

文章编号 1000-5013(2002) 01-077-04

# 复合方式半桥型逆变器的动作特性

郑 耀 林

( 华侨大学机电及自动化学院, 泉州 362011 )

**摘要** 提出一种用于照明的复合方式半桥型逆变器, 并对其构成和动作特性进行分析. 得出 4 种电路拓扑和 4 种工作模式, 测出相应部分的电压、电流波形. 同时, 在不加有源滤波器的条件下, 获得高的功率因数和低的综合失真系数的良好特性.

**关键词** 复合方式, 半桥型逆变器, 功率因数, 失真系数, 特性

**中图分类号** TM 464: TM 13

**文献标识码** A

在荧光灯点灯电路的电子镇流器中, 已采用共振型高频逆变器来产生数万赫兹正弦波状的交流电压. 它与直接用市电的镇流器相比, 具有发光效率高, 不产生低频闪烁, 以及体积小、重量轻、效率高、节约电能(约 20% 左右)等一系列优点. 但是, 由于逆变器中的直流电源是由市电整流后用大容量的电容平滑后得到的. 这样, 用于平滑的电容在极短的时间内将有很大的电流流过, 因而存在着功率因数低、电流中高次谐波含量高及主开关电压应力大等缺点. 为此, 本文提出一种复合方式半桥型逆变器电路. 该电路虽然源于半桥型逆变器, 但由于采用两个不同值的电容作桥臂, 故可同时减少输入电流失真和输出波形因数, 提高了功率因数.

## 1 电路的构成与拓扑

我们提出了复合方式半桥型逆变器的基本电路(图 1), 其中  $L_F$ ,  $C_{F1}$  和  $C_{F2}$  构成滤波器,

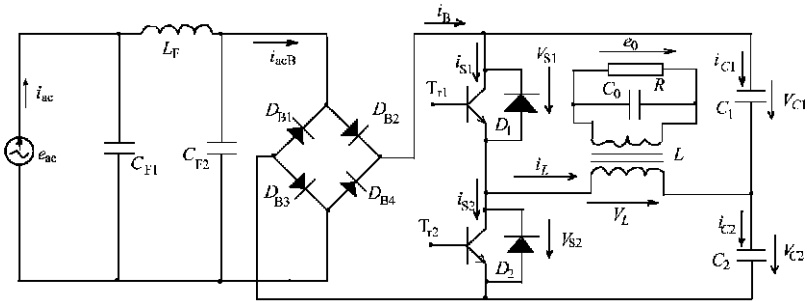


图 1 复合方式半桥型逆变器基本电路

$D_{B1}$ ,  $D_{B2}$ ,  $D_{B3}$ ,  $D_{B4}$  为桥式整流电路,  $T_{r1}$ ,  $T_{r2}$  为主开关,  $D_1$ ,  $D_2$  为换流二极管.  $C_1$  和  $C_2$  为两桥

收稿日期 2001-06-25

作者简介 郑耀林(1943-), 男, 教授

基金项目 华侨大学科研基金资助项目

Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www>

臂,且  $C_2$  和  $L$  构成共振回路,  $R$  为荧光灯管的等效电阻,  $C_0$  为预热电容. 本电路的特点是  $C_1$  和  $C_2$  的容量不同,  $C_1$  为  $270\ \mu\text{F}$ , 而  $C_2$  则为  $0.01\ \mu\text{F}$  左右数量级. 电路各部分电压电流方向如图所示. 为分析方便, 我们作如下假设. (1)  $D_{B1}, D_{B2}, D_{B3}, D_{B4}$  用  $D_B$  表示. (2)  $T_{r1}$  和  $D_1, T_{r2}$  和  $D_2$  视为双向开关<sup>[3]</sup>, 用  $S_1, S_2$  表示. (3) 变压器的铁芯不饱和,  $L$  为一常数. (4) 因  $C_1$  十分大, 分析时视  $V_{C1}$  为恒压源. (5) 忽略噪声滤波器和  $C_0$  的影响. 据以上的假设, 图 1 电路  $S_1, S_2, D_B$  导通和断开的组合, 有如表 1 所示的 4 种通断状态, 相应的 4 种等效电路拓扑如图 2(a) ~ (d) 所示. 其中状态 1, 2 时  $D_B$  处于断开, 状态 3, 4 时  $D_B$  导通. 这时, 由交流电源向负载供给能量.

