



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105932714 B

(45)授权公告日 2018. 11. 13

(21)申请号 201610431200.1

(22)申请日 2016.06.16

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105932714 A

(43)申请公布日 2016.09.07

(73)专利权人 三一重型能源装备有限公司

地址 100000 北京市昌平区北清路三一产业园

(72)发明人 胡刚毅 左光群 张超

(74)专利代理机构 北京超凡志成知识产权代理事务所(普通合伙) 11371

代理人 毕强

(51)Int. Cl.

H02J 3/38(2006.01)

(56)对比文件

CN 103375350 A,2013.10.30,

CN 105226713 A,2016.01.06,

CN 201388064 Y,2010.01.20,

CN 103701148 A,2014.04.02,

CN 104269884 A,2015.01.07,

CN 105048496 A,2015.11.11,

US 2008/0277938 A1,2008.11.13,

审查员 孙隽

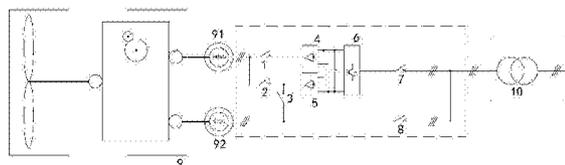
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

双电机风力发电机并网装置、风力发电机及并网控制方法

(57)摘要

本发明公开了一种双电机风力发电机并网装置、风力发电机及并网控制方法,并网装置包括第一机侧开关、第二机侧开关、异步电机软起开关、机侧大变流器、机侧小变流器、网侧变流器、网侧开关和异步电机并网开关,风力发电机包括风机主体、同步发电机和异步发电机及前述并网装置;并网控制方法包括根据风速对同步发电机和异步发电机进行并网、脱网控制。本发明能够实现双电机或多电机共用一个并网装置,通过全功率变流器的一部分结构实现作为异步发电机的并网软起动装置,实现机侧大变流器与机侧小变流器、永磁同步发电机与异步发电机功率分配,可实现无冲击并网与无扰动切换,无需额外的软起装置和无功补偿装置,降低成本、提高可靠性。



1. 一种双电机风力发电机并网装置,其特征在于:包括第一机侧开关(1)、第二机侧开关(2)、异步电机软起开关(3)、机侧大变流器(4)、机侧小变流器(5)、网侧变流器(6)、网侧开关(7)和异步电机并网开关(8),所述机侧大变流器(4)的输入端通过第一机侧开关(1)和双电机风力发电机的同步发电机(91)相连,所述机侧小变流器(5)的输入端通过第二机侧开关(2)和双电机风力发电机的同步发电机(91)相连,且所述机侧小变流器(5)的输入端还通过异步电机软起开关(3)和双电机风力发电机的异步发电机(92)相连,所述机侧大变流器(4)、机侧小变流器(5)的输出端和网侧变流器(6)的输入端并联,所述网侧变流器(6)的输出端通过网侧开关(7)和电网的升压变压器(10)相连,所述异步电机并网开关(8)串接在异步发电机(92)的输出端和电网的升压变压器(10)之间,所述机侧大变流器(4)的功率比机侧小变流器(5)的功率大。

2. 一种风力发电机,包括风机主体(9)、同步发电机(91)和异步发电机(92),所述同步发电机(91)和异步发电机(92)分别和风机主体(9)的输出轴相连,其特征在于:所述同步发电机(91)和异步发电机(92)的输出端设有权利要求1所述的双电机风力发电机并网装置。

3. 一种权利要求2所述双电机风力发电机的并网控制方法,其特征在于,包括下述并网控制的步骤:

1) 当风速大于待机风速、小于切入风速 V_0 时,闭合网侧开关(7)、启动网侧变流器(6)进行网侧锁相同步,双电机风力发电机处于待机状态;

2) 当风速达到设定的切入风速 V_0 时,闭合第一机侧开关(1)、启动机侧大变流器(4),将同步发电机(91)并入电网;当风速在切入风速 V_0 、设定的风速 V_1 之间时,通过机侧大变流器(4)、网侧变流器(6)控制同步发电机(91)的转矩,使风机主体(9)始终保持最佳叶尖速比以获得最大风能捕捉,当风速等于风速 V_1 时,同步发电机(91)达到额定功率;

3) 当风速在风速 V_1 、设定的风速 V_2 之间时,闭合第二机侧开关(2)、启动机侧小变流器(5),控制同步发电机(91)处于超发状态,当风速等于风速 V_2 时,同步发电机(91)的输出功率等于最大限制输出功率;

