



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105140948 A

(43) 申请公布日 2015. 12. 09

(21) 申请号 201510390381. 3

(22) 申请日 2015. 07. 06

(71) 申请人 南京南瑞继保电气有限公司

地址 211106 江苏省南京市江宁区苏源大道
69号

申请人 南京南瑞继保工程技术有限公司

(72) 发明人 李钢 田杰 董云龙 卢宇

李海英 王辉 胡仙来

(51) Int. Cl.

H02J 3/36(2006. 01)

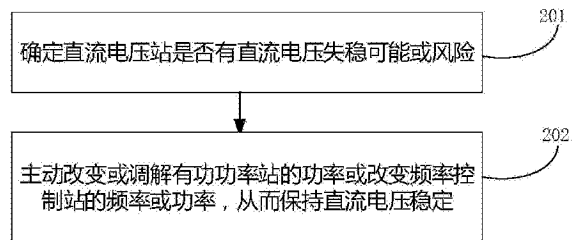
权利要求书2页 说明书8页 附图3页

(54) 发明名称

柔性直流输电系统功率协调控制方法

(57) 摘要

本发明公开了一种柔性直流输电系统功率协调控制方法,当直流电压控制站有直流电压失稳可能或风险时,确认所述直流电压控制站与所述有功功率控制站或频率控制站之间是否能通讯,在有通讯和无通讯情况下,分别实现了有功功率控制站主动改变功率或频率控制站主动改变频率,从而主动改变传输的有功功率,从而维持直流电压稳定;本发明避免了直流电压站无法主动改变功率导致的系统电压失稳乃至停运问题的缺陷,实现了主动预防和被动防御相结合,避免了仅依靠电压检测被动防御带来的功率及直流电压震荡大问题,同时有通讯时实现了功率精准控制。



1. 一种柔性直流输电系统功率协调控制方法, 柔性直流输电系统指至少两端柔性直流输电系统, 所述的至少两端柔性直流输电系统的每一端均包括直流电压控制站, 还均包括有功功率控制站或频率控制站; 有功功率传输正方向定义为由交流流向直流, 有功功率传输负方向定义为由直流流向交流; 其特征在于所述方法包括以下步骤:

(1) 确定所述直流电压控制站与所述有功功率控制站或频率控制站之间是否能通讯, 确认所述直流电压控制站有直流电压失稳可能或风险;

(2) 当所述直流电压控制站与所述有功功率控制站或频率控制站之间能通讯时, 并且直流电压控制站有直流电压失稳可能或风险时, 由所述直流电压站将需要有功功率站主动改变功率或频率控制站主动改变频率的使能条件发给相应的有功功率控制站或频率控制站;

有功功率控制站根据接收到的使能条件, 改变功率指令来提升或回降功率, 从而维持直流系统稳定;

或者频率控制站根据接收到的使能条件, 改变频率指令来提升或回降功率, 从而维持直流系统稳定;

(3) 当所述直流电压控制站与所述有功功率控制站或频率控制站之间不能通讯时, 并且直流电压控制站有直流电压失稳可能或风险时, 则至少一个有功功率控制站使能有有功功率辅助控制功能, 对发出或吸收的当前的有功功率进行自主调节, 从而调节直流电压使其在运行范围内。

2. 根据权利要求 1 所述的柔性直流输电系统功率协调控制方法, 其特征在于: 以下任一条件满足时, 所述的直流电压控制站的直流电压有失稳可能: 直流电压站水冷请求降功率、直流电压站配置的交流稳控请求提升或回降功率、直流电压站换流阀过负荷、直流电压站交流系统故障、直流电压站换流变过负荷。

3. 根据权利要求 1 所述的柔性直流输电系统功率协调控制方法, 其特征在于: 直流电压控制站的直流电压超出运行范围的使能判据是: 有功功率控制站对使能有有功功率辅助控制功能的次数进行计数或对使能有有功功率辅助控制功能的时长进行计, 并且计数或计时超过各自对应设定阈值。

4. 根据权利要求 1 所述的柔性直流输电系统功率协调控制方法, 其特征在于在步骤 (2) 中, 当以下所有条件均满足时直流电压控制站退出电压失稳使能条件: 为: 直流电压站水冷请求降功率消失、换流阀过负荷消失、直流电压站配置的稳控功率提升或回降到位, 换流变压器无过负荷等。

5. 根据权利要求 1 所述的柔性直流输电系统功率协调控制方法, 其特征在于: 在步骤 (3) 中, 当直流电压控制站的直流电压回归运行范围后, 所述已使能有有功功率辅助控制功能的有功功率控制站退出有功功率辅助控制功能。

6. 根据权利要求 1 所述的柔性直流输电系统功率协调控制方法, 其特征在于: 在步骤 (2) 之后或者在步骤 (3) 之后, 有功功率控制站指令值选择保持当前值或者选择恢复到直流电压失稳使能之前的值。

7. 根据权利要求 1 所述的柔性直流输电系统功率协调控制方法, 其特征在于: 柔性直流输电系统为两端柔性直流输电系统, 其中一端处于频率控制模式, 当直流电压控制站的直流电压失稳使能满足后, 频率控制站通过改变频率大小来改变负荷出力, 或者频率控制

