



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106981975 A

(43)申请公布日 2017.07.25

(21)申请号 201710339050.6

(22)申请日 2017.05.15

(71)申请人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路
1037号

(72)发明人 张明 王栋煜

(74)专利代理机构 华中科技大学专利中心
42201

代理人 赵伟 李智

(51) Int. Cl.

H02M 1/00(2007.01)

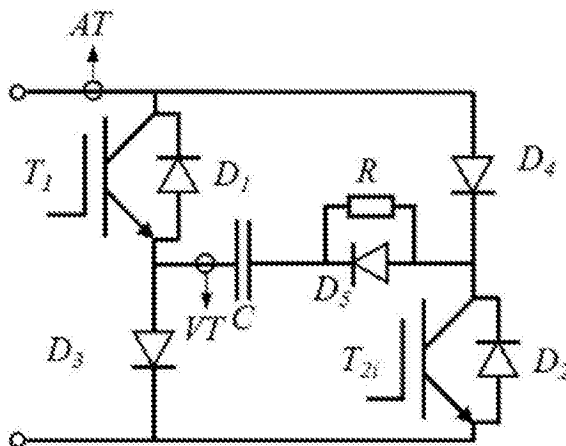
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种直流子模块

(57)摘要

本发明公开了一种直流子模块,包括第一IGBT,第二IGBT,第一二极管,第二二极管,第三二极管,第四二极管,第五二极管,电容,电阻,电流传感器和电压传感器;本发明提供的这种直流子模块通过控制其两个IGBT的开关实现泄能、闭锁、关断三个状态的切换,通过对电容的充放电约束完成模块电压的动态调整,从而降低模块过压损坏风险;另外,在外设备短路故障时,可通过两个并联的支路瞬时增加模块的通流能力,抑制过流损害;本发明提供的直流子模块结构简单,具有很高的灵活性,通过该子模块单元的级联串接代替IGBT的直接串联,可适用于高压电源开关领域。



1. 一种直流子模块,其特征在于,包括第一IGBT,第二IGBT,第一二极管,第二二极管,第三二极管,第四二极管,第五二极管,电容,电阻,电流传感器和电压传感器;

所述第一IGBT的集电极作为所述直流子模块的正极,第一IGBT的发射极与第一二极管的阴极、第三二极管的阳极和电容的负极相连,第一IGBT的集电极与第一二极管的阴极相连;第二IGBT的发射极作为所述直流子模块的负极且与第二二极管的阴极相连,第二IGBT的集电极与第二二极管的阳极、第四二极管的阴极和第五二极管的阳极相连;第三二极管的阴极与第二IGBT的发射极相连,第四二极管的阳极与第一IGBT的集电极相连;第五二极管与电阻并联,第五二极管的阴极与电容的正极相连;电流传感器与第一IGBT的集电极相连,电压传感器与电容负极相连。

2. 如权利要求1所述的直流子模块,其特征在于,所述第一IGBT与第二IGBT型号相同,第一二极管与第二二极管型号相同,第三二极管与第四二极管型号相同。

3. 如权利要求1或2所述的直流子模块,其特征在于,当所述第一IGBT与第二IGBT均导通时,所述直流子模块进入泄能状态;在所述泄能状态下,所述直流子模块的电流流通路径包括以下3条支路:

- (1) 第一IGBT-第三二极管;
- (2) 第四二极管-第二IGBT;
- (3) 第一IGBT-电容-电阻-第二IGBT;

在所述泄能状态下,直流子模块包括三条并联的支路,具有较强的过流能力;并且电容电压随着电容电流的释放而下降。

4. 如权利要求1或2所述的直流子模块,其特征在于,当所述第一IGBT与第二IGBT均关断时,所述直流子模块进入关断状态;在所述关断状态下,电流流通路径为:

第四二极管-第五二极管-电容-第三二极管,电容电压因不断充电而上升。

5. 如权利要求1或2所述的直流子模块,其特征在于,当所述第一IGBT导通、第二IGBT关断时,所述直流子模块进入闭锁状态;在所述闭锁状态下,电流流通路径为:第一IGBT-第三二极管,电容电压维持不变。

