



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113794226 A

(43) 申请公布日 2021.12.14

(21) 申请号 202110930490.5

H02M 7/483 (2007.01)

(22) 申请日 2021.08.13

(71) 申请人 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 周国梁 周思远 曾静 杨金根
刘超 刘宣宣 李文津 李浩原
盛晶晶

(74) 专利代理机构 武汉开元知识产权代理有限公司 42104

代理人 陈家安 刘代乐

(51) Int. Cl.

H02J 3/38 (2006.01)

H02M 5/458 (2006.01)

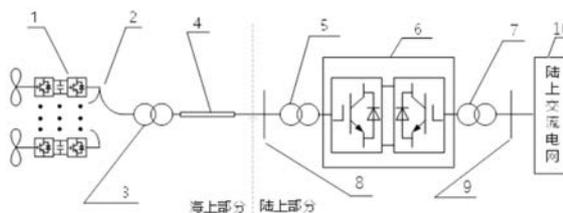
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种海上风电场低频交流输电系统

(57) 摘要

本发明涉及电力电网技术领域,具体涉及一种海上风电场低频交流输电系统。包括风力发电机组、集电线路、海上升压变压器、交流海缆、联接变压器、背靠背柔性直流换流器、风场换流变压器和陆上交流电网,所述风力发电机组的输出端通过集电线路与所述海上升压变压器的低压侧连接,所述海上升压变压器的高压侧通过交流海缆与所述联接变压器的低压侧连接,所述联接变压器的高压侧与所述背靠背柔性直流换流器的输入端连接,所述背靠背柔性直流换流器的输出端与所述风场换流变压器的低压侧连接,所述风场换流变压器的高压侧与所述陆上交流电网连接。该输电系统结构简单,易于搭建。



1. 一种海上风电场低频交流输电系统,其特征在于:包括风力发电机组(1)、集电线路(2)、海上升压变压器(3)、交流海缆(4)、联接变压器(5)、背靠背柔性直流换流器(6)、风场换流变压器(7)和陆上交流电网(10),所述风力发电机组(1)的输出端通过集电线路(2)与所述海上升压变压器(3)的低压侧连接,所述海上升压变压器(3)的高压侧通过交流海缆(4)与所述联接变压器(5)的低压侧连接,所述联接变压器(5)的高压侧与所述背靠背柔性直流换流器(6)的输入端连接,所述背靠背柔性直流换流器(6)的输出端与所述风场换流变压器(7)的低压侧连接,所述风场换流变压器(7)的高压侧与所述陆上交流电网(10)连接。

2. 根据权利要求1所述的海上风电场低频交流输电系统,其特征在于:所述风力发电机组(1)包括输出低频交流电的第一风力发电机组(101)和/或输出工频交流电的第二风力发电机组(102)。

3. 根据权利要求2所述的海上风电场低频交流输电系统,其特征在于:当所述风力发电机组(1)包括第一风力发电机组(101)和第二风力发电机组(102)时,所述背靠背柔性直流换流器(6)为多端背靠背柔性直流换流器(6),所述多端背靠背柔性直流换流器(6)包括多个整流器(601)和一个逆变器(602),所述第一风力发电机组(101)、第二风力发电机组(102)分别与一个整流器(601)连接,多个所述整流器(601)均连接至所述逆变器(602)。

4. 根据权利要求1所述的海上风电场低频交流输电系统,其特征在于:还包括第三风力发电机组(103)和海上换流站(11),所述第三风力发电机组(103)输出端与所述海上换流站(11)连接,所述海上换流站(11)输出端通过直流海缆(12)连接至背靠背柔性直流换流器(6)的逆变器(602)输入端。

5. 根据权利要求1所述的海上风电场低频交流输电系统,其特征在于:所述背靠背柔性直流换流器(6)的整流器(601)和逆变器(602)均采用模块化的多电平换流器。

6. 根据权利要求5所述的海上风电场低频交流输电系统,其特征在于:所述模块化的多电平换流器为半桥子模块、全桥子模块、新型子模块中的任意一种,或

由半桥子模块、全桥子模块、新型子模块中任意两种或以上模块形成的混合拓扑。

7. 根据权利要求6所述的海上风电场低频交流输电系统,其特征在于:所述新型子模块拓扑结构采用双箝位结构,包括全桥子模块,所述全桥子模块内设有IGBT器件T5、二极管D6和D7,所述IGBT器件T5并联于全桥子模块两组串联的IGBT器件之间,所述二极管D6连接于全桥子模块的IGBT器件T2于T4之间,二极管D7连接于全桥子模块的T1和T3之间。

