

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102953930 A

(43) 申请公布日 2013. 03. 06

(21) 申请号 201210273679. 2

H02P 9/00 (2006. 01)

(22) 申请日 2012. 08. 02

(30) 优先权数据

102011111210. 7 2011. 08. 20 DE

(71) 申请人 德国恩德能源有限公司

地址 德国汉堡

(72) 发明人 U·哈姆斯 M·劳布洛克

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 董华林

(51) Int. Cl.

F03D 7/00 (2006. 01)

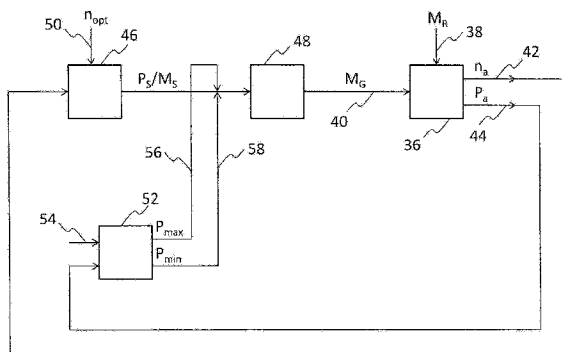
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 11 页

(54) 发明名称

在电网故障时运行风力发电设备的方法和风力发电设备

(57) 摘要

本发明涉及一种在电网故障时运行具有转子、发电机和转换器的风力发电设备的方法, 转子具有叶片定位角可调的转子叶片, 发电机与转子连接并产生用于供电网络的电功率, 转换器与发电机和供电网络连接, 具有以下步骤: 识别电网故障; 检测风力发电设备的代表功率的量的实际值; 在保持时间内规定代表功率的量的保持额定值, 保持额定值等于电网故障时代表功率的量的实际值; 确定代表功率的量的最大和 / 或最小允许额定值, 保持时间结束后随时间增大或减小最大和 / 或最小允许额定值; 以对应于实际转速的规定额定值控制风力发电设备, 将规定额定值限制在最大和 / 或最小允许额定值; 若与转速相关的额定值小于最大允许额定值, 终止对最大允许额定值的规定。



1. 一种用于在出现带有电压降低的电网故障时运行风力发电设备的方法,其中风力发电设备具有转子、发电机和转换器,所述转子具有至少一个在其叶片定位角上可调的转子叶片,所述发电机与转子连接并用于产生用于供电网络的电功率,所述转换器与发电机和供电网络连接,所述方法具有以下方法步骤:

识别电网故障;

检测风力发电设备的代表功率的量的实际值;

在保持时间期间规定风力发电设备的代表功率的量的保持额定值,其中保持额定值等于在出现电网故障时代表功率的量的实际值;

确定风力发电设备的代表功率的量的最大允许额定值,在保持时间结束后使最大允许额定值随着时间增大;

以一规定额定值控制风力发电设备,所述规定额定值对应于实际转速,将规定额定值限制在最大允许额定值;

一旦与转速相关的额定值小于最大允许额定值,终止对最大允许额定值的规定。

2. 一种用于在出现带有电压降低的电网故障时运行风力发电设备的方法,特别是根据权利要求1所述的方法,其中风力发电设备具有转子、发电机和转换器,所述转子具有至少一个在其叶片定位角上可调的转子叶片,所述发电机与转子连接并用于产生用于供电网络的电功率,所述转换器与发电机和供电网络连接,所述方法具有以下方法步骤:

识别电网故障;

检测风力发电设备的代表功率的量的实际值;

在保持时间期间设定风力发电设备的代表功率的量的保持额定值,其中保持额定值对应于在出现电网故障时代表功率的量的实际值;

确定风力发电设备的代表功率的量的最小允许额定值,在保持时间结束后使最小允许额定值随着时间减小;

以一规定额定值控制风力发电设备,所述规定额定值对应于风力发电设备的实际转速,将规定额定值限制在最小允许额定值;

一旦与转速相关的额定值大于最小允许额定值,终止最小允许额定值的规定。

3. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,根据以下量之一或多个以下量的组合识别电网故障:电网电压的变化(AU)、电网频率的变化(Af)、转换器的故障报告和发电机的故障报告。

4. 根据权利要求1至3之一所述的方法,其特征在于,风力发电设备的代表功率的量对应于以下量之一或多个以下量的组合:要产生的电功率的实际值、要产生的电功率的额定值、发电机转矩的实际值和发电机转矩的额定值。

5. 根据权利要求1至4之一所述的方法,其特征在于,在保持时间期间调节叶片定位角,以便调整到对应于保持额定值的转速。

6. 根据权利要求1至5之一所述的方法,其特征在于,当存在最大允许额定值时,以预先确定的第一变化率实现所述最大允许额定值的加大,当存在最小允许额定值时,以预先确定的第二变化率实现所述最小允许额定值的减小。

7. 根据权利要求1至6之一所述的方法,其特征在于,当转速下降到低于转速的预先确定的最小值时,保持时间终止。

8. 根据权利要求 1 至 7 之一所述的方法,其特征在于,在保持时间结束后,最大允许额定值的值等于最小允许额定值的值。

9. 风力发电设备,该风力发电设备具有转子、发电机和转换器,所述转子具有至少一个在其叶片定位角上可调的转子叶片,所述发电机与转子连接并用于产生用于供电网络的电功率,所述转换器与发电机和供电网络连接,其特征在于,具有:电网故障识别装置,所述电网故障识别装置识别供电网络中的电网故障;控制装置,所述控制装置在保持时间期间响应于所识别到的电网故障为转换器和 / 或发电机将代表功率的量的实际值规定为保持额定值,并在保持时间结束后规定与转速相关的额定值;以及,额定值限制装置,所述额定值限制装置在保持时间结束后将规定的额定值限制在最大允许额定值并使最大允许额定值随着时间加大。

10. 风力发电设备,特别是根据权利要求 9 所述的风力发电设备,该风力发电设备具有转子、发电机和转换器,所述转子具有至少一个在其叶片定位角上可调的转子叶片,所述发电机与转子连接并用于产生用于供电网络的电功率,所述转换器与发电机和供电网络连接,其特征在于,具有:电网故障识别装置,所述电网故障识别装置识别供电网络中的电网故障;控制装置,所述控制装置在保持时间期间响应于所识别到的电网故障为转换器和 / 或发电机将代表功率的量的实际值规定为保持额定值,并在保持时间结束后规定与转速相关的额定值;以及,额定值限制装置,所述额定值限制装置在保持时间结束后将规定的额定值限制在最小允许额定值并使最小允许额定值随着时间减小。

11. 根据权利要求 9 或 10 所述的风力发电设备,其特征在于,叶片定位调节装置响应于电网故障控制或调节转子叶片的叶片定位角,以便实现对应于保持额定值的转速。

12. 根据权利要求 10 或 11 所述的风力发电设备,其特征在于,额定值限制装置使最小允许额定值随时间下降到零。

13. 根据权利要求 9 至 12 之一所述的风力发电设备,其特征在于,额定值限制装置使最大允许额定值随时间升高到风力发电设备的标称功率或大于风力发电设备的标称功率的预先确定的值。

14. 根据权利要求 9 至 13 之一所述的风力发电设备,其特征在于,所述电网故障识别装置具有与供电网络连接的测量装置,以便检测电网电压的变化和 / 或电网频率的变化。

15. 根据权利要求 9 至 14 之一所述的风力发电设备,其特征在于,所述电网故障识别装置对转换器和 / 或发电机的故障报告发生响应。

在电网故障时运行风力发电设备的方法和风力发电设备

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于在出现带有电压降低的电网故障时运行风力发电设备的方法,其中风力发电设备具有转子、发电机和转换器,所述转子具有至少一个在其叶片定位角上可调的转子叶片,所述发电机与转子连接并用于产生用于供电网络的电功率,所述转换器与发电机和供电网络连接。此外,本发明还涉及一种所述类型的风力发电设备,该风力发电设备具有转换器/变频器(Umrichter)和发电机。

背景技术

[0002] 由 DE 10 2007 035 570 A1 已知一种用于运行双重馈电的异步发电机的方法,其中定子连接在供电网络上。转子通过风力发电设备的传动系运行。转子通过机器侧和网络侧的转换器电耦合在供电网络上。在识别到网络中的短路电流时,检测机器侧的转子电流的实际存在的实际值,将该实际值冻结并替代所选择的额定值将其用于调节机器侧的转子电流。

