

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101795072 A

(43) 申请公布日 2010.08.04

(21) 申请号 201010117551.8

(22) 申请日 2010.03.03

(71) 申请人 中国科学院电工研究所  
地址 100080 北京市海淀区中关村北二条 6 号

(72) 发明人 李子欣 王平 李耀华 刘丛伟  
朱海滨

(74) 专利代理机构 北京科迪生专利代理有限责  
任公司 11251

代理人 关玲

(51) Int. Cl.  
H02M 3/315(2006.01)  
H02M 7/757(2006.01)

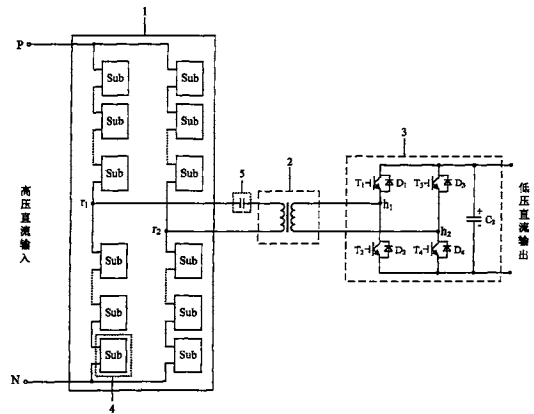
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 1 页

(54) 发明名称

一种高压直流 - 直流电力电子变压器

(57) 摘要

一种高压直流 - 直流电力电子变压器, 由级联式模块化变流器 (1)、一个双绕组中频或高频变压器 (2) 和一个全控型 H 桥 (3) 构成。所述的级联式模块化变流器 (1) 由两个相同的桥臂组成, 每个桥臂由数量相同的子模块 Sub 首尾级联而成; 所述的两个桥臂的中点与双绕组中频或高频变压器 (2) 原边的两根引线分别相连; 所述的双绕组中频或高频变压器 (2) 副边与全控型 H 桥 (3) 直接连接或在双绕组中频或高频变压器 (2) 与全控型 H(3) 之间串联谐振电容 (5)。本发明可以实现高压直流电压与低压直流电压的转换, 同时具备电气隔离功能。与现有高压直流 - 直流变流装置相比, 本发明具有体积小、重量轻的优点。



1. 一种高压直流 - 直流电力电子变压器,其特征在于:所述的直流 - 直流电力电子变压器由级联式模块化变流器 (1),双绕组中频或高频变压器 (2) 和基于全控型电力电子开关器件的全控型 H 桥 (3) 构成,所述的级联式模块化变流器 (1) 由两个相同的桥臂组成,每个桥臂的上端与输入直流电压的正极 P 相连,每个桥臂的下端与输入直流电压的负极 N 相连;每个桥臂分成上半桥臂和下半桥臂,上半桥臂和下半桥臂由数量相同的子模块 Sub 首尾级联而成;所述的两个桥臂的中点与双绕组中频或高频变压器 (2) 原边的两根引线分别相连;所述的双绕组中频或高频变压器 (2) 副边与全控型 H 桥 (3) 直接连接或在双绕组中频或高频变压器 (2) 副边与全控型 H 桥 (3) 之间串连谐振电容 (5),通过变压器漏感和谐振电容 (5) 构成实现串联谐振的主电路。

2. 如权利要求 1 所述的高压直流 - 直流电力电子变压器,其特征在于所述的级联式模块化变流器 (1) 中的子模块 Sub (4) 由一个全控型桥臂与第一电容  $C_1$  并联组成,全控型桥臂由第十一开关 ( $T_{11}$ )、第十二开关 ( $T_{12}$ ),第十一二极管 ( $D_{11}$ ) 和第十二二极管 ( $D_{12}$ ) 构成,第十一开关 ( $T_{11}$ ) 与第十一二极管 ( $D_{11}$ ) 反并联,第十二开关 ( $T_{12}$ ) 与第十二二极管 ( $D_{12}$ ) 反并联,第十一开关 ( $T_{11}$ ) 和第十二开关 ( $T_{12}$ ) 串联,第十一开关 ( $T_{11}$ ) 的上端与第一电容 ( $C_1$ ) 的正极相连,第十二开关 ( $T_{12}$ ) 的下端与电容 ( $C_1$ ) 的负极  $b_2$  相连。

