



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101871433 B

(45) 授权公告日 2012. 07. 11

(21) 申请号 201010197518. 0

US 7276807 B2, 2007. 10. 02, 全文 .

(22) 申请日 2010. 06. 11

审查员 陈翔

(73) 专利权人 哈尔滨工程大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区南通大街 145 号哈尔滨工程大学科技处知识产权办公室

(72) 发明人 张强 石建飞 刘政宇 张敬南 张文义 赵凯岐

(51) Int. Cl.

H02J 3/38 (2006. 01)

F03D 9/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101090207 A, 2007. 12. 19, 全文 .

CN 1925254 A, 2007. 03. 07, 全文 .

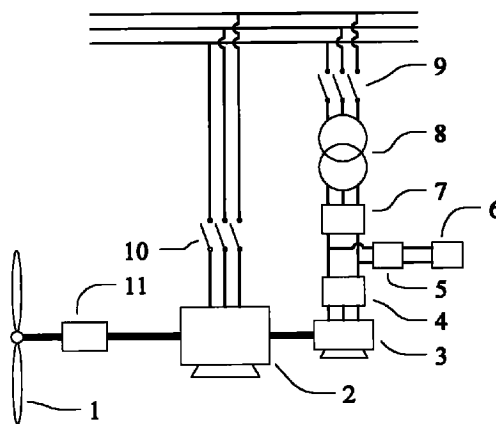
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 1 页

(54) 发明名称

具有储能装置的变速恒频风力发电装置

(57) 摘要

本发明提供的是一种具有储能装置的变速恒频风力发电装置。定桨距风力机的输出轴与永磁发电机的输入轴连接在一起；永磁发电机与调节电机同轴连接；永磁发电机的电枢绕组通过主并网开关接至电网；调节电机的电枢绕组与机侧变流器的交流端接在一起；机侧变流器的直流端与网侧变流器的直流端连接在一起；储能装置通过充放电装置连接在机侧变流器的直流端；网侧变流器的交流端接至变压器的低压端；变压器的高压端通过副并网开关接至电网。本发明将储能装置应用于永磁风力发电装置中，不仅可以实现稳定的变速恒频运行，还可以在对最大风能进行转化的同时，依靠自身的调节能力灵活地改变发电装置输出的有功功率和无功功率，确保电网的功率平衡。



1. 一种具有储能装置的变速恒频风力发电装置,由定桨距风力机、永磁发电机、调节电机、机侧变流器、充放电装置、储能装置、网侧变流器、变压器、副并网开关、主并网开关构成;其特征是:定桨距风力机的输出轴与永磁发电机的输入轴连接在一起;永磁发电机与调节电机同轴连接;永磁发电机的电枢绕组通过主并网开关接至电网;调节电机的电枢绕组与机侧变流器的交流端接在一起;机侧变流器的直流端与网侧变流器的直流端连接在一起;储能装置通过充放电装置连接在机侧变流器的直流端;网侧变流器的交流端接至变压器的低压端;变压器的高压端通过副并网开关接至电网。

2. 根据权利要求1所述的具有储能装置的变速恒频风力发电装置,其特征是:在定桨距风力机与永磁发电机之间设置传动装置,定桨距风力机的输出轴与永磁发电机的输入轴通过传动装置连接在一起,其中定桨距风力机的输出轴与传动装置的输入轴连接在一起、传动装置的输出轴与永磁发电机连接。

具有储能装置的变速恒频风力发电装置

技术领域

[0001] 本发明涉及的是一种电气工程领域中的风力发电装置。特别是涉及到一种采用永磁发电机,同时具有储能装置的,能够实现变速恒频发电运行的风力发电装置。

背景技术

[0002] 在现有的风力发电技术中,除了双馈发电机和传统的异步发电机外,永磁发电机由于具有功率密度高、运行可靠、维护简单等优点,而被广泛使用。为了在风速变化的情况下,保证永磁风力发电机输出的频率恒定,即实现变速恒频,目前所采取的方法主要有以下两种:

[0003] 第一种方法是将发电机电枢绕组输出的电能通过一个电力电子变流器后,再送入电网。在这种方法中,发电机输出的频率随着风速的变化而改变,但是通过对电力电子变流器进行控制,可以使变流器输出频率保持恒定,满足电网需求。

