



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114256855 B

(45) 授权公告日 2024. 08. 06

(21) 申请号 202011002768.4

H02J 3/48 (2006.01)

(22) 申请日 2020.09.22

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 102510091 A, 2012.06.20

申请公布号 CN 114256855 A

CN 102570509 A, 2012.07.11

(43) 申请公布日 2022.03.29

审查员 姜苏娜

(73) 专利权人 金风科技股份有限公司

地址 830026 新疆维吾尔自治区乌鲁木齐

市经济技术开发区上海路107号

(72) 发明人 左美灵

(74) 专利代理机构 北京铭硕知识产权代理有限

公司 11286

专利代理师 高燕 王兆赓

(51) Int. Cl.

H02J 3/24 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

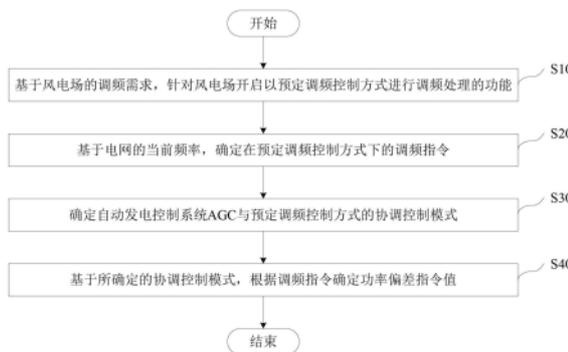
权利要求书4页 说明书14页 附图6页

(54) 发明名称

风电场的调频控制方法和装置

(57) 摘要

提供一种风电场的调频控制方法和装置,该调频控制方法包括:基于风电场的调频需求,针对风电场开启以预定调频控制方式进行调频处理的功能;基于电网的当前频率,确定在所述预定调频控制方式下的调频指令;确定自动发电控制系统AGC与预定调频控制方式的协调控制模式;基于所确定的协调控制模式,根据所述调频指令确定功率偏差指令值,以基于所确定的功率偏差指令值进行调频处理。采用本公开示例性实施例的风电场的调频控制方法和装置,能够针对不同调频方式进行独立控制,从而实现对电网的精准控制。



1. 一种风电场的调频控制方法,其特征在于,所述调频控制方法包括:
基于风电场的调频需求,针对风电场开启以预定调频控制方式进行调频处理的功能;
基于电网的当前频率,确定在所述预定调频控制方式下的调频指令;
确定自动发电控制系统AGC与所述预定调频控制方式的协调控制模式;
基于所确定的协调控制模式,根据所述调频指令确定功率偏差指令值,以基于所确定的功率偏差指令值进行调频处理;

其中,所述协调控制模式包括闭锁叠加模式,闭锁叠加模式包括第一叠加子模式和第二叠加子模式,

其中,基于所确定的协调控制模式,根据所述调频指令确定功率偏差指令值的步骤包括:

基于电网的当前频率,确定AGC所处的闭锁叠加模式,
以与AGC所处的闭锁叠加模式对应的叠加方式来基于所述调频指令确定功率偏差指令值,

其中,与第一叠加子模式对应的叠加方式为:将AGC功率指令与所述调频指令进行叠加,以获得功率偏差指令值,

与第二叠加子模式对应的叠加方式为:确定AGC功率指令的方向与所述调频指令的方向是否一致,如果AGC功率指令的方向与所述调频指令的方向一致,则将AGC功率指令与所述调频指令进行叠加以获得功率偏差指令值,如果AGC功率指令的方向与调频指令的方向不一致,则闭锁AGC调频功能,并将所述调频指令确定为功率偏差指令值。

2. 根据权利要求1所述的调频控制方法,其特征在于,所述预定调频控制方式为风电场的调频需求中所指示的调频控制方式,

和/或,所述预定调频控制方式包括以下项中的至少一项:一次调频方式、惯量响应调频方式。

3. 根据权利要求2所述的调频控制方法,其特征在于,所述调频控制方法还包括:在调频处理的过程中,接收对一次调频方式和/或惯量响应调频方式的控制参数的调整,

和/或,风电场的调频需求中还指示了功率调整方向,其中,在所述预定调频控制方式下还开启了与风电场的调频需求所指示的功率调整方向一致的功率变化功能,所述功率变化功能包括功率增大功能和功率减小功能。

4. 根据权利要求1所述的调频控制方法,其特征在于,基于电网的当前频率,确定AGC所处的闭锁叠加模式的步骤包括:

确定电网的当前频率是否处于闭锁死区范围之内,

如果处于闭锁死区范围之内,则确定AGC所处的闭锁叠加模式为第一叠加子模式,

如果不处于闭锁死区范围之内,则确定AGC所处的闭锁叠加模式为第二叠加子模式。

5. 根据权利要求1所述的调频控制方法,其特征在于,所述协调控制模式还包括AGC闭锁调频模式,AGC闭锁调频模式包括第一闭锁子模式和第二闭锁子模式,

其中,基于所确定的协调控制模式,根据所述调频指令确定功率偏差指令值的步骤包括:

确定AGC是否被限功率,

如果AGC被限功率,则基于与AGC所处的AGC闭锁调频模式对应的闭锁方式来根据所述

调频指令确定功率偏差指令值，

如果AGC未被限功率，则基于AGC功率指令和所述调频指令获得功率偏差指令值；

其中，与第一闭锁子模式对应的闭锁方式为：AGC调频功能正向、反向均闭锁，其中，在第一闭锁子模式下，闭锁AGC调频功能，并将所述调频指令确定为功率偏差指令值，

与第二闭锁子模式对应的闭锁方式为：AGC调频功能反向闭锁，其中，在第二闭锁子模式下，如果AGC功率指令的方向与所述调频指令的方向一致，则将AGC功率指令与所述调频指令进行叠加以获得功率偏差指令值，如果AGC功率指令的方向与所述调频指令的方向不一致，则闭锁AGC调频功能，并将所述调频指令确定为功率偏差指令值。

6. 根据权利要求1所述的调频控制方法，其特征在于，所述协调控制模式还包括调频闭锁AGC模式，调频闭锁AGC模式包括第三闭锁子模式和第四闭锁子模式，

其中，基于与AGC所处的调频闭锁AGC模式对应的闭锁方式来根据所述调频指令确定功率偏差指令值，

其中，在第三闭锁子模式下，通过以下方式确定功率偏差指令值：

确定所述调频指令是否为零，

如果所述调频指令为零，则确定功率偏差指令值为零，

如果所述调频指令不为零，则确定AGC是否处于调频退出过程中，

如果AGC处于调频退出过程中，则确定当前AGC功率指令与进入调频前的功率指令的差值，并将所述调频指令与所述差值之和确定为功率偏差指令值，

如果AGC不处于调频退出过程中，则将所述调频指令确定为功率偏差指令值，

其中，在第四闭锁子模式下，通过以下方式确定功率偏差指令值：

确定所述调频指令是否为零，

如果所述调频指令为零，则确定功率偏差指令值为零，

如果所述调频指令不为零，则确定在AGC功率指令为零时历史AGC功率偏差值是否为零，

如果在AGC功率指令为零时历史AGC功率偏差值不为零，则将历史AGC功率偏差值确定为当前AGC功率偏差值，

如果在AGC功率指令为零时历史AGC功率偏差值为零，则确定AGC功率指令的方向与调频指令的方向是否一致，

如果AGC功率指令的方向与调频指令的方向一致，则将AGC功率指令与所述调频指令进行叠加以获得功率偏差指令值，

如果AGC功率指令的方向与调频指令的方向不一致，则将所述调频指令确定为功率偏差指令值。

7. 根据权利要求1所述的调频控制方法，其特征在于，所述协调控制模式还包括调频叠加AGC模式，调频叠加AGC模式包括第三叠加子模式和第四叠加子模式，

其中，基于与AGC所处的调频叠加AGC模式对应的叠加方式来根据所述调频指令确定功率偏差指令值，

其中，在第三叠加子模式下，通过以下方式确定功率偏差指令值：

确定所述调频指令是否为零；

如果所述调频指令为零，则确定功率偏差指令值为零；

如果所述调频指令不为零,则将AGC功率指令与所述调频指令、历史AGC功率偏差值进行叠加以获得功率偏差指令值,

其中,在第四叠加子模式下,通过以下方式确定功率偏差指令值:

确定所述调频指令是否为零;

如果所述调频指令为零,则确定功率偏差指令值为零;

如果所述调频指令不为零,则确定在AGC功率指令为零时历史AGC功率偏差值是否为零;

如果在AGC功率指令为零时历史AGC功率偏差值不为零,则将历史AGC功率偏差值确定为当前AGC功率偏差值;

如果在AGC功率指令为零时历史AGC功率偏差值为零,则确定AGC功率指令的方向与调频指令的方向是否一致;

如果AGC功率指令的方向与调频指令的方向一致,则将AGC功率指令与所述调频指令、历史AGC功率偏差值进行叠加获得功率偏差指令值;

如果AGC功率指令的方向与调频指令的方向不一致,则将所述调频指令与历史AGC功率偏差值进行叠加获得功率偏差指令值。

8.一种根据权利要求1-7中任一项风电场的调频控制方法的调频控制装置,其特征在于,所述调频控制装置包括:

使能模块,基于风电场的调频需求,针对风电场开启以预定调频控制方式进行调频处理的功能;

调频指令确定模块,基于电网的当前频率,确定在所述预定调频控制方式下的调频指令;