3. 如权利要求 1 所述高压直流 - 直流电力电子变压器,其特征在于所述的全控型 H 桥 (3) 中,第一开关 ( $T_1$ ) 与第一二极管 ( $D_1$ ) 反并联,第二开关 ( $T_2$ ) 与第二二极管 ( $D_2$ ) 反并联,第三开关 ( $T_3$ ) 与第三二极管 ( $D_3$ ) 反并联,第四开关 ( $T_4$ ) 与第四二极管 ( $D_4$ ) 反并联,第一开关 ( $T_1$ ) 与第二开关 ( $T_2$ ) 串联构成第一桥臂,第三开关 ( $T_3$ ) 与第四开关 ( $T_4$ ) 串联构成第二桥臂;第一开关 ( $T_1$ ) 和第三开关 ( $T_3$ ) 的上端与第二电容 ( $C_2$ ) 的正极相连,第二开关 ( $T_2$ ) 和第四开关 ( $T_4$ ) 的下端与第二电容 ( $C_2$ ) 的负极相连,第二电容 ( $C_2$ ) 的正极和负极作为直流输出的正极和负极。

4. 如权利要求 2 或 3 所述的高压直流 - 直流电力电子变压器,其特征在于所述的开关为全控型电力电子开关器件 IGBT、IGCT 或 GTO。

## 一种高压直流 - 直流电力电子变压器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种高压直流 - 直流电能转换、传输的装置,特别涉及一种高压直流 - 直流电力电子变压器。

### 背景技术

[0002] HVDC(高压直流)技术通常被用于从远距离的发电厂向用电设备传输大功率电能,输电线路可以是架空线路或海底电缆。当传统的交流联网方案不可行时, HVDC 技术也可以用于连接两个独立的电网。一般 HVDC 输电系统比交流输电系统有更低的成本和更高的效率。在交流输电系统当中,可以在电力传输线沿线通过电力变压器将主干网电力分接给负载。但是对于 HVDC 输电系统而言,由于电力变压器无法传递直流电能,当需要向沿线负载供电时一般需要建立换流站。换流站通常容量很大,不适合电力负载分接。本发明旨在通过电力电子变换装置实现高压直流到低压直流的变换。

[0003] 美国专利 US 5187651(Ekström)涉及了一种将电力从 HVDC 电力传输系统中分接到本地网络的一种装置。该装置中,第一换流器与 HVDC 传输线路串联连接;第一换流器与第二换流器以及第一变压器构成交流网络;第二换流器和第三换流器通过第二变压器将电能输送到本地的交流网络。这一装置采用了两个变压器,这对于减小体积和重量是十分不利的。另外,由于该装置的第一换流器与 HVDC 的传输线路串联连接,在实际应用时需要改造现有的 HVDC 输电系统,因此灵活性差。

[0004] 美国专利 US 5311418 涉及了一种直接将不同电压等级的直流电压进行转换的 DC/DC 电力变压器。该 DC/DC 电力变压器由两个电力电子开关器件构成的阀桥和一个三相变压器构成。由于该发明中的阀桥采用了两电平的结构,因此在用于高电压,尤其是 HVDC 输电系统的场合时这一结构将无法直接使用。

