



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110783954 B

(45) 授权公告日 2023. 11. 07

(21) 申请号 201911053086.3

(22) 申请日 2019.10.31

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110783954 A

(43) 申请公布日 2020.02.11

(73) 专利权人 中国石油大学(华东)  
地址 257061 山东省东营市北二路271号  
专利权人 中国电力科学研究院有限公司  
国家电网有限公司  
国网浙江省电力有限公司电力科学  
研究院

(72) 发明人 王姗姗 马梦岩 李英彪 赵兵  
王铁柱 吴广禄 张丽霞 卜广全

(74) 专利代理机构 北京工信联合知识产权代理  
有限公司 11266

专利代理师 姜丽楼

(51) Int. Cl.

H02J 3/38 (2006.01)

H02J 3/36 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 102545673 A, 2012.07.04

CN 104904086 A, 2015.09.09

CN 105075083 A, 2015.11.18

CN 108599200 A, 2018.09.28

CN 109997300 A, 2019.07.09

CN 110350571 A, 2019.10.18

KR 20080030129 A, 2008.04.04

US 2015303815 A1, 2015.10.22

张建坡. “模块化多电平换流器子模块拓扑设计及其控制”. 《电力自动化设备》. 2019, 全文.

Li Rui. ”’A hybrid modular multilevel converter with novel three-level cells for DC fault blocking capability”. 《IEEE Transactions on Power Delivery》. 2015, 全文.

李钰; 陆锋; 樊强; 赵成勇; 许建中; 屈海涛. 不平衡电网电压下的MMC子模块电压波动抑制方法. 电力系统自动化. 2019, (第04期), 全文.

审查员 肖源

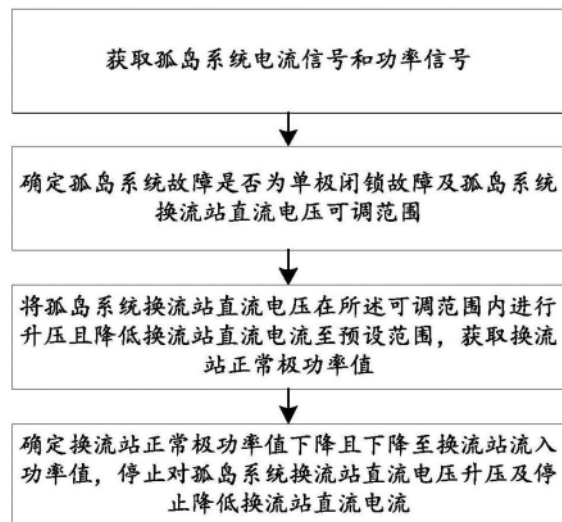
权利要求书3页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种用于控制孤岛系统传输功率的方法及系统

(57) 摘要

本发明公开了一种用于控制孤岛系统传输功率的方法及系统,属于电力系统技术领域。本发明方法,包括:获取孤岛系统电流信号和功率信号;确定孤岛系统故障是否为单极闭锁故障及孤岛系统换流站直流电压可调范围;将孤岛系统换流站直流电压在所述可调范围内进行升压且降低换流站直流电流至预设范围,获取换流站正常极功率值;确定换流站正常极功率值下降且下降至换流站流入功率值,停止对孤岛系统换流站直流电压升压及停止降低换流站直流电流。本发明过程简单,易于实现,可以经济高效的实现孤岛系统新能源机组的故障穿越。



CN 110783954 B

1. 一种用于控制孤岛系统传输功率的方法,所述方法包括:

确定新能源真双极柔直孤岛系统发生故障,获取孤岛系统电流信号和功率信号;

根据所述电流信号和功率信号确定孤岛系统故障是否为单极闭锁故障,当确定孤岛系统为单极闭锁故障后,根据孤岛系统预设反时限保护系数和过流时间,确定孤岛系统换流站直流电压可调范围;

将孤岛系统换流站直流电压在所述可调范围内进行升压且降低换流站直流电流至预设范围,获取换流站正常极功率值;

确定换流站正常极功率值下降且下降至换流站流入功率值,停止对孤岛系统换流站直流电压升压及停止降低换流站直流电流;

