(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 107476938 A
(43)申请公布日 2017.12.15

(21)申请号 201710688914.5

(22)申请日 2017.08.13

(71)申请人 长沙小新新能源科技有限公司
地址 410000 湖南省长沙市长沙高新开发区麓龙路199号麓谷商务中心A栋307房

(72)发明人 不公告发明人

(51)Int.Cl.
F03D 9/25(2016.01)
F03D 15/00(2016.01)
F03D 3/06(2006.01)
H02K 1/27(2006.01)
H02J 3/38(2006.01)
H02M 5/458(2006.01)

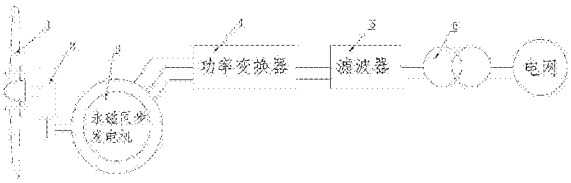
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

(54)发明名称

一种双定子永磁风力发电系统

(57)摘要

本发明为一种双定子永磁风力发电系统，包括风力机，所述风力机一端连接多级升速齿轮箱，风力机利用风力机叶轮将风能收集并通过多级升速齿轮箱对风力机进行增速处理，然后送入永磁同步发电机中，风能作用于永磁同步发电机的转子上，通过带动永磁同步发电机转子的转动，将机械能转化为电能，将所得的电能经过功率变换器、滤波器和升压变压器进行处理后输入电网；本发明提供了一种双定子永磁风力发电系统，是一种智能化、模块化、机械化的装置，多级升速齿轮箱与风力机的连接设置，实现对风力机进行增速的目的，风力机的所有的固定叶片与活动叶片成为一个整体的翼型叶片，利用空气动力的升力做功，获得较高的风能利用率。



CN 107476938 A

1.一种双定子永磁风力发电系统，其特征在于，包括风力机(1)，所述风力机(1)一端连接多级升速齿轮箱(2)，风力机(1)利用风力机叶轮将风能收集并通过多级升速齿轮箱(2)对风力机(1)进行增速处理，然后送入永磁同步发电机(3)中，风能作用于永磁同步发电机(3)的转子上，将风能转化为机械能，通过带动永磁同步发电机(3)转子的转动，将机械能转化为电能，将所得的电能经过功率变换器(4)、滤波器(5)和升压变压器(6)进行处理后输入电网；

所述功率变换器(4)采用Boost斩波的两电平变换器，功率变换器(4)包括二极管整流桥(7)、Boost斩波器(8)和网侧变换器(9)，永磁同步发电机(3)一侧连接二极管整流桥(7)，使得功率变换器(4)的能量由永磁同步发电机(3)至电网单向流动，通过Boost斩波器(8)实现最大功率点跟踪和功率因数矫正；

所述永磁同步发电机(3)采用双定子永磁发电机，双定子永磁同步发电机由内、外两个永磁同步发电机构成，外定子(14)、转子外磁体(15)组成一台内转子永磁同步发电机，内定子(18)、转子内磁体(17)组成一台外转子永磁同步发电机，且内转子永磁同步发电机和外转子永磁同步发电机的定子绕组相互串联组成双定子永磁同步发电机的定子绕组。

2.根据权利要求1所述的一种双定子永磁风力发电系统，其特征在于，所述永磁同步发电机(3)分为启动阶段、最优功率输出阶段和恒功率输出阶段，所述启动阶段实现风力发电系统由停机到并网，所述最优功率输出阶段通过调节电机电磁转矩实现系统的变速运行，最优功率输出阶段分为变速区和恒速区，所述恒功率输出阶段通过控制系统实现风力发电系统恒定的功率输出。

3.根据权利要求1所述的一种双定子永磁风力发电系统，其特征在于，所述风力机(1)包括活动叶片(10)和固定叶片(12)，活动叶片(10)和固定叶片(12)均设置于叶片回转轴(11)上，叶片回转轴(11)上径向方向设置有轴套(12)，轴套(12)位于活动叶片(10)和固定叶片(12)之间，通过轴套(13)上限位装置，可限制活叶片(10)的摆角，使其在迎风边最大限度地打开以吸收风能，在阻风边有效地贴合以减小阻力。

4.根据权利要求1所述的一种双定子永磁风力发电系统，其特征在于，所述Boost斩波器(8)设置于二极管整流桥(7)与网侧变换器(9)之间，当风速较低时，PWM输入电压很低，为了并网必须提高逆变器的调制深度，通过改变Boost斩波器的占空比可将网侧变换器(9)的直流电压提高并稳定在合适的范围内，改善网侧变换器(9)的调制深度范围，提高功率变换器的运行效率。

5.根据权利要求1所述的一种双定子永磁风力发电系统，其特征在于，所述永磁同步发电机(3)的内、外转子永磁同步发电机的定子绕组线规相同、电流有效值应相同。

6.根据权利要求1所述的一种双定子永磁风力发电系统，其特征在于，所述多级升速齿轮箱(2)与风力机(1)连接，多级升速齿轮箱(2)通过多个不同规格的齿轮进行啮合传动，实现对风力机(1)进行增速。

