

(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
2015年12月3日 (03.12.2015)



(10) 国际公布号
WO 2015/180204 A1

- (51) 国际专利分类号:
H02M 7/537 (2006.01) H02M 7/49 (2007.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2014/079502
- (22) 国际申请日: 2014年6月9日 (09.06.2014)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201410233072.0 2014年5月29日 (29.05.2014) CN
- (71) 申请人: 华中科技大学 (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) [CN/CN];
中国湖北省武汉洪山路喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。
- (72) 发明人: 林卫星 (LIN, Weixing); 中国湖北省武汉洪山路喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。 向往 (XI-ANG, Wang); 中国湖北省武汉洪山路喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。 文劲宇 (WEN, Jinyu); 中国湖北省武汉洪山路喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。
- (74) 代理人: 武汉东喻专利代理事务所 (普通合伙) (WUHAN DONGYU PATENT AGENCY); 中国湖北

省武汉洪山路喻路 1037 号东一楼 340, Hubei 430074 (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, 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)。

[见续页]

(54) Title: SUBMODULE TOPOLOGY FOR MODULAR MULTI-LEVEL CONVERTER AND APPLICATION THEREOF

(54) 发明名称: 用于模块化多电平换流器的子模块拓扑及其应用

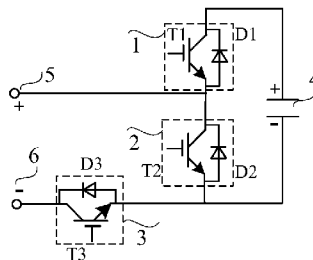


图 5 / FIG. 5

(57) Abstract: A submodule topology for a modular multi-level converter, a converter comprising the submodule, and an application thereof. The submodule topology comprises a first switching module (1), a second switching module (2), a direct current capacitor (4), and a third switching module (3). The first switching module (1) and the second switching module (2) are connected in series, a negative end of the first switching module (1) is connected to a positive end of the second switching module (2), and the switching modules (1, 2, 3) are each formed by connecting a full-controlled device and a diode in an antiparallel mode. A positive electrode and a negative electrode of the direct current capacitor (4) are connected to a positive end of the first switching module (1) and a negative end of the second switching module (2). The third switching module (3) is electrically connected to the first switching module (1) and the second switching module (2), so that a full-controlled device of the third switching module (3) applies trigger pulses all the time during normal operation and is in a conducting state all the time, and currents of direct current faults can be blocked by locking the trigger pulses of the third switching module (3) when direct current faults occur. By means of the solution, a function of isolating the direct current faults is achieved, quantity and switching losses of switching devices in the submodule are decreased, and requirements on trigger simultaneity are reduced.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2015/180204 A1



本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种用于模块化多电平换流器中的子模块拓扑结构、包括该子模块的换流器及其应用，所述子模块拓扑结构包括：相互串联的第一开关模块（1）和第二开关模块（2），其中第一开关模块（1）的负端与第二开关模块（2）的正端相连接，开关模块（1、2、3）由一个全控型器件和一个二极管反并联而成；直流电容（4），其正极和负极分别与第一开关模块（1）的正端和第二开关模块（2）的负端相连接；还包括第三开关模块（3），其与第一开关模块（1）和第二开关模块（2）电气连接，使得正常工作时该第三开关模块（3）的全控型器件一直施加触发脉冲从而一直处于导通状态，而发生直流故障时通过闭锁该第三开关模块（3）的触发脉冲实现阻断直流故障电流。该方案可以实现隔离直流故障功能，同时减少了子模块中开关器件的数量与开关损耗，降低了触发同时性的要求。

用于模块化多电平换流器的子模块拓扑及其应用

【技术领域】

本发明属于电力系统输配电技术领域，更具体地，涉及一种模块化多电平换流器新型子模块拓扑以及由新型子模块拓扑与半桥型子模块拓扑构成的混合型换流器拓扑。

【背景技术】

目前，高压直流输电（HVDC）技术在可再生能源并网领域得到了广泛的应用。随着高压直流输电技术的进一步发展，能够实现多电源供电、多落点受电的多端直流输电（MTDC）技术与直流电网技术得到了强烈的关注。

无论是两端高压直流输电技术，还是多端高压直流输电技术以及直流电网技术，换流器技术都是其关键技术之一。换流器将交流电转换成直流电或者将直流电转换成交流电，来实现交流-直流/直流-交流的能量传输。可用于交流-直流/直流-交流变换的技术主要有基于晶闸管的相控换流器和基于全控型电力电子器件的电压源型换流器两种。然而相控换流器在工作时需要外在交流电压源为其提供换相电压，而且在基于相控换流器的多端直流输电系统中容易发生连锁换相失败导致系统的崩溃。基于全控型电力电子器件的电压源型换流器能够实现有功和无功的独立解耦控制、能向弱电网或者孤岛供电、且易于构成多端直流系统，在提高系统的稳定性和输电能力等方面具有很大优势。近年来，电压源型高压直流输电在可再生能源接入领域得到广泛应用，取得了巨大的发展。

然而随着新型可再生能源容量的不断增大，高压直流输电系统需要传输的电能越来越大，预期到 2015 年，电压源型换流器的典型电压和功率为 $\pm 320\text{kV}$ ，1000MW。这对电压源型换流器提出了很高的要求。传统的两电平电压源型换流器由于受限于全控型器件的功率等级，不易实现高压大功率的电能传输。

随着电压源型换流器技术的进一步发展，现有技术中出现了一种模块化多电平换流器技术（MMC），其具有交流输出电压谐波畸变率很小，模块化结构易于封装，开关器件承受更小的电气应力，开关损耗低等优点，并且能实现高压大功率等级的电能传输。模块化多电平换流器按照子模块拓扑结构的不同，一般分为半桥型、全桥型与箝位双型三种类型。

基于半桥型子模块的模块化多电平换流器是三种类型中最常用的变流器技术，得到了学术界与工业界深入的研究与广泛的应用。2010 年，世界首条商业运行的 MMC-HVDC 系统，即美国 Trans Bay Cable 工程采用的就是半桥型 MMC 技术。上海南汇示范工程以及广东南澳 3 端柔性直流输电工程是国内已经投入运行的 MMC 工程；浙江舟山的 5 端柔性直流输电工程正在建设中，厦门 2 端柔性直流输电工程也处于规划中。这些工程均采用的是基于半桥型子模块的 MMC 技术。

这些 MMC-HVDC 工程大多采用低故障率的直流电缆线路，以减少直流故障发生概率，但造价昂贵、经济效益差。在多端直流输电系统以及直流电网中，直流侧故障是工程设计运行必须考虑的一种严重故障类型，其对设备参数、控制策略和保护配置具有重要影响，然而由于没有成熟的直流断路器设备，只能通过利用交流侧设备如交流断路器、交流熔断器等切断与交流系统的连接，但该方法响应速度较慢、重启动配合动作时序复杂、系统恢复时间较长。有效的解决方案是利用换流器自身控制实现直流侧故障的自清除，无需机械设备动作，系统恢复速度快。随着架空线传输直流电、三极直流输电技术等的提出，具有阻断直流故障电流功能的模块化多电平换流器技术越来越受到重视。

全桥型与箝位双型 MMC 由于它们所采用的子模块结构特殊，具有隔离直流故障的能力。但是全桥型与箝位双型 MMC 为了实现隔离直流故障的功能，采用了更多的全控型电力电子器件。在相同电压、功率等级输出条件下，全桥 MMC 比半桥型 MMC 增加了一倍的全控型电力电子器件的数量，这极大地增加了 MMC 的成本；箝位双型 MMC 的一个子模块中包含两个电容，比半桥型 MMC 增加了 25% 的全控型电力电子器件数量，但增加了系统的控制复杂度与子模块封装、工业设计难度，降低了系统的可靠性。

针对具有直流故障隔离功能的换流器中全控型电力电子器件数量过多的问题，目前存在一种方式是将箝位双子模块型与半桥型子模块进行串联构成混合型模块化多电平换流器。这种混合型换流器在发生直流侧故障后能有效隔离直流故障，同时全控型电力电子器件的数量只比半桥型 MMC 增加了 17.5%。但是这种混合型换流器在发生直流侧故障后，箝位双子模块型电容会一直处于充电状态，造成电容电压过大，必须在箝位双子模块型中加入阻尼电阻来耗散掉多余的能量，额外的阻尼电阻会加大子模块的体积，散热器，重量等，从而加大子模块的制造成本与工艺设计难度，提高子模块成本。

