

(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
2016年7月7日 (07.07.2016)



(10) 国际公布号
WO 2016/107509 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01R 31/327 (2006.01) H02H 3/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2015/099152
- (22) 国际申请日: 2015年12月28日 (28.12.2015)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201410838440.4 2014年12月29日 (29.12.2014) CN
- (71) 申请人: 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)。 国网智能电网研究院 (STATE GRID SMART GRID RESEARCH INSTITUTE) [CN/CN]; 中国北京市昌平区小汤山镇大东流村顺沙路270号(未来科技城), Beijing 102211 (CN)。 中电普瑞电力工程有限公司 (CHINA-EPRI ELECTRIC POWER ENGINEERING CO.,LTD.) [CN/CN]; 中国北京市昌平区南邵镇南中路16号, Beijing 102200 (CN)。 华北电网有限公司 (NORTH CHINA GRID COMPANY LIMITED) [CN/CN]; 中国北京市西城区广安门大街482号, Beijing 100053 (CN)。
- (72) 发明人: 魏晓光 (WEI, Xiaoguang); 中国北京市昌平区小汤山镇大东流村顺沙路270号(未来科技城), Beijing 102211 (CN)。 贺之渊 (HE, Zhiyuan); 中国

北京市昌平区小汤山镇大东流村顺沙路270号(未来科技城), Beijing 102211 (CN)。 查鲲鹏 (ZHA, Kunpeng); 中国北京市昌平区南邵镇南中路16号, Beijing 102200 (CN)。 周万迪 (ZHOU, Wandi); 中国北京市昌平区小汤山镇大东流村顺沙路270号(未来科技城), Beijing 102211 (CN)。 高冲 (GAO, Chong); 中国北京市昌平区小汤山镇大东流村顺沙路270号(未来科技城), Beijing 102211 (CN)。 张升 (ZHANG, Sheng); 中国北京市昌平区小汤山镇大东流村顺沙路270号(未来科技城), Beijing 102211 (CN)。 陈龙龙 (CHEN, Longlong); 中国北京市昌平区小汤山镇大东流村顺沙路270号(未来科技城), Beijing 102211 (CN)。

- (74) 代理人: 北京安博达知识产权代理有限公司 (AM-BOYNA INTELLECTUAL PROPERTY AGENT CO.,LTD.); 中国北京市海淀区大钟寺13号院1号楼华杰大厦B215, Beijing 100098 (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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。

[见续页]

(54) Title: BREAKING TESTING DEVICE FOR HIGH-VOLTAGE DIRECT-CURRENT CIRCUIT BREAKER, AND TESTING METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 一种高压直流断路器分断试验装置及其试验方法

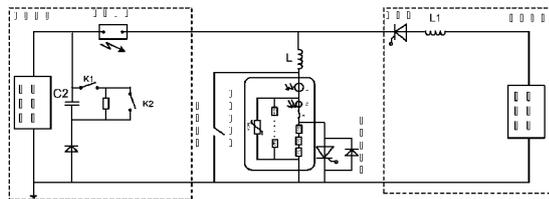


图2 / FIG. 2

(57) Abstract: A breaking testing device for a high-voltage direct-current circuit breaker, and a testing method therefor. A reactor L of the device and a high-voltage direct-current circuit breaker are serially connected and then respectively connected in parallel to a high-voltage circuit and a low-voltage circuit. Two ends of the high-voltage direct-current circuit breaker are connected in parallel to bypass switches. Two ends of a full-bridge module in a mechanical switch-full-bridge module branch are connected in parallel to protective thyristors. In the testing method, a low-voltage large-current source injects a rated current to a circuit breaker through an isolating thyristor valve; a high-voltage small-current source is used to charge a capacitor, an initial testing voltage is established, a high-voltage circuit is triggered by a spark gap, a testing current is adjusted by the reactor and is then injected into the circuit breaker, the isolating thyristor valve is turned off, the breaking is implemented when an expected breaking current or a maximum breaking time is reached, and the circuit breaker tolerates a transient-state recovery overvoltage and a high-voltage circuit capacitor residual-voltage. By means of the device and the method, a current, a voltage and a heat stress of a high-voltage direct-current circuit breaker in actual operation can be reproduced, and testing equivalence is high, thereby providing a capability of reliably detecting the breaking performance of the circuit breaker.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2016/107509 A1