7.根据权利要求1所述的一种双定子永磁风力发电系统，其特征在于，所述永磁同步发电机(3)的内、外转子永磁同步发电机转子相关尺寸的关系如下：外电机转子磁体内径＝内电机转子磁体外径+2h_j，其中，h_j为双定子永磁同步发电机的转子轭部铁心厚度。

8.根据权利要求1所述的一种双定子永磁风力发电系统，其特征在于，所述网侧变换器控制电网电能功率因数，抑制负载扰动引起的直流母线电压波动。

一种双定子永磁风力发电系统

技术领域

[0001] 本发明涉及风力发电领域，尤其涉及一种双定子永磁风力发电系统。

背景技术

[0002] 风力发电是大规模利用清洁能源的有效途径，由于其在减轻环境污染、改善能源结构、解决偏远地区居民用电问题等方面的突出作用，越来越受到世界各国的重视。近年来，风力发电技术取得了长足的进步和发展，大规模、大容量的风电场在世界各地相继投产。但由于风电机组的输出功率主要受风速、气压、温度等多方面影响，因此经常发生波动。当风电接入容量达到一定比例时，其输出功率的随机波动将给电力系统的稳定运行带来一些负面影响，如频率不稳定、电压闪变和跌落、谐波污染等，特别是当系统备用容量不足时，影响更加明显。

[0003] 能源和环境是当今人类生存和发展所要解决的紧迫问题，对可再生能源的开发利用，特别是对风能的开发利用已受到世界各国的高度重视，双馈风力发电机控制技术也已经较为成熟。但风能与常规能源不同，具有随机性，因此，大规模的风电并网会对电网造成不利影响，并且会给电网调度工作带来困难。近年来，针对减小风能随机性带来的危害开展了不少研究，储能设备性能的不断完善也为平抑风力发电输出功率提供了更为强大的硬件支持。

[0004] 发电机作为风力发电系统中的核心设备之一，其性能的不断提高，在一定程度上影响着风力发电技术的发展方向，早期的恒速恒频风力发电系统中多采用笼型异步发电机，此类发电机通过齿轮箱与风机相连，其定子端输出电压随风速变化而改变，需配备体积较大、价格昂贵的全功率变换器才能实现并网运行。因此，随着对风力发电系统要求的不断提高，特别是单机容量激增和变速恒频技术的广泛采用，使得采用双馈绕线式异步发电机的双馈风力发电系统和采用永磁同步发电机的永磁风力发电系统占据了风力发电领域中的主导地位。双馈风力发电系统中转子绕组通过能量可双向流动的功率变换器与电网连接，该变换器只需传输转差功率(一般为风力发电系统容量的1/3)，从而降低了对变换器容量的需求，双馈发电机定子绕组直接与电网相连，系统与电网间的相互影响较强，因此双馈风力发电系统中功率稳定输出、低电压穿越、电网电压不平衡下的稳定运行等问题有待于进一步完善。此外，双馈发电系统中风机通过增速齿轮箱与发电机相连，因此降低了风能的转换效率，同时增加了系统的故障率，降低了可靠性。永磁风力发电系统中，发电机定子通过全功率变换器与电网相连，发电机与电网间形成隔离，使得两者间相互影响较小。低速永磁风力发电系统一般采用直驱式结构，提高了系统的效率和运行可靠性。但随着单机容量的增大，低速永磁同步发电机体积过于庞大、永磁体用料增加、运输与安装难度增大，加之采用全功率变换器，系统成本较高。目前半直驱结构在大容量永磁风力发电系统中应用较为普遍。

[0005] 近年来，随着电机及其控制技术的进一步发展，无刷双馈发电机、开关磁阻发电机等也进入到风力发电领域，成为学术界研究的热点问题。无刷双馈发电机具有两套极数不

同的定子绕组，其中，功率绕组直接与电网相连，控制绕组通过功率变换器与电网相连。无刷双馈风力发电系统与双馈发电系统除具有同样的优点之外，电机转子为笼形结构，省去了集电环与电刷，降低了电机成本，提高了系统的运行可靠性，但无刷双馈风力发电系统电机本体设计理论比较复杂，制造困难，技术相对不够成熟，目前仍处于实验研究阶段，未获得大规模应用，需要在电机本体制造及设计理论上做进一步探索，开关磁阻发电机定子设有集中绕组，无转子绕组，即没有独立的励磁绕组，系统通过分时控制使定子绕组工作于励磁与发电运行状态，因此该系统的控制器设计较为复杂，有待于进一步完善，由此可以看出永磁风力发电系统由于其在大容量风力发电领域的显著优势，发展前景较为广阔。

