

DOI: 10.3969/j.issn.1001-4551.2013.06.016

基于分布式总线的 船舶非接触数字式艉轴转速测量装置

范则阳

(中国舰船研究设计中心, 湖北 武汉 430064)

摘要: 为了解决船舶电动转速表体积大、可靠性较差、振动和空气噪声大,以及全数字电路式艉轴转速测量仪信号长距离传输中容易受到干扰,无法软件补偿显示终端个体误差等问题,将光电传感技术、分布式总线技术、单片机控制技术、数码显示技术应用到船舶艉轴转速测量装置设计开发中。开展了设计要求分析,建立了船舶艉轴转速测量信号采集、传输、显示之间的关系,提出了采用光电测量的方式,利用单片机对信号进行了处理,采用了通过RS485总线传输、分布式显示的测量方法;该装置在各型船舶上进行了大量的系泊和航行试验,并对使用效果进行了评价。研究表明,该数字式艉轴转速测量装置具有体积小、实时性好、可靠性高、抗干扰能力强、无振动和空气噪声、扩展性能好等优点,已成功应用于各型船舶,并取得了较好的效果。

关键词: 船舶; 艉轴; 转速测量; 分布式总线

中图分类号: U661.33; TH86; TH39; TM932 文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2013)06-0707-04

Non-contact digital ship stern shaft rotational speed measurement device based on distributed bus

FAN Ze-yang

(China Ship Development and Design Center, Wuhan 430064, China)

Abstract: In order to solve the problems that the ship electric tachometer has large volume, poor reliability, vibration and air noise and the digital circuit type stern shaft rotational speed measuring instrument signal long distance transmission are vulnerable to interference, not individual error software compensation display terminal, the photoelectric sensing technology, distributed bus technology, microcomputer control technology, digital display technology were applied to the design and development of device for measuring ship stern shaft speed. After the analysis of the design requirements, the relationship was established between the ship stern shaft speed measurement signal acquisition, transmission, display. The photoelectric measuring method, the signals were processed by a single chip, and through the RS485 bus transmission, distributed display was established. A lot of mooring and navigation experiments in various types of ships were done. The use effect was evaluated. The results show that the device has the advantages of small volume, good real-time performance, high reliability, strong anti-interference ability, no vibration and noise, air expansion performance, it has been successfully applied to all types of ships and the better effect is achieved.

Key words: ship; stern shaft ;rotational speed measurement; distributed bus

0 引 言

船舶在航行过程中,指挥操纵人员需要实时了解艉轴转速和转向等船舶航行数据^[1],船舶操纵装置需要将艉轴转速作为船舶自动操纵模式控制信号的反

馈,因此在船舶上有必要配置艉轴转速测量装置^[2]。

船舶艉轴转速测量可通过电动转速表、全数字电路式艉轴转速测量仪来实现。

电动转速表由测速发电机、转速指示表、链轮、链条等部件组成。船舶艉轴通过链轮和链条带动测速

收稿日期: 2013-01-24

作者简介: 范则阳(1978-),男,湖北浠水人,工程师,主要从事船舶电气方面的研究. E-mail: 315064792@qq.com

发电机旋转,由测速发电机发出直流电,驱动转速指示表进行显示。这种电动转速表体积大,并且存在机械转动部件,需要经常维护和保养,可靠性较差^[3]。而且,链轮和链条在转动时,会产生较大的机械振动和空气噪声,影响船舱的工作环境。

全数字电路式艏轴转速测量仪由信号盘、光电转换器、时基器、箱式显示器组成。信号盘安装在船舶艏轴上随艏轴转动,光电转换器与信号盘一起完成转速和转向信号的采集功能,时基器负责提供整个装置的电源并为箱式显示器提供时间基准,箱式显示器安装在指挥、操纵部位,用于显示艏轴转速和转向信息。该转速测量仪采用电缆硬接线方式传输转速脉冲信号和时基信号,在传输过程中压降较大、极易受干扰,引起艏轴转速数据显示跳跃,而且受干扰后,每个显示部分收到的脉冲信号有差别,导致各个转速显示设备显示转速值不一致。此外该转速测量仪电路器件个体差异会造成时延逻辑错误,无法进行软件补偿。