[0004] 第二种方法是采用变桨距技术,当风速变化时,通过一套变桨距机构使风力机的叶片绕叶片的中心轴转动,改变叶片的攻角,进而维持发电机的转速不变,确保输出频率恒定。

[0005] 以上这两种方法虽然可以实现永磁风力发电机的变速恒频运行,但是在实际运行时,也都存在有一定的问题:

[0006] 当采用第一种方法时,变流器的功率必须要大于发电机的额定功率,而大容量电力电子变流器的使用,势必会大幅度增加整套发电装置的成本;其次当负载不变,而风速增加时,发电机的输出功率也会随之增加,过剩的有功功率注入电网后,必然会对电网的稳定运行带来不利影响。

[0007] 采用第二种方法时,由于该方法是通过调节转化的风能的大小来稳定发电机的转子转速,因此在保证电网有功平衡的情况下,无法实现最大风能转化。此外附加的变桨距机构不仅会增加成本,致使装置结构复杂、可靠性降低,而且需要通过机械传动来调节叶片攻角才能稳定发电机转速,因此风速变化时,发电机输出频率的调节过程相对缓慢。

[0008] 总之,采用以上这两种方法实现变速恒频运行的永磁发电机风力发电装置除成本高、结构复杂外,存在的最大问题是在运行过程中,无法同时实现最大风能的转化和输出功率的灵活调节。

发明内容

[0009] 本发明的目的在于提供一种可以实现稳定的变速恒频运行,在对最大风能进行转化的同时能依靠自身的调节能力灵活地改变发电装置输出的有功功率和无功功率,确保电网的功率平衡,维持电网的稳定运行的具有储能装置的变速恒频风力发电装置。

[0010] 本发明的目的是这样实现的:

[0011] 由定桨距风力机、永磁发电机、调节电机、机侧变流器、充放电装置、储能装置、网侧变流器、变压器、副并网开关、主并网开关构成;定桨距风力机的输出轴与永磁发电机的

输入轴连接在一起；永磁发电机与调节电机同轴连接；永磁发电机的电枢绕组通过主并网开关接至电网；调节电机的电枢绕组与机侧变流器的交流端接在一起；机侧变流器的直流端与网侧变流器的直流端连接在一起；储能装置通过充放电装置连接在机侧变流器的直流端；网侧变流器的交流端接至变压器的低压端；变压器的高压端通过副并网开关接至电网。

[0012] 还可以在定桨距风力机与永磁发电机之间设置传动装置，定桨距风力机的输出轴与传动装置的输入轴连接在一起；传动装置的输出轴与永磁发电机连接。

[0013] 本发明的有益效果主要体现在：

[0014] (1) 本发明提出的风力发电装置，不仅可以实现变速恒频运行，还可以在在进行最大风能转化的前提下，依靠自身的调节能力，根据电网所需电能的变化来灵活地调节输出的有功功率。当风能过剩时，发电装置利用储能装置来吸收多余的能量；而当风能不足时，发电装置又可以将储能装置中的能量释放出来以满足电网的需求，确保电网有功平衡。

[0015] (2) 本发明提出的风力发电装置，有利于电网稳定性的进一步提高。虽然现有的风电网为了提高电网的稳定性，也采用了大量的储能装置，但这些储能装置与风力发电装置在运行控制、设备安装等方面完全独立，这必然会对电网的稳定性带来不利影响。例如当风能过剩时，为了实现最大风能转化，现有的发电装置需要将全部的风能都转化为电能送入电网，这必然会导致电网频率上升，当电网中的储能装置检测到电网频率上升后，才开始吸收电网中多余的电能，多余的电能需要从发电装置处通过电网传送至储能装置，在整个调节过程中，不仅电网的频率要发生明显的波动，而且电网中的潮流分布必然也会受到多余电能输送的影响。与现有的这种风电网运行模式相比，本发明提出的发电装置，在风能过剩时，可直接运行于工作模式五状态下，多余的风能通过调节电机转变为电能，再通过机侧变流器和充放电装置被储能装置完全吸收，而永磁发电机只输出电网所需的电能，确保电网有功平衡，因此在整个运行过程中，多余的能量无需经过电网输送，即可被储能装置吸收，不会对电网的稳定性带来不利影响。

