

(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 201966809 U

(45) 授权公告日 2011. 09. 07

(21) 申请号 201020677414. 5

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

(22) 申请日 2010. 12. 24

(73) 专利权人 东南大学

地址 210096 江苏省南京市四牌楼 2 号

专利权人 南京立业电力变压器有限公司

(72) 发明人 赵剑锋 季振东 翟广平 蒋本洲

冯祖康 于鹏 王辉 苏晓龙

(74) 专利代理机构 南京苏高专利商标事务所

(普通合伙) 32204

代理人 柏尚春

(51) Int. Cl.

H02M 5/44 (2006. 01)

H02M 5/458 (2006. 01)

H02M 1/42 (2007. 01)

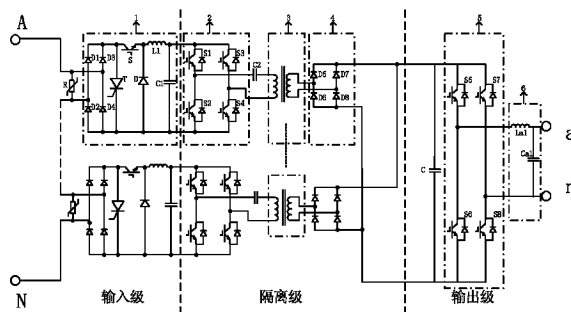
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 实用新型名称

一种基于简易 PFC 的电力电子变压器

(57) 摘要

本实用新型公开了一种基于简易 PFC 的电力电子变压器,其三相电路中各单相结构相同且独立,每相包括输入级、隔离级和输出级,各单相输入级的功率变换器组和输出级的功率变换器组的输入端分别按星型连接;各单相的输入级采用串联方式,输入级功率变换器组包括二极管桥式电路和 buck 电路,可以实现功率因数控制,每个功率变换器组的交流侧并联压敏电阻;隔离级包括高频 DC/AC、高频变压器和高频 AC/DC 环节,高频变压器的原边串联电容,通过谐振软开关作用降低开关管损耗;隔离级输出侧采用并联连接;输出级功率变换器组采用桥式逆变电路,输出侧还连接滤波器。本实用新型可以简化电路结构、降低成本,同时能够实现功率因数校正和谐振软开关,提高转换效率。



1. 一种基于简易 PFC 的电力电子变压器,其特征在于:其三相电路中各单相结构相同且独立,每相包括输入级、隔离级和输出级;各单相输入级的功率变换器组和输出级的功率变换器组的输入端分别按星型连接;各单相输入级的功率变换器组包括第一功率变换器(1),第一功率变换器(1)包括二极管桥式电路和 buck 电路,第一功率变换器(1)交流侧并联压敏电阻,直流侧连接相应的直流储能电容;隔离级包括作为高频 DC/AC 环节的第二功率变换器(2)、高频变压器(3)和作为高频 AC/DC 环节的第三功率变换器(4);输出级的功率变换器组包括第四功率变换器(5),其采用电压源型桥式逆变电路;第一功率变换器(1)的输出端并联直流储能电容后接第二功率变换器(2)的输入端,第二功率变换器(2)的输出端串联电容后接高频变压器(3)的原边,高频变压器(3)的副边接第三功率变换器(4)的输入端,第三功率变换器(4)的输出端并上直流储能电容后接第四功率变换器(5)的输入端,第四功率变换器(5)的输出端对应连接滤波器(6)。

2. 根据权利要求 1 所述的基于简易 PFC 的电力电子变压器,其特征在于:所述的输入级的二极管桥式电路包括第一功率二极管(D1)、第二功率二极管(D2)、第三功率二极管(D3)、第四功率二极管(D4),所述的 buck 电路包括功率开关管(S)、功率二极管(D)、电抗器(L1)和电容器(C1),第一功率二极管(D1)、第二功率二极管(D2)串联后的连接中点接交流输入侧负端,第三功率二极管(D3)、第四功率二极管(D4)串联后的连接中点接交流输入侧正端,交流输入侧并联压敏电阻(R),二极管整流桥输出直流侧两个端线间并联晶闸管(T),直流侧的正端串联功率开关管(S),再在直流侧两个端线间并联二极管(D),随后在直流侧的正端串联电抗器(L1),并再在直流侧两个端线间并联电容器(C1)。

