



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105144532 B

(45)授权公告日 2018.04.24

(21)申请号 201480022469.3

(22)申请日 2014.04.10

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105144532 A

(43)申请公布日 2015.12.09

(30)优先权数据

102013207255.4 2013.04.22 DE

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2015.10.20

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2014/057304 2014.04.10

(87)PCT国际申请的公布数据

W02014/173695 DE 2014.10.30

(73)专利权人 乌本产权有限公司

地址 德国奥里希

(72)发明人 阿尔弗雷德·贝克曼

卡伊·布斯克

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司

11227

代理人 丁永凡 张春水

(51)Int.Cl.

H02J 3/38(2006.01)

审查员 杨洋

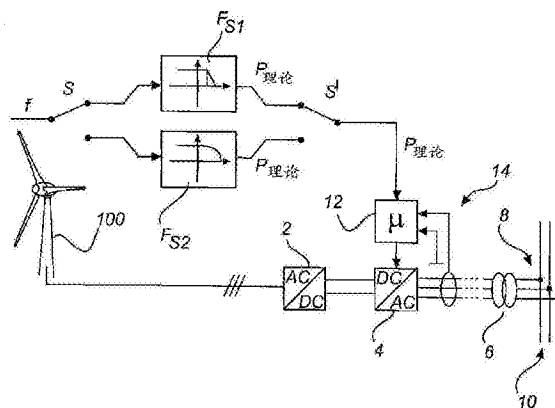
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

用于将电功率馈送到供电网中的方法

(57)摘要

本发明涉及一种用于将至少一个风能设施(100)的或风电厂(112)的电功率馈送到具有电网电压(U)和电网频率(f)的供电网(120)中的方法,其中方法准备用于馈送有功电功率(P)和无功电功率(Q),并且馈送的有功功率(P)能够经由有功功率控制装置根据至少一个电网状态来调节和/或馈送的无功功率(Q)能够经由无功功率控制装置根据至少一个电网状态来调节,并且有功功率控制装置和/或无功功率控制装置能够根据类型和/或在其参数化方面变化。



1. 一种用于将至少一个风能设施(100)的或风电厂(112)的电功率馈送到供电网(120)中的方法,所述供电网具有电网电压(U)和电网频率(f),其中所述方法

-准备用于馈送有功电功率(P)和无功电功率(Q),并且

-馈送的有功功率(P)能够经由有功功率控制装置根据至少一个电网状态来调节或

-馈送的无功功率(Q)能够经由无功功率控制装置根据至少一个电网状态来调节,其中

-所述有功功率控制装置和所述无功功率控制装置中的至少一个能够根据控制类型变化或在其参数化方面变化,

其特征在于,

馈送的有功功率(P)和馈送的无功功率(Q)中的至少一个经由第一调节函数(F_{S1})或第二调节函数(F_{S2})根据所述电网状态调节,并且所述有功功率控制装置和所述无功功率控制装置中的至少一个的控制类型通过更换相应的第一调节函数(F_{S1})或第二调节函数(F_{S2})的方式变化,和/或所述有功功率控制装置和所述无功功率控制装置中的至少一个的参数化通过变化相应的第一调节函数(F_{S1})的或第二调节函数(F_{S2})的参数的方式而变化,并且

所述有功功率控制装置和所述无功功率控制装置中的至少一个根据电网灵敏度(N_S)变化。

2. 根据权利要求1所述的方法,

其特征在于,

用于要馈送的有功功率(P)的所述有功功率控制装置根据所述电网频率(f)、所述电网频率的变化($\partial f/\partial t$)和所述电网电压(U)中的至少一个来预设有功功率理论值($P_{理论}$)。

3. 根据权利要求1或2所述的方法,

其特征在于,

用于要馈送的无功功率(Q)的所述无功功率控制装置根据所述电网电压(U)、所述电网频率和所述电网频率的变化($\partial f/\partial t$)中的至少一个来预设无功功率理论值($Q_{理论}$)。

4. 根据权利要求1或2所述的方法,

其特征在于,

所述有功功率控制装置和所述无功功率控制装置中的至少一个根据以下变化:

-短路电流比(SCR),和

-经由外部信号的外部预设。

5. 根据权利要求1或2所述的方法,

其特征在于,

一旦所述电网频率(f)超过频率阈值(f_S)并且直至所述电网频率达到频率上限值(f_{max}),馈送的有功功率(P)随着电网频率(f)提高而降低,并且电网频率相关的降低的斜率、所述频率阈值(f_S)和所述频率上限值(f_{max})中的至少一个能够变化。