协调控制模块,确定自动发电控制系统AGC与所述预定调频控制方式的协调控制模式;

功率偏差确定模块,基于所确定的协调控制模式,根据所述调频指令确定功率偏差指令值,以基于所确定的功率偏差指令值进行调频处理;

其中,所述协调控制模式包括闭锁叠加模式,闭锁叠加模式包括第一叠加子模式和第二叠加子模式,

所述功率偏差确定模块用于:

基于电网的当前频率,确定AGC所处的闭锁叠加模式,

以与AGC所处的闭锁叠加模式对应的叠加方式来基于所述调频指令确定功率偏差指令值,

其中,与第一叠加子模式对应的叠加方式为:将AGC功率指令与所述调频指令进行叠加,以获得功率偏差指令值,

与第二叠加子模式对应的叠加方式为:确定AGC功率指令的方向与所述调频指令的方向是否一致,如果AGC功率指令的方向与所述调频指令的方向一致,则将AGC功率指令与所述调频指令进行叠加以获得功率偏差指令值,如果AGC功率指令的方向与调频指令的方向不一致,则闭锁AGC调频功能,并将所述调频指令确定为功率偏差指令值。

9.根据权利要求8所述的调频控制装置,其特征在于,所述调频控制装置设置在风电场控制器中。

10.一种控制器,其特征在于,包括:

处理器；

存储器,用于存储计算机程序,所述计算机程序在被所述处理器执行时实现如权利要求1至7中任意一项所述的风电场的调频控制方法。

11.一种存储有计算机程序的计算机可读存储介质,其特征在于,当所述计算机程序在被处理器执行时实现如权利要求1至7中任意一项所述的风电场的调频控制方法。

风电场的调频控制方法和装置

技术领域

[0001] 本公开总体说来涉及风力发电技术领域,更具体地讲,涉及一种风电场的调频控制方法和装置。

背景技术

[0002] 随着新能源发电机组渗透率的不断增加,在高渗透率区域电网内,风电机组的安全性、稳定性引起了广泛关注。在电网实际运行中,当电量消耗与电量供给不匹配时,即可引起电网频率出现变化较小、变动周期较短的微小分量,这种频率扰动主要靠汽轮发电机组本身的调节系统直接自动调整汽轮机调门完成电网负荷补偿,修正电网频率的波动,这一过程即为发电机组的一次调频。

[0003] 电网频率突变之后,风电机组正常运行且有功出力大于20%额定功率 P_n 时,当并网点频率变化率超过阈值(例如,0.3赫兹Hz/秒s),风电机组快速响应于系统的频率变化率,这一过程即为惯量响应。

[0004] 目前,风电机组参与系统频率控制主要包括两个方面:惯量响应和一次调频,但在上述频率控制中,需一次调频和惯量响应同时启动,将一次调频和惯量响应各自所对应的功率偏差进行叠加来获得调频指令,这种频率控制无法实现对电网的精准控制。此外,在目前的频率控制中,一次调频和二次调频之间的协调控制方式也较为单一,且无法实现对一次调频和二次调频的独立控制。

发明内容

[0005] 本公开的示例性实施例的目的在于提供一种风电场的调频控制方法和装置,以克服上述至少一种缺陷。

[0006] 在一个总体方面,提供一种风电场的调频控制方法,所述调频控制方法包括:基于风电场的调频需求,针对风电场开启以预定调频控制方式进行调频处理的功能;基于电网的当前频率,确定在所述预定调频控制方式下的调频指令;确定自动发电控制系统AGC与所述预定调频控制方式的协调控制模式;基于所确定的协调控制模式,根据所述调频指令确定功率偏差指令值,以基于所确定的功率偏差指令值进行调频处理。

[0007] 可选地,所述调频控制方法可还包括:在调频处理的过程中,接收对一次调频方式和/或惯量响应调频方式的控制参数的调整,和/或,风电场的调频需求中还指示了功率调整方向,其中,在所述预定调频控制方式下还开启了与风电场的调频需求所指示的功率调整方向一致的功率变化功能,所述功率变化功能包括功率增大功能和功率减小功能。

[0008] 可选地,所述协调控制模式可包括以下项中的任一项:闭锁叠加模式、AGC闭锁调频模式、调频闭锁AGC模式、调频叠加AGC模式。

[0009] 可选地,所述协调控制模式可包括闭锁叠加模式,闭锁叠加模式包括第一叠加子模式和第二叠加子模式,其中,基于所确定的协调控制模式来根据所述调频指令确定功率偏差指令值的步骤可包括:基于电网的当前频率,确定AGC所处的闭锁叠加模式;以与AGC所

处的闭锁叠加模式对应的叠加方式来基于所述调频指令确定功率偏差指令值,其中,与第一叠加子模式对应的叠加方式可为:将AGC功率指令与所述调频指令进行叠加,以获得功率偏差指令值,与第二叠加子模式对应的叠加方式可为:确定AGC功率指令的方向与所述调频指令的方向是否一致,如果AGC功率指令的方向与所述调频指令的方向一致,则将AGC功率指令与所述调频指令进行叠加以获得功率偏差指令值,如果AGC功率指令的方向与调频指令的方向不一致,则闭锁AGC调频功能,并将所述调频指令确定为功率偏差指令值。

[0010] 可选地,基于电网的当前频率,确定AGC所处的闭锁叠加模式的步骤可包括:确定电网的当前频率是否处于闭锁死区范围之内,如果处于闭锁死区范围之内,则确定AGC所处的闭锁叠加模式为第一叠加子模式,如果不处于闭锁死区范围之内,则确定AGC所处的闭锁叠加模式为第二叠加子模式。

[0011] 可选地,所述协调控制模式可包括AGC闭锁调频模式,AGC闭锁调频模式包括第一闭锁子模式和第二闭锁子模式,其中,基于所确定的协调控制模式,根据所述调频指令确定功率偏差指令值的步骤可包括:确定AGC是否被限功率,如果AGC被限功率,则基于与AGC所处的AGC闭锁调频模式对应的闭锁方式来根据所述调频指令确定功率偏差指令值,如果AGC未被限功率,则基于AGC功率指令和所述调频指令获得功率偏差指令值;其中,与第一闭锁子模式对应的闭锁方式可为:AGC调频功能正向、反向均闭锁,其中,在第一闭锁子模式下,闭锁AGC调频功能,并将所述调频指令确定为功率偏差指令值,与第二闭锁子模式对应的闭锁方式可为:AGC调频功能反向闭锁,其中,在第二闭锁子模式下,如果AGC功率指令的方向与调频指令的方向一致,则将AGC功率指令与所述调频指令进行叠加以获得功率偏差指令值,如果AGC功率指令的方向与调频指令的方向不一致,则闭锁AGC调频功能,并将所述调频指令确定为功率偏差指令值。

[0012] 可选地,所述协调控制模式可包括调频闭锁AGC模式,调频闭锁AGC模式包括第三闭锁子模式和第四闭锁子模式,其中,基于与AGC所处的调频闭锁AGC模式对应的闭锁方式来根据所述调频指令确定功率偏差指令值,其中,在第三闭锁子模式下,可通过以下方式确定功率偏差指令值:确定所述调频指令是否为零,如果所述调频指令为零,则确定功率偏差指令值为零,如果所述调频指令不为零,则确定AGC是否处于调频退出过程中,如果AGC处于调频退出过程中,则确定当前AGC功率指令与进入调频前的功率指令的差值,并将所述调频指令与所述差值之和确定为功率偏差指令值,如果AGC不处于调频退出过程中,则将所述调频指令确定为功率偏差指令值,其中,在第四闭锁子模式下,可通过以下方式确定功率偏差指令值:确定所述调频指令是否为零,如果所述调频指令为零,则确定功率偏差指令值为零,如果所述调频指令不为零,则确定在AGC功率指令为零时历史AGC功率偏差值是否为零,如果在AGC功率指令为零时历史AGC功率偏差值不为零,则将历史AGC功率偏差值确定为当前AGC功率偏差值,如果在AGC功率指令为零时历史AGC功率偏差值为零,则确定AGC功率指令的方向与调频指令的方向是否一致,如果AGC功率指令的方向与调频指令的方向一致,则将AGC功率指令与所述调频指令进行叠加以获得功率偏差指令值,如果AGC功率指令的方向与调频指令的方向不一致,则将所述调频指令确定为功率偏差指令值。

[0013] 可选地,所述协调控制模式可包括调频叠加AGC模式,调频叠加AGC模式包括第三叠加子模式和第四叠加子模式,其中,基于与AGC所处的调频叠加AGC模式对应的叠加方式来根据所述调频指令确定功率偏差指令值,其中,在第三叠加子模式下,可通过以下方式确

定功率偏差指令值:确定所述调频指令是否为零;如果所述调频指令为零,则确定功率偏差指令值为零;如果所述调频指令不为零,则将AGC功率指令与所述调频指令、历史AGC功率偏差值进行叠加以获得功率偏差指令值,其中,在第四叠加子模式下,可通过以下方式确定功率偏差指令值:确定所述调频指令是否为零;如果所述调频指令为零,则确定功率偏差指令值为零;如果所述调频指令不为零,则确定在AGC功率指令为零时历史AGC功率偏差值是否为零;如果在AGC功率指令为零时历史AGC功率偏差值不为零,则将历史AGC功率偏差值确定为当前AGC功率偏差值;如果在AGC功率指令为零时历史AGC功率偏差值为零,则确定AGC功率指令的方向与调频指令的方向是否一致;如果AGC功率指令的方向与调频指令的方向一致,则将AGC功率指令与所述调频指令、历史AGC功率偏差值进行叠加获得功率偏差指令值;如果AGC功率指令的方向与调频指令的方向不一致,则将所述调频指令与历史AGC功率偏差值进行叠加获得功率偏差指令值。

