



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103460545 B

(45)授权公告日 2017.02.15

(21)申请号 201180070129.4

(72)发明人 P.埃格达尔 S.库马尔

(22)申请日 2011.12.12

K.S.尼尔森

(65)同一申请的已公布的文献号

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

申请公布号 CN 103460545 A

代理人 马红梅 卢江

(43)申请公布日 2013.12.18

(30)优先权数据

(51)Int.Cl.

13/087505 2011.04.15 US

H02J 3/38(2006.01)

F03D 9/00(2016.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2013.10.15

(56)对比文件

CN 101159423 A,2008.04.09,

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2011/072424 2011.12.12

US 2003/0178856 A1,2003.09.25,

US 2008/0001408 A1,2008.01.03,

(87)PCT国际申请的公布数据

W02012/139667 EN 2012.10.18

审查员 郭丽雅

(73)专利权人 西门子公司

地址 德国慕尼黑

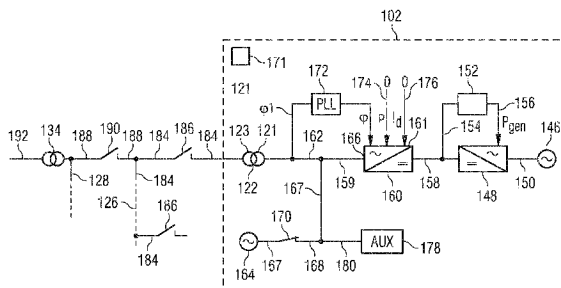
权利要求书2页 说明书11页 附图7页

(54)发明名称

风力涡轮机设备的黑启动

(57)摘要

描述了一种风力涡轮机设备(102),在一个实施例中,其具有用于在所述风力涡轮机设备(102)能够耦合至的电力网络(104)断电的情况下对黑启动进行初始化的柴油发电机(164)。为了执行黑启动,柴油发电机(164)将预定电压提供给风力涡轮机设备(102)的功率输出(166),以模拟处于其运行状态中的电力网络(104)。此外,公开了一种风电场(100),在一个实施例中,所述风电场(100)具有至少两个风力涡轮机设备(102)。在一个实施例中,风电场控制器针对所述至少两个涡轮机(102)提供相位角φ的相同参考值。



1. 一种风力涡轮机设备,包括:

- 所述风力涡轮机设备的功率输出,能够耦合至电力网络;
- 交流电AC功率单元;

- 耦合器,连接在该功率单元的输出与被连接以承载所述风力涡轮机设备的功率输出的线之间,其中,所述耦合器能够切换至处于连接状态或断开状态中,

其中,该功率单元被布置为在电力网络断电的情况下生成经由所述耦合器耦合至所述风力涡轮机设备的功率输出的AC电压,于是所述耦合器被切换至所述连接状态,由该功率单元生成的耦合至所述风力涡轮机设备的功率输出的电压模拟处于其运行状态中的电力网络;

- 电网侧转换器设备,用于接收由所述风力涡轮机设备的风力涡轮机发电机生成的功率,以及响应于此,在电网侧转换器输出处提供转换后的AC功率;以及

- 相位控制器,用于将所述电网侧转换器输出处的转换后的AC功率的相位角与由所述AC功率单元生成的耦合至所述风力涡轮机设备的功率输出的AC电压的相位角进行同步,所述相位控制器被配置为当在电力网络断电的情况下所述风力涡轮机设备被重启时执行所述同步。

2. 根据权利要求1所述的风力涡轮机设备,其中,所述AC功率单元包括柴油发电机。

3. 根据权利要求1所述的风力涡轮机设备,进一步包括:

- 涡轮机变压器;以及

- 所述耦合器被配置为将所述功率单元耦合至所述涡轮机变压器的风力涡轮机侧。

4. 根据权利要求1所述的风力涡轮机设备,其中,所述转换器设备包括控制输入,所述控制输入用于从风电场控制器接收针对所述转换器设备的至少一个设置点,所述至少一个设置点针对的是从由相位角、电压和功率构成的组中选择的输出相关变量。

5. 一种风电场,包括:

- 根据权利要求1所述的风力涡轮机设备;

- 另一风力涡轮机设备,具有能够耦合至电力网络的功率输出;以及

- 另一耦合器,用于将所述风力涡轮机设备的功率输出耦合至所述另一风力涡轮机设备的功率输出,以在电力网络断电的情况下启动所述另一风力涡轮机设备。

6. 根据权利要求5所述的风电场,进一步包括:

- 风电场控制装置,被配置为将输出功率相关变量的相同设置点提供给所述风力涡轮机设备和所述另一风力涡轮机设备这两者,其中,所述另一风力涡轮机设备包括控制输入,所述控制输入用于从风电场控制器接收针对转换器设备的设置点。

7. 根据权利要求5所述的风电场,进一步包括:

- 公共耦合点,所述风力涡轮机设备和所述另一风力涡轮机设备能够耦合至所述公共耦合点;

- 场耦合器,所述场耦合器具有第一状态,在所述第一状态中,所述公共耦合点连接至所述电力网络,所述场耦合器具有第二状态,在所述第二状态中,所述公共耦合点从所述电力网络断开;以及

- 同步单元,能够连接至所述公共耦合点和所述电力网络,以确定由所述风力涡轮机设备提供的功率的频率以及所述电力网络的频率,并响应于此将同步信号提供给风电场控

制器,以将由所述风力涡轮机提供的功率的频率与所述电力网络的频率进行同步;

- 所述风电场控制器被配置为允许在由所述风力涡轮机设备提供的功率的频率与所述电力网络的频率同步的情况下将所述场耦合器设置在所述第一状态中。

8. 一种在风力涡轮机设备能够耦合至的电力网络断电后重启所述风力涡轮机设备的方法,所述方法包括:

- 将可切换耦合器连接在交流电AC功率单元的输出与被连接以承载所述风力涡轮机设备的功率输出的线之间;

- 利用该功率单元生成AC电压;

- 在电力网络断电的情况下经由所述可切换耦合器将所生成的电压耦合至所述风力涡轮机设备的功率输出,于是所述可切换耦合器被操作以将该功率单元连接至所述风力涡轮机设备的功率输出;

