[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H02P 9/14 (2006.01)
H02K 16/02 (2006.01)
F03D 7/00 (2006.01)

[12] 实用新型专利说明书

专利号 ZL 200620151779.8

[45] 授权公告日 2007 年 11 月 28 日

[11] 授权公告号 CN 200983569Y

[22] 申请日 2006.12.15

[21] 申请号 200620151779.8

[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] 设计人 王华君

[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 孙炳军

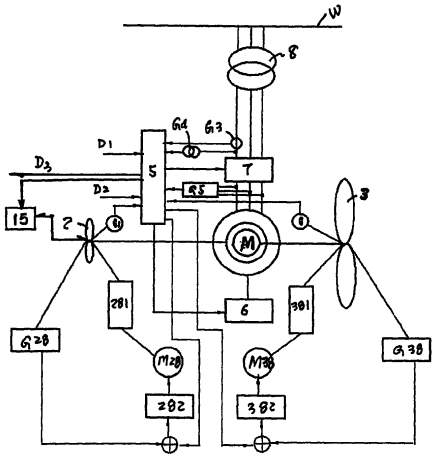
权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 4 页

[54] 实用新型名称

串联双转子风力发电机变速变频励磁系统

[57] 摘要

一种串联双转子风力发电机变速变频励磁系统，涉及风力发电机的励磁控制系统及其励磁控制方式，其中，在风电机主传动轴上配置相对具有 Pg 极对数的定子以 Nzr 速度旋转的主风轮，在副传动轴上配置带动永磁外转子以 Ne 速度相对主风轮反向对风旋转的副风轮；本案采用无刷双馈电机转子和旋转永磁外转子双转子结构，实现机组变速变频运行，相当同容量单转子发电机极对数减少一半，从而大大缩短发电机直径空间，方便设备运输、降低机组重量；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；本案机组可实现变速变频运行、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变频机组风能利用率有所提高。



1.一种串联双转子风力发电机变速变频励磁系统，包括发电机，其特征在于，发电机的转子通过主传动轴呈相对定子旋转的构造设置，其中，励磁机通过装置主风轮的主传动轴与发电机主体同轴串装在机壳内；永磁外转子以与励磁机内转子呈相对旋转的构造且该永磁外转子呈相对发电机定子旋转的构造设置；所述的副风轮呈可驱动永磁外转子的构造装置在副传动轴上；所述的借由副风轮传动的副传动轴与借由主风轮传动的主传动轴成可相互转动的方式同轴联结；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；机组集控装置还具有与风速检测装置联结的端口、与风向检测装置联结得端口、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并网变频器、和升压变压器，再与外电网联接；在并网变频器、和升压变压器之间依次配置与机组集控装置联结的电压检测装置、与机组集控装置联结的输出电流检测装置；在发电机与并网变频器之间配置与机组集控装置联结的空载检测装置。

2.如权利要求1所述的串联双转子风力发电机变速变频励磁系统，其特征在于，所述的借由主传动轴传动的主风轮与借由副传动轴传动的副风轮呈相对反向对风旋转构造配置。

3.如权利要求1或2所述的串联双转子风力发电机变速变频励磁系统，其特征在于，所述的主、副风轮的叶片桨距角呈相对反方向调节设置。

4.如权利要求3所述的串联双转子风力发电机变速变频励磁系统，其特征在于，所述主、副风轮变桨距调节机构构造相同，它由变桨伺服机构与变桨控制装置组成，所述机组集成控制通过变桨控制装置与变桨伺服机构联结；

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；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。

5. 如权利要求 4 所述的串联双转子风力发电机变速变频励磁系统，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。

6. 如权利要求 5 所述的串联双转子风力发电机变速变频励磁系统，其特征在于，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，所述的主风轮呈下风向对风旋转构造设置，所述副风轮呈上风向反向对风旋转构造设置，制动器设置在发电机端盖与副风轮轮毂之间；所述主风轮叶片扫风面积是副风轮的叶片扫风面积的 3 倍。

7. 如权利要求 6 所述的串联双转子风力发电机变速变频励磁系统，其特征在于，所述定子绕组极对数 Pg 设置为大于永磁外转子极对数 Pe，所述主风轮在风力作用下相对具有 Pg 极对数的定子以 Nzr 速度旋转，且主风轮转速足下述关系式配置： $Nzr = \frac{60 \times (fg - fe)}{Pg + Pe}$

