



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103762873 B

(45) 授权公告日 2016. 04. 20

(21) 申请号 201410033508. 1

US 2006/0092676 A1, 2006. 05. 04,

(22) 申请日 2014. 01. 24

CN 101860254 A, 2010. 10. 13,

CN 202172363 U, 2012. 03. 21,

(73) 专利权人 南京理工大学

审查员 郑植

地址 210094 江苏省南京市孝陵卫 200 号

(72) 发明人 李磊 胥佳梅 赵卫 项泽宇

潘敏

(74) 专利代理机构 南京理工大学专利中心

32203

代理人 马鲁晋

(51) Int. Cl.

H02M 7/483(2007. 01)

H02M 1/12(2006. 01)

H02M 5/293(2006. 01)

(56) 对比文件

US 5155672 A, 1992. 10. 13,

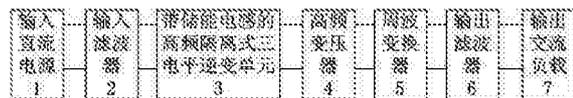
权利要求书3页 说明书11页 附图1页

(54) 发明名称

基于 Boost 变换器的高频隔离式三电平逆变器

(57) 摘要

本发明公开了一种基于 Boost 变换器的高频隔离式三电平逆变器,由依次连接的输入直流电源单元、输入滤波器、带储能电感的高频隔离式三电平逆变单元、高频变压器、周波变换器、输出滤波器和输出交流负载构成,通过功率开关管的交错导通,输入储能电感 L 上可以出现三种电压电平,减小了电感的体积,减小了功率开关管的电压应力,滤波电容值得以减小,拓宽了功率开关管的选择范围,高频变压器副边侧经过周波变换器和输出滤波电容后得到稳定的正弦交流电压;本发明具有功率变换级数少,功率开关器件少,功率开关管电压应力低,能实现双向功率流,高频电气隔离,输出滤波器前端电压频谱特性好的特性。



1. 一种基于 Boost 变换器的高频隔离式三电平逆变器,其特征在于,包括依次连接的输入直流电源单元 (1)、输入滤波器 (2)、带储能电感的高频隔离式三电平逆变单元 (3)、高频变压器 (4)、周波变换器 (5)、输出滤波器 (6)、输出交流负载 (7),其中,输入直流电源单元 (1) 包括输入直流电源 (U_i),输入直流电源 (U_i) 与输入滤波器 (2) 的一端连接,输入滤波器 (2) 的另一端与带储能电感的高频隔离式三电平逆变单元 (3) 的一端连接,带储能电感的高频隔离式三电平逆变器单元 (3) 的另一端与高频变压器 (4) 的初级绕组连接,高频变压器 (4) 的次级绕组与周波变换器 (5) 的输入端连接,周波变换器 (5) 的输出端与输出滤波器 (6) 的输入端连接,输出滤波器 (6) 的输出端与输出交流负载 (7) 连接;

所述输入滤波器 (2) 包括输入滤波电感 (L_0) 和输入滤波电容 (C_0),其中,输入直流电源 (U_i) 的参考正极与输入滤波电感 (L_0) 的一端连接,输入滤波电感 (L_0) 的另一端分别与输入滤波电容 (C_0) 的正极和储能电感 (L) 的一端连接,输入滤波电容 (C_0) 的负极与输入直流电源 (U_i) 的参考负极连接;

所述带储能电感的高频隔离式三电平逆变单元 (3) 包括第一功率开关管 (S1) 及第一二极管 (D1),第二功率开关管 (S2) 及第二二极管 (D2),第三功率开关管 (S3) 及第三二极管 (D3),第四功率开关管 (S4) 及第四二极管 (D4),第五功率开关管 (S5) 及第五二极管 (D5);其中,储能电感 (L) 的一端和输入滤波器 (2) 的电容正极连接,储能电感 (L) 的另一端与第一功率开关管 (S1) 的漏极和第三功率开关管 (S3) 的漏极相连,第一二极管 (D1) 和第三二极管 (D3) 分别反并联于第一功率开关管 (S1) 和第三功率开关管 (S3) 两端,即第一二极管 (D1) 的阴极与第一功率开关管 (S1) 的漏极连接,第一二极管 (D1) 的阳极与第一功率开关管 (S1) 的源极连接,第三二极管 (D3) 的阴极与第三功率开关管 (S3) 的漏极连接,第三二极管 (D3) 的阳极与第三功率开关管 (S3) 的源极连接,第四二极管 (D4) 的阴极与第四功率开关管 (S4) 的漏极连接,第四二极管 (D4) 的阳极与第四功率开关管 (S4) 的源极连接,第二二极管 (D2) 的阴极与第二功率开关管 (S2) 的漏极连接,第二二极管 (D2) 的阳极与第二功率开关管 (S2) 的源极连接,第五二极管 (D5) 的阴极与第五功率开关管 (S5) 的漏极连接,第五二极管 (D5) 的阳极与第五功率开关管 (S5) 的源极连接,第一功率开关管 (S1) 的源极分别和高频变压器 (4) 的第一原边绕组 (N1) 的同名端和第四功率开关管 (S4) 的漏极连接,高频变压器 (4) 的第一原边绕组 (N1) 的非同名端和第二原边绕组 (N2) 的同名端连接后与第五功率开关管 (S5) 的漏极连接,第二原边绕组 (N2) 的非同名端分别和第二功率开关管 (S2) 的漏极和第三功率开关管 (S3) 的源极连接,输入直流电源的参考负极分别和输入滤波电容 (C_0) 的负极、第五功率开关管 (S5) 的源极、第四功率开关管 (S4) 的源极、第二功率开关管 (S2) 的源极连接。

2. 根据权利要求 1 所述的基于 Boost 变换器的高频隔离式三电平逆变器,其特征在于,所述高频变压器 (4) 包括第一原边绕组 (N1)、第二原边绕组 (N2) 和第三副边绕组 (N3),第一原边绕组 (N1) 的同名端与第一功率开关管 (S1) 的源极连接,第一原边绕组 (N1) 的非同名端与第二原边绕组 (N2) 的同名端连接后与第五功率开关管 (S5) 的漏极连接,第二原边绕组 (N2) 的非同名端与第二功率开关管 (S2) 的漏极连接;高频变压器 (4) 的第三副边绕组 (N3) 与周波变换器 (5) 的输入端连接;

所述周波变换器 (5) 为桥式周波变换器,包括第一四象限功率开关管 (SA)、第二四象限功率开关管 (SB)、第三四象限功率开关管 (SC)、第四四象限功率开关管 (SD),高频变压

器(4)的第三副边绕组(N3)的同名端与所述桥式周波变换器的第七功率开关管(S7)的漏极、第七二极管(D7)的阴极、第十功率开关管(S10)的漏极、第十二二极管(D10)的阴极连接,所述的桥式周波变换器的第七功率开关管(S7)的源极、第七二极管(D7)的阳极、第六功率开关管(S6)的源极、第六二极管(D6)的阳极连接在一起,所述桥式周波变换器的第六功率开关管(S6)的漏极、第六二极管(D6)的阴极、第八功率开关管(S8)的漏极、第八二极管(D8)的阴极连接在一起,所述的桥式周波变换器的第八功率开关管(S8)的源极、第八二极管(D8)的阳极、第九功率开关管(S9)的源极、第九二极管(D9)的阳极连接在一起,所述桥式周波变换器的第九功率开关管(S9)的漏极、第九二极管(D9)的阴极、第十二功率开关管(S12)的漏极、第十二二极管(D12)的阴极连接在一起,高频变压器(4)的第三副边绕组(N3)的非同名端与所述桥式周波变换器的第九功率开关管(S9)的漏极、第九二极管(D9)的阴极、第十二功率开关管(S12)的漏极、第十二二极管(D12)的阴极连接在一起,所述的桥式周波变换器的第十二功率开关管(S12)的源极、第十二二极管(D12)的阳极、第十三功率开关管(S13)的源极、第十三二极管(D13)的阳极连接在一起,所述的桥式周波变换器的第十三功率开关管(S13)的漏极、第十三二极管(D13)的阴极、第十一功率开关管(S11)的漏极、第十一二极管(D11)的阴极连接在一起,所述的桥式周波变换器的第十一功率开关管(S11)的源极、第十一二极管(D11)的阳极、第十功率开关管(S10)的源极、第十二二极管(D10)的阳极连接在一起,第六功率开关管(S6)、第七功率开关管(S7)、第六二极管(D6)、第七二极管(D7)构成第一四象限功率开关管(SA),第八功率开关管(S8)、第九功率开关管(S9)、第八二极管(D8)、第九二极管(D9)构成第二四象限功率开关管(SB),第十功率开关管(S10)、第十一功率开关管(S11)第十二二极管(D10)、第十一二极管(D11)构成第三四象限功率开关管(SC),第十二功率开关管(S12)、第十三功率开关管(S13)、第十二二极管(D12)、第十三二极管(D13)构成第四四象限功率开关管(SD),第一四象限功率开关管(SA)、第二四象限功率开关管(SB)、第三四象限功率开关管(SC)、第四四象限功率开关管(SD)四个四象限功率开关管构成所述桥式周波变换器;

