



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103457468 A

(43) 申请公布日 2013. 12. 18

(21) 申请号 201310333179. 8

(22) 申请日 2013. 08. 01

(71) 申请人 南京南瑞继保电气有限公司

地址 211100 江苏省南京市江宁经济技术开发区胜太路 99 号

申请人 南京南瑞继保工程技术有限公司

(72) 发明人 石巍 方太勋 杨浩 王宇 杨兵 吕玮

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司 32200

代理人 许方

(51) Int. Cl.

H02M 3/28(2006. 01)

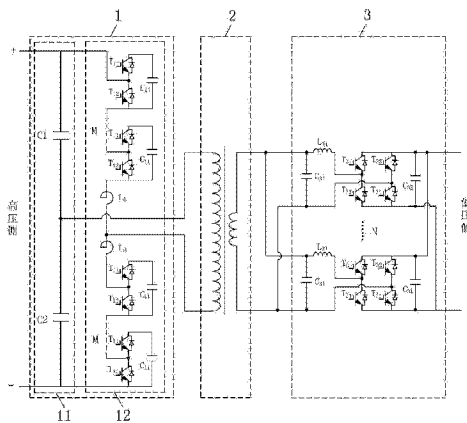
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种高压直流 - 直流变压器

(57) 摘要

本发明公开一种高压直流 - 直流变压器, 包括级联式模块化变流器, 双绕组中低频正弦波变压器和输入并联模块化变流器; 级联式模块化变流器包括两个桥臂, 第一桥臂的上下半桥臂各含有一个电容器组; 第二桥臂的上下半桥臂均包括至少 2 个半桥拓扑功率模块和 1 只电抗器; 双绕组中低频正弦波变压器包括高压输入绕组和低压输出绕组, 高压输入绕组的两端分别连接两个桥臂的接点; 输入并联模块化变流器包括至少一个结构相同的变流器子模块, 每个子模块的输入端均与低压输出绕组连接, 输出端采用串联、并联或串并联混合的连接方式。此种变压器结构具有传输容量大、效率高、成本低的特点, 对加速高压直流 - 直流变压器的实用化和市场化进程具有重要意义。



1. 一种高压直流-直流变压器,其特征在于:包括级联式模块化变流器,双绕组中低频正弦波变压器和输入并联模块化变流器;

所述级联式模块化变流器包括两个桥臂,其中,第一桥臂的上、下半桥臂各含有一个电容器组,二者相接于第一桥臂的接点;第二桥臂的上半桥臂由首至尾依次串联至少2个正向的半桥拓扑功率模块和1只电抗器,而下半桥臂由首至尾依次串联1只电抗器和至少2个正向的半桥拓扑功率模块,且上、下半桥臂中的2只电抗器相接于第二桥臂的接点;两个桥臂的首端共同连接高压侧正极,而尾端共同连接高压侧负极;

所述双绕组中低频正弦波变压器包括1个高压输入绕组和1个低压输出绕组,且高压输入绕组的两端分别连接第一、二桥臂的接点;

所述输入并联模块化变流器包括至少一个结构相同的变流器子模块,且每个变流器子模块的输入端均与双绕组中低频正弦波变压器的低压输出绕组连接,而所有变流器子模块的输出端采用串联、并联或串并联混合的连接方式。

2. 如权利要求1所述的一种高压直流-直流变压器,其特征在于:所述半桥拓扑功率模块包括两只带有反并联二极管的可关断器件和一只电容,第一、二可关断器件正向串联连接,再与电容并联,所述第一、二可关断器件的连接点作为半桥拓扑功率模块的正极,而第二可关断器件的负极作为半桥拓扑功率模块的负极。

3. 如权利要求1或2所述的一种高压直流-直流变压器,其特征在于:所述变流器子模块包括顺序串联而成的无源滤波模块和功率变换模块,其中,无源滤波模块采用LC滤波电路或LCL滤波电路,功率变换模块采用两电平半桥拓扑、两电平全桥拓扑、多电平半桥拓扑或多电平全桥拓扑。

