



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 204258334 U

(45) 授权公告日 2015. 04. 08

(21) 申请号 201420826884. 1

(22) 申请日 2014. 12. 23

(73) 专利权人 台达电子工业股份有限公司
地址 中国台湾桃园县

(72) 发明人 薛海芬 陈丽 吕飞 王长永

(74) 专利代理机构 隆天知识产权代理有限公司
72003

代理人 李昕巍 赵根喜

(51) Int. Cl.

H02J 3/38(2006. 01)

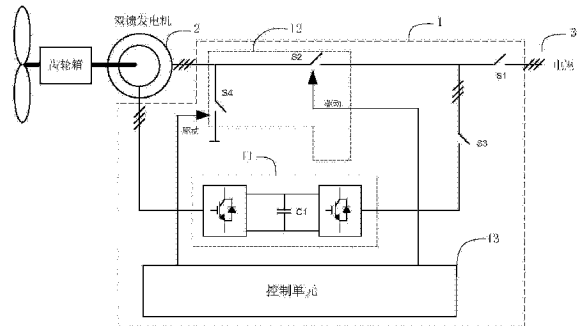
权利要求书2页 说明书8页 附图5页

(54) 实用新型名称

风力发电控制装置及风力发电系统

(57) 摘要

本实用新型公开了一种风力发电控制装置及风力发电系统,该风力发电控制装置,包括:变换器单元,包括机侧变换器、直流母线电容和网侧变换器,机侧变换器的交流侧耦接于风机的转子侧,机侧变换器的直流侧耦接于直流母线电容,网侧变换器的直流侧耦接于直流母线电容,网侧变换器的交流侧耦接至电网;控制单元,用于根据一控制信号控制切换单元在双馈发电运行模式与全功率运行模式之间切换;以及切换单元,包括模式切换开关和并网开关,其中:模式切换开关的第一端耦接于风机的定子侧以及并网开关的第一端,模式切换开关的第二端短接;并网开关的第一端耦接于风机的定子侧,并网开关的第二端耦接至电网。



1. 一种风力发电控制装置, 耦接于风机和电网之间, 其特征在于, 包括:

变换器单元, 包括机侧变换器、直流母线电容和网侧变换器, 所述机侧变换器的交流侧耦接于所述风机的转子侧, 所述机侧变换器的直流侧耦接于所述直流母线电容, 所述网侧变换器的直流侧耦接于所述直流母线电容, 所述网侧变换器的交流侧耦接至所述电网;

控制单元, 用于根据一控制信号控制所述切换单元在所述双馈发电运行模式与所述全功率运行模式之间切换; 以及

切换单元, 用于当风速满足切换条件时, 所述风力发电控制装置在双馈发电运行模式与全功率运行模式之间切换;

所述切换单元包括模式切换开关和并网开关, 其中:

所述模式切换开关的第一端耦接于所述风机的定子侧以及所述并网开关的第一端, 所述模式切换开关的第二端短接;

所述并网开关的第一端耦接于所述风机的定子侧, 所述并网开关的第二端耦接至所述电网。

2. 如权利要求 1 所述的风力发电控制装置, 其特征在于, 所述风力发电控制装置还包括网侧开关和入网开关, 其中:

所述网侧开关的第一端耦接于所述网侧变换器, 所述网侧开关的第二端与所述并网开关的第二端耦接并形成一公共节点;

所述入网开关设置在所述公共节点与所述电网之间。

3. 如权利要求 2 所述的风力发电控制装置, 其特征在于, 当所述风力发电控制装置切换为全功率运行模式时, 所述并网开关断开, 所述模式切换开关、所述网侧开关和所述入网开关闭合; 当所述风力发电控制装置切换为双馈发电运行模式时, 所述模式切换开关断开, 所述并网开关、所述网侧开关和所述入网开关闭合。

4. 如权利要求 1 所述的风力发电控制装置, 其特征在于, 所述控制单元包括:

接收模块, 用于接收风速数据;

比较模块, 用于将接收到的所述风速数据与一预定风速数据相比较生成一比较结果;

产生模块, 用于根据所述比较结果产生所述控制信号。

5. 如权利要求 1 所述的风力发电控制装置, 其特征在于, 所述控制单元包括:

接收模块, 用于接收切换指令;

产生模块, 用于根据所述切换指令产生所述控制信号。

6. 如权利要求 1 所述的风力发电控制装置, 其特征在于, 当处于所述全功率运行模式时, 所述风机的转子侧、所述变换器单元与所述电网间形成第三输电路径; 当处于所述双馈发电运行模式时, 所述风机的定子侧与所述电网间形成第一输电路径, 所述风机的转子侧、所述变换器单元与所述电网间形成第二输电路径。

7. 如权利要求 1 所述的风力发电控制装置, 其特征在于, 所述模式切换开关和所述并网开关为电子开关、机械开关或电子开关与机械开关形成的组合开关。

8. 如权利要求 1 所述的风力发电控制装置, 其特征在于, 所述风力发电控制装置还包括能量平衡单元, 用于所述电网发生短路故障时保持所述风力发电系统能量平衡, 以实现在预定时间内保持并网, 并同时发出无功电流。

9. 如权利要求 8 所述的风力发电控制装置, 其特征在于, 所述能量平衡单元为直流斩

波器,耦接于所述直流母线电容的第一端和第二端。

10. 如权利要求 9 所述的风力发电控制装置,其特征在于,在所述双馈发电运行模式下发生电网短路故障时,所述网侧变换器稳定母线电压,所述机侧变换器根据电压跌落深度自风机的所述定子侧发感性无功电流,所述直流斩波器根据直流母线电压的大小进行开通或关断以维持机侧变换器与网侧变换器的能量平衡。

11. 如权利要求 9 所述的风力发电控制装置,其特征在于,在所述全功率运行模式下发生电网短路故障时,所述网侧变换器稳定母线电压并根据电压跌落深度发感性无功电流,以对电网电压提供支撑,所述直流斩波器根据直流母线电压的大小进行开通或关断以维持机侧变换器与网侧变换器的能量平衡。

12. 一种风力发电系统,耦接于电网,其特征在于,包括:

风机;以及

风力发电控制装置,耦接于所述风机和所述电网之间,用于控制所述风力发电系统与所述电网之间的功率流向,

其中,所述风力发电控制装置为如权利要求 1 所述的风力发电控制装置。

13. 如权利要求 12 所述的风力发电系统,其特征在于,所述风力发电控制装置还包括网侧开关和入网开关,其中:

所述网侧开关的第一端耦接于所述网侧变换器,所述网侧开关的第二端与所述并网开关的第二端耦接并形成一公共节点;

所述入网开关设置在所述公共节点与所述电网之间。

14. 如权利要求 13 所述的风力发电系统,其特征在于,当所述风力发电控制装置切换为全功率运行模式时,所述并网开关断开,所述模式切换开关、所述网侧开关和所述入网开关闭合;当所述风力发电控制装置切换为双馈发电运行模式时,所述模式切换开关断开,所述并网开关、所述网侧开关和所述入网开关闭合。

15. 如权利要求 12 所述的风力发电系统,其特征在于,所述模式切换开关和所述并网开关为电子开关、机械开关或电子开关与机械开关形成的组合开关。

16. 如权利要求 12 所述的风力发电系统,其特征在于,所述风力发电控制装置还包括能量平衡单元,用于所述电网发生短路故障时保持所述风力发电系统能量平衡,以实现在预定时间内保持并网,并同时发出无功电流。

17. 如权利要求 16 所述的风力发电系统,其特征在于,所述能量平衡单元为直流斩波器,耦接于所述直流母线电容的第一端和第二端。

18. 如权利要求 17 所述的风力发电系统,其特征在于,在所述双馈发电运行模式下发生电网短路故障时,所述网侧变换器稳定母线电压,所述机侧变换器根据电压跌落深度自风机的所述定子侧发感性无功电流,所述直流斩波器根据直流母线电压的大小进行开通或关断以维持机侧变换器与网侧变换器的能量平衡。

19. 如权利要求 17 所述的风力发电系统,其特征在于,在所述全功率运行模式下发生电网短路故障时,所述网侧变换器稳定母线电压并根据电压跌落深度发感性无功电流,以对电网电压提供支撑,所述直流斩波器根据直流母线电压的大小进行开通或关断以维持机侧变换器与网侧变换器的能量平衡。

风力发电控制装置及风力发电系统

技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种风力发电领域,尤其涉及一种适于不同风速环境下的风力发电控制装置及风力发电系统。

背景技术

[0002] 众所周知,目前的兆瓦级风力发电系统中主要包括两种风力发电机组,即,全功率风力发电机组和双馈风力发电机组。换言之,当前的一种风力发电机组采用双馈风力发电运行模式,而另一种风力发电机组采用全功率运行模式。一般来说,全功率风力发电机组主要由全功率变换器和全功率发电机(如,永磁同步发电机、电励磁发电机、感应发电机)组成,其发电运行范围宽,切入风速低,发电效率高,对电网的适应性好。然而,全功率风力发电机和全功率变换器价格昂贵。双馈风力发电机组主要由双馈感应发电机和双馈变换器组成,其相对于全功率机组价格便宜,但在低风速下的发电效率较低。此外,双馈式风力发电机组采用的双馈电机本身在低转速下的损耗较大,并且由于变换器所使用的晶体管的工作电压限制,双馈风机存在运行转速的下限,在低风速区域不能维持最佳尖速比运行,发电运行范围窄。

实用新型内容

[0003] 针对现有技术存在的问题,本实用新型的目的之一在于提供一种能够在低风速和高风速模式下切换的风力发电控制装置。

[0004] 本实用新型的另一目的在于提供一种适用于低风速和高风速环境的风力发电系统。

[0005] 本实用新型的风力发电控制装置,耦接于风机和电网之间,包括:

[0006] 变换器单元,包括机侧变换器、直流母线电容和网侧变换器,所述机侧变换器的交流侧耦接于所述风机的转子侧,所述机侧变换器的直流侧耦接于所述直流母线电容,所述网侧变换器的直流侧耦接于所述直流母线电容,所述网侧变换器的交流侧耦接至所述电网;

[0007] 控制单元,用于根据一控制信号控制所述切换单元在所述双馈发电运行模式与所述全功率运行模式之间切换;以及

[0008] 切换单元,用于当风速满足切换条件时,所述风力发电控制装置在双馈发电运行模式与全功率运行模式之间切换;

[0009] 所述切换单元包括模式切换开关和并网开关,其中:

[0010] 所述模式切换开关的第一端耦接于所述风机的定子侧以及所述并网开关的第一端,所述模式切换开关的第二端短接;

[0011] 所述并网开关的第一端耦接于所述风机的定子侧,所述并网开关的第二端耦接至所述电网。

[0012] 在其中的一实施例,所述风力发电控制装置还包括网侧开关和入网开关,其中:

[0013] 所述网侧开关的第一端耦接于所述网侧变换器,所述网侧开关的第二端与所述并网开关的第二端耦接并形成一公共节点;

[0014] 所述入网开关设置在所述公共节点与所述电网之间。

[0015] 在其中的一实施例,当所述风力发电控制装置切换为全功率运行模式时,所述并网开关断开,所述模式切换开关、所述网侧开关和所述入网开关闭合;当所述风力发电控制装置切换为双馈发电运行模式时,所述模式切换开关断开,所述并网开关、所述网侧开关和所述入网开关闭合。

[0016] 在其中的一实施例,所述控制单元包括:

[0017] 接收模块,用于接收风速数据;

[0018] 比较模块,用于将接收到的所述风速数据与一预定风速数据相比较生成一比较结果;

[0019] 产生模块,用于根据所述比较结果产生所述控制信号。

[0020] 在其中的一实施例,所述控制单元包括:

[0021] 接收模块,用于接收切换指令;

[0022] 产生模块,用于根据所述切换指令产生所述控制信号。

[0023] 在其中的一实施例,当处于所述全功率运行模式时,所述风机的转子侧、所述变换器单元与所述电网间形成第三输电路径;当处于所述双馈发电运行模式时,所述风机的定子侧与所述电网间形成第一输电路径,所述风机的转子侧、所述变换器单元与所述电网间形成第二输电路径。