[0003] 由 WO 2009/083447 A2 已知一种风力发电设备和一种用于在出现低电压的电网故障时运行所述风力发电设备的方法。所述已知的方法设定,在出现带低电压的电网故障时,根据存储在系统中的功率控制输出电流。在电压降低期间保持叶片定位角恒定。

[0004] 由 WO 2008/031434 A2 已知一种用于控制风力发电设备的方法,其中,在出现网络故障的情况下在故障模式下控制致动一个或多个转子叶片,以便将转子转速稳定地保持在一个预先确定的区域中。

[0005] 由 EP 1 651 865 B1 已知一种用于在电网中出现功能故障期间控制风力发电设备的方法,其中在出现电网故障时控制致动风力发电设备的一个或多个转子叶片,以便将发电机的定子和/或转子中的温度保持在预先确定的最大温度之下。

[0006] 由 DE 10 2008 010 543 A1 已知一种用于运行风力发电设备的方法,其中根据转速调整转子叶片的叶片定位角。通过规定新的叶片定位角,对于快速的负荷降低可以将风力发电设备调整到新的稳定的工作点,而不用断网。

[0007] 由 US 6,921,985 B2 已知一种用于控制风力发电设备的方法,其中识别电网故障并响应于电网故障对叶片定位角进行控制,其中在出现电网故障期间,叶片定位角的调节由无中断的电源供电。

[0008] 通常在风力发电设备中有这样的状态,即,风力发电设备在出现不期望的电网故障时不能输出最大功率。所出现的风力发电设备的快速功率下降首先会导致转速升高并在电网故障结束时会导致临时的转速下降(Drehzahlunterschwinger)。在出现电网故障时,电网电压在为时数秒的时间内下降这样的程度,使得风力发电设备的输出的电有效功率相应地降低,在一些情况下下降至 0kW。传动系上降低的负载导致转速升高。转速调节器此时在传统的风力发电设备中对升高的转速进行调节。由于调节回路动态特性,可以接着出现转速下降。首先提高的转速对风力发电设备加载并且此外对于风力发电设备的转换器也可能是有问题的。

[0009] 在出现电压下降的电网故障时,功率下降会导致,风力发电设备只能向电网中输出降低的功率并通过提高转速将多余的功率存储在风力发电设备的转子中。在电网故障之后,然后通过功率调节器根据较高的转速输出与实际存在于风力中的功率相比较高的功率。由此转速重新降低。存储在转子中的能量在较短的时间段内输出到电网中,这在电网运营者的角度来看是不希望的。

[0010] 在风力发电设备的标称负载运行中出现电网故障时,风力发电设备以标称转速工作并且通过调整叶片定位角实现对转速和功率的调节。可以不在转子中存储能量,因为叶片定位角的调节使转子的转速回到额定转速。如果此时在电网故障结束后输出的设备功率重新升高,则转速下降到标称转速之下的值。此时,功率调节器根据其转矩-转速曲线降低功率的规定额定值,以便使设备转移到一个稳定的工作点。叶片定位角调节器同时发生响应并试图通过调节叶片定位角使转速重新回到标称转速。因此在电网故障解除之后,会出现短时间的功率下降,考虑到供电网络的稳定性应避免所述功率下降。

发明内容

[0011] 本发明的目的在于,提供一种用于运行风力发电设备的方法和这种风力发电设备,所述方法和风力发电设备允许以简单的手段在电网故障消除后使风力发电设备返回稳定的工作点。

[0012] 根据本发明的目的通过具有权利要求 1 和 2 的特征的方法来实现。根据本发明的目的还通过具有权利要求 9 和 10 的特征的风力发电设备来实现。

[0013] 根据本发明的用于运行风力发电设备的方法设定,为了在出现带有电压下降的电网故障时在电网故障消除后重新回到稳定的工作点,风力发电设备具有转子,所述转子具有至少一个在叶片定位角上可调节的转子叶片。此外,风力发电设备具有与转子连接的发电机以及与发电机和供电网络连接转换器,所述发电机用于产生用于供电网络的电功率。

[0014] 根据本发明的方法具有识别电网故障的方法步骤。此外还对代表功率的量的实际值进行检测。此外,在保持时间期间,还实现对代表功率的量的保持额定值进行规定/设定,其中保持额定值对应于在出现电网故障时代表功率的量的实际值。根据本发明此外还设定,确定风力发电设备的代表功率的量的最大允许额定值,在保持时间结束后最大允许额定值随着时间增大。根据一规定额定值控制风力发电设备,所述规定额定值对应于风力发电设备的实际转速,规定额定值限制在最大允许额定值。一旦转速相关的额定值小于最大允许的额定值,根据本发明的方法终止对最大允许额定值的规定,此后根据与转速相关的额定值控制风力发电设备。就是说,当根据转速确定的风力发电设备的额定值低于最大允许的额定值时,根据本发明的方法在保持时间结束之后终止。就是说,在根据本发明的方法中,风力发电设备的规定额定值在保持时间之内冻结,并在之后当利用根据转速规定的额定值控制风力发电设备时限制所述规定额定值。为了在保持时间结束之后,重新达到稳定的工作点,则接着限制风力发电设备的额定值并随着时间缓慢释放这种限制。一旦与转速相关的额定值位于最大允许额定值之下,风力发电设备重新达到稳定的工作点。此外,在根据本发明的方法中,可能的存储在转子中的附加的能量不是短时间地以及突然地输出到供电网中,而是通过提高最大允许额定值实现所存储功率延缓地输出供电网中。

[0015] 根据权利要求 2,按本发明的方法同样以代表功率的量的最小允许额定值执行。这里确定最小允许额定值,并且在保持时间之后使其随着时间减小。额定值限制可以这样进行,使得将与实际转速相对应的规定额定值限制在最小允许额定值。当与转速相关的额定值大于最小允许额定值时,根据本发明的方法终止。

[0016] 根据本发明还设定,执行这样的方法,其中,既确定代表功率的量的最小允许额定值,也确定代表功率的量的最大允许额定值。在这种情况下,最大和最小允许额定值限定允许的额定值间隔,控制风力发电设备的与转速相关的规定额定值位于在该额定值间隔内部。

[0017] 在根据本发明的方法的一个优选的实施形式中,根据以下量的一个或多个对电网故障进行识别:电网电压的变化、电网频率的变化、转换器的故障报告和发电机的故障报告。因此所述方法基于一个电参量的变化设置,可以优选确定一个阈值范围,从而,当该电参量的变化位于允许的公差范围之外,则识别到电网故障。在根据本发明的方法中,用于识别网络故障的电参量在风力发电设备上或在风力发电设备向供电网络的馈入点上测量。可选地,也可以在供电网络的其他位置测量所述电参量,并且为了识别电网故障将所述电参量传递给风力发电设备。

[0018] 在一个优选的实施形式中,代表功率的量是待产生的电功率的实际值或额定值。代表功率的量也可以基于发电机转矩的实际值或额定值。也可以使两个量相互关联,以便获得对于根据本发明的方法合适的量。

[0019] 在一个优选的实施形式中,在保持时间期间实现对叶片定位角的调整,以便调整到与保持额定值相对应的转速。利用该特征,在出现电网故障期间通过调节叶片定位角试图以这样的转速运行风力发电设备,所述转速对应于冻结的保持额定值。由此在保持时间终止后便于实现稳定的工作点。

[0020] 在根据本发明的方法的一个优选的改进方案中,实现以预定的第一变化(速)率扩大最大允许额定值。优选以预定的第二变化率减小最小允许额定值。第一和第二变化率可以选择为相同的大小。

[0021] 根据本发明的方法还设定,当转速下降到低于转速的预定的最小值时,实现保持时间的终止。以这种方式可以防止,在保持时间期间转速过于强烈地下降,以便在消除电网故障之后重新达到稳定的工作点。

[0022] 在一个优选的实施形式中,最小允许额定值的值等于最大允许额定值的值。由此在扩大最大允许额定值和减小最小允许额定值时形成额定值间隔,所述额定值间隔在保持时间结束后以最小的间隔宽度开始并随着时间加大。

