

文章编号: 1000-5013(2009)02-0127-04

振动片式压电电机定子的实验

刘宏伟, 洪尚任, 林星陵, 孙学亮

(华侨大学 机电及自动化学院, 福建 泉州 362021)

摘要: 为了电机结构的紧凑性,考虑无变幅杆定子的设计方案,设计制作不同结构振动片式压电电机,所设计电机的定子由压电换能器和振动片组成. 通过对不同结构形式定子的样机的有、无变幅杆,以及不同倾角振动片电机输出特性的进行对比实验与分析. 结果表明,振动片倾角值存在一个最优的匹配范围,而预压力存在一个最佳值;当电机尺寸较小时,可以省去变幅杆部分,使电机结构更加紧凑;振动片式驻波型压电电机在一定的条件下具有反转效果.

关键词: 超声波电机; 定子; 变幅杆; 振动片

中图分类号: TM 359.906

文献标识码: A

振动片式压电电机定子一般由压电换能器、变幅杆和振动片等部分组成. 其中,压电换能器产生纵向振动并将电能转化为机械能;变幅杆的作用是将机械振幅放大;定子最前端与转子直接接触是振动片,其作用是产生弯曲振动并实现振动合成,使振动片顶端形成椭圆运动轨迹,推动转子运动. 本文为了电机结构的紧凑性,所设计电机的定子由压电换能器和振动片组成,并对不同结构形式定子的样机进行了对比实验与分析.

1 电机样机的设计

1.1 压电换能器

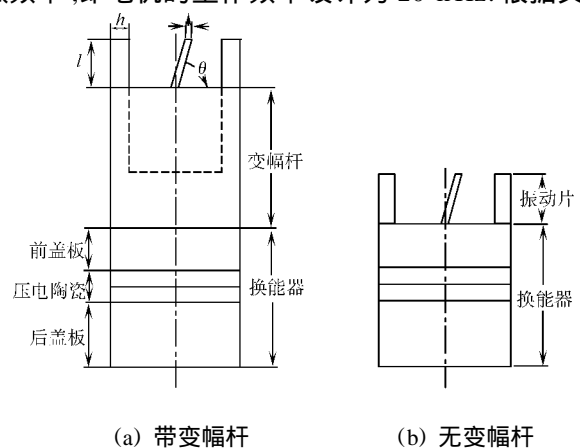
压电换能器采用夹心式复合换能器来实现纵向振动. 这种换能器结构是由压电陶瓷片(堆)和金属前后盖板组合而成,并用螺栓固接预紧. 换能器谐振频率,即电机的工作频率设计为 20 kHz. 根据文[1-2]的结论,换能器总长度设计为 $1/4$ 波长. 如图 1 所示.

已知所选择的压电陶瓷片和前后盖板的材料参数及其内外直径,可确定前后盖板长度尺寸;而对于带变幅杆定子,也同样按 $1/4$ 波长的要求来设计变幅杆长度,使变幅杆的谐振频率与换能器一致.

1.2 振动片

振动片式压电电机是通过换能器的纵振动与振动片弯曲振动的合成,使振动片顶端部形成椭圆运动轨迹. 振动片的可直接加工或单独加工后,固接在转子上^[3],也可在定子上^[2,4]. 本设计采用后一种方案.

振动片采用平行四边形结构,其固有频率根据悬臂梁结构的力学模型独立设计,与换能器的谐振频



(a) 带变幅杆 (b) 无变幅杆

图 1 定子结构

Fig. 1 The structure of stator

收稿日期: 2007-12-21

通信作者: 洪尚任(1944-),男,教授,主要从事机械设计及理论的研究. E-mail: srhong@hqu.edu.cn.

基金项目: 国务院侨办科研基金资助项目(04Q2R10)

率一致. 振动片弯曲振动的一阶固有频率 f_0 与振动片厚度 h 、长度 l 及材料参数间的关系^[2,4-5] 为

$$\frac{h}{l^2} = \frac{4 f_0}{1.875^2} \sqrt{\frac{\rho}{E}},$$

上式中, E 是弹性模量, ρ 是密度, 由此可计算振动片的尺寸.

