

# 一种新型正激隔离式高功率密度逆变器

杨宏 阮新波 严仰光 胡文斌 南京航空航天大学 航空电源航空科技重点实验室 (210016)

**摘要:** 提出一种新型正激隔离式高功率密度逆变器, 该变换器前级为正激变换器, 只是副边二极管换成了开关管, 使其具备能量双向传递的功能。分析了它的工作原理, 给出了仿真波形。

**叙 词:** 逆变器 正激变换器

## 1 引言

逆变器是将直流变换为交流的静止变流装置, 输出电压、电流周期性正负变化, 随着负载特性的不同, 它们之间的相移也不同, 在输出电压和电流不同相时, 就会有能量从负载端向源端回馈。所以, 逆变器与能量单向传递的直直变换器有很大不同, 处理好能量回馈是逆变器设计的重要环节。本文提出的逆变器能很好的处理能量回馈而无须加中间储能环节, 并且具备了电压变换和电气隔离功能。

## 2 电路结构

本电路由电压源、隔离式双向能量变换器和全桥式逆变单元三部分组成, 控制方案可选择正弦脉宽调制 (SPWM) 或离散脉宽调制 (DPM),  $S_1-S_6$  为 MOSFET,  $D_1-D_6$  为其反并二极管,  $n_3$  为消磁绕组, 与  $D_r$  串联, 输出滤波器及负载等效为

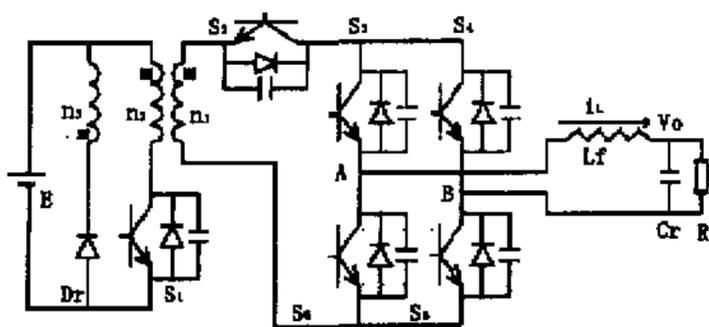
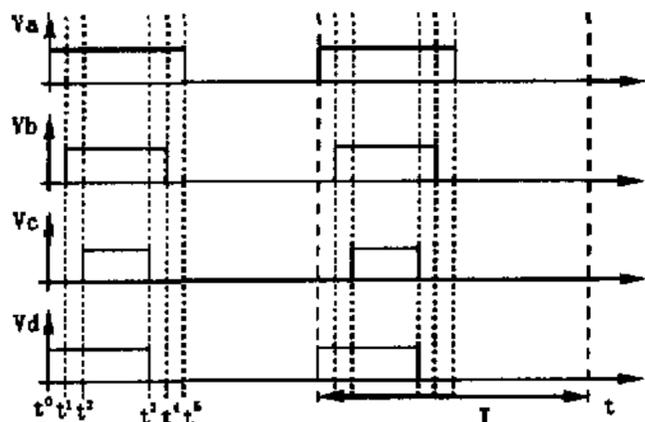


图 1



—电流源。图 1 为电路原理图。

## 3 工作原理

本电路以 DPM 控制为例, 说明工作原理。  $S_3$  与  $S_5$ 、 $S_4$  与  $S_6$  是互补工作,  $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ 、 $S_6$  导通,  $V_{AB} > 0$ , 定义为“+1”态;  $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_4$ 、 $S_5$  导通,  $V_{AB} < 0$ , 定义为“-1”态;  $S_3$ 、 $S_4$  导通或  $S_3$ 、 $S_6$  导通,  $V_{AB} = 0$ , 定义为“0”态。逆变器采用双环调节, 如图 2 所示, 即输出电压  $V_o$  与给定电压  $V_r$  比较, 得到电流给定, 再与输出电感电流  $i_L$  比较, 得到逆变器所需的状态, 并由同步脉冲 CP 送出。控制器输出“10”, 代表逆变桥需要“+1”态, 输出“01”, 需要“-1”态, 输出“00”, 需要“0”态。