所述输出滤波器(6)包括输出滤波电容(C_f),其中,输出滤波电容(C_f)的正极与周波变换器(5)中的第六功率开关管(S6)的漏极、第六二极管(D6)的阴极、第八功率开关管(S8)的漏极、第八二极管(D8)的阴极连接,输出滤波电容(C_f)的负极与周波变换器(5)中的第十一功率开关管(S11)的漏极、第十一二极管(D11)的阴极、第十三功率开关管(S13)的漏极、第十三二极管(D13)的阴极连接;

所述输出交流负载(7)包括交流负载(Z_L),交流负载(Z_L)的两端分别与输出滤波电容(C_f)的正极和负极连接。

3. 根据权利要求1所述的基于Boost变换器的高频隔离式三电平逆变器,其特征在于,所述高频变压器(4)包括第一原边绕组(N1)、第二原边绕组(N2)和第四副边绕组(N4),第五副边绕组(N5),第一原边绕组(N1)的同名端与第一功率开关管(S1)的源极连接,第一原边绕组(N1)的非同名端与第二原边绕组(N2)的同名端连接后与第五功率开关管(S5)的漏极连接,第二原边绕组(N2)的非同名端与第二功率开关管(S2)的漏极连接;高频变压器(4)的第四副边绕组(N4)、第五副边绕组(N5)与周波变换器(5)的输入端连接;

所述周波变换器(5)为全波式周波变换器,包括第五四象限功率开关管(SA')和第六四象限功率开关管(SB'),高频变压器(4)的第四副边绕组(N4)的同名端与所述全波式

周波变换器的第十四功率开关管 (S6') 的漏极和第十四二极管 (D6') 的阴极连接, 所述全波式周波变换器的第十四功率开关管 (S6') 的源极、第十四二极管 (D6') 的阳极、第十五功率开关管 (S7') 的源极、第十五二极管 (D7') 的阳极连接在一起, 高频变压器 (4) 的第五副边绕组 (N5) 的非同名端与所述全波式周波变换器的第十六功率开关管 (S8') 的漏极和第十六二极管 (D8') 的阴极连接, 高频变压器 (4) 的第四副边绕组 (N4) 的非同名端连接于第五副边绕组 (N5) 的同名端, 所述全波式周波变换器的第十六功率开关管 (S8') 的源极、第十六二极管 (D8') 的阳极、第十七功率开关管 (S9') 的源极、第十七二极管 (D9') 的阳极连接在一起, 所述全波式周波变换器的第十七功率开关管 (S9') 的漏极、第十七二极管 (D9') 的阴极、第十五功率开关管 (S7') 的漏极、第十五二极管 (D7') 的阴极连接在一起, 第十四功率开关管 (S6')、第十五功率开关管 (S7')、第十四二极管 (D6')、第十五二极管 (D7') 构成第五四象限功率开关管 (SA'), 第十六功率开关管 (S8')、第十七功率开关管 (S9')、第十六二极管 (D8')、第十七二极管 (D9') 构成第六四象限功率开关管 (SB'), 第五四象限功率开关管 (SA') 和第六四象限功率开关管 (SB') 构成所述全波式周波变换器;

所述输出滤波器 (6) 包括输出滤波电容 (C_f), 其中, 输出滤波电容 (C_f) 的正极与第十五二极管 (D7') 的阴极相连, 输出滤波电容 (C_f) 的负极与高频变压器 (4) 的第四副边绕组 (N4) 的非同名端相连;

所述输出交流负载 (7) 包括交流负载 (Z_L), 交流负载 (Z_L) 的两端分别与输出滤波电容 (C_f) 的正极和负极连接。

基于 Boost 变换器的高频隔离式三电平逆变器

技术领域

[0001] 本发明属于电力电子变换技术领域,特别是一种基于 Boost 变换器的高频隔离式三电平逆变器。

背景技术

[0002] 目前国内外电力电子研究人员对于直-交变换器的研究,主要集中在非电气隔离式、低频和高频电气隔离式等两电平直-交变换器;对于多电平变换器的研究,主要集中在多电平直-直、交-交和直-交-直变换器,而对于多电平直-交变换器的研究则非常少,且仅仅局限于非隔离式、低频或中频隔离式直-交型多电平直-交变换器、而对高频隔离式多电平两级功率变换的逆变器研究却比较少。

[0003] 高频环节逆变技术采用高频脉冲波变压器来取代低频变压器来传输能量,克服了低频逆变技术的缺点,显著提高了逆变器的特性,得到广泛应用,大大降低了变压器的体积和重量,使变压器简易轻便,实现输入与输出的电气隔离同时调节电压的比例,不仅优化了系统还提高系统的性能,电信、航空航天、军事等领域常常要求供电装置重量轻、体积小、功率密度大和可靠性高。石油、煤和天然气等矿产资源的不断消耗以及环境污染等问题,使用蓄电池、太阳能电池等作为能源的混合型电动汽车驱动日益成为研究热点,效率和体积是她首选的因素。因此,高频环节逆变器都具有广泛的应用前景,特别是对逆变器的体积、重量有较高要求的逆变场合有更重要的应用前景。

[0004] 迄今为止,人们对 buck、buck-boost 型高频环节 DC-AC 变换器的研究已经取得了显著的成果,但是 buck、buck-boost 型高频环节 DC-AC 变换器存在输入电流纹波大、负载短路时可靠性低(buck 型),输出容量小(buck-boost)等缺陷。对 Boost 型变换器的研究,主要集中在 Boost 型 DC-DC、AC-AC、AC-DC 变换器,包括非电气隔离式和电气隔离式,对 Boost 型三电平变换器的研究主要集中在无隔离变压器型,而对于带隔离变压器的 Boost 型三电平变换器特别是带隔离变压器的 Boost 型三电平逆变器的研究还很少。为了构成系统、完整的高频环节逆变技术理论,有必要寻求和深入研究 Boost 型高频隔离式三电平逆变器。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种具有电路拓扑简洁、变换效率高、功率密度高、输入侧功率因数高、高功率密度、输出波形质量高、负载适应能力强、具有两级功率变换(直流 DC- 高频交流 HFAC- 低频交流 LFAC)、双向功率流、输出滤波器前端电压频谱特性好、降低开关器件的电压应力、能够实现直流电源与交流负载高频电气隔离的基于 Boost 变换器的高频隔离式三电平逆变器。

[0006] 实现本发明目的的技术解决方案为:一种基于 Boost 变换器的高频隔离式三电平逆变器,包括依次连接的输入直流电源单元 1、输入滤波器 2、带储能电感的高频隔离式三电平逆变单元 3、高频变压器 4、周波变换器 5、输出滤波器 6、输出交流负载 7,其中,输入直流电源单元 1 包括输入直流电源 U_i ,输入直流电源 U_i 与输入滤波器 2 的一端连接,输入滤波

器 2 的另一端与带储能电感的高频隔离式三电平逆变单元 3 的一端连接,带储能电感的高频隔离式三电平逆变器单元 3 的另一端与高频变压器 4 的初级绕组连接,高频变压器 4 的次级绕组与周波变换器 5 的输入端连接,周波变换器 5 的输出端与输出滤波器 6 的输入端连接,输出滤波电容 6 的输出端与输出交流负载 7 连接;

