[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H02K 1/06 (2006.01)
H02K 15/02 (2006.01)
H02K 3/28 (2006.01)

[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710132955.2

[43] 公开日 2008 年 5 月 21 日

[11] 公开号 CN 101183804A

[22] 申请日 2007.9.24
[21] 申请号 200710132955.2
[71] 申请人 南京航空航天大学
地址 210016 江苏省南京市御道街 29 号
[72] 发明人 魏佳丹 周 波 尹 航 孟小利
张卓然 胡朝燕 张永帅
[74] 专利代理机构 南京苏高专利商标事务所
代理人 阙如生

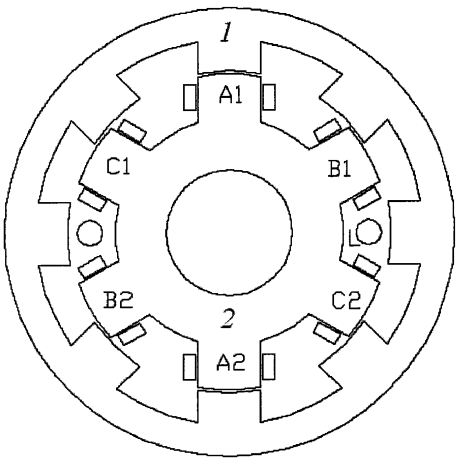
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 5 页

[54] 发明名称

三相外转子电励磁双凸极风力发电机

[57] 摘要

一种三相外转子电励磁双凸极风力发电机，属双凸极电机。该三相外转子电励磁双凸极风力发电机由 8 齿外转子(1)、6 齿内定子(2)以及定子上镶嵌六个电枢绕组(A1、A2、B1、B2、C1、C2)和励磁绕组(L)构成，其中定子上相对齿上绕组串连成一相，构成三相发电机。给励磁绕组通入直流电后，随着风轮机带动电机外转子旋转，三相绕组直接通过三相整流桥输出，本发明三相外转子电励磁双凸极风力发电机结构简单、低速性能好，适用于直驱式风力发电系统。



1、一种三相外转子电励磁双凸极风力发电机，包括定子、转子、电枢绕组和励磁绕组，其特征是：定子在内，转子在外，转子齿数大于定子齿数，定子外圈沿圆周均匀分布 6 个凸极，转子内圈沿圆周均分分布 8 个凸极，定子与转子的极弧相等，定子凸极按圆周镶嵌六个线圈（A1、B1、C2、A2、B2、C1），相对的两个线圈串连成一相绕组，构成三相绕组，励磁绕组（L）镶嵌于一对定子槽中。

三相外转子电励磁双凸极风力发电机

技术领域

本发明是一种新型电励磁双凸极发电机结构设计技术，属于电机设计领域。

背景技术

风能作为一种洁净的可再生能源，随着技术逐步成熟，其发展前景非常广阔。随着风力发电机单机容量的不断增大，变速齿轮箱是在风力发电机组中过载能力较差和过早损坏率较高的部件，目前国内外开始研制一种直接驱动式的风力发电机组，这种机组采用电机与风轮机直接连接进行驱动的方式，省去了增速齿轮箱这一传统部件，具有噪声低、机组寿命高、体积小、运行维护成本低、效率高等优点，成为今后风力发电机发展的重要方向。但是由于风速受季节、气候、地貌的影响，使得风能的随机性很大，对于直驱式风力发电机，发电机转速直接取决与风轮机的转速，无增速齿轮箱风轮机转速可能低至几十乃至十几转，要求发电机在如此低转速下仍能输出所要求的电压，并且风速的随机性也要求发电机具有较宽的转速范围，常规电机结构基本无法解决该问题。

目前直驱式风力发电机中常用的机型为改进型异步电机或永磁同步电机，多将其设计成多极式或多绕组结构，以满足低速要求。多极或多绕组的特殊结构，使得发电机的径向尺寸加大，大功率场合也使得电机体积重量加大，影响风力发电机机舱的总体布局与安置。并且其输出直接通过不控整流，直流端电压随着风速的变化而变化，调压困难，给后级变换器设计带来难度，为使输出电压恒定，必须通过可控整流，变换器、控制器相对比较复杂。并且永磁机由于永磁体的成本较高，尤其大功率电机设计、生产成本使得风力发电机系统的成本居高不下，风电价格较高，限制了风电的规模化推广。因此设计新型适于直驱式风力发电应用场合的电机结构尤为重要。