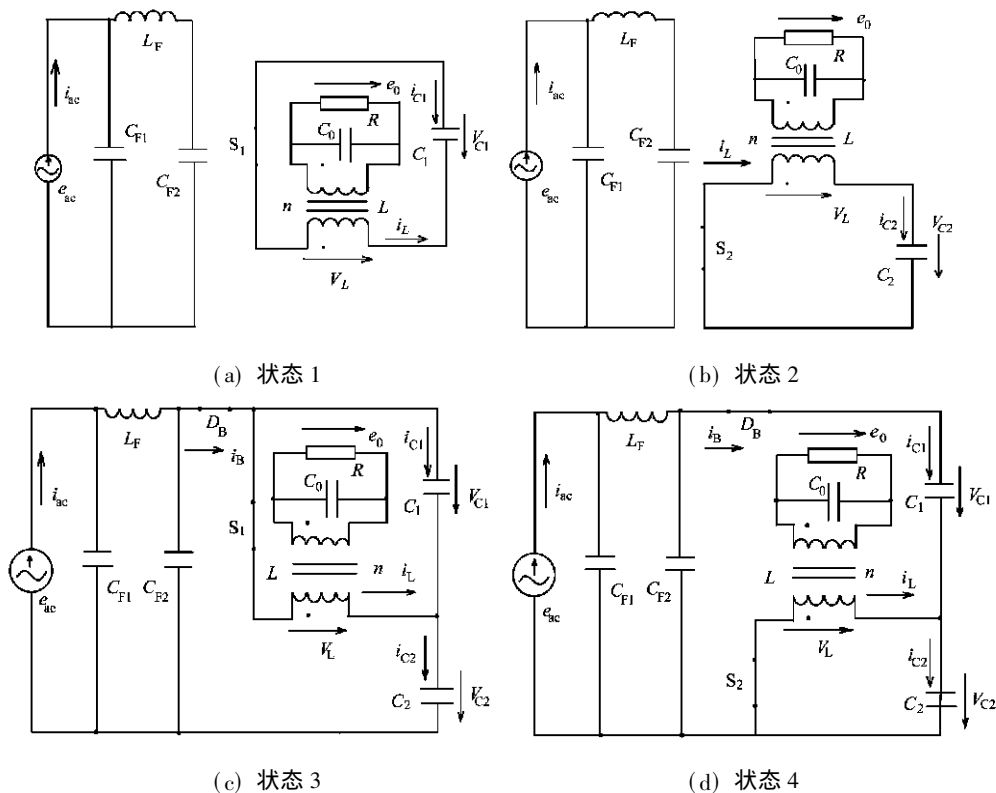


图 2 各状态的等效电路拓扑

按表 1 所示 4 种状态的组合, 图 1 电路在一个高频转换周期中有如表 2 所示的 4 种工作模式. 其中, 模式 1 出现在  $e_{ac}$  过零附近. 此时,  $e_{ac}$  不向逆变器供给电能. 这是由于主开关  $T_{r1}$  和  $T_{r2}$  两端的电压  $V_{S1}$  和  $V_{S2}$  都比较高, 没有  $i_B$  流动. 在此期间, 电容  $C_1$  放出能量供给负载, 在通断

表 1 通断状态

状态	$S_1$	$S_2$	$D_B$
1	通	断	断
2	断	通	断
3	通	断	通
4	断	通	通

表 2 工作模式

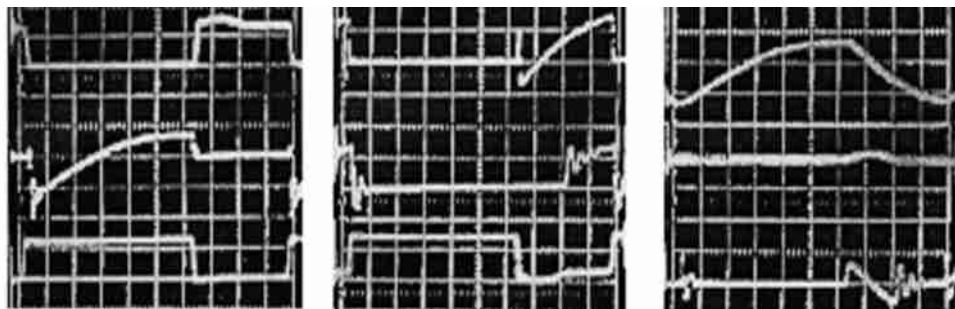
模式	状态迁移
1	1 2
2	1 2 3
3	1 2 4 3
4	1 2 4

状态 2 时  $L$  和  $C_2$  产生共振. 所以在设计  $L$  和  $C_2$  参数时, 应使共振时间长于状态 2 的时间.

