

一种机载逆变电源用基准正弦波发生器

张德纯, 王义明, 门向生
(空军工程大学 电讯工程学院, 陕西 西安 710077)

摘要:提出了一种机载电源用基准正弦波发生器,它利用阶梯波经过滤波产生正弦波,电路结构简单,谐波较小,且能跟踪输出电压的变化,是一种较好的基准正弦波发生器。文中详细分析了它的电路组成与工作原理。实验结果证明,该正弦波发生器能跟踪输出电压的变化并产生出较好的基准正弦波。

关键词:逆变电源;阶梯波;正弦波

中图分类号:TN86 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2003)01-0016-03

一般的正弦波发生器输出波形的幅值不能连续可调,而用于逆变电源的基准正弦波,作为瞬时电压负反馈控制环路中的基准信号,为了实现逆变电源具有稳定输出电压的功能,则要求其电压波形的幅值能够连续可调。我们在研制某型机载逆变电源时,把可预置可逆计数器4029、模拟开关4051和4053及集成运放巧妙结合运用,设计出一种逆变电源用基准正弦波发生器,保证了逆变电源运行的安全稳定,圆满地完成了试飞测试任务。

1 设计思想

逆变电源一般要求能够提供稳定的输出电压,电路上多采用电压负反馈的方式来实现,这就要求逆变电源基准正弦波信号的幅值能够连续可调并且可以用直流电压自动调节,这是电路设计的两个关键问题。在电路设计的过程中,通过把可预置可逆计数器4029、模拟开关4051和4053及集成运放完美地结合运用,有效地解决了这两个问题,由此构成的基准正弦波发生器具有以下4个特点:

1) 用16个阶梯构成正弦波的一个周期,每个阶梯的电压幅值按正弦变化规律来确定,如图1所示。

各阶梯电压幅值的计算公式如下:

$$U_1 = U_m \sin(\pi/8) \approx 0.383 U_m$$

$$U_2 = U_m \sin(\pi/4) \approx 0.707 U_m$$

$$U_3 = U_m \sin(3\pi/8) \approx 0.924 U_m$$

其中 U_m 为直流电压,决定着基准正弦波电压幅值的大小。这样产生的阶梯波具有正弦特征,高次谐波分量少,便于滤波。

2) 阶梯波中的每个阶梯电压都与 U_m 有关,只要改变直流电压 U_m 的大小,就可以很方便地实现正弦波电压幅值的连续可调。

3) 通过用逆变电源输出电压经整流滤波后的直流电压来控制 U_m 并与其成反比例,实现了电压负反馈。

4) 利用模拟开关使一个集成运放在不同的时间阶段中分别构成加法器和减法器,实现加法和减法的功能,完成阶梯波的合成,大大地简化了电路,提高了可靠性。

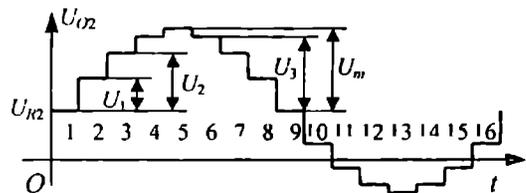


图1 由16个阶梯构成的具有正弦特征的阶梯波

2 电路组成与工作原理

这里研制的机载逆变电源要求把电压为 28 V 的直流变换成电压为 220 V、频率为 50 Hz、功率为 500 W 的交流电以供计算机使用,由此可知基准正弦波的频率为 50 Hz。基准正弦波发生器通常由振荡电路、分频电路、阶梯波产生电路和滤波电路所组成。由于振荡电路、分频电路和滤波电路均为典型电路,这里不再赘述。下面着重讨论一下阶梯波产生电路的组成和工作原理。

2.1 电路组成

设计的阶梯波产生电路的电路框图如图 2 所示,由阶梯电压生成电路、控制电路和波形合成电路三部分构成^[1-2]。阶梯电压生成电路由集成运放 A_1 和若干个电阻组成(见图 3),通过电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 、 R_5 和 R_6 分压来提供阶梯电压 U_1 、 U_2 、 U_3 ,而集成运放 A_1 的输出提供了阶梯电压 U_m 。控制电路由可预置可逆计数器 4029 和模拟开关 4051 组成(见图 3),通过计数器的输出 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 来控制 4051 模拟开关的通断,以选择阶梯电压生成电路提供的不同阶梯电压并送到波形合成电路的输入端。波形合成电路由模拟开关 4053、集成运放 A_2 和若干个电阻组成(见图 3),在控制电路的控制下完成阶梯波的合成。

