



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102840089 B

(45) 授权公告日 2015. 01. 21

(21) 申请号 201210313817. 5

(22) 申请日 2012. 08. 29

(73) 专利权人 华北电力大学

地址 102206 北京市昌平区朱辛庄北农路 2 号

(72) 发明人 顾煜炯 王兵兵 王向志 黄委
张原飞 杜伟 惠万馨 金铁铮
张婷婷 雷少博 刘圣冠 李佳佳

(74) 专利代理机构 北京众合诚成知识产权代理有限公司 11246

代理人 朱琨

(51) Int. Cl.

F03B 13/16 (2006. 01)

F03B 15/00 (2006. 01)

F03D 9/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102079366 A, 2011. 06. 01,

CN 102297091 A, 2011. 12. 28,

CN 102359431 A, 2012. 02. 22,

CN 102297070 A, 2011. 12. 28,

EP 1375912 A1, 2004. 01. 02,

CN 102162432 A, 2011. 08. 24,

JP 2002-39044 A, 2002. 02. 06,

审查员 邹文娟

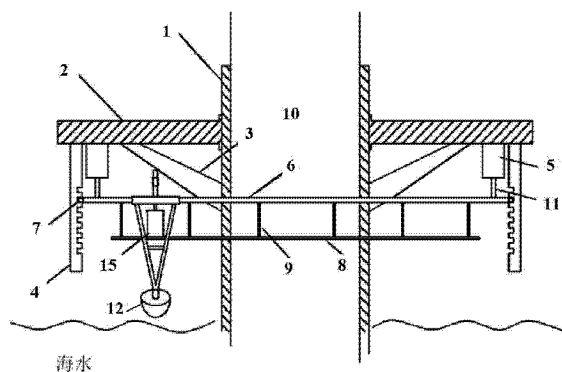
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

基于海上风电机组的即插式波浪能发电系统

(57) 摘要

本发明公开了电力设备设计技术领域中的一种基于海上风电机组的即插式波浪能发电系统。系统包括风电机组、波浪能转换装置和支撑波浪能转换装置的智能控制平台；智能控制平台包括平台固定层、固定式平台、支杆、齿块、第一液压缸、连接横杆、锁销、可移动平台和可移动平台连杆；波浪能转换装置包括浮子、浮子臂、套筒、第二液压缸、蓄能器、液压马达、直驱发电机、整流模块、逆变模块、第二液压缸回油管、第二液压缸出油管、总回油管、总出油管、第二液压缸出口通向管路、第二液压缸进口通向管路和油箱。本发明将波浪能利用装置与风力发电机组相结合，在实现风能和波浪能互补供电的同时，降低了波浪能利用装置的建设成本。



1. 一种基于海上风电机组的即插式波浪能发电系统,其特征是所述系统包括风电机组、波浪能转换装置和支撑波浪能转换装置的智能控制平台;

所述智能控制平台包括平台固定层、固定式平台、支杆、齿块、第一液压缸、连接横杆、锁销、可移动平台和可移动平台连杆;

所述平台固定层焊接在风电机组塔架外侧;

所述固定式平台固定安装在平台固定层外侧;

所述支杆的一端焊接在固定式平台的下方,另一端焊接在平台固定层的外侧,用于支撑固定式平台;

所述齿块固定安装在固定式平台的下方;

所述第一液压缸的底座固定安装在固定式平台的下方,第一液压缸的活塞杆固定安装在连接横杆的上方;

所述连接横杆的两端分别与齿块相啮合并设有锁销,使得连接横杆的两端与齿块固定;

所述连接横杆和可移动平台之间固定安装可移动平台连杆;

所述波浪能转换装置安装在智能控制平台上;

所述波浪能转换装置包括浮子、浮子臂、套筒、第二液压缸、蓄能器、液压马达、直驱发电机、整流模块、逆变模块、第二液压缸回油管、第二液压缸出油管、总回油管、总出油管、第二液压缸出口通向管路、第二液压缸进口通向管路和油箱;

所述浮子臂的一端与浮子相连,另一端通过套筒与第二液压缸相连;

所述第二液压缸出油管与总出油管相连;

所述总出油管、蓄能器和液压马达顺序相连;

