



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101228351 B

(45) 授权公告日 2010.05.26

(21) 申请号 200680026592.8

(22) 申请日 2006.07.14

(30) 优先权数据

P200501796 2005.07.22 ES

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008.01.21

(86) PCT申请的申请数据

PCT/ES2006/000407 2006.07.14

(87) PCT申请的公布数据

W02007/012682 ES 2007.02.01

(73) 专利权人 歌美飒创新技术公司

地址 西班牙潘普洛纳

(72) 发明人 何塞伊格纳西奥·略伦特冈萨雷斯

(74) 专利代理机构 北京金信立方知识产权代理

有限公司 11225

代理人 黄威

(51) Int. Cl.

F03D 7/02(2006.01)

(56) 对比文件

CN 1639462 A, 2005.07.13, 全文.

EP 1128064 A2, 2001.08.29, 全文.

WO 2005/015012 A1, 2005.02.17, 全文.

CN 1494635 A, 2004.05.05, 全文.

WO 2005/017350 A1, 2005.02.24, 全文.

审查员 王瑞朋

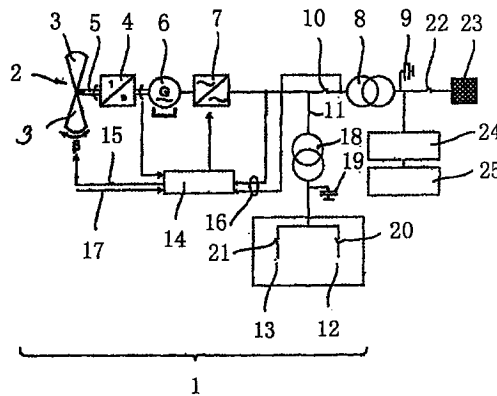
权利要求书 3 页 说明书 12 页 附图 2 页

(54) 发明名称

保持风力涡轮机组件运行的方法和具有能够保持运行的组件的风力涡轮机

(57) 摘要

本发明涉及一种风力涡轮机 (1), 该风力涡轮机 (1) 连接到电网 (23) 并使用磁发电机 (6) 作为在其正常运行期间和在涡轮机与电网断开期间的唯一发电装置。上述风力涡轮机可以在涡轮机与电网断开期间进行工作以利用连续发电保持风力涡轮机系统运行, 并调节为功率消耗而产生的电功率的量。



1. 在风力涡轮机与公用电网断开的时间段内保持所述风力涡轮机的至少一个关键组件运行的方法,其中所述至少一个关键组件包括电功率消耗设备,并且其中所述风力涡轮机用于连接到所述公用电网并包含至少一个桨距控制转子叶片,所述方法包括:

- 在所述风力涡轮机连接到所述公用电网的时间段内以及所述风力涡轮机与所述公用电网断开的时间段内使用磁发电机作为唯一的发电装置,

- 在公用电网断开期间继续从风力发电,

- 调节所产生的电功率量以保持所产生的电功率与所需的、随机的、时变的负载功率消耗平衡,负载中至少一个是所述风力涡轮机的电功率消耗设备。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述方法包括在所述风力涡轮机重新连接到所述公用电网的时间段内使用所述磁发电机作为所述唯一的发电装置,从而使用所述磁发电机来产生有功功率和无功功率。

3. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,通过电驱动桨距电机的随机、时变的电功率消耗与所产生的电功率的平衡,调节所述至少一个桨距控制转子叶片的桨距。

4. 根据权利要求 3 所述的方法,其特征在于,根据从包括风速、转子轴的转速、转子轴扭矩、发电机轴的转速以及电功率消耗的组中选择的至少一个参数的变化来调节所述桨距。

5. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述磁发电机是包括永磁体的类型,在所述风力涡轮机连接到所述公用电网的时间段之前以及在所述风力涡轮机与所述公用电网断开的时间段之前已经充分磁化所述磁体。

6. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述磁发电机是包括磁体的类型,在所述风力涡轮机连接到所述公用电网的时间段内磁化所述磁体,并且在所述风力涡轮机与所述公用电网断开的时间段内所述磁体逐渐退磁。

7. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述磁发电机是所包括的磁体已经充分磁化的类型,所述磁体在结构上与同步或异步感应发电机一体化,并且所述磁体在磁性上独立于所述同步或异步感应发电机的定子绕组。

8. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述磁发电机是所包括的磁体由所述发电机磁化的类型,所述磁体在结构上与同步或异步感应发电机一体化,并且所述磁体在磁性上依赖于所述同步或异步感应发电机的任何定子绕组。

9. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所产生的电功率在提供给所述至少一个关键组件之前传递给变换器,其中所述变换器为全变换器。

10. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,通过测量下列参数中的至少一个来维持所产生的电功率与所消耗的电功率平衡:由所述发电机产生的电压、电流或功率,其中所述电压、电流或功率的测量结果用于调节所述桨距。

11. 根据权利要求 10 所述的方法,其特征在于,通过补充地测量从包括所消耗的电功率、转子轴的转速、所述发电机轴的转速以及转子轴扭矩的组中选择的至少一个参数来维持所产生的电功率与所消耗的电功率平衡,其中所述参数测量用于调节所述桨距。

12. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,通过测量从包括所消耗的电功率、转子轴的转速、所述发电机轴的转速以及转子轴扭矩的组中选择的至少一个参数来维持所产生的电功率与所消耗的电功率平衡,其中所述参数测量用于调节所述桨距。

13. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,通过测量提供给所述公用电网的电功率来维持所产生的电功率与所消耗的电功率平衡,从而提供给所述公用电网的电功率保持基本等于零,其中所述功率的测量被用于调节所述桨距。

14. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,通过补充地测量提供给所述公用电网的电功率来维持所产生的电功率与所消耗的电功率平衡,从而提供给所述公用电网的电功率保持基本等于零,其中所述功率测量被用于调节所述桨距。

15. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述方法还包括应用电变换器调节从所述变换器输出的电压信号的频率。

16. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述方法还包括调节由所述磁发电机产生的电压信号的电压幅值。

17. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述方法还包括滤波由所述磁发电机产生的电压信号。

18. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述方法还包括转换由所述磁发电机产生的电压信号。

19. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,保持从包括偏航系统、桨距系统、润滑系统、冷却系统、去湿系统、除冰系统以及加热系统的组中选择的至少一个关键组件的运行。

20. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述方法还包括在从一个发电状态到另一个发电状态的过渡期间耗散功率的步骤。

21. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述方法还包括根据从由所产生的功率、转子速度以及桨距构成的组中选择的至少一个参数的测量结果来估计风速的步骤。

22. 用于连接到公用电网并且在与所述公用电网断开的时间段内运行的风力涡轮机,
- 所述风力涡轮机包括至少一个桨距控制转子叶片以及用于在所述风力涡轮机连接到所述公用电网的时间段内发电的磁发电机;以及