4) 当风速等于风速 V_2 时,断开第二机侧开关(2)、关闭机侧小变流器(5),保持机侧大变流器(4)加载的功率为同步发电机(91)的额定功率,使得同步发电机(91)的输出功率减少迫使风机主体(9)加速带动异步发电机(92)的转子加速,当异步发电机(92)的转子转速接近其同步转速时,闭合异步电机软起开关(3),启动机侧小变流器(5)并控制异步发电机(92)开始并网,保持设定时间待异步发电机(92)平稳并网后,闭合异步电机并网开关(8)、断开异步电机软起开关(3)并停止机侧小变流器(5),将异步发电机(92)直接连接至电网的升压变压器(10),此时风速等于风速 V_3 ;

5) 当风速在风速 V_3 、设定的风速 V_4 之间时,通过机侧大变流器(4)、网侧变流器(6)控制同步发电机(91)的转矩和输出功率,使同步发电机(91)处于额定功率运行,同时控制整个风机主体(9)的转速,进而控制异步发电机(92)的转差率及输出功率,由网侧变流器(6)将多余的功率余量进行无功变换为异步发电机(92)提供容性无功补偿;当风速等于风速 V_4 时,异步发电机(92)的输出功率为其额定功率;

6) 当风速在风速 V_4 、设定的额定风速 V_5 之间时,同步发电机(91)、异步发电机(92)均处于额定功率运行,当风速超过额定风速 V_5 时,通过变桨控制风机主体(9)对机组功率进行限制。

4. 根据权利要求3所述双电机风力发电机的并网控制方法,其特征在于,所述步骤3)中的最大限制输出功率为机侧大变流器(4)的额定功率的1.1倍。

5. 根据权利要求3所述双电机风力发电机的并网控制方法,其特征在于,还包括下述脱网控制的步骤:

S1) 当风速超过额定风速 V_5 时,通过变桨控制风机主体(9)对机组功率进行限制;当风速在额定风速 V_5 、风速 V_4 之间时,同步发电机(91)、异步发电机(92)均处于额定功率运行;

S2) 当风速等于风速 V_4 时,异步发电机(92)的输出功率为其额定功率;当风速在风速 V_4 、风速 V_3 之间时,通过机侧大变流器(4)、网侧变流器(6)控制同步发电机(91)的转矩和输出功率,使同步发电机(91)处于额定功率运行,同时控制整个风机主体(9)的转速,进而控制异步发电机(92)的转差率及输出功率,由网侧变流器(6)将多余的功率余量进行无功变换为异步发电机(92)提供容性无功补偿;当风速等于风速 V_3 时,闭合异步电机软起开关(3)、启动机侧小变流器(5)、并断开异步电机并网开关(8),利用机侧小变流器对异步发电机(92)进行软停控制;

S3) 当风速在风速 V_3 、风速 V_2 之间时,通过机侧大变流器(4)、网侧变流器(6)控制同步发电机(91)的转矩和输出功率,使同步发电机(91)处于额定功率运行,继续控制整个风机主体(9)的转速,进而控制异步发电机(92)的转差率及输出功率,由网侧变流器(6)将多余的功率余量进行无功变换为异步发电机(92)提供容性无功补偿;当异步发电机(92)转速接近同步转速时,断开异步电机软起开关(3)、关闭机侧小变流器(5)将异步发电机(92)脱网;

S4) 当风速在风速 V_2 、风速 V_1 之间时,闭合第二机侧开关(2)、机侧小变流器(5),控制同步发电机(91)处于超发状态,当风速等于风速 V_2 时,同步发电机(91)的输出功率等于最大限制输出功率;当风速等于风速 V_1 时,同步发电机(91)的输出功率等于额定功率;

S5) 当风速在风速 V_1 、设定的切入风速 V_0 之间时,通过机侧大变流器(4)、网侧变流器(6)控制同步发电机(91)的转矩,使风机主体(9)始终保持最佳叶尖速比以获得最大风能捕捉,当风速等于切入风速 V_0 时,断开第一机侧开关(1)和机侧大变流器(4),将同步发电机(91)脱网,双电机风力发电机处于待机状态。

6. 根据权利要求5所述双电机风力发电机的并网控制方法,其特征在于,还包括下述进行控制方式选择的步骤:首先检测当前风速的变化情况,如果当前风速增加,则根据当前风速进行并网控制,如果当前风速减少,则根据当前风速进行脱网控制。

双电机风力发电机并网装置、风力发电机及并网控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及风力发电机,具体是涉及一种双电机风力发电机并网装置、风力发电机及并网控制方法。

背景技术

[0002] 随着先进制造、计算机技术、电力电子技术的发展,风力发电机组朝大功率方向发展,尤其是海上风电基本采用5MW以上的发电机组。但是随着单机功率的增大,发电机、增速机、变流器等几个关键部件的设计难度、制造难度和成本将大幅上升。为解决上述问题,国内外厂家纷纷提出双发电机或多发电机系统,采用的技术方案如下:在一台大功率风机发电机组上安装多个小发电机,安装形式分为:

[0003] (1) 一入多出的增速箱,每个输出轴分别带一个发电机;

