

# 软件 PWM 技术在 DC-AC 系列电源 逆变器中的应用

李正军 杨修文

(山东大学控制科学与工程学院 250061)

**摘要** 介绍了 DC-AC 系列智能电源逆变器的功能, 软件 PWM 技术及其交流电压输出调制技术。该技术在 450W DC-AC 智能电源逆变器的设计中已得到成功的应用。

**关键词** 软件 PWM 技术 逆变器 有效值 占空比

## 1 引言

中小功率的 DC-AC 系列电源逆变器在国外已经得到十分广泛的应用, 该系列电源逆变器就是把 +12V/+24V 的直流输入电压逆变为 120V AC/60Hz 或 220V AC/50Hz 的交流输出电压。它可以应用于汽车、太阳能、家庭、办公、计算机等领域。现有的设计方法大多数是采用 TL494 或 SG3525A 等专用的 PWM 控制芯片, 这种设计方法不易调整, 随着负载的变化, 输出交流电压变化波动大, 当过负载时, 切断输出的时间不好控制。短路保护和过热保护也存在类似的问题, 当短时间出现过载时, 如果系统恢复正常, 逆变器不能重新启动, 而且电路比较复杂, 生产过程中调试困难。我们将单片机技术、自动控制中的前馈和反馈控制技术以及电力电子技术应用于 DC-AC 系列电源逆变器的设计中, 实现了智能化, 用软件产生 40kHz 的 PWM 信号, 即用软件 PWM 取代了 TL494 或 SG3525A 等专用 PWM 控制芯片, 很好地解决了上述使用专用 PWM 控制芯片所带来的问题。

下面以 450W 120V AC/60Hz 便携式电源逆变器为例, 介绍软件 PWM 技术及其交流电压输出调制技术。

## 2 软件 PWM 技术

该电源逆变器以台湾 ELAN 公司的 EM78 系列单片微控制器为核心, 配以直流电压逆变电路、交流电压输出电路、电压检测电路、过载保护与短路保护等电路。下面主要介绍软件 PWM 技术及其交流电压输出调制技术。

### 2.1 直流电压逆变电路

直流电压逆变电路的原理图如图 1 所示。

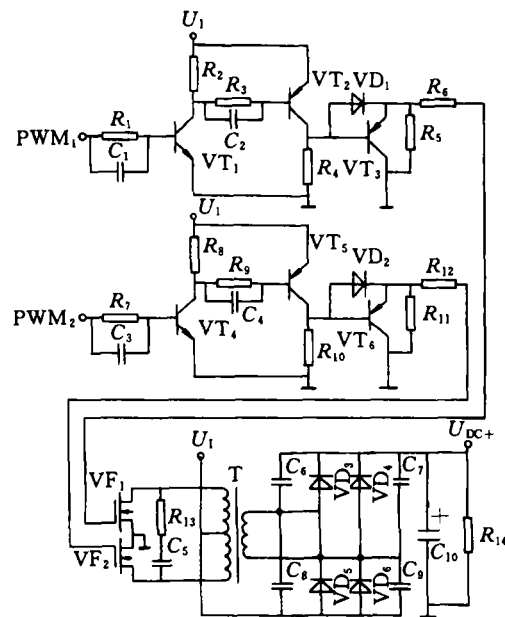


图 1 直流电压逆变电路

直流逆变电路将输入的直流低压  $U_1$  逆变为高压直流电压  $U_{DC+}$ 。该直流逆变电路为推挽变换器, 在栅极方波的交替作用下, 推挽功率放大器的两个功率场效应管经变压器的中心端交替导通。变换器首先将直流电源供给的直流电压  $U_1$  变换为交变的方波电压, 经整流、滤波得到输出直流电压  $U_{DC+}$ 。其具体过程如下:

在直流逆变电路中, PWM<sub>1</sub> 信号先经过三极管 VT<sub>1</sub> 驱动、反相后, 再经三极管 VT<sub>2</sub> 驱动、反相, 然后驱动 MOSFET 管 VF<sub>1</sub>; 同理, PWM<sub>2</sub> 信号经过三极管 VT<sub>4</sub> 驱动、反相后, 再经三极管 VT<sub>5</sub> 驱动、反相, 然后驱动 MOSFET 管 VF<sub>2</sub>。这

