



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105830303 B

(45)授权公告日 2019.02.26

(21)申请号 201480064910.4

(22)申请日 2014.11.03

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 105830303 A

(43)申请公布日 2016.08.03

(30)优先权数据  
PA201370729 2013.11.28 DK

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2016.05.27

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/DK2014/050358 2014.11.03

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02015/078471 EN 2015.06.04

(73)专利权人 维斯塔斯风力系统集团公司  
地址 丹麦奥胡斯

(72)发明人 J·M·加西亚 A·罗科费罗斯  
K·纳伊比

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司  
72002  
代理人 王英 刘炳胜

(51)Int.Cl.  
H02J 3/38(2006.01)  
F03D 7/04(2006.01)

(56)对比文件  
CN 101640419 A,2010.02.03,全文。  
CN 101919132 A,2010.12.15,全文。  
WO 2013/044923 A1,2013.04.04,全文。

审查员 蔡健

权利要求书2页 说明书9页 附图5页

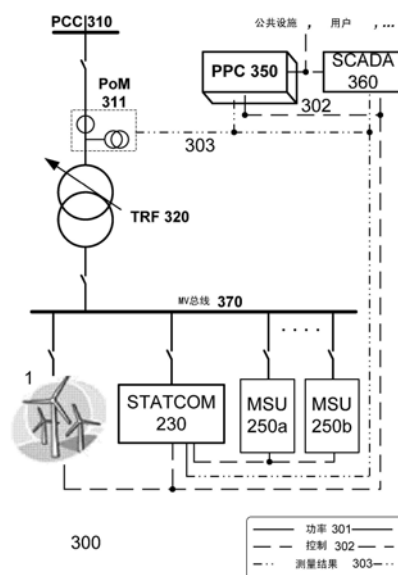
(54)发明名称

风力发电站的无功功率回路的重新配置

(57)摘要

本发明涉及一种用于控制被连接到电网的风力发电站的方法,所述风力发电站包括发电站控制器(350)、多个风力涡轮发电机(1)和STATCOM(230),所述STATCOM具有STATCOM控制器,所述方法包括:在第一控制模式中控制所述多个风力涡轮发电机,其中,所述发电站控制器根据闭合回路控制方案来控制所述多个风力涡轮发电机中的每个风力涡轮发电机的无功功率产生,在所述第一控制模式中以闭合回路控制方案根据从所述发电站控制器分派的第一设定值来控制来自所述STATCOM的无功功率产生,在来自所述STATCOM控制器的第二控制模式中根据所述电网的电气测量结果来控制来自所述STATCOM的所述无功功率产生,在所述第二控制模式中控制所述多个风力涡轮发电机,其中,所述发电站控制器根据前馈控制或闭合回路控制基于从所述STATCOM控制器分派的第二设定值来控制来自所述多个风力涡轮发电机的无功功率产生,当接

收至少一个触发信号时,在所述第一控制模式与所述第二控制模式之间进行切换。本发明还涉及一种根据所述方法的风力发电站。



CN 105830303 B

1. 一种用于控制被连接到电网的风力发电站的方法,所述风力发电站包括发电站控制器、多个风力涡轮发电机和STATCOM,所述STATCOM具有STATCOM控制器,所述方法包括:

在第一控制模式中控制所述多个风力涡轮发电机,其中,所述发电站控制器根据闭合回路控制方案来控制所述多个风力涡轮发电机中的每个风力涡轮发电机的无功功率产生,

根据从所述发电站控制器分派的第一设定值,在所述第一控制模式中以闭合回路控制方案来控制所述STATCOM的无功功率产生,

在来自所述STATCOM控制器的第二控制模式中根据所述电网中的电气测量结果来控制所述STATCOM的所述无功功率产生,

在所述第二控制模式中控制所述多个风力涡轮发电机,其中,基于从所述STATCOM控制器分派的第二设定值,所述发电站控制器根据前馈控制或闭合回路控制来控制所述多个风力涡轮发电机的无功功率产生,

当接收至少一个触发信号时,在所述第一控制模式与所述第二控制模式之间进行切换。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述第一设定值和所述第二设定值中的每个设定值是无功功率设定值、电压设定值或功率因数设定值。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述发电站控制器从所述第一控制模式切换为所述第二控制模式。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述发电站控制器从所述第二控制模式切换为所述第一控制模式。

5. 根据权利要求4所述的方法,其中,所述至少一个触发信号由于在所述电网中的低电压事件而被触发。

6. 根据权利要求1至5中的任一项所述的方法,其中,所述方法还包括:  
通过所述发电站控制器向所述多个风力涡轮发电机分派前馈设定值。

7. 根据权利要求1至5中的任一项所述的方法,其中,所述方法还包括:  
通过所述发电站控制器的测量点来测量电气参数,并且  
基于所述电气参数来计算所述至少一个触发信号。

8. 根据权利要求1所述的方法,还包括:  
通过所述STATCOM的测量点来测量电气变量,并且  
基于所述电气参数来计算所述至少一个触发信号。

9. 一种被布置为在风力发电站中根据权利要求1至8中的任一项所述的方法进行操作的STATCOM。

10. 一种能连接到电网的风力发电站,所述风力发电站包括多个风力涡轮发电机、发电站控制器和STATCOM,所述STATCOM具有STATCOM控制器,其中,

所述发电站控制器被布置为在第一控制模式中控制所述多个风力涡轮发电机,其中,所述发电站控制器根据闭合回路控制方案来控制所述多个风力涡轮发电机中的每个风力涡轮发电机的无功功率产生;

所述STATCOM控制器被布置为根据从所述发电站控制器分派的第一设定值,在所述第一控制模式中以闭合回路控制方案来控制所述STATCOM的无功功率产生;

所述STATCOM控制器被布置为在第二控制模式中根据在所述电网中的电气测量结果来

控制所述STATCOM的所述无功功率产生;并且

所述发电站控制器被布置为在所述第二控制模式中控制所述多个风力涡轮发电机,其中,基于从所述STATCOM控制器分派的第二设定值,所述发电站控制器根据前馈控制或闭环回路控制来控制所述多个风力涡轮发电机的无功功率产生,其中,

