



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103986342 B

(45) 授权公告日 2016. 08. 24

(21) 申请号 201410234085. X

CN 101860228 A, 2010. 10. 13,

(22) 申请日 2014. 05. 29

CN 103151938 A, 2013. 06. 12,

(73) 专利权人 国家电网公司

CN 102118019 A, 2011. 07. 06,

地址 100031 北京市西城区西长安街 86 号

审查员 刘中芳

专利权人 国网智能电网研究院

(72) 发明人 赵东元 邱宇峰 荆平

(74) 专利代理机构 北京安博达知识产权代理有限公司 11271

代理人 徐国文

(51) Int. Cl.

H02M 7/00(2006. 01)

H02H 7/26(2006. 01)

H02H 3/06(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102130612 A, 2011. 07. 20,

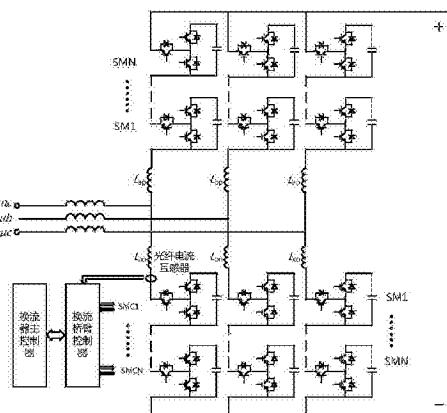
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

一种能够清除双向故障电流的电力电子换流器及控制方法

(57) 摘要

本发明提供了一种能够清除双向故障电流的电力电子换流器及控制方法，换流器包括通过电抗器连接的换流桥臂，换流桥臂包括串联连接的 T 形功率子模块；T 形功率子模块的两个水平端通过电容相连后与另一个 T 形功率子模块的竖直端连接；换流桥臂之间通过竖直端、电抗器和水平端依次相连；子模块控制器、换流桥臂的光纤电流互感器均通过光纤与换流桥臂控制器连接，换流桥臂控制器与换流器主控制器相连。所述方法通过全控型器件的驱动电路和换流桥臂的电流检测方法对电力电子换流器进行双重故障电流保护。与现有技术相比，本发明提供的一种能够清除双向故障电流的电力电子换流器及控制方法，能够快速、有效的切除双向故障电流。



1. 一种能够清除双向故障电流的电力电子换流器，所述换流器包括通过电抗器连接的换流桥臂，其特征在于，所述换流桥臂包括串联连接的T形功率子模块；子模块控制器和所述换流桥臂上的光纤电流互感器均通过光纤与换流桥臂控制器相连；所述换流桥臂与换流器主控制器相连；

所述T形功率子模块包括两个水平支路和一个竖直支路，三个支路均包括串联连接的全控型器件；所述全控型器件采用电力电子器件IGBT、IGCT和GTO中的任意一种；

所述T形功率子模块的水平支路包括同向设置的全控型器件；所述两个水平支路的连接点与所述竖直支路的全控型器件集电极的一端相连；所述水平支路中非连接点的一端称为水平端，所述竖直支路中非连接点的一端称为竖直端；所述T形功率子模块包括一个连接全控型器件集电极的水平端和一个连接全控型器件发射极的水平端，所述两个水平端之间设置一个直流电容；

所述换流桥臂的上下桥臂内一个T形功率子模块通过其竖直端与另一个T形功率子模块中连接全控型器件发射极的水平端连接；

所述换流桥臂的上下桥臂的两端各有一个T形功率子模块，所述上桥臂一端的T形功率子模块中连接全控型器件发射极的水平端未与其他T形功率子模块相连，所述下桥臂一端的T形功率子模块的竖直端未与其他T形功率子模块相连，所述上桥臂通过其上述的水平端、电抗器与所述下桥臂中上述的竖直端相连。

2. 如权利要求1所述的一种能够清除双向故障电流的电力电子换流器，其特征在于，所述T形功率子模块中连接全控型器件发射极的水平端与所述竖直端之间并联一个旁路开关。

3. 如权利要求1所述的一种能够清除双向故障电流的电力电子换流器，其特征在于，所述全控型器件的集电极与发射极之间反并联设置一个二极管。

4. 如权利要求1所述的一种能够清除双向故障电流的电力电子换流器，其特征在于，所述T形功率子模块中的所有全控型器件的驱动电路均通过子模块控制器与换流桥臂控制器连接。