所述液压马达、直驱发电机、整流模块和逆变模块顺序相连;

所述液压马达和总回油管相连;

所述总回油管分别与第二液压缸回油管和油箱相连;

所述第二液压缸出口通向管路与油箱相连;

所述第二液压缸进口通向管路与蓄能器(16)相连;

所述第二液压缸安装在可移动平台上;

所述蓄能器、液压马达、直驱发电机和电能转换装置安装在固定式平台上。

基于海上风电机组的即插式波浪能发电系统

技术领域

[0001] 本发明属于电力设备设计技术领域,尤其涉及一种基于海上风电机组的即插式波浪能发电系统。

背景技术

[0002] 伴随着全球陆地矿物燃料日益枯竭和环境污染日趋加剧,有效利用清洁、可再生的海洋能源成为世界主要沿海国家的能源战略的重要选择。当前“十二五”是我国海洋事业加快发展的关键时期,也是推动经济结构优化升级、转变经济发展方式的关键时期。我们应紧跟新一轮世界科技革命与能源革命的步伐,以高端技术、高端产品、高端产业为引领,提高海洋能源开发利用的核心竞争力,优化我国能源消费结构,支撑经济社会的可持续发展。

[0003] 波浪能是海洋能源蕴藏量最为丰富的能源之一,它是由于风、气压和水的重力作用形成的起伏运动,具有一定的动能和势能。由于波浪能在开发利用过程中对环境的影响小且以机械能形式存在,是品位最高的海洋能。近年来随着海洋开发能力的提升,波浪能开发利用已具备了一定的技术水平和生产基础,然而由于海洋特殊的地理环境,使得波浪能利用装置仍然存在着投资大、规模小、获益能力低及受台风的破坏等问题;加上波浪自身的不稳定特性,不可避免地会遇到发电机组功率输出波动较大的问题,很难得到长时间连续稳定的能量输出。因此,研究大规模高效的波浪能转换装置、降低波浪能发电成本、提高输出稳定性,是海洋波浪能研究利用的一个发展趋势。

[0004] 波浪能与海上风能都是典型的不稳定能源,而且能源利用成本较高,但两者在不同季节、时间上具有一定的互补性,如何将两者进行有效的结合,以此达到资源的优化配置,是一直在研究的一个问题。经过前期的大量调研,项目组提出了对现有的风电场进行二度开发,利用海上风电机组的基座搭建波浪能发电平台,将波浪能利用装置与风力发电机组相结合,建设一种波浪能、风能互补发电的新方案。该方案不但可以大大降低波浪能利用装置的建设费用,而且,风电机组、波浪能利用装置的联合供电,可以在一定程度形成互补效果,使风电机组的功率输出更稳定,更饱满。通过本发明,希望能探寻一条海上多能源综合开发的新思路,研发设计一种切实可行的海上波浪能发电装置。

[0005] 目前我国海上风电的发展非常迅速,包括已经建成的东海大桥 10 万 kW 风电场、六鳌 10 万 kW 风电场等,去年国家第一批海上风电特许权项目招标启动,标志着我国海上风电的发展迈出了实质性步伐。根据我国沿海省份编制的规划,海上风电的装机容量预计将在 2020 年达到 3,280 万 kW,再放眼到世界范围内,欧洲 2011 年底海上风电总装机将超过 3,000MW。正是在海上风电大规模发展的背后,隐藏着的是该项目非常广阔的应用市场,如果该项目得到大面积应用,将会获得巨大的经济效益。因此,开展该项目的研究也是市场发展的需求。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于,提供一种基于海上风电机组的即插式波浪能发电系统,综合

利用海上风能与波浪能互补发电,提供稳定可靠、质量合格的电力。

[0007] 为了实现上述目的,本发明提出的技术方案是,一种基于海上风电机组的即插式波浪能发电系统,其特征是所述系统包括风电机组、波浪能转换装置和支撑波浪能转换装置的智能控制平台;

[0008] 所述智能控制平台包括平台固定层、固定式平台、支杆、齿块、第一液压缸、连接横杆、锁销、可移动平台和可移动平台连杆;

[0009] 所述平台固定层焊接在风电机组塔架外侧;

