



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106712523 A

(43)申请公布日 2017. 05. 24

(21)申请号 201710088281.4

(22)申请日 2017.02.19

(71)申请人 盐城工学院

地址 224051 江苏省盐城市希望大道中路1号

(72)发明人 姚志垒 夏基胜 徐静 陈冲 王驰 彭思敏 薛迎成

(51) Int. Cl.

H02M 3/335(2006.01)

H02M 1/14(2006.01)

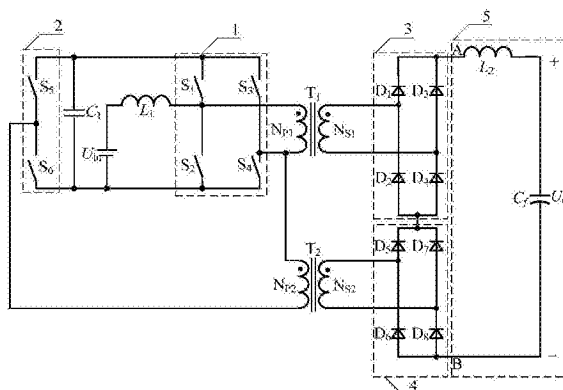
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种升压三电平全桥变换器及其控制方法

(57)摘要

本发明公布了一种升压三电平全桥变换器及其控制方法,属直直变换器及其控制方法。本发明的升压三电平全桥变换器包括输入电源、第一滤波电感、中间电容、全桥开关电路、三电平桥臂支路、第一隔离变压器、第二隔离变压器、第一全桥整流电路、第二全桥整流电路和滤波电路;其控制方法是第一开关管~第四开关管采用移相控制;第五开关管和第六开关管采用脉冲宽度调制控制。本发明适用于宽输入电压的场合,其输入和输出电流的纹波小,有利于延长输入电源的使用寿命,减小了滤波电感的重量和体积,减小了开关管和整流二极管的电压应力,解决了传统电压源变换器整流二极管电压应力高的问题,解决了电流源变换器开关管电压应力高和输出电流脉动大的问题。



1. 一种升压三电平全桥变换器,其特征在于包括输入电源 U_{in} 、第一滤波电感 L_1 、中间电容 C_1 、全桥开关电路1、三电平桥臂支路2、第一隔离变压器 T_1 、第二隔离变压器 T_2 、第一全桥整流电路3、第二全桥整流电路4和滤波电路5,其中全桥开关电路1包括第一开关管 S_1 、第二开关管 S_2 、第三开关管 S_3 和第四开关管 S_4 ,三电平桥臂支路2包括第五开关管 S_5 和第六开关管 S_6 ,第一全桥整流电路3包括第一二极管 D_1 、第二二极管 D_2 、第三二极管 D_3 和第四二极管 D_4 ,第二全桥整流电路4包括第五二极管 D_5 、第六二极管 D_6 、第七二极管 D_7 和第八二极管 D_8 ,滤波电路5包括第二滤波电感 L_2 和滤波电容 C_f 。具体拓扑结构为:输入电源 U_{in} 的正极连接第一滤波电感 L_1 的一端,输入电压 U_{in} 的负极分别连接中间电容 C_1 的负端、第二开关管 S_2 的一端和第四开关管 S_4 的一端构成全桥开关电路1的负端和第六开关管 S_6 的一端构成三电平桥臂支路2的负端,中间电容 C_1 的正端分别连接第五开关管 S_5 的一端构成三电平桥臂支路2的正端、第一开关管 S_1 的一端和第三开关管 S_3 的一端构成全桥开关电路1的正端,第一滤波电感 L_1 的另一端分别连接第一开关管 S_1 的另一端、第二开关管 S_2 的另一端和第一隔离变压器 T_1 原边绕组 N_{P1} 的同名端,第一隔离变压器 T_1 原边绕组 N_{P1} 的异名端分别连接第三开关管 S_3 的另一端、第四开关管 S_4 的另一端和第二隔离变压器 T_2 原边绕组 N_{P2} 的同名端,第二隔离变压器 T_2 原边绕组 N_{P2} 的异名端连接第五开关管 S_5 的另一端和第六开关管 S_6 的另一端;第一隔离变压器 T_1 副边绕组 N_{S1} 的同名端连接第一二极管 D_1 的阳极和第二二极管 D_2 的阴极,第一隔离变压器 T_1 副边绕组 N_{S1} 的异名端连接第三二极管 D_3 的阳极和第四二极管 D_4 的阴极;第二隔离变压器 T_2 副边绕组 N_{S1} 的同名端连接第五二极管 D_5 的阳极和第六二极管 D_6 的阴极,第二隔离变压器 T_2 副边绕组 N_{S1} 的异名端连接第七二极管 D_7 的阳极和第八二极管 D_8 的阴极;第一二极管 D_1 的阴极连接第三二极管 D_3 的阴极构成第一全桥整流电路3的正端,第二二极管 D_2 的阳极连接第四二极管 D_4 的阳极构成第一全桥整流电路3的负端;第五二极管 D_5 的阴极连接第七二极管 D_7 的阴极构成第二全桥整流电路4的正端,第六二极管 D_6 的阳极连接第八二极管 D_8 的阳极构成第二全桥整流电路4的负端;第一全桥整流电路3的负端连接第二全桥整流电路4的正端;第二滤波电感 L_2 的一端连接第一全桥整流电路3的正端,第二滤波电感 L_2 的另一端连接滤波电容 C_f 的正端,滤波电容 C_f 的负端连接第二全桥整流电路4的负端;第一~第六开关管均具有反并联二极管。