[0014] 在另一总体方面,提供一种风电场的调频控制装置,所述调频控制装置包括:使能模块,基于风电场的调频需求,针对风电场开启以预定调频控制方式进行调频处理的功能;调频指令确定模块,基于电网的当前频率,确定在所述预定调频控制方式下的调频指令;协调控制模块,确定自动发电控制系统AGC与所述预定调频控制方式的协调控制模式;功率偏差确定模块,基于所确定的协调控制模式,根据所述调频指令确定功率偏差指令值,以基于所确定的功率偏差指令值进行调频处理。

[0015] 在另一总体方面,提供一种控制器,包括:处理器;存储器,用于存储计算机程序,所述计算机程序在被所述处理器执行时实现上述的风电场的调频控制方法。

[0016] 在另一总体方面,提供一种存储有计算机程序的计算机可读存储介质,当所述计算机程序在被处理器执行时实现如上述的风电场的调频控制方法。

[0017] 采用本公开示例性实施例的风电场的调频控制方法和装置,能够针对不同调频方式进行独立控制,从而实现对电网的精准控制。

附图说明

[0018] 通过下面结合示例性地示出实施例的附图进行的详细描述,本公开示例性实施例的上述和其它目的、特点和优点将会变得更加清楚。

[0019] 图1示出根据本公开示例性实施例的风电场的调频控制方法的流程图;

[0020] 图2示出根据本公开示例性实施例的一次调频下垂控制的曲线示意图;

[0021] 图3示出根据本公开示例性实施例的一次调频阶跃响应指标示意图;

[0022] 图4示出根据本公开示例性实施例的在闭锁叠加模式下确定功率偏差指令值的步骤的流程图;

[0023] 图5示出根据本公开示例性实施例的在AGC闭锁调频模式下确定功率偏差指令值的步骤的流程图;

[0024] 图6示出根据本公开示例性实施例的在调频闭锁AGC模式下确定功率偏差指令值的步骤的流程图;

[0025] 图7示出根据本公开示例性实施例的在调频叠加AGC模式下确定功率偏差指令值的步骤的流程图;

[0026] 图8示出根据本公开示例性实施例的风电场的调频控制装置的框图;

[0027] 图9示出根据本公开示例性实施例的控制器的框图。

具体实施方式

[0028] 现在,将参照附图更充分地描述不同的示例实施例,一些示例性实施例在附图中示出。

[0029] 图1示出根据本公开示例性实施例的风电场的调频控制方法的流程图。

[0030] 参照图1,在步骤S10中,基于风电场的调频需求,针对风电场开启以预定调频控制方式进行调频处理的功能。

[0031] 例如,预定调频控制方式可指风电场的调频需求中所指示的调频控制方式。作为示例,预定调频控制方式可包括以下项中的至少一项:一次调频方式、惯量响应调频方式。

[0032] 这里,一次调频(频率变化量调频)是指电网的频率一旦偏离额定值时,电网中的各风电机组的控制系统自动控制风电机组有功功率的增减,即,通过调整有功出力来减少频率偏差,使电网频率维持稳定的自动控制过程。也就是说,一次调频功能是动态的保证电网有功功率平衡的手段之一,当电网的频率升高(高于额定值)时,一次调频功能控制风电机组降低并网有功功率,当电网的频率降低(低于额定值)时,控制风电机组提高并网有功功率。

[0033] 惯量响应调频方式(频率变化率调频)可指电网的频率突变之后,风电机组有功出力随时间变化的特性。在风电机组正常运行且有功出力大于20%额定功率 P_n 、并网点频率变化率超过阈值(例如,0.3Hz/s),风电机组快速响应于系统的频率变化率。

[0034] 例如,通过控制风电机组的转子转速变化,并利用其转子动能得到风电机组的额外发电机功率,在风电机组变速控制环节附加一个与系统频率相关联的惯量响应控制环,可对原来的转速控制环节进行修正,使得风电机组可在较短的反应时间内调整其有功输出,即对系统频率具有了有效的响应。

[0035] 当电网的频率保持在其额定值且不发生变化时,惯量响应控制环节将不起任何作用,当电网的频率发生变化时,惯量响应控制环节开始根据控制需求来动作。在电网的频率下降时,风电机组通过惯量响应控制环节来降低其转子转速,从而将部分转子动能转化为有功功率输入系统。反之,当电网的频率升高时,风电机组通过提高转子转速来吸收部分电磁功率,并将转化所得的有功功率储存于风电机组的转子中,从而减少了有功功率的输出,即,实现了风电机组参与系统调频的惯量响应控制。

[0036] 目前风电机组通常都具备惯量响应以及一次调频控制能力,其调频处理方式为同时开启一次调频方式和惯量响应调频方式,并将一次调频和惯量响应各自所对应的功率偏差进行叠加来获得调频指令。然而,在本公开示例性实施例中,不仅可以同时开启一次调频方式和惯量响应调频方式,还可以仅开启一次调频方式,或者仅开启惯量响应调频方式,即,能够对一次调频方式和惯量响应调频方式进行独立控制,从而实现电网的精准控制。

[0037] 在一示例中,风电场的调频需求中除指示调频控制方式之外,可还指示功率调整方向,即,指示了功率调整是增大功率还是减少功率。

[0038] 在此情况下,在针对风电场开启以预定调频控制方式进行调频处理的功能之后,在预定调频控制方式下还开启了与风电场的调频需求所指示的功率调整方向一致的功率变化功能。作为示例,功率变化功能可包括功率增大功能和功率减小功能。

[0039] 在一可选示例中,根据本公开示例性实施例的风电场的调频控制方法可还包括:在调频处理的过程中,接收对一次调频方式和/或惯量响应调频方式的控制参数的调整。

[0040] 为了实现精准控制,对一次调频方式和惯量响应调频方式实行独立投入、独立参数配置,且控制参数可由风电场的调度系统直接控制。一次调频方式和惯量响应调频方式的控制参数可如下表1所示。

[0041] 表1

	功能/参数	默认值	修改方式
[0042]	控制使能		
	功能投入	投入	调度实时控制
	频率变化量投入	投入	调度实时控制
	频率变化率投入	退出	调度实时控制
	一次调频(频率变化量)控制参数设置		
[0043]	过频投入	1	在线可调
	过频死区	0.1	在线可调
	过频截止频率	50.2	在线可调
	过频斜率	1	在线可调
	低频投入	1	在线可调
	低频死区	0.1	在线可调
	低频截止频率	49.8	在线可调
	低频斜率	1	在线可调
	惯量响应(频率变化率)控制参数设置		
	频率变化率	0.04	在线可调

[0044] 通过对以上控制参数的实时调整,能够实现统一、自动、精准控制,弥补了现有技术不灵活的不足,满足了电网灵活可控目标、实现电网友好型。

[0045] 在步骤S20中,基于电网的当前频率,确定在预定调频控制方式下的调频指令。

[0046] 这里,调频指令包括在预定调频控制方式下的功率偏差值。例如,针对仅开启一次调频方式的情况(即,预定调频控制方式为一次调频方式的情况),调频指令可指在一次调频方式下所确定的功率偏差值。

[0047] 针对仅开启惯量响应调频方式的情况(即,预定调频控制方式为惯量响应调频方式的情况),调频指令可指在惯量响应调频方式下所确定的功率偏差值。

[0048] 针对同时开启一次调频方式和惯量响应调频方式的情况(即,预定调频控制方式为一次调频方式和惯量响应调频方式的情况),调频指令可指在一次调频方式下所确定的功率偏差值与在惯量响应调频方式下所确定的功率偏差值的叠加。

[0049] 下面参照图2来介绍确定在一次调频方式下的功率偏差值的过程。

[0050] 图2示出根据本公开示例性实施例的一次调频下垂控制的曲线示意图。

[0051] 如图2所示,新能源(如风电场、光伏电站)场站,针对电网的频率高于额定值

(即,高频扰动)的情况,一次调频方式对应的动作量如果达到10%额定出力则不再向下调节,针对电网的频率低于额定值(即,低频扰动)的情况,一次调频方式对应的动作量如果达到5%额定出力则不再向上调节。

[0052] 例如,一次调频下垂特性可通过设定频率与有功功率折线函数实现,即,频率变化量调频是指在一次调频调节死区以外,新能源场站一次调频有功调节量与频率偏差大小符合下垂特性,作为示例,可利用如下公式来表示:

$$[0053] \quad P = P_0 - \frac{1}{\delta\%} \times P_N \times (f - f_d) / f_N \quad (1)$$

[0054] 公式(1)中,P表示当前的有功功率值, P_0 表示有功功率初值, P_N 表示额定功率值, f 表示当前并网点频率值, f_d 表示一次调频死区, f_N 表示频率的额定值, $\delta\%$ 表示新能源场站一次调频的调差系数。这里,P与 P_0 的差值即为一次调频方式下的功率偏差值。

