



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 217720738 U

(45) 授权公告日 2022. 11. 01

(21) 申请号 202221311393.4

H02J 3/38 (2006.01)

(22) 申请日 2022.05.23

H02H 7/26 (2006.01)

H02M 7/00 (2006.01)

(73) 专利权人 中国电力工程顾问集团中南电力设计院有限公司

地址 430071 湖北省武汉市武昌区中南二路12号

(72) 发明人 王江天 李文津 刘超 李浩源
周思远 彭开军 周国梁 马亮
曾维雯 孙仁龙 夏泠风 肖筱煜
张勇 肖睿

(74) 专利代理机构 武汉开元知识产权代理有限公司 42104

专利代理师 陈家安

(51) Int. Cl.

H02J 3/36 (2006.01)

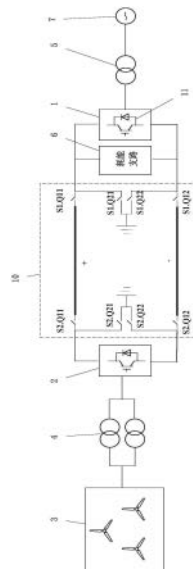
权利要求书1页 说明书4页 附图5页

(54) 实用新型名称

一种海上柔性直流海缆永久性故障穿越系统

(57) 摘要

本实用新型涉及一种海上柔性直流海缆永久性故障穿越系统,包括依次串联的海上风电场、海上换流站、陆上换流站、陆上交流电网;它还包括并联设置在海上换流站、陆上换流站之间的柔性直流海缆永久性故障穿越模块,所述永久性故障穿越模块内设有相互并联的正极直流海缆、负极直流海缆,所述正极直流海缆、负极直流海缆的两端均设有线路隔离刀闸,所述正极直流海缆、负极直流海缆之间并联设置有第一接地点、第二接地点。当直流海缆发生永久性故障后,系统降压运行,通过第一次倒闸操作隔离故障海缆,系统转为大地回线运行并持续给交流电网输送功率;故障消除后接入检修后的海缆,通过第二次倒闸操作,系统升压运行,从而实现永久性故障穿越。



CN 217720738 U

1. 一种海上柔性直流海缆永久性故障穿越系统,包括依次串联的海上风电场(3)、海上换流站(2)、陆上换流站(1)、陆上交流电网(7);其特征在于:它还包括并联设置在海上换流站(2)、陆上换流站(1)之间的永久性故障穿越模块(10),所述永久性故障穿越模块(10)内设有相互并联的正极直流海缆(101)、负极直流海缆(102),所述正极直流海缆(101)、负极直流海缆(102)的两端均设有线路隔离刀闸(103),所述正极直流海缆(101)、负极直流海缆(102)之间并联设置有第一接地点(104)、第二接地点(105),所述第一接地点(104)与陆上换流站(1)串联,所述第二接地点(105)与海上换流站(2)串联,所述第一接地点(104)、第二接地点(105)上均设有接地刀闸(106);

当直流海缆发生永久性故障后,系统降压运行,通过第一次倒闸操作隔离故障海缆,系统转为大地回线运行并持续给交流电网输送功率;故障消除后接入检修后的海缆,通过第二次倒闸操作,系统升压运行,从而实现永久性故障穿越。

2. 根据权利要求1所述的海上柔性直流海缆永久性故障穿越系统,其特征在于:所述第一次倒闸操作具体为分故障海缆两端的线路隔离刀闸(103),合第一接地点(104)、第二接地点(105)的接地刀闸(106),系统转为大地回线运行。

3. 根据权利要求2所述的海上柔性直流海缆永久性故障穿越系统,其特征在于:所述第二次倒闸操作具体为合故障海缆两端的线路隔离刀闸(103),分第一接地点(104)、第二接地点(105)的接地刀闸(106),系统接入检修后的直流海缆保持正常运行。

4. 根据权利要求3所述的海上柔性直流海缆永久性故障穿越系统,其特征在于:所述陆上换流站(1)内设有陆上换流阀(11),所述陆上换流阀(11)由半桥子模块和具有负电平输出能力的全桥子模块串联组成,系统降压或升压均由陆上换流阀(11)执行。