所述风力发电站还包括触发器,所述触发器被布置为当接收至少一个触发信号时在所述第一控制模式与所述第二控制模式之间进行切换。

## 风力发电站的无功功率回路的重新配置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于控制被连接到电网的风力发电站的方法,所述风力发电站包括发电站控制器、多个风力涡轮发电机和具有STATCOM控制器的STATCOM。此外,本发明涉及一种STATCOM,并且涉及一种上述种类的风力发电站。

### 背景技术

[0002] 风力发电站通常具有用于将风能转换为电力的多个风力涡轮机。另外,风力发电站可以包括发电站控制器(PPC)和/或某种无功功率补偿装置,诸如静态同步补偿器(STATCOM)或开关/切换的电容器或者其他。

[0003] 为了向电力终端用户供应电力,风力发电站被连接到电网。然而,在风力发电站能够被连接到电网之前,风力发电站必须满足由准则归定的风力发电站的电气性能的要求。一个要求是风力发电站的初始响应时间。一般而言,风力发电站具有风力发电站控制器,所述风力发电站控制器监测电网电压并且将所述电网电压与外部设定值(setpoint)进行比较。实际电网电压与外部设定值之间的差(例如,误差信号)被用于计算用于风力发电站的无功功率产生的命令。该命令被从风力发电站控制器发送到个体风力涡轮机,所述个体风力涡轮机继而将在接收所述命令后作出响应(例如,产生更多或更少的功率,以便调节电网电压)。所述误差信号可以由实际电网电压的改变或外部设定值的改变引起。

[0004] 本发明的目的是对改善风力发电站的电压控制。

### 发明内容

[0005] 提供该简要说明是要以简化的形式来介绍对各原理的选择,其在下文中的详细说明中进一步详细描述。该简要说明并非意在识别所主张的主题的关键特征或实质特征,也不意在被用作确定所主张的主题的范围中的辅助。

[0006] 因此,以上描述的目标或若干其他目标旨是在通过提供一种用于控制被连接到电网的风力发电站的方法在本发明的第一方面中获得的,所述风力发电站包括发电站控制器、多个风力涡轮发电机和STATCOM,所述STATCOM具有STATCOM控制器,所述方法包括:

[0007] -在第一控制模式中控制所述多个风力涡轮发电机,其中,所述发电站控制器根据闭合回路控制方案来控制所述多个风力涡轮发电机中的每个风力涡轮发电机的无功功率产生,

[0008] -在所述第一控制模式中以闭合回路控制方案根据从所述发电站控制器分派的第一设定值来控制所述STATCOM的无功功率产生,

[0009] -在来自所述STATCOM控制器的第二控制模式中根据所述电网的电气测量结果来控制所述STATCOM的所述无功功率产生,

[0010] -在所述第二控制模式中控制所述多个风力涡轮发电机,其中,所述发电站控制器根据前馈控制或闭合回路控制基于从所述STATCOM控制器分派的第二设定值来控制所述多个风力涡轮发电机的无功功率产生,

[0011] -当接收至少一个触发信号时,在所述第一控制模式与所述第二控制模式之间进行切换。

[0012] 本发明是特别但非排他地有利的,因为对于风力发电站中的无功功率、电压或功率因数的控制,所述方法使得能够从一种控制模式切换为另一种控制模式。三个量度控制相同项,即风力发电站的电压水平。在具有对快速无功功率控制的需要的风力发电系统中,将STATCOM控制从从控制改变为主控制能够是有利的,因为STATCOM通常具有更快的无功功率控制回路,并且因此,风力发电站能够更快地起作用。第一方面的另一优点在于,尽管控制的主责任被传到STATCOM,但是每当电网处于更稳定状态运行时,它能够被切换回到发电站控制器。

[0013] 根据本发明的一个实施例,所述第一设定值和所述第二设定值中的每个设定值是无功功率设定值、电压设定值或功率因数设定值。

[0014] 根据本发明的一个实施例,所述发电站控制器从所述第一控制模式切换为所述第二控制模式。该实施例的优点在于,当从STATCOM的从控制改变为主控制时,当快速电压控制被需要时,风力发电站能够减少其响应时间。

[0015] 根据本发明的一个实施例,所述发电站控制器从所述第二控制模式切换为所述第一控制模式。该实施例的优点在于,即使通常期望快速控制,但是它也具有使发电站控制器在主控制模式下运行的优点,因此在瞬态事件之后,控制模式的改变能够发生。

[0016] 根据本发明的一个实施例,所述至少一个触发信号由于所述电网中的低电压事件而被触发。该实施例的优点在于,风力发电站通常需要最多的无功功率和最快的响应的情况是在低电压事件期间,并且因此对此进行检测是重要的。

[0017] 根据本发明的一个实施例,所述方法还包括:

[0018] -使所述发电站控制器的所述第一控制模式和所述第二控制模式与所述STATCOM控制器的所述第一控制模式和所述第二控制模式同步,并且

[0019] -如果所述发电站控制器的所述第一控制模式和所述第二控制模式与所述STATCOM控制器的所述第一控制模式和所述第二控制模式不同步,则将警报传送给所述STATCOM控制器和所述发电站控制器。

[0020] 该实施例的优点在于,避免发电站控制器和STATCOM控制器两者都作为主控制器运行的情况,因为它们可能最终变得相对彼此进行振荡,等等。另一方面,两个控制器都处于从模式也不是优选的,因为它们都将会等待控制设定值。

[0021] 根据本发明的一个实施例,所述方法还包括:通过所述发电站控制器向所述多个风力涡轮发电机分派所述前馈设定值。该实施例的优点在于,即使当STATCOM控制器作为主控制器运行时,所述发电站控制器也可以具有用于将参考设定值分派给风力涡轮发电机的更快的分派路线。