5. 一种采用如权利要求1-4任一项所述的电力电子换流器的清除双向故障电流控制方法，其特征在于，所述方法包括：

步骤1：判断电力系统直流侧发生短路故障，闭锁换流器；

步骤2：所述换流器闭锁200ms后，换流器主控制器下发解锁换流器指令；以及

步骤3：判断所述换流器是否重启；若重启失败，则永久闭锁换流器。

6. 如权利要求5所述的控制方法，其特征在于，所述步骤1中闭锁换流器包括：

光纤电流互感器实时检测流过换流桥臂的电流信号，换流桥臂控制器将所述电流信号与电流阈值进行比较，从而判断电力系统直流侧发生短路故障；所述换流桥臂控制器向子模块控制器下发闭锁换流器指令。

7. 如权利要求5所述的控制方法，其特征在于，所述步骤1中闭锁换流器包括：

电力系统直流侧发生短路故障后，换流桥臂中的驱动电路动作闭锁T形功率子模块，从而切除换流桥臂的故障电流；所述子模块控制器向所述换流桥臂控制器发送闭锁T形功率子模块闭锁信息。

一种能够清除双向故障电流的电力电子换流器及控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种电力电子换流器及控制方法,具体涉及一种能够清除双向故障电流的电力电子换流器及控制方法。

背景技术

[0002] 柔性直流输电技术和灵活交流输电技术在智能电网建设和新能源发电领域中发挥着日益重要的作用;由于电力系统中短路故障是最为严重的非正常工况,因此确保柔性直流输电和灵活交流输电的正常运行,需要通过电力电子换流器清除短路故障;基于原理划分,换流器处理短路故障电流包括:

[0003] ①:利用换流器交直流侧其他设备(如交、直流断路器)隔离故障点;

[0004] 其中,直流断路器在高压直流领域尚未得到广泛认可和应用;交流断路器由于机械开关响应较慢,最快动作时间为40–60ms,很难响应电力电子系统毫秒级的快速暂态过程,而且多次开断会缩短交流断路器的寿命。例如,现有技术中柔性直流输电工程借助交流断路器切断故障电流时,每次直流侧故障都会造成柔性直流输电系统停运,严重响应了系统可用率。

[0005] ②:利用换流器自身控制实现故障电流的清除;

[0006] 电力电子换流器通常由一个或多个功率子模块组合而成,因此换流器的性能直接取决于所采用的功率子模块的性能。现有技术中柔性直流输电领域的电力电子换流器一般采用两电平换流器或模块化多电平换流器等。其中,两电平换流器主要采用全桥型拓扑;模块化多电平换流器采用的功率单元包括全桥型子模块、半桥型子模块或箝位双子模块等多种功率子模块:

[0007] 当换流器直流侧发生短路故障时,全桥型子模块(同两电平换流器)能够通过闭锁切断双方向的电流,但是它需要双倍数量的半导体器件,投资过大;半桥型子模块,由于其与IGBT器件反并联的二级管会构成故障点与交流系统直接相连的能量馈流回路且无法控制,因此不具备直流电流闭锁能力;箝位双子模块,采用的半导体器件虽然比全桥型子模块结构少,但由于自身拓扑结构的特点,系统在闭锁后箝位双子模块的电容会反复充电,切断短路电流所需的时间要比全桥型长,故障电流控制效果并不理想。

[0008] 因此,由于无法有效地限制短路电流,现有的基于全控器件的大功率电力电子换流器在系统故障时极易发生过流闭锁或跳闸,严重降低了装置的可用率和电力系统的安全稳定水平。提供一种能够清除故障能力的新型电力电子换流器显得尤为重要。

发明内容

[0009] 为了满足现有技术的需要,本发明提供了一种能够清除双向故障电流的电力电子换流器,所述换流器包括通过电抗器连接的换流桥臂,所述换流桥臂包括串联连接的T形功率子模块;所述T形功率子模块的水平端之间并联设置一个直流电容;子模块控制器和所述换流桥臂上的光纤电流互感器均通过光纤与换流桥臂控制器相连;所述换流桥臂与换流器

主控制器相连。

[0010] 优选的，所述T形功率子模块的三个支路均包括串联连接的全控型器件；所述全控型器件采用电力电子器件IGBT、IGCT和GTO中的任意一种；

[0011] 优选的，所述T形功率子模块的水平端包括同向设置的电力电子器件；所述T形功率子模块的竖直端中的电力电子器件集电极与所述水平端的连接点相连；

[0012] 优选的，所述换流桥臂内的T形功率子模块通过所述竖直端与水平端的电力电子器件发射极依次相连；所述换流桥臂之间通过所述竖直端、电抗器与所述水平端的电力电子器件发射极依次相连；

