮力储能耦合系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及储能系统技术领域,具体涉及一种压缩空气储能与浮力储能耦合系统及方法。

背景技术

[0002] 目前的带有水下压缩空气储能的海上风力发电系统,包括海上风力发电机组,空气压缩及膨胀发电单元以及海底高压空气储能装置,当海上风力发电机组发电超过电网需求时,利用富余的电能驱动空气压缩及膨胀发电单元的空气压缩机,向海底高压空气储能装置充入高压空气;当电网负荷增大而海上风力发电机组负荷不能满足电网需求时,释放海底高压空气储能装置内的高压空气,经空气压缩及膨胀发电单元的膨胀机做功带动发电机发电,以提高向电网提供的电力负荷。

[0003] 但是,风电具有波动性和间歇性的特征,现有系统的变工况范围窄,且在整个工况内平均效率不高,难以高效吸收波动的可再生能源并在需要时向外输出较大变化范围内的功率,使得系统无法较好的适应用海上风电环境。

发明内容

[0004] 因此,本发明要解决的技术问题在于现有技术中带有水下压缩空气储能的海上风力发电系统,变工况范围窄,平均效率不高,难以吸收波动的可再生能源并在需要时向外输出较大变化范围内的功率,使得系统无法较好的适应用海上风电环境,从而提供一种压缩空气储能与浮力储能耦合系统及方法。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明的技术方案如下:

[0006] 一种压缩空气储能与浮力储能耦合系统,包括:浮力储能系统,包括风力机与气囊,所述风力机与所述气囊相连,所述风力机适于设置在水面以上,所述气囊适于设置在水面以下;压缩空气储能系统,与所述风力机以及所述气囊均相连;其中,储能时,所述风力机驱动所述气囊向水下运动,以将风能转化为浮力能;和/或所述风力机驱动所述压缩空气储能系统压缩空气并存储在所述气囊中,以将风能转化为压缩空气能;释能时,所述气囊向上浮起,驱动所述压缩空气储能系统电机将浮力能转化为电能;和/或所述气囊中的压缩空气释放,驱动所述压缩空气储能系统将压缩空气能转化为电能。

[0007] 进一步地,该压缩空气储能与浮力储能耦合系统还包括第一绳索、第二绳索以及绳索连接控制器;所述第一绳索的一端与所述气囊相连,另一端绕过所述绳索连接控制器并与所述风力机相连;所述第二绳索的一端与所述气囊相连,另一端绕过所述绳索连接控制器并与所述压缩空气储能系统相连;储能时,所述绳索连接控制器所述第一绳索与所述气囊相连,所述第二绳索与所述气囊断开;释能时,所述绳索连接控制器所述第二绳索与所述气囊相连,所述第一绳索与所述气囊断开。

[0008] 进一步地,该压缩空气储能与浮力储能耦合系统还包括滑轮,适于设置在水底,所述第一绳索与所述第二绳索靠近所述气囊的一端均饶经所述滑轮后与所述气囊相连。

[0009] 进一步地,所述压缩空气储能系统包括相连的压缩机、膨胀机、电动机以及发电机;所述风力机与所述压缩机相连,所述压缩机的出气口与所述气囊的进气口通过管路相连,储能时,所述风力机驱动所述压缩机压缩空气,并将压缩空气能存储在所述气囊中;所述第二绳索的一端与所述发电机相连,释能时,所述气囊驱动所述发电机将浮力能转化为电能;所述气囊的出气口通过管路与所述膨胀机相连,释能时,压缩空气进入所述膨胀机中膨胀做功,所述膨胀机驱动所述发电机发电。

[0010] 进一步地,该压缩空气储能与浮力储能耦合系统还包括蓄热器,所述蓄热器的第一进口与所述压缩机的出气口相连,所述蓄热器的第一出口与所述气囊的进气口相连,压缩空气流经所述蓄热器时所蕴含的热能存储在所述蓄热器中;所述蓄热器的第二进口与所述气囊的出气口相连,所述蓄热器的第二出口与所述膨胀机的进气口相连,压缩空气流经所述蓄热器时吸收所述蓄热器中存储热能。