一种高压直流 - 直流变压器

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 - 直流变压器。

背景技术

[0002] 高压直流输电(HVDC)具有输送功率容量大、损耗小、输送距离远、稳定性好等特点,具有广阔的应用前景。为了适应将来将高压直流输电直接应用于用电设备,需要具有和交流隔离变压器功能类似的直流变压装置,将高压直流电转换成隔离的满足用电设备要求的低压直流电。

[0003] 由于单个功率半导体器件的耐压值通常是有限的,所以单个功率半导体器件无法直接应用于高电压场合。为了实现低压功率器件能够应用在高电压场合,通常采用以下几种方法:1)多电平技术;2)多个功率半导体器件串联技术;3)多个功率模块串联技术。

[0004] 文献“Dragan Jovcic, ‘Bidirectional, High-Power DC Transformer’. IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 24, No. 4, pp:2276-2283, October 2009”采用晶闸管串联技术、谐振技术实现了大功率的直流变换与传输。但是,高压侧和低压侧没有电气隔离,高压侧和低压侧晶闸管阀组均承受高压侧电压,增加了设备成本。另外,LC谐振电路在工作过程中产生较大无功容量,增加了设备容量和线路损耗,降低了变换效率。

[0005] 中国专利申请 201010117551.8 涉及了一种高压直流 - 直流电力电子变压器,该直流变压器由级联式模块化变流器、一个双绕组中频或高频变压器和一个全控型 H 桥构成。通过级联式模块化变流器产生多电平的中频或高频方波电压,双绕组中频或高频变压器实现直流 - 直流的电压变换和功率传递,全控型 H 桥将中频或高频变压器的副边方波电压转换成直流电压。

[0006] 中国专利申请 200810024744.1 涉及了一种基于全桥拓扑结构输入串联输出并联自动均压直流变压器,采用多个全桥拓扑结构的直流变压器功率模块输入串联输出并联的拓扑结构。利用输入串联输出并联结构和变压器副边箝位作用,自动实现每个模块输入侧均压。

[0007] 中国专利申请 201010117551.8 和 200810024744.1 中均采用了中频或者高频方波变压器进行电气隔离、电压变换和功率传递。但是,目前可用的中频或高频方波变压器功率容量很难达到上百千瓦以上,一定程度上限制了此类直流变压器的应用。

[0008] 基于以上分析,目前高压直流 - 直流变压器的高压侧开关器件存在着耐压及均压的问题,以及现有直流 - 直流变压器传输容量不足的问题,有待改进。

发明内容

[0009] 本发明的目的,在于提供一种高压直流 - 直流变压器,其具有传输容量大、效率高、成本低的特点,对加速高压直流 - 直流变压器的实用化和市场化进程具有重要意义。

[0010] 为了达成上述目的,本发明的解决方案是:

[0011] 一种高压直流-直流变压器,包括级联式模块化变流器,双绕组中低频正弦波变压器和输入并联模块化变流器;

[0012] 所述级联式模块化变流器包括两个桥臂,其中,第一桥臂的上、下半桥臂各含有一个电容器组,二者相接于第一桥臂的接点;第二桥臂的上半桥臂由首至尾依次串联至少2个正向的半桥拓扑功率模块和1只电抗器,而下半桥臂由首至尾依次串联1只电抗器和至少2个正向的半桥拓扑功率模块,且上、下半桥臂中的2只电抗器相接于第二桥臂的接点;两个桥臂的首端共同连接高压侧正极,而尾端共同连接高压侧负极;

[0013] 所述双绕组中低频正弦波变压器包括1个高压输入绕组和1个低压输出绕组,且高压输入绕组的两端分别连接第一、二桥臂的接点;

[0014] 所述输入并联模块化变流器包括至少一个结构相同的变流器子模块,且每个变流器子模块的输入端均与双绕组中低频正弦波变压器的低压输出绕组连接,而所有变流器子模块的输出端根据低压侧电压等级要求选择串联、并联或串并联混合的连接方式。

