

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610130168.X

[51] Int. Cl.

H02P 9/06 (2006.01)

H02K 16/02 (2006.01)

H02K 7/14 (2006.01)

F03D 7/04 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009 年 5 月 27 日

[11] 授权公告号 CN 100492870C

[22] 申请日 2006.12.14

[21] 申请号 200610130168.X

[73] 专利权人 天津市新源电气科技有限公司

地址 300384 天津市华苑产业区物华道 2 号 B 座 535

[72] 发明人 王华君

[56] 参考文献

CN1976207A 2007.6.6

CN1105159A 1995.7.12

US4193005A 1980.3.11

CN200987138Y 2007.12.5

CN1996744A 2007.7.11

CN1976206A 2007.6.6

CN1976205A 2007.6.6

变速恒频风电机组额定风速以上恒功率控制. 姚红菊, 许洪华, 赵斌. 电气时代, 第 11 期. 2005

变速恒频风力发电机最大功率跟踪控制策略的研究. 王志华, 李亚西, 赵栋利, 郭金东, 许洪华. 可再生能源, 第 2 期. 2005

变速恒频风力机桨叶电液比例控制系统研究. 戴赞, 王志新, 朱亦凡. 机电一体化, 第 1 期. 2006

审查员 李 春

[74] 专利代理机构 天津伊加知识产权代理有限公司

代理人 王念冬 陈炳晖

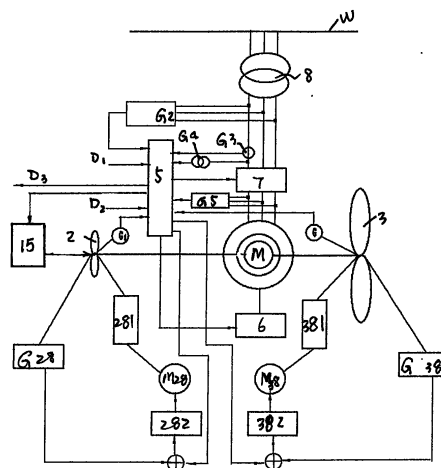
权利要求书 3 页 说明书 11 页 附图 4 页

[54] 发明名称

套叠双转子风机变速恒频控制系统

[57] 摘要

一种套叠双转子风机变速恒频控制系统, 涉及风力发电领域, 其中, 在发电机的副传动轴上配置由该副传动轴传动的相对定子旋转的永磁内转子; 在发电机的主传动轴上配置由该主传动轴传动的相对定子旋转的环形转子; 环形转子又呈环抱永磁内转子并可绕永磁内转子旋转的构造配置; 在发电机的主传动轴上配置在风力作用下相对具有 P_g 极对数的定子以 N_z 速度旋转的主风轮; 在发电机的副传动轴端部配置的副风轮带动永磁内转子以 N_e 速度相对主风轮反向旋转, 本案机组可实现变速恒频运行、变桨距调节, 额定风速以下本案双风轮发电机组较单风轮变速恒频机组风能利用率有较大提高, 无齿轮箱、可实现直驱, 无滑环故障之担心, 不需大容量变流装置, 机组可靠性大大提高。



1. 一种套叠双转子风机变速恒频控制系统, 包括发电机, 其中, 发电机的副传动轴(12)上配置由该副传动轴传动的相对定子(16)旋转的永磁内转子(17); 发电机的主传动轴(13)上配置由该主传动轴传动的相对定子旋转的环形转子(14); 该环形转子又呈环抱永磁内转子并可绕永磁内转子旋转的构造配置; 所述环形转子的环形转子内侧绕组(142)的极对数与永磁内转子极对数一致设置为 P_e 对极; 环形转子外侧绕组(143)的极对数与定子绕组极对数一致设置为 P_g 对极, 所述环形转子外侧绕组与内侧绕组通过环形转子绕组间连接线(123)反相序连接;

主、副风轮上分别设置可将转速的信号传送到机组集控装置(5)的主风轮转速测量装置、副风轮转速测量装置;

机组集控装置具有与风速检测装置联结的端口、与风向检测装置联结的端口、与上位机传输数据的端口;

偏航控制器(6)与机组集控装置以控制主风轮下风向旋转的方式联结; 所述的主风轮与副风轮分别配置调节桨距角的主风轮变桨距调节机构(38)、副风轮变桨距调节机构(28), 所述的主、副风轮变桨距调节机构与机组集控装置(5)均以控制风轮变桨距调节机构变桨的方式联结;

在发电机的电压输出端依次连接可对发电机输出电压加以限制、同期后软并网、停机时脱网的并网控制装置(7)和升压变压器(8), 再与外电网联接;

在并网控制装置和升压变压器之间依次配置与机组集控装置联结的输出电压测量装置、与机组集控装置联结的输出电流检测装置、与机组集控装置联结的电网频率检测装置; 在发电机与并网控制装置之间配置与机组集控装置联结的空载检测装置;

发电机的主风轮(3)配置在主传动轴上, 在风力作用下相对具有 P_g 极对数的定子(16)以 $N_z r$ 速度旋转, 且主风轮转速满足下述关系式:

$$N_{Zr} = \frac{60 \times (fg - fe)}{Pg + Pe}$$

其中：N_{Zr} 表示主风轮转速；P_g 表示定子绕组极对数；P_e 表示永磁内转子的极对数；f_g 表示定子频率；f_e 表示永磁内转子折算频率。

2. 如权利要求 1 所述套叠双转子风机变速恒频控制系统，其特征在于，发电机的副风轮（2）配置在副传动轴上，该副风轮带动永磁内转子以相对于定子转速 N_e 速度相对主风轮反向旋转，且永磁内转子折算频率满足下述关系式： $fe = \frac{Ne \times Pe}{60}$ 其中：N_e 表示副风轮相对定子转速。

