



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 207265895 U

(45)授权公告日 2018.04.20

(21)申请号 201721087260.2

(22)申请日 2017.08.29

(73)专利权人 华北电力大学(保定)

地址 071003 河北省保定市莲池区永华北大街619号

(72)发明人 孟明 苏亚慧

(51)Int. Cl.

H02M 7/483(2007.01)

H02H 7/122(2006.01)

H02H 7/26(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

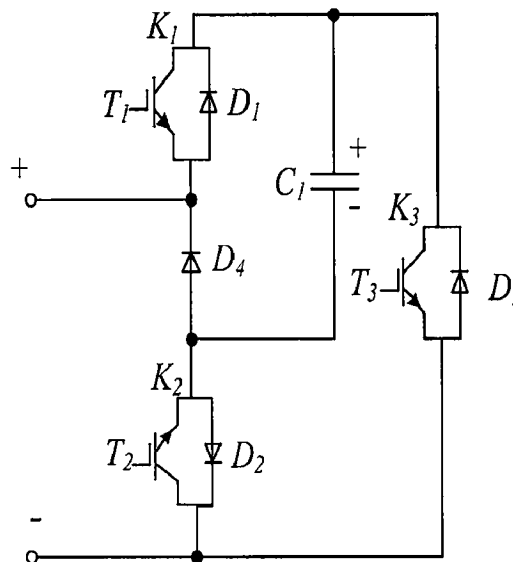
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)实用新型名称

直流故障穿越MMC子模块及具有该子模块的换流器

(57)摘要

本实用新型提供一种直流故障穿越MMC子模块及具有该子模块的换流器,本实用新型直流故障穿越MMC子模块主要包括:3个开关单元、1个二极管和1个电容器,其中开关单元结构相同,均由1个全控型电力电子器件对应与1个二极管反并联构成;具有直流故障穿越MMC子模块的换流器结构为对称的三相结构,每一相的上、下桥臂均由2个以上的直流故障穿越MMC子模块与电感串联而成。本实用新型的直流故障穿越MMC子模块及具有该子模块的换流器器件个数少、控制简单,在直流侧发生单极短路故障或双极短路故障时均可快速清除故障电流,并可实现瞬时故障下的快速重启,从而完成系统的直流故障穿越并保障系统的稳定运行。



1. 一种直流故障穿越MMC子模块,其特征在于,包括依次串联连接的第一开关(K1)、第四二极管(D4)和第二开关(K2),所述第一开关(K1)的另一端连接第一电容(C1)的一端以及第三开关(K3)的一端,所述第二开关(K2)与第四二极管(D4)相连的交点连接第一电容(C1)的另一端,所述第二开关(K2)的另一端连接第三开关(K3)的另一端,所述第一开关(K1)与第四二极管(D4)相连的交点构成直流故障穿越MMC子模块的正极,所述第二开关(K2)与所述第三开关(K3)相连的交点构成直流故障穿越MMC子模块的负极。

2. 根据权利要求1所述的直流故障穿越MMC子模块,其特征在于,所述的第一开关(K1)、第二开关(K2)、第三开关(K3)结构相同,均是由一个全控型电力电子器件(T1/T2/T3)对应与一个二极管(D1/D2/D3)反并联连接构成,即,所述全控型电力电子器件(T1/T2/T3)的漏极对应连接二极管(D1/D2/D3)的负极,所述全控型电力电子器件(T1/T2/T3)的源极对应连接二极管(D1/D2/D3)的正极,其中,第一开关(K1)中的全控型电力电子器件(T1)的源极和二二极管(D1)的正极共同连接第四二极管(D4)的负极,且第一开关(K1)中的第一全控型电力电子器件(T1)的漏极和第一二极管(D1)的负极共同连接第一电容(C1)的一端以及第三开关(K3)中的第三全控型电力电子器件(T3)的漏极和第三二极管(D3)的负极,第二开关(K2)中的全控型电力电子器件(T2)的源极和第二二极管(D2)的正极共同连接第四二极管(D4)的正极,而第二开关(K2)中的第二全控型电力电子器件(T2)的漏极和第二二极管(D2)的负极共同连接第三开关(K3)中的第三全控型电力电子器件(T3)的源极和第三二极管(D3)的正极。

