

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局



(43) 国际公布日
2018 年 8 月 30 日 (30.08.2018)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2018/153137 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01R 31/08 (2006.01) H02H 7/26 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2017/114144
- (22) 国际申请日: 2017 年 11 月 30 日 (30.11.2017)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201710105811.1 2017年2月24日 (24.02.2017) CN
- (71) 申请人: 许继集团有限公司 (XJ GROUP CORPORATION) [CN/CN]; 中国河南省许昌市许继大道 1298 号, Henan 461000 (CN)。许继电气股份有限公司 (XJ ELECTRIC CO., LTD) [CN/CN]; 中国河南省许昌市许继大道 1298 号, Henan 461000 (CN)。国家电网公司 (STATE GRID CORPORATION OF CHINA) [CN/CN]; 中国北京市西城区西长安街 86 号, Beijing 100031 (CN)。
- (72) 发明人: 彭忠 (PENG, Zhong); 中国河南省许昌市许继大道 1298 号, Henan 461000 (CN)。张爱

玲 (ZHANG, Ailing); 中国河南省许昌市许继大道 1298 号, Henan 461000 (CN)。李泰 (LI, Tai); 中国河南省许昌市许继大道 1298 号, Henan 461000 (CN)。赵静 (ZHAO, Jing); 中国河南省许昌市许继大道 1298 号, Henan 461000 (CN)。荆雪记 (JING, Xueji); 中国河南省许昌市许继大道 1298 号, Henan 461000 (CN)。胡永昌 (HU, Yongchang); 中国河南省许昌市许继大道 1298 号, Henan 461000 (CN)。陈朋 (CHEN, Peng); 中国河南省许昌市许继大道 1298 号, Henan 461000 (CN)。张艳浩 (ZHANG, Yanhao); 中国河南省许昌市许继大道 1298 号, Henan 461000 (CN)。苏进国 (SU, Jinguo); 中国河南省许昌市许继大道 1298 号, Henan 461000 (CN)。李艳梅 (LI, Yanmei); 中国河南省许昌市许继大道 1298 号, Henan 461000 (CN)。肖龙 (XIAO, Long); 中国河南省许昌市许继大道 1298 号, Henan 461000 (CN)。吴战锋 (WU, Zhanfeng); 中国河南省许昌市许继大道 1298 号, Henan 461000 (CN)。申帅华 (SHEN, Shuaihua); 中国河南省许昌市许继

(54) Title: FLEXIBLE DIRECT-CURRENT POWER DISTRIBUTION NETWORK SINGLE-POLE GROUND FAULT RECOGNITION METHOD AND APPARATUS, AND STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 柔性直流配电网单极接地故障识别方法及装置、存储介质

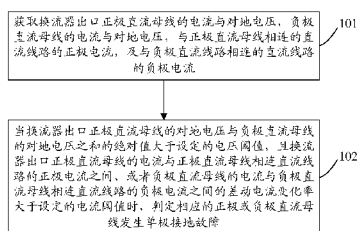


图 1

- 101 Acquire a current in and a voltage to ground at a positive direct-current bus on an outlet of a converter, a current in and a voltage to ground at a negative direct-current bus, a positive current of a direct-current line connected to the positive direct-current bus and a negative current of a direct-current line connected to the negative direct-current bus
- 102 When the absolute value of the sum of the voltage to ground at the positive direct-current bus on the outlet of the converter and the voltage to ground of the negative direct-current bus is greater than a pre-set voltage threshold, and a differential current change rate between the current in the positive direct-current bus on the outlet of the converter and the positive current of a direct-current line connected to the positive direct-current bus, or between the current in the negative direct-current bus and the negative current in a direct-current line connected to the negative direct-current bus is greater than a pre-set current threshold, determine that a corresponding positive direct-current bus or negative direct-current bus has a single-pole ground fault

(57) Abstract: A flexible direct-current power distribution network single-pole ground fault recognition method and apparatus, and a computer storage medium. The method comprises: 1) acquiring a current in and a voltage to ground at a positive direct-current bus on an outlet of a converter, a current in and a voltage to ground at a negative direct-current bus, a positive current of a direct-current line connected to the positive direct-current bus and a negative current of a direct-current line connected to the negative direct-current bus (101); and 2) when the absolute value of the sum of the voltage to ground at the positive direct-current bus on the outlet of the converter and the voltage to ground at the negative direct-current bus is greater than a pre-set voltage threshold, and a differential current change rate between the current in the positive direct-current bus on the outlet of the converter and the positive current in a direct-current line connected to the positive direct-current bus, or between the current in the negative direct-current bus and the negative current in a direct-current line connected to the negative direct-current bus is greater than a pre-set current threshold, determining that a corresponding positive direct-current bus or negative direct-current bus has a single-pole ground fault (102).

