



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114400909 A

(43) 申请公布日 2022. 04. 26

(21) 申请号 202111629727.2

(22) 申请日 2021.12.28

(71) 申请人 东南大学

地址 210096 江苏省南京市玄武区新街口
街道四牌楼2号

(72) 发明人 王政 徐阳

(74) 专利代理机构 北京同辉知识产权代理事务
所(普通合伙) 11357

代理人 赵丹

(51) Int.Cl.

H02M 7/219 (2006.01)

H02M 5/293 (2006.01)

H02M 1/088 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

H02J 3/32 (2006.01)

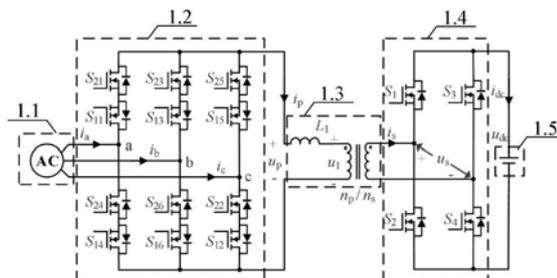
权利要求书2页 说明书7页 附图5页

(54) 发明名称

一种电压源型高频隔离矩阵变换器及其调制方法

(57) 摘要

本发明公开一种电压源型高频隔离矩阵变换器及其调制方法,属于发电、变电或配电的技术领域。变换器包括:矩阵变换器、高频隔离变压器、全桥变换器、蓄电池。采用新型四步换流方法,实现开关管之间安全可靠换流;采用副边钳位和空间矢量协同控制技术,消除变压器漏感电流突变产生的电压尖峰。本发明的技术方案利用高频隔离变压器替代工频变压器实现隔离功能,减少系统的漏电流,降低了变换器的体积和重量;采用电压源全桥变换器和矩阵变换器,去除了两级式变换器的中间级电解电容,提高了系统的可靠性,延长了使用寿命。低频交流侧无换向电容,进一步减小了变换器体积,增加了功率密度。



1. 一种电压源型高频隔离矩阵变换器,其特征在于,包括:
 矩阵变换器,其输入交流母线接发电机三相定子绕组,
 高频隔离变压器,其原边线圈接矩阵变换器的输出端,及,
 电压源全桥变换器,其输入接高频隔离变压器的输出端,直流输出接蓄电池;
 矩阵变换器在电压矢量的作用下依次经历正半周期第一零矢量作用阶段、变压器漏感电流换流阶段、电压源型全桥变换器续流阶段、第一有源矢量作用阶段、第二有源矢量作用阶段、正半周期第二零矢量作用阶段。

2. 根据权利要求1所述的电压源型高频隔离矩阵变换器,其特征在于,所述矩阵变换器的调制方法:

所述电压源型全桥变换器包括:第一开关管和第二开关管串联组成的一桥臂、第三开关管和第四开关管串联组成的另一桥臂,矩阵变换器包括:第一双向开关管和第四双向开关管串联组成的a相桥臂、第三双向开关管和第六双向开关管串联组成的b相桥臂、第五双向开关管和第二双向开关管串联组成的c相桥臂;

一个开关正半周期内作用于矩阵变换器的四个电压矢量为第一零矢量 V_7 和第二零矢量 V_8 、第一有源矢量 V_{1+} 、第二有源矢量 V_{2+} ;第一零矢量 V_7 和第二零矢量 V_8 均对应矩阵变换器的输入电流为 I_0 ;第一有源矢量 V_{1+} 、第二有源矢量 V_{2+} 分别对应矩阵变换器的输入电流为 I_1 、 I_2 ,比较电机绕组输入电流后,确定四个电压矢量的作用顺序为 $V_7 \rightarrow V_{1+} \rightarrow V_{2+} \rightarrow V_8$ 此时 $I_2 > I_1 > I_0$ 。

3. 根据权利要求1所述的电压源型高频隔离矩阵变换器,其特征在于,所述一个开关正半周期内高频隔离矩阵变换器的调控为:

a、状态1:正半周期第一零矢量作用阶段

开关周期开始时,第一零矢量 V_7 作用于矩阵变换器,矩阵变换器中第四双向开关、第六双向开关导通、第二双向开关导通,电压源型全桥变换器中的第二开关管和第三开关导通,无电流流过,此时低频交流电源与蓄电池之间没有能量交换;

b、状态2:变压器漏感电流换流阶段

零矢量作用时间结束后,第一有源矢量 V_{1+} 作用于矩阵变换器,电压源型全桥变换器中的第二开关管和第三开关管维持导通状态;矩阵变换器中第一双向开关管打开,第四双向开关管关断,直流蓄电池给漏感电流充电,高频隔离变压器漏感电流等于低频交流电源a相绕组电流;

c、状态3:电压源型全桥变换器续流阶段

电压源型全桥变换器中第二开关管和第四开关管关断,变压器电流通过第一开关管和第四开关管的反并联二极管续流,矩阵变换器中第一双向开关管、第六双向开关管和第二双向开关管保持导通。高频隔离变压器原边电流等于低频交流电源a相绕组电流,高频隔离变压器副边电压等于蓄电池电压,能量从交流侧馈送给直流侧;

d、状态4:第一有源矢量作用阶段

矩阵变换器中第一双向开关管、第六双向开关管和第二双向开关管维持导通状态,电压源型全桥变换器的第一开关管和第四开关管零电压导通,能量从交流侧馈送给直流侧;

e、状态5:第二有源矢量作用阶段

矩阵变换器第一有源矢量 V_{1+} 作用时间结束后,第二有源矢量 V_{2+} 开始作用。矩阵变换器

中的第六双向开关管关断,第三双向开关管打开,高频隔离变压器原边电流等于a相和b相绕组电流之和,副边电压等于蓄电池电压,能量从交流侧馈送给直流侧;

f、状态6:正半周期第二零矢量作用阶段

矩阵变换器第二有源矢量 V_{2+} 作用时间结束后,第二零矢量 V_8 作用于矩阵变换器,矩阵变换器中第一双向开关、第三双向开关管和第五双向开关维持导通状态,电压源型全桥变换器中第一开关管、第四开关管维持导通状态,此时低频交流电源与蓄电池之间没有能量交换。