- 利用由该功率单元生成的耦合至所述风力涡轮机设备的功率输出的电压模拟处于其运行状态中的电力网络;

- 经由电网侧转换器转换由所述风力涡轮机设备的风力涡轮机发电机生成的功率,以在电网侧转换器输出处提供转换后的AC功率;以及

- 当在电力网络断电的情况下重启所述风力涡轮机设备时,将所述电网侧转换器输出处的转换后的AC功率的相位角与由所述AC功率单元生成的耦合至所述风力涡轮机设备的功率输出的AC电压的相位角进行同步。

9. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述AC功率单元包括柴油发电机。

10. 根据权利要求8所述的方法,所述方法进一步包括:

- 当开始将所生成的电压耦合至所述风力涡轮机设备的功率输出时,将所述风力涡轮机设备要生成的有功功率和无功功率这两者设置为0。

11. 一种在风电场能够耦合至的电力网络断电后黑启动所述风电场的方法,所述风电场具有至少两个根据权利要求1所述的风力涡轮机设备,所述方法包括:

- 在将相应的风力涡轮机设备连接至所述电力网络之前,将输出功率相关变量的相同设置点提供给所述至少两个风力涡轮机设备中的每一个。

12. 根据权利要求11所述的方法,所述方法进一步包括:

- 随后黑启动所述至少两个风力涡轮机设备;

- 在所述至少两个风力涡轮机设备均已经被黑启动之后,将所述至少两个风力涡轮机设备连接至所述电力网络。

风力涡轮机设备的黑启动

技术领域

[0001] 本发明涉及风电场和风力涡轮机设备的领域。

背景技术

[0002] US 2008/02841172 A1涉及一种风力发电厂,并且,提供了一种方法,其启动被连接至外部电网的风力发电厂的至少一部分,而基本上无需针对该启动从外部电网递送任何能量。该风力发电厂具有多个风力涡轮机以及被连接至至少一个风力涡轮机的至少一个电源,以启动该风力涡轮机,而与其余风力涡轮机隔离。然后,所启动的风力涡轮机可以供给功率,以启动另外的风力涡轮机。可以将功率从所启动的风力涡轮机递送至电网。

[0003] 鉴于上述情形,存在对下述改进技术的需要:该技术使得能够在基本上避免或至少减少上述问题中的一个或多个的同时提供风力涡轮机设备或风电场的良好黑启动(black start)特性。

发明内容

[0004] 该需要可以通过根据独立权利要求的主题来满足。本文公开的主题的有利实施例由从属权利要求描述。

[0005] 根据本发明的第一方面,提供了一种风力涡轮机设备,包括:功率输出,能够耦合至电力网络;耦合器;以及功率单元,用于在所述电力网络断电(black-out)的情况下,将预定电压经由所述耦合器提供给所述功率输出,所述预定电压模拟处于其运行状态中的电力网络。

[0006] 该方面基于下述思想:如果风力涡轮机设备与所仿真的电力网络一起运行,则提供风力涡轮机设备的良好可控性。根据本文公开的主题的实施例,改进了风力涡轮机设备的黑启动特性,并且在其他实施例中,改进了包括风力涡轮机设备的风电场的黑启动特性。

[0007] 在实施例中,所述耦合器具有解耦状态,在该状态下所述功率单元被断开,或者在另一实施例中,从所述功率单元解耦。

[0008] 根据实施例,所述电力网络是外部电网。根据另一实施例,所述风力涡轮机设备是具有多个风力涡轮机设备的风电场的成员,所述风电场具有能够耦合至所述电力网络的风电场输出。在这样的实施例中,所述电力网络处于所述风电场外部,并在这种情况下也被称作外部电网。

[0009] 根据实施例,模拟所述电力网络允许操作和控制所述风力涡轮机设备,直到电力网络再次处于其运行状态中为止。因此,在这样的实施例中,允许控制风力涡轮机设备并将从风力生成的电力供给至风力涡轮机设备的辅助设备。

[0010] 根据实施例,所述风力涡轮机设备的控制单元(例如,风电场控制器)被配置为:关断所述风力涡轮机设备,以及在所述电力网络再次处于其运行状态中的情况下,执行所述风力涡轮机设备的正常启动。根据另一实施例,所述风力涡轮机设备的控制单元被配置为:将已经运行(黑启动)的风力涡轮机设备与所述电力网络进行同步,以及此后在所述电力网

络再次处于其运行状态中的情况下将所述风力涡轮机设备连接至所述电力网络。

[0011] 根据另一实施例,所述功率单元包括柴油发电机。柴油发电机很好地适于集成至根据本文公开的主题的实施例的风力涡轮机设备中。特别地,柴油发电机很好地适于仿真处于其运行状态中的电力网络。根据实施例,柴油发电机是包括柴油驱动机器(例如,柴油电动机)和电机的任何设备,该电机由柴油驱动机器驱动,并响应于此生成电力。例如,在实施例中,柴油发电机由驱动交流发电机(同步机器)的柴油驱动机器体现。在另一实施例中,柴油发电机由驱动异步机器的柴油驱动机器体现。

[0012] 根据实施例,所述功率输出是AC功率输出,并且所述功率单元被配置为将AC功率提供给所述功率输出。

[0013] 根据又一实施例,所述风力涡轮机设备进一步包括涡轮机变压器。在另一实施例中,所述耦合器被配置为将所述功率单元电耦合至所述涡轮机变压器的风力涡轮机侧,即,涡轮机变压器的耦合至或能够耦合至风力涡轮机发电机的那侧。

[0014] 在上述实施例中并且在本文中一般地,“电耦合”不必然意味着所耦合的实体的直接连接,也不必然意味着电(通电)连接。而是,在一个实施例中,电耦合的实体可以通电分离。然而,在这样的实施例中,电耦合提供了电耦合的实体之间的电能传送。此外,在其他实施例中,电耦合的实体被电连接,或者在另外的实施例中,电耦合的实体被通电连接。根据另一实施例,电解耦禁止被电解耦的实体之间的电能传送。此外,任何中间元件可以位于电耦合的实体之间。