所述将孤岛系统换流站直流电压在所述可调范围内进行升压且降低换流站直流电流至预设范围,获取换流站正常极功率值,具体为:控制换流站正常极转带换流站故障极的功率,以此将换流站直流电压在所述可调范围内进行升压,同时降低换流站桥臂电流,以此降低换流站直流电流至预设范围;

其中,根据所述电流信号和功率信号确定孤岛系统故障是否为单极闭锁故障时,将所述孤岛系统换流站桥臂电流定义为一个自变量为功率P的方程,且每一个功率与所述上下桥臂电流一一对应,所述功率P的方程,如下:

$$\begin{cases} f_p(P) = i_{armp} = \frac{P}{3U_{dc}} + \frac{P}{2\sqrt{3}u_{ac}} \\ f_n(P) = i_{armn} = \frac{P}{3U_{dc}} - \frac{P}{2\sqrt{3}u_{ac}} \end{cases}$$

当确定孤岛系统发生单极闭锁故障时,所述孤岛系统的功率变为P',公式如下:

$$P' = P + VP$$

在发生单极闭锁时,功率上升,从而引起桥臂电流的上升,而风机减载需要时间,在故障发生后到风机减载完成期间基于动作保护的允许范围,升高直流电压 $U_{dc}$ 的值到直流电压保护极限值 $U_{dcpro}$ 的情况下,大幅降低由盈余功率所导致的桥臂电流上升,使桥臂电流的最大值低于桥臂过流保护的保护区 $i_{armpro}$ ;

当确定孤岛系统发生单极闭锁故障时,桥臂过流保护区和直流电压保护区的大小是一个与时间成反比的函数,公式如下:

$$\begin{cases} i_{armpro}(t) = x \cdot i_{arm} \\ U_{dcpro}(t) = y \cdot U_{dc} \end{cases}$$

其中,桥臂电流的边界方程为:

$$|I_{armp}| = \sqrt{\left(\frac{P}{3U_{dcpro}(t)}\right)^2 + \left(\frac{P}{2\sqrt{3}U_{ac}}\right)^2} \leq i_{armpro}(t)$$

将所述桥臂电流得边界方程,作为边界条件,得到正常极换流站承受的最大功率 $P_{max}$ ,公式如下:

$$P_{\max} = \frac{i_{\text{armpro}}(t)}{\sqrt{\left(\frac{1}{3U_{\text{dcpro}}(t)}\right)^2 + \left(\frac{1}{2\sqrt{3}U_{\text{ac}}}\right)^2}}$$

根据所述最大功率 $P_{\max}$ 确定在孤岛系统投入控制方式下,所述孤岛系统消耗的功率减小量为:

$$P_{\text{cooper}} = P + VP - P_{\max} < VP$$

其中, $P$ 非故障时涌入的功率, $VP$ 为故障后需要转带的盈余功率, $U_{\text{dc}}$ 为升高直流电压, $U_{\text{dcrpro}}$ 为直流电压保护极限值, $i_{\text{armpro}}$ 为桥臂过流保护的保護值, $i_{\text{arm}}$ 和 $U_{\text{dc}}$ 为换流站正常运行时的换流站桥臂电流和直流电压, $x,y$ 为反时限保护系数。

2. 根据权利要求1所述的方法,所述的可调范围为 $1 \sim 1.299\text{p.u.}$ 。

3. 根据权利要求1所述的方法,所述的预设范围为 $1 \sim 1.768\text{p.u.}$ 。

4. 根据权利要求1所述的方法,所述方法还包括:降低换流站直流电流至预设范围后,使换流站直流电流反时限保护不动作。

5. 根据权利要求1所述的方法,所述方法还包括:确定换流站正常极功率值下降且下降至换流站流入功率值后,将孤岛系统换流站的直流电压恢复至换流站直流电压的参考电压。

6. 一种用于控制孤岛系统传输功率的系统,所述系统包括:

参数获取模块,确定新能源真双极柔直孤岛系统发生故障,获取孤岛系统电流信号和功率信号;

