



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106150916 A

(43)申请公布日 2016. 11. 23

(21)申请号 201610568225.6

(22)申请日 2016.07.19

(71)申请人 四川大学

地址 610065 四川省成都市武侯区一环路  
南一段24号

(72)发明人 李华 龙慧 姚进 杨亚茹

(51) Int. Cl.

F03D 9/25(2016.01)

F03D 1/02(2006.01)

F03D 1/06(2006.01)

F03D 7/02(2006.01)

F03D 15/10(2016.01)

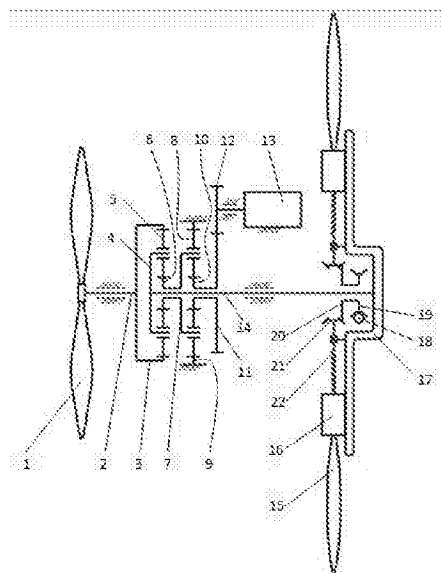
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

## (54)发明名称

一种双叶轮同步风力发电机组

## (57)摘要

一种双叶轮同步风力发电机组,主要由上风向叶轮、下风向叶轮、齿轮传动系统和同步发电机组成。同步发电机所需动力由上风向叶轮和下风向叶轮输入,两个叶轮的动力由差动轮系合成后传递至同步发电机。上风向叶轮为可变距叶轮,下风向叶轮的叶片可沿轮毂的径向移动,通过调节两个叶轮的转速以及同步发电机的励磁保证发电机运行于同步转速。本发明所述的双叶轮同步发电机组具有成本低、传动效率高、应对电网故障能力强等优点。



1. 一种双叶轮同步风力发电机组, 主要由上风向叶轮、下风向叶轮、齿轮传动系统和同步发电机组成, 其特征在于: 齿轮传动系统由两级行星传动和一级定轴传动组成; 行星传动由前行星排和后行星排组成, 前行星排的中心齿轮与后行星排的行星架相连; 前行星排的自由度为二, 它的行星架、内齿圈和中心齿轮都可以转动; 后行星排的自由度为一, 它的内齿圈固定, 行星架和中心齿轮可以转动; 上风向叶轮和前行星排的内齿圈相连, 下风向叶轮与前行星排的行星架相连; 定轴传动由大齿轮和小齿轮组成, 大齿轮与小齿轮保持啮合关系, 大齿轮与后行星排的中心齿轮相连, 小齿轮与同步发电机连为一体; 下风向叶轮的叶片可沿叶轮毂体的径向移动, 下风向叶轮的叶片扫掠面积能够发生改变。

2. 根据权利要求1所述的双叶轮同步发电机组, 其特征在于: 上风向叶轮的叶片不固定, 可以进行变桨距操作。

3. 根据权利要求1所述的双叶轮同步发电机组, 其特征在于: 下风向叶轮主要由叶轮毂体、滑块、叶片、螺杆、锥齿轮传动、蜗轮、蜗杆组成, 叶片安装在滑块上, 滑块可沿毂体径向移动, 滑块的移动由螺杆驱动, 螺杆由蜗杆蜗轮机构和锥齿轮机构带动。

## 一种双叶轮同步风力发电机组

### 技术领域

[0001] 本发明涉及风力发电领域,具体涉及一种双叶轮同步风力发电机组。

### 背景技术

[0002] 风能作为一种储量巨大的可再生清洁能源,越来越受到各国的重视。最近几十年来,风力发电技术得到了快速发展。

[0003] 自2010年以来,中国风电的装机容量已经超越美国,装机容量的绝对值位居世界第一。随着风电装机容量的不断增加,风力发电技术所面临的问题也越来越突出。风电面临着两个重要的问题急需解决:一是风电的稳定性差;二是风力发电设备的可靠性差。