大道1298号, Henan 461000 (CN)。 杜少林(DU, Shaolin); 中国河南省许昌市许继大道1298号, Henan 461000 (CN)。 鲁庆华(LU, Qinghua); 中国河南省许昌市许继大道1298号, Henan 461000 (CN)。 孙攀磊(SUN, Panlei); 中国河南省许昌市许继大道1298号, Henan 461000 (CN)。 霍城辉(HUO, Chenghui); 中国河南省许昌市许继大道1298号, Henan 461000 (CN)。 郑坤承(ZHENG, Kuncheng); 中国河南省许昌市许继大道1298号, Henan 461000 (CN)。 邵瑞博(SHAO, Ruibo); 中国河南省许昌市许继大道1298号, Henan 461000 (CN)。 周金萍(ZHOU, Jinping); 中国河南省许昌市许继大道1298号, Henan 461000 (CN)。

(74) 代理人: 北京派特恩知识产权代理有限公司(CHINA PAT INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE); 中国北京市海淀区海淀南路21号中关村知识产权大厦B座2层, Beijing 100080 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种柔性直流配电网单极接地故障识别方法及装置、计算机存储介质, 其中, 所述方法包括: 1) 获取换流器出口正极直流母线的电流与对地电压, 负极直流母线的电流与对地电压, 与正极直流母线相连的直流线路的正极电流, 及与负极直流线路相连的直流线路的负极电流(101); 2) 当换流器出口正极直流母线的对地电压与负极直流母线的对地电压之和的绝对值大于设定的电压阈值, 且换流器出口正极直流母线的电流与正极直流母线相连直流线路的正极电流之间、或者负极直流母线的电流与负极直流母线相连直流线路的负极电流之间的差动电流变化率大于设定的电流阈值时, 判定相应的正极或负极直流母线发生单极接地故障(102)。

柔性直流配电网单极接地故障识别方法及装置、存储介质

相关申请的交叉引用

本申请基于申请号为 201710105811.1、申请日为 2017 年 02 月 24 日的中国专利申请提出，并要求该中国专利申请的优先权，该中国专利申请的
5 全部内容在此引入本申请作为参考。

技术领域

本发明涉及电力电子技术与直流配电技术领域，具体涉及一种柔性直流配电网单极接地故障识别方法及装置、计算机存储介质。

背景技术

10 多端柔性直流配电系统是指在同一直流网架下，含有 2 个以上电压源换流器（VSC，Voltage Source Converter），换流端口直流侧采用并联或串联的方式相互连接而组成的柔性直流配电系统。模块化多电平换流器（MMC，Modular Multilevel Converter）相对于传统两电平或三电平 VSC，具有易于扩展、谐波畸变小、开关损耗低、故障处理能力强等优点，成为柔性直流
15 配电网优先采用的换流器拓扑，一般情况下，模块化多电平换流器的接地方式选择交流阀侧经大电阻接地。

目前，直流单极接地故障的识别及排除是通过差动保护实现的，当母线发生单极金属性接地故障时，故障极直流电压变为 0，非故障极直流电压变为 2 倍额定值，故障处的电流较小，换流器阀侧电压存在直流电压偏置，
20 影响故障检测的准确性。并且，现有技术中启动差动保护的时间较慢，如果不能快速隔离故障母线，可能会造成设备过压、启动过压保护、闭锁换流器及换流器退出运行，影响供电的可靠性。

发明内容

本发明实施例期望提供一种柔性直流配电网单极接地故障识别方法及装置、计算机存储介质，用于解决现有技术无法准确检测出单极接地故障的问题。

5 为解决上述技术问题，第一方面，本发明实施例提出了一种柔性直流配电网单极接地故障识别方法，所述方法包括以下步骤：

1) 获取换流器出口正极直流母线的电流与对地电压，负极直流母线的电流与对地电压，与正极直流母线相连的直流线路的正极电流，及与负极直流线路相连的直流线路的负极电流；

10 2) 当换流器出口正极直流母线的对地电压与负极直流母线的对地电压之和的绝对值大于设定的电压阈值，且换流器出口正极直流母线的电流与正极直流母线相连直流线路的正极电流之间、或者负极直流母线的电流与负极直流母线相连直流线路的负极电流之间的差动电流变化率大于设定的电流阈值时，判定相应的正极或负极直流母线发生单极接地故障。

15 在一实施例中，可选地，步骤2)中所述换流器出口正极直流母线的电流与正极直流母线相连直流线路的正极电流之间、或者负极直流母线的电流与负极直流母线相连直流线路的负极电流之间的差动电流变化率大于设定的电流阈值，包括：换流器出口正极直流母线的电流与正极直流母线相连直流线路的正极电流之间的差动电流变化率大于设定的电流阈值的脉冲展宽 t_p 毫秒，或者负极直流母线的电流与负极直流母线相连直流线路的负极电流之间的差动电流变化率大于设定的电流阈值的脉冲展宽 t_p 毫秒。

20 在一实施例中，可选地，步骤2)中所述换流器出口正极直流母线的对地电压与负极直流母线的对地电压之和的绝对值大于设定的电压阈值，包括：换流器出口正极直流母线的对地电压与负极直流母线的对地电压之和的绝对值大于设定的电压阈值的脉冲展宽 t_s 毫秒。

25

在一实施例中，可选地，所述方法还包括：判定直流母线发生单极接地故障后，跳开与母线相连的直流断路器，以隔离故障母线。

为解决上述技术问题，第二方面，本发明实施例还提出了一种柔性直流配电网单极接地故障识别装置，所述装置包括：

- 5 采集单元，配置为获取换流器出口正极直流母线的电流与对地电压，负极直流母线的电流与对地电压，与正极直流母线相连的直流线路的正极电流，及与负极直流线路相连的直流线路的负极电流；

识别单元，配置为当换流器出口正极直流母线的对地电压与负极直流母线的对地电压之和的绝对值大于设定的电压阈值，且换流器出口正极直流母线的电流与正极直流母线相连直流线路的正极电流之间、或者负极直流母线的电流与负极直流母线相连直流线路的负极电流之间的差动电流变化率大于设定的电流阈值时，判定相应的正极或负极直流母线发生单极接地故障。