[0004] (2) 双电枢混合励磁发电机;

[0005] (3) 轮毂带动的传动轴上安装多组发电机的转子和定子,甚至采用多级传动的方案;

[0006] (4) 其他还有在风轮两侧分别安装一台发电机的方案。

[0007] 综上所述的目的均是为了将单台大功率发电机、变流器拆分为多台以减小功率等级,降低技术难度、制造难度和成本。采用上述方案,尽管单台发电机拆分为多台发电机,但要求每台发电机配备一台变流并网装置,价格仍然偏高、系统不够简洁,且不同电机并脱网切换冲击难于消除。

发明内容

[0008] 有鉴于此,本发明的目的在于提供一种可实现双电机或多电机共用一个并网装置,且可实现无冲击并网与切换的双电机风力发电机并网装置、风力发电机及并网控制方法。

[0009] 为了解决上述技术问题,本发明采用的技术方案为:

[0010] 首先,本发明提供一种双电机风力发电机并网装置,包括第一机侧开关、第二机侧开关、异步电机软起开关、机侧大变流器、机侧小变流器、网侧变流器、网侧开关和异步电机并网开关,所述机侧大变流器的输入端通过第一机侧开关和双电机风力发电机的同步发电机相连,所述机侧小变流器的输入端通过第二机侧开关和双电机风力发电机的同步发电机相连,且所述机侧小变流器的输入端还通过异步电机软起开关和双电机风力发电机的异步发电机相连,所述机侧大变流器、机侧小变流器的输出端和网侧变流器的输入端并联,所述网侧变流器的输出端通过网侧开关和电网的升压变压器相连,所述异步电机并网开关串接在异步发电机的输出端和电网的升压变压器之间,所述机侧大变流器的功率比机侧小变流器的功率大。

[0011] 其次,本发明提供一种风力发电机,包括风机主体、同步发电机和异步发电机,所述同步发电机和异步发电机分别和风机主体的输出轴相连,所述同步发电机和异步发电机

的输出端设有前述的双电机风力发电机并网装置。

[0012] 再次,本发明还提供一种前述双电机风力发电机的并网控制方法,包括下述并网控制的步骤:

[0013] 1) 当风速大于待机风速、小于切入风速 V_0 时,闭合网侧开关、启动网侧变流器进行网侧锁相同步,双电机风力发电机处于待机状态;

[0014] 2) 当风速达到设定的切入风速 V_0 时,闭合第一机侧开关和机侧大变流器,将同步发电机并入电网;当风速在切入风速 V_0 、设定的风速 V_1 之间时,通过机侧大变流器、网侧变流器控制同步发电机的转矩,使风机主体始终保持最佳叶尖速比以获得最大风能捕捉,当风速等于风速 V_1 时,同步发电机达到额定功率;

[0015] 3) 当风速在风速 V_1 、设定的风速 V_2 之间时,闭合第二机侧开关、机侧小变流器,控制同步发电机处于超发状态,当风速等于风速 V_2 时,同步发电机的输出功率等于最大限制输出功率;

[0016] 4) 当风速等于风速 V_2 时,断开第二机侧开关、关闭机侧小变流器,保持机侧大变流器加载的功率为同步发电机的额定功率,使得同步发电机的输出功率减少迫使风机主体加速带动异步发电机的转子加速,当异步发电机的转子转速接近其同步转速时,闭合异步电机软起开关,启动机侧小变流器并控制异步发电机开始并网,保持设定时间待异步发电机平稳并网后,闭合异步电机并网开关、断开异步电机软起开关并停止机侧小变流器,将异步发电机直接连接至电网的升压变压器,此时风速等于风速 V_3 ;

[0017] 5) 当风速在风速 V_3 、设定的风速 V_4 之间时,通过机侧大变流器、网侧变流器控制同步发电机的转矩和输出功率,使同步发电机处于额定功率运行,同时控制整个风机主体的转速,进而控制异步发电机的转差率及输出功率,由网侧变流器将多余的功率余量进行无功变换为异步发电机提供容性无功补偿;当风速等于风速 V_4 时,异步发电机的输出功率为其额定功率;

[0018] 6) 当风速在风速 V_4 、设定的额定风速 V_5 之间时,同步发电机、异步发电机均处于额定功率运行,当风速超过额定风速 V_5 时,通过变桨控制风机主体对机组功率进行限制。

[0019] 优选地,所述步骤3)中的最大限制输出功率为机侧大变流器的额定功率的1.1倍,此时一般还未达到同步电机最大安全功率;可选择性地使用额定功率稍高的同步电机以提高安全性。

[0020] 优选地,本发明还包括下述脱网控制的步骤:

[0021] S1) 当风速超过额定风速 V_5 时,通过变桨控制风机主体对机组功率进行限制;当风速在额定风速 V_5 、设定的风速 V_4 之间时,同步发电机、异步发电机均处于额定功率运行;