[0016] (3) 本发明提出的发电装置，在电网中可以起到电励磁同步发电机的作用，不仅可以调节有功功率，还可以调节无功功率。现有的各种永磁发电机发电装置，由于励磁无法调节，因此不具备调节无功功率的能力，但是在本发明提出的发电装置中，储能装置、充放电装置、网侧变流器、变压器构成了一台静止无功发生器，当副并网开关闭合时，通过控制网侧变流器的输出，就可以灵活地为电网提供无功功率补偿。

[0017] (4) 本发明提出的风力发电装置可采用多种工作模式来满足不同运行环境条件下的，最大风能转换和输出有功调节的需求。例如风能不足时，发电装置既可以运行于工作模式三，也可以运行于工作模式四状态下，前者是通过改变永磁发电机转子转速的机械方式来调节输出频率，此时的发电装置起到了类似于“调频机组”的作用；后者是通过电力电子装置直接将储能装置中的能量注入电网来稳定当前的电网频率，具有响应速度快、动态性能好的优点。

[0018] (5) 在本发明提出的风力发电装置中，永磁发电机为主要的发电设备，其输出电能通过主并网开关直接注入电网，无需大容量电力电子变流装置。而调节电机只有在永磁发电机输出频率发生波动时才投入运行，考虑到风力发电装置的实际运行范围，通过对整套发电装置的合理设计，调节电机的容量远小于永磁发电机的容量，因此与之配套的机侧变

流器、网侧变流器、充放电装置、储能装置、变压器也只需要较小的容量就可以满足正常的发电运行。由于变压器为升压变压器,所以可以降低对机侧变流器、网侧变流器、充放电装置、储能装置的电压要求,并且在发电装置中也无需变桨机构。综上所述,本发明提出的风力发电装置,可有效降低总体成本、提高运行可靠性,特别是由于在发电装置内部使用了储能装置,因此可以减小电网中的其他储能装置容量,甚至完全取消。

[0019] (6) 本发明提出的风力发电装置,当风速短时间内过大或过小,超出运行范围时,依靠储能装置和调节电机的调节作用,永磁发电机仍然可以稳定运行,因此具有较宽的运行范围。

附图说明

[0020] 图 1 采用永磁发电机具有储能装置的变速恒频风力发电装置结构图。

具体实施方式

[0021] 下面结合附图举例对本发明做更详细地描述:

[0022] 结合图,本发明的采用永磁发电机具有储能装置的变速恒频风力发电装置由定桨距风力机 1、永磁发电机 2、调节电机 3、机侧变流器 4、充放电装置 5、储能装置 6、网侧变流器 7、变压器 8、副并网开关 9、主并网开关 10、传动装置 11 等部分构成,具体结构如图 1 所示。定桨距风力机 1 的输出轴与传动装置 11 的输入轴连接在一起;永磁发电机 2 与调节电机 3 同轴连接,且与传动装置 11 的输出轴接在一起;永磁发电机 2 的电枢绕组通过主并网开关 10 接至电网;调节电机 3 的电枢绕组与机侧变流器 4 的交流端接在一起;机侧变流器 4 的直流端与网侧变流器 7 的直流端连接在一起;储能装置 6 通过充放电装置 5 连接在机侧变流器 4 的直流端;网侧变流器 7 的交流端接至变压器 8 的低压端;变压器 8 的高压端通过副并网开关 9 接至电网。

