

(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
2014 年 5 月 22 日 (22.05.2014)



(10) 国际公布号
WO 2014/075614 A1

- (51) 国际专利分类号:
H02M 3/10 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2013/087110
- (22) 国际申请日: 2013 年 11 月 14 日 (14.11.2013)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201210455692.X 2012 年 11 月 14 日 (14.11.2012) 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)。
- (72) 发明人: 温家良 (WEN, Jialiang); 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)。 王秀环 (WANG, Xiuhuan); 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)。 郭高朋 (GUO, Gaopeng); 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)。 吴婧 (WU, Jing); 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)。 王宇 (WANG, Yu); 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)。 杨杰 (YANG, Jie); 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)。 药韬 (YAO, Tao); 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)。

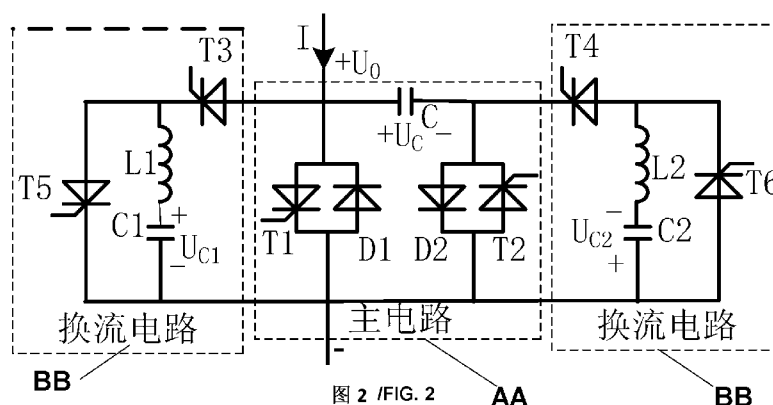
(74) 代理人: 北京安博达知识产权代理有限公司 (AMBOYNA INTELLECTUAL PROPERTY AGENT CO.,LTD.); 中国北京市海淀区大钟寺 13 号院 1 号楼华杰大厦 B215 号, Beijing 100098 (CN)。

(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,

[见续页]

(54) Title: THYRISTOR-DEVICE-BASED MMC CONVERTER VALVE SUBMODULE DEVICE AND CONTROL METHOD THEREOF

(54) 发明名称: 一种基于晶闸管器件的 MMC 换流阀子模块装置及其控制方法



AA Main circuit
BB Commutation circuit

(57) Abstract: The present invention relates to the field of power systems and power electronics, in particular to a thyristor-device-based MMC converter valve submodule device and control method thereof. The device comprises a main circuit and forced commutation circuits in parallel connection with the two terminals of the main circuit; the main circuit comprises a thyristor unit I, a thyristor unit II, and a capacitor C; the thyristor unit I and the thyristor unit II are both comprised of a thyristor and a diode in inverse parallel connection with the thyristor. The method comprises the following steps: (1) respectively precharging a capacitor C1 and a capacitor C2 in the two forced commutation circuits; and (2) the submodule works and outputs a voltage. The thyristor-device-based MMC converter valve submodule structure utilizes a thyristor device to replace an IGBT device, thus reducing the switching loss of the device, reducing control complexity, and improving the transformation efficiency of the submodule.

(57) 摘要:

[见续页]

WO 2014/075614 A1



JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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。

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)。

(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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

本发明涉及电力系统和电力电子领域, 具体涉及一种基于晶闸管器件的 MMC 换流阀子模块装置及其控制方法, 该装置包括主电路以及与其两端并联的强迫换流电路; 所述主电路包括晶闸管单元 I、晶闸管单元 II 和电容器 C; 所述晶闸管单元 I 和晶闸管单元 II 均由晶闸管和与其反并联的二极管组成。该方法包括下述步骤: (1) 分别对两个强迫换流电路中的电容 C1 和电容 C2 进行预充电; (2) 所述子模块工作并输出电压。基于晶闸管器件的 MMC 换流阀子模块结构利用晶闸管器件代替 IGBT 器件, 降低了器件的开关损耗, 降低了控制复杂度, 提高了子模块的转换效率。

一种基于晶闸管器件的 MMC 换流阀子模块装置及其控制方法

技术领域

本发明涉及电力系统和电力电子领域，具体涉及一种基于晶闸管器件的 MMC 换流阀子模块装置及其控制方法，尤其涉及一种基于晶闸管器件的 MMC 换流阀子模块拓扑结构装置及其控制方法。