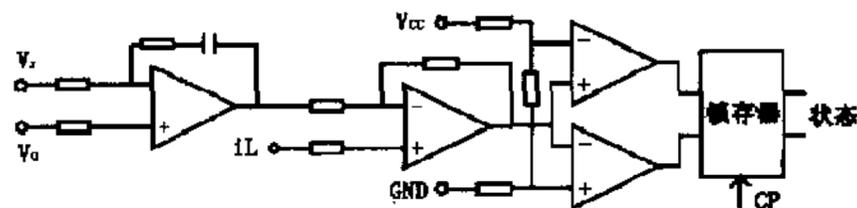


图 2

逆变器用脉宽调节器产生定频的脉宽信号  $V_d$ , 经两次延时再进行数字信号的与、或操作, 得  $V_a$ 、 $V_b$ 、 $V_c$ ,  $V_a$  控制  $S_2$ ,  $V_c$  控制  $S_1$ ,  $V_b$  可以和逆变桥状态逻辑与, 得到  $S_3$ 、 $S_4$  的控制信号, 例如, 设控制器判断输出“10”, 则“1”和  $V_b$  与得  $S_3$ , 则“0”和  $V_b$  与得  $S_4$ ,  $S_3$ 、 $S_4$  反相得  $S_5$ 、 $S_6$ 。图 3 是控制信

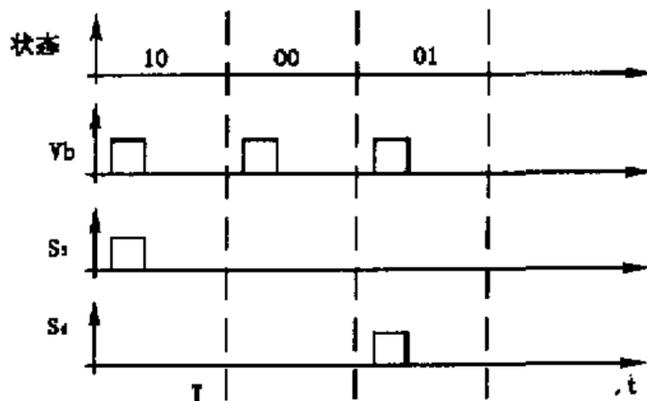


图 3

号示意图。

$V_a$ 、 $V_b$ 、 $V_c$  之间有一定的开关延时, 可以达到以下目的:

(1) 逆变桥的上、下管无须设置死区, 因为逆变桥开关时  $S_1$

处于关断状态, 不会造成电源短路; (2) 逆变桥能量回馈时,  $S_2$  确保导通, 因为  $V_b = 1$  时, 逆变桥处于非“0”态, 才有可能回馈能量, 而这时  $S_2$  处于导通状态。

### 4 电路的工作模态分析

设逆变桥需要“+1”态，分两种情况讨论工作过程。

(1)  $i_L > 0$ ，这时能量正向传递。

$t_0$ ， $S_2$  导通，由于  $S_1$  关断，逆变器处于“0”态。

$t_1$ ， $S_3$ 、 $S_6$  导通，由于  $S_1$  关断，逆变器处于“0”态。

$t_2$ ， $S_1$  导通，这时相当于一个正激变换器，由源端向电流源传递能量，逆变器处于“+1”态。

$t_3$ ， $S_1$  关断，逆变器处于“0”态，变压器副边短路。

$t_4$ ， $S_5$ 、 $S_6$  导通，逆变器处于“0”态，变压器副边短路。

$t_5$ ， $S_2$  关断，逆变器处于“0”态，变压器开始消磁。

(2)  $i_L < 0$ ，这时能量回馈至源端。

$t_0$ ， $S_2$  导通， $S_5$ 、 $S_6$  导通，逆变器处于“0”态。

$t_1$ ， $S_3$ 、 $S_6$  导通，向源端回馈能量，在变压器副边， $i_L$  经过  $D_3$ 、 $S_2$ 、 $n_2$ 、 $D_6$  和输出滤波器构成回路；在变压器原边，电流通过  $n_1$ 、 $E$ 、 $D_1$  构成回路。逆变器处于“+1”态。