[0022] S2) 当风速等于风速 V_4 时,异步发电机的输出功率为其额定功率;当风速在风速 V_4 、设定的风速 V_3 之间时,通过机侧大变流器、网侧变流器控制同步发电机的转矩和输出功率,使同步发电机处于额定功率运行,同时控制整个风机主体的转速,进而控制异步发电机的转差率及输出功率,由网侧变流器将多余的功率余量进行无功变换为异步发电机提供容性无功补偿;当风速等于风速 V_3 时,闭合异步电机软起开关、启动机侧小变流器并断开异步电机并网开关,利用机侧小变流器对异步电机进行软停控制;

[0023] S3) 当风速在风速 V_3 、设定的风速 V_2 之间时,通过机侧大变流器、网侧变流器控制同步发电机的转矩和输出功率,使同步发电机处于额定功率运行,继续控制整个风机主体

的转速,进而控制异步发电机的转差率及输出功率,由网侧变流器将多余的功率余量进行无功转换为异步发电机提供容性无功补偿;当风速等于风速V2时,断开异步电机软起开关、停止机侧小变流器将异步发电机脱网;

[0024] S4) 当风速在风速V2、设定的风速V1之间时,闭合第二机侧开关、机侧小变流器,控制同步发电机处于超发状态,当风速等于风速V2时,同步发电机的输出功率等于最大限制输出功率;当风速等于风速V1时,同步发电机的输出功率等于额定功率;

[0025] S5) 当风速在风速V1、设定的切入风速V0之间时,通过机侧大变流器、网侧变流器控制同步发电机的转矩,使风机主体始终保持最佳叶尖速比以获得最大风能捕捉,当风速等于切入风速V0时,断开第一机侧开关和机侧大变流器,将同步发电机脱网,双电机风力发电机处于待机状态。

[0026] 优选地,本发明还包括下述进行控制方式选择的步骤:首先检测当前风速的变化情况,如果当前风速增加,则根据当前风速进行并网控制,如果当前风速减少,则根据当前风速进行脱网控制。

[0027] 本发明的双电机风力发电机并网装置具有下述优点:

[0028] 1、本发明包括第一机侧开关、第二机侧开关、异步电机软起开关、机侧大变流器、机侧小变流器、网侧变流器、网侧开关和异步电机并网开关,可等同视为一个全功率变流器,机侧包括机侧大变流器、机侧小变流器一大一小两个整流/逆变器,网侧为网侧变流器一个整体整流/逆变器,机侧大变流器经过第一机侧开关连接同步发电机的定子、机侧小变流器经过异步电机软起开关接异步发电机的定子;同时机侧小变流器安装有另外一路第二机侧开关与同步电机的定子连接,其形成与机侧大变流器并联的结构;同时异步发电机的定子通过异步电机并网开关连接至升压变压器,网侧变流器经过网侧开关直接与升压变压器连接进而连入电网,本发明能够实现双电机或多电机共用一个并网装置,通过全功率变流器的一部分结构实现作为异步发电机的并网起动装置,实现机侧大变流器与机侧小变流器、同步发电机与异步发电机功率分配,可实现无冲击并网与无扰动切换,无需额外的软起装置和无功补偿装置,降低成本、提高可靠性。

[0029] 2、本发明的机侧包括机侧大变流器、机侧小变流器共两个变流器,机侧大变流器的功率比机侧小变流器的功率大,机侧大变流器为同步发电机全功率相匹配的较大功率;而机侧小变流器为异步发电机软起的小功率变流器,机侧小变流器的功率仅为异步发电机全功率的1/4至1/3,同时为同步发电机提供超发功率控制。

[0030] 3、本发明的网侧仅包含网侧变流器一个变流器,其具有五个功能:(I)作为同步发电机全功率并网和功率调节;(II)作为异步发电机的软起驱动和并网;(III)作为整个风电机组的功率调节设备;(IV)作为同步发电机的超发功率变换;(V)作为异步发电机的无功补偿装置。

[0031] 4、本发明实质上可构成冗余系统,当同步电机损坏时,可以闭合异步电机软起开关,通过机侧小变流器、网侧变流器实现异步发电机低风速小功率变速恒频发电;如果将第二机侧开关、异步发电机容量增大,还可实现异步发电机中低风速变速恒频满功率发电,尽管增加较多成本,但是确实能够达到提高可靠性的目的。

附图说明

[0032] 构成本发明的一部分的附图用来提供对本发明的进一步理解,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。在附图中:

[0033] 图1是本发明实施例的结构示意图;

[0034] 图2是本发明实施例的工作过程示意图;

[0035] 图3是本发明实施例的功率曲线示意图;