3. 根据权利要求 1 所述的基于简易 PFC 的电力电子变压器,其特征在于:所述的第二功率变换器(2)由第一功率开关单元(S1)、第二功率开关单元(S2)、第三功率开关单元(S3)、第四功率开关单元(S4)组成的桥式拓扑结构,第一功率开关单元(S1)、第二功率开关单元(S2)互补导通后串联电容器(C2)接高频变压器(3)原边正端,第三功率开关单元(S3)、第四功率开关单元(S4)互补导通后接高频变压器(3)原边负端,所述第三功率变换器(4)为由第五功率二极管(D5)、第六功率二极管(D6)、第七功率二极管(D7)、第八功率二极管(D8)组成桥式电路,第五功率二极管(D5)、第六功率二极管(D6)串联后的连接中点接高频变压器(3)的副边正端,第七功率二极管(D7)、第八功率二极管(D8)串联后的连接中点接高频变压器(3)的副边负端,直流侧输出端并联在同一直流储能电容(C)上。

4. 根据权利要求 1 所述的基于简易 PFC 的电力电子变压器,其特征在于:所述第四功率变换器(5)由第五功率开关单元(S5)、第六功率开关单元(S6)、第七功率开关单元(S7)、第八功率开关单元(S8)组成桥式拓扑结构,第五功率开关单元(S5)、第七功率开关单元(S7)的正端接第三功率变换器(4)输出正端,第六功率开关单元(S6)、第八功率开关单元(S8)的负端接第三功率变换器(4)输出负端,第五功率开关单元(S5)、第六功率开关单元(S6)互补导通后接滤波器(6)的输入端,第七功率开关单元(S7)、第八功率开关单元(S8)互补导通后接滤波器(6)的输入端。

5. 根据权利要求 3 或 4 所述的基于简易 PFC 的电力电子变压器,其特征在于:所述每个功率开关单元由两个 IGBT 和一个反向连接的二极管并联组成。

6. 根据权利要求 1 或 4 所述的基于简易 PFC 的电力电子变压器,其特征在于:所述的滤波器(6)由输出滤波电感(La1)与输出滤波电容(Ca1)组成。

## 一种基于简易 PFC 的电力电子变压器

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种应用在配电网的电力电子变压器,具体涉及一种基于简易 PFC 的电力电子变压器。

### 背景技术

[0002] 传统的电力变压器通常采用铁芯油浸式,具有制作工艺简单、可靠性高等优点,但是缺点也十分明显,如体积、重量大,空载损耗较高,绝缘油对环境存在威胁,功能比较单一,过载时易导致输出电压下降、产生谐波,在投入电网时还会造成较大的励磁涌流,造成对电网的污染。传统电力变压器的缺点和单一的功能很难满足未来电网建设的需求和目标。作为一种新型的能量转换设备,电力变压器具有体积小、重量轻、空载损耗小、不需要绝缘油等优点,能很好替代传统的电力变压器应用在输配电系统中,具有非常广阔的前景。

[0003] 上世纪 70 年代电力电子变压器 (PET-Power electronic transformer) 的概念被提出, PET 是利用电力电子换流技术实现电压变换和能量传递的。其突出特点是通过电压型变换器 (VSC) 对其原副边交流侧电压、电流的幅值和相位进行连续可控调节。因此, PET 不仅可以克服传统变压器的缺陷,还可以解决电力系统面临的电磁环网、电能质量、无功动态补偿以及提高系统稳定极限等问题。而 PFC 的英文全称为“Power Factor Correction”,意思是“功率因数校正”,功率因数指的是有效功率与总耗电量(视在功率)之间的关系,也就是有效功率除以总耗电量(视在功率)的比值。基本上功率因素可以衡量电力被有效利用的程度,当功率因素值越大,代表其电力利用率越高。

