

基于 UCC3895 的行波型 超声波电机驱动器设计

宋人权, 王 剑*, 郭吉丰
(浙江大学 电气工程学院, 浙江 杭州 310027)

摘要: 以往的基于非智能芯片的超声波电机驱动器往往存在电路复杂, 调相困难等不足, 因而限制了其使用范围。针对这一问题, 首先简要介绍了行波型超声波电机驱动电路基本原理和性能要求; 在比较以往驱动器优缺点的基础上提出了一种基于 UCC3895 的多功能可调节的行波型超声波电机驱动器, 该驱动器基于 BiCMOS 相移谐振脉宽调制(PWM)控制原理, 具有调频、调压和调相功能, 并可扩展外部控制器; 最后, 给出了实验数据与波形图。实验结果验证了该设计的可行性。

关键词: 超声波电机; 驱动器; UCC3895; BiCMOS 相移; 脉宽调制

中图分类号: TM359.9; TP273

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2012)02-0192-04

Design of traveling wave rotary ultrasonic motor driver based on UCC3895

SONG Ren-quan, WANG Jian, GUO Ji-feng
(College of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: Previous ultrasonic motor driver based on non-intelligent chip is limited by its disadvantage of complex circuit and difficult phase-modulation. Aiming at this problem, the basic principle and characteristics of traveling wave type ultrasonic motor driver was introduced. According to the requirement of ultrasonic motor driven signal, a multi-function adjustable traveling wave type ultrasonic motor driver was designed based on BiCMOS advanced phase shift pulse width modulation(PWM) controller UCC3895. The relevant circuits and experiment waveforms were also provided. Experimental results verify the feasibility of design.

Key words: ultrasonic motor; driver; UCC3895; BiCMOS phase shift; pulse width modulation(PWM)

0 引 言

超声波电机是一种通过压电陶瓷的逆压电效应在定子表面产生高频振动、通过摩擦驱动转子运动的新原理电机。由于其特殊的工作原理, 对电机驱动器的设计提出了较高的要求。

为了使超声波电机驱动器能拥有更小的体积以及更完备的功能, 有许多学者提出了改进方案。最新的方案如使用 DSP 或 ARM 等高工作频率控制芯片实现的电机驱动器, 以及基于 DDS 技术的高精度调速驱

动器等, 但这些设计还是存在各自较大的缺陷, 不能很好地满足超声波电机驱动的要求。

本研究采用 TI 公司的相移谐振 PWM 控制器 UCC3895, 设计拥有多种参数调节的多功能驱动电路, 配合实验室 $\Phi 60$ mm 行波型超声波电机进行实验研究。

1 超声波电机的驱动原理和特点

1.1 超声波电机驱动原理和要求

行波型超声电机通过摩擦驱动转子按某一方向

收稿日期: 2011-08-12

作者简介: 宋人权(1986-), 男, 浙江杭州人, 主要从事电气控制与超声波电机方面的研究。E-mail: 20910041@zju.edu.cn

通信联系人: 王 剑, 男, 博士后。E-mail: usm@zju.edu.cn

运动的。从驱动原理上和压电陶瓷性能可知,驱动行波型超声波电机,必须需要两路有一定相位差的正弦交流电压输入^[1]。其原理框图如图1所示。

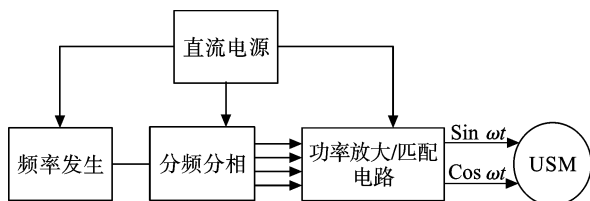


图1 超声波电机驱动器原理图

图1中所示为目前较为成熟的行波型超声波驱动器基本框图。驱动器主要由3部分构成:频率发生器、分频分相电路、功率放大/匹配电路。

图1中:频率发生部分应满足超声波电机的一般驱动频率,即20 kHz~100 kHz附近,实际工作时为了使陶瓷振动达到最大幅值,输出频率应能稳定在定子机械谐振点处,且应设计频率可调以保证不同型号电机的驱动器通用性。

功率放大电路的输出应满足压电陶瓷的正常工作范围,以 $\Phi 60$ mm波电机为例,则输出应能保证在100 V~600 V(峰峰值)。

除频率调节调速外,超声波电机如要实现正反转控制以及精度更高的速度调节,驱动器设计时须能保证输出电压间相位和幅值都可调。

综上所述,行波型超声波电机要正常工作并实现调速,须满足要求:①频率在电机工作范围内稳定可调;②输出电压间相位 $0^\circ\sim 180^\circ$ 可调;③输出电压幅值在100 V~600 V可调(峰峰值)^[2]。

