

(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 10 月 16 日 (16.10.2014)



(10) 国际公布号
WO 2014/166277 A1

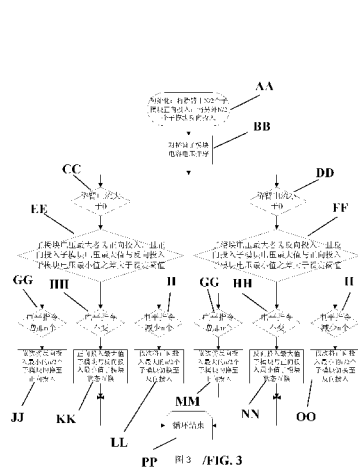
- (51) 国际专利分类号:
H02M 7/483 (2007.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2013/089438
- (22) 国际申请日: 2013 年 12 月 13 日 (13.12.2013)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201310124154.7 2013 年 4 月 11 日 (11.04.2013) CN
- (71) 申请人: 国家电网公司 (STATE GRID CORPORATION OF CHINA) [CN/CN]; 中国北京市西城区西长安街 86 号, Beijing 100031 (CN)。 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部镇南中路 16 号, Beijing 102200 (CN)。

- (72) 发明人: 汤广福 (TANG, Guangfu); 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)。 孔明 (KONG, Ming); 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)。 林畅 (LIN, Chang); 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)。 李文津 (LI, Wenjin); 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)。 马巍巍 (MA, Weiwei); 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 号楼华泰大厦 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,

[见续页]

(54) Title: METHOD FOR CONTROLLING CAPACITANCE BALANCE OF LEGS OF THREE-PHASE FULL-BRIDGE MMC

(54) 发明名称: 一种三相全桥模块化多电平换流器桥臂电容平衡控制方法



AA Initialization: Enable N/2 sub-modules in the legs to be input in positive direction and enable other N/2 sub-modules in the legs to be input in negative direction

BB Sort the capacitances and the voltages of the sub-modules of the legs

CC The leg current is greater than 0

DD The leg current is less than 0

EE The sub-module with the highest voltage is input in positive direction, and the difference between the maximum value of the voltages of the sub-modules that are input in positive direction and the minimum value of the voltages of the sub-modules that are input in negative direction is greater than the set threshold

FF The sub-module with the highest voltage is input in negative direction, and the difference between the maximum value of the voltages of the sub-modules that are input in negative direction and the minimum value of the voltages of the sub-modules that are input in positive direction is greater than the set threshold

GG Increase N level instructions

HH The level instructions remain unchanged

II Decrease N level instructions

JJ Sequentially switch the smallest n/2 sub-modules that are input in negative direction to positive input

KK Exchange the state of the sub-module with the maximum value that is input in positive direction and that of the sub-module with the minimum value that is input in negative direction

LL Sequentially switch the biggest n/2 sub-modules that are input in positive direction to negative input

MM Sequentially switch the biggest n/2 sub-modules that are input in negative direction to positive input

NN Exchange the state of the sub-module with the maximum value that is input in negative direction and that of the sub-module with the minimum value that is input in positive direction

OO Sequentially switch the smallest n/2 sub-modules that are input in positive direction to negative input

PP End the circulation

(57) Abstract: A method for controlling capacitance balance of legs of a three-phase full-bridge Modular Multilevel Converter (MMC). Based on an on/off state of a current sub-module, a leg current, and a sub-module inputting instruction to determine sub-modules that are to be input in positive or negative direction at the next time point, the balance of the capacitances and the voltages of the sub-modules inside the legs is controlled. By the on/off state of the full-bridge sub-module, the control method implements consistent on/off frequencies of devices in the sub-module, and reduces the on/off frequencies of the devices. The control method is applicable to control of operation of the DC-side converter in a normal state or in a failing state, and control handover is not required.

(57) 摘要: 一种三相全桥模块化多电平换流器桥臂电容平衡控制方法, 基于当前子模块的开关状态、桥臂电流以及投入子模块指令确定下一时刻正向投入、反向投入的子模块, 从而实现桥臂内子模块电容电压的平衡控制。该控制方法利用了全桥子模块的开关状态, 实现子模块内各器件的开关频率保持一致, 并降低器件的开关频率。该控制方法对直流侧正常及故障下换流器的运行控制均适用, 无需进行控制切换。



WO 2014/166277 A1



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, 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。