发明内容

[0006] 本发明公开了一种双定子永磁风力发电系统，是一种智能化、模块化、机械化的装置，Boost斩波器的设置改善网侧变换器的调制深度范围，提高功率变换器的运行效率，网侧变换器的设置不仅能控制输入电网电能功率因数，还能抑制负载扰动引起的直流母线电压波动，通过调节控制器参数，能有效提高永磁风力发电系统响应的快速性，增强永磁风力发电系统的抗扰能力，提高了永磁风力发电系统的高效性。

[0007] 本发明是这样实现的，一种双定子永磁风力发电系统，包括风力机，所述风力机一端连接多级升速齿轮箱，风力机利用风力机叶轮将风能收集并通过多级升速齿轮箱对风力机进行增速处理，然后送入永磁同步发电机中，风能作用于永磁同步发电机的转子上，将风能转化为机械能，通过带动永磁同步发电机转子的转动，将机械能转化为电能，将所得的电能经过功率变换器、滤波器和升压变压器进行处理后输入电网；

[0008] 所述功率变换器采用Boost斩波的两电平变换器，功率变换器包括二极管整流桥、Boost斩波器和网侧变换器，永磁同步发电机一侧连接二极管整流桥，使得功率变换器的能量由永磁同步发电机至电网单向流动，通过Boost斩波器实现最大功率点跟踪和功率因数矫正；

[0009] 所述永磁同步发电机采用双定子永磁发电机，双定子永磁同步发电机可看作由内、外两个永磁同步发电机构成，外定子、转子外磁体组成一台内转子永磁同步发电机，内定子、转子内磁体组成一台外转子永磁同步发电机，且内转子永磁同步发电机和外转子永磁同步发电机的定子绕组相互串联组成双定子永磁同步发电机的定子绕组。

[0010] 进一步地，所述永磁同步发电机根据不同的风速范围分为启动阶段、低风速时的最优功率输出阶段以及高于额定风速时的恒功率输出阶段，启动阶段完成风力发电系统由停机到并网的操作。最优功率输出阶段通过调节电机电磁转矩实现系统的变速运行，保证系统在不同风速条件下均能最大程度地捕获风能。在此阶段又分为变速区和恒速区，恒功率输出阶段，风机能量的获取将受到功率变换器容量等物理性能的限制，控制系统将保持风力发电系统恒定的功率输出并使传动系统具有良好的柔性。

[0011] 进一步地，所述风力机包括活动叶片和固定叶片，活动叶片和固定叶片均设置于叶片回转轴上，叶片回转轴上径向方向设置有轴套，轴套位于活动叶片和固定叶片之间，通过轴套上限位装置，可限制活叶片的摆角，使其在迎风边最大限度地打开以吸收风能，在阻风边有效地贴合以减小阻力。

[0012] 进一步地，所述Boost斩波器设置于二极管整流桥与网侧变换器之间，当风速较低

时，PWM输入电压很低，为了并网必须提高逆变器的调制深度，通过改变Boost斩波器的占空比可将网侧变换器的直流电压提高并稳定在合适的范围内，改善网侧变换器的调制深度范围，提高功率变换器的运行效率。

[0013] 进一步地，所述永磁同步发电机的内、外转子永磁同步发电机的定子绕组线规相同、电流有效值应相同。

[0014] 进一步地，所述多级升速齿轮箱与风力机连接，多级升速齿轮箱通过多个不同规格的齿轮进行啮合传动，实现对风力机进行增速。

[0015] 进一步地，所述永磁同步发电机的内、外转子永磁同步发电机转子相关尺寸的关系如下：外电机转子磁体内径＝内电机转子磁体外径+2h_j，其中，h_j为双定子永磁同步发电机的转子轭部铁心厚度。

[0016] 进一步地，所述网侧变换器控制电网电能功率因数，抑制负载扰动引起的直流母线电压波动。

[0017] 本发明提供的一种双定子永磁风力发电系统的优点在于：本发明提供了一种双定子永磁风力发电系统，是一种智能化、模块化、机械化的装置，多级升速齿轮箱与风力机的连接设置，实现对风力机进行增速的目的，风力机的所有的固定叶片与活动叶片成为一个整体的翼型叶片，使得风力机变成典型的升力型垂直轴风力机，利用空气动力的升力做功，获得较高的风能利用率，充分发挥了垂直轴风力机在高风速下风能利用率高的优势，Boost斩波器的设置改善网侧变换器的调制深度范围，提高功率变换器的运行效率，网侧变换器的设置不仅能控制输入电网电能功率因数，还能抑制负载扰动引起的直流母线电压波动，通过调节控制器参数，能有效提高永磁风力发电系统响应的快速性，增强永磁风力发电系统的抗扰能力，提高了永磁风力发电系统的高效性。

附图说明

[0018] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案，下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，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。