1.2 目前已有的驱动器方案的特点与不足

传统的超声波驱动器中大多使用NE555为频率发生芯片,下联CD40194组成分频移向电路,经过隔离升压后由驱动芯片驱动MOSFET控制功率放大电路的开关,从而产生所需要的电压输出^[3]。

这类驱动器的设计思路简单,但是谐振到输出中间需要经过多个芯片组,导致驱动器电路较为繁杂,且一处芯片故障就会导致整套电路无法正常工作,故障率较高。最重要的是这种设计使得电路只能通过调节555的频率来实现速度调节,极大地限制了电机性能的发挥。

另一种近年来较为常见的方案,以智能控制芯片DSP为频率发生器件,通过内部程序来控制输出频率,整合了频率发生于分频分相两个环节,可以直接产生所需要的多路MOSFET驱动信号^[4],但存在频率分辨率不足的问题。DSP芯片PWM发生频率计算公式为:

$$f = \frac{TCLK}{T1PR+1} = \frac{SYSCLK}{(T1PR+1)N2^p} \quad (1)$$

式中: $TCLK$ —定时器时钟频率, $SYSCLK$ —系统时钟。

当 $TCLK$ 为150 MHz时误差最小,所以取 $N=1$, $P=0$ 。超声波电机的工作频率为50 kHz附近,设 $f=50$ kHz,则:

$$T1PR = \frac{TCLK}{f} - 1 = 2999 \quad (2)$$

从式(2)可以看出, $T1PR$ 最小步进为1,若取 $T1PR=3000$,则:

$$\Delta f = f - f' = 50 \times 10^3 - \frac{150 \times 10^6}{3000+1} \approx 16.7 \text{ Hz}$$

显然,这样的步进频率无法满足调频调速的要求。

近年来,有学者在上述DSP控制基础上,利用CPLD实现DDS技术来弥补超声波电机驱动器频率分辨率不足问题^[5],但是DDS的应用使得驱动器成本极大地升高,步进驱动芯片变得复杂,而且还须应用线性功率放大器,从而体积上也受到限制,不利于驱动器的小型化和产业化。

国外学者最新还提出了基于高功率因数半桥电路和单脉冲驱动电路的行波型电机驱动器^[6-7],但都受限于控制难度较大和电路过于复杂等原因,难以实际应用。

2 基于UCC3895的超声波电机驱动器

2.1 UCC3895特性

UCC3895是美国TI公司生产的相移谐振PWM控制器,它保留了UC3875的所有功能,并且增加了输出死区调节功能和电流内环保护功能,采用了新的制造工艺,降低了功耗,大大提高了电路系统的稳定性^[8]。主要应用管脚及其功能如下。

CT、RT引脚接振荡器定时电容和振荡器定时电阻,形成RC振荡器回路。芯片最高工作频率为1 MHz,其振荡周期可由下式近似得出:

$$t_{osc} = \frac{5R_T C_T}{48} + 120 \text{ (单位:ns)} \quad (3)$$

OUTA、OUTB、OUTC、OUTD为芯片内4个互补MOSFET驱动器的输出端。每个输出端的最大输出电流为100 mA,电压为12 V。可直接用于驱动外部MOSFET。

ADS引脚为自适应延时设置脚,该脚设定最大最小可调输出延时设定的比率。

DELAB、DELCD为各互补输出端之间的延时调整。DELAB可调整输出端A和输出端B之间的死区延时时间,DELCD可调整输出端C和输出端D之间的死区延时时间。延时时间可由下式给出:

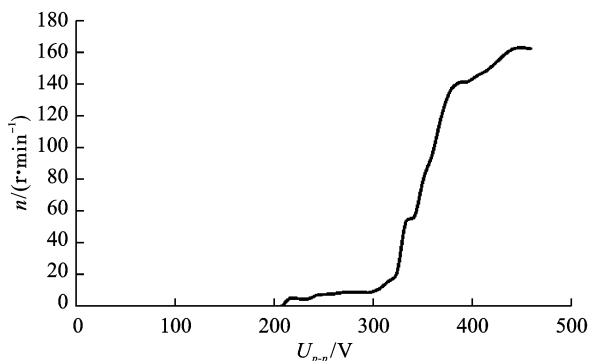


图5 电机速度与输入电压曲线

47.5 kHz 输入频率、450 V 峰-峰值电压输入下速度相位差曲线如图6所示。

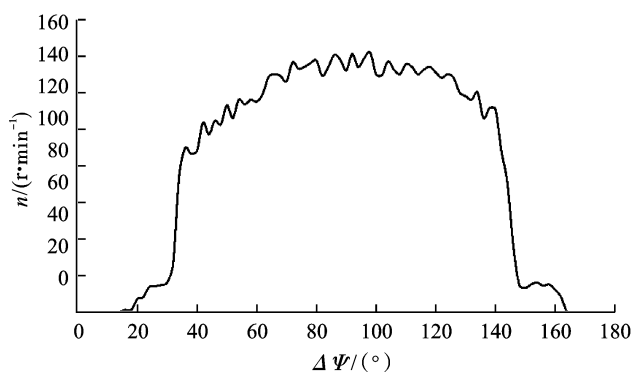


图6 电机速度与输入电压相位曲线

4 结束语

本研究提出了一种基于非智能控制芯片UCC3895的行波型超声波电机驱动器,该驱动器具有调频、调压和调相等功能。实验结果表明,该驱动器调速性能良好,同时体积小和电路简单,具有较强的实用性。

参考文献(References):

- [1] 赵淳生. 超声波电机技术与应用[M]. 北京:科学出版社, 2007.
- [2] BAL G, BEKIROGLU E. A highly effective load adaptive servo drive system for speed control of travelling-wave ultrasonic motor [J]. **IEEE Transactions on Power Electronics**, 2005, 20(5):1143-1149.
- [3] 胡敏强, 金龙. 超声波电机原理与设计[M]. 北京:科学出版社, 2005.
- [4] 潘 鹏, 胡敏强, 徐志科. 基于 DSP 芯片的超声波电机驱动器新进展[C]第十三届中国小电机技术研讨会, 上海: [出版者不详], 2008:272-274.
- [5] 王龙帅, 史敬灼. 一种基于 DDS 的超声波电机驱动[J]. 微电机, 2010, 43(10):1001-6848.
- [6] HSIE Y C, CHANG H L, HONG J Y, et al. Single-stage high power factor half-bridge resonant technique for linear ultrasonic motor driving circuit [J]. **Power Electronics-I-ET**, 2010, 3(3):1755-4535.
- [7] JUANG P A, TSAI C C. Characterization of an asymmetric disk-type ultrasonic motor with single-phase current drive [J]. **IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement**, 2009, 58(9):3122-3129.
- [8] Texas Instruments. BiCMOS Advanced Phase Shift PWM Controller[Z]. Texas Instruments Incorporated, 2009.
- [9] 张文宇, 李弘炬, 王秀玲. 超声波电机推挽式驱动电路研究[J]. 电气传动, 2010, 40(2):72-76.
- [10] 翁志刚, 洪尚任, 林 华, 等. 超声波电机谐振升压式驱动电源的研究与设计[J]. 机械工程师, 2008(12):1002-2333.
- [11] 顾菊平, 王德明, 王桂星. 一种环型行波超声波电机驱动电路的设计[J]. 南通大学学报, 2007, 6(1):1673-2340.

[编辑:李 辉]

(上接第 182 页)

参考文献(References):

- [1] 丁兴号. 基于小波变换的亚像素边缘检测[J]. 仪器仪表学报, 2005, 26(8):801-804.
- [2] 张永宏, 胡德金, 张 凯, 等. 基于灰度矩的 CCD 图像亚像素边缘检测算法研究[J]. 光学技术, 2004, 30(6):693-698.
- [3] 王庆有. CCD 应用技术[M]. 天津:天津大学出版社, 2000:42-63.
- [4] GIANGIACOMO R. Study of water-sugar interactions at increasing by NIR spectroscopy [J]. **Food Chemistry**, 2006, 96(3):371-397.
- [5] CEDRIC D, MICHEL B. Soft-sensor for industrial sugar crystallization; on-line mass of crystals, concentration and purity measurement [J]. **Control Engineering Practice**, 2010, 18(8):839-844.
- [6] 阎树田, 王定祥, 张 娜, 等. 基于 FPGA 的线阵 CCD 高速非接触检测系统的研究[J]. 电子测量技术, 2010, 33(6):95-97.
- [7] 沈 翀. 宽量程液体折射率计的研究[D]. 杭州:浙江大学信息科学与工程学院, 2007:43-45.
- [8] 吕同富, 康兆敏, 方秀男. 数值计算方法[M]. 北京:清华大学出版社, 2008:136-142.
- [9] 李忠彦, 秦贯丰, 莫莉萍. 糖浆浓度激光自动检测过程的数理分析[J]. 华南理工大学学报, 1998, 26(7):116-119.

[编辑:张 翔]