[0004] 目前国内外现有的关于电力电子变压器专利中开关器件过多,成本较高,且开关损耗较大,转换效率不高,这一定程度上影响了电力电子变压器的推广和应用。但是,随着电力电子器件水平和高频变压器材料的发展,电力电子变压器必将会代替传统变压器而在电力系统中得到广泛的应用。

### 实用新型内容

[0005] 发明目的:为了克服现有技术中存在的不足,本实用新型提出一种基于简易 PFC 的电力电子变压器,相比传统的电力变压器,其可以大大减小变压器的体积,降低损耗,提高整体的变换效率。

[0006] 技术方案:为解决上述技术问题,本实用新型的一种基于简易 PFC 的电力电子变压器,其三相电路中各单相结构相同且独立,每相包括输入级、隔离级和输出级;各单相输入级的功率变换器组和输出级的功率变换器组的输入端分别按星型连接;各单相输入级的功率变换器组包括第一功率变换器,第一功率变换器包括二极管桥式电路和 buck 电路,第一功率变换器交流侧并联压敏电阻,直流侧连接相应的直流储能电容;隔离级包括作为高频 DC/AC 环节的第二功率变换器、高频变压器和作为高频 AC/DC 环节的第三功率变换器;输出级的功率变换器组包括第四功率变换器,其采用电压源型桥式逆变电路;第一功率变换器的输出端并联直流储能电容后接第二功率变换器的输入端,第二功率变换器的输出端串联

电容后接高频变压器的原边,高频变压器的副边接第三功率变换器的输入端,第三功率变换器的输出端并上直流储能电容后接第四功率变换器的输入端,第四功率变换器的输出端对应连接滤波器的输入端,滤波器的输出端接三相供电网络。

[0007] 所述的输入级的二极管桥式电路包括第一功率二极管、第二功率二极管、第三功率二极管、第四功率二极管,所述的 buck 电路包括功率开关管、功率二极管、电抗器和电容器,第一功率二极管、第二功率二极管串联后的连接中点接交流输入侧负端,第三功率二极管、第四功率二极管串联后的连接中点接交流输入侧正端,交流输入侧还并联压敏电阻,二极管整流桥输出直流侧两个端线间并联晶闸管,直流侧的正端串联功率开关管,再在直流侧两个端线间并联二极管,随后在直流侧的正端串联电抗器,并再在直流侧两个端线间并联电容器。

[0008] 所述的第二功率变换器由第一功率开关单元、第二功率开关单元、第三功率开关单元、第四功率开关单元组成桥式拓扑结构,第一功率开关单元、第二功率开关单元互补导通后串联电容器接高频变压器原边正端,第三功率开关单元、第四功率开关单元互补导通后接高频变压器原边负端,所述第三功率变换器由第五功率二极管、第六功率二极管、第七功率二极管、第八功率二极管组成桥式电路,第五功率二极管、第六功率二极管串联后的连接中点接高频变压器的副边正端,第七功率二极管、第八功率二极管串联后的连接中点接高频变压器的副边负端,直流侧输出端并联在同一直流储能电容上。

[0009] 所述的第四功率变换器由第五功率开关单元、第六功率开关单元、第七功率开关单元、第八功率开关单元组成桥式拓扑结构,第五功率开关单元、第七功率开关单元的正端接第三功率变换器输出正端,第六功率开关单元、第八功率开关单元的负端接第三功率变换器输出负端,第五功率开关单元、第六功率开关单元互补导通后接滤波器的输入端,第七功率开关单元、第八功率开关单元互补导通后接滤波器的输入端。