样, PWM<sub>1</sub>、PWM<sub>2</sub> 信号驱动 MOSFET 管 VF<sub>1</sub>、VF<sub>2</sub> 交替导通与关断。MOSFET 管驱动变压器把直流低压 U<sub>1</sub> 变换为交变的方波高压输出电压, 经过二极管 VD<sub>3</sub>、VD<sub>4</sub>、VD<sub>5</sub>、VD<sub>6</sub> 组成的桥式整流电路进行整流, 将交变的方波变成直流电压, 再经过电解电容 C<sub>10</sub> 进行滤波, 便得到直流高压输出 U<sub>DC+</sub>。

### 2.2 软件 PWM 技术

用软件产生的 PWM 波形图如图 2 所示。

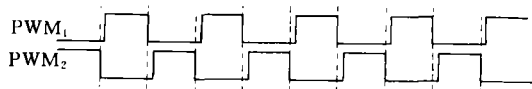


图 2 PWM 波形图

PWM 信号的频率为 40kHz, 即周期为 25μs。在每个周期中, PWM<sub>1</sub> 与 PWM<sub>2</sub> 交替导通, 并且两者不能同时导通。如果两者同时导通, MOS 管对 (VF<sub>1</sub>、VF<sub>2</sub>) 同时导通, 流过的电流过大, 会使 MOS 管过热并烧坏。

当 PWM<sub>1</sub> = “1” 且 PWM<sub>2</sub> = “0” 时, PWM<sub>1</sub> = “1”, VT<sub>1</sub> 导通, VT<sub>1</sub> 的集电极为低电平, 使 VT<sub>2</sub> 导通, VT<sub>2</sub> 集电极为高电平, VD<sub>1</sub> 导通, VT<sub>3</sub> 截止, 结果 VF<sub>1</sub> 导通; PWM<sub>2</sub> = “0”, VT<sub>4</sub> 截止, VT<sub>4</sub> 的集电极为高电平, 使 VT<sub>5</sub> 截止, VT<sub>5</sub> 集电极为低电平, VD<sub>2</sub> 截止, VT<sub>6</sub> 截止, 结果 VF<sub>2</sub> 截止。故此时变压器 T 二次侧有电流流过。

同理, 当 PWM<sub>1</sub> = “0” 且 PWM<sub>2</sub> = “1” 时, VF<sub>1</sub> 截止, VF<sub>2</sub> 导通, 故变压器 T 二次侧有反向电流流过, 从而 VD<sub>3</sub> 与 VD<sub>6</sub> 导通, VD<sub>4</sub> 与 VD<sub>5</sub> 截止。当 PWM<sub>1</sub> = “0” 且 PWM<sub>2</sub> = “0” 时, VF<sub>2</sub> 截止, VF<sub>1</sub> 截止, 故变压器 T<sub>1</sub> 的二次侧没有电流流过, 故 VD<sub>3</sub> 与 VD<sub>6</sub> 截止, VD<sub>4</sub> 与 VD<sub>5</sub> 截止。

当 PWM<sub>1</sub> 由 “1” 变 “0” 时, 电容 C<sub>1</sub> 的电荷释放, 使 VT<sub>1</sub> 迅速从导通状态变为截止状态。在 VT<sub>2</sub> 从导通状态变为截止状态的过程中, VT<sub>3</sub> 导通, 迅速将 MOS 管 VF<sub>1</sub> 栅极的电荷释放。当 PWM<sub>2</sub> 由 “1” 变为 “0” 时, 电容 C<sub>3</sub> 的电荷释放掉, 使 VT<sub>4</sub> 迅速地由导通状态变为截止状态。在

VT<sub>4</sub> 从导通状态变为截止状态的过程中, VT<sub>6</sub> 导通, 迅速地将 MOS 管 VF<sub>2</sub> 栅极的电荷释放。