站通过通讯主动投切负荷或分布式电源来改变功率大小。

8. 根据权利要求 1 所述的柔性直流输电系统功率协调控制方法,其特征在于:当所述直流电压控制站与所述有功功率控制站或频率控制站之间能通讯时,屏蔽无通讯检测判据和 / 或者开放直流电压控制站的直流电压超出运行范围判据;当所述直流电压控制站与所述有功功率控制站或频率控制站之间通讯故障时,开放直流电压控制站的直流电压超出运行范围检测判据;以实现有通讯与无通讯平滑切换。

9. 根据权利要求 1 所述的柔性直流输电系统功率协调控制方法,其特征在于:在步骤 (2) 中,有功功率控制站通过本站检测到的直流电压变化选择功率提升或功率回降。

10. 根据权利要求 9 所述的柔性直流输电系统功率协调控制方法,其特征在于:当有功功率控制站检测到直流电压开始增大或大于设定值 $U_{dc_up_set1}$ 设定的时间时,如有功功率控制站的功率流向为正,则有功功率控制站开始降功率,如有功功率控制站的功率流向为负方向,有功功率控制站的功率维持不变;当有功功率控制站检测到直流电压开始减少或小于设定值 $U_{dc_down_set1}$ 设定的时间时,如有功功率控制站的功率流向为正,则有功功率控制站的功率维持不变,如有功功率控制站的功率流向为负,则有功功率控制站的功率向功率值为 0 方向升功率。

11. 根据权利要求 10 所述的柔性直流输电系统功率协调控制方法,其特征在于: $U_{dc_up_set1}$ 取值范围为 1.0 倍直流额定电压到 1.39 倍额定电压;或者 $U_{dc_down_set1}$ 取值范围为 0.7 倍额定直流电压到 1.0 额定直流电压。

12. 根据权利要求 1 所述的柔性直流输电系统功率协调控制方法,其特征在于:在步骤 (3) 中,当有功功率控制站检测到直流电压超出运行范围使能时,有功功率控制站对发出或吸收的当前的有功功率进行自主调节;当有功功率控制站检测当前电压大于运行设定值 $U_{dc_up_set2}$ 一定时间时,如有功功率控制站功率流向为正,则有功功率控制站开始降功率,如有功功率控制站的功率流向为负方向,有功功率控制站功率维持不变;当有功功率控制站检测当前电压小于设定值 $U_{dc_down_set2}$ 设定的时间时,如有功功率控制站功率流向为正,则有功功率控制站的功率维持不变,如有功功率控制站的功率流向为负,则有功功率控制站的功率向功率值为 0 方向升功率。

13. 根据权利要求 12 所述的柔性直流输电系统功率协调控制方法,其特征在于: $U_{dc_up_set2}$ 取值范围为 1.0 倍直流额定电压到 1.39 倍额定电压;或者 $U_{dc_down_set2}$ 取值范围为 0.7 倍额定直流电压到 1.0 额定直流电压。

柔性直流输电系统功率协调控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及柔性直流输电领域,尤其涉及柔性直流输电功率协调控制技术中的柔性直流输电系统功率协调控制方法。

背景技术

[0002] 随着电压源换流器的快速发展,基于电压源换流器的直流输电系统已经成为直流输电系统发展的主流趋势。作为一种更灵活、快捷的输电方式,柔性直流在风电等新能源并网、构筑城市直流配网等领域具有广阔的应用前景。同时,随着电力电子器件容量的提升,高压大容量柔性直流输电成为一种发展趋势。

[0003] 两端或多端柔性直流输电首先必须有一站控制直流电压,从而维持系统直流电压稳定,但控制直流电压站所产生的有功功率由其它处于有功功率控制或频率控制站决定。1、目前基于两端的研究偏重理论,并未考虑实际工程中出现的水冷过负荷、温度、系统功率需求改变等客观因素;2、涉及的柔性直流输电功率协调主要集中在多端柔性直流输电领域,对于应用最为普遍且发展前景更大的两端柔性直流输电的工程适用方法并未详细研究。随着柔性直流输电高压大容量化,其停运或跳闸影响越来越大,因此,本专利有必要提出一种智能的柔性直流输电系统功率协调控制方法,不但适用于两站柔性直流输电工程,也适用于多端柔性直流输电工程。

发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明目的在于提供一种柔性直流输电系统功率协调控制方法,本柔性直流输电系统功率协调控制方法能够适用于两端及多端系统,避免了直流电压站不能主动改变功率导致的系统停运的缺陷,实现了主动预防和被动防御相结合,实现了有功功率站功率根据流向功率自动调整功能,最终实现了系统的稳定和可靠运行。

[0005] 为达到上述目的,本发明的技术方案是这样实现的:柔性直流输电系统功率协调控制方法,柔性直流输电系统指至少两端柔性直流输电系统,所述的至少两端柔性直流输电系统的每一端均包括直流电压控制站,还均包括有功功率控制站或频率控制站;有功功率传输正方向定义为由交流流向直流,有功功率传输负方向定义为由直流流向交流;其特征在于所述方法包括以下步骤:

[0006] (1) 确定所述直流电压控制站与所述有功功率控制站或频率控制站之间是否能通讯,确认所述直流电压控制站有直流电压失稳可能或风险;

[0007] (2) 当所述直流电压控制站与所述有功功率控制站或频率控制站之间能通讯时,并且直流电压控制站有直流电压失稳可能或风险时,由所述直流电压站将需要有功功率站主动改变功率或频率控制站主动改变频率的使能条件发给相应的有功功率控制站或频率控制站;