[0024] 在其中的一实施例,所述模式切换开关和所述并网开关为电子开关、机械开关或电子开关与机械开关形成的组合开关。

[0025] 在其中的一实施例,所述风力发电控制装置还包括能量平衡单元,用于所述电网发生短路故障时保持所述风力发电系统能量平衡,以实现在预定时间内保持并网,并同时发出无功电流。

[0026] 在其中的一实施例,所述能量平衡单元为直流斩波器,耦接于所述直流母线电容的第一端和第二端。

[0027] 在其中的一实施例,在所述双馈发电运行模式下发生电网短路故障时,所述网侧变换器稳定母线电压,所述机侧变换器根据电压跌落深度自风机的所述定子侧发感性无功电流,所述直流斩波器根据直流母线电压的大小进行开通或关断以维持机侧变换器与网侧变换器的能量平衡。

[0028] 在其中的一实施例,在所述全功率运行模式下发生电网短路故障时,所述网侧变换器稳定母线电压并根据电压跌落深度发感性无功电流,以对电网电压提供支撑,所述直流斩波器根据直流母线电压的大小进行开通或关断以维持机侧变换器与网侧变换器的能量平衡。

[0029] 本实用新型的风力发电系统,耦接于电网,包括:

[0030] 风机;以及

[0031] 风力发电控制装置,耦接于所述风机和所述电网之间,用于控制所述风力发电系统与所述电网之间的功率流向,

[0032] 其中,所述风力发电控制装置为如权利要求 1 所述的风力发电控制装置。

- [0033] 在其中的一实施例,所述风力发电控制装置还包括网侧开关和入网开关,其中:
- [0034] 所述网侧开关的第一端耦接于所述网侧变换器,所述网侧开关的第二端与所述并网开关的第二端耦接并形成一公共节点;
- [0035] 所述入网开关设置在所述公共节点与所述电网之间。
- [0036] 在其中的一实施例,当所述风力发电控制装置切换为全功率运行模式时,所述并网开关断开,所述模式切换开关、所述网侧开关和所述入网开关闭合;当所述风力发电控制装置切换为双馈发电运行模式时,所述模式切换开关断开,所述并网开关、所述网侧开关和所述入网开关闭合。
- [0037] 在其中的一实施例,所述模式切换开关和所述并网开关为电子开关、机械开关或电子开关与机械开关形成的组合开关。
- [0038] 在其中的一实施例,所述风力发电控制装置还包括能量平衡单元,用于所述电网发生短路故障时保持所述风力发电系统能量平衡,以实现在预定时间内保持并网,并同时发出无功电流。
- [0039] 在其中的一实施例,所述能量平衡单元为直流斩波器,耦接于所述直流母线电容的第一端和第二端。
- [0040] 在其中的一实施例,在所述双馈发电运行模式下发生电网短路故障时,所述网侧变换器稳定母线电压,所述机侧变换器根据电压跌落深度自风机的所述定子侧发感性无功电流,所述直流斩波器根据直流母线电压的大小进行开通或关断以维持机侧变换器与网侧变换器的能量平衡。
- [0041] 在其中的一实施例,在所述全功率运行模式下发生电网短路故障时,所述网侧变换器稳定母线电压并根据电压跌落深度发感性无功电流,以对电网电压提供支撑,所述直流斩波器根据直流母线电压的大小进行开通或关断以维持机侧变换器与网侧变换器的能量平衡。
- [0042] 本实用新型在切换单元的控制下可以使风机在低风速运行模式和中高风速运行模式下工作,既具有双馈机组价格低廉的优点,同时可以实现双馈机组的低风速条件下的全功率运行模式,从而有效地提高了双馈机组在低风速下的发电效率,解决了发电运行范围窄的缺点。

附图说明

- [0043] 图 1 为本实用新型一实施例的风力发电控制装置的示意图;
- [0044] 图 2a、2b 为本实用新型一实施例的风力发电控制装置中控制单元的结构示意框图;
- [0045] 图 3a 为本实用新型的风力发电控制装置处于低风速运行模式的示意图;
- [0046] 图 3b 为本实用新型的风力发电控制装置处于中高风速运行模式的示意图;
- [0047] 图 4 为本实用新型一实施例采用双向电子开关的风机发电系统示意图;
- [0048] 图 5 为图 4 中几类双向电子开关的示意图;
- [0049] 图 6 为本实用新型一实施例采用组合开关的风机发电系统示意图;
- [0050] 图 7 为本实用新型的风力发电系统与现有双馈风力发电系统的各风速段下风机的运行功率曲线示意图;

[0051] 图 8 为本实用新型一实施例的具备 FRT 功能的风力发电控制装置示意图；

[0052] 图 9 为图 8 中风力发电控制装置的几类直流斩波器的结构示意图。

具体实施方式

[0053] 为使本领域技术人员能更进一步了解本实用新型以下列举本实用新型的较佳实施例，并配合所附附图，详细说明本实用新型的构成内容。为了方便说明，本实用新型的各附图仅为示意以更容易了解本实用新型，其详细的比例可依照设计的需求进行调整。

[0054] 如图 1 所示，本实用新型的风力发电控制装置 1，耦接于双馈风力发电机 2 和电网 3 之间，包括：

[0055] 变换器单元 11，包括机侧变换器 111、直流母线电容 C1 和网侧变换器 112，机侧变换器 111 的交流侧耦接于风机 2 的转子侧，机侧变换器 111 的直流侧耦接于直流母线电容 C1，网侧变换器 112 的直流侧耦接于直流母线电容 C1，网侧变换器 112 的交流侧耦接至电网 3；

[0056] 切换单元 12，用于当风速满足切换条件时，所述风力发电控制装置 1 在双馈发电运行模式与全功率运行模式之间切换；以及

[0057] 控制单元 13，用于根据一控制信号控制所述切换单元 12 在所述双馈发电运行模式与所述全功率运行模式之间切换；

[0058] 切换单元 12 的工作模式切换动作可以由控制单元 13 进行控制。控制单元 13 根据一控制信号控制切换单元 12 在所述全功率运行模式和所述双馈发电运行模式间切换。其中，控制信号可以直接为来自双馈发电机 2 的控制器（图中未示出）的切换指令，也可以是根据风速数据与预定风速数据的比较结果进行控制。