实现软件 PWM 的程序流程图如图 3 所示。

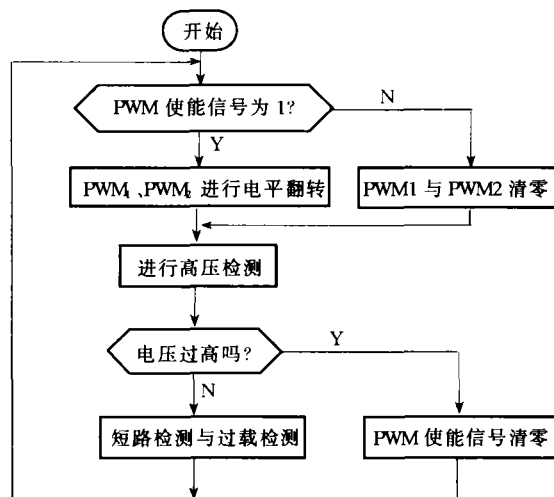


图 3 软件 PWM 的程序流程图

### 3 交流电压输出调制技术

#### 3.1 交流电压输出电路

其原理图如图 4 所示。

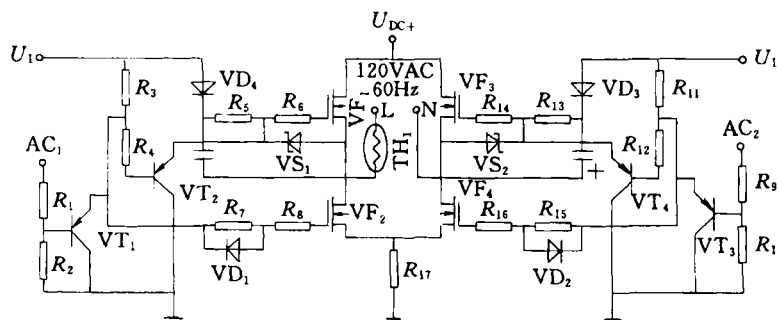


图 4 交流电压输出电路

交流电压输出电路将直流高压 U<sub>DC+</sub> 逆变为交流高压。交流输出控制信号 AC<sub>1</sub> 经过三极管 VT<sub>1</sub> 驱动、反相, 然后驱动功率场效应管 VF<sub>2</sub>; 再经过三极管 VT<sub>2</sub> 驱动、反相, 然后驱动功率场效应管 VF<sub>1</sub>, 因此, 在同一时刻 VF<sub>1</sub>、VF<sub>2</sub> 只有一个导通, 而另一个关闭。同理, 交流输出控制信号 AC<sub>2</sub> 经过驱动后, 同时驱动功率场效应管 VF<sub>3</sub> 和 VF<sub>4</sub>。这样交流输出控制信号 AC<sub>1</sub>、AC<sub>2</sub> 控制管对 VF<sub>1</sub>、VF<sub>2</sub> 和 VF<sub>3</sub>、VF<sub>4</sub> 交替开关时, L、N 交替与地 (或 U<sub>DC+</sub>) 接通, 便形成了交流输出电压。在该

电路中, 稳压管  $VS_1$ 、 $VS_2$  用来限制功率场效应管栅极的驱动电压, 防止场效应管栅极的驱动电压过高。

### 3.2 交流电压输出调制原理

交流输出电路的输入控制脚  $AC_1$ 、 $AC_2$  的波形和交流输出 LN 的波形如图 5 所示。

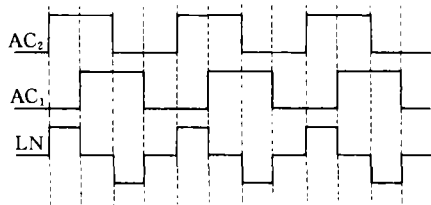


图 5 交流电压输出波形

LN、 $AC_1$ 、 $AC_2$  的周期为 16.65ms (即频率为  $1/16.65\text{ms} = 60.06\text{Hz}$ )。

当引脚  $AC_2 = "1"$  且  $AC_1 = "0"$  时,  $AC_2 = "1"$ ,  $VT_3$  导通,  $VT_3$  的集电极为低电平, 使  $VT_4$  截止,  $VT_4$  集电极为高电平,  $VF_3$  导通, 结果  $VF_4$  截止;  $AC_1 = "0"$ ,  $VT_1$  截止,  $VT_1$  的集电极为高电平, 使  $VT_2$  导通,  $VT_2$  的集电极为低电平,  $VF_2$  导通, 结果  $VF_1$  截止。从而, L 与  $U_{DC+}$  接通, N 与地接通, 故此时 LN 有正向电压输出。