[0019] 图1为本发明一种双定子永磁风力发电系统的结构示意图；

[0020] 图2为本发明一种双定子永磁风力发电系统的功率转换器原理图；

[0021] 图3为本发明一种双定子永磁风力发电系统的永磁同步发电机结构示意图；

[0022] 图4为本发明一种双定子永磁风力发电系统的风力机结构示意图；

[0023] 图5(a)为本发明一种双定子永磁风力发电系统的风力机吸收的机械功率-风速曲线图；

[0024] 图5(b)为本发明一种双定子永磁风力发电系统的输出有功功率-电机转速曲线图；

[0025] 其中，1、风力机，2、多级升速齿轮箱，3、永磁同步发电机、4、功率变换器，5、滤波器，6、升压变压器，7、二极管整流桥，8、Boost斩波器，9、网侧变换器，10、活动叶片，11、叶片回转轴，12、固定叶片，13、轴套，14、外定子，15、转子外磁体，16、转子铁心，17、转子内磁体，18、内定子。

具体实施方式

[0026] 本发明公开了一种双定子永磁风力发电系统，是一种智能化、模块化、机械化的装置，，Boost斩波器的设置改善网侧变换器的调制深度范围，提高功率变换器的运行效率，网侧变换器的设置不仅能控制输入电网电能功率因数，还能抑制负载扰动引起的直流母线电压波动，通过调节控制器参数，能有效提高永磁风力发电系统响应的快速性，增强永磁风力发电系统的抗扰能力，提高了永磁风力发电系统的高效性。

[0027] 下面结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚和详细的描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明的一部分实施例，而不是全部实施例。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它实施例，都属于本发明保护的范围。请参阅图1，本发明实施例提供的一种双定子永磁风力发电系统。

[0028] 如图1所示，一种双定子永磁风力发电系统，包括风力机1，所述风力机1一端连接多级升速齿轮箱2，多级升速齿轮箱2通过多个不同规格的齿轮进行啮合传动，实现对风力机1进行增速，风力机1利用风力机叶轮将风能收集并通过多级升速齿轮箱2对风力机1进行增速处理，然后送入永磁同步发电机3中，风能作用于永磁同步发电机3的转子上，将风能转化为机械能，通过带动永磁同步发电机3转子的转动，将机械能转化为电能，将所得的电能经过功率变换器4、滤波器5和升压变压器6进行处理后输入电网，所述网侧变换器9控制电网电能功率因数，抑制负载扰动引起的直流母线电压波动；

[0029] 如图2所示的功率转换器原理图，功率变换器4采用Boost斩波的两电平变换器，功率变换器4包括二极管整流桥7、Boost斩波器8和网侧变换器9，永磁同步发电机3一侧连接二极管整流桥7，使得功率变换器4的能量由永磁同步发电机3至电网单向流动，Boost斩波器8设置于二极管整流桥7与网侧变换器9之间，当风速较低时，PWM输入电压很低，为了并网必须提高逆变器的调制深度，通过改变Boost斩波器8的占空比可将网侧变换器9的直流电压提高并稳定在合适的范围内，改善网侧变换器9的调制深度范围，提高功率变换器的运行效率，通过Boost斩波器8实现最大功率点跟踪和功率因数矫正，且永磁同步发电机3的控制不需要采用矢量控制策略，因此网侧变换器9的调制算法得到了极大地简化，易于数字实现，采用Boost斩波器8的功率变换器4不但适合小容量风力发电系统，而且Boost斩波电路可通过串并联技术增大其容量，能较好地适应大容量风力发电系统的要求。

[0030] 如图3所示的永磁同步发电机结构，永磁同步发电机3采用双定子永磁发电机，双定子永磁同步发电机可看作由内、外两个永磁同步发电机构成，外定子14、转子外磁体15组成一台内转子永磁同步发电机，内定子18、转子内磁体17组成一台外转子永磁同步发电机，且内转子永磁同步发电机和外转子永磁同步发电机的定子绕组相互串联组成双定子永磁同步发电机的定子绕组，永磁同步发电机3的内、外转子永磁同步发电机的定子绕组线规相同、电流有效值应相同，设定双定子永磁同步发电机的转子轭部铁心厚度为h_j，则永磁同步发电机3的内、外转子永磁同步发电机的外电机转子磁体内径是内电机转子磁体外径与$2h_j$之和。

[0031] 如图4所示的风力机结构，所述风力机1包括活动叶片10和固定叶片12，活动叶片10和固定叶片12均设置于叶片回转轴11上，叶片回转轴11上径向方向设置有轴套12，轴套

12位于活动叶片10和固定叶片12之间，轴套12上开设有一定角度的凹槽，凹槽上设置有限位装置，通过轴套13上限位装置，可限制活叶片10的摆角，使其在迎风边最大限度地打开以吸收风能，在阻风边有效地贴合以减小阻力；在启动或风速较小时，逆风边的活动叶片10一直紧压在固定叶片12上，处于闭合状态，使风阻的作用大大减小，在顺风边和逆风边所产生的阻力差的作用下实现启动和低速旋转；随风速增大，风力机1转速也随之增大，当升高到一定值以后，风力机1的叶片切线速度接近风速，因此在顺风边，风对活动叶片10推动作用减弱，此时在风阻作用下活动叶片10与固定叶片12贴合，不再产生阻力型驱动力；在逆风边，由于高转速所产生的离心力使活动叶片10保持贴合状态，所有的固定叶片12与活动叶片10成为一个整体的翼型叶片，风力机1变成典型的升力型垂直轴风力机，利用空气动力的升力做功，获得较高的风能利用率，充分发挥了垂直轴风力机在高风速下风能利用率高的优势。

