(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 102594062 A
(43)申请公布日 2012.07.18

(21)申请号 201210036726.1

(22)申请日 2012.02.17

(71)申请人 国电联合动力技术有限公司
地址 100000 北京市海淀区中关村南大街乙56号方圆大厦16层

(72)发明人 秦明 肖珊彩

(74)专利代理机构 北京方韬法业专利代理事务所 11303
代理人 逄俊臣

(51)Int.Cl.
H02K 16/04(2006.01)
H02K 3/34(2006.01)
H02K 11/00(2006.01)

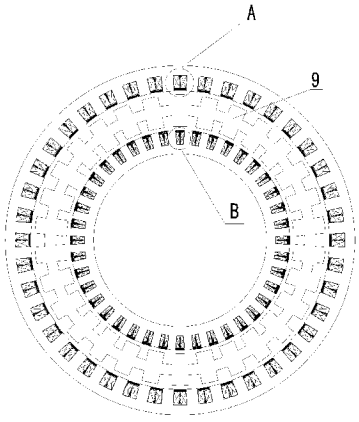
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 3 页

(54)发明名称

双气隙混合励磁直驱开关磁阻风力发电机及其机组系统

(57)摘要

本发明是有关于一种双气隙混合励磁直驱开关磁阻风力发电机及其机组系统，该风力发电机包括主轴、外壳、转子、外定子和内定子，定子均包括铁芯、绕组和永磁体；转子采用双凸极结构，位于内、外定子之间，并与主轴联动；外定子与转子形成第一工作气隙，转子与内定子形成第二工作气隙，外、内定子对应同向绕组反向串联，第一与第二工作气隙磁路串联。该机组系统包括轮毂、功率变换器、直流电池、逆变器和负载、控制系统、辅助电源以及上述风力发电机，风力发电机的主轴与轮毂联动，并与功率变换器连接；功率变换器与逆变器和负载之间并联有直流电池。本发明可大幅减小电机体积和重量，降低成本、方便运输并提高机组效率。



CN 102594062 A

1. 一种双气隙混合励磁直驱开关磁阻风力发电机，包括主轴、外壳、定子和转子，其特征在于：

所述的定子包括外定子和内定子，外定子和内定子均包括定子铁芯、定子绕组和永磁体；

所述的转子采用双凸极结构，位于内、外定子之间，并与主轴联动；

外定子与转子形成第一工作气隙，转子与内定子形成第二工作气隙，外定子与内定子的定子绕组对应同向绕组反向串联，第一工作气隙与第二工作气隙磁路串联。

2. 根据权利要求 1 所述的双气隙混合励磁直驱开关磁阻风力发电机，其特征在于所述的外定子和内定子的定子铁芯与定子绕组之间还设有槽绝缘层，并在定子绕组内设有线圈间绝缘层，在定子绕组与永磁体间设置磁性槽楔。

3. 根据权利要求 1 所述的双气隙混合励磁直驱开关磁阻风力发电机，其特征在于还包括转子转盘、空心短轴、轴承和定心机构，其中：

转子前端与转子转盘固定连接，后端通过定心机构与外壳可转动连接；

空心短轴与主轴连接，轴承的内环套装在空心短轴上，并由转子转盘将其压紧。

4. 根据权利要求 3 所述的双气隙混合励磁直驱开关磁阻风力发电机，其特征在于所述的轴承采用双列滚子轴承。

5. 根据权利要求 3 所述的双气隙混合励磁直驱开关磁阻风力发电机，其特征在于所述的定心机构包括定心轴承以及固定定心轴承位置的轴承端盖、前轴套和后轴套，其中：

轴承端盖通过转子后端支撑件与转子后端固定连接，前轴套和后轴套通过发电机后法兰与外壳固定连接。

6. 根据权利要求 5 所述的双气隙混合励磁直驱开关磁阻风力发电机，其特征在于所述的轴承端盖与前、后轴套之间还设置有轴承密封圈、轴承密封板以及轴承密封圈隔板。

7. 根据权利要求 1 所述的双气隙混合励磁直驱开关磁阻风力发电机，其特征在于所述的外定子安装在外壳内壁上，内定子通过支架以及发电机后法兰安装在外壳内部。

8. 一种风力发电机组系统，其特征在于包括轮毂、功率变换器、直流电池、逆变器和负载、控制系统、辅助电源以及权利要求 1-7 中任一项所述的双气隙混合励磁直驱开关磁阻风力发电机，其中：