4.根据权利要求3所述的电压源型高频隔离矩阵变换器,其特征在于,四个电压矢量的

$$\text{作用时间为:} \begin{cases} T_1 = \frac{1}{2} T_s m_a \sin(\frac{\pi}{3} - \theta_i) \\ T_2 = \frac{1}{2} T_s m_a \sin(\theta_i) \\ T_0 = \frac{1}{4} (T_s - T_1 - T_2) \end{cases}, \text{其中, } T_1, \text{和 } T_2 \text{ 分别为第一有源矢量 } V_{1+} \text{、第二有源矢量 } V_{2+};$$

T_0 为第一零矢量 V_7 和第二零矢量 V_8 的作用时间, m_a 和 θ_i 分别为空间矢量调制的调制比和角度, T_s 为一个开关周期。

5.根据权利要求2所述的电压源型高频隔离矩阵变换器,其特征在于,

漏感电流换向时,蓄电池电压通过高频隔离变压器映射,加漏感上,强迫漏感电流改变方向。

6.一种电压源型高频隔离矩阵变换器的调制系统,其特征在于,包括:

矩阵变换器模块,包括矩阵变换器,所述矩阵变换器其输入交流母线接发电机三相定子绕组,

高频隔离变压器模块,包括高频隔离变压器,所述高频隔离变压器原边线圈接矩阵变换器的输出端,及,

电压源全桥变换器模块,包括电压源全桥变换器,所述电压源全桥变换器输入接高频隔离变压器的输出端,直流输出接蓄电池;

所述矩阵变换器在电压矢量的作用下依次经历正半周期第一零矢量作用阶段、变压器漏感电流换流阶段、电压源型全桥变换器续流阶段、第一有源矢量作用阶段、第二有源矢量作用阶段、正半周期第二零矢量作用阶段;

所述电压源型全桥变换器包括:第一开关管和第二开关管串联组成的一桥臂、第三开关管和第四开关管串联组成的另一桥臂,矩阵变换器包括:第一双向开关管和第四双向开关管串联组成的a相桥臂、第三双向开关管和第六双向开关管串联组成的b相桥臂、第五双向开关管和第二双向开关管串联组成的c相桥臂;

一个开关正半周期内作用于矩阵变换器的四个电压矢量为第一零矢量 V_7 和第二零矢量 V_8 、第一有源矢量 V_{1+} 、第二有源矢量 V_{2+} ;第一零矢量 V_7 和第二零矢量 V_8 均对应矩阵变换器的输入电流为 I_0 ;第一有源矢量 V_{1+} 、第二有源矢量 V_{2+} 分别对应矩阵变换器的输入电流为 I_1 、 I_2 ,比较电机绕组输入电流后,确定四个电压矢量的作用顺序为 $V_7 \rightarrow V_{1+} \rightarrow V_{2+} \rightarrow V_8$ 此时 $I_2 > I_1 > I_0$ 。

一种电压源型高频隔离矩阵变换器及其调制方法

技术领域

[0001] 本发明属于新能源发电领域,具体而言涉及一种电压源型高频隔离矩阵变换器及其调制方法。

背景技术

[0002] 在双碳背景下,新能源技术日益发展,其对于高效高可靠的变换器需求逐渐增加。为了抑制并网型发电系统的漏电流,保护风机、蓄电池等电源的绝缘,工频变压器通常加在电网与电源之间实现隔离功能。但是工频变压器的体积大,质量重,功率变换器的功率密度比较低。高频隔离变换器利用高频隔离变压器实现隔离功能,具有实现高效率,高功率密度,容易实现电压匹配的优点。因此,高频隔离变换器在并网型新能源发电中的重要性日益凸显。

[0003] 但是目前已有双有源全桥型矩阵变换器存在漏感电流峰值比较大,软开关范围受限制,占空比计算困难等难题,限制了进一步工业化应用。电流源型矩阵变换器虽然能够降低漏感电流峰值,减少调制比的计算时间,但是三相输入侧的滤波电容增加了系统的体积和成本,并且直流侧电感增加了变换器的导通损耗。

发明内容

[0004] 第一方面,针对现有技术的不足,本发明旨在提供一种电压源型高频隔离矩阵变换器;解决了背景技术所提出的一个或者多个技术问题。

[0005] 本发明为实现上述发明目的采用如下技术方案:

[0006] 一种电压源型高频隔离矩阵变换器,其特征在于,包括:

[0007] 矩阵变换器,其输入交流母线接发电机三相定子绕组,

[0008] 高频隔离变压器,其原边线圈接矩阵变换器的输出端,及,

[0009] 电压源全桥变换器,其输入接高频隔离变压器的输出端,直流输出接蓄电池;

[0010] 矩阵变换器在电压矢量的作用下依次经历正半周期第一零矢量作用阶段、变压器漏感电流换流阶段、电压源型全桥变换器续流阶段、第一有源矢量作用阶段、第二有源矢量作用阶段、正半周期第二零矢量作用阶段。

[0011] 在一些公开中,所述矩阵变换器的调制方法:

[0012] 所述电压源型全桥变换器包括:第一开关管和第二开关管串联组成的一桥臂、第三开关管和第四开关管串联组成的另一桥臂,矩阵变换器包括:第一双向开关管和第四双向开关管串联组成的a相桥臂、第三双向开关管和第六双向开关管串联组成的b相桥臂、第五双向开关管和第二双向开关管串联组成的c相桥臂;