故障判断模块,根据所述电流信号和功率信号确定孤岛系统故障是否为单极闭锁故障,当确定孤岛系统为单极闭锁故障后,根据孤岛系统预设反时限保护系数和过流时间,确定孤岛系统换流站直流电压可调范围;

调节模块,将孤岛系统换流站直流电压在所述可调范围内进行升压且降低换流站直流电流至预设范围,获取换流站正常极功率值;

判断模块,确定换流站正常极功率值下降且下降至换流站流入功率值,停止对孤岛系统换流站直流电压升压及停止降低换流站直流电流;

所述将孤岛系统换流站直流电压在所述可调范围内进行升压且降低换流站直流电流至预设范围,获取换流站正常极功率值,具体为:控制换流站正常极转带换流站故障极的功率,以此将换流站直流电压在所述可调范围内进行升压,同时降低换流站桥臂电流,以此降低换流站直流电流至预设范围;

其中,根据所述电流信号和功率信号确定孤岛系统故障是否为单极闭锁故障时,将所述孤岛系统换流站桥臂电流定义为一个自变量为功率 $P$ 的方程,且每一个功率与所述上下桥臂电流一一对应,所述功率 $P$ 的方程,如下:

$$\begin{cases} f_p(P) = i_{\text{armp}} = \frac{P}{3U_{\text{dc}}} + \frac{P}{2\sqrt{3}u_{\text{ac}}} \\ f_n(P) = i_{\text{armn}} = \frac{P}{3U_{\text{dc}}} - \frac{P}{2\sqrt{3}u_{\text{ac}}} \end{cases}$$

当确定孤岛系统发生单极闭锁故障时,所述孤岛系统的功率变为 $P'$ ,公式如下:

$$P' = P + VP$$

在发生单极闭锁时,功率上升,从而引起桥臂电流的上升,而风机减载需要时间,在故障发生后到风机减载完成期间基于动作保护的允许范围,升高直流电压 $U_{dc}$ 的值到直流电压保护极限值 $U_{dcpro}$ 的情况下,大幅降低由盈余功率所导致的桥臂电流上升,使桥臂电流的最大值低于桥臂过流保护的保护区 $i_{armpro}$ ;

当确定孤岛系统发生单极闭锁故障时,桥臂过流保护值和直流电压保护值的大小是一个与时间成反比的函数,公式如下:

$$\begin{cases} i_{armpro}(t) = x \cdot i_{arm} \\ U_{dcpro}(t) = y \cdot U_{dc} \end{cases}$$

其中,桥臂电流的边界方程为:

$$|I_{arm}| = \sqrt{\left(\frac{P}{3U_{dcpro}(t)}\right)^2 + \left(\frac{P}{2\sqrt{3}U_{ac}}\right)^2} \leq i_{armpro}(t)$$

将所述桥臂电流得边界方程,作为边界条件,得到正常极换流站承受的最大功率 $P_{max}$ ,公式如下:

$$P_{max} = \frac{i_{armpro}(t)}{\sqrt{\left(\frac{1}{3U_{dcpro}(t)}\right)^2 + \left(\frac{1}{2\sqrt{3}U_{ac}}\right)^2}}$$

根据所述最大功率 $P_{max}$ 确定在孤岛系统投入控制方式下,所述孤岛系统消耗的功率减小量为:

$$p_{cooper} = P + VP - P_{max} < VP$$

其中, $P$ 非故障时涌入的功率, $VP$ 为故障后需要转带的盈余功率, $U_{dc}$ 为升高直流电压, $U_{dcpro}$ 为直流电压保护极限值, $i_{armpro}$ 为桥臂过流保护的保护区, $i_{arm}$ 和 $U_{dc}$ 为换流站正常运行时的换流站桥臂电流和直流电压, $x,y$ 为反时限保护系数。

7. 根据权利要求6所述的系统,所述的可调范围为 $1 \sim 1.299p.u.$ 。

8. 根据权利要求6所述的系统,所述的预设范围为 $1 \sim 1.768p.u.$ 。

9. 根据权利要求6所述的系统,所述的调节模块用于降低换流站直流电流至预设范围后,使换流站直流电流反时限保护不动作。

10. 根据权利要求6所述的系统,所述的判断模块用于确定换流站正常极功率值下降且下降至换流站流入功率值后,将孤岛系统换流站的直流电压恢复至换流站直流电压的参考电压。