[0059] 所述切换单元 12 包括模式切换开关 S4 和并网开关 S2，其中：

[0060] 所述模式切换开关 S4 的第一端耦接于所述风机 2 的定子侧以及所述并网开关 S2 的第一端，所述模式切换开关 S4 的第二端短接；

[0061] 所述并网开关 S2 的第一端耦接于所述风机 2 的定子侧，所述并网开关 S2 的第二端耦接至所述电网 3。

[0062] 本实施例中于低风速模式时仅由转子侧向电网 3 供电，短路了双馈发电机 2 的定子部分。此时双馈发电机 2 变成了感应发电机 (IG)，变换器单元 11 工作在全功率变流器模式。系统工作情况类似于全功率发电机组。功率流向从变换器单元 11 流向电网 3。变换器单元 11 处理全部的发电机输出功率，提高了低风速运行时的工作效率。

[0063] 由于控制信号的不同，控制单元 13 的组成结构可选择地有以下两种组成形式。如图 2a 所示，在一实施例中控制单元 13 包括：

[0064] 接收模块 130，用于接收风速数据；其中，风速数据可以由双馈发电机 2 的控制器（图中未示出）传送，可选择地也可以由风速传感器（图中未示出）直接传送。

[0065] 比较模块 132，用于将接收到的所述风速数据与一预定风速数据相比较生成一比较结果；预定风速数据为预先存储在控制单元 13 或存储单元（图中未示出）的风速数据，其是根据当地的风速环境统计所得，可以选择大于传统双馈发电机组的切入转速，避免切入风速选择过低，导致两种模式的频繁动作。比较模块 132 根据接收到的风速数据与一预定风速数据相比较得到当前风速满足第一条件（低风速条件），即当前接收到的所述风速

数据小于预定风速数据,或满足第二条件(中高速条件),即当前接收到的所述风速数据大于等于预定风速数据,并将比较结果发送至产生模块 134。

[0066] 产生模块 134,用于根据所述比较结果产生切换至所述全功率运行模式或所述双馈发电运行模式的所述控制信号。

[0067] 如图 2b 所示,在另一实施例中控制单元 13 包括:

[0068] 接收模块 131,用于接收切换指令;其中,切换指令是由双馈发电机 2 的控制器发送,切换指令为切换至全功率运行模式,或切换至双馈发电运行模式。

[0069] 产生模块 133,用于根据所述切换指令产生切换至所述全功率运行模式或所述双馈发电运行模式的所述控制信号。

[0070] 本实施与上述实施例中的控制单元结构的主要区别在于:本实施例中控制单元 13 的接收模块 131 直接接收双馈发电机 2 的控制器的切换指令,风速达到第一条件或第二条件由双馈发电机 2 的控制器进行比较判断,并发送相应的切换指令,控制单元 13 仅根据切换指令直接切换至全功率运行模式或双馈发电运行模式,不进行风速条件的比较判断操作,在一定程度上简化了控制单元 13,甚至可以省略控制单元,仅根据外部的控制信号来控制切换单元动作。

[0071] 此外,风力发电控制装置 1 还包括网侧开关 S3 和入网开关 S1,其中:

[0072] 所述网侧开关 S3 的第一端耦接于所述网侧变换器 112,所述网侧开关 S3 的第二端与所述并网开关 S2 的第二端耦接并形成一公共节点;

[0073] 所述入网开关 S1 设置在所述公共节点与所述电网 3 之间。

[0074] 如图 3a 所示,是本实用新型的全功率运行模式,即低风速运行模式的各开关状态的示意图。在此模式下,入网开关 S1、网侧开关 S3、模式切换开关 S4 导通(Turn On),并网开关 S2 关断(Turn off),通过模式切换开关 S4 开关的闭合,短路了双馈发电机 2 的定子部分。此时双馈发电机 2 变成了感应发电机(IG),变换器单元 11 工作在全功率变流器模式。系统工作情况类似与全功率发电机组。网侧变换器 112 稳定母线电压,调节入网电流波形,机侧变换器 111 承担输出功率的调节作用,功率流向从转子侧流经机侧变换器 111 和网侧变换器 112 流向电网 3。机侧变换器 111 和网侧变换器 112 处理全部的发电机输出功率。

[0075] 如图 3b 所示,是本实用新型的双馈发电运行模式,即中高风速运行模式的各开关状态的示意图。在此模式下,模式切换开关 S4 关断(Turn off),入网开关 S1、并网开关 S2、网侧开关 S3 导通(Turn on),系统工作情况与传统的双馈风力发电机组相一致。网侧变换器 112 维持直流母线电压恒定,机侧变换器 111 根据转速和功率控制转子绕组的励磁磁场旋转方向以及大小,实现风机的变速恒频工作。功率流向是双馈发电机 2 的定子侧向电网 3 发出功率,网侧变换器 112 和机侧变换器 111 根据风机转速的变化,能量双向流动。当双馈发电机 2 转速超过同步转速时,网侧变换器 112 和机侧变换器 111 向电网 3 方向发出能量,当双馈发电机 2 转速低于同步转速时,网侧变换器 112 和机侧变换器 111 从电网 3 方向吸收能量。

[0076] 如下表 1 所示,表示了两种工作模式 S1-S4 开关的切换逻辑状态。通常开关可以采用机械开关,如接触器(contactor),断路器(Breaker)等。机械开关在切换过程中需要较长的分断,开通时间(20ms-200ms),为了减少开关时间,可以采用双向电子开关代替机械

开关。图 4 为并网开关 S2、模式切换开关 S4 采用双向晶闸管 (SCR) 电子开关的示意图, 切换时间可以减少到 20ms 以内。图 5 为可选择地几种双向电子开关 (a)、(b)、(c) 的示意图, 但双向电子开关的种类并不以此为限。

[0077] 表 1

[0078]