8. 根据权利要求1所述的海上风电场低频交流输电系统,其特征在于:所述背靠背柔性直流换流器(6)的整流器(601)和逆变器(602)安装于同一阀厅中。

9. 根据权利要求1所述的海上风电场低频交流输电系统,其特征在于:所述风力发电机组(1)为永磁同步风力发电机组或双馈风力发电机组。

10. 根据权利要求1所述的海上风电场低频交流输电系统,其特征在于:所述风力发电机组(1)输出的低频交流电的频率为10~20Hz。

一种海上风电场低频交流输电系统

技术领域

[0001] 本发明涉及电力电网技术领域,具体涉及一种海上风电场低频交流输电系统。

背景技术

[0002] 近年来,能源环境问题日益严重,给世界各国带来巨大挑战。为了缓解日益严峻的能源环境问题,新能源发电技术得到了大力的推广和广泛研究。其中,风力发电技术是规模最大、技术最成熟的新能源发电技术之一,在世界范围内得到了大量应用。我国风能储量丰富,若能加以利用,则能大大缓解能源环境问题。此外,海上风电场的场址靠近负荷中心,对其进行开发利用不仅能带动风电产业的纵深发展,也能带动我国相关海洋产业和技术的协调发展,具有重要的战略意义,有必要大力发展风力发电技术。

[0003] 海上风电大规模接入电网,将对电网的电能质量、电压稳定和暂态控制等方面带来挑战。目前,我国已投运的近海风电场大多采用交流海缆送出,这种输电系统具有结构简单的优点。但交流电缆分布电容大,随着输电距离的增加,电缆中流过的无功电流会不断增大,以220kV电缆线路为例,每相每千米为23A,当电缆长度达40km时,每相电容电流可达920A,几乎占用了芯线的全部载流容量。因此,工频交流电缆极限输电距离被限制在较小值,只适合容量较小的近海风电场。

[0004] 为了解决中远海风电消纳问题,海上风电柔性直流送出成为研究热点。采用柔性直流送出系统,在海上设立换流平台,将交流电在海上转化成直流电,通过直流海缆送到海岸,经逆变后馈入岸上电网。柔性直流输电技术解决了大容量中远海风电送出的技术性问题,在以德国为代表的欧洲已有不少工程应用。我国首个海上风电柔性直流输电送出工程-如东海上风电场柔性直流输电工程已经开始建设。

[0005] 然而,我国平均3000小时/年的风资源可利用小时数与欧洲5000小时/年的风资源可利用小时数存在一定差距。在我过风资源较少的前提下,采用建设难度过高的海上换流平台来实现风电消纳并不合适。因此,需要一种更简单、更易于搭建的输电系统来解决中远海大容量海上风电的消纳问题尤为重要。

发明内容

[0006] 本发明的目的就是针对现有技术的缺陷,提供一种海上风电场低频交流输电系统,该输电系统结构简单,易于搭建。

[0007] 本发明的技术方案为:包括风力发电机组、集电线路、海上升压变压器、交流海缆、联接变压器、背靠背柔性直流换流器、风场换流变压器和陆上交流电网,所述风力发电机组的输出端通过集电线路与所述海上升压变压器的低压侧连接,所述海上升压变压器的高压侧通过交流海缆与所述联接变压器的低压侧连接,所述联接变压器的高压侧与所述背靠背柔性直流换流器的输入端连接,所述背靠背柔性直流换流器的输出端与所述风场换流变压器的低压侧连接,所述风场换流变压器的高压侧与所述陆上交流电网连接。

[0008] 较为优选的,所述风力发电机组包括输出低频交流电的第一风力发电机组和/或

输出工频交流电的第二风力发电机组。

[0009] 较为优选的,当所述风力发电机组包括第一风力发电机组和第二风力发电机组时,所述背靠背柔性直流换流器为多端背靠背柔性直流换流器,所述多端背靠背柔性直流换流器包括多个整流器和一个逆变器,所述第一风力发电机组、第二风力发电机组分别与一个整流器连接,多个所述整流器均连接至所述逆变器。

