



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103762769 B

(45) 授权公告日 2015. 12. 09

(21) 申请号 201310750567. 6

CN 202535204U , 2012. 11. 14,

(22) 申请日 2013. 12. 31

JP H07236255A , 1995. 09. 05,

(73) 专利权人 华中科技大学

WO 2005053136A1 , 2005. 06. 09,

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路  
1037 号

CN 203660716U , 2014. 06. 18,

审查员 冯尚明

(72) 发明人 曲荣海 吴震宇 李健 付赞松  
徐伟 马雯旻

(74) 专利代理机构 华中科技大学专利中心  
42201

代理人 朱仁玲

(51) Int. Cl.

H02K 5/04(2006. 01)

H02K 1/12(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2008272602A1 , 2008. 11. 06,

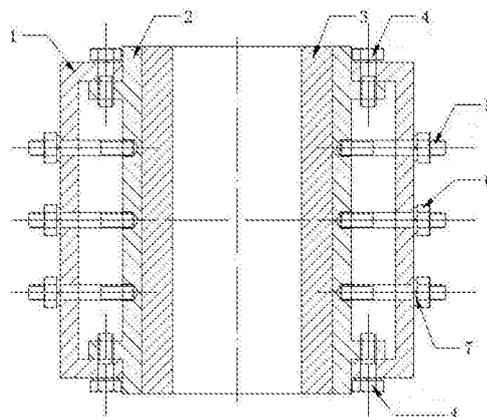
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种抗定子变形的水平轴大型风力发电机

(57) 摘要

本发明公开了一种抗定子变形的水平轴大型风力发电机,该风力发电机的发电机组固定部分包括机壳、定子机座、定子铁芯、定子绕组和端盖等,其中机壳和定子机座的上下两端均分别设置有法兰面,并通过贯穿法兰面的多个连接螺栓分别将机壳和定子基座的上下两端相联接;此外在机壳与定子机座之间,还沿着机壳的圆周方向均匀设置有多多个双头螺柱,各个双头螺柱的一端沿着机壳的径向方向贯穿机壳且通过螺纹结构拧紧在定子机座上,另外一端通过螺母及垫圈锁紧在机壳上。通过本发明,能够在解决现有风力发电机定子机座体积庞大、结构笨重等问题的同时,显著提高定子机座的抗拉强度,并有效防止机座在各类发电场合下产生变形。



1. 一种抗定子变形的水平轴大型风力发电机,该风力发电机的发电机组固定部分包括机壳(1)、定子机座(2)、定子铁芯(3)、定子绕组和端盖,其特征在于:

所述机壳(1)和定子机座(2)的上下两端均分别设置有法兰面,并通过贯穿法兰面的多个连接螺栓(4)分别将该机壳和该定子基座的上下两端相联接;所述定子铁芯(3)沿其周向方向设置有多个榫槽,并通过这些榫槽与所述定子机座(2)上所对应设置的榫头配合啮合;所述定子绕组则固定在所述定子铁芯(3)之上;

此外,在所述机壳(1)与所述定子机座(2)两者处于上下两端的中间区域,还沿着该机壳(1)的圆周方向均匀设置有多个双头螺柱(5),各个双头螺柱(5)的一端沿着所述机壳(1)的径向方向贯穿机壳且通过螺纹结构拧紧在所述定子机座(2)上,另外一端通过螺母(6)及垫圈(7)锁紧在机壳(1)的外表面上;以此方式,在风力发电机使用过程中,双头螺柱及螺母之间的相对运动趋势使得定子机座与双头螺柱的连接处产生拉力,且该拉力的方向始终与电磁力以及发电机自身重力各自的径向分力方向相反,从而减小定子机座在径向方向上的变形。