(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,

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))。

一种三相全桥模块化多电平换流器桥臂电容平衡控制方法

技术领域

本发明属于电力系统柔性直流输电技术领域，具体涉及一种三相全桥模块化多电平换流器桥臂电容平衡控制方法。

背景技术

模块化多电平变流器 (Modular Multilevel Converter, MMC) 采用目前国际上较为流行的新型多电平拓扑结构。其核心单元——子模块 (Sub Module, SM, 图 1 所示) 可以为半桥式，也可以为全桥式结构。相比于半桥式模块化多电平换流器，其显著特点在于其具备直流故障的穿越能力。全桥子模块是由四个带有反并联二极管的可自关断的电力电子开关器件和一个电容器构成。三相全桥式换流器基本拓扑结构如图 2 所示，其由三个相单元 (Phase Module 或 Phase Unite, 图 2 中的 1) 组成，每个相单元包含上下对称的换流桥臂 (Converter Leg, 图 2 中的 2)，而每个换流桥臂又由多个子模块和一个桥臂电抗器串联而成。

正常运行时，模块化多电平换流器通过控制子模块中四个开关器件的开通关断，合理地控制各相子模块的投入和切除，即可得到不同的交流输出电压。换流器各相投入的子模块共同构成了直流侧电压。由此可见，换流器子模块电容电压的平衡直接关系到换流器交直流侧输出电压质量。

模块化多电平换流器与两电平换流器的显著区别在于其分布式电容结构。子模块电容电压的平衡控制是模块化多电平换流器的关键性技术之一。子模块电容电压的不平衡，将导致换流器输出电压出现畸变，影响换流器的交直流侧控制效果，甚至引起系统的不稳定。因此，子模块电容电压保持相对稳定、一致是模块化多电平换流器正常运行的首要前提。

模块化多电平换流器子模块电压平衡包括各桥臂内部子模块电容电压的平衡，上下桥臂电容电压的平衡，相间电容电压平衡以及总的电容电压平衡。其中桥臂内子模块电容电压的平衡是其他三种平衡的基础。桥臂内子模块电容电压的平衡主要是根据子模块电容电压大小、桥臂电流方向以及投入模块数指令的变化确定桥臂内需要投入或切出的子模块单元。

申请号：201210127195.7，名称为“一种级联式 STATCOM 直流侧电容电压平

衡控制方法”的专利（戴超波、吉平等），提出了一种直接电流控制和间接电流控制相结合的 STATCOM 直流侧电容电压平衡控制方法。具体过程为：首先生成有功电流参考值，再次选择特殊桥，并生成 STATCOM 输出电流参考值，最后对特殊桥采用间接电流控制，对非特殊桥进行直接电流控制。由于需要对每一个子模块设计独立的控制器，因此该控制方法仅适用于子模块数量较少的场合。同时，由于级联式 STATCOM 并无直流引出线，因此该控制方法并不完全适合于需要考虑直流双极故障的全桥式模块化多电平换流器的电容电压平衡控制。

在 2011 年中国电机工程学报出版的由管敏源、徐政主编的“MMC 型 VSC-HVDC 系统电容电压的优化平衡控制”主要针对半桥式模块化多电平提出了一种电容电压优化平衡控制策略，该控制策略通过引入保持因子，对未越限子模块投切状态进行优化，降低了开关器件的开关频率。上述控制方法一定程度上优化了半桥式模块化多电平换流器子模块的开关频率，但相比于半桥式子模块，全桥式子模块的开关状态更为复杂，同时全桥式模块化多电平换流器双极直流短路故障下桥臂需要输出反向电压，因此上述控制方法对于全桥式模块化多电平换流器并不完全适用。

发明内容

针对现有技术的不足，本发明提出一种三相全桥模块化多电平换流器桥臂电容平衡控制方法，实现桥臂内全桥子模块电容电压的平衡控制。

本发明提供的一种三相全桥模块化多电平换流器桥臂电容平衡控制方法，所述换流器由 3 相六个桥臂构成，每个桥臂包括 1 个电抗器和 N 个结构相同的子模块；每个桥臂的子模块级联后一端通过电抗器与电网的变压器连接；另一端与另两个桥臂的级联的子模块一端连接，形成正负极母线；其改进之处在于，所述方法包括如下步骤：

- (1) 将每个桥臂中 $N/2$ 个子模块正向投入， $N/2$ 个子模块反向投入；
- (2) 对桥臂各子模块电容电压按照子模块开关状态及电压大小依次从大到小进行排序；
- (3) 判断桥臂电流大小，若桥臂电流大于 0，则判断子模块电压最大者是否正向投入，且正向投入子模块电压最大值与反向投入子模块电压最小值之差是否大于设定阈值 I ，若满足上述条件（即子模块电压最大者正向投入，且正向投