[0013] 优选的，所述T形功率子模块中通过电力电子器件集电极连接竖直端的水平端和所述竖直端之间并联一个旁路开关；

[0014] 优选的，所述电力电子器件集电极与发射极之间反并联设置一个二极管；

[0015] 优选的，所述T形功率子模块中的所有全控型器件的驱动电路均通过子模块控制器与换流桥臂控制器连接；

[0016] 本发明提供的一种采用上述的电力电子换流器的清除双向故障电流控制方法，包括：

[0017] 步骤1：判断电力系统直流侧发生短路故障，闭锁换流器；

[0018] 步骤2：所述换流器闭锁200ms后，换流器主控制器下发解锁换流器指令；以及

[0019] 步骤3：判断所述换流器是否重启动；若重启动失败，则永久闭锁换流器。

[0020] 优选的，所述步骤1中闭锁换流器包括：

[0021] 光纤电流互感器实时检测流过换流桥臂的电流信号，换流桥臂控制器将所述电流信号与电流阈值进行比较，从而判断电力系统直流侧发生短路故障；所述换流桥臂控制器向子模块控制器下发闭锁换流器指令；

[0022] 优选的，所述步骤1中闭锁换流器包括：

[0023] 电力系统直流侧发生短路故障后，换流桥臂中的驱动电路动作闭锁T形功率子模块，从而切除换流桥臂的故障电流；所述子模块控制器向所述换流桥臂控制器发送闭锁T形功率子模块闭锁信息。

[0024] 与最接近的现有技术相比，本发明的优异效果是：

[0025] 1、本发明技术方案中，基于全控型器件的T形功率子模块能够切除双向的故障电流，从而保证电力电子换流器有效的清除双向故障电流；

[0026] 2、本发明技术方案中，T形功率子模块采用全控形器件切断故障电流，响应速度快、选择性好；

[0027] 3、本发明技术方案中，换流桥臂中设置光纤电流互感器，具有良好的宽频特性，不存在饱和问题，能够快速检测故障电流，适用于柔性直流输电领域；

[0028] 4、本发明技术方案中，通过全控型器件的驱动电路和换流桥臂的电流检测方法对电力电子换流器进行双重故障电流保护；

[0029] 5、本发明技术方案中，采用换流桥臂控制器能够实现换流桥臂间的环流控制、T形功率子模块的电容电压平衡控制以及换流桥臂故障电流保护功能，故障判断速度快、准确率高。

[0030] 6、本发明技术方案中，采用换流器主控制器实现换流器与电力系统的协调控制，

提高了换流器的安全稳定水平和可靠性。

附图说明

- [0031] 下面结合附图对本发明进一步说明。
- [0032] 图1是:两电平换流器结构图;
- [0033] 图2是:MMC型模块化多电平换流器结构图;
- [0034] 图3是:全桥型子模块结构图;
- [0035] 图4是:半桥型子模块结构图;
- [0036] 图5是:箝位双子模块结构图;
- [0037] 图6是:换流器直流侧短路时的故障通路图;
- [0038] 图7是:本发明实施例中一种能够清除双向故障电流的电力电子换流器结构图;
- [0039] 图8是:本发明实施例中T形子模块结构图;
- [0040] 图9是:图8所示T形子模块中单个全控器件的结构图;
- [0041] 图10是:本发明实施例中能够清除双向故障电流的电力电子换流器直流侧短路时的故障通路图;
- [0042] 图11是:本发明实施例中T形子模块充电工作状态示意图;
- [0043] 图12是:本发明实施例中T形子模块放电工作状态示意图;
- [0044] 图13是:本发明实施例中T形子模块旁路工作状态示意图;
- [0045] 图14是:本发明实施例中T形子模块闭锁切除工作状态示意图;
- [0046] 图15是:本发明实施例中能够清除双向故障电流的电力电子换流器直流故障控制保护策略图。

具体实施方式

[0047] 下面详细描述本发明的实施例,所述实施例的示例在附图中示出,其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的,旨在用于解释本发明,而不能理解为对本发明的限制。

[0048] 如图1-2分别示出了柔性直流输电领域中通常采用的两电平换流器和MMC型模块化多电平换流器结构图,其中MMC型模块化多电平换流器中的功率单元可以采用全桥型子模块结构、半桥型子模块结构和箝位双子模块结构,如图3-5所示,图3所示的全桥型子模块的电压等级低于图1所示的两电平换流器的电压等级;