10

在一实施例中，可选地，所述识别单元，还配置为当换流器出口正极直流母线的对地电压与负极直流母线的对地电压之和的绝对值大于设定的电压阈值，且换流器出口正极直流母线的电流与正极直流母线相连直流线路的正极电流之间的差动电流变化率大于设定的电流阈值的脉冲展宽 t_p 毫秒，或者负极直流母线的电流与负极直流母线相连直流线路的负极电流之间的差动电流变化率大于设定的电流阈值的脉冲展宽 t_p 毫秒时，判定相应的正极或负极直流母线发生单极接地故障。

15

20

在一实施例中，可选地，所述识别单元，还配置为当换流器出口正极直流母线的对地电压与负极直流母线的对地电压之和的绝对值大于设定的电压阈值的脉冲展宽 t_s 毫秒，且换流器出口正极直流母线的电流与正极直流母线相连直流线路的正极电流之间、或者负极直流母线的电流与负极直流母线相连直流线路的负极电流之间的差动电流变化率大于设定的电流阈值时，判定相应的正极或负极直流母线发生单极接地故障。

25

在一实施例中，可选地，所述识别单元，还配置为当换流器出口正极直流母线的对地电压与负极直流母线的对地电压之和的绝对值大于设定的电压阈值的脉冲展宽 t_s 毫秒，且换流器出口正极直流母线的电流与正极直流母线相连直流线路的正极电流之间的差动电流变化率大于设定的电流阈值的脉冲展宽 t_p 毫秒，或者负极直流母线的电流与负极直流母线相连直流线路的负极电流之间的差动电流变化率大于设定的电流阈值的脉冲展宽 t_p 毫秒时，判定相应的正极或负极直流母线发生单极接地故障。

在一实施例中，可选地，所述装置还包括隔离单元，配置为：在所述识别单元检测到单极接地故障后，发送故障检测信号至控制系统，快速跳开换流器出口和线路的直流断路器，以隔离故障母线。

为解决上述技术问题，第三方面，本发明实施例还提供了一种计算机存储介质，所述计算机存储介质中存储有计算机可执行指令，所述计算机可执行指令用于执行本发明实施例所述的柔性直流配电网单极接地故障识别方法。

本发明实施例所述技术方案的有益效果包括：将正、负极母线电流、与对应正、负极母线相连的直流线路电流的差动电流变化率作为暂态量保护判据，将正、负极直流母线的对地电压和的绝对值作为电压不平衡判据，当两个判据都超过阈值时，能准确检测出单极接地故障，并快速识别故障母线，通过跳开发生接地故障直流母线所在的直流断路器，实现故障母线的快速隔离，提高了直流配电网的供电可靠性。

附图说明

图 1 为本发明实施例的一种柔性直流配电网单极接地故障识别方法的流程示意图；

图 2 为本发明实施例的柔性直流配电网单极接地故障测点配置图；

图 3 为本发明实施例的柔性直流配电网单极接地故障定位逻辑框图；

图 4 为本发明实施例的一种柔性直流配电网单极接地故障识别装置的组成结构示意图。

具体实施方式

下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步的说明。所附附图仅供参考说明之用，并非用来限定本发明实施例。

图 1 为本发明实施例的一种柔性直流配电网单极接地故障识别方法的流程示意图，如图 1 所示，所述方法包括以下步骤：

步骤 101：获取换流器出口正极直流母线的电流与对地电压，负极直流母线的电流与对地电压，与正极直流母线相连的直流线路的正极电流，及与负极直流线路相连的直流线路的负极电流。

步骤 102：当换流器出口正极直流母线的对地电压与负极直流母线的对地电压之和的绝对值大于设定的电压阈值，且换流器出口正极直流母线的电流与正极直流母线相连直流线路的正极电流之间、或者负极直流母线的电流与负极直流母线相连直流线路的负极电流之间的差动电流变化率大于设定的电流阈值时，判定相应的正极或负极直流母线发生单极接地故障。

作为一种可选实施方式，所述换流器出口正极直流母线的电流与正极直流母线相连直流线路的正极电流之间、或者负极直流母线的电流与负极直流母线相连直流线路的负极电流之间的差动电流变化率大于设定的电流阈值，具体为：换流器出口正极直流母线的电流与正极直流母线相连直流线路的正极电流之间的差动电流变化率大于设定的电流阈值的脉冲展宽 t_p 毫秒，或者负极直流母线的电流与负极直流母线相连直流线路的负极电流之间的差动电流变化率大于设定的电流阈值的脉冲展宽 t_p 毫秒。

作为一种可选实施方式，所述换流器出口正极直流母线的对地电压与负极直流母线的对地电压之和的绝对值大于设定的电压阈值，具体为：换流器出口正极直流母线的对地电压与负极直流母线的对地电压之和的绝对

值大于设定的电压阈值的脉冲展宽 t_s 毫秒。

在一实施例中，当换流器出口正极直流母线的对地电压与负极直流母线的对地电压之和的绝对值大于设定的电压阈值，且换流器出口正极直流母线的电流与正极直流母线相连直流线路的正极电流之间的差动电流变化率大于设定的电流阈值的脉冲展宽 t_p 毫秒，或者负极直流母线的电流与负极直流母线相连直流线路的负极电流之间的差动电流变化率大于设定的电

