

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2016.08.017

舰船倾斜摇摆试验台的设计与试验*

吕明珠¹, 刘世勋²

(1. 辽宁装备制造职业技术学院 自控学院, 辽宁 沈阳 110161; 2. 中认(沈阳)北方实验室有限公司, 辽宁 沈阳 110164)

摘要:针对实验室环境下船用电气设备的可靠性测试问题,提出了一种新型倾斜摇摆试验台的设计方案。通过试验台的结构设计实现了横摇、纵摇两个水平轴向上的运动,利用了步进电机作为驱动装置实现倾斜和摇摆动作,采用了PLC和变频器对倾斜的角度和速度进行控制,安装了传感器对工作台的实际位姿情况进行检测,设计了触摸屏和继电器并行操控方式,形成了一套完整的闭环控制系统,与传统的液压倾斜摇摆试验台相比具有控制精度高、机体重量轻、制造成本低等优点。典型测试试验结果表明,试验台能够满足中国船级社电气电子产品型式认可试验指南GD01-2006的要求,能实时监测和修改各项参数,具有报警功能,工作安全可靠,测试准确有效,具有较强的实际应用价值。

关键词:倾斜摇摆;试验台;步进电机;闭环控制;设计

中图分类号:TH39;TP23

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2016)08-1003-04

Design of tilting and swaying test bench

LV Ming-zhu¹, LIU Shi-xun²

(1. Department of Automatic Control, Liaoning Equipment Manufacturing Professional Technology Institute, Shenyang 110161, China; 2. CQC(ShenYang) North Laboratory, Shenyang 110164, China)

Abstract: Aiming at the test of reliability for shipboard electric appliances in the laboratory environment, a new mechanism of tilting and swaying was proposed. The structure of the test bench was designed to realize the horizontal and vertical movement of the two horizontal axes, a stepping motor was used as the driver, PLC and inverter were set up to control angle and speed of the test bench, two sensors were installed to detect the real pose situation, which can form a closed loop control system with the use of the touch screen and the relays. This device has the advantages of high precision, light weight and low manufacturing cost compared with the traditional tilting and swaying test bench. The typical test results indicate that the bench can satisfy the requirements of the GD01-2006, which is called Chinese Guidelines for Type Approval Test of Electric and Electronic Products. The test results also show that the bench can monitor and modify the parameters in real time, it can work safely and reliably, it also can test accurately and effectively due to the alarm function. The test bench has strong practical application value.

Key words: tilting and swaying; test bench; stepping motor; closed loop control; design

0 引言

倾斜和摇摆环境是舰船在航行时遭遇的基本环境,是所有船用设备在其寿命期内必须满足的基本适应能力^[1]。根据船用设备标准(中国船级社电气电子

产品型式认可试验指南GD01-2006),舰船上的设备在功能特性设计、结构强度设计和可靠性、维修性设计等方面要充分考虑对这类环境的适应性,并要对其进行倾斜和摇摆试验^[2]。

倾斜与摇摆试验台是一种涉及机械、电气、控制等

收稿日期:2016-02-29

基金项目:辽宁省高校应用型课题专项资金资助项目(2015YYJ4)

作者简介:吕明珠(1980-),女,辽宁沈阳人,研究生,讲师,主要从事电气工程和自动控制领域的教学和研究。E-mail:lvmzh1980@163.com

多学科融合的高精度测试设备^[3],目前国内生产的倾斜摇摆测试台多数采用液压系统设计^[4-5],虽可以模拟多方向的倾斜和摇摆环境^[6],但一则其结构复杂、机体庞大、维护不便、成本价格高,二则其液压缸的运行速度只能通过液压阀大致调定,难以保证速度控制的精度。

本研究设计一种新型倾斜与摇摆试验台,除了可以模拟基本的舰船工作环境以外,其突出优点是采用闭环控制系统对倾斜和摇摆的角度和速度进行动态精确检测,实时获取平台的位姿信息,便于作出相应调整。此外,通过采用电动驱动装置以大大缩小机体体积和重量。