6. 如权利要求1或2所述的直流子模块,其特征在于,当所述第一IGBT关断、第二IGBT导通时,所述直流子模块进入闭锁状态;在所述闭锁状态下,电流流通路径为:第四二极管-第二IGBT,电容电压维持不变。

7. 如权利要求1或2所述的直流子模块,其特征在于,当所述直流子模块在正常工作状态下需流过负载电流时,控制IGBT使直流子模块进入闭锁状态,所述直流子模块由于具有负载电流通路,电容电压不会升高;当直流子模块在正常工作状态下需切断负载电流时,控制IGBT使直流子模块进入关断状态,所述直流子模块不具有负载电流通路,电容电压会升高;当电流传感器检测到过电流或电压传感器检测到过电压时,通过控制IGBT使直流子模块进入泄能状态,电容电压下降。

8. 如权利要求1所述的直流子模块,其特征在于,采用晶闸管、IGCT、IEGT或MOSFET代替IGBT;

当采用晶闸管代替IGBT时,晶闸管的阳极对应IGBT的集电极,晶闸管的阴极对应IGBT的发射极;

当采用IGCT代替IGBT时,IGCT的阳极对应IGBT的集电极,IGCT的阴极对应IGBT的发射

极；

当采用IEGT代替IGBT时，IEGT的集电极对应IGBT的集电极，IEGT的阴极对应IGBT的发射极；

当采用MOSFET代替IGBT时，MOSFET的漏极对应IGBT的集电极，MOSFET的源极对应IGBT的发射极。

一种直流子模块

技术领域

[0001] 本发明属于功率电力电子模块技术领域,更具体地,涉及一种直流子模块。

背景技术

[0002] 随着电力电子技术的不断发展,电源设备的电压、容量不断提高,目前在高压变频器、直流输电、核聚变领域,电源电压大多在十千伏甚至百千伏等级,这种高压设备的可靠、高性能运行离不开一套完善的开关保护措施。目前的高压开关分为机械开关与固态开关,机械开关电压等级高,载流能力强,但是其响应时间、合闸时间较长,不利于电源的保护;因此,以IGBT、IGCT为核心的固态开关开始蓬勃发展。

[0003] 为了能够承受高电压等级,通常的解决方案是将IGBT等半导体器件直接串联,但是由于各个器件之间的细微差异以及线路的寄生电感等影响,会导致开关过程中各器件承压不均衡,极大的影响开关的使用寿命和工作效率造成器件击穿损坏,而串联链路中一个器件的损坏,即使存在冗余,也可能造成整个开关的失灵。另外,在高压直流输电领域也出现了以模块化多电平换流器(Modular Multilevel Converter, MMC)为代表的新型的拓扑,其采用子模块级联的设计思路,提高开关的拓展性,降低了器件均压、触发一致性的要求,其子模块通常为全桥、半桥、类全桥结构,由于在工作时需要预先给各个子模块充电,并且依靠控制算法切换子模块状态来主动改变桥臂电压,因此这些子模块拓扑均不适用于高压开关。

发明内容

[0004] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求,本发明提供了一种直流子模块,旨在提高高压开关的拓展性与可靠性。

[0005] 为实现上述目的,按照本发明的一个方面,提供了一种直流子模块,包括第一IGBT,第二IGBT,第一二极管,第二二极管,第三二极管,第四二极管,第五二极管,电容,电阻,电流传感器和电压传感器;

[0006] 其中,第一IGBT的集电极作为所述直流子模块的正极,第一IGBT的发射极与第一二极管的阴极、第三二极管的阳极和电容的负极相连,第一IGBT的集电极与第一二极管的阴极相连;第二IGBT的发射极作为所述直流子模块的负极且与第二二极管的阴极相连,第二IGBT的集电极与第二二极管的阳极、第四二极管的阴极和第五二极管的阳极相连;第三二极管的阴极与第二IGBT的发射极相连,第四二极管的阳极与第一IGBT的集电极相连;第五二极管与电阻并联,第五二极管的阴极与电容的正极相连;电流传感器与第一IGBT的集电极相连,电压传感器与电容负极相连。