背景技术

由于能源短缺和环境趋向恶化，大力发展新能源成为我国发展的主要方向，柔性直流输电技术是新能源并网的主要手段。柔性直流输电技术的核心设备-电压源控制（VSC）换流阀，目前主要采用模块化多电平（MMC）结构，它先由可关断器件构成子模块，再利用多个子模块串联组成。

子模块的结构对于 VSC 换流阀的性能及控制的复杂度至关重要，目前采用的子模块结构见图 1，由两个 IGBT 器件和一个电容器组成半桥结构，通过控制 IGBT 器件的开通和关断输出电压。IGBT 器件，相较于晶闸管器件，其开关损耗较大，控制复杂，单只器件的额定电压电流较低，随着电压等级的不断提高，子模块串联数增加，子模块间的平衡均压困难，不利于换流阀向高压大容量方向发展。

发明内容

针对现有技术的不足，本发明提供一种基于晶闸管器件的 MMC 换流阀子模块装置及其控制方法，本发明基于晶闸管器件的 MMC 换流阀子模块结构利用晶闸管器件代替 IGBT 器件，降低了器件的开关损耗，降低了控制复杂度，提高了子模块的转换效率。

本发明的目的是采用下述技术方案实现的：

一种基于晶闸管器件的 MMC 换流阀子模块装置，其改进之处在于，所述装置包括主电路以及与其两端并联的强迫换流电路；所述主电路包括晶闸管单元 I、晶闸管单元 II 和电容器 C；所述晶闸管单元 I 和晶闸管单元 II 均由晶闸管和与其反并联的二极管组成。

其中，所述晶闸管单元 I 与晶闸管单元 II 并联；电容器 C 连接在晶闸管单元 I 与晶闸管单元 II 之间。

其中，所述晶闸管单元 I 包括晶闸管 T1 和与其反并联的二极管 D1；所述晶闸管 T1 的阴极、二极管 D1 的阳极连接、二极管 D1 的阴极和晶闸管 T1 的阳极依次连接组成闭合回路 I；所述晶闸管单元 II 包括晶闸管 T2 和与其反并联的二极管 D2；所述晶闸管 T2 的阴极、二极管 D2 的阳极连接、二极管 D2 的阴极和晶闸管 T2 的阳极依次连接组成闭合回路 II。

其中，所述强迫换流电路的个数为 2；其中一个强迫换流电路包括晶闸管 T3 和 T5、电感 L1 和电容 C1；所述电感 L1 和电容 C1 串联组成 L1-C1 支路；所述晶闸管 T5 与 L1-C1 支路并联；晶闸管 T3 连接在 L1-C1 支路和晶闸管单元 I 之间；

另一个强迫换流电路包括晶闸管 T4 和 T6、电感 L2 和电容 C2；所述电感 L2 和电容 C2 串联组成 L2-C2 支路；所述晶闸管 T6 与 L2-C2 支路并联；晶闸管 T4 连接在 L2-C2 支路和晶闸管单元 II 之间。

本发明基于另一目的提供一种基于晶闸管器件的 MMC 换流阀子模块装置的控制方法，其改进之处在于，所述方法包括下述步骤：

- (1) 分别对两个强迫换流电路中的电容 C1 和电容 C2 进行预充电；
- (2) 所述子模块工作并输出电压。

其中，所述步骤 (1) 中，分别对两个强迫换流电路中的电容 C1 和电容 C2 进行预充电包括下述步骤：

①触发晶闸管 T3 与 T2，所电容器 C 给电容 C1 充电，直到电容 C1 两端的电压 U_{C1} 大于或等于电容器 C 的电压值，所述晶闸管 T3 与 T2 关断；

②触发晶闸管 T5，电容 C1 沿着电感 L1-晶闸管 T5 形成振荡回路，使得电容 C1 上的电压反向，当振荡电流为零时，电容 C1 电压为 $-U_{C1}$ ，所述晶闸管 T5 关断；

③触发晶闸管 T4 与 T1，利用电容器 C 给电容 C2 充电，直到电容 C2 两端的电压 U_{C2} 大于或等于电容器 C 的电压值，晶闸管 T1 与 T4 关断；

④触发晶闸管 T6，电容 C2 沿着晶闸管 T6-电感 L2 形成振荡回路，使得电容 C2 上的电压反向，当振荡电流为零时，电容 C2 电压为 $-U_{C2}$ ，所述晶闸管 T6