1 结构设计

该试验设备用来验证船用电气设备在倾斜和摇摆影响下能否正常工作,结构设计能够实现横摇、纵摇两个水平轴向的运动,最大运动幅度达 40°。以全金属底座外加调心滚子轴承对工作台进行固定支撑,载重量可达 300 kg,工作台的倾斜与摇摆动作由步进电机驱动,角度和速度的控制由 PLC 和变频器实现。该结构与传统的液压倾斜摇摆试验台相比,具有控制精度高、自身重量轻、设计成本低等优点。

试验台机械结构图如图 1 所示,为该试验设备的机械部分。

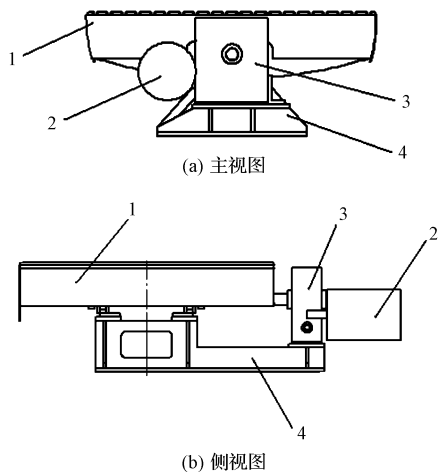


图 1 试验台机械结构图

1—工作面;2—步进电机;3—减速器;4—底座

其中,工作台结构由底座和设置在底座顶部的工作台面组成,步进电机的输出轴与调心滚子轴承的内圈固连,调心滚子轴承的外圈与工作台面的底部固连;步进电机是整个机械结构的核心部件,驱动工作台面实现前后、左右方向倾斜和摇摆运动。步进电机的性能直接影响系统的工作能力,因此,在选择时要予以慎重考虑。工作台面和步进电机之间设有减速器,这样不仅可以提高输出扭矩,减低负载惯量,还可以增加反

向自锁功能,以保证工作台面具有可靠的横向倾斜位置。

为保证工作台的角度、摇摆准确,该设备采用 RL28R 角位移传感器进行角度测量,它能把工作台的角度信号传递到传感器轴上,通过改变线圈中的感应电压而输出与旋转角度成比例的电压信号^[7]。角位移传感器可通过 RS232 数据线与 PLC 通讯,PLC 接收当前角度信号,以便进一步控制工作台倾斜的角度及时间或对步进电机发出反向旋转的指令。系统的电气控制由 PLC 来完成,由触摸屏显示操作指令的控制,为保证系统安全性,并行采用硬件开关。因此,步进电机、传感器、PLC 组成了一个闭环控制系统,以达到较高的控制精度,电气控制关系图如图 2 所示。

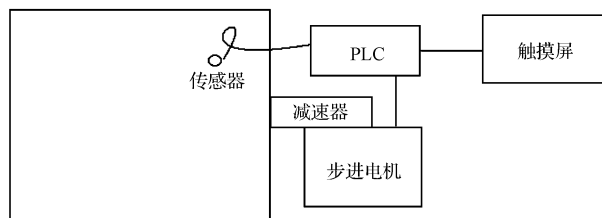


图 2 电气控制关系图

2 控制系统设计

2.1 控制系统的硬件设计

倾斜摇摆试验台的控制系统硬件构成如图 3 所示。

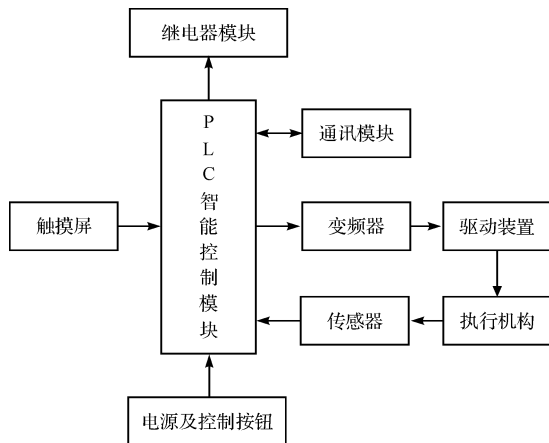


图 3 控制系统硬件组成示意图

该系统主要以西门子 PLC 智能控制器为主体,兼有信号检测模块、继电器控制模块、液晶触摸屏模块、变频器模块、参数设计模块、通讯模块以及相关控制电路组成。该控制系统主要用于控制倾斜摇摆试验台的位置校正、倾斜角度、摇摆速度、摇动次数及运行时间等,并能够进行实时监控。主体控制模块选用 S7-200PLC,根据 I/O 点数的需要,选用的 CPU 型号为