6. 一种用于将电功率(P)馈送到供电网(120)中的风能设施(100),其中所述风能设施(100)准备用于,按照根据权利要求1或2所述的方法将电功率(P)馈送到所述供电网(120)中。

7. 一种用于将电功率(P)馈送到供电网(120)中的风电厂(112),其中所述风电厂(112)准备用于,按照根据权利要求1或2所述的方法将电功率(P)馈送到所述供电网(120)中。

用于将电功率馈送到供电网中的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于将至少一个风能设施的或风电厂的电功率馈送到供电网中的方法。此外,本发明涉及一种用于将电能馈送到供电网中的风能设施,并且本发明涉及一种用于将电能馈送到供电网中的、包括多个风能设施的风电厂。

背景技术

[0002] 风能设施示意地在图1中示出,并且风电厂示意地在图2中示出。

[0003] 风能设施通常是已知的并且当今尤其用于馈送到供电网中的目的。在此,风能设施根据频率和相位并且在考虑到供电网上的相应的电压的条件下调整要馈送的电流。这是在任何情况下都必须满足并且也由已知的风能设施满足的基本前提条件。同样内容适用于具有多个风能设施的风电厂,所述风能设施共同地经由共同的网络连接点(PCC)馈送到供电网中。在该情况下,风电厂馈送到供电网中。

[0004] 已经长时间认识到的是,不仅能够值得期望的是,借助风能设施或风电厂将尽可能多的电功率馈送到在下文中也简化地称作为电网的供电网中,而且风能设施或风电厂也用于支持电网。专利申请US6,784,564、US6,891,281、US6,965,174和US7,462,946描述了相应的解决建议。这些申请已经提出,与供电网中的电压或频率相关地,将要馈送的功率或要馈送的电流根据高度和/或类型变化,以便由此支持供电网。

[0005] 当今,在许多国家中存在供电网中的风能设施占据总功率的越来越大的份额的情况。这引起,通过风能设施支持电网的必要性增大。风能实施在电网中的支配地位进而其影响可能性也增大。相应地,在电网中通过风能设施或风电厂的电网支持也能够是有效的。

[0006] 德国专利商标局已经在本申请的优先权申请中检索到其他的下述现有技术:“Technische Richtlinie Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz,BDEW,2008年六月发布”和“TransmissionCode 2007,Network and System Rules of the German Transmission System Operators,VDN,2007年八月”。

发明内容

[0007] 因此,本发明基于下述目的,解决至少一个上述问题。尤其,应提出一种解决方案,所述解决方案实现或者至少促进用于支持电网的风能实施的重要性越来越大。尤其,应通过风能设施或风电厂在质量上和/或在数量上改进电网支持。至少,应提出一种替选的解决方案。

[0008] 根据本发明,提出一种用于将至少一个风能设施的或风电厂的电功率馈送到供电网中的方法。根据所述方法将至少一个风能设施的或风电厂的电功率馈送到供电网中。供电网具有电网电压和电网频率。方法准备用于馈送有功电功率P和无功电功率Q。方法和相应地执行方法进而用于馈送有功电功率的风能设施或风电厂也准备用于馈送无功电功率。

[0009] 馈送的有功功率P在此能够经由有功功率控制装置根据至少一个电网状态来调节。因此,不固定地预设,或者仅与占主导的风相关地馈送有功功率,而是根据至少一个电

网状态、例如电网频率调节所述有功功率。

[0010] 此外或备选地,不固定地预设,而是根据至少一个电网状态、例如电网电压调节馈送的无功功率Q。

[0011] 在此提出,有功功率控制装置能够根据类型和/或在其参数化方面变化。馈送的有功功率P与至少一个电网状态、例如电网频率的相关性因此能够——仅在风力情况保持不变的情况下——变化。例如,一旦电网频率高于其额定频率0.1个百分点,有功功率随着频率提高而降低,然而,这种降低在其他情况下在电网频率超出其额定值0.2个百分点时才进行。也能够不同地选择馈送的功率的随后的频率相关的降低的斜率。

