[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
*H02P 9/42 (2006.01)*

# [12] 实用新型专利说明书

专利号 ZL 200820045671.X

[45] 授权公告日 2009 年 4 月 22 日

[11] 授权公告号 CN 201226504Y

[22] 申请日 2008.3.31

[21] 申请号 200820045671.X

[73] 专利权人 华南理工大学

地址 510640 广东省广州市天河区五山路 381 号

[72] 发明人 赵克刚

[74] 专利代理机构 广州粤高专利代理有限公司

代理人 何淑珍

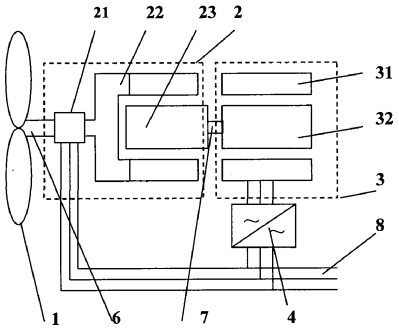
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 3 页

[54] 实用新型名称

一种基于双转子发电机的变速恒频风力发电系统

[57] 摘要

本实用新型公开一种基于双转子发电机的变速恒频风力发电系统，该系统包括风力机、双转子发电机、调速电机，变频器四个部分；其中双转子电机包含滑环、外转子、内转子；调速电机包括定子、转子；风力机通过轴一与双转子发电机中的外转子联接；外转子上设置三相绕组，并通过滑环与电网直接连接；双转子电机内转子通过轴二与调速电机转子联接，调速电机定子内设置三相绕组与通过变频器与电网相连。 本设计的风力机功率的主要部分通过直接回路送到发电机转变为电能送往电网，效率得到明显提高；降低调速电机与电力电子元器件的功率容量要求，有助于减少整机成本；可以运用在风力发电领域或汽轮发电机组、水轮发电机组、内燃机发电机组等。



1、一种基于双转子发电机的变速恒频风力发电系统，其特征在于该系统包括风力机（1）、双转子发电机（2）、调速电机（3）和变频器（4），其中双转子发电机（2）包含滑环（21）、外转子（22）、内转子（23）；调速电机（3）包括定子（31）、转子（32）；风力机（1）通过轴一（6）与双转子发电机中（2）的外转子（22）联接；外转子（22）上设置三相绕组，并通过滑环（21）与电网（8）连接；双转子发电机（2）内转子（23）通过轴二（7）与调速电机转子（32）联接，调速电机定子（31）内设置三相绕组通过变频器（4）与电网（8）相连。

2、根据权利要求 1 所述基于双转子发电机的变速恒频风力发电系统，其特征在于风力机（1）通过轴一（6）与双转子电机中内转子（23）联接；内转子（23）上设置三相绕组，并通过滑环（21）与电网（8）连接；双转子电机外转子（23）通过轴二（7）与调速电机转子（32）联接，调速电机定子（31）内设置三相绕组通过变频器（4）与电网（8）相连。

3、根据权利要求 2 所述基于双转子发电机的变速恒频风力发电系统，其特征在于双转子发电机的外转子与调速电机的转子复合成一个转子（5），原有结构转化为两个转子和一个定子构成的嵌套结构。

4、根据权利要求 1、2 或 3 所述基于双转子发电机的变速恒频风力发电系统，其特征在于双转子发电机（2）与调速电机（3）为绕线式异步电机、鼠笼式异步电机、单相交流电机、多相交流电机、同步电机、直流电机、开关磁阻电机或永磁电机。

5、根据权利要求 4 所述基于双转子发电机的变速恒频风力发电系统，其特征在于电网（8）与双转子发电机（2）的电气连接方式为接触式电刷-滑环方式或非接触式的旋转变压器形式。

6、根据权利要求 5 所述的基于双转子发电机的变速恒频风力发电系统，其特征在于在所述变频器（4）上电源接口接入一个直流电源，所述直流电源为电池组或超级电容或飞轮电池。

7、根据权利要求 6 所述的基于双转子发电机的变速恒频风力发电系统，其特征在于风力机（1）与双转子电机转子相联接的轴一（6），以及双转子电机与调速电机转子相联接的轴二（7）为其它传动类型，包括齿轮传动、无级机械传动、液压传动、液力传动或电气传动。