- 所述风力涡轮机具有能够调节所产生的电功率量的装置,从而所产生的电功率与负载所需的随机、时变的消耗平衡;

- 其中至少一个负载是所述风力涡轮机的电功率消耗设备,并且所述风力涡轮机包括能够在所述风力涡轮机与所述公用电网断开的时间段内发电的发电装置;

- 所述发电装置是所述磁发电机。

23. 根据权利要求 22 所述的风力涡轮机,其特征在于,所述磁发电机是包括永磁体的类型,在制造期间已经充分磁化所述磁体。

24. 根据权利要求 22 所述的风力涡轮机,其特征在于,所述磁发电机是包括磁体的类型,在所述风力涡轮机连接到所述公用电网的时间段内能够磁化所述磁体,并且在所述风力涡轮机与所述公用电网断开的时间段内所述磁体逐渐退磁。

25. 根据权利要求 22 所述的风力涡轮机,其特征在于,所述磁发电机是所包括的磁体预先充分磁化的类型,所述磁体在结构上与同步或异步感应发电机一体化,并且所述磁体在磁性上独立于所述同步或异步感应发电机的任何定子绕组。

26. 根据权利要求 22 所述的风力涡轮机,其特征在于,所述磁发电机是所包括的磁体由所述发电机磁化的类型,所述磁体在结构上与同步或异步感应发电机一体化,并且所述磁体在磁性上还依赖于所述同步或异步感应发电机的任何定子绕组。

27. 根据权利要求 22 所述的风力涡轮机,其特征在于,所述磁发电机是所包括的多个磁体至少部分由超导线圈制成的类型,或者是所包括的磁体只由超导线圈制成的类型。

28. 根据权利要求 22 所述的风力涡轮机,其特征在于,所述风力涡轮机还包括能够改变由所述磁发电机产生的电压信号的频率的变换器。

29. 根据权利要求 22 所述的风力涡轮机,其特征在于,所述风力涡轮机还包括能够改变由所述磁发电机产生的电压信号的电压幅值的变换器。

30. 根据权利要求 22 所述的风力涡轮机,其特征在于,所述风力涡轮机还包括用于滤波由所述磁发电机产生的电压信号的滤波器。

31. 根据权利要求 22 所述的风力涡轮机,其特征在于,所述风力涡轮机还包括从由加热系统、冷却系统、润滑系统、去湿系统和除冰系统构成的组中选择的至少一个运行的系统,其中所述至少一个运行的系统能够保持关键组件运行。

32. 根据权利要求 22 所述的风力涡轮机,其特征在于,所述风力涡轮机还包括以下用于耗散功率的动作中的至少一个:将电能提供给 DC 斩波器、机械地变化所述至少一个叶片的桨距、加速所述转子和所述转子轴。

33. 根据权利要求 22 所述的风力涡轮机,其特征在于,还包括从以下组中选择的用于估计风速的装置:风速计的风速测量装置、转速计的用于测量所述转子轴的转速的装置、应变计的转子轴扭矩测量装置以及功率表的功率测量装置,其中所述用于估计风速的装置用于帮助调节所产生的电功率量。

34. 根据权利要求 22 所述的风力涡轮机,其特征在于,还包括附加的电功率消耗设备,所述附加的电功率消耗设备不构成在所述风力涡轮机连接到所述公用电网的时间段内运行的所述风力涡轮机的所述电功率消耗设备的一部分,并且所述附加的电功率消耗设备在一时间段内能够消耗恒定的且大于零的功率量。

保持风力涡轮机组件运行的方法和具有能够保持运行的组件的风力涡轮机

技术领域

[0001] 本发明涉及连接到公用电网的风力涡轮机的发电领域,尤其涉及在公用电网发生故障后能够维持风力涡轮机系统运行的风力发电机。

背景技术

[0002] 风力涡轮机的第一方面涉及在公用电网发生故障等紧急情况下能够制动转子叶片的要求。因此,风力涡轮机通常配备有空气动力制动系统。空气动力制动系统典型地通过将转子叶片转动到空闲位置来起作用,从而防止转子叶片从风力获取能量,由此实现转子速度的降低。空气动力制动系统通常还与机械制动系统结合。

[0003] 因此,当转子已经停止时,风力涡轮机不能向自身提供电功率,除非使用电池、电容器或者柴油机驱动的发电机。直到电网已经从故障中恢复,公用电网连接已经重新建立并且风力涡轮机再次完全运行,该发电机本身才能够发电。因此,在公用电网故障期间,该风力涡轮机的不同系统,如用于润滑、冷却、加热、除冰等的系统的基本功能将停止运行,或者只有在电池、电容器或者柴油机工作时才运行,这意味着如果公用电网故障是一定的时间段,则在公用电网故障恢复的时间内风力涡轮机不能处于发电的状态。

[0004] 风力涡轮机的第二方面涉及在公用电网可能重新连接之前风力涡轮机需要时间使关键组件恢复到运行状态。根据公用电网故障的持续时间、外界温度、湿度以及风力条件等因素,准备周期的持续时间从几秒到几小时,甚至可能几天不等,所有这些因素都影响风力涡轮机的基本功能。例如,必须将变速箱加热到工作温度,这可能花费几个小时。

[0005] 为了在公用电网故障期间使风力涡轮机的至少一些关键组件保持运行,可以在公用电网故障期间使用辅助电源,从而使重新连接所需的时间段不依赖于公用电网故障的持续时间,并将重新连接所需的时间段减少到最小。然而,由于辅助电源的能量存储容量有限,关键组件可以保持运转的时间段通常是有限的,除非使用柴油机驱动的发电机等电源。

[0006] 风力涡轮机的第三方面涉及在公用电网故障期间转子的制动。根据第一方面,即能够借助于空气动力制动系统在公用电网发生故障等紧急情况下制动转子叶片的需要,空气动力制动必须非常快地生效,使得转子的转速不会增加过多以至于难于制动转子或者使主轴和轴承的机械负荷过高。因此,必须考虑在制动期间可能出现的大大的力量和高的扭矩来确定风力涡轮机关键部件的结构稳定性和强度。

[0007] EP1128064 公开一种用于风力涡轮机的电动变桨距装置,其包括分配给转子轴的由至少一个辅助永磁发电机构成的备用供电设备。该辅助永磁发电机供电给用于在例如公用电网故障的紧急情况下将转子叶片转动到其空闲位置的电动机。该发电机经由接触器连接到该电动机,从而当切换该接触器时转子叶片倾斜到空闲位置,因此转子制动。此外,当转子停止转动时,转子叶片的角度位置将保持不变。因此,EP1128064 公开了一种以具有鲁棒性的方式安全制动转子的方法,但是它没有提供快速重新连接到公用电网的方法。