[0010] 较为优选的,还包括第三风力发电机组和海上换流站,所述第三风力发电机组输出端与所述海上换流站连接,所述海上换流站输出端通过直流海缆连接至背靠背柔性直流换流器的逆变器输入端。

[0011] 较为优选的,所述背靠背柔性直流换流器的整流器和逆变器均采用模块化的多电平换流器。

[0012] 较为优选的,所述模块化的多电平换流器为半桥子模块、全桥子模块、新型子模块中的任意一种,或

[0013] 由半桥子模块、全桥子模块、新型子模块中任意两种或以上模块形成的混合拓扑。

[0014] 较为优选的,所述新型子模块拓扑结构采用双箝位结构,包括全桥子模块,所述全桥子模块内设有IGBT器件T5、二极管D6和D7,所述IGBT器件T5并联于全桥子模块两组串联的IGBT器件之间,所述二极管D6连接于全桥子模块的IGBT器件T2于T4之间,二极管D7连接于全桥子模块的T1和T3之间。

[0015] 较为优选的,所述背靠背柔性直流换流器的整流器和逆变器安装于同一阀厅中。

[0016] 较为优选的,所述风力发电机组为永磁同步风力发电机组或双馈风力发电机组。

[0017] 较为优选的,所述风力发电机组输出的低频交流电的频率为10~20Hz。

[0018] 本发明的有益效果为:相较于海上风电柔性直流送出方案,采用低频交流输电方案无需进行海上换流平台的建设,其结构简单,输电系统的搭建难度大大降低。同时,采用低频交流输电传输,能有效控制电缆中无功电流的大小,提升了交流电缆送电的极限距离,使中远距离交流海缆送电方案具备工程可行性。根据输电距离的长短,海上交流系统的额定频率选择为10~20Hz范围,能够具有较长的输电距离。陆上背靠背换流站完成交流变频,将低频海上风电变换成工频,接入电网,完成清洁能源的消纳。背靠背换流站针对工频、低频采用多端设计,使本输电系统即适用于低频交流电传输,也适用于工频交流电传输,普适性高。

附图说明

[0019] 图1为本发明一种海上风电场低频交流输电系统的连接示意图;

[0020] 图2为本发明实施例一的连接示意图;

[0021] 图3为本发明实施例二的连接示意图;

[0022] 图4为本发明实施例三的连接示意图;

[0023] 图5为本发明半桥子模块拓扑结构示意图;

[0024] 图6为本发明全桥子模块拓扑结构示意图;

[0025] 图7为本发明新型子模块拓扑结构示意图;

[0026] 图8为本发明以半桥子模块构建的多电平换流器拓扑结构示意图。

具体实施方式

[0027] 为了使本申请所要解决的技术问题、技术方案及有益效果更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本申请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申请,并不用于限定本申请。

[0028] 需要说明的是,当元件被称为“固定于”或“设置于”另一个元件,它可以直接在另一个元件上或者间接在该另一个元件上。当一个元件被称为是“连接于”另一个元件,它可以是直接连接到另一个元件或间接连接至该另一个元件上。

[0029] 需要理解的是,术语“长度”、“宽度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”“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申请和简化描述,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申请的限制。

[0030] 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或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。在本申请的描述中,“多个”的含义是两个或两个以上,除非另有明确具体的限定。

[0031] 如图1所示,本发明一种海上风电场低频交流输电系统,包括风力发电机组1、集电线路2、海上升压变压器3、交流海缆4、联接变压器5、背靠背柔性直流换流器6、风场换流变压器7和陆上交流电网10,所述风力发电机组1的输出端通过集电线路2与所述海上升压变压器3的低压侧连接,所述海上升压变压器3的高压侧通过交流海缆4与所述联接变压器5的低压侧连接,所述联接变压器5的高压侧与所述背靠背柔性直流换流器6的输入端连接,所述背靠背柔性直流换流器6的输出端与所述风场换流变压器7的低压侧连接,所述风场换流变压器7的高压侧与所述陆上交流电网10连接。