[0010] 所述固定式平台固定安装在平台固定层外侧;

[0011] 所述支杆的一端焊接在固定式平台的下方,另一端焊接在平台固定层的外侧,用于支撑固定式平台;

[0012] 所述齿块固定安装在固定式平台的下方;

[0013] 所述第一液压缸的底座固定安装在固定式平台的下方,第一液压缸的活塞杆固定安装在连接横杆的上方;

[0014] 所述连接横杆的两端分别与齿块相啮合并设有锁销,使得连接横杆的两端与齿块固定;

[0015] 所述连接横杆和可移动平台之间固定安装可移动平台连杆;

[0016] 所述波浪能转换装置安装在智能控制平台上。

[0017] 所述波浪能转换装置包括浮子、浮子臂、套筒、第二液压缸、蓄能器、液压马达、直驱发电机、整流模块、逆变模块、第二液压缸回油管、第二液压缸出油管、总回油管、总出油管、第二液压缸出口通向管路、第二液压缸进口通向管路和油箱;

[0018] 所述浮子臂的一端与浮子相连,另一端通过套筒与第二液压缸相连;

[0019] 所述第二液压缸出油管与总出油管相连;

[0020] 所述总出油管、蓄能器和液压马达顺序相连;

[0021] 所述液压马达、直驱发电机、整流模块和逆变模块顺序相连;

[0022] 所述液压马达和总回油管相连;

[0023] 所述总回油管分别与第二液压缸回油管和油箱相连;

[0024] 所述第二液压缸出口通向管路与油箱相连;

[0025] 所述第二液压缸进口通向管路与蓄能器 16 相连。

[0026] 所述第二液压缸安装在可移动平台上。

[0027] 所述蓄能器、液压马达、直驱发电机和电能转换装置安装在固定式平台上。

[0028] 本发明利用海上风电机组的基座搭建波浪能发电平台,将波浪能利用装置与风力发电机组相结合,在实现风能和波浪能互补供电的同时,降低了波浪能利用装置的建设成本。

附图说明

[0029] 图 1 是基于海上风电机组的即插式波浪能发电系统结构图;

[0030] 图 2 是波浪能转换装置结构图;

[0031] 图 3 液压系统结构示意图;

[0032] 图 4 液压缸工作原理结构图;

- [0033] 图 5 波浪能发电机侧电能转换图；
[0034] 图 6 平台升降控制系统结构图；
[0035] 图 7 波浪能与风能发电系统电能合成原理图。

具体实施方式

[0036] 下面结合附图,对优选实施例作详细说明。应该强调的是,下述说明仅仅是示例性的,而不是为了限制本发明的范围及其应用。

[0037] 图 1 是基于海上风电机组的即插式波浪能发电系统结构图。图 1 中,本发明提供的系统包括风电机组、波浪能转换装置和支撑波浪能转换装置的智能控制平台。智能控制平台包括平台固定层 1、固定式平台 2、支杆 3、齿块 4、第一液压缸 5、连接横杆 6、锁销 7、可移动平台 8 和可移动平台连杆 9。

[0038] 平台固定层 1 焊接在风电机组塔架的基座外侧 10,固定式平台 2 固定安装在平台固定层 1 外侧,支杆 3 的一端焊接在固定式平台 2 的下方,另一端焊接在平台固定层 1 的外侧,用于支撑固定式平台 2。齿块 4 固定安装在固定式平台 2 的下方。第一液压缸 5 的底座固定安装在固定式平台 2 的下方,第一液压缸 5 的活塞杆 11 固定安装在连接横杆 6 的上方。连接横杆 6 的两端分别与齿块 4 相啮合并设有锁销 7,使得连接横杆 6 的两端与齿块 4 固定。连接横杆 6 和可移动平台 8 之间固定安装可移动平台连杆 9。这种结构可以保证在天气恶劣的情况下也可以将平台升起,避免了大浪的袭击,提高了机组的生存能力。

[0039] 海上风电机组是已建成的海上风电场中的风力发电系统,其基座是单桩式的,塔架与桩焊接连接的。整个塔架从上到下依次可分为大气区、浪溅区、潮差区和海泥区,波浪能发电平台安装在潮差区。波浪能转换装置安装在智能控制平台上。