[0008] W002/44561 公开了一种具有用于从转子轴的动能提供电能的辅助发电机的风力

涡轮机。结合一种切换装置,其用于在正常运行期间从主发电机传导电能和在公用电网断开期间从辅助发电机传导电能之间进行切换。在公用电网断开期间提供的电能用于将转子叶片倾斜到标志位置或空闲位置,从而制动转子和主发电机。W002/44561 描述了当风力涡轮机与公用电网断开时通过使用辅助发电机来制动转子,但是它没有提供用于快速重新连接到公用电网的方法。

[0009] 用英文公布的 DK174411 描述了一种用于在公用电网断开期间控制叶片桨距的方法。建立控制以确保在与公用电网断开期间转子和发电机的转速也在正常速度范围内,并且当风力涡轮机重新连接到公用电网时转子和发电机的转速已经在正常速度范围内。从而,可以获得快速的重新连接。然而,DK174411 没有提及在与公用电网断开期间用于操作风力涡轮机系统的任何装置,如桨距控制系统。

[0010] US5907192 公开了一种风力涡轮机,其中在风力涡轮机已经与公用电网断开之后的紧急制动期间存在于转子和转子轴中的转动能量被用于生成桨距控制系统所用的功率。US5907192 公开了当风力涡轮机与公用电网断开时通过使用存在于风力涡轮机的旋转部分中的动能来制动转子,但是它没有提供用于快速重新连接到公用电网的方法。

发明内容

[0011] 本发明的目的是提供一种用于使风力涡轮机重新连接到公用电网所需的时间段不依赖于公用电网故障的持续时间,从而使公用电网发生故障后重新连接所需的时间段最小。本发明的补充或另一个目的是提供一种风力涡轮机,其在制动之后,即公用电网断开期间,将既不出现也不增加公用电网故障期间的任何机械或热损伤。最后,本发明的补充或附加目的是提供一种风力涡轮机,其在由于公用电网断开而导致制动期间,将既不出现也不增加公用电网故障期间的任何机械或热损伤。

[0012] 通过包含应用保持风力涡轮机的至少一个关键组件运行的方法的本发明第一方面,可以实现本发明的一个或多个目的,其中所述至少一个关键组件包括电功率消耗设备,并且所述风力涡轮机连接到公用电网并包含至少一个桨距控制转子叶片,所述方法包括:

[0013] - 在风力涡轮机从公用电网断开的时间段内保持所述关键组件运行;

[0014] - 在风力涡轮机连接到公用电网的时间段内以及风力涡轮机与公用电网断开的时间段内使用磁发电机作为唯一的发电装置;

[0015] - 在公用电网断开期间继续从风力发电;

[0016] - 调节所产生的电功率量以保持所产生的电功率与所需的、随机的、时变的负载功率消耗平衡,负载中至少一个是风力涡轮机的电功率消耗设备。

[0017] 根据本发明的第二方面,所述方法包括在风力涡轮机重新连接到公用电网时使用磁发电机作为唯一的发电装置,从而使用磁发电机产生有功功率和无功功率。当在公用电网断开的最初或者之后将发电机连接到公用电网时,在应用异步发电机时必须提供无功功率。无功功率必须从公用电网施加,并且如果一个或多个磁发电机连接到公用电网,则这些发电机可以参与为也连接到公用电网的异步发电机等其它发电机提供无功功率。

[0018] 根据本发明的第三方面,所述方法包括通过电驱动桨距电机的随机、时变的电功率消耗与所产生的电功率的平衡,调节所述至少一个桨距控制转子叶片的桨距的步骤。通过使用风力涡轮机的磁发电机向桨距驱动器供电以变化所述至少一个桨距控制叶片的桨

距,可以以受控的方式执行变距,因为在公用电网断开后的长时间段容易获得用于桨距电机的电功率。与紧急变距相比较,受控变距减少了作用到风力涡轮机的不同组件的力量和扭矩。

[0019] 在执行受控变距时可以使用不同的参数。由此,根据从组中选择的至少一个参数的变化来调节桨距,组包括风速、转子轴的转速、转子轴扭矩、发电机轴的转速以及电功率消耗。变距时使用哪个参数取决于所讨论的风力涡轮机的结构完整性以及风力涡轮机所在地的天气等环境状况。

[0020] 优选类型的磁发电机是具有不依赖于外部电源的发电能力的永磁发电机。同样可以使用的其它类型的磁发电机,例如所包含的磁体在风力涡轮机连接到公用电网的时间段内磁化的发电机、所包含的磁体由超导线圈制成的发电机和所包含的磁体结构上与同步或异步感应发电机一体化的发电机。

[0021] 在本发明的说明书中,“运行 (operational)”是指风力涡轮机的各关键组件处于这样的状态:在重新建立公用电网连接的那一刻风力涡轮机能够发电。

[0022] 风力涡轮机的关键组件包括以下非穷尽的列表中的至少一个组件:偏航系统、桨距系统、润滑系统、冷却系统以及加热系统。通过保持关键组件运行应理解为运用关键组件或者维持其运转,以避免卡住、结冰、加热、冷却以及潮湿的问题。训练可包括关键组件的机械移位、转动等动作,或者可包括对关键组件加热、冷却、除冰或去湿的动作。

[0023] 本发明的优点是在公用电网发生故障或公用电网断电期间风力涡轮机能够发电。所产生的电功率可用于向风力涡轮机的电功率消耗设备供电,并且甚至可用于提供给连接到本地公用电网的消耗设备,如孤岛上的消耗设备或者整个公用电网的有限部分内的其它消耗设备。此外,风力涡轮机还可用作与在偏僻和/或遥远的地区建立风力发电厂的有关的电源,因此在公用电网故障期间不需要提供柴油机驱动的发电机。

[0024] 此外,本发明能在公用电网故障期间发电,在通常称为黑启动的情况下启动其他风力涡轮机或发电厂的期间可用于代替辅助发电装置,如柴油机驱动的发电机。

[0025] 本发明的优点是风力涡轮机在公用电网重新连接之前不需要准备时间使关键组件运转。因此,避免了例如能量生产损失和可用性降低这样的缺点。另一个优点是除唯一的磁发电机以外不需要附加电源来维持关键组件运转和帮助重新连接到公用电网。

[0026] 另一个优点是原理上只要风速在例如 0.5 米/秒以上风力涡轮机就可以在相当长时间的公用电网故障期间保持运转。另一个优点是在公用电网故障期间避免了机械和热损伤。此外,因为即便在公用电网故障期间也可以操作偏航系统,所以与现有技术的风力涡轮机相比,可以减轻对转子叶片和塔架等暴露组件的强度要求。