3. 如权利要求 2 所述的套叠双转子风机变速恒频控制系统，其特征在于，在副传动轴上配置以 N_{Zre} 转速相对旋转的、具有 P_e 极对数的永磁内转子，永磁内转子相对环形转子旋转的转速满足下述关系式：N_{Zre} = N_{Zr} + N_e 其中：N_{Zre} 表示永磁内转子相对环形转子旋转的转速。

4. 如权利要求 1-3 之一所述的套叠双转子风机变速恒频控制系统，其特征在于，所述主、副风轮变桨距调节机构构造相同，它由变桨伺服机构（381、281）与变桨控制装置（382、282）组成。

5. 如权利要求 4 所述的套叠双转子风机变速恒频控制系统，其特征在于，所述机组集控装置通过变桨控制装置与变桨伺服机构（381、281）呈根据检测到的桨距角变化进行主风轮和副风轮转速调节的方式联结。

6. 如权利要求 5 所述的套叠双转子风机变速恒频控制系统，其特征在于，所述的主风轮与副风轮内分别配置副风轮桨距角测量装置、主风轮桨距角测量装置。

7. 如权利要求 6 所述的套叠双转子风机变速恒频控制系统，其特征在于，所述主风轮的叶片扫风面积设置为副风轮的叶片扫风面积 2-5 倍。

8. 如权利要求 7 所述的套叠双转子风机变速恒频控制系统，其特征在于，所述环形转子外侧绕组极对数 P_g 设置为大于环形转子内侧绕组极对数 P_e。

9. 如权利要求 8 所述的套叠双转子风机变速恒频控制系统，其特征在于，

所述主、副风轮变桨距调节机构由伺服电机驱动；该变桨伺服机构与机组集控装置呈可依桨距角的变化对主风轮和副风轮进行转速调节的方式电气联结；所述主风轮叶片扫风面积约是副风轮的叶片扫风面积的 3 倍。

10. 如权利要求 9 所述的套叠双转子风机变速恒频控制系统,其特征不在于,所述的扫风面积是风轮旋转形成的面积；所述的主风轮下风向旋转,副风轮上风向反向旋转；制动器(15)与机组集控装置以当副风轮转速为 0 时可启动工作的电气方式联结。

套叠双转子风机变速恒频控制系统

技术领域

本发明涉及风力发电机，特别是具有套叠式双转子励磁构造的变速恒频励磁控制系统。

背景技术

习知技术如中国专利 CN200510022771.1 公开了一种风力发电的变速恒频方法，其特点是，首先将风力机转子的转速通过增速齿轮箱增速，然后将变速产生的输入功率输入差动永磁电机的输入轴，由差动永磁电机的差速机构进行功率分流或合流产生功率流进入差动永磁电机的定子绕组经馈线对电网实现恒速恒频发电，以提高发电系统的发电效率。

又如中国专利 CN200410009701.8 公开了一种采用双馈感应电机作为发电机的变速恒频风力发电系统及其并网控制方法。包括双馈感应电机，励磁变换器，DSP 单元，电量采集单元、速度、位置测量单元以及驱动单元。它对励磁变换器进行控制，利用励磁变换器控制双馈发电机定子产生电压，对电机电压相位、幅值和频率同时控制，无需单独进行电网电压与电机定子电压同步；在电机速度范围在 0~0.5s 时，驱动单元开始驱动励磁变换器，这样，电机并网的转速速度范围很宽，并网控制对速度要求不严格，同时，控制过程采用电流开环控制，简化了系统，减轻了系统处理器的负担，使得电流控制变得简易行，使得双馈电机易于并网。

中国专利申请 99127259.5 公开了一种高效率利用风能方法及全转子双风轮风力发电机和教具玩具全转子双风轮风力发电机。当风吹动第一个风轮旋转时，透过风轮后面的风和风轮转动产生的空气流推动第二个风轮旋转，风轮带动轴杆向右旋转，风轮带动轴管向左旋转做机械功的方法。全转子双风轮风力发电机的风轮带动轴杆上的磁极转子在轴承的支承下向右旋转，风轮

带动轴管上的发电转子在轴承的支承下向左旋转，线圈切割磁力线发出电流。

习知风力发电机组通过齿轮箱将风轮在风力作用下所产生的动力传递给发电机并使其得到相应的转速；通常风轮的转速很低，远达不到高速发电机所要求的发电转速，必须通过齿轮箱齿轮副的增速作用来实现；而风力发电机组的工况环境一般很差，齿轮箱频发故障是常有的事。

习知技术制造的产品可靠性差，维护成本高，机组效率低。业界希望利用无刷双馈电机技术的无刷结构和较宽的变速恒频运行范围，结合安装于双转子传动轴上相互反向旋转的双风轮高效利用风能的技术优势，去掉齿轮箱和复杂的控制系统实现发电机组的变速恒频运行。