[0011] 进一步地,所述气囊的进气口与所述气囊的出气口为同一个口,所述气囊的进气口、所述蓄热器的第二进口以及所述蓄热器的第一出口通过三通阀及管路相连。

[0012] 进一步地,所述气囊的出气口与所述膨胀机之间的管路、以及所述压缩机的出气口与所述气囊的进气口之间的管路均为柔性软管。

[0013] 进一步地,所述发电机与所述风力机均与外部的电网相连。

[0014] 一种压缩空气储能与浮力储能耦合的方法,包括上述所述的压缩空气储能与浮力储能耦合系统,还包括如下步骤:输入功率为第一级时,风力驱动风力机转动,带动气囊向水下运动,将风能转化为浮力能;输入功率为第二级时,风力驱动风力机转动,带动压缩空气储能系统压缩空气并存储在气囊中,将风能转化为压缩空气能;输入功率为第三级时,风力驱动风力机转动,带动气囊向水下运动,将风能转化为浮力能,同时,风力驱动风力机转动,带动压缩空气储能系统压缩空气并存储在气囊中,将风能转化为压缩空气能;输出功率为第一级时,气囊向上浮起,驱动压缩空气储能系统将浮力能转化为电能;输入功率为第二级时,气囊中的压缩空气释放,驱动压缩空气储能系统将压缩空气能转化为电能;输入功率为第三级时,气囊向上浮起,驱动压缩空气储能系统将浮力能转化为电能,同时,气囊中的压缩空气释放,驱动压缩空气储能系统将压缩空气能转化为电能;其中,输入功率的第一级、第二级以及第三级依次增大,输出功率的第一级、第二级以及第三级依次增大。

[0015] 本发明技术方案,具有如下优点:

[0016] 本发明提供的压缩空气储能与浮力储能耦合系统,将压缩空气储能系统与浮力储能系统相结合,其中压缩空气储能系统用于平移大功率电能,而浮力储能系统用于平移小功率电能,进而两者结合使系统工况更宽、效率更高,且气囊既可以作为压缩空气储能系统的储气容器,也可以作为浮力储能系统的浮力体,提高了设备的利用率,减少占地面积。相较于现有系统可以吸收波动的可再生能源并在需要时向外输出较大变化范围内的功率,使得系统可以更好的适应用海上风电环境。

附图说明

[0017] 为了更清楚地说明本发明具体实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对具体实施方式或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施方式,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。

[0018] 图1为本发明实施例中的压缩空气储能与浮力储能耦合系统的整体结构示意图。

[0019] 1、风力机; 2、气囊; 3、膨胀机;

[0020] 4、电动发电机; 5、压缩机; 6、蓄热器;

[0021] 7、第一绳索; 8、第二绳索; 9、三通阀;

[0022] 10、滑轮; 11、电网; 12、绳索连接控制器。

具体实施方式

[0023] 下面将结合附图对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例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。

[0024] 在本发明的描述中,需要说明的是,术语“中心”、“上”、“下”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。此外,术语“第一”、“第二”、“第三”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0025] 在本发明的描述中,需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0026] 此外,下面所描述的本发明不同实施方式中所涉及的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互结合。

[0027] 图1为本发明实施例中的压缩空气储能与浮力储能耦合系统的整体结构示意图,如图1所示,本实施例提供一种压缩空气储能与浮力储能耦合系统,包括:浮力储能系统,包括风力机1与气囊2,风力机1与气囊2相连,例如,风力机1的转轴上可以设置绕线轮,绳索的一端缠绕在风力机1的绕线轮上,另一端系在气囊2上,风力机1设置在水面以上,气囊2设置在水面以下;当风力驱动风力机1转动时,可以通过绳索拉动气囊2运动。

[0028] 压缩空气储能系统,与风力机1以及气囊2均相连;其中,储能时,风力机1驱动气囊2向水下运动,以将风能转化为浮力能;和/或风力机1驱动压缩空气储能系统压缩空气并存储在气囊2中,以将风能转化为压缩空气能;释能时,气囊2向上浮起,驱动压缩空气储能系统将浮力能转化为电能;和/或气囊2中的压缩空气释放,驱动压缩空气储能系统将压缩空气能转化为电能。

[0029] 本实施例提供的压缩空气储能与浮力储能耦合系统,将压缩空气储能系统与浮力储能系统相结合,其中压缩空气储能系统用于平移大功率电能,而浮力储能系统用于平移小功率电能,进而两者结合使系统工况更宽、效率更高,且气囊2既可以作为压缩空气储能系统的储气容器,也可以作为浮力储能系统的浮力体,提高了设备的利用率,减少占地面积。相较于现有系统可以吸收波动的可再生能源并在需要时向外输出较大变化范围内的功率,使得系统可以更好的适应用海上风电环境。

[0030] 其中,压缩空气储能系统包括同轴设置的压缩机5、膨胀机3、电动机以及发电机;其中,发电机与电动机也可以由电动发电机4代替。风力机1与压缩机5相连,风电可以驱动压缩机5将空气压缩,压缩机5的出气口与气囊2的进气口通过管路相连,以使压缩空气存储在气囊2中。