2. 如权利要求1所述的水平轴大型风力发电机,其特征在于,所述连接螺栓(4)沿着法兰面的圆周方向上均匀分布且上下对称。

3. 如权利要求1或2所述的水平轴大型风力发电机,其特征在于所述连接螺栓(4)的总数量为108个且采用M20规格,所述双头螺柱(5)的总数量为324个且采用M42规格。

4. 如权利要求1或2所述的水平轴大型风力发电机,其特征在于,所述水平轴大型风力发电机为内转子直驱式风力发电机。

## 一种抗定子变形的水平轴大型风力发电机

### 技术领域

[0001] 本发明属于风力发电机设备技术领域,更具体地,涉及一种抗定子变形的水平轴大型风力发电机。

### 背景技术

[0002] 风力发电机是将风能转换为电能的装置,主要由叶片、发电机组、机械部件和电气部件等组成。根据旋转轴的不同,风力发电机可分成水平轴风力发电机和垂直轴风力发电机,目前市场上占主流位置的为水平轴风力发电机。例如,对于可并网运行的水平轴大型风力发电机而言,如图 2 中示范性所示,包括了左右对置的轮毂 11 和机舱 12,轮毂 11 的周向上设置有多个旋转轴与叶片垂直的叶片(图中未显示),并通过风轮轴与发电机轴相连,机舱 12 通过法兰与发电机组的端盖相连;发电机组则由转动部分 13 (如电机转子)和固定部分 14 (如发电机机壳、定子机座、定子铁芯、定子绕组和端盖等)共同组成。

[0003] 对于上述的发电机组固定部分,定子机座主要是用来固定铁芯,承受和传递扭矩,支撑端盖和气体冷却等部件,因此要求机座应具有足够的刚度和强度,使其在加工、运输、起吊、分瓣放置和运行中能承受各种机械作用力、电磁力而不致产生有害的变形。此外对于水平轴大型风力发电机而言,考虑到电机的电磁性能,定子和转子之间的气隙一般只有几毫米左右,一旦气隙发生变化,将严重影响电机的整体性能。影响气隙变化的因素,除了定子铁芯在电磁力的作用下会产生变形以外,另一个改变气隙的重要原因是由于固定定子铁芯的机座强度不够,因此在受到强大电磁力的作用下会使机座产生变形,进而改变气隙的长度,所以必须采取有效的机械结构设计方案来提高定子机座的强度,尤其是提高机座的抗拉强度。

[0004] 现有技术中对于水平轴大型风力发电机,提高机座强度的解决方式主要包括两种:一种是增加机座板材的厚度;另外一种是在机座的外表面通过焊接相当数量的加强筋的方式来提高机座的强度。然而,进一步的研究表明,上述现有方式虽然在一定程度上可提高机座的强度,防止其产生严重变形,但是同时也会显著增加整机的体积和重量,并产生制造成本提高和使用不便等问题;尤其是,它们并未考虑到发电过程中电磁力对机座及定子产生的不利影响,因此在实际应用中对机座的抗拉强度改善有限。相应地,在本领域中亟需寻找更为完善的解决方案,以便在克服现有技术的以上缺陷的同时,更大程度地提高定子机座的强度以满足各类复杂应用需求。

### 发明内容

[0005] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求,本发明提供了一种抗定子变形的水平轴大型风力发电机,其中通过结合发电机组固定部分自身的结构及装配特点并对其受力状态进行分析,相应地在特定部位来设置抗变形部件并对其具体规格进行设计,实际测试表明,能够在解决现有风力发电机定子机座体积庞大、结构笨重等问题的同时,显著提高定子机座的抗拉强度,并有效防止机座在各类发电场合下产生变形。

[0006] 为实现上述目的,按照本发明,提供了一种抗定子变形的水平轴大型风力发电机,该风力发电机的发电机组固定部分包括机壳、定子机座、定子铁芯、定子绕组和端盖,其特征在于:

[0007] 所述机壳和定子机座的上下两端均分别设置有法兰面,并通过贯穿法兰面的多个连接螺栓分别将机壳和定子机座的上下两端相联接;所述定子铁芯沿其周向方向设置有多个榫槽,并通过这些榫槽与定子机座上所对应设置的榫头配合啮合;

[0008] 此外,在机壳与定子机座两者处于上下两端的中间区域,还沿着机壳的圆周方向均匀设置有多个双头螺柱,各个双头螺柱的一端沿着机壳的径向方向贯穿机壳且通过螺纹结构拧紧在定子机座上,另外一端通过螺母及垫圈锁紧在机壳的外表面上;以此方式,在风力发电机使用过程中,双头螺柱及螺母之间的相对运动趋势使得定子机座与双头螺柱的连接处产生拉力,且该拉力的方向始终与电磁力以及发电机自身重力各自的径向分力方向相反,从而减小定子机座在径向方向上的变形。

[0009] 作为进一步优选地,所述连接螺栓沿着法兰面的圆周方向上均匀分布且上下对称。

[0010] 作为进一步优选地,所述双头螺柱除了沿着机壳的圆周方向对称设置之外,还以相等的间距在机壳的高度方向上予以分布。

[0011] 作为进一步优选地,所述连接螺栓的总数量为 108 个且采用 M20 规格,所述双头螺柱的总数量为 324 个且采用 M42 规格。

[0012] 作为进一步优选地,所述水平轴大型风力发电机为内转子直驱式风力发电机。

[0013] 总体而言,通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比,由于对发电机组固定部分的结构、相互装配及其受力状态进行研究分析,尤其是通过在机壳与定子机座之间采用抗变形件来抵消发电过程中一部分电磁力的径向分力,同时抵消发电机自身重力在径向方向上的分力,相应能够显著提高机座在径向方向上的抗拉强度,减小机座在径向方向上的变形,从而与现有技术相比,可以有效克服定子径向变形这一关键因素对风力发电机电磁性能的不利影响。

## 附图说明

[0014] 图 1 是按照本发明优选实施例的具备抗定子变形功能的发电机组主要机械结构示意图;

[0015] 图 2 是现有技术中的水平轴大型风力发电机的基本结构示意图;

[0016] 在所有附图中,相同的附图标记用来表示相同的元件或结构,其中:

[0017] 1- 机壳 2- 定子机座 3- 定子铁芯 4- 连接螺栓 5- 双头螺柱 6- 螺母  
7- 垫圈 11- 轮毂 12- 机舱 13- 转动部分 14- 固定部分

## 具体实施方式

[0018] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。此外,下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0019] 图 1 是按照本发明优选实施例的具备抗定子变形功能的发电机组主要机械结构示意图。如图 1 中所示,该风力发电机的发电机组固定部分包括机壳 1、定子机座 2、定子铁芯 3、定子绕组和端盖等,其中主要是通过结合发电机组固定部分自身的结构及装配特点,并对其受力状态进行研究分析,相应设计了一种简单可行的机械结构,从而提高定子机座的机械强度由其是径向方向的抗变形性能,并有别于传统设计以牺牲产品重量为代价的结构方案。

[0020] 具体而言,机壳 1 和定子机座 2 的上下两端均分别设置有法兰面,并可通过贯穿法兰面的多个连接螺栓 4 分别将机壳和定子基座的上下两端相联接;定子铁芯 3 沿其周向方向可设置多个榫槽,并通过这些榫槽与定子机座 2 上所对应设置的榫头配合啮合。定子绕组可固定在定子铁芯 3 之上。如图 1 中所示,考虑到大型风力发电机的定子外径通常在 8m 以上,因此在本发明中可将定子铁芯及绕组在其圆周方向上平均划分为 54 等份,其中每一等份均通过铁芯上的榫槽与定子机座 2 上的榫头固定连接。与此类似地,定子机座 2 上下两端的法兰面分别通过 54 个规格例如为 M20 的连接螺栓 4 与机壳 1 的上下法兰面联接,而且这些连接螺栓的设置方式优选为沿着法兰面的圆周方向上均匀分布且上下对称。

