

文章编号:1005-0523(2013)01-0076-04

地网测量仪用数字变频电源设计

余为清

(华东交通大学载运工具与装备省部共建教育部重点实验室,江西 南昌 330013)

摘要:利用 SPCE061A 单片机的片上资源,根据 SPWM 原理,以高级语言生成波形数据表格,以查表调用的方式提高了变频电源频率合成的速度和精度。电源具有较高的效率,实测表明该电源波形质量好,适合在地网接地电阻测量中应用。

关键词:变频;频率合成;正弦脉宽调制;SPCE061A

中图分类号:TM833

文献标志码:A

地网接地电阻测量中,容易受到 50 Hz 工频及其高次谐波的干扰,流经地网的不平衡电流在运行的地网中产生电磁干扰对接地电阻的测量结果影响很大。加大实验电流可以提高测量系统的信噪比,如配合异与工频的测量方法,可进一步改善测量条件,提高测量精度^[1-2]。异频法通过信号放大、滤波、频谱分析及复阻抗计算等方法可以有效削弱工频的干扰,提高地网接地电阻测量仪的抗干扰性。由于接地电阻测量现场要求设备为便携式,在采用电池供电的情况下,采用 SPWM 正弦脉宽调制技术是保障变频电源具有较高频率精度和效率的有效手段之一^[3]。

1 变频电源的工作原理

作为一种便携式的变频电源,地网测量仪用变频电源的设计要求为:变频范围 30~130 Hz,频率精度 1 Hz,连续输出电流不小于 2 A,失真不大于 3%。尽管可以利用 DDFS(直接频率合成技术)后接线性功率放大的模式获得变频功率信号,不过使用这种方案电能利用率低,发热量大,并不适用于电池供电模式下的最大功率激励^[4-5]。

以 SPWM 波形合成技术,设计地网接地电阻测量仪用变频电源能够提高效率,保障精度,且频率易于控制。该电源原理如图 1 所示,变频电源采用高性能 16 位微控制器 SPCE061A 作为控制单元。SPCE061A 通过软件合成方式,发送 SPWM 数据及控制信号,驱动全桥功率模块,全桥功率模块的功率器件工作在开关模式下,由于采用微控制器技术,在波形合成精度和效率方面都有所提高。SPWM 功率信号经过 LC 低通滤波器后,可以得到频率可控的正弦激励信号^[6-7],作为变频电源的输出。

地网接地电阻测量过程中,可以对变频电源电压的有效值和回路电流信号进行实时采样,依据欧姆定律对接地参数进行测定,因此,小幅度的电压幅度波动对测量结果影响不大。该变频电源着重于对频率的精确控制,键盘与显示单元允许用户对电源参数进行设置和监测。

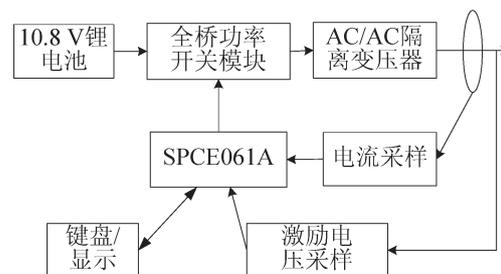


图1 变频电源原理框图
Fig.1 The principle block diagram of variable frequency power supply

收稿日期:2012-12-05

基金项目:国家自然科学基金项目(51175175)

作者简介:余为清(1979—),女,讲师,硕士,研究方向为机电一体化及设备故障诊断。

2 单边SPWM控制原理与波形数据的获取

采样控制理论中有一个重要结论:冲量相等而形状不同的窄脉冲加在具有惯性的环节上时,其效果基本相同。自然采样法是一种基于面积等效理念的能量转换形式,原理简单直观,并具有十分确切的数理依据^[8]。自然采样法是利用基准正弦波与三角载波相比较,由两者的交点决定功率器件开关状态的调制方法。SPWM的调制方式按载波与调制信号的频率成分之间的关系,可以分为:同步调制、异步调制和分段同步调制。按照载波信号和调制信号的极性可分为单极性调制和双极性调制。