## 一种用于控制孤岛系统传输功率的方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电力系统技术领域,并且更具体地,涉及一种用于控制孤岛系统传输功率的方法及系统。

### 背景技术

[0002] 当新能源发电机组工作在孤岛运行的方式下,直接通过柔性直流输电系统送出时,换流站需要采用无源控制的控制方式,换流站给无源系统提供并网电压和频率支撑,由于无法通知功率的流入大小,当发生单极闭锁故障时,换流站流入的功率与桥臂电流的直流分量和交流分量成正相关关系。

### 发明内容

[0003] 针对上述问题,本发明提出了一种用于控制孤岛系统传输功率的方法,包括:

[0004] 确定新能源真双极柔直孤岛系统发生故障,获取孤岛系统电流信号和功率信号;

[0005] 根据所述电流信号和功率信号确定孤岛系统故障是否为单极闭锁故障,当确定孤岛系统为单极闭锁故障后,根据孤岛系统预设反时限保护系数和过流时间,获取孤岛系统换流站直流电压可调范围;

[0006] 将孤岛系统换流站直流电压在所述可调范围内进行升压且降低换流站直流电流至预设范围,确定换流站正常极功率值;

[0007] 确定换流站正常极功率值下降且下降至换流站流入功率值,停止对孤岛系统换流站直流电压升压及停止降低换流站直流电流。

[0008] 可选的,可调范围为 $1\sim 1.299\text{p.u.}$ 。

[0009] 可选的,预设范围为 $1\sim 1.768\text{p.u.}$ 。

[0010] 可选的,方法还包括:降低换流站直流电流至预设范围后,使换流站直流电流反时限保护不动作。

[0011] 可选的,方法还包括:确定换流站正常极功率值下降且下降至换流站流入功率值后,将孤岛系统换流站的直流电压恢复至换流站直流电压的参考电压。

[0012] 本发明还提供了一种用于控制孤岛系统传输功率的系统,包括:

[0013] 参数获取模块,确定新能源真双极柔直孤岛系统发生故障,获取孤岛系统电流信号和功率信号;

[0014] 故障判断模块,根据所述电流信号和功率信号确定孤岛系统故障是否为单极闭锁故障,当确定孤岛系统为单极闭锁故障后,根据孤岛系统预设反时限保护系数和过流时间,确定孤岛系统换流站直流电压可调范围;

[0015] 调节模块,将孤岛系统换流站直流电压在所述可调范围内进行升压且降低换流站直流电流至预设范围,获取换流站正常极功率值;

[0016] 判断模块,确定换流站正常极功率值下降且下降至换流站流入功率值,停止对孤岛系统换流站直流电压升压及停止降低换流站直流电流。

[0017] 可选的,可调范围为1~1.299p.u.。

[0018] 可选的,预设范围为1~1.768p.u.。

[0019] 可选的,调节模块用于降低换流站直流电流至预设范围后,使换流站直流电流反时限保护不动作。

[0020] 可选的,判断模块用于确定换流站正常极功率值下降且下降至换流站流入功率值后,将孤岛系统换流站的直流电压恢复至换流站直流电压的参考电压。

[0021] 本发明过程简单,易于实现,可以经济高效的实现孤岛系统新能源机组的故障穿越。

### 附图说明

[0022] 图1为本发明一种用于控制孤岛系统传输功率的方法流程图;

[0023] 图2为本发明一种用于控制孤岛系统传输功率的系统结构图。

### 具体实施方式

[0024] 现在参考附图介绍本发明的示例性实施方式,然而,本发明可以用许多不同的形式来实施,并且不局限于此处描述的实施例,提供这些实施例是为了详尽地且完全地公开本发明,并且向所属技术领域的技术人员充分传达本发明的范围。对于表示在附图中的示例性实施方式中的术语并不是对本发明的限定。在附图中,相同的单元/元件使用相同的附图标记。

