

# SPWM 通信逆变电源的设计

刘喜甫 王少军 刘志忠 金斗焕 长春邮电电话设备厂 (130062)

**摘要:** 通信逆变电源是将 -48V 直流电源换成 220V 50Hz 交流电源的设备。本文介绍了 SPWM 通信逆变电源的特点, 给出了该逆变电源的组成框图, 并对各单元电路的设计进行了深入浅出的阐述。

**叙词:** SPWM 自激型双变压器推挽变换器 电子衰减器 绝对值整流器 电子门。

在通信机房中, 为防止市电断电造成信息和数据的损失, 微机等设备通常是不用市电直接供电, 而是由逆变电源供电的。逆变电源的作用, 是将机房内的 -48V 直流电源转换成 220V 50Hz 交流电源。

依输出电压的波形划分, 逆变电源主要有方波和正弦波两类。方波逆变电源电路简单, 价格低廉, 但谐波干扰大, 只适合于对技术指标要求不高的民用设备。正弦波逆变电源电路复杂, 价格不菲, 但谐波干扰小, 电磁兼容性好, 通信领域大多采用这类逆变电源。

正弦波脉冲宽度调制 (SPWM) 逆变电源, 是目前技术先进, 性能优越的正弦波逆变电源, 它具有体积小, 效率高, 各项技术指标高的优点, 其应用日益广泛。从原理上说, SPWM 逆变电源与通常的 PWM 开关电源有许多相同之处, 它们的控制机制和所采用的控制 IC 是相同的。只是 SPWM 逆变电源增加了波形发生器及电子门等电路, 控制 IC 误差输入端接收的不是输出电压的波动信号, 而是频率固定的正弦脉动直流信号。典型的 SPWM 通信逆变电源的框图见图 1 所示。

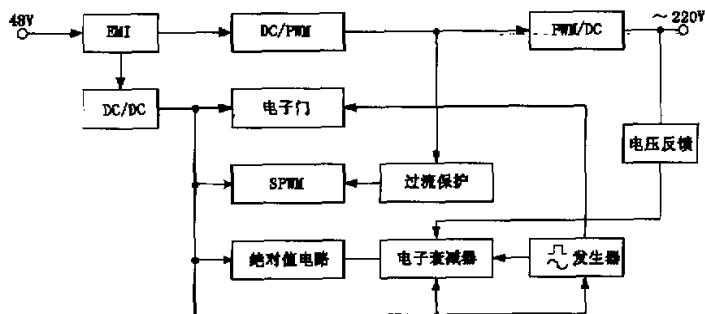


图 1 典型的 SPWM 通信逆变电源框图

从图 1 可以看出, SPWM 通信逆变电源是由波形发生器、电子衰减器、绝对值整流器、电子门、功率放大器等电路组成。SPWM 通信逆变器的工作原理如下:

(1) DC/DC 变换电路在通信电路中, 供电电源即一次电源, 其输出电压是 -48V, 为叙述方便起见, 我们将 -48V 端看

成是 GND, 而将输入电压的 GND 当成是 +48V。在逆变电源中, 控制 IC、电子衰减器、电子门和驱动电路用的都是 +15V 电压, 而波形发生器和绝对值整流器用的是  $\pm 15V$  电压, 为此要把 +48V 电压转换成  $\pm 15V$  的电压, 由 DC/DC 变换电路来完成。DC/DC 变换电路见图 2 所示。