【发明内容】

针对现有技术的以上缺陷或改进需求，本发明提供一种用于模块化多电平换流器的具有阻断直流故障电流功能的子模块拓扑结构，相比于现有的具备阻断直流故障电流的子模块，其具有减少子模块中全控型电力电子器件的数量，降低子模块的工艺实现难度的优点，使用这些子模块可以构成具备隔离直流故障功能的模块化多电平换流器。

按照本发明的一个方面，提供一种用于模块化多电平换流器中的子模块拓扑结构，其中，该子模块拓扑结构包括：

相互串联的第一开关模块和第二开关模块，其中第一开关模块的负端与第二开关模块的正端相连接，其中所述开关模块由一个全控型器件和一个二极管反并联而成；以及直流电容，其正极和负极分别与第一开关模块的正端和第二开关模块的负端相连接；

其特征在于，还包括第三开关模块，其与上述第一开关模块和第二开关模块电气连接，使得正常工作时该第三开关模块的全控型器件一直施加触发脉冲从而一直处于导通状态，而发生直流故障时通过闭锁该第三开关模块的触发脉冲实现阻断直流故障电流。

作为本发明的改进，所述第三开关模块负端与第二开关模块的负端相连接，第三开关模块正端作为所述子模块的输出负端，第一开关模块和第二开关模块的连接点作为子模块的输出正端。

作为本发明的改进，还包括一个第四二极管，其阳极与第三开关模块的正端相连，阴极与直流电容的正极相连。

作为本发明的改进，所述第三开关模块正端与第一开关模块和第二开关模块的连接点连接，第三开关模块负端作为所述子模块的输出正端，第二开关模块负端作为所述子模块的输出负端。

作为本发明的改进，所述第三开关模块负端与第一开关模块和第二开关模块的连接点连接，第三开关模块正端作为所述子模块的输出负端，第一开关模块正端作为所述子模块的输出正端。

作为本发明的改进，所述第三开关模块正端与第一开关模块正端连接，第三开关模块负端作为所述子模块的输出正端，第一开关模块和第二开关模块的连接点作为所述子模块的输出负端。

作为本发明的改进，还包括一个第四二极管，其阳极与直流电容的负端相连，阴极

与第三开关模块的负端相连。

作为本发明的改进，所述全控型器件可以是绝缘门极双极型晶体管（IGBT）、集成门极换流晶闸管（IGCT）或门极可关断晶闸管（GTO）。

按照本发明的另一方面，提供一种模块化多电平换流器，其包括一个或多个相单元，每个相单元包括串联连接的上桥臂和下桥臂，以及与该上桥臂和下桥臂分别对应串联的桥臂电感，其中，上桥臂正端和下桥臂的负端分别与直流母线的正极和负极相连接，每个相单元的上桥臂负端和下桥臂正端的连接点处作为 A，B，C 三相输出端子引出点，上桥臂或下桥臂由多个上述子模块拓扑依次串联而成。

按照本发明的又一方面，提供一种模块化多电平换流器，其包括一个或多个相单元，每个相单元包括串联连接的上桥臂和下桥臂，以及与该上桥臂和下桥臂分别对应串联的桥臂电感，其中，上桥臂正端和下桥臂的负端分别与直流母线的正极和负极相连接，每个相单元的上桥臂负端和下桥臂正端的连接点处作为 A，B，C 三相输出端子引出点，上桥臂或下桥臂由一个或多个上述子模块拓扑与一个或多个半桥型子模块拓扑混合串联而成。

作为本发明的改进，所述上桥臂或下桥臂中的上述子模块拓扑个数与半桥型子模块拓扑相同。

按照本发明的再一方面，通过一种利用上述模块化多电平换流器进行阻断直流故障电流的方法，用于在发生直流故障时阻断该直流故障电流，其特征在于，该方法具体为，在发生直流故障时，闭锁所述子模块拓扑的第三开关模块的触发脉冲，即可断开交流侧向直流侧提供故障电流的通路。

作为本发明的改进，所述直流故障通过检测直流电流值是否越限，或检测直流电流上升速率是否越限等操作判断进行判断。

作为本发明的改进，所述直流故障为直流侧永久性故障，其阻断直流故障电流具体过程为：首先闭锁所有的全控型器件触发脉冲从而隔离直流故障，然后关断交流侧断路器，以待直流侧故障清除后重新充电运行。

作为本发明的改进，所述直流故障为直流侧暂时性故障，其阻断直流故障电流具体过程为：首先闭锁所有的全控型器件触发脉冲从而隔离直流故障，待直流电弧熄灭后，解锁每个子模块中第三开关模块的全控型器件的触发脉冲，由交流侧给直流线路充电，最后解锁其余的全控型器件，以重新进入稳态运行。

本发明的混合型模块化多电平换流器中，可以很大程度地减少全控型电力电子器件的数量，只需在现有的半桥型 MMC 的基础上增加约 25% 的全控型电力电子器件就可以使得混合型换流器具有隔离直流故障电流的功能。

本发明的模块化多电平换流器子模块拓扑结构中，该子模块由三个开关模块，一个直流电容，子模块输出正端以及子模块输出负端通过一定的电气连接而成，其中每个开关模块由一个全控型器件和一个二极管反并联而成。记全控型器件集电极与二极管阴极的连接处为开关模块的正端，全控型器件发射极与二极管阳极的连接处为开关模块的负端。

本发明中，第一开关模块与第二开关模块依次串联，第一开关模块的负端与第二开关模块的正端相连接；直流电容正极和直流电容的负极分别与第一开关模块的正端和第二开关模块的负端相连接；从而完成直流电容、第一开关模块和第二开关模块的连接。若分别将子模块输出正端和子模块输出负端与第一，第二开关模块的连接点和第二开关模块的负端相连接，则构成了典型的半桥子模块拓扑，该拓扑不具备阻断直流故障电流的能力。

本发明中为使子模块具有阻断直流故障电流的能力，将第三开关模块的负端与第二开关模块的负端相连接，并进一步地将子模块输出正端和子模块输出负端分别与第一，第二开关模块的连接点和第三开关模块的正端相连接。正常工作时第三开关模块的全控型器件一直施加触发脉冲，一直处于导通状态，使得本发明在正常运行时与常规半桥子模块无异，发生直流故障时通过闭锁第三开关模块的触发脉冲来达到阻断直流故障电流的目的。

本发明中，还可以将第三开关模块的正端与第一，第二开关模块的连接点相连接，从第三开关模块的负端与直流电容的负极分别引出子模块输出正端及子模块输出负端。

本发明中，还可以将第三开关模块的负端与第一，二开关模块的连接点相连接，从直流电容的正极与第三开关模块的正端分别引出子模块输出正端和子模块输出负端。

本发明中，还可以将第三开关模块的正端和直流电容正极相连接，从第三开关模块的负端和第一，第二开关模块的连接点处分别引出子模块输出正端和子模块输出负端。

本发明中，在发生直流故障时通过闭锁第三开关模块的触发脉冲就可以阻断直流故障电流，但模块化多电平换流器在电平数较高时，对闭锁所有第三开关模块触发脉冲

的同时性要求高，否则子模块中的第三开关模块由于不同时闭锁而导致先闭锁的某个子模块的第三开关模块中的全控型器件承受全部的交流电压而被烧毁，为了降低触发同时性的要求，可以通过增加一个第四二极管，从而克服上述缺陷。。

具体地，第四二极管的阳极可以与第三开关模块的正端相连，第四二极管的阴极与直流电容的正极相连。新增加的第四二极管不会影响新型子模块的正常运行；在发生直流侧故障后，如果故障电流从子模块输出正端流入，则故障电流从第一开关模块的反并联二极管后，经由直流电容再经第三开关模块的反并联二极管流出，第三开关模块的全控型器件承受压降几乎为 0；若故障电流从子模块输出负端流入，则故障电流流经第四二极管、直流电容、和第二开关模块的反并联二极管流通，第三开关模块的全控型器件承受的电压被箝制在电容电压；这两种情况均不会导致第三开关模块中全控型器件由于不同时触发闭锁而承受全部交流电压被烧毁，从而减少了触发同时性的要求。