[0021] 此外,作为本发明最关键的改进之一,在机壳 1 与定子机座 2 两者处于上下两端的中间区域,还沿着机壳 1 的圆周方向均匀设置多个双头螺柱 5(例如,同样是 108 个,规格采用 M42),各个双头螺柱 5 的一端沿着机壳 1 的径向方向贯穿机壳且通过螺纹结构拧紧在定子机座 2 上,另外一端通过螺母 6 及垫圈 7 锁紧在机壳 1 的外表面上。

[0022] 我们首先可以对整个发电机组固定部分的受力状态及变形机理进行分析。对于发电机组固定部分,其整个结构除了受到自身的重力以外,在电机运转过程中特别是对于大型风力发电机而言,定子铁心还要受到强大的电磁力,电磁力由垂直于定子铁心齿面上的径向拉力和与定子铁心齿面相切的切向力所合成。相应地,除了定子铁芯在电磁力的作用下,自身会产生变形以外,由于定子铁芯是与定子机座通过榫头和榫槽之间的配合相互连接的,因此定子铁心受到的电磁力通过彼此之间的连接部分将力传递给定子机座,从而引起定子机座的变形。简单概括也即是,引起定子机座变形主要是由于自身重力、定子铁心的重力、绕组的重力以及电磁力所引起的,而且这些力的合力最大的情况是出现在电磁力径向分量与所有重力方向一致的时候,此时也是定子机座局部受力和变形最大的工况。

[0023] 而按照本发明所构建的以上抗变形方案,通过施加给螺母一个预紧力矩,就可以通过双头螺柱施加给定子机座一个与电磁力径向分力反向的拉力,进而克服机座的变形。具体而言,因为机壳是固定不动的,只要通过拧动螺母,根据丝杠原理,双头螺柱和螺母之间就会有相对运动的趋势,因此就会在机座和双头螺柱的连接处产生一个拉力,这个拉力的方向与引起机座变形的主要作用力——电磁力的径向分力的方向始终相反,因此就可以抵消一部分电磁力的径向分力,同时也可以抵消重力在径向方向上的分力,进而提高了机座在径向方向上的抗拉强度,减小机座在径向方向上的变形。特别是,因为定子的径向变形对电机的电磁性能影响很大,所以发明的上述方案在实际测试中表明可显著提高机座的强度,尤其是可防止其在径向方向上的严重变形。

[0024] 考虑到上述提到的预紧力矩完全是由电磁力径向分力所决定的,对于不同的电机而言,定子铁心受到的电磁力是完全不同的,因此在本发明中暂不给出预紧力矩的量化值。此外,本发明的结构设计可以应用于内转子直驱式风力发电机中,但并不局限与此,譬如经