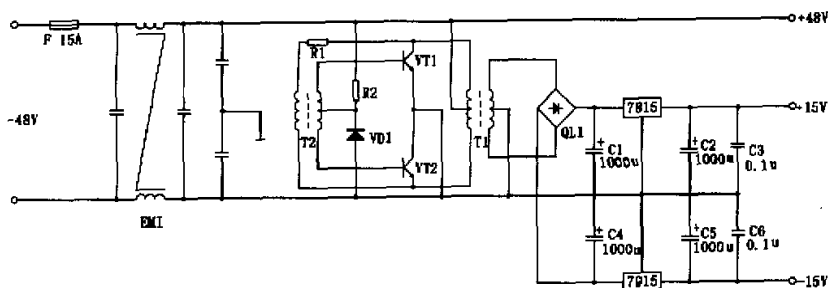


图 2 DC/DC 变换电路

这是一个自激型双变压器推挽变换器, 与单变压器的罗耶振荡器相比, 它采用一只体积很小的饱和变压器控制晶体管工

作状态的转换, 用另一只体积较大的线性变压器变压并输出功率, 它工作在不饱和状态, 励磁电流很小, 因而该变换器有较

高的效率，且输出电流波形没有尖峰。自激型双变压器推挽变换器的振荡频率由下式决定

$$f = U_M / 4N_B B_m S$$

其中：

$U_M$ ：驱动变压器初级绕组的电压

$N_B$ ：绕组的匝数

$B_m$ ：驱动变压器铁芯的磁通密度

$S$ ：铁芯的截面积

在本电路中，振荡频率为 30KHz。振荡器产生的高频脉冲电压经高频变压器降压输出。变压器次级为一带有中心抽头的绕组，经桥式整流和电容滤波，再由两只三端集成稳压器进行线性稳压后，变成  $\pm 15V$  的稳定直流电压供给上述各单元电路使用。

(2) 波形发生器、电子衰减器和绝对值整流器电路如图 3 所示。

波形发生器与绝对值整流器采用一只四运放 TL084 装成。

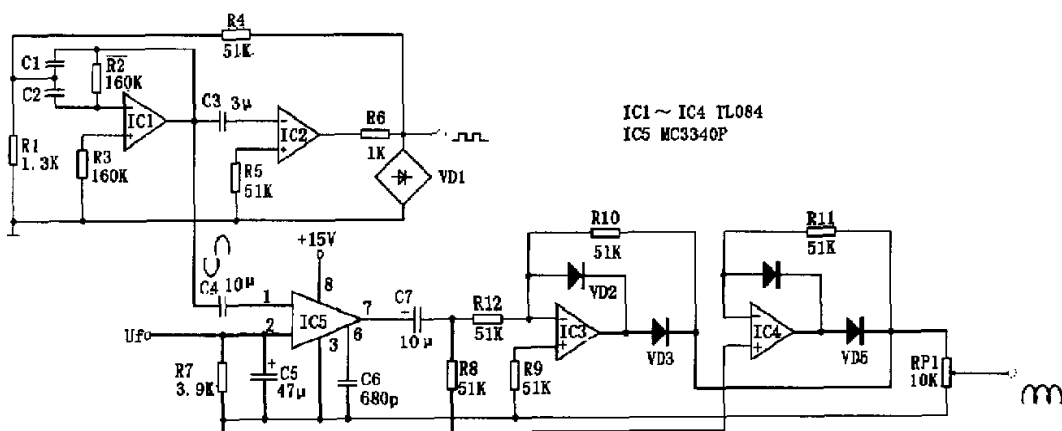


图 3 波形发生器、电子衰减器和绝对值整流器电路

运放 IC1、R1、R2、C1、C2 为一有源单 T 电桥滤波器，它只允许某一频率的信号通过。IC2 则接成电压比较器形式，它将输入的微弱信号变成幅度接近电源电压的方波信号。其工作过程如下：当合上开关电源时，会产生一扰动信号，经有源单 T 电桥滤波器选频，滤掉其它频率的杂散信号，只输出某一频率的信号，这个信号加到电压比较器上，变成同一频率的高幅度的方波信号，然后再回到单 T 电桥滤波器上，周而复始，就会形成频率和幅度都很稳定的正弦波与方波。与通常的文氏电桥振荡器相比，它频率调节比较容易，只需改变 R1 或 R2 一个元件的数值，就能调节频率。而文氏振荡器则要同步地改变两只电阻或电容器的数值。它的输出波形好，幅度稳定，且能同时输出正弦波和方波两种信号，这是文氏振荡器无法办到的。

单 T 电桥振荡器的频率：

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{C1C2R1R2}}$$

当  $C1 = C2$  时，上式可简化为：

$$f = \frac{1}{2\pi C1 \sqrt{R1R2}}$$

按图中给定的元件数值，振荡频率为 50Hz。为稳定输出波形的幅度，在 IC2 的输出接有由硅整流桥和稳压二极管的双向限幅电路，它将输出信号的电压幅度稳定在  $V_Z + 2V_f$  上， $V_Z$  为稳压二极管的稳压值， $V_f$  为硅桥中二极管的正向压降，一般在 0.7V 左右。波形发生器输出的正弦波信号加到电子衰减器

IC5 上。

电子衰减器 IC5 的型号为 MC3340P，采用 8 脚 DIP 封装。第 2 脚为增益控制端，其控制可分为电阻和电压两种方式，这里采用的是后一种方式。当第 2 脚的直流电压从 3.5V 增加到 6V 时，IC5 的衰减从 13dB 降到 90dB，变化范围达 77dB。MC3340P 的典型电路和控制曲线如图 4 所示。