5. 根据权利要求1所述的海上柔性直流海缆永久性故障穿越系统,其特征在于:该系统还包括海上变压器(4)、陆上变压器(5),所述海上变压器(4)串联设置在海上风电场(3)、海上换流站(2)之间,所述陆上变压器(5)串联设置在陆上换流站(1)、陆上交流电网(7)之间。

6. 根据权利要求1至5任一项所述的海上柔性直流海缆永久性故障穿越系统,其特征在于:该系统还包括耗能支路(6),所述耗能支路(6)并联设置在第一接地点(104)、陆上换流站(1)之间。

一种海上柔性直流海缆永久性故障穿越系统

技术领域

[0001] 本实用新型涉及海上风电柔性直流输电技术领域,尤其涉及一种海上柔性直流海缆永久性故障穿越系统。

背景技术

[0002] 与陆上风电相比,海上风电风能资源丰富、机组运行稳定、单机容量较大、能量产出大、年利用小时数更高,同时由于机组距海岸较远,视觉影响小,环境负面影响小,不占用陆地宝贵的土地资源等。而且随着近海资源的开发,海上风电逐渐向深远海扩展,海上风电也向长距离大容量扩展。交流输电因其容性电流等问题导致传输距离和容量均受较大限制,而柔性直流输电成为长距离、大容量海上风电接入交流电网的优选方案。

[0003] 海上风电柔性直流输电系统海缆故障多为永久性故障,需要隔离故障海缆并更换新的海缆。工程上通常在线路保护检测到正负极线电压不对称后,柔性直流输电系统直接跳闸,待海缆检修完成后,换流站重新投入运行。由于海缆检修难度大,耗时长,系统停运时间长,严重影响风电场运行效益。

[0004] 目前投运的海上风电柔性直流输电系统均采用半桥子模块串联构成的换流阀,半桥子模块包含两个IGBT器件T1和T2、两个与IGBT反并联的二极管D1和D2、电容器件C、均压电阻R。但该类型换流阀不具备故障穿越能力,该输电系统无法实现海上柔性直流海缆永久性故障的穿越。

[0005] 另外,现有技术中的直流输电系统采用具有负电平输出能力的全桥子模块串联半桥子模块构建混合型柔直换流阀,全桥子模块包含四个IGBT器件T1、T2、T3、T4,四个与IGBT反并联的二极管D1、D2、D3、D4,电容器件C、均压电阻R。通过在检测到架空线路故障后,将换流站直流电压降至零电压附近,实现架空线路瞬时性故障的无闭锁穿越。然而,由于工程主接线采用直流侧接地的设计方案,即从中性母线经接地引线连接至接地极,因此该输电系统无法实现海上柔性直流海缆架空线路永久性故障的穿越。

实用新型内容

[0006] 本实用新型的目的是提供一种海上柔性直流海缆永久性故障穿越系统,换流阀内采用具有负电平输出能力的全桥子模块串联半桥子模块构建混合型柔直换流阀,故障发生后,通过动态调整陆上换流阀内投入的负电压子模块个数,实现换流阀出口直流电压的下降,实现暂时性故障穿越;通过倒闸操作,系统转为大地回线运行,接入检修后的海缆,系统进入风电功率的正常输送模式,从而实现永久性故障穿越。

[0007] 为实现上述目的,本实用新型所设计的一种海上柔性直流海缆永久性故障穿越系统,包括依次串联的海上风电场、海上换流站、陆上换流站、陆上交流电网;它还包括并联设置在海上换流站、陆上换流站之间的柔性直流海缆永久性故障穿越模块,所述永久性故障穿越模块内设有相互并联的正极直流海缆、负极直流海缆,所述正极直流海缆、负极直流海缆的两端均设有线路隔离刀闸,所述正极直流海缆、负极直流海缆之间并联设置有第一接

地点、第二接地点,所述第一接地点与陆上换流站串联,所述第二接地点与海上换流站串联,所述第一接地点、第二接地点上均设有接地刀闸;

[0008] 当直流海缆发生永久性故障后,系统降压运行,通过第一次倒闸操作隔离故障海缆,系统转为大地回线运行并持续给交流电网输送功率;故障消除后接入检修后的海缆,通过第二次倒闸操作,系统升压运行,从而实现永久性故障穿越。