226型,有24点输入,16点输出。此外,这款PLC内部具有强大的功能指令及良好的扩展性^[8,9],既可以实现数字量输入,也可以实现模拟量输入;信号检测模块采用两个角位移传感器将工作台面所处的位置信息反馈给PLC,使控制过程更为精准,角度误差可以控制在 0.2° 以内;继电器控制模块由1台接触器、4台继电器及1台断路器组成,其中接触器用来控制步进电机的启停,继电器、断路器用于实现相关电路保护和控制;液晶触摸屏模块采用昆仑通态7寸TPC7062KS型显示器;变频器模块选用台达VFD系列变频器用于控制步进电机的转速和转向;参数设定模块可以通过按键在“自动/手动”之间切换,在“正转/反转”中选择转动方向,在“运行方式”中设置相应运行参数。

2.2 控制系统的软件设计

控制系统的软件部分由主程序及用于控制转向、转速、次数、时间的子程序组成。控制程序采用STEP7-MicroWIN梯形图语言进行编写,该语言具有简单直观、上手容易、便于修改、兼容性好的特点^[10]。通过采用该控制软件不仅可以设定工作台运行时的各个参数,如转动角度、运行速度、摆动次数、持续时间,也可以通过可视化界面实时监控试验台的运行状态,使试验任务能够准确、稳定、有效、安全地进行。

控制系统软件主程序流程图如图4所示。

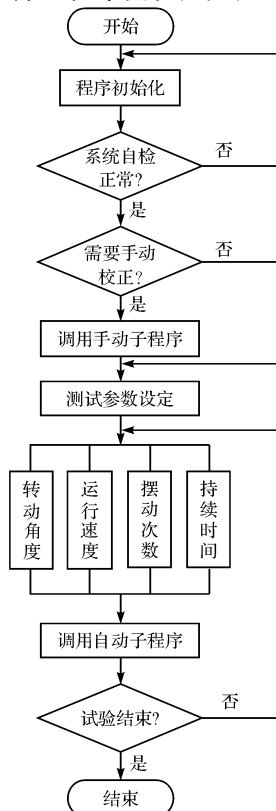


图4 控制系统主程序流程图

3 典型测试试验

3.1 测试数据设置

船用投光灯是一种常见的船用灯具,也是船用电气设备中最具代表性的一种,主要用于船舶甲板照明^[11]。船用投光灯在倾斜摇摆试验台上所设置的测试数据如表1所示。

表1 船用投光灯倾斜摇摆测试数据

倾斜方向/ $(^\circ)$		摆动周期/s	持续时间/min
前后	左右		
22.5°	22.5°	10	15

根据中国船级社电气电子产品型式认可试验指南GD01-2006的要求,在试验期间,受试设备在额定工作电压和频率下工作,前后左右4个方向上进行倾斜测试,并设置一定的摆动周期和持续时间^[12]。试验过程中投光灯应能正常工作且无异常和受损现象。

测试结果表明,该试验台工作可靠、测试准确。

3.2 测试实施过程

(1)连接。本研究将被测投光灯装卡在工作台上,确认固定好后合上主电源开关。投光灯测试安装图如图5所示。

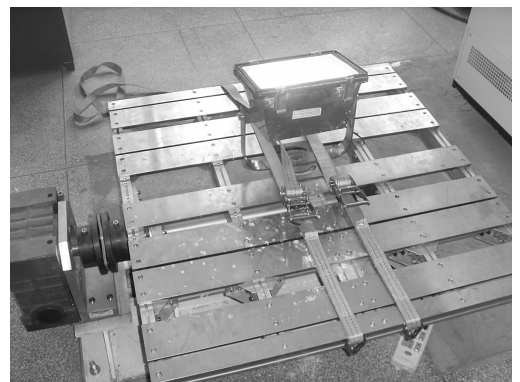


图5 投光灯测试安装图

(2)开启与关闭。控制柜上有3个按钮,绿色按钮为启动,红色按钮为停止,另一为急停开关,触摸屏上亦有3个模拟开关,分别为开启、停止和复位,上述两种软、硬开启方式为并行结构,都可实现启动和停止功能,区别在于硬件开关上有急停,而触摸屏软件开关上是复位,开启复位键,系统重新校准台面位置,恢复初始状态。