[0027] 在本发明的优选实施例中,调整所述至少一个桨距控制转子叶片从而所述产生的电功率量与所述随机、时变的电功率消耗平衡。至少一个桨距控制转子叶片包括用于变化至少一个转子叶片的桨距的电机并且该至少一个桨距控制转子叶片既是关键组件也是电功率消耗设备。所述实施例的优点是可以按照当前的电功率消耗来调节所产生的电功率,相关的优点是可以控制转子的转速以将转速保持在预定的范围内。

[0028] 当转子的转速维持在预定的范围内时,另一个优点是在公用电网故障期间避免了机械和热损伤。此外,优点是因为即便在公用电网故障期间也可以操作偏航系统,所以与现有技术的风力涡轮机相比,可以减轻对转子叶片和塔架等暴露组件的强度要求。

[0029] 在本发明的优选实施例中,随风速变化调节桨距。优点是在确定桨距角度的变化时包括风速,从而得最终的转子转速更精确,因此产生的电功率也更精确。

[0030] 在本发明的另一个可能实施例中,根据从组中选择的其他参数的变化可选地或补充地调节桨距,组包括转子转度、转子轴扭矩、发电机的定子电压以及电功率消耗。优点是当确定桨距角度的变化时,除了风速以外的参数可以可选地或补充地用于风速测量。因此,可以免除风速计等用于测量风速的装置,或者这些可选择的可测量参数可以提供在桨距的控制环中获得冗余的手段。

[0031] 在本发明的优选实施例中,通过测量发电机产生的电压信号的频率并使用该测量结果来调节桨距,可以保持所产生的电功率与所消耗的电功率平衡。优点是保持所产生的电功率与所消耗的电功率平衡的方法是基于测量发电机产生的电压信号的频率,因为这是简单且可靠的方法。

[0032] 在本发明的另一个可能实施例中,通过可选或补充地测量从组中选择的至少一个参数并使用该测量结果调节桨距来保持所产生的电功率与所消耗的电功率平衡,组包括消耗的电功率、转子轴的转速以及转子轴扭矩。优点是可以可选地或补充地将除了发电机产生的电压频率以外的参数用于该频率,因为这些可选择的可测量参数提供用于在桨距控制环中获得冗余的手段。

[0033] 在本发明的另一个可能实施例中,通过可选或者补充地测量传送到公用电网的功率保持所产生的电功率与所消耗的电功率平衡,从而传送到公用电网功率保持基本等于零来,其中该功率测量结构用于调节桨距和 / 或控制器的参数。通过使用该方法可以控制风力涡轮机产生的电功率,从而即使在风力涡轮机没有与公用电网断开的情况下也没有功率传送到公用电网。

[0034] 本发明的一可能实施例利用用于调节由磁发电机产生的电压信号的频率的电变换器。因此,电变换器的输出电压信号的频率保持为常数而不依赖于来自发电机的电压信号的频率和转子的转速。

[0035] 本发明的优选实施例包括用于调节由磁发电机产生的电压信号的电压幅值的电变换器。因此,电变换器的输出电压信号的电压幅值可以保持为常数而不依赖于来自发电机的电压信号的电压幅值和转子的转速。

[0036] 本发明的一可能实施例包括用于滤波磁发电机产生的电压信号以减少该电压信号中的谐波的装置。

[0037] 本发明的一可能实施例包括用于转换磁发电机产生的电压信号装置,以提供电隔离 (galvanic separation) 和所述电压信号的电压调节。

[0038] 在本发明的一优选实施例中,在公用电网故障期间保持以下关键组件中的至少一个运行:偏航系统、桨距系统、润滑系统、冷却系统、加热系统以及偏航系统、叶片或变速箱之一的轴承,其优点是在重新连接到公用电网之前,该风力涡轮机不需要准备时间使关键组件运转。因此,避免了能量生产损失和可用性降低等缺点。

[0039] 在本发明的一可能实施例中,在从一个发电状态到另一个发电状态的转换期间功率被耗散。其结果是在公用电网故障的发生时刻与功率产生和功率消耗之间的平衡建立的时刻之间的时间间隔中,剩余能量将被耗散。因此,风力涡轮机可以从一个发电状态进入到另一个发电状态而没有电损伤和机械损伤的风险。

[0040] 在本发明的一可能实施例中,根据从包括所产生的功率、转子轴的转速以及转子轴扭矩的组中选择的至少一个参数的测量结果估计风速,从而避免使用风速计等风速测量装置。

[0041] 在本发明的另一可能实施例中,只在风力涡轮机连接到公用电网的时间段内工作的消耗设备被用于在公用电网故障期间消耗恒定且大于零的功率量。从而减小由以不可预知的方式接通或断开的电功率消耗设备引起的功率消耗的相对变化,因为所消耗的功率量永远不低于虚拟消耗设备(dummy consumer)所消耗的恒定功率量。由于桨距的相对变化相应地变得更小,所以这是一个优点。

[0042] 本发明的一个或多个目的也由用于连接到公用电网的风力涡轮机来实现:

[0043] - 所述风力涡轮机包括至少一个桨距控制转子叶片和用于在风力涡轮机与公用电网断开的时间段内发电的磁发电机;以及

[0044] - 所述风力涡轮机具有能够调节所产生的电功率量的装置,从而所产生的电功率与所需要的随机、时变的负载消耗平衡;

[0045] - 其中,至少一个负载是风力涡轮机的电功率消耗设备,并且所述风力涡轮机包括能够在风力涡轮机与公用电网断开的时间段内发电的发电装置;

[0046] - 所述发电装置是所述磁发电机。

[0047] 一个优点是可根据当前消耗的电功率来调节所产生的电功率,相关的优点是可以控制转子的转速,以将转速保持在预定范围内。当转子的转速保持在预定范围内时,另一个优点是风力涡轮机实际连接到公用电网的运行状态相比较,在公用电网故障期间避免了机械和热损伤。此外,优点是因为甚至在公用电网故障期间也存在操作偏航系统的可能性,所以与现有技术的风力涡轮机相比较,可以减轻对转子叶片和塔架等暴露组件的强度要求。

[0048] 另一个优点是风力涡轮机能够在公用电网故障期间发电。所产生的电功率可用于向风力涡轮机的电功率消耗设备供电,并且甚至可用于供应连接到本地公用电网的消耗设备,例如孤岛上的消耗设备或者整个公用电网的有限部分内的其它消耗设备。此外,本发明能在公用电网故障期间发电,在通常称为黑启动的情况下启动其它风力涡轮机或发电厂中可用于代替柴油发电机等辅助发电装置。