2. 根据权利要求1所述的升压三电平全桥变换器,所述第一~第六开关元件为IGBT或MOSFET。

3. 根据权利要求1所述的升压三电平全桥变换器,所述输入电源 U_{in} 为蓄电池、燃料电池或光伏电池中的一种。

4. 根据权利要求1所述的升压三电平全桥变换器,所述第一~第八二极管为碳化硅二极管或快恢复二极管。

5. 一种如权利要求1所述的升压三电平全桥变换器的控制方法,其特征在于第一开关管 S_1 ~第四开关管 S_4 采用移相控制;第五开关管 S_5 和第六开关管 S_6 采用脉冲宽度调制(PWM)控制;第一开关管 S_1 和第二开关管 S_2 180°互补开通关断;第三开关管 S_3 和第四开关管 S_4 180°互补开通关断;第五开关管 S_5 和第六开关管 S_6 驱动信号相位差为180°。

6. 根据权利要求5所述的升压三电平全桥变换器的控制方法,所述第五开关管 S_5 与第四开关管 S_4 同时开通或关断,第三开关管 S_3 与第六开关管 S_6 同时开通或关断。

7. 根据权利要求5所述的升压三电平全桥变换器的控制方法,所述变换器存在三电平

和两电平两种工作模式。

8. 根据权利要求7所述的三电平工作模式, 第一开关管 S_1 和第四开关管 S_4 的移相角为0, 通过调节第五开关管 S_5 和第六开关管 S_6 的占空比来稳定输出电压 U_o 。

9. 根据权利要求7所述的两电平工作模式, 第五开关管 S_5 和第六开关管 S_6 都关断, 通过调节第一开关管 S_1 和第四开关管 S_4 的移相角来稳定输出电压 U_o 。

一种升压三电平全桥变换器及其控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种变换器及其控制方法,尤其是一种升压三电平全桥变换器及其控制方法。

背景技术

[0002] 近年来,燃料电池和光伏电池等可再生能源由于具有清洁、安全、无污染和可再生等优点,在分布式发电系统和电动汽车中得到广泛应用。在分布式发电系统中,光伏电池的输出通常都是电压较低且变化范围宽的直流电,而并网逆变器的输入需要电压较高的直流电,因此,需要直流变换器把低压宽变化范围的直流电转换为适合并网的高电压直流电。在电动汽车领域中,往往需要将燃料电池或蓄电池提供的低压且宽范围变化的直流电转换为较高电压的直流电,如380V。在宽输入电压范围的场合,传统电压源变换器存在输入电流脉动大和输出整流二极管电压应力高的问题,而传统电流源变换器存在输出电流脉动大和开关管电压应力高的问题。此外,现有三电平变换器存在输入电流脉动大和输入分压电容的均压问题。因此研究新型适合宽输入的变换器,有着重要的理论和现实意义。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于针对现有技术中变换器的缺点,提出一种开关管电压应力小、整流二极管电压应力低、适合低压宽输入的升压三电平全桥变换器及其控制方法。