双气隙混合励磁开关磁阻风力发电机的主轴与轮毂联动，并与功率变换器连接；

功率变换器与逆变器和负载之间并联有直流电池；

直流电池、功率变换器以及辅助电源分别与控制系统连接。

9. 根据权利要求 8 所述的风力发电机组系统，其特征在于所述的控制系统包括驱动电路、过压过流保护电路、电压电流检测电路、转子位置检测电路、单片机或 DSP 最小系统电路。

双气隙混合励磁直驱开关磁阻风力发电机及其机组系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种风电领域，特别是涉及一种大型双气隙混合励磁直驱开关磁阻风力发电机及其机组系统。

背景技术

[0002] 随着风电产业的不断发展，风电技术也在不断地升级、换代，主要表现为：提高单机容量、发展新技术改善风电机组性能、提高风能利用率、降低风电成本，更加重视风电机组安全性和系统可靠性控制。风电场运行控制、预测调度技术也在不断完善，同时，利用海上风能资源，发展海上风电场建设技术、研制大型海上风电机组成为技术发展重点。

[0003] 目前功率在兆瓦级及以上的大型风电机组主要以双馈型风力发电机组和直驱全功率变换型风力发电机组为主。双馈型风力发电机组有最好的性价比，但对电网故障的穿越能力和支撑能力较弱。双馈型风力发电机组的传动链必须要有大功率齿轮箱，这对机组的可靠性和可维护性提出了更苛刻的要求。直驱全功率变换型风力发电机组通过变频器并网，对电网故障的穿越能力较强，有一定的支撑电网能力，避免了大功率齿轮箱的维护工作量，可靠性有所提高，但由于其转速很低，随着功率的增大，多极数直驱永磁同步发电机、直驱电励磁同步发电机的制造工艺复杂，技术难度大，电机体积大，造价高，同时随着机组容量的不断增大，大功率变频器价格昂贵增加了其使用成本。

[0004] 开关磁阻式风力发电系统是以开关磁阻发电机为机电能量转换核心的，开关磁阻发电机为双凸极电机，定子、转子均为凸极齿槽结构，定子上设有集中绕组，转子上既无绕组也无永磁体。由此带来变频器及控制、驱动的简洁性。风力机的功率特性有其自身的特点，为了使风能捕获的效果最佳，就必须使开关磁阻发电机与风力机能够良好的配合，通过对发电系统的控制，使风力机工作在最佳功率负载线上，开关磁阻发电机本身具有可控参数多、非线性、缺少明确的数学模型的特点。与传统的有刷直流发电机及旋转整流无刷同步发电机相比，开关磁阻发电机具有明显的容错能力强、组合起动与发电容易、适合高温（＞250℃）环境运行和大容量、高效率及高功率密度运行等优点。该发电机气隙磁场和相磁链随转子位置和绕组相电流而持续、周期性变化，没有传统电机的稳定磁路工作点，而是一个动态三维磁空间。开关磁阻发电机没有独立的励磁绕组，而是与集中嵌放的定子电枢合二为一，并通过控制器分时控制实现励磁与发电，因而简化了结构，提高了可靠性。同时，该发电机相绕组内无电藕合，其容错能力大大增强。另外，开关磁阻发电机机械结构简单、坚固可靠。

[0005] 随着大功率电力电子器件性价比的提高以及控制策略的发展，开关磁阻风力发电系统的优势将会逐渐得以体现。

[0006] 随着电机功率的增大，电机的体积将会越来越大。特别对于低速电机，例如开关磁阻风力发电机，当功率大于兆瓦或数兆瓦以上时，其体积将会变得相当庞大，以至于会对运输带来极大困难。同时，传统开关磁阻电机定子电枢绕组电流同时承担励磁和产生电磁转矩的双重作用，绕组和逆变器容量要求较大，系统的效率和材料的有效利用率较低。