[0013] 一个开关正半周期内作用于矩阵变换器的四个电压矢量为第一零矢量 V_7 和第二零矢量 V_8 、第一有源矢量 V_{1+} 、第二有源矢量 V_{2+} ;第一零矢量 V_7 和第二零矢量 V_8 均对应矩阵变换器的输入电流为 I_0 ;第一有源矢量 V_{1+} 、第二有源矢量 V_{2+} 分别对应矩阵变换器的输入电流为 I_1 、 I_2 ,比较电机绕组输入电流后,确定四个电压矢量的作用顺序为 $V_7 \rightarrow V_{1+} \rightarrow V_{2+} \rightarrow V_8$ 此时

$I_2 > I_1 > I_0$ 。

[0014] 在一些公开中,所述一个开关正半周期内高频隔离矩阵变换器的调控为:

[0015] a、状态1:正半周期第一零矢量作用阶段

[0016] 开关周期开始时,第一零矢量 V_7 作用于矩阵变换器,矩阵变换器中第四双向开关、第六双向开关导通、第二双向开关导通,电压源型全桥变换器中的第二开关管和第三开关管导通,无电流流过,此时低频交流电源与蓄电池之间没有能量交换;

[0017] b、状态2:变压器漏感电流换流阶段

[0018] 零矢量作用时间结束后,第一有源矢量 V_{1+} 作用于矩阵变换器,电压源型全桥变换器中的第二开关管和第三开关管维持导通状态;矩阵变换器中第一双向开关管打开,第四双向开关管关断,直流蓄电池给漏感电流充电,高频隔离变压器漏感电流等于低频交流电源a相绕组电流;

[0019] c、状态3:电压源型全桥变换器续流阶段

[0020] 电压源型全桥变换器中第二开关管和第四开关管关断,变压器电流通过第一开关管和第四开关管的反并联二极管续流,矩阵变换器中第一双向开关管、第六双向开关管和第二双向开关管保持导通。高频隔离变压器原边电流等于低频交流电源a相绕组电流,高频隔离变压器副边电压等于蓄电池电压,能量从交流侧馈送给直流侧;

[0021] d、状态4:第一有源矢量作用阶段

[0022] 矩阵变换器中第一双向开关管、第六双向开关管和第二双向开关管维持导通状态,电压源型全桥变换器的第一开关管和第四开关管零电压导通,能量从交流侧馈送给直流侧;

[0023] e、状态5:第二有源矢量作用阶段

[0024] 矩阵变换器第一有源矢量 V_{1+} 作用时间结束后,第二有源矢量 V_{2+} 开始作用。矩阵变换器中的第六双向开关管关断,第三双向开关管打开,高频隔离变压器原边电流等于a相和b相绕组电流之和,副边电压等于蓄电池电压,能量从交流侧馈送给直流侧;

[0025] f、状态6:正半周期第二零矢量作用阶段

[0026] 矩阵变换器第二有源矢量 V_{2+} 作用时间结束后,第二零矢量 V_8 作用于矩阵变换器,矩阵变换器中第一双向开关、第三双向开关管和第五双向开关维持导通状态,电压源型全桥变换器中第一开关管、第四开关管维持导通状态,此时低频交流电源与蓄电池之间没有能量交换。

[0027] 在一些公开中,四个电压矢量的作用时间为:
$$\begin{cases} T_1 = \frac{1}{2} T_s m_a \sin(\frac{\pi}{3} - \theta_i) \\ T_2 = \frac{1}{2} T_s m_a \sin(\theta_i) \\ T_0 = \frac{1}{4} (T_s - T_1 - T_2) \end{cases}$$
 ,其中, T_1 ,和 T_2 分

别为第一有源矢量 V_{1+} 、第二有源矢量 V_{2+} ; T_0 为第一零矢量 V_7 和第二零矢量 V_8 的作用时间, m_a 和 θ_i 分别为空间矢量调制的调制比和角度, T_s 为一个开关周期。

[0028] 在一些公开中,漏感电流换向时,蓄电池电压通过高频隔离变压器映射,加漏感上,强迫漏感电流改变方向。

[0029] 第二方面,针对现有技术的不足,本发明旨在提供一种电压源型高频隔离矩阵变

换器的调制系统;解决了背景技术所提出的一个或者多个技术问题。

[0030] 一种电压源型高频隔离矩阵变换器的调制系统,包括:

[0031] 矩阵变换器模块,包括矩阵变换器,所述矩阵变换器其输入交流母线接发电机三相定子绕组,

[0032] 高频隔离变压器模块,包括高频隔离变压器,所述高频隔离变压器原边线圈接矩阵变换器的输出端,及,

[0033] 电压源全桥变换器模块,包括电压源全桥变换器,所述电压源全桥变换器输入接高频隔离变压器的输出端,直流输出接蓄电池;

[0034] 所述矩阵变换器在电压矢量的作用下依次经历正半周期第一零矢量作用阶段、变压器漏感电流换流阶段、电压源型全桥变换器续流阶段、第一有源矢量作用阶段、第二有源矢量作用阶段、正半周期第二零矢量作用阶段;

[0035] 所述电压源型全桥变换器包括:第一开关管和第二开关管串联组成的一桥臂、第三开关管和第四开关管串联组成的另一桥臂,矩阵变换器包括:第一双向开关管和第四双向开关管串联组成的a相桥臂、第三双向开关管和第六双向开关管串联组成的b相桥臂、第五双向开关管和第二双向开关管串联组成的c相桥臂;

[0036] 一个开关正半周期内作用于矩阵变换器的四个电压矢量为第一零矢量 V_7 和第二零矢量 V_8 、第一有源矢量 V_{1+} 、第二有源矢量 V_{2+} ;第一零矢量 V_7 和第二零矢量 V_8 均对应矩阵变换器的输入电流为 I_0 ;第一有源矢量 V_{1+} 、第二有源矢量 V_{2+} 分别对应矩阵变换器的输入电流为 I_1 、 I_2 ,比较电机绕组输入电流后,确定四个电压矢量的作用顺序为 $V_7 \rightarrow V_{1+} \rightarrow V_{2+} \rightarrow V_8$ 此时 $I_2 > I_1 > I_0$ 。