[0008] 有功功率控制站根据接收到的使能条件,改变功率指令来提升或回降功率,从而维持直流系统稳定;

[0009] 或者频率控制站根据接收到的使能条件,改变频率指令来提升或回降功率,从而维持直流系统稳定;

[0010] (3) 当所述直流电压控制站与所述有功功率控制站或频率控制站之间不能通讯时,并且直流电压控制站有直流电压失稳可能或风险时,则至少一个有功功率控制站使能有功功率辅助控制功能,对发出或吸收的当前的有功功率进行自主调节,从而调节直流电压使其在运行范围内。

[0011] 作为本发明进一步改进的技术方案,以下任一条件满足时,所述的直流电压控制站的直流电压有失稳可能:直流电压站水冷请求降功率、直流电压站配置的交流稳控请求提升或回降功率、直流电压站换流阀过负荷、直流电压站交流系统故障、直流电压站换流变过负荷。

[0012] 作为本发明进一步改进的技术方案,直流电压控制站的直流电压超出运行范围的使能判据是:有功功率控制站对使能有功功率辅助控制功能的次数进行计数或对使能有功功率辅助控制功能的时长进行计,并且计数或计时超过各自对应设定阈值。

[0013] 作为本发明进一步改进的技术方案,在步骤(2)中,当以下所有条件均满足时直流电压控制站退出电压失稳使能条件:为:直流电压站水冷请求降功率消失、换流阀过负荷消失、直流电压站配置的稳控功率提升或回降到位,换流变压器无过负荷等。

[0014] 作为本发明进一步改进的技术方案,在步骤(3)中,当直流电压控制站的直流电压回归运行范围后,所述已使能有功功率辅助控制功能的有功功率控制站退出有功功率辅助控制功能。

[0015] 作为本发明进一步改进的技术方案,在步骤(2)之后或者在步骤(3)之后,有功功率控制站指令值选择保持当前值或者选择恢复到直流电压失稳使能之前的值。

[0016] 作为本发明进一步改进的技术方案,柔性直流输电系统为两端柔性直流输电系统,其中一端处于频率控制模式,当直流电压控制站的直流电压失稳使能满足后,频率控制站通过改变频率大小来改变负荷出力,或者频率控制站通过通讯主动投切负荷或分布式电源来改变功率大小。

[0017] 作为本发明进一步改进的技术方案,当所述直流电压控制站与所述有功功率控制站或频率控制站之间能通讯时,屏蔽无通讯检测判据和/或者开放直流电压控制站的直流电压超出运行范围判据;当所述直流电压控制站与所述有功功率控制站或频率控制站之间通讯故障时,开放直流电压控制站的直流电压超出运行范围检测判据;以实现有通讯与无通讯平滑切换。

[0018] 作为本发明进一步改进的技术方案,在步骤(2)中,有功功率控制站通过本站检测到的直流电压变化选择功率提升或功率回降。

[0019] 作为本发明进一步改进的技术方案,当有功功率控制站检测到直流电压开始增大或大于设定值 $U_{dc_up_set1}$ 设定的时间时,如有功功率控制站的功率流向为正,则有功功率控制站开始降功率,如有功功率控制站的功率流向为负方向,有功功率控制站的功率维持不变;当有功功率控制站检测到直流电压开始减少或小于设定值 $U_{dc_down_set1}$ 设定的时间时,如有功功率控制站的功率流向为正,则有功功率控制站的功率维持不变,如有功功率控制站的功率流向为负,则有功功率控制站的功率向功率值为 0 方向升功率。

[0020] 作为本发明进一步改进的技术方案, $U_{dc_up_set1}$ 取值范围为 1.0 倍直流额定电

压到 1.39 倍额定电压 ;或者 Udc_down_set1 取值范围为 0.7 倍额定直流电压到 1.0 额定直流电压。

[0021] 作为本发明进一步改进的技术方案,在步骤(3)中,当有功功率控制站检测到直流电压超出运行范围使能时,有功功率控制站对发出或吸收的当前的有功功率进行自主调节;当有功功率控制站检测当前电压大于运行设定值 Udc_up_set2 一定时间时,如有有功功率控制站功率流向为正,则有功功率控制站开始降功率,如有有功功率控制站的功率流向为负方向,有功功率控制站功率维持不变;当有功功率控制站检测当前电压小于设定值 Udc_down_set2 设定的时间时,如有有功功率控制站功率流向为正,则有功功率控制站的功率维持不变,如有有功功率控制站的功率流向为负,则有功功率控制站的功率向功率值为 0 方向升功率。

[0022] 作为本发明进一步改进的技术方案,Udc_up_set2 取值范围为 1.0 倍直流额定电压到 1.39 倍额定电压 ;或者 Udc_down_set2 取值范围为 0.7 倍额定直流电压到 1.0 额定直流电压。

[0023] 本发明在确定所述直流电压控制站有直流电压失稳可能时,确定所述直流电压主控站与所述有功功率控制站或频率控制站之间是否能通讯,能时由所述直流电压站将需要有功功率站主动改变功率或频率控制站主动改变频率使能条件发给相应的有功功率或频率控制站,有功功率控制站或频率控制站根据接收到的使能条件,主动智能的改变功率指令或改变频率指令来提升或回降功率,从而维持直流系统稳定;所述直流电压控制站与所述有功功率控制站之间不能通讯时,如果直流电压超出运行范围,则至少一个有功功率控制站使能有功功率辅助控制功能,对发出或吸收的当前的有功功率进行自主调节,从而调节直流电压。