电励磁双凸极电机作为一种新型电机，其定转子均为凸极结构，类似开关磁阻电机，定子嵌有电枢绕组和励磁绕组，转子无绕组，能够直接通过励磁电流的控制调节输出电压，控制简单、功率密度高并且成本较低。相比较永磁双凸极电机，电励磁双凸极电机励磁电流可控的优点使得发电机输出无需可控功率变换器，并且在负载和发电机转速变化的情况下，可以通过励磁电流的调节控制输出电压稳定在所需值，极大简化了后级变换器的的设计。双凸极电机转子无绕组类似开关磁阻电机，在高速大功率发电机应用场合具有突出的优点。作为新型直驱

式风力发电机，在较低转速的条件下，要获得所需要的输出，还需研究新型的电机结构，以期在极低和多变的转速条件下获得较高和稳定的输出电压和较宽的转速范围、较小的体积重量以及较低的成本并提高发电的运行效率。

发明内容

本发明的目的即在电励磁双凸极发电机的基本原理的基础上，提出一种三相外转子电励磁双凸极风力发电机，使其满足直驱式风力发电机的低速、宽转速范围、高效率的要求。

本发明三相外转子电励磁双凸极风力发电机具有定子在内，转子在外的结构形式，转子齿数大于定子齿数，电枢绕组、励磁绕组均位于定子上，定子固定在风机架上，转子直接与风轮机相连。以 6/8 极外转子电励磁双凸极电机为例，定子外圈均匀分布 6 个凸极，转子内圈均分分布 8 个凸极，并且定转子极弧相等。定子凸极按圆周镶嵌六个线圈，定子相对的两个线圈串连成一相绕组，构成 A、B、C 三相绕组，励磁绕组镶嵌于一对定子槽中。本发明双凸极发电机输出通过三相不控整流获得直流输出电压，并且根据转速与负载的需要调节励磁电流以维持输出电压不变，减小了后级变换器的设计难度。