[0007] 由此可见，上述现有的开关磁阻风力发电机在结构与使用上，显然仍存在有不便与缺陷，而亟待加以进一步改进。如何能创设一种可大幅减小电机体积和重量，降低成本、方便运输并提高机组效率的新的大型双气隙混合励磁直驱开关磁阻风力发电机及其机组系统，是当前业界极需改进的目标。

发明内容

[0008] 本发明要解决的技术问题是提供一种双气隙混合励磁直驱开关磁阻风力发电机，使其可大幅减小体积和重量，既降低成本又方便运输，从而克服现有开关磁阻风力发电机的不足。

[0009] 为解决上述技术问题，本发明一种双气隙混合励磁直驱开关磁阻风力发电机，包括主轴、外壳、定子和转子，所述的定子包括外定子和内定子，外定子和内定子均包括定子铁芯、定子绕组和永磁体；所述的转子采用双凸极结构，位于内、外定子之间，并与主轴联动；外定子与转子形成第一工作气隙，转子与内定子形成第二工作气隙，外定子与内定子的定子绕组对应同向绕组反向串联，第一工作气隙与第二工作气隙磁路串联。

[0010] 作为本发明的一种改进，所述的外定子和内定子的定子铁芯与定子绕组之间还设有槽绝缘层，并在定子绕组内设有线圈间绝缘层，在定子绕组与永磁体间设置磁性槽楔。

[0011] 还包括转子转盘、空心短轴、轴承和定心机构，其中：转子前端与转子转盘固定连接，后端通过定心机构与外壳可转动连接；空心短轴与主轴连接，轴承的内环套装在空心短轴上，并由转子转盘将其压紧。

[0012] 所述的轴承采用双列滚子轴承。

[0013] 所述的定心机构包括定心轴承以及固定定心轴承位置的轴承端盖、前轴套和后轴套，其中：轴承端盖通过转子后端支撑件与转子后端固定连接，前轴套和后轴套通过发电机后法兰与外壳固定连接。

[0014] 所述的轴承端盖与前、后轴套之间还设置有轴承密封圈、轴承密封板以及轴承密封圈隔板。

[0015] 所述的外定子安装在外壳内壁上，内定子通过支架以及发电机后法兰安装在外壳内部。

[0016] 本发明还提供一种双气隙混合励磁直驱开关磁阻风力发电机的机组系统，使其可大幅提高机组效率，从而克服现有开关磁阻风力发电机机组系统的不足。

[0017] 为解决上述技术问题，本发明一种风力发电机组系统，包括轮毂、功率变换器、直流电池、逆变器和负载、控制系统、辅助电源以及上述的双气隙混合励磁直驱开关磁阻风力发电机，其中：双气隙混合励磁开关磁阻风力发电机的主轴与轮毂联动，并与功率变换器连接；功率变换器与逆变器和负载之间并联有直流电池；直流电池、功率变换器以及辅助电源分别与控制系统连接。

[0018] 作为进一步改进，所述的控制系统包括驱动电路、过压过流保护电路、电压电流检测电路、转子位置检测电路、单片机或 DSP 最小系统电路。

[0019] 采用这样的设计后，本发明在直驱开关磁阻风力发电机及其机组系统中采用了双气隙结构，在励磁方式上采用了电励磁与永磁体混合励磁的方式，同时在传动链中采用了单轴承支撑的技术方案，因此具有以下优点：

[0020] 1、简化了风力发电机组的传动系统，省去了大功率机械变速齿箱，由于其组成的风电机组省去了大功率变速箱，就省去了复杂的油处理系统；

[0021] 2、直驱双气隙开关磁阻发电机相对于单气隙开关磁阻发电机，电机单位体积的输出功率增大，从而减小电机体积和重量，既降低了成本，又方便了运输；

[0022] 3、直驱双气隙混合励磁开关磁阻发电机相对于直驱双气隙电励磁开关磁阻发电机，双气隙电励磁开关磁阻发电机的内、外定子电枢电流同时承担励磁和产生电磁转矩的双重作用，绕组和逆变器容量要求较大，系统的效率和材料利用率较低；而直驱双气隙混合励磁开关磁阻发电机，既保留了开关磁阻发电机的特点，又将高性能稀土永磁材料应用发电机之中，使发电机的气隙磁通密度由电枢电流和永磁体共同产生，使其具有电磁转矩大、用铜量少、降低铜耗、材料利用率高、机组效率高等优点；

