

MEMS加速度计性能已臻成熟

Ed Spence
ADI公司

2016年6/7月份的Uptime文章“状态监控和MEMS加速度计：你需要知道什么”中，介绍了微机电系统(MEMS)加速度计的多项特性，它们使得该技术对状态监控应用极具吸引力。本文通过回顾一些数据来说明MEMS技术的发展状况及性能水平，并将其与商用压电(PZT)状态监控加速度计进行比较。

对MEMS工艺技术的投资加上设计创新，已大大改善MEMS性能，使得MEMS足以成为更广泛状态监控应用的可行选择。采用专门化MEMS结构和工艺技术，现在已实现谐振频率高达50 kHz、噪声密度低至25 $\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ 的加速度计。通过精心设计的信号调理电子电路，可以充分发挥此类新型加速度计的低噪声优势。

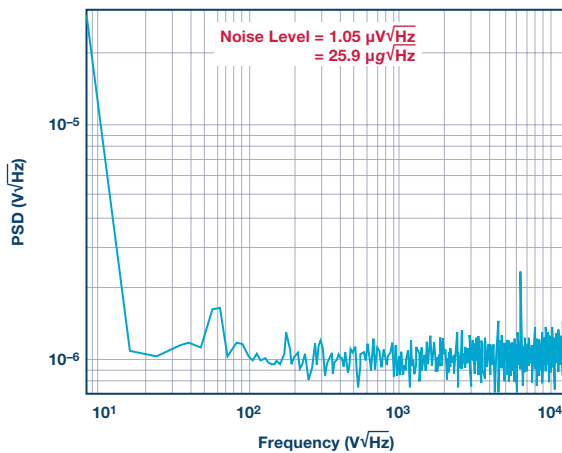


图1 新型高频加速度计的噪声谱密度图

性能和比较数据

为了评估最新MEMS加速度计是否适合状态监控应用，我们对其和一款商用PZT型状态监控加速度计进行了对照测量。为确保这两种传感器具有相似的质量并受到相同激励信号作用，我们将MEMS传感器粘附于PZT传感器的外壳。与PZT传感器一样，MEMS加速度计的单电源模拟输出直接输入到同一数据记录仪的模拟输入通道。一个数据采集仪(DAQ)用作这些实验的采集系统。

电机未对准仿真

在振动测试仪上重建了一个实际场景，例如在基于振动的状态监控中所述的场景，以便利用已知激励信号比较器件。本例展示了一台以5100 rpm (85 Hz)运转的汽轮机和一台未对准的3000 rpm (50 Hz)同步发电机的振动水平。该场景说明的是采用随机振动测试模式时，振动系统经编程所产生的频率和振幅。表1列出了两个器件在目标频率的振幅测量结果。

表1. 电机未对准仿真设定点

信号音 (#)	频率 (Hz)	水平 g峰值
1	50.00	0.400
2	85.00	0.400
3	100.00	0.250
4	170.00	0.250

图2显示了21 kHz谐振频率的MEMS加速度计和25 kHz谐振频率的PZT传感器的频谱测量结果。MEMS加速度计在1 Hz至1 kHz频段中的均方根(rms)输出要比PZT加速度计高出大约30 mg或1.7%。

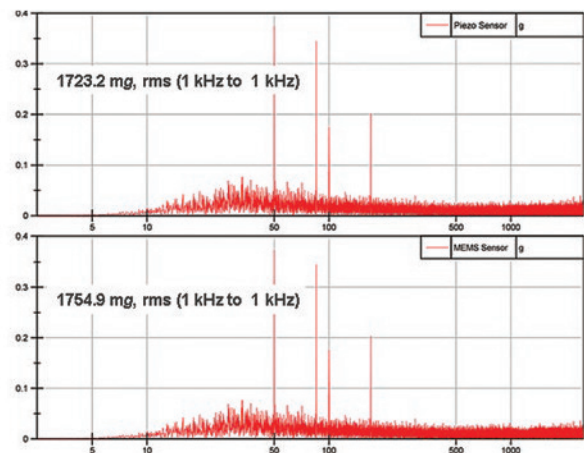


图2 PZT加速度计（上）和MEMS加速度计（下）的噪声密度谱；在高达10 kHz时，结果几乎相同；主要差别在MEMS加速度计的低频响应。

不同于PZT器件，MEMS器件具有低频响应性能（可测量0.1 Hz时的1/f）；对于风轮机等超低频率机器，需要关注此点（它还支持更快地从饱和状态恢复）。振动激励系统的频率响应会在超低频率时滚降，故通过“敲击”试验装置来测试两个器件的响应，并且捕捉响应结果。记录的时域测量结果随后被转换到频域。结果如图3所示。注意，MEMS加速度计能够记录低至DC的响应。