3. 根据权利要求2所述的直流故障穿越MMC子模块,其特征在于,所述的全控型电力电子器件(T1/T2/T3)是绝缘栅双极型晶体管,或是集成门极换流晶闸管,或是门极可关断晶闸管,或是电子注入增强栅晶体管。

4. 一种具有权利要求1所述的直流故障穿越MMC子模块的换流器,包括有相并联的A相桥臂、B相桥臂和C相桥臂,所述的A相桥臂是由A相上桥臂(1)和A相下桥臂(4)串联连接构成,所述A相上桥臂(1)远离A相下桥臂(4)的一端连接直流母线的正极,所述A相下桥臂(4)远离A相上桥臂(1)的一端连接直流母线负极,所述A相上桥臂(1)和A相下桥臂(4)相连的交点引出三相电源的a相,所述的B相桥臂是由B相上桥臂(2)和B相下桥臂(5)串联连接构成,所述B相上桥臂(2)远离B相下桥臂(5)的一端连接直流母线的正极,所述B相下桥臂(5)远离B相上桥臂(2)的一端连接直流母线负极,所述B相上桥臂(2)和B相下桥臂(5)相连的交点引出三相电源的b相,所述的C相桥臂是由C相上桥臂(3)和C相下桥臂(6)构成,所述C相上桥臂(3)远离C相下桥臂(6)的一端连接直流母线的正极,所述C相下桥臂(6)远离C相上桥臂(3)的一端连接直流母线负极,所述C相上桥臂(3)和C相下桥臂(6)相连的交点引出三相电源的c相,其特征在于,所述的A相上桥臂(1)、A相下桥臂(4)、B相上桥臂(2)、B相下桥臂(5)、C相上桥臂(3)和C相下桥臂(6)结构相同,均是由2个以上的直流故障穿越MMC子模块(A)和一个电感(L1/L4/L2/L5/L3/L6)串联连接构成,每一个直流故障穿越MMC子模块(A)均包括:包括依次串联连接的第一开关(K1)、第四二极管(D4)、第二开关(K2),所述第一开关(K1)的另一端连接第一电容(C1)的一端以及第三开关(K3),所述第二开关(K2)与第四二极管(D4)相连的交点连接第一电容(C1)的另一端,所述第二开关(K2)的另一端连接第三开关(K3)的另一端,所述第一开关(K1)与第四二极管(D4)相连的交点构成直流故障穿越MMC子模块的正极,所述第二开关(K2)与所述第三开关(K3)相连的交点构成直流故障穿越MMC子模块的负极。

5. 根据权利要求4所述的具有直流故障穿越MMC子模块的换流器,其特征在于,所述的第一开关(K1)、第二开关(K2)、第三开关(K3)结构相同,均是由一个全控型电力电子器件(T1/T2/T3)对应与一个二极管(D1/D2/D3)反并联连接构成,即,所述全控型电力电子器件(T1/T2/T3)的漏极对应连接二极管(D1/D2/D3)的负极,所述全控型电力电子器件(T1/T2/T3)的源极对应连接二极管(D1/D2/D3)的正极,其中,第一开关(K1)中的全控型电力电子器件(T1)的源极和二极管(D1)的正极共同连接第四二极管(D4)的负极,且第一开关(K1)中的第一全控型电力电子器件(T1)的漏极和第一二极管(D1)的负极共同连接第一电容(C1)的一端以及第三开关(K3)中的第三全控型电力电子器件(T3)的漏极和第三二极管(D3)的负极,第二开关(K2)中的全控型电力电子器件(T2)的源极和第二二极管(D2)的正极共同连接第四二极管(D4)的正极,而第二开关(K2)中的第二全控型电力电子器件(T2)的漏极和第二二极管(D2)的负极共同连接第三开关(K3)中的第三全控型电力电子器件(T3)的源极和第三二极管(D3)的正极。

6. 根据权利要求5所述的具有直流故障穿越MMC子模块的换流器,其特征在于,所述的全控型电力电子器件(T1/T2/T3)是绝缘栅双极型晶体管,或是集成门极换流晶闸管,或是门极可关断晶闸管,或是电子注入增强栅晶体管。