[0005] 中国专利 200780049442.3 涉及了一种将 HVDC 输电系统的电力分接到本地网络中的装置。该装置由分接装备主电路,无源器件和变压器构成。其中,所述的分接装备主电路由电压源换流器构成,分接装备主电路与 HVDC 传输线并联以获得电力。当所述的分接装备主电路中电压源换流器采用串联连接的结构时,可以承受 HVDC 输电系统的高电压。这一装置中,每输出一相交流电源就需要一个变压器与对应的电压源换流器相连接;当需要输出多相工频电源时,就需要多个工频变压器。多个工频变压器的采用将会增加装置的体积和重量,同时也会导致电能转换效率下降。此外,中国专利 200780049442.3 中相互串联的电压源换流器之间串联了二极管,导致该装置无法实现电能的双向流动。

### 发明内容:

[0006] 本发明的目的是克服现有 HVDC 输电系统直流 - 直流换流装置的缺点,减小装置的体积和重量,提出一种高压直流 - 直流电力电子变压器。本发明不仅可以实现不同电压等级直流电压的相互转换,还可以实现电气隔离的功能。

[0007] 本发明适用于高压直流系统的直流 - 直流电力电子变压器由级联式模块化变流

器,双绕组中频或高频变压器和基于全控型电力电子开关器件的 H 桥三个部分构成。

[0008] 所述的级联式模块化变流器由两个相同的桥臂组成,每个桥臂的上端与输入直流电压的正极相连,每个桥臂的下端与输入直流电压的负极相连,两个桥臂的中点与双绕组中频或高频变压器原边的两根引线分别相连。所述的两个桥臂中,每个桥臂按照桥臂的中点分成上半桥臂和下半桥臂,上半桥臂和下半桥臂由数量相同的子模块 Sub 首尾级联而成。子模块 Sub 由一个全控型桥臂和电容并联构成;全控型桥臂由两个全控型电力电子器件串联构成。

[0009] 所述的级联式模块化变流器将高压直流电变换为中频或者高频的方波电压并输送给双绕组中频或高频变压器的原边。基于全控型电力电子开关器件的 H 桥通过控制其开关动作,在双绕组中频或高频变压器的副边也产生中频或高频的方波电压。

[0010] 所述的双绕组中频或高频变压器与基于全控型电力电子开关器件的 H 桥的一种连接方式是双绕组中频或高频变压器的副边与 H 桥直接连接,此时通过控制双绕组中频或高频变压器原副边方波电压的相角差可以实现对电能流向的控制;另外一种连接方式是在双绕组中频或高频变压器的副边与全控型电力电子开关器件构成的 H 桥之间串入谐振电容,通过变压器漏感和串联的谐振电容构成可以实现变压器原副边电路的串联谐振。相对于无串联谐振的情况,采用串联谐振后能实现中频或高频变压器原副边电路的零电流谐振软开关,可以大大降低装置的损耗,提高运行效率。

[0011] 本发明配电用三相电力电子变压器具有以下特点:

[0012] 1. 可以实现类似于交流变压器的直流电压等级转换,能量传输和电气隔离;

[0013] 2. 输入端为级联式模块化变流器,可以直接并联接入高压直流电压,无需改变现有 HVDC 输电系统配置。级联式模块化变流器需要级联的低压变流器数量可根据输入电压等级灵活选择;

[0014] 3. 只需要一个双绕组中频或高频变压器,相对于现有的装置,能够大大减小变压器的体积和重量,提高电能转换效率。

[0015] 4. 可以实现所有电力电子开关器件的零电流谐振软开关,能够极大地减小系统损耗,提高运行效率;也可以通过提高开关频率进一步减小变压器的体积和重量。

## 附图说明

[0016] 图 1 为本发明整体结构图;

[0017] 图 2 为本发明的级联式模块化变流器中单个子模块 Sub 的具体电路拓扑;

[0018] 图中:1 级联式模块化变流器,2 双绕组中频或高频变压器,3 全控型 H 桥,4 级联式模块化变流器 1 的子模块 Sub,5 谐振电容。

## 具体实施方式

[0019] 本发明高压直流-直流电力电子变压器整体结构如图 1 所示,由级联式模块化变流器 1,双绕组中频或高频变压器 2 和基于全控型电力电子开关器件的全控型 H 桥 3 构成。