[0049] 关于上述优点,本发明的优点是在重新连接到公用电网之前风力涡轮机不需要准备时间使关键组件运转,因此避免了能量产生损失和可用性降低等缺点。

[0050] 可以使用各种类型的磁发电机,即所包括的永磁体预先充分磁化的发电机、所包括的磁体在风力涡轮机连接到公用电网的时间段内磁化的发电机、所包括的磁体由超导线圈制成的发电机以及所包括的磁体在结构上与同步或异步感应发电机一体化的发电机。每种类型的发电机都具有优于其它类型的优点,如成本、效率和可靠性的优点。永磁发电机的具体优点是永磁发电机的发电能力不依赖于外部电源。

[0051] 本发明的优选实施例包括能够改变所述磁发电机产生的电压信号的频率的全变器,从而使发电机产生的电压频率特性满足公用电网所需的频率特性,在重新连接期间也是如此。

[0052] 本发明的优选实施例包括能够改变所述磁发电机产生的电压信号的电压幅值的全变器,从而使发电机产生的电压信号的电压幅值适合于公用电网的电压幅值,在重新

连接期间也是如此。

[0053] 风力涡轮机优选包括至少一个用于调节桨距的电机驱动的调节器,从而可以调节发电机生产的电功率以符合电功率消耗设备的功率消耗。作为选择,可以使用液压电机或气动电机来驱动桨距调节器。

[0054] 本发明的可能实施例包括用于滤波由磁发电机产生的电压信号的滤波器。使用滤波器的结果是滤波器的输出电压的谐波畸变减小。

[0055] 本发明的可能实施例包括用于电隔离和电压幅值调节的变压器。因此,首先该变压器使发电机产生的电压信号的电压幅值符合公用电网的电压幅值。其次,该变压器在发电机和公用电网之间提供电隔离。

[0056] 风力涡轮机可包括从含有加热系统、冷却系统、润滑系统、去湿系统以及除冰系统的组中选择的至少一个工作系统,其中所述工作系统的目的是保持所述关键组件运行。例如,可能需要冷却电子组件等组件,否则它们会在运行期间变得太热,还可能需加热变速箱等组件以将磨损减少到最小。同样地,变速箱等机械组件需要润滑来避免故障以及使磨损减少到最小。在苛刻的天气条件下,进一步需要使用分别为电子组件或转子叶片等关键组件去湿和除冰的系统。

[0057] 本发明的可能实施例包括至少一个 DC 斩波器。DC 斩波器能够耗散在磁发电机正在产生大量电功率的情况下公用电网发生故障的时刻与在公用电网故障期间减少的功率产生和减少的功率消耗之间的平衡建立的时刻之间的时间间隔期间的剩余功率,从而提供用于将风力涡轮机的状态从一个发电状态改变到另一个发电状态而没有电和机械损伤风险的装置。

[0058] 本发明的优选实施例包括用于估计风速的装置,所述装置从包括例如风速计的风速测量装置、例如转速计的用于测量转子轴的转速的装置、例如应变计的转子轴扭矩测量装置以及例如功率计的功率测量装置的组中选择。风速计提供直接可靠的风速测量。然而,为了在风力测量系统中提供冗余,根据转子轴的转速等其它测量结果来可选地或补充地估计风速。

[0059] 通过以下所述附图和实施例,本发明的这些和其它方面将显而易见并参照附图和实施例更详细地描述。

附图说明

[0060] 下面参照附图说明本发明,其中:

[0061] 图 1 示意性示出风力涡轮机各组件的相互连接以及风力涡轮机与公用电网的连接。

[0062] 图 2 示出在公用电网发生故障的情况下随时间变化的桨距值曲线图。

[0063] 图 3 示出与公用电网发生故障有关的风力涡轮机的状态变化。

具体实施方式

[0064] 图 1 示出经由开关 22 连接到公用电网 23 的风力涡轮机 1。风力涡轮机 1 包括具有至少一个转子叶片 3 的转子 2、变速箱 4 以及驱动磁发电机 6 的转子轴 5。磁发电机 6 发电,电功率被传送到变换器 7。在经由开关 10 将电功率信号传送到变压器 8 和滤波器 9 之

前,变换器 7 转换电功率信号的电压幅值、频率和相位。

[0065] 在本说明书中,需要区分风力涡轮机的两个运行状态:第一运行状态是公用电网没有任何故障的正常状况;风力涡轮机连接到公用电网,并且风力涡轮机处于正常的发电的状态。第二运行状态是公用电网有故障的状况;风力涡轮机与公用电网断开,并且风力涡轮机处于减少发电量的状态。在第二运行状态下,风力涡轮机只为其自己的电功率消耗设备发电,还可能为其它涡轮机以及外部非关键消耗设备发电。

[0066] 在正常发电情况下,变压器 8 转换电功率信号的电压使其等于公用电网的电压幅值,并且滤波器 9 去除该电功率信号的谐波畸变。如果开关 10 和开关 22 闭合,则建立与公用电网 23 的连接,而在公用电网发生故障的情况下,通过打开开关 10 或开关 22 或者同时打开二者,风力涡轮机与公用电网断开。通过闭合开关 10 并打开开关 22,风力涡轮机能够向外部关键消耗设备 24 和外部非关键消耗设备 25 供电,同时断开其余公用电网 23。

[0067] 外部关键消耗设备组 24 和外部非关键消耗设备组 25 中的每一个可包括将其中的任意一个或者将这二者与变压器 8 断开或连接的开关。外部关键消耗设备组 24 可包括依赖于不间断电源(称为 UPS)的消耗设备,外部非关键消耗设备组可包括其它风力涡轮机、家用电消耗设备或工业电消耗设备。

[0068] 在图 1 电路的另一个支路 11 中,将来自变换器 7 的电功率信号传送到变压器 18 和滤波器 19。变压器 18 转换电压幅值以匹配包括非关键电功率消耗设备 12 和关键电功率消耗设备 13 的风力涡轮机本身的电功率消耗设备所要求的电压幅值。滤波器 19 负责去除谐波畸变。非关键消耗设备 12 和关键消耗设备 13 可通过开关 20 和开关 21 相互独立地与电支路 11 断开。

[0069] 可以设计风力涡轮机的电功率消耗设备从而变压器 18 是多余的并且可以从图 1 所示的实施例中省略。滤波器 9 和 19 可以放置在不同于图 1 中所示的其它位置,例如在变压器 8 和 18 的前面。此外,滤波器 9 和 19 可以省略并且用直接放置在变换器 7 后面的单个滤波器来代替。作为选择,所述单个滤波器可以与变换器 7 一体化。