直流故障穿越MMC子模块及具有该子模块的换流器

技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种MMC子模块。特别是涉及一种直流故障穿越MMC子模块及具有该子模块的换流器。

背景技术

[0002] 模块化多电平换流器自2002年由德国Bundeswehr Munich大学的R.Marquardt和A.Lesnicar提出后得到了国内外的广泛关注,现已成为高压直流输电工程中的首选换流器。和传统的电压源型换流器相比,MMC主要有如下优点:

[0003] (1) 模块化结构易扩容,设置足够的子模块数量可满足不同电压和功率等级的需求;

[0004] (2) 冗余子模块使系统具备较好的故障处理能力和可靠性;

[0005] (3) 输出波形质量较高,谐波含量低。

[0006] 直流系统由于电流没有过零点,直流侧发生故障时故障电流上升率较高,会造成较大的过电流,严重危害系统的安全性,并且故障电流的清除难度大于交流系统,因此,直流线路的短路故障是MMC亟需解决的关键问题之一。断开断路器是一种传统清除故障电流的手段,包含交流侧断路器和直流侧断路器两种方式,其中直流断路器可快速清除故障电流,但适用于高压大功率场合的直流断路器的开发和研制均存在较大的难度。此外,两种断路器都存在重启时间较长的问题,对直流侧的瞬时故障的处理能力较弱。和断路器相比,电力电子器件的开关速度较快,因此,为了降低研发难度,提高系统的动态响应速度,可以对MMC的子模块进行功能拓展,使子模块自身具备直流故障穿越能力。

[0007] 工程上常见的MMC所采用的子模块拓扑为半桥子模块拓扑,系统发生故障时即使闭锁脉冲信号,半桥子模块的反向二极管仍会提供电流通路,导致故障电流不断增高。可清除故障电流的MMC中最具代表性的是全桥子模块和钳位式双子模块。全桥子模块具有4个开关管,可输出0,+U、-U三个电平,而-U在MMC实际应用中属于不必要的状态,实际全桥子模块等同于两电平子模块,该子模块可以通过闭锁脉冲信号来清除故障电流,但是开关管个数较多,对器件触发信号的一致性要求较高;钳位双子模块器件具有5个开关管,共可输出0,U、2U三个电平,和全桥子模块相比,该子模块器件实际可用电平数增多,器件个数明显降低,但是该子模块结构的耦合性增加了系统的复杂程度和控制难度。

[0008] 基于上述问题,研究一种控制和结构均比较简单的可清除故障电流的MMC子模块拓扑,有利于整个系统结构和控制系统的简化。

发明内容

[0009] 本实用新型所要解决的技术问题是,提供一种控制简单且能够快速清除故障电流的直流故障穿越MMC子模块及具有该子模块的换流器。

[0010] 本实用新型所采用的技术方案是:一种直流故障穿越MMC子模块包括依次串联连接的第一开关 K_1 、第四二极管 D_4 和第二开关 K_2 ,所述第一开关 K_1 的另一端连接第一电容 C_1 的

一端以及第三开关K₃的一端,所述第二开关K₂与第四二极管D₄相连的交点连接第一电容C₁的另一端,所述第二开关K₂的另一端连接第三开关K₃的另一端,所述第一开关K₁与第四二极管D₄相连的交点构成直流故障穿越MMC子模块的正极,所述第二开关K₂与第三开关K₃相连的交点构成直流故障穿越MMC子模块的负极。

[0011] 所述的第一开关K₁、第二开关K₂、第三开关K₃结构相同,都是由一个全控型电力电子器件T₁/T₂/T₃对应与一个二极管D₁/D₂/D₃反并联连接构成,即,所述全控型电力电子器件T₁/T₂/T₃的漏极对应连接二极管D₁/D₂/D₃的负极,所述全控型电力电子器件T₁/T₂/T₃的源极对应连接二极管D₁/D₂/D₃的正极,其中,第一开关K₁中的全控型电力电子器件T₁的源极和二二极管D₁的正极共同连接第四二极管D₄的负极,且第一开关K₁中的第一全控型电力电子器件T₁的漏极和第一二极管D₁的负极共同连接第一电容C₁的一端以及第三开关K₃中的第三全控型电力电子器件T₃的漏极和第三二极管D₃的负极,第二开关K₂中的全控型电力电子器件T₂的源极和第二二极管D₂的正极共同连接第四二极管D₄的正极,而第二开关K₂中的第二全控型电力电子器件T₂的漏极和第二二极管D₂的负极共同连接第三开关K₃中的第三全控型电力电子器件T₃的源极和第三二极管D₃的正极。