入子模块电压最大值与反向投入子模块电压最小值之差大于设定阈值), 则进行步骤 (4), 否则结束控制方法; 若桥臂电流小于 0, 则判断子模块电容电压最大者是否反向投入, 且反向投入子模块电压最大值与正向投入子模块电压最小值之差是否大于设定阈值 II, 若满足上述条件 (即子模块电容电压最大者反向投入, 且反向投入子模块电压最大值与正向投入子模块电压最小值之差大于设定阈值 II), 则进行步骤 (4), 否则结束控制方法;

(4) 判断当前输出电平指令与上一时刻输出电平指令是否存在变化, 并根据桥臂电流方向控制子模块的投入方向。

其中, 步骤 (4) 包括:

当桥臂电流大于 0:

若当前输出电平指令较上一时刻增加 n 个, 则依次将反向投入最小的 $NINT(n/2)$ 个子模块切换至正向投入; 若当前输出电平指令与上一时刻保持不变, 则将正向投入电压最大子模块与正向投入最小子模块状态互换; 若当前输出电平指令较上一时刻减少 n 个, 则依次将正向投入最大的 $NINT(n/2)$ 个子模块切换至反向投入;

当桥臂电流小于 0:

若当前输出电平指令较上一时刻增加 n 个, 则依次将反向投入最大的 $NINT(n/2)$ 个子模块切换至正向投入; 若当前输出电平指令与上一时刻保持不变, 则将反向投入电压最大子模块与正向投入最小子模块状态互换; 若当前输出电平指令较上一时刻减少 n 个, 则依次将正向投入最小的 $NINT(n/2)$ 个子模块切换至反向投入。

按照四舍五入算法后, 桥臂子模块输出电平为偶数。

其中, 所述阈值 I 和阈值 II 由用户确定。

其中, 所述步骤 (2) 中子模块的开关状态是通过桥臂各子模块控制器监测得到。

其中, 步骤 (2) 中子模块电容电压是通过桥臂各子模块控制器监测得到。

与现有技术比, 本发明的有益效果为:

(1) 本发明子模块内部各器件的开关频率基本一致, 有利于子模块的均一化设计;

(2) 本发明在相同控制要求及条件下, 单个子模块的开关频率降低, 其造

价也随之降低；

(3) 本发明的控制方法对正常运行及直流侧故障下桥臂子模块电压平衡均适用。

(4) 本发明无需额外的切换信号即可满足如双极直流故障下子模块电压的平衡控制要求。

附图说明

图 1 为本发明提供的全桥子模块结构示意图。

图 2 为本发明提供的全桥式模块化多电平换流器结构示意图。

图 3 为本发明提供的全桥子模块电容平衡控制方法流程图。

图 4 为本发明提供的有功无功曲线图。

图 5 为本发明提供的直流电压示意图。

图 6 为本发明提供的 A 相上桥臂子模块电容电压示意图。

图 7 为本发明提供的 A 相下桥臂子模块电容电压示意图。

图 8 为本发明提供的 A 相交流侧电流示意图。

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详细说明。

针对全桥式模块化多电平换流器桥臂内部电容平衡控制，本发明提供了一种桥臂内子模块电容电压通用平衡控制方法。在本发明中，通过对比桥臂电容各开关状态子模块的电容电压，并根据当前桥臂电流的方向以及上层控制指令，调整桥臂内相关子模块的开关状态，以实现响应上层控制指令的同时，保证桥臂内子模块电容电压的相对一致。按照所设计的平衡控制方法，子模块各开关器件具有相同的开关频率，对于正常运行以及直流侧故障下桥臂子模块电容电压平衡控制均适用。

结合图 1-图 8 对所述模块化多电平能量平衡控制方法详细步骤进行相关说明：

(1) 如图 3 所示，将桥臂中 $N/2$ 个子模块正向投入，同时将 $N/2$ 个子模块反向投入；其中 N 代表单桥臂子模块个数， N 为偶数；

(2) 对桥臂各子模块电容电压按照开关状态依次从大到小进行排序；电容电压排序可由已有的控制算法得到；各子模块电容电压实际值和开关状态可通过子模块控制器反馈给换流器阀级控制等设备获得。其中，全桥子模块的开关状态如表 1 所示，其中 T1-T4 表示子模块中 4 个 IGBT 模块， I_{sm} 为子模块电流， V_{sm} 为子模块电压：

表 1 全桥子模块开关状态

IGBT 开关状态				I_{sm}	V_{sm}	dV/dt	状态
T1	T2	T3	T4				
1	0	0	1	>0	V_c	>0	正向投入
				<0		<0	
0	1	1	0	>0	$-V_c$	<0	反向投入
				<0		>0	
1	0	1	0	-	0	=0	切除
0	1	0	1	-	0	=0	
0	0	0	0	>0	V_c	>0	闭锁
				<0	$-V_c$		

