



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101487453 B

(45) 授权公告日 2013. 01. 02

(21) 申请号 200910024469. 8

(22) 申请日 2009. 02. 23

(73) 专利权人 东南大学

地址 211109 江苏省南京市江宁开发区东南
大学路 2 号

(72) 发明人 张建忠 程明

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限
公司 32200

代理人 叶连生

(51) Int. Cl.

F03D 9/00 (2006. 01)

H02K 16/02 (2006. 01)

审查员 韩薇

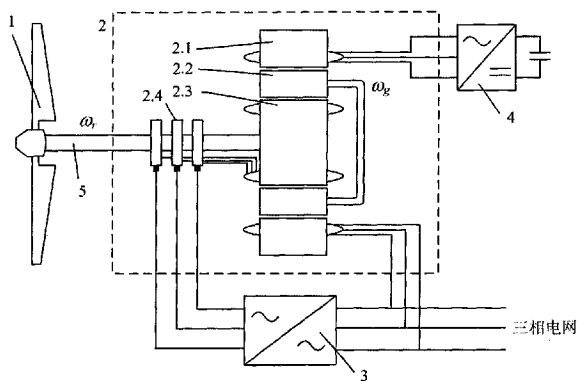
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

变速恒频风力发电装置

(57) 摘要

本发明公开一种变速恒频风力发电装置,其包括风力机、双转子永磁发电机、交直交功率变换器、级联功率变换器;其中双转子永磁发电机包含定子、外转子、内转子以及滑环;内转子上放置多相绕组,经滑环和电刷连接到交直交功率变换器;定子上放置多相绕组,一端与电网连接,另一端与级联功率变换器连接;外转子为永磁转子结构,无绕组、滑环和电刷。本发明去除了机械增速齿轮箱,提高了可靠性;双转子永磁发电机功率密度高、效率高,与电网相连无需使用额定容量的功率变换器,有利于降低成本;发电机接入提供阻尼作用的级联功率变换器,有利于功率因素调节,降低冲击电流和瞬态电流,优化系统电能质量。



1. 一种变速恒频风力发电装置,其特征在于该风力发电装置包括风力机(1)、双转子永磁发电机(2)、交直交功率变换器(3)、级联功率变换器(4)四个部分;其中双转子永磁发电机(2)包含定子(2.1)、外转子(2.2)、内转子(2.3)、以及滑环(2.4);风力机(1)通过输入轴(5)联接内转子(2.3),在输入轴(5)上设有滑环(2.4);在内转子(2.3)的外周设有外转子(2.2),在外转子(2.2)的外周设有定子(2.1);内转子(2.3)上放置多相绕组,经滑环(2.4)和电刷连接到交直交功率变换器(3);定子(2.1)上放置了多相绕组,绕组的一端与电网连接,另一端和级联功率变换器(4)连接;外转子(2.3)为永磁转子结构,无绕组、无导条、无滑环和电刷;

双转子永磁发电机(2)的内转子(2.3)固定于输入轴(5)上,输入轴(5)与风力机(1)直接相连来传递来自风力机的功率和能量;外转子(2.2)安装在一个铁心骨架(2.5)上,铁心骨架(2.5)经轴承安装在输入轴(5)上,在外转子铁心骨架(2.5)上内嵌或者内、外表面贴装径向式磁路结构的永磁磁钢,置于外转子(2.2)上的永磁体所产生的磁场分别通过内外气隙匝链内转子(2.3)的绕组和定子(2.1)的绕组;

双转子永磁发电机的内转子(2.3)连接有双向功率流的交直交功率变换器(3),高风速时一部分风力机(1)输入的机械功率通过内转子(2.3)绕组、滑环和电刷、交直交功率变换器,传递到电网,中低风速时内转子(2.3)通过交直交功率变换器(3)从电网吸收电功率;