[0007] 所述输入滤波器 2 包括输入滤波电感 L_0 和输入滤波电容 C_0 , 其中, 输入直流电源 U_i 的参考正极与输入滤波电感 L_0 的一端连接, 输入滤波电感 L_0 的另一端分别与输入滤波电容 C_0 的正极和储能电感 L 的一端连接, 输入滤波电容 C_0 的负极与输入直流电源 U_i 的参考负极连接;

[0008] 所述带储能电感的高频隔离式三电平逆变单元 3 包括第一功率开关管 S_1 及第一二极管 D_1 , 第二功率开关管 S_2 及第二二极管 D_2 , 第三功率开关管 S_3 及第三二极管 D_3 , 第四功率开关管 S_4 及第四二极管 D_4 , 第五功率开关管 S_5 及第五二极管 D_5 ; 其中, 储能电感 L 的一端和输入滤波器 2 的电容正极连接, 储能电感 L 的另一端与第一功率开关管 S_1 的漏极和第三功率开关管 S_3 的漏极相连, 第一二极管 D_1 和第三二极管 D_3 分别反并联于第一功率开关管 S_1 和第三功率开关管 S_3 两端, 即第一二极管 D_1 的阴极与第一功率开关管 S_1 的漏极连接, 第一二极管 D_1 的阳极与第一功率开关管 S_1 的源极连接, 第三二极管 D_3 的阴极与第三功率开关管 S_3 的漏极连接, 第三二极管 D_3 的阳极与第三功率开关管 S_3 的源极连接, 第四二极管 D_4 的阴极与第四功率开关管 S_4 的漏极连接, 第四二极管 D_4 的阳极与第四功率开关管 S_4 的源极连接, 第二二极管 D_2 的阴极与第二功率开关管 S_2 的漏极连接, 第二二极管 D_2 的阳极与第二功率开关管 S_2 的源极连接, 第五二极管 D_5 的阴极与第五功率开关管 S_5 的漏极连接, 第五二极管 D_5 的阳极与第五功率开关管 S_5 的源极连接, 第一功率开关管 S_1 的源极分别和高频变压器 4 的第一原边绕组 N_1 的同名端和第四功率开关管 S_4 的漏极连接, 高频变压器 4 的第一原边绕组 N_1 的非同名端和第二原边绕组 N_2 的同名端连接后与第五功率开关管 S_5 的漏极连接, 第二原边绕组 N_2 的非同名端分别和第二功率开关管 S_2 的漏极和第三功率开关管 S_3 的源极连接, 输入直流电源的参考负极分别和输入滤波电容 C_0 的负极、第五功率开关管 S_5 的源极、第四功率开关管 S_4 的源极、第二功率开关管 S_2 的源极连接。

[0009] 高频变压器 4 和周波变换器 5 分别为高频变压器 T_1 和桥式周波变换器;

[0010] 所述高频变压器 T_1 包括第一原边绕组 N_1 、第二原边绕组 N_2 和第三副边绕组 N_3 , 第一原边绕组 N_1 的同名端与第一功率开关管 S_1 的源极连接, 第一原边绕组 N_1 的非同名端与第二原边绕组 N_2 的同名端连接后与第五功率开关管 S_5 的漏极连接, 第二原边绕组 N_2 的非同名端与第二功率开关管 S_2 的漏极连接; 高频变压器 4 的第三副边绕组 N_3 与周波变换器 5 的输入端连接;

[0011] 所述周波变换器 5 为桥式周波变换器, 包括第一四象限功率开关管 S_A 、第二四象限功率开关管 S_B 、第三四象限功率开关管 S_C 、第四四象限功率开关管 S_D , 高频变压器 T_1 的第三副边绕组 N_3 的同名端与所述桥式周波变换器的第七功率开关管 S_7 的漏极、第七二极管 D_7 的阴极、第十功率开关管 S_{10} 的漏极、第十二二极管 D_{10} 的阴极连接, 所述的桥式周波变换器 5 的第七功率开关管 S_7 的源极、第七二极管 D_7 的阳极、第六功率开关管 S_6 的源极、第六二极管 D_6 的阳极连接在一起, 所述桥式周波变换器 5 的第六功率开关管 S_6 的漏极、第六二极管 D_6 的阴极、第八功率开关管 S_8 的漏极、第八二极管 D_8 的阴极连接在一起, 所述的桥式周波变换器 5 的第八功率开关管 S_8 的源极、第八二极管 D_8 的阳极、第九功率开关管

S9 的源极、第九二极管 D9 的阳极连接在一起,所述桥式周波变换器 5 的第九功率开关管 S9 的漏极、第九二极管 D9 的阴极、第十二功率开关管 S12 的漏极、第十二二极管 D12 的阴极连接在一起,高频变压器 T1 的第三副边绕组 N3 的非同名端与所述桥式周波变换器 5 的第九功率开关管 S9 的漏极、第九二极管 D9 的阴极、第十二功率开关管 S12 的漏极、第十二二极管 D12 的阴极连接在一起,所述的桥式周波变换器 5 的第十二功率开关管 S12 的源极、第十二二极管 D12 的阳极、第十三功率开关管 S13 的源极、第十三二极管 D13 的阳极连接在一起,所述的桥式周波变换器 5 的第十三功率开关管 S13 的漏极、第十三二极管 D13 的阴极、第十一功率开关管 S11 的漏极、第十二极管 D11 的阴极连接在一起,所述的桥式周波变换器 5 的第十一功率开关管 S11 的源极、第十二极管 D11 的阳极、第十功率开关管 S10 的源极、第十二二极管 D10 的阳极连接在一起,第六功率开关管 S6、第七功率开关管 S7、第六二极管 D6、第七二极管 D7 构成第一四象限功率开关管 SA,第八功率开关管 S8、第九功率开关管 S9、第八二极管 D8、第九二极管 D9 构成第二四象限功率开关管 SB,第十功率开关管 S10、第十一功率开关管 S11 第十二二极管 D10、第十二极管 D11 构成第三四象限功率开关管 SC,第十二功率开关管 S12、第十三功率开关管 S13、第十二二极管 D12、第十三二极管 D13 构成第四四象限功率开关管 SD,第一四象限功率开关管 SA、第二四象限功率开关管 SB、第三四象限功率开关管 SC、第四四象限功率开关管 SD 四个四象限功率开关管构成所述桥式周波变换器;

[0012] 所述输出滤波器 6 包括输出滤波电容 C_f ,其中,输出滤波电容 C_f 的正极与周波变换器 5 中的第六功率开关管 S6 的漏极、第六二极管 D6 的阴极、第八功率开关管 S8 的漏极、第八二极管 D8 的阴极连接,输出滤波电容 C_f 的负极与周波变换器 5 中的第十一功率开关管 S11 的漏极、第十二极管 D11 的阴极、第十三功率开关管 S13 的漏极、第十三二极管 D13 的阴极连接;

[0013] 所述输出交流负载 7 包括交流负载 Z_L ,交流负载 Z_L 的两端分别与输出滤波电容 C_f 的正极和负极连接。

[0014] 或者所述高频变压器 4 和周波变换器 5 分别为高频变压器 T2 和全波周波变换器;

[0015] 所述高频变压器 T2 包括第一原边绕组 N1、第二原边绕组 N2 和第四副边绕组 N4,第五副边绕组 N5,第一原边绕组 N1 的同名端与第一功率开关管 S1 的源极连接,第一原边绕组 N1 的非同名端与第二原边绕组 N2 的同名端连接后与第五功率开关管 S5 的漏极连接,第二原边绕组 N2 的非同名端与第二功率开关管 S2 的漏极连接;高频变压器 T2 的第四副边绕组 N4、第五副边绕组 N5 与周波变换器 5 的输入端连接;