本发明 6/8 结构外转子电励磁双凸极发电机的有益效果：

1、采用电励磁双凸极电机，其定转子凸极结构简单，可靠性高。

2、采用外转子结构，风轮机可以直接安装在电机外壳上，电机和风轮机之间无其它传动装置，风能利用率高，转子更容易与外部机械集成一体，可有效的减小系统的重量和体积。

3、外转子结构可以有效地增大发电机的转动惯量，较大转动惯量可以存储更多的机械动能，并且可以用来平衡风速变化引起的短时电机转速的突变。

4、内定子绕电枢绕组可使绕组端部比较短，用铜量少，节约成本

5、采用 6/8 结构使发电机定子绕组为三相，整流输出装置简单。并且转子齿数大于定子齿数有效地提高了发电机低速输出能力。

附图说明

图 1 三相外转子电励磁双凸极发电机截面图

图 2 三相外转子电励磁双凸极发电机空载磁路分布图

图 3 三相外转子电励磁双凸极发电机三相磁链曲线

图 4 三相外转子电励磁双凸极发电机感应反电势波形

具体实施方式：

如图 1 所示，本发明外转子电励磁双凸极风力发电机由 6 齿内定子、8 齿外转子构成，定转子均由硅钢片叠压而成，且定转子齿宽相等，以保证在任意位置，定转子重合面积相等，气隙磁链为一恒定值。采用转子齿数多于定子齿数可以提高电机内磁场的变化频率以使发电机能够在较低转速感应出所需电压，故该电机结构适用于低转速应用场合，如直驱式风力发电系统。如图 1 所示，本发明电机定子上镶嵌的 A1、A2、B1、B2、C1、C2 六个电枢绕组和励磁绕组 L，其中定子相对齿上的 A1、A2 两个电枢绕组串连成 A 相绕组；B1、B2 两个电枢绕组串连成 B 相绕组；C1、C2 两个电枢绕组串连成 C 相绕组。L 为励磁绕组。给励磁绕组通入直流电后，随着风轮机带动转子旋转，空载情况下电机各个位置的空载磁路分布如图 2 中（a）、（b）、（c）三个图所示（给出三个典型位置的磁路分布图），随着转子位置的变化，整个电机气隙磁链基本不变，但是每相绕组所匝链的磁链随着转子位置变化而变化，三相绕组的磁链随转子位置曲线如图 3 所示，每相绕组磁链基本成三角形变化，理想情况下，感应的反电势为矩形波，但是由于定转子重合位置，以及磁路的饱和特性，使得三相绕组感应的反电势如图 4 所示。本发明外转子电励磁双凸极风力发电机反电势基本成方波形式，通过三相不控整流即可获得直流输出电压，风速和负载变化后可以通过励磁电流的调节控制输出电压稳定在所需值，具有较宽的转速适应范围和稳定的输出特性，极大地简化了后级变换器的设计。与其它直驱式风力发电机如永磁同步电机、双馈异步电机、甚至包括永磁双凸极电机等相比较，本发明外转子电励磁双凸极发电机省去了后级的可控功率变换器，并且具有宽转速范围的适应性，在风速变化较大，对系统性能和效率要求较高的场合，如应用于铝电解等非并网式风力发电领域具有广泛的应用前景。