[0023] 4、本发明中的直驱风电机组的传动方式采用单轴承支撑方式，使空心主轴较短，大为简化了传动结构，同时大幅减小了整机长度和重量；

[0024] 5、本发明直驱风电机组采用单轴承支撑结构在减小整机长度的同时，减小了风轮中心至塔筒中心的距离，从而减小了偏航轴承的倾翻力矩和偏航驱动的功率；

[0025] 6、本发明中的双气隙混合励磁直驱开关磁阻发电机转子开放端采用了定心轴承结构，可保证任何时候定子与转子的同心。

[0026] 如上所述，本发明电机的气隙磁通密度由内、外定子电枢电流和安装在内、外定子磁性槽楔上的永磁体共同产生，由于采用了结构简单可靠的双气隙混合励磁开关磁阻发电机，大幅降低了兆瓦级及以上直驱开关磁阻风力发电机组的重量与成本，提高了机组系统的效率和材料的有效利用率，大大提高了开关磁阻风力发电机组在风电行业的竞争优势，可以广泛代替直驱型永磁风力发电系统、直驱型电励磁风力发电系统、直驱型开关磁阻风力发电系统，具有广泛的市场前景。

附图说明

[0027] 上述仅是本发明技术方案的概述，为了能够更清楚了解本发明的技术手段，以下结合附图与具体实施方式对本发明作进一步的详细说明。

[0028] 图 1 是本发明双气隙混合励磁直驱开关磁阻风力发电机的结构示意图。

[0029] 图 2 是本发明的直驱开关磁阻风力发电机的定转子截面示意图。

[0030] 图 3 是图 2 中 A 处的局部放大示意图。

[0031] 图 4 是图 2 中 B 处的局部放大示意图。

[0032] 图 5 是图 1 中 C 处的局部放大示意图。

[0033] 图 6 是本发明双气隙混合励磁直驱开关磁阻风力发电机组系统的组成结构示意图。

具体实施方式

[0034] 请参阅图 1 所示，图中一些短小的中心线表示各种规格的螺栓和螺母，本发明双气隙混合励磁直驱开关磁阻风力发电机采用单转子双定子结构，主要包括主轴 1、外壳 2、转子 3、外定子 4 和内定子 5。

[0035] 其中，请配合参阅图 2 所示，转子 3 采用如图所示的双凸极结构，安装在外定子 4

和内定子 5 之间，并与主轴 1 联动。

[0036] 具体来说，外定子 4 安装在外壳 2 的内壁上，请配合参阅图 3 所示，外定子 4 主要包括外定子铁芯 41、外定子绕组 42 和外永磁体 43，以及位于外定子铁芯 41 与外定子绕组 42 之间的外定子槽绝缘层 44、位于外定子绕组 42 内的外定子线圈间绝缘层 45、位于外定子绕组 42 与外永磁体 43 间的外定子磁性槽楔 46。

[0037] 内定子 5 通过支架 7 以及发电机后法兰 22 安装在外壳 2 的内部，请配合参阅图 4 所示，内定子 5 主要包括内定子铁芯 51、内定子绕组 52 和内永磁体 53，以及位于内定子铁芯 51 与内定子绕组 52 之间的内定子槽绝缘层 54、位于内定子绕组 52 内的内定子线圈间绝缘层 55、位于内定子绕组 52 与内永磁体 53 间的内定子磁性槽楔 56。

[0038] 本发明与传统开关磁阻发电机结构不同，采用双气隙结构，外定子 4 与转子 3 形成第一工作气隙，转子 3 与内定子 5 形成第二工作气隙，外定子绕组 42 与内定子绕组 52 对应同向绕组反向串联，第一工作气隙与第二工作气隙磁路串联。此外，本发明在内、外定子槽中分别安装有与内、外定子槽数同样数量的永磁体，与传统开关磁阻电机相比，本发明相当于在内、外定子励磁中并联了一个永磁体磁源，采用混合励磁结构后，在发电机的励磁工作阶段，发电机所需的励磁磁通由内、外定子绕组励磁电流产生的磁通与内、外永磁体单独作用时输出磁通之和，在相同输出功率的情况下，电机效率大大提高。