[0010] 所述的每个功率开关单元由两个 IGBT 和一个反向连接的二极管并联组成。

[0011] 所述的滤波器由输出滤波电感与输出滤波电容组成。

[0012] 本实用新型的一种基于简易 PFC 的电力电子变压器,其基本功率单元基于 AC-DC-AC-DC-AC 型电力电子变压器,基本功率单元结构的主要工作原理为:输入级的交流侧并联压敏电阻,起保护作用,输入级将工频交流信号通过二极管不可控整流和 buck 降压电路转化为直流信号,即 AC-DC 环节,并实现功率因数控制,通过 buck 降压电路还可以减小开关管器件的电压应力;输入级中二极管桥式整流电路和 buck 电路之间并联晶闸管,具有一定的容错能力;通过隔离级中的第二功率变换器将直流信号转化为高频方波信号,即 DC-AC 环节,第二功率变换器的输出串联上一电容后接高频隔离变压器的原边,并能起谐振软开关作用,从而降低开关损耗,提高转换效率,高频隔离变压器的副边通过二极管不可控整流转化为直流信号,即 AC-DC 环节,再通过第四功率变换器还原成工频交流信号,即 DC-AC 环节;通过适当的控制策略来控制电力电子装置的工作,从而将一种频率、电压、波形的电能变换为另一种频率、电压、波形的电能。

[0013] 各单相输入级中第一功率变换器串联连接,从而可以直接接入不同等级的高压;各单相隔离级作为高频 AC/DC 环节的第三功率变换器的直流侧并联连接;输出级采用桥式功率变换器结构,滤波器由输出滤波电感与输出滤波电容组成。

[0014] 有益效果:本实用新型的一种基于简易 PFC 的电力电子变压器,其与现有技术相

比,除了具备传统电力变压器器的优点外,还具有以下优点:

[0015] 1、本实用新型的一种基于简易 PFC 的电力电子变压器,其通过 buck 电路实现功率因数校正,可以大大减少这部分的开关管的数目;

[0016] 2、本实用新型的一种基于简易 PFC 的电力电子变压器,其采用基本功率单元组合的方式构成,单相输入级采用由基本功率单元的输入级功率变换器串联连接,便于灵活应用于各个电压等级的配电网线路上,可直接输入高压;

[0017] 3、本实用新型的一种基于简易 PFC 的电力电子变压器,其隔离级谐振电容和谐振软开关的实现,可以在一定程度上降低开关损耗,提高装置的整体转换效率;

[0018] 4、本实用新型的一种基于简易 PFC 的电力电子变压器,其输入级中间还并联晶闸管,通过适当的控制使本电力电子变压器具有容错能力。

### 附图说明

[0019] 图 1 为本实用新型的基于简易 PFC 的电力电子变压器的单相整体结构原理图;

[0020] 图 2 为本实用新型的基于简易 PFC 的电力电子变压器的三相整体模型框图;

[0021] 图 3 为本实用新型的基于简易 PFC 的电力电子变压器的输出级采用三电平结构的单相结构原理图。

### 具体实施方式

[0022] 下面结合附图和实施例对本实用新型作更进一步的说明。

[0023] 如图 2 所示,本实用新型的一种基于简易 PFC 的电力电子变压器,其三相电路中各单相结构相同且独立,每相包括输入级、隔离级和输出级,该输入级、隔离级和输出级分别包含功率变换器组;各单相输入级的功率变换器组和输出级的功率变换器组的输入端分别按星型连接。隔离级包括高频 DC/AC 环节、高频变压器和高频 AC/DC 环节;单相结构包括基本功率单元的输入端并联一个压敏电阻 R,其中,第一功率变换器 1 的输出端接第二功率变换器 2 的输入端,第二功率变换器 2 的输出端接高频变压器 3 的原边,高频变压器 3 的副边接第三功率变换器 4 的输入端,第三功率变换器 4 的输出端接第四功率变换器 5 的输入端;基本功率单元的输出端连接滤波器 6 的输入端,滤波器 6 为由输出滤波电感 La1 与输出滤波电容 Ca1 组成的 LC 滤波器,该滤波器 6 的输出端与三相供电网络相连。