[0070] 风力涡轮机的控制系统 14 负责调节转子叶片 3 的桨距,从而负责调节转子 2 的转速并由此负责磁发电机 6 产生的电功率量。控制系统 14 通过控制信号 15 来控制至少一个电桨距调节器(未示出)以改变转子叶片 3 的桨距直到获得所需要的转子叶片 3 的桨距。电网测量装置 16 向控制系统 14 提供关于功率消耗的信息,这些功率消耗来自风力涡轮机本身的非关键消耗设备 12 和关键消耗设备 13 以及公用电网 23 的消耗设备、其它涡轮机 24 和可能的外部非关键消耗设备 25。此外,经由另一控制信号 17 向该控制系统提供关于风速和转子轴 5 的转速的信息。控制系统 14 还负责控制变换器 7。

[0071] 磁发电机 6 可以是永磁发电机、永磁同步发电机或者其它类型的永磁发电机。磁发电机 6 的类型也可以是所具有的磁体在公用电网没有任何故障的所述第一运行状态期间磁化。在公用电网出现故障并用风力涡轮机与公用电网断开的第二运行状态期间,所述被磁化的磁体能够发电。然而,由于被磁化的磁体的性质,该磁体的磁场强度逐渐减小,直到在公用电网故障恢复后重新建立公用电网连接。此外,可以用超导线圈制成磁发电机的磁体。在另一实施例中,磁体可以与同步或异步感应发电机一体化,从而当该风力涡轮机与公用电网断开并且没有外部电源可用于磁化同步或异步发电机绕组时该磁体仍能够发电。

[0072] 上述任何一种类型的发电机都可用于在公用电网不存在故障时的正常发电情况

期间以及公用电网存在故障期间发电。磁发电机具有在不需要如异步感应发电机所需的辅助电源的情况下发电的能力。因此,即使在风力涡轮机与任何外部电源都断开的公用电网故障情况下,风力涡轮机也能够发电。

[0073] 包括至少一个转子叶片 3 的转子 2 将风能转换为转子轴 5 的转动。转子轴 5 的转速可能需要通过变速箱 4 来增加或降低以获得从永磁发电机 6 输出的最大功率。在具有以多个极为特征的永磁发电机的风力涡轮机中不需要变速箱。

[0074] 磁发电机的转速可以根据风速而变化,因此来自发电机的电压信号的频率也相应地变化。由于公用电网的电压信号的频率是恒定的,所以必须改变来自发电机的电压信号的变化频率以满足公用电网的频率需要。为了这个目的使用变换器。变换器将来自磁发电机的电流信号整流为可以被滤波和放大的 DC 信号(直流信号),之后该 DC 信号被逆变为具有所需频率的 AC(交流)信号,优选地,该频率是恒定的并且等于公用电网电压信号的频率。滤波器可以接在逆变器之后,以减小电压信号的谐波畸变。

[0075] 在公用电网故障的情况下,电网测量装置 16 感测到网络故障,随后控制器 14 打开开关 10 和 22 中的至少一个,从而将风力涡轮机与公用电网 23 断开并且可以与其它发电机组 24 和可能的非关键消耗设备 25 断开。由于磁发电机在没有任何外部电源的情况下的发电能力,在风力涡轮机与公用电网断开期间,该发电机能够继续发电。因此,风力涡轮机能够为其自己的包括非关键消耗设备 12 和关键消耗设备 13 的功率消耗设备发电。

[0076] 一个或多个关键电功率消耗设备 13 包括在公用电网故障期间必须保持运行的或者至少是在公用电网故障期间有益于保持运行的风力涡轮机的组件。关键组件的非穷尽的列表包括:至少一个桨距调节器、控制器、变换器、偏航系统、润滑系统、冷却系统、加热系统、除冰系统以及去湿系统。非关键电功率消耗设备包括在公用电网故障期间不需要保持运行的风力涡轮机中的组件,如辅助计算机、耗电有限的装置以及服务设备。

[0077] 风力涡轮机的关键电功率消耗设备 13 是在公用电网故障期间也必须保持运行的关键组件组的一部分。除了关键消耗设备组以外,关键组件的非穷尽列表包括:变速箱、一个或多个轴承、至少一个转子叶片、偏航系统以及桨距系统。

[0078] 因此,在公用电网故障期间风力涡轮机的所有关键组件可以保持运行。保持关键组件运行可以被理解为运用关键组件或者维持关键组件运转以避免粘附、结冰、发热、变冷和潮湿的问题。运用可以包括桨距系统、变速箱、偏航系统和轴承等机械部件的机械移位或转动的动作以避免粘附和结冰等问题。

[0079] 此外,运用可以包括加热或冷却动作,例如在寒冷的天气中加热变速箱 4 的润滑剂以及加热润滑系统,或者在炎热的天气中冷却例如变速箱 4 的润滑剂以及变换器 7 等电组件。运用还可以包括对各个关键组件或者整个机舱的加热、冷却、除冰或去湿的动作从而即使在苛刻的环境条件下也将风力涡轮机维持在温度受控制的状态下。

[0080] 在公用电网故障期间保持风力涡轮机的关键组件运行的一个优点是在公用电网发生故障之后将风力涡轮机重新连接到公用电网所需的时间段不依赖于公用电网故障的持续时间,因此重新连接所需的时间段被最小化。从而,该风力涡轮机在重新连接到公用电网之前不需要准备时间使关键组件工作。所以,避免了风力涡轮机的电能生产损失和可用性降低等缺点。由于磁发电机的特性,除了唯一的磁发电机以外保持关键组件的运行不需要附加电源。因此,原理上在风速高于例如 0.5 米/秒的任何时间,风力涡轮机都可以在相

当长的公用电网故障期间保持运行。

[0081] 通过保持风力涡轮机运行可以获得另一个优点,即由于发电机的磁体、变速箱和轴承(例如,桨距调节器和偏航系统的轴承)等组件维持在理想的温度和湿度,所以避免了磨损和损伤。此外,因为即使在公用电网故障期间也存在操作偏航系统的可能性,所以与现有技术的风力涡轮机相比较,对转子叶片和塔架等暴露组件的强度要求可以减轻。因此,可以用理想的方式调节转子的位置,使得转子面对风的方向。

[0082] 另一个优点是,除了供应风力涡轮机本身的功率消耗设备以外,还可以将风力涡轮机产生的电功率提供给其它涡轮机,如安装有异步发电机的其它风力涡轮机。在公用电网故障期间还可以将电能提供给外部非关键消耗设备,如孤岛上的消耗设备或者整个公用电网的有限部分内的其它消耗设备。磁发电机的发电能力甚至可以在公用电网的称为黑启动的情况下用于供应发电厂的发电机。

[0083] 在风力涡轮机保持运转的公用电网故障期间,为了控制转子 2 的转速,必须调整所产生的电功率量以等于所消耗的电功率量。如果所产生的电功率量大于所消耗的电功率量,则将会发生失控的情况。相反,如果所产生的电功率量小于所消耗的电功率量,则转子会减速并且可能停止。