过适当的变形,也可以应用于外转子风力发电机。

[0025] 本领域的技术人员容易理解,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

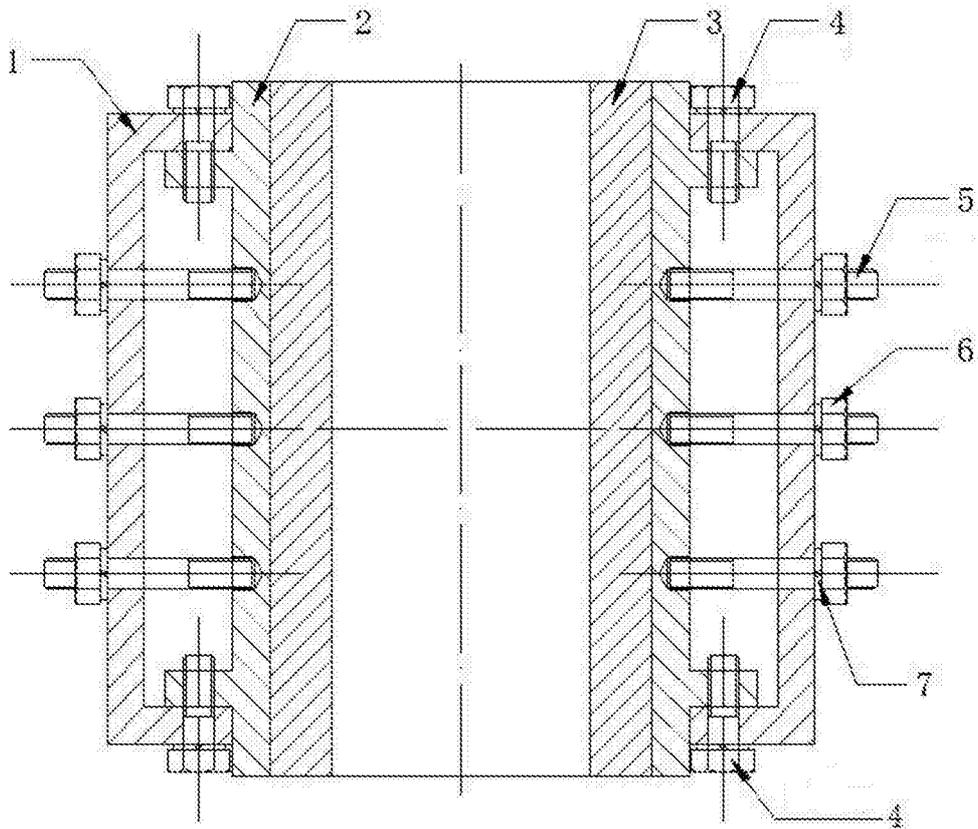


图 1

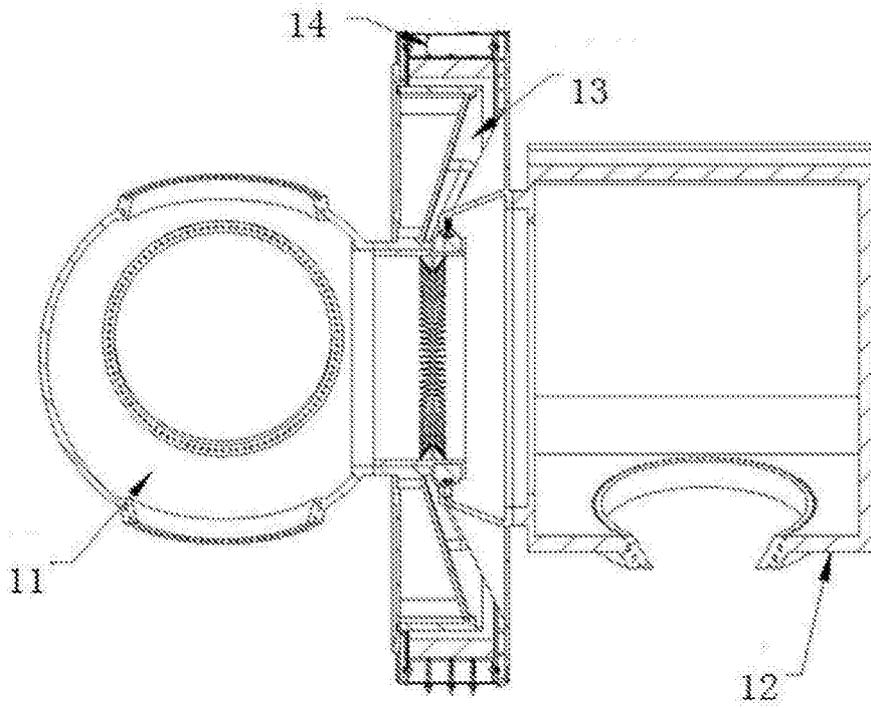


图 2