[0024] 如图 1 所示,各相输入级中第一功率变换器 1 采用由第一功率二极管 D1、第二功率二极管 D2、第三功率二极管 D3、第四功率二极管 D4 组成的桥式电路接上由功率开关管 S、功率二极管 D、电抗器 L1 和电容器 C1 组成的 buck 电路构成,第一功率二极管 D1、第二功率二极管 D2 互补导通后接交流输入侧负端,第三功率二极管 D3、第四功率二极管 D4 互补导通后接交流输入侧正端,交流输入侧还并联一压敏电阻 R,二极管整流桥输出直流侧两个端线间并联一个晶闸管 T,直流侧的正端串联功率开关管 S,再在直流侧两个端线间并联一个二极管 D,随后在直流侧的正端串联电抗器 L1,并再在直流侧两个端线间并联一个电容器 C1;各相隔离级中第二功率变换器 2 采用第一功率开关单元 S1、第二功率开关单元 S2、第三功率开关单元 S3、第四功率开关单元 S4 组成桥式拓扑结构,第一功率开关单元 S1、第二功率开关单元 S2 互补导通后串联上一电容器接高频变压器 3 原边正端,第三功率开关单元 S3、第四功率开关单元 S4 互补导通后接高频变压器 3 原边负端,第三功率变换器 4 由第五功率二

极管 D5、第六功率二极管 D6、第七功率二极管 D7、第八功率二极管 D8 组成的桥式电路,第五功率二极管 D5、第六功率二极管 D6 互补导通后接高频变压器 3 的副边正端,第七功率二极管 D7、第八功率二极管 D8 互补导通后接高频变压器 3 的副边负端,直流侧输出端并联在同一直流储能电容 C 上;各相输出级中第四功率变换器 5 采用第五功率开关单元 S5、第六功率开关单元 S6、第七功率开关单元 S7、第八功率开关单元 S8 组成桥式拓扑结构,第五功率开关单元 S5、第七功率开关单元 S7 的正端接第三功率变换器 4 输出正端,第六功率开关单元 S6、第八功率开关单元 S8 的负端接第三功率变换器 4 输出负端,第五功率开关单元 S5、第六功率开关单元 S6 互补导通后接滤波器 6 的输入端,第七功率开关单元 S7、第八功率开关单元 S8 互补导通后接滤波器 6 的输入端,所述每个功率开关单元由两个 IGBT 和一个反向连接的二极管并联组成。

[0025] 在配电网应用中,本实用新型的一种基于简易 PFC 的电力电子变压器的基本功率单元基于 AC-DC-AC-DC-AC 型;输入级的交流侧并联一压敏电阻 R,起保护作用,输入级将工频交流信号通过二极管不可控整流和 buck 降压电路转化为直流信号,能实现功率因数控制,并且通过 buck 降压电路能降低开关管器件的电压应力,然后通过隔离级中的第二功率变换器 2 转化为高频方波信号,第二功率变换器 2 的输出串联上一电容后接高频隔离变压器 3 的原边,并能起谐振软开关作用,降低开关损耗,高频隔离变压器 3 的副边通过二极管不可控整流转化为直流信号,再通过第四功率变换器 5 还原成工频交流信号;通过适当的控制策略来控制电力电子装置的工作,从而将一种频率、电压、波形的电能变换为另一种频率、电压、波形的电能。

[0026] 如图 3 所示,本实用新型的一种基于简易 PFC 的电力电子变压器,其输出侧第四功率变换器还可以是由两个直流电容、四只箝位二极管和八个功率开关组成的三电平逆变电路构成, $C_{d1}$  和  $C_{d2}$  为输入分压电容, $Q_{11}$ 、 $Q_{14}$  和  $Q_{21}$ 、 $Q_{24}$  是主开关管, $Q_{12}$ 、 $Q_{13}$  和  $Q_{22}$ 、 $Q_{23}$  是辅助开关管,输出电压可以被开关管和二极管箝在中点电压,所以可以得到三个电平,与两电平逆变器相比,其输出的电压谐波含量可以大幅度降低,而且每只开关管的电压应力降低为输入电压的一半,适用于高输入电压的场合。