[0032] 如图5所示的风力发电系统运行曲线，所述永磁同步发电机3根据不同的风速范围分为启动阶段(A-B)、低风速时的最优功率输出阶段(B-D)以及高于额定风速时的恒功率输出阶段(D-E)，启动阶段完成风力发电系统由停机到并网的操作；最优功率输出阶段通过调节电机电磁转矩实现系统的变速运行，保证系统在不同风速条件下均能最大程度地捕获风能。低风速时的最优功率输出阶段(B-D)又分为变速区(B-C)和恒速区(C-D)，在变速区(B-C)，系统通过调节风机转速，使风机运行于最佳叶尖速比，最佳叶尖速比为6，确保系统的风能利用系数始终保持为最大值0.620，在恒速区(C-D)，电机转速被限制于额定转速1900r/min附近，以避免风机转速过高而导致桨叶、转轴、发电机等部件的损毁；恒速区(C-D)对应的系统风能利用系数将偏离最大值，输出功率虽然在达到额定值之前持续增长，但其变化速度低于变速区(B-C)输出功率的变化速度恒功率输出阶段，风机能量的获取将受到功率变换器容量等物理性能的限制，控制系统将保持风力发电系统恒定的功率输出并使传动系统具有良好的柔性。

[0033] 综上所述，本发明提供了一种双定子永磁风力发电系统，是一种智能化、模块化、机械化的装置，多级升速齿轮箱与风力机的连接设置，实现对风力机进行增速的目的，在逆风边时由于高转速所产生的离心力使活动叶片保持贴合状态，风力机的所有的固定叶片与活动叶片成为一个整体的翼型叶片，使得风力机变成典型的升力型垂直轴风力机，利用空气动力的升力做功，获得较高的风能利用率，充分发挥了垂直轴风力机在高风速下风能利用率高的优势，Boost斩波器的设置改善网侧变换器的调制深度范围，提高功率变换器的运行效率，网侧变换器的设置不仅能控制输入电网电能功率因数，还能抑制负载扰动引起的直流母线电压波动，通过调节控制器参数，能有效提高永磁风力发电系统响应的快速性，增强永磁风力发电系统的抗扰能力，提高了永磁风力发电系统的高效性。

[0034] 以上对本发明所提供的一种双定子永磁风力发电系统进行了详细介绍，对于本领域的一般技术人员，依据本发明实施例的思想，在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处，综上所述，本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

