

工业温度补偿的周期测频压力传感器性能分析

彭献峰

(濮阳市职业中等专业学校,河南省濮阳市,457000)

摘要 工业温度补偿效果直接影响到检测质量和工业成本,为了进一步提高传感器控制精度,设计了一种具有工业温度补偿的周期测频压力传感器系统。选择双谐振结构传感器芯片,设置温度自补偿来获得更高线性度。以STM32F3单片机建立测频系统,有效减小时间传递误差。开展性能测试结果表明:此检测方式可以在25ms数据采集时间内,保持测量装置气压变化幅度不超过5Pa,满足该传感器实际试验条件。检测系统误差为 $\pm 0.05\text{Hz}$,是一种高效的压力传感器数据收集方法。该研究有助于提高工业温度监控能力,具有很大的实际价值。

关键词 传感器;周期测频;控制系统;性能测试

中图分类号:TP212 文献标识码:B

文章编号:1008-0899(2025)08-0008-02

谐振式压力传感器属于一种高精度压力测试设备,可以实现工业测控系统频率输出以及良好稳定性,目前已在航空控制系统、精密检测等行业获得广泛使用。例如,某战斗机可实现超过300m/s的速度,因此需要确保战斗机材料可承受应力与温度的大幅改变,同时要求传感器实现快速采样并对温度实现良好跟随性能^[1]。因此设计一种具有温度补偿效果的传感器具有很高的应用价值。

目前已有许多研究人员从提升响应速率与测试精度层面出发,进行了周期同步测频的研究工作。郑振峰等^[2]设计了一种可以快速测试传感器频率的周期的步测频方法,利用MCU实现同步采集传感器的两路频率信号,采用RS232通信模块输出传感器的压力值。陈孟祥等^[3]利用自适应周期方法完成传感器频率的快速测试,在系统误差范围小于0.05Hz下实现比20ms更少的响应时间,满足测试条件,在升温过程中传感器输出压力与标准器偏差小于 $\pm 30\text{Pa}$ 。杨玲玲^[4]设计了一种周期测频传感器电子系统,响应时间在测量误差小于0.05Hz,可有效采集谐振式压力传感器的数据,压力输出波动控制在 $\pm 0.1\text{MPa}$ 内。

本研究以电磁激励硅基MEMS谐振压力仪作为测试对象,并根据自适应周期建立了同步测频方法,从而高效获取传感器频率。

1 传感器结构

周期测频压力传感器是一种利用谐振元件将被测量转换为频率信号的设备,通过改变电或机械固有参数调整谐振频率,主要用于测量压力。本文采用的微型传感器芯是以MEMS制备得到的,是由玻璃和硅薄膜组成的复合材料。当在敏感硅薄膜上施加压力作用时,便会造形成变,进而导致共振梁频率发生变化。该压力幅值代表一个频率信号,主要根据二个横梁频率进行调节,设计的传感器工作原理见图1所示。其中,共振梁在硅薄膜上呈现悬吊形态,端点与硅薄膜形成固定连接结构,可以在保证端点不变的条件下产生横向振动。

本实验选择的传感器芯片为双谐振结构,对温度设置了自补偿,从而获得更高的线性度。并以校准拟合的方法求解传感器系数,再将计算所得的结果存储在EEPROM指定位置,从而方便以后进行调用^[5]。

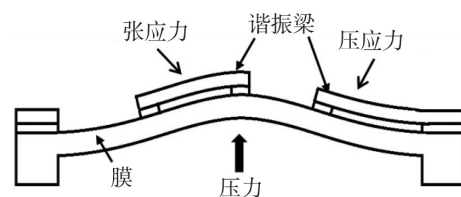


图1 传感器工作原理

作者简介: 彭献峰(1974~),男,河南濮阳人,本科,讲师,研究方向:计算机和电子教学。

设定电压为5V来实现传感器供电,提供128Kby存储,从而控制二个谐振梁形成波频率信号,将电压范围设定在0.3~4.5v,压力灵敏度为 $\pm 50\text{Hz/KPa}$,控制频率介于50~80kHz,温度设定在 $-50\sim 80^\circ\text{C}$,压力0~266KPa,误差0.02%。