[0040] 图 2 是波浪能转换装置结构图。图 2 中,波浪能转换装置包括浮子 12、浮子臂 13、套筒 14、第二液压缸 15、蓄能器 16、液压马达 17、直驱发电机 18、整流模块 19、逆变模块 20、第二液压缸回油管 21、第二液压缸出油管 22、总回油管 23、总出油管 24、第二液压缸出口通向管路 25、第二液压缸进口通向管路 26 和油箱 27。

[0041] 浮子臂 13 的一端与浮子 12 相连,另一端通过套筒 14 与第二液压缸 15 相连。第二液压缸出油管 22 与总出油管 24 相连;总出油管 24、蓄能器 16 和液压马达 17 顺序相连。液压马达 17、直驱发电机 18、整流模块 19 和逆变模块 20 顺序相连。液压马达 17 和总回油管 23 相连,总回油管 23 分别与第二液压缸回油管 21 和油箱 27 相连。第二液压缸出口通向管路 25 与油箱 27 相连,第二液压缸进口通向管路 26 与蓄能器 16 相连。

[0042] 当波浪作用于浸在海面上的浮子 12 时,由于浮子臂 13 支点固定在钢架上,使得浮子 12 仅做上下起伏运动,此时浮子 12 吸收了波浪的运动势能;而后通过浮子臂 13 的传递作用并且依靠套筒 14 的约束,第二液压缸 15 的活塞做竖直上下运动,第二液压缸 15 的液压油将被挤出或吸回,浮子 12 吸收的能量进一步转化为液压能;高压油进入总出油管 24 从而进入蓄能器 16 缓冲;经蓄能器 16 出来稳定的液压油驱动液压马达 17 转动,从而至发电机 18 发电;经整流模块 19 和逆变模块 20 的转化与风力机产生的电能汇入交流母线。这是平台波浪能转化装置的整个工作过程。

[0043] 在本发明中,波浪能转换装置包括由多个浮子 12、浮子臂 13、套筒 14、第二液压缸 15、第二液压缸回油管 21、第二液压缸出油管 22、第二液压缸出口通向管路 25 和第二液

缸进口通向管路 26 构成的波浪能接收单元。图 3 中,每个波浪能接收单元的第二液压缸 15 内排出的液压油通过第二液压缸出油管 22 汇合于总出油管 24 后,被输送到蓄能器 16 中,经过缓冲调和之后流往液压马达 17,推动液压马达旋转做功;做完功的液压油先通过总回油管 23,再经过各第二液压缸回油管 21 回流至各个第二液压缸 15,形成一个完整的循环。

[0044] 直驱发电机 18 采用稀土永磁同步发电机,无需励磁绕组和直流励磁电源,还可以增大气隙磁密,把发电机转速提高到最佳值。另外,本发明还通过智能控制系统综合浮子臂的长度、连接浮子装置的液压缸活塞行程、正常工作时浮子与水平面的夹角范围以及当地潮位的变化范围等因数,自动调整平台与海面的距离,保持一个合理范围,保证浮子与海面有效接触,浮子可随着波浪发生共振,有利于波浪能的最大吸收率。

[0045] 浮子 12 选用半球体浮子作为波能吸收载体,浮子材料为玻璃钢,共由若干个浮子按一定间距分别布置在平台两侧。浮子包括防台风装置,该装置是在浮子对应的液压缸上部设有两条管路,进油管与蓄能器相连,高压油使活塞达到液压缸底部,带动浮子上升离开海面;回油管联接油箱,需要放下浮子时,把液压缸上部油排入油箱,在重力作用下浮子回到海面上。

[0046] 浮子臂为细长的圆柱形,其材料为不锈钢并有防腐蚀涂层,其一端与浮子铰接,另一端通过套筒连接液压缸的活塞杆,浮子臂固定在平台的横杆上。第二液压缸是采用活塞式液压缸,是与每个浮子相配置,通过单向阀与进油管、排油管相连。蓄能器连接在进油管路上,可以保证机组在波浪能输入能量波动的情况下输出稳定的功率。