其中：Nzr 表示主风轮转速；Pg 表示定子绕组极对数 ；Pe 表示永磁外转子的极对数；fg 表示定子频率；fe 表示永磁外转子折算频率；

所述定子绕组极对数是 3 倍的永磁外转子极对数；所述励磁机内转子绕组极对数设置为 Pe 对极；所述发电机转子绕组极对数设置为 Pg 对极；所述的励磁机内转子绕组与发电机转子绕组通过转子间连接线反相序连接；风电机的的副风轮配置在副传动轴上，该副风轮带动永磁外转子以 Ne 速度旋转，且永磁外转子折算频率满足下述关系式：

$fe = \frac{Ne \times Pe}{60}$ 其中：Ne 表示副风轮相对定子转速；

在副传动轴上配置以 Nzre 转速相对主风轮反向旋转的、具有 Pe 极对数的永磁外转子，永磁外转子相对励磁机内转子旋转的转速满足下述关系式：

$$Nzre = Nzr + Ne$$

其中：Nzre 表示永磁外转子相对励磁机内转子旋转的转速。

8. 如权利要求 7 所述的串联双转子风力发电机变速变频励磁系统，其特征在于，所述的定子绕组极对数 Pg 与永磁转子极对数 Pe 设置符合 Pg=3Pe 关系式；且副风轮转速 Ne、主风轮转速 Nzr 满足 Ne=2Nzr 关系式。

串联双转子风力发电机变速变频励磁系统

技术领域

本实用新型涉及风力发电机，特别是具有串联永磁变速变频励磁双转子风力发电机的励磁控制系统。

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变频方法，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变频发电，以提高发电系统的发电效率。

又如中国专利 CN200410003089.3 公开了一种 MW 级直接驱动永磁外转子同步风力发电机，它采用多极外转子结构。该发电机包括固定轴、转动轴、线圈绕组、永磁磁钢、铁芯、定子和外转子，其中转动轴通过轴承安装于固定轴上，定子通过定子支架安装于固定轴上，外转子通过转子支架安装于转动轴上，在绕组线圈和定子支架之间可以设有轴向的冷却通风道；在外转子和定子之间的迎风面设有保护罩。由于极数多，其转速很低，因而不需要增速齿轮箱配套，可以直接驱动发电；发电机无自带冷却风扇或外装冷却系统。

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发电所要求的转速，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变频运行范围，结合安装于双转子传动轴上相互反向对风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变频运行。

发明内容

本实用新型所要解决的问题在于，克服袭用技术存在的上述缺陷，而提供一种串联双转子风力发电机变速变频励磁系统。

本实用新型解决技术问题是采取以下技术方案实现的，依据本案提供的一种串联双转子风力发电机变速变频励磁系统，包括发电机，其中，发电机的转子通过主传动轴呈相对定子旋转的构造设置，其中，励磁机通过装置主风轮的主传动轴与发电机主体同轴串装在机壳内；永磁外转子以与励磁机内转子呈相对旋转的构造且该永磁外转子呈相对发电机定子旋转的构造设置；所述的副风轮呈可驱动永磁外转子的构造装置在副传动轴上；所述的借由副风轮传动的副传动轴与借由主风轮传动的主传动轴成可相互转动的方式同轴联结；前述主、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；机组集控装置还具有与风速检测装置联结的端口、与风向检测装置联结得端口、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并网变频器、和升压变压器，再与外电网联接；在并网变频器、和升压变压器之间依次配置与机组集控装置联结的电压检测装置、与机组集控装置联结的输出电流检测装置；在发电机与并网变频器之间配置与机组集控装置联结的空载检测装置。

本案解决技术问题还可依以下技术措施来进一步实现:

前述串联双转子风力发电机变速变频励磁系统，其中，所述借由主传动轴传动的主风轮与借由副传动轴传动的副风轮呈相对反向对风旋转构造配置。

前述的串联双转子风力发电机变速变频励磁系统，其中，所述的主、副风轮的叶片桨距角呈相对反方向调节设置。

前述的串联双转子风力发电机变速变频励磁系统，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，所述机组集成控制通过变桨控制装置与变桨伺服机构联结；