[0009] 作为优选方案,所述第一次倒闸操作具体为分故障海缆两端的线路隔离刀闸,合第一接地点、第二接地点的接地刀闸,系统转为大地回线运行。

[0010] 进一步地,所述第二次倒闸操作具体为合故障海缆两端的线路隔离刀闸,分第一接地点、第二接地点的接地刀闸,系统接入检修后的直流海缆保持正常运行。

[0011] 进一步地,所述陆上换流站内设有陆上换流阀,所述陆上换流阀由半桥子模块和具有负电平输出能力的全桥子模块串联组成,系统降压或升压均由陆上换流阀执行。

[0012] 作为优选方案,该系统还包括海上变压器、陆上变压器,所述海上变压器串联设置在海上风电场、海上换流站之间,所述陆上变压器串联设置在陆上换流站、陆上交流电网之间。

[0013] 作为优选方案,该系统还包括耗能支路,所述耗能支路并联设置在第一接地点、陆上换流站之间。

[0014] 本实用新型的有益效果:

[0015] 该系统针对海上风电柔性直流输电,陆上换流阀内采用具有负电平输出能力的全桥子模块串联半桥子模块构建混合型柔直换流阀;当柔性直流输电系统发生海缆永久性故障,通过对直流正负极线电压的快速检测,陆上换流站快速调整直流电压参考值,调整直流侧出口电压幅值,即通过动态调整陆上换流阀内投入的负电压子模块个数,实现陆上换流阀出口直流电压的下降,从而实现暂时性故障穿越,同时避免避雷器动作和一次设备的绝缘击穿;通过第一次倒闸操作隔离故障海缆,将海上换流站、陆上换流站分别接地,交流功率在故障发生时产生短暂波动,系统转为大地回线运行后可持续给交流电网输送功率,保证系统不停运的同时完成故障海缆检修工作;接入检修后的海缆,待直流电压稳定后,通过第二次倒闸操作,换流阀升压,系统进入风电功率的正常输送模式,从而实现永久性故障穿越。

[0016] 该发明增强柔直系统运行调控手段,减少切机切负荷量,在提高换流站对新能源消纳能力的同时,提高电网安全稳定运行水平。

附图说明

[0017] 图1为本实用新型的主接线方案示意图;

[0018] 图2为永久性故障穿越模块的结构示意图;

[0019] 图3为陆上换流阀的内部拓扑结构示意图;

[0020] 图4a1为全桥子模块运行模式示意图(正投入,电流为正);

[0021] 图4a2为全桥子模块运行模式示意图(正投入,电流为负);

[0022] 图4b1为全桥子模块运行模式示意图(负投入,电流为正);

[0023] 图4b2为全桥子模块运行模式示意图(负投入,电流为负);

[0024] 图中各部件标号如下:

[0025] 陆上换流站1,陆上换流阀11,海上换流站2,海上风电场3,海上变压器 4,陆上变压器5,耗能支路6,陆上交流电网7;

[0026] 永久性故障穿越模块10:正极直流海缆101、负极直流海缆102、线路隔离刀闸103、第一接地点104、第二接地点105、接地刀闸106。

具体实施方式

[0027] 为使本实用新型解决的技术问题、采用的技术方案和达到的技术效果更加清楚,下面结合附图并通过具体实施方式来进一步说明本实用新型的技术方案。可以理解的是,此处所描述的具体实施例仅仅用于解释本实用新型,而非对本实用新型的限定。另外还需要说明的是,为了便于描述,附图中仅示出了与本实用新型相关的部分而非全部。

[0028] 在本实用新型的描述中,需要说明的是,术语“中心”、“上”、“下”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本实用新型和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本实用新型的限制。此外,术语“第一”、“第二”、仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性。其中,术语“第一位置”和“第二位置”为两个不同的位置。

[0029] 在本实用新型的描述中,需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本实用新型中的具体含义。