[0084] 由于电功率消耗设备所消耗功率的变化,例如电功率消耗设备可能以不可预知的方式接通或断开,所以所消耗的电功率是变化的。因此,必须根据负载的随机、时变的功率消耗来调节所产生的电功率,负载包括风力涡轮机本身的消耗设备以及如其它风力涡轮机和可能的非关键消耗设备等外部功率消耗设备。通过增加或减少至少一个转子叶片 3 的桨距来调节所产生的电功率量。

[0085] 由于随机、时变的功率消耗,所消耗的功率可能从零迅速改变到最大值。这种情况对需要根据所消耗功率的变化调节桨距的桨距系统提出高的要求。然而,通过使用在公用电网故障期间消耗恒定且大于零的功率量的虚拟(dummy)电功率消耗设备,减小功率消耗的相对变化,因为所消耗的功率量永远不会低于虚拟消耗设备所消耗的恒定功率量,从而桨距的相对变化变得相应更小。

[0086] 控制器 14 生成电压信号形式的桨距信号 15,用于驱动或影响至少一个桨距调节器(未示出),如电机或液力调节器,其进而增加或减小所述至少一个转子叶片 3 的桨距角 β 。如果功率消耗突然下降,其将使转子 2 加速,从而增加转子轴的转速并因此增加磁发电机 6 生成的电压信号的频率。

[0087] 因此,控制器 14 可以使用转子轴转速的测量结果确定桨距信号 15,使得所产生的功率量保持等于所消耗的功率量。可选或补充地,发电机电压信号频率的测量结果可用于替换或补充测量转子轴的转速,并且控制器 14 可使用该测量结果来确定桨距信号 15,从而所产生的功率量保持等于所消耗的功率量。可选或补充地,控制器可以单独或结合使用其它动作如风速 17 的测量结果、所消耗电功率的测量结果、转子轴扭矩的测量结果和确定实际的桨距,从而确定桨距信号 15。

[0088] 作为选择,可以通过可选或补充地测量传送到公用电网的功率来保持所产生的电功率与所消耗的电功率平衡,从而所述功率保持基本等于零。可以在开关 10 和电网 23 之间的位置测量传送到公用电网的功率。如果测得的功率不等于零,则调节桨距和/或控制器 14 的参数,如电压和电流信号之间的相位,直到传送到公用电网的有功功率变成基本等

于零。

[0089] 通过使用该方法,可以控制风力涡轮机产生的电功率,从而即使风力涡轮机没有与公用电网断开也没有功率传送到公用电网。因此,按照该方法可以去除开关 22 和 10。

[0090] 在没有公用电网故障的正常发电情况期间,根据其它参数调节桨距,这些参数反映用于产生最大的可能电功率量的条件、用于将转子转速维持在指定范围内的要求和 / 或用于避免风力涡轮机组件损伤的要求。

[0091] 通过修改某些控制参数,如改变控制算法和改变输入测量结果对控制器 14 的影响,与用于在电网故障期间调节桨距的方法有关的上述包括控制器 14 和至少一个桨距调节器(未示出)的控制系统可适合于用作正常发电情况期间的桨距控制。

[0092] 可以用以下装置中的至少一个来测量对控制器 14 的上述输入:称为转速计或编码器的用于测量转子轴转速的装置、或者称为频率计的用于测量电压信号频率的装置、或者称为风速计的用于测量风速的装置、或者称为功率表的用于测量所消耗的电功率的装置、或者称为扭矩计的用于测量转子轴扭矩的装置。

[0093] 例如在控制器 14 能容错中止一个测量装置的方式下,转速、电压信号的频率、风速以及所消耗的电功率等不同量的测量结果可以相互补充。例如,如果转速计出错使转子速度的测量结果不再可靠,则可以代替使用来自频率计的测量结果,或者如果风速计出错使得风速测量结果不再可靠,则可以从其它测量结果如产生的电功率和转子速度的测量结果来估计风速。

[0094] 图 1 示出用于调整由磁发电机 6 提供的电压信号的频率的变换器 7。所述频率根据转子速度的变化而变化。然而,由于电功率消耗设备需要恒定的频率,所以变换器必须能够将具有变化频率的输入电压信号改变为具有恒定的预定频率的输出电压信号。由磁发电机 6 提供的电压信号的电压幅值也根据转子速度的变化而变化。然而,由于电功率消耗设备需要恒定的电压幅值,因此变换器还必须能够调整输入电压信号的电压幅值使得输出电压信号具有恒定的电压幅值。此外,变换器还能够改变电压和电流信号之间的相位来调节有用和无功功率的产生。变换器还可以包括用于减少谐波畸变的滤波器装置。具有上述特性的变换器称为全变换器、频率变换器、矩阵变换器、背靠背变换器和功率变换器。

[0095] 变压器 8 用于进一步调整从变换器 7 发送来的电压信号的电压幅值以匹配公用电网的电压幅值。用于去除电压信号谐波畸变的滤波器 9 可放置在变压器 8 之前或之后。变压器 8 还在风力涡轮机和公用电网之间提供电隔离。

[0096] 在公用电网故障发生的时刻和功率产生与功率消耗之间的平衡建立的时刻之间的时间间隔内,需要耗散作为风力涡轮机的转动部件的动能存储的残余能量。从一个发电状态转变到另一个发电状态的持续时间通常持续 0.1 秒至 10 秒。通常用于消散该短时间段内的电功率的装置是 DC 斩波器。在某些情况下,公用电网故障的持续时间在 0.1 秒至 10 秒的范围内,在此情况下 DC 斩波器能够单独应付公用电网故障。通过使用电机加速重飞轮或者通过简单地使用电阻器使转子 2 加速也可以耗散电功率。

[0097] 图 2 示出沿着纵轴的桨距 β 和沿着横轴的时间之间的关系的关系的曲线图。在时间间隔 30 内的开始阶段,桨距具有对应于正常发电情况的值,其中转子叶片的桨距典型地位于 -5 到 20 度的范围内或者 10 到 20 度的范围内。在时间 31 的随机时刻的某瞬间电网测量装置 16(见图 1)检测到与公用电网连接不存在,指示可能出现电网故障。在时间间隔 32 内,验

证公用电网故障是否持续并且同时用于耗消电功率的 DC 斩波器或其它装置耗散从磁发电机提供的任何残余能量。时间间隔 32 的持续时间典型为 3 到 5 秒。

[0098] 如果在典型的 5 秒内公用电网没有从其故障中恢复,则为了慎重地将风力涡轮机 1 与公用电网 23 断开而打开开关 10 和 / 或开关 22(见图 1)。在该动作之后,在过渡时期 33 内将转子叶片的桨距改变为预定值。将桨距改变为预定值可以与以下过程相结合或者用该过程来替换:在过渡时期 33 内以反馈控制环调节桨距直到磁发电机产生的功率量等于所消耗的功率量,从而转子以恒定的速度转动。