[0032] 其中,海上升压变压器3用于提升电压,传输交流电,电压范围为690V~35kV/66kV。联接变压器5是换流变压器,用于将交流系统电压变换到换流器所需的换相电压,电压范围为35kV/66kV至数百千伏。风场换流变压器7用于把电压调整到陆上交流电网相一致,电压范围为数百千伏至220/500kV。

[0033] 实施例一

[0034] 陆上换流站可以同时完成多风场的接入,如果交流输电采用相同频率,则可通过同一组背靠背换流器接入交流电网。

[0035] 图2示出了本申请较佳实施例(图2示出了本申请第一实施例)提供的一种海上风电场低频交流输电系统的结构示意图,为了便于说明,仅示出了与本实施例相关的部分,详述如下:

[0036] 该结构中,一种海上风电场低频交流输电系统的风力发电机组1输出低频交流电。该结构的海上部分包括风力发电机组1,集电线路2,海上升压变压器3,交流海缆4等设备,风力发电机组发出的低频交流电通过集电线路与海上升压变压器组低压侧相连,并通过长距离交流海缆从海上升压变压器3高压侧连接至陆上部分的交流场。

[0037] 所述陆上部分包括联接变压器5、背靠背柔性直流换流器6及配套的交流场(包括风场侧交流场8和电网侧交流场9)。背靠背系统风场侧交流场连接交流海缆与联接变压器。由于低频交流技术的使用,提高了交流海缆的输电极限距离,使得中远距离海上风电通过

交流送出成为可能。背靠背换流器先将低频交流电整流成为直流电,再将直流电逆变成工频交流电,并送至电网。由于采用全控型的背靠背换流器,在风场投运时,可以通过倒送电建立稳定的交流电压,完成风电场的启动,最大程度保留现有风力发电机组的工作模式,减少改动,控制工程投入。

[0038] 实施例二

[0039] 如果交流输电采用不同频率,如部分通过低频,部分通过工频,则可以通过多端背靠背换流模式,通过共直流母线设计,将交流风电接入电网。

[0040] 如图3所示,该结构风力发电机组1包括输出低频交流电(10~20Hz)的第一风力发电机组101和/或输出工频交流电(50Hz)的第二风力发电机组102。当所述风力发电机组1包括第一风力发电机组101和第二风力发电机组102时,所述背靠背柔性直流换流器6为多端背靠背柔性直流换流器6,所述多端背靠背柔性直流换流器6包括多个整流器601和一个逆变器602,所述第一风力发电机组101、第二风力发电机组102分别与一个整流器601连接,多个所述整流器601均连接至所述逆变器602。

[0041] 实施例三

[0042] 该陆上海风能源汇集站还兼具通过直流母线接入柔性直流馈入风电能力。如图4所示,该结构的风力发电机组1还包括第三风力发电机组103和海上换流站11,所述第三风力发电机组103输出端与所述海上换流站11连接,所述海上换流站11输出端通过直流海缆12连接至背靠背柔性直流换流器6的逆变器602输入端。

[0043] 本发明的背靠背柔性直流换流器6的整流器601和逆变器602均采用模块化的多电平换流器。所述模块化的多电平换流器为半桥子模块、全桥子模块、新型子模块中的任意一种,或由半桥子模块、全桥子模块、新型子模块中任意两种或以上模块按一定比例形成的混合拓扑。

[0044] 其中,半桥子模块的结构如图5所示,全桥子模块的结构如图6所示,新型子模块的结构如图7所示,其中,图8为采用半桥子模块构成的多电平换流器拓扑结构。

[0045] 所述新型子模块拓扑结构采用双箝位结构,包括全桥子模块,所述全桥子模块内设有IGBT器件T5、二极管D6和D7,所述IGBT器件T5并联于全桥子模块两组串联的IGBT器件之间,所述二极管D6连接于全桥子模块的IGBT器件T2于T4之间,二极管D7连接于全桥子模块的T1和T3之间,二极管D6和二极管D7的连接方向一致。

[0046] 作为本发明的优选方案,背靠背柔性直流换流器6的整流器601和逆变器602安装于同一阀厅中。风力发电机组1为永磁同步风力发电机组或双馈风力发电机组以及其他适用于海上风力发电的机组类型。海上风力发电机组,可以是基础安装式风力发电机组,也可以为浮式风力发电机组。