8、根据权利要求 7 所述的基于双转子发电机的变速恒频风力发电系统，其特征在于风力机（1）为原动机，所述原动机为汽轮机、水轮机或内燃机。

# 一种基于双转子发电机的变速恒频风力发电系统

## 技术领域

本实用新型涉及风力发电技术领域，具体涉及一种基于双转子发电机的新型变速恒频风力发电系统。

## 背景技术

众所周知，随着资源的短缺和温室效应的日趋严重，世界各国逐步加大了开发和利用可再生、无污染的能源的力度。风力发电是其中最接近实用的一种。由于风力是一种不稳定的动力源，风速经常变化；而风力发电机与电网并网时，要求风电的频率保持恒定。为了解决风速与风电频率之间的矛盾，人们提出了多种解决方案，其中效果最好的是变速恒频发电方法。

目前通用变速恒频发电方法主要有以下两种：基于绕线异步机(双馈电机)的双馈发电系统和基于低速永磁同步发电机的直驱式发电系统。

双馈发电机是在转子中施加低频交流电流实现励磁的一种特种异步发电机，通过调节励磁电流的幅值、频率、相序，确保发电机输出电功率恒频恒压。双馈发电系统的最大特点是变频器的容量取决于发电机变速运行时的最大滑差功率，一般电机的最大滑差率为±(25～35)%，因此变频器的最大容量仅为发电机额定容量的 1/4～1/3。但由于受到极数的限制，风力机与发电机之间采用了升速齿轮箱，不仅增加了系统成本，而且成为了目前风力发电系统中的薄弱环节。

直驱式发电系统，风力机直接驱动永磁同步电动机输出频率和电压随转速变化的交流电，经交- 直- 交变频器，转换成恒压、恒频（50Hz）的电功率接入电网。该系统中，发电机发出的全部电功率都要通过变频器，变频器容量需按 100%功率选取，比双馈系统容量大，投资大，谐波吸收困难。但由于采用了低速永磁同步发电机，因此在风力机与发电机之间不需要安装升速齿轮箱，电机轻，效率高，工作可靠，故障率低。

研制开发一种效率高，成本低，运行可靠且供电性能良好的变速恒频风力发电系统是风力发电领域一直追求而又未完全实现的理想。

## 实用新型内容

本实用新型的目的在于克服现有技术存在的上述缺陷，提供一种基于双转子发电机的变速恒频风力发电系统，该系统能综合扬弃直驱式风力发电系统与双馈式风力发电系统的优缺点，不仅具备在较大速比范围内高效地实现变速恒频发电功能，而且既取消升速齿轮箱，提高系统可靠性，又可采用较小容量的变频器，降低系统成本。

为实现上述目的，本实用新型在现有基于低速永磁发电机的直驱式方案与基于双馈电机的双馈式方案的基础上，形成可实现功率分流的双转子发电机与调速电机的组合体，构成一种具备功率分汇流功能的变速恒频风力发电系统。具体方案如下：

一种基于双转子发电机的变速恒频风力发电系统，该系统包括风力机、双转子发电机、调速电机，变频器四个部分；其中双转子电机包含滑环、外转子、内转子；发电机包括定子、转子；风力机通过轴一与双转子发电机中的外转子联接；外转子上设置三相绕组，并通过滑环与电网连接；双转子电机内转子通过轴二与调速电机转子联接，调速电机定子内设置三相绕组与变频器相连。

上述基于双转子发电机的变速恒频风力发电系统，风力机输入的功率被分为两路，一路经双转子发电机被直接送往电网，一路通过变频器经变频变压后送往电网。

上述基于双转子发电机的变速恒频风力发电系统，风力机通过轴一与双转子发电机中内转子联接；内转子上设置三相绕组，并通过滑环与电网连接；双转子电机外转子通过轴二与调速电机转子联接，调速电机定子内设置三相绕组与变频器相连。

上述基于双转子发电机的变速恒频风力发电系统，其双转子发电机的外转子与调速电机的转子复合成一个转子，原有结构转化为两个转子、一个定子构成的嵌套结构。

上述基于双转子发电机的变速恒频风力发电系统，其双转子发电机与调速电机为绕线式异步电机、鼠笼式异步电机、单相交流电机、多相交流电机、同步电机、直流电机、开关磁阻电机或永磁电机。

