

双降压半桥逆变器一种控制方法研究

张先进¹, 刘大刚²

(1. 淮海工学院 电子工程学院, 江苏 连云港 222005 2. 南京航空航天大学 自动化学院, 南京 210016)

摘要: 双降压半桥逆变器具有效率高, 开关管无直通等优点。本文研究了在单电流检测基础上根据电流方向控制双降压半桥逆变器。该逆变器实现了电感电流半周期无偏置运行模式, 桥臂开关管无直通, 可以实现开关管和续流二极管最优选取, 有效节省了逆变器的成本, 具有较高的工程应用价值。最后研制了一台原理样机, 通过实验验证了理论分析的正确性。

关键词: 双降压半桥变换器, 单电流检测, 电流方向, 滞环控制

中图分类号: TM461

文献标识码: A

文章编号: 1001-1390(2009)07-0074-03

Research on a New Control Method of Dual Buck Half Bridge Inverter

ZHANG Xian-jin¹, LIU Da-gang²

(1. Department of Electronic Engineering, Huai Hai Institute of Technology, Lianyungang 222005, Jiangsu, China.

2. Automation Institute, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: In this paper, a hysteresis current control method according to the direction of inductor current based on single current sensing is proposed. Dual buck half bridge inverter can realize the non-biased current mode, and it is impossible for bridge arm shoot-through. The powers switch and the free wheeling diodes are optimally chosen. The cost of the inverter is reduced effectively and the inverter can promise high practical value in the engineering application. Finally, the control method is verified by simulation and experimental results.

Key words: dual buck half bridge inverter, single current sensing, direction of current, hysteresis control

0 引言

双降压半桥逆变器 (Dual Buck Half Bridge Inverter)^[1-9] 克服了传统桥式逆变器的桥臂直通问题, 具有高的可靠性(图 1 所示)。它无需设置死区时间, 消除了传统桥式逆变器因加入死区而引起的输出电压波形畸变。双降半桥逆变器控制方法也有正弦脉宽调制 (SPWM)^[1,2] 和电流半周期滞环电流控制等等^[3-9]。电感电流半周期滞环控制能较理想地实现两个电感电流自然切换和半周运行, 实现较高的开关频率。在文献[3]至文献[7]中, 采用两个电流检测单元分别获得每个电感电流信号; 在文献[8, 9]中, 提出了采用一个电流检测单元, 再通过精密整流获得每个电感电流信号。当采用电压电流双环控制时, 电压环的输出是电流环的给定。因此, 本文提出了采用一个电流检测

单元, 再通过对电压环的输出信号的方向判断和相应的逻辑运算, 得到控制信号, 实现双降压半桥逆变器正常工作。仿真和实验结果表明, 该方法可以达到文献[3]至文献[9]中的效果。

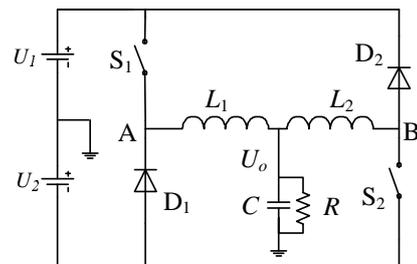


图 1 主电路

Fig.1 Main circuit

1 工作原理

在图 1 的电路中, 假设电感 $L_1=L_2=L$, $U_1=U_2=U$, 输出电压为 U_o , 关管 S_1 、 S_2 和二二极管 D_1 、 D_2 均视为理想器件。电路的工作原理分述如下。

1.1 电感电流正半周(电感 L_1 中有电流即 $i_{L1}=i_{L1} \geq 0$)

模态 1 S_1 导通, S_2 关断, 见图 2(a)。

在输入电压和输出电压作用下, 电感 L_1 中电流 i_{L1} 增加, 变化率为:

$$U-U_o=L \frac{di}{dt} \quad (1)$$

此模态中 i_{L1} 以 $(U-U_o)/L$ 斜率上升。

模态 2 S_1 关断, S_2 关断, 见图 2(b)。

在输入电压和输出电压及 D_1 导通作用下 i_{L1} 电流减少, 变化率为:

$$-U-U_o=L \frac{di}{dt} \quad (2)$$

此模态中 i_{L1} 以 $(U+U_o)/L$ 斜率下降。

1.2 电感电流负半周(电感 L_2 中有电流即 $i_L=i_{L2} \geq 0$)