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；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。

前述的串联双转子风力发电机变速变频励磁系统，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。

前述的串联双转子风力发电机变速变频励磁系统，其中，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，所述的主风轮呈下风向对风旋转构造设置，所述副风轮呈上风向反向对风旋转构造设置，制动器设置在发电机端盖与副风轮轮毂之间；所述主风轮叶片扫风面积是副风轮的叶片扫风面积的 3 倍。

前述的串联双转子风力发电机变速变频励磁系统，其中，所述定子绕组极对数 Pg 设置为大于永磁外转子极对数 Pe，所述主风轮在风力作用下相对具有 Pg 极对数的定子以 Nzr 速度旋转，且主风轮转速足下述关系式配置：

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

其中：Nzr 表示主风轮转速；Pg 表示定子绕组极对数 ；Pe 表示永磁外转子的极对数；fg 表示定子频率；fe 表示永磁外转子折算频率；

所述定子绕组极对数是 3 倍的永磁外转子极对数；所述励磁机内转子绕组极对数设置为 Pe 对极；所述发电机转子绕组极对数设置为 Pg 对极；所述的励磁机内转子绕组与发电机转子绕组通过转子间连接线反相序连接；风电机的的副风轮配置在副传动轴上，该副风轮带动永磁外转子以 Ne 速度旋转，且永磁外转子折算频率满足下述关系式：

$$fe = \frac{Ne \times Pe}{60}$$ 其中：Ne 表示副风轮相对定子转速；

在副传动轴上配置以 Nzre 转速相对主风轮反向旋转的、具有 Pe 极对数

的永磁外转子，永磁外转子相对励磁机内转子旋转的转速满足下述关系式:

$$Nzre = Nzr + Ne$$

其中：Nzre 表示永磁外转子相对励磁机内转子旋转的转速。

前述的串联双转子风力发电机变速变频励磁系统，其中，所述的定子绕组极对数 Pg 与永磁转子极对数 Pe 设置符合 Pg=3Pe 关系式;且副风轮转速 Ne、主风轮转速 Nzr 满足 Ne=2Nzr 关系式。

本实用新型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，本实用新型在优异的结构配置下，至少有如下的优点:

本案设计双风轮同时工作,风能利用率比同容量单风轮机组提高 15%-25%。本案采用无刷双馈电机转子和旋转永磁外转子双转子结构，实现机组变速变频运行，相当同容量单转子发电机极对数减少一半，从而大大缩短发电机直径空间，方便设备运输、降低机组重量；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；本案机组可实现变速变频运行、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变频机组风能利用率有所提高，无齿轮箱、可实现直驱，无滑环故障之担心；本实用新型与现有技术相比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。

本实用新型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 是本实用新型中风电机结构示意图;

图 2 是本实用新型励磁绕组接线结构示意图;

图 3 是本实用新型变速变频励磁控制系统结构示意图;

图 4 是本实用新型变速变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，对依据本实用新型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，一种串联双转子风力发电机变速变频励磁系统，其中，风电机M，包括固装在底座 10 上的发电机主体 1，发电机定子 16 固装于电机壳 111 内，发电机转子 14 通过主传动轴 13 呈相对定子 16 旋转的构造设置，其中，励磁机 4 通过主传动轴与发电机主体同轴串装在机壳内；永磁体 43 安装在永磁外转子壳体 410 内的磁轭 42 上，构成励磁机的永磁外转子 41，该永磁外转子通过连接件 46 以与励磁机内转子 45 呈相对旋转的构造设置；所述的永磁体 43 是按习知技术成组配置的，其极对数与励磁机内转子极对数匹配；永磁外转子呈相对励磁机内转子旋转、并相对发电机定子旋转的构造设置；

副传动轴 12 与主传动轴 13 同轴联结；所述的主、副传动轴均具有预设直径的中空通孔 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，该传动轴借由配置在发电机上的轴承 115、116 和励磁机上的轴承 147、148 支撑；