1.3 电机定子结构

电机定子结构方案分为有变幅杆和无变幅杆两种类型, 其结构方案示意图如图 1 所示. 图 1 中, b 是振动片的宽度, θ 是振动片的倾角. 所制作的有、无变幅杆电机样机及不同厚度压电陶瓷样机定子实物照片, 如图 2 所示.

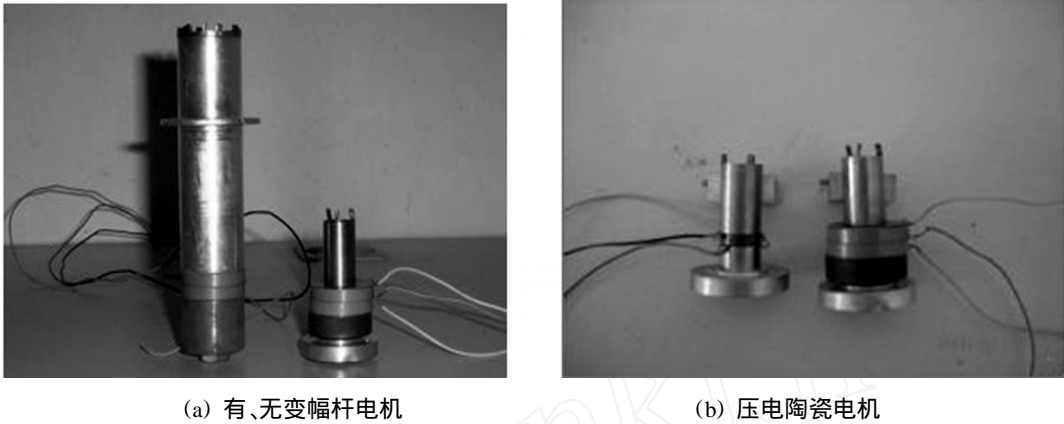


图 2 样机定子实物照片
Fig.2 Photo of prototype os stator

2 实验分析

对所设计制作的 不同结构振动片式驻波型压电电机的样机(设计频率为 20 kHz) 进行实验测试, 就 有、无变幅杆, 不同厚度压电陶瓷, 不同振动片倾角对电机输出性能的影响进行了对比分析.

2.1 激励频率

当振动系统共振时, 振幅最大, 使电机的转速达到最大. 通过实验来测试频率(f) - 转速(v) 特性, 可以获得该系统输出转速随实际驱动频率的变化趋势, 以及确定电机的谐振频率. 在工作电压为 250 V 条件下, 对压电陶瓷厚度为 10 mm 的有、无变幅杆两种定子结构的样机进行了对比实验. 实验采用 DM 6236P 型激光非接触/ 接触转速表测试转速, 采用 TDS 1012 型数字示波器测量驱动信号频率和电压, 结果如图 3 所示.

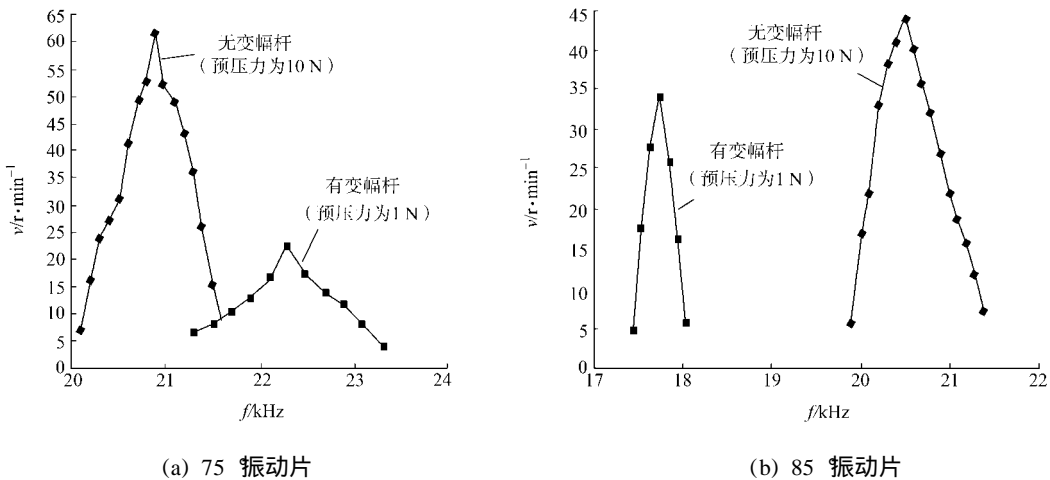


图 3 样机的频率与转速的关系

Fig.3 The relationship between the frequency and rotation speed of the prototype

从图 3 可知,无变幅杆样机的运行效果较好,预压力的增大,有助于提高电机的输出力矩.同时,频率的变化对转速影响很大,利用频率调节转速的可调范围较小,约为 1 kHz 左右.如果驱动对象要求稳定转速的输出,则系统必须设计频率跟踪系统.