[0012] 本实用新型中所述的全控型电力电子器件T₁/T₂/T₃/T₄/T₅,是绝缘栅双极型晶体管(IGBT),或集成门极换流晶闸管(IGCT),或门极可关断晶闸管(GTO),或电子注入增强栅晶体管(IEGT)。

[0013] 所述的具有直流故障穿越MMC子模块的换流器,包括有相并联的A相桥臂、B相桥臂和C相桥臂,所述的A相桥臂是由A相上桥臂和A相下桥臂串联连接构成,所述A相上桥臂远离A相下桥臂的一端连接直流母线的正极,所述A相下桥臂远离A相上桥臂的一端连接直流母线负极,所述A相上桥臂和A相下桥臂相连的交点引出三相电源的a相,所述的B相桥臂是由B相上桥臂和B相下桥臂串联连接构成,所述B相上桥臂远离B相下桥臂的一端连接直流母线的正极,所述B相下桥臂远离B相上桥臂的一端连接直流母线负极,所述B相上桥臂和B相下桥臂相连的交点引出三相电源的b相,所述的C相桥臂是由C相上桥臂和C相下桥臂构成,所述C相上桥臂远离C相下桥臂的一端连接直流母线的正极,所述C相下桥臂远离C相上桥臂的一端连接直流母线负极,所述C相上桥臂和C相下桥臂相连的交点引出三相电源的c相,其特征在于,所述的A相上桥臂、A相下桥臂、B相上桥臂、B相下桥臂、C相上桥臂和C相下桥臂结构相同,都是由2个以上的直流故障穿越MMC子模块和一个电感(L₁/L₄/L₂/L₅/L₃/L₆)串联连接构成,每一个直流故障穿越MMC子模块均包括:依次串联连接的第一开关K₁、第四二极管D₄和第二开关K₂,所述第一开关K₁的另一端连接第一电容C₁的一端以及第三开关K₃的一端,所述第二开关K₂与第四二极管D₄相连的交点连接第一电容C₁的另一端,所述第二开关K₂的另一端连接第三开关K₃的另一端,所述第一开关K₁与第四二极管D₄相连的交点构成直流故障穿越MMC子模块的正极,所述第二开关K₂与第三开关K₃相连的交点构成直流故障穿越MMC子模块的负极。

[0014] 所述的第一开关K₁、第二开关K₂、第三开关K₃结构相同,都是由一个全控型电力电子器件T₁/T₂/T₃对应与一个二极管D₁/D₂/D₃反并联连接构成,即,所述全控型电力电子器件T₁/T₂/T₃的漏极对应连接二极管D₁/D₂/D₃的负极,所述全控型电力电子器件T₁/T₂/T₃的源极对应连接二极管D₁/D₂/D₃的正极,其中,第一开关K₁中的全控型电力电子器件T₁的源极和二二极管D₁的正极共同连接第四二极管D₄的负极,且第一开关K₁中的第一全控型电力电子器件

T₁的漏极和第一二极管D₁的负极共同连接第一电容C₁的一端以及第三开关K₃中的第三全控型电力电子器件T₃的漏极和第三二极管D₃的负极,第二开关K₂中的全控型电力电子器件T₂的源极和第一二极管D₁的正极共同连接第四二极管D₄的正极,而第二开关K₂中的第二全控型电力电子器件T₂的漏极和第一二极管D₁的源极共同连接第三开关K₃中的第三全控型电力电子器件T₃的源极和第三二极管D₃的正极。