[0023] 根据本发明的目的还通过具有权利要求 9 的特征的风力发电设备来实现。根据本发明的风力发电设备具有转子、发电机和转换器,所述转子具有至少一个在其叶片定位角上能调节的转子叶片,所述发电机与转子相连并用于产生用于供电网络的电功率,所述转换器与转子和供电网络相连。根据本发明的风力发电设备具有电网故障识别装置,所述电网故障识别装置识别供电网中的电网故障。此外,根据本发明的风力发电设备装备有控制装置,所述控制装置在保持时间期间响应于识别到的电网故障给转换器和 / 或发电机规定代表功率的量的实际值作为保持额定值。所述控制装置此外在保持时间结束后给转换器和 / 或发电机规定一与转速相关的额定值。根据本发明的风力发电设备还具有额定值限制装

置,所述额定值限制装置在保持时间结束之后将所述规定的额定值限制在最大允许的额定值,并随着时间加大最大允许的额定值。额定值限制装置确保,在保持时间结束之后,当为了进行控制而规定风力发电设备的一与转速相关的额定值时,将该额定值的数值限制在最大允许额定值。

[0024] 根据本发明的目的还通过具有权利要求 10 的特征的风力发电设备来实现。根据本发明的风力发电设备也具有转子、发电机和转换器,所述转子具有至少一个在其叶片定位角上能调节的转子叶片,所述发电机与转子相连并用于产生用于供电网的电功率,所述转换器与转子和供电网相连。根据本发明的风力发电设备具有电网故障识别装置,所述电网故障识别装置识别供电网中的电网故障。一控制装置在保持时间期间响应于识别到的电网故障对转换器和 / 或发电机规定代表功率的量的实际的值作为保持额定值。所述控制装置在保持时间结束后对转换器和 / 或发电机规定与转速相关的额定值。根据权利要求 10,根据本发明的风力发电设备具有额定值限制装置,所述额定值限制装置在保持时间结束之后将规定的额定值限制在最小允许额定值,并随着时间减小最小允许额定值。额定值限制装置确保,在保持时间结束之后,当为了进行控制而规定风力发电设备的一与转速相关的额定值时,所述额定值不小于所述最小允许额定值。通过减小所述最小允许的额定值使风力发电设备返回稳定的工作点。

[0025] 除了额定值限制装置确定最大允许额定值并使其随时间加大的实施形式,以及除了额定值限制装置具有最小允许的额定值并使其随时间减小的实施形式,根据本发明还设定一种风力发电设备,所述风力发电设备的额定值限制装置既具有最大允许额定值也具有最小允许额定值,并在保持时间结束后这样限制由控制装置规定的额定值,使得额定值位于最小允许额定值和最大允许额定值之间的区间中。在该实施形式中,在保持时间结束之后所述区间随时间加大。

[0026] 根据本发明的风力发电设备还装备有叶片定位调整装置,所述叶片定位调整装置响应于电网故障控制或调节转子叶片的叶片定位角,以便实现对应于保持额定值的转速。保持额定值涉及代表功率的量的实际值,从而所述量对应于转速的保持额定值。就是说,当为了控制风力发电设备而规定保持额定值时,在该实施形式中,在出现电网故障期间就已经根据转子的对应于保持额定值的转速实现对叶片定位角的调节。

[0027] 在一个优选的实施形式中,额定值限制装置使最小允许额定值随时间下降到零。额定值限制装置也可以使最大允许的额定值随时间提高到风力发电设备的标称功率或提高到标称功率之上的一个固定值。

附图说明

[0028] 下面结合实施例详细说明本发明优选的实施形式。其中

[0029] 图 1 示出电网电压关于时间的曲线,其中带有出现电网故障之前的时间坐标,

[0030] 图 2 示出发电机转矩关于转速的曲线,其中带有在出现电网故障之前风力发电设备的实际工作点,

[0031] 图 3 示出图 1 的电压 - 时间曲线,带有电网电压出现时的时间坐标,

[0032] 图 4 示出与转速相关的发电机转矩,其中带有在出现电网故障时风力发电设备的实际工作点,

- [0033] 图 5 示出图 1 的电压 - 时间曲线, 带有在电网故障消除后的一个时刻的时间坐标,
- [0034] 图 6 示出发电机转矩关于转速的曲线, 其中带有在电网故障消除之后风力发电设备的实际工作点,
- [0035] 图 7 示出在利用本发明的方法时与传统的方法对比风力发电设备在部分负荷运行中转速的实际值的时间曲线,
- [0036] 图 8 示出在利用本发明的方法时与传统的方法相对比在部分负荷运行中发电机转矩的额定值的时间曲线,
- [0037] 图 9 示出在利用本发明的方法时与传统的方法相对比在部分负荷运行产生的功率的实际值的时间曲线,
- [0038] 图 10 示出用于调节根据本发明的风力发电设备的框图,
- [0039] 图 11 示出保持额定值和最大允许功率的时间曲线,
- [0040] 图 12 示出保持额定值和最小允许功率的时间曲线, 以及
- [0041] 图 13 示出保持额定值以及最小和最大允许功率的时间曲线。

具体实施方式

[0042] 图 1 示出电网电压 U 在时间 t 上的曲线 10。电网电压 U 可以是三相电网电压所形成的有效值或者各单个相的电网电压。在时刻 t_0 在电网中存在值为 U_N 的电网电压。为了清楚地显示, 图 1 中还示出了最大电压 U_{\max} 和最小电压 U_{\min} 的值。这些值用于在出现电网故障是定义超过或低于电压极限的情况。

[0043] 图 2 示出本身已知的用于根据转速 n 控制发电机转矩 M 的特征曲线。特征曲线 12 对于根据转速对风力发电设备的控制规定了需要调整的发电机转矩的额定值。转速 n 和发电机转矩 M 的乘积对应于要产生或要馈送的功率 P_s 的额定值。使用发电机转矩的与转速相关的额定值便于说明本发明并且使得作为基础的、电功率、机械功率和转速之间的物理关系更为清楚。在对风力发电设备的控制中, 发电机转矩的额定值自动换算成待产生的功率的额定值, 受控制的转换器始终具有一定的电功率作为输出量。

[0044] 在当前工作点 14, 设备处于部分负荷区域, 在所述部分负荷区域中还未达到发电机转矩的标称值 M_n 。风力发电设备的这种运行状态出现在图 1 标注的时刻 t_0 。工作点 14 位于风力发电设备的特征曲线的一个较陡地升高的线段上, 在该线段中所产生的发电机转矩在即将达到标称转速 n_n 之前剧烈升高。

[0045] 图 3 示出图 1 的电压时间曲线 10, 其中带有在时刻 t_1 出现电压故障时的时间坐标。

[0046] 图 4 示出图 2 的发电机转矩与转速相关的特征曲线 12, 其中存在风力发电设备的工作点 16。在根据本发明的方法中, 在出现电网故障时, 即在图 3 中标注的时刻 t_1 或紧接着该时刻之后, 电功率的额定值被冻结一段保持时间。由于电功率、转速和转矩之间已经说明的关系, 在功率保持固定的情况下出现以下情况, 发电机转矩的额定值与转速成反比。因此, 在图 4 中形成特征曲线 18, 该特征曲线延伸通过工作点 16 和描绘风力发电设备的这样一些工作点, 在这些工作点由发电机转矩和转速的乘积得到的额定值对应于恒定的功率。如果在出现电网故障的时刻存在不同于在图 4 示出的工作点 16 的工作点, 则具有恒定的功率的特征曲线 18 相应地通过该工作点。