[0020] 级联式模块化变流器 1 由完全相同的两个桥臂构成,两个桥臂的上端均与输入直流电压的正极 P 连接在一起,下端均与输入直流电压的负极 N 连接在一起。如图 1 所示,这两个桥臂中,每个桥臂按中点  $r_1$  或  $r_2$  分成上半桥臂和下半桥臂,上下两个半桥桥臂由数量

相同的子模块 Sub 首尾相接级联构成。如图 2 所示,子模块 Sub 的全控型桥臂由第十一开关  $T_{11}$ 、第十二开关  $T_{12}$ 、第十一二极管  $D_{11}$ 、第十二二极管  $D_{12}$  构成,其中, $T_{11}$  与  $D_{11}$  反并联, $T_{12}$  与  $D_{12}$  反并联, $T_{11}$  和  $T_{12}$  串联, $T_{11}$  的下端和  $T_{12}$  的上端共同连接点记为  $b_1$ ,  $T_{11}$  的上端与电容  $C_1$  的正极相连,  $T_{12}$  的下端与电容  $C_1$  的负极相连,电容  $C_1$  的负极记为  $b_2$ ,  $b_1$  和  $b_2$  为子模块 Sub 的引出线。上半桥臂和下半桥臂均由子模块 Sub 级联构成,即:上一个子模块 Sub 的引出线  $b_2$  与下一个子模块 Sub 的  $b_1$  相连。

[0021] 级联式模块化变流器 1 中两个桥臂的中点  $r_1$  和  $r_2$  分别与双绕组中频或高频变压器 2 原边的两根引线相连。双绕组中频或高频变压器 2 副边的两根引线与全控型 H 桥 3 的两个桥臂的中点  $h_1$  和  $h_2$  分别相连。

[0022] 全控型 H 桥由第一开关  $T_1$ 、第二开关  $T_2$ 、第三开关  $T_3$ 、第四开关  $T_4$ 、第一二极管  $D_1$ 、第二二极管  $D_2$ 、第三二极管  $D_3$ 、第四二极管  $D_4$ ,以及第二电容  $C_2$  构成。其中, $T_1$  与  $D_1$  反并联, $T_2$  与  $D_2$  反并联, $T_3$  与  $D_3$  反并联, $T_4$  与  $D_4$  反并联, $T_1$  与  $T_2$  串联构成第一桥臂, $T_3$  与  $T_4$  串联构成第二桥臂; $T_1$  的下端和  $T_2$  的上端共同连接点记为  $h_1$ , $T_3$  的下端和  $T_4$  的上端共同连接点记为  $h_2$ ,  $T_1$  和  $T_3$  的上端与电容  $C_2$  的正极相连,  $T_2$  和  $T_4$  的下端与电容  $C_2$  的负极相连。电容  $C_2$  的正极和负极作为直流输出的正极和负极。

[0023] 所述的开关为 IGBT、IGCT 或 GTO 等全控型电力电子开关器件。

[0024] 通过控制双绕组中频或高频变压器 2 原边和副边电路中电力电子器件的开关状态,使得双绕组中频或高频变压器 2 的原副边都产生几 kHz 到几十 kHz 的同频率方波电压,可以实现直流-直流变换。如前所述,当采用串联谐振时,双绕组中频或高频变压器 2 原副边的方波电压频率和相位完全相同,且占空比均为 50%。当不采用串联谐振时,可以通过控制双绕组中频或高频变压器 2 原副边方波电压的相角差来实现输出直流电压的闭环控制。

[0025] 经基于全控型电力电子开关器件的全控型 H 桥 3 变换得到的低压直流电压可以直接为直流负载供电。在需要交流电压的场合,可以将基于全控型电力电子开关器件的全控型 H 桥 3 提供的低压直流电压经过普通的低压逆变器变换得到所需的交流电压为负载供电。