另外，增加的第四二极管，其阳极还可以与直流电容的负端相连，第四二极管的阴极与第三开关模块的负端相连，也可以达到降低触发同时性的要求的目的。

本发明中，每个相单元的一种连接方式是上桥臂电感的一端连接正极直流母线，上桥臂电感的另一端与上桥臂正端相连接，上桥臂负端与下桥臂正端相连接，下桥臂负端与下桥臂电感的一端连接，下桥臂电感的另一端与负极直流母线相连接，每个相单元的上桥臂负端和下桥臂正端连接点处引出 A，B，C 三相输出端子。

每个相单元的另一种连接方式是上桥臂的正端与正极直流母线连接，上桥臂的负端与上桥臂电感的一端相连接，上桥臂电感的另一端与下桥臂电感的一端连接，下桥臂电感的另一端与下桥臂的正端相连接，下桥臂的负端与负极直流母线相连接，每个相单元的上桥臂电感与下桥臂电感连接处引出 A，B，C 三相输出端子。

更进一步地，上述模块化多电平换流器可以包含一个或多个相单元从而构成一相或多相模块化多电平换流器。

更进一步地，本发明还提供了一种由上述子模块与常规半桥子模块构成的混合型换流器，其技术细节为将上述由上述子模块构成的模块化多电平换流器的每个桥臂的一部分上述子模块用常规的半桥型子模块替代从而减少所采用的上述子模块的数量以减少换流器成本。

更进一步地，混合型换流器的每个桥臂所包含的常规半桥子模块与上述子模块的比例为 1:1 从而减少为了达到阻断直流故障电流而额外增加的全控型器件数量，按

1: 1 的比例, 只需相比常规半桥型子模块 MMC 增加 25% 的全控型器件就可以使得混合型换流器具备阻断直流故障电流的能力。

更进一步地, 本发明还提供了一种利用上述子模块构成的模块化多电平换流器或混合型模块化多电平换流器的阻断直流故障电流方法, 发生直流故障时通过闭锁新型子模块的第三开关模块的触发脉冲即可断开交流侧向直流侧提供故障电流的通路从而阻断直流故障电流。

更进一步地, 本发明方案提出的由新型子模块拓扑构成的单相、三相或多相模块化多电平换流器在直流侧发生故障后, 通过以下隔离步骤隔离直流故障。

针对直流侧永久性故障, 隔离步骤 1: 通过检测直流电流值是否越限, 或检测直流电流上升速率是否越限等操作判断是否发生直流侧故障; 隔离步骤 2, 已判断发生直流故障, 则闭锁所有的全控型电力电子器件触发脉冲从而隔离直流故障; 步骤 3, 关断交流侧断路器, 待直流侧故障清除后, 系统再重新充电运行。

针对直流侧暂时性故障, 隔离步骤 1: 通过检测直流电流值是否越限, 或检测直流电流上升速率是否越限等操作判断是否发生直流侧故障; 隔离步骤 2, 若已判断发生直流故障, 则闭锁所有的全控型电力电子器件触发脉冲从而隔离直流故障; 隔离步骤 3, 待直流电弧熄灭后, 解锁每个子模块中第三开关模块的全控型电力电子器件触发脉冲, 由交流侧给直流线路充电; 隔离步骤 4, 解锁其余的全控型电力电子器件, 恢复控制, 系统重新进入稳态运行。

总体而言, 通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比, 具有以下有益效果: 本发明提供的新型子模块拓扑可以实现隔离直流故障功能, 且相比于全桥型子模块、箝位双型子模块与二极管箝位型子模块, 减少了子模块中开关器件的数量与开关损耗, 降低了结构设计与工业应用的难度。

【附图说明】

图 1 是常规的半桥型子模块的拓扑结构图;

图 2 是常规的全桥型子模块的拓扑结构图;

图 3 是常规的箝位双型子模块的拓扑结构图;

图 4 是二极管箝位型子模块拓扑结构图;

图 5 是本发明子模块的第一实施例的拓扑结构图;

图 6 是本发明子模块的第二实施例的拓扑结构图;

图 7 是本发明子模块的第三实施例的拓扑结构图；

图 8 是本发明子模块的第四实施例的拓扑结构图；

图 9 是本发明子模块的第五实施例的拓扑结构图；

图 10 是本发明子模块的第六实施例的拓扑结构图；

图 11 是由本发明子模块（第一实施例至第六实施例）构成的第一种三相模块化多电平换流器拓扑；

图 12 是由本发明子模块（第一实施例至第六实施例）构成的第二种三相模块化多电平换流器拓扑；

图 13 是本发明实施例提供的由子模块多种实施例和半桥型子模块构成的三相混合型模块化多电平换流器结构示意图；

图 14 是由新型子模块构成的三相 9 电平的模块化多电平换流器仿真示意图；

图 15 是图 14 所示的模块化多电平换流器简化分析电路图

图 16 是本发明实施例提供的三相模块化多电平换流器在故障后 IGBT 闭锁瞬间的等值电路图；

图 17 是本发明实施例提供的三相 9 电平模块化多电平换流器的子模块电容电压值的仿真波形图；

图 18 是本发明实施例提供的三相 9 电平模块化多电平换流器的上桥臂电流值的仿真波形图。

【具体实施方式】

为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。此外，下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

本发明实施例提供的新型子模块拓扑主要用于构造新型模块化多电平换流器，使得新型模块化多电平换流器用于两端直流输电，多端直流输电以及直流电网中，其显著的技术性表现在相比于常规的不具备阻断直流故障电流能力的半桥型模块化多电平换流器，只需要增加 25%的全控型器件就可以使得新型的模块化多电平换流器具备阻断直流故障电流的能力，相比于全桥型子模块与箝位双子模块型减少了子模块数量与开关损耗，更利于工程设计与实现。

图 1 所示已公知的常规半桥型子模块拓扑，发生直流故障时，换流器所连接的交

流系统将通过下部二极管 D2 给直流故障电流供电从而使得直流电弧难以熄灭，并使交流系统处于短路状态，D2 流经较大的故障电流有可能被烧毁，需要断开交流侧开关以切断直流故障电流，从而大大延迟了系统恢复供电的时间。

如图 2 所示为已公知的全桥子模块拓扑，该拓扑具备阻断直流故障电流的能力，但对比图 1 和图 2 可以明显看出，全桥子模块拓扑所采用的开关器件数量为半桥子模块的 2 倍，成本大大增加。

如图 3 所示的箝位双子模块拓扑，在发生直流侧故障时，将闭锁所有全控型器件，箝位双子模块在故障时刻存在两条放电通路，但由于两条通路下直流电容电压之和大于交流系统线电压幅值，将导致二极管被反向阻断，从而隔离直流故障。但是箝位双子模块型采用了更多的半导体器件，增加了工艺设计的难度；同时由于闭锁后，直流网络储存的能量主要由子模块电容吸收，如果能量过大会引起子模块电容电压增加幅度大，引起的过电压问题可能烧毁半导体器件。

图 4 所示的二极管箝位型子模块拓扑，该结构采用了三个 IGBT 器件、两个直流电容器，利用二极管箝位来实现直流故障的隔离。但该拓扑采用了两个电容器，增加了子模块的体积与设计成本。

图 5 为本发明所提出的子模块的第一实施例，该新型子模块由三个开关模块 1~3，一个直流电容 4，子模块输出正端 5 和子模块输出负端 6 构成。每个开关模块由全控型器件(T1, T2, T3)和二极管(D1, D2, D3)反向并联而成。

记全控型器件与二极管阴极的连接处为开关模块的正端，全控型器件与二极管阳极的连接处为开关模块的负端。直流电容 4 的正极和负极分别与第一开关模块 1 的正端和第二开关模块 2 的负端相连接，第一开关模块 1 的负端与第二开关模块 2 的正端相连接，从而完成直流电容 4，第一开关模块 1 和第二开关模块 2 的连接，若分别从第一，第二开关模块的连接点以及第二开关模块 2 的负端引出子模块输出正端 5 和子模块输出负端 6，则构成了与图 1 完全一致的典型的半桥子模块拓扑，该拓扑不具备阻断直流故障电流的能力。