为  $e_{ac}$  向逆变器供给能量的工作模式. 这些模式除了通断状态 1, 2 外, 还出现了状态 3, 4,

也就是有  $i_B$  流动.

图 3 是工作模式 时  $e_{ac}$  在相位为  $\pi/2$  (峰值) 附近电路相应部分电压、电流的观测波形. 图中, 纵坐标的  $V_{S1}$ ,  $V_{S2}$ ,  $V_L$  和  $V_{C2}$  均为  $220 \text{ V} \cdot \text{格}^{-1}$ ,  $i_{S1}$ ,  $i_{S2}$ ,  $i_B$ ,  $i_L$  和  $i_{C2}$  均为  $2 \text{ A} \cdot \text{格}^{-1}$ , 而横坐标  $t$  为  $2 \mu\text{s} \cdot \text{格}^{-1}$ . 这时电路参数为  $e_a = 220 \text{ V}$ ,  $C_1 = 270 \mu\text{F}$ ,  $C_2 = 0.027 \mu\text{F}$ ,  $L = 0.8 \text{ mH}$ ,  $T_{r1}$ ,  $T_{r2}$  为 IFR830(内藏二极管), PWM 控制器选用 SG3525,  $R = 1300 \Omega$  变压器变比  $n = 2$ . 由图 3 可



(a)  $V_{S1}$ ,  $i_{S1}$  和  $V_{S2}$

(b)  $i_{S2}$ ,  $i_B$  和  $V_L$

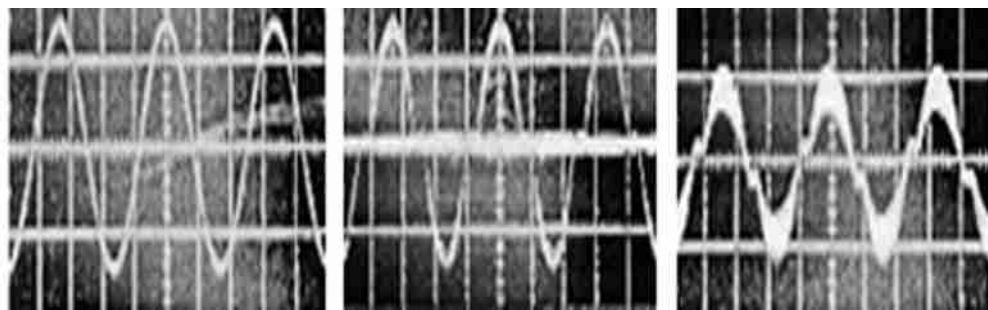
(c)  $i_L$ ,  $V_{C2}$  和  $i_{C2}$

图 3 电路各部分观测波形图

见, 在  $e_{ac}$  峰值处, 由于产生共振的状态 2 的时间缩短, 因而出现了状态 4. 在此期间,  $C_1$  从  $e_{ac}$  获得能量积蓄, 所以主开关  $T_{r1}$  两端产生的电压应力  $V_{S1}$  与状态 2 共振期间交流输入电压的振幅相当, 约为  $300 \text{ V}$ . 可见这个数值对于一般的器件来说是可以承受的. 因这时  $e_a$  整流后的直流电压  $E_a > V_{C1}$ , 故  $i_B$  波形的斜度随时间而增大. 这时高频转换频率约为  $55 \text{ kHz}$ .