(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))。

一种高压直流断路器分断试验装置及其试验方法, 该装置的电抗器 L 和高压直流断路器串联后分别与高压回路和低压回路并联; 高压直流断路器两端并联有旁路开关; 机械开关-全桥模块支路中全桥模块两端并联有保护晶闸管。试验方法通过低压大电流源经隔离晶闸管阀向断路器注入额定电流; 由高压小电流源对电容充电, 建立初始试验电压, 由火花间隙触发高压回路, 试验电流经电抗调节后注入断路器中, 并关断隔离晶闸管阀, 在达到预期分断电流或者最大分断时间时, 完成分断, 断路器耐受暂态恢复过压和高压回路电容残余电压。该装置和方法能够复现高压直流断路器在实际运行中的电流、电压和热应力, 试验等效高, 具备可靠检测断路器分断性能的能力。

一种高压直流断路器分断试验装置及其试验方法

技术领域

本发明涉及一种直流断路器的试验装置及其试验方法，具体讲涉及一种高压直流断路器分断试验装置及其试验方法。

背景技术

随着基于电压源换流器（VSC）的多端柔性直流和直流电网技术的开始应用，快速高压直流断路器成为保证系统稳定安全可靠运行的关键设备之一，其运行的可靠性直接决定了所配置直流系统的安全性和经济性，因此需要开展全面的试验检测高压直流断路器性能，而断路器分断能力是最重要性能之一。高压直流断路器尚属于电力电子领域前沿技术，目前只有 ABB 和 ALSTOM 两家跨国企业完成了高压直流断路器样机的研制，其试验方法属于高度保密技术，少有文献报道。而成熟高压直流转化开关试验采用单电源试验方法，可以完成大电流分断，但无法有效等效断路器分断过程中热应力以及分断后恢复过电压，且通用性差。

发明内容

针对现有技术的不足，本发明的目的是提供一种高压直流断路器分断试验装置及其试验方法，本发明提供的试验装置拓扑结构简单，控制简便，试验容量低、试验电流大，分断电流幅值和 di/dt 灵活可调，能够复现高压直流断路器在实际运行中的电流、电压和热应力，试验等效高，安全性强，具备可靠检测高压直流断路器分断性能的能力。

本发明的目的是采用下述技术方案实现的：

本发明提供一种高压直流断路器分断试验装置，所述高压直流断路器包括并联的机械开关-全桥模块单元支路、全桥模块单元支路和避雷器 MOV；所述机械开关-全桥模块单元支路由机械开关 K 与全桥模块单元串联组成；所述全桥模块单元支路由串联的全桥模块单元组成；其改进之处在于，所述试验装置包括高压回路、低压回路、电抗器 L 和高压直流断路器；所述电抗器 L 和高压直流断路器串联后分别与高压回路和低压回路并联；所述的高压直流断路器两端并联有旁路开关；所述的高压直流断路器机械开关-全桥模块支路中全桥模块两端并联有保护晶闸管。

进一步地，所述高压回路包括高压小电流源（0~30kV，0~2A）、火花间隙、电容器 C2 及其辅助回路和二极管阀；所述高压小电流源的正极与火花间隙的一端连接；所述高压小电流源的负极接地；所述火花间隙的另一端与低压回路隔离晶闸管阀的阴极和电抗器 L 的一端

连接；所述电容器 C2 和二极管阀串联后与高压小电流源并联；电容器 C2 的辅助回路包括机械开关 K1、K2 和电阻 R；所述的辅助回路并联连接于电容器 C2 两端；所述电阻 R 和机械开关 K2 并联后与机械开关 K1 串联。