为使子模块具有阻断直流故障电流的能力，本实施例中，将第三开关模块 3 的负端与第二开关模块 2 的负端相连接，并进一步地将子模块输出正端 5 和子模块输出负端 6 分别与第一开关模块 1，第二开关模块 2 的连接点和第三开关模块 3 的正端相连接。正常工作时会一直给第三开关模块 3 的全控型器件施加触发脉冲使得本发明实施例在正常运行时与常规半桥子模块无异，发生直流故障时通过闭锁第三开关模块 3 的触发脉冲可

以阻断直流故障电流的通流途径。

图 6 所示为本发明子模块的第二实施例，其与第一实施例不同之处仅在于，第三开关模块 3 的正端与第一开关模块 1 的负端相连接，从第三开关模块 3 的负端与直流电容 4 的负极(第二开关模块 2 的负端)分别引出子模块输出正端 5 及子模块输出负端 6。

图 7 为本发明子模块的第三的实施例，其与第一实施例不同之处仅在于，第三开关模块 3 的负端与第一开关模块 1 的负端(该连接点也为第一开关模块 1 与第二开关模块 2 的连接点)相连接，从直流电容 4 的正极(第一开关模块 1 的正极)与第三开关模块 3 的正端分别引出子模块输出正端 5 和子模块输出负端 6。

图 8 为本发明子模块的第四实施例，其与第一实施例不同之处仅在于，第三开关模块 3 的正端和直流电容 4 的正极(第一开关模块 1 的正极)相连接，从第三开关模块 3 的负端和第一开关模块 1 的负端分别引出子模块输出正端 5 和子模块输出负端 6。

上述四种方案构成的模块化多电平换流器在直流侧发生故障后，对闭锁每个桥臂的第三开关模块 3 中全控型器件的触发脉冲同时性要求很高。否则子模块中的第三开关模块 3 由于不同时闭锁而导致先闭锁的某个子模块的第三开关模块 3 中的全控型器件承受全部的交流电压而被烧毁，为减小触发同时性的要求，使本发明能更好地应用于高电平数的模块化多电平换流器，可以进一步增加一个第四二极管构成新的实施方案。图 9 为本发明子模块的第五实施例，其与第一实施例不同之处仅在于，增加了一个第四二极管 7，该二极管 7 的阳极与第三开关模块 3 的正端相连，将二极管 7 的阴极与直流电容 4 的正极(第一开关模块 1 的正极)相连。

新增加的二极管 7 不影响子模块的正常运行；在发生直流侧故障后，若故障电流从子模块输出正端 5 流入，则故障电流流经第一开关模块 1 的反并联二极管后，经由直流电容 4 再从第三开关模块 3 的反并联二极管流通，第三开关模块的全控型器件承受压降几乎为 0；若故障电流从子模块输出负端 6 流入，则故障电流流经二极管 7、直流电容 4、第二开关模块 2 的反并联二极管流通，第三开关模块 3 中的全控型器件承受的电压被箝制在电容电压；这两种情况均不会导致第三开关模块 3 中全控型器件由于不同时触发闭锁而承受全部交流电压被烧毁，从而减少了触发同时性的要求。

图 10 为本发明子模块的第六实施例，其与第四实施例不同之处仅在于，增加一个二极管 7，该二极管 7 的阳极与直流电容 4 的负端相连，将该二极管的阴极与第三开关模块 3 的负端相连。

图 11 所示为由本发明所提出的由上述子模块构成的三相模块化多电平换流器拓

扑，该新型三相模块化多电平换流器包括三个相单元 11，每个相单元由上桥臂 12，上桥臂电感 13，下桥臂电感 14，下桥臂 15 依次串联而成，每个桥臂由 N 个子模块依次串联而成，每个相单元 11 的正端与正极直流母线 16 相连接，相单元 11 的负端与直流负极母线 17 相连接，从每个上桥臂电感，下桥臂电感的连接点处分别引出交流输出端子 8~10。每个桥臂的具体连接方式示于图 11 左侧。

图 12 所示为由本发明所提出的新型子模块改进型构成的新型三相模块化多电平换流器的另一种实现方式，该拓扑与图 11 基本类似，区别仅在于构成每个相单元的桥臂与桥臂电感的连接先后次序不同。该新型三相模块化多电平换流器包括三个相单元 11，每个相单元由上桥臂电感 13，上桥臂 12，下桥臂 15，下桥臂电感 14 依次串联而成，从每个上桥臂，下桥臂的连接点处分别引出交流输出端子 8~10，该方案其他部件实现形式与图 11 完全一致，不再赘述。

本发明中，根据新型模块化多电平换流器传输功率的大小，每个新型模块化多电平换流器可以由一个或多个相单元组成从而构成一相或多相新型模块化多电平换流器，并不限于图 11 和图 12 实施例所述的相单元数量。

图 13 为由新型子模块改进型拓扑和常规半桥型子模块混合而成的混合型换流器，图 13 拓扑与图 11 拓扑基本一致，区别在于每个桥臂 12，15 由多个新型子模块和常规半桥型子模块混合串联而成，其中新型子模块和常规半桥子模块的串联次序任意。所述的新型子模块可以是上述实施例一至实施例六中的任何一种。

每个桥臂所使用的新型子模块与常规半桥子模块的数量比例优选值为 1:1，这样在发生直流故障时通过闭锁所有新型子模块的触发脉冲可以阻断直流故障电流同时又因为选择了足够数量的新型子模块，新型子模块的第三开关模块 3 不会因为承载过电压而烧毁。图 14 为本发明实施例提出的由新型子模块构成的三相 9 电平模块化多电平换流器仿真示意图。为分析方便，取出图 14 的一相来进行分析，并将上下桥臂 8 个新型子模块分别等效为一个子模块，如图 15 所示。电容 22、28 为上下桥臂的等效串联电容值，电容电压分别是上桥臂、下桥臂子模块电容电压之和。当发生直流侧极对极短路故障 29 后，将闭锁开关模块 19、20、21、24、25、26 中的全控型器件。假设故障电流从交流侧流向直流侧，上桥臂由于 IGBT 闭锁，故障电流只能通过二极管 23、电容 22 和开关模块 20 中的反并联二极管流通，但上桥臂电容电压之和维持在直流电压 U_{dc} 附近，而交流侧相电压幅值是小于 U_{dc} 的，二极管承受反压而无法导通，上桥臂没有导电通路；下桥臂的故障电流也只能通过开关模块 24、26 中的反并联二极管和电容 27 构

成导电通路，但是由于下桥臂电容电压之和维持在直流电压 U_{dc} 附近，而交流侧相电压幅值是小于 U_{dc} 的，二极管承受反压而无法导通，下桥臂没有导电通路。

假设故障电流从直流侧流向交流侧，上桥臂故障电流的可能路径为电容 22 和开关模块 19、21 中的反并联二极管，但上桥臂电容电压之和维持在直流电压 U_{dc} 附近，二极管承受反压而无法导通，上桥臂没有导电通路；下桥臂的可能故障电流路径为开关模块 24、中的反并联二极管、电容 27 和二极管 28，但是由于下桥臂电容电压之和维持在直流电压 U_{dc} 附近，二极管承受反压而无法导通，下桥臂没有导电通路。从而交流电源 30 无法向故障点提供短路电流，实现了直流故障的隔离。

在发生直流侧故障后，换流器在闭锁瞬间的等值电路如图 16 所示。取 U_m 为三相电源相电压幅值（即相对地的电压最大值）， U_c 为子模块额定电容电压， N 为每个桥臂上子模块的个数， U_{arm} 为桥臂子模块电容电压之和， $U_{arm}=N*U_c$ 。为了达到隔离直流侧故障功能，需要满足下式：

$$U_m < U_{arm} \quad (1)$$

取换流器电压调制比为 M ，则：

$$M = \frac{U_m}{\frac{1}{2}U_{dc}} \quad (2)$$

在换流器正常运行时，必须满足调制比 $M < 1$ ，从而：

$$U_m < \frac{1}{2}U_{dc} \quad (3)$$

然而直流侧电压 U_{dc} 为 N 个子模块额定电容电压之和，即

$$\frac{1}{2}U_{dc} = \frac{1}{2} * NU_c = \frac{N}{2} * U_c \quad (4)$$

由式 (1) 与式 (4) 可知，每相桥臂只需要 $N/2$ 个新型子模块就可以达到隔离直流故障功能。为此图 13 所示的混合型换流器中，每个桥臂所使用的新型子模块与常规半桥子模块的数量比例优选值为 1: 1。