发明内容

本发明所要解决的问题在于，克服袭用技术存在的上述缺陷，而提供一种套叠双转子风机变速恒频控制系统。

本发明解决技术问题是采取以下技术方案来实现的，依据本发明提供的一种套叠双转子风机变速恒频控制系统，

包括发电机，其中，发电机的副传动轴上配置由该副传动轴传动的相对定子旋转的永磁内转子；发电机的主传动轴上配置由该主传动轴传动的相对定子旋转的环形转子；该环形转子又呈环抱永磁内转子并可绕永磁内转子旋转的构造配置；所述环形转子的环形转子内侧绕组的极对数与永磁内转子极对数一致设置为 P_e 对极；环形转子外侧绕组的极对数与定子绕组极对数一致设置为 P_g 对极，所述环形转子外侧绕组与内侧绕组通过环形转子绕组间连接线反相序连接；主、副风轮上设置可将转速的信号传送到机组集控装置的主风轮转速测量装置、副风轮转速测量装置；机组集控装置具有与风速检测装置联结的端口、与风向检测装置联结的端口、与上位机传输数据的端口；偏航控制器与机组集控装置以控制主风轮下风向旋转的方式联结；所述的主风轮与副风轮分别配置调节桨距角的主风轮变桨距调节机构、副风轮变桨距调节机构，所述的主、副风轮变桨距调节机构与机组集控装置均以控制风轮变桨

距调节机构变桨的方式联结；

在发电机的电压输出端依次连接可对发电机输出电压加以限制、同期后软并网、停机时脱网的并网控制装置和升压变压器，再与外电网联接；在并网控制装置和升压变压器之间依次配置与机组集控装置联结的输出电压测量装置、与机组集控装置联结的输出电流检测装置、与机组集控装置联结的电网频率检测装置；在发电机与并网控制装置之间配置与机组集控装置联结的空载检测装置；

发电机的主风轮(3)配置在主传动轴上，在风力作用下相对具有 P_g 极对数的定子(16)以 N_{zr} 速度旋转，且主风轮转速满足下述关系式：

$$N_{zr} = \frac{60 \times (f_g - f_e)}{P_g + P_e}$$

其中： N_{zr} 表示主风轮转速； P_g 表示定子绕组极对数； P_e 表示永磁内转子的极对数； f_g 表示定子频率； f_e 表示永磁内转子折算频率。

本案解决技术问题还可以依以下技术措施来进一步实现：

前述套叠双转子风机变速恒频控制系统，其中，发电机的副风轮配置在副传动轴上，该副风轮带动永磁内转子以相对于定子转速 N_e 速度相对主风轮反向旋转，且永磁内转子折算频率满足下述关系式：

$$f_e = \frac{N_e \times P_e}{60} \quad \text{其中：} N_e \text{ 表示副风轮相对定子转速。}$$

前述套叠双转子风机变速恒频控制系统，其中，在副传动轴上配置以 N_{zre} 转速相对旋转的、具有 P_e 极对数的永磁内转子，永磁内转子相对环形转子旋转的转速满足下述关系式：

$$N_{zre} = N_{zr} + N_e \quad \text{其中：} N_{zre} \text{ 表示永磁内转子相对环形转子旋转的转速。}$$

前述套叠双转子风机变速恒频控制系统，其中，所述主、副风轮变桨距调节机构构造相同，它由变桨伺服机构与变桨控制装置组成。

前述套叠双转子风机变速恒频控制系统，其中，所述机组集控装置通过变桨控制装置与变桨伺服机构呈根据检测到的桨距角变化进行主风轮和副风轮转速调节的方式联结。

前述套叠双转子风机变速恒频控制系统，其中，所述的主风轮与副风轮内分别配置副风轮桨距角测量装置、主风轮桨距角测量装置。

前述套叠双转子风机变速恒频控制系统，其中，所述主风轮的叶片扫风面积设置为副风轮的叶片扫风面积 2-5 倍。

前述套叠双转子风机变速恒频控制系统，其中，所述环形转子外侧绕组极对数 P_g 设置为大于环形转子内侧绕组极对数 P_e 。

前述套叠双转子风机变速恒频控制系统，其中，所述主、副风轮变桨距调节机构由伺服电机驱动；该变桨伺服机构与机组集控装置呈可依桨距角的变化对主风轮和副风轮进行转速调节的方式电气联结；所述主风轮叶片扫风面积约是副风轮的叶片扫风面积的 3 倍。

前述套叠双转子风机变速恒频控制系统，其中，所述的扫风面积是风轮旋转形成的面积；所述的主风轮下风向旋转，副风轮上风向反向旋转；制动器与机组集控装置以当副风轮转速为 0 时可启动工作的电气方式联结。

本发明与现有技术相比具有显著的优点和有益效果。由以上技术方案可知，本发明在优异的结构配置下，至少有如下的优点：

本案采用双风轮机构的发电机，其中较大直径的主风轮为发电用，较小直径的副风轮为调节励磁频率兼发电用，二者在同一个轴线上、相互反方向旋转，偏航控制器负责控制主风轮下风向对风旋转，主力发电；副风轮上风向对风反向旋转，辅助发电，大大提高效能；本案双风轮结构设置及偏航机构的配置，使机组偏航控制变的更简单、可靠；

本案采用无刷双馈电机转子和旋转永磁内转子双转子套叠结构，实现机组变速恒频励磁运行，相当同容量单转子发电机极对数至少减少 1/3，从而缩短发电机直径，方便运输、降低机组重量；