[0022] 根据本发明的一个实施例,所述方法还包括:通过所述发电站控制器的测量点来测量电气参数;并且基于所述电气参数来计算所述至少一个触发信号。该实施例的优点在于,所述发电站控制器能够监测电网并且检测对控制模式的改变的需要。

[0023] 根据本发明的一个实施例,所述方法还包括:通过所述STATCOM的测量点来测量电气变量,并且基于所述电气变量来计算所述至少一个触发信号。该实施例的优点在于,STATCOM能够监测电网并且检测对控制模式的改变的需要。

[0024] 在第二方面中,本发明涉及一种可连接到电网的风力发电站,所述风力发电站包括多个风力涡轮发电机、发电站控制器和STATCOM,所述STATCOM具有STATCOM控制器,其中,

[0025] 所述发电站控制器被布置为在第一控制模式中控制所述多个风力涡轮发电机,其中,所述发电站控制器根据闭合回路控制方案来控制所述多个风力涡轮发电机中的每个风力涡轮发电机的无功功率产生;

[0026] 所述STATCOM控制器被布置为,在所述第一控制模式中以闭合回路控制方案根据从所述发电站控制器分派的第一设定值来控制所述STATCOM的无功功率产生;

[0027] 所述STATCOM控制器被布置为,在第二控制模式中根据所述电网的电气测量结果来控制所述STATCOM的所述无功功率产生;并且

[0028] 所述发电站控制器被布置为在所述第二控制模式中控制所述多个风力涡轮发电机,其中,所述发电站控制器根据前馈控制或闭合回路控制基于从所述STATCOM控制器分派的第二设定值来控制所述多个风力涡轮发电机的无功功率产生,其中,

[0029] 所述风力发电站还包括触发器,所述触发器被布置为当接收至少一个触发信号时在所述第一控制模式与所述第二控制模式之间进行切换。

[0030] 在第四方面中,本发明涉及至少一个计算机程序产品,所述计算机程序产品能直接加载到至少一个数字计算机的内部存储器中,包括软件代码部分,所述软件代码部分用于在所述至少一个产品在所述至少一个计算机上运行时执行根据权利要求1至9中的任一项所述的方法的步骤。

[0031] 本发明的第一、第二、第三和第四方面均可以与其他方面中的任一方面进行组合。参考下文中所描述的实施例,本发明的这些方面和其他方面将变得明显并得到阐明。

[0032] 当通过参考结合附图考虑的以下详细描述更好地理解伴随特征时,将会更容易地领会许多伴随特征。优选特征可以被适当地组合,这对于本领域技术人员来说将会是显而易见的,并且可以与本发明的方面中的任一个进行组合。

## 附图说明

[0033] 图1示出了风力涡轮机的大致结构,

[0034] 图2示出了根据本发明的风力发电站,

[0035] 图3示出了风力发电站的总体布局,

[0036] 图4示出了风力发电站中的具有STATCOM的电压控制器,并且

[0037] 图5示出了根据本发明的方法的流程图。

## 具体实施方式

[0038] 现在将更详细地解释本发明。虽然本发明容易受到各种修改和替代形式的影响,但已经通过范例的方式公开了具体实施例。然而,应当理解的是,本发明并不旨在局限于所公开的特定形式。相反,本发明将要覆盖落在由随附权利要求定义的本发明的精神和范围内的所有修改、等价物和替代物。

[0039] 通常,在一些国家,风力发电站的主控制器是发电站控制器(PPC),而在其他国家,STATCOM是风力发电站的主控制器。

[0040] 本发明的想法是,特定的情况能够触发在作为电站的主控制器的STATCOM与PPC之

间的动态地改变。当这样做时,发电站控制器将被相应地重新配置。

[0041] 除此之外,本发明包括具有STATCOM的风力发电站,其中,电站的主控制器能够在一些情况下或通过用户选择而在STATCOM与PPC之间被切换。

[0042] 图1示出了,示例性可变速风力涡轮发电机(WGT或WT)1是风力发电站(WPP)2的多个风力涡轮发电机中的一个。每个风力涡轮发电机具有转子3,所述转子3具有轮毂,例如三个叶片4被安装到所述轮毂。转子叶片4的俯仰角借助于俯仰致动器是可变的。转子3由机舱5支撑,并且经由主轴8、变速箱10以及高速度轴11来驱动发电机12。该结构是示例性的;其他实施例例如使用直接驱动发电机15。

[0043] 发电机12(例如,感应发电机或同步发电机)产生与转子3的旋转速度有关的频率的电输出功率,所述频率被转换器19转换为电网频率(例如,大约50Hz或60Hz)。因此产生的电功率的电压被变压器9向上变压。变压器9的输出部是风力涡轮发电机的端子9a。来自风力涡轮发电机1和来自风力发电站2的其他风力涡轮发电机的电功率被馈送到风力发电站电网18(在图1中用符号“a”表示)中。风力发电站电网18在公共耦合点21处并且经由任选的进一步的升压变压器22被连接到风力发电站的外部电力公用电网20。电网20配备有抵抗电网频率波动的调整能力,例如以能够在短时间范围上增加和降低生产以控制频率的常规提供者的形式。