[0055] 作为示例,调差系数 $\delta\%$ 为系统频率变化量标么值(以额定频率为基准值)与有功功率变化量标么值(以额定功率为基准值)之比。

[0056] 例如,在图2所示的下垂特性曲线中,一次调频死区 f_d 设定为0.05Hz,调差系数 $\delta\%$ 设定为5%,一次调频功率上调节最大功率限幅设定为6% P_N ,一次调频功率下调节最大功率限幅设定为10% P_N 。

[0057] 图3示出根据本公开示例性实施例的一次调频阶跃响应指标示意图。

[0058] 如图3所示,一次调频阶跃响应指标如下: t_0 表示起始时间, t_d 表示启动时间, t_{up} 表示响应时间, t_s 表示调节时间, P_N 表示额定功率值, ΔP 表示目标功率调节量。

[0059] 应理解,上述介绍的确定在一次调频方式下的功率偏差值的方式仅为一个示例,本领域技术人员还可以通过其他方式来确定在一次调频方式下的功率偏差值。此外,图2和图3中所列举的参数数值仅为示例,本公开不限于此,本领域技术人员可以根据需要来对各参数数值进行调整。

[0060] 下面介绍确定在惯量响应调频方式下的功率偏差值的过程。

[0061] 在惯量响应调频方式下,虚拟同步发电机有功功率变化量 ΔP (即,功率偏差值)应满足如下公式:

$$[0062] \quad \Delta P \approx -\frac{T_J}{f_N} \frac{df}{dt} P_N \quad (2)$$

[0063] 公式(2)中, f 表示当前并网点频率值, f_N 表示频率的额定值, P_N 表示额定功率值, T_J 表示惯性时间常数。

[0064] 例如,惯性时间常数 T_J 可利用如下公式来计算:

$$[0065] \quad T_J = \frac{J \cdot \omega_N^2}{P_N} \quad (3)$$

[0066] 公式(3)中,J表示虚拟同步发电机转动惯量, P_N 表示虚拟同步发电机的额定有功功率值, ω_N 表示系统额定角速度。

[0067] 应理解,上述介绍的确定在惯量响应调频方式下的功率偏差值的方式仅为一个示例,本领域技术人员还可以通过其他方式来确定在惯量响应调频方式下的功率偏差值。

[0068] 返回图1,在步骤S30中,确定自动发电控制系统AGC与预定调频控制方式的协调控

制模式。

[0069] 上述预定调频控制方式为有差调节,其只能缓和电网频率的改变程度,因此还需要利用同步器来增、减速某些风电机组的负荷,以恢复电网频率,这一过程称为二次调频。

[0070] 也就是说,在经过二次调频后,电网频率才能精确地保持恒定值,目前二次调频存在两种方式:由调度系统下发总指令到各新能源场站来调整负荷;风电机组采用AGC方式,实现风电机组负荷自动调度。即,一次调频是汽轮机调速系统根据电网频率的变化,自动进行调整风电机组负荷以恢复电网频率,二次调频是人为根据电网频率高低来调整风电机组负荷。

[0071] 预定调频控制方式与AGC的协调控制模式为调度参与实时选择控制方式,在本公开示例性实施例中,共列举四种协调控制模式选择完成预定调频控制方式与AGC的协调控制。这里,如果不选择协调控制模式,则此时仅以预定调频控制方式进行调频处理,在此情况下,功率偏差指令值为调频指令。

[0072] 作为示例,协调控制模式可包括但不限于以下项中的任一项:闭锁叠加模式、AGC闭锁调频模式、调频闭锁AGC模式、调频叠加AGC模式。

[0073] 在本公开示例性实施例中,预定调频控制方式与AGC之间具有多种协调控制模式,并且在每种协调控制模式下还包括各子模式,多种协调控制模式并存,互补干扰,以实现灵活选择。预定调频控制方式与AGC的协调控制模式如下表2所示。

[0074] 表2

预定调频控制方式与AGC的协调控制模式				
[0075]	闭锁叠加	第一叠加子模式	退出	在线可调
		第二叠加子模式	退出	在线可调
	AGC闭锁调频	第一闭锁子模式	投入	调度实时控制
		第二闭锁子模式	投入	调度实时控制
[0076]	调频闭锁AGC	第三闭锁子模式	退出	调度实时控制
		第四闭锁子模式	退出	调度实时控制
	调频叠加AGC	第三叠加子模式	退出	调度实时控制
		第四叠加子模式	退出	调度实时控制

[0077] 如表2所示,针对闭锁叠加模式,可以在线实时控制该协调控制模式的投入和退出。针对AGC闭锁调频模式、调频闭锁AGC模式、调频叠加AGC模式,可以基于调度系统来实时控制各协调控制模式的投入和退出。例如,可以将上述三种协调控制模式提供给调度系统,调度系统从所提供的各协调控制模式中选择一种协调控制模式,并反馈模式选择信息,在所反馈的模式选择信息中指示所选择的协调控制模式,此时,可以基于从调度系统接收的模式选择信息,控制该模式选择信息所指示的被选择的协调控制模式投入,控制其他协调控制模式退出。

[0078] 在步骤S40中,基于所确定的协调控制模式,根据调频指令确定功率偏差指令值,进而基于所确定的功率偏差指令值进行调频处理。

[0079] 例如,可将所确定的功率偏差指令值下发至风电场中的各风电机组,以控制各风

电机组进行调频处理。

[0080] 在本公开示例性实施例中,预定调频控制方式(如一次调频)和二次调频之间的协调控制方式能够进行独立控制,从而实现电网精准控制。下面参照图4-图7来介绍在不同协调控制模式下确定功率偏差指令值的过程。

[0081] 图4示出根据本公开示例性实施例的在闭锁叠加模式下确定功率偏差指令值的步骤的流程图。

[0082] 参照图4,在步骤S411中,基于电网的当前频率,确定AGC所处的闭锁叠加模式。

[0083] 作为示例,闭锁叠加模式可包括第一叠加子模式和第二叠加子模式,此时,可基于电网的当前频率确定AGC处于哪一叠加子模式。

[0084] 例如,可确定电网的当前频率是否处于闭锁死区范围之内,如果处于闭锁死区范围之内(例如,小于或者等于闭锁死区范围的上限值、大于或者等于闭锁死区范围的下限值),则确定AGC所处的闭锁叠加模式为第一叠加子模式,如果不处于闭锁死区范围之内(例如,大于闭锁死区范围的上限值或者小于闭锁死区范围的下限值),则确定AGC所处的闭锁叠加模式为第二叠加子模式。

[0085] 在步骤S412中,以与AGC所处的闭锁叠加模式对应的叠加方式来基于调频指令确定功率偏差指令值。

[0086] 例如,与第一叠加子模式对应的叠加方式可为:将AGC功率指令与调频指令进行叠加,以获得功率偏差指令值,即,如果处于闭锁死区范围之内,则将AGC功率指令与调频指令进行代数和叠加。

[0087] 这里,AGC功率指令指在AGC下所确定的功率偏差值,可利用各种方式来确定在AGC下的功率偏差值。

[0088] 例如,与第二叠加子模式对应的叠加方式可为:处于闭锁死区范围外,则正向叠加,反向闭锁。具体地,可确定AGC功率指令的方向与调频指令的方向是否一致,如果AGC功率指令的方向与调频指令的方向一致(正向),则将AGC功率指令与调频指令进行叠加以获得功率偏差指令值,如果AGC功率指令的方向与调频指令的方向不一致(反向),则闭锁AGC调频功能,此时,功率偏差指令值为调频指令。

[0089] 图5示出根据本公开示例性实施例的在AGC闭锁调频模式下确定功率偏差指令值的步骤的流程图。

[0090] 参照图5,在步骤S421中,确定AGC是否被限功率。

[0091] 在一示例中,可通过如下方式来确定AGC是否被限功率:确定功率参照值,确定功率参照值是否满足预设条件,如果功率参照值满足预设条件,则确定AGC未被限功率,如果功率参照值不满足预设条件,则确定AGC被限功率。

[0092] 作为示例,功率参照值可包括但不限于以下项中的任一项:实测功率偏差值、额定功率偏差值、AGC下的功率值。

[0093] 针对功率参照值为实测功率偏差值的情况,可以基于AGC下的功率值和实测功率值来确定实测功率偏差值。

[0094] 例如,可利用如下公式来确定:

$$[0095] \quad \Delta P_{\text{real}} = P_{\text{cmd_agc}} - P_{\text{real}} \quad (4)$$

[0096] 公式(4)中, ΔP_{real} 表示实测功率偏差值, $P_{\text{cmd_agc}}$ 表示AGC下的功率值, P_{real} 表示

实测功率值。

[0097] 在此情况下,如果实测功率偏差值 ΔP_{real} 小于第一设定值 α ,则确定功率参照值满足预设条件,如果实测功率偏差值 ΔP_{real} 不小于(即,大于或者等于)第一设定值 α ,则确定功率参照值不满足预设条件。

[0098] 在一示例中,第一设定值 α 可以基于额定功率值 P_{rated} 来确定,例如, $\alpha = 0.1 \times P_{\text{rated}}$ 。

[0099] 针对功率参照值为额定功率偏差值的情况,可以基于AGC下的功率值和额定功率值,确定额定功率偏差值。

[0100] 例如,可利用如下公式来确定:

$$[0101] \quad \Delta P_{\text{rated}} = P_{\text{cmd_agc}} - P_{\text{rated}} \quad (5)$$

[0102] 公式(5)中, ΔP_{rated} 表示额定功率偏差值, $P_{\text{cmd_agc}}$ 表示AGC下的功率值, P_{rated} 表示额定功率值。

