

精密位移测控系统的设计

熊俊俏,郝毫毫,刘增华

(武汉工程大学电气信息学院,湖北 武汉 430074)

摘要:基于电磁感应原理,完成了精密的位移测控系统的设计与制作,系统由文氏振荡电路和差分放大器、螺线管驱动电路及感应电路、数据采集与处理、显示与控制系统组成。磁芯位移转化为感应电路次级电压的变化,经精密有源整流电路整流,单片机进行数据采集和处理,获得位移方向和位移大小,系统还可以根据需要控制电机运转实现精密的位移控制,经过实际测试,位移测量和控制精度达到0.1 mm。

关键词:电磁感应;差分放大;位移控制

中图分类号:TP 216

文献标识码:A

0 引言

位移是重要的非电量物理参数,测量位移的一般方法是采用电容差压式传感器^[1]或电感传感器—感应线圈。本文采用电感传感器,使位移变化影响感应线圈的互感变化,初级线圈施加恒定的交流电压,次级线圈则感应出电动势。该装置成本低,结构简单,具有良好的抗干扰性,在一定的范围内,误差小于1%,在微小位移测量控制领域有着很大的优势,能广泛应用于机械装置的精加工。

1 系统组成与单元电路设计

根据实际位移测控需要,系统由激励电路、感应线圈和测控电路组成,其结构如图1所示。当磁棒运动时,在次级线圈中的感应电压出现差动变化;当线圈离开中点向上运动时,由于磁棒的吸合作用,上半部分线圈感应电压降低,而下半部分由于磁棒离开而感应电压增强。通过测量图1中A、B点的电压,可直接通过下式计算出相对于中心点的位移。

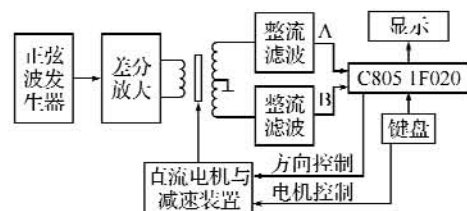


图1 位移测控系统结构框图

Fig. 1 Block Diagram of distance measurement and control system architecture

$$d = K \times \frac{U_A - U_B}{U_A + U_B} \quad (1)$$

式(1)中,系数K为常数,与系统参数有关。

1.1 传感器设计

鉴于螺旋管结构的电感传感器具有灵敏度高的优点,本系统采用螺旋管传感器。兼顾测量范围和测量精度,螺旋管传感器长度为40 mm,直径为12.2 mm,漆包线直径为0.23 mm,螺旋管初级线圈为200匝,次级线圈均为100匝,各长20 mm,选用中波收音机用的磁棒,直径为7.4 mm,长度为20 mm,这里与常规的感应式位移测量不同^[2-3],采用差动输出。

1.2 正弦波振荡电路设计

系统采用100 kHz的正弦波信号,采用如图2所示的RC文氏桥振荡电路^[4]。图2中的集成运算放大器选用低噪声的OP07,具体参数为:电阻 $R_1 = R_2 = 1.6 \text{ k}\Omega$,电容 $C_1 = C_2 = 1000 \text{ pF}$,工作频率 $f = 1/2\pi RC = 99.5 \text{ kHz}$,负反馈支路的电阻 $R_3 = 20 \text{ k}\Omega$,电位器 $R_4 = 100 \text{ k}\Omega$,二极管 D_1 、 D_2 起幅度稳定作用。

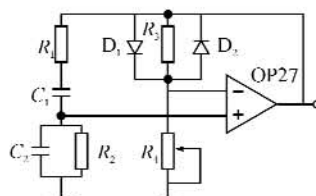


图2 100 kHz 文氏桥振荡器

Fig. 2 100 kHz Wien-bridge oscillator

1.3 差分放大电路

为了驱动螺线管线圈,需要提高信号的驱动

能力. 常见的电路有乙类推挽电路, 但由于交越失真会影响位移测量精度, 本文采用专用差分放大器 THS4503 实现差分放大, 一方面提高信号驱动能力, 同时抑制电路干扰、噪声, 提高位移测量精度, 具体的电路原理图如图 3 所示.

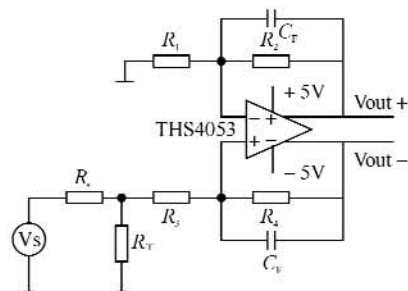


图 3 差分放大电路

Fig. 3 Differential amplifier

THS4503 为宽带差分放大器, 驱动电流可达到 150 mA, 在 ± 5 V 电源工作时, 输出电压峰峰值可达到 4 V, 图 3 中反馈电阻的选取要考虑信号负载、噪声和频率响应, 较大的电阻会带来较大的噪声, 并在低增益放大中出现交流上冲响应, 而较小的阻值可提高放大器的负载能力, 但同时会增大失真, 这里为 2 倍电压放大, 输出电压峰峰值为 4 V, 具体参数为: $R_1 = 215 \Omega$, $R_2 = 392 \Omega$, $R_4 = 392 \Omega$, $R_3 = 187 \Omega$, $R_T = 60.4 \Omega$.