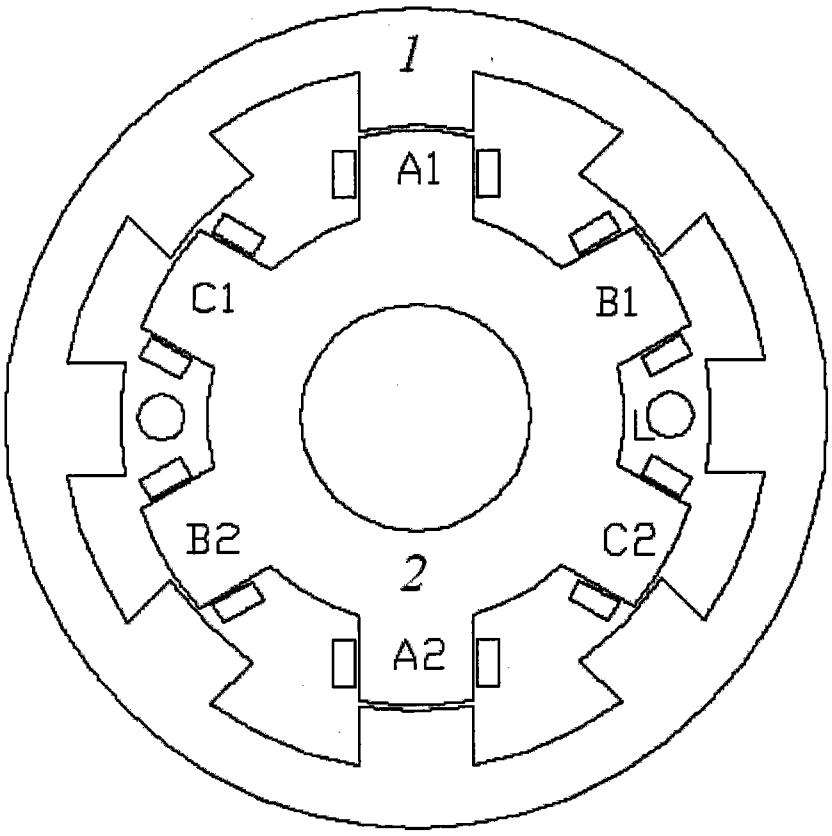
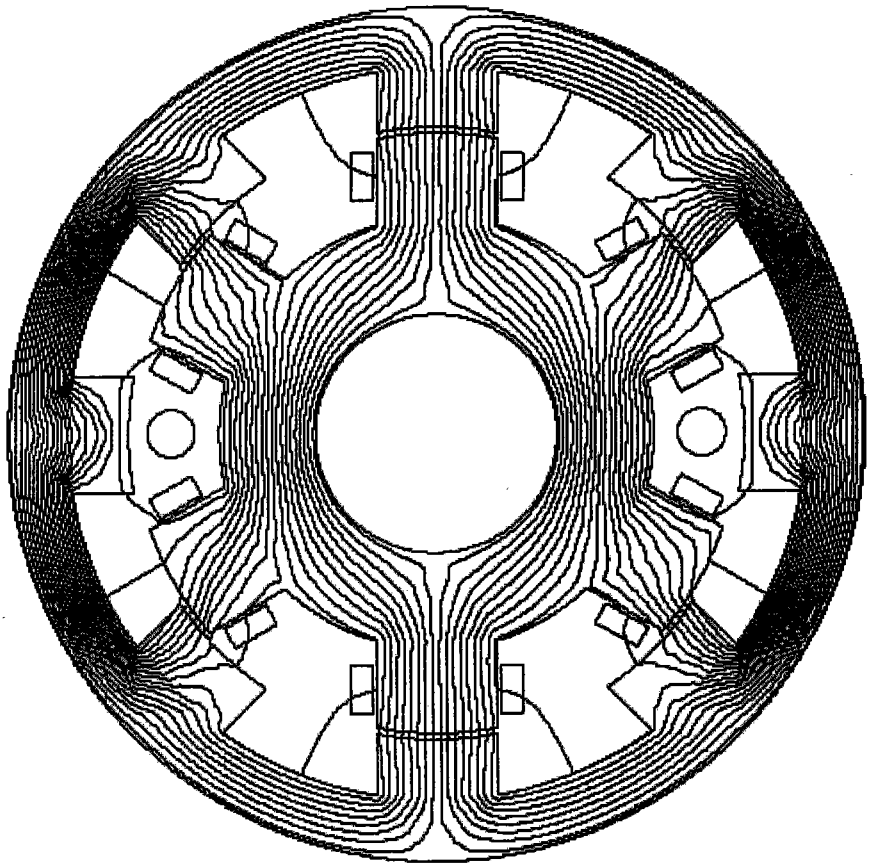
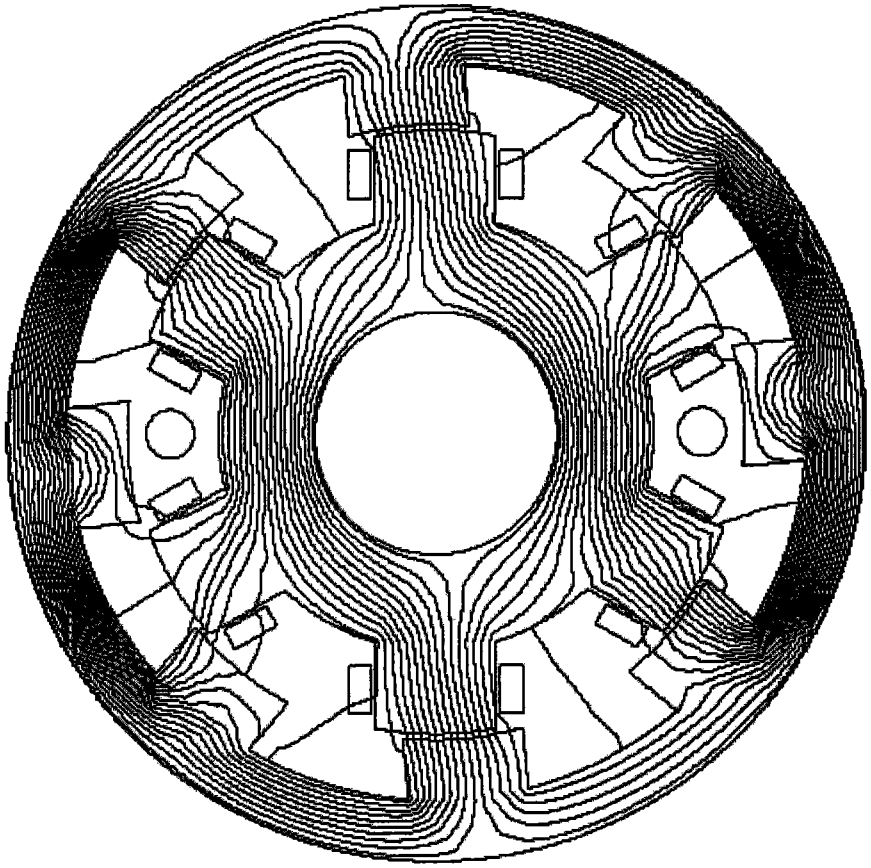