[0103] 在此情况下,如果额定功率偏差值 ΔP_{rated} 小于第二设定值 β ,则确定功率参照值满足预设条件,如果额定功率偏差值 ΔP_{rated} 不小于(即,大于或者等于)第二设定值 β ,则确定功率参照值不满足预设条件。

[0104] 在一示例中,第二设定值 β 可以基于额定功率值 P_{rated} 来确定,例如, $\beta = 0.01 \times P_{\text{rated}}$ 。这里,第一设定值 α 大于第二设定值 β 。

[0105] 针对功率参照值为AGC下的功率值 $P_{\text{cmd_agc}}$ 的情况,如果 $P_{\text{cmd_agc}}$ 等于第三设定值,则确定功率参照值满足预设条件,如果 $P_{\text{cmd_agc}}$ 不等于第三设定值,则确定功率参照值不满足预设条件。作为示例,第三设定值可等于零。

[0106] 这里,应理解,上述所列举的第一设定值 α 、第二设定值 β 、第三设定值的取值仅为示例,本公开不限于此,本领域技术人员可以根据需要来对上述各设定值的取值进行调整。

[0107] 也就是说,当AGC被限功率后,AGC闭锁调频功能,AGC限功率恢复后,调频可以根据实际需求自动调节,调频在当前功率的基础上调节,如果调频动作过程中,AGC被限功率,调频立即退出,并将调频动作信号收回。

[0108] 如果AGC未被限功率,则执行步骤S422:基于AGC功率指令和调频指令获得功率偏差指令值。例如,可通过将AGC功率指令与调频指令进行叠加来获得功率偏差指令值。

[0109] 此时,AGC不闭锁调频功能,当并网点频率超出死区后,则触发调频动作,并发送AGC和调度调频动作信号。

[0110] 例如,AGC闭锁调频模式可包括但不限于第一闭锁子模式和第二闭锁子模式,作为示例,第一闭锁子模式可指AGC调频功能正向、反向均闭锁,第二闭锁子模式可指AGC调频功能反向闭锁,即,当AGC被限功率后,且AGC功率指令的方向与调频指令的方向相反时,闭锁AGC调频功能,两者方向相同时不闭锁。

[0111] 如果AGC被限功率,则可以基于与AGC所处的AGC闭锁调频模式对应的闭锁方式来根据调频指令确定功率偏差指令值。

[0112] 例如,在步骤S423中,确定AGC调频功能反向闭锁是否开启,即,确定第二闭锁子模式是否开启。这里,可以由调度系统控制哪一闭锁子模式被开启。

[0113] 如果AGC调频功能反向闭锁未开启,则执行步骤S424:确定AGC处于第一闭锁子模式。

- [0114] 在步骤S425中,在第一闭锁子模式下,闭锁AGC调频功能,并将调频指令确定为功率偏差指令值。
- [0115] 如果AGC调频功能反向闭锁开启,则执行步骤S426:确定AGC处于第二闭锁子模式。
- [0116] 在步骤S427中,确定调频指令 ΔP_{PFC} 是否为零。
- [0117] 如果调频指令 ΔP_{PFC} 为零,则执行步骤S428:确定功率偏差指令值为零。在此情况下,还可以执行AGC_AGCCommandP0赋值、AGC $\Delta P_{FlagOld}$ 赋值。这里,AGC_AGCCommandP0表示起始点(进入AGC时)的功率值,AGC $\Delta P_{FlagOld}$ 表示历史AGC功率偏差值,即,上一次执行调频控制时的AGC功率偏差值。
- [0118] 如果调频指令 ΔP_{PFC} 不为零,则执行步骤S429:确定是否满足判断条件。
- [0119] 作为示例,确定是否满足判断条件可指确定在Pcmd_agc-AGC_AGCCommandP0等于零时,AGC $\Delta P_{FlagOld}$ 是否等于零。
- [0120] 如果Pcmd_agc-AGC_AGCCommandP0等于零时,AGC $\Delta P_{FlagOld}$ 不等于零,则确定满足判断条件,如果Pcmd_agc-AGC_AGCCommandP0等于零时,AGC $\Delta P_{FlagOld}$ 等于零,则确定不满足判断条件。
- [0121] 如果满足判断条件,则执行步骤S430:将历史AGC功率偏差值确定为当前AGC功率偏差值,即,AGC $\Delta P_{Flag} = \text{AGC}\Delta P_{FlagOld}$ 。此时,将调频指令与AGC ΔP_{Flag} 进行叠加获得功率偏差指令值。
- [0122] 如果不满足判断条件,则执行步骤S431:确定AGC功率指令的方向与调频指令的方向是否一致。
- [0123] 例如,可对Pcmd_agc-AGC_AGCCommandP0的方向与 ΔP_{PFC} 的方向进行判断。
- [0124] 如果AGC功率指令的方向与调频指令的方向不一致,则执行步骤S432:闭锁AGC调频功能,并将调频指令确定为功率偏差指令值。
- [0125] 如果AGC功率指令的方向与调频指令的方向一致,则执行步骤S433:将功率指令与调频指令进行叠加以获得功率偏差指令值。
- [0126] 图6示出根据本公开示例性实施例的在调频闭锁AGC模式下确定功率偏差指令值的步骤的流程图。
- [0127] 作为示例,调频闭锁AGC模式可包括但不限于第三闭锁子模式和第四闭锁子模式,例如,第三闭锁子模式可指正反向闭锁,第四闭锁子模式可指反向闭锁。
- [0128] 在此情况下,可以基于与AGC所处的调频闭锁AGC模式对应的闭锁方式来根据调频指令确定功率偏差指令值。
- [0129] 具体地,参照图6,在步骤S441中,确定反向闭锁是否开启。
- [0130] 如果反向闭锁未开启,则表明AGC处于第三闭锁子模式下,即,正反向闭锁。在步骤S442中,确定调频指令是否为零。
- [0131] 如果调频指令为零,则执行步骤S443:确定功率偏差指令值为零BlockLogic $\Delta P = 0$ 。
- [0132] 如果调频指令不为零,则执行步骤S444:确定AGC是否处于调频退出过程中。这里,可以利用各种方式来确定AGC是否处于调频退出过程中。
- [0133] 如果AGC不处于调频退出过程中,则执行步骤S445:将调频指令确定为功率偏差指令值。

[0134] 如果AGC处于调频退出过程中,则执行步骤S446:确定当前AGC功率指令与进入调频前的功率指令的差值,并将调频指令与上述差值之和确定为功率偏差指令值。

[0135] 例如,可利用如下公式来确定AGC功率指令:

$$[0136] \quad \text{DeltP_AGC} = \text{Pcmd_agc} - \text{PFC_AGCCommandP0} \quad (6)$$

[0137] 公式(6)中,Del tP_AGC表示AGC下的功率偏差值,Pcmd_agc表示AGC下的功率值,PFC_AGCCommandP0表示起始点的功率值。

[0138] 如果反向闭锁开启,则表明AGC处于第四闭锁子模式下,在步骤S447中,确定调频指令是否为零。

[0139] 如果调频指令为零,则执行步骤S448:确定功率偏差指令值BlockLogicDeltP为零,且AGCDeltPFlagOld=0。

[0140] 如果调频指令不为零,则执行步骤S449:确定在AGC功率指令Del tP_AGC为零时AGCDeltPFlagOld是否为零。

[0141] 如果在AGC功率指令为零时AGCDeltPFlagOld不为零,则执行步骤S450:将历史AGC功率偏差值确定为当前AGC功率偏差值,此时,将调频指令与AGCDeltPFlag进行叠加获得功率偏差指令值。

[0142] 如果在AGC功率指令为零时AGCDeltPFlagOld为零,则执行步骤S451:确定AGC功率指令Del tP_AGC的方向与调频指令Del tP_FPC的方向是否一致。

[0143] 如果AGC功率指令的方向与调频指令的方向不一致,则执行步骤S452:将调频指令确定为功率偏差指令值BlockLogicDeltP。

[0144] 如果AGC功率指令的方向与调频指令的方向一致,则执行步骤S453:将AGC功率指令与调频指令进行叠加以获得功率偏差指令值。

[0145] 图7示出根据本公开示例性实施例的在调频叠加AGC模式下确定功率偏差指令值的步骤的流程图。

[0146] 作为示例,调频叠加AGC模式可包括但不限于第三叠加子模式和第四叠加子模式,例如,第三叠加子模式可指正反向叠加,第四叠加子模式可指正向叠加。

[0147] 在此情况下,可进而基于与AGC所处的调频叠加AGC模式对应的叠加方式来根据调频指令确定功率偏差指令值。

[0148] 参照图7,在步骤S461中,确定正向叠加是否开启。

[0149] 如果正向叠加未开启,则表明AGC处于第三叠加子模式下,即,正反向AGC均叠加调频指令,在步骤S462中,确定调频指令是否为零。

[0150] 如果调频指令为零,则执行步骤S463:确定功率偏差指令值为零,即,BlockLogicDeltP=0。

[0151] 如果调频指令不为零,则执行步骤S464:将AGC功率指令与调频指令、PA_Delt_AGCOld进行叠加以获得功率偏差指令值。

[0152] 例如,可利用如下公式来确定功率偏差指令值:

$$[0153] \quad \text{BlockLogicDeltP} = \text{DeltP_FPC} + \text{DeltP_AGC} + \text{PA_Delt_AGCOld} \quad (7)$$