上述基于双转子发电机的变速恒频风力发电系统，其变频器可能根据双转子电机类型的不同变换为其他类型功率变换器，包括交-交变换器，交-直-交变换器，直-交变换器等。

上述基于双转子发电机的变速恒频风力发电系统，其电网与双转子发电机的电气连接方式为接触式电刷-滑环方式或非接触的旋转变压器形式。

上述基于双转子发电机的变速恒频风力发电系统，其变频器上电源接口接入一个直流电源，所述直流电源为电池组或超级电容或飞轮电池。

上述基于双转子发电机的变速恒频风力发电系统，其风力机与转子相联接的轴一，以及双转子电机与发电机转子相联接的轴二为其它传动类型，包括齿轮传动、无级机械传动、液压传动、液力传动或电气传动。

上述基于双转子发电机的变速恒频风力发电系统，其风力机为原动机，所述原动机也可为汽轮机、水轮机或内燃机。

采用上述技术方案带来的有益效果为：

第一，本方案中风力机功率的主要部分通过直接回路送到发电机转变为电能送往电网，效率得到明显提高。

第二，本方案中经调速电机-变频器的电传动分路功率容量视调速范围而定，一般只有发电机额定容量的几分之一。调速电机与电力电子元器件的功率容量可小于发电机额定功率容量，有助于降低系统整体成本。

第三，去除了升速变速箱的传动环节，简化了风力发电机组结构，降低了系统的故障率，提高了运转可靠性。

第四，本方案中双转子发电机与电网连接简单，无需通过电力电子装置。如果采用了同步发电机，容易实现平滑的电功率输出，相对于异步电机，有利于调节功率因素，优化系统内的电网质量。

第五，新方案有能力控制双转子发电机工作在稳定的同步转速点，因此可以实现优化风力机叶片的桨距调节，也就是可以减少风力机桨距的调节次数，这对桨距调节机构是有利的。

第六，目前方案中双转子部分可以与调速电机揉为一体，形成由内外转子与定子三部分组成的特殊电机结构，有利于构成布局紧凑的新系统。

## 附图说明

图 1 为基于双转子发电机的变速恒频风力发电系统示意图。

其中有：1-风力机；2-双转子发电机，包括 21-滑环，22-外转子，23-内转子，3-调速电机，包括 31-定子，32-转子，以及 4-变频器，6-风力机与双转子发电机外转子的联接轴，即轴一；7-双转子发电机内转子与发电机转子的联接轴，即轴二；8-电网。

图 2 为图 1 的变速恒频风力发电系统工作原理示意图。

图中各零部件标记意义同图 1。图中还有非零部件标记的符号，其中 ω 及圆弧箭头表示角速度，T 及圆弧箭头表示转矩，P 及粗线箭头表示功率（流），符号的下标 e 指电传动分路、下标 M 指机械功率传动分路、其他指对应的零部件。

图 3 为本实用新型衍生实施方案之一的例图。图中零部件标记意义同图 1。

图 4 为本实用新型衍生实施方案之二的例图。图中 5-复合型转子，其它零部件标记意义同图 1。

图 5 为本实用新型衍生实施方案之三的例图。图中 9-直流电池组，其它零部件标记意义同图 1。

图 6 为本实用新型衍生实施方案之四的例图。图中 10-变速齿轮箱，其它零部件标记意义同图 1。

图 7 为本实用新型衍生实施方案之五的例图。图中 11-非接触式旋转变压器，其它零部件标记意义同图 1。

## 具体实施方式

以下结合本说明书的各附图，对本实用新型的具体实施方式做详细说明。本说明书各附图中出现的相同零部件均采用同一标记。

基于双转子发电机的变速恒频风力发电系统如图 1 所示，主要由四个部分组成：风力机 1、双转子发电机 2、调速电机 3、变频器 4，其中双转子发电机 2 是具有双转子结构的同步永磁发电机。包括滑环 21、外转子 22、内转子 23。与普通同步永磁电机的区别在于释放了对定子的约束，使之转变为外转子 22。外转子 22 内设置三相绕组与通过滑环 21 与电网相连，内转子 22 内设置永磁磁极。风力机 1 与外转子 22 通过轴一 6 直接相联；内转子 22 与调速电机 3 的转子 32 通过轴二 7 直接相联。调速电机 3 为永磁同步电机，调速电机定子 31 内设置三相绕组与变频器 4 相连，调速电机转子 32 内设置永磁磁极。