[0049] 如图6所示当换流器直流侧发生短路故障时,两电平换流器或全桥型子模块通过闭锁切断双方向的电流,但需要双倍数量的半导体器件,投资过大;半桥型子模块中由于与电力电子器件反并联的二极管会构成故障点与交流系统直接相连的能量馈流回路且无法控制,因此不具备直流电流闭锁能力;箝位双子模块在闭锁后其电容会反复充电,短路电流切除时间较长,因此故障电流控制效果不理想。

[0050] 为克服现有技术中电力电子换流器不能有效清除故障电流的缺陷,本发明提供了一种如图7所示的电力电子换流器;

[0051] 本实施例中电力电子换流器为三相换流器,包括六个换流桥臂、电抗器、光纤电流互感器、换流桥臂控制器和换流器主控制器;换流桥臂通过电抗器串联连接,每个换流桥臂

装设有光纤电流互感器；换流桥臂控制器直接与换流器主控制器相连；

[0052] ①：换流器主控制器，用于实现换流器与电力系统的稳定运行协调控制，向换流桥臂控制器下发换流桥臂参考电压指令；同时在电力系统直流侧短路故障解除后下发解锁换流器指令；

[0053] ②：换流桥臂控制器，用于将参考电压指令转换为各子模块的开关触发信号，实现换流桥臂间的环流控制，子模块的电容、电压平衡控制；

[0054] 光纤电流互感器用于检测换流桥臂中的电流信号，并将其进行光电信号转换后发送到换流桥臂控制器；换流桥臂控制器依据电流信号进行电力系统直流侧短路故障判断，并下发闭锁换流器指令；

[0055] ③：子模块控制器，用于接收并解析开关触发信号，将其转换为电力电子器件的驱动信号；检测T形功率子模块的运行状态，将运行状态信息发送到换流桥臂控制器；当T形功率子模块运行异常时，子模块控制器能够及时动作闭锁T形功率子模块中的电力电子器件，切换T形功率子模块的运行状态。

[0056] 换流桥臂包括N个串联连接的T形功率子模块SM1、SM2、…SMN；每个T形功率子模块的结构如图8所示，包括全控型器件、驱动电路、旁路开关K_{sm}和T形功率子模块；

[0057] ①：全控型器件采用电力电子器件IGBT、IGCT和GTO中的任意一种，每个全控型器件的集电极与发射极两端反并联设置一个二极管D1、D2、…DM；

[0058] ②：一个换流桥臂中每个T形功率子模块的两个水平端之间并联设置一个直流电容；T形功率子模块的水平端包括同向设置的电力电子器件；T形功率子模块的竖直端中的电力电子器件的集电极与水平端的连接点相连；

[0059] ③：T形功率子模块的串联方式为：换流桥臂内的一个T形功率子模块通过竖直端与另一个T形功率子模块水平端的电力电子器件发射极依次相连；

[0060] 换流桥臂的连接方式为：换流桥臂之间通过一个换流桥臂内T形功率子模块的竖直端、电抗器与另一个换流桥臂内T形功率子模块的水平端的电力电子器件发射极依次相连。

[0061] ④：驱动电路与电力电子器件的门极相连，驱动电路GU1、GU2、…GUM；一个T形功率子模块中的所有驱动电路均与一个子模块控制器连接后与换流桥臂控制器相连，子模块控制器SMC1、SMC2、…SMCN；该T形功率子模块中通过全控型器件集电极连接竖直端的水平端和该竖直端之间并联一个旁路开关K_{sm}；T形功率子模块的三个支路均包括串联连接的M个全控形器件，如图9所示。

[0062] 如图10所示，本实施例中基于本发明提供的能够清除双向故障电流的电力电子换流器结构的三相换流器，其具体工作过程为：

[0063] 电力系统直流侧正常工作时，图10中T形功率子模块的竖直支路上的电力电子器件为常通状态，两条水平支路上的电力电子器件依据调制策略进行充电、放电、和旁路；电力系统直流侧短路故障时，T形功率子模块中的所有电力电气器件和二极管均为关断，从而闭锁换流器；

[0064] 下表示出了电力电子器件的调制策略：

[0065]

模式	T ₁	T ₂	T ₃	D ₁	D ₂	D ₃	电流 方向	U_{SM}	状态	说明
一	0	0	1	1	0	1	A 到 B	U_C	充电	电容充电
二	1	0	1	0	0	1	A 到 B	U_C	放电	电容放电
三	0	1	1	0	0	1	A 到 B	0	旁路	旁路
四	0	0	0	0	0	0	-	0	闭锁切除	短路故障