5 流阈值的脉冲展宽 t_p 毫秒时，判定相应的正极或负极直流母线发生单极接地故障。

在一实施例中，当换流器出口正极直流母线的对地电压与负极直流母线的对地电压之和的绝对值大于设定的电压阈值的脉冲展宽 t_s 毫秒，且换流器出口正极直流母线的电流与正极直流母线相连直流线路的正极电流之间、或者负极直流母线的电流与负极直流母线相连直流线路的负极电流之间的差动电流变化率大于设定的电流阈值时，判定相应的正极或负极直流母线发生单极接地故障。

10

在一实施例中，当换流器出口正极直流母线的对地电压与负极直流母线的对地电压之和的绝对值大于设定的电压阈值的脉冲展宽 t_s 毫秒，且换流器出口正极直流母线的电流与正极直流母线相连直流线路的正极电流之间的差动电流变化率大于设定的电流阈值的脉冲展宽 t_p 毫秒，或者负极直流母线的电流与负极直流母线相连直流线路的负极电流之间的差动电流变化率大于设定的电流阈值的脉冲展宽 t_p 毫秒时，判定相应的正极或负极直流母线发生单极接地故障。

15

20

进一步地，所述方法还包括：

步骤 103（在图 1 中未示出）：判定正极或负极直流母线发生单极接地故障后，跳开与母线相连的直流断路器，以隔离故障母线。

本发明实施例的技术方案，将正、负极母线电流、与对应正、负极母线相连的直流线路电流的差动电流变化率作为暂态量保护判据，将正、负

25

极直流母线的对地电压和的绝对值作为电压不平衡判据，当两个判据都超过阈值时，能准确检测出单极接地故障，并快速识别故障母线，通过跳开发生接地故障直流母线所在的直流断路器，实现故障母线的快速隔离，提高了直流配电网的供电可靠性。

5 一种柔性直流配电网的直流母线如图 2 所示，MMC 换流站分别连接正极、负极直流母线，正极、负极直流母线上均设有直流断路器，分别为 K_{0P} 、 K_{0N} ，正极直流母线通过断路器 K_{0P} 连接第一直流线路、第二直流线路，第一直流线路上设有串联的第一电抗器 X_1 和断路器 K_{1P} ，第二直流线路上设有串联的第二电抗器 X_2 和直流断路器 K_{2P} 。与正极直流母线相对应，负极
10 直流母线通过断路器 K_{0N} 连接第三直流线路、第四直流线路，第三直流线路上分别设有第三电抗器 X_3 和断路器 K_{1N} ，第四直流线路设有第四电抗器 X_4 和直流断路器 K_{2N} 。

如图 2 所示，分别在换流器出口的正、负母线设置相应的电流测点、电压测点，和在第一、第二、第三、第四直流线路上设置相应的电流测点。
15 正极直流母线的电流测点检测的电流为 I_{0P} 、电压测点检测到的电压为 U_{0P} ，第一直流线路的电流测点检测的电流为 I_{1P} ，第二直流线路的电流测点检测的电流为 I_{2P} 。负极直流母线的电流测点检测的电流为 I_{0N} 、电压测点检测的对地电压为 U_{0N} ，第三直流线路的电流测点检测的电流为 I_{1N} ，第四直流线路的电流测点检测的电流为 I_{2N} 。

20 当图 2 中的正极直流母线处发生接地故障时，检测 MMC 换流器出口正极直流母线的电流测点的电流 I_{0P} 、第一直流线路的电流 I_{1P} 、第二直流线路的电流 I_{2P} ，检测负极直流母线的电流 I_{0N} 、第三直流线路的电流 I_{1N} 、第四直流线路的电流 I_{2N} ，同时检测对地电压 U_{0P} 、 U_{0N} ，将两个对地电压 U_{0P} 、 U_{0N} 之和的绝对值与设定的电压阈值 U_{dcset} 比较，将电流 I_{0P} 分别减去电流 I_{1P} 、
25 I_{2P} 的差流变化率与设定的电流阈值 dI_{dc1set} 进行比较，同时将电流 I_{0N} 分别减去电流 I_{1N} 、 I_{2N} 的差流变化率与设定的电流阈值 dI_{dc2set} 进行比较。当 I_{0P} 分

别减去电流 I_{1P} 、 I_{2P} 的差流变化率大于 dI_{dc1set} ， I_{0N} 分别减去电流 I_{1N} 、 I_{2N} 的差流变化率大于 dI_{dc2set} ，且大于脉冲展宽 t_p 毫秒时，判定当前直流母线存在故障。当对地电压 U_{0P} 、 U_{0N} 之和的绝对值大于 U_{dcset} 时，且大于脉冲展宽 t_s 毫秒，判定直流母线发生单极接地故障，此路信号为电压不平衡信号。即

5 电压不平衡信号和差动电流变化率保护信号都为 1 时，表明直流母线发生单极接地故障，单极接地故障定位逻辑框图如图 3 所示。

在换流站内设置相应的控制保护装置，采样频率为 10kHz，控制保护系统程序执行周期为 100 微秒。当保护系统检测到直流母线单极接地故障后，保护系统将保护信号发送给控制系统，控制系统发送指令，跳开与母