[0015] 根据另一实施例,所述风力涡轮机设备进一步包括:DC/AC转换器设备,用于接收由风力涡轮机发电机生成的电力,并响应于此在转换器输出处提供转换后的AC功率;以及相位控制器(例如,锁相环),用于将转换后的AC功率的相位角与由所述功率单元提供的预定电压的相位角进行同步。在一个实施例中,所述转换器输出是功率输出。在另一实施例中,所述涡轮机变压器的风力涡轮机侧电耦合或能够电耦合至DC/AC转换器的转换器输出。

[0016] 根据实施例,转换器设备具有控制输入,所述控制输入用于从风电场控制器接收针对转换器设备的至少一个设置点。

[0017] 根据本文公开的主题的第二方面,提供了一种风电场,所述风电场包括:根据第一方面或其实施例的风力涡轮机设备。

[0018] 根据第二方面的实施例,所述风电场包括:另一风力涡轮机设备,其具有能够耦合至电力网络的功率输出;以及另一耦合器,其用于将所述风力涡轮机设备的功率输出耦合至所述另一风力涡轮机设备的功率输出,以在所述电力网络断电的情况下启动所述另一风力涡轮机设备。

[0019] 以下,根据第一方面或其实施例的风力涡轮机设备也被称作第一风力涡轮机设备,并且所述另一风力涡轮机设备被称作第二风力涡轮机设备。

[0020] 因此,可以利用采用先前启动且已经运行的第一风力涡轮机设备提供的功率来启动第二风力涡轮机设备。在实施例中,所述第一风力涡轮机设备将预定电压提供给所述第二风力涡轮机设备的功率输出,其中,所述预定电压模拟处于其运行状态中的电力网络。

[0021] 根据另一实施例,所述风电场进一步包括风电场控制装置,所述风电场控制装置被配置为将至少一个输出功率相关变量的相同设置点提供给所述风力涡轮机设备和所述另一风力涡轮机设备这两者。根据实施例,所述另一风力涡轮机设备包括控制输入,所述控

制输入用于从风电场控制器接收针对所述另一风力涡轮机设备的转换器设备的至少一个设置点。输出功率相关变量是例如相位角、电压、功率等。

[0022] 在实施例中,该控制装置包括风电场控制器和至少一个耦合器,所述至少一个耦合器用于将所述风电场控制器耦合至风力涡轮机设备和所述另一风力涡轮机设备中的每一个。每个耦合器可以在所述风电场控制器与所述风力涡轮机设备和所述另一风力涡轮机设备之一之间提供专用连接。根据其他实施例,耦合器可以在所述风电场控制器的一个输出与所述风力涡轮机设备和所述另一风力涡轮机设备这两者之间提供连接。例如,在实施例中,耦合器包括分支耦合结构,所述分支耦合结构将所述风电场控制器的所述一个输出电连接至至少两个风力涡轮机设备。

[0023] 根据另一实施例,所述风电场进一步包括:公共耦合点,所述风力涡轮机设备和所述另一风力涡轮机设备能够耦合至所述公共耦合点;耦合器,所述耦合器具有第一状态,在所述第一状态中,所述公共耦合点连接至所述电力网络,所述耦合器具有第二状态,在所述第二状态中,所述公共耦合点从所述电力网络断开;以及同步单元,其能够连接至所述公共耦合点和所述电力网络,以确定由所述风力涡轮机设备提供的功率的频率以及所述电力网络的频率,并响应于此将同步信号提供给所述风电场控制器,以将由所述风力涡轮机设备提供的功率的频率与所述电力网络的频率进行同步。根据另一实施例,所述风电场控制器被配置为允许在由所述风力涡轮机提供的功率的频率与所述电力网络的频率同步的情况下将所述耦合器设置在所述第一状态中。

[0024] 注意,根据本文公开的主题的实施例,所述另一风力涡轮机设备是多个另外风力涡轮机设备中的仅一个。即,在一个实施例中,所述多个另外风力涡轮机设备中的每一个根据关于上述的“所述”另一风力涡轮机设备描述的一个或多个实施例来加以配置。

[0025] 根据本文公开的主题的第三方面,提供了一种在风力涡轮机设备能够耦合至的电力网络断电后黑启动风力涡轮机设备的方法,所述方法包括将预定电压提供给所述风力涡轮机设备,所述预定电压模拟处于其运行状态中的电力网络。

[0026] 如本文所使用并且如本领域技术人员所公知的那样,黑启动是电力网络断电后的启动。

[0027] 根据实施例,所述方法包括利用柴油发电机提供所述预定电压。

[0028] 根据另一实施例,所述方法进一步包括:当开始将所述预定电压提供给所述风力涡轮机设备时,将所述风力涡轮机设备要生成的有功功率和无功功率这两者设置为0。

[0029] 根据本文公开的主题的第四方面,提供了一种在风电场能够耦合至的电力网络断电后黑启动风电场的方法,其中,所述风电场具有至少两个风力涡轮机设备,所述方法包括:在将相应的风力涡轮机设备连接至所述电力网络之前,将输出功率相关变量(例如,相位角)的相同设置点提供给所述至少两个风力涡轮机设备中的每一个。

[0030] 在第一方面的实施例中,所述风力涡轮机设备根据第一方面或其实施例来加以配置。

[0031] 根据另一实施例,所述方法进一步包括:随后黑启动所述至少两个风力涡轮机设备;以及在所述至少两个风力涡轮机设备均已经被黑启动之后,将所述至少两个风力涡轮机设备连接至所述电力网络。

[0032] 根据本文公开的主题的第五方面,提供了一种用于控制物理对象(即,风力涡轮机

设备)的计算机程序,所述计算机程序在被数据处理器执行时被适配为控制如第三方面或其实施例中阐述的方法。

[0033] 根据本文公开的主题的第六方面,提供了一种用于控制物理对象(即,风电场)的计算机程序,所述计算机程序在被数据处理器执行时被适配为控制如第四方面或其实施例中阐述的方法。

[0034] 在实施例中,所述数据处理器被包括在风力涡轮机设备的设备控制器中。在另一实施例中,所述数据处理器被包括在风电场控制器中,所述风电场控制器被配置为控制风电场,以及特别地控制所述风电场中包括的多个风力涡轮机设备。