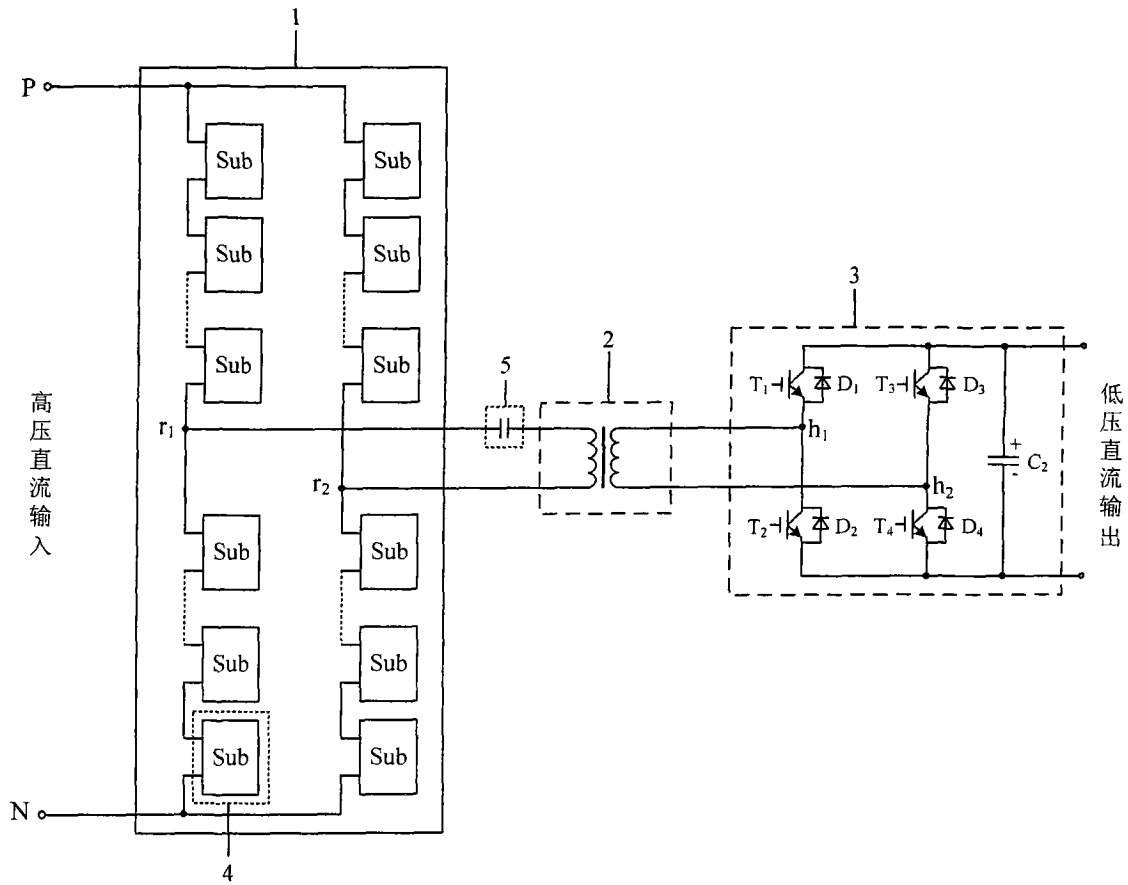


图 1

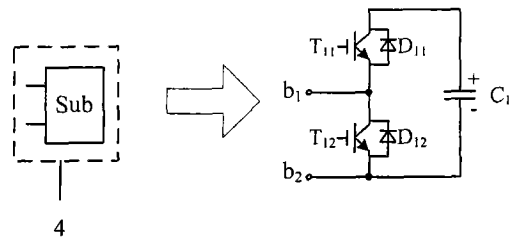


图 2