1.4 精密有源整流电路

为降低系统对单片机的要求, 系统采用精密线性全波整流电路将次级线圈的交流信号转化为直流电压, 具体电路如图 4 所示^[3]. 电路选用低噪声运算放大器 OP27, 检波二极管为 IN60, 电阻 $R_1 = R_2 = 5 \text{ k}\Omega$, $R_5 = R_6 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_3 = R_4 = R_7 = 5 \text{ k}\Omega$, $C_1 = C_2 = 300 \text{ nF}$, 电阻 $R_8 = 3 \text{ k}\Omega$, 电位器 $R_9 = 10 \text{ k}\Omega$, 后级放大电路用于调整输出信号的大小, 使两通道的输出一致.

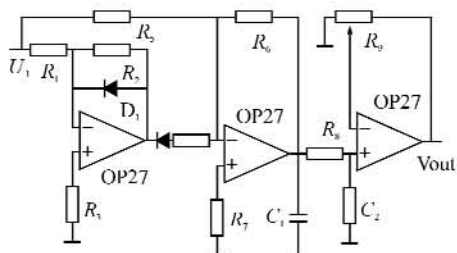


图 4 线性全波整流滤波电路

Fig. 4 Linear full-wave rectifier & filter Circuit

2 系统软件设计

本系统采用 C8051F020 单片机作为数据处理和控制核心, 并利用其自带的模数转换器进行数据采集. 软件的核心就是根据两路 A/D 采集的值

来计算出位移的变化. 系统的软件流程如图 5 所示.

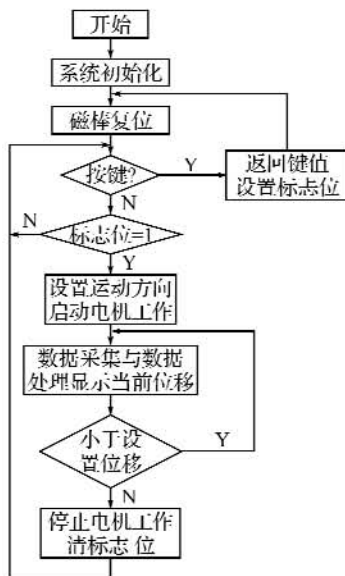


图 5 系统软件流程图

Fig. 5 The software architecture of system

3 测试数据与处理

首先对电路逐级检查, 确保差分放大电路的输出和次级输出波形没有失真, 测量两路整流滤波后的电压, 根据式 (1) 计算位移, 图 6 为电压与位移的实测曲线.

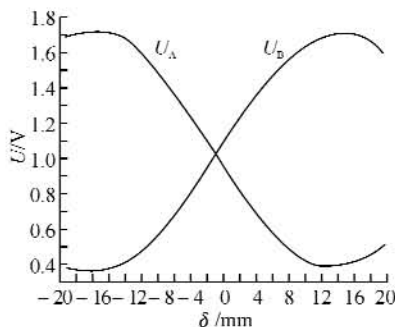


图 6 电压与位移的关系曲线

Fig. 6 Relation between Voltages and Distance

经过数据分析, 该系统的位移传感器的线性度优于 0.2%, 准确度优于 0.5%, 式 (1) 中的系数 K 为 200/13, 本系统的线性区域为 11 mm, 若采用数据校正^[5-7], 可进一步扩大测量范围.

4 结 语

利用差动变压器将位移转化成与它正比的电信号, 解决了位移量的电量转化问题和位移的方向问题, 使位移量在一定的范围能被精确测量, 并使测量精度达到 0.1 mm, 通过精确控制磁棒的位移量, 误差小于 0.1 mm, 达到了设计要求. 如果考虑差动输出信号的幅度和螺线管的阻抗匹配, 则

线性测量区间还可以再扩大一些。

致谢:本文是在创新基地设计完成的,在此特别感谢杨志芳、陈家林等老师给予的帮助。

参考文献:

- [1] 周尚富. 电容式差压变送器可误差分析[J]. 计量与测试技术, 2006, (3): 22.
- [2] 冯平, 蒋静坪. 一种新型电感式位移传感器[J]. 仪器仪表学报, 2002, 23(3): 13-16.
- [3] 张冈, 李少慧. 一种电感式大位移传感器的理论与设

计[J]. 华中理工大学学报, 1999, 27(3): 82-83.

- [4] 康光华. 电子技术基础(第四版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [5] 戴康. 仪表中电桥电路的线性化[J]. 武汉化工学院学报, 1997, 19(2): 64-66.
- [6] 文小玲, 郑耀中. 铂电阻的非线性补偿方法分析[J]. 武汉工程大学学报, 2008, 30(3): 107-109.
- [7] 胡学军, 谈宏华. 基于FWT的在线检测介损角的计算[J]. 武汉工程大学学报, 2009, 31(5): 84-86.

Design of precision displacement measurement and control system

XIONG Jun-qiao, HAO Hao-hao, LIU Zheng-hua

(Wuhan Institute of Technology, School of Electrical and Information Engineering, Wuhan 430074, China)

Abstract: A precision Displacement measurement system is designed based on the principle of electromagnetic induction. The system consists of the Wien bridge oscillating circuit, difference amplifier, Solenoid drive circuits and induced circuit, data acquisition and processing, display and control circuits. The system transforms the magnetic core displacement into the alteration of the secondary voltage of the induced circuit, and rectified circuit with the precision active rectification function. Finally Data acquisition and processing are achieved by Single chip Computer, and the direction and size of the displacement are obtained. The system also can be used to control the Motor running, to achieve the precision displacement control according to the requirement. Test results demonstrate that, the accuracy of the Displacement measurement and control could reach down to 0.1 mm.

Key words: electromagnetic induction; difference amplifier; displacement control

本文编辑:陈晓苹