为验证本发明的技术可行性，利用国际通用直流输电仿真软件 PSCAD/EMTDC 搭建了与对应的仿真算例进行仿真验证。

仿真算例中，各个器件都采用 PSCAD/EMTDC 标准模型库中的详细模型。系统额定容量为 1000 MVA，额定交流电压为 230kV，直流电压为 ± 200 kV，子模块电容为 $3000\mu\text{F}$ ，桥臂电感为 0.0154H，上下桥臂各 8 个子模块。

相应仿真结果如图 17 和图 18 所示，图 17 为子模块电容电压值，图 18 为直流电流值。仿真时间 1s 时，系统在换流器直流侧出口处发生永久性极对极直流短路故障。从图 17 可以看出，在发生短路故障，全控型器件触发脉冲被闭锁后，子模块电容电压值几乎维持在额定电压值附近；从图 18 可以看出在发生直流侧短路故障后，直流故障电流立即下降至 0，能有效隔离直流故障。

需要指出的是，图 17 和图 18 主要用于对本发明所提出的新型子模块进行原理性验证，子模块的额定电压值为 50kV。图 17 和图 18 所验证的原理可以推广应用到实际中的任意电平数 MMC。

本发明实例提出的混合型换流器拓扑，具备隔离直流故障功能，相比于不具备阻断直流故障电流的公知半桥型 MMC 仅仅增加了 25% 的子模块数量。相比于已有的具有阻断直流故障电流能力的 MMC，不需要额外的阻尼电阻，减少了成本、降低了工业设计的难度，具有相当大的工业应用价值。

本领域的技术人员容易理解，以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

权 利 要 求

1、一种用于模块化多电平换流器中的子模块拓扑结构，其中，该子模块拓扑结构包括：

相互串联的第一开关模块（1）和第二开关模块（2），其中第一开关模块（1）的负端与第二开关模块（2）的正端相连接；

直流电容（4），其正极和负极分别与第一开关模块（1）的正端和第二开关模块（2）的负端相连接；

其特征在于，还包括第三开关模块（3），其与上述第一开关模块（1）和第二开关模块（2）电气连接，使得正常工作时该第三开关模块（3）的全控型器件一直施加触发脉冲从而一直处于导通状态，而发生直流故障时通过闭锁该第三开关模块（3）的触发脉冲实现阻断直流故障电流，其中，所述各开关模块（1、2、3）均由一个全控型器件和一个二极管反并联而成。

2、根据权利要求 1 所述的用于模块化多电平换流器中的子模块拓扑结构，其中，所述第三开关模块（3）负端与第二开关模块（2）的负端相连接，第三开关模块（3）正端作为所述子模块的输出负端（6），第一开关模块和第二开关模块的连接点作为子模块的输出正端（5）。

3、根据权利要求 2 所述的用于模块化多电平换流器中的子模块拓扑结构，其中，还包括一个第四二极管（7），其阳极与第三开关模块（3）的正端相连，阴极与直流电容（4）的正极相连，以减小所述第三开关模块（3）的全控型器件的触发脉冲同时性要求。

4、根据权利要求 1 所述的用于模块化多电平换流器中的子模块拓扑结构，其中，所述第三开关模块（3）正端与第一开关模块（1）和第二开关模块（2）的连接点连接，第三开关模块（3）负端作为所述子模块的输出正端（5），第二开关模块（2）负端作为所述子模块的输出负端（6）。

5、根据权利要求 1 所述的用于模块化多电平换流器中的子模块拓扑结构，其中，所述第三开关模块（3）负端与第一开关模块（1）和第二开关模块（2）的连接点连接，第三开关模块（3）正端作为所述子模块的输出负端（6），第一开关模块（1）正端作为所述子模块的输出正端（5）。

6、根据权利要求 1 所述的用于模块化多电平换流器中的子模块拓扑结构，其中，所述第三开关模块（3）正端与第一开关模块（1）正端连接，第三开关模块（3）负端

作为所述子模块的输出正端（5），第一开关模块（1）和第二开关模块（2）的连接点作为所述子模块的输出负端（6）。

7、根据权利要求 6 所述的用于模块化多电平换流器中的子模块拓扑结构，其中，还包括一个第四二极管（7），其阳极与直流电容（4）的负端相连，阴极与第三开关模块（3）的负端相连，以减小所述第三开关模块（3）的全控型器件的触发脉冲同时性要求。

8、根据权利要求 1-7 中任一项所述的用于模块化多电平换流器中的子模块拓扑结构，其中，所述全控型器件可以是绝缘门极双极型晶体管（IGBT）、集成门极换流晶闸管（IGCT）或门极可关断晶闸管（GTO）。

9、一种模块化多电平换流器，其包括一个或多个相单元（11），每个相单元（11）包括串联连接的上桥臂（12）和下桥臂（15），以及与该上桥臂（12）和下桥臂（15）分别对应串联的桥臂电感（13、14），其中，上桥臂（12）正端和下桥臂（15）的负端分别与直流母线的正极（16）和负极（17）相连接，每个相单元（11）的上桥臂（12）负端和下桥臂（15）正端的连接点处作为 A，B，C 三相输出端子引出点，上桥臂（12）或下桥臂（15）由一个或多个上述权利要求 1-8 中任一项或多项所述的子模块拓扑串联而形成。

10、一种混合型模块化多电平换流器，其包括一个或多个相单元（11），每个相单元包括串联连接的上桥臂（12）和下桥臂（15），以及与该上桥臂（12）和下桥臂（15）分别对应串联的桥臂电感（13、14），其中，上桥臂（12）正端和下桥臂（15）的负端分别与直流母线的正极（16）和负极（17）相连接，每个相单元（11）的上桥臂（12）负端和下桥臂（15）正端的连接点处作为 A，B，C 三相输出端子引出点，上桥臂（12）或下桥臂（15）由一个或多个上述权利要求 1-8 中任一项所述的子模块拓扑与一个或多个半桥型子模块拓扑混合串联而成。

11、根据权利要求 10 所述的一种模块化多电平换流器，其中，所述上桥臂（12）或下桥臂（15）中的上述子模块拓扑个数与半桥型子模块拓扑相同。

12、一种利用上述权利要求 9-11 中任一项所述的模块化多电平换流器进行阻断直流故障电流的方法，用于在发生直流故障时阻断该直流故障电流，其特征在于，该方法具体为，在发生直流故障时，闭锁所述子模块拓扑的第三开关模块（3）的触发脉冲，即可断开交流侧向直流侧提供故障电流的通路。

13、根据权利要求 12 所述的方法，其中，所述直流故障通过检测直流电流值是否

越限，或检测直流电流上升速率是否越限进行判断。

14、根据权利要求 12 或 13 所述的方法，其中，所述直流故障为直流侧永久性故障，其阻断直流故障电流具体过程为：首先闭锁所有的全控型器件触发脉冲从而隔离直流故障，然后开断交流侧断路器，以待直流侧故障清除后重新充电运行。

15、根据权利要求 12 或 13 所述的方法，其中，所述直流故障为直流侧暂时性故障，其阻断直流故障电流具体过程为：首先闭锁所有的全控型器件触发脉冲从而隔离直流故障，待直流电弧熄灭后，解锁每个子模块中第三开关模块的全控型器件的触发脉冲，由交流侧给直流线路充电，最后解锁其余的全控型器件，以重新进入稳态运行。