(3) 判断桥臂电流大小，若桥臂电流大于 0，则判断子模块电压最大者是否正向投入，且正向投入子模块电压最大值与反向投入子模块电压最小值之差是否大于设定阈值 I，若满足上述条件，则进行下一步，否则跳出本次循环；若桥臂电流小于 0，则判断子模块电容电压最大者是否反向投入，且反向投入子模块电压最大值与正向投入子模块电压最小值之差是否大于设定阈值 II，若满足上述条件，则进行下一步，否则跳出本次循环；

阈值 I 和阈值 II，其作用是为了减少子模块开关器件的开关频率，设定阈值越大，开关器件的开关频率越低，反之则越高；所述阈值可以根据控制的要求进行动态调节。

(4) 判断当前输出电平指令与上一时刻输出电平指令是否存在变化，并根据桥臂电流方向控制子模块的投入方向，其中：

当桥臂电流大于 0，若当前输出电平指令较上一时刻增加 n 个，则依次将反向投入最小的 NINT(n/2) 个子模块切换至正向投入；若当前输出电平指令与上一时刻保持不变，则将正向投入电压最大子模块与方正向投入最小子模块状态互

换；若当前输出电平指令较上一时刻减少 n 个，则依次将正向投入最大的 $NINT(n/2)$ 个子模块切换至反向投入；

当桥臂电流小于 0，若当前输出电平指令较上一时刻增加 n 个，则依次将反向投入最大的 $NINT(n/2)$ 个子模块切换至正向投入；若当前输出电平指令与上一时刻保持不变，则将反向投入电压最大子模块与正向投入最小子模块状态互换；若当前输出电平指令较上一时刻减少 n 个，则依次将正向投入最小的 $NINT(n/2)$ 个子模块切换至反向投入。

本实施例的步骤（2）至步骤（4）中所述正向投入和反向投入子模块的具体状态可通过子模块控制器反馈给换流器阀级控制等设备获得。

其中，步骤（4）中所述 $NINT()$ 为四舍五入算法；步骤（4）中所述电平指令即可大于 0，也可小于 0。

特别说明的是如果没有步骤（4）电平指令变化时反向或正向子模块的状态切换，桥臂输出电平数将无法保证换流器输出指令的有效跟踪；如果没有步骤（4）电平指令不变时，正向投入电压最大子模块与反向投入电压最小子模块状态互换或反向投入电压最大子模块与正向投入子模块最小子模块状态互换，子模块之间的电压平衡度将降低。

桥臂子模块电容电压平衡是换流器正常运行的基础。在采用本实施例的控制方法后，能够充分利用子模块各开关器件，尽可能实现子模块内各开关器件的开关频率保持相对一致，便于实现子模块内部的均一化设计。相比于半桥式子模块结构，在相同控制条件及控制要求下，单个器件的开关频率有所降低。所提出的平衡控制方法对正常运行及直流侧故障下均适用，无需进行控制切换（如图 4-图 8 所示）。

如图 5 所示，为 1.6 秒时发生直流双极故障的直流电压示意图。通过本实施例的平衡控制方法，其结果如图 4 所示，在故障下，系统仍然可以实现功率的有效控制。以 A 相桥臂的子模块为例，如图 6 和图 7 所示，上桥臂子模块电容电压和下桥臂子模块的电容电压的仿真结果表示，不论是在正常运行（1.6 秒之前）还是在双极故障期间（1.6 秒之后）均能保持相对平衡。并且 A 相交流侧电流仿真图如图 8 所示，从图中可看出，交流侧电流不论是在正常运行期间还是在故障之后，均能实现对交流侧电流的有效控制，不会出现很大的短路电流。

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、一种三相全桥模块化多电平换流器桥臂电容平衡控制方法，所述换流器由 3 相六个桥臂构成，每个桥臂包括 1 个电抗器和 N 个结构相同的子模块；每个桥臂的子模块级联后一端通过电抗器与电网的变压器连接；另一端与另两个桥臂的级联的子模块一端连接，形成正负极母线；其特征在于，所述方法包括如下步骤：

(1) 将每个桥臂中 $N/2$ 个子模块正向投入， $N/2$ 个子模块反向投入；

(2) 对桥臂各子模块电容电压按照子模块开关状态及电压大小依次从大到小进行排序；

(3) 判断桥臂电流大小，若桥臂电流大于 0，则判断子模块电压最大者是否正向投入，且正向投入子模块电压最大值与反向投入子模块电压最小值之差是否大于设定阈值 I，若满足上述条件，则进行步骤 (4)，否则结束控制方法；若桥臂电流小于 0，则判断子模块电容电压最大者是否反向投入，且反向投入子模块电压最大值与正向投入子模块电压最小值之差是否大于设定阈值 II，若满足上述条件，则进行步骤 (4)，否则结束控制方法；