[0047] 图 5 示出图 1 的电压 - 时间特征曲线 10, 其中带有观察时刻 t_2 的标记, 在时刻 t_2 ,

电网电压 U 已经复位,就是说电网故障已经消除。因此,电网电压也重新处于 U_{\min} 和 U_{\max} 之间的区间的内部。

[0048] 图 6 示出风力发电设备在特征曲线 18 上在图 5 中标注的时刻 t_2 的工作点 20。为了在出现电压下降的电网故障之后恢复到一个稳定的工作点,需要使工作点 20 重新移动到特征曲线 12 上。在图 6 中示出的实施例中,转速实际值大于通过特征曲线 12 规定的转速额定值。为了使工作点 20 返回到特征曲线 12 上,发电机转矩的额定值提高,并且由此自动降低转速,直至工作点 20 重新位于特征曲线 12 上并且重新与转速相关地设定发电机转矩的额定值。通过最大发电机转矩 M_{\max} 和最小发电机转矩 M_{\min} 来限制工作点 20 向特征曲线 12 上的返回过程。在提高发电机转矩的额定值的同时,应注意使所述额定值不超过所述值 M_{\max} ,且不低于所述值 M_{\min} 。在图 6 中发电机转矩的规定额定值一直升高到 M_{\max} ,此时接着设定最大允许额定值 M_{\max} 的提高了的可调整的变化速度。

[0049] 图 11 至 13 示出根据时间设定功率 P_h 的恒定的保持额定值的过程以及使功率的上限或下限 P_{\max} 或 P_{\min} 升高或下降的过程。在图 11 中示出发电机的电有效功率 P 关于时间的额定值。在图 11 中假定,在时刻 t_3 出现电网故障,保持时间根据本发明在时刻 t_3 开始并在时刻 t_4 结束。在时间间隔 t_3 、 t_4 期间,将发电机的电有效功率的实际额定值冻结在值 P_h 。该值对应于发电机 P 的电有效功率在时刻 t_3 的实际额定值。从时刻 t_4 开始限定并规定一个最大允许额定值,该最大允许额定值随着时间增大。

[0050] 图 12 示出一种可选的实施形式,其中在时刻 t_3 发生电网故障,保持时间在 t_1 开始并在时刻 t_4 结束。在时间间隔 t_3 、 t_4 期间,电有效功率的实际额定值冻结在值 P_h 。该值对应于发电机的有效电功率在时刻 t_3 的实际额定值。在保持时间结束后,即在时刻 t_4 ,限定并规定一最小允许额定值,所述最小允许额定值在时间上持续减小。

[0051] 图 13 示出一个相应的实施形式,其中,在时刻 t_3 出现电网故障,保持时间在时刻 t_3 开始并在时刻 t_4 结束。在保持时间在时刻 t_4 结束后,限定并规定电有效功率的一最小允许额定值 P_{\min} 和电有效功率的一最大允许额定值 P_{\max} 。在所示的实施例中,最小允许额定值和最大允许额定值在时刻 t_4 具有相等的值,该值这里相当于电有效功率的保持额定值 P_h 的值。在时刻 t_4 之后的时间内,电有效功率的额定值仅允许处于 P_{\min} 和 P_{\max} 之间的极限之内。如果与转速相关地规定的额定值位于所述极值之外,则将其限制到所述值。

[0052] 在图 11 至 13 的实施例中,使用功率极值。可选地,也可以替代发电机功率的保持和定制以及最大和最小允许额定值限定关于时间的转矩极限,其中所述转矩极限同样对发电机或风力发电设备的功率产生影响。

[0053] 如图 6 所示,工作点 20 在带有电压降低的电网故障之后通过改变转矩和转速返回到特征曲线 12 上,其中风力发电设备的工作点可以不受控制沿特征曲线 18 引导。根据图 11 至 13,在时刻 t_4 之后出现功率实际值,所述功率实际值不同于待产生的功率保持额定值 P_h 。因此将规定的功率额定值限制在值 P_{\max} 或 P_{\min} 。

[0054] 如图 8 所示,关于发电机转矩 M_s 的额定值 26 这表示,所述额定值在出现电网故障之后首先下降,在电网故障期间保持减小,并在清除电网故障之后出现略微的超高 28。当考虑到转速 24 的实际值如图 7 所示在出现电网故障之后升高时,发电机转矩的额定值的降低由对待产生的恒定的功率的要求得到。

[0055] 在风力发电设备的传统运行方式中,在电网故障期间功率值不保持恒定,其中,发

电机转矩 30 的额定值在出现电网故障之后升高并在电网故障结束后重新降低。

[0056] 图 9 示出风力发电设备电有效功率的实际值 P_a 。在电网故障之前和期间,两种方法必然具有相同的曲线。只有在电网故障结束后,在传统的风力发电设备中电有效功率的实际值 32 才明显升高。此外,在电网故障期间,还实现将所存储的功率快速输出的供电网络中。在根据本发明的方法中,电有效功率的实际值的曲线 34 示出,所存储的电功率明显较晚和较慢地输出。

[0057] 图 10 示出用于在出现电网故障时运行风力发电设备的功能模型。发电机 36 受到转子力矩 M_r 38 以及发电机电力矩 M_g 40。这两个用于产生用于供电网络的电功率的输入量通过发电机 36 转换成转速 n_a 42 和电有效功率 P_a 44。转速 n_a 42 的实际值传递给风力发电设备的调节器 46,所述调节器将电功率 P_s 的额定值或待产生的发电机电矩 M_s 提供到转换器 48 中。向调节器 46 提供优化的转速 n_{opt} 50 作为附加的输入量,所述优化的转速对应于标称负荷运行中的转速。

[0058] 在本发明中,设有额定值限制装置 52,所述额定值限制装置在保持时间结束后设定要产生的电有效功率的最大允许额定值 P_{max} 56 和最小允许额定值 P_{min} 58。给额定值限制装置 52 提供电有效功率的实际值 P_a 44。额定值限制装置 52 通过输入端 54 上的信号识别到,存在电网故障,由此在经过保持时间之后将调节器 46 的规定额定值限制在电有效功率的最大值或最小值 P_{max} 或 P_{min} ,并相应地将其传输给转换器 48。

[0059] 图 10 中示意性示出的功能模型显示,在保持时间结束后,对风力发电设备的调节通过调节器 46、转换器 48 和发电机 36 进行。调节器 46 的输出量、待产生的电功率 P_s 或待产生的发电机电矩 M_s 接着还通过额定值限制装置 52 限制。以这种方式,调节器 46 在保持时间终止后连续地工作并仅规定了在最大和 / 或最小允许额定值的时间内通过额定值限制装置 52 限制。除此以外, P/M 调节器也可以在保持时间期间连续地工作,但其输出值此时在保持时间期间例如通过额定值限制装置至于保持额定值或修正为保持额定值。