附 图

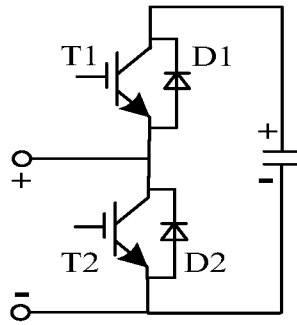


图 1

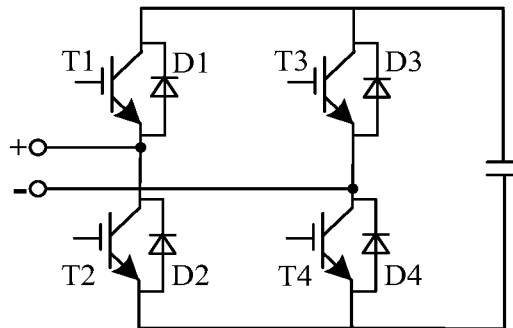


图 2

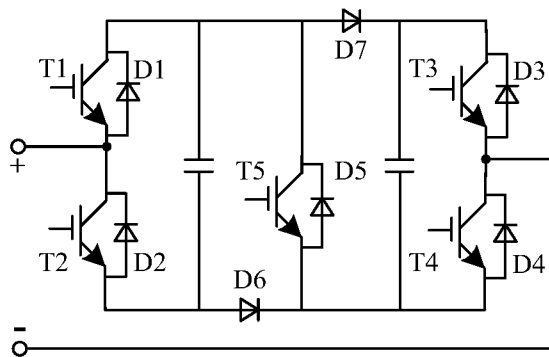


图 3

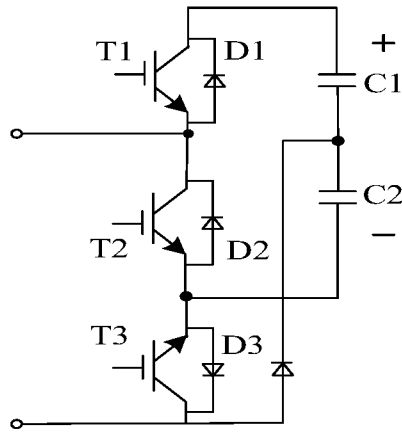


图 4

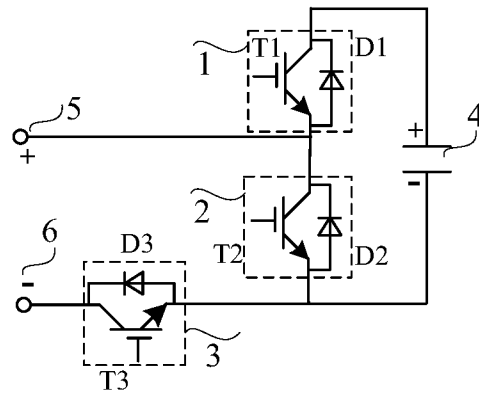


图 5

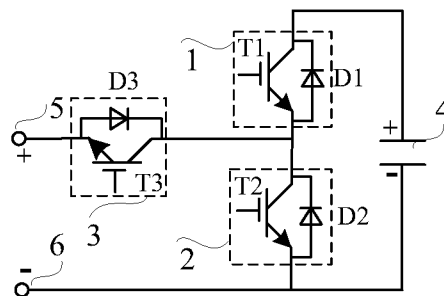


图 6

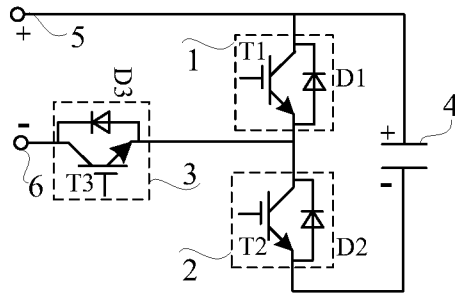


图 7

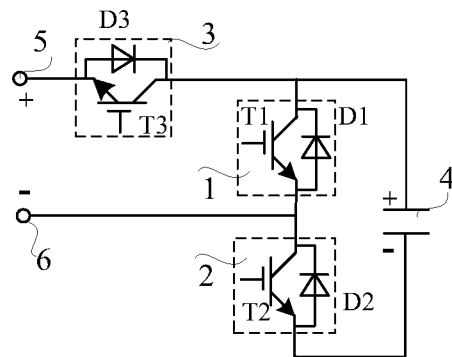


图 8

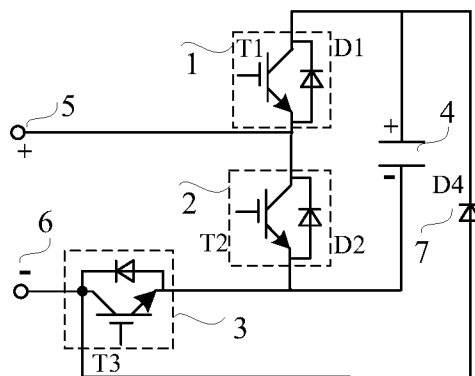


图 9

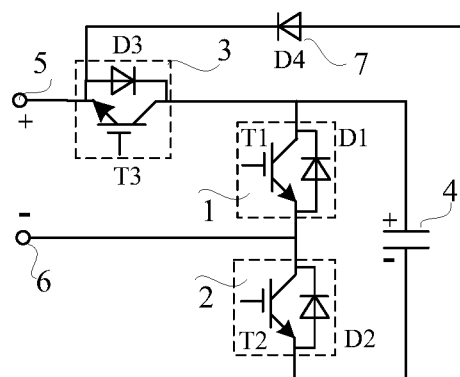


图 10

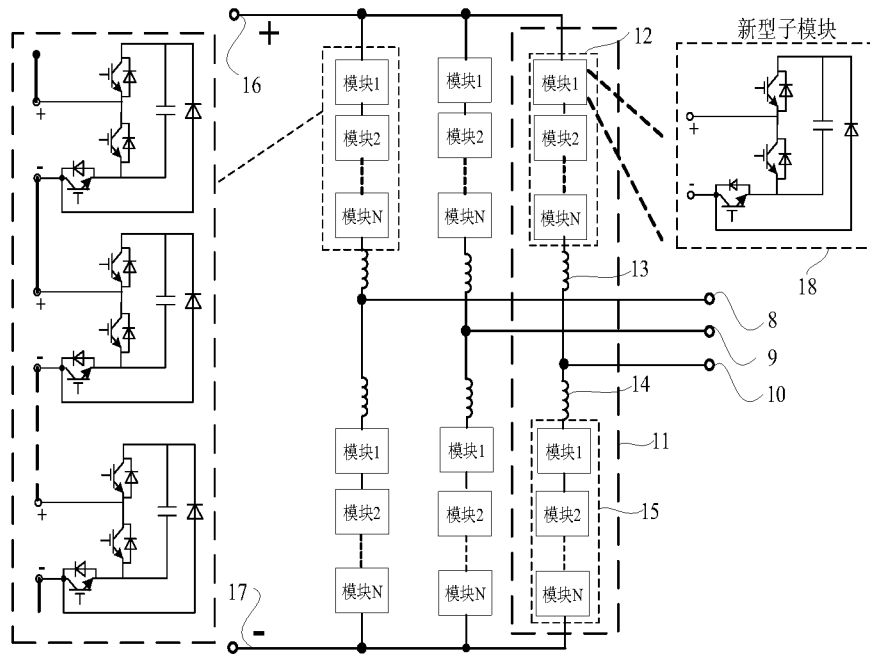


图 11

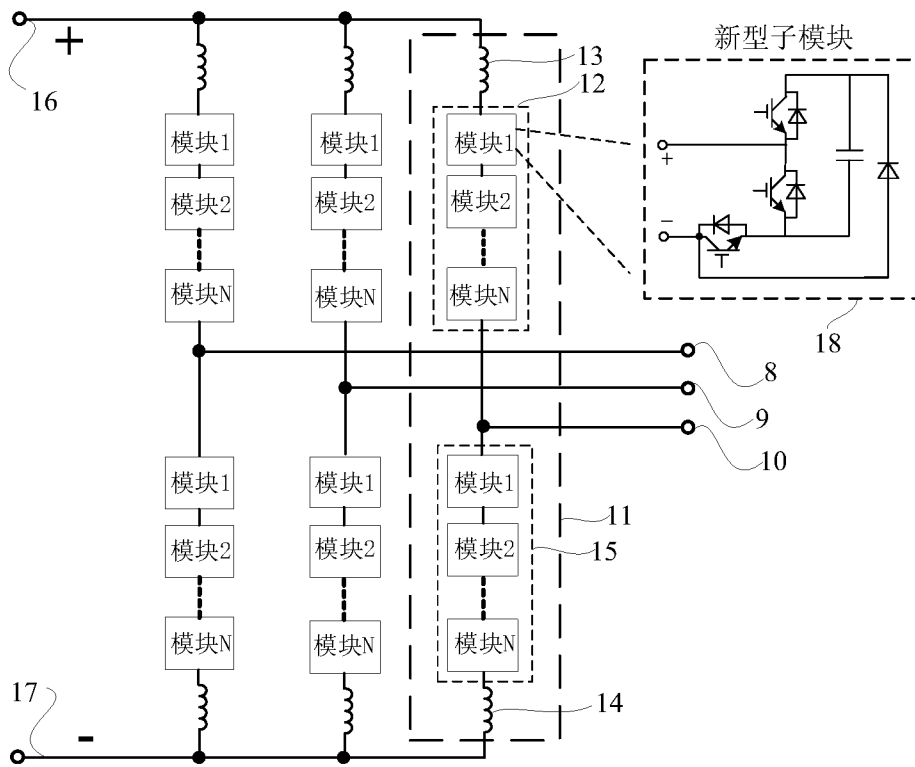


图 12

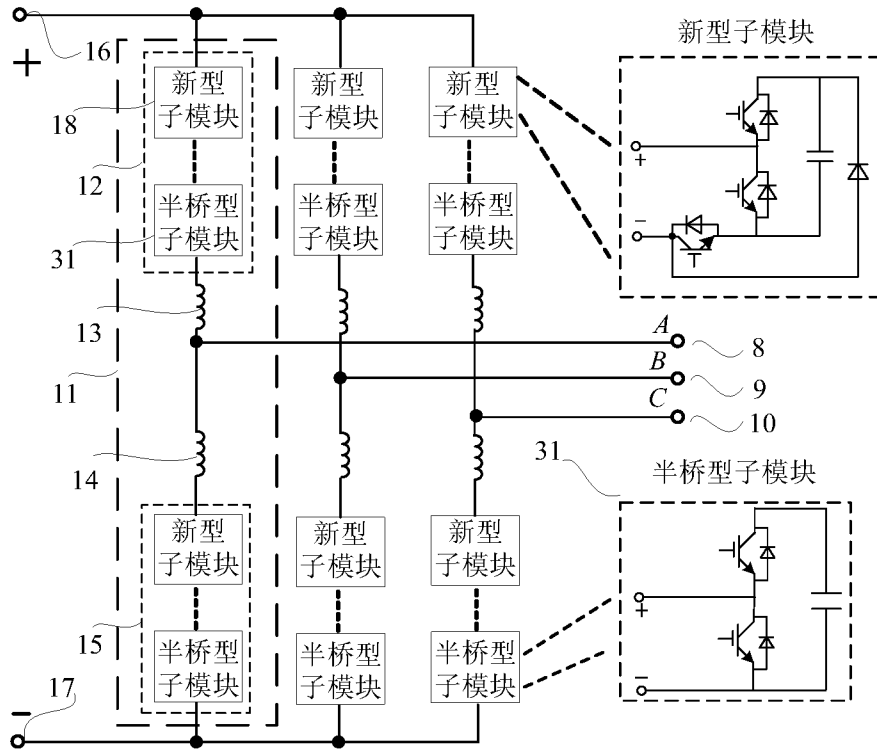


图 13

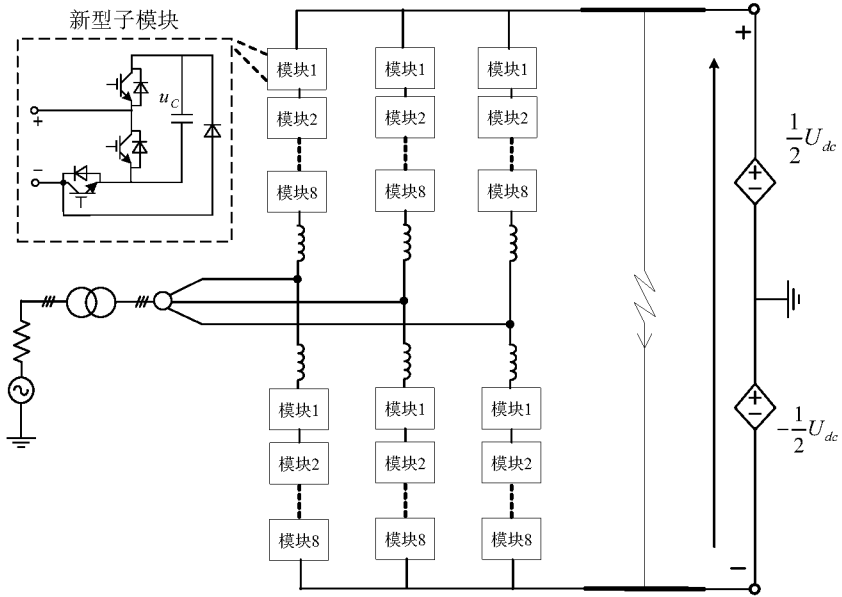


图 14

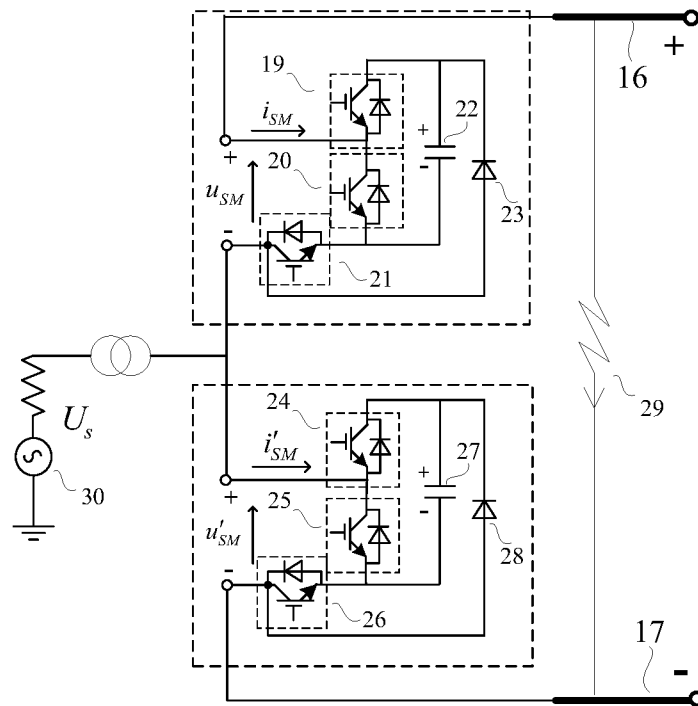


图 15

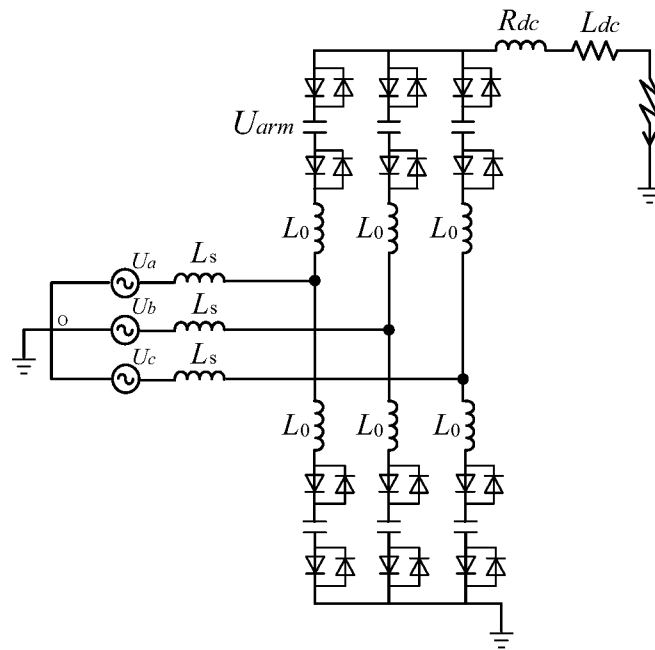


图 16

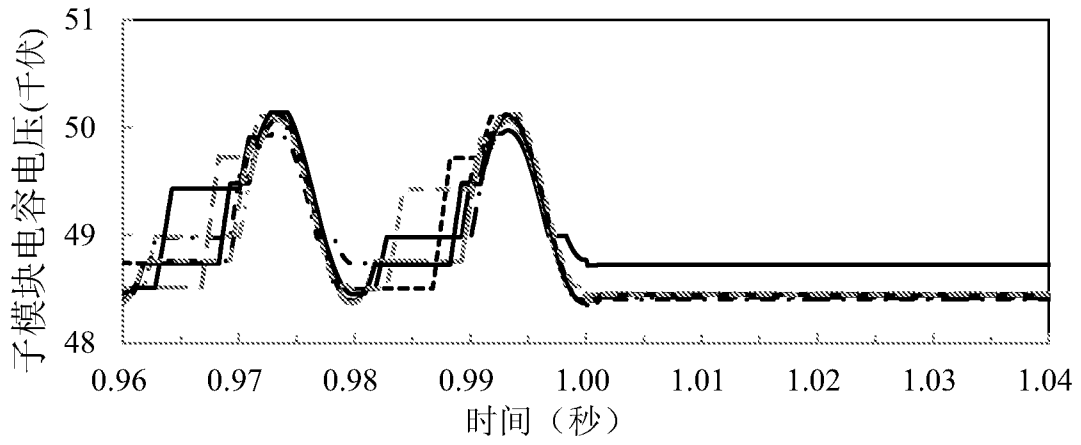


图 17

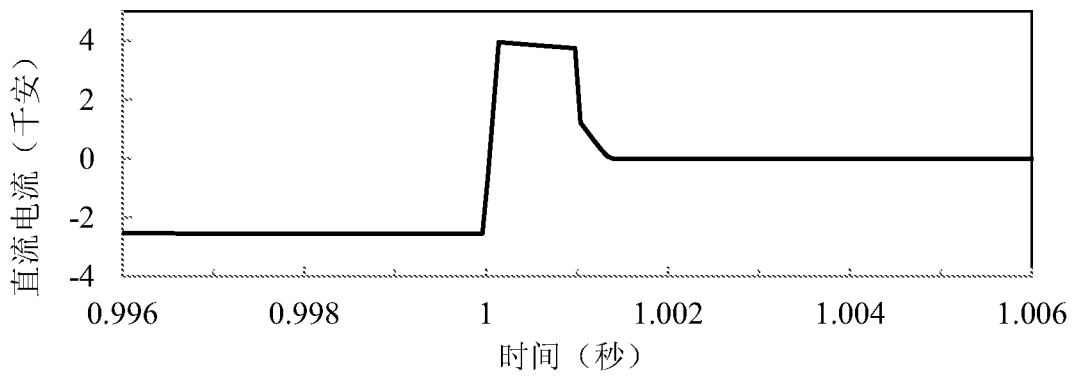


图 18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2014/079502

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02M 7/537 (2006.01) i; H02M 7/49 (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)

H02M; G06F

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, EPODOC, WPI, GOOGLE: multilevel, converter, DC, fault, latch, block, switch, lock

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 103326608 A (NARI RELAYS ELECTRIC CO., LTD et al.) 25 September 2013 (25.09.2013) description, paragraphs [0007] to [0038], [0044], [0045] and figures 1, 6 and 7	1-15
A	CN 102801295 A (ZHUSHOU NAT ENGINEERING RES CT OF CONVERTERS CO., LTD) 28 November 2012 (28.11.2012) the whole document	1-15
A	CN 103605850 A (STATE GRID CORP CHINA et al.) 26 February 2014 (26.02.2014) the whole document	1-15
A	CN 102281014 A (ZHEJIANG UNIVERSITY) 14 December 2011 (14.12.2011) the whole document	1-15
A	WO 2013060354 A1 (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT et al.) 02 May 2013 (02.05.2013) the whole document	1-15

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>
---	---

<p>Date of the actual completion of the international search 12 November 2014</p>	<p>Date of mailing of the international search report 08 December 2014</p>
<p>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</p>	<p>Authorized officer GE, Jiawu Telephone No. (86-10) 62413332</p>

INTERNATIONAL SEARCH REPORTInternational application No.
PCT/CN2014/079502

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 5478367 B2 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 23 April 2014 (23.04.2014) the whole document	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2014/079502