[0036] 附图标记说明:1、第一机侧开关;2、第二机侧开关;3、异步电机软起开关;4、机侧大变流器;5、机侧小变流器;6、网侧变流器;7、网侧开关;8、异步电机并网开关;9、风机主体;91、同步发电机;92、异步发电机;10、升压变压器。

具体实施方式

[0037] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。本发明中,术语“第一”、“第二”主要用于区分不同的部件,但不对部件进行具体限制。

[0038] 如图1和图2所示,本实施例的双电机风力发电机并网装置包括第一机侧开关1、第二机侧开关2、异步电机软起开关3、机侧大变流器4、机侧小变流器5、网侧变流器6、网侧开关7和异步电机并网开关8,机侧大变流器4的输入端通过第一机侧开关1和双电机风力发电机的永磁同步发电机91相连,机侧小变流器5的输入端通过第二机侧开关2和双电机风力发电机的永磁同步发电机91相连,且机侧小变流器5的输入端还通过异步电机软起开关3和双电机风力发电机的异步发电机92相连,机侧大变流器4、机侧小变流器5的输出端和网侧变流器6的输入端并联,网侧变流器6的输出端通过网侧开关7和电网的升压变压器10相连,异步电机并网开关8串接在异步发电机92的输出端和电网的升压变压器10之间,机侧大变流器4的功率比机侧小变流器5的功率大。本实施例中,机侧大变流器4、机侧小变流器5、网侧变流器6通过直流母线耦合在一起;第一机侧开关1、第二机侧开关2、异步电机软起开关3、网侧开关7和异步电机并网开关8为适合于风电系统的断路器或接触器;机侧大变流器4、机侧小变流器5、网侧变流器6为适合于风电系统的双向电力电子变换器。

[0039] 本发明机侧大变流器4与永磁同步发电机91连接的第一机侧开关1的开关容量与机侧大变流器4的功率(也即永磁同步发电机91的额定功率)匹配,机侧小变流器5与永磁同步发电机91连接的第二机侧开关2、机侧小变流器5与异步发电机92连接的异步电机软起开关3的开关容量均与机侧小变流器5功率匹配,网侧变流器6与升压变压器10连接的网侧开关7的开关容量与网侧变流器6功率匹配,异步发电机92与升压变压器10连接的异步电机并网开关8的开关容量与异步发电机92的额定功率匹配。例如,如果永磁同步发电机91的额定功率为2000kW,最大限制输出功率对应的超发值为10%,则机侧大变流器4和第一机侧开关1的容量均为2000kVA,机侧小变流器5和第二机侧开关2的容量均应大于200kVA;如果异步发电机92的额定功率为2000kW,则机侧小变流器5和第二机侧开关2、异步电机软起开关3的容量只需设置500kVA即可满足要求,同时异步电机并网开关8的容量为2000kVA;网侧变流器6和网侧开关7的容量均为2500kVA。

[0040] 应用本实施例双电机风力发电机并网装置的风力发电机包括风机主体9、永磁同步发电机91和异步发电机92,永磁同步发电机91的转子与风机主体9机械连接,异步发电机92的转子与风机主体9机械连接,永磁同步发电机91和异步发电机92的输出端设有本实施

例前述的双电机风力发电机并网装置。应用本实施例双电机风力发电机并网装置的风力发电机为4MW风电机组为例,其中永磁同步发电机91具体为2MW永磁同步电机,异步发电机92具体为2MW笼型异步电机,此外比如3MW风电机组,采用2MW永磁同步电机和1MW笼型异步电机组合、1.5MW永磁同步发电机和1.5MW笼型异步电机组合均可采用本实施例双电机风力发电机并网装置;再如8MW风电机组,采用两套本实施例双电机风力发电机并网装置进行组合即可简单实现。毫无疑问,本实施例的风力发电机不局限于永磁同步发电机91和异步发电机92采用何种具体的安装形式以及具体类型,也不局限于永磁同步发电机91和异步发电机92的数量。

[0041] 不难看出,本实施例的风力发电机还是一个冗余系统:当永磁同步电机91损坏时,可以闭合异步电机并网开关8,通过机侧小变流器5、网侧变流器6实现异步发电机92低风速小功率变速恒频发电;如果将第二机侧开关2、异步电机软起开关3容量增大至2000kVA,还可实现异步发电机92中低风速变速恒频满功率发电,尽管增加较多成本,但是确实能够达到提高可靠性的目的。

[0042] 本实施例的风力发电机采用全新的双电机风力发电机并网装置,实现异步电机和永磁同步电机组成的双电机发电机组实现无冲击并网,并提供相应的并网控制方法。参见图2,本实施例的权利要求2双电机风力发电机的并网控制方法,包括下述并网控制的步骤:

[0043] 1) 当风速大于待机风速、小于切入风速 V_0 时,闭合网侧开关7、启动网侧变流器6进行网侧锁相同步,双电机风力发电机处于待机状态;