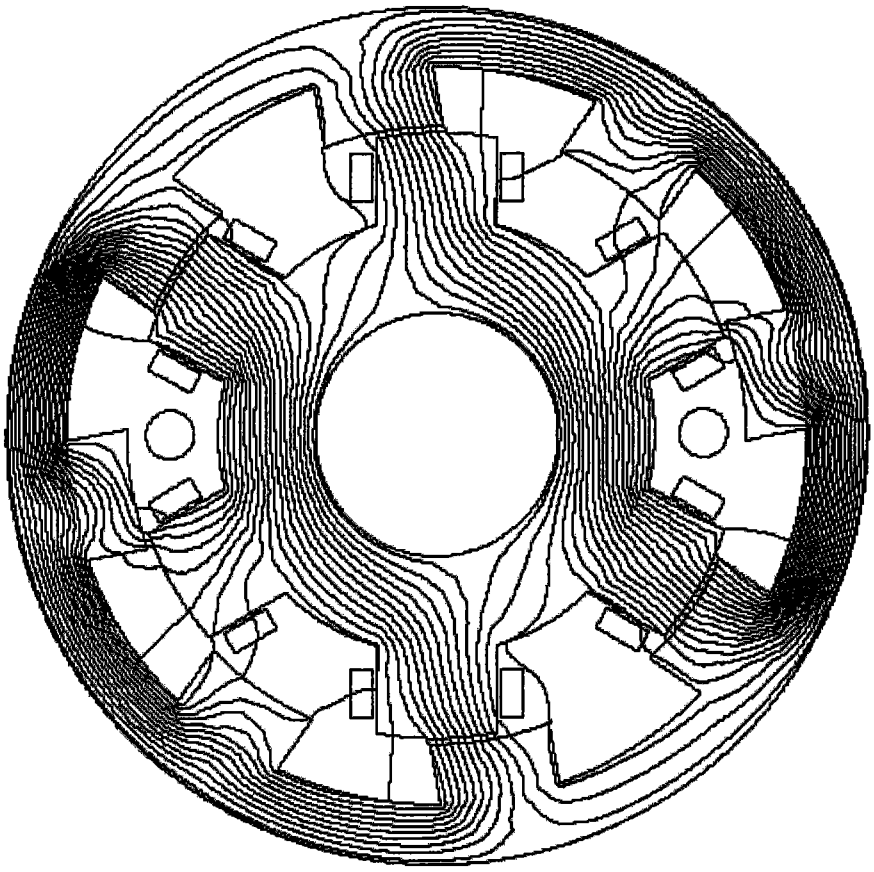
图 1



(a)



(b)