[0039] 较佳的，转子 3 的前端通过转子转盘 31、空心短轴 32、轴承 33 以及定心机构 6 安装在外壳 2 内部，并与主轴 1 联动。

[0040] 转子 3 的前端设有转子前端压板 35，并通过转子拉紧长螺栓将转子 3、转子前端压板紧 35 固在转子转盘 31 的止口槽中。轴承 33 优选双列滚子轴承，其内环套装在空心短轴 32 上，并由转子转盘 31 通过转子转盘紧固螺栓将其压紧，空心短轴 32 的前端经止口法兰由与主轴 1 相连。轴承 33 的外环安装在发电机前法兰 21 的轴承座内，并由轴承紧固螺栓紧固。

[0041] 请配合参阅图 5 所示，定心机构 6 包括定心轴承 61 以及固定定心轴承 61 位置的轴承端盖 62、前轴套 63 和后轴套 64，轴承端盖 62 通过转子后端支撑件 34 与转子 3 及其转子后端压板 36 固定连接，前轴套 63 和后轴套 64 均与发电机后法兰 22 固定连接，并在轴承端盖 61 与前、后轴套 63、64 之间设置轴承密封圈 65、轴承密封板 66 以及轴承密封圈隔板 67，从而密封定心轴承 61，并实现转子 3、定心机构 6 与外壳 2 的相对可转动连接安装。

[0042] 具体来说，定心轴承 61 安置于发电机后法兰 22 伸出端的外环与转子后端支撑件 34 的内环之间，前轴套 63、后轴套 64 放置于发电机后法兰 22 伸出端的外环上，并将定心轴承 61 安装在前、后轴套 63、64 之间。轴承端盖 62 放置于定心轴承 61 外侧，并经紧固螺栓与转子后端支撑件 34 固定在一起。发电机后法兰 22 的伸出端经紧固螺栓与内定子支架 7 固定在一起。

[0043] 发电机前法兰 21 的外圆经止口法兰由发电机前法兰紧固螺栓紧固在发电机外壳 2 的前端，发电机外壳 2 后端经止口法兰与发电机后法兰 22、机架 8 紧固在一起。由于发电机后法兰 22 同时连接定心机构 6 和内定子支架 7，可以确保即使转子 3 产生某些变形后，仍能与外定子 4、内定子 5 同心。

[0044] 请配合参阅图 6 所示，本发明的风力发电机组系统，包括轮毂、功率变换器、直流电池、逆变器和负载、控制系统、辅助电源以及本发明双气隙混合励磁直驱开关磁阻风力发

电机。

[0045] 其中，风力发电机的双凸极转子通过主轴由轮毂拖动旋转，是风能 / 机械能转换装置。同时，风力发电机与功率变换器连接，功率变换器与逆变器和负载之间并联有直流电池，直流电池、功率变换器以及辅助电源分别与控制系统连接。功率变换器接收控制系统发出的控制指令，将风力发电机发出的直流电输出给系统的储能装置——直流电池，逆变器和负载将风力发电机发出的直流电逆变成交流电并直接供给交流负载，辅助电源 25 为控制系统 24 提供 ±15V、±5V 等多路电源。

[0046] 较佳的，本发明的控制系统包括驱动电路、过压过流保护电路、电压电流检测电路、转子位置检测电路、单片机或 DSP 最小系统电路等，控制系统的作用，是综合处理转子位置检测器、电压电流检测器提供的电机转子位置、速度和电流等反馈信息及外部输入的指令，实现对双气隙混合励磁开关磁阻发电机运行状态的控制，控制内、外定子各相绕组轮流工作，实现机械能到电能的转化。

[0047] 最后应说明的是：以上所述仅为本发明的优选实施例而已，并不用于限制本发明，尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明，对于本领域的技术人员来说，其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分技术特征进行等同替换。凡在本发明的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