[0030] 如图1所示,为本实用新型的主接线方案示意图,本实用新型涉及的一种海上柔性直流海缆永久性故障穿越系统,包括依次串联的海上风电场3、海上换流站2、陆上换流站1、陆上交流电网7;串联设置在海上风电场3、海上换流站2 之间的海上变压器4,串联设置在陆上换流站1、陆上交流电网7之间的陆上变压器5;海上风电场3向交流电网中输入三相交流电,通过风机侧变压器连接海底交流电缆、接入海上汇流升压站的汇流母线;汇流母线连接电缆到海上变压器 4、接入海上换流站2;海上换流站2通过海底直流电缆与陆上换流站1连接;陆上换流站1通过陆上交流电缆连接陆上变压器5与陆上交流电网连接。

[0031] 如图2所示,该系统还包括并联设置在海上换流站2、陆上换流站1之间的永久性故障穿越模块10,所述永久性故障穿越模块10内设有相互并联的正极直流海缆101、负极直流海缆102,所述正极直流海缆101、负极直流海缆102的两端均设有线路隔离刀闸103,正极直流海缆101两端分别设有线路隔离刀闸S1.Q11和S2.Q11,负极直流海缆102两端分别设有线路隔离刀闸S1.Q12和 S2.Q12;所述正极直流海缆101、负极直流海缆102之间并联设置有第一接地点 104、第二接地点105,所述第一接地点104、第二接地点105上均设有接地刀闸106;第一接地点104分别设有接地刀闸S1.Q21和S1.Q22,第二接地点105分别设有接地刀闸S2.Q21和S2.Q22;陆上换流站1输入端与第一接地点104串联,陆上换流站1输出端依次与陆上变压器5、陆上交流电网7串联;海上换流站2 输入端依次与海上变压器4、海上风电场3串联,海上换流站2输出端与第二接地点105串联。

[0032] 该系统还包括耗能支路6,所述耗能支路6并联设置在第一接地点104、陆上换流站

1之间。当直流电缆发生故障时,系统功率送不出去,全、半桥子模块中的电容将会一直被充电,系统电压会持续升高,为了保护输电系统,此时耗能支路6会吸收一部分功率,从而降低系统电压。通常是在耗能支路6上增加一个耗电电阻,将电容器增加的电量直接消耗掉。

[0033] 当直流海缆发生永久性故障后,系统降压运行,通过第一次倒闸操作隔离故障海缆,系统转为大地回线运行并持续给交流电网输送功率;故障消除后接入检修后的海缆,通过第二次倒闸操作,系统升压运行,从而实现永久性故障穿越。

[0034] 所述第一次倒闸操作具体为分正极直流海缆101或负极直流海缆102两端的线路隔离刀闸103,合第一接地点104、第二接地点105的接地刀闸106,系统转为大地回线运行。

[0035] 所述第二次倒闸操作具体为合正极直流海缆101或负极直流海缆102两端的线路隔离刀闸103,分第一接地点104、第二接地点105的接地刀闸106,系统接入检修后的直流海缆保持正常运行。

[0036] 如图3所示,所述陆上换流站1内设有陆上换流阀11,所述陆上换流阀11由半桥子模块和具有负电平输出能力的全桥子模块串联组成,系统降压或升压均由陆上换流阀11执行。

[0037] 所述半桥子模块拓扑结构包含两个与子模块的输入端、输出端并联的IGBT器件T1和T2,与T1串联的电容器件C,与T1反向并联的二极管D1,与T2反向并联的二极管D2以及均压电阻。

[0038] 所述全桥子模块拓扑结构包含四个与子模块的输入端、输出端并联的IGBT器件T1、T2、T3、T4;四个与IGBT反向并联的二极管D1、D2、D3、D4;电容器件C、均压电阻。

[0039] 全桥子模块运行模式是通过IGBT的开断,强迫电流流通方向改变,从而使陆上换流阀11实现升压或降压目的,具体如下:

[0040] 正投入,T1、T4开通,T2、T3关断,电流方向分别如图4a1、图4a2所示,全桥子模块输出正电压 U_c ,系统升压运行。

[0041] 图4a1为全桥子模块按正投入运行模式示意图,全桥子模块内电流为正。

[0042] 图4a2为全桥子模块按正投入运行模式示意图,全桥子模块内电流为负。

[0043] 负投入,T1、T4关断,T2、T3开通,电流方向分别如图4b1、图4b2所示,全桥子模块输出负电压 U_c ,系统降压运行。

[0044] 图4b1为全桥子模块按负投入运行模式示意图,全桥子模块内电流为正。

[0045] 图4b2为全桥子模块按负投入运行模式示意图,全桥子模块内电流为负。

[0046] 正常运行情况下,陆上换流阀11的上桥臂、下桥臂电压均为正值;但在降压运行时,陆上换流阀11会出现桥臂电压为负值的情况,原因是全桥子模块按负投入运行,输出负电压,上桥臂、下桥臂交替出现负值情况。