[0047] 图 4 中,每个波浪能接收单元的第二液压缸 15 的第二液压缸回油管 21 和第二液压缸出油管 22 的路径上安装有单向阀,当活塞向下运动时,液压油通过单向阀进入第二液压缸出油管 22;当活塞向上运动时,液压油从第二液压缸回油管 21 中流入,通过单向阀流回第二液压缸 15。第二液压缸 15 第二液压缸出口通向管路 25 和第二液压缸进口通向管路 26 的路径上安装单向阀。当停止浮子工作时蓄能器 16 的第二液压缸出口通向管路 25 流进第二液压缸 15,上部的压力大于下部的,活塞向下运动,到达底部时,浮子 12 也被提升脱离海面;当需放下浮子时,开通第二液压缸进口通向管路 26 把油排进油箱,浮子 12 在重力作用下会下降。

[0048] 图 5 中,液压马达 17 旋转做功后驱动直驱发电机 18 发电,电能首先经过整流模块 19 转变为直流电,然后在经过逆变模块 20 把直流电变成交流电与风电机组 32 产生的电能电压相等,频率稳定,相位相同,然后送到风电场内的升压变电站的公共交流母线 28 上,一同由变压器 29 升压后通过交流海底电缆 30 送到岸上公共电网 31。

[0049] 波浪能转换装置为独立的发电装置,不改变原来风电机组等在发电设备,只是通过自身的电力电子设备将波浪能转换装置所产生的电转变成与风电机组产生的电压相等、频率稳定且相位相同的电能,然后并联在同一直流母线,这样不会产生单一换流器故障导致全部不能输送电到电网的情况,同时传输容量提高,也可以分别控制两种发电机组工作在理想状态。

[0050] 电力电子设备包括整流器、逆变器,智能控制系统模块包括功率计算模块、功率控制模块和脉宽调制模块。其中功率计算模块是采集逆变器输出端的电流电压参数,计算逆变器输出的有功功率和无功功率;功率控制模块是通过下垂特性得到输出电压频率和幅值的指令值得到脉冲信号;脉宽调制模块是将信号波与载波结合调制成脉宽信号,从而控制

逆变电路中各开关器件的通断从而得到电压波形。

[0051] 智能控制系统是平台为了应对实际海况中的潮差问题,保证机组的正常、安全、高效的工作,根据实海况自动调整平台与海面的距离,并设有防台风装置保护平台设备安全,其包括平台运行控制系统、状态检测系统、平台保护系统、设备运行记录系统和远程控制系统。图 6 中,该系统可控制下层平台升降,可保证机组的正常、安全、高效的工作,其中在平台立柱上有水位传感器,收集潮位信息,并反馈至状态监测系统,状态监测系统将对输入信号与设定值进行比较,当潮位超过一定的阈值,运行控制系统会启动一定执行机构,在一定范围内升降下层平台。平台保护系统将在大风大浪时启动,防止下层平台上的设备受到破坏。远程控制系统可对自动控制系统做出不适当的指令做出人为修正,也可当自动控制系统出现故障时人工控制。一天的系统工作状态可通过设备运行记录系统进行记录储存,以备装置的优化与维护。

[0052] 图 7 中该控制系统是针对波浪能发电装置逆变器进行控制,通过电流电压传感器检测逆变器端交流母线 28 电压和电流的瞬时值,通过功率计算模块算出实际功率,通过 P-f 和 Q-V 下垂功率控制模块使用下垂控制法判断发电装置实际功率和给定功率的差值,计算得到输出端的电压频率和幅值的指令值,从而激发脉冲模块发出脉冲信号,控制逆变器中各开关器件的通断,改变输出电压的幅值和频率,从而改变波浪能发电装置有功、无功功率的输出。