[0024] 所述的直流电压控制站直流电压有失稳可能,有通讯时由下述但不限于下述几个条件构成,直流电压站水冷过负荷、直流电压站配置的交流稳控请求提升或回降功率、直流电压站换流阀过负荷、直流电压站交流系统故障、直流电压站换流变过负荷,以上任一条件满足即有通讯时直流电压失稳条件满足。

[0025] 所述的直流电压控制站直流电压有失稳可能,无通讯下依靠直流电压是否超出设定运行范围及其它解锁等辅助因素构成,无通讯状态下直流电压超出运行范围使能判据是有功功率控制站使能有功功率辅助控制功能的次数进行计数或对使能有功功率辅助控制功能的时长进行计时,当计数或计时超过各自对应设定阈值时认为直流电压超出运行范围。

[0026] 有通讯状态下,直流电压控制站退出电压失稳使能条件由下述但不限于几个条件构成,直流电压站水冷请求降功率消失、换流阀过负荷消失、直流电压站配置的稳控功率提升或回降到位,换流变压器无过负荷等,以上所有条件均满足,直流电压控制站退出电压失稳使能条件。

[0027] 无通讯状态下,功率调节后,直流电压回归运行范围后,使已使能有功功率辅助控制功能的有功功率控制站退出有功功率辅助控制功能。

[0028] 有通讯与无通讯状态下,退出直流电压失稳使能条件后,有功功率控制站指令值选择保持当前值,也可以选择恢复到直流电压失稳使能之前的值。

[0029] 两站中如一站处于频率控制模式,确认直流电压失稳使能满足后,频率控制站通

过改变频率大小来改变负荷出力,频率控制站也可以通过通讯主动投切负荷或分布式电源来改变功率大小。

[0030] 有通讯状态完好情况下,可以屏蔽无通讯检测判据,通讯故障情况下,开放无通讯直流电压超出运行范围检测判据;也可以有通讯情况下,同时开放无通讯直流电压超出运行范围判据,从而实现有通讯与无通讯平滑切换。

[0031] 有通讯情况有功功率站接收到直流电压控制站发送的直流电压失稳条件后,通过本站检测到的直流电压变化自动智能选择功率提升或功率回降,如本站检测到直流电压开始增大或大于设定值 $U_{dc_up_set1}$ 设定的时间,如本站功率流向为正,则本站开始降功率,如本站功率流向为负方向,本站功率维持不变;如本站检测到直流电压开始减少或小于设定值 $U_{dc_down_set1}$ 设定的时间,如本站功率流向为正,则本站功率维持不变,如本站功率流向为负,则本站功率功率向功率值为 0 方向升功率。

[0032] 直流电压站与其它站无通讯情况下,直流电压超出运行范围使能判据满足时,有功功率控制站对发出或吸收的当前的有功功率进行自主调节,检测当前电压大于运行设定值 $U_{dc_up_set2}$ 一定时间,如本站功率流向为正,则本站开始降功率,如本站功率流向为负方向,本站功率维持不变;检测当前电压小于小于设定值 $U_{dc_down_set2}$ 设定的时间,如本站功率流向为正,则本站功率维持不变,如本站功率流向为负,则本站功率功率向功率值为 0 方向升功率。

[0033] 进一步地,上述的 $U_{dc_up_set1}$ 、 $U_{dc_up_set2}$ 、 $U_{dc_down_set1}$ 、 $U_{dc_up_set2}$ 取值范围如下: $U_{dc_up_set1}$ 小于或等于 $U_{dc_up_set2}$, $U_{dc_up_set1}$ 取值范围为 1.0 倍直流额定电压到 1.39 倍额定电压; $U_{dc_up_set2}$ 取值为 $U_{dc_up_set1}$ 到 1.5pu; $U_{dc_down_set1}$ 大于等于 $U_{dc_down_set2}$, $U_{dc_down_set1}$ 取值范围为 0.7 倍额定直流电压到 1.0 额定直流电压; $U_{dc_down_set2}$ 取值范围为 0.7 倍额定直流电压到 $U_{dc_down_set1}$ 。

[0034] 上述的一种柔性直流输电系统功率协调控制方法其实现形式如下:既可以通过单独装置或板卡实现,也可以集成在系统控制主机、站控主机、极控主机等主机里面实现,也可以由几面主机共同实现。

[0035] 当本发明其应用于基于双极柔性直流输电拓扑结构时,如果控制直流电压站全站受限,其实现方法按照上述方法即可,如控制直流电压站只单极受到限制,只改变受限极的功率指令,单极功率改变的方法与上述方法一致,另外一极是否补偿单极改变的功率根据系统运行情况自主决定。

[0036] 采用上述方案后,本发明的有益效果为:

[0037] (1) 本发明提供了一种柔性直流输电系统功率协调控制,避免了直流电压站不能主动改变功率导致的系统停运。

[0038] (2) 本发明提供了一种柔性直流输电系统功率协调控制,实现了主动预防和被动防御相结合,控制更加精确。

[0039] (3) 本发明提供了一种柔性直流输电系统功率协调控制,实现了有功功率站功率根据流向功率自动调整。

附图说明

[0040] 图 1 为两站 HVDC 运行有功类控制示意图;