## 2 动作特性

图 4~6 示出了动作特性. 其中, 图 4 示出  $e_{ac}$ 、整流桥的输入电流  $i_{acB}$  及交流  $i_{ac}$  的测量波形. 图中, 横坐标  $t$  为  $5 \text{ ms} \cdot \text{格}^{-1}$ , 纵坐标  $e_a$  为  $220 \text{ V} \cdot \text{格}^{-1}$ ,  $i_{acB}$  为  $2 \text{ A} \cdot \text{格}^{-1}$ ,  $i_{ac}$  为  $5 \text{ A} \cdot \text{格}^{-1}$ , 其



(a)  $e_{ac}$

(b)  $i_{acB}$

(c)  $i_{ac}$

图 4 部分测量波形图

它电路条件与图 3 的相同. 可见, 随  $e_{ac}$  的变化,  $i_{acB}$  基本上呈正弦波状地变化. 此时的功率因数约为  $0.975$ ,  $i_{ac}$  的综合失真系数为  $11.5\%$ . 这个结果是令人满意的. 图 5 是  $i_{ac}$  中高次谐波含有率的特性图. 其中第 11 次至第 39 次谐波分量的值以第 11 次表示. 显而易见,  $i_{ac}$  中各次谐波的含有率 ( $\eta$ ) 随阶次 ( $n$ ) 的增加而明显减小. 图 6 为输出电压  $e_o$  的测量波形, 这时负载  $R$  支路附加有整形电容. 图中, 横坐标  $t$  为  $5 \mu\text{s} \cdot \text{格}^{-1}$ , 纵坐标  $e_o$  为  $240 \text{ V} \cdot \text{格}^{-1}$ . 由图可见,  $e_o$  是很好的

正弦波. 这是由于半桥桥臂大容量电容  $C_1$  的作用使得  $e_0$  中基本上不存在低频纹波的缘故. 这

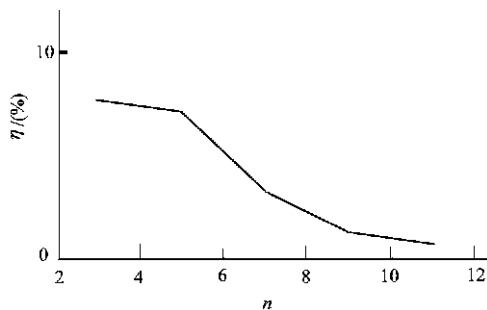


图 5  $i_{ac}$  中高次谐波含有率特性图

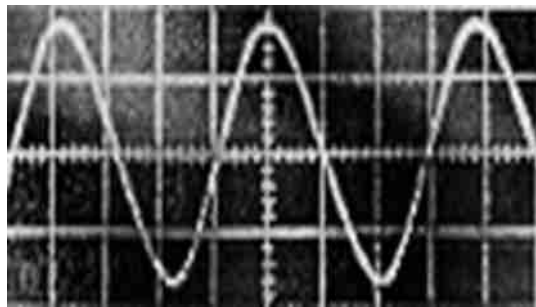


图 6 输出电压  $e_0$  波形图

时的波形因数(振幅与有效值之比)为 1.52, 可以算出其效率约为 96%.

### 3 结束语

由以上的分析和讨论, 可以得出几点结论. (1) 所提出的电路有 4 个通断状态, 可组合为 4 种工作模式. (2) 半桥的两臂中,  $C_1$  是作为  $e_0$  的平滑用, 故容量较大.  $C_2$  与  $L$  构成共振回路, 故容量较小, 其输入电流相对于输入电压来说基本上是成正比变化. (3) 通过实测, 该电路具有良好的动态性能.

### 参 考 文 献

- 1 蔡宣三, 龚绍文. 高功率电子学——直流-直流变换部分[M]. 北京: 科学出版社, 1993. 121 ~ 141
- 2 Chen Wei, Lee F C. An improved 'charge pump' electronic ballast with low THD and low crest factor [J]. APEC, 1996, (3): 622 ~ 627
- 3 王 聪. 软开关功率变换器及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2000. 45 ~ 59

## Acting Characteristics of an Inverter of Composite Mode and Semibridge Type

Zheng Yaolin

(College of Electromech. Eng. & Auto., Huaqiao Univ., 362011, Quanzhou)

**Abstract** An inverter of composite mode and semibridge type is presented for the use of lighting; and its constitution and acting characteristics are analysed. Four circuitous topological forms and four operating modes are obtained; and voltage and current waveform of corresponding parts are measured. A higher power factor and a lower composite distortion factor as superperformance can be obtained without the joining of active filter.

**Keywords** composite mode, inverter of semibridge type, power factor, distortion factor, characteristics