[0053] 下垂控制法是逆变器无互联线并联控制技术,可以实现有功和无功功率在逆变器之间的均匀分配,根据下垂控制理论,改变电源的输出频率就能调节有功输出,改变电源电压幅值就能调节其无功输出。波浪能发电装置的变流设备检测出自身的输出功率,通过电流电压传感器检测到电网电压和变流器输出电流的瞬时值,通过 P-f 和 Q-V 下垂控制模块判断发电装置实际功率和给定功率的差值,计算得到输出端的电压频率和幅值的指令值,从而激发脉冲模块发出脉冲信号,控制逆变电路中各开关器件的通断使波浪能发电装置自动调整其输出电压幅值和频率。波浪能与风能发电系统的逆变器通过下垂控制得到输出电压频率和幅值的指令值,然后各自反向微调其输出电压频率和幅值达到系统有功和无功功率的合理分配。输出有功功率大的逆变电源,通过频率下垂特性减小其输出频率,从而减少其有功功率输出;输出有功功率小的逆变电源,通过频率下垂特性增大其输出频率,从而增加其有功功率输出。同理无功功率也可通过幅值下垂特性改变无功功率的输出,这种自我调节过程将一直持续下去,直到并联系统达到最小环流点。

[0054] 以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,但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揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,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利要求的保护范围为准。