[0015] 同样,本实用新型的具有直流故障穿越MMC子模块的换流器中,所述的全控型电力电子器件T₁/T₂/T₃/T₄/T₅,是绝缘栅双极型晶体管(IGBT),或集成门极换流晶闸管(IGCT),或门极可关断晶闸管(GTO),或电子注入增强栅晶体管(IEGT)。

[0016] 本实用新型的直流故障穿越MMC子模块及具有该子模块的换流器,子模块控制简单,可直接移植半桥子模块的控制方法,降低了控制系统的研发难度,和全桥型子模块相比,同等电压等级下子模块减少了一个全控型电力电子器件,有利于控制系统的硬件成本;和钳位双子模块相比则降低了控制和结构的复杂程度,进一步降低了MMC的建设成本。

附图说明

[0017] 图1是本实用新型直流故障穿越MMC子模块的原理图;

[0018] 图2是本实用新型具有直流故障穿越MMC子模块的换流器的构成框图;

[0019] 图3是在直流故障时电流从MMC子模块正极流入负极流出时MMC子模块电流通路;

[0020] 图4是在直流故障时电流从MMC子模块负极流入正极流出时MMC子模块电流通路。

[0021] 图中

[0022] 1:A相上桥臂 2:B相上桥臂

[0023] 3:C相上桥臂 4:A相下桥臂

[0024] 5:B相下桥臂 6:C相下桥臂

具体实施方式

[0025] 下面结合实施例和附图对本实用新型的一种直流故障穿越MMC子模块做出详细说明。

[0026] 如图1所示,本实用新型的一种直流故障穿越MMC子模块,包括依次串联连接的第一开关K₁、第四二极管D₄和第二开关K₂,所述第一开关K₁的另一端连接第一电容C₁的一端以及第三开关K₃的一端,所述第二开关K₂与第四二极管D₄相连的交点连接第一电容C₁的另一端,所述第二开关K₂的另一端连接第三开关K₃的另一端,所述第一开关K₁与第四二极管D₄相连的交点构成直流故障穿越MMC子模块的正极,所述第二开关K₂与第三开关K₃相连的交点构成直流故障穿越MMC子模块的负极。

[0027] 所述的第一开关K₁、第二开关K₂、第三开关K₃结构相同,均是由一个全控型电力电子器件T₁/T₂/T₃对应与一个二极管D₁/D₂/D₃反并联连接构成,即,所述全控型电力电子器件T₁/T₂/T₃的漏极对应连接二极管D₁/D₂/D₃的负极,所述全控型电力电子器件T₁/T₂/T₃的源极对应连接二极管D₁/D₂/D₃的正极,其中,第一开关K₁中的全控型电力电子器件T₁的源极和二二极管D₁的正极共同连接第四二极管D₄的负极,且第一开关K₁中的第一全控型电力电子器件T₁的漏极和第一二极管D₁的负极共同连接第一电容C₁的一端以及第三开关K₃中的第三全控型电力电子器件T₃的漏极和第三二极管D₃的负极,第二开关K₂中的全控型电力电子器件T₂

的源极和第二二极管D₂的正极共同连接第四二极管D₄的正极,而第二开关K₂中的第二全控型电力电子器件T₂的漏极和第二二极管D₂的负极共同连接第三开关K₃中的第三全控型电力电子器件T₃的源极和第三二极管D₃的正极。

[0028] 本实用新型中所述的全控型电力电子器件T₁/T₂/T₃/T₄/T₅,是绝缘栅双极型晶体管(IGBT),或集成门极换流晶闸管(IGCT),或门极可关断晶闸管(GTO),或电子注入增强栅晶体管(IEGT)。

[0029] 本实用新型的一种直流故障穿越MMC子模块,使MMC子模块拓扑具备故障自清除能力的关键在于第一全控型电力电子器件T₁、第一二极管D₁、第二全控型电力电子器件T₂、第二二极管D₂、第三全控型电力电子器件T₃、第三二极管D₃以及第四二极管D₄的连接位置和连接方式。在系统发生直流故障时闭锁所有开关管信号,在子模块二极管作用下,根据子模块不同的电流方向向电流通路中引入子模块第一电容C₁的电压来抑制线电压。电流通路中的二极管将在反向电压作用下被强制关闭,从而清除故障电流。