（c）

图 2

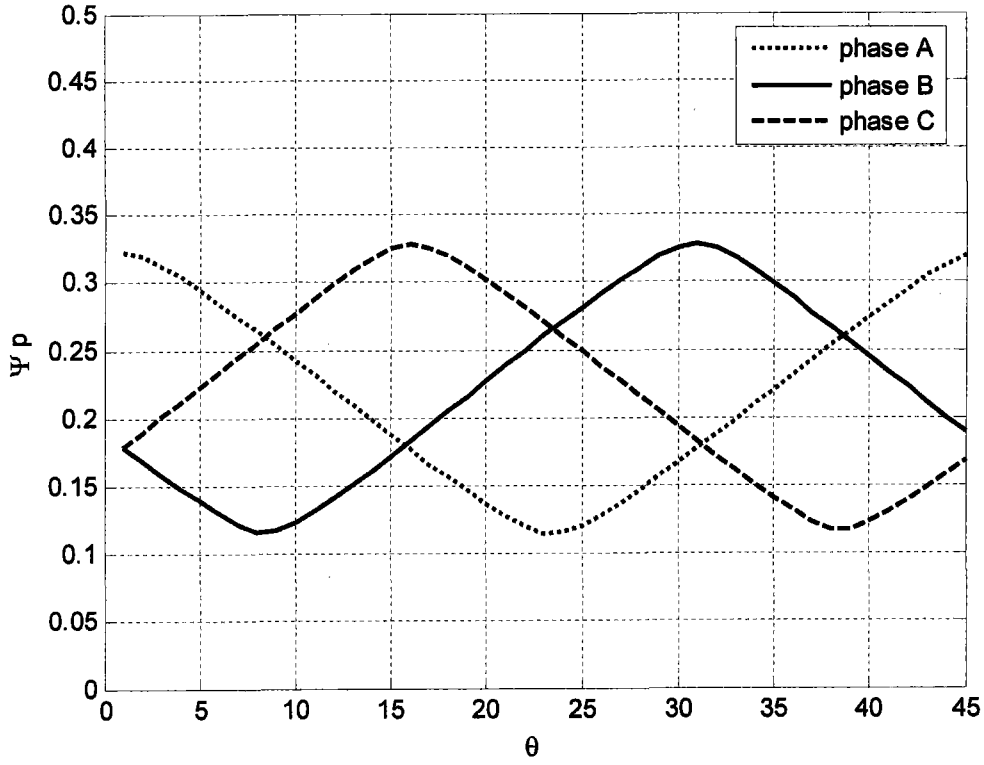

phase A
phase B
phase C
Ψp
θ
0.5
0.45
0.4
0.35
0.3
0.25
0.2
0.15
0.1
0.05
0
0 5 10 15 20 25 30 35 40 45

图 3

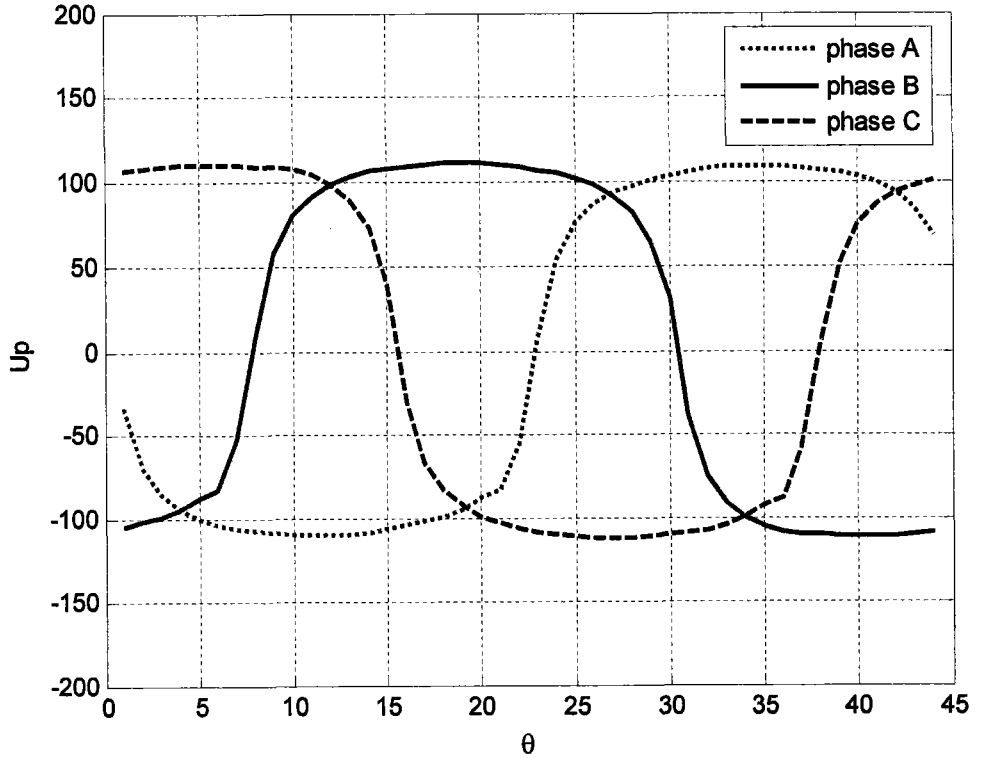

phase A
phase B
phase C
Up
θ
200
150
100
50
0
-50
-100
-150
-200
0 5 10 15 20 25 30 35 40 45

图 4