$t_2$ ， $S_1$  导通，此前  $D_1$  已导通， $S_1$  导通可以降低导通损耗，逆变器处于“+1”态。

$t_3$ ， $S_1$  关断，仍是能量回馈，逆变器处于“+1”态。

$t_4$ ， $S_5$ 、 $S_6$  导通，逆变器处于“0”态。

$t_5$ ， $S_2$  关断，逆变器处于“0”态，变压器开始消磁。

由上面的分析可以知道，正反向传递能量时电路都能正常工作，逆变桥需要“-1”态时可用同样的方法分析。

### 5 仿真结果

用 Saber 软件对该电路进行仿真，输入电压  $E$  为 240V，输出电压为 400Hz、60V 交流，开关频率为 100KHz，输出滤波器中电感为 0.4mH，电容为 10 $\mu$ F，负载为 50 $\Omega$ ，图 4 和图 5 分别为 0-5ms 和 0.4ms-2ms 的波形，图中上面是输出电感电流波形，1 伏代表 5 安培，中间是输出滤波器前端的电压波形，下面是输出电压波形。

从图 4 中可以看到，输出电压和电流不同相，它们之间有一定的相移，输出波形良好；从图 5 中可以看到，在 0.9ms-1.3ms 期间，电感电流为正，而滤波器前端的电压为负，有能量向源端回馈。由图可见，该方案是可行的。

### 6 结论

本文提出了正激隔离式逆变器，它采用高频隔离，省去了庞大的低频变压器，且高频隔离无中间储能环节，具有功率密

度高、控制简单的优点，适用于小功率的模块化逆变器。该逆变器前级也可以采用全桥、半桥或交错并联双正激电路。

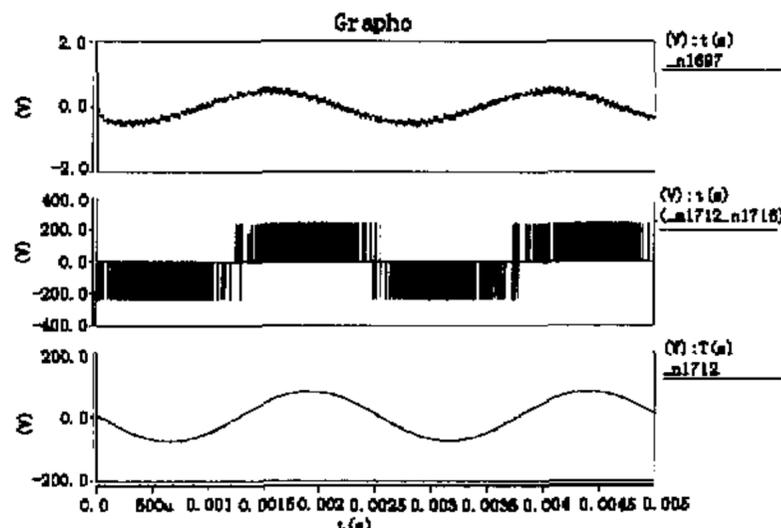


图 4

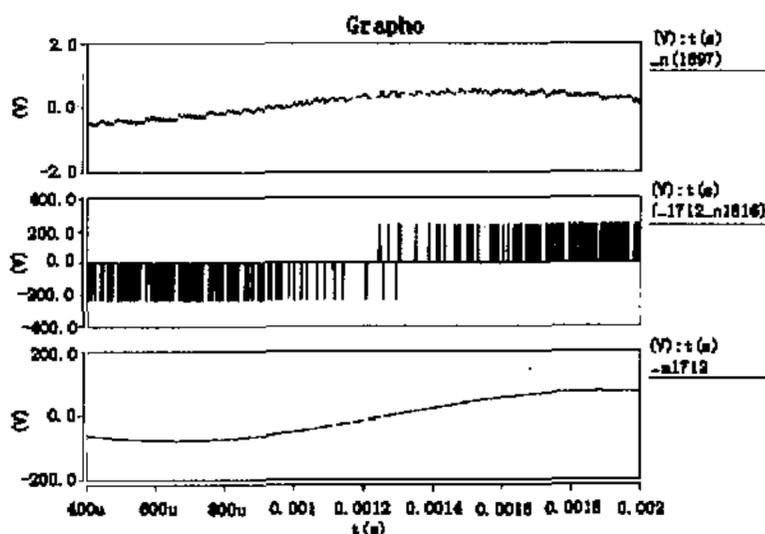


图 5

### 参考文献

[1] Ikuro Yamato, Norikazu Tokunaga, Yasuo Matsuda, Hisao Amano and Yutaka Suzuki, "New Conversion System for UPS Using High Frequency Link" in PESC' 88 P658-P663.

### 作者简介

杨宏，男，1970 年生，南京航空航天大学自动化学院博士研究生，主要研究方向为逆变器及其控制。