[0016] 所述周波变换器 5 为全波周波变换器,包括五四象限功率开关管 SA' 和第六四象限功率开关管 SB',高频变压器 T2 的第四副边绕组 N4 的同名端与所述全波变换器的第十四功率开关管 S6' 的漏极和第十四二极管 D6' 的阴极连接,所述全波式周波变换器 5 的第十四功率开关管 S6' 的源极、第十四二极管 D6' 的阳极、第十五功率开关管 S7' 的源极、第十五二极管 D7' 的阳极连接在一起,高频变压器 T2 的第五副边绕组 N5 的非同名端与所述全波式周波变换器的第十六功率开关管 S8' 的漏极和第十六二极管 D8' 的阴极连接,高频变压器 T2 的第四副边绕组 N4 的非同名端连接于第五副边绕组 N5 的同名端,所述全波周波变换器 5 的第十六功率开关管 S8' 的源极、第十六二极管 D8' 的阳极、第十七功率开关管 S9' 的源极、第十七二极管 D9' 的阳极连接在一起,所述全波周波变换器的第十七功率开关管 S9' 的

漏极、第十七二极管 D9' 的阴极、第十五功率开关管 S7' 的漏极、第十五二极管 D7' 的阴极连接在一起,第十四功率开关管 S6'、第十五功率开关管 S7'、第十四二极管 D6'、第十五二极管 D7' 构成第五象限功率开关管 SA',第十六功率开关管 S8'、第十七功率开关管 S9'、第十六二极管 D8'、第十七二极管 D9' 构成第六象限功率开关管 SB',第五象限功率开关管 SA' 和第六象限功率开关管 SB' 构成所述全波周波变换器;

[0017] 所述输出滤波器 6 包括输出滤波电容 C_f ,其中,输出滤波电容 C_f 的正极与第十五二极管 D7' 的阴极相连,输出滤波电容 C_f 的负极与高频变压器 T2 的第四副边绕组 N4 的非同名端相连;

[0018] 所述输出交流负载 7 包括交流负载 Z_L ,交流负载 Z_L 的两端分别与输出滤波电容 C_f 的正极和负极连接。

[0019] 本发明与现有技术相比,其显著优点为:

[0020] (1) 输入储能电感 L 上可以出现三种电压电平,减小了电感的体积,减小了功率开关管的电压应力,拓宽了功率开关管的选择范围,滤波电容值都得以减小。在民用、工业、国防等要求电气隔离的高压大容量逆变场合,采用本发明的逆变拓扑可以很好的适应这种场合,是比较理想的逆变电源解决方案。

[0021] (2) 在输入直流电源与交流负载中插入高频隔离变压器,实现了输入侧与负载侧的电气隔离。高频隔离变压器的使用实现了变换器的小型化、轻量化,提高了变换器的效率。

[0022] (3) 本发明中的高频隔离变压器磁芯在每一个开关周期内被双向磁化,提高了变压器磁芯的利用率。

[0023] (4) 本发明具有功率变换级数少(直流 DC- 高频交流 HFAC- 低频交流 LFAC),双向功率流,输出滤波器前端电压频谱特性好等优点,因而提高变换效率和功率密度、减小体积和重量。

[0024] 下面结合附图对本发明做进一步详细的描述。

附图说明

[0025] 图 1 为本发明基于 Boost 变换器的高频隔离式三电平逆变器的结构框架示意图。

[0026] 图 2 为本发明基于 Boost 变换器的桥式高频隔离式三电平逆变器的电路拓扑图。

[0027] 图 3 为本发明基于 Boost 变换器的全波高频隔离式三电平逆变器的电路拓扑图。

具体实施方式

[0028] 本发明的一种基于 Boost 变换器的高频隔离式三电平逆变器,输入直流电源 U_i 的参考正极与输入滤波电感 L_0 的一端连接,输入滤波电感 L_0 的另一端分别与输入滤波电容 C_0 的正极和储能电感 L 的一端连接,储能电感 L 的另一端与第一功率开关管 S1 的漏极和第三功率开关管 S3 的漏极相连,第一二极管 D2 和第三二极管 D3 分别反并联与第一功率开关管 S1 和第三功率开关管 S3 两端,即第一二极管的阴极 D1 与第一功率开关管 S1 的漏极连接,第一二极管 D1 的阳极与第一功率开关管 S1 的源极连接,第三二极管 D3 的阴极与第三功率开关管 S3 的漏极连接,第三二极管 D3 的阳极与第三功率开关管 S3 的源极连接,第四二极管 D4 的阴极与第四功率开关管 S4 的漏极连接,第四二极管 D4 的阳极与第四功率开关管 S4

的源极连接,第二二极管 D2 的阴极与第二功率开关管 S2 的漏极连接,第二二极管 D2 的阳极与第二功率开关管 S2 的源极连接,第五二极管 D5 的阴极与第五功率开关管 S5 的漏极连接,第五二极管 D5 的阳极与第五功率开关管 S5 的源极连接,第一功率开关管 S1 的源极分别和高压变压器的第一原边绕组 N1 的同名端和第四功率开关管 S4 的漏极连接,高压变压器的第一原边绕组 N1 的非同名端和第二原边绕组 N2 的同名端连接后与第五功率开关管 S5 的漏极连接,第二原边绕组 N2 的非同名端分别和第二功率开关管 S2 的漏极和第三功率开关管 S3 的源极连接,输入直流电源的参考负极分别和输入滤波电容的负极、第五功率开关管 S5 的源极、第四功率开关管 S4 的源极、第二功率开关管 S2 的源极连接。

[0029] 结合附图 1,本发明基于 Boost 变换器的高频隔离式三电平逆变器,由依次连接的输入直流电源单元 1、输入滤波器 2、带储能电感的高频隔离式三电平逆变单元 3、高频变压器 4、周波变换器 5、输出电容滤波器 6 和输出交流负载 7 构成,输入直流电源单元 1 与输入滤波器 2 的一端连接,输入滤波器 2 的另一端与带储能电感的高频隔离式三电平逆变单元 3 的一端连接,带储能电感的高频隔离式三电平逆变器单元 3 的另一端与高频变压器 4 的初级绕组连接,高频变压器 4 的次级绕组与周波变换器 5 的输入端连接,周波变换器 5 的输出端与输出滤波电容 6 的输入端连接,输出滤波电容 6 的输出端与输出交流负载 7 连接。

[0030] 结合附图 2,一种高频隔离式三电平逆变器适用于高频电气隔离的高压逆变场合的桥式的电路拓扑,输入直流电源 U_i 的参考正极与输入滤波器的滤波电感 L_0 的一端连接,输入滤波器的 L_0 的另一端与输入滤波器的滤波电容 C_0 的正极连接,输入滤波器的滤波电容 C_0 的负极与储能电感 L 的一端连接,储能电感 L 的另一端与第一功率开关管 S1 的漏极和第三功率开关管 S3 的漏极相连,第一二极管 D1 和第三二极管 D3 分别反并联与第一功率开关管 S1 和第三功率开关管 S3 两端,即第一二极管 D1 的阴极与第一功率开关管 S1 的漏极连接,第一二极管 D1 的阳极与第一功率开关管 S1 的源极连接,第三二极管 D3 的阴极与第三功率开关管 S3 的漏极连接,第三二极管 D3 的阳极与第三功率开关管 S3 的源极连接,高频变压器 T1 第一原边绕组 N1 的同名端分别和第一功率开关管 S1 的源极和第四功率开关管 S4 的漏极连接,第四二极管 D4 的阴极与第四功率开关管 S4 的漏极连接,第四二极管 D4 的阳极与第四功率开关管 S4 的源极连接,高频变压器 T1 第二原边绕组 N2 的非同名端分别和第三功率开关管 S3 的源极和第二功率开关管 S2 的漏极连接,第二二极管 D2 的阴极与第二功率开关管 S2 的漏极连接,第二二极管 D2 的阳极与第二功率开关管 S2 的源极连接,高频变压器 T1 第一原边绕组 N1 的非同名端与第二原边绕组 N2 的同名端连接,第五功率开关管 S5 的漏极与第一原边绕组 N1 的非同名端和第二原边绕组 N2 的同名端连接,第五二极管 D5 的阴极与第五功率开关管 S5 的漏极连接,第五二极管 D5 的阳极与第五功率开关管 S5 的源极连接,输入直流电源的参考负极分别和第五功率开关管 S5 的源极、第四功率开关管 S4 的源极、第二功率开关管 S2 的源极连接,高频变压器 T1 第三副边绕组 N3 的同名端分别于与第一双向功率开关管 SA 和第三双向功率开关管 SC 的一端连接,第一双向功率开关管 SA 的另一端分别和第二双向功率开关管 SB 的一端、输出滤波电容 C_f 的一端连接,高频变压器 T1 第三副边绕组 N3 的非同名端分别与第二双向功率开关管 SB 的另一端和第四双向功率开关管 SD 的一端连接,输出滤波电容 C_f 的另一端分别于第三双向功率开关管 SC 的另一端连接和第四双向功率开关管 SD 的另一端连接,输出滤波电容 C_f 的两端接交流负载 Z_L ,所述的第一双向功率开关管 SA、第二双向功率开关管 SB、第三双向功率开关管 SC 和第四双向功率开