模态 3 S_2 导通, S_1 关断, 如图 2(c)所示。

在输入电压和输出电压作用下, 电感 L_2 中电流 i_{L2} 减少, 变化率为:

$$U_o-(-U)=L \frac{di}{dt} \quad (3)$$

此模态中 i_{L1} 以 $(U+U_o)/L$ 斜率下降。

模态 4 S_2 关断, S_1 关断, 见图 2(d)。

在输入电压和输出电压及 D_2 导通作用下 i_{L2} 增加, 变化率为:

$$U=U_o=L \frac{di}{dt} \quad (4)$$

此模态中 i_{L2} 以 $(U-U_o)/L$ 斜率上升。

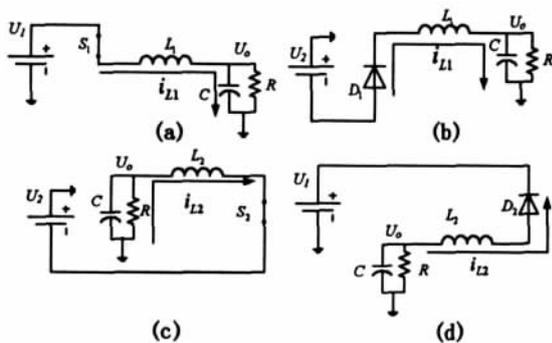


图2 等效电路图
Fig.2 Equivalent circuit

2 控制原理

当采用电压、电流双闭环控制时, 电压环节输出就是电流环的给定信号, 所以电压环节输出的方向也就是电感电流的方向, 即电压环节输出在正半周时对应的电流采样信号正半周即电感 L_1 中的电流 i_{L1} , 反之是电感 L_2 中的电流 i_{L2} 。因此, 本文控制原理是: 用一个电流采样电路采样两个电感电流之和, 电压环节输出直接同两个电感电流之和进行滞环调节, 获得驱

动信号; 再通过判断电压环节的输出信号的方向判断, 其输出再分别和滞环输出的驱动信号相与, 得到开关管 S_1 、 S_2 驱动信号 V_{gs1} 、 V_{gs2} 。由于存在两只输出滤波电感, 所以开关管不存在直通问题。控制原理框图如图 3 所示。

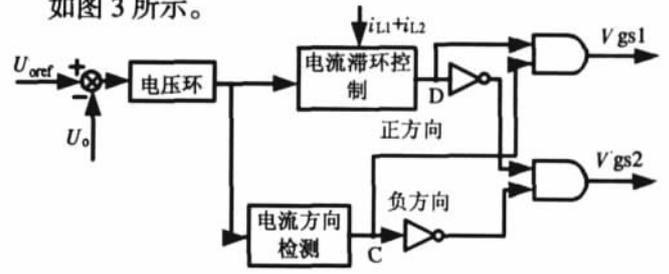


图3 控制框图
Fig.3 Control block

3 仿真和实验

仿真条件是: 输入电压 360V, 输出 115V/400Hz, 滤波电感是 $300\mu\text{H}$, 滤波电容 $10\mu\text{F}$ 。仿真结果如图 4 所示。

图 4(a) 表明, 电流方向检测输出和电流 $(i_{L1} + i_{L2})$ 正负半周的方向是相同的。图 4(b) 表明, 在电流正半周 ($i_L=i_{L1} \geq 0$) 时 S_1 、 D_1 调制工作, S_2 、 D_2 不工作, L_2 中电流为零, 电流负半周 ($i_L=i_{L2} \geq 0$) 时 S_2 、 D_2 调制工作, S_1 、 D_1 不工作, L_1 中电流为零。仿真结果实现了两只电感电流无偏置半周期工作, 达到了参考文献[3]至文献[9]中的电感电流半周期工作的效果。

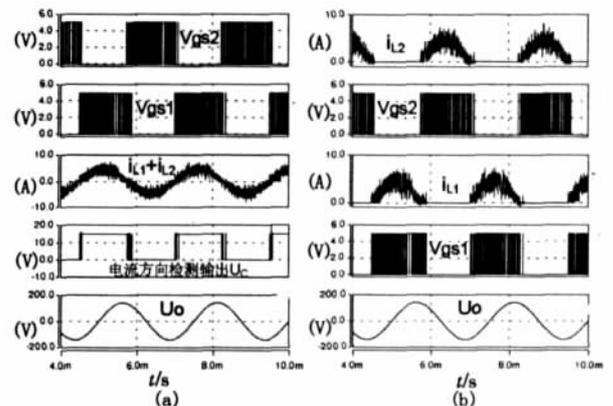


图4 仿真结果
Fig.4 Simulation results

根据以上分析和仿真, 进行实验验证, 实验结果如图 5 所示。

图 5 中 U_C 和 U_D 是图 3 中 C 点和 D 点的电压 U_A 和 U_B 是图 1 中 A 点和 B 点的电压。

图 5 (a) 给出了图 3 中 C 点、D 点和驱动信号 V_{gs1} 、 V_{gs2} 实验结果。从中可以看出控制逻辑很好地实现了电流方向的检测和驱动信号的形成。由于电压环节输出受到一定的干扰, 所以在过零处造成了电流方