[0025] 除非另有说明,此处使用的术语(包括科技术语)对所属技术领域的技术人员具有通常的理解含义。另外,可以理解的是,以通常使用的词典限定的术语,应当被理解为与其相关领域的语境具有一致的含义,而不应该被理解为理想化的或过于正式的意义。

[0026] 换流站流入的功率与桥臂电流的直流分量和交流分量成正相关关系。

$$[0027] \begin{cases} i_{armp} = \frac{I_{dc}}{3} + \frac{i_{va}}{2} \\ i_{armn} = \frac{I_{dc}}{3} - \frac{i_{va}}{2} \\ I_{dc} = \frac{P}{U_{dc}} \\ i_{va} = \frac{P}{\sqrt{3}u_{ac}} \end{cases} \quad (1)$$

[0028] 其中 $i_{armp}$ 为上桥臂电流, $i_{armn}$ 为下桥臂电流, $I_{dc}$ 为直流电流, $i_{va}$ 为交流电流,P换流站涌入的功率。

[0029] 由此可以将换流站上下桥臂电流变为一个自变量为功率P的方程。每一个功率都与桥臂电流一一对应。

$$[0030] \quad \begin{cases} f_p(P) = i_{armp} = \frac{P}{3U_{dc}} + \frac{P}{2\sqrt{3}u_{ac}} \\ f_n(P) = i_{armn} = \frac{P}{3U_{dc}} - \frac{P}{2\sqrt{3}u_{ac}} \end{cases} \quad (2)$$

[0031] 当发生单极闭锁时,正常极涌入的功率除了正常功率还有闭锁极的盈余功率,功率变为P',

$$[0032] \quad P' = P + VP$$

[0033] 其中P非故障时涌入的功率,VP为故障后需要转带的盈余功率。

[0034] 但在发生单极闭锁时,功率上升,从而引起桥臂电流的上升,而风机减载需要时间,在故障发生后到风机减载完成期间基于动作保护的允许范围,升高直流电压 $U_{dc}$ 的值到直流电压保护极限值 $U_{dcpro}$ 的情况下,可大幅降低由盈余功率所导致的桥臂电流上升,使桥臂电流的最大值低于桥臂过流保护的保护值 $i_{armpro}$ 。

[0035] 由于反时限动作保护原则,桥臂过流保护值和直流电压保护值的大小是一个与时间成反比的函数。

$$[0036] \quad \begin{cases} i_{armpro}(t) = x \cdot i_{arm} \\ U_{dcpro}(t) = y \cdot U_{dc} \end{cases} \quad (3)$$

[0037] 其中 $i_{arm}$ 和 $U_{dc}$ 为换流站正常运行时的换流站桥臂电流和直流电压,x,y为反时限保护系数。

[0038] 桥臂过流保护值一般以电流的有效值为判断基准,因为桥臂电流中含有直流偏置,以上桥臂为例,此时桥臂电流的边界方程为:

$$[0039] \quad |I_{armp}| = \sqrt{\left(\frac{P}{3U_{dcpro}(t)}\right)^2 + \left(\frac{P}{2\sqrt{3}U_{ac}}\right)^2} \leq I_{armpro}(t) \quad (4)$$

[0040] 以此为边界条件,我们可以得出正常极换流站所能承受的最大功率 $P_{max}$ :

$$[0041] \quad P_{max} = \frac{i_{armpro}(t)}{\sqrt{\left(\frac{1}{3U_{dcpro}(t)}\right)^2 + \left(\frac{1}{2\sqrt{3}U_{ac}}\right)^2}} \quad (5)$$

[0042] 投入控制方式下,所需要的消耗的功率减小为

$$[0043] \quad P_{cooper} = P + VP + P_{max} < VP \quad (6)$$

[0044] 由以上分析可知,当发生单级闭锁后,换流站的正常极将转带故障极的功率,而该功率会引起换流站桥臂电流升高,当换流站桥臂电流大于过电流保护定值时,换流站正常极将会由于桥臂过电流而闭锁,导致新能源大面积脱网。