进一步地，所述低压回路包括串联的低压电源、电抗器 L1 和隔离晶闸管阀；所述低压回路能够创造幅值为 1~6kA 的额定电流。

进一步地，所述保护晶闸管的两端反并联有二极管；所述全桥模块单元由两相四桥臂构成，且在两相之间并联有电容器 C，在电容器 C 两端并联有电阻；每个桥臂由 IGBT 以及与其反并联的续流二极管构成。

本发明还提供一种高压直流断路器分断试验装置的试验方法，其改进之处在于，所述方法包括下述步骤：

A、试验前，使高压直流断路器的机械开关 K 处于闭合状态，全桥模块单元所有的 IGBT 处于导通状态，旁路开关处于分断状态，并通过高压小电流源完成对高压试验回路电容充电；

B、低压回路触发隔离晶闸管阀，并通过隔离晶闸管阀向高压直流断路器注入额定电流；

C、在高压直流断路器达到热平衡后，通过触发火花间隙引入高压回路，经电抗器 L 控制注入高压直流断路器电流 di/dt ，同时高压回路注入电流将强迫隔离晶闸管电流过零后关断，实现高压回路与低压回路的隔离；

D、在高压回路注入电流达到高压直流断路器最大分断电流或者达到高压直流断路器允许的最大分断时间时，高压直流断路器分断，通过调整耐受避雷器保护水平电压和高压回路电容 C2 残余电压，实现与实际工程分断电流和恢复过电压的等效；

E、试验完成后，先后闭合高压回路电容器 C2 的辅助回路中机械开关 K1 和 K2，实现电容器电压的泄放。

本发明还提供一种高压直流断路器分断试验装置的试验方法，其改进之处在于，在进行分断试验之前，使高压直流断路器处于分断状态，闭合旁路开关，触发低压回路隔离晶闸管阀，随后再触发高压回路火花间隙，完成对预期试验电流测试。

本发明还提供一种高压直流断路器分断试验装置的试验方法，其改进之处在于，利用低压回路，调节其输出电压和低压回路电抗器 L1，进行高压直流断路器额定通流能力和短时过电流能力试验。

与最接近的现有技术相比，本发明提供的技术方案具有的优异效果是：

1、本发明所提高压直流断路器分断试验方法采用双源复合方式，所需试验容量低、试验

电流大且 di/dt 灵活可调，试验能力能够覆盖应用于柔性直流和传统直流输电工程中的高压直流断路器；

2、本发明所提高压直流断路器分断试验电路结构简单，控制简易，试验平台建设成本低；

3、本发明所提高压直流断路器分断试验方法能够准确复现直流断路器在额定运行工况下经历不同故障类型下热应力、分断电流、暂态过电压（包含直流电压），且具备优越的等效性；

4、本发明所提高压直流断路器分断试验方法功能全面，还能够完成高压直流断路器温升试验和短时过电流试验，具备高度集成性；

5、本发明所提新型高压直流断路器分断试验方法能够测试试验预期电流，并提供了完善的保护措施，既提供了试验的安全性，又能直观验证直流断路器分断效果。

附图说明

图 1 是本发明提供的高压直流断路器结构图；其中（a）为高压直流断路器拓扑图，（b）为全桥模块试验装置的拓扑结构图；

图 2 是本发明提供的高压直流断路器分断试验装置拓扑结构图；

图 3 是本发明提供的高压直流断路器分断试验的控制时序和分断波形图。

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详细说明。

图 1 为高压直流断路器拓扑，（a）为高压直流断路器拓扑图，（b）为全桥模块试验装置的拓扑结构图，高压直流断路器包括并联的机械开关-全桥模块单元支路、全桥模块单元支路和避雷器 MOV；所述机械开关-全桥模块单元支路由机械开关 K 与全桥模块单元串联组成；所述全桥模块单元支路由串联的全桥模块单元组成；全桥模块单元由两相四桥臂构成，且在两相之间并联有电容器 C，在电容器 C 两端并联有电阻；每个桥臂由 IGBT 以及与其反并联的续流二极管构成。