向检测的输出出现了多次的变化。由于采用两个滤波电感串联，所以开关管出现直通也不会损害开关管，就没有必要加入死区。

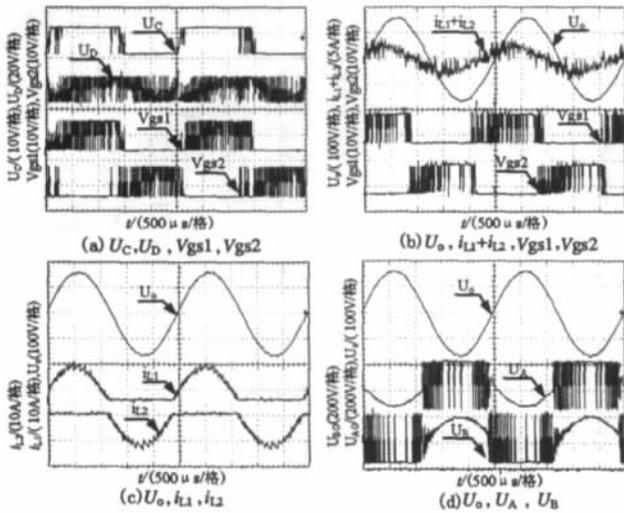


图 5 实验结果

Fig.5 Experiment results

图 5(b)中给出了轻载条件下输出电压、两个电感电流之和以及对应的驱动信号实验波形。从中可以看出实现了电感电流半周期工作。图 5(c)给出了阻性负载条件下的输出电压和电感电流波形。从图 5(c)中可以看到，在电感电流正半周时(L_1 中有电流)，开关管 S_1 调制工作；在电感电流负半周时(L_2 中有电流)，开关管 S_2 调制工作，实现电感半周期工作。图 5(d)给出了输出电压和桥臂中 A 点和 B 点电压波形。

实验结果表明，该控制方法能够很好地实现了双降压半桥逆变器电感电流无偏置半周期工作，达到文献[3]至文献[9]中的效果。

4 结束语

通过电路仿真和实验，验证了根据电感电流方向的单电流检测控制方法能够在双降压半桥逆变器中得到很好的应用。双降压半桥逆变器具有电路结构简单、开关管无直通、可靠性高、效率高等优点，而将会得到广泛的应用。但它也有明显的缺点，需要两个输出滤波电感。所以双降压半桥逆变器的成本比一般半桥逆变器的成本有所增加。但从系统的可靠性上来说，双降压半桥逆变器的优点还是很明显，特别适用于对逆变器可靠性要求较高的场合。

参 考 文 献

[1] Zargari, N.R. Zargari Two Switch High Performance Current Regulated DC/AC Converter Module [J]. IEEE Transactions on Industry Applications, 1995, 31(3): 583-589.

[2] Gerald R.Stanley, Kenneth M.Bradshaw. Precision DC to AC Power Conversion by Optimization of the Output Current Waveform—the Half Bridge Revisited [J].IEEE Transactions on Power Electronics,1999, 14(2): 372-280.

[3] 刘军.一种新颖的双将压式半桥逆变器[D].南京:南京航空航天大学博士学位论文,2003.

LIU Jun. A novel dual buck half bridge inverter [D].Nanjing: Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, 2003.

[4]刘军,严仰光.一种新颖的滞环电流型双降压式半桥逆变器[J].南京航空航天大学学报, 2003,35(2):122-126.

LIU Jun. Novel current mode controlled bi-buck half bridge inverter [J]. Journal of Nanjing University of Aeronautics& Astronautics, 2003, 35(2): 122-126.

[5] LIU Jun,YAN Yang-guang. A novel hysteresis current controlled dual buck half bridge inverter [C]. Power Electronics Specialist conference. Acapulco, Mexico Piscataway, NJ.2003, 4: 1615-1620.

[6] 洪峰,刘军.滞环电流控制型双BUCK逆变器[J].电工技术学报, 2004,19(8):73-77.

HONG Feng, LIU Jun. Hysteresis Current Controlled Dual Buck Half Bridge Inverter [J]. Transactions of China Electro-technical society, 2004, 19(8):73-77.

[7] 张先进.双 Buck 逆变器应用研究[D].南京:南京航空航天大学硕士学位论文, 2003.

ZHANG Xian-jin. Research on Application of Dual Buck Half Bridge Inverter [D]. Nanjing:Nanjing University of Aeronautics& Astronautics, 2005.

[8]马海啸,毛赛君,龚春英,等.半桥双降压式逆变器电流检测及控制方法改进[J].南京航空航天大学学报,2006, 38(38):276-280.

MA Hai-xiao, MAO Sai-jun, GONG Chun-ying, YANG Yang-guang. Improvement of control method and current sensing of half bridge dual buck inverter [J]. Journal of Nanjing University of Aeronautics& Astronautics, 2006,38(38):276-280.

[9]毛赛君,马海啸,龚春英,等.单 LEM 电流检测双降压式半桥逆变器研究[J].电力电子技术, 2006,40(1):82-83.

MAO Sai-jun, MA Hai-xiao, WANG Hui-zhen, YANG Yang-guang. Research on dual buck half bridge inverter with a single LEM current sensor [J]. Power Electronics, 2006, 40(1):82-83.

作者简介:

张先进(1975-),男,讲师,博士研究生,研究方向为电力电子变换技术。Email:zxjb0703113@yahoo.cn

刘大刚(1983-),男,硕士研究生,研究方向为电力电子变换技术。

收稿日期 2008-10-11

(杨长江 编发)