[0037] 本发明采用上述技术方案,具有以下有益效果:

[0038] (1) 本申请公开的电压源型高频隔离矩阵变换器,采用电压源型全桥变换器、高频隔离变压器、矩阵变换器、三相滤波器组成的单级拓扑,采用根据低频交流电源相电流决定矢量作用顺序的空间矢量调制策略实现矩阵变换器所有开关的开通关断,通过副边钳位的换流策略实现高频隔离变压器漏感安全可靠的换流,无需增加钳位电路抑制电压尖峰,有利于减少系统损耗,提高效率 and 功率密度,克服了现有双有源全桥型矩阵变换器软开关范围受限的缺陷。

[0039] (2) 本申请公开的电压源型高频隔离矩阵变换器无需电解电容连接电压源型全桥变换器和矩阵变换器,克服了两级式变换器因需要电解电容连接前后级可靠性差、使用寿命短的缺陷。

[0040] (3) 本申请公开的电压源型高频隔离矩阵变换器具有变压器漏感电流幅值恒定的优点,高频隔离变压器的电流为阶梯波形式,相比于双有源全桥矩阵变换器,减小了电流峰值,降低了系统损耗。

[0041] (4) 本申请公开的电压源型高频隔离矩阵变换器漏感电流连续无断续状态,占空比计算更简单,减轻了控制器的计算负担。

[0042] (5) 本申请公开的电压源型高频隔离矩阵变换器低频交流侧无需三相换相电容,降低了系统的体积与成本。

附图说明

- [0043] 图1为主电路拓扑图；
- [0044] 图2(a)和图2(b)分别为矩阵变换器正负半周期的电压空间矢量图。
- [0045] 图3(a)至图3(f)为前半个开关周期内变换器处于状态1、状态2、状态3、状态4、状态5、状态6的电流流通过程图。
- [0046] 图4为a相上半桥臂换向道a相下半桥臂的四步换流过程；
- [0047] 图5为一个开关周期内关键波形图；
- [0048] 图6为蓄电池电压强迫漏感电流换流过程图；
- [0049] 图7(a)至图7(c)风力发电机转速为1000转、750转和500转情况下的高频隔离变压器电流电压波形图；
- [0050] 图8矩阵变换器稳态电压电流波形图。
- [0051] 图中标号说明：1.1、风力发电机，1.2、矩阵变换器，1.3、高频隔离变压器，1.4、电压源型全桥变换器，1.5、蓄电池。

具体实施方式

- [0052] 以下将结合附图，对本发明的技术方案进行详细说明。
- [0053] 实施例一：
- [0054] 本申请公开的一种电压源型高频隔离矩阵变换器，如图1所示，包括低频交流电源、矩阵变换器、高频隔离变压器和电压源型全桥变换器，矩阵变换器1.2的其输入交流母线接低频交流电源1.1三相绕组，输出接高频隔离变压器1.3的原边；高频隔离变压器的副边接电压源型全桥变换器1.4的桥臂中点，电压源型全桥变换器1.4的直流输出与蓄电池1.5并联。
- [0055] 针对于本申请中，低频交流电源1.1可以为风力发电机，利用风力发电机进行低频交流电的发电，当然在其他一些场合下，低频交流电源1.1可以为三相交流电网；
- [0056] 针对于本申请中的图示中，电压源型全桥变换器1.4是由第一开关管 S_1 、第二开关管 S_2 、第三开关管 S_3 、第四开关管 S_4 构成的全桥变换器；
- [0057] 矩阵变换器1.2包括：开关管 S_{21} 和开关管 S_{11} 共源连接的第一双向开关管、开关管 S_{22} 和开关管 S_{12} 共源连接的第二双向开关管、开关管 S_{23} 和开关管 S_{13} 共源连接的第三双向开关管、开关管 S_{24} 和开关管 S_{14} 共源连接的第四双向开关管、开关管 S_{25} 和开关管 S_{15} 共源连接的第五双向开关管、开关管 S_{26} 和开关管 S_{16} 共源连接的第六双向开关管，第一双向开关管和第四双向开关管串联组成的桥臂的中点记为a，第三双向开关管和第六双向开关管串联组成的桥臂的中点记为b，第五双向开关管和第二双向开关管串联组成的桥臂的中点记为c。
- [0058] 第一双向开关管和第四双向开关管串联组成的桥臂、第三双向开关管和第六双向开关管串联组成的桥臂、和第五双向开关管和第二双向开关管串联组成的桥臂的输入端分别与低频交流电源1.1三相绕组进行电性连接，输出端均接入高频隔离变压器1.3的原边。
- [0059] 以图2(a)扇区I为例，一个开关正半周期内作用于矩阵变换器的四个电压矢量为第一零矢量 V_7 和第二零矢量 V_8 、第一有源矢量 V_{1+} 、第二有源矢量 V_{2+} ；第一零矢量 V_7 和第二零矢量 V_8 均对应矩阵变换器的输入电流为 I_0 ；第一有源矢量 V_{1+} 、第二有源矢量 V_{2+} 分别对应矩阵变换器的输入电流为 I_1 、 I_2 ，比较电机绕组输入电流后，确定四个电压矢量的作用顺序为

$V_{7-} \rightarrow V_{1+} \rightarrow V_{2+} \rightarrow V_{8-}$ 此时 $I_2 > I_1 > I_0$, 半个开关周期内矩阵变换器的调制过程如下, 经历6种状态, 6种状态下的电流流电路径如图3所示, 一个开关周期内的关键波形如图5所示。

[0060] 采用电压源型全桥变换器、高频隔离变压器、矩阵变换器、三相滤波器组成的单级拓扑, 采用根据低频交流电源相电流决定矢量作用顺序的空间矢量调制策略实现矩阵变换器所有开关的开通关断, 通过副边钳位的换流策略实现高频隔离变压器漏感安全可靠的换流, 无需增加钳位电路抑制电压尖峰, 有利于减少系统损耗, 提高效率 and 功率密度, 克服了现有双有源全桥型矩阵变换器软开关范围受限的缺陷。