[0015] 上述半桥拓扑功率模块包括两只带有反并联二极管的可关断器件和一只电容,第一、二可关断器件正向串联连接,再与电容并联,所述第一、二可关断器件的连接点作为半桥拓扑功率模块的正极,而第二可关断器件的负极作为半桥拓扑功率模块的负极。

[0016] 上述变流器子模块包括顺序串联而成的无源滤波模块和功率变换模块,其中,无源滤波模块采用LC滤波电路或LCL滤波电路,功率变换模块采用两电平半桥拓扑、两电平全桥拓扑、多电平半桥拓扑或多电平全桥拓扑。

[0017] 采用上述方案后,本发明利用现有的功率模块串联技术和双绕组中低频正弦波变压器,能够很好地解决高压直流-直流变压器的高压侧开关器件的耐压、均压问题和现有直流-直流变压器传输容量不足的问题,对加速高压直流-直流变压器的实用化和市场化进程具有重要意义;采用模块串联技术可以灵活的拓展变压器的电压等级;采用双绕组中低频正弦波变压器可以实现高压侧和低压侧的电气隔离、电压变换和功率传递,同时中低频正弦波双绕组变压器的功率容量可以达到MW级以上。

附图说明

[0018] 图1是本发明的整体结构图;

[0019] 图2是本发明中变流器子模块采用两电平半桥LC滤波拓扑结构图;

[0020] 图3是本发明中变流器子模块采用两电平半桥LCL滤波拓扑结构图;

[0021] 图4是本发明中变流器子模块采用两电平全桥LC滤波拓扑结构图;

[0022] 图5是本发明中变流器子模块采用两电平全桥LCL滤波拓扑结构图;

[0023] 图6是本发明中变流器子模块采用三电平中点箝位半桥LC滤波拓扑结构图;

[0024] 图7是本发明中变流器子模块采用三电平中点箝位半桥LCL滤波拓扑结构图;

[0025] 图8是本发明中变流器子模块采用三电平飞跨电容半桥LC滤波拓扑结构图;

[0026] 图9是本发明中变流器子模块采用三电平飞跨电容半桥LCL滤波拓扑结构图;

[0027] 图10是本发明中级联式模块化变流器的等效控制方法示意图;

[0028] 其中,(a)表示 U_{ac} 的电压波形图,(b)表示 U_{a1} 的电压波形图,(c)表示 U_{a2} 的电压波形图。

具体实施方式

[0029] 以下将结合附图,对本发明的技术方案进行详细说明。

[0030] 如图 1 所示,本发明提供一种高压直流-直流变压器,包括级联式模块化变流器 1、双绕组中低频正弦波变压器 2 和输入并联模块化变流器 3,下面分别介绍。

[0031] 所述级联式模块化变流器 1 包括两个桥臂 11、12,其中,桥臂 11 的上、下半桥臂各含有一个电容器组 C1、C2,且上、下半桥臂相接于桥臂 11 的接点;桥臂 12 的上、下半桥臂各包含 M (M 为自然数,且 $M \geq 2$) 个半桥拓扑功率模块和 1 只电抗器,所述半桥拓扑功率模块包括两只带有反并联二极管的可关断器件 T_{11} 、 T_{12} 和电容 C_{11} ,具体的连接方式是:可关断器件 T_{11} 、 T_{12} 正向串联连接,再与电容 C_{11} 并联,所述可关断器件 T_{11} 、 T_{12} 的连接点作为半桥拓扑功率模块的正极,而 T_{12} 的负极作为半桥拓扑功率模块的负极。所述桥臂 12 中,上半桥臂由首至尾依次串联 M 个正向的半桥拓扑功率模块和 1 只电抗器,而下半桥臂由首至尾依次串联 1 只电抗器和 M 个正向的半桥拓扑功率模块,且上、下半桥臂中的 2 只电抗器相接于桥臂 12 的接点。桥臂 11、12 的首端共同连接高压侧正极,而尾端共同连接高压侧负极。