单极性调制的波形如图2所示。可以证明,在调频比较高,且调制比 $m \leq 1$ ($m = U_g/U_c$ 为正弦波幅值对三角波幅值之比)的情况下,输出电压的有效值与调制比 m 之间存在着线性关系,输出电压的基波分量^[9]

$$u_o = kmu_i |_{m \leq 1} \tag{1}$$

式中: k 为比例系数,由电路结构决定; u_o 是输出电压; u_i 是输入电压。

采用高的调频比,可以简化滤波电路设计,降低谐波频率的幅度,但过高的调频比将导致开关次数加大,效率下降。实验发现,设定调频比为200(开关器件为MOSFET),能够输出具有较高质量的波形,同时兼顾了效率。

SPWM的数据获取方法较多,为减少微控制器的运行时间,一般采用近似法获得数据^[9]。为了提高正弦波形的精度,利用PC机由Delphi程序生成所需的精确数据。

设定调频比为200,调制比为0.8。利用正弦信号与三角信号,产生 $0 \sim \pi$ 区间的交点数据,为计算方便,设正弦信号幅度为1,周期为2s。为减小合成信号的过零失真,设三角信号初相位 $\pi/2$,由调制比知三角波幅度为1.25,周期为0.01s。

可以得到,半周期正弦信号表达式为

$$y1 = \sin(\pi t + \pi/2) \quad (0 \leq t \leq 1) \tag{2}$$

三角波信号表达式为

$$y2 = \begin{cases} -250t + 1.25n & (n=0, 1, 2, 3 \dots)(0 \leq y2 \leq 1.25) \\ 250t - 1.25n & (n=1, 2, 3 \dots)(0 \leq y2 \leq 1.25) \end{cases} \tag{3}$$

联立式(1)(2)可得到精确的交点数据。通过软件算法逼近可求得相邻交点间的距离,如图3中Z的值,即可得到高低电平依次的时间步长信息,并形成数据表格。

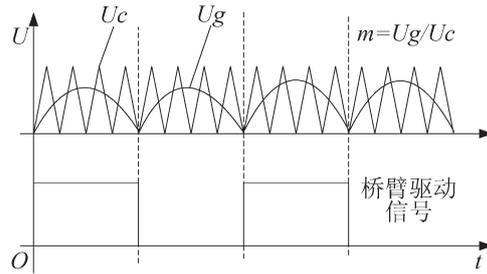


图2 单极性调制原理图
Fig.2 The principle diagram of mono-polarity modulation



图3 SPWM步长数据计算表
Fig.3 SPWM step-length data calculation sheet

将该表格数据进行比例缩放,就可形成一张单周期SPWM波形数据表。将该表格数据存放在SPCE061A的FlashRom中,通过查表方式调用定时程序即可获得SPWM波形输出,这样做可以有效节省SPCE061A的运算时间,提高SPWM输出频率和精度。

对步长信息设计比例系数 k_f 。调节比例系数 k_f ,可以实现SPWM频率的精确调节,对各高电平持续时间的等比例调节,可以对输出电压进行一定范围的调节。

$$f_{out} = k_f f_z \quad (4)$$

式中: f_{out} 为输出频率, f_z 是取决于微控制器及软件结构的频率。

3 软件设计及测试

SPCE061A的软件主要完成查表程序,比例因子 k_f 调节及逆变器极性转换信号的产生工作。流程图如图4所示。

设置SPCE061A的主频为49 MHz,可以提高SPWM的波形频率^[10],实际测试可以输出10~150 Hz以上的正弦信号。测试中该电源在输出2 A电流下,设定45 Hz波形如图5所示(探头进行了1/10衰减),带负载实际输出频率测量值45.05 Hz。