[0004] 本发明的升压三电平全桥变换器,包括输入电源 U_{in} 、第一滤波电感 L_1 、中间电容 C_1 、全桥开关电路1、三电平桥臂支路2、第一隔离变压器 T_1 、第二隔离变压器 T_2 、第一全桥整流电路3、第二全桥整流电路4和滤波电路5,其中全桥开关电路1包括第一开关管 S_1 、第二开关管 S_2 、第三开关管 S_3 和第四开关管 S_4 ,三电平桥臂支路2包括第五开关管 S_5 和第六开关管 S_6 ,第一全桥整流电路3包括第一二极管 D_1 、第二二极管 D_2 、第三二极管 D_3 和第四二极管 D_4 ,第二全桥整流电路4包括第五二极管 D_5 、第六二极管 D_6 、第七二极管 D_7 和第八二极管 D_8 ,滤波电路5包括第二滤波电感 L_1 和滤波电容 C_f 。具体拓扑结构为:输入电源 U_{in} 的正极连接第一滤波电感 L_1 的一端,输入电压 U_{in} 的负极分别连接中间电容 C_1 的负端、第二开关管 S_2 的一端和第四开关管 S_4 的一端构成全桥开关电路1的负端和第六开关管 S_6 的一端构成三电平桥臂支路2的负端,中间电容 C_1 的正端分别连接第五开关管 S_5 的一端构成三电平桥臂支路2的正端、第一开关管 S_1 的一端和第三开关管 S_3 的一端构成全桥开关电路1的正端,第一滤波电感 L_1 的另一端分别连接第一开关管 S_1 的另一端、第二开关管 S_2 的另一端和第一隔离变压器 T_1 原边绕组 N_{P1} 的同名端,第一隔离变压器 T_1 原边绕组 N_{P1} 的异名端分别连接第三开关管 S_3 的另一端、第四开关管 S_4 的另一端和第二隔离变压器 T_2 原边绕组 N_{P2} 的同名端,第二隔离变压器 T_2 原边绕组 N_{P2} 的异名端连接第五开关管 S_5 的另一端和第六开关管 S_6 的另一端;第一隔离变压器 T_1 副边绕组 N_{S1} 的同名端连接第一二极管 D_1 的阳极和第二二极管 D_2 的阴极,第一隔离变压器 T_1 副边绕组 N_{S1} 的异名端连接第三二极管 D_3 的阳极和第四二极管 D_4 的阴极;第二隔离变压器 T_2 副边绕组 N_{S1} 的同名端连接第五二极管 D_5 的阳极和第六二极管 D_6 的阴极,第二隔离变压器 T_2 副

边绕组 N_{S1} 的异名端连接第七二极管 D_7 的阳极和第八二极管 D_8 的阴极；第一二极管 D_1 的阴极连接第三二极管 D_3 的阴极构成第一全桥整流电路3的正端，第二二极管 D_2 的阳极连接第四二极管 D_4 的阳极构成第一全桥整流电路3的负端；第五二极管 D_5 的阴极连接第七二极管 D_7 的阴极构成第二全桥整流电路4的正端，第六二极管 D_6 的阳极连接第八二极管 D_8 的阳极构成第二全桥整流电路4的负端；第一全桥整流电路3的负端连接第二全桥整流电路4的正端；第二滤波电感 L_2 的一端连接第一全桥整流电路3的正端，第二滤波电感 L_2 的另一端连接滤波电容 C_f 的正端，滤波电容 C_f 的负端连接第二全桥整流电路4的负端；第一~第六开关管均具有反并联二极管。