由此，发电机转子与该转子同轴传动旋转的励磁机内转子形成发电机的串联式转子结构，并与永磁外转子呈双转子构造，从而可实现机组变速变频运行，相当同容量单转子发电机极对数至少减少 1/3-1/2，因而可缩短发电机直径，进一步降低电机重量；

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外转子；副风轮 2 相对主风轮反向对风旋转的传动构造装置在副传动轴 12 的轴身末端，该副风轮通过其轮毂 21 以习知技术按 F2 方向呈上风向对风安装，副风轮与励磁机之间留有避免副风轮与塔架碰撞的预设间距 L，由主风轮仰角的度数可确定副风轮与塔架不相碰撞的预留间距。

主风轮 3 装配在主传动轴 13 轴身端部，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结构设置。风电机的主风轮 3 配置在主传动

轴上，在风力作用下相对具有 Pg 极对数的定子 16 以 Ner 速度旋转，且主风轮转速满足下述关系式： $Nzr = \frac{60 \times (fg - fe)}{Pg + Pe}$

其中：Nzr 表示主风轮转速；Pg 表示定子绕组极对数；Pe 表示永磁外转子 4 1 的极对数；fg 表示定子频率；fe 表示永磁外转子折算频率；

所述励磁机内转子 45 绕组极对数设置为 Pe 对极；所述发电机转子 14 绕组极对数设置为 Pg 对极；所述的励磁机内转子绕组与发电机转子绕组通过转子间连接线 123 反相序连接；所述定子绕组极对数 Pg 设置为大于永磁外转子极对数 Pe，所述定子绕组极对数可以是 3 倍的永磁内转子极对数；

风电机的的副风轮 2 配置在副传动轴上，该副风轮带动永磁外转子以 Ne 速度相对主风轮反向对风旋转，且永磁外转子折算频率满足下述关系式：

$fe = \frac{Ne \times Pe}{60}$ 其中：Ne 表示副风轮相对定子转速；

在副传动轴上配置以 Nzre 转速相对旋转的、具有 Pe 极对数的永磁外转子，永磁外转子相对励磁机内转子旋转的转速满足下述关系式：Nzre = Nzr + Ne

其中：Nzre 表示永磁外转子相对励磁机内转子旋转的转速；

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，所述机组集成

控制 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，而副风轮上风向反向对风旋转；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变频器 7、和升压变压器 8，再与外电网 W 联接；在并网变频器、和升压变压器之间依次配置与机组集控装置 5 联结的电压测量装置 G4、与机组集控装置联结的输出电流检测装置 G3；在发电机 M 与并网变频器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；

综上，双风轮机构的风电机，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；副风轮上风向反向对风旋转，辅助发电，大大提高效能。

所述发电机的电压输出端并网变频器等配置可对发电机输出电压加以调节、同期后软并网、停机时软解裂，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，通过并网变频器等配置完成软解列。

一种双转子变速变频风力发电励磁方法：

1)．在主传动轴 13 上配置在风力作用下相对具有 Pg 极对数的定子 16 以

Nzr 速度旋转的主风轮 3，且主风轮转速满足下述关系式：

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

其中：Nzr 表示主风轮转速；Pg 表示定子绕组极对数；Pe 表示永磁外转子 4 1 的极对数；fg 表示定子频率；fe 表示永磁外转子折算频率；

2).在副传动轴 12 端部配置的副风轮带动永磁外转子以 Ne 速度相对主风轮反向对风旋转，且永磁外转子折算频率满足下述关系式：

$$fe = \frac{Ne \times Pe}{60}$$ 其中：Ne 表示副风轮相对定子转速；

3). 在副传动轴上配置以 Nzre 转速相对主风轮反向对风旋转的、具有 Pe 极对数的永磁外转子，永磁外转子相对励磁机内转子旋转的转速满足下述关系式：Nzre = Nzr + Ne

其中：Nzre 表示永磁外转子相对励磁机内转子旋转的转速

4).所述励磁机内转子 45 绕组极对数设置为 Pe 对极；所述发电机转子 14 绕组极对数设置为 Pg 对极；所述的励磁机内转子绕组与发电机转子绕组通过转子间连接线 123 反相序连接；