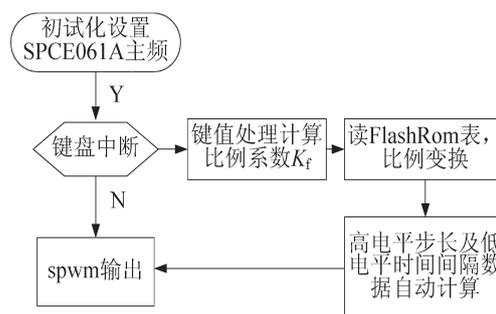
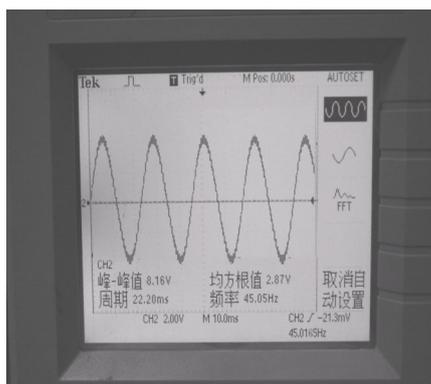


图4 SPWM模块软件流程图
Fig.4 SPWM module software flow pattern



(a) 带负载波形图



(b) 实验环境

图5 变频电源波形测试

Fig.5 Waveform test of variable frequency power supply

测试表明,该电源输出波形质量好。利用中断方式获得键盘信息,可以有效避免查询键盘造成SPWM波形畸变。

4 结束语

利用SPCE061A为测控核心,基于SPWM原理,设计了一种频率精度较高的接地电阻测量仪用变频电源,利用软件模拟自然采样的方法提高了波形的合成质量,通过读取ROM表格方式降低了控制器的运算负担,灵活地实现了便携式测量仪表用变频电源。

参考文献:

- [1] 周霞,郑港,周文俊. 大型地网接地电阻测量用变频电源的研制[J]. 高电压技术,2004,30(6):67-68.
- [2] 李澍森. 异频法测量大型地网接地电阻的研究[J]. 高电压技术,2000,26(3):37-39.
- [3] 倪海东,蒋玉萍. 高频开关电源集成控制器[M]. 北京:机械工业出版社,2005:110-113.
- [4] 戴晓明,李振国. 新型高压开关电源的研制[J]. 原子能科学技术,2004(2):17~20.
- [5] 冷雄春,刘百芬,赵晓霞. 基于SG3525的新型高压开关电源的研制[J]. 华东交通大学学报,2007,24(1):80-81.
- [6] 徐凯,宋平岗. 电流源Z源逆变器的SHE-PWM控制[J]. 华东交通大学学报,2011,28(6):33-35.
- [7] 肖潇,宋平岗,喻冲. NPC型三电平逆变器SVPWM控制研究与仿真[J]. 华东交通大学学报,2011,28(1):68-70.
- [8] 赵青. 一种基于单极性SPWM控制的正弦逆变器的研究[D]. 杭州:浙江大学,2004.
- [9] 陈明星,时斌,陈益果,等. 基于DSP的新型SPWM采样方法[J]. 电气自动化,2011,33(5):45-46.
- [10] 薛钧义,张彦斌,虞鹤松,等. 凌阳十六位单片机原理及应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2003:41-48.

Design of Digital Variable Frequency Power for Grounding Resistance Measurement

Yu Weiqing

(Key Laboratory of Conveyance and Equipment of Ministry of Education, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: Based on the principle of SPWM, this paper discusses how to improve the rate and precision of frequency synthesis of variable-frequency power supply by utilizing resources on the chip of SPCE061A and generating waveform data form with advanced language and in lookup-calling form. The experimental results show that the power has high efficiency with good power waveform, which is suitable for grounding resistance measurement.

Key words: variable frequency; frequency synthesis; SPWM; SPCE061A