- [0041] 图 2 为本发明实施例柔性直流输电系统功率协调控制方法的示意图；
[0042] 图 3 为本发明实施例柔性直流输电系统功率协调控制方法的流程示意图；
[0043] 图 4 为本发明另一实施例的频率控制协调控制方法的示意图。

具体实施方式

[0044] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白，以下举实施例并参照附图，对本发明进一步详细说明。

[0045] 参见图 2 和图 3，本柔性直流输电系统功率协调控制方法，柔性直流输电系统指至少两端柔性直流输电系统，所述的至少两端柔性直流输电系统的每一端均包括直流电压控制站，还均包括有功功率控制站或频率控制站；有功功率传输正方向定义为由交流流向直流，有功功率传输负方向定义为由直流流向交流；其特征在于所述方法包括以下步骤：

[0046] (1) 确定所述直流电压控制站与所述有功功率控制站或频率控制站之间是否能通讯，确认所述直流电压控制站有直流电压失稳可能或风险；

[0047] (2) 当所述直流电压控制站与所述有功功率控制站或频率控制站之间能通讯时，并且直流电压控制站有直流电压失稳可能或风险时，由所述直流电压站将需要有功功率站主动改变功率或频率控制站主动改变频率的使能条件发给相应的有功功率控制站或频率控制站；有功功率控制站根据接收到的使能条件，改变功率指令来提升或回降功率，从而维持直流系统稳定；或者频率控制站根据接收到的使能条件，改变频率指令来提升或回降功率，从而维持直流系统稳定；

[0048] (3) 当所述直流电压控制站与所述有功功率控制站或频率控制站之间不能通讯时，并且直流电压控制站有直流电压失稳可能或风险时，则至少一个有功功率控制站使能有功功率辅助控制功能，对发出或吸收的当前的有功功率进行自主调节，从而调节直流电压使其在运行范围内。

[0049] 作为优选方案，以下任一条件满足时，所述的直流电压控制站的直流电压有失稳可能：直流电压站水冷请求降功率、直流电压站配置的交流稳控请求提升或回降功率、直流电压站换流阀过负荷、直流电压站交流系统故障、直流电压站换流变过负荷。直流电压控制站的直流电压超出运行范围的使能判据是：有功功率控制站对使能有功功率辅助控制功能的次数进行计数或对使能有功功率辅助控制功能的时长进行计，并且计数或计时超过各自对应设定阈值。

[0050] 在步骤 (2) 中，当以下所有条件均满足时直流电压控制站退出电压失稳使能条件：为：直流电压站水冷请求降功率消失、换流阀过负荷消失、直流电压站配置的稳控功率提升或回降到位，换流变压器无过负荷等。在步骤 (3) 中，当直流电压控制站的直流电压回归运行范围后，所述已使能有功功率辅助控制功能的有功功率控制站退出有功功率辅助控制功能。在步骤 (2) 之后或者在步骤 (3) 之后，有功功率控制站指令值选择保持当前值或者选择恢复到直流电压失稳使能之前的值。

[0051] 柔性直流输电系统为两端柔性直流输电系统，其中一端处于频率控制模式，当直流电压控制站的直流电压失稳使能满足后，频率控制站通过改变频率大小来改变负荷出力，或者频率控制站通过通讯主动投切负荷或分布式电源来改变功率大小。当所述直流电压控制站与所述有功功率控制站或频率控制站之间能通讯时，屏蔽无通讯检测判据和 / 或

者开放直流电压控制站的直流电压超出运行范围判据；当所述直流电压控制站与所述有功功率控制站或频率控制站之间通讯故障时，开放直流电压控制站的直流电压超出运行范围检测判据；以实现有通讯与无通讯平滑切换。在步骤 (2) 中，有功功率控制站通过本站检测到的直流电压变化选择功率提升或功率回降。当有功功率控制站检测到直流电压开始增大或大于设定值 $U_{dc_up_set1}$ 设定的时间时，如有功功率控制站的功率流向为正，则有功功率控制站开始降功率，如有功功率控制站的功率流向为负方向，有功功率控制站的功率维持不变；当有功功率控制站检测到直流电压开始减少或小于设定值 $U_{dc_down_set1}$ 设定的时间时，如有功功率控制站的功率流向为正，则有功功率控制站的功率维持不变，如有功功率控制站的功率流向为负，则有功功率控制站的功率向功率值为 0 方向升功率。 $U_{dc_up_set1}$ 取值范围为 1.0 倍直流额定电压到 1.39 倍额定电压；或者 $U_{dc_down_set1}$ 取值范围为 0.7 倍额定直流电压到 1.0 额定直流电压。

[0052] 在步骤 (3) 中，当有功功率控制站检测到直流电压超出运行范围使能时，有功功率控制站对发出或吸收的当前的有功功率进行自主调节；当有功功率控制站检测当前电压大于运行设定值 $U_{dc_up_set2}$ 一定时间时，如有功功率控制站功率流向为正，则有功功率控制站开始降功率，如有功功率控制站的功率流向为负方向，有功功率控制站功率维持不变；当有功功率控制站检测当前电压小于设定值 $U_{dc_down_set2}$ 设定的时间时，如有功功率控制站功率流向为正，则有功功率控制站的功率维持不变，如有功功率控制站的功率流向为负，则有功功率控制站的功率向功率值为 0 方向升功率。 $U_{dc_up_set2}$ 取值范围为 1.0 倍直流额定电压到 1.39 倍额定电压；或者 $U_{dc_down_set2}$ 取值范围为 0.7 倍额定直流电压到 1.0 额定直流电压。