[0044] 2) 当风速达到设定的切入风速 V_0 时,闭合第一机侧开关1和机侧大变流器4,将永磁同步发电机91并入电网;当风速在风速 V_0 、设定的风速 V_1 之间时,通过机侧大变流器4、网侧变流器6控制永磁同步发电机91的转矩,使风机主体9始终保持最佳叶尖速比以获得最大风能捕捉,当风速等于风速 V_1 时,永磁同步发电机91达到额定功率;

[0045] 3) 当风速在风速 V_1 、设定的风速 V_2 之间时,闭合第二机侧开关2、机侧小变流器5,控制永磁同步发电机91处于超发状态,当风速等于风速 V_2 时,永磁同步发电机91的输出功率等于最大限制输出功率;

[0046] 4) 当风速等于风速 V_2 时,断开第二机侧开关2、关闭机侧小变流器5,保持机侧大变流器4加载的功率为永磁同步发电机91的额定功率,使得永磁同步发电机91的输出功率减少迫使风机主体9加速带动异步发电机92的转子加速,当异步发电机92的转子转速接近其同步转速时,闭合异步电机软起开关3,启动机侧小变流器5并控制异步发电机92开始并网,保持设定时间待异步发电机92平稳并网后,闭合异步电机并网开关8、断开异步电机软起开关3并停止机侧小变流器5,将异步发电机92直接连接至电网的升压变压器10,此时风速等于风速 V_3 ;

[0047] 5) 当风速在风速 V_3 、设定的风速 V_4 之间时,通过机侧大变流器4、网侧变流器6控制永磁同步发电机91的转矩和输出功率,使永磁同步发电机91处于额定功率运行,同时控制整个风机主体9的转速,进而控制异步发电机92的转差率及输出功率,由网侧变流器6将多余的功率余量进行无功变换为异步发电机92提供容性无功补偿;当风速等于风速 V_4 时,异步发电机92的输出功率为其额定功率;

[0048] 6) 当风速在风速 V_4 、设定的额定风速 V_5 之间时,永磁同步发电机91、异步发电机92均处于额定功率运行,当风速超过额定风速 V_5 时,通过变桨控制风机主体9对机组功率进行

限制。

[0049] 如图3所示,其中曲线(1)为风力发电机组的总输出功率曲线,曲线(2)为永磁同步发电机91的输出功率曲线,曲线(3)为异步发电机92的输出功率曲线;区域(a)为并网的风速跟踪区域(c-max区域),即 V_0 - V_4 区域,区域(b)为永磁同步发电机91的超发区域,即 V_1 - V_2 区域;区域(c)为异步发电机92的脱并网区域,即 V_2 - V_3 区域。

[0050] 本实施例中,步骤3)中的最大限制输出功率为机侧大变流器4的额定功率的1.1倍,即在超发状态的超发量为10%,但未超过永磁同步发电机91的最大安全功率,甚至可选择额定功率稍大的永磁同步电机以提高安全性。

[0051] 参见图2,本实施例中,还包括下述脱网控制的步骤:

[0052] S1) 当风速超过额定风速 V_5 时,通过变桨控制风机主体9对机组功率进行限制;当风速在额定风速 V_5 、设定的风速 V_4 之间时,永磁同步发电机91、异步发电机92均处于额定功率运行;

[0053] S2) 当风速等于风速 V_4 时,异步发电机92的输出功率为其额定功率;当风速在风速 V_4 、设定的风速 V_3 之间时,通过机侧大变流器4、网侧变流器6控制永磁同步发电机91的转矩和输出功率,使永磁同步发电机91处于额定功率运行,同时控制整个风机主体9的转速,进而控制异步发电机92的转差率及输出功率,由网侧变流器6将多余的功率余量进行无功变换为异步发电机92提供容性无功补偿;当风速等于风速 V_3 时,闭合异步电机软起开关3、启动机侧小变流器5并断开异步电机并网开关8,由机侧小变流器5控制异步发电机92进行软脱网;

[0054] S3) 当风速在风速 V_3 、设定的风速 V_2 之间时,通过机侧大变流器4、网侧变流器6控制永磁同步发电机91的转矩和输出功率,使永磁同步发电机91处于额定功率运行,继续控制整个风机主体9的转速,进而控制异步发电机92的转差率及输出功率,由网侧变流器6将多余的功率余量进行无功变换为异步发电机92提供容性无功补偿;当风速等于风速 V_2 时,断开异步电机软起开关3、停止机侧小变流器5将异步发电机92脱网;

[0055] S4) 当风速在风速 V_2 、设定的风速 V_1 之间时,闭合第二机侧开关2、机侧小变流器5,控制永磁同步发电机91处于超发状态,当风速等于风速 V_2 时,永磁同步发电机91的输出功率等于最大限制输出功率;当风速等于并网风速 V_1 时,永磁同步发电机91的输出功率等于额定功率;