2 传感器控制系统

以STM32f3单片机建立压力计算和测频系统,从而有效减小时间传递误差。在单片机中嵌入了多个16位计数器,该定时器既可以完成对输入参数的采集,可以实现时间约束,同时进行双通道频率检测。随着运算速度的提高,指令执行时间大幅缩短,最大可达到72MHZ,可以实现精确、高速测试目标。

RS232通讯模块,微控制器,电源与滤波器等组成本文处理系统。先通过滤波模块将检测获得的方波信号发送到多路转换器输入捕捉端。利用单片机进行测压和双通道频率信号采集,并利用RS232通讯模块完成传感器的压力输出。采用计时计数中断和输入捕捉功能,获取频率参数。利用迭代的方法完成测量过程。

3 性能测试

本实验选择afG3022c型方波信号生成器,设置了80KHZ的频率,在实际试验中将系统的输出频率设定在5、10、20、50和100ms。对数据点数量为1888的情况下进行记录。提出了一种适用于机载设备的频率适应性试验方法,引入了25ms的取样时间限制。当传感器形成50~100kHz频率范围时,检测系统误差为 $\pm 0.05\text{Hz}$ 。

表1 不同频率下的测量误差

信号发生器频率/Hz	测试频率/Hz		误差/Hz	
	最大值	最小值	正向	负向
1 888	1 888.03	1 889.97	0.03	-0.03
2 888	2 888.04	2 889.96	0.02	-0.05
3 888	3 888.02	3 889.97	0.04	-0.02
4 888	4 888.03	4 889.91	0.03	-0.03
5 888	5 888.01	5 889.95	0.01	-0.03
6 888	6 888.02	6 889.92	0.04	-0.04
7 888	7 888.03	7 889.93	0.03	-0.03
8 888	8 888.02	8 889.98	0.03	-0.01
9 888	9 888.02	9 888.0	0.02	0
19 888	19 888.02	19 889.97	0.02	-0.03
99 888	99 888.04	99 889.95	0.04	-0.05

在上述条件下,感测器输入信号最小达到50kHz,以固定周期进行测试时,最大循环数量可达1888。表1给出了适应性循环次数和固定循环次数下得到的频率试验结果。通过比较测试发现,采用自适应周期法,当频率发生变化后,取样过程获得的量测误差呈现平稳状态,且其测频幅度比定周数试验法更大。

根据以上条件,对传感器测四结果进行评价。数据采集时间为25ms,以100kPa作为测试时的标准压力再进行频率采集。共进行5次滑动滤波处理,计算采集得到的参数平均值。图2显示了传感器输出压力波动幅度。经过观测发现,采用此检测方式可以在25ms数据采集时间内,保持测量装置气压变化幅度不超过5Pa,满足该传感器实际试验条件。

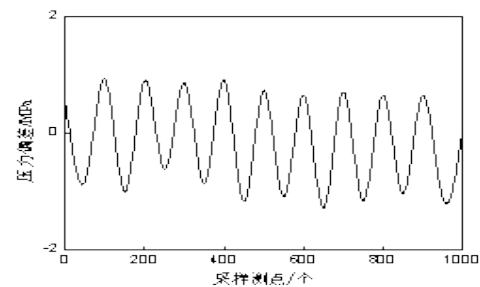


图2 50ms采样得到的传感器输出波动性

4 结论

本文设计了一种周期测频压力传感器的设计,并展开性能测试。选择双谐振结构传感器芯片,对温度设置了自补偿,获得更高的线性度。以STM32f3单片机建立测频系统,有效减小时间传递误差。检测结果在25ms数据采集时间内,检测系统误差为 $\pm 0.05\text{Hz}$,满足该传感器实际试验条件。

参考文献

- [1] 王健,杨挺.谐振式传感器高精度频率测量技术研究[J].遥测遥控,2020,41(03):37-41.
- [2] 郑振峰,王浅安.一种考虑自适应周期测频的传感器系统设计及其性能测试[J].电子测量技术,2019,42(15):79-82.
- [3] 陈孟祥,刘倍雄.基于自适应周期测频的传感器系统设计及其性能测试[J].工业仪表与自动化装置,2019(06):30-33.
- [4] 杨玲玲.周期测频传感器电子系统的设计及性能测试[J].电子产品世界,2024,31(02):65-68.