光学 精密工程
OPTICS AND PRECISION ENGINEERING
核心期刊
主管：中国科学院
主办：中国科学院长春光学精密机械与物理研究所
中国仪器仪表学会
主编：曹健林

光学精密工程 2012, 20(5) 996-1001 ISSN: 1004-924X CN: 22-1198/TH

微纳技术与精密机械

压电驱动器记忆特性迟滞非线性建模

张桂林, 张承进, 赵学良

山东大学 控制科学与工程学院,山东 济南 250061

摘要： 考虑压电驱动器固有的迟滞特性对驱动器定位精度的影响,提出了一种精确描述压电驱动器迟滞非线性特性的建模方法。根据迟滞曲线的运动规律,并且考虑迟滞曲线的记忆更新特性,新的迟滞数学模型修正了单纯采用抛物线拟合时的建模误差。为了验证模型的有效性,以PST150/7/40VS12型压电陶瓷驱动器为例进行了试验研究。研究显示,采用抛物线迟滞模型对一阶反转输入信号进行预测时,最大误差为0.141 3 μm ,均方误差为0.060 4 μm ,对复杂信号模型预测的最大误差为1.396 0 μm ,均方误差为0.856 6 μm;采用修正后的模型对文中复杂信号建模时,最大误差为0.237 0 μm ,均方误差为0.09 μm。实验结果表明,修正后的模型不仅能够满足迟滞曲线的运动规律,还能够满足迟滞非线性的记忆更新特性,可以比较精确地描述复杂输入信号下的迟滞非线性特性。

关键词： 压电驱动器 迟滞非线性 建模 非局部记忆

Modeling of nonlocal memory hysteresis in piezoelectric actuators

ZHANG Gui-lin, ZHANG Cheng-jin, ZHAO Xue-liang

School of Control Science and Engineering, Shandong University, Jinan 250061, China

Abstract: As piezoelectric actuators have poor position accuracy caused by their inherent hysteresis nonlinearities, this paper proposed a new modeling method to precisely describe their hysteresis phenomena. Based on the motion rules of hysteresis curves and the nonlocal memory property of the hysteresis nonlinearity, proposed model modified the modeling errors fitted by parabolic model. To verify the feasibility of the model, an experiment was performed by the PST150/7/40VS12 piezoelectric actuator. Experimental results indicate that for the first order reversal signal, the maximum error is 0.141 3 μm and the mean-squared error (MSE) is 0.060 4 μm by using the parabolic model. However, for a more complex signal, those of the parabolic model are 1.396 0 μm and 0.856 6 μm, respectively. When using the amended model to predict the actuator response under the above-mentioned complex signal, the maximum prediction error and the mean-squared error are 0.237 0 μm and 0.09 μm, respectively. These data demonstrate that the proposed model not only provides a minor-loop identical property, but also offers the nonlocal property and it can precisely predict the hysteresis path for assigned complex input profiles.

Keywords: piezoelectric actuator hysteresis nonlinearity modeling nonlocal memory

收稿日期 2011-12-16 修回日期 2012-02-23 网络版发布日期 2012-05-10

基金项目:

国家自然科学基金资助项目(No. 61174044);山东省自然科学基金资助项目(No. ZR2010FM016)

通讯作者: 张承进

作者简介: 张桂林 (1983-),男,山东潍坊人,博士研究生,2006年于山东大学获得学士学位,主要从事迟滞非线性系统的建模与控制方面的研究。E-mail: zhanggue ilin0531@163.com
作者Email: cjzhang@sdu.edu.cn