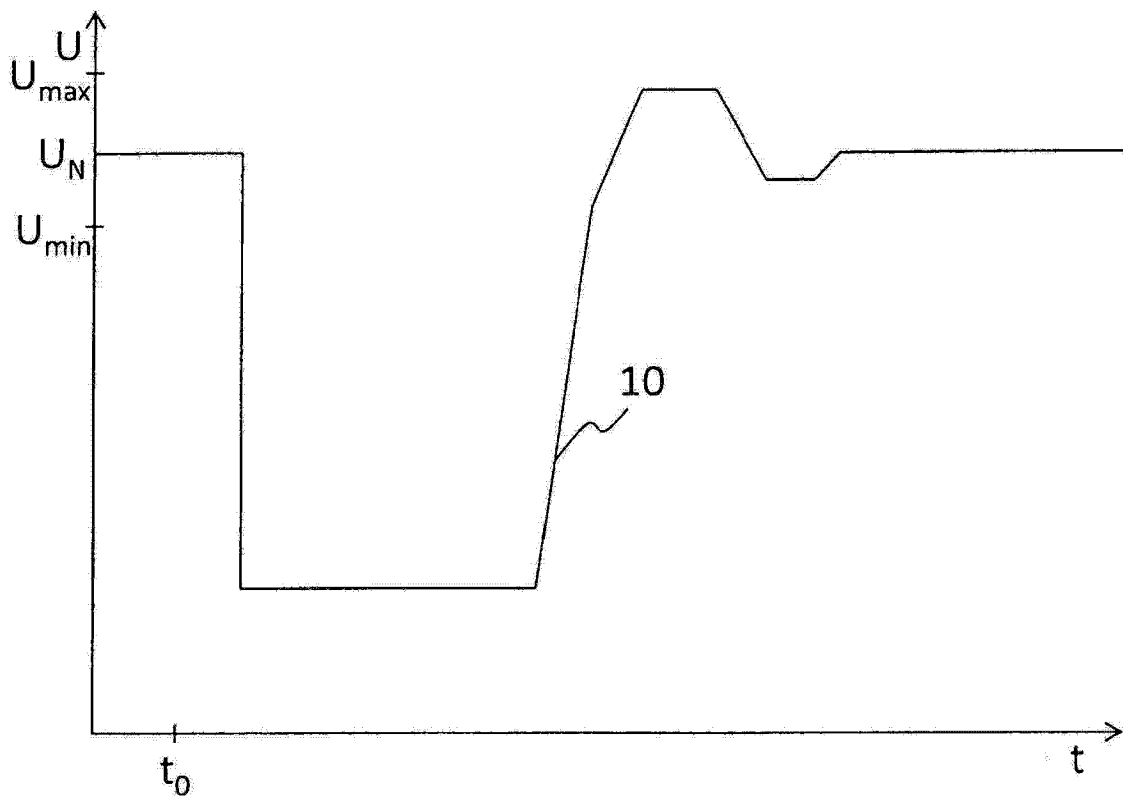


图 1

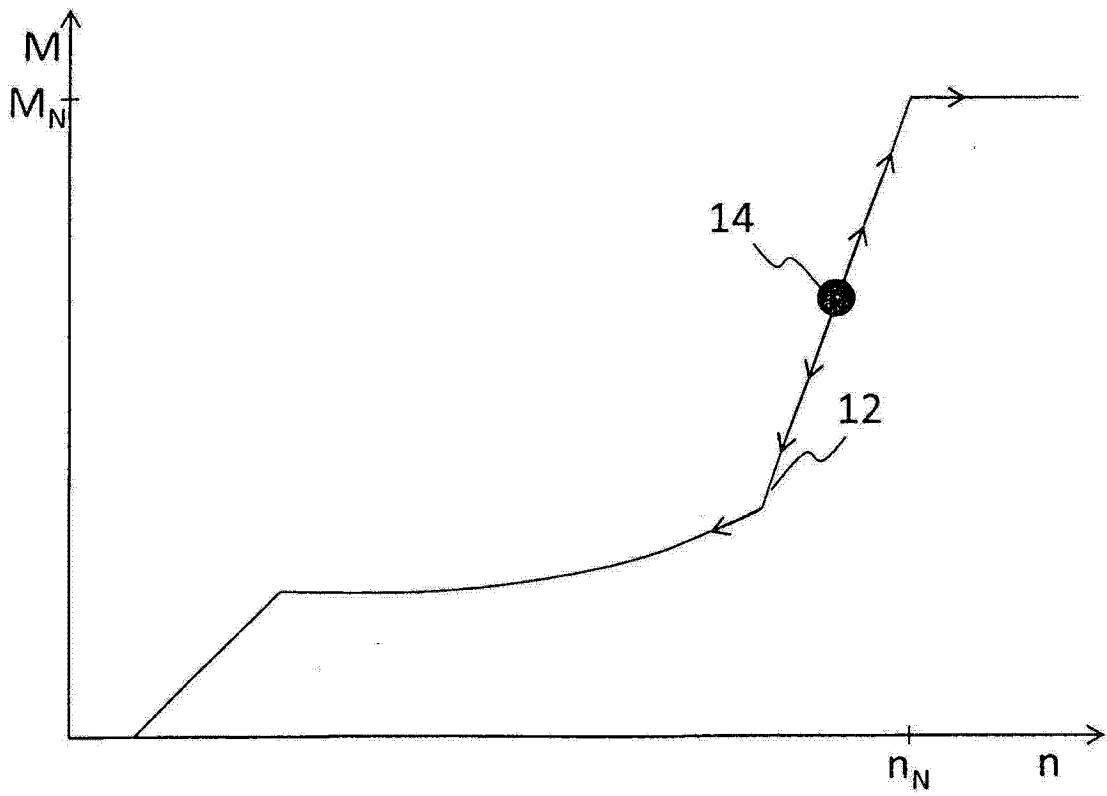


图 2

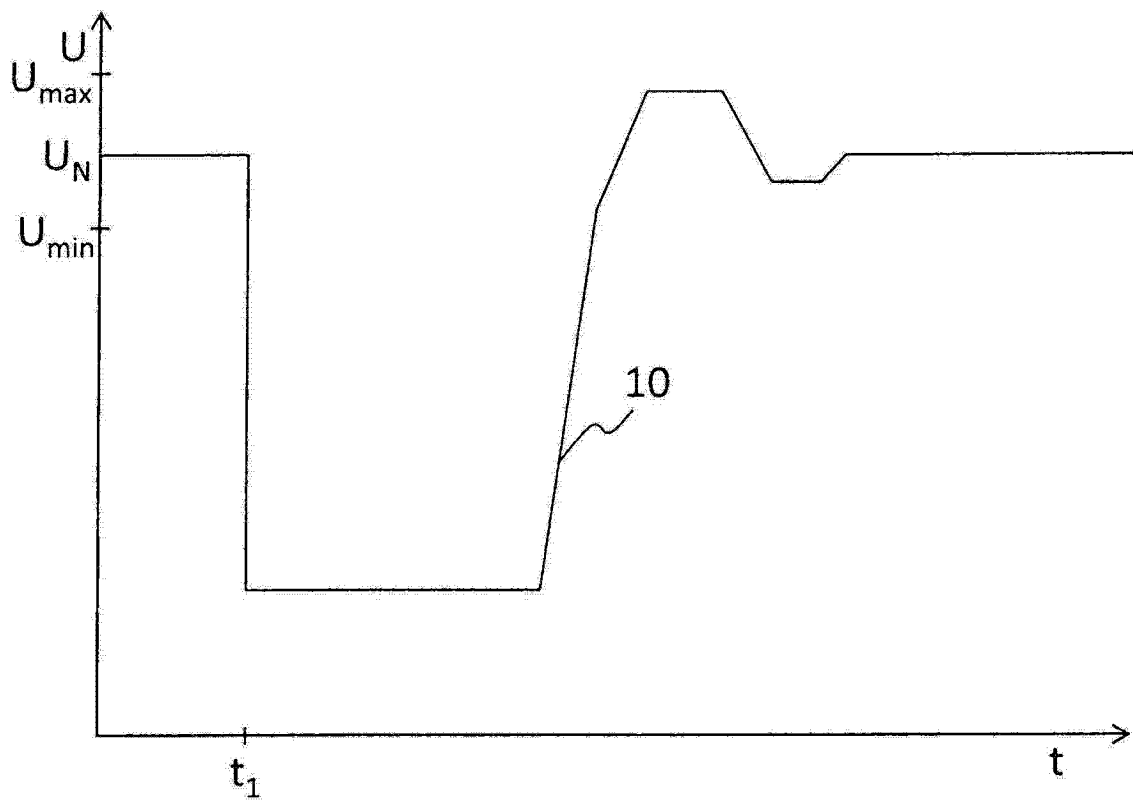


图 3