[0012] 在此,馈送的有功功率P能够部段地经由线性关系与电网状态、尤其电网频率相关。所述部段的线性关系例如能够变化成非线性关系,例如经由滞后函数变化,这是变化有功功率控制装置的一个示例。相似地,这也能够是变化无功功率控制装置的类型的示例。

[0013] 如果为了研究上述示例,以部段的线性关系为基础,那么根据另一个实施方式,关系的斜率能够变化。这能够是用于变化有功功率控制装置——和相似地无功功率控制装置——的参数化的一个示例。

[0014] 此外或备选地提出,无功功率控制装置能够根据类型和/或其参数化变化。无功功率Q和至少一个状态、例如电网电压之间的关系优选能够在其类型和/或其参数化方面变化。一方面对于根据类型变化的示例,并且另一方面在参数化中,参照用于有功功率控制装置的可变性的普遍示例。

[0015] 根据一个实施方式提出,用于要馈送的有功功率的有功功率控制装置根据至少一个电网状态预设有有功功率理论值。在此,尤其根据电网频率、根据电网频率的变化和/或根据电网电压预设有有功功率理论值。对此,能够经由梯度,即经由求频率变化对时间的偏导数限定或检测电网频率的变化。

[0016] 优选地提出,用于要馈送的无功功率的无功功率控制装置根据至少一个电网状态预设无功功率理论值。因此,相应地,尤其根据电网电压、根据电网频率和/或电网频率的变化来预设无功功率理论值。

[0017] 根据一个实施方式,有功功率控制装置而且此外或备选地无功功率控制装置根据电网灵敏度变化。

[0018] 在此,将电网灵敏度理解成电网尤其关于共同的电网连接点对作用于电网的变量变化的反应。电网灵敏度能够定义成关于电网影响变量的差值的电网反应的差值。尤其,在该情况下,考虑关于馈送的有功功率和电网电压的大小的定义。简化地,例如对于电网灵敏度NS能够定义下述公式:

$$[0019] \quad NS = \frac{\Delta U}{\Delta P}$$

[0020] 在此, ΔP 表示馈送的有功功率的变化,即馈送的电厂功率的变化,并且 ΔU 表示电网电压U的产生的变化。这些差值在非常短的时间间隔中,尤其在一秒或更短的范围中形成并且有利地替代关于电压的差值与功率的差值的所述直观的公式也能够相应地求电网电压U对馈送的电厂功率P的偏导数。作为电网反应也能够考虑电网频率f的变化。考虑电网敏感性的另一个途径是经由下述公式:

[0021]
$$NS = \frac{\Delta f}{\Delta P}$$

[0022] 因此,电网灵敏度优选地用作为用于要选择的或要变化的有功功率控制装置和/或要选择的或要变化的无功功率控制装置的量值。如果电网灵敏度最低限度明显地变化,那么相应的有功功率控制装置和/或相应的无功功率控制装置能够在类型和/或参数化方面变化。类型的变化相应于控制的类型的变化,两者在此同义地应用。

[0023] 根据另一个实施方式,根据馈送点上的短路电流比变化有功功率控制装置和/或无功功率控制装置。

[0024] 也称作为SCR (Short Circuit Ratio, 短路比) 的短路电流比表示短路功率与连接功率的比。在此,将短路功率理解成下述功率:在电网连接点上出现短路时,相关的供电网在观察的、连接风能设施或风电厂的电网连接点上能够提供的功率。连接功率是所连接的风能设施的或所连接的风电厂的连接功率进而尤其是要连接的发电机的额定功率或风电厂的发电机的全部额定功率的总和。因此,短路电流比是供电网关于所述观察的电网连接点的强度的标准。关于所述电网连接点的强的供电网通常具有例如为SCR=10或更大的大的短路电流比。

[0025] 已经认识到的是,短路电流比也能够给出关于相关的供电网在电网连接点上的状态的信息。在此,短路电流比也能够变化。

[0026] 有利的是,在重新安装风电厂或风能设施的情况下,考虑短路电流比并且使有功功率控制装置和无功功率控制装置匹配于短路电流比。优选地,进一步提出,在风能设施或风电厂安装和投入运行之后也以规则的间隔检测短路电流比。例如能够经由关于电网拓扑的信息借助于仿真来进行短路电流比的检测。连接功率能够简单地经由对在电厂中安装的风能设施的了解实现和/或连接功率能够经由在额定风的情况下测量馈送的功率实现。