[0056] S5) 当风速在风速 V_1 、设定的切入风速 V_0 之间时,通过机侧大变流器4、网侧变流器6控制永磁同步发电机91的转矩,使风机主体9始终保持最佳叶尖速比以获得最大风能捕捉,当风速等于切入风速 V_0 时,断开第一机侧开关1和机侧大变流器4,将永磁同步发电机91脱网,双电机风力发电机处于待机状态。

[0057] 当风速在风速 V_1 、风速 V_2 之间时正好处于中风速时,而中风速是风力发电场的出现概率较大的风速区域。本实施例中通过步骤3)和S4),使得永磁同步发电机91具备较短时间内的超发能力,目的是一方面通过前述步骤可以增加中风速时的发电量,提高风能的利用率;另一方面通过步骤4)和S3),优选的可以为异步发电机92的并网和脱网提供功率滞环区间,避免异步发电机92频繁并网与脱网。

[0058] 考虑到实际环境中风速可能并非持续增加或持续减少,因此本实施例中,还包括下述进行控制方式选择的步骤:首先检测当前风速的变化情况,如果当前风速增加,则根据

当前风速进行并网控制,如果当前风速减少,则根据当前风速进行脱网控制,从而实现对永磁同步发电机91、异步发电机92两者根据风速变化情况的自动并网、脱网控制。

[0059] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

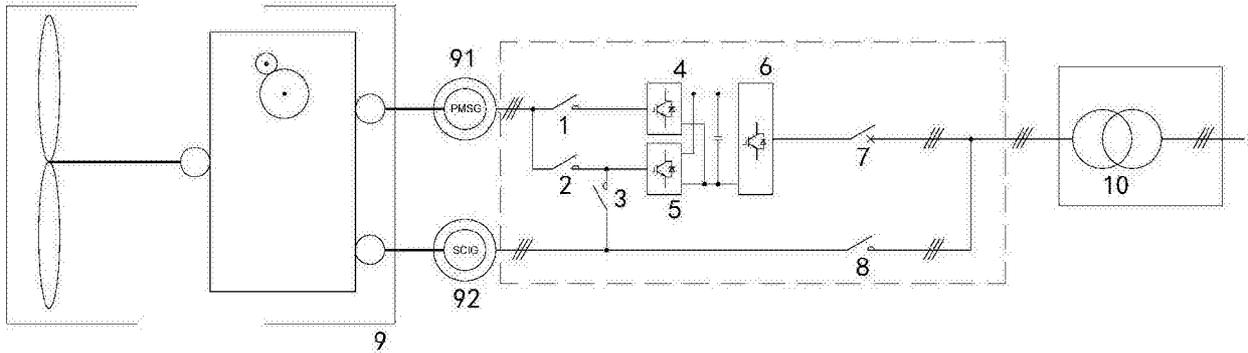


图1

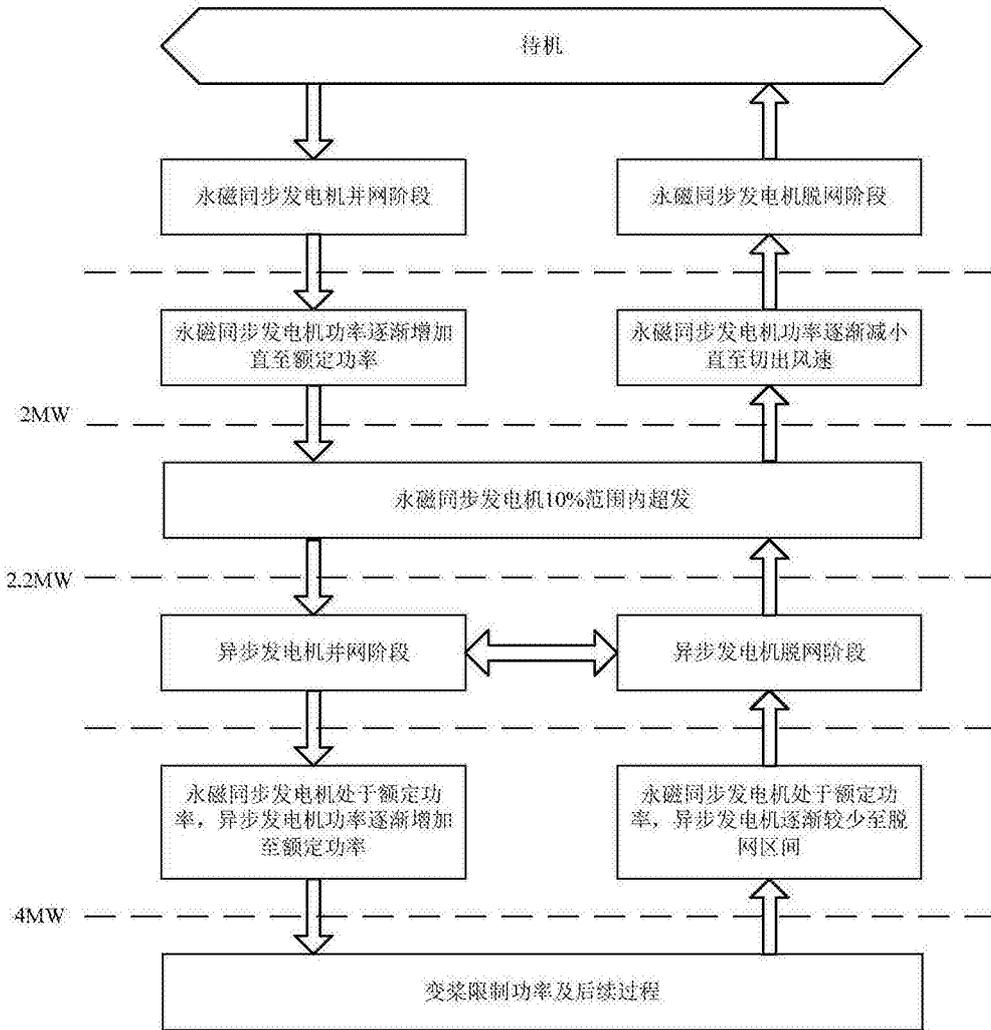


图2

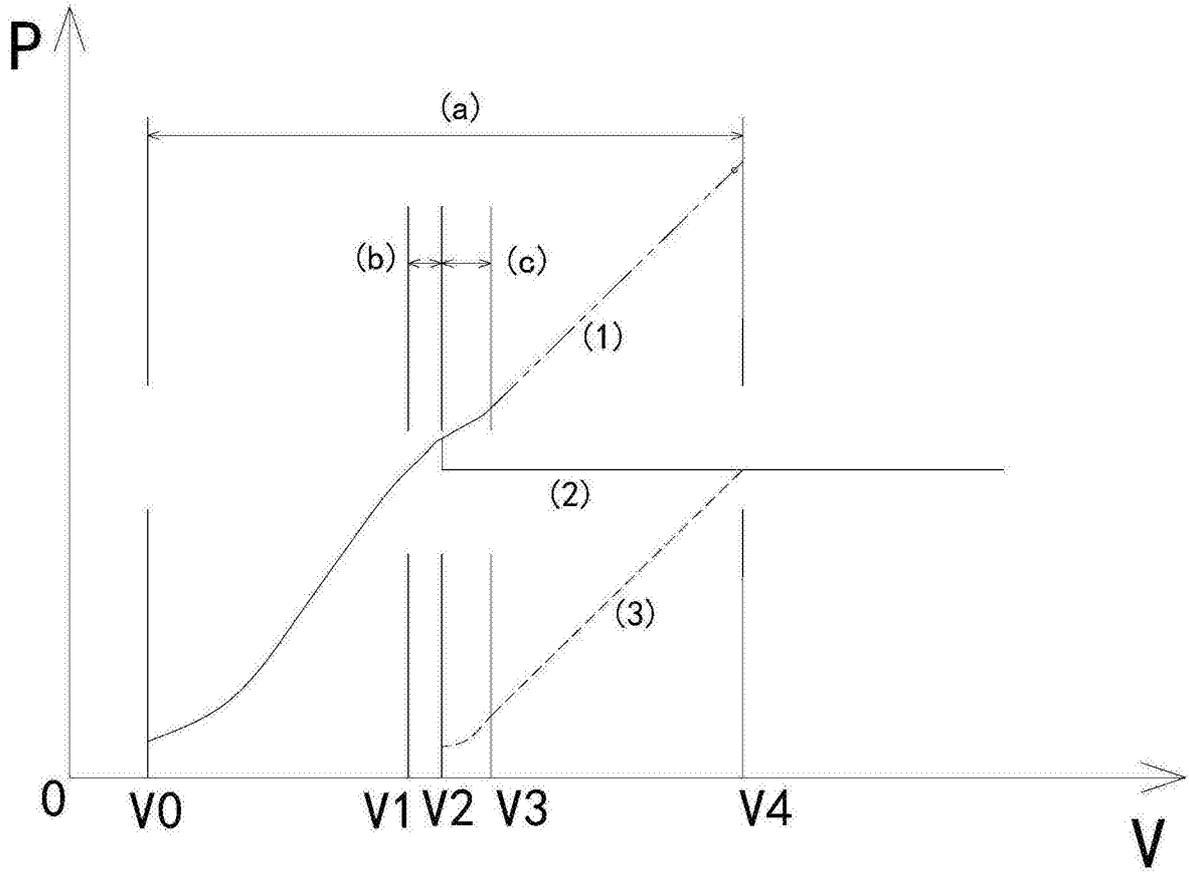


图3