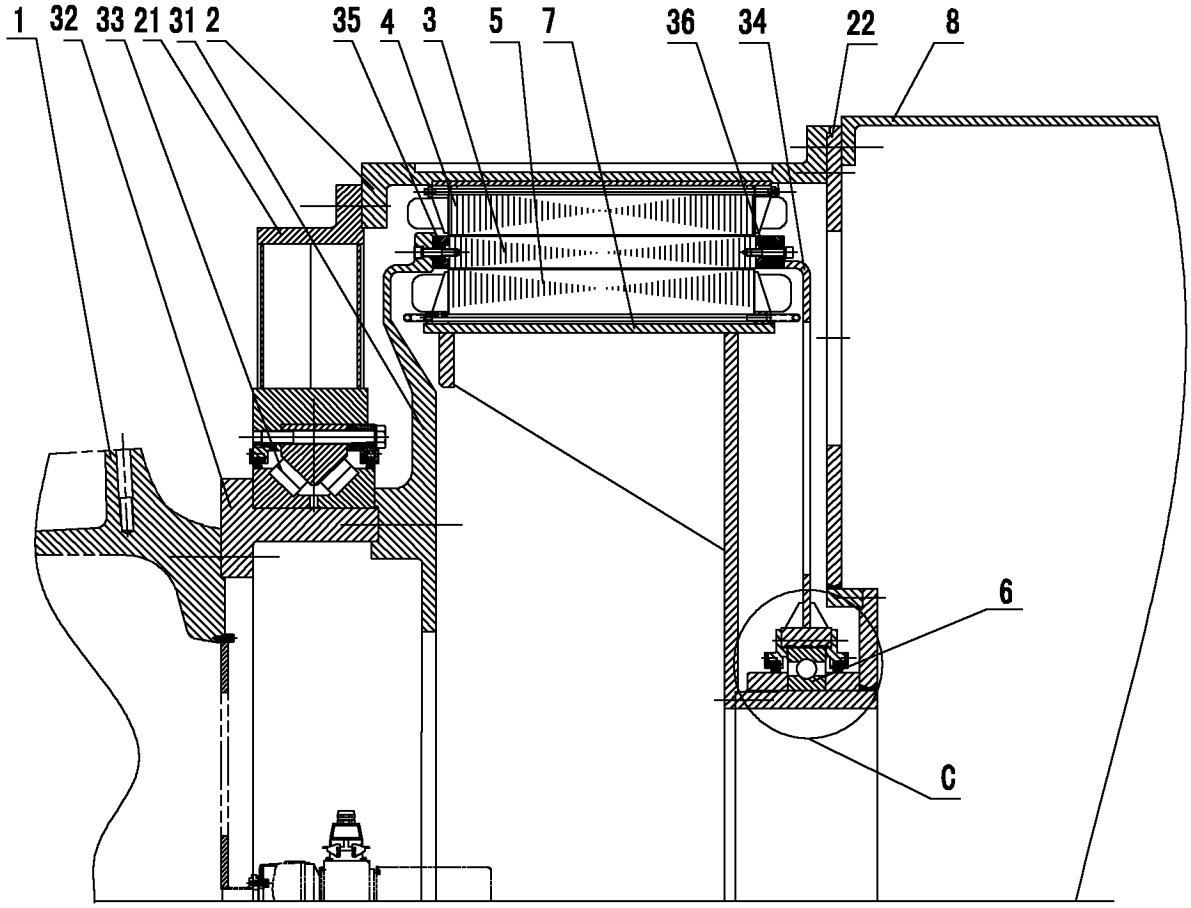


图 1

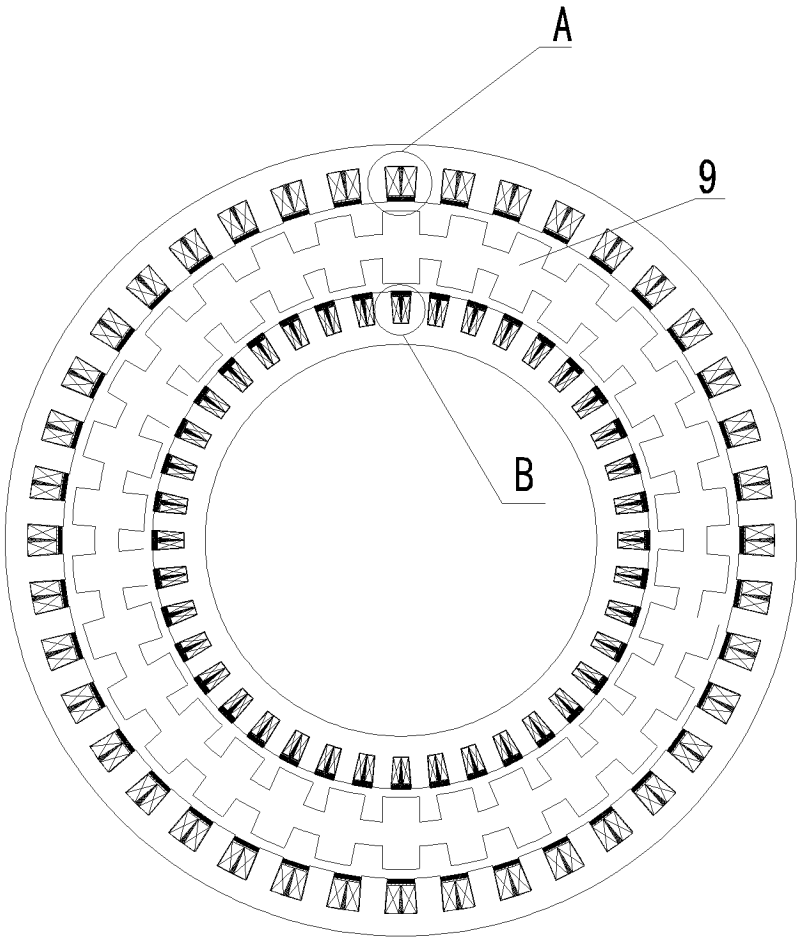


图 2

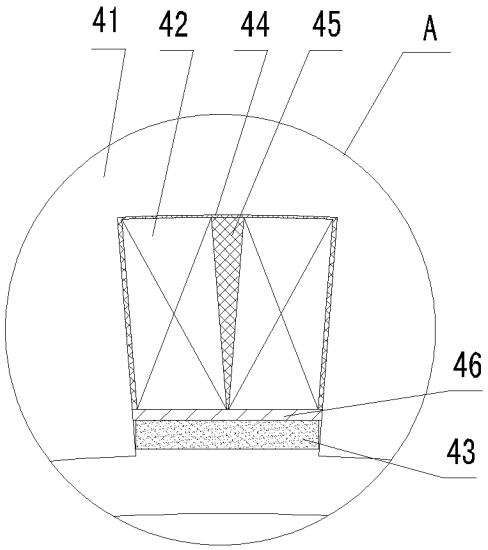