[0007] 优选的,上述的直流子模块,第一IGBT与第二IGBT型号相同,第一二极管与第二二极管型号相同,第三二极管与第四二极管型号相同。

[0008] 优选的,上述的直流子模块,当第一IGBT与第二IGBT均导通时,该直流子模块进入泄能状态;在泄能状态下,电流流通过程包括以下3条支路:

[0009] (1) 第一IGBT-第三二极管；

[0010] (2) 第四二极管-第二IGBT；

[0011] (3) 第一IGBT-电容-电阻-第二IGBT；

[0012] 在泄能状态下,直流子模块由于多支路的并联,具有较强的过流能力;并且电容电压随着电容电流的释放而下降。

[0013] 优选的,上述的直流子模块,当第一IGBT与第二IGBT均关断时,该直流子模块进入关断状态;在关断状态下,电流流电路径为:

[0014] 第四二极管-第五二极管-电容-第三二极管,电容电压因不断充电而上升。

[0015] 优选的,上述的直流子模块,当第一IGBT导通,第二IGBT关断时,直流子模块进入闭锁状态;在该闭锁状态下,电流流电路径为:第一IGBT-第三二极管,电容电压维持不变。

[0016] 优选的,上述的直流子模块,当第一IGBT关断,第二IGBT导通时,直流子模块进入闭锁状态;在该闭锁状态下,电流流电路径为:第四二极管-第二IGBT,电容电压维持不变。

[0017] 优选的,上述的直流子模块,当直流子模块在正常工作状态下需流过负载电流时,控制IGBT使直流子模块进入闭锁状态,所述直流子模块由于具有负载电流通路,电容电压不会升高;当直流子模块在正常工作状态下需切断负载电流时,控制IGBT使直流子模块进入关断状态,所述直流子模块不具有负载电流通路,电容电压会升高;当电流传感器检测到过电流或电压传感器检测到过电压时,通过控制IGBT使直流子模块进入泄能状态,电容电压下降。

[0018] 优选的,上述的直流子模块,其中,IGBT可采用晶闸管、IGCT、IEGT或MOSFET等全控型半导体开关器件代替;

[0019] 当采用晶闸管代替IGBT时,晶闸管的阳极对应IGBT的集电极,晶闸管的阴极对应IGBT的发射极;

[0020] 当采用IGCT代替IGBT时,IGCT的阳极对应IGBT的集电极,IGCT的阴极对应IGBT的发射极;

[0021] 当采用IEGT代替IGBT时,IEGT的集电极对应IGBT的集电极,IEGT的阴极对应IGBT的发射极;

[0022] 当采用MOSFET代替IGBT时,MOSFET的漏极对应IGBT的集电极,MOSFET的源极对应IGBT的发射极。

[0023] 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,能够取得下列有益效果:

[0024] (1) 本发明所提供的直流子模块,具有闭锁、关断、泄能三种模式,在闭锁模式下只有1个IGBT导通,可以导通负载电流,两条支路之间的交替导通可以大大降低子模块内各个半导体器件的散热功率,减少冷却设备体积,而电容电压因为没有放电回路保持不变;当检测到过电流时,可将另一个IGBT也导通使子模块切换至泄能模式,快速提高载流能力,电容电压通过电阻释放而下降;在关断模式下,2个IGBT均关断,由于二极管旁路了电阻,因此电容可以快速充电,当检测到电容电压过高时,可开通任意一个IGBT使子模块切换至闭锁模式,钳位电压避免各个器件因过压损坏;

[0025] (2) 本发明提供的这种直流子模块只需要2个IGBT便可灵活调整子模块电压;比现有技术的MMC桥臂子模块的电压控制简单;