	S2	S4	S1	S3
低速运行模式 (IG 模式)	0	1	1	1
中高速运行模式 (DFIG 模式)	1	0	1	1

[0079] 如图 6 所示, 并网开关 S2 也可以采用组合开关的方式, 即采用机械开关 S2 和电子开关 A2 并联的方式。组合开关既有机械开关承载流大的优点又有电子开关切换快的优点。配合相应的开关逻辑控制, 能够实现两种模式的无缝切换。

[0080] 在低速运行 (IG) 模式下, 机械开关 S2 断开, 双向电子开关 A2 断开, 模式切换开关 S4、入网开关 S1、网侧开关 S3 闭合。当要向双馈模式转换时, 先闭合双向电子开关 A2, 同时断开模式切换开关 S4, 并网机械开关 S2、入网开关 S1、网侧开关 S3 保持之前状态。由于并网双向电子开关 A2、模式切换开关 S4 均是双向电子开关, 状态转换立刻完成。实现了由 IG 到双馈模式的转换。短时由并网双向电子开关 A2 承受定子电流, 再关断并网机械开关 S2, 此时并网机械开关 S2、并网双向电子开关 A2 并联工作, 由于并网机械开关 S2 阻抗较小, 定子电流大多数由并网机械开关 S2 流过, 并网双向电子开关 A2 承担较小的负载电流, 降低了双向电子开关的使用成本。并网机械开关 S2 完成闭合后, 再断开并网双向电子开关 A2, 并网机械开关 S2 独自承担全部定子电流。整个切换过程结束。

[0081] 同样的, 在中高速模式 (DFIG) 模式下, 并网机械开关 S2 闭合, 并网双向电子开关 A2 断开, 入网开关 S1、网侧开关 S3 闭合, 模式切换开关 S4 断开。当要向 IG 模式转换时, 先闭合并网双向电子开关 A2, 同时断开模式切换开关 S4, 并网机械开关 S2、入网开关 S1、网侧开关 S3 保持之前状态。此时并网机械开关 S2、并网双向电子开关 A2 并联工作, 由于并网机械开关 S2 阻抗较小, 定子电流大多数由并网机械开关 S2 流过, 并网双向电子开关 A2 承担较小的负载电流。再关断并网机械开关 S2, 短时由并网双向电子开关 A2 承受全部定子电流。再闭合模式切换开关 S4, 断开并网双向电子开关 A2, 由于并网双向电子开关 A2、模式切换开关 S4 均是双向电子开关, 状态转换立刻完成。实现了由双馈到 IG 模式的转换, 整个切换过程结束。如下表 2 显示了采用组合开关的风机发电系统的各开关的切换逻辑状态。

[0082] 表 2

[0083]

	S2	A2	S4	S1	S3
低速运行模式 (IG 模式)	0	0	1	1	1
中高速运行模式 (双馈模式)	0	1	0	1	1
	1	1	0	1	1
	1	0	0	1	1

[0084] 为了能够更加清楚的揭露本实用新型,以下通过功率曲线图进行详述。如图 7 所示,本实用新型风电机组在各个风速下的功率曲线示意图,其中实线部分为本实用新型的风机运行功率曲线,虚线部分是传统双馈发电机运行曲线。在中高速风速段 (>6m/s),两条曲线重合,区别在低风速段,本实用新型的运行功率曲线明显更优化。以 1.5MW 双馈系统为例,传统双馈发电系统的切入风速约为 3.4m/s,在达到额定风速前,风机控制系统通过控制桨叶迎风角度,使发电系统尽可能的最大功率输出,到达额定风速后,通过控制桨叶迎风角度变化,保持发电系统恒功率输出。本实用新型中,在未达到切换风速前,通过切换相应的开关和网侧,机侧变流器的协调控制系统工作在全功率运行模式(低速运行模式),全功率运行模式的切入风速远低于传统的双馈发电系统切入风速。在风速达到切换风速后,系统转换为双馈运行模式(中高速运行模式)。

[0085] 根据各国电力公司标准要求,大功率风电并网发电设备需要具有 FRT(故障穿越)功能,即在电网发生如短路故障时,发电设备需要在规定时间内保持并网状态,不能保护性脱网。同时要能够发出一定的无功电流,以实现电网系统的电压支撑。由于本实用新型有低速和中高速两种不同的运行模式,需要考虑到在不同运行模式下都能够满足此要求。

[0086] 如图 8 所示,是本实用新型一实施例具备 FRT 功能的控制系统示意图。通过在变换器直流母线侧接入能量平衡单元 14,可以很好的解决在电网故障时由于能量不平衡所引起的母线电压波动,保护变流器电子元器件,从而实现本实用新型的 FRT 功能。能量平衡单元 14 可选择性地为直流斩波器,所述直流斩波器耦接于电容 C1 的第一端和第二端。其中如图 9 所示为直流斩波器 (a)、(b)、(c)、(d) 几种拓扑示意图。包括一个直流斩波桥臂和一颗能量泄放电阻,直流斩波桥臂可以有多种不同的形式,由 IGBT 和 Diode 组成。泄放电阻也可以连接在正母线和桥臂中点之间或者负母线和桥臂中点之间。

[0087] 在 IG 模式下发生电网短路故障时,网侧变换器 112 除了和正常工作一样稳定母线电压还需要根据电压跌落深度发感性无功电流,以对电网电压提供支撑。直流斩波器根据直流母线电压的大小进行开通或关断以维持机侧变换器 111 与网侧变换器 112 能量的平衡。

[0088] 在 DFIG 模式下发生电网短路故障时,网侧变流器 112 稳定母线电压,机侧变流器 111 根据电压跌落深度从定子侧发感性无功电流,以对电网电压提供支撑。直流斩波器根据直流母线电压的大小进行开通或关断以维持机侧网侧能量的平衡。

[0089] 如图 1 所示,本实用新型一实施例的风力发电系统,耦接于电网 3,包括:

[0090] 风机 2;以及

[0091] 风力发电控制装置 1,耦接于所述风机 2 和所述电网 1 之间,用于所述风机 2 和所述电网 3 间的输电控制;

[0092] 其中,所述风力发电控制装置 1 包括:

[0093] 变换器单元 11,包括机侧变换器 111、直流母线电容 C1 和网侧变换器 112,机侧变换器 111 的交流侧耦接于风机 2 的转子侧,机侧变换器 111 的直流侧耦接于直流母线电容 C1,网侧变换器 112 的直流侧耦接于直流母线电容 C1,网侧变换器 112 的交流侧耦接至电网 3;以及

[0094] 切换单元 12,用于当风速满足切换条件时,所述风力发电控制装置 1 在双馈发电运行模式与全功率运行模式之间切换。

[0095] 本实施例中的控制装置 1 结构以及工作模式在以上实施例中已经详细说明,在此不再赘述。

[0096] 以上具体地示出和描述了本实用新型的示例性实施方式。应该理解,本实用新型不限于所公开的实施方式,相反,本实用新型意图涵盖包含在所附权利要求范围内的各种修改和等效置换。

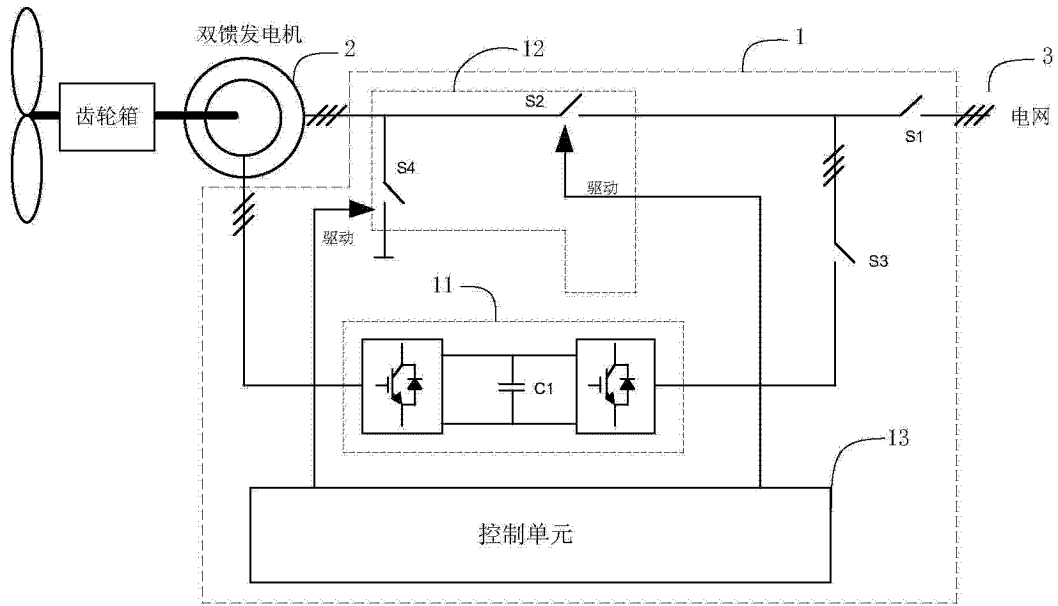


图 1

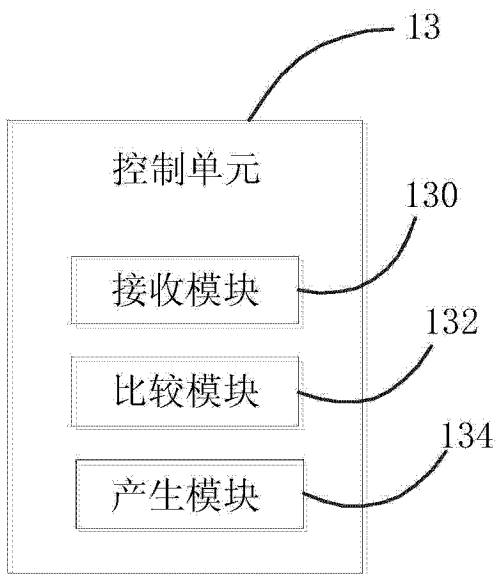


图 2a

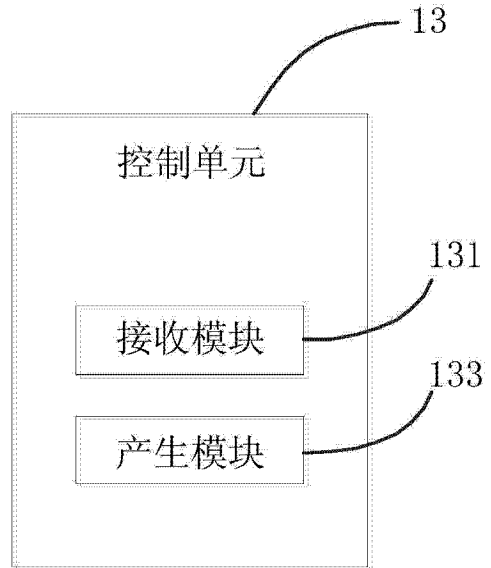


图 2b

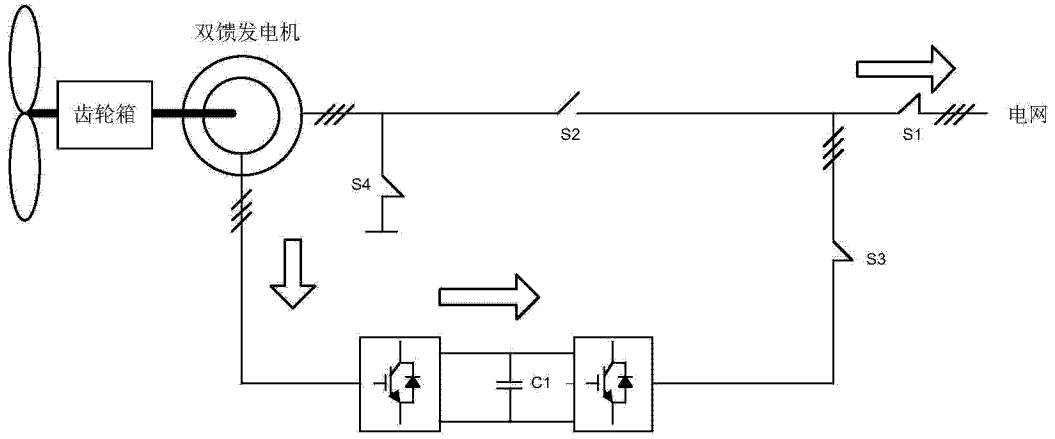


图 3a

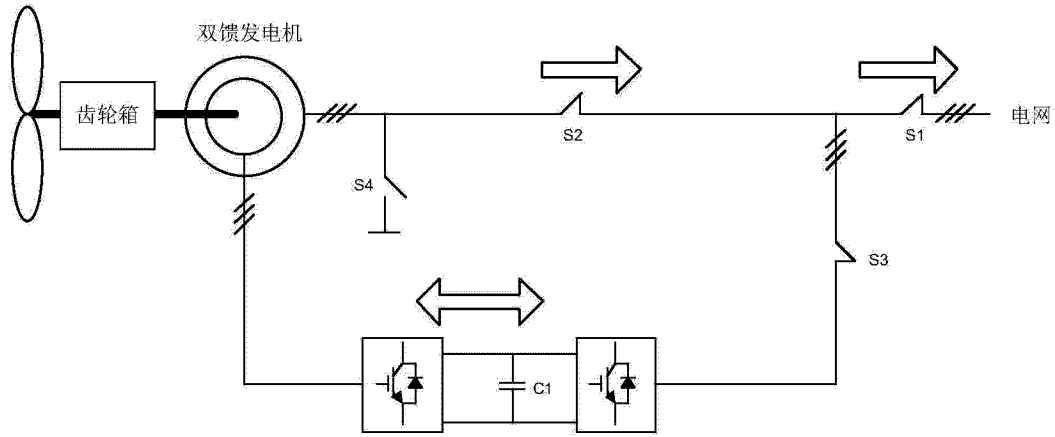