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控制，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，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；由机组集控装置 5 按照 $Nzr = \frac{60 \times (fg - fe)}{Pg + Pe}$ 关系式对主、副风轮进行变速控制；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，机组集控装置对发电机进行功率控制；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)．当副风轮低于额定转速时，机组集控装置进行副风轮叶尖速比控制，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；经与机组集控装置预设的副风轮叶尖速比数值比对，计算出桨距角的调节数值，再与副风轮桨距角测量装置 G28 采集的桨距角值比对，由机组集控装置对主风轮变桨距调节机构 28 发出变桨指令；由此可以实现副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；

当副风轮达到额定转速时，机组集控装置对发电机进行功率控制；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；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 测得的副风轮额定转速，计算出该风速下副风轮额定转速的桨距角的调节数值，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；由此可以实现主风轮在恒定功率下运行，防止发电机过载；使发电机在小于等于额定转速时保持发电机的输出电压频率在 5Hz-50Hz 范围内变速变频运行，尤以发电机的输出电频率在 10Hz-20H 最佳，通过并网变频器 7 整流和逆变，使发电机始终以 50Hz 的输出电压频率并网运行，间接实现了风电机组的变速变频运行；

7). 设置定子绕组极对数 Pg 大于永磁外转子极对数 Pe，所述令定子绕组极对数与永磁转子极对数关系为 Pg=3Pe，令其主、副风轮转速满足 Ne=2Nzr，此状态下有 $Nzr=\frac{60\times Pg}{Pg+3pe}$，因此，用无刷双馈电机转子和旋转永磁外转子双转子结构，实现机组变速变频运行，相当同容量单转子发电机极对数减少一半。

从而，工作时串联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串联转子的旋转速度 Nzre 与主风轮轴机械旋转的速度 Nzr 叠加、配合，形成发电机定子的变速变频励磁磁场，该旋转磁场在具有 Pg 对极的定子绕组中产生 5Hz-50Hz 电势，借助并网变频器实现发电机组的变速运行、变频输电。

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对风旋转配置。充分利用副风轮后面的反向旋转尾流能量，风能利用率比同容量单风轮机组提高 15%-25%。

9). 当串联永磁变速变频励磁双转子风电机并网运行、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 调节下按预设条件反向对风旋转。

以上所述，仅是本实用新型的较佳实施例而已，并非对本实用新型作任何形式上的限制，凡是依据本实用新型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，均仍属于本实用新型技术方案的范围内。