[0026] (3) 本发明提供的这种直流子模块的可靠性高,模块电压调整迅速简便,即使一条支路损坏,仍有另一支路可流通负载电流;通过将子模块单元级联串接代替IGBT的直接串联用于高压开关时,可提高高压开关的可靠性;

[0027] (4) 本发明提供的这种直流子模块灵活性强,电路设计模块化,便于级联以及后期维护更换;将其用于高压开关可提高高压开关的拓展性。

附图说明

[0028] 图1是本发明实施例提供的直流子模块的原理示意图;

[0029] 图2是本发明实施例中所采用IGBT模块的内部拓扑结构;

[0030] 图3是本发明实施例提供的直流子模块在泄能状态下的电流路径示意图;

[0031] 图4是本发明实施例提供的直流子模块在关断状态下的电流路径示意图;

[0032] 图5是本发明实施例提供的直流子模块在一种闭锁状态下的电流路径示意图;

[0033] 图6是本发明实施例提供的直流子模块在另一种闭锁状态下的电流路径示意图。

具体实施方式

[0034] 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。

[0035] 图1所示,是本发明实施例提供的直流子模块的原理示意图;该直流子模块包括第一IGBT T1,第二IGBT T2,第一二极管D1,第二二极管D2,第三二极管D3,第四二极管D4,第五二极管D5,电容C,电阻R,电流传感器AT和电压传感器VT;

[0036] 其中,IGBT模块采用infineon的FD250R65KE3,其拓扑结构如图2所示,包含一个IGBT及其反并联二极管和一个续流二极管,其中IGBT作为第一(二)IGBT,反并联二极管作为第一(二)二极管,续流二极管作为第三(四)二极管,第五二极管采用infineon的DD200S33K2C,包含2个串联的二极管;电容采用EACO的STF-3000-0.068,电阻采用Vishay的厚膜电阻LPS 600;电压传感器采用LEM公司的霍尔电压传感器DV 4200,电流传感器采用宇波模块的CHB-500T。

[0037] 实施例提供的直流子模块的连接方式为:第一IGBT的集电极作为直流子模块的正极,发射极连接第三二极管的阳极与电容的负极,第一二极管与其反并联;第二IGBT的发射极作为子直流子模块的负极,集电极连接第四二极管的阴极与第五二极管的阳极,第二二极管与其反并联;第三二极管的阴极连接子模块的负极,第四二极管的阳极连接子模块的正极;第五二极管与电阻并联,第五二极管的阴极连接电容的正极;电流传感器连接至直流子模块的正极,电压传感器与电容连接。

[0038] 当第一IGBT与第二IGBT均导通时,直流子模块进入泄能状态;泄能状态下的电流通路如图3中所示,包括第一IGBT-第三二极管-第四二极管-第二IGBT,第一IGBT-电容-电阻-第二IGBT共3条支路;这种情况下,直流子模块由于多支路的并联,具有较强的过流能力;并且随着电容电流的释放,电容电压下降,电容电压变化如下式所示:

$$[0039] \quad v_C = (V_{sat}(T_2) - V_{sat}(D_3)) + [V_C - (V_{sat}(T_2) - V_{sat}(D_3))]e^{\frac{-t}{RC}};$$

[0040] 其中, v_C 为电容瞬时电压, $V_{sat}(T_2)$ 为第二 IGBT 的导通电压, $V_{sat}(D_3)$ 为第三二极管的导通压降, V_C 为进入泄能状态时电容初始电压, R 为电阻阻值, C 为电容容值, t 为泄能时间; 可通过控制泄能时间的长短, 控制电容电压的大小。