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 103326608 A	25 September 2013	None	
CN 102801295 A	28 November 2012	None	
CN 103605850 A	26 February 2014	None	
CN 102281014 A	14 December 2011	CN 102281014 B	25 September 2013
WO 2013060354 A1	02 May 2013	EP 2756589 A1	23 July 2014
JP 5478367 B2	23 April 2014	JP 2011254565 A	15 December 2011

<p>A. 主题的分类</p> <p>H02M 7/537 (2006.01) i; H02M 7/49 (2007.01) 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>H02M;G06F</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>CNPAT, CNKI, EPODOC, WPI, GOOGLE: 多电平, 变流器, 换流器, 直流, 故障, 闭锁, 阻断, 开关, multilevel, converter, DC, fault, block, latch, lock, switch</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>X</td> <td>CN 103326608 A (南京南瑞继保电气有限公司等) 2013年 9月 25日 (2013 - 09 - 25) 说明书第[0007]-[0038]、[0044]-[0045]段, 图1、6-7</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102801295 A (株洲变流技术国家工程研究中心有限公司) 2012年 11月 28日 (2012 - 11 - 28) 全文</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103605850 A (国家电网公司等) 2014年 2月 26日 (2014 - 02 - 26) 全文</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102281014 A (浙江大学) 2011年 12月 14日 (2011 - 12 - 14) 全文</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2013060354 A1 (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT等) 2013年 5月 02日 (2013 - 05 - 02) 全文</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 5478367 B2 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 2014年 4月 23日 (2014 - 04 - 23) 全文</td> <td>1-15</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 103326608 A (南京南瑞继保电气有限公司等) 2013年 9月 25日 (2013 - 09 - 25) 说明书第[0007]-[0038]、[0044]-[0045]段, 图1、6-7	1-15	A	CN 102801295 A (株洲变流技术国家工程研究中心有限公司) 2012年 11月 28日 (2012 - 11 - 28) 全文	1-15	A	CN 103605850 A (国家电网公司等) 2014年 2月 26日 (2014 - 02 - 26) 全文	1-15	A	CN 102281014 A (浙江大学) 2011年 12月 14日 (2011 - 12 - 14) 全文	1-15	A	WO 2013060354 A1 (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT等) 2013年 5月 02日 (2013 - 05 - 02) 全文	1-15	A	JP 5478367 B2 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 2014年 4月 23日 (2014 - 04 - 23) 全文	1-15
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
X	CN 103326608 A (南京南瑞继保电气有限公司等) 2013年 9月 25日 (2013 - 09 - 25) 说明书第[0007]-[0038]、[0044]-[0045]段, 图1、6-7	1-15																					
A	CN 102801295 A (株洲变流技术国家工程研究中心有限公司) 2012年 11月 28日 (2012 - 11 - 28) 全文	1-15																					