本案机组可实现变速恒频运行、变桨距调节，额定风速以下本案双风轮发电机组较单风轮变速恒频机组风能利用率有较大提高，无齿轮箱、可实现直驱，无滑环故障之担心，不需大容量变流装置，机组可靠性大大提高；本

发明对比现有技术有显著的贡献和进步，确实是具有新颖性、创造性、实用型的好技术。

本发明的具体实施方式由以下实施例及其附图详细给出。

附图说明

图 1 是本发明套叠式双转子变速恒频发电机结构示意图；

图 2 是本发明励磁绕组接线结构示意图；

图 3 是本发明变速恒频励磁控制系统结构示意图；

图 4 是本发明变速恒频励磁控制系统工作原理框图。

具体实施方式

以下结合附图及较佳实施例，对依据本发明提供的具体实施方式、结构、特征及其功效，详细说明如后。

如图 1-4 所示，一种套叠式双转子变速恒频发电机，包括固装在底座 10 上的发电机主体 1，发电机定子 16 固装于发电机主体机壳 11 内，其中，

永磁内转子 17 通过副传动 12 轴传动、呈相对定子 16 旋转的构造装置在发电机主体机壳内；

环形转子 14 通过主传动轴 13 传动，该环形转子呈环抱并可绕永磁内转子旋转的构造装置，且该环形转子 14 呈相对定子 16 旋转的构造配置；该环形转子 14 借由环形转子支撑单元 140 环抱前述永磁内转子 17 装置在主传动轴 13 上；发电机定子 16 与环形转子 14 匹配设置，向外输出电能的定子绕组 161 装在固装于电机壳内的定子铁芯 162 上；

所述的环形转子 14 由环抱永磁内转子的环形转子铁心 141 和与环形转子铁心匹配结合的环形转子内侧绕组 142、环形转子外侧绕组 143 组成，所述的环形转子的两端分别设置环形转子支撑单元 140，该环形转子支撑单元与传动轴结合的部位设置轴承件 1401，以使环形转子随主传动轴旋转；

由此环形转子作为无刷双馈电机转子与由副传动轴传动旋转的永磁内转子形成发电机的套叠式双重转子构造；从而可实现机组变速恒频运行，相当

同容量单转子发电机极对数至少减少 1/3, 因而可大大缩短发电机直径, 方便设备运输、降低电机重量;

副风轮 2 通过其轮毂 21 按习知技术呈上风向相对主风轮反向旋转的传动构造装配在副传动轴的伸出端 121; 用于副风轮刹车的制动器 15 设置在发电机端盖与副风轮轮毂之间;

所述的副传动轴借由配置在发电机第一端盖 111 部的第一轴承 115 支撑, 伸出机壳 11 装置副风轮, 副风轮 2 相对主风轮呈反向对风旋转的传动构造装置在副传动轴 12 的轴身端部, 该副风轮通过其轮毂 21 以习知技术按 F2 方向呈上风向对风旋转安装;

通过习知技术, 将借由副风轮传动的副传动轴 12 与借由主风轮传动的主传动轴 13 成可相互转动的联结方式同轴安装、由副传动轴将副风轮的动力传递给永磁内转子; 所述的主、副传动轴均具有预设直径的中空通孔 120、130, 以使大型发电机组传动轴在满足技术要求条件下更轻质, 从而降低机体重量;

所述的主传动轴的一端借由配置在发电机第二端盖 112 部的第二轴承 116 支撑伸出机壳与主风轮装配, 该主风轮 3 通过其轮毂 31 呈下风向旋转的传动构造装配在主传动轴 13 上, 该主传动轴的另一端伸入机壳通过环形转子支撑单元 140 按习知技术与环形转子呈动力传动构造配置; 该主风轮通过其轮毂 31 以习知技术按 F3 方向呈下风向对风旋转安装;

一种套叠双转子风机变速恒频励磁控制系统, 包括前述发电机 M, 其中, 发电机的主风轮 3 配置在主传动轴上, 在风力作用下相对具有 P_g 极对数的定子 16 以 N_{zr} 速度旋转, 且主风轮转速满足下述关系式:

$$N_{zr} = \frac{60 \times (f_g - f_e)}{P_g + P_e}$$

其中: N_{zr} 表示主风轮转速; P_g 表示定子绕组极对数; P_e 表示永磁内转子的极对数; f_g 表示定子频率; f_e 表示永磁内转子折算频率;

所述环形转子内侧绕组极对数与永磁内转子极对数一致设置为 P_e 对极; 所述环形转子外侧绕组极对数与定子绕组极对数一致设置为 P_g 对极; 所述的

环形转子外侧绕组与内侧绕组通过环形转子绕组间连接线 123 反相序连接；所述环形转子外侧绕组极对数 P_g 设置为大于环形转子内侧绕组极对数 P_e ，所述环形转子外侧绕组极对数可以是 3 倍的环形转子内侧绕组极对数；

发电机的副风轮 2 配置在副传动轴上，该副风轮带动永磁内转子以 N_e 速度相对主风轮反向旋转，且永磁内转子折算频率满足下述关系式：

$$f_e = \frac{N_e \times P_e}{60} \quad \text{其中：} N_e \text{ 表示副风轮相对定子转速；}$$

在副传动轴上配置以 N_{zre} 转速相对旋转的、具有 P_e 极对数的永磁内转子，永磁内转子相对环形转子旋转的转速满足下述关系式： $N_{zre} = N_{zr} + N_e$