本发明提供的高压直流断路器分断试验装置的拓扑结构图如图 2 所示，包括高压回路、低压回路、电抗器 L 和高压直流断路器；所述电抗器 L 和高压直流断路器串联后分别与高压回路和低压回路并联；所述的高压直流断路器两端并联有旁路开关；所述的高压直流断路器机械开关-全桥模块支路中全桥模块两端并联有保护晶闸管。旁路开关用于在试验前测试整个试验电路的注入电流波形，保证试验的安全性，同时还可以提供正常故障波形与断路器分断波形比较，验证直流断路器分断效果。旁路晶闸管在断路器无法完成正常分断时对其提供保护，两端反并联二极管使其不会耐受高压回路振荡形成的反向电压，全部由与电容 C2 串联

的二极管阀耐受，其无需要进行多个晶闸管串联。

高压回路包括高压小电流源（0~30kV，0~2A）、火花间隙、电容器 C2 及其辅助回路和二极管阀；所述高压小电流源的正极与火花间隙的一端连接；所述高压小电流源的负极接地；所述火花间隙的另一端与低压回路隔离晶闸管阀的阴极和电抗器 L 的一端连接；所述电容器 C2 和二极管阀串联后与高压小电流源并联；电容器 C2 的辅助回路包括机械开关 K1、K2 和电阻 R；所述的辅助回路并联连接于电容器 C2 两端；所述电阻 R 和机械开关 K2 并联后与机械开关 K1 串联。高压回路的作用是注入直流断路器分断电流和分断完成后耐受直流电压。

低压回路包括串联的低压电源、电抗器 L1 和隔离晶闸管阀；所述低压回路能够创造幅值为 1~6kA 的额定电流。低压回路的作用是注入直流断路器额定电流。

本发明还提供一种高压直流断路器分断试验方法，能够实现新型高压直流断路器额定运行状态下大电流分断和高暂态过电压耐受的测试。该方法通过低压大电流源经隔离晶闸管阀向高压直流断路器注入额定电流；由高压小电流源对高压电容充电，建立高压试验回路初始试验电压，随后由火花间隙触发高压回路，试验电流经电抗调节后注入高压直流断路器中，与此同时实现低压试验回路隔离晶闸管阀关断，在达到预期分断电流或者最大分断时间时，完成分断，高压直流断路器耐受暂态恢复过压和高压试验回路电容残余电压。试验电路拓扑结构简单，控制简便，试验容量低、试验电流大，分断电流幅值和 di/dt 灵活可调，能够复现高压直流断路器在实际运行中的电流、电压和热应力，试验等效高，安全性强，具备可靠检测高压直流断路器分断性能的能力。该方法具体包括下述步骤：

A、试验前，使得高压直流断路器机械开关处于闭合状态，所有基于 IGBT 的全桥模块单元处于导通状态，旁路开关处于分断状态，并通过高压小电流源完成对高压试验回路电容充电。

B、低压回路创造幅值为数千安额定电流，即可以满足目前市场上成熟 IGBT 器件的通流需求，通过电抗 L1 和 L 来实现额定电流的近似恒定，回路阻抗低，使得所需要的试验电压极低，该电压能够实现隔离晶闸管阀的触发即可以满足要求；在低压回路通过隔离晶闸管阀向高压直流断路器注入额定电流一段时间 t_n ；

C、在高压直流断路器达到热平衡后，通过触发火花间隙引入高压试验回路，经电抗器 L 控制注入直流断路器电流 di/dt ，与此同时高压回路注入电流将强迫隔离晶闸管电流过零而后关断，实现高压回路与低压回路的隔离。

D、在高压回路注入电流达到断路器最大分断电流或者达到断路器允许的最大分断时间时，高压直流断路器分断，将耐受避雷器保护水平电压和高压回路电容 C2 残余电压，通过

调整这两个电压幅值，可以实现与实际工程分断电流和恢复过电压的完成等效。

E、试验完成后，先后闭合高压回路电容 C2 辅助回路机械开关 K1 和 K2，实现电容电压的泄放。

在进行分断试验之前，保持高压直流断路器处于分断状态，闭合旁路开关，触发低压回路隔离晶闸管阀，随后触发高压回路火花间隙，即可完成对预期试验电流测试，既能保证试验安全性，又能提供预期试验电流波形。此外，利用低压回路，调节其输出电压和回路电抗，还可以单独开展直流断路器额定通流能力和短时过电流能力的试验。