[0047] 本发明所述的输电频率,可根据输电距离的长短以及不同工作频率下送电极限的限制有所调整,其主要取值范围为10~20Hz不等。低频交流系统中的风力发电机组、海上升压变、联接变压器及陆上站风场交流场设备都应能适应该频率。

[0048] 在上述实施例中,对各个实施例的描述都各有侧重,某个实施例中未详述或记载的部分,可以参见其它实施例的相关描述。

[0049] 以上所述实施例仅用以说明本申请的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本申请进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各

实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本申请各实施例技术方案的精神和范围,均应包含在本申请的保护范围之内。

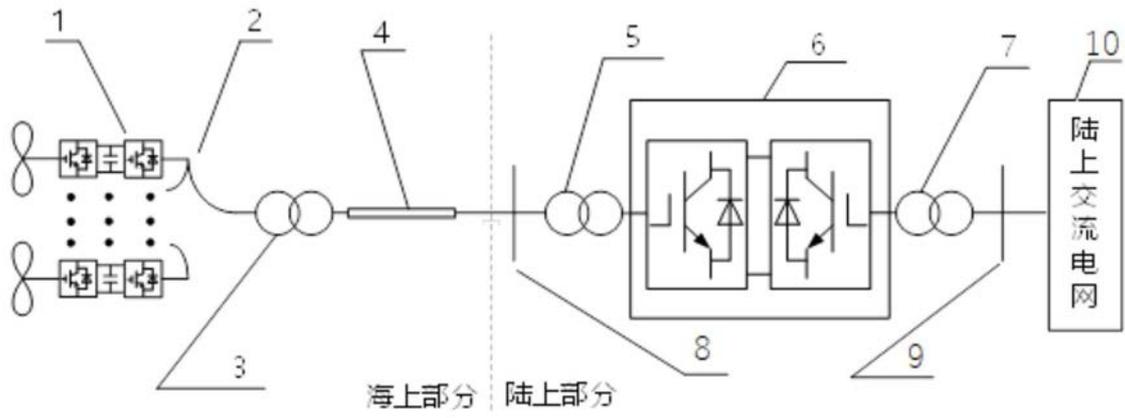


图1

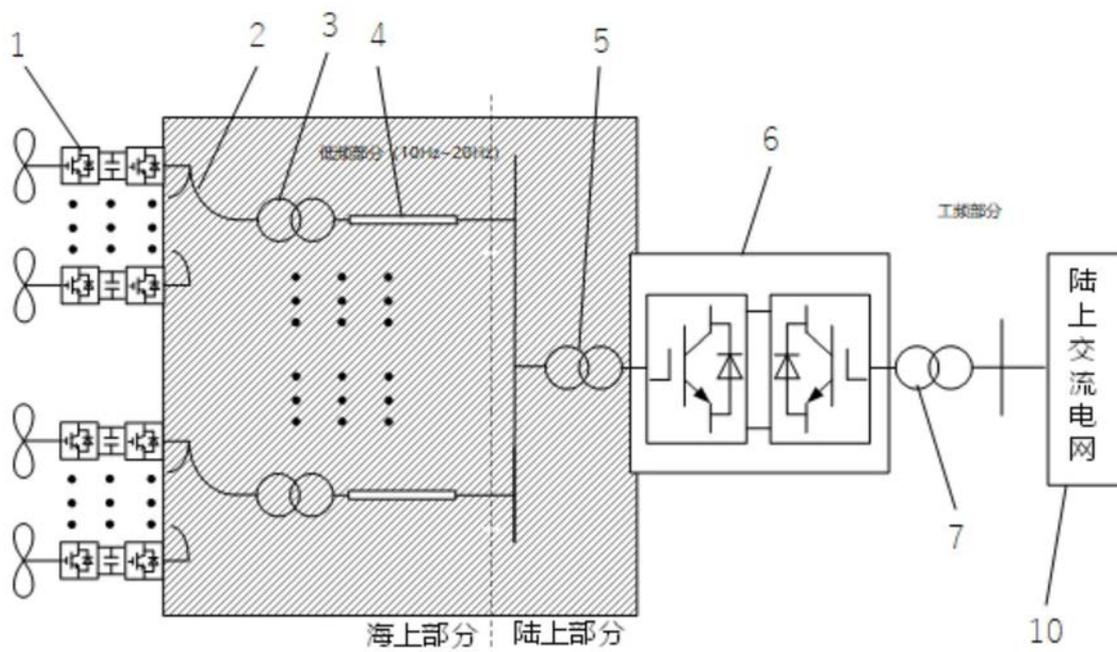


图2

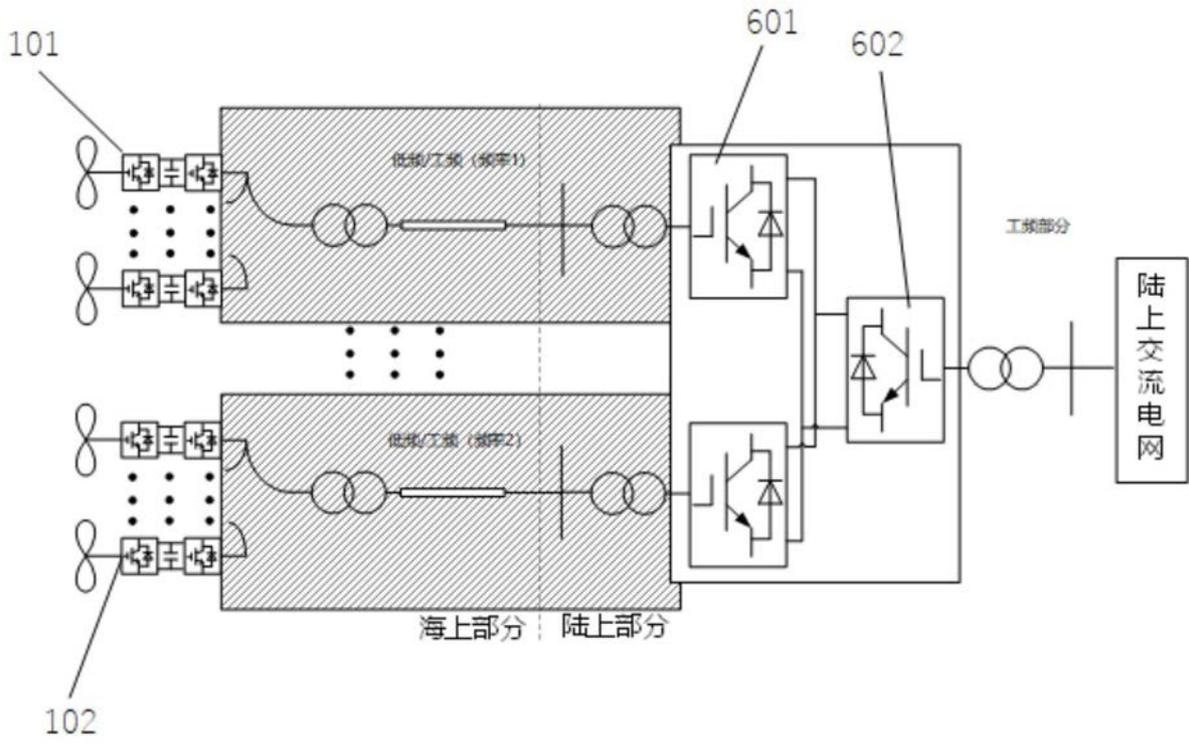


图3

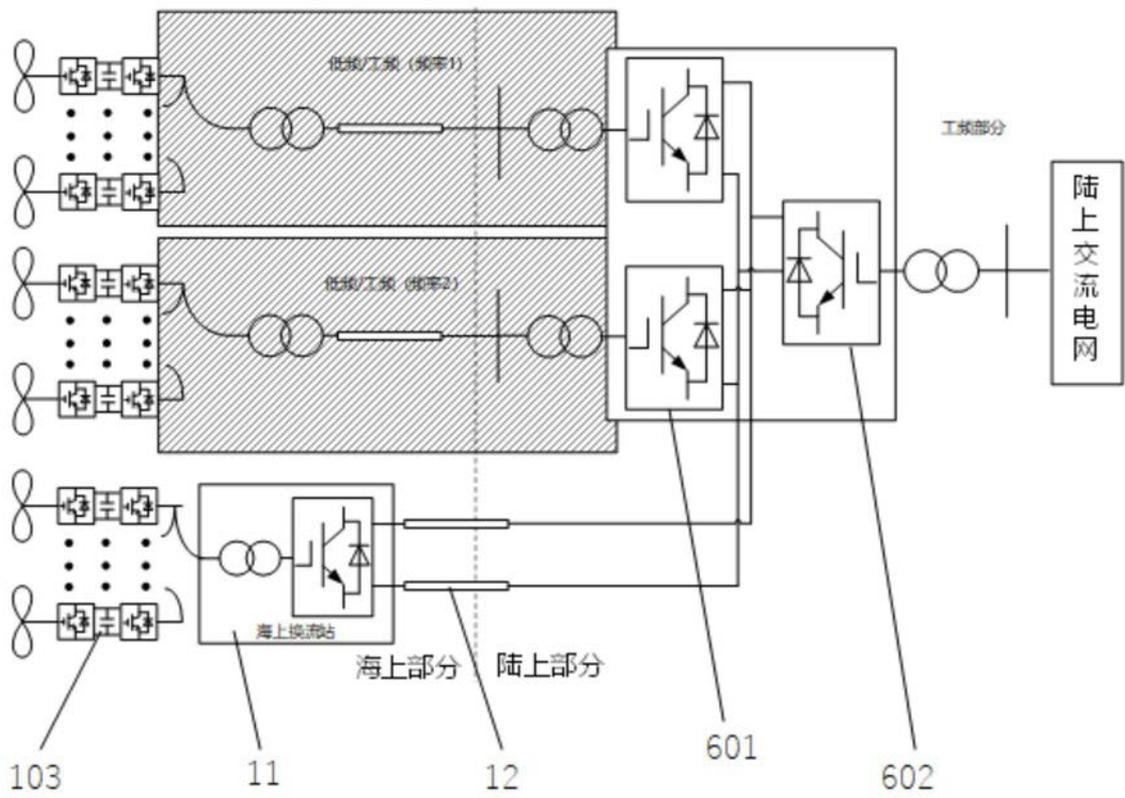