关断。

其中，所述步骤（2）中，所述子模块工作并输出电压包括下述步骤：

一、当所述电流 I 为正时，触发晶闸管 $T1$ ，晶闸管 $T2$ 关断，晶闸管 $T1$ 流过电流为电流 I ，输出电压为零；

二、开通晶闸管 $T3$ ，电容 $C1$ 沿二极管 $D1$ -晶闸管 $T3$ -电感 $L1$ 形成振荡回路，使得流过晶闸管 $T1$ 上的电流为零，晶闸管 $T1$ 关断，当振荡电流过零时，晶闸管 $T3$ 关断，由于振荡过程中电流 I 补充振荡回路损耗，电容 $C1$ 电压为 $+U_{C1}$ ，电流 I 转移到电容器 C -二极管 $D2$ 回路，输出电压为电容器 C 的电压 U_C ；

触发晶闸管 $T5$ ，电容 $C1$ 沿电感 $L1$ -晶闸管 $T5$ 回路振荡，使得电容 $C1$ 的电压反向，当振荡电流为零时，电容 $C1$ 上电压为 $-U_{C1}$ ，为下一次晶闸管 $T1$ 的强迫换流准备；

三、当所述电流 I 为负时，触发晶闸管 $T2$ ，晶闸管 $T1$ 关断，晶闸管 $T2$ 上流过的电流为 I ，输出电压为电容器 C 上电压 U_C ；

四、开通晶闸管 $T4$ ，电容 $C2$ 沿电感 $L2$ -晶闸管 $T4$ -二极管 $D2$ 形成振荡回路，使得流过晶闸管 $T2$ 上的电流为零，晶闸管 $T2$ 关断，当振荡电流过零后，晶闸管 $T4$ 关断，由于振荡过程中电流 I 补充振荡回路损耗，电容 $C2$ 电压为 $+U_{C2}$ ，电流 I 转移到二极管 $D1$ 回路，输出电压为零；

触发晶闸管 $T6$ ，电容 $C2$ 沿晶闸管 $T6$ -电感 $L2$ 回路振荡，使得电容 $C2$ 的电压反向，当振荡电流为零时，电容 $C2$ 上电压为 $-U_{C2}$ ，为下一次晶闸管 $T2$ 的强迫换流准备。

与现有技术比，本发明达到的有益效果是：

1、基于晶闸管器件的 MMC 换流阀子模块结构利用晶闸管器件代替 IGBT 器件，降低了器件的开关损耗，降低了控制复杂度，提高了子模块的转换效率；

2、单只晶闸管器件较之于 IGBT 器件，额定电压电流大，当换流阀电压提高时，所需子模块串联级数少，降低了子模块间的均压难度，更利于 MMC 换流阀向更高电压等级发展。

3、本发明提供的晶闸管器件较之于 IGBT 器件工艺成熟，可靠性高。

附图说明

图 1 是基于 IGBT 器件的 MMC 换流阀子模块拓扑结构；

图 2 是本发明提供的基于晶闸管器件的 MMC 换流阀子模块拓扑结构图。

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。

本发明提供的基于晶闸管器件的 MMC 换流阀子模块拓扑结构如图 2 所示，包括主电路以及与其两端并联的强迫换流电路；主电路包括晶闸管单元 I、晶闸管单元 II 和电容器 C；所述晶闸管单元 I 和晶闸管单元 II 均由晶闸管和与其反并联的二极管组成。

晶闸管单元 I 与晶闸管单元 II 并联；电容器 C 连接在晶闸管单元 I 与晶闸管单元 II 之间。

晶闸管单元 I 包括晶闸管 T1 和与其反并联的二极管 D1；所述晶闸管 T1 的阴极、二极管 D1 的阳极连接、二极管 D1 的阴极和晶闸管 T1 的阳极依次连接组成闭合回路 I；所述晶闸管单元 II 包括晶闸管 T2 和与其反并联的二极管 D2；所述晶闸管 T2 的阴极、二极管 D2 的阳极连接、二极管 D2 的阴极和晶闸管 T2 的阳极依次连接组成闭合回路 II。

强迫换流电路的个数为 2；其中一个强迫换流电路包括晶闸管 T3 和 T5、电感 L1 和电容 C1；所述电感 L1 和电容 C1 串联组成 L1-C1 支路；所述晶闸管 T5 与 L1-C1 支路并联；晶闸管 T3 连接在 L1-C1 支路和晶闸管单元 I 之间；