[0066] ①:模式一;如图11所示,T形子模块中电力电子换流器T₁和T₂关断,二极管D₁和D₃导通、D₂关断,电容充电;

[0067] ②:模式二;如图12所示,T形子模块中电力电子换流器T₂关断、T₁导通,二极管D₃导通、D₁和D₂关断,电容放电;

[0068] ③:模式三;如图13所示,T形子模块中电力电子换流器T₁关断、T₂导通,二极管D₃导通、D₁和D₂关断,换流桥臂旁路;

[0069] ④:模式四;如图14所示,T形子模块中电力电子换流器T₁和T₂关断,二极管D₁、D₂和D₃关断,换流桥臂闭锁切除。

[0070] 本发明提供的能够清除双向故障电流的电力电子换流器在电力系统直流侧发生短路故障后的控制方法为:

[0071] (1)判断电力系统直流侧发生短路故障,闭锁换流器;

[0072] 如图15所示,①:电流互感器实时检测换流桥臂的电流信号,换流桥臂控制器将电流信号与电流阈值进行比较,依据电流信号幅值是否发生越限,判断电力系统直流侧发生短路故障,换流桥臂控制器向T形子模块控制器下发闭锁换流器指令;

[0073] ②:电力系统直流侧发生短路故障后,系统产生很大的短路电流,换流桥臂中的驱动电路依据电力电子器件的门极-发射极之间的电压动作,闭锁T形功率子模块;由于T形功率子模块串联连接,从而切除换流桥臂的故障电流,同时T形子模块控制器向换流桥臂控制器发送闭锁T形功率子模块的闭锁信息。

[0074] (2)换流器闭锁200ms后,换流器主控制器下发解锁换流器指令;

[0075] (3)判断换流器是否重启动,若电流恢复正常则启动成功;

[0076] 若重启动成功,换流器正常运行;若重启动失败,则永久闭锁换流器。

[0077] 最后应当说明的是:所描述的实施例仅是本申请一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本申请保护的范围。