高压直流断路器分断试验的控制时序和分断波形如图 3 所示，T0 为隔离晶闸管阀触发时刻，以额定电流运行时间 t_n 断路器达到热平衡状态，在时刻 T1 触发高压回路火花间隙，直流断路器以最大允许分断时间 t_{break} 或者最大分断电流 I_{max} 为信号，在 T2 时刻发出分断命令，此时耐受断路器避雷器波保护水平电压 U_{mov} ，经过 t_{clear} 清除时间后，断路器耐受电容残余电压，该电压与断路器应用系统额定电压 U_n 一致，耐受该电压一段时间后在 T3 时刻，闭合电容 C2 辅助回路机械开关 K1 和 K2，泄放电容上电压。

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，这些未脱离本发明精神和范围的任何修改或者等同替换，均在申请待批的本发明的权利要求保护范围之内。

权 利 要 求 书

1、一种高压直流断路器分断试验装置，所述高压直流断路器包括并联的机械开关-全桥模块单元支路、全桥模块单元支路和避雷器 MOV；所述机械开关-全桥模块单元支路由机械开关 K 与全桥模块单元串联组成；所述全桥模块单元支路由串联的全桥模块单元组成；其特征在于，所述试验装置包括高压回路、低压回路、电抗器 L 和高压直流断路器；所述电抗器 L 和高压直流断路器串联后分别与高压回路和低压回路并联；所述的高压直流断路器两端并联有旁路开关；所述高压直流断路器机械开关-全桥模块支路中的全桥模块单元两端并联有保护晶闸管。

2、如权利要求 1 所述的试验装置，其特征在于，所述高压回路包括高压小电流源、火花间隙、电容器 C2 及其辅助回路和二极管阀；所述高压小电流源的正极与火花间隙的一端连接；所述高压小电流源的负极接地；所述火花间隙的另一端与低压回路隔离晶闸管阀的阴极和电抗器 L 的一端连接；所述电容器 C2 和二极管阀串联后与高压小电流源并联；电容器 C2 的辅助回路包括机械开关 K1、K2 和电阻 R；所述的辅助回路并联连接于电容器 C2 两端；所述电阻 R 和机械开关 K2 并联后与机械开关 K1 串联。

3、如权利要求 1 所述的试验装置，其特征在于，所述低压回路包括串联的低压电源、电抗器 L1 和隔离晶闸管阀；所述低压回路能够创造幅值为 1~6kA 的额定电流。

4、如权利要求 1 所述的试验装置，其特征在于，所述保护晶闸管的两端反并联有二极管；所述全桥模块单元由两相四桥臂构成，且在两相之间并联有电容器 C，在电容器 C 两端并联有电阻；每个桥臂由 IGBT 以及与其反并联的续流二极管构成。

5、一种如权利要求 1-4 中任一项所述的高压直流断路器分断试验装置的试验方法，其特征在于，所述方法包括下述步骤：

A、试验前，使高压直流断路器的机械开关 K 处于闭合状态，全桥模块单元所有的 IGBT 处于导通状态，旁路开关处于分断状态，并通过高压小电流源完成对高压试验回路电容充电；

B、低压回路触发隔离晶闸管阀，并通过隔离晶闸管阀向高压直流断路器注入额定电流；

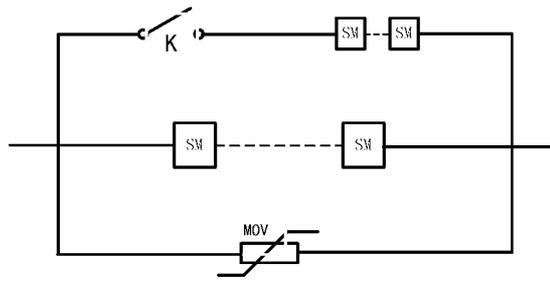
C、在高压直流断路器达到热平衡后，通过触发火花间隙引入高压回路，经电抗器 L 控制注入高压直流断路器电流 di/dt ，同时高压回路注入电流将强迫隔离晶闸管电流过零后关断，实现高压回路与低压回路的隔离；