另一个强迫换流电路包括晶闸管 T4 和 T6、电感 L2 和电容 C2；所述电感 L2 和电容 C2 串联组成 L2-C2 支路；所述晶闸管 T6 与 L2-C2 支路并联；晶闸管 T4 连接在 L2-C2 支路和晶闸管单元 II 之间。

本发明提供的基于晶闸管器件的 MMC 换流阀子模块装置的控制方法，所述方法包括下述步骤：

(1) 在子模块工作之前，分别对两个强迫换流电路中的电容 C1 和电容 C2 进行预充电；

①触发晶闸管 T3 与 T2，所电容器 C 给电容 C1 充电，直到电容 C1 两端的电压 U_{C1} 大于或等于电容器 C 的电压值，所述晶闸管 T3 与 T2 关断；

②触发晶闸管 T5，电容 C1 沿着电感 L1-晶闸管 T5 形成振荡回路，使得电容 C1 上的电压反向，当振荡电流为零时，电容 C1 电压为 $-U_{C1}$ ，所述晶闸管 T5 关断；

③触发晶闸管 T4 与 T1，利用电容器 C 给电容 C2 充电，直到电容 C2 两端的电压 U_{C2} 大于或等于电容器 C 的电压值，晶闸管 T1 与 T4 关断；

④触发晶闸管 T6，电容 C2 沿着晶闸管 T6-电感 L2 形成振荡回路，使得电容 C2 上的电压反向，当振荡电流为零时，电容 C2 电压为 $-U_{C2}$ ，所述晶闸管 T6 关断。

(2) 强迫换流回路预充电过程结束后，子模块进入工作状态，其工作原理如下：

一、当所述电流 I 为正时，触发晶闸管 T1，晶闸管 T2 关断，晶闸管 T1 流过电流为电流 I，输出电压为零；

二、开通晶闸管 T3，电容 C1 沿二极管 D1-晶闸管 T3-电感 L1 形成振荡回路，使得流过晶闸管 T1 上的电流为零，晶闸管 T1 关断，当振荡电流过零时，晶闸管 T3 关断，由于振荡过程中电流 I 补充振荡回路损耗，电容 C1 电压为 $+U_{C1}$ ，电流 I 转移到电容器 C-二极管 D2 回路，输出电压为电容器 C 的电压 U_C ；

触发晶闸管 T5，电容 C1 沿电感 L1-晶闸管 T5 回路振荡，使得电容 C1 的电压反向，当振荡电流为零时，电容 C1 上电压为 $-U_{C1}$ ，为下一次晶闸管 T1 的强迫换流准备；

三、当所述电流 I 为负时，触发晶闸管 T2，晶闸管 T1 关断，晶闸管 T2 上流过的电流为 I，输出电压为电容器 C 上电压 U_C ；

四、开通晶闸管 T4，电容 C2 沿电感 L2-晶闸管 T4-二极管 D2 形成振荡回路，使得流过晶闸管 T2 上的电流为零，晶闸管 T2 关断，当振荡电流过零后，晶闸管 T4 关断，由于振荡过程中电流 I 补充振荡回路损耗，电容 C2 电压为 $+U_{C2}$ ，电流 I 转移到二极管 D1 回路，输出电压为零；

触发晶闸管 T6，电容 C2 沿晶闸管 T6-电感 L2 回路振荡，使得电容 C2 的电压反向，当振荡电流为零时，电容 C2 上电压为 $-U_{C2}$ ，为下一次晶闸管 T2 的强迫换流准备。

理想情况下，以上四个工作模式各运行一次为一个工作周期，子模块输出电

压 U_0 为零和 U_C 两种电平。

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范围当中。

权 利 要 求

1、一种基于晶闸管器件的 MMC 换流阀子模块装置，其特征在于，所述装置包括主电路以及与其两端并联的强迫换流电路；所述主电路包括晶闸管单元 I、晶闸管单元 II 和电容器 C；所述晶闸管单元 I 和晶闸管单元 II 均由晶闸管和与其反并联的二极管组成。

2、如权利要求 1 所述的基于晶闸管器件的 MMC 换流阀子模块装置，其特征在于，所述晶闸管单元 I 与晶闸管单元 II 并联；电容器 C 连接在晶闸管单元 I 与晶闸管单元 II 之间。