[0041] 当第一 IGBT 与第二 IGBT 均关断时, 直流子模块进入关断状态; 关断状态下的电流通路如图 4 所示, 包括第四二极管-第五二极管-电容-第三二极管共一条支路; 这种情况下, 电容电压因不断充电而上升, 电容电压变化如下式所示:

$$[0042] \quad v_C = V_{dc} + (V_C - V_{dc})e^{\frac{-t}{RC}};$$

[0043] 其中, v_C 为电容瞬时电压, V_{dc} 为直流母线电压, V_C 为进入关断状态时电容初始电压, R 为电阻阻值, C 为电容容值, t 为关断时间; 当单独使用该直流子模块时, 随着关断时间的增长, 电容电压会不断提高直至达到母线电压; 但是考虑到在子模块级联应用中, 母线电压均超过子模块的耐受电压而各直流子模块的理论电压应为 V_{dc}/n , 若某个直流子模块处于关断状态时间过长, 则随着电容电压的增加容易造成子模块的过压损坏; 其中 n 为级联的子模块个数。

[0044] 当第一 IGBT 导通, 第二 IGBT 关断时, 直流子模块进入闭锁状态, 闭锁状态下的电流通路如图 5 所示, 包括第一 IGBT-第三二极管共一条支路, 电容电压维持不变。

[0045] 当第一 IGBT 关断, 第二 IGBT 导通时, 直流子模块进入闭锁状态, 闭锁状态下的电流通路如图 6 所示, 包括第四二极管-第二 IGBT 共一条支路, 电容电压维持不变。

[0046] 由多个直流子模块级联构成高压开关, 当高压开关关断时, 所有直流子模块进入关断状态; 若直流子模块电压大于直流母线电压时, 多余电压由各个直流子模块内第三二极管、第四二极管承受; 若直流子模块电压小于直流母线电压时, 则直流母线通过二极管给各个直流子模块中的电容充电; 当部分直流子模块电压过高, 则使该直流子模块进入闭锁状态以保持直流子模块电压维持不变, 避免直流子模块因过压损坏。

[0047] 当高压开关开通时, 所有直流子模块进入闭锁状态; 在高压开关导通阶段, 控制过压的直流子模块进入泄能状态降压; 若因短路故障造成过流, 则控制所有直流子模块进入泄能状态以增加高压开关的瞬时载流能力, 避免子模块因过流损坏。

[0048] 实施例中的 IGBT 可采用晶闸管、IGCT、IEGT 或 MOSFET 等全控型半导体开关器件代替; 当采用晶闸管代替 IGBT 时, 晶闸管的阳极对应 IGBT 的集电极, 晶闸管的阴极对应 IGBT 的发射极, 对应的与其他部件连接; 当采用 IGCT 代替 IGBT 时, IGCT 的阳极对应 IGBT 的集电极, IGCT 的阴极对应 IGBT 的发射极, 对应的与其他部件连接; 当采用 IEGT 代替 IGBT 时, IEGT 的集电极对应 IGBT 的集电极, IEGT 的阴极对应 IGBT 的发射极, 对应的与其他部件连接; 当采用 MOSFET 代替 IGBT 时, MOSFET 的漏极对应 IGBT 的集电极, MOSFET 的源极对应 IGBT 的发射极, 对应的与其他部件连接。