[0053] 图 1 中为两端柔性直流输电组成及直流输电运行方式下有功类控制方式。图 1 中，101 及 101' 代表交流系统，其中直流电压控制站的为有源交流系统。102 及 102' 代表站内交流系统，包括变压器，103 和 103' 分别为桥臂电抗和换流阀，104 及 104' 分别代表正极母线和负极母线。两站直流输电运行方式下，一站选择控制直流电压，另外一站选择有功功率控制或频率控制，频率控制主要针对无源系统、孤岛系统、新能源或弱交流系统，其它均采用有功功率控制，在双极拓扑结构下，有功功率控制又分位双极有功功率控制和单极有功功率控制。本实施例中，有功功率传输正方向定义为由交流流向直流，有功功率传输负方向定义为由直流流向交流。

[0054] 结合图 2 是本发明专利实施实例图，步骤 201 为判据条件，确定所述直流电压控制站有直流电压失稳可能时。步骤 202 为解决方式，确定有失稳可能时，主动改变或调解有功功率或改变频率控制站的频率或功率，从而实现系统稳定。

[0055] 图 3 是本发明实施实例的流程图，以两端柔性直流输电为例进行说明，包含如下步骤：

[0056] 步骤 301 为两站 HVDC 运行状态运行方式，为可以调节有功功率的条件。条件满足情况下。

[0057] 由步骤 302 确定所述直流电压主控站与所述有功功率控制站或频率控制站之间是否能通讯。

[0058] 通讯正常时进一步由步骤 303 判断直流电压控制站直流电压有失稳可能，所述的直流电压控制站直流电压有失稳可能，有通讯时由下述但不限于下述几个条件构成，直流

电压站水冷请求降功率、直流电压站配置的交流稳控请求提升或回降功率、直流电压站换流阀过负荷、直流电压站交流系统故障、直流电压站换流变过负荷,以上任一条件满足即有通讯时直流电压失稳条件满足。

[0059] 步骤 304 为直流电压站使能条件满足后,有功功率控制站或频率控制站收到直流电压控制站使能条件,有功功率控制站或频率控制站主动智能的改变功率指令或改变频率指令来提升或回降功率,从而维持直流系统稳定。

[0060] 进一步的,有功功率主动智能改变功率指令的方法如下:有功功率站接收到直流电压控制站发送的直流电压失稳条件后,通过本站检测到的直流电压变化自动智能选择功率提升或功率回降,如本站检测到直流电压开始增大或大于设定值 $U_{dc_up_set1}$ 设定的时间,如本站功率流向为正,则本站开始降功率,如本站功率流向为负方向,本站功率维持不变;如本站检测到直流电压开始减少或小于设定值 $U_{dc_down_set1}$ 设定的时间,如本站功率流向为正,则本站功率维持不变,如本站功率流向为负,则本站功率功率向功率值为 0 方向升功率。

[0061] 进一步的,有功功率站主动智能调节功率过程中,直流电压控制站由步骤 305 开始检测失稳退出条件是否满足,有通讯状态下,直流电压控制站退出电压失稳使能条件由下述但不限于几个条件构成,直流电压站水冷请求降功率消失、换流阀过负荷消失、直流电压站配置的稳控功率提升或回降到位,换流变压器无过负荷等,以上所有条件均满足,直流电压控制站退出电压失稳使能条件。如果直流电压失稳退出条件不满足,有功功率站继续调节功率,如满足则执行步骤 306。

[0062] 步骤 306 有通讯状态下,退出直流电压失稳使能条件后,有功功率控制站指令值选择保持当前值,也可以选择恢复到直流电压失稳使能之前的值。

[0063] 步骤 302 如检测到站间通讯失去,则执行步骤 303', 步骤 303' 各站自身通过检测直流电压是否超出运行范围来判断直流电压是否有越限来判断无通讯时是否失稳,无通讯状态下检测到直流电压超出运行范围使能判据是有功功率控制站对使能有功功率辅助控制功能的次数进行计数或对使能有功功率辅助控制功能的时长进行计时,当计数或计时超过各自对应设定阈值时认为直流电压超出运行范围。如直流电压无通讯失稳未使能,返回上一步骤,如使能,则执行步骤 304'。

[0064] 步骤 304' 为如果直流电压超出运行范围,则至少一个有功功率控制站使能有功功率辅助控制功能,对发出或吸收的当前的有功功率进行自主调节,从而调节直流电压。进一步的,有功功率主动调节方法为:直流电压超出运行范围使能判据满足时,有功功率控制站对发出或吸收的当前的有功功率进行自主调节,检测当前电压大于运行设定值 $U_{dc_up_set2}$ 一定时间,如本站功率流向为正,则本站开始降功率,如本站功率流向为负方向,本站功率维持不变;检测当前电压小于小于设定值 $U_{dc_down_set2}$ 设定的时间,如本站功率流向为正,则本站功率维持不变,如本站功率流向为负,则本站功率功率向功率值为 0 方向升功率。