[0047] 以上所述实施例仅表达了本实用新型的几种实施方式,其描述较为具体和详细,但并不能因此而理解为对本实用新型专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本实用新型构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本实用新型的保护范围。因此,本实用新型专利的保护范围应以所附权利要求为准。

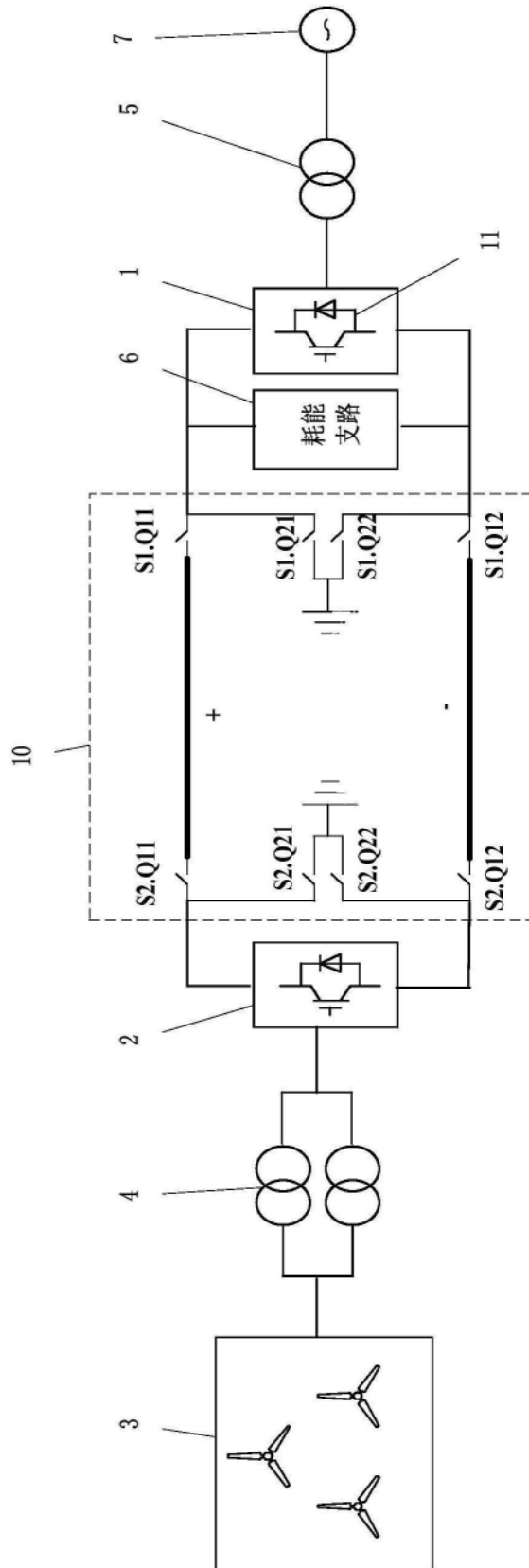


图1

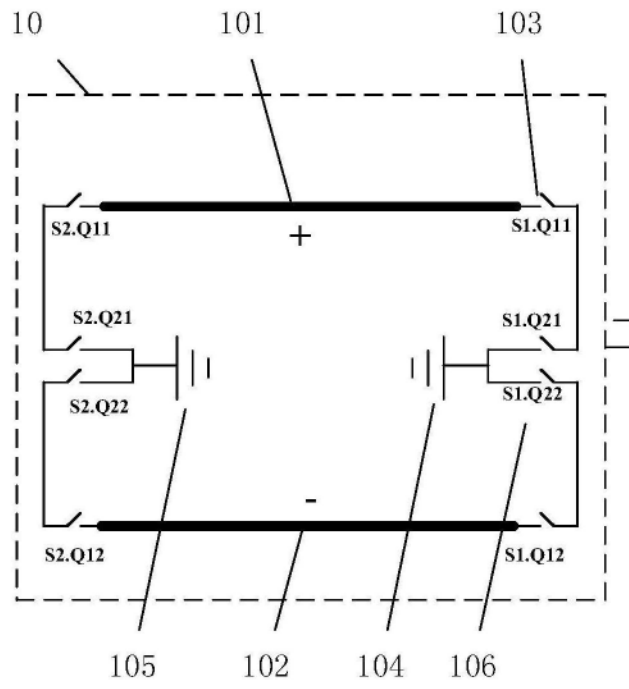


图2

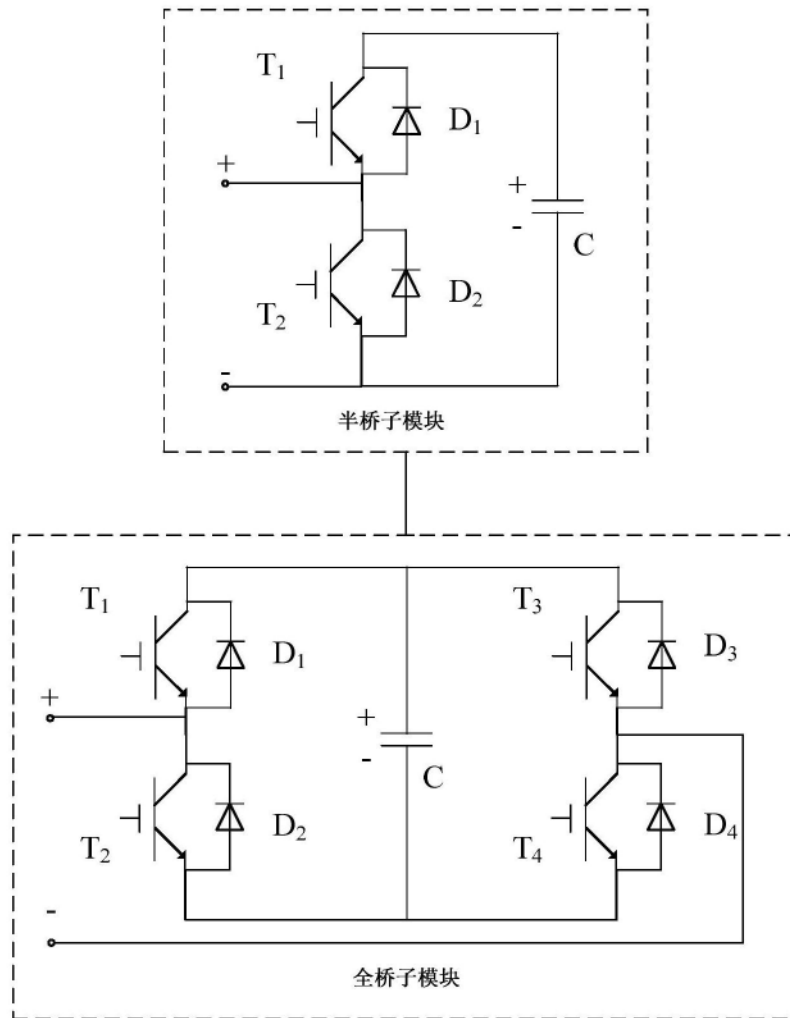


图3

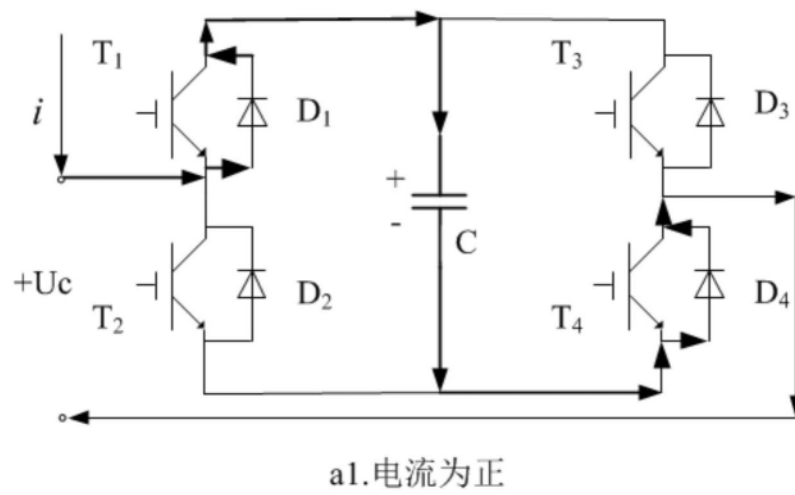