10 线相连的直流断路器，隔离故障母线。

与上述单极接地故障识别方法相对应，本发明实施例还提供了一种柔性直流配电网单极接地故障识别装置，如图 4 所示，所述装置包括：

采集单元 10，配置为获取换流器出口正极直流母线的电流与对地电压，负极直流母线的电流与对地电压，与正极直流母线相连的直流线路的正极

15 电流，及与负极直流线路相连的直流线路的负极电流。

识别单元 20，配置为当换流器出口正极直流母线的对地电压与负极直流母线的对地电压之和的绝对值大于设定的电压阈值，且换流器出口正极直流母线的电流与正极直流母线相连直流线路的正极电流之间、或者负极直流母线的电流与负极直流母线相连直流线路的负极电流之间的差动电流

20 变化率大于设定的电流阈值时，判定相应的正极或负极直流母线发生单极接地故障。

在一实施例中，所述识别单元 20，还配置为：当换流器出口正极直流母线的对地电压与负极直流母线的对地电压之和的绝对值大于设定的电压阈值，且换流器出口正极直流母线的电流与正极直流母线相连直流线路的正极电流之间的差动电流变化率大于设定的电流阈值的脉冲展宽 t_p 毫秒，

25 或者负极直流母线的电流与负极直流母线相连直流线路的负极电流之间的

差动电流变化率大于设定的电流阈值的脉冲展宽 t_p 毫秒时，判定相应的正极或负极直流母线发生单极接地故障。

在一实施例中，所述识别单元 20，还配置为：当换流器出口正极直流母线的对地电压与负极直流母线的对地电压之和的绝对值大于设定的电压
5 阈值的脉冲展宽 t_s 毫秒，且换流器出口正极直流母线的电流与正极直流母线相连直流线路的正极电流之间、或者负极直流母线的电流与负极直流母线相连直流线路的负极电流之间的差动电流变化率大于设定的电流阈值时，判定相应的正极或负极直流母线发生单极接地故障。

在一实施例中，所述识别单元 20，还配置为：当换流器出口正极直流
10 母线的对地电压与负极直流母线的对地电压之和的绝对值大于设定的电压阈值的脉冲展宽 t_s 毫秒，且换流器出口正极直流母线的电流与正极直流母线相连直流线路的正极电流之间的差动电流变化率大于设定的电流阈值的脉冲展宽 t_p 毫秒，或者负极直流母线的电流与负极直流母线相连直流线路的负极电流之间的差动电流变化率大于设定的电流阈值的脉冲展宽 t_p 毫秒
15 时，判定相应的正极或负极直流母线发生单极接地故障。

在一实施例中，所述装置还包括隔离单元 30，所述隔离单元 30 配置为：在所述识别单元 20 检测到单极接地故障后，发送故障检测信号至控制系统，快速跳开换流器出口和线路的直流断路器，以隔离故障母线。

本领域技术人员应当理解，本发明实施例的柔性直流配电网单极接地
20 故障识别装置中各处理单元的功能，可参照前述柔性直流配电网单极接地故障识别方法的相关描述而理解，本发明实施例的柔性直流配电网单极接地故障识别装置中各处理单元，可通过实现本发明实施例所述的功能的模拟电路而实现，也可以通过执行本发明实施例所述的功能的软件在智能终端上的运行而实现。

25 本实施例中，所述柔性直流配电网单极接地故障识别装置中的才几单元 10、识别单元 20、隔离单元 30，在实际应用中可由所述柔性直流配电网

单极接地故障识别装置或所述柔性直流配电网单极接地故障识别装置所属设备中的中央处理器(CPU, Central Processing Unit)、数字信号处理器(DSP, Digital Signal Processor)或可编程门阵列(FPGA, Field-Programmable Gate Array)等实现。

- 5 本发明实施例的柔性直流配电网单极接地故障识别装置, 能够准确检测出单极接地故障。

上述所指的柔性直流配电网单极接地故障识别装置, 实际上是基于本发明方法流程的一种计算机解决方案, 即一种软件构架, 可以应用到换流站中, 上述装置即为与方法流程相对应的处理进程。由于对上述方法的介绍已经足够清楚完整, 而本实施例声称的装置实际上是一种软件构架, 故
10 不再详细进行描述。

与上述单极接地故障识别方法相对应, 本发明实施例还提供了一种计算机存储介质, 所述计算机存储介质中存储有计算机可执行指令, 所述计算机可执行指令用于执行本发明实施例所述的柔性直流配电网单极接地故障识别方法。所述计算机可执行指令被处理器执行之后, 能够实现前述任
15 意一项或多项柔性直流配电网单极接地故障识别的方法。

所述计算机存储介质可为各种类型的存储介质, 在本实施例中可优选为非瞬间存储介质。

本领域技术人员应当理解, 本实施例的存储介质中各程序的功能, 可
20 参照实施例所述的柔性直流配电网单极接地故障识别方法的相关描述而理解。

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, 例如, 所述单元的划分, 仅仅为一种逻辑功能划分, 实际实现时可以有另外的划分方式, 如: 多个单元或组件可以结合, 或可以集成到另一个
25 系统, 或一些特征可以忽略, 或不执行。另外, 所显示或讨论的各组成部

分相互之间的耦合、或直接耦合、或通信连接可以是通过一些接口，设备或单元的间接耦合或通信连接，可以是电性的、机械的或其它形式的。

上述作为分离部件说明的单元可以是、或也可以不是物理上分开的，作为单元显示的部件可以是、或也可以不是物理单元，即可以位于一个地方，也可以分布到多个网络单元上；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。