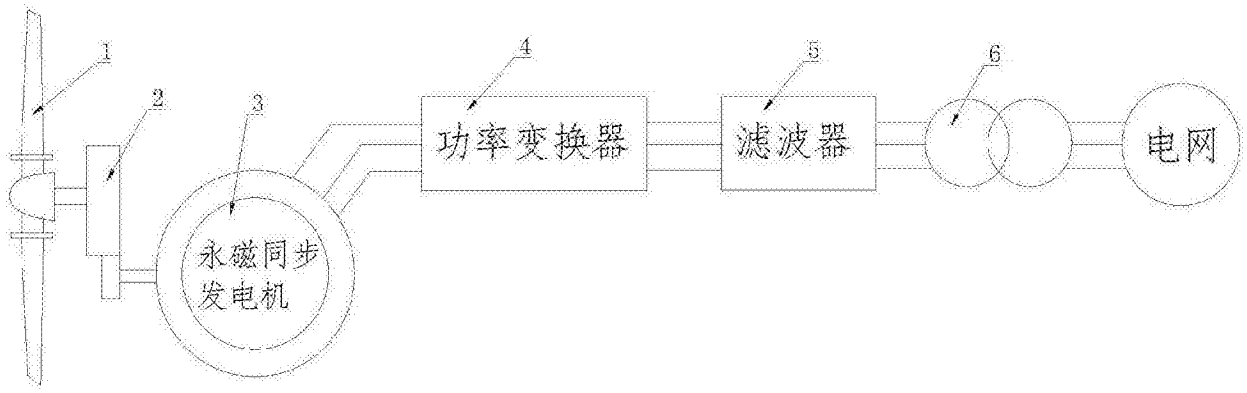


图1

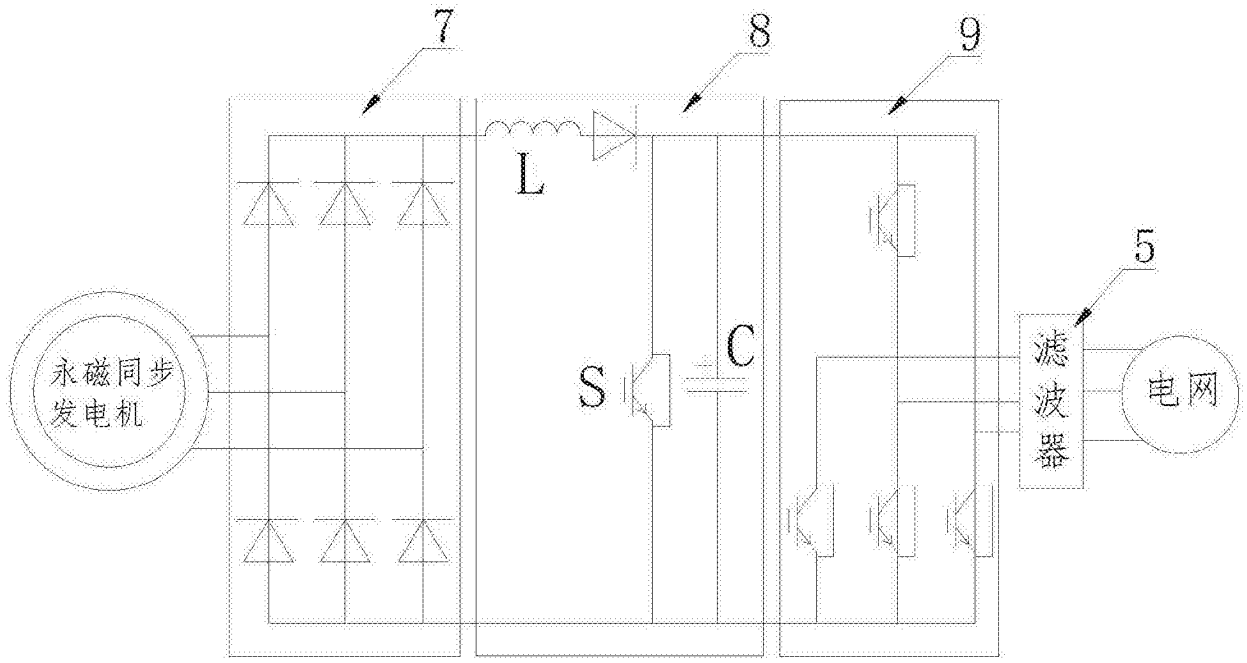


图2