[0027] 优选地,用于提出的计算和考虑短路电流比的连接功率作为全部分别当前可用的风能设施的额定功率的总和定义和计算。因此,连接功率在本发明的范围中在风能设施停止工作的情况下已经变化,至少暂时变化。因此,短路电流比也会变化并且对此可能引起有功功率控制装置和/或无功功率控制装置的变化。

[0028] 根据另一个实施方式提出,连接功率在考虑占主导的风况的条件下作为风电厂中的当前可用功率的总和计算,或者替代风电厂的连接功率,将风电厂的当前可用的功率的总和用于计算短路电流比和/或用作变化有功功率控制装置和/或无功功率控制装置的变化标准。因此,基于所述这样求得的电厂功率重新计算短路电流比,以便确定所述变化条件,或者也能够直接由在电厂中可用的功率推导出变化标准。

[0029] 例如,能够提出转换条件,使得参数、如函数的斜率或放大系数与短路电流比或其他标准相关。例如可能存在成比例的相关性。作为其他的、然而并非最终的示例,能够规定边界值并且当短路电流比或其他标准超过或低于所述边界值时,从一种有功功率控制装置转换为另一种类型的有功功率控制装置。相似内容也适用于无功功率控制装置的变化。

[0030] 优选地,通过外部的预设、例如经由在实现有功功率控制装置和/或无功功率控制装置的程序计算机上输入的外部信号进行有功功率控制装置和/或无功功率控制装置的变化。优选地,由电网运营商进行这种预设,所述电网运营商对此传输这种外部信号。

[0031] 由此,一个或多个参数也能够变化或转换成其他类型或其他种类的有功功率控制

装置或无功功率控制装置。根据一个实施方式,也能够变换相应的有功功率控制装置或无功功率控制装置的期望的新的配置。因此,能够变换要变化的参数或者甚至能够变换新的算法。

[0032] 根据本发明的一个设计方案提出,经由调节函数根据电网状态调节馈送的有功功率和/或馈送的无功功率。这种调节函数尤其输出要馈送的有功功率的或要馈送的无功功率的理论值作为与电网状态相关的函数。现在提出,变化或变换所述调节函数。例如,能够部段地变化所述调节函数的斜率,或者将与之前不同的函数类型用作为调节函数。由此,有功功率控制装置和/或无功功率控制装置能够根据类型和/或在其参数化方面变化。因此提出,变化函数的关系。这种变化也能够根据电网灵敏度、短路电流比和/或外部的预设来进行。

[0033] 另一个实施方式提出,一旦电网频率超过或达到频率阈值,馈送的有功功率随着电网频率提高而降低并且馈送的有功功率继续降低,直至频率达到频率上限值。由此,能够实现部段的频率相关的功率降低。对此,现在提出,能够变化,尤其根据上面对此提出的标准变化所述功率降低的斜率。此外或备选地提出,频率阈值能够变化,并且此外或备选地,频率上限值应能够变化。能够通过所述值限定频率相关的有功功率变化并且所述值、即频率开始降低的值、频率停止降低的值和/或要在这两个频率之间的斜率能够变化。

[0034] 对于该实施方式提出,该实施方式也相似地用于在电网频率下降的情况下的有功功率提高。因此,能够相对简单地经由所述参数变化控制性能。

[0035] 根据本发明,还提出一种风能设施,所述风能设施准备用于执行根据上述实施方式中的一个实施方式所述的方法。尤其,这种风能设施具有适合于执行这种无功功率馈送和/或有功功率馈送的相应的程序计算机和相应的变频器。尤其,所应用的逆变器或所应用的风能设施是有FACTS(柔性交流输电系统)能力的。

[0036] 此外,提出一种风电厂,所述风电厂准备用于执行根据上述实施方式中的一个实施方式所述的方法。尤其,所述风电厂准备用于,将有功电功率和无功电功率馈送到供电网中并且对此使用可变化的有功功率控制装置和/或可变化的无功功率控制装置。优选地,所述风电厂经由共同的电网连接点馈送到供电网中。对发电厂也有利的是,所述发电厂是有FACTS能力的。