D、在高压回路注入电流达到高压直流断路器最大分断电流或者达到高压直流断路器允许的最大分断时间时，高压直流断路器分断，通过调整耐受避雷器保护水平电压和高压回路电容 C2 残余电压，实现与实际工程分断电流和恢复过电压的等效；

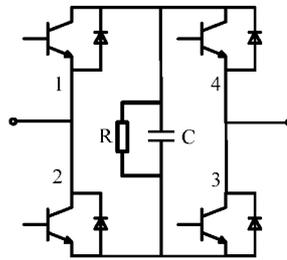
E、试验完成后，先后闭合高压回路电容器 C2 的辅助回路中机械开关 K1 和 K2，实现电容器电压的泄放。

6、一种如权利要求 5 所述的高压直流断路器分断试验装置的试验方法，其特征在于，在进行分断试验之前，使高压直流断路器处于分断状态，闭合旁路开关，触发低压回路隔离晶闸管阀，随后再触发高压回路火花间隙，完成对预期试验电流测试。

7、一种如权利要求 5 所述的高压直流断路器分断试验装置的试验方法，其特征在于，利用低压回路，调节其输出电压和低压回路电抗器 L1，进行高压直流断路器额定通流能力和短时过电流能力试验。



(a)



(b)

图 1

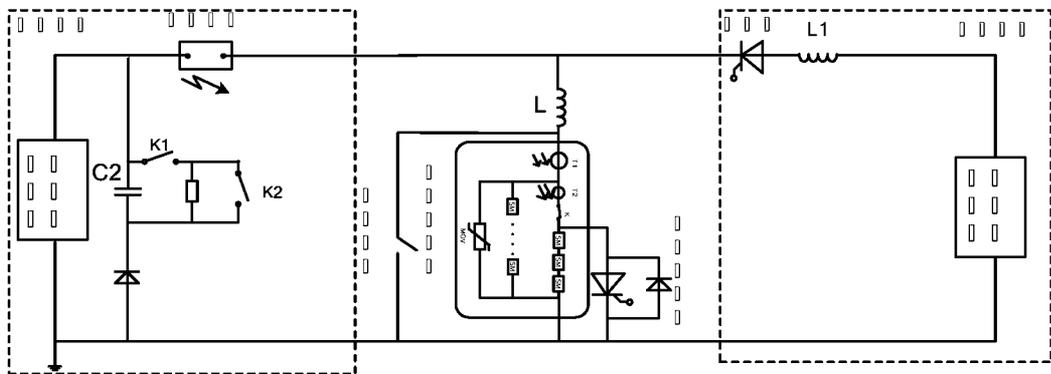


图 2

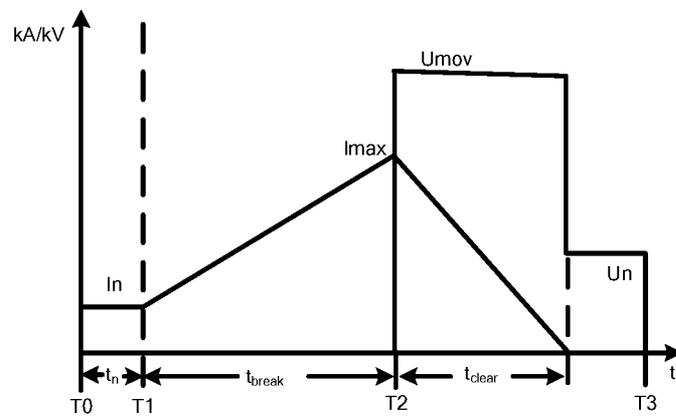


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2015/099152

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R 31/327 (2006.01) i; H02H 3/00 (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)