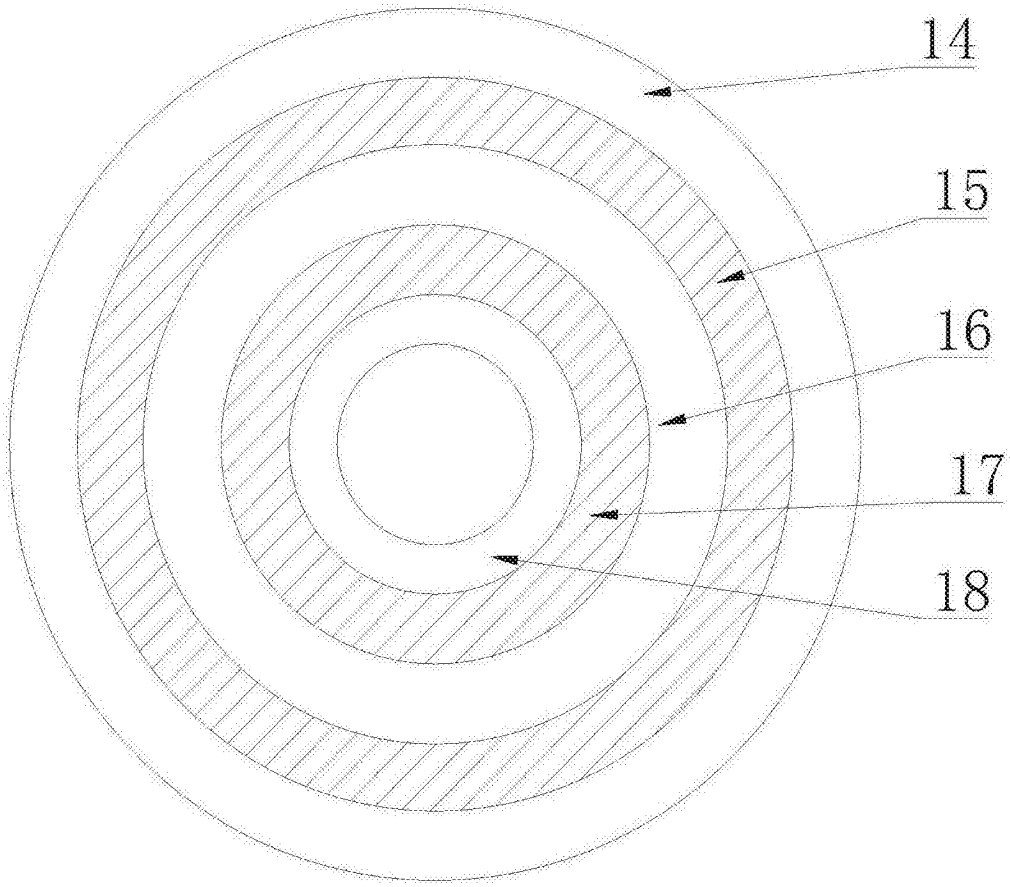


图3

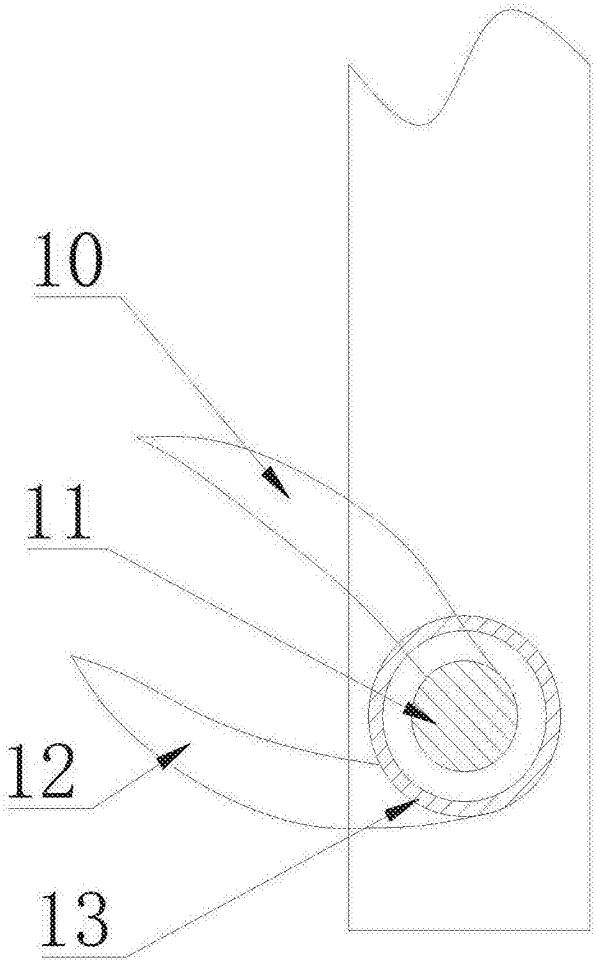


图4