[0030] 正常工作时,第一全控型电力电子器件T₁触发信号始终为1,第二全控型电力电子器件T₂与第三全控型电力电子器件T₃均采用互补导通的逻辑触发信号,即第二全控型电力电子器件T₂开通时第三全控型电力电子器件T₃关断,该工作模式下,开关管不同脉冲信号的组合使子模块可输出0,U两种电平。

[0031] 如图2所示,本实用新型的具有直流故障穿越MMC子模块的换流器,包括有相并联的A相桥臂、B相桥臂和C相桥臂,所述的A相桥臂是由A相上桥臂1和A相下桥臂4串联连接构成,所述A相上桥臂1的远离A相下桥臂4的一端连接直流母线的正极,所述A相下桥臂4远离A相上桥臂1的一端连接直流母线负极,所述A相上桥臂1和A相下桥臂4相连的交点引出三相电源的a相,所述的B相桥臂是由B相上桥臂2和B相下桥臂5串联连接构成,所述B相上桥臂2的远离B相下桥臂5的一端连接直流母线的正极,所述B相下桥臂5的远离B相上桥臂2的一端连接直流母线负极,所述B相上桥臂2和B相下桥臂5相连的交点引出三相电源的b相,所述的C相桥臂是由C相上桥臂3和C相下桥臂6构成,所述C相上桥臂3的远离C相下桥臂6的一端连接直流母线的正极,所述C相下桥臂6的远离C相上桥臂3的一端连接直流母线负极,所述C相上桥臂3和C相下桥臂6相连的交点引出三相电源的c相。

[0032] 所述的A相上桥臂1、A相下桥臂4、B相上桥臂2、B相下桥臂5、C相上桥臂3和C相下桥臂6结构相同,均是由2个以上的直流故障穿越MMC子模块A和一个电感L₁/L₄/L₂/L₅/L₃/L₆串联连接构成,每一个直流故障穿越MMC子模块A如图1所示均包括:包括依次串联连接的第一开关K₁、第四二极管D₄和第二开关K₂,所述第一开关K₁的另一端连接第一电容C₁的一端以及第三开关K₃的一端,所述第二开关K₂与第四二极管D₄相连的交点连接第一电容C₁的另一端,所述第二开关K₂的另一端连接第三开关K₃的另一端,所述第一开关K₁与第四二极管D₄相连的交点构成直流故障穿越MMC子模块的正极,所述第二开关K₂与第三开关K₃相连的交点构成直流故障穿越MMC子模块的负极。

[0033] 所述的第一开关K₁、第二开关K₂、第三开关K₃结构相同,均是由一个全控型电力电子器件T₁/T₂/T₃对应与一个二极管D₁/D₂/D₃反并联连接构成,即,所述全控型电力电子器件T₁/T₂/T₃的漏极对应连接二极管D₁/D₂/D₃的负极,所述全控型电力电子器件T₁/T₂/T₃的源极对应连接二极管D₁/D₂/D₃的正极,其中,第一开关K₁中的全控型电力电子器件T₁的源极和二二极管D₁的正极共同连接第四二极管D₄的负极,且第一开关K₁中的第一全控型电力电子器件

T₁的漏极和第一二极管D₁的负极共同连接第一电容C₁的一端以及第三开关K₃中的第三全控型电力电子器件T₃的漏极和第三二极管D₃的负极,第二开关K₂中的全控型电力电子器件T₂的源极和第二二极管D₂的正极共同连接第四二极管D₄的正极,而第二开关K₂中的第二全控型电力电子器件T₂的漏极和第二二极管D₂的负极共同连接第三开关K₃中的第三全控型电力电子器件T₃的源极和第三二极管D₃的正极。

[0034] 同样,本实用新型的具有直流故障穿越MMC子模块的换流器中,所述的全控型电力电子器件T₁/T₂/T₃/T₄/T₅,是绝缘栅双极型晶体管(IGBT),或集成门极换流晶闸管(IGCT),或门极可关断晶闸管(GTO),或电子注入增强栅晶体管(IEGT)。