[0035] 如本文所使用的那样,对计算机程序的提及旨在与对包含用于控制计算机系统协调上述方法的性能的指令的程序元件和/或计算机可读介质的提及等同。

[0036] 可以通过使用任何合适的编程语言(诸如例如JAVA、C++)将计算机程序实现为计算机可读指令代码,并可以将计算机程序存储在计算机可读介质(可移除盘、易失性或非易失性存储器、嵌入式存储器/处理器等)上。指令代码可操作以将计算机或任何其他可编程设备编程为实施所意图的功能。计算机程序可以从网络(诸如万维网)获得,从该网络可以下载该计算机程序。

[0037] 可以通过相应地为软件的计算机程序来实现本发明。然而,也可以通过相应地为硬件的一个或多个特定电子电路来实现本发明。此外,也可以以混合形式(即,以软件模块和硬件模块的组合)实现本发明。

[0038] 上文中已描述并且下文中将描述本文参照风力涡轮机设备、风电场、黑启动风力涡轮机设备的方法、黑启动风电场的方法和对应的计算机程序公开的主题的示例性实施例。必须指出的是,与本文公开的主题的不同方面相关的特征的任意组合当然也是可能的。特别地,一些实施例已参照装置类型权利要求加以描述,而其他实施例已参照方法类型权利要求加以描述。然而,本领域技术人员将从上文以及下面的描述中获知,除非另外声明,除属于一个方面的特征的任意组合外,与不同方面或实施例相关的特征之间(例如,甚至装置类型权利要求的特征与方法类型权利要求的特征之间)的任意组合也被认为被本申请公开。

[0039] 本发明的以上限定的方面和实施例以及另外的方面和实施例从以下要描述的示例中显而易见并参照附图加以解释,但是本发明不限于此。

附图说明

[0040] 图1示出了根据本文公开的主题的实施例的风电场。

[0041] 图2示出了根据本文公开的主题的在黑启动过程的第一步骤中的图1的风电场。

[0042] 图3示出了根据本文公开的主题的在黑启动过程的第二步骤中的图1的风电场。

[0043] 图4示出了根据本文公开的主题的在黑启动过程的第三步骤中的图1的风电场。

[0044] 图5示出了根据本文公开的主题的在黑启动过程的第四步骤中的图1的风电场。

[0045] 图6示出了根据本文公开的主题的在黑启动过程的第五最终步骤中的图1的风电场。

[0046] 图7示出了根据本文公开的主题的在黑启动过程的可替换第五步骤中的图1的风电场。

具体实施方式

[0047] 附图中的图示是示意性的。注意,在不同的图中,相似或相同元件被提供以相同的附图标记或仅在第一个数字内与对应附图标记不同的附图标记。省略了针对每个个体图而对这种特征的重复描述。而是,关于特定图给出的特征的描述对所有其他图有效,除非以其他方式声明。此外,在每个图中示出了所描述的风电场的并非所有元件。然而,在图中缺少与另一步骤相关的元件的情况下,所描述的方法不必然意味着缺少该元件。而是,在一些附图中,已经省略了一些元件以便不模糊所描述的特征。

[0048] 所有大型发电厂和大规模风电场需要一些意外布置来在所有或部分功率产生单元关断的不寻常事件时重启。恢复功率系统以再次递送功率的过程被称作黑启动。本文公开的主题的方面和实施例提出了一种启动已丢失电网(例如,由于传输线丢失、故障或者使风电场对电网连接来说不合格的任何其他状况)的风电场的方法。本文公开的主题的实施例提出了一种借助于将必要功率提供给涡轮机的辅助单元的柴油发电机在孤立模式(未连接至外部电网)中启动涡轮机的方式。

[0049] 图1示出了根据本文公开的主题的实施例的风电场100。特别地,图1总体上示出了孤立的风电场。

[0050] 在不具有在风电场中或在风力涡轮机设备中实现的本文公开的主题的方面和实施例的情况下,在从外部电网断开期间,风电场将不能够操作,这是由于所产生的功率不能被运送至外部网络并且外部电网的供给电压将是0伏(0 V)。根据本文公开的主题,以下述这样的方式改进该配置:准备好从总体断开起动径向上的涡轮机(黑启动)。

[0051] 图1中所示的风电场100包括可与电力网络104耦合的多个风力涡轮机设备102。风电场100包括风力涡轮机设备可耦合至的公共耦合点(PCC)106。电力网络可以被视为电源108,电源108可经由电线和断路器110耦合至公共耦合点106。

[0052] 根据实施例,电源108是AC电源。根据另一实施例,电力网络是电网。例如,电源108表示在图1中以112指示的电网电压的源。将电网连接至公共耦合点106的电线的阻抗可以包括若干部件,诸如例如电网阻抗114以及传输线116的阻抗。

[0053] 根据实施例,风力涡轮机设备102形成局部电力网络,诸如孤立的风电场电网118。局部电力网络118包括电线120,通过该电线120,风力涡轮机设备102耦合至变压器122的低电压侧。根据实施例,对于每个风力涡轮机设备102,提供了单独的变压器122。变压器122的高压侧经由电线124连接至汇流条126。根据实施例,风力涡轮机设备102的组(例如,如图1中所示的四个风力涡轮机设备102)并联连接至汇流条126。风力涡轮机设备的组经由电线130耦合至公共汇流条128。在图1中以132指示电线130的阻抗。

[0054] 根据说明性实施例,风力涡轮机设备102提供690伏(V)的电压,而变压器122的高压侧在35千伏(kV)下操作。公共汇流条128经由变压器134耦合至公共耦合点106,变压器134将由各个变压器122提供的高电压变换至电力网络104的电压电平,例如在一个实施例中,变换至外部电网的电压电平。根据实施例,外部电网的电压是275千伏(kV)。在其他实施例中,外部电网的电压是400 kV,仅为了给出另一示例。

[0055] 根据另一实施例,风电场100包括风电场控制装置,该风电场控制装置包括风电场控制器136,风电场控制器136具有用于接收电力网络104的操作参数的至少一个输入,诸

如,指示由局部电力网络118提供给公共耦合点106的功率的功率信号138、指示其频率的频率信号140和指示其电压的电压信号142。响应于输入参数138、140和142,风电场控制器针对局部电力网络118提供至少一个参考值144。根据实施例,参考值144可以是局部电力网络118的每个风力涡轮机的参考功率和/或局部电力网络118的每个风力涡轮机的参考电压。