2.2 工作原理

图 3 所示为阶梯波产生电路的电路图,由分频电路来的 800 Hz 脉冲信号连接到 4029(设置成二进制正向计数)的时钟端,4029 开始计数,其输出端信号 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 连接到 4051 的控制端 A、B、C 以便使 4051 在不同的时段选通不同的模拟开关通道;同时用 4029 的输出端信号 Q_4 去控制 4053 的控制端 A 和 B,以便使波形合成电路在不同的时段内分别构成加法器和减法器,完成阶梯波的合成。

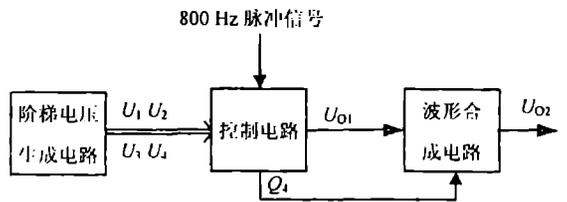


图 2 阶梯波产生电路框图

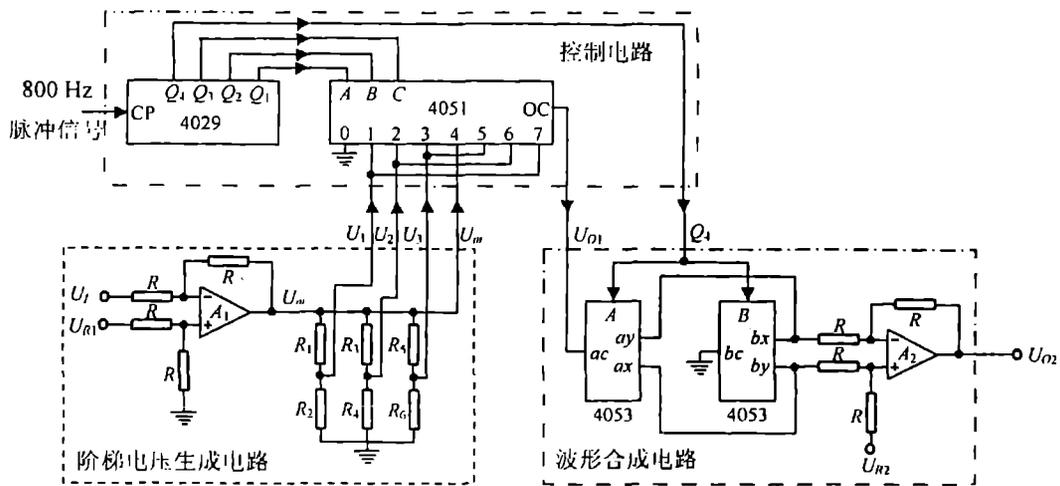


图 3 阶梯波产生电路

图 4 是模拟开关 4053 与集成运放 A_2 的等效电路。

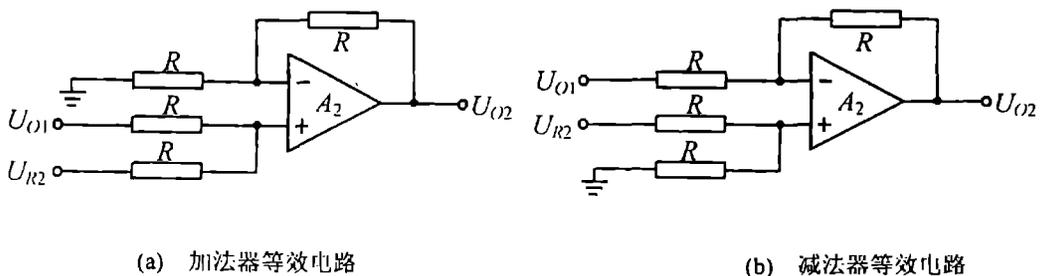


图 4 4053 与集成运放 A_2 的等效电路

4029 与 4051 的逻辑控制关系如表 1 所示^[3]。

当 4029 的输出端 $Q_4 = "0"$ 时,4053 中 A 模拟开关的 ac 与 ax 接通、B 模拟开关的 bc 与 bx 接通,集成运放 A_2 构成了加法器(见图 4(a)),用来完成阶梯波前 8 个阶梯的合成(见图 1),此时集成运放 A_2 的输出电压 $U_{o2} = U_{R2} + U_{o1}$;当 4029 的输出端 $Q_4 = "1"$ 时,4053 中 A 模拟开关的 ac 与 ay 接通、B 模拟开关的 bc 与 by 接通,集成运放 A_2 构成了减法器(见图 4(b)),用来完成阶梯波后 8 个阶梯的合成(见图 1),此时集成运放 A_2 的输出电压 $U_{o2} = U_{R2} - U_{o1}$ 。参考电压 U_{R2} 为直流电压,决定着基准正弦波电压的相对零电位。上述过程周而复始,在集成运放 A_2 的输出端就合成了具有正弦特征的阶梯波电压 U_{o2} ,再经滤波电路滤波就可以得到基准正弦波信号。此外集成运放 A_1 的输出电压 $U_m = U_{R1} - U_i$ (见图 3),由此可知通过改变 U_i 的大小可以控制 U_m 的大小,即基准正弦波电压的幅值连续可调;同时由 $U_m = U_{R1} - U_i$ 的关系还可以得出(在 U_{R1} 不变的条件下) $U_i \uparrow \rightarrow U_m \downarrow$ 或者 $U_i \downarrow \rightarrow U_m \uparrow$ 的结论,所以当 U_i 为逆变电源输出电压经整流滤波后再经过分压的直流电压时,就可以形成电压负反馈,达到稳定输出电压的目的。

表 1 4029 与 4051 之间的逻辑控制关系

序号	4029 输出端 $Q_4 Q_3 Q_2 Q_1$	4051 控制端 $C B A$	4051 被选通道	被选 电压
1	0 0 0 0	0 0 0	0	地
2	0 0 0 1	0 0 1	1	U_1
3	0 0 1 0	0 1 0	2	U_2
4	0 0 1 1	0 1 1	3	U_3
5	0 1 0 0	1 0 0	4	U_m