针对这种情况,本研究设计并开发一种基于分布式总线的船舶非接触式数字转速测量装置。

1 装置简介

基于分布式总线的船舶非接触式数字转速测量装置由信号盘、光电转换器、控制箱、箱式显示器组成。

信号盘如图1所示。信号盘安装在船舶艏轴上,随艏轴转动。

光电转换器如图2所示。光电转换器与信号盘一起完成光电编码来采集转速和转向信号。

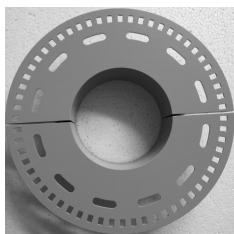


图1 信号盘

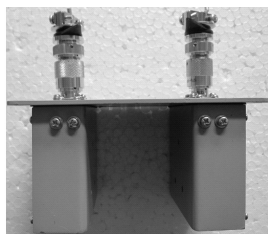


图2 光电转换器

控制箱如图3所示。控制箱负责将光电转换器检测的信号进行处理,并向箱式显示器发送转速和转向采集值。

箱式显示器如图4所示。箱式显示器安装在指挥、

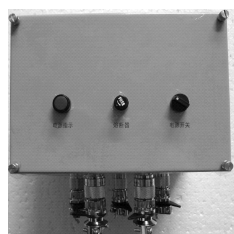


图3 控制箱

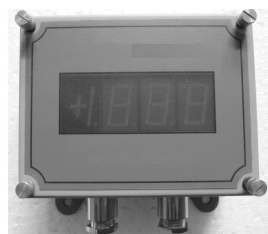


图4 箱式显示器

操纵部位,通过LED数码管显示艏轴转速和转向信息。

2 设计要求

基于分布式总线的船舶非接触式数字转速测量装置的设计方案需满足以下要求:

(1) 测量装置应具有较高的实时性。测量装置应采用高性能单片机作为微控制单元,对转速和转向信号进行处理,从而满足实时性高的要求。

(2) 测量装置应具有较高的可靠性。测量装置不与艏轴接触,从而减小振动和空气噪声,提高可靠性。

(3) 测量装置应具有较高的抗干扰能力。测量装置应采用双绞屏蔽线以数据总线进行传输,确保信号的抗干扰能力,从而保证各显示部分转速的一致性和正确性。设计测量装置电源时要考虑电磁兼容问题。

(4) 测量装置应具有较好的扩展性能。装置应采用数据总线连接方式,从而具有较好的扩展性能,方便增、减转速和转向显示器的数量。

3 方案设计

3.1 信号采集方案

根据设计要求,转速信号采集需采用非接触测量方式。常见的非接触转速测量采用光电传感器、霍尔传感器、电磁感应式传感器或压电加速度传感器来实现,其优点是不受场地、环境、温度等条件的限制,适用于条件恶劣又危险的工业环境,并且具有测量精度高、稳定性好、转速测量范围大、价格便宜等优点^[4-8]。在实际测量中,应用最广泛的还是光电传感器测速方式。光电传感器测速方式具有非接触、响应快、性能可靠、准确度高、分辨率高等优点,在检测和控制领域得到了广泛应用^[8]。

转速测量的计时方法主要有测频法、测周法、测频测周法。本研究采用测频法进行转速测量。测频法是指在规定的检测时间内,测量计数脉冲个数来测量转速^[9]。具体公式为^[3]:

$$n = 60N / (mT) \quad (1)$$

式中: n —转速, r/min; N —采样时间内所采集的脉冲数; T —采样时间, s; m —每旋转一周所产生的脉冲个数。

3.2 硬件设计开发

转速测量装置由信号检测、传输、处理、显示等部分组成。

3.2.1 信号盘设计

信号盘安装在船舶艏轴上,随艏轴一起同轴转动。为便于信号盘的安装和更换,信号盘设计成两部分,每部分为半圆形,两部分信号盘以螺栓联连的方

式将信号盘固定在尾轴上。这种安装方式不影响船舶艉轴的结构。

在信号盘的边缘开有12个粗条形孔和60个窄条形孔,均匀分布在信号盘的360°上。粗条形孔为测向孔,用以判断旋转方向,窄条形孔为测速孔,用以判断旋转速度。

3.2.2 光电转换器设计

光电转换器的主要功能是采集转速、转向信号、并向控制箱传送信号,主要由红外发射接收对管、放大及比较电路组成。

光电转换器上有3对红外发射和接收对管。转盘在转动的时候不断地切断发射、接收通道,产生一系列的脉冲。其中1对红外发射接收对管用于测量转速信号,对信号盘的窄条形孔进行测量。依据转盘结构,当转盘转动6°时,窄条形口上有一个红外脉冲被遮挡,产生一个计数脉冲。当转盘每秒钟转一圈,窄条形口会产生60个计数脉冲。另外2对红外发射接收对管用于测量转向信号,对信号盘的粗条形孔进行测量。每个对管产生一个脉冲,依据脉冲产生的先后顺序可以判断出转盘旋转的方向^[9]。