利用 MC3340P 这一特性，我们就可以组成输出电压的稳压电路。输出变压器次级设一辅助绕组，由此进行取样整流滤波后，变成直流电压，加到 MC3340P 的误差输入端，使其电压衰减与输出电压成正比关系，这是一个负反馈过程。当输出电压过高时，反馈回来的直流电压也高，使得 MC3340P 的衰减增大，IC5 输出的正弦波信号幅度降低，从而使总的输出的电压幅度回落；反之，当输出电压过低时，反馈回来的直流电压也低，MC3340P 的衰减减小，它输出的正弦波信号幅度增大，从而使总的输出电压上升。

四运放中的另外两个运放 IC3、IC4 组成绝对值整流器，因为 PWM 控制 IC 的误差输入端不能直接施加正弦波信号，必须把正弦波的下半周翻转到上边来，将正弦波变成为正弦脉动直流信号。通常的全波整流器也是一种绝对值电路，但由于整流二极管存在死区，精度较差，这样会使 SPWM 处理后复原的正弦波产生畸变，所以采用的是由运放组成的精密全波整流器。IC3 为正向整流，IC4 为负向整流，二者相加就组成一完整的绝对值整流器。

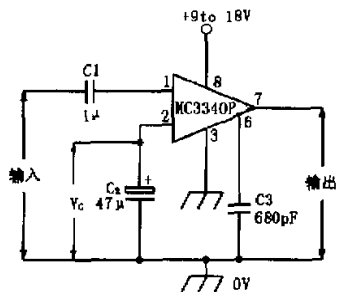


图4 电压控制电子衰减器的电路和特性曲线

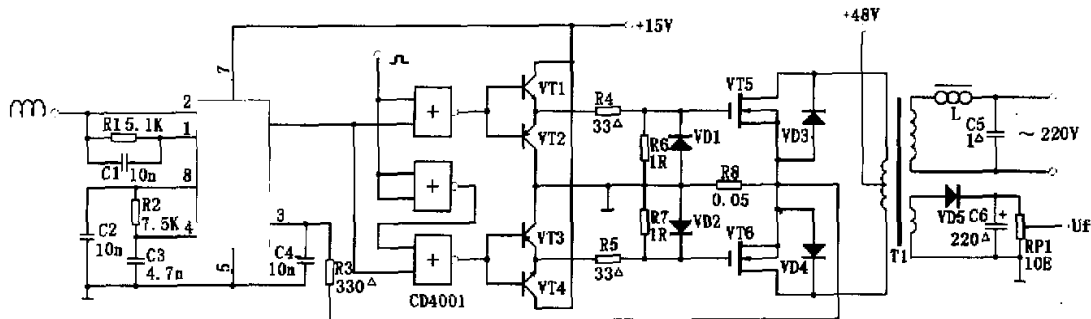
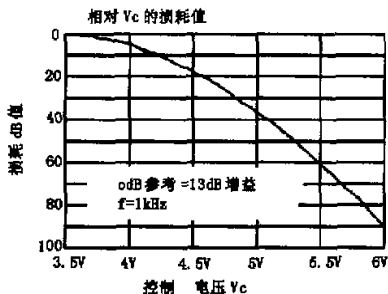


图5 SPWM 逆变器的主变换电路

### (3) SPWM 逆变器的主变换电路

SPWM 逆变器的主变换电路由 SPWM 电路、电子门、驱动电路和推挽功率放大级四部分组成。电路见图 5 所示。

SPWM 电路的核心器件是 UC3842，是一种新型开关电源控制 IC，属于电流型单端输出的 PWM 电路，广泛应用在中小型的开关电源中。在本电路中，由绝对值整流器送来的正弦脉动直流信号加到 UC3842 的误差输入端，UC3842 的内部设有高频振荡器，能产生线性极佳的高频斜坡信号，低频脉动直流信号与高频斜坡信号相调制，输出宽度可变的高频脉冲信号。UC3842 的工作频率  $f = 1.8/R2 \cdot C3$ ，本文频率选在 50kHz。UC3842 的第 6 脚为输出端，接后面的电子门，第 3 脚为电流感应端，在电压升高超过 1V 时，将引起过流保护开关关闭，使电路停止输出。

四 2 输入或非门 CD4001 构成电子门，电子门的一个输入端接 SPWM 信号，而另一个输入端则受波形发生器输出的 50Hz 方波控制，使推挽输出级的两只功率开关管轮流导通。当方波的信号电平为 1 时，第 1 个或非门截止，无论另一个输入端有无 SPWM 信号，输出均为 0，而第 2 个或非门将方波信号反相为 0，使第 3 个或非门开启，它将输入的 SPWM 信号反相后输出。