与定子(2.1)的多相绕组连接有在电网电源和双转子永磁发电机定子电势之间提供阻尼作用的级联功率变换器(4)。

2. 根据权利要求1所述的变速恒频风力发电装置,其特征在于级联功率变换器(4)容量为发电机容量的10-20%。

3. 根据权利要求1所述的变速恒频风力发电装置,其特征在于双转子永磁发电机(2)采用定子(2.1)在内,外转子(2.2)在中间,内转子(2.3)在外的形式。

变速恒频风力发电装置

技术领域

[0001] 本发明涉及风力发电技术领域,具体涉及一种新型变速恒频风力发电系统和应用于该发电系统的双转子永磁发电机。

背景技术

[0002] 风能是一种洁净的可再生能源,大力发展包括风力发电在内的可再生能源发电技术是解决全球能源和资源紧张的最佳选择。由于风是一种不可人为控制的能源,忽大忽小,变速运行的风力发电机组可捕获最大风能并减少传动轴承受的载荷,而并网风力发电机的频率又需和电网一致保持恒定,即风力发电机组的变速恒频发电。目前实现变速恒频发电的主要有以下两种发电系统:双馈感应发电系统和永磁直驱发电系统。双馈感应发电系统采用双馈感应发电机,风力机通过增速齿轮和发电机转子联接,其转子绕组通过滑环连接功率变换器,通过功率变换器调节转子励磁电流,从而可调节发电机的输出电功率恒频恒压。双馈感应发电机工作在一个有限的变速范围内,因此双馈感应发电机转子侧功率变换器的容量只是所调节功率的一部分,大约为发电机额定功率的 20% -30%。但是由于在风力机和发电机之间具有增速齿轮箱,不仅增加了成本,而且降低了系统可靠性和能量转换效率。永磁直驱发电系统采用低速直驱型永磁同步发电机,发电机的输出经交直交功率变换器转换成恒频恒压的电接入电网,由于采用了全功率的功率变换器,发电系统具有较好的可控性和灵活性,传动系统简单、可靠性高,系统效率高,缺点是直接驱动永磁同步发电机本身体积和重量庞大,需要使用全功率的功率变换器,成本高。

[0003] 因此,研制一种高效率、低成本、运行可靠且供电性能良好的变速恒频风力发电系统,一直是风力发电领域为之不懈的追求目标。

发明内容

[0004] 技术问题:本发明的目的在于克服现有技术存在的上述缺陷,提出一种变速恒频风力发电系统及其双转子永磁发电机,该系统既取消了增速齿轮箱,提高了效率和可靠性,又可采用部分功率的功率变换器,使发电机在较大范围内变速恒频运行。

[0005] 技术方案:本发明的变速恒频风力发电装置包括风力机、双转子永磁发电机、交直交功率变换器、级联功率变换器四个部分;其中双转子永磁发电机包含定子、外转子、内转子、以及滑环;风力机通过输入轴联接内转子,在输入轴上设有滑环;在内转子的外周设有外转子,在外转子的外周设有定子;内转子上放置多相绕组,经滑环和电刷连接到交直交功率变换器;定子上放置了多相绕组,绕组的一端与电网连接,另一端和级联功率变换器(4)连接;外转子为永磁转子结构,无绕组、无导条、无滑环和电刷。

[0006] 双转子永磁发电机的内转子固定于输入轴上,输入轴与风力机直接相连来传递来自风力机的功率和能量;外转子安装在一个铁心骨架上,铁心骨架经轴承安装在输入轴上,在外转子铁心骨架上内嵌或者内、外表面贴装径向式磁路结构的永磁磁钢,置于外转子上的永磁体所产生的磁场分别通过内外气隙匝链内转子的绕组和定子的绕组。

[0007] 双转子永磁发电机的内转子连接有双向功率流的交直交功率变换器, 高风速时一部分风力机输入的机械功率通过内转子绕组、滑环和电刷、交直交功率变换器, 传递到电网, 中低风速时内转子通过交直交功率变换器从电网吸收电功率。