[0031] 其中,该压缩空气储能与浮力储能耦合系统还包括第一绳索7、第二绳索8以及绳索连接控制器12;第一绳索7的一端与气囊2相连,另一端绕过绳索连接控制器12并缠绕在风力机1上的绕线轮上;例如,该压缩空气储能与浮力储能耦合系统还包括滑轮10,适于设置在水底,第一绳索7与第二绳索8靠近气囊2的一端均绕经滑轮10后与气囊2相连;如此设置,当风力机1转动时,第一绳索7被缠绕收紧,在滑轮10的变向作用下,气囊2向水下运动,可以存储浮力能。

[0032] 第二绳索8的一端与气囊2相连,另一端绕过绳索连接控制器12并与压缩空气储能系统中发电机相连,例如,发电机的转轴上可以设置绕线轮供第二绳索8缠绕;当气囊2向水面运动释放浮力能时,第二绳索8被拉紧缠绕,驱动发电机的转轴转动进行发电。

[0033] 储能时,绳索连接控制器12第一绳索7与气囊2相连,第二绳索8与气囊2断开;释能时,绳索连接控制器12第二绳索8与气囊2相连,第一绳索7与气囊2断开。

[0034] 例如,绳索连接控制器12可以包括两个独立的绞盘,分别用于缠绕第一绳索7与第二绳索8,而且,可以通过离合结构在两个绞盘之间切换,当需要储能时,缠绕第一绳索7的绞盘工作,缠绕第二绳索8的绞盘不工作;当需要释能时,缠绕第一绳索7的绞盘不工作,缠绕第二绳索8的绞盘工作。

[0035] 储能时,风力机1产生的风电驱动电动机转动,电动机再驱动压缩机5压缩空气,并将压缩空气能存储在气囊2中;第二绳索8的一端与发电机相连,释能时,气囊2驱动发电机将浮力能转化为电能;气囊2的出气口通过管路与膨胀机3相连,释能时,压缩空气进入膨胀机3中膨胀做功,膨胀机3驱动发电机发电。

[0036] 其中,该压缩空气储能与浮力储能耦合系统还包括蓄热器6,蓄热器6的第一进口与压缩机5的出气口相连,蓄热器6的第一出口与气囊2的进气口相连,压缩空气流经蓄热器6时所蕴含的热能存储在蓄热器6中;蓄热器6的第二进口与气囊2的出气口相连,蓄热器6的第二出口与膨胀机3的进气口相连,压缩空气流经蓄热器6时吸收蓄热器6中存储热能。

[0037] 例如,气囊2的进气口与气囊2的出气口为同一个口,气囊2的进气口、蓄热器6的第二进口以及蓄热器6的第一出口通过三通阀9及管路相连。

[0038] 例如,气囊2的出气口与膨胀机3之间的管路、以及压缩机5的出气口与气囊2的进气口之间的管路均为柔性软管。

[0039] 其中,发电机与风力机1均与外部的电网11相连,用于将产生的电能输送至电网11。

[0040] 该系统采用浮力储能和压缩空气储能联合运行的方式提高系统的工况范围和效率;