[0004] 风电稳定性差的一个表现是风电系统在实际运行过程中应对电网故障的能力不足。目前风力发电设备的主流是双馈型异步风力发电机和直驱型同步风力发电机。在电网电压跌落的情况下,双馈型机组转子电路中暂态电压和电流均会大幅增加;电流的迅速增加会导致变流器直流侧电压升高,过流和过压会对变流器的电力电子器件构成威胁,迫使变流器退出运行。为应对这一难题,双馈机组采用低电压穿越技术或者采用合理的励磁控制算法,但这些措施的效果有限。直驱型风力发电机组通过全功率变流器实现了发电机与电网之间的隔离,具有较强的低电压运行能力。但在电网发生电压跌落等故障时,变流器直流侧也存在着过压和容量不足的问题,并且在电网电流中产生高次谐波。

[0005] 风电稳定性差的另一个表现是发电功率不稳定。这是由风电的固有特性决定的,由于风速不稳定,时大时小,导致风力发电功率的波动。

[0006] 风力发电设备的可靠性差是指风力发电机的使用寿命达不到预期要求。风力发电机中故障率较高的部件是齿轮箱。齿轮箱故障居高不下的原因除了制造和装配的原因,一个重要的原因是叶轮转速很低,产生的扭矩很大,轮齿表面的接触应力和弯曲应力都很大,传动系统在大风或紧急制动时所承受有载荷就更大。现代风力发电机的功率越来越大,齿轮箱所受的载荷也越来越大。

[0007] 友好型风电技术是风力发电技术未来的发展趋势。友好风电技术以前置无级调速为核心,采用恒速恒频同步发电技术,使发电机转速始终保持在同步转速附近。主要技术流派包括:液力变矩调速、电磁耦合调速、差动齿轮调速。德国Voith公司开发了基于液力变矩调速的Windrivet系统并投入使用,由于液力变矩器的传动效率低,导致Windrive系统的传动效率不高。利用电磁耦合器调速的方式目前正处于研究中,由于不可能消除滑差功率损耗和铁损,这种调速方式的效率也不高。差动齿轮调速是将叶轮的转速和变频电机的转速合成,使输出转速为发电机的同步转速。现有的友好型风力发电技术能够有效应对电网故障,但还是存在一些不足:windriver系统和电磁耦合调速的传动效率不高;电磁耦合调速和差动调速离不开电力电子变流器,由于变流器的存在,不可避免地会在电网中产生高次谐波。

### 发明内容

[0008] 本发明的目的:提供一种传动效率高、可靠性好的友好型风力发电机。

[0009] 本发明采用的技术手段:采用功率分流的思想,改变传统的单叶轮风力发电机结构,设置上风向和下风向两个叶轮,动力由两个叶轮输入齿轮箱,有效改善齿轮箱内轮齿间的接触应力和弯曲应力;去掉产生高次谐波电力电子变流器,由上风向叶轮和下风向叶轮的合成运动调节风力发电机的转速;为了使风力发电机的功率波动小,增强叶轮捕捉风能的调节能力,上风向叶轮为可变距叶轮,通过改变迎风角控制上风向叶轮对风能的捕捉能力,下风向叶轮的叶片可沿叶轮毂体的径向移动,通过改变叶片位置控制下风向叶轮对风能的捕捉能力。