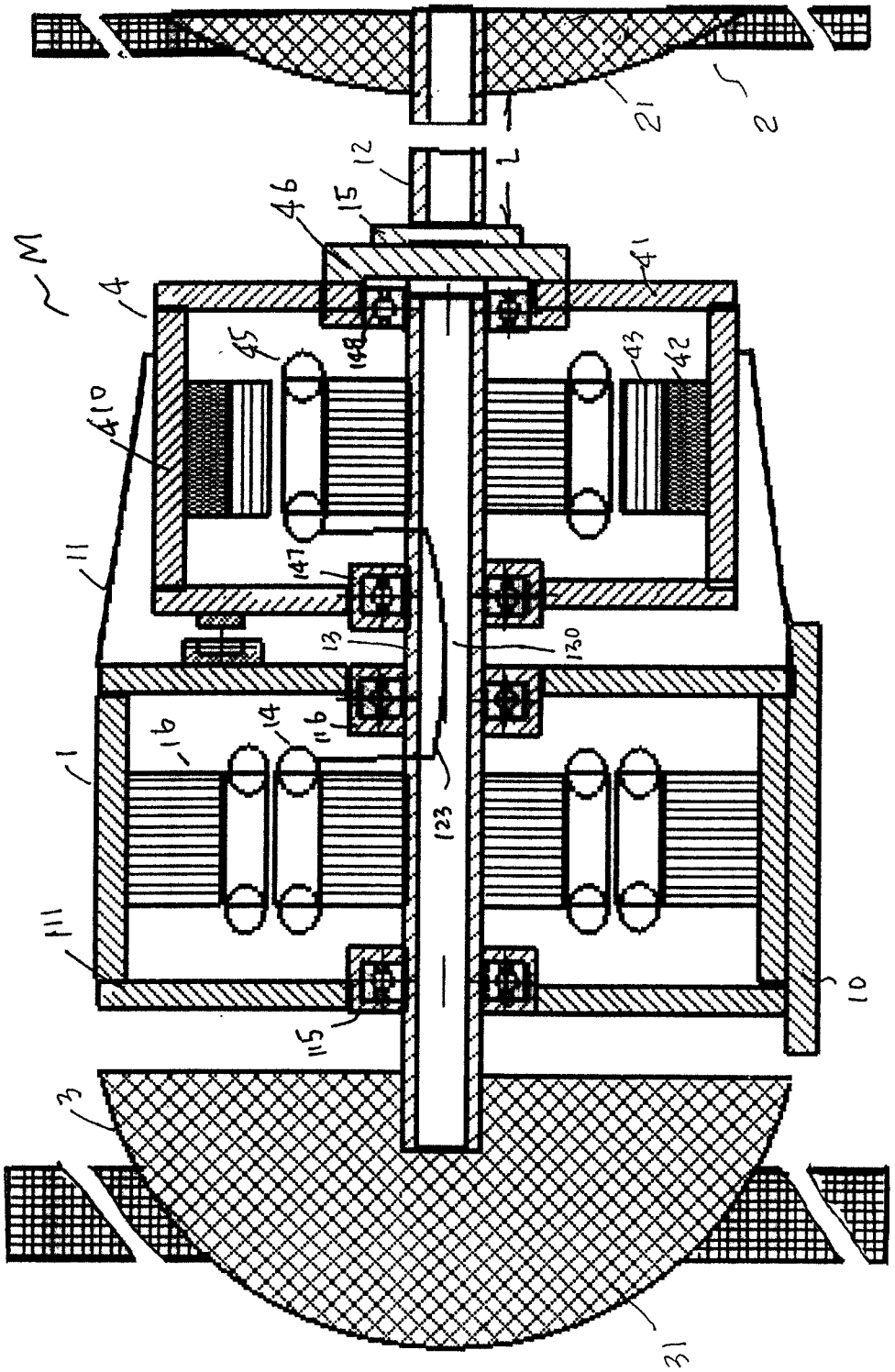

21
2
12
L
46
15
41
M
4
45
148
43
42
410
11
147
13