[0065] 步骤 304' 执行过程中,实时检测步骤 305', 步骤 305' 为实时检测调节后的直流电压是否回归运行范围,如确认已回归运行范围,使已使能有功功率辅助控制功能的有功功率控制站退出有功功率辅助控制功能。执行步骤 306,如未回归运行范围,则继续执行步骤 304'。

[0066] 进一步地,有通讯状态完好情况下,可以屏蔽无通讯检测判据,通讯故障情况下,开放无通讯直流电压超出运行范围检测判据;也可以有通讯情况下,同时开放无通讯直流电压超出运行范围判据,从而实现有通讯与无通讯平滑切换。

[0067] 进一步的,两者取值关联关系为 Udc_up_set1 小于或等于 Udc_up_set2 ,取值范围为 1.0 倍直流额定电压到 1.39 倍额定电压; Udc_down_set1 大于等于 Udc_down_set2 ,取值范围为 0.7 倍额定直流电压到 1.0 额定直流电压。从而实现有通讯时主动防御。

[0068] 图 4 进一步描述了,如果两站中一站处于频率控制模式,根据上述有通讯或无通讯状态下直流电压失稳使能判据,频率控制站通过改变频率大小来改变负荷出力,频率控制站也可以通过通讯方式主动投切负荷或分布式电源。

[0069] 本发明实施例所记载的技术方案之间,在不冲突的情况下,可以任意组合。

[0070] 在本发明所提供的几个实施例中,应该理解到,所揭露的方法和智能设备,可以通过其它的方式实现。以上所描述的设备实施例仅仅是示意性的,实时实现时可以另外划分,既可以通过单独装置或板卡实现,也可以集成在系统控制主机、站控主机、极控主机等主机里面实现,也可以由几面主机共同实现,可以根据实际的需要选择其中的部分或全部单元来实现本实施例方案的目的。