关管 SD 都是由两个单个的功率开关管反向串联而构成承受正向、反向的电压应力和电流应力的开关,具有双向阻断功能,第一双向功率开关管 SA 包括第六功率开关管 S6、第七功率开关管 S7、第六二极管 D6、第七二极管 D7,第二双向功率开关管 SB 包括第八功率开关管 S8、第九功率开关管 S9、第八二极管 D8、第九二极管 D9,第三双向功率开关管 SC 包括第十功率开关管 S10、第十一功率开关管 S11、第十二二极管 D10、第十一二极管 D11,第四双向功率开关管 SD 包括第十二功率开关管 S12、第十三功率开关管 S13、第十二二极管 D12、第十三二极管 D13,第七功率开关管 S7 的漏极和第七二极管 D7 的阴极相连作为第一双向功率开关管 SA 的一端,第六功率开关管 S6 的漏极和第八二极管 D8 的阴极相连作为第一双向功率开关管 SA 的另一端,第七功率开关管 S7 的源极、第六功率开关管 S6 的源极、第七二极管 D7 的阳极、第六二极管 D6 的阳极连接在一起,第八功率开关管 S8 的漏极和第八二极管 D8 的阴极相连做为第二双向功率开关管 SB 的一端,第九功率开关管 S9 的漏极和第九二极管 D9 的阴极相连做为第二双向功率开关管 SB 的另一端,第八功率开关管 S8 的源极、第九功率开关管 S9 的源极、第八二极管 D8 的阳极、第九极管 D9 的阳极连接在一起。第十功率开关管 S10 的漏极和第十二二极管 D10 的阴极相连作为第三双向功率开关管 SC 的一端,第十一功率开关管 S11 的漏极和第十一二极管 D11 的阴极相连作为第三双向功率开关管 SC 的另一端,第十功率开关管 S10 的源极、第十一功率开关管 S11 的源极、第十二二极管 D10 的阳极、第十一二极管 D11 的阳极连接在一起,第十二功率开关管 S12 的漏极和第十二二极管 D12 的阴极相连作为第四双向功率开关管 SD 的一端,第十三功率开关管 S13 的漏极和第十三二极管 D13 的阴极相连作为第四双向功率开关管 SD 的另一端,第十二功率开关管 S12 的源极、第十三功率开关管 S13 的源极、第十二二极管 D12 的阳极、第十三二极管 D13 的阳极连接在一起,第八功率开关管 S8 的漏极连接于输出滤波电容的正极,第十三功率开关管 S13 的漏极连接于滤波电容 C_f 的负极后接“地”,滤波电容 C_f 的两端接交流负载 Z_L 。

[0031] 结合附图 3,一种高频隔离式三电平逆变器适用于高频电气隔离的高压逆变场合的全波型的电路拓扑,输入直流电源 U_i 的参考正极与输入滤波器的滤波电感 L_0 的一端连接,输入滤波器的 L_0 的另一端与输入滤波器的滤波电容 C_0 的正极连接,输入滤波器的滤波电容 C_0 的负极与储能电感 L 的一端连接,储能电感 L 的另一端与第一功率开关管 S1 的漏极和第三功率开关管 S3 的漏极相连,第一二极管 D1 和第三二极管 D3 分别反并联与第一功率开关管 S1 和第三功率开关管 S3 两端,即第一二极管 D1 的阴极与第一功率开关管 S1 的漏极连接,第一二极管 D1 的阳极与第一功率开关管 S1 的源极连接,第三二极管 D3 的阴极与第三功率开关管 S3 的漏极连接,第三二极管 D3 的阳极与第三功率开关管 S3 的源极连接,高频变压器 T2 第一原边绕组 N1 的同名端分别和第一功率开关管 S1 的源极和第四功率开关管 S4 的漏极连接,第四二极管 D4 的阴极与第四功率开关管 S4 的漏极连接,第四二极管 D4 的阳极与第四功率开关管 S4 的源极连接,高频变压器 T2 第二原边绕组 N2 的非同名端分别和第三功率开关管 S3 的源极和第二功率开关管 S2 的漏极连接,第二二极管 D2 的阴极与第二功率开关管 S2 的漏极连接,第二二极管 D2 的阳极与第二功率开关管 S2 的源极连接,高频变压器 T2 第一原边绕组 N1 的非同名端与第二原边绕组 N2 的同名端连接,第五功率开关管 S5 的漏极与第一原边绕组 N1 的非同名端和第二原边绕组 N2 的同名端连接,第五二极管 D5 的阴极与第五功率开关管 S5 的漏极连接,第五二极管 D5 的阳极与第五功率开关管 S5 的源极连接,输入直流电源的参考负极分别和第五功率开关管 S5 的源极、第四功率开关管

S4 的源极、第二功率开关管 S2 的源极连接, 高频变压器 T2 的第四副边绕组 N4 的同名端与所述全波变换器的第十四功率开关管 S6' 的漏极和第十四二极管 D6' 的阴极连接作为第五双向功率开关管 SA' 的一端, 第十五功率开关管 S7' 的漏极、第十五二极管 D7' 的阴极连接在一起作为第五双向功率开关管 SA' 的另一端, 所述全波式周波变换器的第十四功率开关管 S6' 的源极、第十四二极管 D6' 的阳极、第十五功率开关管 S7' 的源极、第十五二极管 D7' 的阳极连接在一起, 高频变压器 T2 的第五副边绕组 N5 的非同名端与所述全波式周波变换器的第十六功率开关管 S8' 的漏极和第十六二极管 D8' 的阴极连接, 第十六功率开关管 S8' 的漏极和第十六二极管 D8' 的阴极连接作为双向功率开关管 SB' 的一端, 第十七功率开关管 S9' 的漏极、第十七二极管 D9' 的阴极连接作为双向功率开关管 SB' 的另一端, 高频变压器 T2 的第四副边绕组 N4 的非同名端连接于第五副边绕组 N5 的同名端, 所述全波周波变换器的第十六功率开关管 S8' 的源极、第十六二极管 D8' 的阳极、第十七功率开关管 S9' 的源极、第十七二极管 D9' 的阳极连接在一起, 所述全波周波变换器的第十七功率开关管 S9' 的漏极、第十七二极管 D9' 的阴极、第十五功率开关管 S7' 的漏极、第十五二极管 D7' 的阴极连接, 第十七功率开关管 S7 的漏极连接于输出滤波电容的正极, 第五副边绕组 N5 的同名端连接于滤波电容 C_f 的负极后接“地”, 滤波电容 C_f 的两端接交流负载 Z_L 。

[0032] 本发明的工作过程为:

[0033] 本逆变器可以采用有源箝位的脉冲调制 (SPWM) 斩波的控制方式。当不稳定的高压输入直流 U_i 向交流负载 Z_L 传递功率时, 储能电感经高频逆变器后可得到三种电平 U_{L1} 、 U_{L2} 、 U_{L3} , 输入电源电压经过带储能电感的高频隔离式三电平逆变单元将其调制成双极性的高频脉冲电压, 通过高频变压器的隔离、传递后, 周波变换器将其解调成单极性的低频脉冲电压, 再经输出滤波器进行输出滤波后得到稳定或可调的正弦交流电压 u_o , 此逆变器具有四象限工作能力, 因此可以带感性、容性、阻性和整流性负载, 此逆变器的控制电路可根据交流负载的性质进行调整, 从而在输出端得到稳定或可调的电压。该变换器将不稳定的高压直流电变换成稳定或可调的正弦电, 并减少功率变换级数, 实现高频电气隔离, 适用于高压直—交变换场合, C_f 构成输出滤波器, 该输出滤波器滤除所述的周波变换器的输出电压中的高压谐波, 从而在输出交流负载侧得到高质量的正弦交流电压 u_o 。