[0032] 所述双绕组中低频正弦波变压器 2 包括 1 个高压输入绕组和 1 个低压输出绕组,其中,高压输入绕组的两端分别连接桥臂 11、12 的接点。

[0033] 所述输入并联模块化变流器 3 包括 N (N 为自然数,且 $N \geq 1$) 个结构相同的变流器子模块,且每个变流器子模块的输入端均与双绕组中低频正弦波变压器 2 的低压输出绕组连接,而所有变流器子模块的输出端根据低压侧电压等级要求选择串联、并联或串并联混合的连接方式。

[0034] 所述变流器子模块包括顺序串联而成的无源滤波模块和功率变换模块,其中,无源滤波模块可以采用 LC 滤波电路或 LCL 滤波电路,而功率变换模块可以采用两电平半桥拓扑、两电平全桥拓扑、多电平半桥拓扑或多电平全桥拓扑。较为典型的模块化变流器拓扑结构有两电平半桥 LC 滤波拓扑(如图 2)、两电平半桥 LCL 滤波拓扑(如图 3)、两电平全桥 LC 滤波拓扑(如图 4)、两电平全桥 LCL 滤波拓扑(如图 5)、三电平中点箝位半桥 LC 滤波拓扑(如图 6)、三电平中点箝位半桥 LCL 滤波拓扑(如图 7)、三电平飞跨电容半桥 LC 滤波拓扑(如图 8)、三电平飞跨电容半桥 LCL 滤波拓扑(如图 9);前述图 2 至图 9 的左侧连接直流端,右侧连接交流端。

[0035] 本发明工作时,级联式模块化变流器 1 将直流电压整形成中低频正弦波电压;所述的双绕组中低频正弦波变压器 2 进行中低频送能、电压变换和电气隔离,且中低频频率范围为 30Hz ~ 500Hz;所述的输入并联模块化变流器 3 将中低频正弦波电压还原成直流电压,进行输出。

[0036] 本发明处于稳态工作时,高压侧直流母线电压为 U_{dc} ,则桥臂 11 中的上、下半桥臂电容器组两端电压为 $U_{dc}/2$,桥臂 12 中的上、下半桥臂中半桥拓扑功率模块箝位电容上的电压为 U_{dc}/M ,即:桥臂 11 中的上、下半桥臂电容器组电压之和、桥臂 12 中上、下半桥臂的半桥拓扑功率模块箝位电容电压之和都等于直流母线电压 U_{dc} ,同时,由于离散控制算法的误差以及开关器件和磁芯元件的非线性特性,造成电容器组电压 U_{ck} 和半桥拓扑功率模块箝位电容电压 U_{cx} 存在一定的波动,一般控制在 $U_{dc}/2-H \leq U_{ck} \leq U_{dc}/2+H$ 、 $U_{dc}/2-h \leq U_{cx} \leq U_{dc}/2+h$,其中 H、h 为滞环带。

[0037] 为了清楚地分析高压直流-直流变压器的工作原理,现对高压直流-直流变压

器的高压侧级联式模块化变流器进行分析,高压侧直流母线为 U_{dc} ,桥臂 11 的接点电压为 $U_{dc}/2$,桥臂 12 的上半桥臂输出电压为 U_{a1} 、下半桥臂输出电压为 U_{a2} ,两桥臂输出电压为 U_{ac} ,则有下列关系式成立

[0038] $U_{a1}+U_{a2}=U_{dc}$ (1.1)

[0039] $U_{a1}-U_{dc}/2=U_{ac}$ (1.2)

[0040] 根据 KVL 定律可知,还存在下列电压关系式

[0041] $U_{a1}=U_{dc}/2-U_{ac}$ (1.3)

[0042] $U_{a2}=U_{dc}/2+U_{ac}$ (1.4)