A	CN 103605850 A (国家电网公司等) 2014年 2月 26日 (2014 - 02 - 26) 全文	1-15																					
A	CN 102281014 A (浙江大学) 2011年 12月 14日 (2011 - 12 - 14) 全文	1-15																					
A	WO 2013060354 A1 (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT等) 2013年 5月 02日 (2013 - 05 - 02) 全文	1-15																					
A	JP 5478367 B2 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 2014年 4月 23日 (2014 - 04 - 23) 全文	1-15																					
<p><input 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:</p> <table border="0"> <tr> <td>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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)</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</td> <td>“&” 同族专利的文件</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件	“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	“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利	“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	“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)	“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	“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件	“&” 同族专利的文件	“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												
“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件	“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																						
“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利	“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																						
“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)	“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																						
“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件	“&” 同族专利的文件																						
“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																							
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2014年 11月 12日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2014年 12月 08日</p>																					
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 中国</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>		<p>受权官员</p> <p>葛加伍</p> <p>电话号码 (86-10)62413332</p>																					

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2014/079502

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	103326608	A	2013年 9月 25日	无	
CN	102801295	A	2012年 11月 28日	无	
CN	103605850	A	2014年 2月 26日	无	
CN	102281014	A	2011年 12月 14日	CN	102281014 B 2013年 9月 25日
WO	2013060354	A1	2013年 5月 02日	EP	2756589 A1 2014年 7月 23日
JP	5478367	B2	2014年 4月 23日	JP	2011254565 A 2011年 12月 15日