其中： N_{zre} 表示永磁内转子相对环形转子旋转的转速；

前述的主、副风轮上设置可将转速的信号传送到机组集控装置 5 的主风轮转速测量装置 G、副风轮转速测量装置 G1，经由风速检测装置联结的端口 D1 测得的风速和通过转速测量装置测得的风轮转速，传输给机组集控装置 5；机组集控装置与偏航控制器 6 联结，控制主风轮下风向对风旋转，偏航控制器 6 可安装于底座下的机舱内部 101；

所述的主风轮与副风轮的轮毂部分别配置调节桨距角的主风轮变桨距调节机构 38、副风轮变桨距调节机构 28，该主风轮、副风轮变桨距调节机构与机组集控装置 5 电气联结，由机组集控装置 5 对主风轮变桨距调节机构 38 发出变桨指令；所述的主风轮与副风轮内分别配置副风轮桨距角测量装置 G28、主风轮桨距角测量装置 G38；

所述主、副风轮变桨距调节机构构造相同，它由以伺服电机 M38、M28 驱动的变桨伺服机构 381、281 与变桨控制装置 382、282 组成，所述机组集控装置 5 通过变桨控制装置 382、282 与以伺服电机 M38、M28 驱动的变桨伺服机构 381、281 联结；该变桨伺服机构在机组集控装置 5 的控制下根据检测到的桨距角变化进行主风轮和副风轮的转速调节，实现主风轮下风向对风旋转，而副风轮上风向对风反向旋转；制动器 15 设置在发电机端盖与副风轮轮毂之间；

在发电机的电压输出端依次连接并网控制装置 7、和升压变压器 8，再与外电网 W 联接；在并网控制装置、和升压变压器之间依次配置与机组集控装置 5 联结的输出电压测量装置 G4、与机组集控装置联结的输出电流检测装置 G3、及与机组集控装置联结的电网频率检测装置 G2；在发电机 M 与并网控制装置之间配置与机组集控装置联结的空载检测装置 G5；机组集控装置还具有与风速检测装置（未图示）联结的端口 D1、与风向检测装置（未图示）联结得端口 D2、与上位机传输数据的端口 D3；所述主、副风轮叶片按已知技术方式装置在风轮轮毂上，所述主风轮叶片扫风面积大于副风轮的叶片扫风面积 2-5 倍，尤以主风轮叶片扫风面积是副风轮的叶片扫风面积的 3 倍左右较佳，所述的扫风面积是风轮旋转形成的面积；

经由输出电流检测装置 G3 测得的发电机的输出电流和经由输出电压测量装置 G4 测得的发电机的输出电压传输给机组集控装置 5，经由机组集控装置 5 运算出的发电机输出功率值与预设的额定功率数值比对；在设定条件下，机组集控装置 5 将由风速检测装置的联结端口 D1 测得的风速和通过转速测量装置 G 测得的主风轮额定转速，采集计算得出该风速下主风轮额定转速的桨距角的调节数值，再与主风轮桨距角测量装置 G38 采集的桨距角值比对，由机组集控装置 5 对主风轮变桨距调节机构 38 发出变桨指令；由此可以实现主风轮在恒定功率下运行，防止发电机过载；

当套叠永磁变速恒频励磁双转子发电机并网运行、主风轮转速在预设的额定转速和最低转速之间时，副风轮在机组集控装置 5 调节下按预设条件相对主风轮反向旋转、通过这种转速变化使发电机定子电压频率始终为 50Hz；副风轮转速最低可到零，副风轮转速为 0 速时制动器 15 工作，

综上，双风轮机构的发电机，其中较大直径的主风轮为发电用，较小直径的副风轮为调节励磁频率兼发电用，二者在同一个轴线上、相互反方向旋转，偏航控制器负责控制主风轮下风向对风旋转，主力发电；副风轮上风向对风反向旋转，辅助发电，大大提高效能。

所述发电机的电压输出端并网控制装置等配置可对发电机输出电压加以限制、同期后软并网、停机时脱网，可有效的减少并网无功电流的冲击，确保机组安全运行；当发电机达到额定输出功率时，机组功率因数控制在 $\cos \theta = 1$ 左右运行；当发电机输出有功功率较小时，机组输出 $\cos \theta < 1$ 的感性无功功率；当发电机转速低于额定最低转速或发电机输出功率高于最大输出功率时，从电网上解列发电机，通过并网控制装置等配置完成软解列。

一种套叠双转子风机变速恒频励磁方法及其控制系统：

1. 在主传动轴上配置在风力作用下相对具有 P_g 极对数的定子以 N_{zr} 速度旋转的主风轮，且主风轮转速满足下述关系式：
$$N_{zr} = \frac{60 \times (f_g - f_e)}{P_g + P_e}$$

其中： N_{zr} 表示主风轮转速； P_g 表示环形转子外侧绕组极对数； P_e 表示永磁内转子的极对数； f_g 表示定子频率； f_e 表示永磁内转子折算频率；

2. 在副传动轴 12 端部配置的副风轮带动永磁内转子以 N_e 速度相对主风轮反向旋转，且永磁内转子折算频率满足下述关系式：
$$f_e = \frac{N_e \times P_e}{60}$$