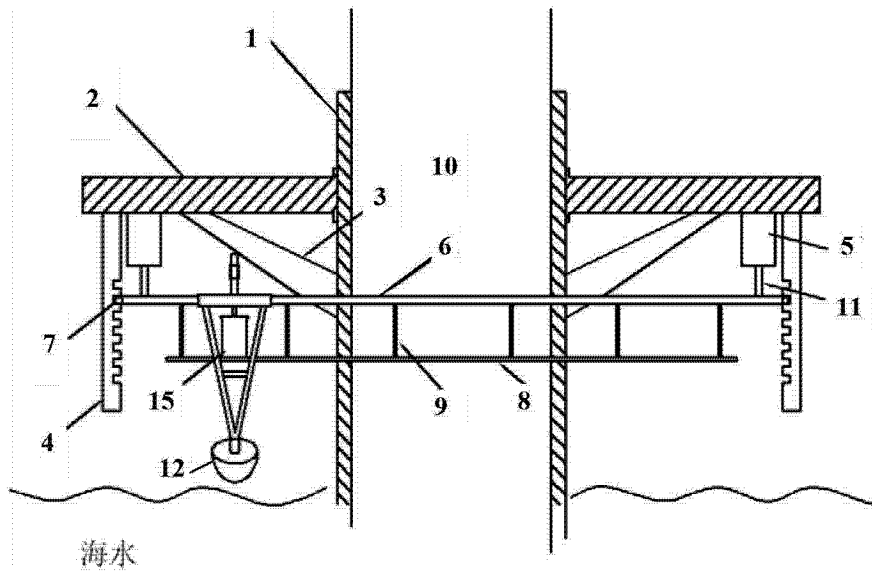


图 1

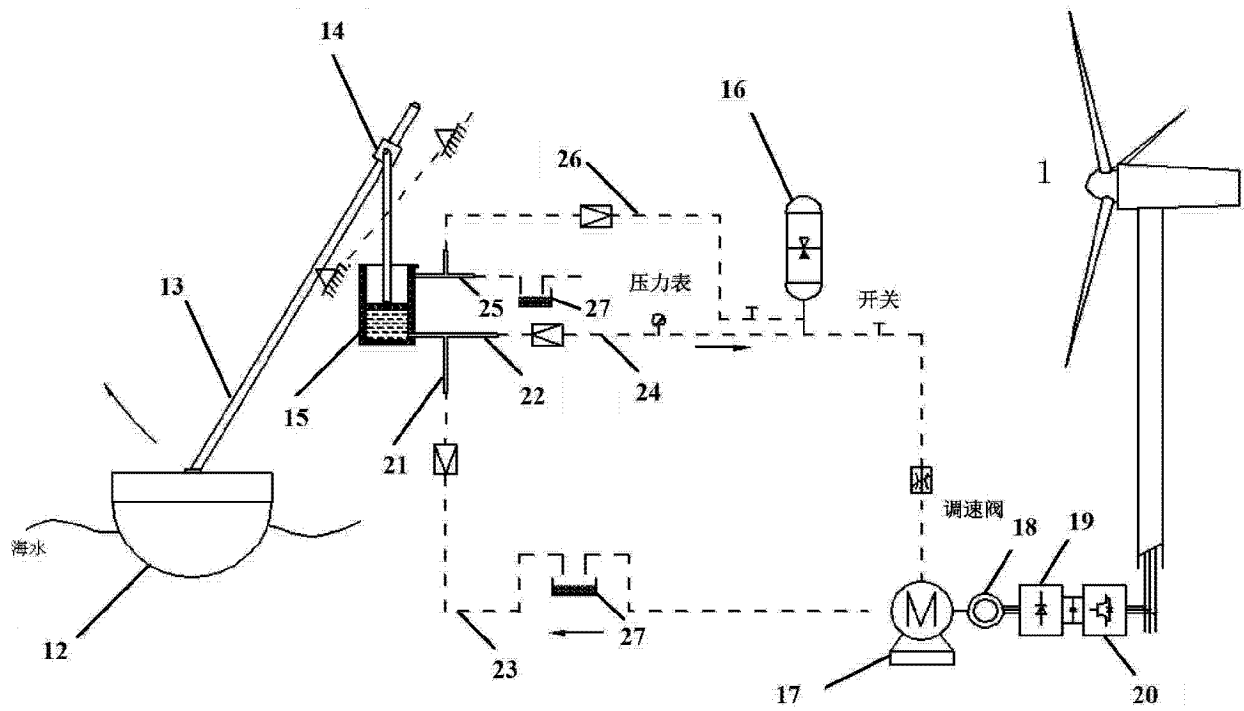


图 2

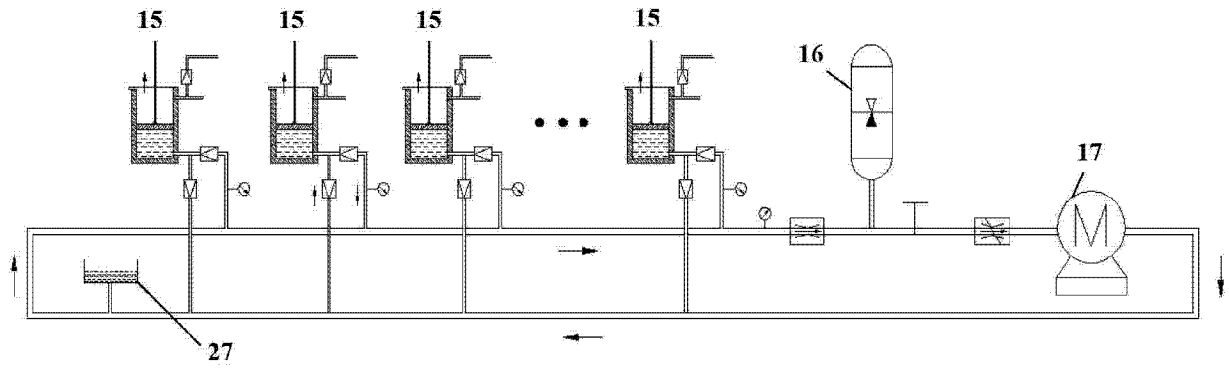


图 3

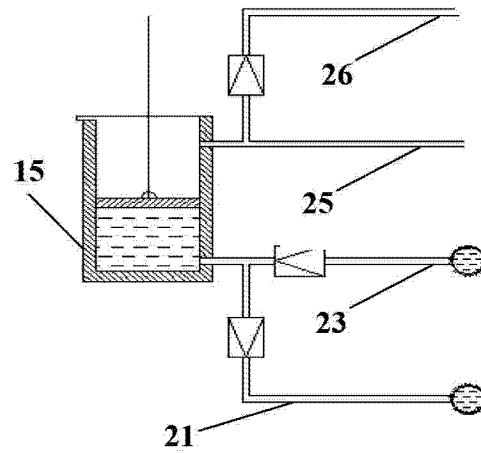