[0034] 对于高频隔离式三电平逆变器适用于高频电气隔离的高压逆变场合的桥式电路拓扑, 高频隔离式三电平逆变器在一个输出电压周期中的工作过程中电感产生三个电平的过程如下:

[0035] 输出电压正半周期的工作状态:

[0036] (1) 输入储能电感 L 第一电平 U_{L1} 的产生, 功率开关管 S1 闭合, S2 闭合, S3 闭合, S4 闭合, S5 断开, 此时输入直流电源给储能电感 L 充电, 输入储能电感 L 充电, 电感电流线性上升, 电感出现第一电平 U_{L1} , 周波变换器中的功率开关管 S7 闭合、S9 闭合、S11 闭合、S13 闭合, 周波变换器中的功率开关管 S6 断开, S8 断开, S10 断开, S12 断开, 输出滤波电容 C_f 与输出交流负载 Z_L 构成回路, 输出滤波电容 C_f 对负载 Z_L 供电。

[0037] (2) 输入储能电感 L 第二电平 U_{L2} 的产生, 功率开关管 S1 闭合, 功率开关管 S5 闭合, S2 关断、S3 关断、S4 关断, 此时有回路输入电源 U_i 正极—输入滤波器—输入储能电感 L—功率开关管 S1—高频变压器 T1 第一原边绕组 N1—功率开关管 S5—输入电源 U_i 负极形成回路, 输入电感 L 的电流开始下降, 输入电感出现第二电平 U_{L2} , 输入电压 U_i 经电感 L 由高

频变压器 T1 的第一原边绕组 N1 传递能量到高频变压器 T1 第三副边绕组 N3, 功率开关管 S6 闭合, 功率开关管 S12 闭合, 高频变压器 T1 副边侧的回路由高频变压器 T1 第三副边绕组 N3 同名端—功率开关管 S7—功率开关管 S6—输出滤波电容和输出交流负载—功率开关管 S13—功率开关管 S12—高频变压器 T1 第三副边绕组 N3 的非同名端所构成, 此时输入电压 U_i 经电感 L 由高频变压器 T1 第一原边绕组 N1 传递能量到高频变压器 T1 第三副边绕组 N3, 给输出滤波电容 C_f 和负载 R_L 供电。输入储能电感 L 第二电平 U_{L2} 的产生的另一种模态, 功率开关管 S3 闭合, 功率开关管 S5 闭合, S1 关断、S2 关断、S4 关断, 此时有回路输入电源 U_i 正极—输入滤波器—输入储能电感 L—功率开关管 S3—高频变压器 T1 第二原边绕组 N2—功率开关管 S5—输入电源 U_i 负极形成回路, 输入电感 L 的电流开始下降, 输入电感出现第二电平 U_{L2} , 功率开关管 S8 闭合, 功率开关管 S10 闭合, 高频变压器 T1 副边侧的回路由高频变压器 T1 第三副边绕组 N3 的非同名端—功率开关管 S9—功率开关管 S8—输出滤波电容和输出交流负载—功率开关管 S11—功率开关管 S10—高频变压器 T1 第三副边绕组 N3 的同名端所构成, 此时输入电压 U_i 经电感 L 由高频变压器 T1 第二原边绕组 N2 传递能量到高频变压器 T1 第三副边绕组 N3, 给输出滤波电容 C_f 和负载 R_L 供电。

[0038] (3) 输入储能电感 L 第三电平 U_{L3} 的产生, 功率开关管 S1 闭合, 功率开关管 S2 闭合, S3 关断, S4 关断, S5 关断, 此时有回路输入电源 U_i 正极—输入滤波器—输入储能电感 L—功率开关管 S1—高频变压器 T1 第一原边绕组 N1—第二原边绕组 N2—功率开关管 S2—输入电源 U_i 负极形成回路, 输入电感 L 的电流继续下降, 输入电感出现第三电平 U_{L3} , 功率开关管 S6 闭合, 功率开关管 S12 闭合, 高频变压器 T1 副边侧的回路由高频变压器 T1 第三副边绕组 N3 同名端—功率开关管 S7—功率开关管 S6—输出滤波电容和输出交流负载—功率开关管 S13—功率开关管 S12—高频变压器 T1 第三副边绕组 N3 的非同名端所构成, 此时输入电压 U_i 经电感 L 由高频变压器 T1 第一原边绕组 N1 和第二原边绕组 N2 传递能量到高频变压器 T1 第三副边绕组 N3, 给输出滤波电容 C_f 和负载 R_L 供电。输入储能电感 L 第三电平 U_{L3} 的产生的另一种模态, 功率开关管 S3 闭合, 功率开关管 S4 闭合, S1 关断, S2 关断, S5 关断, 此时有回路输入电源 U_i 正极—输入滤波器—输入储能电感 L—功率开关管 S3—高频变压器 T1 第二原边绕组 N2—第一原边绕组 N1—功率开关管 S4—输入电源 U_i 负极形成回路, 输入电感 L 的电流继续下降, 输入电感出现第三电平 U_{L3} , 功率开关管 S8 闭合, 功率开关管 S10 闭合, 高频变压器 T1 副边侧的回路由高频变压器 T1 第三副边绕组的非同名端—功率开关管 S9—功率开关管 S8—输出滤波电容和输出交流负载—功率开关管 S11—功率开关管 S10—高频变压器 T1 第三副边绕组 N3 的同名端所构成, 此时输入电压 U_i 经电感 L 由高频变压器 T1 第二原边绕组 N2 和第一原边绕组 N1 传递能量到高频变压器 T1 第三副边绕组 N3, 给输出滤波电容 C_f 和负载 R_L 供电。

[0039] 输出电压负半周期的工作过程:

[0040] (1) 输入储能电感 L 第一电平 U_{L1} 的产生, 功率开关管 S1 闭合, S2 闭合, S3 闭合, S4 闭合, S5 断开, 输入电源 U_i 输入储能电感 L 充电, 电感电流线性上升, 电感出现第一电平 U_{L1} , 周波变换器中的功率开关管 S6 闭合、S8 闭合、S10 闭合、S12 闭合, 周波变换器中的功率开关管 S7 断开, S9 断开, S11 断开, S13 断开, 此输出滤波电容 C_f —输出交流负载 Z_L 构成回路, 输出滤波电容 C_f 对负载 Z_L 供电。

[0041] (2) 输入储能电感 L 第二电平 U_{L2} 的产生, 功率开关管 S1 闭合, 功率开关管 S5 闭合,

S2 关断、S3 关断、S4 关断, 此时有回路输入电源 U_i 正极—输入滤波器—输入储能电感 L—功率开关管 S1—高频变压器 T1 第一原边绕组 N1—功率开关管 S5—输入电源 U_i 负极形成回路, 输入电感 L 的电流开始下降, 输入电感出现第二电平 U_{L2} , 功率开关管 S9 闭合, 功率开关管 S11 闭合, 高频变压器 T1 副边侧的回路由高频变压器 T1 副边侧同名端—功率开关管 S10—功率开关管 S11—输出滤波电容和输出交流负载—功率开关管 S8—功率开关管 S9—高频变压器 T1 第三副边绕组 N3 的非同名端所构成, 此时输入电压 U_i 经电感 L 由高频变压器 T1 第一原边绕组 N1 传递能量到高频变压器 T1 第三副边绕组 N3, 给输出滤波电容 C_f 和负载 R_L 供电。输入储能电感 L 第二电平 U_{L2} 的产生的另一种模式, 功率开关管 S3 闭合, 功率开关管 S5 闭合, S1 关断、S2 关断、S4 关断, 此时有回路输入电源 U_i 正极—输入滤波器—输入储能电感 L—功率开关管 S3—高频变压器 T1 第二原边绕组 N2—功率开关管 S5—输入电源 U_i 负极形成回路, 输入电感 L 的电流开始下降, 输入电感出现第二电平 U_{L2} , 功率开关管 S7 闭合, 功率开关管 S13 闭合, 高频变压器 T1 副边侧的回路由高频变压器 T1 副边侧非同名端—功率开关管 S12—功率开关管 S13—输出滤波电容和输出交流负载—功率开关管 S6—功率开关管 S7—高频变压器 T1 第三副边绕组 N3 的同名端所构成, 此时输入电压 U_i 经电感 L 由高频变压器 T1 第二原边绕组 N2 传递能量到高频变压器 T1 第三副边绕组 N3, 给输出滤波电容 C_f 和负载 R_L 供电。