[0008] 与定子的多相绕组连接有在电网电源和双转子永磁发电机定子电势之间提供阻尼作用的级联功率变换器。级联功率变换器容量约为发电机容量的 10-20%。

[0009] 双转子永磁发电机采用定子在内, 外转子在中间, 内转子在外的形式。

[0010] 在本发明中: 所述的变速恒频风力发电系统, 风力机驱动双转子永磁发电机的内转子以角速度 ω_r 旋转, 当内转子绕组中通入电流时, 通过电磁耦合作用, 外转子上将产生电磁转矩, 驱动外转子以角速度 ω_g 旋转, 从而在定子绕组中产生电动势。通过调节内转子绕组通入电流, 在风力机转速的变化导致角速度 ω_r 变化时, 可以保持外转子的角速度 ω_g 在同步速不变化, 则保持了定子绕组中的电动势和电网电压同频同相。高风速时超同步运行, 即 $\omega_r > \omega_g$, 内转子作发电机运行, 风力机的输入功率被分为两部分, 一部分通过电磁场耦合由内转子、外转子、定子绕组直接送往电网, 另一部分通过内转子绕组、滑环和电刷、交直交功率变换器, 传递到电网。中低风速时亚同步运行, 即 $\omega_r < \omega_g$, 内转子作电动机运行, 电网通过交直交功率变换器送至内转子绕组的电功率和风力机输入的机械功率一起, 通过电磁场耦合由内转子、外转子、定子绕组传递到电网。分别从内转子绕组和定子绕组的端口特性来看, 等效于两台永磁同步电机级联运行, 通过控制加到内转子绕组上的电流大小、频率, 可以使外转子的转速不随风速的变化而变化, 实现定子绕组变速恒频输出。

[0011] 在本发明中: 双转子永磁发电机的定子绕组一端具有一个级联连接的功率变换器, 级联功率变换器的容量约为发电机容量的 10-20%, 通过控制级联功率变换器的电压和相位, 相当于在电网电源和发电机定子电势间引入了足够大的阻尼, 解决了永磁发电机转子无法安装阻尼绕组的缺陷, 显著降低了双转子永磁发电机起动合闸冲击电流、电网故障以及各种扰动引起的瞬态电流, 提高发电系统功率因数, 提高电能质量, 使风力发电系统能够可靠稳定地运行。

[0012] 有益效果:

[0013] 1、去除了机械增速齿轮箱, 简化了风力发电机组传动系统结构, 布局紧凑, 提高了可靠性。

[0014] 2、双转子永磁发电机与电网直接连接, 交直交功率变换器连接至内转子绕组以提供控制电流, 可使双转子永磁发电机的外转子工作在稳定的同步转速, 实现变速恒频运行。交直交功率变换器的容量根据发电机的调速范围而定, 一般只有发电机额定容量的 20% -30%, 相对于永磁同步发电机, 该发电机无需使用等同于发电系统额定容量的功率变换器, 有利于降低成本。

[0015] 3、双转子永磁发电机定子绕组接入级联功率变换器, 其容量一般为发电机容量的 10-20%, 相对于双馈感应发电机, 双转子永磁发电机功率密度高、效率高, 由级联功率变换器提供发电机的阻尼, 克服了永磁发电机转子无法安装阻尼绕组的缺陷, 使双转子永磁发电机具有和同步发电机类似的并网运行性能, 有利于功率因素调节, 降低发电机起动合闸冲击电流、电网故障以及各种扰动引起的瞬态电流, 提高发电系统动、静态稳定性能, 优化系统电能质量。

[0016] 4、双转子永磁发电机的外转子为永磁转子, 无需绕组和导条, 无滑环和电刷, 结构

简单,可靠性高。

附图说明

[0017] 图 1 是本发明变速恒频风力发电系统的组成原理图,其中有:风力机 1,双转子永磁发电机 2、定子 2.1、外转子 2.2、内转子 2.3、滑环 2.4,交直交功率变换器 3,级联功率变换器 4,输入轴 5。

[0018] 图 2 是本发明变速恒频风力发电系统的结构示意图。其中有:外转子铁心骨架 2.5。

[0019] 图 3 是本发明变速恒频风力发电系统的电气接线示意图。

具体实施方式

[0020] 本发明的变速恒频风力发电装置包括风力机、双转子永磁发电机、交直交功率变换器和级联功率变换器四个部分;其特征在于:双转子永磁发电机包含定子、外转子、内转子以及滑环;风力机通过输入轴联接内转子,在输入轴上设有滑环;在内转子的外周设有外转子,在外转子的外周设有定子;内转子上放置多相绕组,经滑环和电刷连接到交直交功率变换器;定子上放置了多相绕组,绕组的一端与电网连接,另一端和级联功率变换器连接;外转子为永磁转子结构,无绕组、无导条、无滑环和电刷。