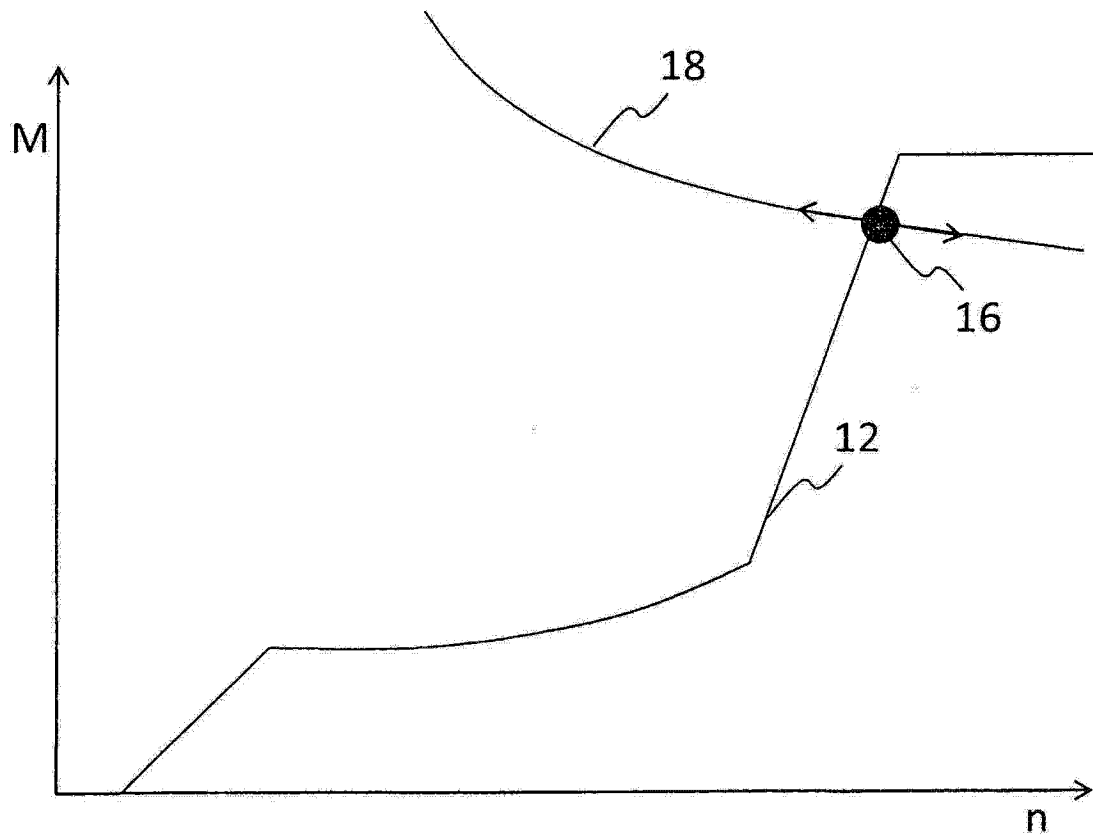


图 4

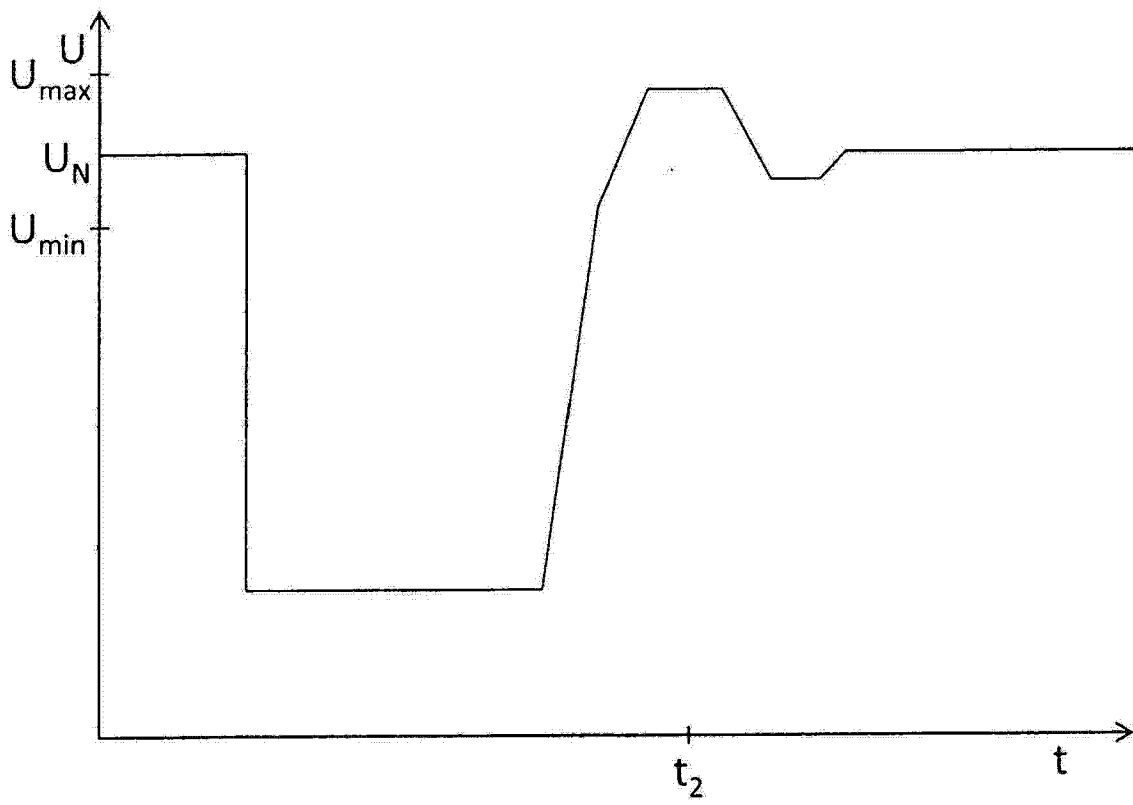


图 5

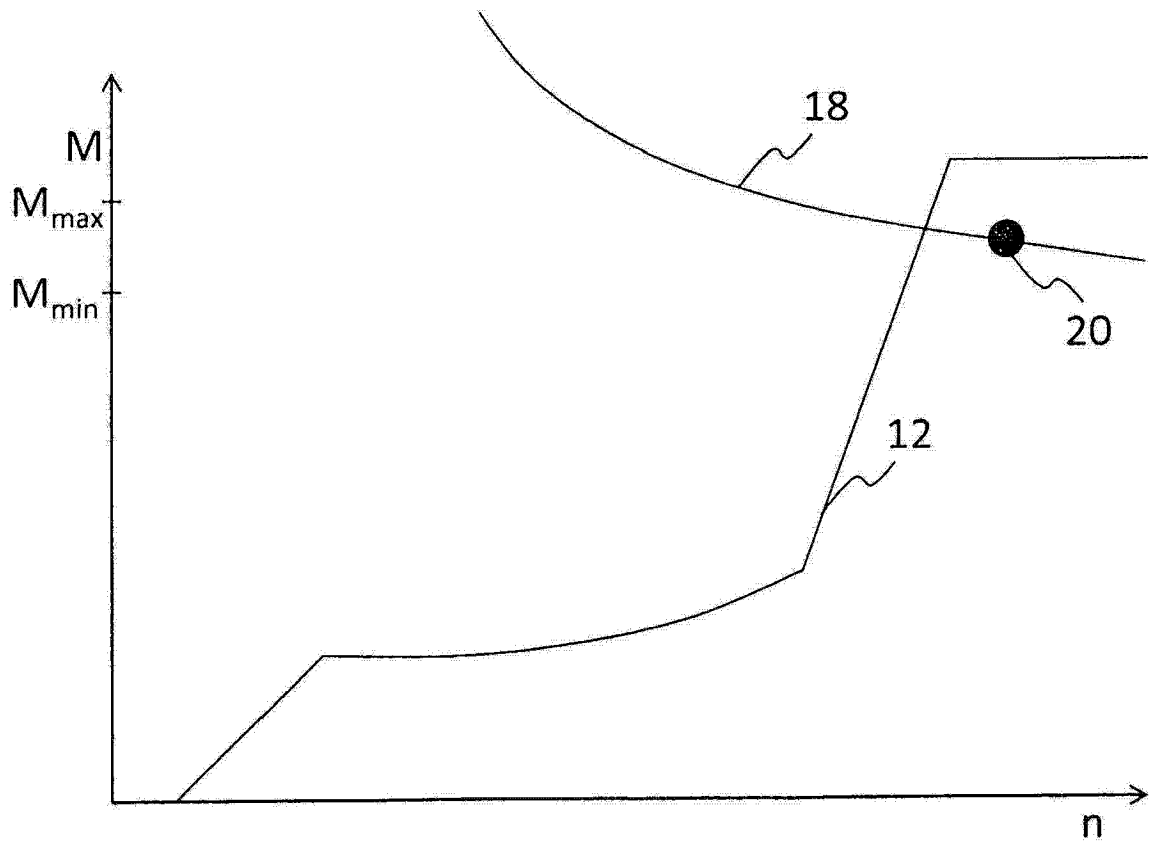


图6

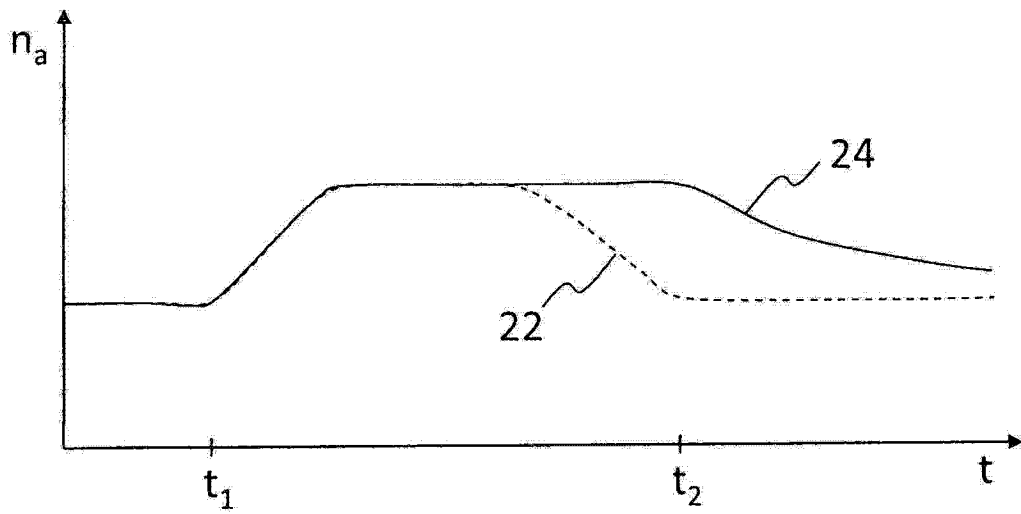