G01R31, H02H 3, H02H7

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)

CNABS, CNTXT, CNKI, VEN, disjunction, disconnect, full-bridge, reactance, arrester, ignition bulb, current source, DC, direct w current, breaker, switch, off, experiment, test, high voltage, low voltage, circuit, loop, bridge, impedance, spark gap, source, separate

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WEI, Xiaoguang et al., "A Novel Design of High-voltage DC Circuit Breaker in HVDC Flexible Transmission Grid", AUTOMATION OF ELECTRIC POWER SYSTEMS, vol. 37, no. 15, 10 August 2013 (10.08.2013), ISSN: 1000-1026, page100, section 3.1 and figures 11 and 12	1-4
Y	LUO, Xiang et al., "Study on Operational Tests Equivalence and Steady-state Test Method for Self-turn-off Valves", PROCEEDINGS OF THE CSEE, vol. 31, no. 3, 25 January 2011 (25.01.2011), ISSN: 0258-8013, page 2, section 1.4 and pages 4 and 5, section 4.6 and figures 2 and 4	1-4
A	CN 102129033 A (CHINA XD ELECTRIC CO., LTD.), 20 July 2011 (20.07.2011), the whole document	1-7
A	CN 1834671 A (CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE), 20 September 2006 (20.09.2006), the whole document	1-7
A	CN 103117196 A (SMART GRID RESEARCH INSTITUTE OF STATE GRID CORPORATION OF CHINA etc.), 22 May 2013 (22.05.2013), the whole document	1-7

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search
25 March 2016 (25.03.2016)

Date of mailing of the international search report
05 April 2016 (05.04.2016)

Name and mailing address of the ISA/CN:
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
HE, Xiaolan
Telephone No.: (86-10) **62085135**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2015/099152

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 102959818 A (ABB TECHNOLOGY LTD.), 06 March 2013 (06.03.2013), the whole document	1-7
A	CN 101581763 A (CHEN, Shuxin), 18 November 2009 (18.11.2009), the whole document	1-7
A	US 4300181 A (GENERAL ELECTRIC CO.), 10 November 1981 (10.11.1981), the whole document	1-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2015/099152

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 102129033 A	20 July 2011	CN 102129033 B	09 January 2013
CN 1834671 A	20 September 2006	CN 100414310 C	27 August 2008
CN 103117196 A	22 May 2013	CN 103117196 B	04 November 2015
CN 102959818 A	06 March 2013	US 2013106184 A1	02 May 2013
		CN 102959818 B	30 September 2015
		WO 2012001123 A1	05 January 2012
		WO 2012000545 A1	05 January 2012
		US 8803358 B2	12 August 2014
		EP 2589123 A1	06 March 2013
CN 101581763 A	18 November 2009	None	
US 4300181 A	10 November 1981	CA 1153096 A1	30 August 1983