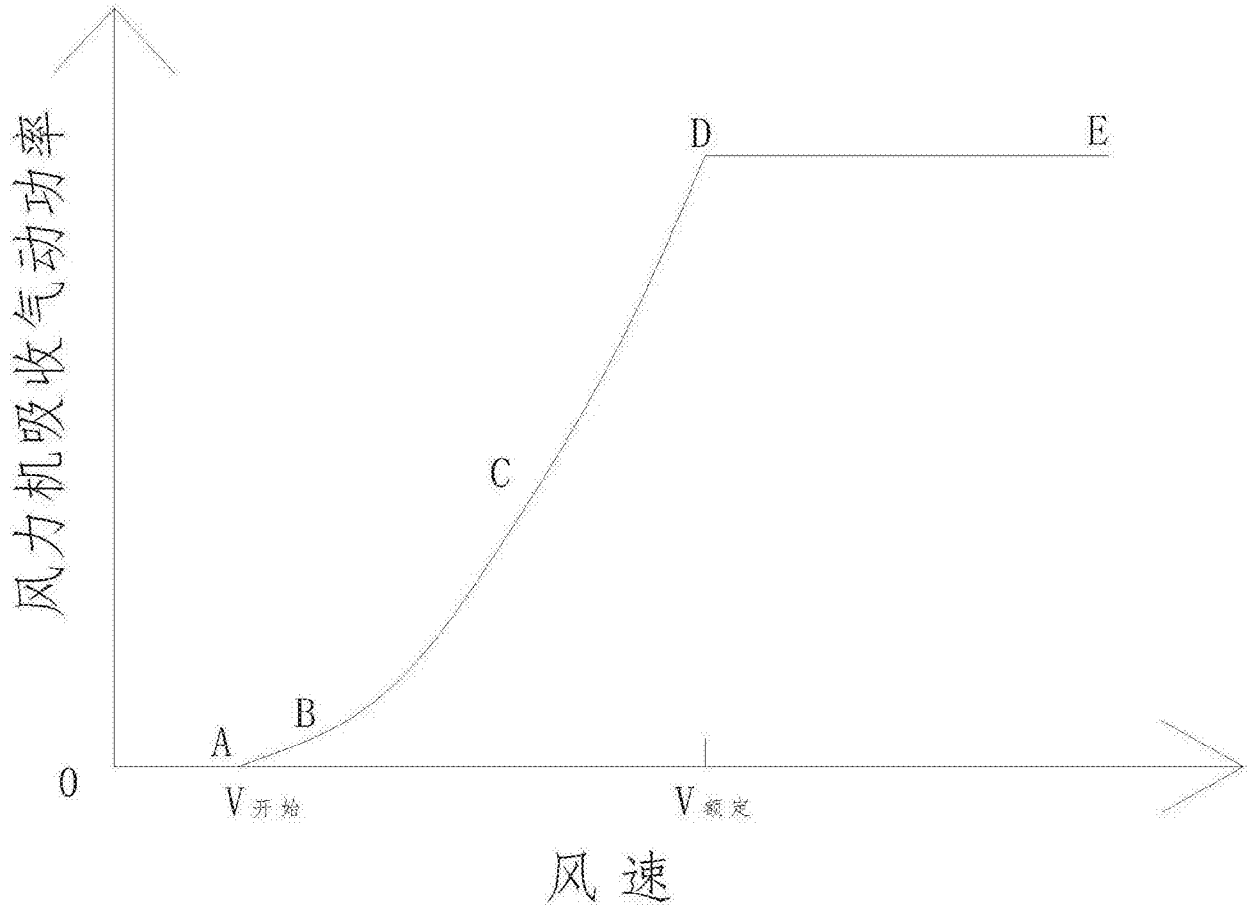


图5(a)

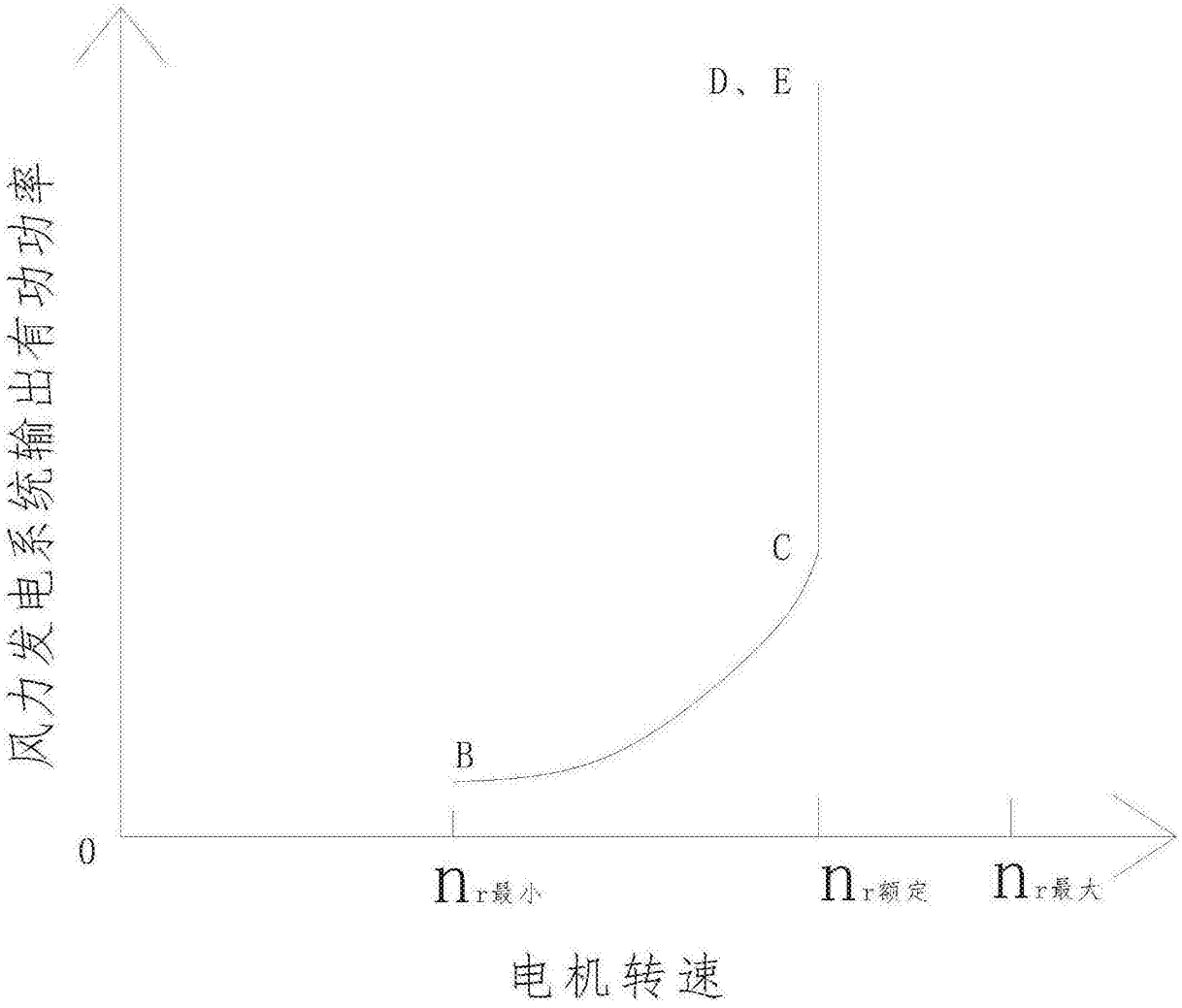


图5(b)