[0023] 定桨距风力机 1 采用各种常规的定桨距风力机,例如水平轴风力机、垂直轴风力机、三叶片风力机等。

[0024] 永磁发电机 2 采用三相永磁交流发电机。

[0025] 调节电机 3 采用永磁交流电机。

[0026] 机侧变流器 4 和网侧变流器 7 采用由功率电力电子器件,例如 IGBT、MOSFET 等,构成的三相桥式电路。

[0027] 充放电装置 5 采用 Buck-Boost 电路或其拓扑电路。

[0028] 储能装置 6 采用超级电容器组,或者蓄电池组、飞轮储能装置等。

[0029] 变压器 8 采用升压变压器。

[0030] 传动装置 11 采用由齿轮构成的机械传动装置。

[0031] 定桨距风力机 1 将风能转化为机械能通过传动装置 11,传递给永磁发电机 2 和调节电机 3。根据风能和电网所需电能之间大小关系的不同,发电装置选择工作模式一至工作模式七中的某一具体工作状态,在实现最大风能转化的同时,维持永磁发电机 2 的输出频率恒定,并通过调节输出有功功率和无功功率的大小,来并保证电网的功率平衡,实现稳定运行。

[0032] 本发明的另一种实施方式是:取消传动装置 11,定桨距风力机 1 直接驱动永磁发

电机 2 和调节电机 3 工作。其他与以上实施方式相同。

[0033] 本发明提出的风力发电装置,为了能够在对最大风能进行转化的同时,实现变速恒频运行,并保证电网的稳定性,根据风能(定桨距风力机 1 提供的机械能)和电网所需电能之间的大小关系的不同,可具体分为以下几种工作模式:

[0034] (1) 工作模式一。该工作模式适用于永磁发电机 2 的输出频率在允许范围内,风能的大小等于电网所需电能,且小于或等于永磁发电机 2 的额定容量。在该工作模式下,控制机侧变流器 4、网侧变流器 7 和充放电装置 5,使它们都处于截止状态,主并网开关 10 闭合,副并网开关 9 断开。定桨距风力机 1 通过传动装置 11 带动永磁发电机 2 和调节电机 3 的转子旋转,永磁发电机 2 和调节电机 3 都处于发电状态,但是由于机侧变流器 4 处于截止状态,因此调节电机 3 空载运行,所有的风能都由永磁发电机 2 转化为电能,通过闭合的主并网开关 10 注入电网,满足电网的有功需求。

[0035] (2) 工作模式二。该工作模式适用于永磁发电机 2 的输出频率在允许范围内,风能的大小等于电网所需电能,但大于永磁发电机 2 的额定容量。在该工作模式下,控制机侧变流器 4 处于整流状态,网侧变流器 7 处于逆变状态,充放电装置 5 处于截止状态,主并网开关 10 闭合,副并网开关 9 闭合。永磁发电机 2 和调节电机 3 都处于发电状态,永磁发电机 2 将大小等于其额定容量的风能转化为电能通过闭合的主并网开关 10 注入电网,剩余的风能由调节电机 3 转化为电能再通过机侧变流器 4、网侧变流器 7、变压器 8 和副并网开关 9 注入电网,进而保持电网有功平衡。

[0036] (3) 工作模式三。该工作模式适用于永磁发电机 2 输出频率小于额定值,或者由于风能减小或者负载增加,使得风能小于电网所需的电能,永磁发电机 2 转子转速下降,输出频率减小的情况。在该工作模式下,控制充放电装置 5 处于放电状态,机侧变流器 4 处于逆变状态,网侧变流器 7 处于截止状态,主并网开关 10 闭合,副并网开关 9 断开。储能装置 6 中的能量经过过充放电装置 5 和机侧变流器 4 进入调节电机 3 的电枢绕组,调节电机 3 运行于电动机状态,通过对充放电装置 5 和机侧变流器 4 的合理控制,可以使得调节电机 3 的拖动方向与永磁发电机 2 的转子旋转方向相同,进而增加永磁发电机 2 的拖动转矩,使得永磁发电机 2 的转子转速回升,输出频率增加,最终重新稳定在额定频率点运行。在这种工作模式下,储能装置 6 释放出来的能量经过调节电机 3 后变换为机械能,再和定桨距风力机 1 提供的机械能,即风能,一起经永磁发电机 2 转换为电能提供给电网,进而保持电网稳定。