图7

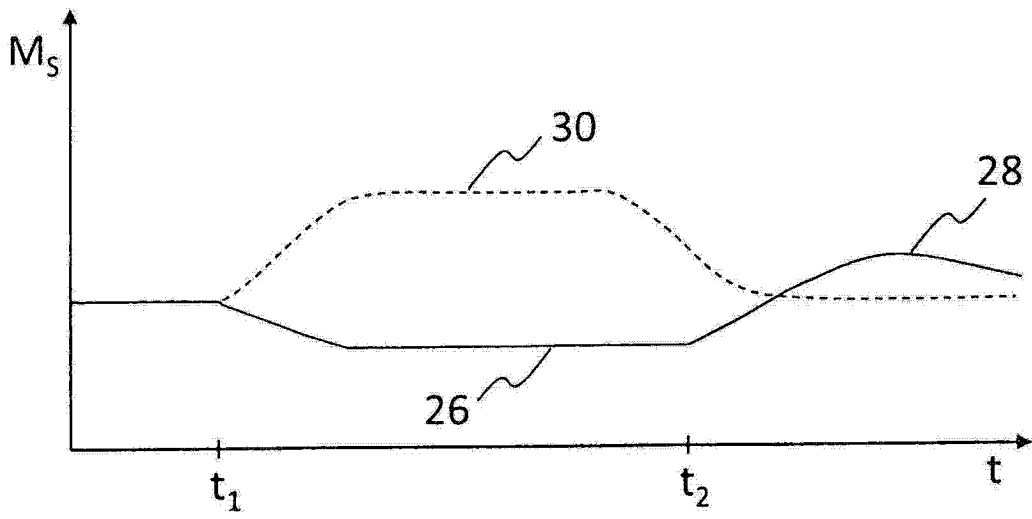


图 8

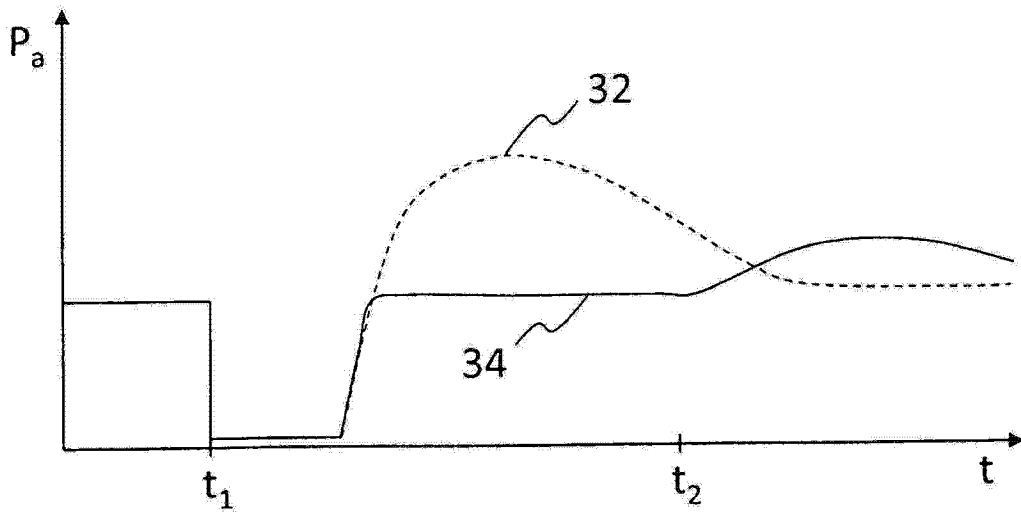


图 9

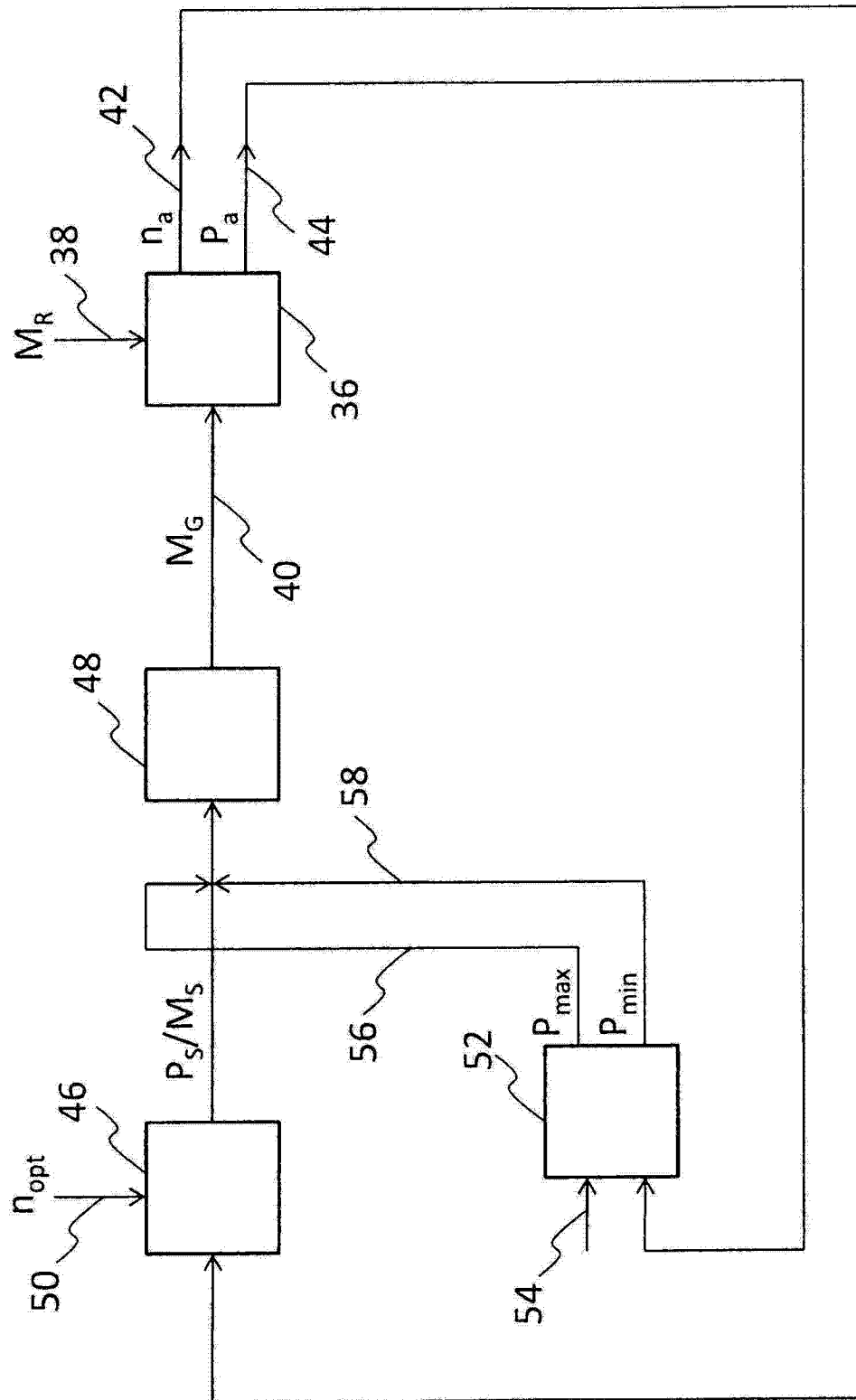