图 3b

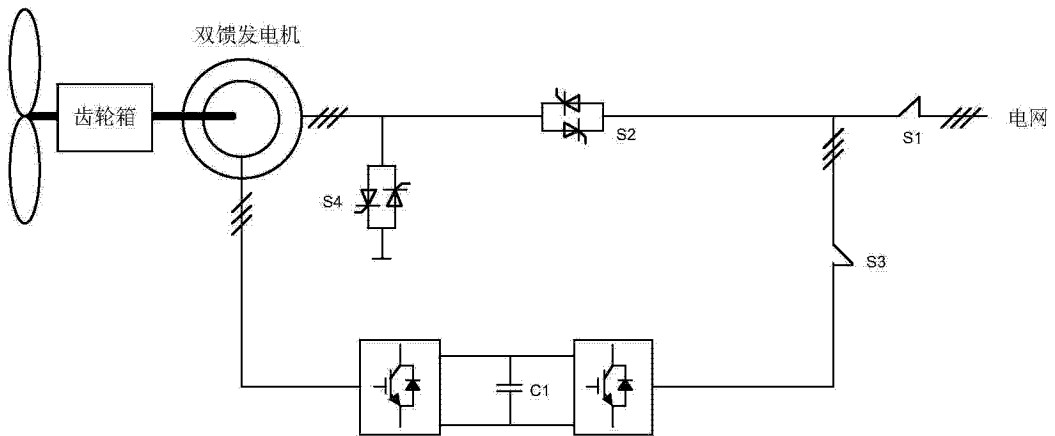


图 4

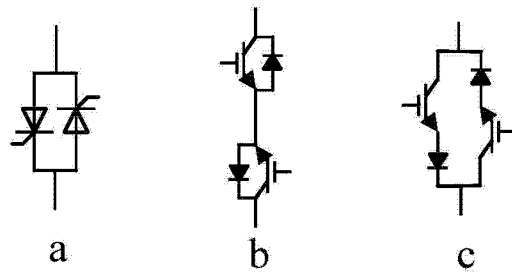


图 5

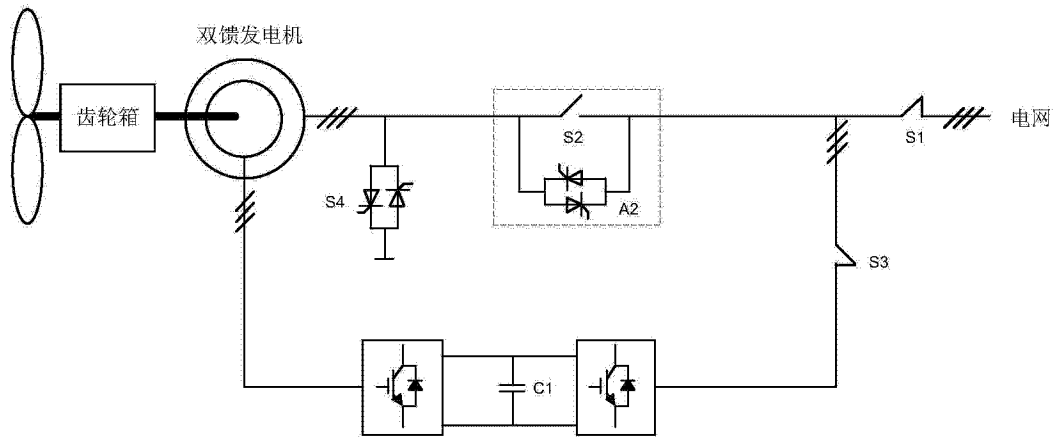


图 6

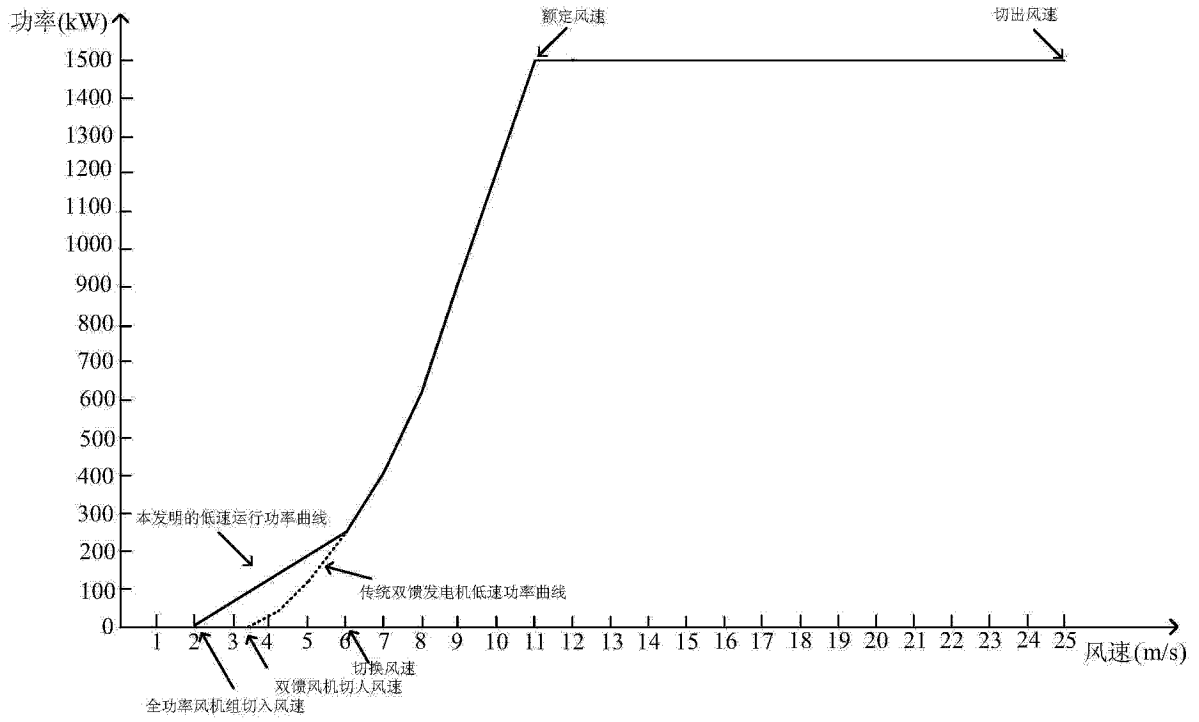


图 7

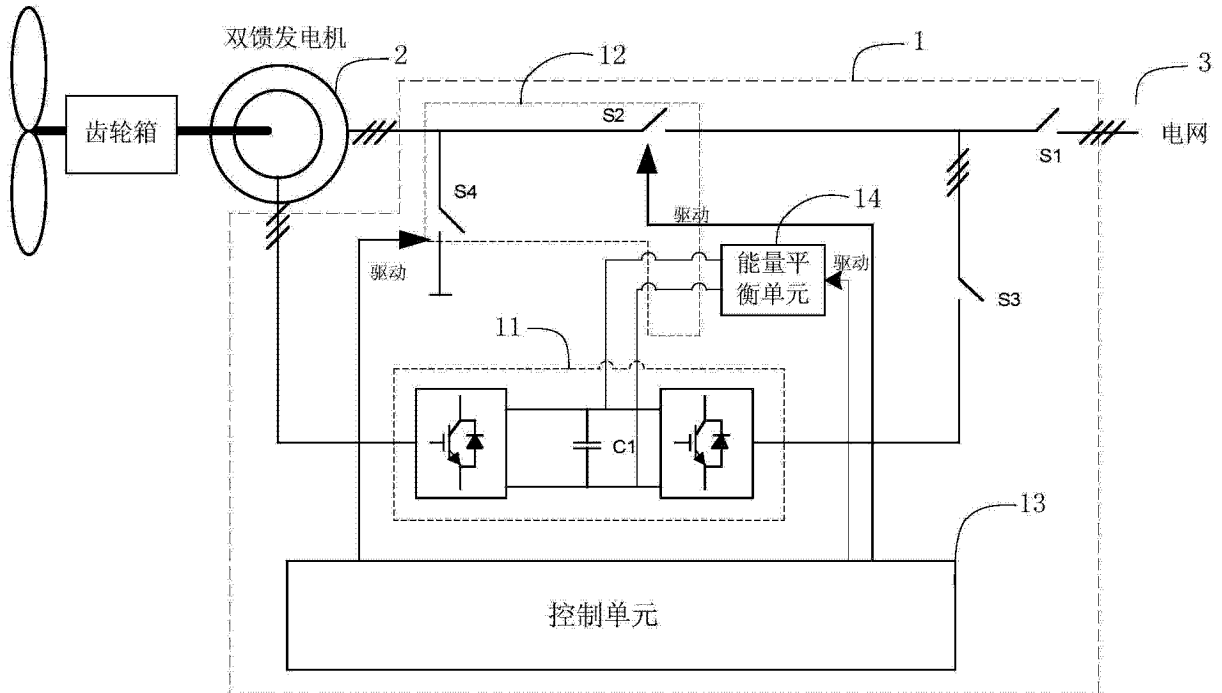


图 8

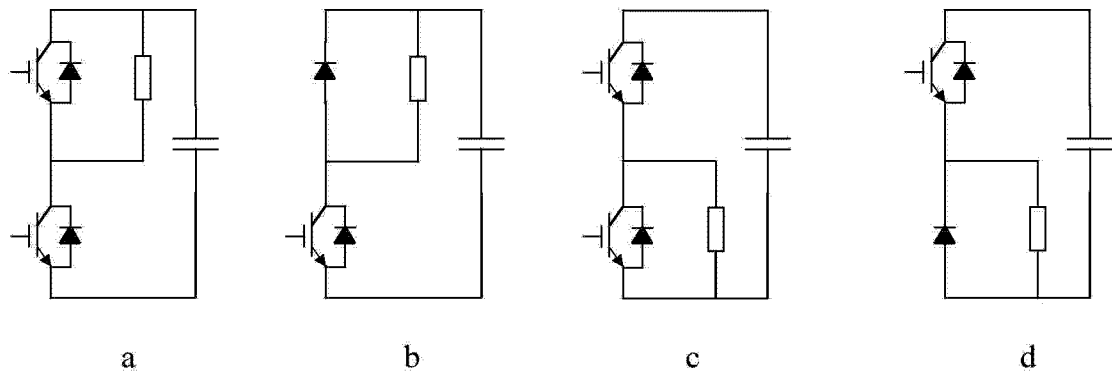


图 9