当变频器控制调速电机带动内转子 23 转动，转速为ω7。风力机带动外转子 22 以机械转速ω6 转动。根据同步发电机的工作原理，双转子发电机发出的电功率的频率 f'∝（ω6－ω7）。

可以通过变频器增大或减少调速电机定子绕组电流的频率，相应调整内转子 23 转速(也是转轴二和调速电机转子 32 的转速)ω7 使得达到发电机能够向电网提供稳定频率电功率的目的。假设双转子发电机目标频率为 fn，对应同步转速为ωn。那么ω7 的目标转速为ω6－ωn。

当风力机 1 驱动外转子 22 相对于内转子 23 旋转而发电时，两者间相互作用的电磁作用力矩为 T'，当系统稳定工作时：T7 =T'=T6。

假设来自风力机的功率为 P1=T6ω6；经双转子电机 2 传递到调速电机的有效功率为 Pe=T7ω7=T6ω7= T6(ω6－ωn)；其余的功率 PM=T6ωn 驱动双转子发电机发电。

双转子发电机 2 发电效率为η2，经双转子电机 2 传递到电网的功率为 P'M＝PMη2=T6ωnη2；调速电机 3 运行效率为η3，变频器 4 运行效率为η4，则分流通过调速电机 3，变频器 4 输送到电网上的电传动回路功率 P'e＝T6(ω6－ωn)η3η4。

输送到电网上的总电功率为 P8＝P'M＋P'e＝T6ωnη2＋T6(ω6－ωn) η3η4。

当ω6>ωn 时，双转子发电机 2 把风力机的大部分机械功率直接输送到电网 8；又把其余部分功率经内转子 23 传递到调速电机 3，再经由变频器 4 转换为电功率输送到电网 8。当ω6<ωn 时，变频器 4 从电网吸收部分功率，经调速电机 3 传递到内转子 23，与风力机的机械功率相叠加后，最后送回到电网。假设双转子电机转差率为 s=(ω6－ωn)/ ωn。那么如果控制转差率在±25%以内，即风力机的输入转速ω6 在发电机同步转速ωn 的 75%~125%范围内，那调速电机 3 和变频器 4 的功率容量只需发电机容量的 1/4。这与双馈电机较为类似。

以上阐述本实用新型基本型的工作原理。根据不同使用要求和特点，本实用新型的具体实施方案可繁可简，由基本型可派生出多种衍生方案。下面列举了若干衍生方案作为例

子，结合这些实施例进一步对本实用新型做更详细的说明。

衍生实施例

衍生方案之一，如图 3 所示，基本结构与基本实施例方案相同，有所不同的是风力机 1 与内转子 23 通过轴一 6 联接、外转子 22 与调速电机 3 的转子 32 通过轴二 7 联接。这样取得的效果与原方案类似。

衍生方案之二，如图 4 所示，使基本型方案中的双转子电机 2 的外转子 22 与调速电机 3 的转子 32 揉合在一起，在内转子 23 外周设置复合转子 5，在复合转子 5 的外周设置定子 31。复合转子 5 的内外侧都是设置永磁磁极，复合转子 5 的外侧相当于基本型中的调速电机转子 32，复合转子 5 的内侧相当于基本型中的双转子电机外转子 22。这样使得系统的结构更为紧凑，但径向尺寸有所增加。

衍生方案之三，如图 5 所示，通过交-直-交变频器 4 上设置的电源接口，接入直流电池组 9。可以必要时储存富余风能，再在合适的时机释放出来，配以优化的控制策略有利于提高整体能量转换效率。