附图说明

[0037] 下面,根据实施方式参考所附的附图示例性地阐述本发明。

[0038] 图1示出风能设施的示意图。

[0039] 图2示出风电厂的示意图。

[0040] 图3示出风能设施的示意图,所述风能设施为了馈送使用根据一个实施方式的根据本发明的方法。

[0041] 图4形象地并且示例性地示出用于根据电网频率调节频率P的两个不同类型的调节函数。

[0042] 图5示例性地并且形象地示出用于根据电网频率f调节频率P的调节函数的变型方案。

具体实施方式

[0043] 图1示出具有塔102和吊舱104的风能设施100。在吊舱104上设置有具有三个转子叶片108和整流罩110的转子106。转子106在运行时通过风置于转动运动进而驱动吊舱104中的发电机。

[0044] 图2示出示例性地具有三个风能设施100的风电厂112,所述风能设施能够是相同的或不同的。因此,三个风能设施100基本上表示风电厂112的任意数量的风能设施。风能设施100经由电厂网114提供其功率、即尤其产生的电流。在此,将各个风能设施100分别产生的电流或功率相加并且通常设有变压器116,所述变压器对电厂中的电压进行升压转换,以便随后在通常也称作PCC的馈送点118上馈送到供电网120中。尽管存在控制装置,图2仅是风电厂112的例如没有示出控制装置的简化图。电厂网114例如也能够以其他方式构成,其中仅提出一个其他的实施:例如在每个风能设施100的输出端也存在变压器。

[0045] 图3说明风能设施100,所述风能设施例如将三相的发电机电流输送给整流器2,所述整流器又与逆变器4连接,所述逆变器产生三相的交流电流,以便将所述交流电流经由变压器6在馈送点8 (PCC) 上馈送到供电网10中。逆变器4的控制经由控制单元12进行,所述控制单元例如能够构成为一个或多个程序计算机。控制单元12例如也利用关于电流和电压的根据其输出的三相电流的幅值、频率和相位的测量值。对此,图解地示出测量反馈装置14。

[0046] 图3的结构此外说明,控制单元12考虑功率理论值并且相应地操纵逆变器4,使得所述逆变器输出这种期望的功率 P 。理想地,由逆变器4输出的功率 P 与理论功率 $P_{\text{理论}}$ 是相同的,使得 $P = P_{\text{理论}}$ 适用。此外,对于当前的情况能够理想地假设,产生的功率 P 也是馈送到电网10中的功率。因此,在当前的情况中,忽略在馈送和动态过程中在理论功率和产生的功率之间的损耗。

[0047] 图3的结构现在说明,根据频率 f 确定或预设所述有功功率理论值 $P_{\text{理论}}$ 进而理想化地还有要馈送的有功功率 P 。对此,提供两个调节函数 F_{S1} 和 F_{S2} ,所述调节函数在此表示其他的调节函数。现在示出开关 S 和与其共同工作的开关 S' ,所述开关说明,根据开关位置,即根据选择,能够经由第一或第二调节函数 F_{S1} 或 F_{S2} 预设有功功率 $P_{\text{理论}}$ 。就此而言,借助于开关 S 或 S' 的选择可能性仅是说明性的并且这种选择可能性例如也能够控制在控制单元12中实现,使得即控制单元12直接接收电网频率 f 。此外,这种转换优选在程序计算机中实现,其中所述程序计算机例如根据选择的调节函数访问相应的存储有期望的调节函数的数据存储器。

[0048] 图3说明,用于要馈送的有功功率的调节函数进而有功功率控制装置能够变化。在此,与电网频率 f 相关地示例性地示出有功功率控制装置。但是,说明应有代表性地也表示与其他的电网状态、例如电网电压或电网频率的变化相关的控制。类似地,电网状态相关的无功功率控制装置也能够以已说明的和描述的方式实现。在此,不同的电网状态也能够用作用于无功功率控制装置的输入变量。

[0049] 在图3中说明的所选择的调节函数 F_{S1} 和 F_{S2} 在图4中示例性地示出。因此,图4示例性地示出两个调节函数 F_{S1} 和 F_{S2} 。两个调节函数示出有功功率 P 与电网频率 f 的预设的相关性。在标称的电网频率 f_N 下,功率 P 具有其额定值 P_N 。就此而言,图4针对完全由占主导的风力情况使具有额定功率 P_N 的馈送实现的情况示出。如果例如由于风是弱的,这是不可能的并且仅能够馈送较小的功率,那么图4的示出的关系也能够用于较小的、可用的功率,例如通