3、如权利要求 2 所述的基于晶闸管器件的 MMC 换流阀子模块装置，其特征在于，所述晶闸管单元 I 包括晶闸管 T1 和与其反并联的二极管 D1；所述晶闸管 T1 的阴极、二极管 D1 的阳极连接、二极管 D1 的阴极和晶闸管 T1 的阳极依次连接组成闭合回路 I；所述晶闸管单元 II 包括晶闸管 T2 和与其反并联的二极管 D2；所述晶闸管 T2 的阴极、二极管 D2 的阳极连接、二极管 D2 的阴极和晶闸管 T2 的阳极依次连接组成闭合回路 II。

4、如权利要求 1 所述的基于晶闸管器件的 MMC 换流阀子模块装置，其特征在于，所述强迫换流电路的个数为 2；其中一个强迫换流电路包括晶闸管 T3 和 T5、电感 L1 和电容 C1；所述电感 L1 和电容 C1 串联组成 L1-C1 支路；所述晶闸管 T5 与 L1-C1 支路并联；晶闸管 T3 连接在 L1-C1 支路和晶闸管单元 I 之间；

另一个强迫换流电路包括晶闸管 T4 和 T6、电感 L2 和电容 C2；所述电感 L2 和电容 C2 串联组成 L2-C2 支路；所述晶闸管 T6 与 L2-C2 支路并联；晶闸管 T4 连接在 L2-C2 支路和晶闸管单元 II 之间。

5、一种基于晶闸管器件的 MMC 换流阀子模块装置的控制方法，其特征在于，所述方法包括下述步骤：

(1) 分别对两个强迫换流电路中的电容 C1 和电容 C2 进行预充电；

(2) 所述子模块工作并输出电压。

6、如权利要求 5 基于晶闸管器件的 MMC 换流阀子模块装置的控制方法，其特征在于，所述步骤 (1) 中，分别对两个强迫换流电路中的电容 C1 和电容 C2 进行预充电包括下述步骤：

①触发晶闸管 T3 与 T2，所电容器 C 给电容 C1 充电，直到电容 C1 两端的

电压 U_{C1} 大于或等于电容器 C 的电压值, 所述晶闸管 T3 与 T2 关断;

②触发晶闸管 T5, 电容 C1 沿着电感 L1-晶闸管 T5 形成振荡回路, 使得电容 C1 上的电压反向, 当振荡电流为零时, 电容 C1 电压为 $-U_{C1}$, 所述晶闸管 T5 关断;

③触发晶闸管 T4 与 T1, 利用电容器 C 给电容 C2 充电, 直到电容 C2 两端的电压 U_{C2} 大于或等于电容器 C 的电压值, 晶闸管 T1 与 T4 关断;

④触发晶闸管 T6, 电容 C2 沿着晶闸管 T6-电感 L2 形成振荡回路, 使得电容 C2 上的电压反向, 当振荡电流为零时, 电容 C2 电压为 $-U_{C2}$, 所述晶闸管 T6 关断。

7、如权利要求 5 基于晶闸管器件的 MMC 换流阀子模块装置的控制方法, 其特征在于, 所述步骤 (2) 中, 所述子模块工作并输出电压包括下述步骤:

一、当所述电流 I 为正时, 触发晶闸管 T1, 晶闸管 T2 关断, 晶闸管 T1 流过电流为电流 I, 输出电压为零;

二、开通晶闸管 T3, 电容 C1 沿二极管 D1-晶闸管 T3-电感 L1 形成振荡回路, 使得流过晶闸管 T1 上的电流为零, 晶闸管 T1 关断, 当振荡电流过零时, 晶闸管 T3 关断, 由于振荡过程中电流 I 补充振荡回路损耗, 电容 C1 电压为 $+U_{C1}$, 电流 I 转移到电容器 C-二极管 D2 回路, 输出电压为电容器 C 的电压 U_C ;

触发晶闸管 T5, 电容 C1 沿电感 L1-晶闸管 T5 回路振荡, 使得电容 C1 的电压反向, 当振荡电流为零时, 电容 C1 上电压为 $-U_{C1}$, 为下一次晶闸管 T1 的强迫换流准备;

三、当所述、电流 I 为负时, 触发晶闸管 T2, 晶闸管 T1 关断, 晶闸管 T2 上流过的电流为 I, 输出电压为电容器 C 上电压 U_C ;