(3)设定。控制柜触摸屏上设定倾斜摇摆角度和运行时间,由于标准要求 22.5° 且测试时间固定,设定后除非特殊要求,不再进行重新设置。触摸屏控制界面如图6所示。



图 6 触摸屏控制界面

(4) 试验完成。试验运行过程中,控制柜侧面有 3 个指示灯,当绿灯开启表示试验运行,红灯开启表示停止,试验达到总运行时间后,摆台停止运动。

(5) 故障报警。当在试验过程中出现过限位、过载等故障时,蜂鸣器振动并自动断电。

4 结束语

本研究设计了一种新型倾斜摇摆试验台,用来测试船用电气设备在风、浪等基本环境下的工作情况及相互影响,并以船用投光灯作为测试对象,在前后、左右倾斜角度为 22.5° ,摆动周期为 10 s,持续时间为 15 min 的条件下,验证了该试验台工作的可靠性和准确性。

本研究详细阐述了试验台的机械结构设计和控制系统设计,强调了本试验台与传统的国产液压试验台相比的优越性,包括以下 3 个方面:

(1) 采用步进电机作为驱动装置,可编程控制器(PLC)作为控制装置,并采用并行结构的触摸屏和控制开关组分别作为软、硬开启方式,结构简单,便于维护;

(2) 根据船用设备标准(中国船级社电气电子产品型式认可试验指南 GD01-2006),倾斜角度为 $(22.5 \pm 1)^\circ$,不确定度为 0.2° ;摆动周期为 (10 ± 0.5) s,不确

定度为 0.1 s,控制精度高;

(3) 体积小,重量轻,制造成本低。结合典型测试结果表明,该试验台具有重要的推广和应用价值。

参考文献(References):

- [1] 张建中,姚忠福,孔德文,等. 倾斜与摇摆试验台设计[J]. 起重运输机械,2013(4):115-116.
- [2] GD 01-2006, 船级社电气电子产品型式认可试验指南[S]. 北京:人民交通出版社,2006.
- [3] 李学忠,黄守训,林其生,等. 船用摇摆试验台建模和控制系统设计[J]. 电气传动,2006,36(11):11-15.
- [4] 权钰云. 一种多功能液压试验台的设计[J]. 液压气动与密封,2015,35(1):40-42.
- [5] 王令军. 液压摇摆台控制系统研究[M]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学机电工程学院,2008.
- [6] 温琦,陈志,王志,等. 舰船摇摆环境飞机牵引车牵引特性仿真分析[J]. 哈尔滨工程大学学报,2011,32(8):1052-1057.
- [7] 马青. 电感式角位移传感器的研制与结构分析[M]. 南京:东南大学电子科学与工程学院,2004.
- [8] 曾喜娟,庄其仁,吴志华. 基于 S7-200 PLC 的 PID 参数自整定方法[J]. 组合机床与自动化加工技术,2010(1):47-49.
- [9] 姜鑫. 基于 S7-200PLC 全自动搅拌和面机的设计与控制[J]. 包装与食品机械,2015,33(4):48-49.
- [10] 夏兆旺,张帆,魏守贝,等. 船舶辅机隔振实验平台开发[J]. 实验技术与管理,2015,32(11):91-93.
- [11] 杜睿,傅晓红. LED 船用照明灯具[J]. 电气时代,2015(9):51-54.
- [12] 李大屹. 船舶行业标准《船用灯具类型、参数和主要尺寸》修订情况介绍[J]. 船舶标准化与质量,2005(1):81-84.

[编辑:张豪]

本文引用格式:

吕明珠,刘世勋. 舰船倾斜摇摆试验台的设计与试验[J]. 机电工程,2016,33(8):1003-1006.

LV Ming-zhu, LIU Shi-xun. Design of tilting and swaying test bench[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2016,33(8):1003-1006.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>