[0061] 本申请利用电机绕组电感作为滤波元件, 省去了电机侧额外的三相滤波电容, 提高了系统的效率和功率密度; 同时, 用薄膜电容替代直流滤波电感, 进一步降低了系统的导通损耗和体积。

[0062] 本申请提出了的换流方法, 不会出现传统换流方案中换流失败滤波电容短路的情况。

[0063] 本申请提出了一种 180° 导通型调制方案, 即每个桥臂上下两个双向开关有且仅有一个导通, 与三相电压源变流器类似, 相比于电流输入矩阵型和双有源全桥矩阵型 120° 导通型调制方法, 不需要额外的FPGA电路, 仅利用DSP即可实现, 成本更低, 更实用。

[0064] 1) 状态1: 正半周期第一零矢量作用阶段

[0065] 开关周期开始时, 第一零矢量 V_7 作用于矩阵变换器1.2, 矩阵变换器中 S_{14} 、 S_{24} 、 S_{16} 、 S_{26} 、 S_{12} 、 S_{22} 开关导通, 全桥变换器中的 S_2 和 S_3 导通, 无电流流过, 此时低频交流电源与蓄电池之间没有能量交换。等效电路图如图3(a)所示, 矩阵变换器输出电压 u_p , 变压器原边电流 i_p , 以及全桥变换器驱动信号 g_1 & g_4 、 g_2 & g_3 参见图5所示 $[t_0, t_1]$ 时间段内的波形图。

[0066] 2) 状态2: 变压器漏感电流换流阶段

[0067] 零矢量作用时间结束后, 第一有源矢量 V_{1+} 作用于矩阵变换器1.2, 电压源型全桥变换器1.4中的 S_2 和 S_3 维持导通状态; 矩阵变换器中 S_{11} 和 S_{21} 打开, S_{14} 和 S_{24} 关断, 直流侧蓄电池给漏感电流充电, 高频隔离变压器漏感电流等于低频交流电源a相绕组电流。等效电路图如图3(b)所示, 矩阵变换器输出电压 u_p , 变压器原边电流 i_p , 以及全桥变换器驱动信号 g_1 & g_4 、 g_2 & g_3 参见图5所示 $[t_1, t_2]$ 时间段内的波形图。

[0068] 3) 状态3: 电压源型全桥变换器续流阶段

[0069] 电压源型全桥变换器中 S_2 和 S_3 关断, 高频隔离变压器电流通过 S_1 和 S_4 的反并联二极管续流, 矩阵变换器中 S_{11} 、 S_{21} 、 S_{26} 、 S_{16} 、 S_{12} 、 S_{22} 保持导通。高频隔离变压器原边电流等于低频交流电源a相绕组电流, 高频隔离变压器副边电压等于蓄电池电压, 能量从交流侧馈送给直流侧。等效电路图如图3(c)所示, 矩阵变换器输出电压 u_p , 变压器原边电流 i_p , 以及全桥变换器驱动信号 g_1 & g_4 、 g_2 & g_3 参见图5所示 $[t_2, t_3]$ 时间段内的波形图。

[0070] 4) 状态4: 第一有源矢量作用阶段

[0071] 矩阵变换器中 S_{11} 、 S_{21} 、 S_{26} 、 S_{16} 、 S_{12} 、 S_{22} 维持导通状态, 电压源型全桥变换器的 S_1 和 S_4 零电流导通, 能量从交流侧馈送给直流侧。等效电路图如图3(d)所示, 矩阵变换器输出电压 u_p , 变压器原边电流 i_p , 以及全桥变换器驱动信号 g_1 & g_4 、 g_2 & g_3 参见图5所示 $[t_3, t_4]$ 时间段内的波形图。

[0072] 5) 状态5: 第二有源矢量作用阶段

[0073] 矩阵变换器第一有源矢量 V_{1+} 作用时间结束后, 第二有源矢量 V_{2+} 开始作用。矩阵变

换器中的 S_{26} 、 S_{16} 关断, S_{23} 、 S_{13} 打开,高频隔离变压器原边电流等于a相和b相绕组电流之和,副边电压等于蓄电池电压,能量从交流侧馈送给直流侧。等效电路图如图3(e)所示,矩阵变换器输出电压 u_p ,变压器原边电流 i_p ,以及全桥变换器驱动信号 g_1 、 g_4 、 g_2 、 g_3 参见图5所示 $[t_4, t_5]$ 时间段内的波形图。

[0074] 6) 状态6: 正半周期第二零矢量作用阶段

[0075] 矩阵变换器第二有源矢量 V_{2+} 作用时间结束后,第二零矢量 V_8 作用于矩阵变换器,矩阵变换器中 S_{11} 、 S_{21} 、 S_{23} 、 S_{13} 、 S_{15} 、 S_{25} 维持导通状态,电压源型全桥变换器中 S_1 、 S_4 维持导通状态,此时低频交流电源与蓄电池之间没有能量交换。等效电路图如图3(f)所示,矩阵变换器输出电压 u_p ,变压器原边电流 i_p ,以及全桥变换器驱动信号 g_1 、 g_4 、 g_2 、 g_3 参见图5所示 $[t_5, t_6]$ 时间段内的波形图。

[0076] 其中,图5中四个电压矢量的作用时间为:
$$\begin{cases} T_1 = \frac{1}{2} T_s m_a \sin(\frac{\pi}{3} - \theta_i) \\ T_2 = \frac{1}{2} T_s m_a \sin(\theta_i) \\ T_0 = \frac{1}{4} (T_s - T_1 - T_2) \end{cases}$$
 ,其中, T_1 和 T_2 分别为

第一有源矢量 V_{1+} 、第二有源矢量 V_{2+} 、 T_0 为第一零矢量 V_7 和第二零矢量 V_8 的作用时间, m_a 和 θ_i 分别为空间矢量调制的调制比和角度, T_s 为一个开关周期。