[0044] 控制系统包括风力涡轮机控制器(WTC)13和风力发电站控制器(WPC)23。风力涡轮机控制器13控制个体风力涡轮发电机1的操作,例如,取决于当前风速来选择全负荷或部分负荷操作模式,在部分负荷模式中,通过调节叶片角度并将尖端速度配给量控制为当前风速下的空气动力学最优值来引起风力涡轮发电机在最优工作点处的操作,并且将转换器19控制为根据风场控制器的规定,例如,提供除了有功功率之外的特定量的无功功率的指令等,来产生电力。风力涡轮机控制器13使用不同的输入信号来执行其控制任务,例如,表示当前风力状况(例如,来自风速计14和风向标15)的信号、表示俯仰角、转子位置、发电机12和端子9a处的电压和电流的幅度和相位等的反馈信号以及来自风力发电站控制器23的命令信号。风力发电站控制器23接收表示在公共耦合点21处的电压、电流以及频率的信号(可以被考虑为表示公用电网20中电压、电流以及频率的参数),并且任选地,接收来自公用电网提供者(在图1中的“c”处)的信息或命令信号。基于这些(和任选地其他)输入参数中的一些,风力发电站控制器23监测电网稳定性,并且在检测到电网稳定性降低后命令风力涡轮发电机1和风力发电站2的其他风力涡轮发电机(在图1中的“b”处)的风力涡轮机控制器13通过限制所供应的输出功率的波动来改变操作。在接收到这样的命令后,在风速增加后,风力涡轮机控制器13削切高输出峰值,然后例如通过朝向标志位置调节叶片俯仰角以遵从风场控制器的限制波动命令而在正常的部分负荷操作中以最大效率产生所述高输出峰值。因此,在图1的示例性实施例中,控制系统限制输出波动的控制任务由风力发电站控制器23和风力涡轮机控制器13分担。在其他实施例中,这种控制任务由风力涡轮机控制器13单独来执行;在那些实施例中,“控制系统”仅仅通过风力涡轮机控制器13来表示,而没有发电站控制器。由风场中的个体风力涡轮发电机生成的所有电功率都被统一,并且经由公共耦合点(PCC)被供应到电网。

[0045] 图2示出了具有两个风力涡轮发电机201a、201b的风力发电站200。数量二仅仅是为了简单;风力发电站200可以包括高于两个的任意合适的数量。风力涡轮发电机201a具有

输出信号204a,在该范例中,输出信号204a是电压(但是其也可以被理解为具有关于电压、频率、无功功率和有功功率等的信息的输出向量)。输出信号204a、204b分别通过电压传感器(未示出)来测量205a、205b,并且分别被馈送到风力涡轮发电机的电压控制器202a、202b中。控制器202a、202b分别生成电压设定值206a、206b,所述电压设定值206a、206b分别在求和方框207a、207b中分别与来自发电站控制器213的电压参考 $V_{ref}$  203a、203b进行比较。

[0046] 控制器误差208a、208b被用作风力涡轮发电机201a中的控制器参数。发电站控制器210接收通过另一电压传感器(未示出)获得的在公共耦合点(PCC) 220处的电压的测量结果214。在求和方框211中对测量结果214与电压参考212进行比较,该参考212可以已经在发电站控制器(PPC) 210内被生成,或其可以已经被外部地供应。求和方框211的输出被馈送到PPC电压控制器213中,所述PPC电压控制器213将个体的电压参考203a、203b分派到个体的风力涡轮发电机201。

[0047] 尽管图2示出了风力涡轮发电机201a、201b接收 $V_{ref}$  203a、203b,但是一些实施例可以没有 $V_{ref}$  203a、203b信号,即,如果不存在从PPC 210到涡轮机控制器202、207的信号,那么在涡轮机水平202处的电压控制器控制在其自己的电气终端204处的电压水平。

[0048] 在实施例中,电压参考203a、203b中的每个替代地是无功功率参考。即使参考信号为无功功率参考,要被测量的输出信号可以是电压信号。在其他实施例中,其可以是无功功率信号。如关于输出向量204a、204b所提到的,类似的观测对发电站分派的参考203a、203b适用,因为这些也能够是具有关于电压参考、频率参考、无功和有功功率参考的信息的向量。分派的信号可以是仅一个值或者是上面提到的参考中的选择。当参考为具有n个值的向量时,控制器202应当被理解为n个控制器,每个控制器均具有用于其各自的参考信号的反馈回路。

[0049] 当涡轮机的无功功率不足以涵盖在PCC处由电网准则要求所需要的无功功率时,额外的无功功率补偿装置被放置在WPP处。

[0050] STATCOM和机械开关单元(MSU)能够被安装作为用于WPP的无功平衡的额外的补偿装置。通常,建议额外的补偿装置被安装在变电站中的MV集流器总线处。由于额外的补偿装置本身是模块化的,因此在WPP子模块之间分配所述装置是有利的。补偿功率的均匀分布意味着电压和无功功率控制的平稳响应,并且给出如果发电站模块中的一个不运行则以降低的容量运行的可能性。

[0051] 通常,当涡轮机不能满足它们的这种要求时,额外的补偿装置的使用由关于在PCC处的Q-V行为的电网准则要求来驱动。对要被使用的额外的无功功率补偿装置的选择将会基于关于动态性能、功率质量等的现有电网准则要求的分析。

[0052] 在图3中示出了典型的风力发电站配置。风力涡轮机1沿着径向线被放置,还被连接到MV集流器总线370,通常在从11kV到35kV的范围内。被连接在集流器总线处的补偿装置可以包括STATCOM 230和MSU 250a、250b。在MV总线处产生的有功和无功功率经由主变压器320被传输到PCC。

[0053] 图3示出了相关的通信/控制链路302和测量信号303。PPC 350目的是满足在PCC 310处的关于电站电气性能的电网准则要求。因此,用于三相电压和电流的测量点(PoM) 311在大多数情况下与PCC 310一致,除非PCC与PPC 350的位置之间存在非常长的距离。PCC 350放置还能够根据特定项目要求而改变。



[0054] 作为WPP的主控制器的PPC通过利用由例如电网操作者发送的参考目标来照看功率控制回路,诸如电压、无功功率和频率控制。PPC 350还将有功功率和无功功率参考分派到涡轮机,并且将无功功率参考分派到涡轮机和额外的无功功率补偿装置。

[0055] PPC 350和SCADA系统360包括到用户和公用设施的数据整合的若干可能性。尽管这些数据接口302、客户和公用设施能够接收关于风力发电站的运行状态的在线信息,例如:

[0056] -产生的有功功率

[0057] -可用的有功功率

[0058] -风速

[0059] -风向

[0060] -可能的电感容量

[0061] -可能的电容容量

[0062] -运行的涡轮机的数量。

[0063] 类似地,发送用于所有风力发电站控制回路的设定值是可能的,包括:

[0064] -风力发电站有功功率设定值

[0065] -风力发电站频率设定值

[0066] -风力发电站无功功率设定值

[0067] -风力发电站电压设定值

[0068] -风力发电站功率因数设定值

[0069] 图3示出了WPP架构的范例,MSU 250只被STATCOM 230控制。备选地,如果发电站不包括STATCOM,那么PPC能够控制MSU。为了简单起见,在该范例中未示出各种其他装置,诸如仪器仪表、接电装置、功率计和保护继电器。

[0070] 发电站控制器(PPC)350基于可编程自动控制器。该平台允许PPC与远程模块通信,包括用于与涡轮机和变电站装置快速并行通信的多个通信模块,由此与具有以太网通信链路的额外设备通信。通信协议与PLC集成在一起,以发电站内的WTG为目标。经由协议传输的主控制信号是有功和无功功率设定值、可用的有功和无功功率以及涡轮机的状态信号。

[0071] 功率计(在幅图中未示出)通常位于PPC中,或能够通过专用的快速光纤通信信道被远程地连接。除了一些滤波功能之外,功率计计算从传感器(PoM)311接收的反馈信号的rms值。另外,功率计能够记录电网事件,诸如故障。

[0072] 无功功率补偿装置能够被安装在变电站的MV母线370上,以增加发电站中的可用的无功功率。通过利用额外装置进行无功功率补偿的解决方案取决于现有要求的项目特异性分析。例如,当在PCC处的Q-V要求意味着高动态性能时,STATCOM将会被使用,否则MSU能够被使用。在大多数情况下,STATCOM由MSU设备来实施,在此情况下,STATCOM必须被配置为控制它们。

[0073] 静态同步补偿器(STATCOM),也被称为“静态同步调相器”(“STATCON”),是在交流电传输网络上使用的调节设备。其基于电力电子电压源转换器,并且能够充当到电功率网络的无功AC功率的源或转换器。

[0074] 通常安装STATCOM来支持在公共耦合点处具有差的功率因数或弱电网的电功率网络。由于风力发电站通常在电网中的弱连接点处被连接到电网,当风力发电站配备有

STATCOM时,重要的是完全利用STATCOM的控制能力。

[0075] 然而,存在其他用途,最普通的用途是用于电压稳定性。STATCOM是基于电压源转换器(VSC)的设备,其中,电压源在电抗器之后。电压源从DC电容器产生,并且因此STATCOM具有非常少的有功功率容量。然而,如果合适的能量存储设备跨DC电容器被连接,那么其有功功率容量能够被增加。

[0076] 在一些实施例中,措词STATCON被扩展为还包括用于有功功率的能量存储系统,因为STATCOM中的VSC转换器能够作为有功功率源运行,如果DC电容器被连接到能量存储系统,具有相比于通常用于STATCOM中的存储容量更大的存储容量,即,如果被连接到功率源,其还能够提供有功AC功率。

[0077] 在STATCOM的终端处的无功功率取决于电压源的幅度。例如,如果VSC的终端电压高于连接点处的AC电压,那么STATCOM生成无功电流;另一方面,当电压源的幅度低于AC电压时,其吸收无功功率。STATCOM的响应时间短于SVC的响应时间,这主要由于通过电压源转换器的IGBT(高功率晶体管的类型)提供的快速切换时间。STATCOM还提供比SVC更好的在低AC电压下的无功功率支持,因为来自STATCOM的无功功率随着AC电压线性地降低(因为即使降低AC电压,电流也能够被维持在额定值)。

[0078] 静态VAR补偿器(SVC)也能够用于电压稳定性。然而,STATCOM具有比SVC更好的特性。当系统电压充分地下降以迫使STATCOM输出电流到达其天花板值(ceiling)时,其最大无功输出电流将不会受电压幅度影响。因此,当电压低至限制之下时,它表现出恒定的电流特性。相比之下,SVC的无功输出与电压幅度的平方成比例。当电压降低时,这使所提供的无功功率迅速降低,因此降低其稳定性。另外,STATCOM的响应的速度快于SVC的响应的速度,并且谐波发射更低。另一方面,STATCOM通常表现出更高的损失,并且会比SVC更昂贵,因此(更老的)SVC技术仍然被广泛应用。

[0079] 在本发明中,尽管STATCOM和SVC两者都能够被使用,但是本发明的优点利用STATCOM和快速响应时间来实现。

[0080] 图4示出了具有提供额外的无功功率支持的STATCOM 230的风力发电站。WTG 209具有如在图2下描述的反馈控制回路240。STATCOM 230也具有反馈回路245。反馈回路240和245具有高带宽,其中,带宽245高于带宽240。发电站控制器210提供具有更低带宽的外反馈回路250。

[0081] 在实施例中,STATCOM 230作为靠其自己的主控制器和PPC 210来运行,这允许STATCOM 230在STATCOM控制器内基于STATCOM容量进行控制,而非基于PPC 210控制STATCOM电压水平来进行控制。PPC 210仍然针对无功功率 $Q$ 涡轮机=(所需的 $Q$ 总-由STATCOM递送的 $Q$ )的目标来控制涡轮机。

[0082] 在实施例中,如果STATCOM主/从控制模式改变,那么用户具有实现对无功功率回路的自动重新配置的选择。

[0083] STATCOM从从到主或从主到从的控制模式的改变通过触发器来控制。触发器能够在STATCOM控制器中并且利用从STATCOM获得的测量结果来实施。在实施例中,触发器在PPC中和/或在STATCOM控制器中被实施。

[0084] 触发控制模式的改变的事件能够是电压水平、电压改变、对无功功率的需要。

[0085] 在STATCOM被布置为也提供有功功率的实施例中,频率信号也能够被用作用于触

发信号的输入。

[0086] 通过实现该特征,当STATCOM控制模式被切换为主控制模式时,无功功率回路将会切换为前馈模式,并且将会从STATCOM接收无功功率设定值。如果STATCOM正在Qctrl、Vctrl和PFctrl模式下运行,STATCOM被认为是主模式,而当正在Q从模式下运行时,被认为是从模式。在Qctrl、Vctrl和PFctrl模式下,STATCOM控制器试图控制STATCOM遵循由STATCOM控制器生成的设定值,而在Q从模式下,STATCOM控制器遵循专用的无功功率参考。