[0005] 第一~第六开关元件为IGBT或MOSFET。输入电源 U_{in} 为蓄电池、燃料电池或光伏电池中的一种。所述第一~第八二极管为碳化硅二极管或快恢复二极管。

[0006] 本发明的升压三电平全桥变换器的控制方法：第一开关管 S_1 ~第四开关管 S_4 采用移相控制；第五开关管 S_5 和第六开关管 S_6 采用脉冲宽度调制(PWM)控制；第一开关管 S_1 和第二开关管 S_2 180°互补开通关断；第三开关管 S_3 和第四开关管 S_4 180°互补开通关断；第五开关管 S_5 和第六开关管 S_6 驱动信号相位差为180°。

[0007] 第五开关管 S_5 与第四开关管 S_4 同时开通或关断，第三开关管 S_3 与第六开关管 S_6 同时开通或关断。

[0008] 本发明的变换器存在三电平和两电平两种工作模式。当工作在三电平工作模式时，第一开关管 S_1 和第四开关管 S_4 的移相角为0，通过调节第五开关管 S_5 和第六开关管 S_6 的占空比来稳定输出电压 U_o ；当工作在两电平工作模式时，第五开关管 S_5 和第六开关管 S_6 都关断，通过调节第一开关管 S_1 和第四开关管 S_4 的移相角来稳定输出电压 U_o 。

[0009] 本发明的升压三电平全桥变换器适用于宽输入电压的场合，其输入和输出电流的纹波小，有利于延长输入电源的使用寿命，减小了滤波电感的重量和体积，减小了开关管和整流二极管的电压应力，解决了传统电压源变换器二极管电压应力高的问题，解决了电流源变换器开关管电压应力高和输出电流脉动大的问题。

附图说明

[0010] 图1：本发明的升压三电平全桥变换器的拓扑结构图；

具体实施方式

[0011] 由图1可知，本申请的升压三电平全桥变换器，包括输入电源 U_{in} 、第一滤波电感 L_1 、中间电容 C_1 、全桥开关电路1、三电平桥臂支路2、第一隔离变压器 T_1 、第二隔离变压器 T_2 、第一全桥整流电路3、第二全桥整流电路4和滤波电路5，其中全桥开关电路1包括第一开关管 S_1 、第二开关管 S_2 、第三开关管 S_3 和第四开关管 S_4 ，三电平桥臂支路2包括第五开关管 S_5 和第六开关管 S_6 ，第一全桥整流电路3包括第一二极管 D_1 、第二二极管 D_2 、第三二极管 D_3 和第四二极管 D_4 ，第二全桥整流电路4包括第五二极管 D_5 、第六二极管 D_6 、第七二极管 D_7 和第八二极管 D_8 ，滤波电路5包括第二滤波电感 L_1 和滤波电容 C_f 。具体拓扑结构为：输入电源 U_{in} 的正极连接第一滤波电感 L_1 的一端，输入电压 U_{in} 的负极分别连接中间电容 C_1 的负端、第二开关管 S_2 的一端和第四开关管 S_4 的一端构成全桥开关电路1的负端和第六开关管 S_6 的一端构成三电平桥臂支路2的负端，中间电容 C_1 的正端分别连接第五开关管 S_5 的一端构成三电平桥臂支路2的