晶体三极管 VT1、VT2 和 VT3、VT4 组成两个互补跟随器，电路简单，输出阻抗低，负载能力强，用它担任功率开关管的推动电路是很合适的。

两只大功率 VMOS 管组成推挽输出级，VMOS 管是压控型

器件，对驱动级的功率要求低。VMOS 管具有负的温度系数，温度升高时，漏极电流反而降低，因而它有比双极型晶体管更高的可靠性。与单端或半桥式输出电路相比，推挽输出电路有更大的输出功率。两只 VMOS 功率开关管的源极不直接接地，而是通过一只取样电阻 R8 再接地，功率放大级的电流流过 R8 产生的电压加到控制 UC3842 的第 3 脚电流感应端上，当输出级电流大于 20A 时，R8 上的电压超过 1V，使 UC3842 截止，无 SPWM 信号输出，从而使电路得到保护。

功率输出级输出的信号，即功率 SPWM 信号，其包络线即为 50Hz 的正弦波。功率 SPWM 信号由变压器变压，经次级两个绕组输出。次级主绕组承担功率输出，它将初级传递的 SPWM 功率信号经 LC 滤波器，滤去高频调制信号，得到纯正的 220V50Hz 的正弦波电压。次级的辅助绕组起调压和稳压的作用。辅助绕组的电压经整流滤波后，变成直流电压，经电位器 RP1 送到电子衰减器第 2 脚上，调节 RP1 的数值，就能改变输出的交流电压的大小。

### 参考文献

- [1] 王桂英 《电源变换技术》
- [2] 彭静 牛红 《音响集成电路》
- [3] 李龙文 《最新开关集成稳压器数据应用手册》
- [4] 陈龙谭 《SG3524 在 SPWM 逆变器中的应用》

电子技术 1993 年第 1 期

(下转 232 页)

## 6 结论

从仿真及试验的结果可以看出, SPWM 控制方式可以减小输出滤波器, 同时滤波电感的电流脉动较小, 逆变桥功率管的开关次数少, 变换效率高, 输出电压的质量高, 系统动态响应快, 动态性能好。

### 参考文献

[1] D. M. Divan. The Resonant DC Link Inverter—A New Concept in static Power Conversion IEEE - IAS, 1986, 648 - 656.

[2] 陈道炼, 软开关 PWM 组合式航空静止变流器研究, 南京航空航天大学工学博士学位论文, 1998.

### 作者简介



赵小俊, 男, 1975 年生, 硕士, 研究方向为逆变器软开关技术。

阮新波, 男, 1970 年生, 副教授, 研究方向为功率变换器的软开关技术。

(上接 235 页)

### 作者简介



刘喜前, 1948 年生, 高级工程师, 毕业于长春邮电学院自控专业, 长期从事高频开关电源和通信电路的开发研制工作, 发表学术论文 30 多篇。

王少军, 1958 年生, 高级工程师, 毕业于哈尔滨工业大学机械制造专业, 长期从事通信产品的电子加工工艺及技术管理工作, 现任长春邮电电话设备厂副厂长。

刘志忠, 1962 年生, 高级工程师, 毕业于长春邮电学院自控专业, 长期从事高频开关电源和通信电路的开发研制工作, 发表学术论文 10 余篇, 现为长春三元通信有限公司副总经理。

金斗焕, 1963 年生, 高级工程师, 毕业于长春邮电学院自控专业, 长期从事通信产品的开发设计工作, 发表学术论文数篇, 现为长春邮电电话设备厂实验研究所副所长。

(上接 240 页)

[11] 严百平、刘健、程红丽, 不连续导电模式高功率因数开关电源, 科学出版社, 2000 年 7 月。

[12] 张占松, 开关电源的原理与设计, 电子工业出版社, 1998 年 7 月。

[13] 郝百超, 无逆变器不间断电源, 专利文献, 申请号: 97241194, 1997 年 8 月。

[14] 郝百超, 无功耗不间断电源, 专利文献, 申请号: 00114301, 2000 年 1 月。

[15] 郝百超, 绿色不间断电源, 专利文献, 申请号: 00116067, 2000 年 8 月。

### 作者简介



郝百超, 男, 1943 年生, 上海交通大学无线电系通讯专业工学学士, 武汉水利电力大学电力系微机专业工学硕士, 湖北省电力调度通讯局自动化高级工程师。长期从事电网自动化运行维护和计算机软硬件开发工作, 精通各种电源的设计原理和制造诀窍。曾获专利两项, 发表论文 3 篇。