衍生方案之四，如图 6 所示，双转子电机与调速电机转子通过变速齿轮箱 10 传动。当风速较低时，经过齿轮增速，可以降低调速电机的极对数，有助于提高整体运行效率。

衍生方案之五，如图 7 所示，采用非接触式旋转变压器 11，替代基本型方案的滑环 21，这样可以提高系统可靠性。

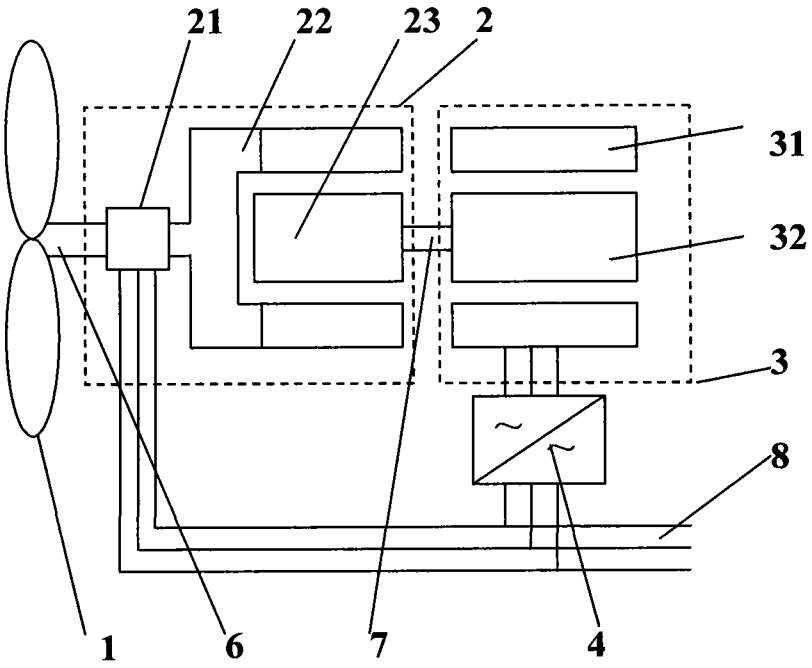

21
22
23
2