正端、第一开关管 S_1 的一端和第三开关管 S_3 的一端构成全桥开关电路1的正端,第一滤波电感 L_1 的另一端分别连接第一开关管 S_1 的另一端、第二开关管 S_2 的另一端和第一隔离变压器 T_1 原边绕组 N_{P1} 的同名端,第一隔离变压器 T_1 原边绕组 N_{P1} 的异名端分别连接第三开关管 S_3 的另一端、第四开关管 S_4 的另一端和第二隔离变压器 T_2 原边绕组 N_{P2} 的同名端,第二隔离变压器 T_2 原边绕组 N_{P2} 的异名端连接第五开关管 S_5 的另一端和第六开关管 S_6 的另一端;第一隔离变压器 T_1 副边绕组 N_{S1} 的同名端连接第一二极管 D_1 的阳极和第二二极管 D_2 的阴极,第一隔离变压器 T_1 副边绕组 N_{S1} 的异名端连接第三二极管 D_3 的阳极和第四二极管 D_4 的阴极;第二隔离变压器 T_2 副边绕组 N_{S1} 的同名端连接第五二极管 D_5 的阳极和第六二极管 D_6 的阴极,第二隔离变压器 T_2 副边绕组 N_{S1} 的异名端连接第七二极管 D_7 的阳极和第八二极管 D_8 的阴极;第一二极管 D_1 的阴极连接第三二极管 D_3 的阴极构成第一全桥整流电路3的正端,第二二极管 D_2 的阳极连接第四二极管 D_4 的阳极构成第一全桥整流电路3的负端;第五二极管 D_5 的阴极连接第七二极管 D_7 的阴极构成第二全桥整流电路4的正端,第六二极管 D_6 的阳极连接第八二极管 D_8 的阳极构成第二全桥整流电路4的负端;第一全桥整流电路3的负端连接第二全桥整流电路4的正端;第二滤波电感 L_2 的一端连接第一全桥整流电路3的正端,第二滤波电感 L_2 的另一端连接滤波电容 C_f 的正端,滤波电容 C_f 的负端连接第二全桥整流电路4的负端;第一~第六开关管均具有反并联二极管。

[0012] 第一~第六开关元件为IGBT或MOSFET。输入电源 U_{in} 为蓄电池、燃料电池或光伏电池中的一种。所述第一~第八二极管为碳化硅二极管或快恢复二极管。

[0013] 本申请的升压三电平全桥变换器的控制方法:第一开关管 S_1 ~第四开关管 S_4 采用移相控制;第五开关管 S_5 和第六开关管 S_6 采用脉冲宽度调制(PWM)控制;第一开关管 S_1 和第二开关管 S_2 180° 互补开通关断;第三开关管 S_3 和第四开关管 S_4 180° 互补开通关断;第五开关管 S_5 和第六开关管 S_6 驱动信号相位差为 180° 。

[0014] 第五开关管 S_5 与第四开关管 S_4 同时开通或关断,第三开关管 S_3 与第六开关管 S_6 同时开通或关断。

[0015] 本申请的变换器存在三电平和两电平两种工作模式。当工作在三电平工作模式时,第一开关管 S_1 和第四开关管 S_4 的移相角为0,通过调节第五开关管 S_5 和第六开关管 S_6 的占空比来稳定输出电压 U_o ;当工作在两电平工作模式时,第五开关管 S_5 和第六开关管 S_6 都关断,通过调节第一开关管 S_1 和第四开关管 S_4 的移相角来稳定输出电压 U_o 。

[0016] 在分析之前,作如下假设:①所有开关管和二极管均为理想器件,不考虑开关时间,导通压降;②所有电感、电容均为理想元件;③中间电容 C_1 足够大。

[0017] 当处于三电平工作模式时,每个开关周期存在4种工作模式。

[0018] 1、开关模态1

[0019] 开关管 S_1 和 S_4 开通,其它开关管关断,因此,二极管 D_1 、 D_4 ~ D_8 导通,其它二极管断开,电感电流 i_L 线性下降。此模态中, $U_{AB} = nU_{in}$,其中, n 是变压器的副原边匝数比。

[0020] 2、开关模态2

[0021] 开关管 S_1 、 S_4 和 S_5 开通,其它开关管关断,因此,二极管 D_1 、 D_4 、 D_6 和 D_7 导通,其它二极管断开,电感电流 i_L 线性上升。此模态中, $U_{AB} = 2nU_{in}$ 。

[0022] 3、开关模态3

[0023] 开关管 S_2 和 S_3 开通,其它开关管关断,因此,二极管 D_2 、 D_3 、 D_5 ~ D_8 导通,其它二极管

断开,电感电流 i_L 线性下降。此模态中, $U_{AB} = nU_{in}$ 。

[0024] 4、开关模态4

[0025] 开关管 S_2 、 S_3 和 S_6 开通,其它开关管关断,因此,二极管 D_2 、 D_3 、 D_5 和 D_8 导通,其它二极管断开,电感电流 i_L 线性上升。此模态中, $U_{AB} = 2nU_{in}$ 。