2.2 驱动电压

在样机的实际谐振频率和在一定预压力的情况下,分别对 3 套不同结构及振动片不同倾角样机进行实验测试,其输出转速与驱动电压(U)之间的关系曲线,如图 4 所示.

由图 4 可知,电机的输出转速随驱动电压变化趋势呈现近似线性关系.这说明在一定范围内,通过调节驱动电压可近似线性控制电机的输出转速.

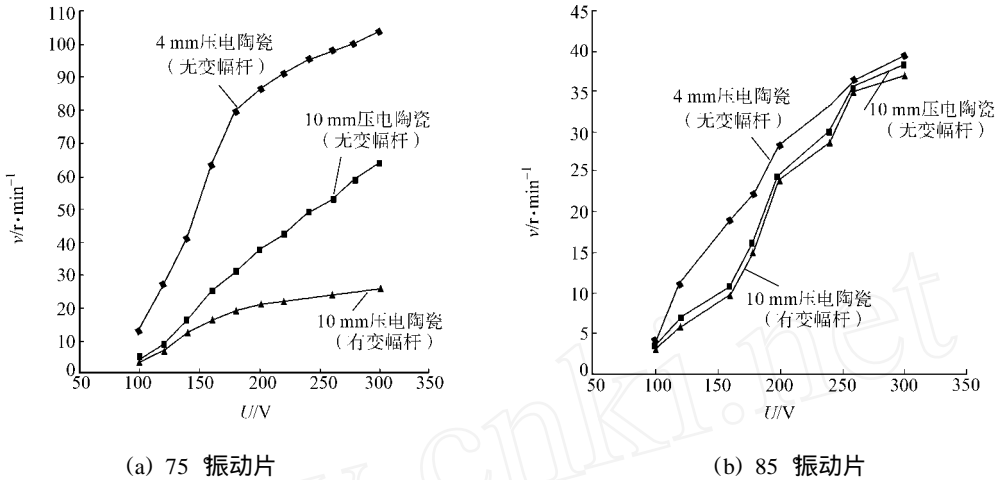


图 4 样机的输出转速与驱动电压的关系

Fig. 4 The relationship between the output rotation speed and driving voltage of the prototype

2.3 预压力

在驱动电压为 250 V 及实际谐振频率下,分别测试了 3 套样机输出转速随预压力(F)的变化规律,结果如图 5 所示.

由图 5 可知,电机转速随着预压力的增大而上升,但当预压力大于一定值时,电机转速随着预压力的增大而下降;预压力对超声波电机的输出特性有较大的影响,每一种压电电机的最高输出转速对应不同的预压力最佳值.