[0027] 本实用新型的一种基于简易 PFC 的电力电子变压器,其单相输入级采用由基本功率单元的输入级功率变换器串联连接,便于灵活应用于各个电压等级的配电网线路上,无需利用变压器耦合就可直接输入高压;输出级功率变换器由单相桥式电压源逆变器构成;为了降低开关管的电压应力、提高输出波形的质量,输出级功率变换器还可以采用三电平结构。

[0028] 以上所述仅是本实用新型的优选实施方式,应当指出:对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本实用新型原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本实用新型的保护范围。

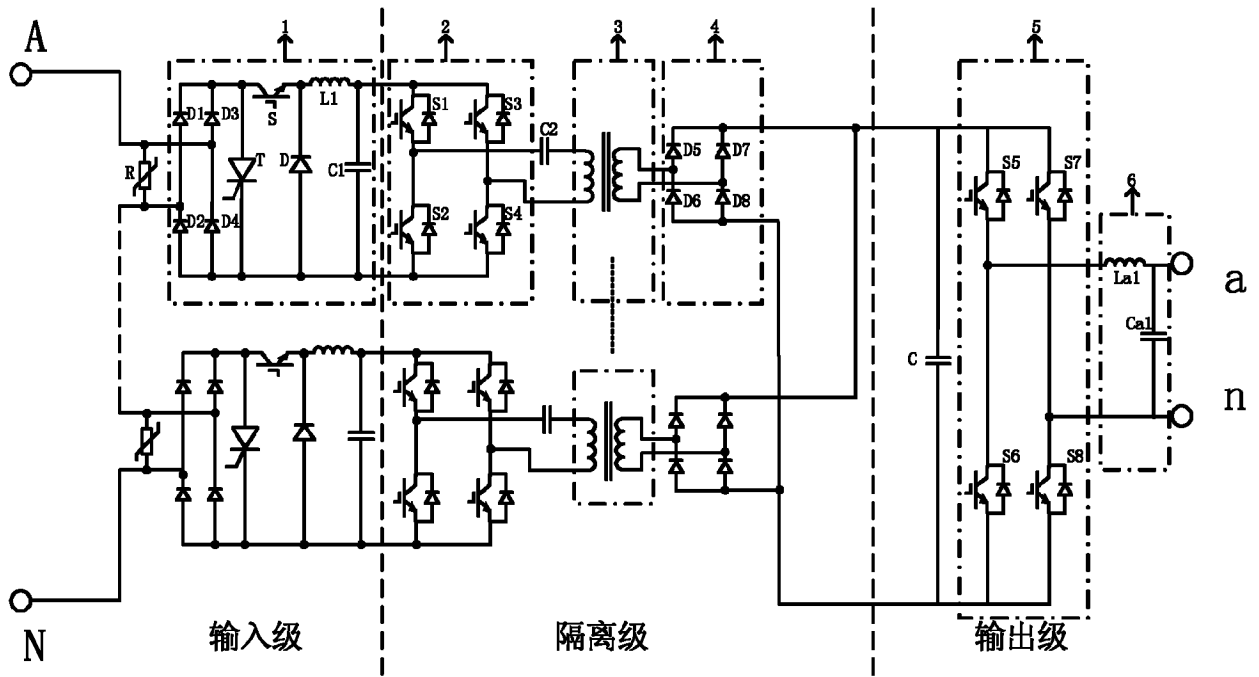


图 1

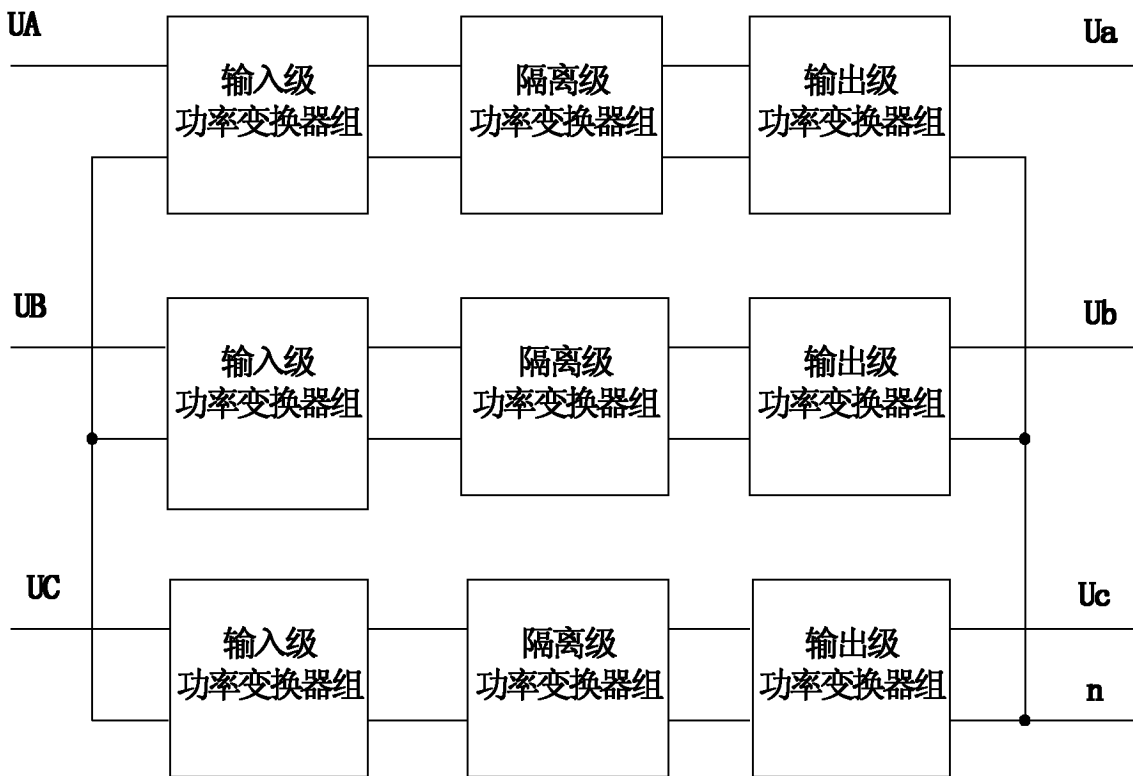


图 2

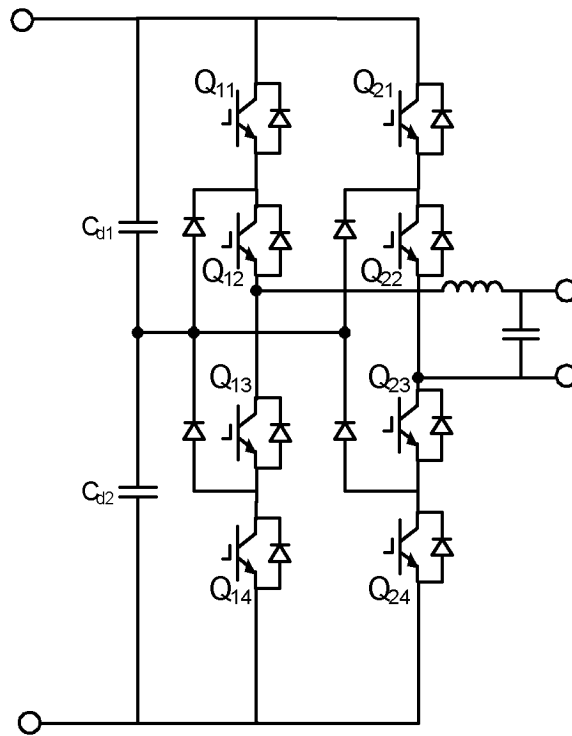


图 3