130
14
16
116
1
123
111
10
115
3
31

图 1

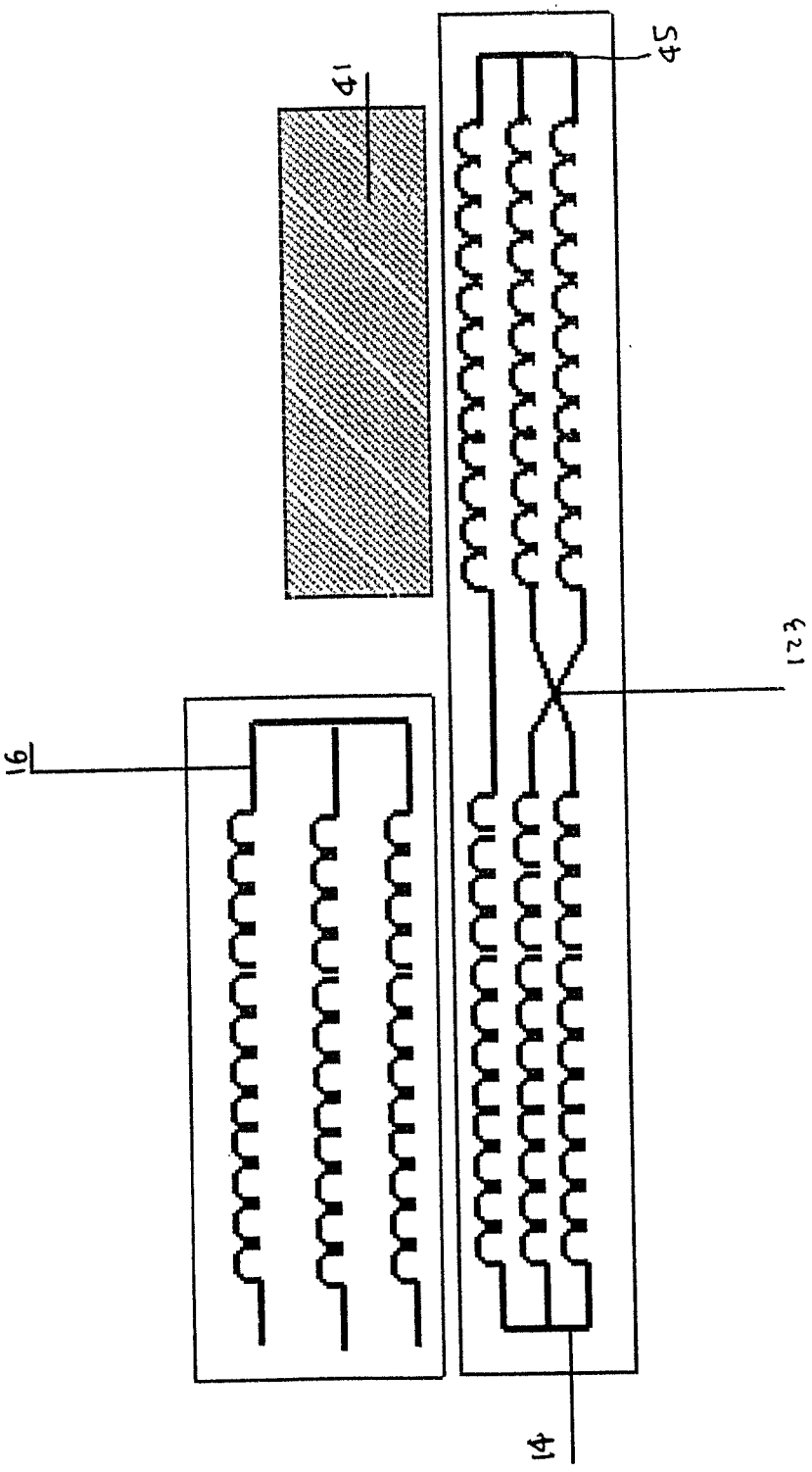


图2