[0099] 现有技术中所公开的用于处理公用电网故障的典型过程如虚线 34 所示将桨距改变到例如 90 度,从而转子的转速减速到非常低的速度或者停止。在过渡时期 33 之后,风力涡轮机处于以自供给模式运行的状态 35,其中风力涡轮机的磁发电机为自己的电功率消耗设备发电,即非关键消耗设备 12 和 / 或关键消耗设备 13(见图 1) 并且还可能供电给其它涡轮机 24(见图 1) 和可能的外部非关键消耗设备 25(见图 1)。

[0100] 在风力涡轮机处于状态 35 期间不断地调节桨距,从而所产生的功率量等于所消耗的功率量并因此将转子速度保持在与自供给模式相关的最佳范围内。如果风速保持在仍然使转子运行的可能下限例如 0.5 米 / 秒以上,那么状态 35 的持续时间可能是几秒、几分、几小时或者几天。在公用电网从其故障中恢复之后,以及在验证恢复是否持续的时间段 36 之后,在时间段 37 内调节桨距直到建立正常发电状态。

[0101] 图 3 示出从正常发电状态到自供给模式状态的变化中涉及的变化,其中在自供给模式下,风力涡轮机为其自己的电功率消耗设备和可能的其它涡轮机以及外部非关键消耗设备发电。在第一状态 41 中,风力涡轮机处于正常发电状态,只要电网测量装置 16(见图 1) 没有检测到公用电网故障,风力涡轮机就处于由循环 42 表示的状态 41。如果电网测量装置检测到失去了公用电网的连接,从而表示公用电网发生故障,则风力涡轮机的状态改变为状态 43,之后进入到状态 44,在状态 44 中启动用于耗散电功率的 DC 斩波器或其它装置以消耗残余能量。

[0102] 在状态 44 中,验证公用电网故障是否持续。风力涡轮机在状态 44 下保持由循环 45 表示的持续时间,典型的是在 3 到 5 秒的时间段内。如果公用电网在典型的 5 秒内从其故障中恢复,则风力涡轮机的状态可以回到正常发电状态 41。否则,如果公用电网在典型的 5 秒内没有从其故障中恢复,则通过打开电网电路断路器即开关 10 和 / 或开关 22 使风力涡轮机的状态改变到状态 47。在状态 46、验证公用电网情况的中间状态 45 以及完全启动自供给模式的状态 47 中执行该任务。

[0103] 在状态 47 中,转子叶片的桨距改变到预定值。在状态 47 中将桨距改变到预定值可以与以下过程结合或者用该过程代替:在使所产生的功率量等于所消耗的功率量的反馈控制环中调节桨距,从而转子以恒定的速度转动。在状态 47 中实现调节桨距的步骤之后,风力涡轮机的状态改变到状态 48。只要公用电网连接中断,即只要公用电网故障持续,风力涡轮机就保持在状态 48,如循环 49 所表示的。如果电网测量装置 16(见图 1) 检测到公用电网的恢复,则循环 49 终止,进而导致改变到正常发电情况的状态 41。

[0104] 如果情况要求风力涡轮机停止,则循环 49 也终止。例如极端的天气情况、修理风力涡轮机的需要或者由于任何类型的安全预防都可以导致这种情况。

[0105] 由于风力涡轮机在不需要外部电源的情况下的发电能力,该风力涡轮机可被用于

在公用电网故障期间向其它风力涡轮机的异步感应涡轮机、燃气涡轮机或者柴油发电机供电。因此,在包括至少一个具有磁发电机的风力涡轮机和多个具有异步感应发电机的其它风力涡轮机或安装有异步感应发电机的其它发电机的公用电网的有限部分中,安装有磁发电机的风力涡轮机能够产生磁化例如具有异步感应发电机的风力涡轮机所需的功率,从它们能够保持运行。

[0106] 风力涡轮机在不需要外部功率的情况下的发电能力的另一个应用是在公用电网的黑启动中。在公用电网发生故障并因此公用电网中断之后,在发电站能够重新建立公用电网之前发电站需要外部电源为辅助设备供电。今天,用于驱动发电机的燃气涡轮机或柴油机发电机等发电机有时用作磁化发电站的异步感应发电机的外部电源。

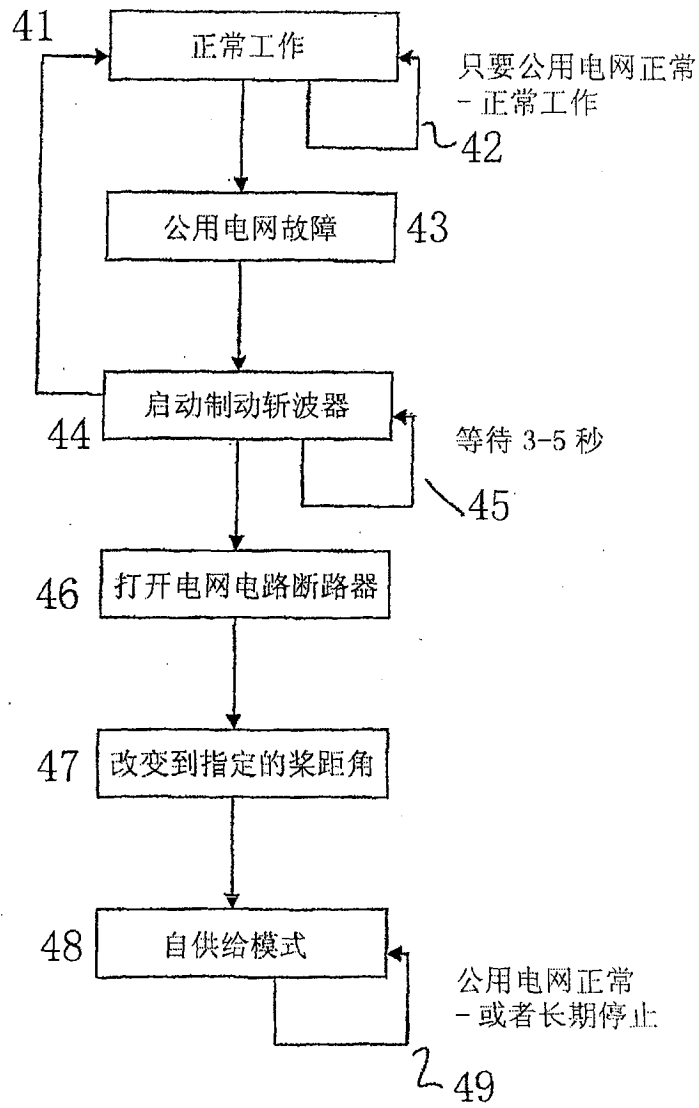


图 3