参考文献：

[1] DEVASIA S, ELEFTHERIOU E, MOHEIMANI S O R. A survey of control Issues in nanopositioning [J]. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 2007, 15(5): 802-823. [2] MOHEIMANI S O R. Accurate and fast nanopositioning with piezoelectric tube scanners: Emerging trends and future challenges [J]. *Review of Scientific Instruments*, 2008, 79(5):1-11. [3] 李黎,刘向东,侯朝桢,等. 混合Preisach 迟滞模型及其性质研究 [J].光学 精密工程, 2008,16(2): 279-284. LI L, LIU X D, HOU CH ZH, *et al.*. Mixed preisach hysteresis model and its properties [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2008, 16(2): 279-284. (in Chinese) [4] GE P, JOUANEH M. Generalized preisach model for hysteresis nonlinearity of piezoceramic actuators [J]. *Precision Engineering*, 1997, 20(2): 99-111. [5] 张栋,张承进,魏强. 压电微动工作台的动态迟滞模型 [J].光学 精密工程,2009,17(3):549-556. ZHANG D, ZHANG CH J, WEI Q. Dynamic hysteresis model of piezopositioning stage[J]. *Opt. Precision Eng.*, 2009, 17(3):549-556. (in Chinese) [6] BASHASH S, JALILII N. Robust multiple frequency trajectory tracking control of piezoelectrically driven micro/nanopositioning systems[J]. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 2007, 15(5): 867-878. [7] SONG D, LI C.J. Modeling of piezoactuator's nonlinear and frequency dependent dynamics[J]. *Mechatronics*,1999, 9:391-410. [8] 王代华,朱炜. WTYD型压电陶瓷微位移器的迟滞特性建模与实验验证 [J]. 光学 精密工程,2010, 18(1):205-211 WANG D H, ZHU W. Hysteretic modeling and experimental verification for WTYD type piezoceramic micro-actuators [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2010, 17(3):211-217 .(in Chinese) [9] 魏强,张玉林. 压电陶瓷微位移工作台的建模方法 [J]. 光学 精密工程,2007, 15(10):1596-1601 WEI Q, ZHANG Y L. Modeling method of micro-displacement stage driven by piezoelectric ceramic [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2007, 15(10):1596-1601. (in Chinese) [10] TZEN J J, JENG S L, CHIENG W H. Modeling of piezoelectric actuator for compensation and controller design[J]. *Precision Engineering*, 2003, 27(1):70-86. [11] SUN L N, RU C H, RONG W B, et al. Tracking control of piezoelectric actuator based on a new mathematical model [J]. *Journal of Micromechanics and Microengineering*, 2004,14(1):1439-1444.

本刊中的类似文章

1. 陈洪达 陈永和 史婷婷 郑庚 刘晓华.空间相机调焦机构误差分析[J]. 光学精密工程, 2013,21(5): 1349-1356
2. 陈远晟 裘进浩 季宏丽 Ronan Le Breton.基于双曲函数的Preisach类迟滞非线性建模与逆控制[J]. 光学精密工程, 2013,21(5): 1205-1212
3. 吴巍.基于波动低压输入的独立光伏逆变器的设计[J]. 光学精密工程, 2013,21(4): 963-971
4. 王耿 官春林 张小军 周虹 饶长辉.应变式微型精密压电驱动器的一体化设计及其PID控制[J]. 光学精密工程, 2013,21(3): 709-716
5. 黑沫 鲁亚飞 范大鹏 张智永 夏年中.基于动力学模型的快速反射镜设计[J]. 光学精密工程, 2013,21(1): 53-61
6. 温建明 马继杰 曾平 张忠华 阚君武 程光明.压电旋转驱动器制作及性能测试[J]. 光学精密工程, 2013,21(1): 131-136
7. 赖志林, 刘向东, 耿洁.压电陶瓷执行器的类Hammerstein模型及其参数辨识[J]. 光学精密工程, 2012,20(9): 2087-2094
8. 魏强, 张承进, 张栋, 王春玲.压电陶瓷驱动器的滑模神经网络控制[J]. 光学精密工程, 2012,20(5): 1055-1063
9. 李晓莹, 李慧敏, 常洪龙, 何洋, 焦文龙.微机电系统光学组件的系统级建模[J]. 光学精密工程, 2012,20(5): 1069-1075
10. 王丽荣, 王建蕾.基于主成分分析的唇部轮廓建模[J]. 光学精密工程, 2012,20(12): 2768-2772
11. 王洪成, 侯丽雅, 章维一.驱动电压波形修圆对微流体脉冲惯性力和驱动效果的影响[J]. 光学精密工程, 2012,20(10): 2251-2259
12. 贺学锋 杜志刚 赵兴强 温志渝 引显方.悬臂梁式压电振动能采集器的建模及实验验证[J]. 光学精密工程, 2011,19(8): 0-0
13. 贺学锋, 杜志刚, 赵兴强, 温志渝, 印显方.悬臂梁式压电振动能采集器的建模及实验验证[J]. 光学精密工程, 2011,19(8): 1771-1778
14. 赖志林, 刘向东, 耿洁, 李黎.压电陶瓷执行器迟滞的滑模逆补偿控制[J]. 光学精密工程, 2011,19(6): 1281-1290
15. 苏成志, 王恩国, 郝江涛, 曹国华, 徐洪吉.平面几何测量中的图像畸变校正[J]. 光学精密工程, 2011,19(1): 161-167