[0087] 类似地,当STATCOM控制模式从主控制模式被切换为从控制模式时,无功功率回路切换回到正常(非前馈)模式,并且STATCOM将会从PPC接收无功功率设定值。

[0088] 下表呈现了在请求的控制模式与实际的控制模式之间的不同变化:

状态	STATCOM 请求的控制模式	STATCOM 实际的控制模式
[0089] 1	主	从
2	主	主
3	从	从
4	从	主

[0090] 如何针对每个状态重新配置无功功率回路的逻辑是:

[0091] 状态1:

[0092] • 无功功率回路处于前馈模式

[0093] • STATCOM未被包括在无功功率回路中

[0094] • 模式不匹配警报在STATCOM通信总线,即Modbus控制接口或类似物,中被激活

[0095] PPC软件警报被发出并且被记录

[0096] 状态2:

[0097] • 无功功率回路处在前馈模式中

[0098] • STATCOM未被包括在无功功率回路中

[0099] • PPC无功功率回路(处在前馈模式中)接收并且将从STATCOM经过的设定值分派到WTG

[0100] 状态3:

[0101] • 无功功率回路处在闭回路模式中

[0102] • STATCOM被包括在无功功率回路中

[0103] 状态4:

[0104] • 无功功率回路处在闭合回路模式中

[0105] • STATCOM未被包括在无功功率回路中

[0106] • 模式不匹配警报在STATCOM通信总线,即Modbus控制接口或类似物,中被激活

[0107] • PPC软件警报被发出并且被记录

[0108] 为了PPC和STATCOM以稳定的方式控制电网的性能,重要的是确保两个单元都同意控制模式。因此,状态1和状态4具有不匹配警报,所述不匹配警报将会向PPC和STATCOM传输存在对控制模式的不同意。

[0109] 图5示出了根据本发明的用于控制被连接到电网的风力发电站的方法的流程图,所述风力发电站包括发电站控制器、多个风力涡轮发电机和STATCOM,所述STATCOM具有STATCOM控制器,步骤501是在第一控制模式中控制多个风力涡轮发电机,其中,所述发电站控制器根据闭合回路控制方案来控制多个风力涡轮发电机中的每个风力涡轮发电机的无功功率产生,步骤502是在第一控制模式中以闭合回路控制方案根据从发电站控制器分派的第一设定值来控制来自STATCOM的无功功率产生,步骤503是在来自STATCOM控制器的第二控制模式中根据在电网中的电气测量结果来控制来自STATCOM的无功功率产生,步骤504是在第二控制模式中控制多个风力涡轮发电机,其中,所述发电站控制器根据前馈控制或闭合回路控制基于从STATCOM控制器分派的第二设定值来控制来自多个风力涡轮发电机的无功功率产生,并且步骤505是当接收至少一个触发信号时在第一控制模式与第二控制模式之间进行切换。

[0110] 在图5中示出的方法可以在发电站控制器350中和在STATCOM控制器230中被组合地执行。

[0111] 发电站控制器350或发电站控制器的某些部分可以作为计算机程序产品、作为电子模拟或数字电路、或作为其组合被实施。可加载到至少一个数字计算机的内部存储器内的计算机程序可由计算机执行,其中,程序的执行/运行令发电站控制器350的功能被执行,或者导致本发明的实施例的方法的步骤被执行。

[0112] 总的来说,本发明涉及一种用于控制被连接到电网的风力发电站的方法,所述风力发电站包括发电站控制器、多个风力涡轮发电机和STATCOM,所述STATCOM具有STATCOM控制器,所述方法包括:在第一控制模式中控制所述多个风力涡轮发电机,其中,所述发电站控制器根据闭合回路控制方案来控制所述多个风力涡轮发电机中的每个风力涡轮发电机的无功功率产生,在所述第一控制模式中以闭合回路控制方案根据从所述发电站控制器分派的第一设定值来控制来自所述STATCOM的无功功率产生,在来自所述STATCOM控制器的第二控制模式中根据所述电网的电气测量结果来控制来自所述STATCOM的所述无功功率产生,在所述第二控制模式中控制所述多个风力涡轮发电机,其中,所述发电站控制器根据前馈控制或闭合回路控制基于从所述STATCOM控制器分派的第二设定值来控制来自所述多个风力涡轮发电机的无功功率产生,当接收至少一个触发信号时,在所述第一控制模式与所述第二控制模式之间进行切换。本发明还涉及一种根据所述方法的风力发电站。

[0113] 在本文中给出的任何范围或设备值都可以被扩展或被改变而不失去寻求的效果,这对于本领域技术人员来说将会是显而易见的。

[0114] 应理解,在上面描述的益处和优点可以与一个实施例有关,或者可以与若干实施例有关。还应当理解,对“一个”项目的参考涉及那些项目中的一个或多个。

[0115] 应当理解,优选实施例的以上描述仅以范例的方式给出,并且本领域技术人员可以进行各种更改。以上详述、范例和数据提供了本发明的结构和示例性实施例的使用的完整描述。尽管已经在上面利用一定程度的特殊性或参考一个或多个个体实施例描述了本发明的各种实施例,但是本领域技术人员可以对公开的实施例进行许多改变而不脱离本发明的精神或范围。