[0077] 如图6所示,漏感电流换向时,蓄电池电压通过高频隔离变压器映射,加漏感上,强迫漏感电流改变方向,其中 g_{21} 、 g_{11} 、 g_{24} 、 g_{14} 范围内别为 S_{21} 、 S_{11} 、 S_{24} 、 S_{14} 的驱动信号。

[0078] 如图4所示,一种电压源型高频隔离矩阵变换器及其调制方法,所述矩阵变换器开关管之间的换流方法包括以下步骤:

[0079] 以a相上半桥臂切换到下半桥臂为例,开关管 S_{21} 和 S_{11} 导通,其中,开关管 S_{11} 正向导通,开关管 S_{21} 处于同步整流状态,桥臂输入电流 i_a 大于0。

[0080] 第一步换流:开关管 S_{21} 关断,电流从 S_{21} 的沟道换向到 S_{21} 的体二极管;

[0081] 第二步换流:开关管 S_{24} 打开,电流流经 S_{24} 的沟道和 S_{14} 的体二极管;

[0082] 第三步换流:开关管 S_{11} 关断,a相输入电流全部流经下半桥臂;

[0083] 第四步换流:开关管 S_{14} 导通,电流从 S_{14} 的体二极管换向到 S_{14} 的沟道, S_{14} 处于同步整流状态。

[0084] 如图7所示,在额定转速,半转速和四分之一转速下,矩阵变换器输出电流幅值都保持不变,减小了系统的导通损耗,提高了风力发电机的宽范围调速性能。由图8可知本文所提出的系统可以在额定1kW功率下稳定运行,验证了单级式矩阵变换器用于风力发电的可行性。

[0085] 实施二:

[0086] 一种电压源型高频隔离矩阵变换器的调制系统,包括:

[0087] 矩阵变换器模块,包括矩阵变换器,所述矩阵变换器其输入交流母线接发电机三相定子绕组,

[0088] 高频隔离变压器模块,包括高频隔离变压器,所述高频隔离变压器原边线圈接矩阵变换器的输出端,及,

[0089] 电压源全桥变换器模块,包括电压源全桥变换器,所述电压源全桥变换器输入接

高频隔离变压器的输出端,直流输出接蓄电池;

[0090] 所述矩阵变换器在电压矢量的作用下依次经历正半周期第一零矢量作用阶段、变压器漏感电流换流阶段、电压源型全桥变换器续流阶段、第一有源矢量作用阶段、第二有源矢量作用阶段、正半周期第二零矢量作用阶段;

[0091] 所述电压源型全桥变换器包括:第一开关管和第二开关管串联组成的一桥臂、第三开关管和第四开关管串联组成的另一桥臂,矩阵变换器包括:第一双向开关管和第四双向开关管串联组成的a相桥臂、第三双向开关管和第六双向开关管串联组成的b相桥臂、第五双向开关管和第二双向开关管串联组成的c相桥臂;

[0092] 一个开关正半周期内作用于矩阵变换器的四个电压矢量为第一零矢量 V_7 和第二零矢量 V_8 、第一有源矢量 V_{1+} 、第二有源矢量 V_{2+} ;第一零矢量 V_7 和第二零矢量 V_8 均对应矩阵变换器的输入电流为 I_0 ;第一有源矢量 V_{1+} 、第二有源矢量 V_{2+} 分别对应矩阵变换器的输入电流为 I_1 、 I_2 ,比较电机绕组输入电流后,确定四个电压矢量的作用顺序为 $V_7 \rightarrow V_{1+} \rightarrow V_{2+} \rightarrow V_8$ 此时 $I_2 > I_1 > I_0$ 。

[0093] 采用电压源型全桥变换器、高频隔离变压器、矩阵变换器、三相滤波器组成的单级拓扑,采用根据低频交流电源相电流决定矢量作用顺序的空间矢量调制策略实现矩阵变换器所有开关的开通关断,通过副边钳位的换流策略实现高频隔离变压器漏感安全可靠的换流,无需增加钳位电路抑制电压尖峰,有利于减少系统损耗,提高效率和功率密度,克服了现有双有源全桥型矩阵变换器软开关范围受限的缺陷。

[0094] 针对于其他方面,如实施例一所述的一致;即可能体现实施例一所带来的其他效果。

[0095] 虽然本发明已以较佳实例揭露如上,然其并非用以限定本发明。本发明所属技术领域中具有通常知识者,在不脱离本发明的精神和范围内,当可作各种更动与润饰。因此,本发明的保护范围当视权利要求书所界定者为准。