同理, 引脚  $AC_2 = "1"$  且  $AC_1 = "1"$  时, L 与  $U_{DC+}$  接通, N 与  $U_{DC+}$  接通, 此时 LN 两端的电压差为零。当引脚  $AC_2 = "0"$  且  $AC_1 = "1"$  时, L 与地接通, N 与  $U_{DC+}$  接通, LN 有反向电压输出。当引脚  $AC_2 = "0"$  且  $AC_1 = "0"$  时, L、N 两端都与地接通, 此时两端电压差为零, 由此形成交流 LN 两端的电压波形如图 5 所示。

根据高压 ( $U_{DC+}$ ) 电压检测电路得到的计数值进行查表, 确定交流输出电压的占空比, 使交流电压的有效值在要求的范围内。在计算时, 将交流电压的有效值规定为 117~118V。得到的计数值越小, 即  $U_{DC+}$  的电压值越高, 相应的占空比越小。占空比 =  $(U_{DC+}$  的有效值 /  $U_{DC+}$ )<sup>2</sup>, 其中  $U_{DC+}$  的有效值为规定值, 在这里规定为 117~118V。

在确定占空比的过程中, 采用了前馈和反馈控制技术; 为了防止输出电压的波动太大, 采用了占空比增长限幅程序来控制占空比的增长速度; 当逆变器处于过载状态时, 采用反馈控制技术使逆变器处于缩功率工作状态。交流输出的调制程序的流程图如图 6 所示。

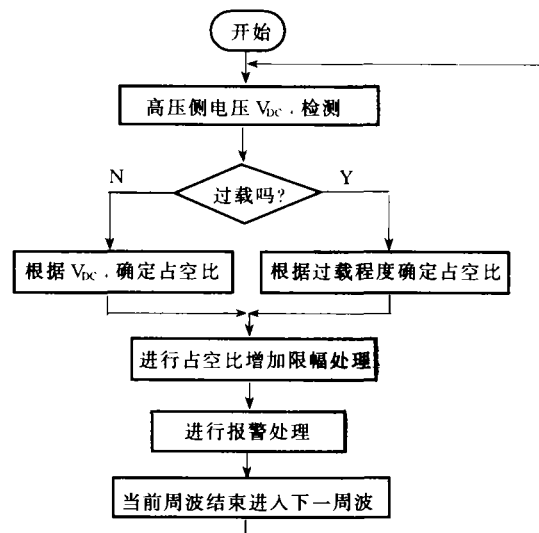


图 6 交流输出占空比调制程序流程图

## 4 结论

本文所介绍的软件 PWM 技术及其交流电压输出调制技术, 已经成功地应用于 450W DC-AC 智能电源逆变器的设计中, 并已投入批量生产。该 DC-AC 系列智能电源逆变器由于采用了上述技术, 与采用专用的 PWM 控制芯片所设计的电源逆变器相比, 可靠性高, 成本低, 交流输出电压稳定, 易于生产, 调试简单, 能满足不同用户的需要。对上述硬件稍作改动, 即可适应不同直流电压输入、不同交流电压输出以及不同输出功率的场合。

### 参考文献

- 1 卢致皓. 场效应功率管在高速开关电源工作频率中的应用. 计算机研究与发展, 1983 (8)
- 2 叶慧贞. 脉宽调制型开关稳压电源减小杂音的措施. 1982 年电源年会

## The Application of Software PWM Technology on DC-AC Series Power Inverters

Li Zhengjun

(Shandong University)

**Abstract** The article deals with the functions of DC-AC series intelligent power inverters, software PWM technology and alternating voltage output modulation technology. This technology has been applied in the design of 450 Watts DC-AC intelligent power inverter successfully.

**Keywords** software PWM technology inverter effective value pulse duration rationctiveness

收稿日期: 2002-12-03