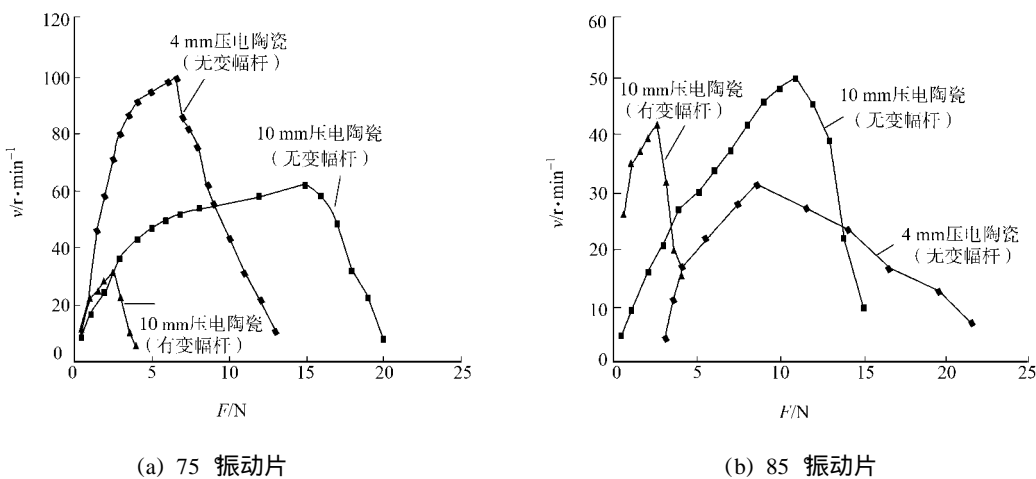


图 5 样机的输出转速与预压力的关系

Fig. 5 The relationship between the output rotation speed and prepressure of the prototype

2.4 电机的反转特性

一般认为,振动片式超声波电机只能单向驱动,转子不可以反转.样机在反转时的激励频率和反转速度(v_r)的关系,如图 6 所示.

从图 6 的实验结果可以发现,该类型电机在一定条件下能够实现转子反转效果.这说明该类型电机

只能单向驱动结论并不准确,但总体上反转效果不如正转效果好。

3 结束语

对不同倾角振动片、有无变幅杆、压电陶瓷不同厚度等不同结构与尺寸样机的输出特性进行了对比实验与分析,得出振动片式压电电机的一些基本特性和相关的结论。这对同类电机的深入研究与优化设计有实际参考价值的结论。在实验中还发现,该类驻波电机在一定条件下能够实现转子的反转效果,表明该类型电机只能单向驱动结论并不准确,而至于影响正反转各因素之间的内在联系,有待于进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 林书玉. 超声换能器的原理及设计[M]. 北京:科学出版社,2004:91-100.
- [2] 孙学亮. 振动片式超声波电机的设计制作及实验研究[D]. 泉州:华侨大学,2006.
- [3] UCHIKI T, NAKAZAWA T, NAKAMURA K, et al. Ultrasonic motor utilizing elastic fin rotor[J]. Proc of IEEE Ultra Sonic Symposium, 1991:929-932.
- [4] 杨建红, 洪尚任, 陈建毅. 多振动片式驻波型超声波电动机及其实验研究[J]. 微特电机, 2004, 32(1): 15-17.
- [5] 見城尚志, 指田年生. 超音波 モーター入門[M]. 東京:日本総合電子出版社, 1991.

The Experimental Analysis about the Stator of Vibrating Reeds Piezoelectric Motor

LIU Hong-wei, HONG Shang-ren,
LIN Xin-lin, SUN Xue-liang

(College of Mechanical Engineering and Automation, Huaqiao University, Quanzhou 362021, China)

Abstract: For the compactness of the ultrasonic motor, considering the designing scheme of stator without horn, the vibrating reeds piezoelectric motor with different configurations is designed, the stator of which is composed with piezoelectric transducer and vibrating reeds. A comparison and analysis of the experiments for the motor's output characteristics is given, when the stators with and without the horns as well as the stators with vibrating reeds using different oblique angles are used. The results have indicated that there is an optimal range for the values of the oblique angles of vibrating reeds and an optimal value for the pre-pressure, that the horn can be neglected when the size of the motor is not big for the sake of the compactness of the motor, and that the standing wave piezoelectric motor can make the rotor rotates reversely in a certain condition.

Keywords: ultrasonic motor; stator; horn; vibrating reed

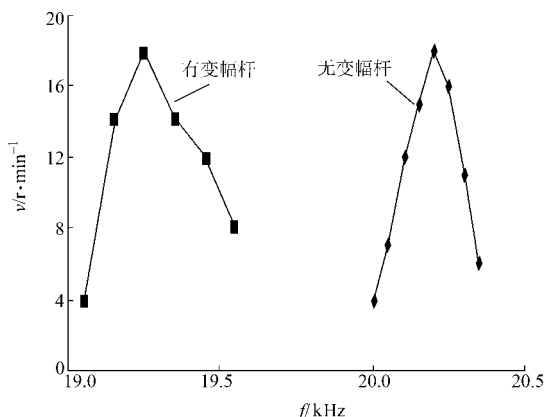


图6 反转时的激励频率和反转速度的关系

Fig. 6 The relationship between the frequency and reverse speed during reverse rotation

(责任编辑: 陈志贤 英文审校: 郑亚青)