(4) 判断当前输出电平指令与上一时刻输出电平指令是否存在变化，并根据桥臂电流方向控制子模块的投入方向。

2、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，步骤 (4) 包括：

当桥臂电流大于 0：

若当前输出电平指令较上一时刻增加 n 个，则依次将反向投入最小的 $NINT(n/2)$ 个子模块切换至正向投入；若当前输出电平指令与上一时刻保持不变，则将正向投入电压最大子模块与正向投入最小子模块状态互换；若当前输出电平指令较上一时刻减少 n 个，则依次将正向投入最大的 $NINT(n/2)$ 个子模块切换至反向投入；

当桥臂电流小于 0：

若当前输出电平指令较上一时刻增加 n 个，则依次将反向投入最大的 $NINT(n/2)$ 个子模块切换至正向投入；若当前输出电平指令与上一时刻保持不变，则将反向投入电压最大子模块与正向投入最小子模块状态互换；若当前输出电平指令较上一时刻减少 n 个，则依次将正向投入最小的 $NINT(n/2)$ 个子模块切换至

反向投入。

3、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述阈值 I 和阈值 II 由用户确定。

4、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述步骤（4）按照四舍五入算法后，桥臂子模块输出电平为偶数。

5、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述步骤（2）中子模块的开关状态是通过桥臂各子模块控制器监测得到。

6、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，步骤（2）中子模块电容电压是通过桥臂各子模块控制器监测得到。