其中： N_e 表示副风轮相对定子转速

3. 在副传动轴上配置以 N_{zre} 转速相对旋转的、具有 P_e 极对数的永磁内转子，永磁内转子相对励磁内转子旋转的转速满足下述关系式：

$N_{zre} = N_{zr} + N_e$ 其中： N_{zre} 表示永磁内转子相对环形转子旋转的转速；

4. 所述环形转子内侧绕组极对数与永磁内转子极对数一致设置为 P_e 对极；所述环形转子外侧绕组极对数与定子绕组极对数一致设置为 P_g 对极；所述环形转子外侧绕组与内侧绕组通过环形转子绕组间连接线 123 反相序连接；

5. 经由风速检测装置联结的端口 D1 测得的风速和通过转速测量装置 G 测得的主风轮转速，传输给机组集控装置 5，

当主风轮低于额定转速时机组集控装置进行主风轮叶尖速比数值比对，经与机组集控装置预设的主风轮叶尖速比数值比对，计算出桨距角的调节数值，再与主风轮桨距角测量装置 G38 采集的桨距角值比对，由机组集控装置 5 对主风轮变桨距调节机构 38 发出变桨指令；由此可以实现主风轮在额定转速

以下以其最佳叶尖速比运行，达到充分利用风能的目的；

当主风轮达到额定转速时，经由输出电流检测装置 G3 测得的发电机的输出电流和经由输出电压测量装置 G4 测得的发电机的输出电压传输给机组集控装置 5，经由该机组集控装置运算出的发电机输出功率值与预设的额定功率数值比对；符合预设值时，机组集控装置 5 将采集到的由风速检测装置联结的端口 D1 测得的风速和通过转速测量装置 G 测得的主风轮额定转速，计算出该风速下主风轮额定转速的桨距角的调节数值，再与主风轮桨距角测量装置 G38 采集的桨距角值比对，由机组集控装置 5 对主风轮变桨距调节机构 38 发出变桨指令；由此可以实现主风轮在恒定功率下运行，防止发电机过载；

6. 经由风速检测装置联结的端口 D1 测得的风速，和通过副风轮转速测量装置 G1 测得的副风轮转速，传输给机组集控装置 5；由机组集控装置 5 按照
$$N_{Zr} = \frac{60 \times (f_g - f_e)}{P_g + P_e}$$
 关系式进行变速控制，使发电机在额定转速及以下始终保持 50Hz 恒频运行；

当主风轮低于额定转速时，机组集控装置采集电网频率检测装置 G2 的频率数值与该主风轮转速下副风轮转速计算得到的发电机输出电压频率数值比对，计算出副风轮该转速下桨距角的调节数值，再与副风轮桨距角测量装置 G28 采集的桨距角值比对，由机组集控装置对副风轮变桨距调节机构 28 发出变桨指令，使发电机在额定转速以下保持 50Hz 恒频运行；

当主风轮达到额定转速时，经由风速检测装置联结的端口 D1 自测得的风速和通过转速测量装置 G 测得的副风轮额定转速，传输给机组集控装置 5，

当主风轮达到额定转速时，机组集控装置 5 采集电网频率检测装置 G2 频率数值与副风轮额定转速下计算得到的发电机输出电压频率数值比对，计算出该风速下副风轮桨距角的调节数值，再与副风轮桨距角测量装置 G28 采集的桨距角值比对，由机组集控装置 5 对副风轮变桨距调节机构 28 发出变桨指令；使发电机在额定转速时保持 50Hz 恒频运行；以发电机输出电压频率为调节目标，通过调节副风轮桨距角控制副风轮的转速来限定定子频率 f_g 为 50Hz，

永磁内转子静止 f_e 视为 0;

7. 所述环形转子外侧绕组极对数 P_g 设置为大于环形转子内侧绕组极对数 P_e , 所述环形转子外侧绕组极对数可以是 3 倍的环形转子内侧绕组极对数;

从而, 工作时套叠的两转子绕组具有相同的电流频率、相互反方向的旋转磁场, 发电机转子绕组励磁磁场相对套叠转子的旋转速度 N_{zre} 与主风轮轴机械旋转的速度 N_{zr} 叠加、配合, 始终形成同步励磁磁场, 该同步磁场在具有 P_g 对极的定子绕组中产生 50Hz 电势, 实现发电机组的变速恒频励磁运行。

8. 装配在传动轴 13 上的主风轮与装配在副传动轴的副风轮 2 借由叶片桨距角的相对反方向调节呈相对反向旋转配置。

9. 当主风轮转速在预设的额定转速和最低转速之间时, 副风轮在机组集控装置 5 调节下按预设规律反向旋转、形成使发电机定子电压频率始终为 50Hz 的变化转速; 当主风轮转速达到额定转速的 1.2-1.5 倍时, 同时副风轮转速达到最低转速 0 速时, 制动器 15 启动; 既此, 主风轮转速达到额定最低转速时, 副风轮反向转速达到最高, 机组可实现变速恒频运行。

以上所述, 仅是本发明的较佳实施例而已, 并非对本发明作任何形式上的限制, 凡是依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化与修饰, 均仍属于本发明技术方案的范围。