另外，在本发明各实施例中的各功能单元可以全部集成在一个第二处理单元中，也可以是各单元分别单独作为一个单元，也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中；上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现，也可以采用硬件加软件功能单元的形式实现。

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。

工业实用性

本发明实施例的技术方案，将正、负极母线电流、与对应正、负极母线相连的直流线路电流的差动电流变化率作为暂态量保护判据，将正、负极直流母线的对地电压和的绝对值作为电压不平衡判据，当两个判据都超过阈值时，能准确检测出单极接地故障，并快速识别故障母线，通过跳开发生接地故障直流母线所在的直流断路器，实现故障母线的快速隔离，提高了直流配电网的供电可靠性。

权利要求书

1、一种柔性直流配电网单极接地故障识别方法，所述方法包括以下步骤：

1) 获取换流器出口正极直流母线的电流与对地电压，负极直流母线的
5 电流与对地电压，与正极直流母线相连的直流线路的正极电流，及与负极
直流线路相连的直流线路的负极电流；

2) 当换流器出口正极直流母线的对地电压与负极直流母线的对地电压
之和的绝对值大于设定的电压阈值，且换流器出口正极直流母线的电流与
正极直流母线相连直流线路的正极电流之间、或者负极直流母线的电流与
10 负极直流母线相连直流线路的负极电流之间的差动电流变化率大于设定的
电流阈值时，判定相应的正极或负极直流母线发生单极接地故障。

2、根据权利要求 1 所述的柔性直流配电网单极接地故障识别方法，其
中，步骤 2) 中所述换流器出口正极直流母线的电流与正极直流母线相连直
流线路的正极电流之间、或者负极直流母线的电流与负极直流母线相连直
15 流线路的负极电流之间的差动电流变化率大于设定的电流阈值，包括：

换流器出口正极直流母线的电流与正极直流母线相连直流线路的正极
电流之间的差动电流变化率大于设定的电流阈值的脉冲展宽 t_p 毫秒，或者
负极直流母线的电流与负极直流母线相连直流线路的负极电流之间的差动
电流变化率大于设定的电流阈值的脉冲展宽 t_p 毫秒。

20 3、根据权利要求 1 所述的柔性直流配电网单极接地故障识别方法，其
中，步骤 2) 中所述换流器出口正极直流母线的对地电压与负极直流母线的
对地电压之和的绝对值大于设定的电压阈值，包括：

换流器出口正极直流母线的对地电压与负极直流母线的对地电压之和
的绝对值大于设定的电压阈值的脉冲展宽 t_s 毫秒。

25 4、根据权利要求 1 所述的柔性直流配电网单极接地故障识别方法，其

中，所述方法还包括：

判定直流母线发生单极接地故障后，跳开与母线相连的直流断路器，以隔离故障母线。

5、一种柔性直流配电网单极接地故障识别装置，所述装置包括：

5 采集单元，配置为获取换流器出口正极直流母线的电流与对地电压，负极直流母线的电流与对地电压，与正极直流母线相连的直流线路的正极电流，及与负极直流线路相连的直流线路的负极电流；

识别单元，配置为当换流器出口正极直流母线的对地电压与负极直流母线的对地电压之和的绝对值大于设定的电压阈值，且换流器出口正极直流母线的电流与正极直流母线相连直流线路的正极电流之间、或者负极直流母线的电流与负极直流母线相连直流线路的负极电流之间的差动电流变化率大于设定的电流阈值时，判定相应的正极或负极直流母线发生单极接地故障。

6、根据权利要求5所述的柔性直流配电网单极接地故障识别装置，其中，所述识别单元，还配置为：当换流器出口正极直流母线的对地电压与负极直流母线的对地电压之和的绝对值大于设定的电压阈值，且换流器出口正极直流母线的电流与正极直流母线相连直流线路的正极电流之间的差动电流变化率大于设定的电流阈值的脉冲展宽 t_p 毫秒，或者负极直流母线的电流与负极直流母线相连直流线路的负极电流之间的差动电流变化率大于设定的电流阈值的脉冲展宽 t_p 毫秒时，判定相应的正极或负极直流母线发生单极接地故障。

7、根据权利要求5所述的柔性直流配电网单极接地故障识别装置，其中，所述识别单元，还配置为：当换流器出口正极直流母线的对地电压与负极直流母线的对地电压之和的绝对值大于设定的电压阈值的脉冲展宽 t_s 毫秒，且换流器出口正极直流母线的电流与正极直流母线相连直流线路的正极电流之间、或者负极直流母线的电流与负极直流母线相连直流线路的

负极电流之间的差动电流变化率大于设定的电流阈值时，判定相应的正极或负极直流母线发生单极接地故障。

8、根据权利要求 5 所述的柔性直流配电网单极接地故障识别装置，其中，所述识别单元，还配置为：当换流器出口正极直流母线的对地电压与
5 负极直流母线的对地电压之和的绝对值大于设定的电压阈值的脉冲展宽 t_s 毫秒且换流器出口正极直流母线的电流与正极直流母线相连直流线路的正极电流之间的差动电流变化率大于设定的电流阈值的脉冲展宽 t_p 毫秒，或者负极直流母线的电流与负极直流母线相连直流线路的负极电流之间的差动电流变化率大于设定的电流阈值的脉冲展宽 t_p 毫秒时，判定相应的正极
10 或负极直流母线发生单极接地故障。