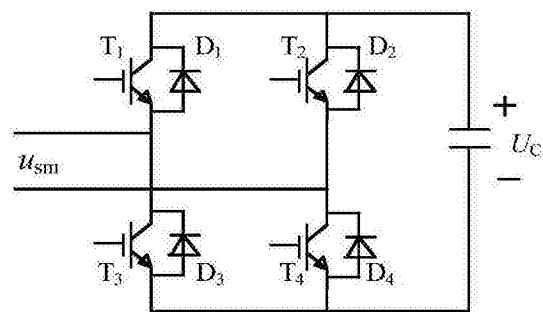


图1

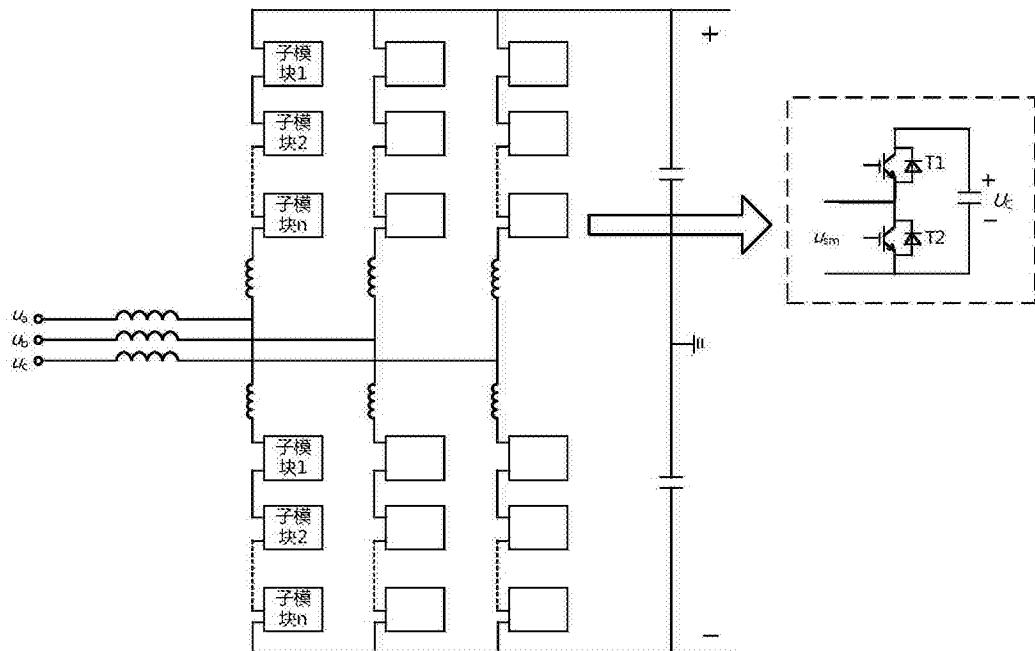


图2

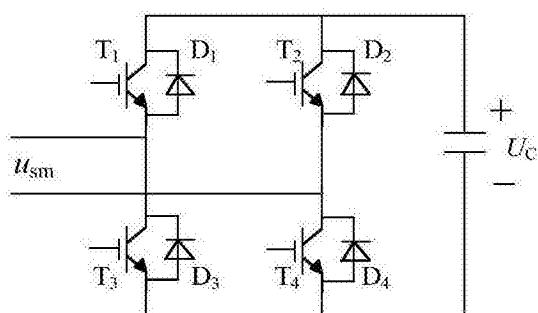


图3

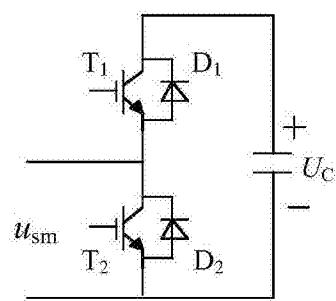


图4