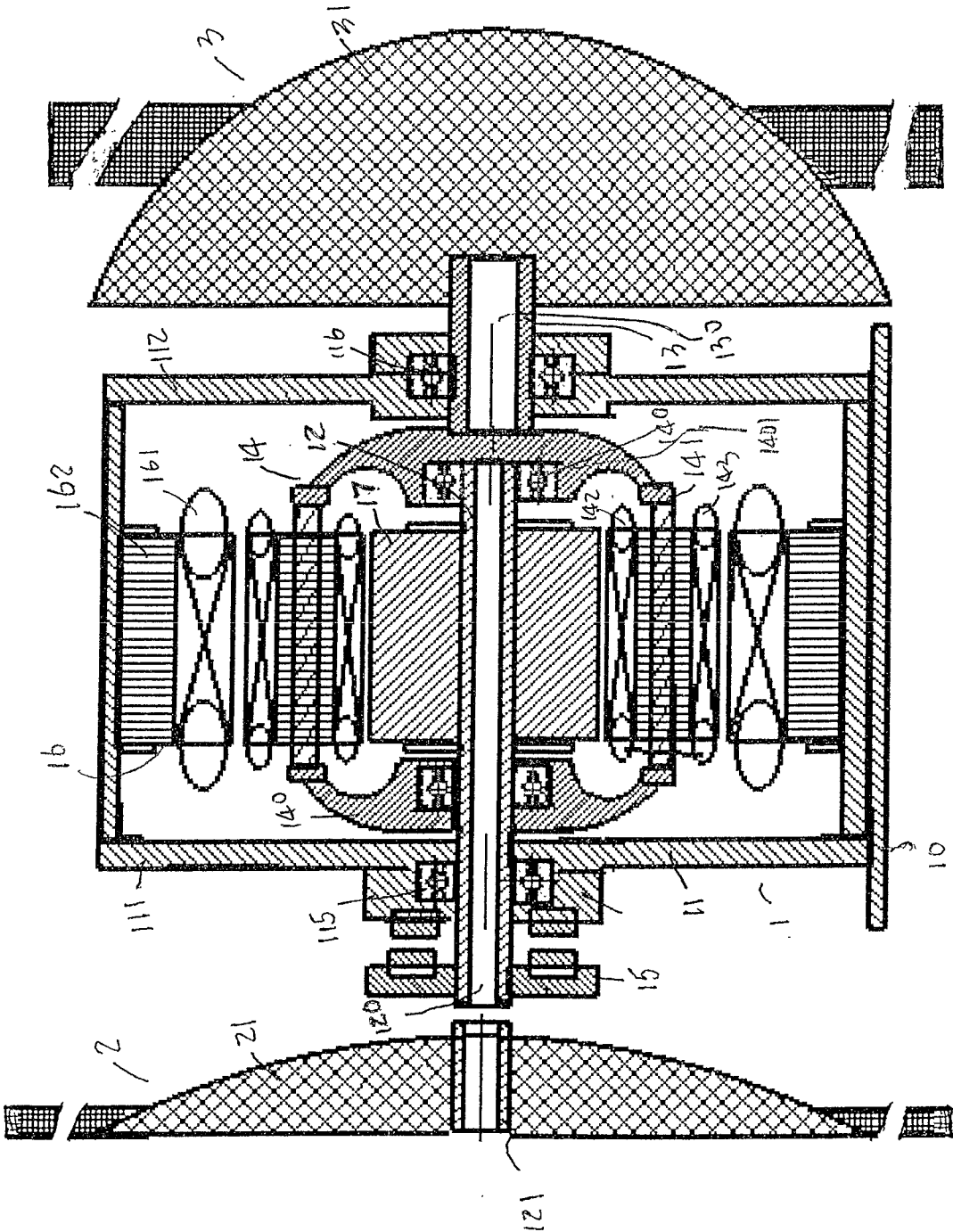


图 1

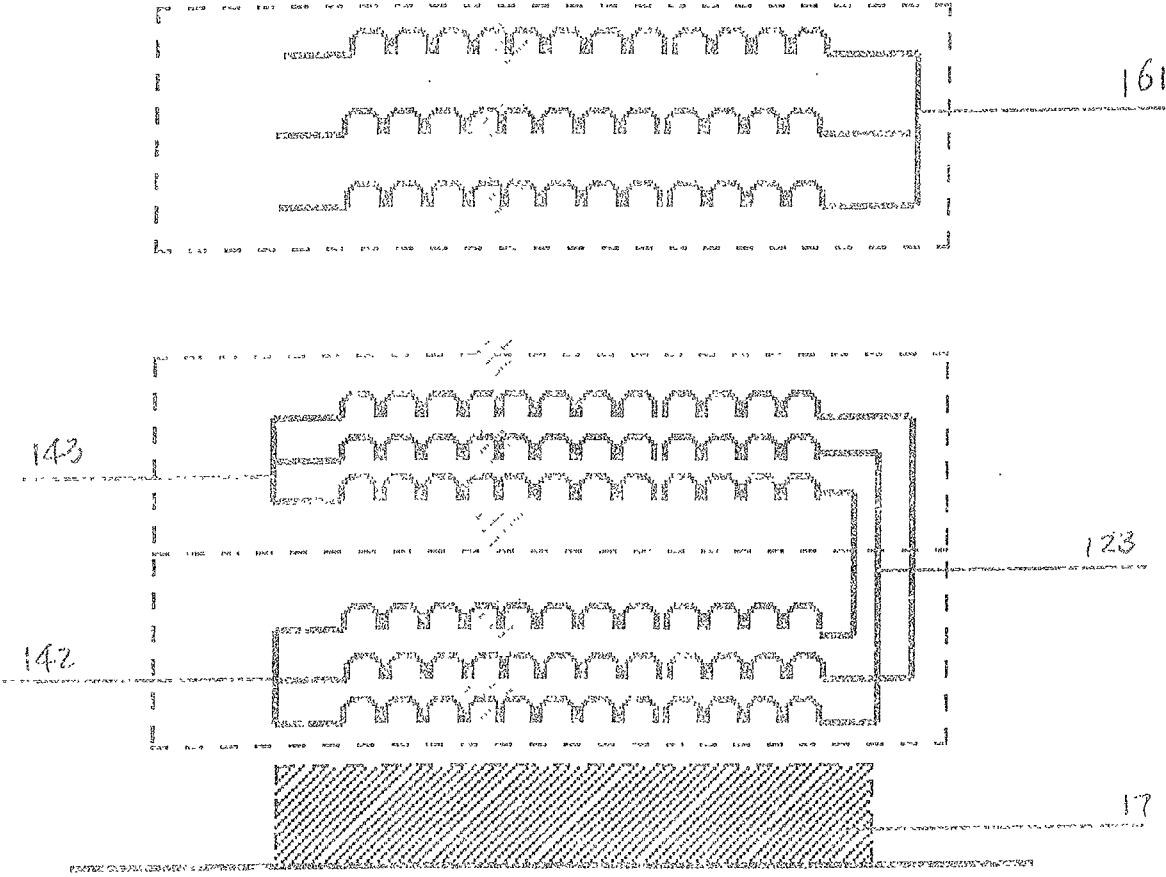