6	0 1 0 1	1 0 1	5	U_3
7	0 1 1 0	1 1 0	6	U_2
8	0 1 1 1	1 1 1	7	U_1
9	1 0 0 0	0 0 0	0	地
10	1 0 0 1	0 0 1	1	U_1
11	1 0 1 0	0 1 0	2	U_2
12	1 0 1 1	0 1 1	3	U_3
13	1 1 0 0	1 0 0	4	U_m
14	1 1 0 1	1 0 1	5	U_3
15	1 1 1 0	1 1 0	6	U_2
16	1 1 1 1	1 1 1	7	U_1

3 实验结果

根据上述原理制做的机载逆变电源用基准正弦波发生器,其阶梯波与正弦波输出波形如图 5 所示,经测量,其谐波小于 8%,且能快速跟踪逆变电源输出电压的变化,维持其输出电压基本不变。

本文给出的机载逆变电源用基准正弦波发生器,电路设计新颖,结构简单实用,成本低,可靠性高,实验和现场检测各项指标均达到设计要求。

参考文献:

- [1] 肖 岚. 一种单相和三相基准正弦波发生器[J]. 电力电子技术,1999,33(6):37-38.
- [2] 陈贵灿. CMOS 集成电路设计[M],西安:西安交通大学出版社,2000.
- [3] 杨邦文. 常用 CMOS CC4000 系列集成电路速查手册[M],北京:人民邮电出版社,1997.

(编辑:门向生)

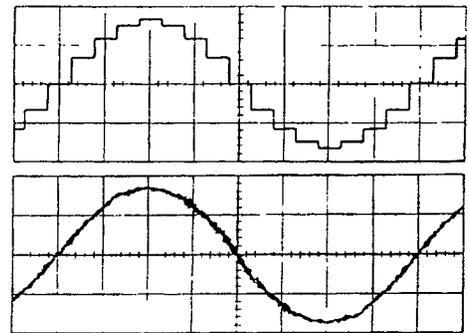


图 5 阶梯波及滤波后的正弦波

A Base Sine Wave Generator in Use for Airborne Inverter Power Supply

ZHANG De - chun, WANG Yi - ming, MEN Xiang - sheng

(The Telecommunication Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710077, China)

Abstract: This paper presents a base wave generator in use for airborne inverter power supply, which generates sine wave by filtering ladder wave. Its simple circuit topology, low harmonics and good performance of tracing the output voltage variation of the inverter power supply make it a good base sine wave generator. The paper analyses its circuit structure and operation principle in detail. The experimental result shows that the generator can trace the variation of the output voltage and generate ideal base sine wave.

Keywords: inverter power supply; ladder wave; sine wave