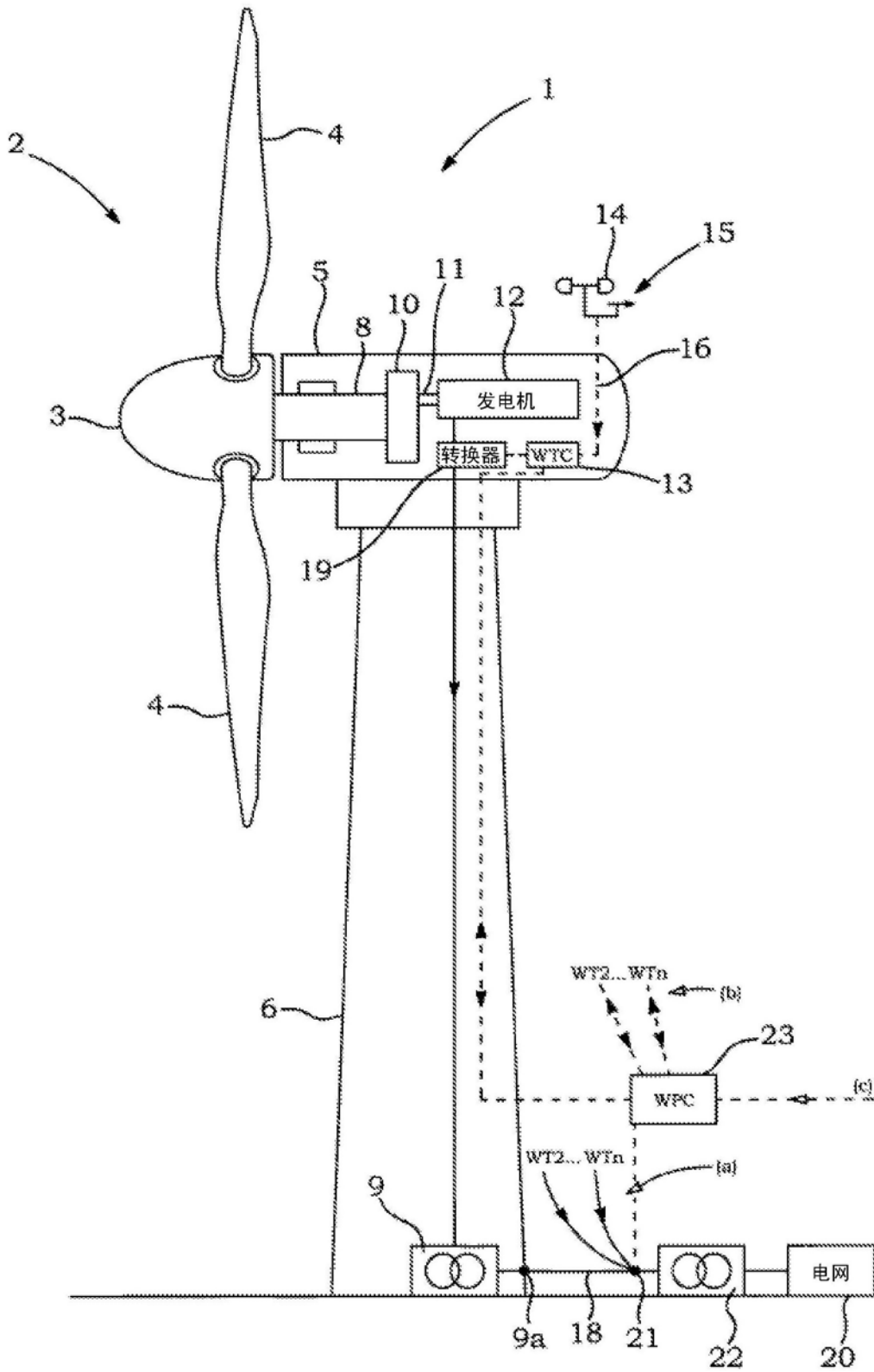


图1



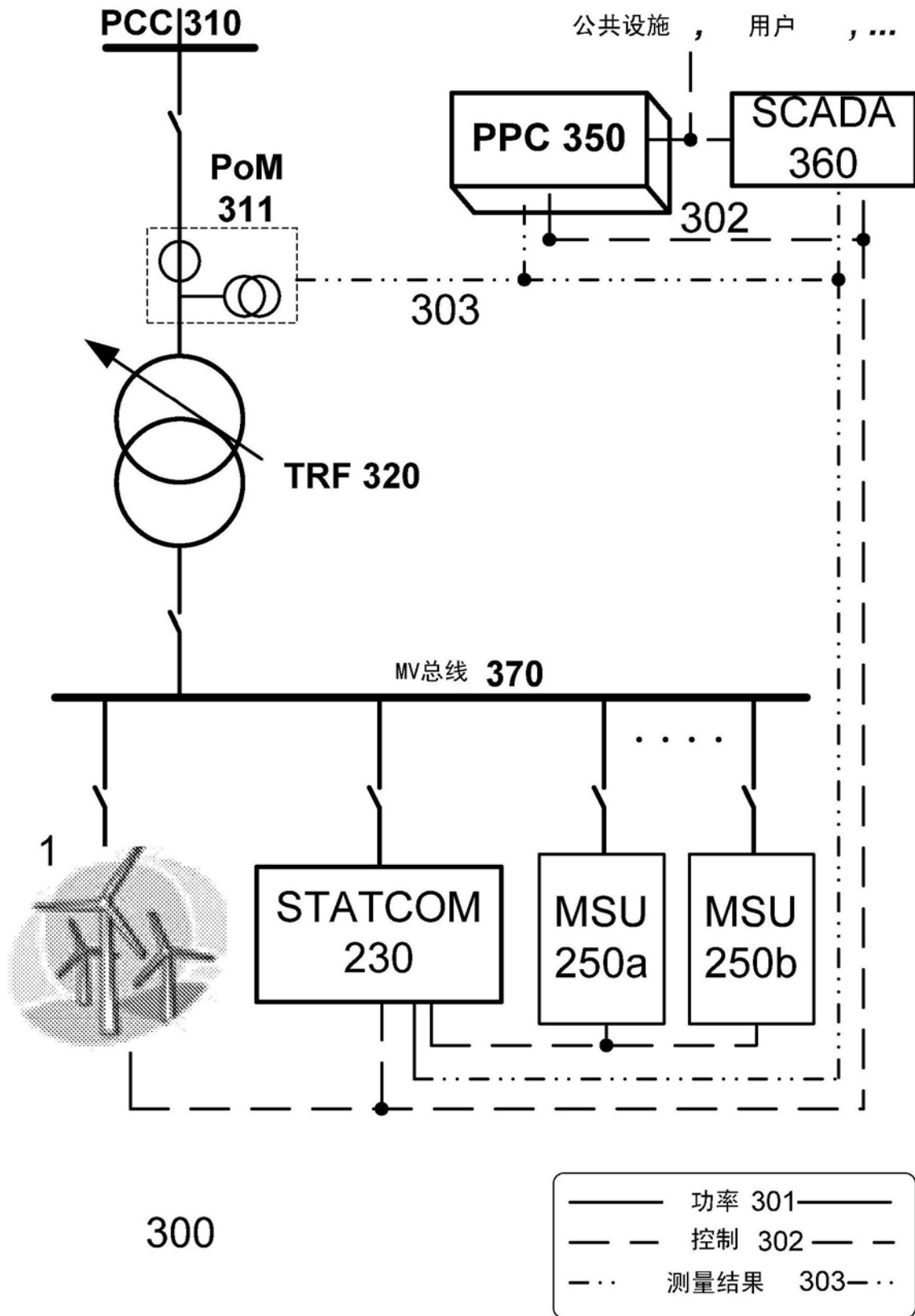


图3