[0021] 图 1 为该发电系统的组成原理图,主要由四部分组成:风力机 1、双转子永磁发电机(虚线框内)2、交直交功率变换器 3、级联功率变换器 4;其中双转子永磁发电机 2 是该系统的关键部件,它本质上是两台同心布置的电机,该部分包含定子 2.1、外转子 2.2、内转子 2.3 以及滑环 2.4 等部件,内转子 2.3 被固定在输入轴 5 上并与之一起旋转,内转子上放置多相(图中为 3 相)绕组,经滑环和电刷连接到交直交功率变换器;定子 2.1 上也放置多相绕组(图中为 3 相),一端直接与电网连接,另一端接入级联功率变换器 4;外转子 2.2 内设置永磁磁极,外转子永磁磁极为内外电机所共用。

[0022] 如图 2 所示的该发电系统的结构,输入轴 5 与风力机轮毂相连。内转子固定于输入轴 5 上用来传递来自风力机的功率和能量;外转子安装在一个铁心骨架 2.5 上,铁心骨架 2.5 则经轴承安装在输入轴上,在外转子铁心骨架 2.5 上可以内嵌或者内外表面贴装径向式磁路结构的永磁磁钢,根据永磁磁钢结构的不同,可以把外转子分为单层磁钢结构、内外双层磁钢磁路串联结构和内外双层磁钢磁路独立结构三种外转子结构,置于外转子上的永磁体所产生的磁场分别通过内外气隙匝链内转子绕组和定子绕组。

[0023] 如图 3 所示,双转子永磁发电机的内转子转速为 ω_r ,通过交直交功率变换器施加内转子绕组一个交流电流时,在内转子中将会产生转速为 ω' 的旋转磁场,这个旋转磁场和内转子机械转速相叠加,形成了一个转速为 $\omega_r \pm \omega'$ 的旋转磁场,欲让外转子转速等于同步速 ω_g ,则需调整内转子电流频率,使得 $\omega_g = \omega_r + \omega'$;外转子固定在同步速 ω_g 运行,则双转子永磁发电机能够向电网提供恒定频率的电功率;风力机输入的机械功率为 $P_M = T_r \omega_r$;双转子永磁发电机效率为 η ,定子 2.1 输送到电网上的功率为 P_o ,内转子 2.3 送出的功率为 P_1 ,则超同步运行时,即 $\omega_r > \omega_g$,风力机的机械功率大部分通过定子 2.1 传递到电网,小部分通过内转子 2.3 送往交直交功率变换器并送往电网,且存在关系式 $P_o + P_1 = \eta P_M$;亚同步运行时,即 $\omega_r < \omega_g$,内转子通过交直交功率变换器从电网吸收电功率 P_1 ,电功率 P_1

和风力机机械功率 P_M 一起传递到定子绕组,传递到电网的电功率 $P_o = \eta (P_M + P_1)$ 。

[0024] 级联功率变换器 4 和双转子永磁发电机定子绕组级联连接,在电网电源和双转子永磁发电机定子电势间起着阻尼作用,可以显著降低发电机并网合闸冲击电流、电网故障和扰动引起的瞬态电流响应,提高发电系统功率因数和电能质量。