过替代示出的额定值 P_N 使用所述较小的功率。

[0050] 随着频率 f 提高,有功功率 P 首先保持不变,直至频率 f 达到频率阈值 f_s 。随后,有功功率 P 随着频率继续提高而降低。现在根据选择的有功功率控制装置进而根据选择的调节函数是不同地进行所述降低。

[0051] 在此,第一调节函数 F_{S1} 示出线性曲线变化,其中那么有功功率 P 从频率阈值 f_s 至最大频率值 $f_{\max}$ 线性地下降至0。根据其他示出的调节函数,提出在具有负号的二次幂函数的范围中的曲线变化。所述调节函数也将有功功率 P 从阈值频率 f_s 至最大频率 $f_{\max}$ 降低至功率值0。当然,其他选择的曲线变化获得更高的功率馈送的可能性,这通过这两个调节函数 F_{S1} 和 F_{S2} 之间的间隔说明,所述间隔在图4中表示为 ΔP 。就此而言,不同的调节函数仅在部段中不同并且就此而言能够根据示出的示例部段地变化调节函数。变化优选地与电网灵敏度或电网运营商的预设相关地进行,在此仅列举两个示例。

[0052] 因此已认识到的是,能够根据例如能够由网络运营商评估或由电网灵敏度得出的情况选择变化的、能够实现更高的功率馈送的有功功率控制装置。

[0053] 替代关于选择完全不同的调节函数的变化,即如在图4中示出,例如一方面线性函数和另一方面二次函数,也考虑使调节函数 F_s 基本上不变化,但是变化一个或多个参数。这在图5中示出并且指出,在图5中说明的变化也能够经由参数的变化通过在不同参数化的调节函数之间进行转换的方式实现。就此而言,参考针对图3的阐述,所述阐述也能在该情况下应用。然而另一方面,在控制单元或其他的程序计算机中也能够分别调整相应的参数。无论如何,也考虑例如经由外部的通过电网运营商进行的预设或对电网灵敏度的评估的这种变化,在此仅列举两个示例。

[0054] 就此而言,图5说明调节函数 F_s 的参数变化。所述调节函数 F_s 基本上相应于图4的调节函数 F_{S1} ,其中图5的调节函数 F_s 然而从频率阈值 f_s 至最大频率值 $f_{\max}$ 首先线性地下降到大于0的最小功率值 $P_{\min}$ 。在达到所述最大频率 $f_{\max}$ 时或在超过其之后不久,功率 P 随后下降到0。对于所述示出的示例,作为第一变型可能性 v_1 得出阈值频率 f_s 的变化,其中所述变化、即功率的降低与继续提高的功率 f 相关地开始。作为第二变型可能性 v_2 是变化最大频率值 $f_{\max}$ 的可能性。最后,也能够变化最小功率 $P_{\min}$,这作为变型可能性 v_3 示出。此外,通过所述第三变型可能性 v_3 ,也变化调节函数 F_s 的线性下降的区域的斜率。

[0055] 图3至5说明功率控制装置与电网状态相关地提出的变化,示例为有功功率控制装置与作为电网状态的电网频率相关的变化。但是,以描述的或类似的类型和方式,同样考虑变化有功功率控制装置和/或替代将频率作为电网状态对此附加地使用频率变化或电网电压。