[0035] 图3为直流线路发生短路故障(包含单极接地故障和双极短路故障)后闭锁全部开关管触发信号的电流通路,此时子模块电流由正极流入,负极流出,电流流经第一二极管D₁→第一电容C₁→第二二极管D₂,故障电流为第一电容C₁充电。将该结构拓展到整个MMC中,闭锁系统中所有开关管,电流通路上的电容电压之和大于交流侧电压(单极接地时为相电压,双极短路时为线电压)幅值的绝对值,电流通路中所有二极管将承受反向电压并在该电压作用下截止,从而阻断电流通路,在无需断开交流侧断路器的作用下通过控制开关管来完成系统的直流故障穿越。

[0036] 图4为直流线路发生短路故障(包含单极接地故障和双极短路故障)后闭锁全部开关管的触发信号,此时子模块电流由负极流入、正极流出,电流经第三二极管D₃→第一电容C₁→第四二极管D₄,第一电容C₁充电,将该结构拓展到整个MMC中,闭锁系统中所有开关管,电流通路上的电容电压之和大于交流侧电压(单极接地时为相电压,双极短路时为线电压)正向幅值,电流通路中所有开关管承受反向电压截止,阻断电流通路,在无需断开交流侧断路器的作用下通过控制开关管信号实现系统的直流故障穿越。