图 3

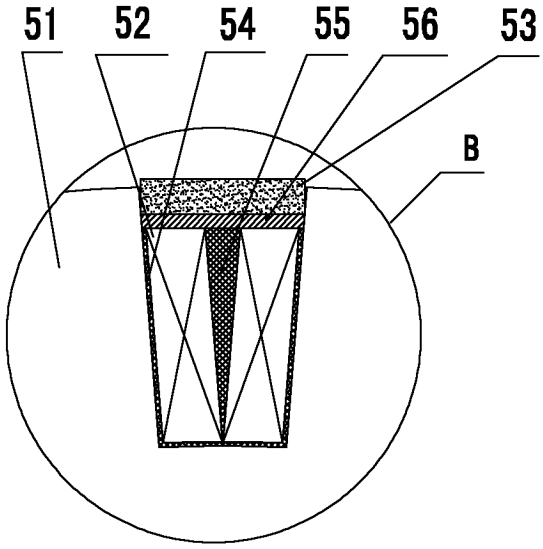


图 4

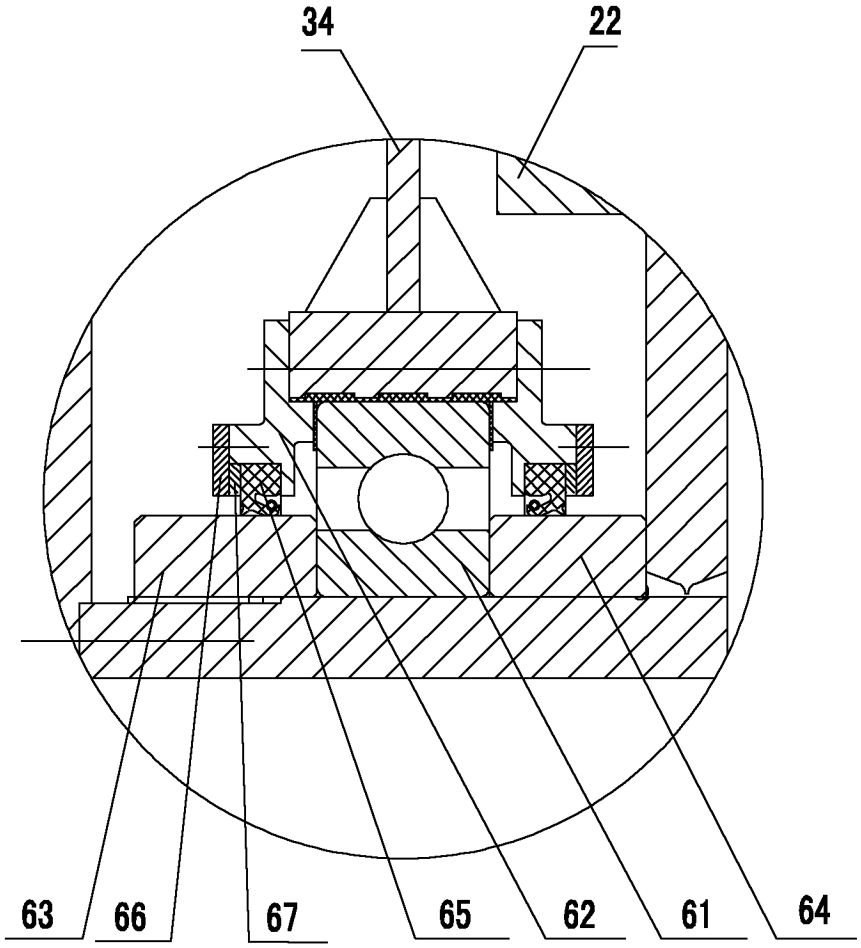

34