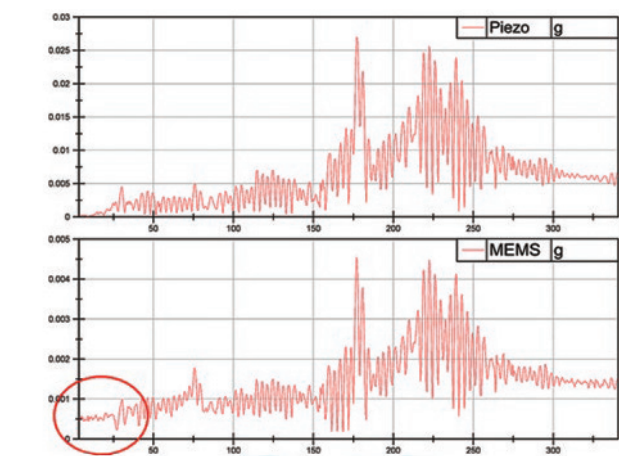


图3. 敲击时两个加速度计的响应比较

结语

相比于PZT传感器，用模拟输出直接驱动DAQ的MEMS传感器实现了很好的结果。这表明，MEMS加速度计是输出通道重新建构的新型状态监控产品的合适候选器件，尤其是它支持实现基于半导体器件（采用+5 V单电源供电）的全新概念，例如无线智能传感器。

表面上，第一代加速度计具有高频响应性能(22 kHz)和±70 g、±250 g、±500 g的宽满量程范围(FSR)，似乎对此类应用有吸引力。遗憾的是，其噪声水平高达4 mg/√Hz，这是大多数状态监控应用不能接受的。比较测试中使用的是第二代器件，其噪声比第一代器件降低了两个数量级，而功耗降至第一代的40%。表2总结了二代MEMS加速度计的性能比较结果，并突出了性能改进。

表2. 第一代和第二代MEMS加速度计针对状态监控的关键规格比较

	第一代加速度计	第二代加速度计
FSR	±70 g至±500 g	±50 g至±100 g
F0	22 kHz	21 kHz
电源电流	2.5 mA	1.0 mA
自测	是	是
温度范围	-40°C至+125°C	-40°C至+125°C
封装	5 mm x 5 mm、 8引脚LCC	5 mm x 5 mm、 32引脚LFCSP
噪声密度	4 mg/√Hz	<30 µg/√Hz

电气信号调理经验和高分辨率MEMS加速度计发展的结合，促成MEMS加速度计的性能达到状态监控应用的要求。低物理噪声水平的高频加速度计，配上高性能、低噪声、高稳定性的信号处理设计技术，克服了以前妨碍MEMS提供与PZT状态监控传感器相比拟的性能的根本限制。

参考文献

Randall, Robert B. 基于振动的状态监控。Hoboken: John Wiley & Sons, 2011。

致谢

特别感谢ADI公司的Juan Chong为本文提供数据。

作者简介

Ed Spence是ADI公司高性能惯性技术部门负责高性能加速度计的市场营销经理。ADI公司设计和制造高性能惯性传感器（如加速度计、陀螺仪等），以及高度集成解决方案，例如惯性测量单元(IMU)。联系方式：ed.spence@analog.com。欲了解更多新型，请访问：www.analog.com/cn。

在线支持社区

访问ADI在线支持社区，与ADI技术专家互动。提出您的棘手设计问题、浏览常见问题解答，或参与讨论。

请访问ezchina.analog.com



全球总部
One Technology Way
P.O. Box 9106, Norwood, MA
02062-9106 U.S.A.
Tel: (1 781) 329 4700
Fax: (1 781) 461 3113

大中华区总部
上海市浦东新区张江高科技园区
祖冲之路 2290 号展想广场 5 楼
邮编: 201203
电话: (86 21) 2320 8000
传真: (86 21) 2320 8222

深圳分公司
深圳市福田区中心区
益田路与福华三路交汇处
深圳国际商会中心
4205-4210 室
邮编: 518048
电话: (86 755) 8202 3200
传真: (86 755) 8202 3222

北京分公司
北京市海淀区西小口路 66 号
中关村东升科技园
B-6 号楼 A 座一层
邮编: 100191
电话: (86 10) 5987 1000
传真: (86 10) 6298 3574

武汉分公司
湖北省武汉市东湖高新区
珞瑜路 889 号光谷国际广场
写字楼 B 座 2403-2405 室
邮编: 430073
电话: (86 27) 8715 9968
传真: (86 27) 8715 9931

©2016 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners. Ahead of What's Possible is a trademark of Analog Devices. TA15287sc-0-12/16

analog.com/cn