[0154] 公式(7)中,BlockLogicDeltP表示功率偏差指令值,Del tP_FPC表示预定调频控制方式下的功率偏差值,Del tP_AGC表示AGC下的功率偏差值,PA_Delt_AGCOld表示历史AGC功率偏差值。

[0155] 如果正向叠加开启,则表明AGC处于第四叠加子模式下,在步骤S465中,确定调频指令是否为零。

[0156] 如果调频指令为零,则执行步骤S466:确定功率偏差指令值为零,即,BlockLogicDeltP=0。

[0157] 如果调频指令不为零,则执行步骤S467:确定在AGC功率指令为零时历史AGC功率偏差值是否为零。

[0158] 如果在AGC功率指令为零时历史AGC功率偏差值不为零,则执行步骤S468:将历史AGC功率偏差值确定为当前AGC功率偏差值,此时,将调频指令与AGCDeltPFlag进行叠加获得功率偏差指令值。

[0159] 如果在AGC功率指令为零时历史AGC功率偏差值为零,则执行步骤S469:确定AGC功率指令DeltP_AGC的方向与调频指令DeltP_FPC的方向是否一致。

[0160] 如果AGC功率指令的方向与调频指令的方向不一致,则执行步骤S470:将调频指令与历史AGC功率偏差值PA_Delt_AGCOld进行叠加获得功率偏差指令值。

[0161] 例如,可利用如下公式来确定功率偏差指令值:

$$[0162] \quad \text{BlockLogicDeltP} = \text{DeltP_FPC} + \text{PA_Delt_AGCOld} \quad (8)$$

[0163] 公式(8)中,BlockLogicDeltP表示功率偏差指令值,DeltP_FPC表示预定调频控制方式下的功率偏差值,PA_Delt_AGCOld表示历史AGC功率偏差值。

[0164] 如果AGC功率指令的方向与调频指令的方向一致,则执行步骤S471:将AGC功率指令与调频指令、历史AGC功率偏差值PA_Delt_AGCOld进行叠加获得功率偏差指令值,如上述公式(7)所示。

[0165] 图8示出根据本公开示例性实施例的风电场的调频控制装置的框图。

[0166] 如图8所示,根据本公开示例性实施例的风电场的调频控制装置100包括:使能模块101、调频指令确定模块102、协调控制模块103和功率偏差确定模块104。在一示例中,调频控制装置100可设置在风电场控制器中。

[0167] 具体说来,使能模块101基于风电场的调频需求,针对风电场开启以预定调频控制方式进行调频处理的功能。

[0168] 例如,预定调频控制方式可指风电场的调频需求中所指示的调频控制方式。作为示例,预定调频控制方式可包括以下项中的至少一项:一次调频方式、惯量响应调频方式。

[0169] 除此之外,风电场的调频需求中可还指示了功率调整方向,即,指示了功率调整是增大功率还是减少功率。

[0170] 在此情况下,在针对风电场开启以预定调频控制方式进行调频处理的功能之后,使能模块101在预定调频控制方式下还开启了与风电场的调频需求所指示的功率调整方向一致的功率变化功能。作为示例,功率变化功能可包括功率增大功能和功率减小功能。

[0171] 在一可选示例中,在调频处理的过程中,使能模块101接收对一次调频方式和/或惯量响应调频方式的控制参数的调整。

[0172] 调频指令确定模块102基于电网的当前频率,确定在预定调频控制方式下的调频指令。

[0173] 例如,针对仅开启一次调频方式的情况(即,预定调频控制方式为一次调频方式的情况),调频指令可指在一次调频方式下所确定的功率偏差值。

[0174] 针对仅开启惯量响应调频方式的情况(即,预定调频控制方式为惯量响应调频方式的情况),调频指令可指在惯量响应调频方式下所确定的功率偏差值。

[0175] 针对同时开启一次调频方式和惯量响应调频方式的情况(即,预定调频控制方式为一次调频方式和惯量响应调频方式的情况),调频指令可指在一次调频方式下所确定的功率偏差值与在惯量响应调频方式下所确定的功率偏差值的叠加。

[0176] 协调控制模块103确定自动发电控制系统AGC与预定调频控制方式的协调控制模式。

[0177] 作为示例,协调控制模式可包括但不限于以下项中的任一项:闭锁叠加模式、AGC闭锁调频模式、调频闭锁AGC模式、调频叠加AGC模式。

[0178] 功率偏差确定模块104基于所确定的协调控制模式,根据调频指令确定功率偏差指令值,进而基于所确定的功率偏差指令值进行调频处理。

[0179] 针对协调控制模式为闭锁叠加模式的情况,功率偏差确定模块104确定功率偏差指令值的过程为:基于电网的当前频率,确定AGC所处的闭锁叠加模式,以与AGC所处的闭锁叠加模式对应的叠加方式来基于调频指令确定功率偏差指令值。

[0180] 针对协调控制模式为AGC闭锁调频模式的情况,功率偏差确定模块104确定功率偏差指令值的过程为:确定AGC是否被限功率,如果AGC未被限功率,则基于AGC功率指令和调频指令获得功率偏差指令值,如果AGC被限功率,则可基于与AGC所处的AGC闭锁调频模式对应的闭锁方式来根据调频指令确定功率偏差指令值。

[0181] 针对协调控制模式为调频闭锁AGC模式的情况,功率偏差确定模块104确定功率偏差指令值的过程为:可基于与AGC所处的调频闭锁AGC模式对应的闭锁方式来根据调频指令确定功率偏差指令值。

[0182] 针对协调控制模式为调频叠加AGC模式的情况,功率偏差确定模块104确定功率偏差指令值的过程为:可基于与AGC所处的调频叠加AGC对应的叠加方式来根据调频指令确定功率偏差指令值。

[0183] 由于已经在上述图4-图7中对在不同协调控制模式下确定功率偏差指令值的方式进行了详细介绍,本公开对此部分的内容不再赘述。

[0184] 图9示出根据本公开示例性实施例的控制器框图。

[0185] 如图9所示,根据本公开示例性实施例的控制器200包括:处理器201和存储器202。

[0186] 具体说来,存储器202用于存储计算机程序,所述计算机程序在被所述处理器201执行时实现上述的风电场的调频控制方法。

[0187] 这里,图1所示的风电场的调频控制方法可在图9所示的处理器201中执行。也就是说,图8所示的各模块可由数字信号处理器、现场可编程门阵列等通用硬件处理器来实现,也可通过专用芯片等专用硬件处理器来实现,还可完全通过计算机程序来以软件方式实现,例如,可被实现为图9中所示的处理器201中的各个模块。作为示例,图9所示的控制器200可为风电场控制器。

[0188] 根据本公开的示例性实施例还提供一种存储有计算机程序的计算机可读存储介质。该计算机可读存储介质存储有当被处理器执行时使得处理器执行上述风电场的调频控制方法的计算机程序。该计算机可读记录介质是可存储由计算机系统读出的数据的任意数据存储装置。计算机可读记录介质的示例包括:只读存储器、随机存取存储器、只读光盘、磁

带、软盘、光数据存储装置和载波(诸如经有线或无线传输路径通过互联网的数据传输)。

[0189] 本公开示例性实施例的风电场的调频控制方法和装置,可以实现一次调频方式、惯量响应调频方式的独立投入控制,实现电网精准控制,还可以实现一次调频和二次调频之间的协调控制方式的独立控制,以进一步实现电网精准控制。

[0190] 此外,根据本公开示例性实施例的风电场的调频控制方法和装置,能够适应更多的电网要求,更多的地域环境。

[0191] 尽管已经参照其示例性实施例具体显示和描述了本公开,但是本领域的技术人员应该理解,在不脱离权利要求所限定的本公开的精神和范围的情况下,可以对其进行形式和细节上的各种改变。