[0041] 其中,压缩机5和膨胀机3可采用多种变工况调节方式,包括变导叶/静叶、变转速、变扩压器等一种或多种组合。

[0042] 其中,压缩机5和膨胀机3可为各种形式,包括叶轮式、活塞式、螺杆式等形式。

[0043] 其中,压缩机5和膨胀机3不限于单级,压缩机5的级数和膨胀机3的级数均可以为

多级,且可以不相等。

[0044] 其中,蓄热器6可以是显热蓄热,也可以是相变蓄热器6、热化学蓄热器6等。

[0045] 其中,蓄热器6可以是填充床蓄热,也可以是双罐间接蓄热等蓄热系统结构。

[0046] 其中,蓄热器6的热量不仅可以来源于太阳能,也可采用与外界热源耦合。

[0047] 其中,压缩空气储能系统不仅适用于蓄热式压缩空气储能系统,也可为其他类似结构的压缩空气储能系统,只要其储气方式为水下气囊2储气即可。

[0048] 其中,该系统可以建在海岸上,也可以建立在深远海上平台等环境。

[0049] 另一个实施例还提供一种压缩空气储能与浮力储能耦合的方法,包括上述的压缩空气储能与浮力储能耦合系统,还包括如下步骤:输入功率为第一级时,风力驱动风力机1转动,带动气囊2向水下运动,将风能转化为浮力能;输入功率为第二级时,风力驱动风力机1转动,带动压缩空气储能系统压缩空气并存储在气囊2中,将风能转化为压缩空气能;输入功率为第三级时,风力驱动风力机1转动,带动气囊2向水下运动,将风能转化为浮力能,同时,风力驱动风力机1转动,带动压缩空气储能系统压缩空气并存储在气囊2中,将风能转化为压缩空气能;输出功率为第一级时,气囊2向上浮起,驱动压缩空气储能系统将浮力能转化为电能;输入功率为第二级时,气囊2中的压缩空气释放,驱动压缩空气储能系统将压缩空气能转化为电能;输入功率为第三级时,气囊2向上浮起,驱动压缩空气储能系统将浮力能转化为电能,同时,气囊2中的压缩空气释放,驱动压缩空气储能系统将压缩空气能转化为电能;其中,输入功率的第一级、第二级以及第三级依次增大,输出功率的第一级、第二级以及第三级依次增大。

[0050] 具体的,储能时,当输入功率较低时,即输入功率为第一级时,采用浮力储能,这时风力机1转动收紧第一绳索7,使气囊2下降;当输入功率较大时,即输入功率为第二级时,采用压缩空气储能,风力机1驱动压缩机5将空气压缩至高压态并在蓄热器6中释放热量后存在气囊2中。当输入功率更大或者为使系统高效运行,即输入功率为第三级时,上述两种储能模式同时运行,以使系统输入更多风能或效率较高。

[0051] 同理,释能时,当输出功率较低时,即输出功率为第一级时,采用浮力释能,这时气囊2上升通过第二绳索8驱动发电机发电;当输出功率较大时,即输出功率为第二级时,采用压缩空气储能释能,来自气囊2的压缩空气被释放并在蓄热器6中被加热,后进入膨胀机3膨胀做功;当输出功率更大或者为使系统高效运行,即输出功率为第三级时,上述两种释能模式同时运行,以使系统输出更多电能或效率较高。

[0052] 显然,上述实施例仅仅是为清楚地说明所作的举例,而并非对实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说,在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。而由此所引伸出的显而易见的变化或变动仍处于本发明创造的保护范围之内。

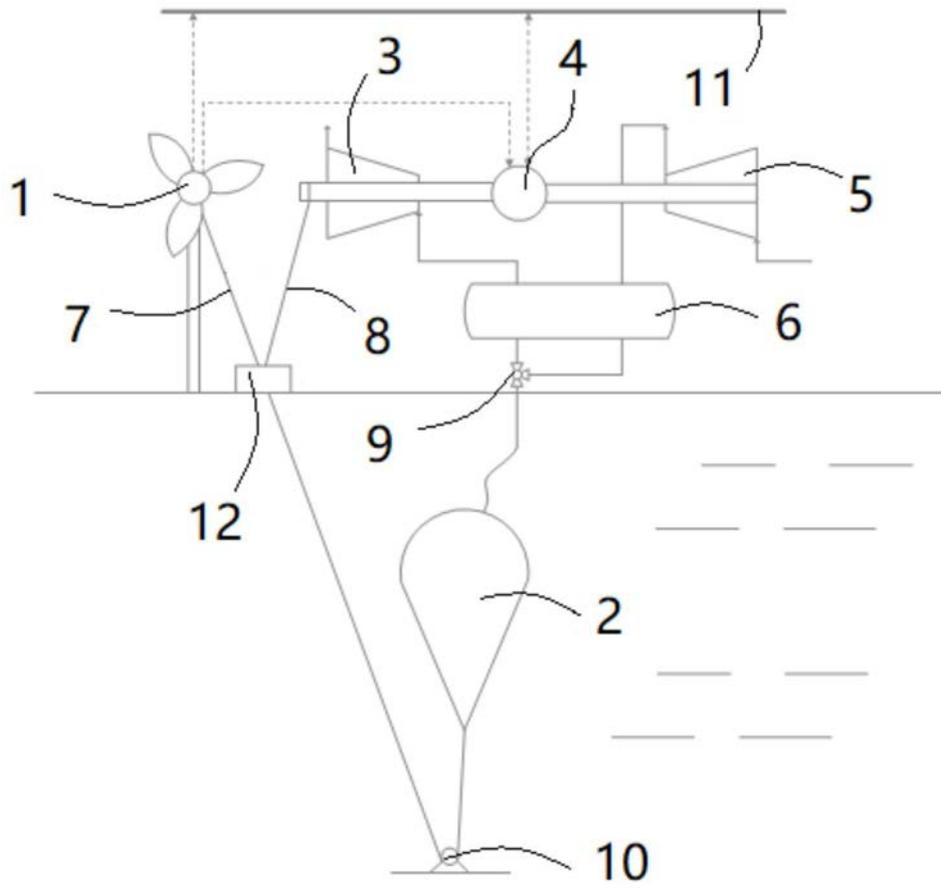


图1