[0056] 图2示出了根据本文公开的主题的实施例的风力涡轮机设备102。在根据图2的实施例中以及与图1相对比,变压器122被包括在风力涡轮机设备102中。

[0057] 风力涡轮机设备102包括涡轮机发电机146,涡轮机发电机146耦合至风力涡轮机的转子并响应于风力涡轮机的驱动来提供电功率。由涡轮机发电机146生成的电功率经由电线150而被馈送至AC/DC转换器148。DC控制器152测量AC/DC转换器148的输出处的以154指示的DC电压,并响应于此生成涡轮机发电机146要生成的功率的设置值156。AC/DC转换器148的DC输出功率158被馈送至DC/AC转换器160,DC/AC转换器160将AC输出功率162提供给变压器122的与风力涡轮机设备102相关联的涡轮机侧121。转换器160具有用于接收转换器160的操作参数(诸如相位角、要从涡轮机发电机146汲取的功率、输出电压等)的设置点值的输入161。

[0058] 到目前为止,已描述了风力涡轮机设备102的常规操作。

[0059] 在图2中进一步示出的是功率单元164,功率单元164被配置和布置为经由在图2中以168指示的耦合器将预定电压提供给风力涡轮机设备的功率输出166。根据实施例,耦合器168包括开关170和电线167,从而在图2中以170指示的开关被闭合的情况下将预定电压提供给功率输出166。根据其他实施例,提供了其他类型的耦合器。

[0060] 根据实施例,功率输出166是DC/AC转换器160的AC输出。然而,应当理解,这仅是示例性的,并且根据其他实施例,可以在风力涡轮机设备102中的功率路径的任何其他点处提供功率输出。然而,应当理解的是,预定电压的电平被适配至所选择的功率输出,使得预定电压模拟处于其运行状态中的电力网络。根据实施例,风力涡轮机设备的功率输出166例如通过电线159电耦合至设备变压器122的涡轮机侧121。

[0061] 根据实施例,提供了相位控制器172,其中,该相位控制器被配置为将由DC/AC转换器160输出的转换后的功率的相位角 ϕ 与由功率单元164提供的预定电压的相位角 ϕ_1 进行同步。此外,根据实施例,在风力涡轮机设备102的黑启动期间将功率(即,有功功率以及无功功率)设置为0。由于转换器160提供了特定电压(其在一个实施例中等于预定电压),因此0功率意味着电流(即,有功电流和无功电流)被设置为0。在图2中以174指示将功率P设置为0,并且在图2中以176指示将电流设置为0。根据实施例,提供了用于通过提供相应控制信号174和176将有功电流和无功电流设置为0的设备控制器171。根据实施例,设备控制器171是被配置为控制单个风力涡轮机设备102的局部控制器。根据其他实施例,设备控制器171被配置为控制两个或更多个风力涡轮机设备。根据另外其他实施例,功率和电流由风电场控制器(未在图2中示出)来控制。在实施例中,设备控制器171包括用于实施计算机程序的数据处理器,该计算机程序提供如本文公开的设备控制器的所意图的功能。

[0062] 根据实施例,至少部分地使用由功率单元164提供的电功率来对辅助系统178的内部电源充电。为此,功率单元164经由合适的耦合器(诸如,电线180)连接至辅助系统178。辅助系统178包含例如泵、电动机和内部电源(未在图2中示出)。在其他实施例中,辅助系统178包含其他元件或附加元件。

[0063] 根据实施例,风电场包括用于将风力涡轮机设备102的输出(例如,变压器122的高压侧123)耦合至另一风力涡轮机设备的衬垫耦合器(pad coupler)。这种衬垫耦合器可以包括在图2中以184指示的电线以及用于分别耦合或解耦两个或更多个风力涡轮机设备102的一个或多个开关,这些开关在图2中以186指示。

[0064] 此外,风电场可以包括用于选择性地将风力涡轮机设备102的输出(例如,变压器122的高压侧123)耦合至变电站场变压器134的耦合器。这种耦合器可以包括在图2中以188指示的电线和在图2中以190指示的一个或多个开关。

[0065] 根据实施例,衬垫耦合器184、186包括汇流条126。根据另一实施例,用于选择性地将风力涡轮机设备102的输出耦合至变电站场变压器134的耦合器188、190包括公共汇流条128(也参见图1)。

[0066] 根据实施例,经由电线192,变电站场变压器134的输出耦合或能够耦合至例如如在图1中以106指示的公共耦合点。

[0067] 根据本文公开的主题的示例性实施例,图2中所示的第一黑启动步骤的思想是将局部柴油发电机连接在涡轮机变压器的低压侧上。柴油发电机的目的是提供必要的功率,其控制包含泵、电动机、和内部电源的辅助装置。此外,柴油发电机通过设立低压侧上的电压(690 V)来模拟外部电网。所生成的有功功率量被设置为0(0兆瓦(MW)),并且无功功率(d轴电流 I_d)同样被设置为0(0兆伏安(MVA))。根据实施例,施加向量定向控制。转换器中的锁相环根据电压角来计算角度 ϕ ,并确保该角度与柴油发电机的相位角同步。

[0068] 图3涉及根据本文公开的主题的实施例的黑启动过程的后续步骤。已经关于图2描述的相应元件被提供以相同的附图标记,并且这里不重复其描述。此外,图2中描绘且图3中不再示出的元件并不必然是缺少的,而是不必然用于解释黑启动过程的图3中所示的另外步骤。

[0069] 在图3中所示的另外步骤中,耦合器168、170处于第二状态中,其中,功率单元164从功率输出166解耦。在该阶段中,功率输出166既不耦合至另一风力涡轮机设备,也不耦合至电力网络,如打开的开关186和190所指示的那样。根据实施例,(例如,风力涡轮机设备102的设备控制器的)内部功率消耗的功率由辅助系统178来提供。在图3中所示的实施例中,辅助系统178通过电线165电耦合至功率输出166,以在柴油发电机被断开时使用转换器输出电压来给辅助系统178供电。此外,由于风力涡轮机设备102的功率输出166从功率单元164解耦,因此功率单元164的相位 ϕ_1 不再用于将相位角的设置点提供给转换器160。而是,根据本文公开的主题的实施例,相位角 ϕ 的设置点由风电场控制装置设置,根据实施例,该风电场控制装置包括风电场控制器194和至少一个电线196。在实施例中,风电场控制器194包括用于实施计算机程序的数据处理器,该计算机程序提供如本文公开的风电场控制器194的所意图的功能。在实施例中,如关于图1描述的风电场控制器136的功能(即,用于控制风电场的常规操作)和如关于图3描述的风电场控制器194的功能(即,用于控制黑启动)由单个实体来提供。在其他实施例中,风电场控制器136、194是单独的实体,在实施例中,其被耦合以用于将这两个控制器的操作进行同步。