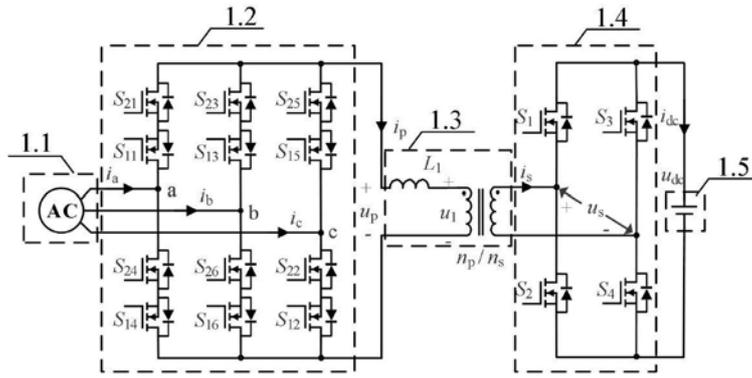
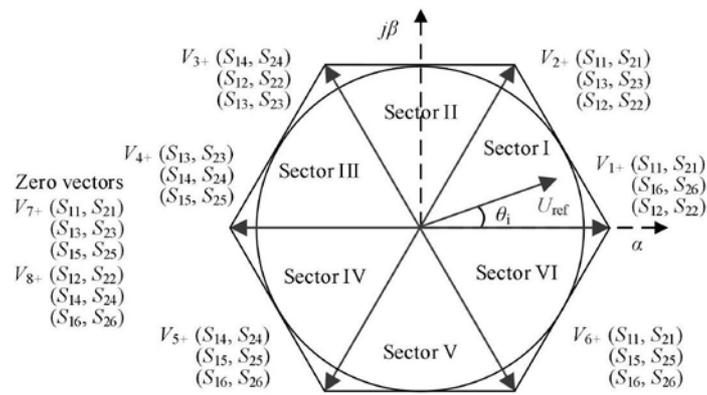
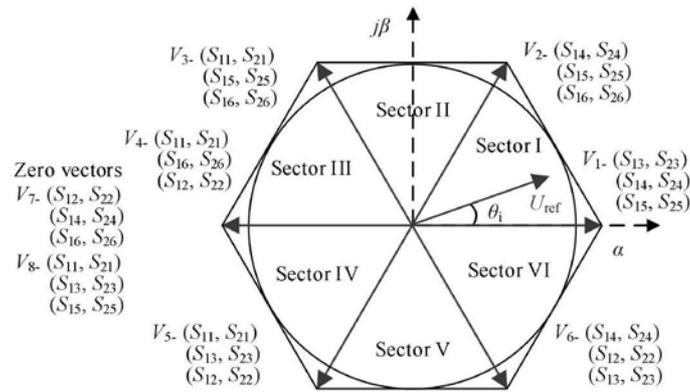


图1

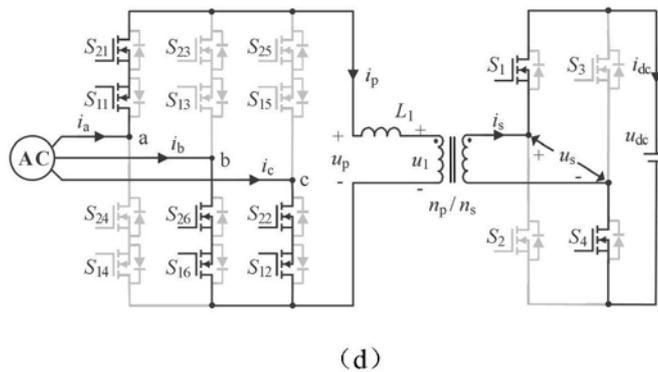
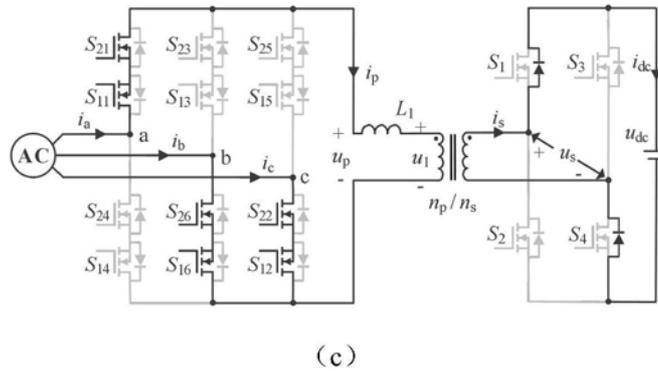
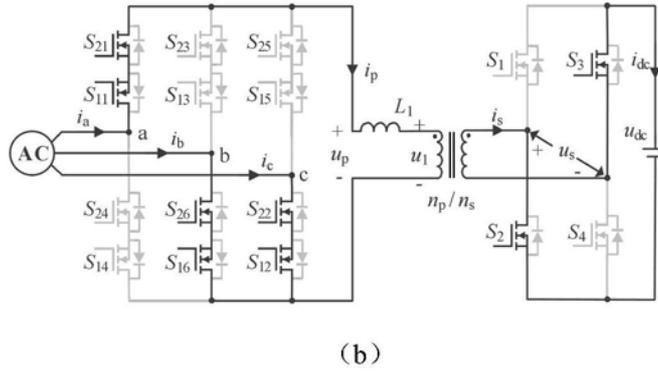
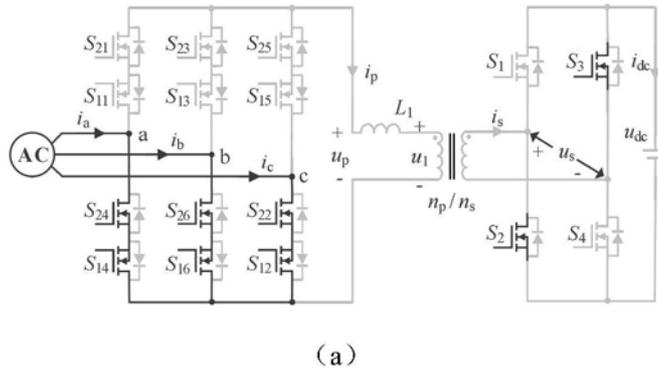


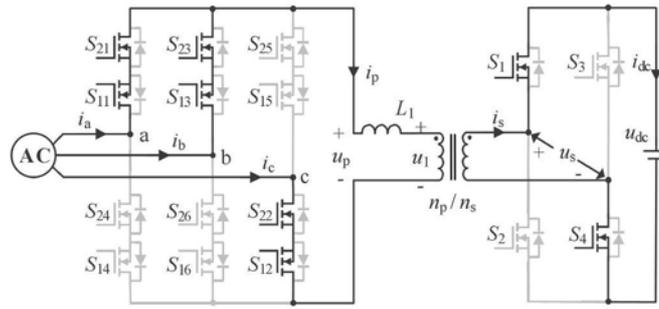
(a)



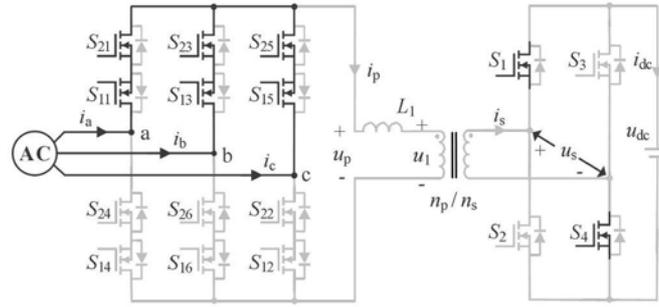
(b)