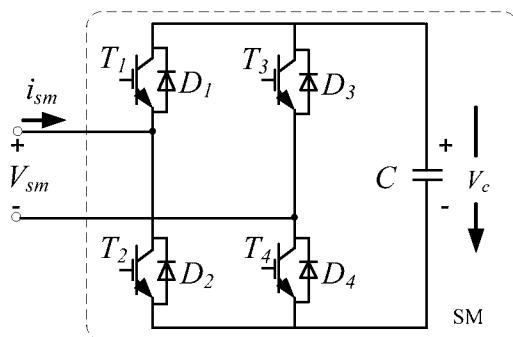


图 1

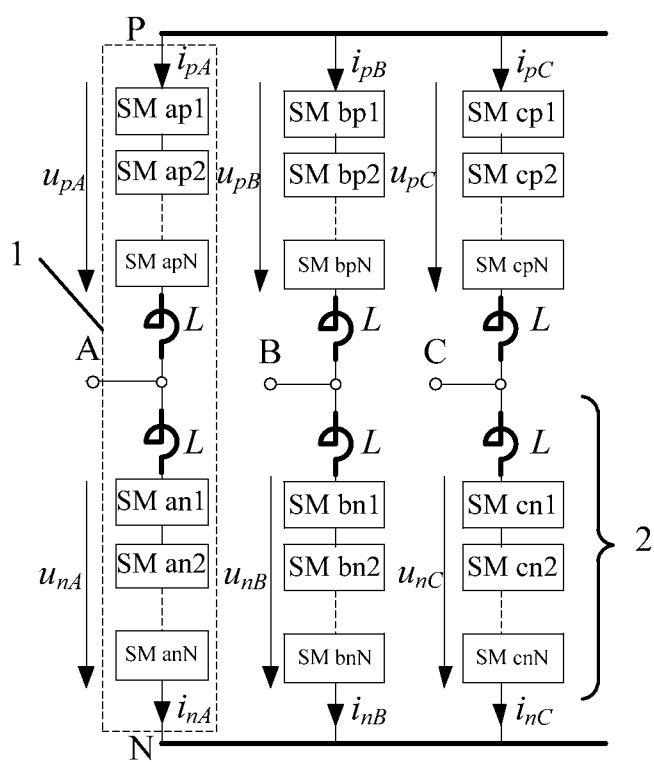


图 2

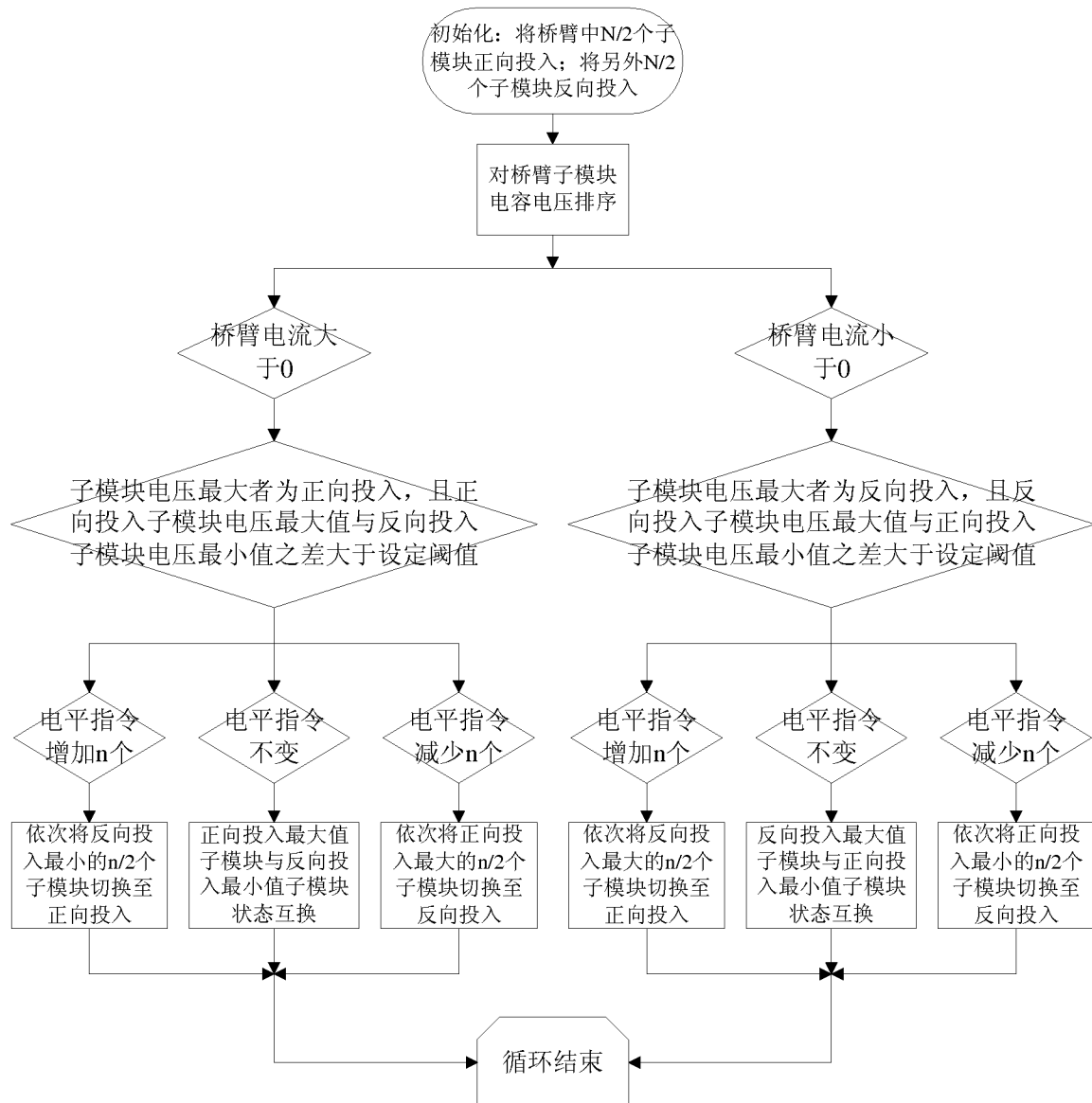


图 3

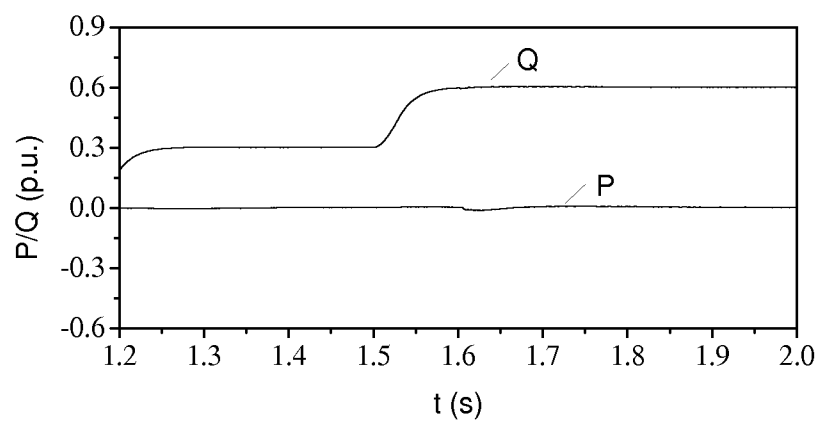


图 4

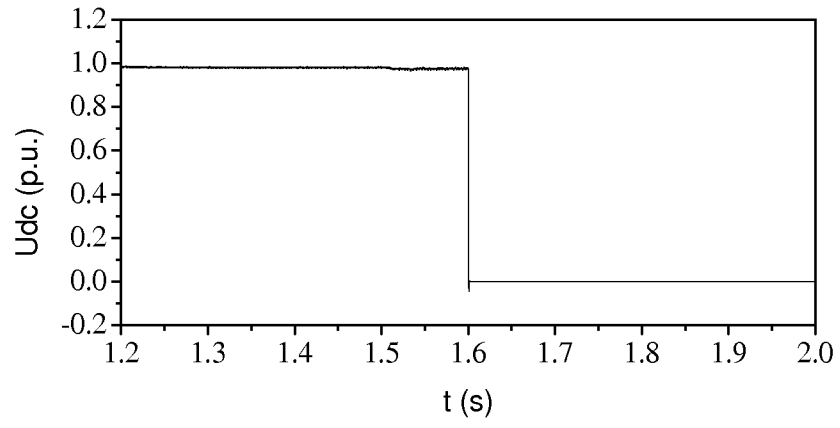


图 5

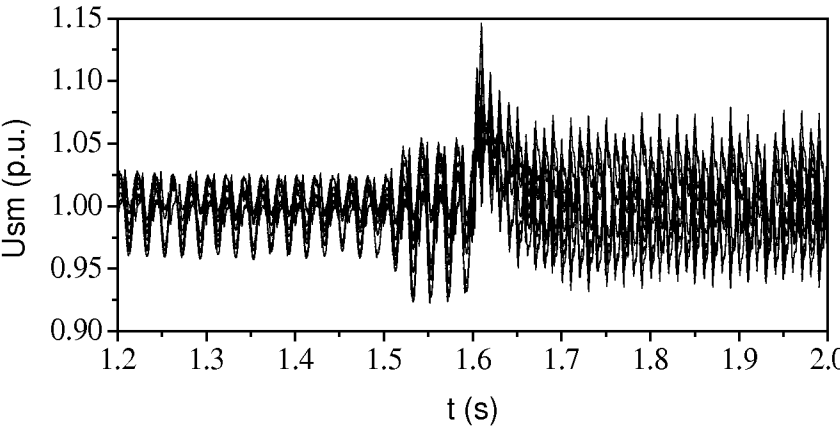


图 6

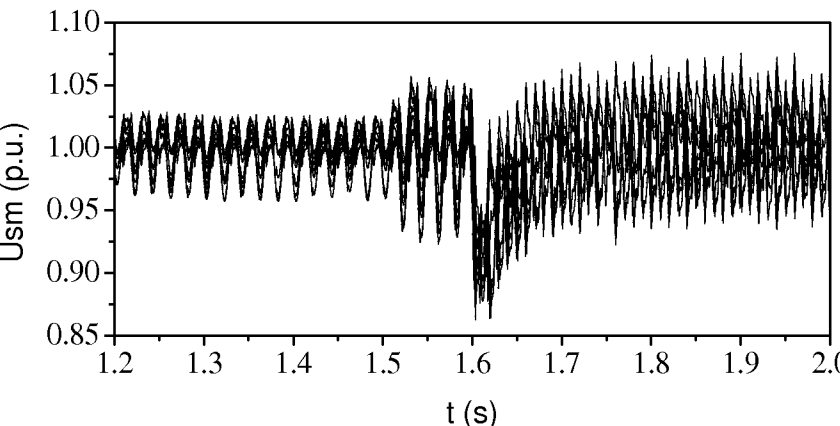


图 7

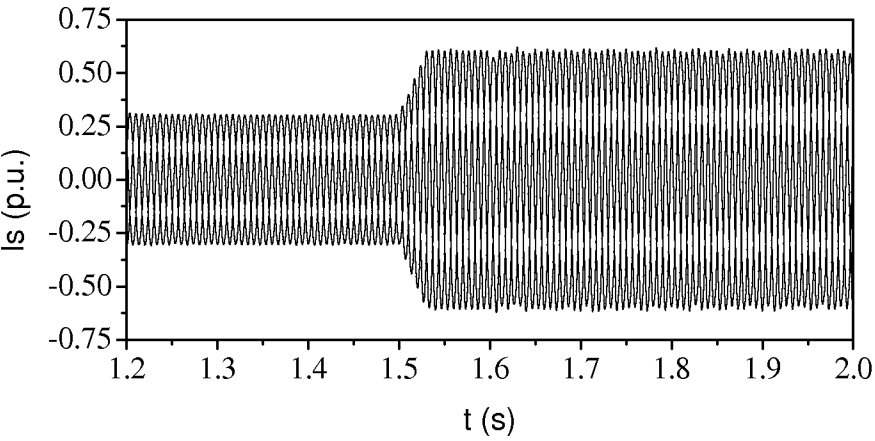


图 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2013/089438

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02M 7/483 (2007.01) 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: capacitance, big to small, high to low, MMC, modular, multi 1w level, capacitor, balanc+, equiliz+, full w bridge, H w bridge, voltage, sort+, sequenc+, forward, reverse, direction