[0043] 其中, U_{ac} 、 U_{dc} 为已知量,所以 U_{a1} 和 U_{a2} 就可以通过(1.3)、(1.4)式计算得到,从而可以得出上下半桥臂半桥拓扑功率模块的参考电压值,高压直流-直流变压器的高压侧级联式模块化变流器的等效控制方法如图 10 所示。

[0044] 此处已经根据特定的示例性实施例对本发明进行了描述。对本领域的技术人员来说在不脱离本发明的范围下进行适当的替换或修改将是显而易见的。示例性的实施例仅仅是例证性的,而不是对本发明的范围的限制,本发明的范围有所附的权利要求定义。

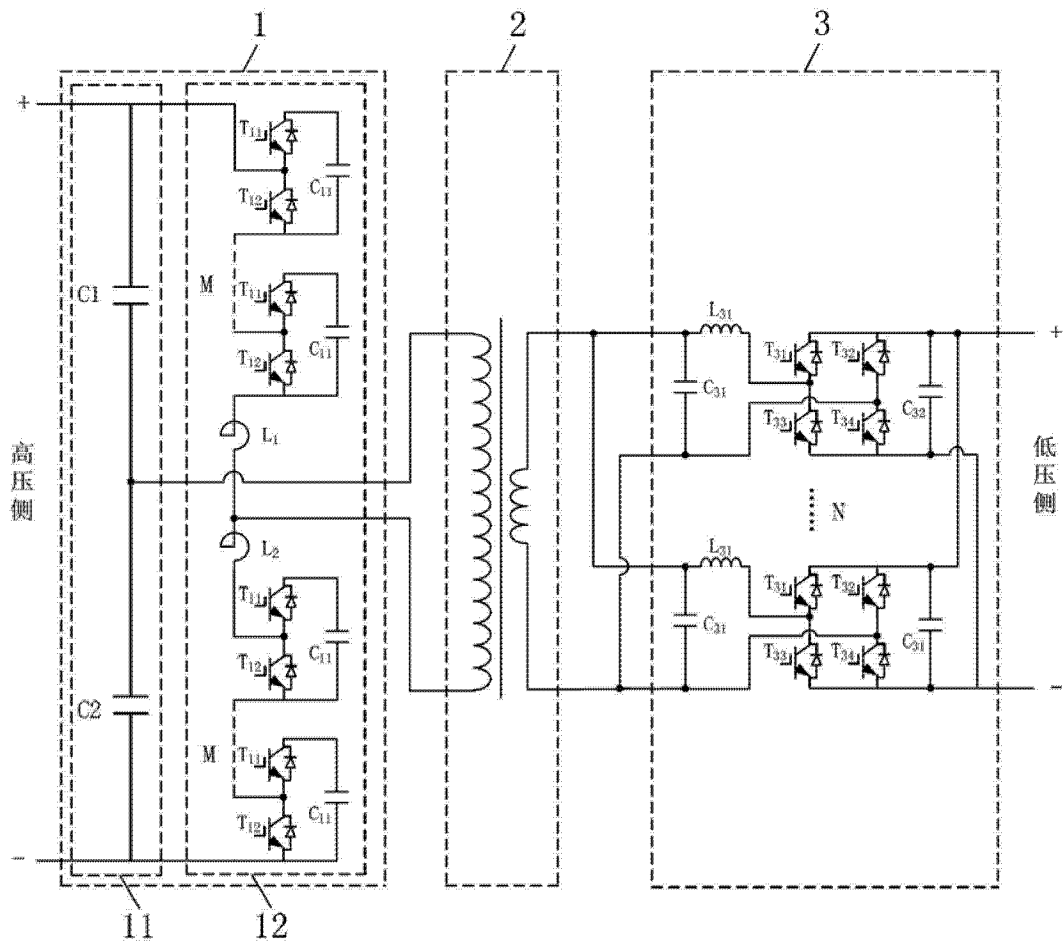


图 1

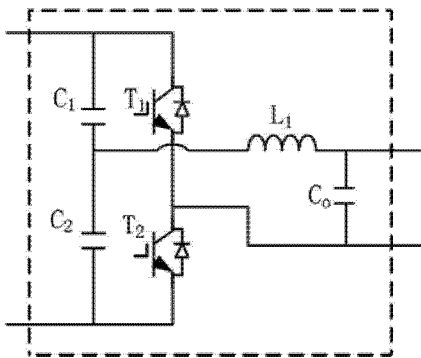


图 2

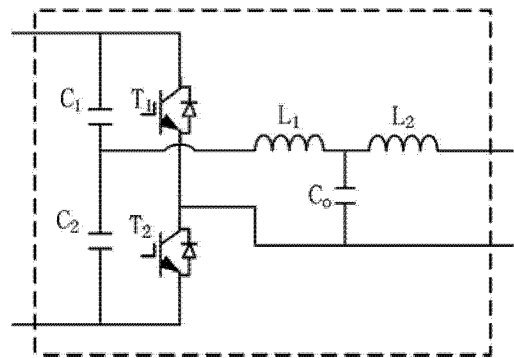


图 3

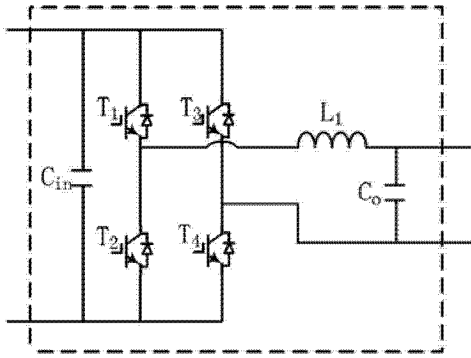


图 4

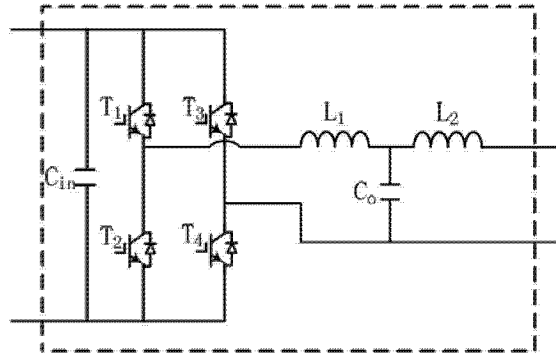