图2





(e)



(f)

图3

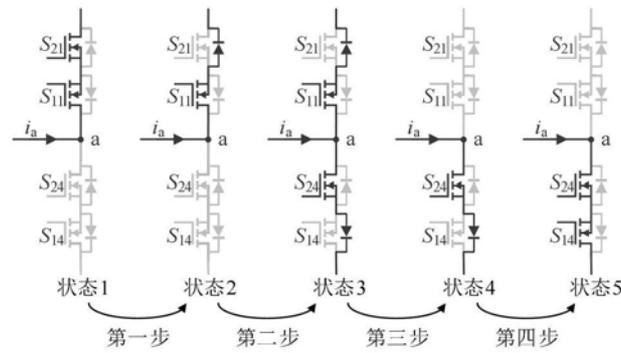


图4

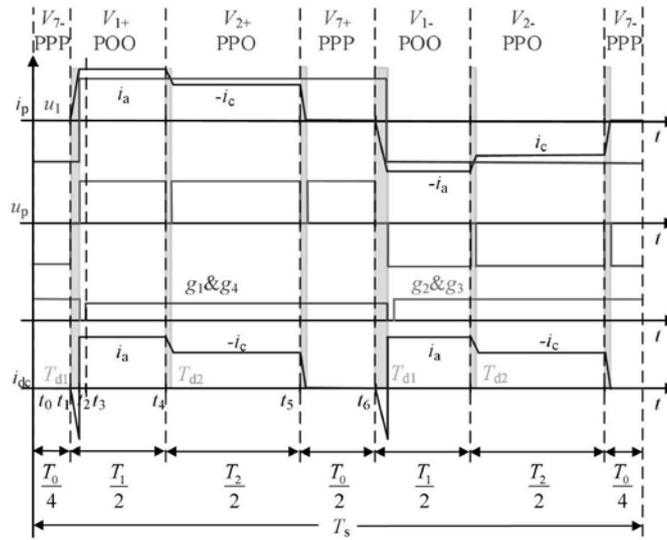


图5

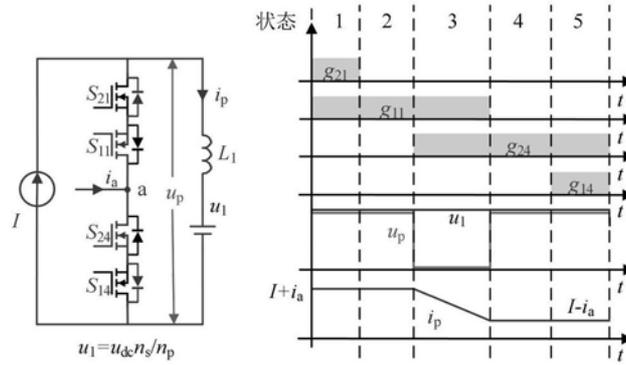
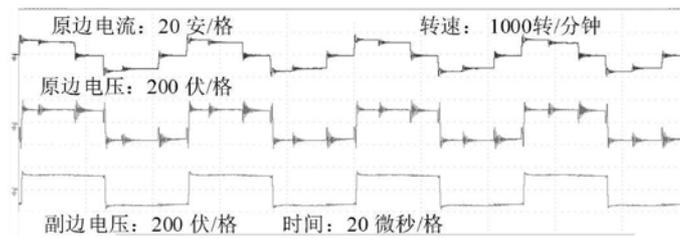
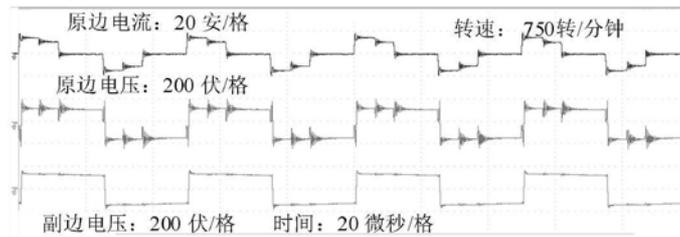


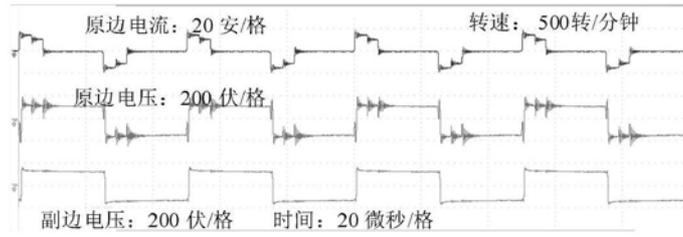
图6



(a)



(b)



(c)

图7

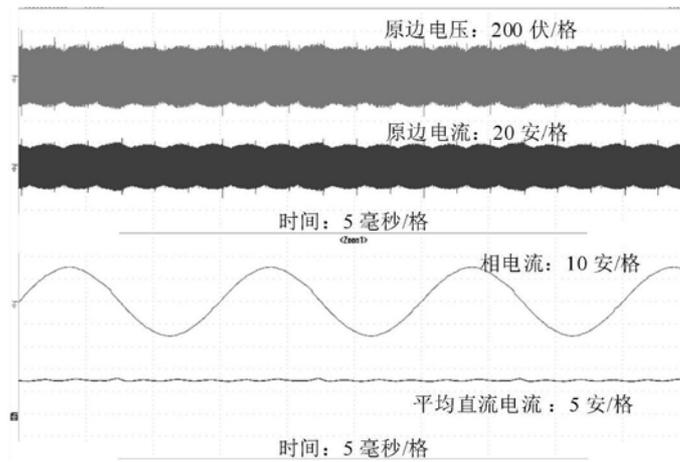


图8