9、根据权利要求 5 所述的柔性直流配电网单极接地故障识别装置，其中，所述装置还包括隔离单元，配置为在所述识别单元检测到单极接地故障后，发送故障检测信号至控制系统，跳开换流器出口和线路的直流断路器，以隔离故障母线。

15 10、一种计算机存储介质，所述计算机存储介质中存储有计算机可执行指令，所述计算机可执行指令用于执行权利要求 1 至 4 任一项所述的柔性直流配电网单极接地故障识别方法。

获取换流器出口正极直流母线的电流与对地电压，负极直流母线的电流与对地电压，与正极直流母线相连的直流线路的正极电流，及与负极直流线路相连的直流线路的负极电流

101

当换流器出口正极直流母线的对地电压与负极直流母线的对地电压之和的绝对值大于设定的电压阈值，且换流器出口正极直流母线的电流与正极直流母线相连直流线路的正极电流之间、或者负极直流母线的电流与负极直流母线相连直流线路的负极电流之间的差动电流变化率大于设定的电流阈值时，判定相应的正极或负极直流母线发生单极接地故障

102

图 1

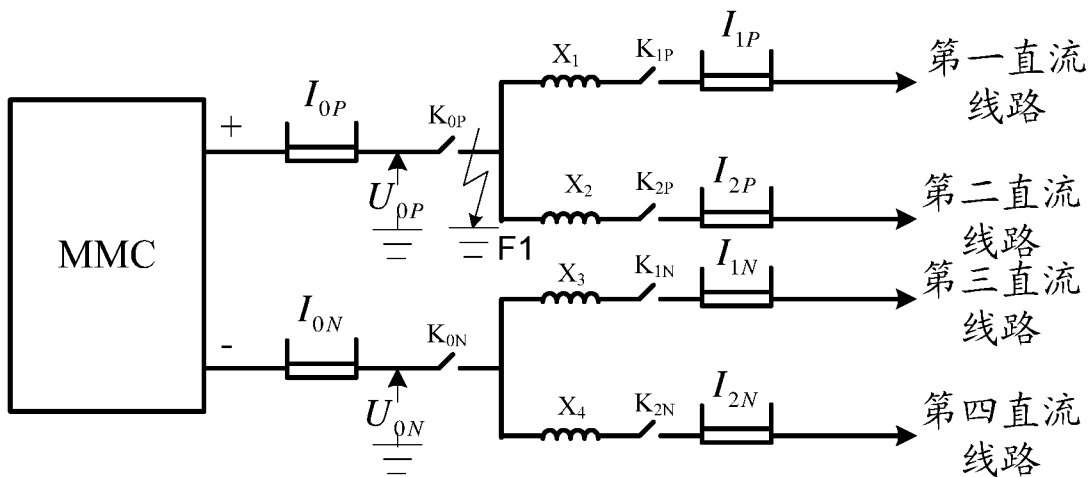


图 2

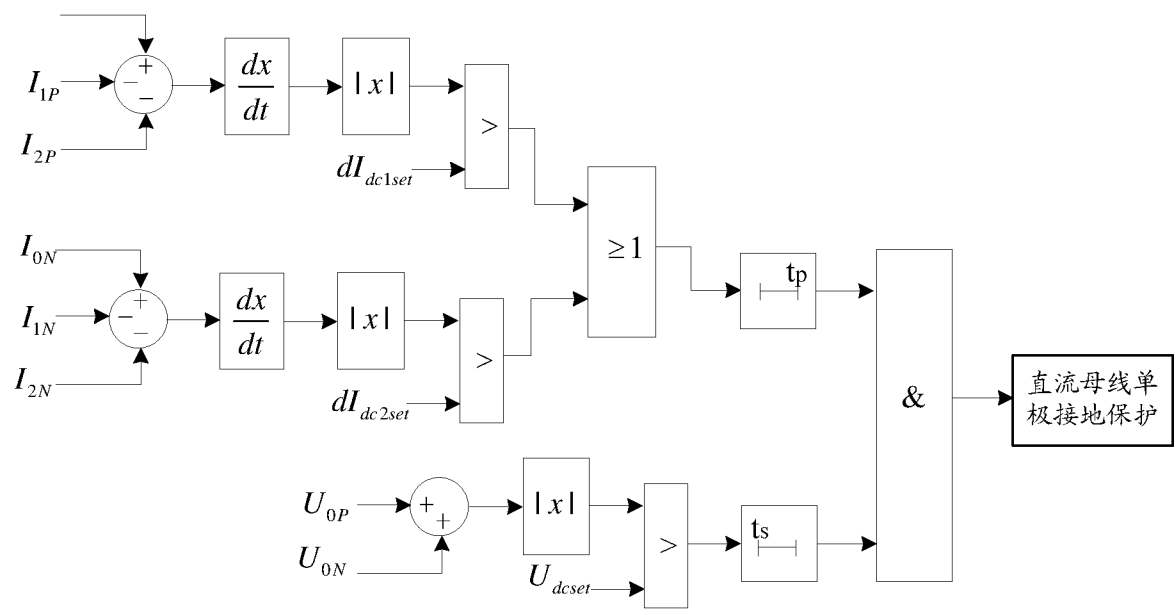


图 3

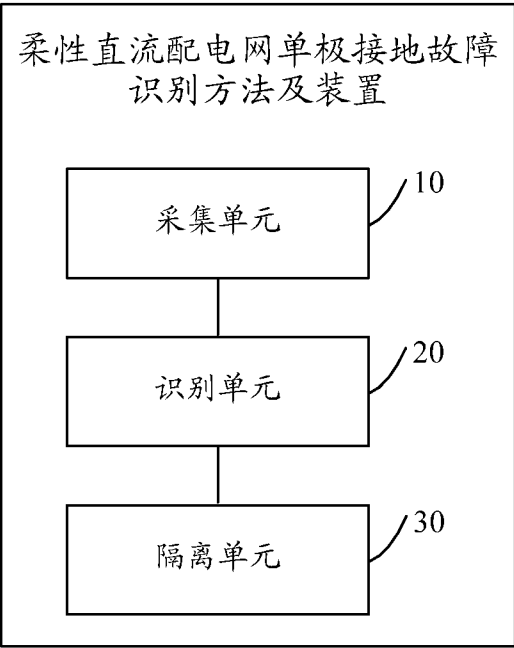


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/114144

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R 31/08 (2006.01) i; H02H 7/26 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01R, H02H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNKI, CNPAT, WPI, EPODOC: 柔性, 直流, 配电, 单极接地, 故障, 检测, 获取, 接地, 电压, 电流, 识别, 直流, 母线, 线路, 阈值, 绝对值, 电流, 变化率, 差动, FLEXIBLE, DIRECT, CURRENT, VOLTAGE, DISTRIBUTE, NETWORK, POLE, GROUND, FAULT, IDENTIFY, DETERMIN+, DIFFERENT+, CHANGE, RATE, LINE, THRESHOLD, VALUE, MONOPOLAR, EARTH

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 106680670 A (XJ GROUP CORPORATION et al.), 17 May 2017 (17.05.2017), claims 1-8, description, paragraphs [0021]-[0028], and figures 1-2	1-10
A	CN 105552947 A (TBEA SUNOASIS CO., LTD. et al.), 04 May 2016 (04.05.2016), description, paragraphs [0034]-[0057], and figures 1-7	1-10
A	CN 104820157 A (STATE GRID CORPORATION OF CHINA et al.), 05 August 2015 (05.08.2015), entire document	1-10
A	CN 102856881 A (NORTH CHINA ELECTRIC POWER UNIVERSITY), 02 January 2013 (02.01.2013), entire document	1-10
A	WO 2016156435 A1 (GENERAL ELECTRIC TECHNOLOGY GMBH), 06 October 2016 (06.10.2016), entire document	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 05 February 2018	Date of mailing of the international search report 24 February 2018
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer LI, Ying Telephone No. (86-10) 53961445

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/114144