[0049] 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。

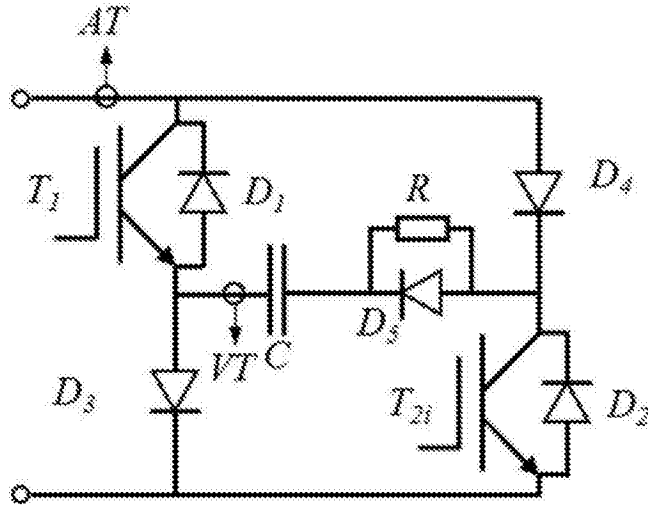


图1

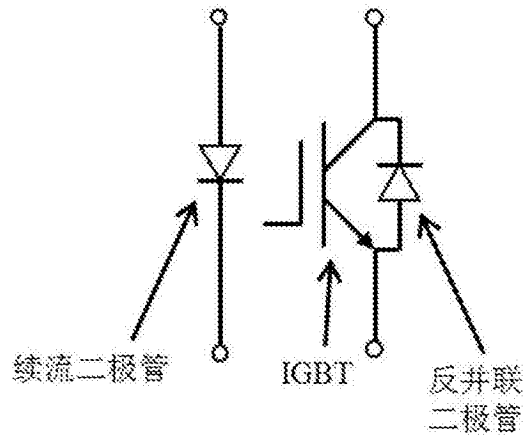


图2

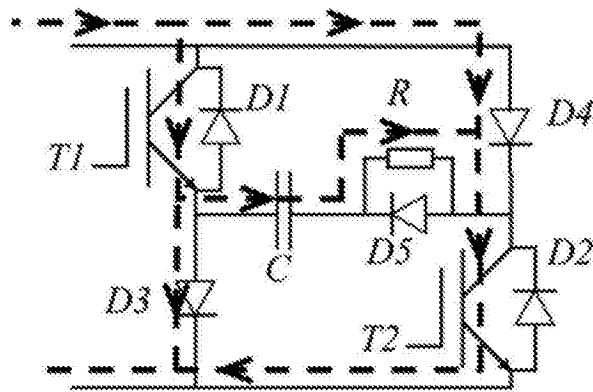


图3

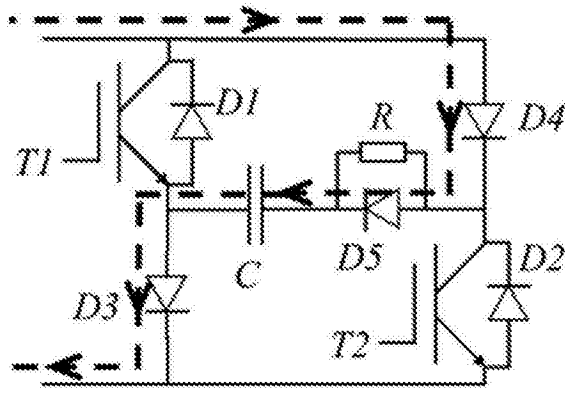


图4

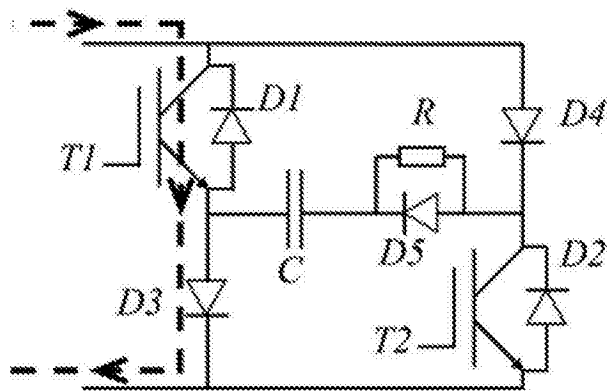


图5

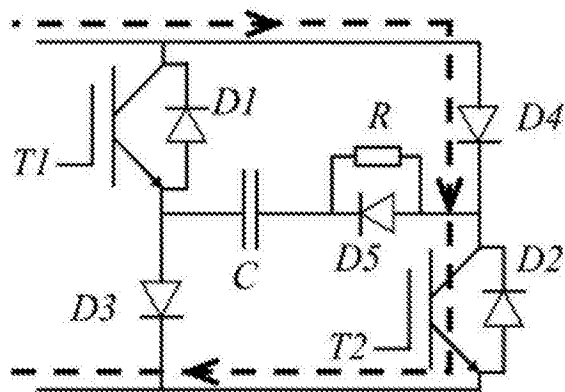


图6