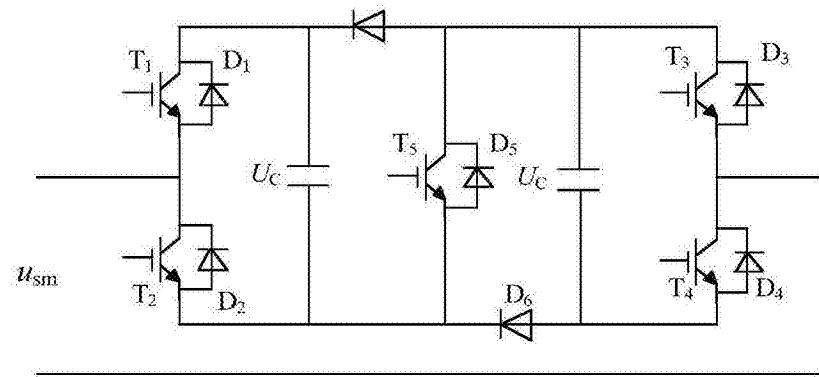


图5

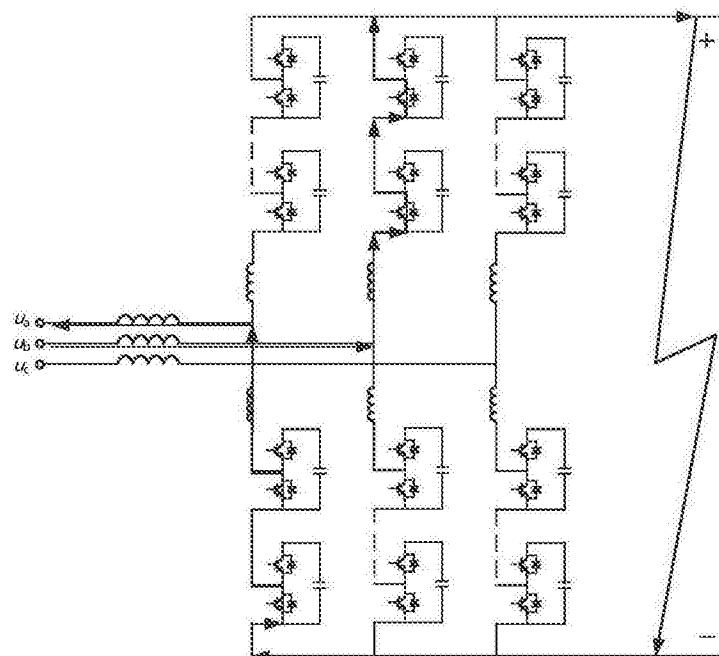


图6

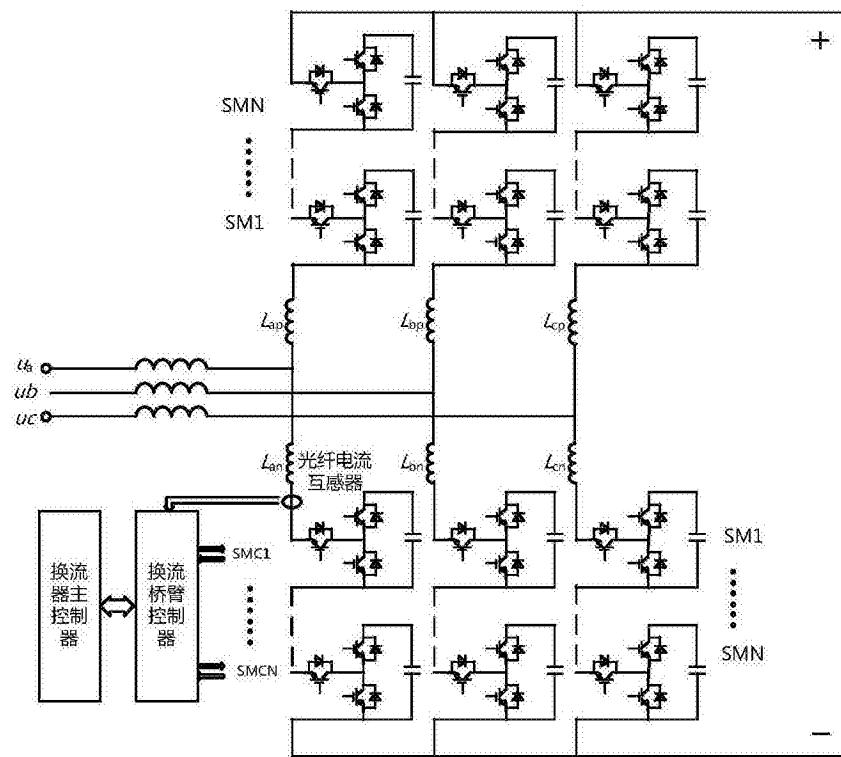


图7

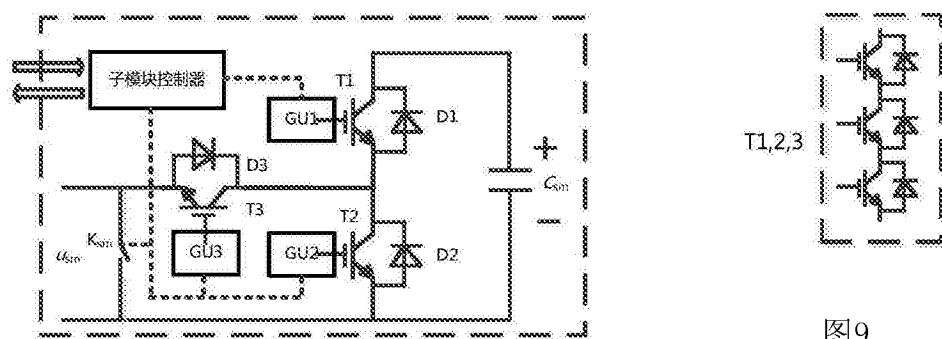


图8

图9

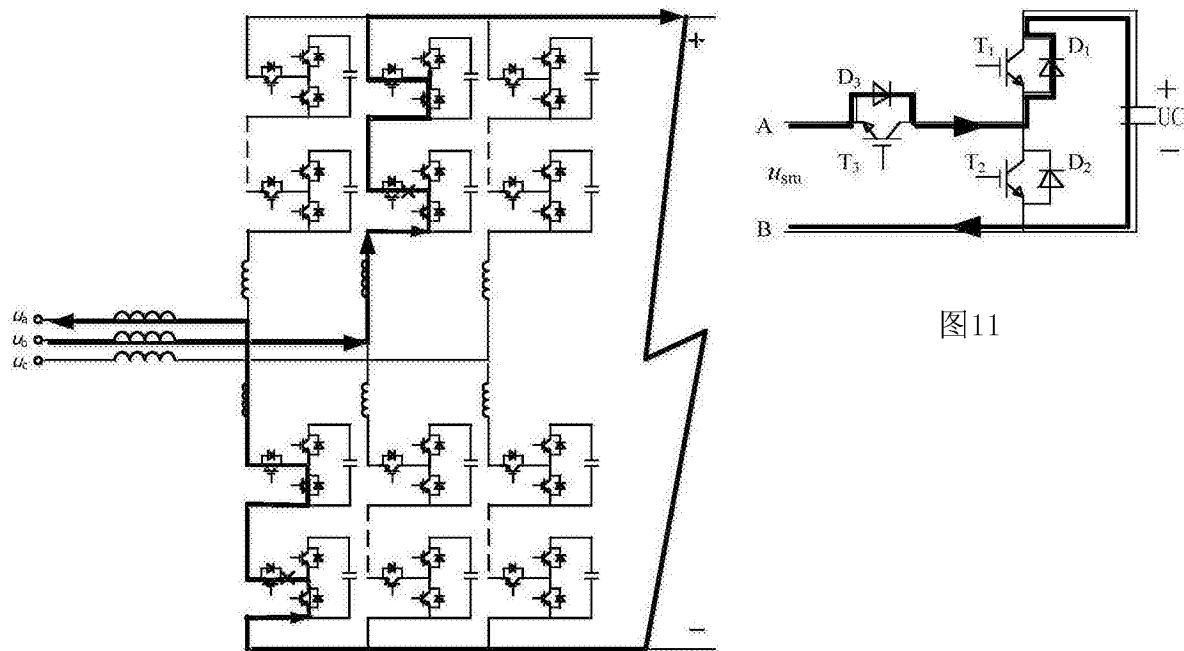