四、开通晶闸管 T4, 电容 C2 沿电感 L2-晶闸管 T4-二极管 D2 形成振荡回路, 使得流过晶闸管 T2 上的电流为零, 晶闸管 T2 关断, 当振荡电流过零后, 晶闸管 T4 关断, 由于振荡过程中电流 I 补充振荡回路损耗, 电容 C2 电压为 $+U_{C2}$, 电流 I 转移到二极管 D1 回路, 输出电压为零;

触发晶闸管 T6, 电容 C2 沿晶闸管 T6-电感 L2 回路振荡, 使得电容 C2 的电压反向, 当振荡电流为零时, 电容 C2 上电压为 $-U_{C2}$, 为下一次晶闸管 T2 的强迫换流准备。

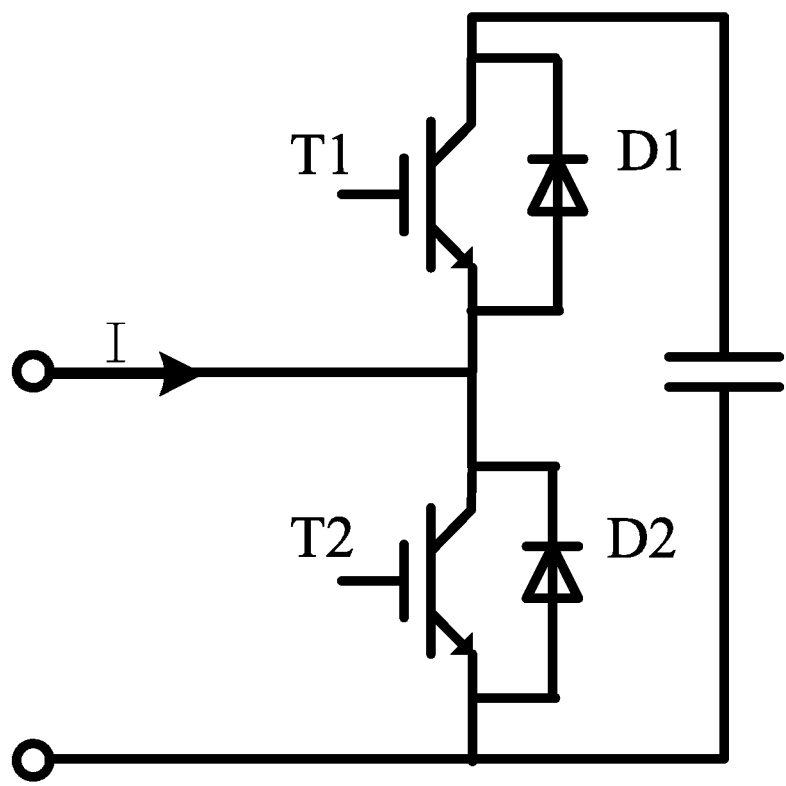


图 1

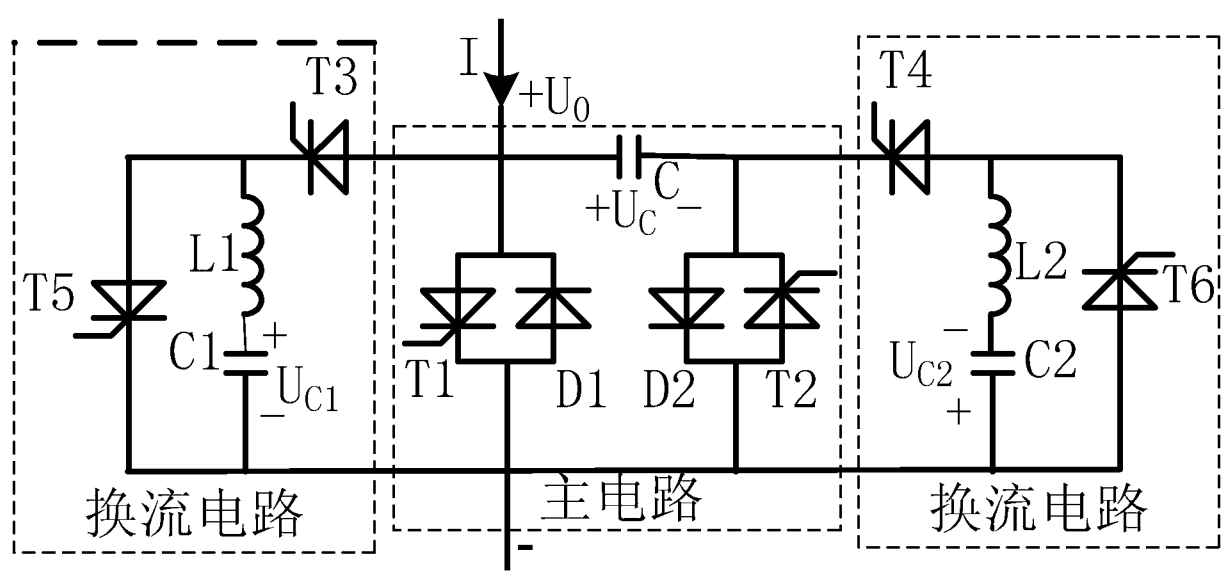


图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2013/087110

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02M 3/10 (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)

IPC: H02M

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)

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC, CNTXT: scr, multi w level, svc, inverter, forced, commutation, zero, parallel, mmc, thyristor, series
voltage

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 103023312 A (STATE GRID STATE GRID CORPCHINA et al.) 03 April 2013 (03.04.2013) the whole document	1-7
X	FR 2201577 A2 (TELEMECANIQUE ELECTRIQUE) 26 April 1974 (26.04.1974) description, page1 to page 5, figures 1-4	1-3, 5
A	SU 519832 A1 (GORKI POLY) 30 June 1976 (30.06.1976) description, column1 to column 6, figure 1	1-7
A	CN202121315U (SIEMENS AG) 18 January 2012 (18.01.2012) the whole document	1-7

☒ 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 29 January 2014 (29.01.2014)	Date of mailing of the international search report 27 February 2014 (27.02.2014)
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, Hang Telephone No. (86-10) 62413195

INTERNATIONAL SEARCH REPORTInternational application No.
PCT/CN2013/087110

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 2490756 Y (INST PLASMA PHYSICS CAS) 08 May 2002 (08.05.2002) the whole document	1-7
A	CN 102612799 A (ALSTOM GRID OY) 25 July 2012 (25.07.2012) the whole document	1-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2013/087110