22
63
66
67
65
62
61
64

图 5

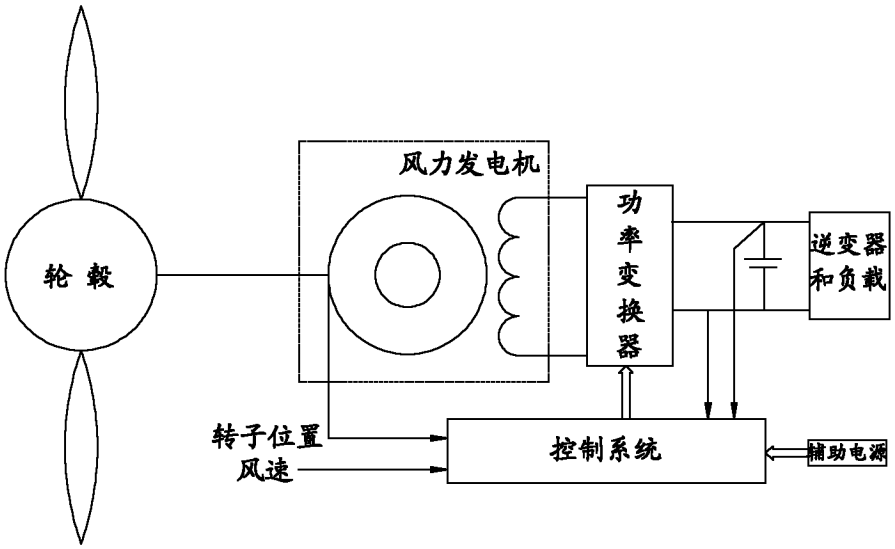

风力发电机
轮 毂
功率变换器
逆变器和负载
转子位置
风速
控制系统
辅助电源

图 6