31
32
3
8
1
6
7
4

图 1

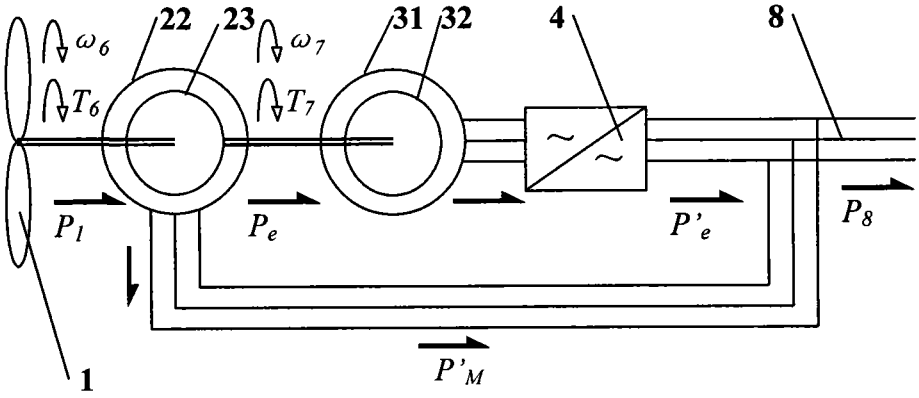

ω6
T6
22
23
ω7
T7
31
32
4
8
P1
Pe
P'e
P8
P'M
1

图 2

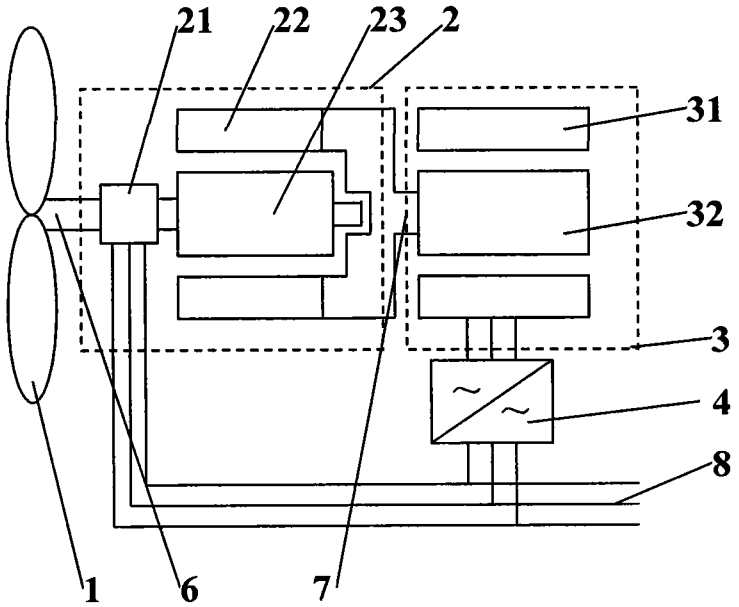

21
22
23
2
31
32
3
4
8
1
6
7

图 3