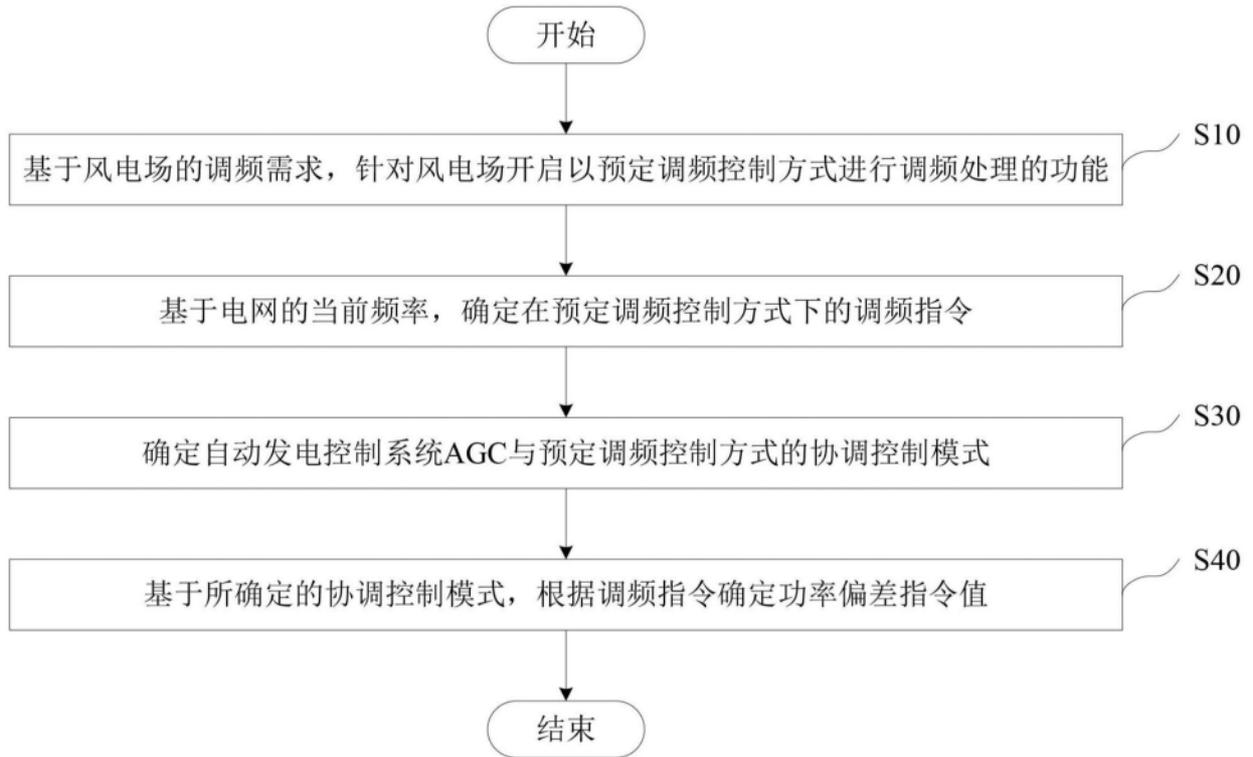


图1

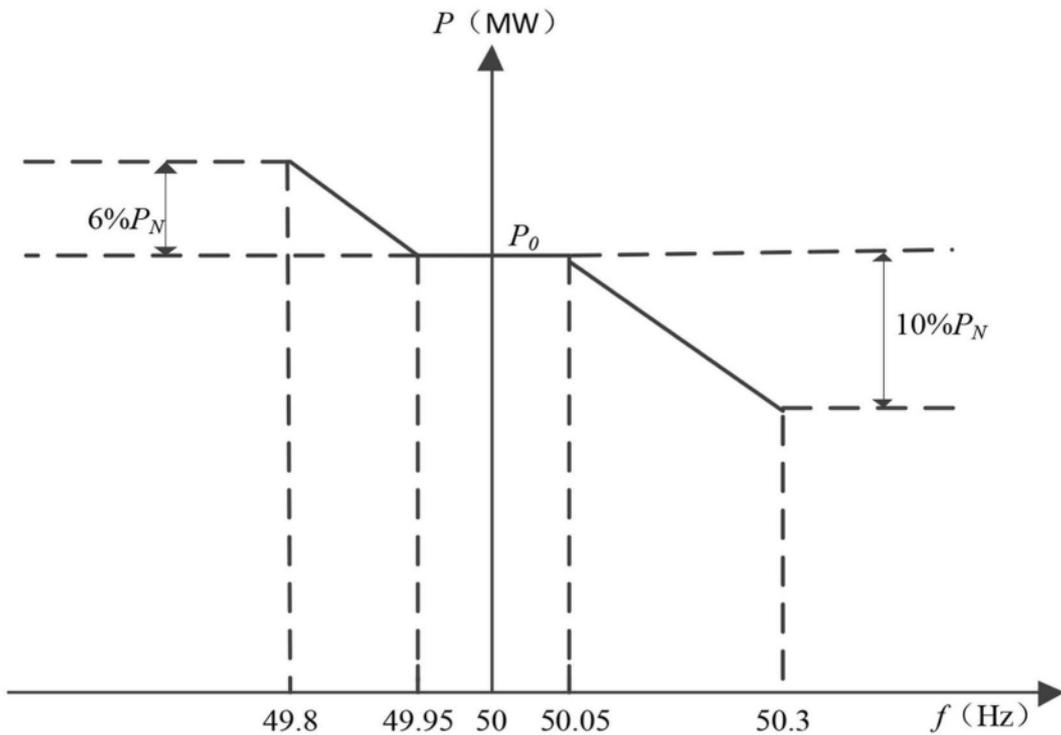


图2

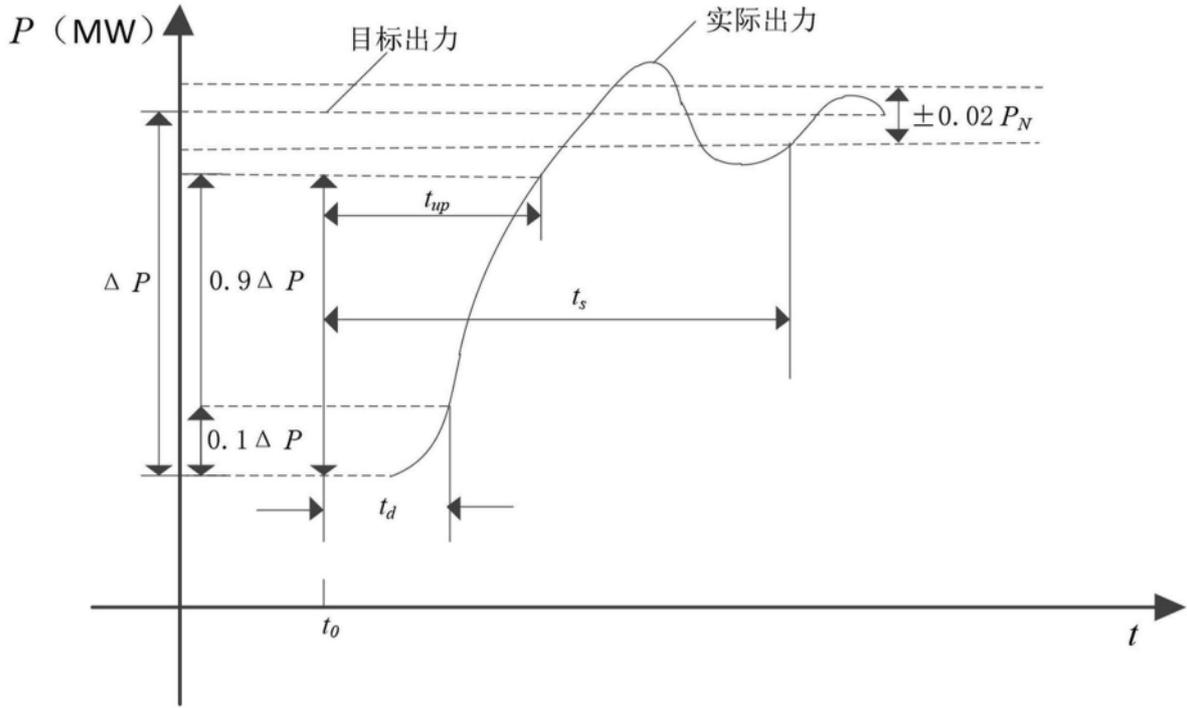


图3

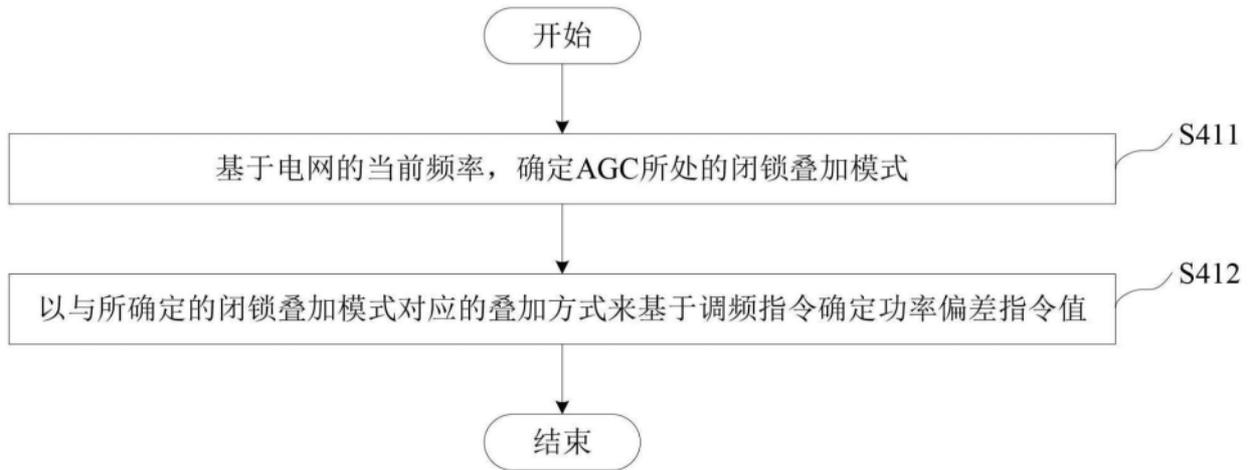


图4