[0010] 为实现上述发明目的和技术手段,本发明的内容如下:一种双叶轮同步风力发电机组,主要由上风向叶轮、下风向叶轮、齿轮传动系统和同步发电机组成,其特征在于:齿轮传动系统由两级行星传动和一级定轴传动组成;行星传动由前行星排和后行星排组成,前行星排的中心齿轮与后行星排的行星架相连;前行星排的自由度为二,它的行星架、内齿圈和中心齿轮都可以转动;后行星排的自由度为一,它的内齿圈固定,行星架和中心齿轮可以转动;上风向叶轮和前行星排的内齿圈相连,下风向叶轮与前行星排的行星架相连;定轴传动由大齿轮和小齿轮组成,大齿轮与小齿轮保持啮合关系,大齿轮与后行星排的中心齿轮相连,小齿轮与同步发电机连为一体;下风向叶轮的叶片可沿叶轮毂体的径向移动,下风向叶轮的叶片扫掠面积能够发生改变。

## 附图说明

[0011] 图1为一种双叶轮同步风力发电机组的原理图。

## 具体实施方式

[0012] 现以图1所示的原理图详细说明本发明的具体实施方式。

[0013] 一种双叶轮同步发电机组主要由上风向叶轮、下风向叶轮、齿轮传动系统和同步发电机几大部分组成。

[0014] 齿轮传动系统由两级行星齿轮传动和一级定轴齿轮传动组成。行星齿轮传动由前行星排和后行星排组成。前行星排由前排内齿圈(3)、前排行星架(4)、前排行星齿轮(5)和前排中心齿轮(6)组成。后行星排由后排行星架(7)、后排行星齿轮(8)、后排内齿圈(9)和后排中心齿轮(10)组成。定轴齿轮传动由大齿轮(11)和小齿轮(12)组成,大齿轮(11)和小齿轮(12)保持啮合关系。前排中心齿轮(6)与后排行星架(7)相连,二者同步转动。后排中心齿轮(10)与大齿轮(11)相连,二者同步转动。小齿轮(12)与同步发电机(13)相连,二者同步转动。

[0015] 前行星排中的前排内齿圈(3)、前排行星架(4)和前排中心齿轮(6)都不固定,前行星排的自由度为二;后行星排中,只有后排内齿圈(9)固定,后排行星架(7)和后排中心齿轮(10)都不固定,后行星排的自由度为一。

[0016] 上风向叶轮(1)为可变桨距叶轮,通过变桨操作可以改变叶片的迎风面积。

[0017] 下风向叶轮由下风向叶片(15)、滑块(16)、下风向叶轮毂体(17)、蜗杆(18)、蜗轮(19)、主动锥齿轮(20)、从动锥齿轮(21)和螺杆(22)组成。下风向叶片(15)安装在滑块(16)上,下风向叶片(15)和滑块(16)可沿下风向叶轮毂体(17)的径向移动。滑块(16)上设有与

螺杆(22)相配合的内螺纹,滑块(16)的移动由螺杆(22)驱动。在下风向叶轮壳体(17)上还安装有蜗杆(18)、蜗轮(19)、主动锥齿轮(20)、从动锥齿轮(21)和螺杆(22),蜗轮(19)与主动锥齿轮(20)连为一体,从动锥齿轮(21)与螺杆(22)连为一体。当蜗杆(18)转动时,带动蜗轮(19)转动,蜗轮(19)和主动锥齿轮(20)一起转动,主动锥齿轮(20)带动从动锥齿轮(21)和螺杆(22)转动,从而使滑块(16)沿下风向叶轮壳体(17)的径向移动。当下风向叶轮有多个叶片时,主动锥齿轮同时驱动多个从动锥齿轮,使多个叶片同步外移或内移。

[0018] 上风向叶轮旋转时,其叶片的扫掠区域为一个圆,扫掠区域的面积不会发生改变。下风向叶轮旋转时,它的叶片的扫掠区域为一个圆环,扫掠区域的面积由叶片的位置决定,当叶片离叶轮旋转轴越远时,扫掠区域的面积越大,反之则越小。叶片扫掠区域的面积越大,获取的风能就越多。