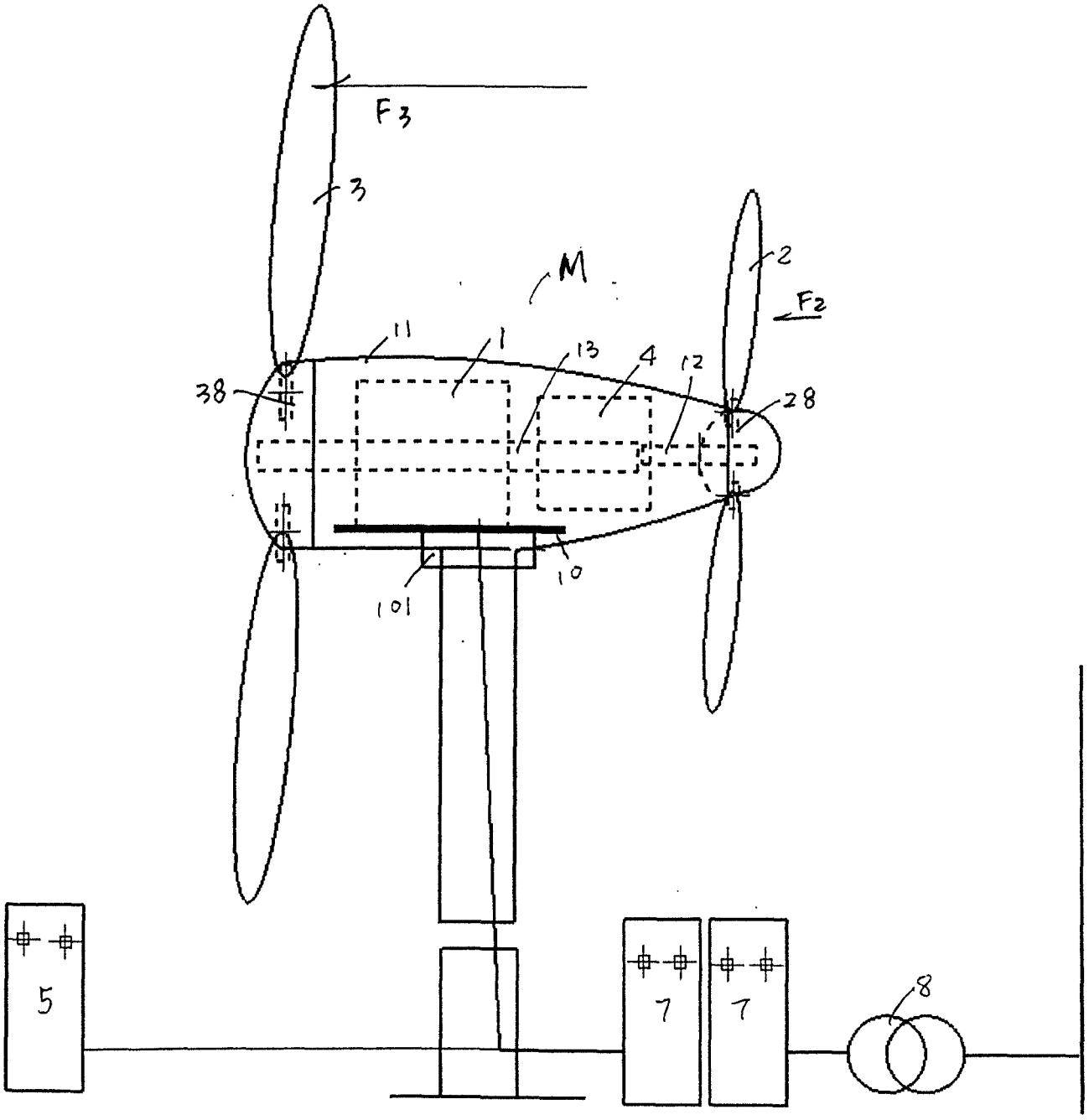


图 3

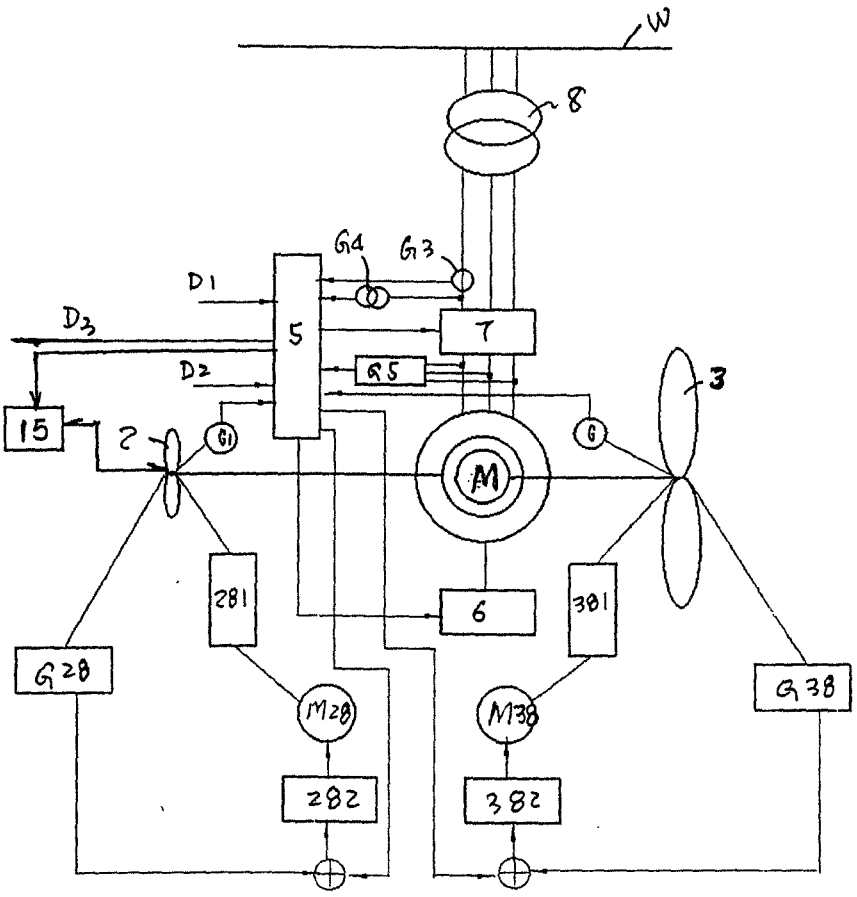


图 4