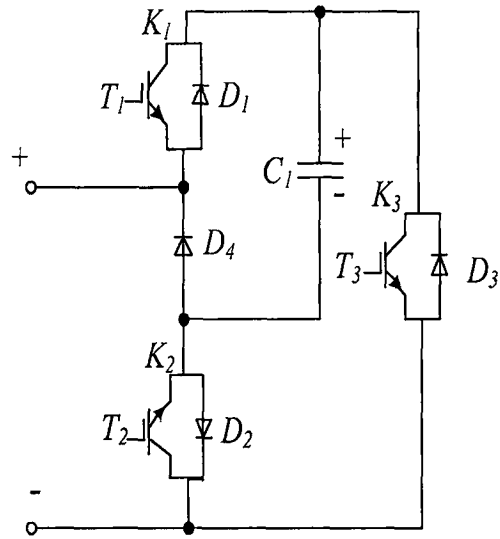


图1

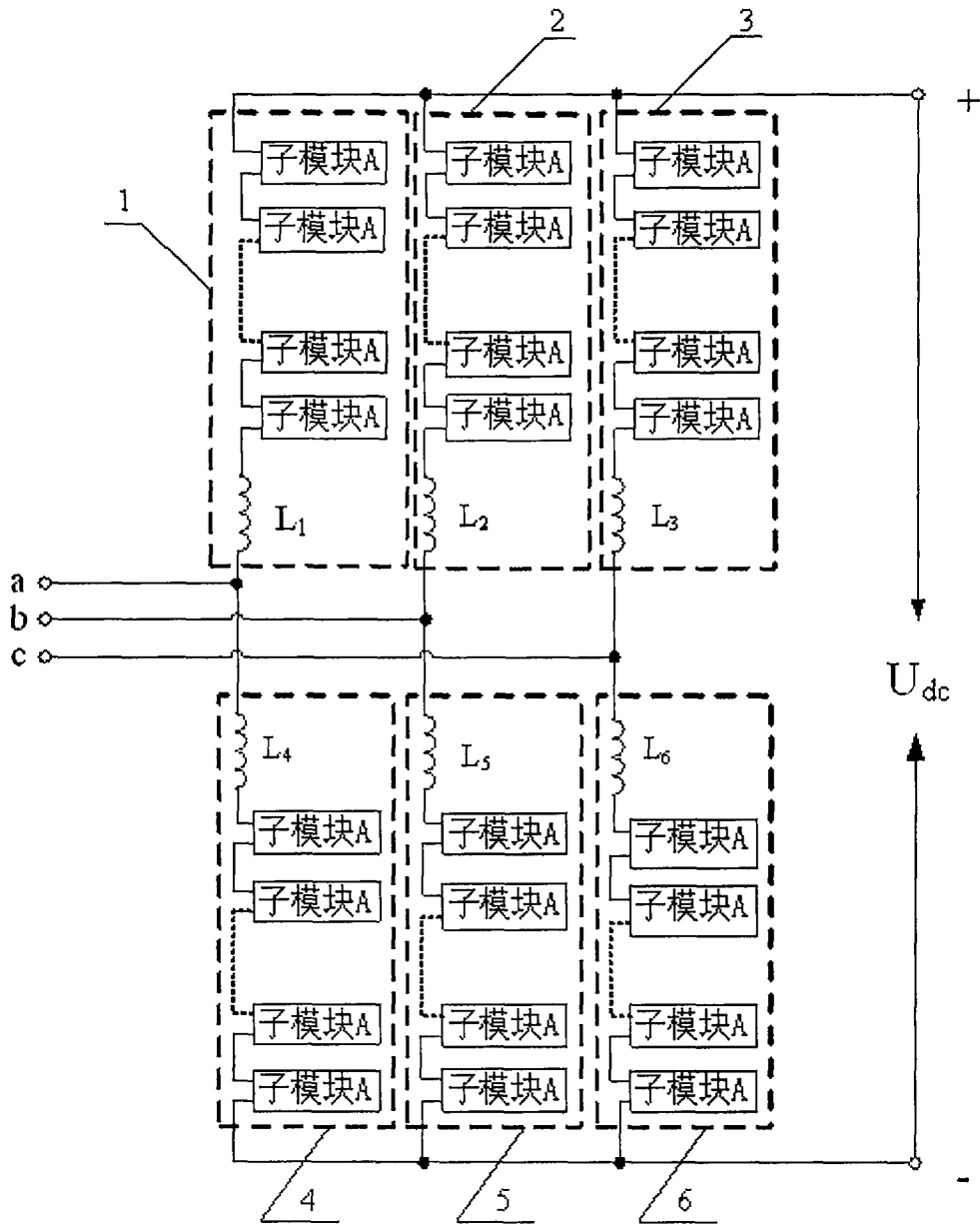


图2

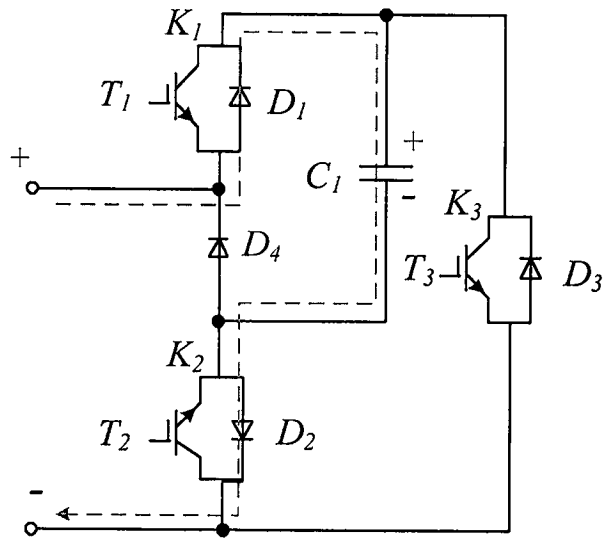


图3

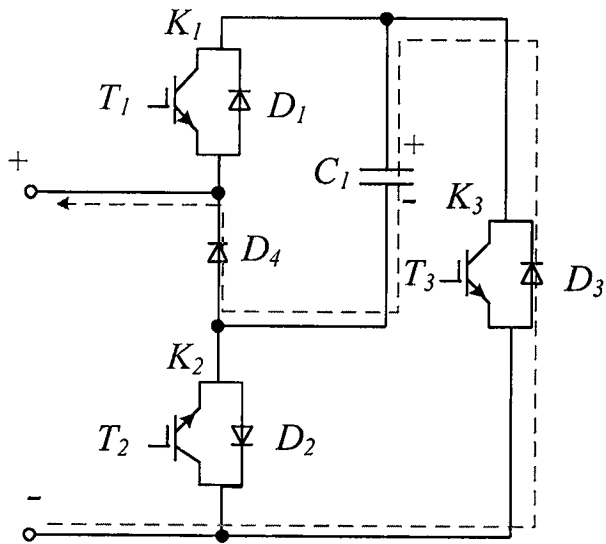


图4