图 4

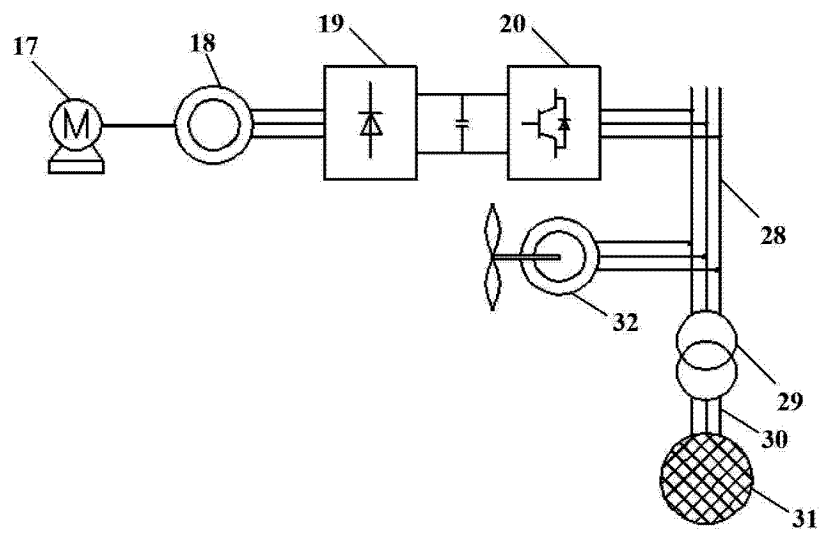


图 5

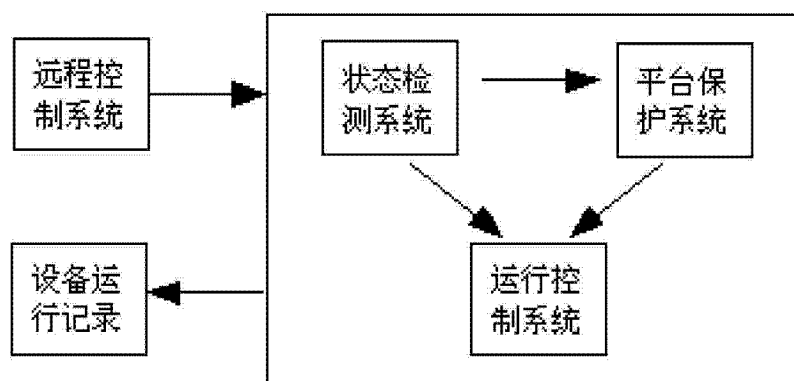


图 6

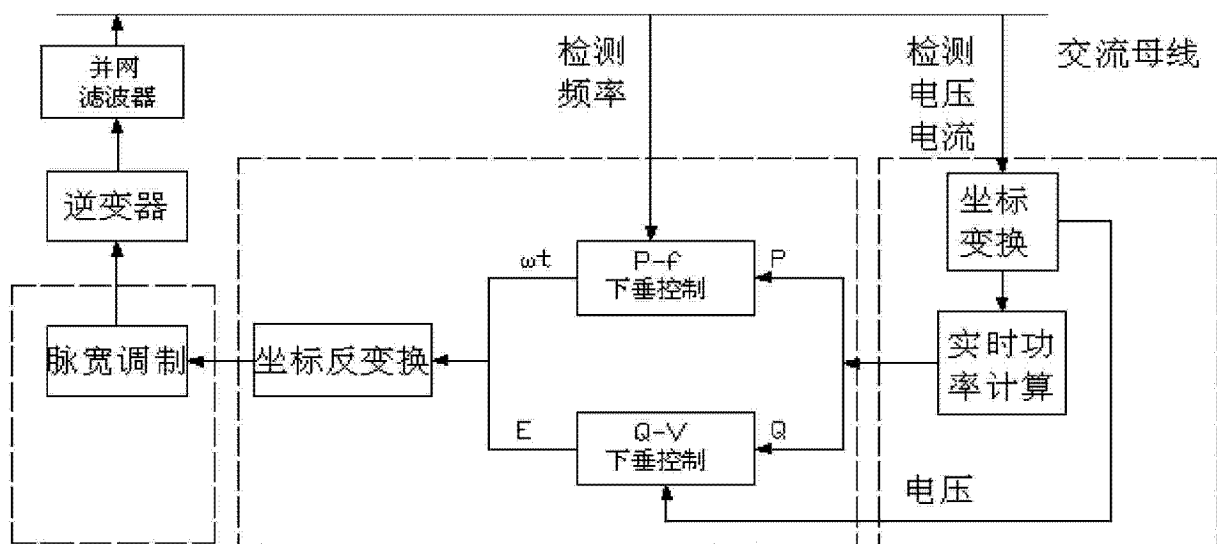


图 7