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 103023312 A	03.04.2013	None	
FR 2201577 A2	26.04.1974	None	
SU 519832 A1	30.06.1976	None	
CN 202121315 U	18.01.2012	None	
CN 2490756 Y	08.05.2002	None	
CN 102612799 A	25.07.2012	WO 2011042596 A1	14.04.2011
		FI 20096017 A	06.04.2011
		US 2012200165 A1	09.08.2012
		EP 2486644 A1	15.08.2012

A. 主题的分类		
H02M3/10 (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)		
IPC:H02M		
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))		
CNPAT,CNKI,WPI,EPODOC,CNTXT: 晶闸管, SCR, 换流, 换向, 强迫, 强制, MMC, 多电平, 过零, 并联电流, 串联电压, 电感耦合, multi w level, svc, inverter, forced, commutation, zero, parallel		
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	CN103023312A (国网智能电网研究院等) 03.4 月 2013 (03.04.2013) 全文	1-7
X	FR2201577A2(TELEMECANIQUE ELECTRIQUE) 26.4 月 1974 (26.04.1974) 说明书第 1 页至第 5 页, 图 1-4	1-3, 5
A	SU519832A1 (GORKI POLY) 30.6 月 1976 (30.06.1976) 说明书第 1 栏至第 6 栏, 图 1	1-7
A	CN202121315U (西门子公司) 18.1 月 2012 (18.01.2012) 全文	1-7
A	CN2490756Y (中国科学院等离子体物理研究所) 08.5 月 2002 (08.05.2002) 全文	1-7
A	CN102612799A (阿尔斯通电网有限公司) 25.7 月 2012 (25.07.2012) 全文	1-7
☐ 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 29.1 月 2014 (29.01.2014)		国际检索报告邮寄日期 27.2 月 2014 (27.02.2014)
ISA/CN 的名称和邮寄地址: 中华人民共和国国家知识产权局 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 李航 电话号码: (86-10) 62413195

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2013/087110

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN103023312A	03.04.2013	无	
FR2201577A2	26.04.1974	无	
SU519832A1	30.06.1976	无	
CN202121315U	18.01.2012	无	
CN2490756Y	08.05.2002	无	
CN102612799A	25.07.2012	WO 2011042596 A1	14.04.2011
		FI 20096017 A	06.04.2011
		US 2012200165 A1	09.08.2012
		EP 2486644 A1	15.08.2012