图 2

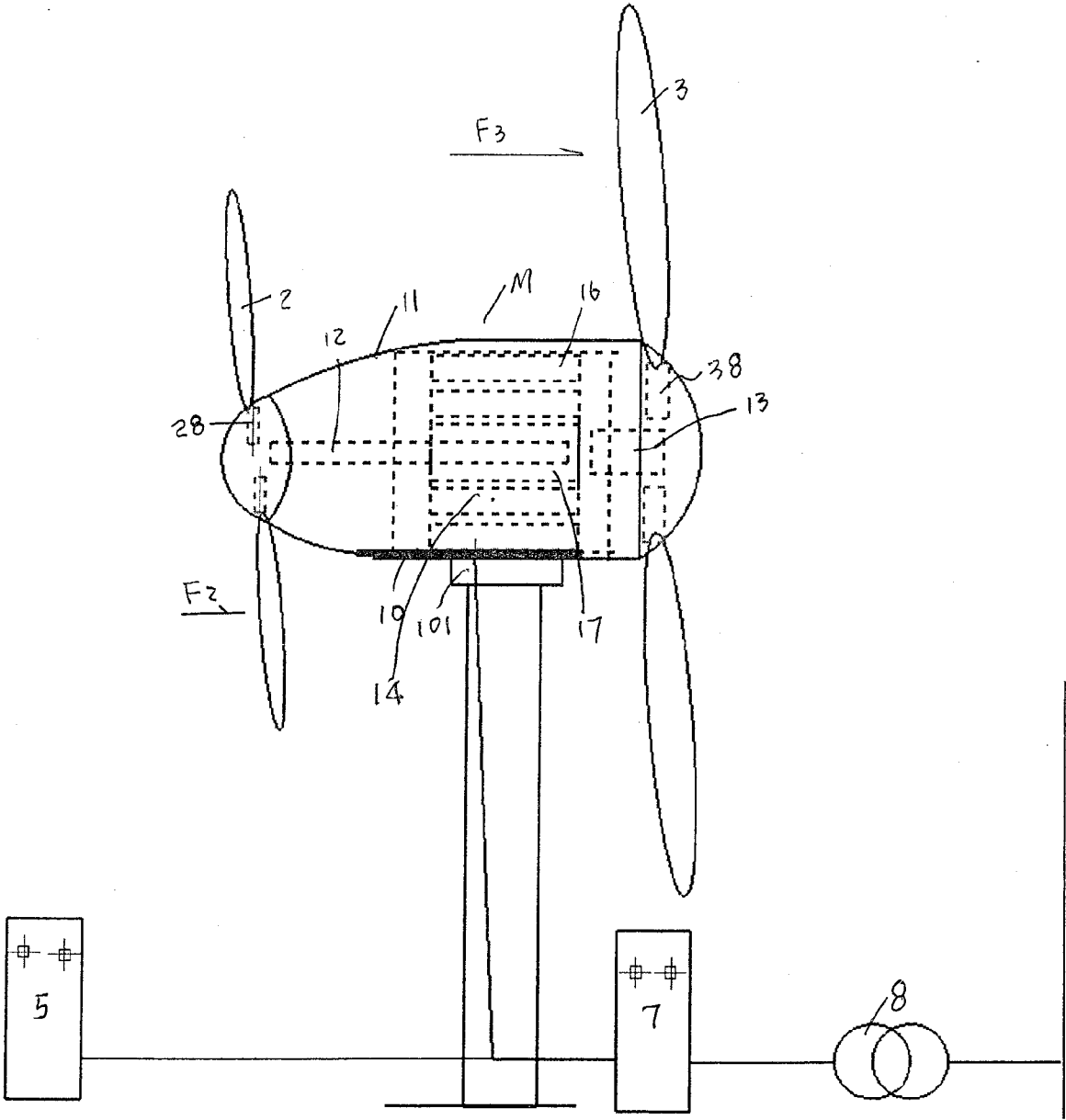


图 3