图4

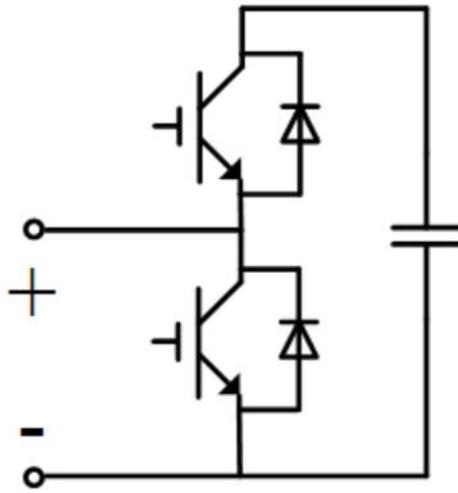


图5

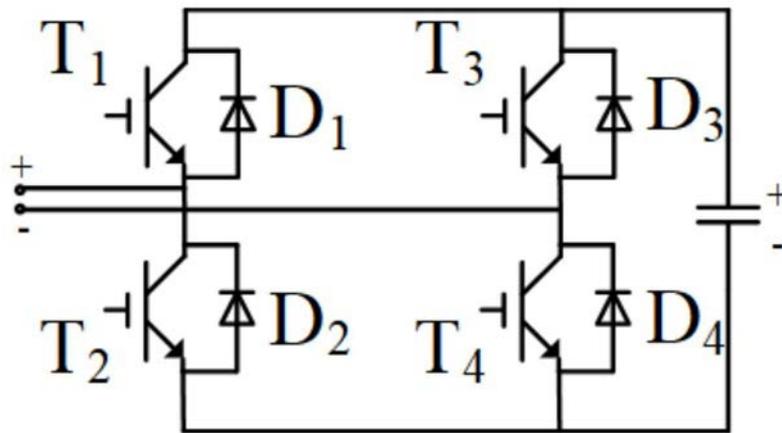


图6

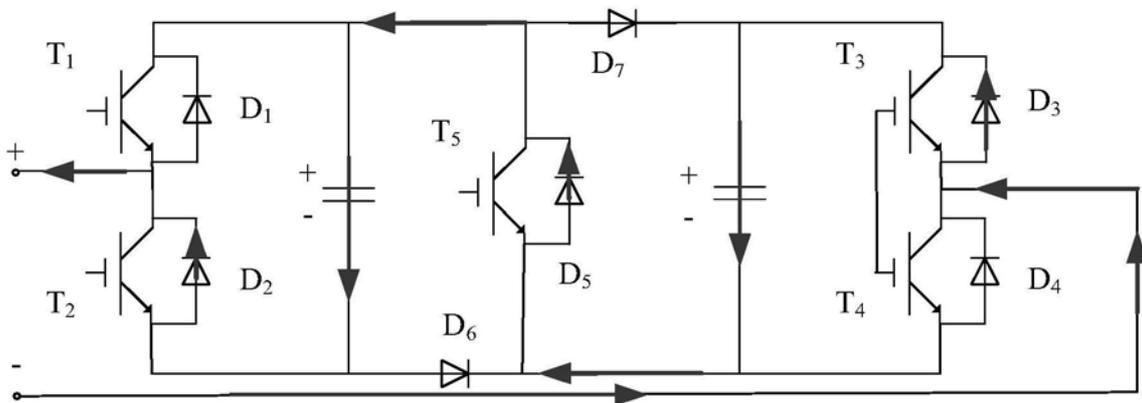


图7

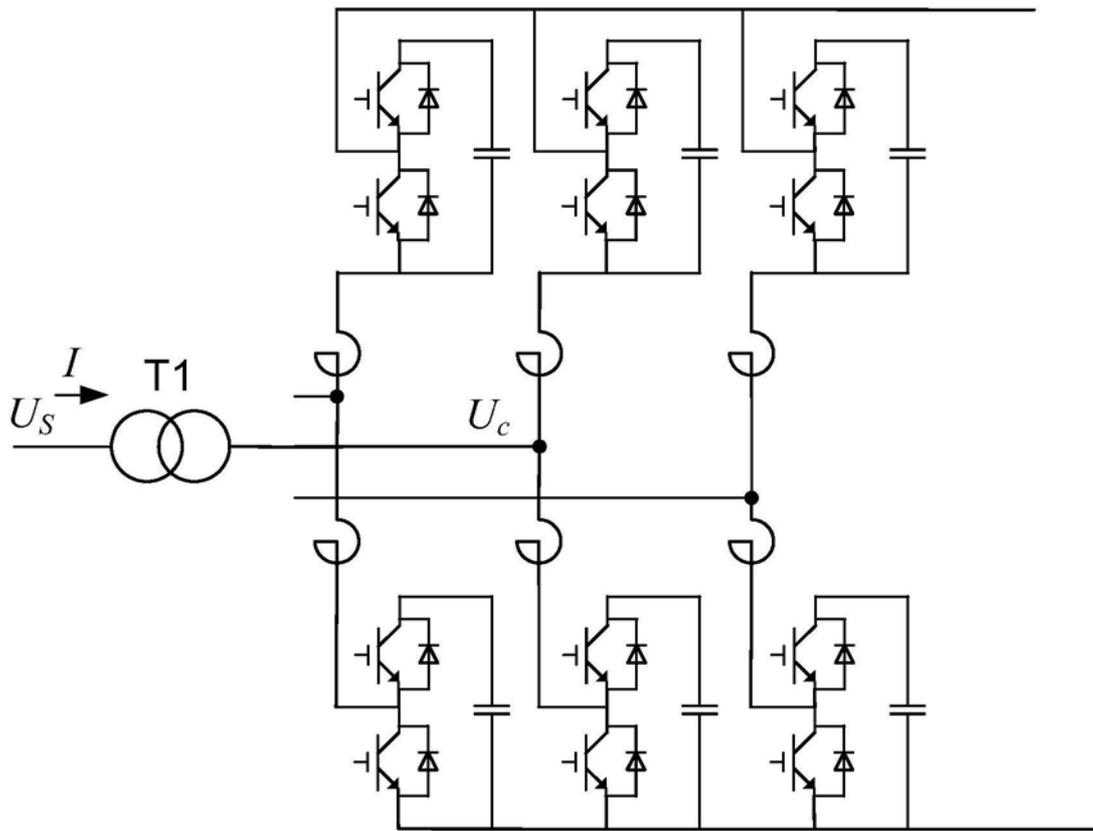


图8