[0045] 本发明提出了一种用于控制孤岛系统传输功率的方法,如图1所示,包括:

[0046] 确定新能源真双极柔直孤岛系统发生故障,获取孤岛系统电流信号和功率信号;

[0047] 根据所述电流信号和功率信号确定孤岛系统故障是否为单极闭锁故障,当确定孤岛系统为单极闭锁故障后,根据孤岛系统预设反时限保护系数和过流时间,确定孤岛系统

换流站直流电压可调范围 $1\sim 1.299p.u.$ ;

[0048] 将孤岛系统换流站直流电压在所述可调范围内进行升压且降低换流站直流电流至预设范围 $1\sim 1.768p.u.$ ,降低换流站直流电流至预设范围后,使换流站直流电流反时限保护不动作,获取换流站正常极功率值;

[0049] 确定换流站正常极功率值下降且下降至换流站流入功率值,停止对孤岛系统换流站直流电压升压及停止降低换流站直流电流,将孤岛系统换流站的直流电压恢复至换流站直流电压的参考电压

[0050] 本发明还提供了一种用于控制孤岛系统传输功率的系统200,如图2所示,包括:

[0051] 参数获取模块201,确定新能源真双极柔直孤岛系统发生故障,获取孤岛系统电流信号和功率信号;

[0052] 故障判断模块202,根据所述电流信号和功率信号确定孤岛系统故障是否为单极闭锁故障,当确定孤岛系统为单极闭锁故障后,根据孤岛系统预设反时限保护系数和过流时间,获取孤岛系统换流站直流电压可调范围 $1\sim 1.299p.u.$ ;

[0053] 调节模块203,将孤岛系统换流站直流电压在所述可调范围内进行升压且降低换流站直流电流至预设范围 $1\sim 1.768p.u.$ ,使换流站直流电流反时限保护不动作,获取换流站正常极功率值;

[0054] 判断模块204,确定换流站正常极功率值下降且下降至换流站流入功率值,停止对孤岛系统换流站直流电压升压及停止降低换流站直流电流,将孤岛系统换流站的直流电压恢复至换流站直流电压的参考电压。

[0055] 本发明过程简单,易于实现,可以经济高效的实现孤岛系统新能源机组的故障穿越。

[0056] 本领域内的技术人员应明白,本申请的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此,本申请可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且,本申请可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质(包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等)上实施的计算机程序产品的形式。

[0057] 本申请是参照根据本申请实施例的方法、设备(系统)、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器,使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[0058] 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中,使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制品,该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

[0059] 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上,使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理,从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一



个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

[0060] 最后应当说明的是：以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非对其限制，尽管参照上述实施例对本发明进行了详细的说明，所属领域的普通技术人员应当理解：依然可以对本发明的具体实施方式进行修改或者等同替换，而未脱离本发明精神和范围的任何修改或者等同替换，其均应涵盖在本发明的权利要求保护范围之内。

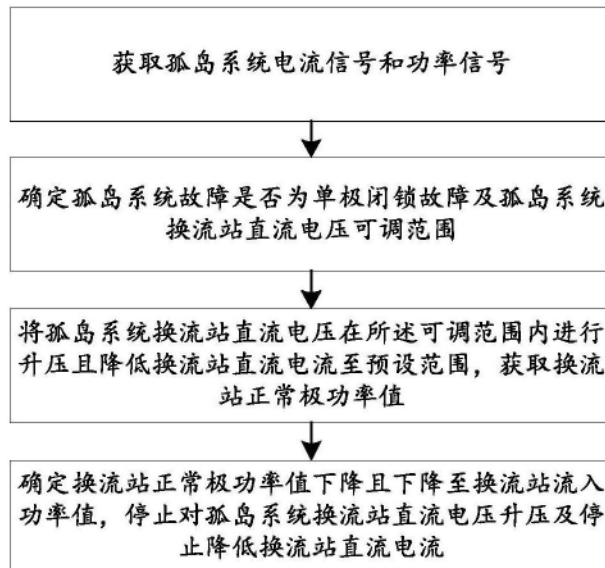


图1



图2