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	孙刚等, “基于 MMC 的柔性直流配电网故障定位及保护配置研究”, 电力系统保护与控制, 16 November 2015 (16.11.2015), 43(22), ISSN: 1674-3415, pages 127-133, (SUN, Gang et al., Research on the Fault Location Method and Protection Configuration Strategy of MMC Based DC Distribution Grid, Power System Protection And Control)	1-10

International application No.
PCT/CN2017/114144

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2009)

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/114144

A. 主题的分类

G01R 31/08(2006.01)i; H02H 7/26(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G01R, H02H

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNKI, CNPAT, WPI, EPODOC: 柔性, 直流, 配电, 单极接地, 故障, 检测, 获取, 接地, 电压, 电流, 识别, 直流, 母线, 线路, 阈值, 绝对值, 电流, 变化率, 差动, FLEXIBLE, DIRECT, CURRENT, VOLTAGE, DISTRIBUTE, NETWORK, POLE, GROUND, FAULT, IDENTIFY, DETERMIN+, DIFFERENT+, CHANGE, RATE, LINE, THRESHOLD, VALUE, MONO-POLAR, EARTH

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 106680670 A (许继集团有限公司 等) 2017年 5月 17日 (2017 - 05 - 17) 权利要求1-8, 说明书第[0021]-[0028]段, 附图1-2	1-10
A	CN 105552947 A (特变电工新疆新能源股份有限公司 等) 2016年 5月 4日 (2016 - 05 - 04) 说明书第[0034]-[0057]段, 附图1-7	1-10
A	CN 104820157 A (国家电网公司 等) 2015年 8月 5日 (2015 - 08 - 05) 全文	1-10
A	CN 102856881 A (华北电力大学) 2013年 1月 2日 (2013 - 01 - 02) 全文	1-10
A	WO 2016156435 A1 (GENERAL ELECTRIC TECHNOLOGY GMBH) 2016年 10月 6日 (2016 - 10 - 06) 全文	1-10

☒ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2018年 2月 5日

国际检索报告邮寄日期

2018年 2月 24日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10) 62019451

受权官员

李英

电话号码 (86-10) 53961445

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	孙刚 等. “基于MMC的柔性直流配电网故障定位及保护配置研究” 电力系统保护与控制, 第43卷, 第22期, 2015年 11月 16日 (2015 - 11 - 16), ISSN: 1674-3415, 第127-133页	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/114144

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	106680670	A	2017年 5月 17日	无			
CN	105552947	A	2016年 5月 4日	无			
CN	104820157	A	2015年 8月 5日	无			
CN	102856881	A	2013年 1月 2日	CN	102856881	B	2015年 1月 21日
WO	2016156435	A1	2016年 10月 6日	GB	201505410	D0	2015年 5月 13日
				GB	2536894	A	2016年 10月 5日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)