[0037] (4) 工作模式四。针对工作模式三所面临的风能小于电网所需电能的情况,如果此时永磁发电机 2 的输出频率虽然下降,但还在允许范围内时,除采取工作模式三的控制方法外,还可以控制充放电装置 5 处于放电状态,机侧变流器 4 处于截止状态,网侧变流器 7 处于逆变状态,主并网开关 10 闭合,副并网开关 9 闭合。在该工作模式下,调节电机 3 空载运行,不进行能量转换,永磁发电机 2 将所有的风能转化为电能注入电网,同时储能装置 6 中的能量通过充放电装置 5、网侧变流器 7 和变压器 8 注入电网,来补偿风能与电网所需电能之间的差值,进而维持电网有功平衡,抑制永磁发电机 2 转子转速的下降,维持永磁发电机 2 输出频率稳定在允许范围内。

[0038] (5) 工作模式五。该工作模式适用于永磁发电机 2 输出频率大于额定值,或者由于风能增加或者负载减小,使得风能大于电网所需的电能,永磁发电机转子转速上升,输出频率增加的情况。在该工作模式下,控制充放电装置 5 处于充电状态,机侧变流器 4 处于整流

状态,网侧变流器 7 处于截止状态,主并网开关 10 闭合,副并网开关 9 断开。在该工作模式下,调节电机 3 处于回馈制动,即发电运行状态,其电磁转矩为制动转矩,通过合理地控制调节电机 3 的电磁转矩的大小,可以使永磁发电机 2 的转子转速下降,并最终稳定在额定转速,输出电网所需的电能,且输出频率恒定。调节电机 3 在运行过程中,将风能多于电网所需电能的这部分能量转化为电能,通过机侧变流器 4 和充放电装置 5,送至储能装置 6,由储能装置 6 存储起来。这样既可以实现最大风能转化,又可以确保永磁发电机 2 输出频率恒定,维持电网的有功平衡。

[0039] (6) 工作模式六。针对工作模式五所面临的电网有功功率过剩的情况,如果此时永磁发电机 2 的输出频率虽然上升,但还在允许范围内时,除采取工作模式五的控制方法外,还可以控制充放电装置 5 处于充电状态,机侧变流器 4 处于截止状态,网侧变流器 7 处于整流状态,主并网开关 10 闭合,副并网开关 9 闭合。在该工作模式下,调节电机 3 空载运行,不进行能量转换,永磁发电机 2 将所有的风能转化为电能注入电网,同时储能装置 6 通过充放电装置 5、网侧变流器 7 和变压器 8 吸收电网中的多余能量,进而维持电网有功平衡,抑制永磁发电机 2 转子转速的上升,维持永磁发电机 2 输出频率稳定在允许范围内。

[0040] (7) 工作模式七。该模式针对电网有功功率平衡,但无功功率不平衡的情况。在控制主并网开关 10 闭合,永磁发电机 2 将风能转化为电能注入电网,满足电网有功需求的同时,控制副并网开关 9 闭合,则储能装置 6、充放电装置 5、网侧变流器 7、变压器 8 构成了一台静止无功发生器,按照静止无功发生器的控制方法,通过调节网侧变流器 7 的交流输出电压,可以为电网提供无功补偿,进而满足电网对无功的需求。

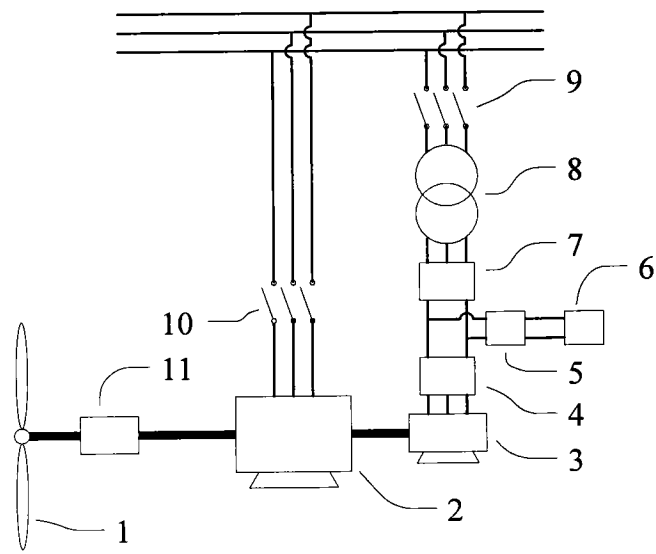


图 1