图 10

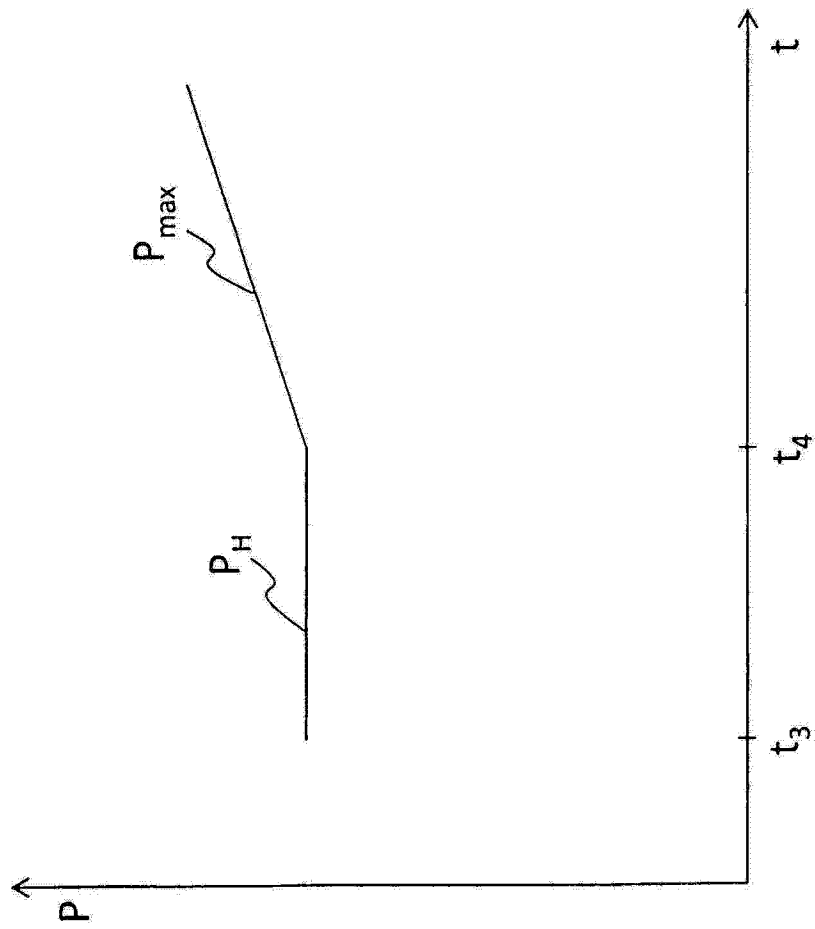


图 11

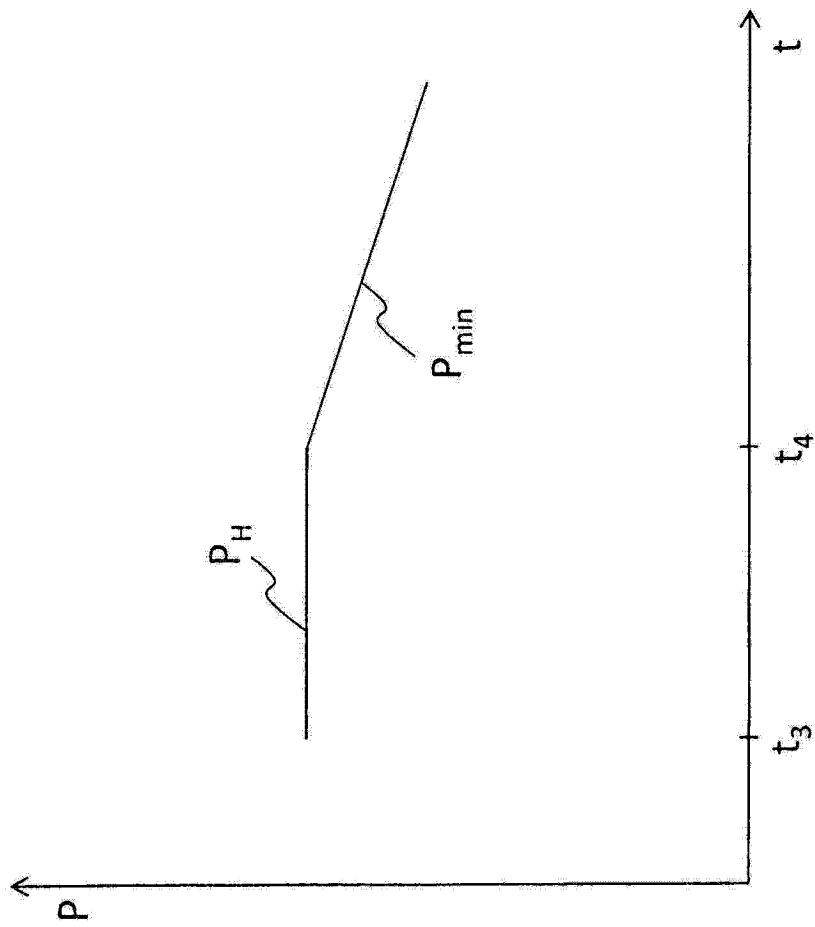


图 12

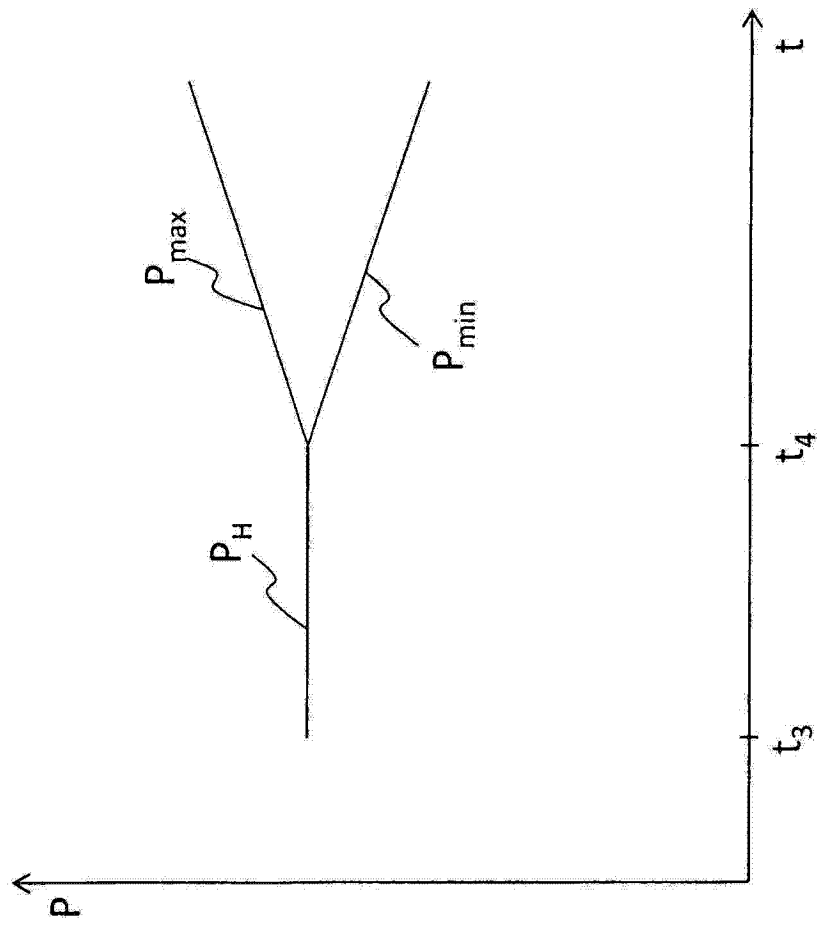


图 13