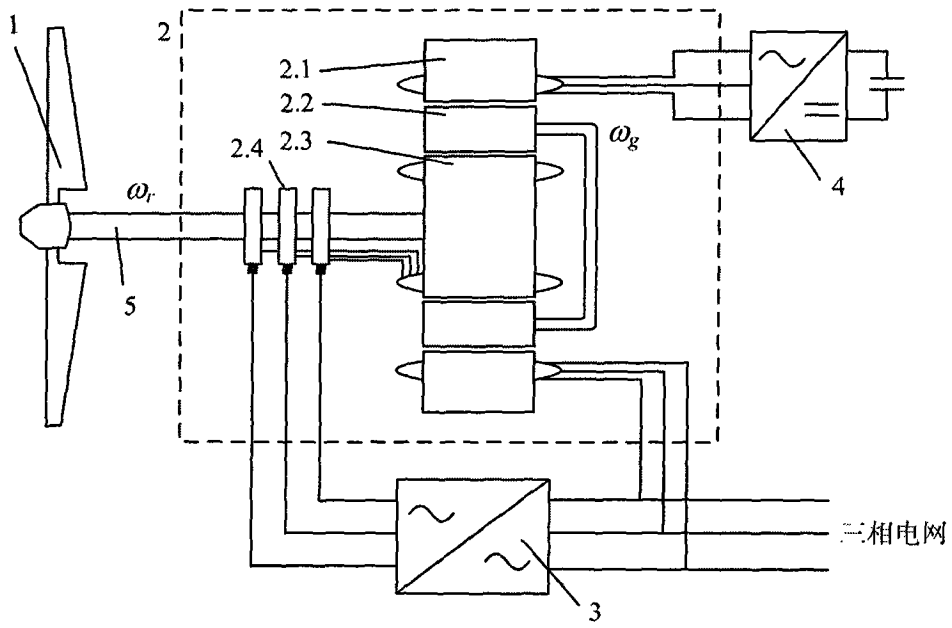


图 1

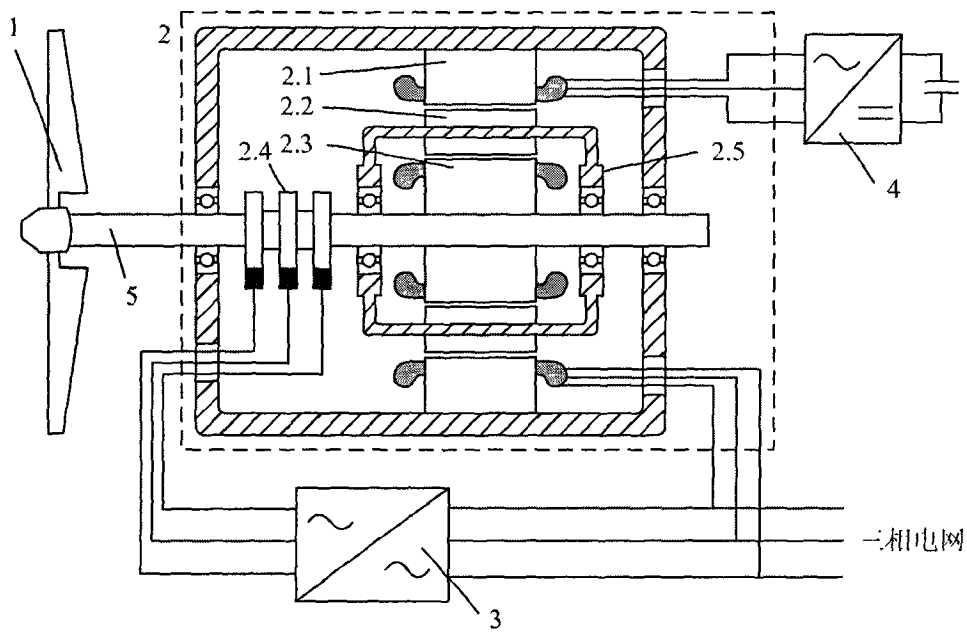


图 2

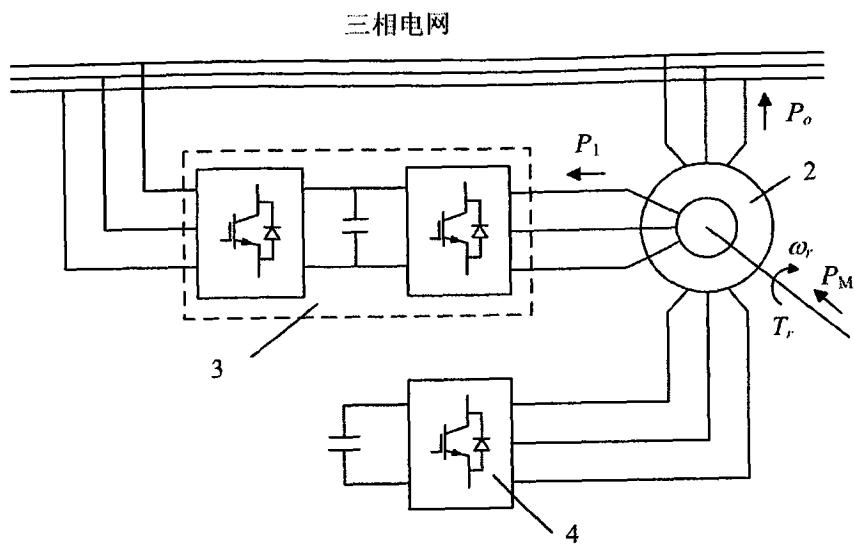


图 3