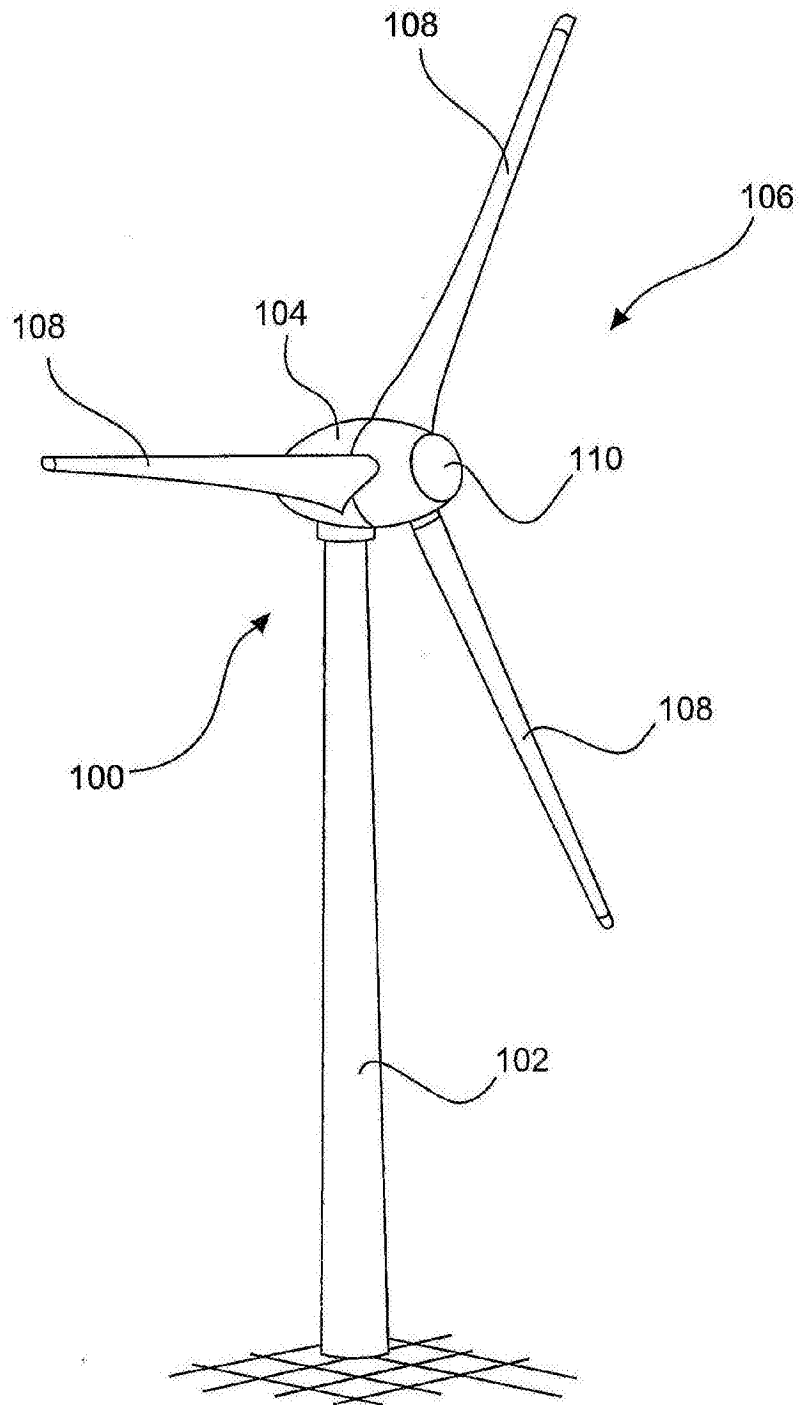


图1

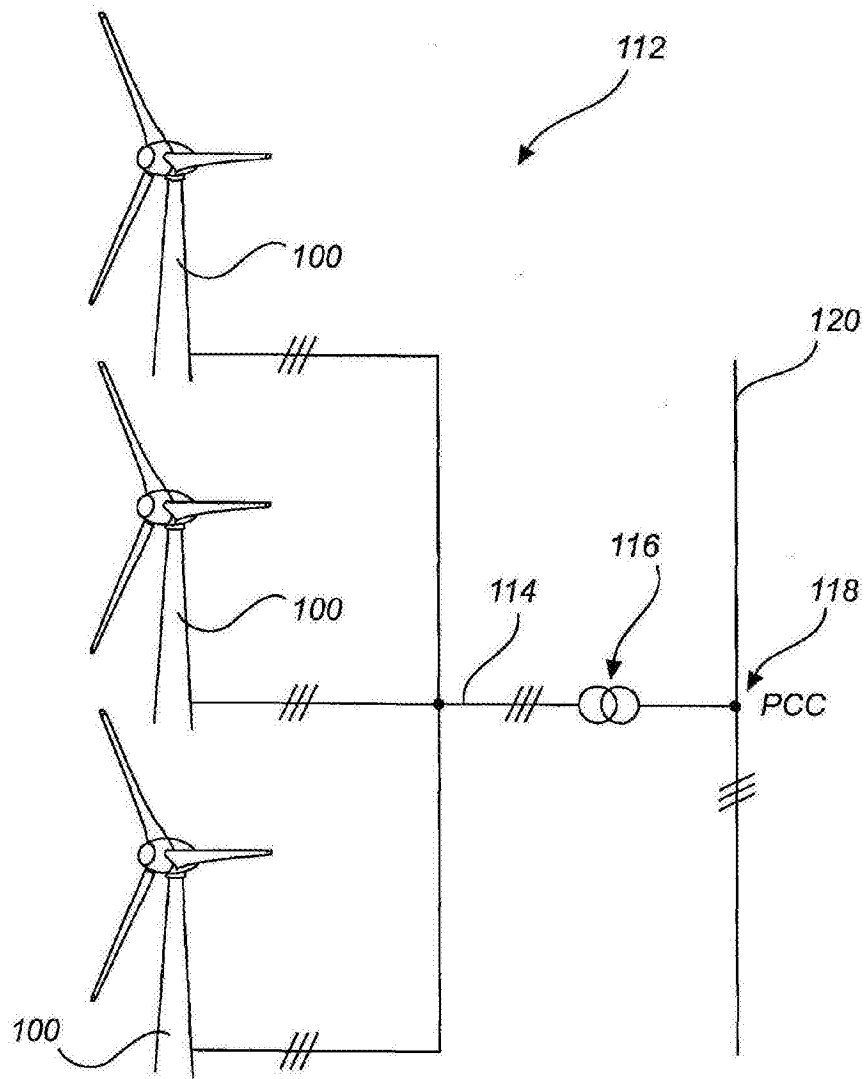


图2

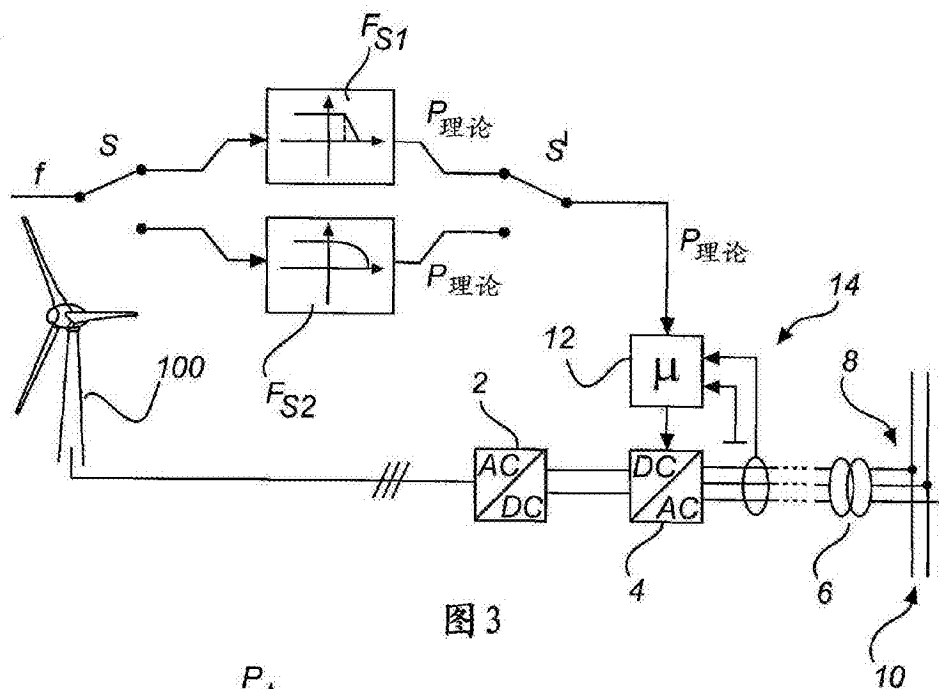


图3

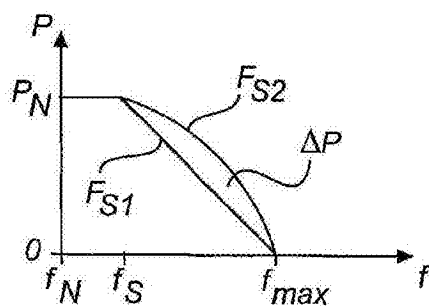


图4

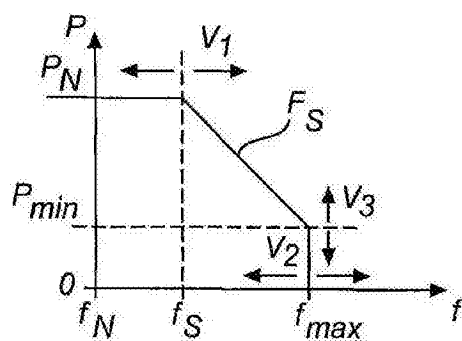


图5