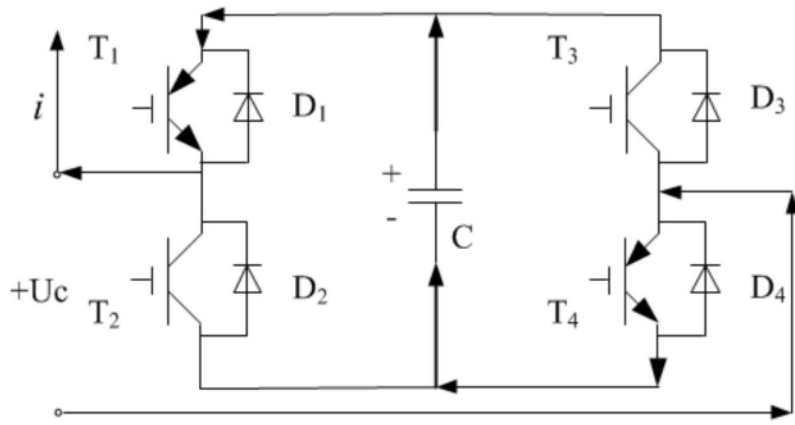
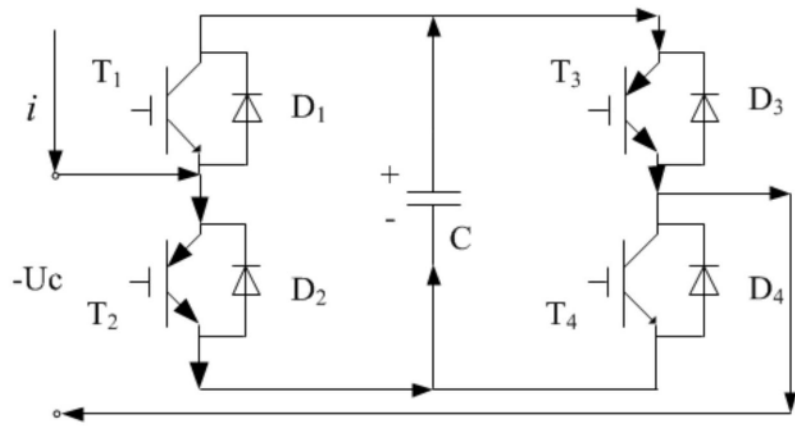


图4a1



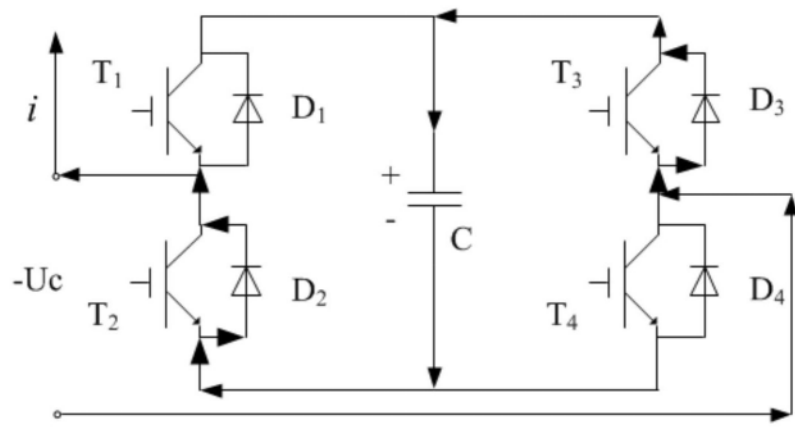
a2. 电流为负

图4a2



b1. 电流为正

图4b1



b2.电流为负

图4b2