[0070] 根据另一实施例,转换器具有用于接收电压设置点的另一输入,该电压设置点用于设置DC/AC转换器160要在转换器输出166处生成的电压。在一个实施例中,用于接收转换器160的输出电压的设置点 V_q 的输入经由至少一个电线198与风电场控制器194耦合。根据

另一实施例,仍从设备控制器171接收电流设置点 I_d 。

[0071] 根据实施例,风电场控制器194具有用于接收电力网络104的电参数(例如,公共耦合点106处的电参数)的输入。为了从电力网络104接收相应实际参数值,提供了用于将风电场控制器194电耦合至电力网络104的相应耦合器200。

[0072] 根据本文公开的主题的示例性实施例,在图3中所示的步骤中,利用来自风电场控制器194的参考 ϕ (高性能场导频HPPP(High Performance Park Pilot))来替换相位角的转换器参考 ϕ_1 。应当基于来自第一涡轮机的参考来对该参考进行初始化,以确保无扰动(bump less)传输。可以经由网络从第一涡轮机测量或收集针对初始化的参考。现在,利用从HPPP给出的参考,控制电网侧转换器作为电压源。在示例性实施例中,电压输出是690V(VN)。在已经在转换器处接收到来自风电场控制器194的电压设置点 V_{HPPP} 之后随即断开柴油发电机。HPPP规定了被发送至转换器160的电压设置点(或参考),即,0至100%之间的值,其中,100%是额定电压。在实施例中,从本地电池或某其他UPS单元对风电场控制器194供电。

[0073] 图4示出了根据本文公开的主题的实施例的黑启动过程的另一后续步骤。

[0074] 如图4中所示,风电场100包括两个或更多个风力涡轮机设备,其中的两个102、402在图4中示出。

[0075] 在图4中所示的步骤中,风电场控制装置194、196、198被配置为将输出功率相关变量(例如,相位角 ϕ 或电压设置点 V_q)的相同集合提供给这两个风力涡轮机设备102。根据图4中所示的实施例,风电场控制器194具有每个输出功率相关变量的单个输出,该单个输出连接至风力涡轮机设备的每个控制输入161,其中,控制输入161被配置为从风电场控制器194接收相应输出功率相关变量的设置点。仍从设备控制器(未在图4中示出)接收电流设置点 I_d 。在实施例中,风力涡轮机设备的控制输入161是转换器160的控制输入。

[0076] 在图4中所示的黑启动步骤中,第一涡轮机102被初始化并产生电功率。一旦第一风力涡轮机设备102被初始化,诸如风力涡轮机设备402之类的附加风力涡轮机设备就可以被设置为运行。为此,将耦合器184、186、188设置到其耦合阶段中,从而经由汇流条126将变压器122的高压侧123电耦合在一起。这意味着:由第一风力涡轮机设备102生成的电功率被提供给第二风力涡轮机设备402的功率输出,以对第二风力涡轮机设备402模拟处于其运行状态中的电力网络104。

[0077] 根据实施例,耦合器184、186、188被配置为耦合各个风力涡轮机设备102、402的对应功率输出(例如,变压器122的高压侧),如上所指定的那样。取代经由如图2中所示的锁环172使用针对相位角 ϕ 的内部参考,在图4中所示的黑启动步骤中,所有风力涡轮机设备将使用相同的风电场控制参考相位角,从而确保稳定电压。换言之,所有风力涡轮机设备同步地操作,并模拟单个电压发生器。当前负载由正在连接的涡轮机的消耗来确定。根据相应实施例,如关于第一风力涡轮机设备102和第二风力涡轮机设备402所指定的那样,风电场的风力涡轮机设备逐个地、成小组地或逐馈电器地(经由开关190)连接。在黑启动过程的该阶段处,风力设备将能够跟踪风向改变,操作临界加热器、冷却器和除湿器。此外,运行的风力涡轮机设备将风速和偏航方向数据提供给中央服务器。已经运行的风力涡轮机设备在风电场中(例如,在离岸变压器站中)提供临界功率和再充电站电池系统。该状态(其中功率被提供给风力涡轮机设备和风电场的关键单元(诸如控制单元等)以及其中电池系统被再充

电)可能是最终状态,并且根据实施例,该状态可以被维持,直到电力网络被恢复为止。这允许在电力网络的延续的断电期间保护风力涡轮机并维持对风电场的某种水平的控制。

[0078] 从该状态起,另外的选项是可用的。根据实施例,在电网可用时停止风电场及其风力涡轮机设备,并且执行正常上电。

[0079] 根据另一实施例,在风电场的成功黑启动之后,可以将风电场与电力网络进行同步。

[0080] 通过在公共场控制器电压参考上操作涡轮机直到其与电力网络同步,不存在对频率控制功能的需要。从“不灵活的(stiff)”电压源拉出(pull)在黑启动期间连接至系统的各个涡轮机设备的消耗,使得功率调节处于控制之下。不灵活的电压源是在下述意义上坚强的源:从不灵活的源输出的电压是恒定的,不论从其拉出多少电流、功率和无功功率(在特定界限内)。即,在实施例中,不灵活的电压源的输出电压是恒定的。