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2015/099152

<p>A. 主题的分类</p> <p>G01R 31/327(2006.01)i; H02H 3/00(2006.01)i</p> <p>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</p>																				
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>G01R31, H02H 3, H02H7</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>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))</p> <p>CNABS, CNTXT, CNKI, VEN, 直流, 断路器, 遮断器, 开关, 分断, 断开, 试验, 测试, 高压, 低压, 回路, 全桥, 电抗, 避雷器, 火花隙, 点火球, 电流源, 隔离, DC, direct w current, breaker, switch, off, experiment, test, high voltage, low voltage, circuit, loop, bridge, impedance, spark gap, source, separate</p>																				
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y</td> <td>魏晓光 等. "柔性直流输电电网用新型高压直流断路器设计方案" 电力系统自动化, 第37卷, 第15期, 2013年 8月 10日 (2013 - 08 - 10), ISSN: 1000-1026, 第100页第3.1节以及图11、12</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>罗湘 等. "可关断器件阀运行试验的等效性及稳态试验方法" 中国电机工程学报, 第31卷, 第3期, 2011年 1月 25日 (2011 - 01 - 25), ISSN: 0258-8013, 第2页第1.4节、第4-5页第4.6节以及图2、4</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102129033 A (中国西电电气股份有限公司) 2011年 7月 20日 (2011 - 07 - 20) 全文</td> <td>1-7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 1834671 A (中国电力科学研究院) 2006年 9月 20日 (2006 - 09 - 20) 全文</td> <td>1-7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103117196 A (国网智能电网研究院 等) 2013年 5月 22日 (2013 - 05 - 22) 全文</td> <td>1-7</td> </tr> </tbody> </table> <p><input checked="" type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p> <p>* 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</p>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	Y	魏晓光 等. "柔性直流输电电网用新型高压直流断路器设计方案" 电力系统自动化, 第37卷, 第15期, 2013年 8月 10日 (2013 - 08 - 10), ISSN: 1000-1026, 第100页第3.1节以及图11、12	1-4	Y	罗湘 等. "可关断器件阀运行试验的等效性及稳态试验方法" 中国电机工程学报, 第31卷, 第3期, 2011年 1月 25日 (2011 - 01 - 25), ISSN: 0258-8013, 第2页第1.4节、第4-5页第4.6节以及图2、4	1-4	A	CN 102129033 A (中国西电电气股份有限公司) 2011年 7月 20日 (2011 - 07 - 20) 全文	1-7	A	CN 1834671 A (中国电力科学研究院) 2006年 9月 20日 (2006 - 09 - 20) 全文	1-7	A	CN 103117196 A (国网智能电网研究院 等) 2013年 5月 22日 (2013 - 05 - 22) 全文	1-7
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
Y	魏晓光 等. "柔性直流输电电网用新型高压直流断路器设计方案" 电力系统自动化, 第37卷, 第15期, 2013年 8月 10日 (2013 - 08 - 10), ISSN: 1000-1026, 第100页第3.1节以及图11、12	1-4																		
Y	罗湘 等. "可关断器件阀运行试验的等效性及稳态试验方法" 中国电机工程学报, 第31卷, 第3期, 2011年 1月 25日 (2011 - 01 - 25), ISSN: 0258-8013, 第2页第1.4节、第4-5页第4.6节以及图2、4	1-4																		
A	CN 102129033 A (中国西电电气股份有限公司) 2011年 7月 20日 (2011 - 07 - 20) 全文	1-7																		
A	CN 1834671 A (中国电力科学研究院) 2006年 9月 20日 (2006 - 09 - 20) 全文	1-7																		
A	CN 103117196 A (国网智能电网研究院 等) 2013年 5月 22日 (2013 - 05 - 22) 全文	1-7																		
国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期																			
2016年 3月 25日	2016年 4月 5日																			
ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员																			
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	何晓兰																			
传真号 (86-10)62019451	电话号码 (86-10)62085135																			

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	CN 102959818 A (ABB技术有限公司) 2013年 3月 6日 (2013 - 03 - 06) 全文	1-7
A	CN 101581763 A (陈书欣) 2009年 11月 18日 (2009 - 11 - 18) 全文	1-7
A	US 4300181 A (GENERAL ELECTRIC CO.) 1981年 11月 10日 (1981 - 11 - 10) 全文	1-7

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2015/099152

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	102129033	A	2011年 7月 20日	CN	102129033	B	2013年 1月 9日
CN	1834671	A	2006年 9月 20日	CN	100414310	C	2008年 8月 27日
CN	103117196	A	2013年 5月 22日	CN	103117196	B	2015年 11月 4日
CN	102959818	A	2013年 3月 6日	US	2013106184	A1	2013年 5月 2日
				CN	102959818	B	2015年 9月 30日
				WO	2012001123	A1	2012年 1月 5日
				WO	2012000545	A1	2012年 1月 5日
				US	8803358	B2	2014年 8月 12日
				EP	2589123	A1	2013年 3月 6日
CN	101581763	A	2009年 11月 18日	无			
US	4300181	A	1981年 11月 10日	CA	1153096	A1	1983年 8月 30日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)