[0026] 当处于两电平工作模式时,每个开关周期存在3种工作模态。

[0027] 1、开关模态1

[0028] 开关管 S_1 和 S_4 开通,其它开关管关断,因此,二极管 D_1 、 $D_4 \sim D_8$ 导通,其它二极管断开,电感电流 i_L 线性上升。此模态中, $U_{AB} = nU_{in}$ 。

[0029] 2、开关模态2

[0030] 所有开关管关断,因此,所有二极管导通,电感电流 i_L 线性下降。此模态中, $U_{AB} = 0$ 。

[0031] 3、开关模态3

[0032] 开关管 S_2 和 S_3 开通,其它开关管关断,因此,二极管 D_2 、 D_3 、 $D_5 \sim D_8$ 导通,其它二极管断开,电感电流 i_L 线性上升。此模态中, $U_{AB} = nU_{in}$ 。

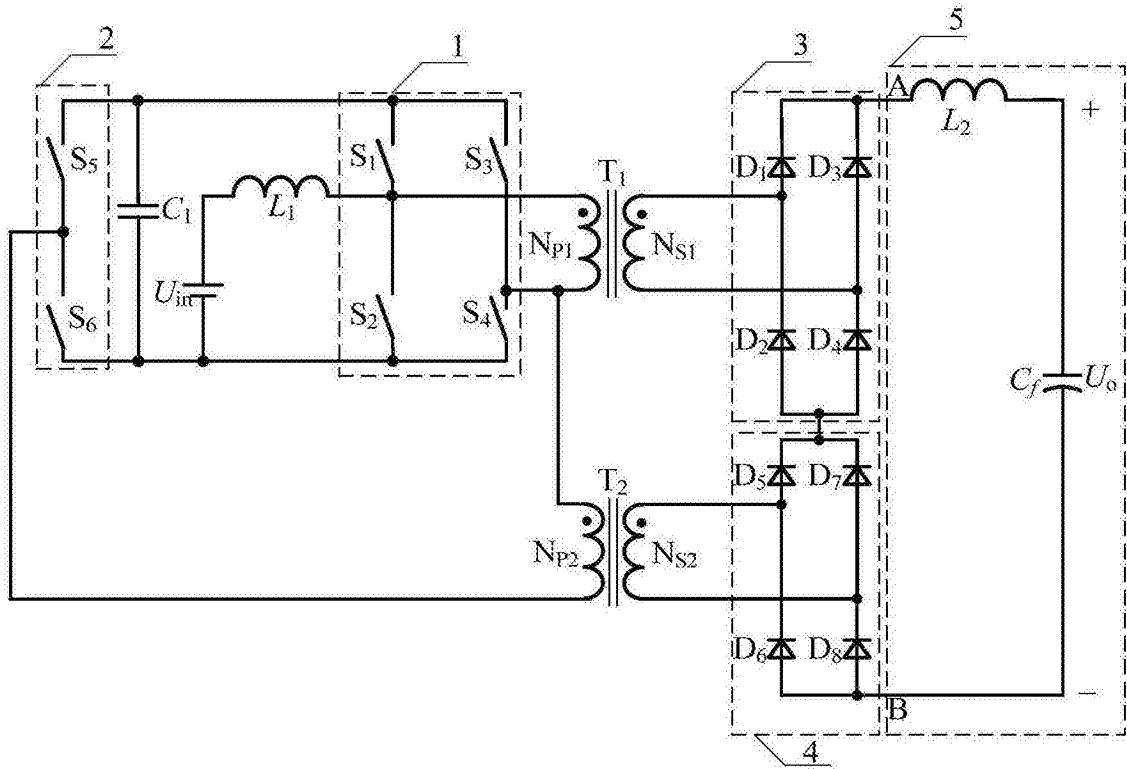


图1