[0042] (3) 输入储能电感 L 第三电平 U_{L3} 的产生, 功率开关管 S1 闭合, 功率开关管 S2 闭合, S3 关断, S4 关断, S5 关断, 此时有回路输入电源 U_i 正极—输入滤波器—输入储能电感 L—功率开关管 S1—高频变压器 T1 第一原边绕组 N1—第二原边绕组 N2—功率开关管 S2—输入电源 U_i 负极形成回路, 输入电感 L 的电流继续下降, 输入电感出现三电平 U_{L3} , 功率开关管 S9 闭合, 功率开关管 S11 闭合, 高频变压器 T1 副边侧的回路由高频变压器 T1 副边侧同名端—功率开关管 S10—功率开关管 S11—输出滤波电容和输出交流负载—功率开关管 S8—功率开关管 S9—高频变压器 T1 第三副边绕组 N3 的非同名端所构成, 此时输入电压 U_i 经电感 L 由高频变压器 T1 第一原边绕组 N1 和第二原边绕组 N2 传递能量到高频变压器 T1 第三副边绕组 N3, 给输出滤波电容 C_f 和负载 R_L 供电。输入储能电感 L 第三电平 U_{L3} 的产生的另一种模式, 功率开关管 S3 闭合, 功率开关管 S4 闭合, S1 关断、S2 关断、S5 关断, 此时有回路输入电源 U_i 正极—输入滤波器—输入储能电感 L—功率开关管 S3—高频变压器 T1 第二原边绕组 N2—第一原边绕组 N1—功率开关管 S4—输入电源 U_i 负极形成回路, 输入电感 L 的电流继续下降, 输入电感出现三电平 U_{L3} , 功率开关管 S7 闭合, 功率开关管 S13 闭合, 高频变压器 T1 副边侧的回路由高频变压器 T1 副边侧非同名端—功率开关管 S12—功率开关管 S13—输出滤波电容和输出交流负载—功率开关管 S6—功率开关管 S7—高频变压器 T1 第三副边绕组 N3 的同名端所构成, 此时输入电压 U_i 经电感 L 由高频变压器 T1 第二原边绕组 N 和第一原边绕组 N1 传递能量到高频变压器 T1 第三副边绕组 N3, 给输出滤波电容 C_f 和负载 R_L 供电。

[0043] 对于高频隔离式三电平逆变器适用于高频电气隔离的高压逆变场合的全波电路拓扑, 高频隔离式三电平逆变器在一个输出电压周期中的工作过程中电感产生三个电平的过程如下:

[0044] 输出电压正半周期的工作状态:

[0045] (1) 输入储能电感 L 第一电平 U_{L1} 的产生, 功率开关管 S1 闭合, S2 闭合, S3 闭合,

S4 闭合, S5 断开, 此时输入直流电源给储能电感 L 充电, 输入储能电感 L 充电, 电感电流线性上升, 电感出现第一电平 U_{L1} , 周波变换器中的四象限功率开关管 SA'、SB' 闭合, 输出滤波电容 C_f 与输出交流负载 Z_L 构成回路, 输出滤波电容 C_f 对负载 Z_L 供电。

[0046] (2) 输入储能电感 L 第二电平 U_{L2} 的产生, 功率开关管 S1 闭合, 功率开关管 S5 闭合, S2 关断、S3 关断、S4 关断, 此时有回路输入电源 U_i 正极—输入滤波器—输入储能电感 L—功率开关管 S1—高频变压器 T2 第一原边绕组 N1—功率开关管 S5—输入电源 U_i 负极形成回路, 输入电感 L 的电流开始下降, 输入电感出现第二电平 U_{L2} , 四象限功率开关管 SA' 闭合, 高频变压器 T2 副边侧的回路由高频变压器 T2 第四副边绕组 N4 同名端—四象功率开关管 SA'—输出滤波电容和输出交流负载—高频变压器 T2 第四副边绕组 N4 的非同名端所构成, 此时输入电压 U_i 经电感 L 由高频变压器 T2 第一原边绕组 N1 传递能量到高频变压器 T2 第四副边绕组 N4, 给输出滤波电容 C_f 和负载 R_L 供电。输入储能电感 L 第二电平 U_{L2} 的产生的另一种模态, 四象限功率开关管 SB' 闭合, 功率开关管 S5 闭合, S1 关断、S2 关断、S4 关断, 此时有回路输入电源 U_i 正极—输入滤波器—输入储能电感 L—功率开关管 S3—高频变压器 T2 第二原边绕组 N2—功率开关管 S5—输入电源 U_i 负极形成回路, 输入电感 L 的电流开始下降, 输入电感出现第二电平 U_{L2} , 高频变压器 T2 副边侧的回路由高频变压器 T2 第五副边绕组 N5 的非同名端—四象限功率开关管 SB'—输出滤波电容和输出交流负载—高频变压器 T2 第五副边绕组 N5 的同名端所构成, 此时输入电压 U_i 经电感 L 由高频变压器 T2 第二原边绕组 N2 传递能量到高频变压器 T2 第五副边绕组 N5, 给输出滤波电容 C_f 和负载 R_L 供电。

[0047] (3) 输入储能电感 L 第三电平 U_{L3} 的产生, 功率开关管 S1 闭合, 功率开关管 S2 闭合, S3 关断, S4 关断, S5 关断, 此时有回路输入电源 U_i 正极—输入滤波器—输入储能电感 L—功率开关管 S1—高频变压器 T2 第一原边绕组 N1—第二原边绕组 N2—功率开关管 S2—输入电源 U_i 负极形成回路, 输入电感 L 的电流继续下降, 输入电感出现第三电平 U_{L3} , 四象限功率开关管 SA' 闭合, 高频变压器 T2 副边侧的回路由高频变压器 T2 第四副边绕组 N4 同名端—四象限功率开关管 SA'—输出滤波电容和输出交流负载—高频变压器 T2 第四副边绕组 N4 的非同名端所构成, 此时输入电压 U_i 经电感 L 由高频变压器 T2 第一原边绕组 N1 和第二原边绕组 N2 传递能量到高频变压器 T2 第四副边绕组 N4, 给输出滤波电容 C_f 和负载 R_L 供电。输入储能电感 L 第三电平 U_{L3} 的产生的另一种模态, 功率开关管 S3 闭合, 功率开关管 S4 闭合, S1 关断, S2 关断, S5 关断, 此时有回路输入电源 U_i 正极—输入滤波器—输入储能电感 L—功率开关管 S3—高频变压器 T2 第二原边绕组 N2—第一原边绕组 N1—功率开关管 S4—输入电源 U_i 负极形成回路, 输入电感 L 的电流继续下降, 输入电感出现第三电平 U_{L3} , 四象限功率开关管 SB' 闭合, 高频变压器 T2 副边侧的回路由高频变压器 T2 第五副边绕组 N5 的非同名端—四象限功率开关管 SB'—输出滤波电容和输出交流负载—高频变压器 T2 第五副边绕组 N5 的同名端所构成, 此时输入电压 U_i 经电感 L 由高频变压器 T2 第二原边绕组 N2 和第一原边绕组 N1 传递能量到高频变压器 T2 第五副边绕组 N5, 给输出滤波电容 C_f 和负载 R_L 供电。

[0048] 输出电压负半周期的工作状态:

[0049] (1) 输入储能电感 L 第一电平 U_{L1} 的产生, 功率开关管 S1 闭合, S2 闭合, S3 闭合, S4 闭合, S5 断开, 此时输入直流电源给储能电感 L 充电, 输入储能电感 L 充电, 电感电流线

性上升,电感出现第一电平 U_{L1} ,周波变换器中的四象限功率开关管 SA'、SB' 闭合,输出滤波电容 C_f 与输出交流负载 Z_L 构成回路,输出滤波电容 C_f 对负载 Z_L 供电。

[0050] (2) 输入储能电感 L 第二电平 U_{L2} 的产生,功率开关管 S1 闭合,功率开关管 S5 闭合, S2 关断、S3 关断、S4 关断,此时有回路输入电源 U_i 正极—输入滤波器—输入储能电感 L—功率开关管 S1—高频变压器 T2 第一原边绕组 N1—功率开关管 S5—输入电源 U_i 负极形成回路,输入电感 L 的电流开始下降,输入电感出现第二电平 U_{L2} ,四象限功率开关管 SB' 闭合,高频变压器 T2 副边侧的回路由高频变压器 T2 第五副边绕组 N5 同名端—输出滤波电容和输出交流负载—四象限功率开关管 SB'—高频变压器 T2 第五副边绕组 N5 的非同名端所构成,此时输入电压 U_i 经电感 L 由高频变压器 T2 第一原边绕组 N1 传递能量到高频变压器 T2 第五副边绕组 N5,给输出滤波电容 C_f 和负载 R_L 供电。输入储能电感 L 第二电平 U_{L2} 的产生的另一种模态,功率开关管 S3 闭合,功率开关管 S5 闭合, S1 关断、S2 关断、S4 关断,此时有回路输入电源 U_i 正极—输入滤波器—输入储能电感 L—功率开关管 S3—高频变压器 T2 第二原边绕组 N2—功率开关管 S5—输入电源 U_i 负极形成回路,输入电感 L 的电流开始下降,输入电感出现第二电平 U_{L2} ,四象限功率开关管 SA' 闭合,高频变压器 T2 副边侧的回路由高频变压器 T2 第四副边绕组 N4 的非同名端—输出滤波电容和输出交流负载—四象限功率开关管 SA'—高频变压器 T2 第四副边绕组 N4 的同名端所构成,此时输入电压 U_i 经电感 L 由高频变压器 T2 第二原边绕组 N2 传递能量到高频变压器 T2 第四副边绕组 N4,给输出滤波电容 C_f 和负载 R_L 供电。

[0051] (3) 输入储能电感 L 第三电平 U_{L3} 的产生,功率开关管 S1 闭合,功率开关管 S2 闭合, S3 关断, S4 关断, S5 关断,此时有回路输入电源 U_i 正极—输入滤波器—输入储能电感 L—功率开关管 S1—高频变压器 T2 第一原边绕组 N1—第二原边绕组 N2—功率开关管 S2—输入电源 U_i 负极形成回路,输入电感 L 的电流继续下降,输入电感出现第三电平 U_{L3} ,四象限功率开关管 SB' 闭合,高频变压器 T2 副边侧的回路由高频变压器 T2 第五副边绕组 N5 同名端—输出滤波电容和输出交流负载—四象限功率开关管 SB'—高频变压器 T2 第五副边绕组 N5 的非同名端所构成,此时输入电压 U_i 经电感 L 由高频变压器 T2 第一原边绕组 N1 和第二原边绕组 N2 传递能量到高频变压器 T2 第五副边绕组 N5,给输出滤波电容 C_f 和负载 R_L 供电。输入储能电感 L 第三电平 U_{L3} 的产生的另一种模态,功率开关管 S3 闭合,功率开关管 S4 闭合, S1 关断, S2 关断, S5 关断,此时有回路输入电源 U_i 正极—输入滤波器—输入储能电感 L—功率开关管 S3—高频变压器 T2 第二原边绕组 N2—第一原边绕组 N1—功率开关管 S4—输入电源 U_i 负极形成回路,输入电感 L 的电流继续下降,输入电感出现第三电平 U_{L3} ,四象限功率开关管 SA' 闭合,高频变压器 T2 副边侧的回路由高频变压器 T2 第四副边绕组 N4 的非同名端—输出滤波电容和输出交流负载—四象限功率开关管 SA'—高频变压器 T2 第四副边绕组 N4 的同名端所构成,此时输入电压 U_i 经电感 L 由高频变压器 T2 第二原边绕组 N2 和第一原边绕组 N1 传递能量到高频变压器 T2 第四副边绕组 N4,给输出滤波电容 C_f 和负载 R_L 供电。

[0052] 本发明具有功率变换级数少(直流 DC- 高频交流 HFAC- 低频交流 LFAC),双向功率流,输出滤波器前端电压频谱特性好等优点,因而提高变换效率和功率密度、减小体积和重量。



图 1

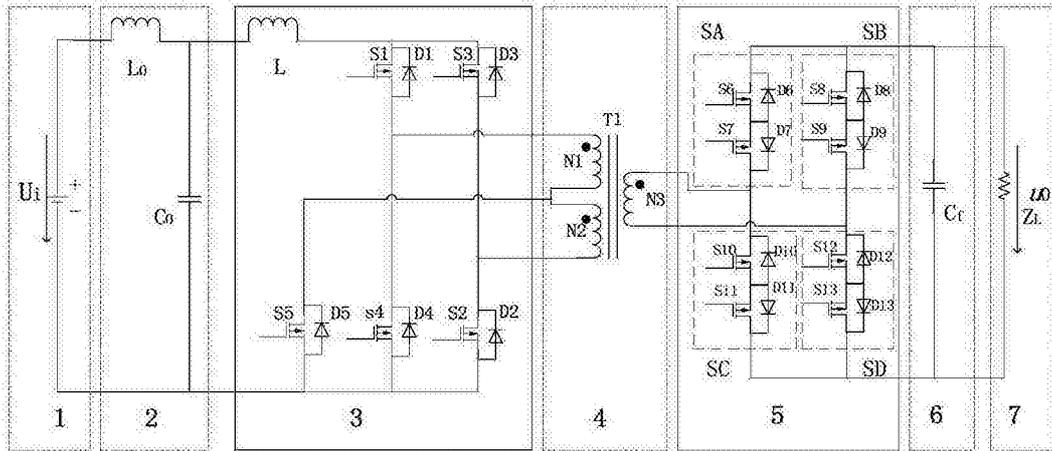


图 2

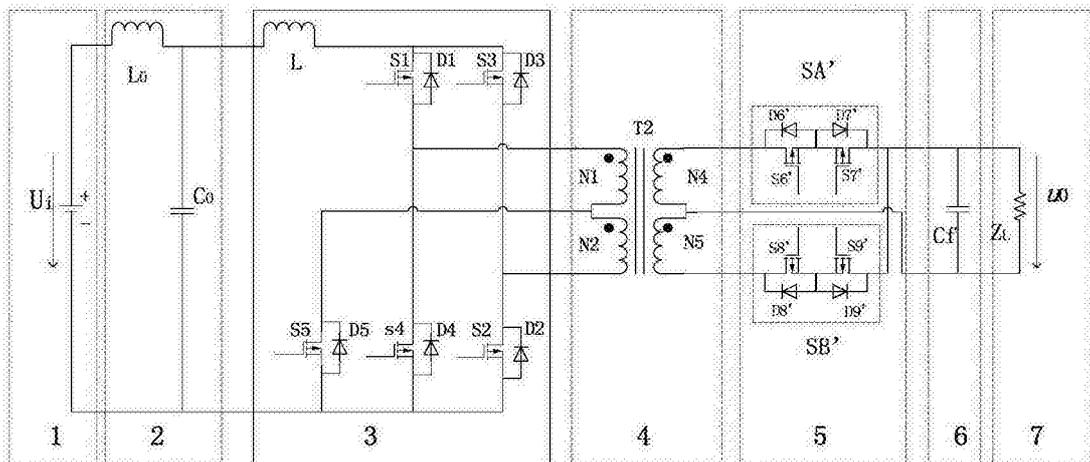


图 3