光电转换器送入到控制箱内的信号有方向信号D1/D2、旋转速度脉冲信号Rin。光电转换器的电源(+24 V)由控制箱提供。

3.2.3 控制箱设计

控制箱主要由电源和控制箱主板组成。电源采用开关电源,将单相220 VAC转为24 VDC,为控制箱主板供电。控制箱主板由电源转换模块、光电隔离器、微控制单元MCU、RS485通讯模块组成。

控制箱主板原理如图5所示。控制箱主板采用Minmax公司MKW1032(24 V转5 V,10 W)电源模块,可以让外界对电源的干扰尽量降低。本研究采用4N25光电耦合器,对光电转换器送入的方向信号D1/D2、旋转速度脉冲信号Rin进行光电隔离。采用高性能单片机PIC18F4680作为MCU,对转速和转向信号进行处理。采用RSM485通讯模块对外通讯。

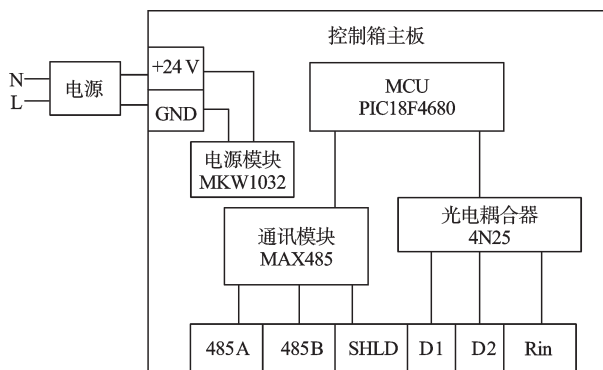


图5 控制箱主板原理框图

主板上还采用一个4位拨码开关,用以定义壁挂式和镶嵌式显示板上“+”、“-”的方向和显示一个固定字符,方便调试。

3.2.4 箱式显示器设计

箱式显示器主要由电源模块和显示驱动板组成。电源模块采用开关电源,将单相220 VAC转为24 VDC,为显示驱动板供电。显示驱动板由电源转换模块、RS485通讯模块、微控制单元MCU、数码管驱动电路、数码显示管组成。

显示驱动板原理如图6所示。显示驱动板采用MKW1032电源模块(24 V转5 V,10 W)。采用RSM485通讯模块接收控制箱传来的转速和转向信号。采用PIC18F4680单片机对数据进行解析。数码管驱动芯片采用CH451S,数码管选用一个米字型 and 3个普通数码管。米字型数码管用以显示方向,正转显示为“+”,反转显示为“-”。

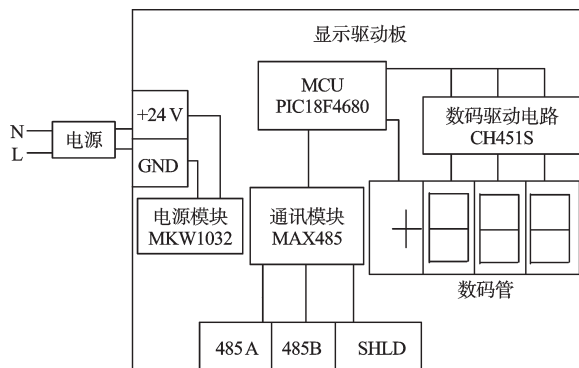


图6 显示驱动板原理框图

3.3 软件协议

箱式显示器与控制箱之间通过RS485总线通信,模式为控制箱以广播的形式向显示器发送艉轴转速数据,通讯协议格式如表1所示。

表1 软件协议

地址码	功能码	数据长度	数据1	数据2	数据3	检验码
00	03	3	转速高位	转速低位	转向	CRC 检验位

4 装置工作流程

设备工作流程为:信号盘安装在船舶艉轴上,同艉轴一起转动,信号盘上均匀分布60个测速孔和12个测向孔。在艉轴旋转时,由光电转换器发出的红外光穿过信号盘上的测速孔和测向孔,由光电转换器上的红外光敏管接收后形成一系列脉冲信号。脉冲信号经光电转换器稳定、放大后(转速为脉冲信号,5 VDC电平,转向为高低电平信号,5 VDC)送控制箱。

控制箱将光电转换器送来的转速和转向信号进行隔离后,由单片机对信号进行处理,并通过RS485

总线以广播的形式发送到箱式显示器。

箱式显示器将控制箱送来通讯信号按照协议进行解析,并驱动数码管,显示转速及转向信息。

5 装置的安装与应用

装置各部件连接关系如图7所示。

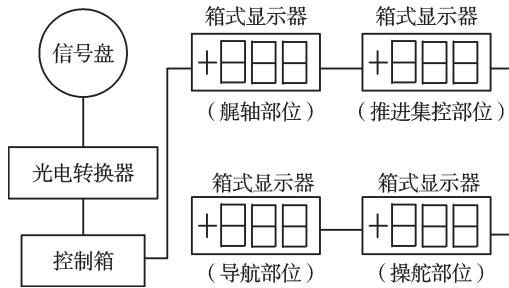


图7 装置连接关系图

信号盘、光电转换器、控制箱安装在船舶艏轴部位。箱式显示器通过RS485总线顺次连接,一般分别安装在艏轴部位、推进集控部位、船舶操舵部位、导航部位。箱式显示器可根据船舶设计的需要进行增减。该装置可广泛应用于各种类型和各种吨位的船舶,具有以下优点:

(1) 采用单片机进行信号的处理,大大提高了系统的抗干扰能力^[10],使得每个设备的转速显示完全一致。

(2) 采用RS485总线通信,显示器的数量可扩展,具有较好的扩展性^[11-12]。

(3) 在电路板设计过程中,考虑了电磁兼容性设计,采用隔离电源模块以及光电耦合器等方式,提高了设备抗传导和辐射干扰的能力,改善了设备的性能。

6 结束语

本研究针对电动转速表和全数字电路式艏轴转

速测量仪的缺点,利用RS485总线技术,重点考虑了抗干扰能力和电磁兼容性方面要求,设计并开发了一种船舶非接触式数字转速测量装置。

该装置具有体积小、实时性好、抗干扰能力强、无振动和空气噪声、扩展性能好的优点,已经广泛应用于各型船舶,并取得了良好的效果。

参考文献(References):

- [1] 张世新,赵琳. 艏轴转速在船舶组合导航系统中的应用[J]. 哈尔滨工程大学学报,1997(4):106-107.
- [2] 蔡道萌,胡国梁. 基于CAN总线技术的船舶艏轴监控装置设计[EB/OL]. [2010-05-19]. <http://www.paper.edu.cn>.
- [3] 邢灿华,解萌. 基于AT89C51的电动机转速测量装置的设计[J]. 机电产品开发与创新,2012,30(5):129-130.
- [4] 万汶灵,余淑荣,吴明亮,等. 利用光电开关实现螺杆泵转速测量[J]. 机械制造,2012,50(6):62-64.
- [5] HANCKE G P. The microprocessor measurement of low values of rotational speed and acceleration[J]. **Instrumentation and Measurement**, 1990,39(6):1014-1017.
- [6] HURST K D. Sensorless speed measurement using current harmonic spectral estimation in induction machine drives[J]. **Power Electronics**, 1996,11(1):66-73.
- [7] POPA L M. Wind turbine Generator modeling and Simulation where rotational speed is the controlled variable[J]. **Industry Applications**, 2004,40(1):3-10.
- [8] 王阳恩,肖靖. 基于单片机的光电无接触转速测量仪的设计[J]. 电子测量技术,2012,35(9):83-86.
- [9] 王明春. 基于STC89C52单片机的转速测量电路设计[J]. 中国科技信息,2012(1):97.
- [10] 刘志群. 基于RS485实现的PC机与单片机的多机通讯[J]. 闽江学院学报,2007,17(2):44-47.
- [11] 童奇波,仇荣刚. RS485通信在隔膜纸成型插入机中的应用[J]. 轻工机械,2011,29(4):47-50.
- [12] 刘春生,郭文成. 零延时隔离技术的RS485总线节点设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2009(11):26-28.

[编辑:洪炜娜]

(上接第706页)

参考文献(References):

- [1] 胡吉全. 港口起重机回转支承的失效分析与设计选型[J]. 港口装卸,2012(5):6-9.
- [2] 李虎,赵章焰,吴占稳,等. 起重机低速重载回转支承的故障模式、机理及其状态监测[J]. 起重运输机械,2012(9):95-98.
- [3] 孟庆国. 回转支承高强度螺栓拉应力的计算及ANSYS分析[J]. 机械工程师,2012(8):62-63.
- [4] NESNAS A D, MAIMONE M W, DAS H. Rover Maneuvering for Autonomous Vision Based Dexterous Manipulation [C]//Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation, San Francisco, California: [s.n.],

2000.

- [5] 张质文,虞和谦,王金诺. 起重机设计手册[M]. 北京:中国铁道出版社,2001.
- [6] 张新占. 材料力学[M]. 西安:西北工业大学出版社,2001:131-140.
- [7] 成大先. 机械设计手册[M]. 5版. 北京:化学工业出版社,2007.
- [8] 王雷,蒋宁. 基于Matlab的管壳式换热器优化设计[J]. 轻工机械,2012,30(2):9-12.
- [9] 吕红明,陈南. 基于Matlab/Simulink的四轮转向车辆操纵稳定性仿真[J]. 系统仿真学报,2004,16(5):957-959.

[编辑:张翔]