[0081] 因此,根据本文公开的主题的示例性实施例,一旦涡轮机1被初始化,附加的涡轮机就可以被设置为运行。取代经由PLL使用内部参考 ϕ ,所有涡轮机将使用场控制器参考 ϕ 、 V_q ,从而确保稳定电压。这意味着:所有涡轮机同步地操作,并模拟单个电压发生器。当前负载由正在连接的涡轮机的消耗来确定。涡轮机被逐个地、成小组地或逐馈电器地连接。在该阶段,风力发电厂将能够跟踪风向改变,操作临界加热器、冷却器和除湿器,将风速和偏航方向数据提供给中央服务器,在例如离岸变压器站上提供临界功率和再充电站电池系统。该状态可以被选择为最终状态,直到电网被恢复为止,以便在延续的停电期间保护风力涡轮机并维持对发电厂的某种水平的控制。在电网可用时停止发电厂并且执行正常上电是一种选项。在实施例中,通过在公共场控制器电压参考VHPPP上操作涡轮机直到其与电网同步,不存在对频率控制功能的需要。从“不灵活的”电压源拉出在黑启动期间连接至系统的各个涡轮机的消耗,使得功率调节处于控制之下。

[0082] 图5示出了在风电场100已经被黑启动之后的另一步骤。为了将风电场与电力网络进行同步,将风电场控制器194与在电力网络中在公共耦合点106处针对相位 ϕ 和电压 V_q 这两者测量出的值进行同步。当电力网络和风电场的相位同步并且电力网络和风电场的电压相同时,则可以闭合变电站断路器110,以将风电场连接至电力网络。这将是被连接至电力网络的非常不灵活的电压发生器,并可能在风力涡轮机设备未被立即切换至电流控制的情况下导致非常大的电流。因此,根据实施例,在将风电场电连接至电力网络之后,将对风力涡轮机设备102的操作进行控制的设备控制器(未在图5中示出)设置到电流控制模式,以控制由风力涡轮机设备提供的电流。

[0083] 在图5中示出的是根据本文公开的主题的实施例的风电场100。在图5中,示出了三个风力涡轮机设备102、402和502。其中,风力涡轮机设备402和502是以相同方式配置的,而第一风力涡轮机设备102包括如关于图2和3描述的柴油发电机。根据图5中所示的实施例,风电场100包括同步单元191,同步单元191被配置为接收与输出功率相关变量(诸如相位和电压)相关的输入值。根据实施例,该同步单元包括用于接收风电场的输出功率相关变量的值的输入和用于从电力网络接收对应值的另一输入。响应于输入值,同步单元191将同步信号提供给风电场控制器194,风电场控制器194响应于此将输出功率相关变量的相应设置点提供给各个风力涡轮机设备102、402、502。根据实施例,同步单元191的相应输入193和195例如通过电线201电耦合至断路器110的相应侧。根据实施例,断路器110由风电场控制器

194控制,如在图5中以197指示的那样。在图5中以199指示由同步单元191提供的同步信号。

[0084] 根据本文公开的主题的示例性实施例,风电场控制器参考现在应当与在公共耦合点PCC处的测量值进行同步。这应当针对相位 ϕ 和针对电压这两者匹配。当相位同步并且电压相同时,则可以闭合变电站断路器110并且将风力发电厂100连接至电网。这将是被连接至电网的非常不灵活的电压发生器,并可能在涡轮机未被立即切换至电流控制的情况下导致非常大的电流,如根据实施例确实进行的那样。

[0085] 图6示出了在黑启动之后处于最后阶段(即,常规操作)的风电场100。在该阶段中,将相位角 ϕ 的控制从风电场控制器移至由锁相环172记录的本地参考,锁相环172将针对相位角 ϕ 的控制信号173提供给DC/AC转换器160。风电场控制器194将电压 V_{ref} 和功率 P_{ref} 的参考值179、169供给至各个风力涡轮机设备102和402。

[0086] 特别地,根据实施例,功率169的参考值被提供给DC/AC转换器160的控制输入161,并且电压的参考值被提供给电压控制器175的控制输入。电压控制器175还接收DC/AC转换器160的输出处的测量电压,该测量电压在图6中以177指示。电压控制器175接收电压179的参考值和测量电压177,并作为响应将电流设置点181提供给DC/AC转换器160。

[0087] 根据本文公开的主题的示例性实施例,执行相位角 ϕ 的参考值从场控制器参考至由PLL记录的本地参考的转变。场控制器如在常规操作期间那样供给电压和功率参考。

[0088] 因此,简要地概括,根据本文公开的主题的实施例的黑启动过程的示例性步骤包括:(i)通过锁相环172,取得功率单元164的相位角,作为用于对黑启动进行初始化的DC/AC转换器160的相位角的参考值;(ii)通过风电场控制器194,将相位角的公共参考供给至风电场的所有风力涡轮机设备;(iii)如果外部电力网络再次运行,则将相位角的参考与外部电力网络进行同步;(iv)将风电场连接至电力网络;以及(v)通过锁相环172,从所连接的电力网络取得相位角的参考值。注意,本文公开的主题的一些实施例包括步骤(i)至(v)中的仅一些。例如,一个实施例包括仅步骤(i)和(ii)。

[0089] 图7示出了如何将风电场与电力网络进行同步的另一实施例。根据图7中所示的实施例,利用高压DC网络(HVDC网络)将风电场耦合至电力网络104。如果风电场位于距大陆或主要分布较远处,则可以采用高压DC网络。在这种情况下,可能相关的是,通过DC链路来传输功率以降低损耗。一旦功率到达大陆,其就将被转换回到AC。高压DC网络包括AC/DC转换器203,AC/DC转换器203将从变电站场变压器134的高压侧接收到的风电场的AC输出功率转换为高压DC功率205。高压DC网络进一步包括DC/AC转换器207,DC/AC转换器207用于将高压DC功率205转换为与电力网络104中的电压兼容的AC输出功率。在这样的实施例中,同步单元191是高压DC控制器,其接收指示由风电场提供的AC功率的信号181作为第一输入,并接收指示电力网络中的DC高压的信号182作为第二输入,在图7中以104指示。根据实施例,指示电力网络104中的DC高压的信号182由AC/DC转换器203提供,AC/DC转换器203将风电场的AC输出(即,变电站场变压器134的输出)转换为DC电压。响应于输入信号181和182,同步单元191将同步信号199提供给风电场控制器194。响应于此,风电场控制器194将相位角 ϕ 和电压 V_q 的相应设置值提供给各个风力涡轮机设备102、402和405,如已经关于图5描述的那样。

[0090] 因此,根据本文公开的主题的示例性实施例,作为直接链接至公用电网的风电场的可替换方案,还可以经由HVDC链路来连接风电场。在该配置中,HVDC系统将必须以与在不