图 5

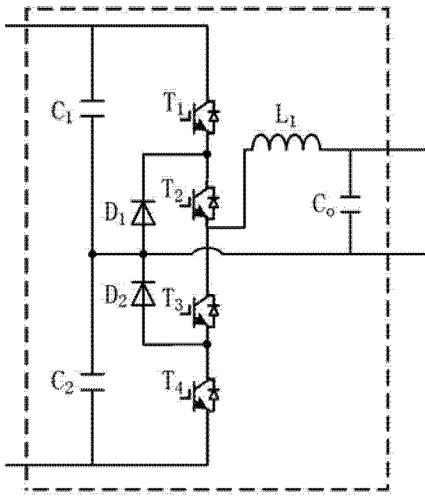


图 6

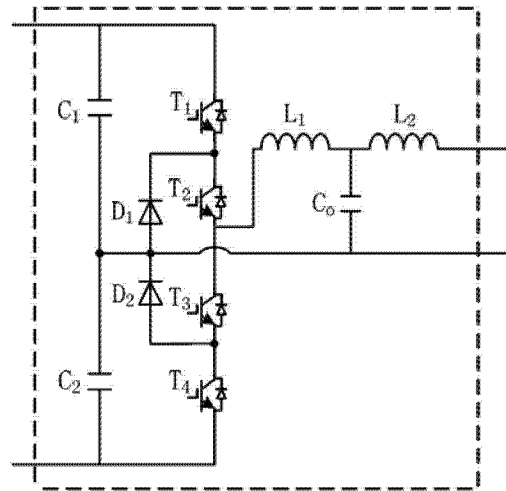


图 7

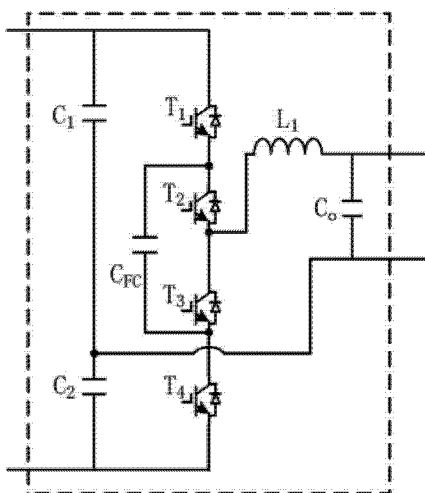


图 8

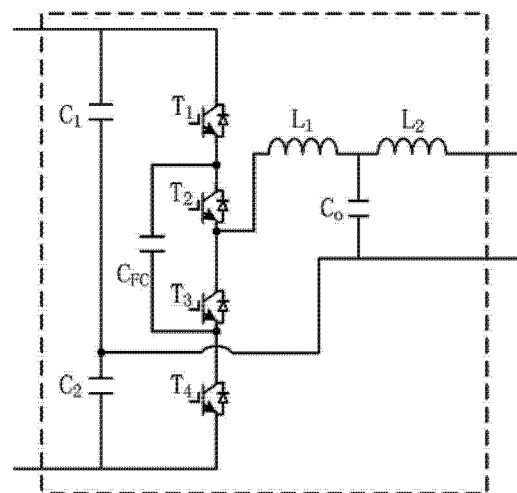


图 9

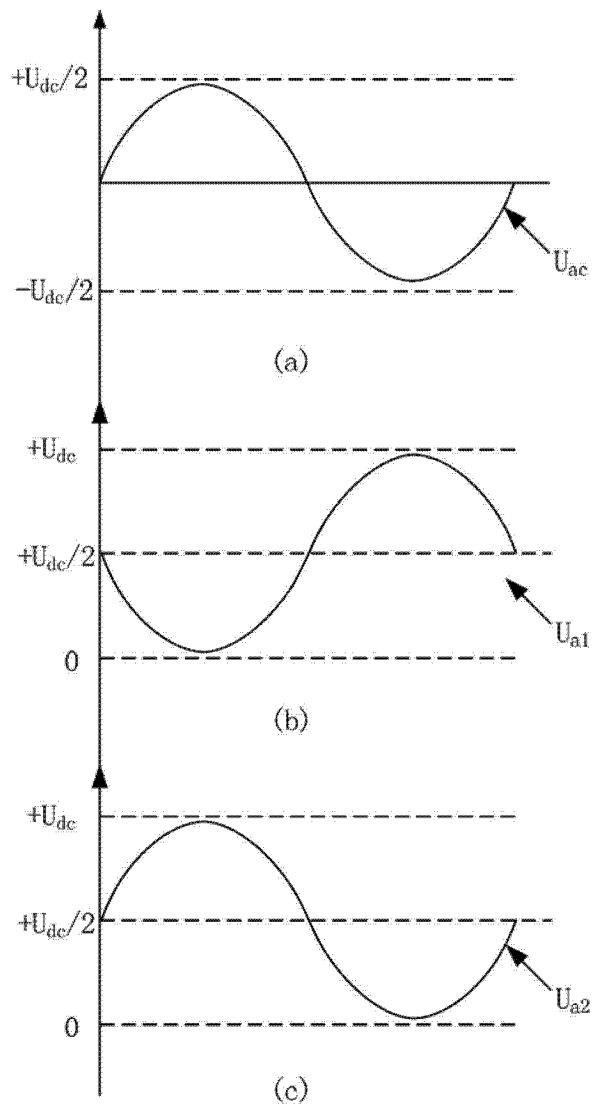


图 10