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	CN 103259432 A (STATE GRID CORPORATION OF CHINA et al.), 21 August 2013 (21.08.2013), see claims 1-6	1-6
A	CN 102130619 A (CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE), 20 July 2011 (20.07.2011), see description, paragraphs [0034]-[0058], and figures 1-3	1-6
A	CN 102931666 A (XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY), 13 February 2013 (13.02.2013), see the whole document	1-6
A	CN 102158112 A (SHANDONG UNIVERSITY), 17 August 2011 (17.08.2011), see the whole document	1-6
A	US 2012/0068555 A1 (CURTISS-WRIGHT ELECTRO-MECHANICAL CORP.), 22 March 2012 (22.03.2012), see the whole document	1-6
A	WO 2011/036005 A1 (SIEMENS AG), 31 March 2011 (31.03.2011), see the whole document	1-6

☐ 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 14 February 2014 (14.02.2014)	Date of mailing of the international search report 20 March 2014 (20.03.2014)
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 LI, Xiaoyan Telephone No.: (86-10) 62411798

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2013/089438

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 103259432 A	21.08.2013	None	
CN 10213 0619 A	20.07.2011	WO 2012126160 A1	27.09.2012
		US 20140002048 A1	02.01.2014
CN 102931666 A	13.02.2013	None	
CN 102158112 A	17.08.2011	CN 102158112 B	02.01.2013
US 2012/0068555 A1	22.03.2012	CN 103250318 A	14.08.2013
		US 8618698 B2	31.12.2013
		JP 2013537393 A	30.09.2013
		WO 2012033958 A1	15.03.2012
		EP 2614567 A1	17.07.2013
WO 2011/036005 A1	31.03.2011	EP 2481148 A1	01.08.2012
		DE 102009043599 B4	24.10.2013
		DE 102009043599 A1	31.03.2011

A. 主题的分类		
H02M 7/483 (2007.01) 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: 模块化, 多电平, 电容, 平衡, 均衡, 均压, 全桥, H 桥, 电压, 排序, 大到小, 高到低, 正向, 反向, MMC, modular, multi 1w level, capacitor, balanc+, equiliz+, full w bridge, H w bridge, voltage, sort+, sequenc+, forward, reverse, direction		
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
P,X	CN103259432A (国家电网公司 等) 21.8 月 2013 (21.08.2013) 见权利要求 1-6	1-6
A	CN102130619A (中国电力科学研究院) 20.7 月 2011 (20.07.2011) 见说明书第[0034]-[0058]段, 附图 1-3	1-6
A	CN102931666A (西安交通大学) 13.2 月 2013 (13.02.2013) 见全文	1-6
A	CN102158112A (山东大学) 17.8 月 2011 (17.08.2011) 见全文	1-6
A	US2012/0068555A1 (CURTISS-WRIGHT ELECTRO-MECHANICAL CORP) 22.3 月 2012 (22.03.2012) 见全文	1-6
A	WO2011/036005A1 (SIEMENS AG) 31.3 月 2011 (31.03.2011) 见全文	1-6
☐ 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 14.2 月 2014 (14.02.2014)		国际检索报告邮寄日期 20.3 月 2014 (20.03.2014)
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 李晓艳 电话号码: (86-10) 62411798

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2013/089438

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN103259432A	21.08.2013	无	
CN102130619A	20.07.2011	WO2012126160A1	27.09.2012
		US20140002048A1	02.01.2014
CN102931666A	13.02.2013	无	
CN102158112A	17.08.2011	CN102158112B	02.01.2013
US2012/0068555A1	22.03.2012	CN103250318A	14.08.2013
		US8618698B2	31.12.2013
		JP2013537393A	30.09.2013
		WO2012033958A1	15.03.2012
		EP2614567A1	17.07.2013
WO2011/036005A1	31.03.2011	EP2481148A1	01.08.2012
		DE102009043599B4	24.10.2013
		DE102009043599A1	31.03.2011