可能同步的情况下将两个已经操作的电网桥接类似的方式来处理与电网的最终连接。然而,在这种情况下仍然也需要同步信号,这是由于必须确保在风力发电场可以被连接之前外部电网就绪。

[0091] 应当注意的是,术语“包括”不排除其他元件或步骤,并且“一”或“一个”不排除多个。此外,可以将与不同实施例相关联地描述的元件进行组合。还应当注意的是,权利要求中的附图标记不应被理解为限制权利要求的范围。

[0092] 为了概括本发明的上述实施例,可以声明:

[0093] 公开了一种风力涡轮机设备,在一个实施例中,其具有用于在所述风力涡轮机设备能够耦合至的电力网络断电的情况下对黑启动进行初始化的柴油发电机。为了执行黑启动,柴油发电机将预定电压提供给风力涡轮机设备的功率输出,以模拟处于其运行状态中的电力网络。

[0094] 此外,公开了一种风电场,在一个实施例中,所述风电场具有至少两个风力涡轮机设备。在一个实施例中,风电场控制器针对所述至少两个涡轮机提供相位角 ϕ 的相同参考值。根据另一实施例,所述风电场控制器提供电压设置点。

[0095] 根据另一实施例,提供了一种同步单元,其在风电场连接至外部电网之前将风电场的电压量值和相位与外部电网进行同步。一旦完成该步骤,涡轮机就将就绪以将功率供给至电网。

[0096] 黑启动(即,在电力网络断电后的启动)以及特别地,如本文描述的风电场的黑启动比普通发电厂的黑启动快得多,并且因此,本文公开的主题的实施例将辅助把使用中的电网设置得快得多。

[0097] 根据本文公开的实施例,可以以使处理器能够提供如本文公开的相应部件的功能的相应计算机程序产品的形式提供风电场的任何合适部件,例如风电场控制器194、DC控制器152、设备控制器171。根据其他实施例,可以以硬件方式提供风电场的任何这种部件。根据其他(混合)实施例,可以以软件方式提供一些部件,而以硬件方式提供其他部件。此外,应当注意的是,可以针对本文公开的功能中的每一个提供单独的部件(例如,模块)。根据其他实施例,至少一个部件(例如,模块)被配置为提供如本文公开的两个或更多个功能。

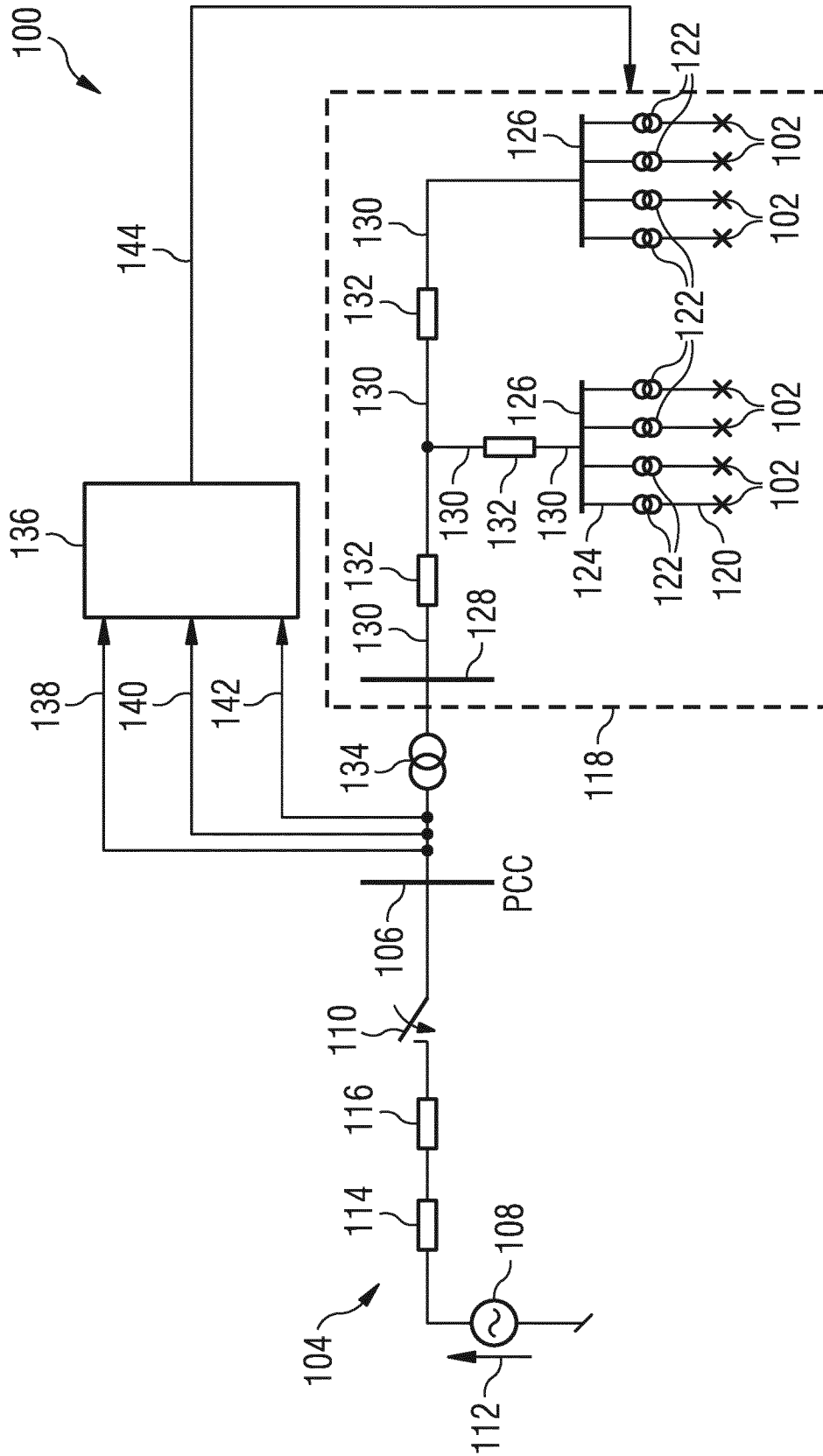


图 1