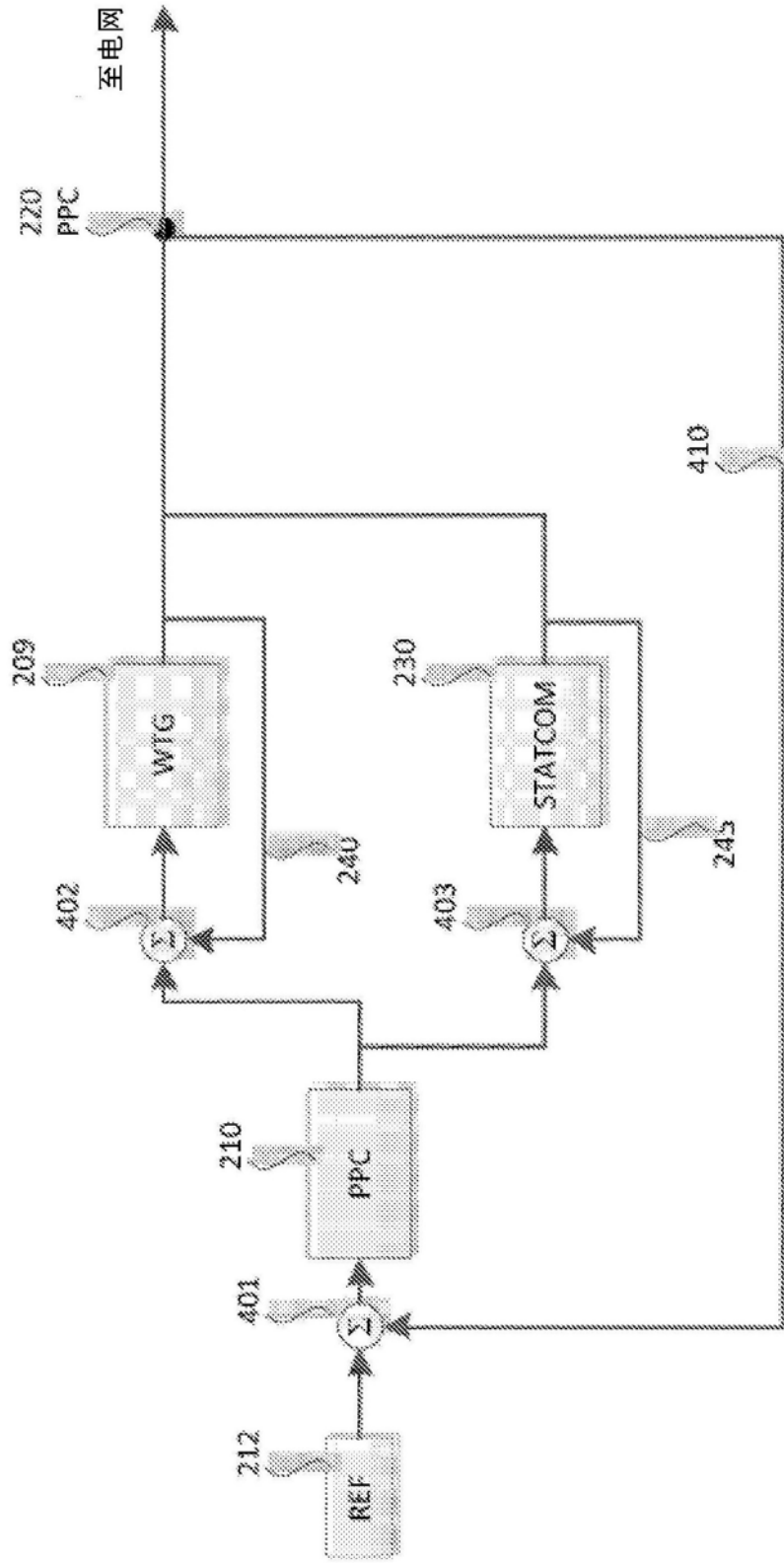


图4



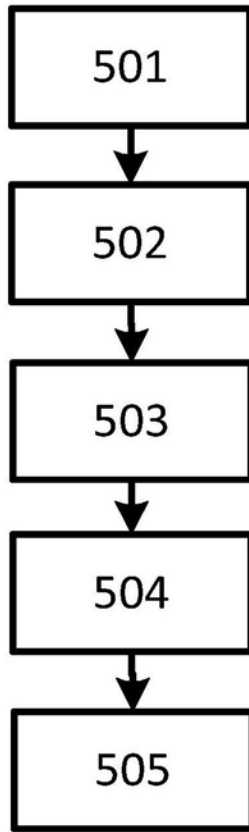


图5