[0071] 本领域普通技术人员可以理解,以上所述,仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

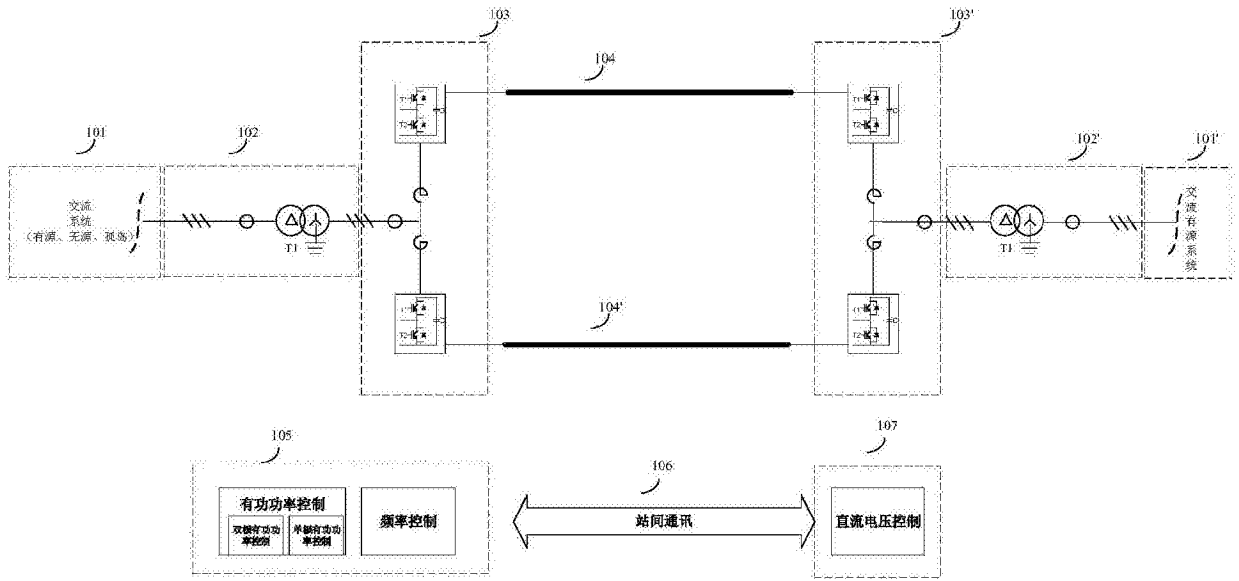


图 1

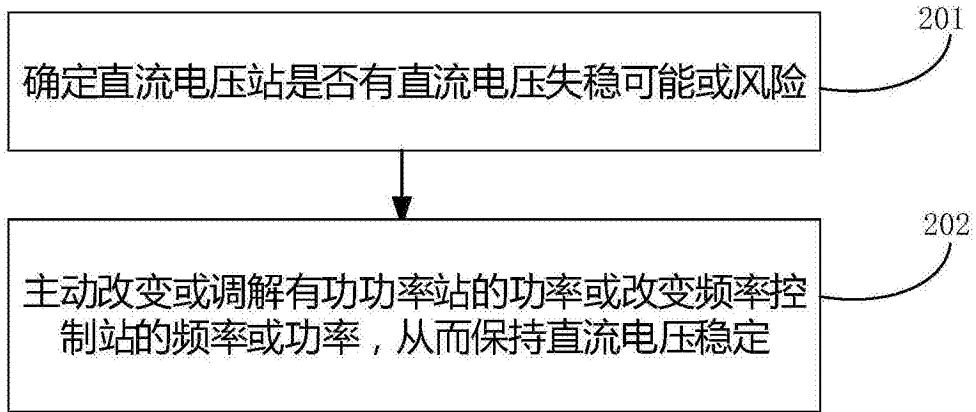


图 2

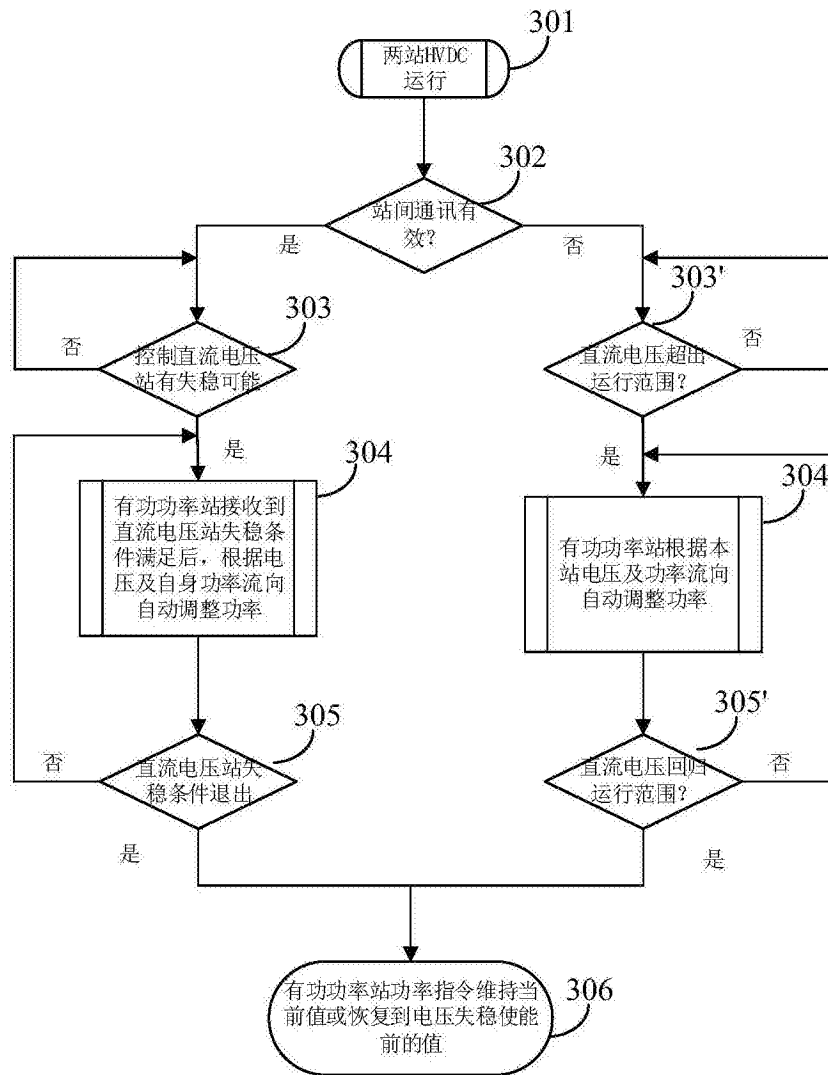


图 3

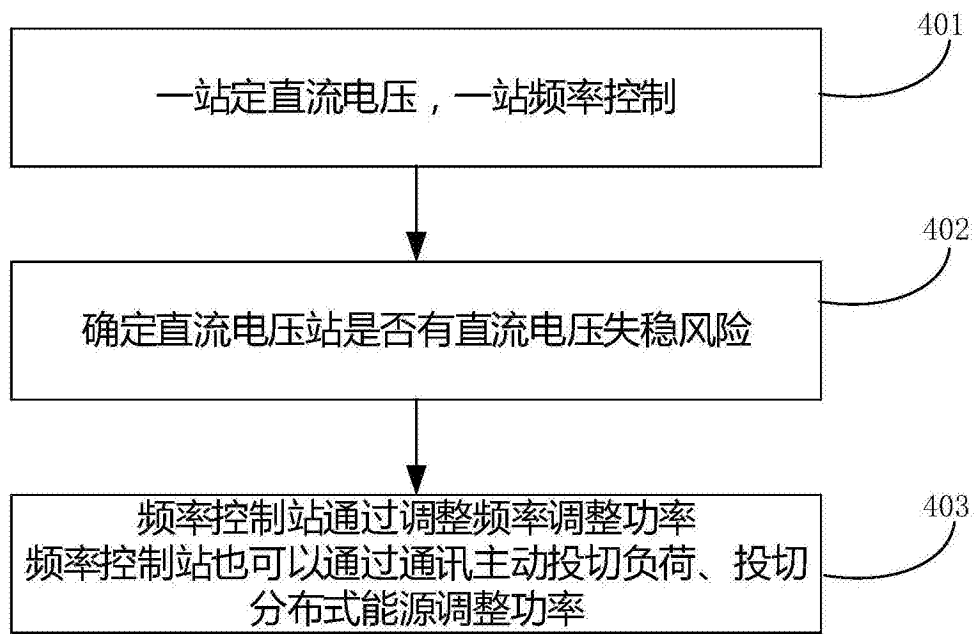


图 4