图10

图11

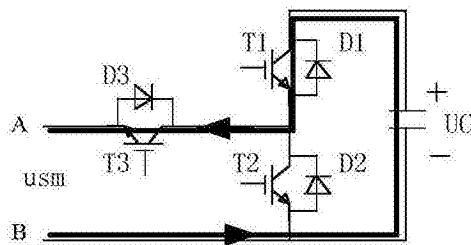


图12

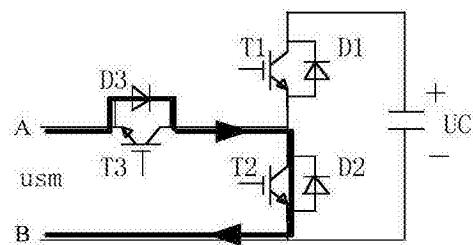


图13

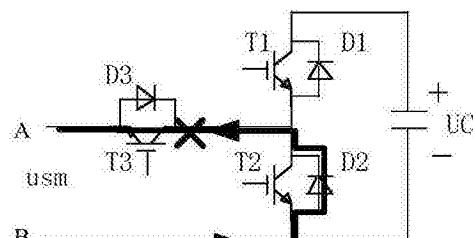


图14

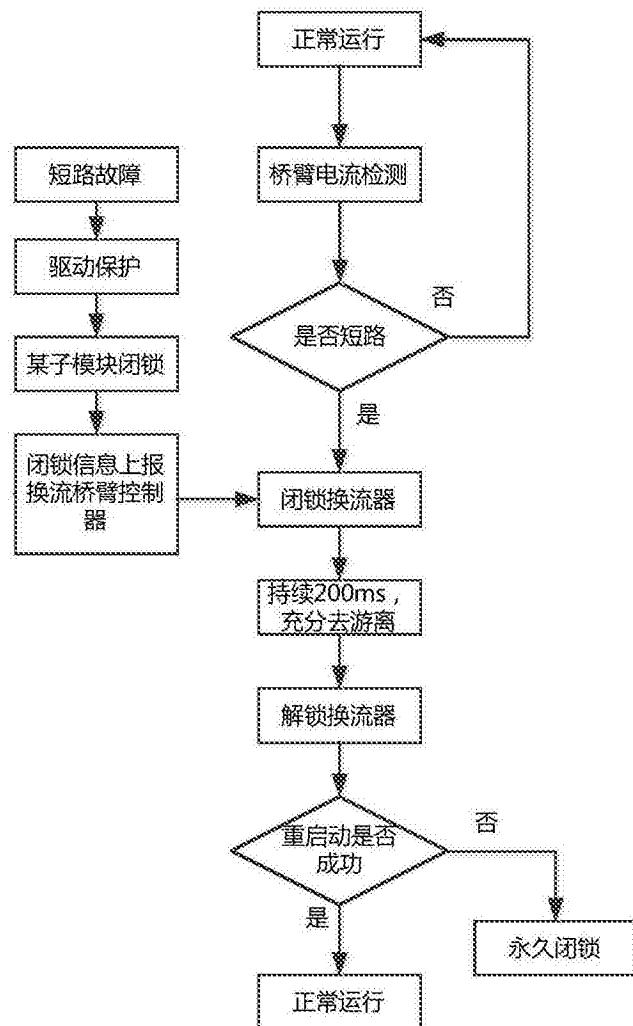


图15