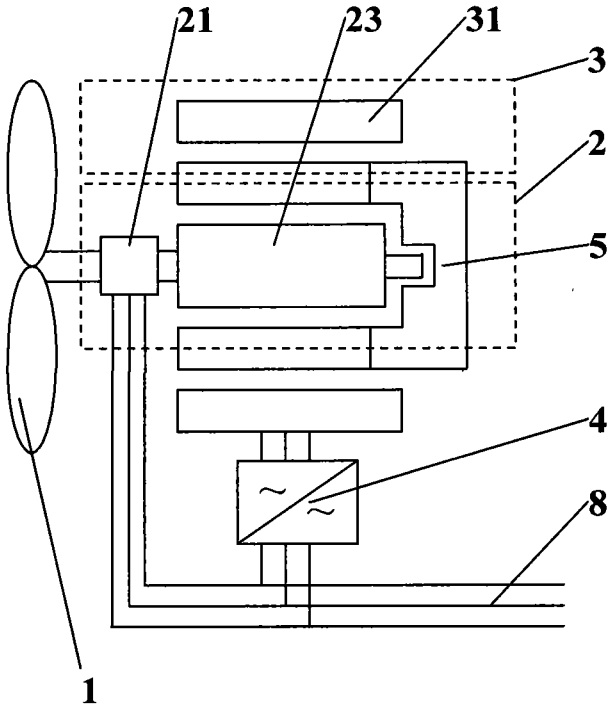



图 4

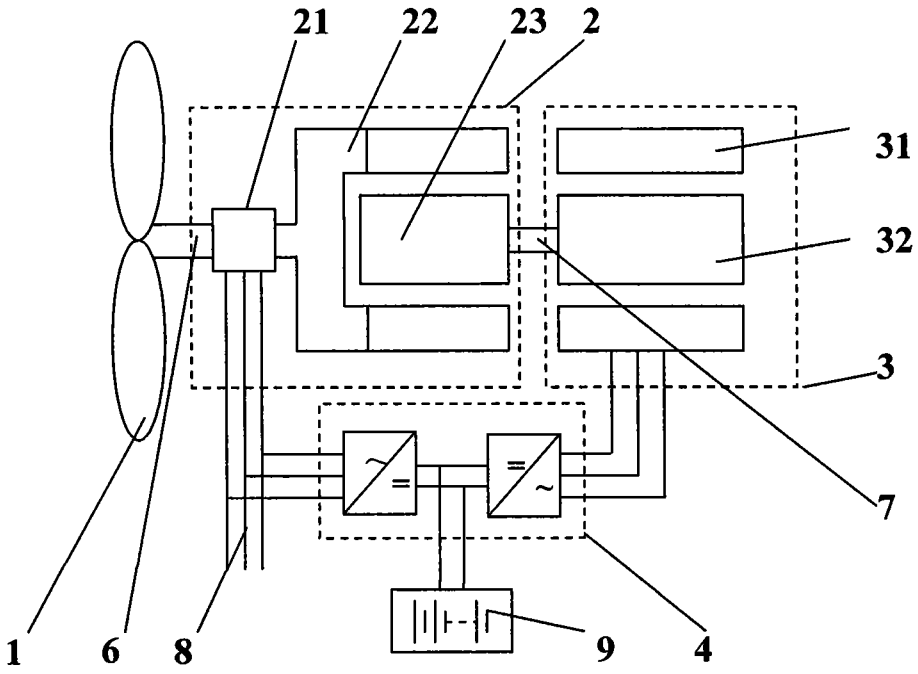



图 5

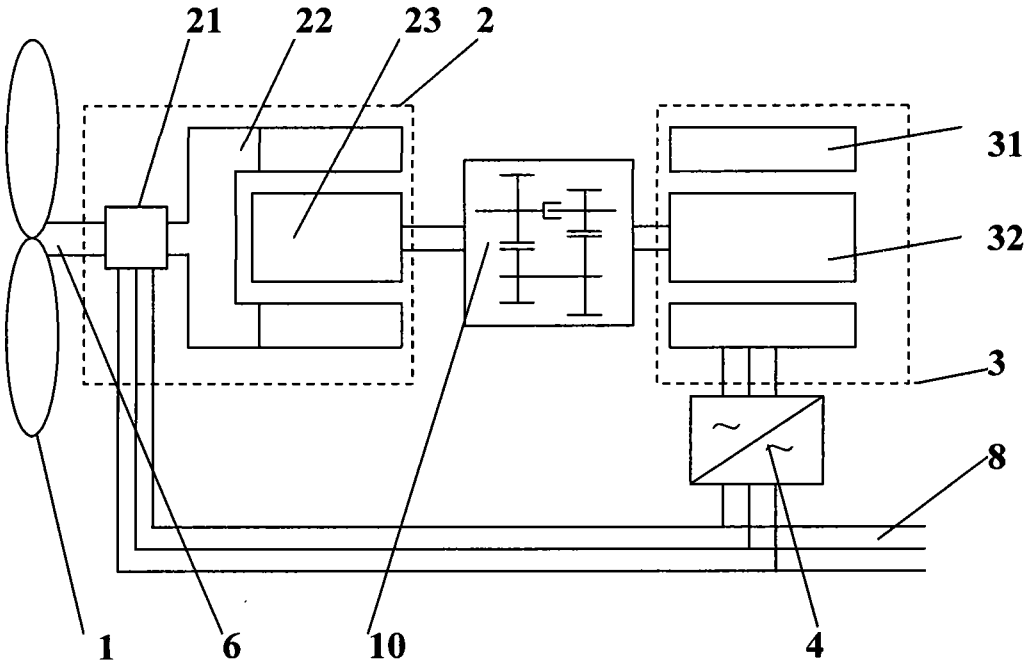



图 6

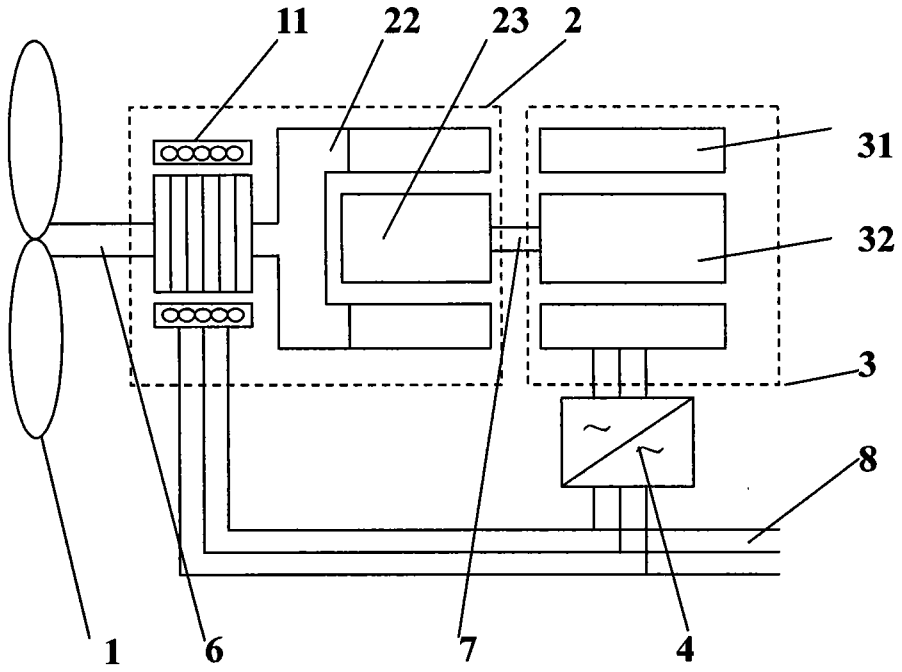



图 7