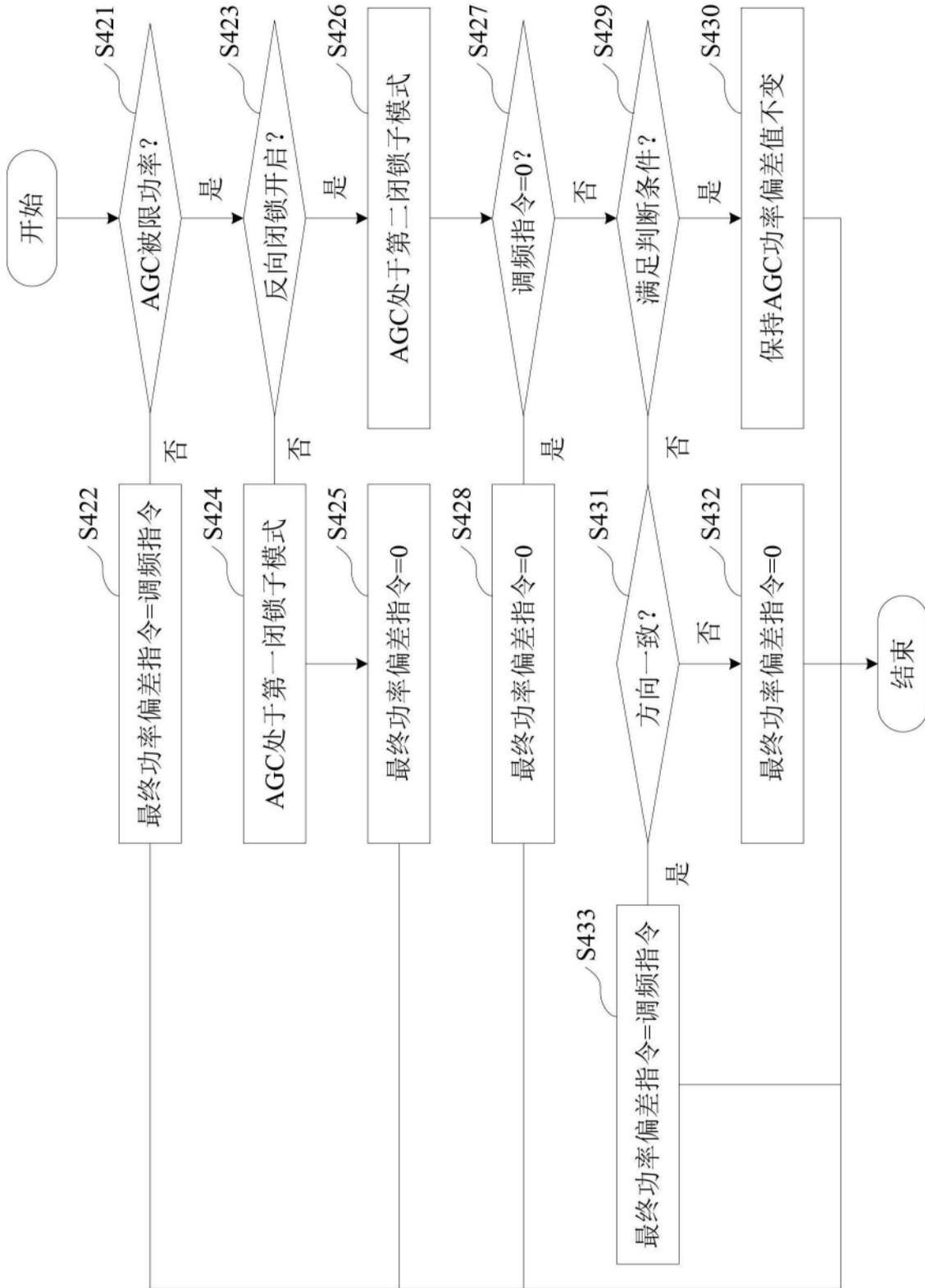


图5

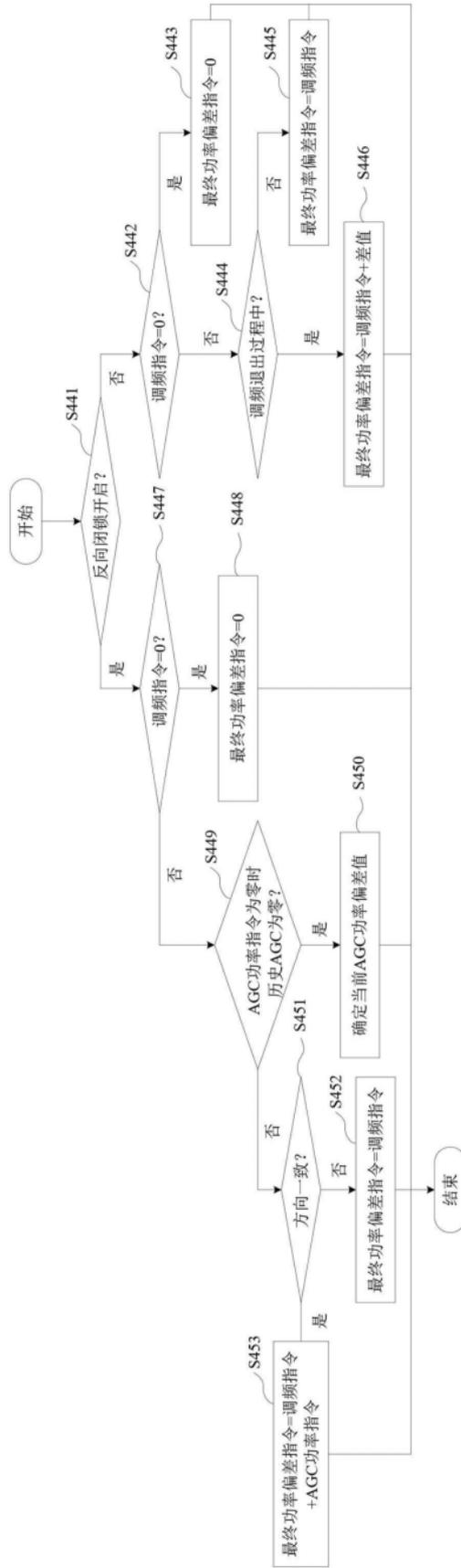


图6

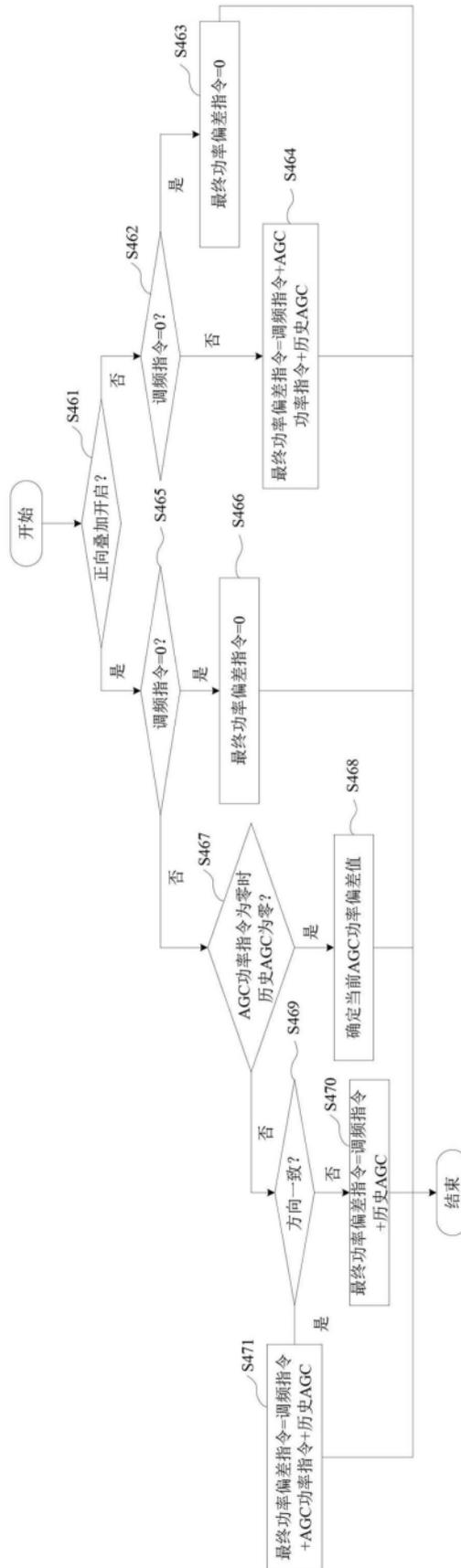


图7

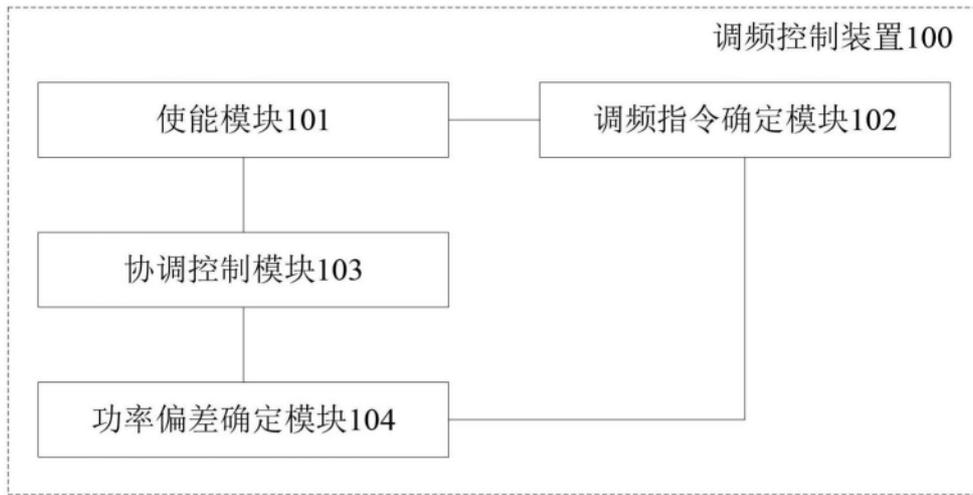


图8



图9