[0019] 上风向叶轮(1)通过上风向输入轴(2)与前排内齿圈(3)相连,下风向叶轮通过下风向输入轴(14)与前排行星架(4)相连。

[0020] 本发明所述的双叶轮同步发电机组,动力由上风向叶轮和下风向叶轮输入,然后由前排中心齿轮(6)传递到后排行星架(7),动力再经过后排中心齿轮(10)传递至大齿轮(11),由大齿轮(11)驱动小齿轮(12),最后由小齿轮(12)带动同步发电机(13)转动。

[0021] 由于上风向叶轮与前排内齿圈相连,下风向叶轮与前排行星架相连,所以上风向叶轮的转速与前排内齿圈的转速相同,下风向叶轮与前排行星架的转速相同。如果 $n_3$ 表示前排内齿圈的转速, $n_4$ 表示前排行星架的转速, $n_5$ 表示前排中心齿轮的转速, $k$ 表示前排内齿圈与前排中心齿轮的齿数比,则由机械原理的知识可得如下公式: $n_5=(k+1)n_4-kn_3$ ,由公式可以看出,改变上风向叶轮和下风向叶轮的转速,可以调节前排中心齿轮的转速,从而达到调节发电机转速的目的,如果通过变距操作使上风向叶轮正反转,则可使前排中心齿轮的转速在很大范围内变化。

[0022] 本发明所述的双叶轮风力发电机中,上风向叶轮与下风向叶轮的旋转方向相反,可使前行星排具有很大的升速比,驱动发电机所需的动力由两个叶轮经前行星架和前排内齿圈输入,在前排中心齿轮处合流后输出。这种结构有利于减小前行星排的齿面接触应力和齿根弯曲应力,延长齿轮箱的使用寿命。

[0023] 本发明所述的双叶轮风力发电机的具体工作过程,可以根据风速的大小分为三个阶段。

[0024] 第一个阶段为启动阶段。当风速达到切入风速,上风向叶轮处于最大风能捕捉状态,下风向叶轮的叶片移动到离轴线最远的位置,上风向叶轮和下风向叶轮反向旋转,使同步发电机的转速快速上升,当同步发电机的转速达到同步转速时,进行并网操作。

[0025] 第二个阶段为风速大于启动风速而小于额定风速阶段。在这一阶段,上风向叶轮处于最大风能捕捉状态,下风向叶轮的叶片仍然处在离旋转轴线最远的位置。当风速发生波动时,通过调整同步发电机的励磁使其转速保持在同步转速。这一阶段发电机的输出功率发生变化,频率保持不变。

[0026] 第三个阶段为风速大于等于额定风速而小于停机风速。当风速达到额定风速时,同步发电机的输出功率为额定功率。如果风速大于额定风速而小于停机风速,则调节上风向叶轮的叶片迎风角和下风向叶轮叶片与轴线的距离,保证同步发电机的输出功率和输出频率不变。当风速接近停机风速时,下风向叶轮的叶片距离轴线最近。

[0027] 当风速达到停机风速时,上风向叶轮的攻角调整到90度,下风向叶轮距离轴线最近并释放叶尖扰流器,使风力发电机快速停机。

[0028] 本发明所述的双叶轮风力发电机具有以下几个优点:在相同功率的条件下,双叶轮风力发电机的叶片比单叶轮风力发电机的叶片小,降低了叶片的制造难度,降低了叶片对材料的要求,降低了叶片根部所受的弯矩;上风向叶轮和下风向叶轮分置机舱的两端,有利于机舱的平衡;同步发电机所需动力由上风向叶轮和下风向叶轮同时输入,使传统的单功率流变为双功率流,有利于减小齿轮表面的接触应力和齿根的弯曲应力,延长齿轮箱的使用寿命;与电磁耦合调速和液力变矩调速的风力发电机相比,双叶轮风力发电机组的传动系统中无二次能量转化元件,它传动效率很高;双叶轮同步发电机组去除了电力电子变流器,使发电机组的成本降低,从根本上消除了电网电流中的高次谐波,对电网更加友好。综合这些优势,本发明所述的双叶轮同步风力发电机组具有良好的推广价值。

