

# 自适应消噪技术及其在微型轴承动态测试分析中的应用

张建寿 张林  
(上海交通大学机械工程系)

## 摘 要

为了消除诸如微型轴承噪声测试分析中存在的强大背景噪声问题,本文引入了一种新的信号处理方法——自适应消噪技术 ANC (Adaptive Noise Cancelling)。实践结果表明,自适应消噪技术是一种能很好地消除背景噪声影响的信号处理技术,它为轴承噪声等动态信号的现场测试分析和机械故障诊断提供了有效的方法和依据。

**关键词**——自适应,噪声,动态,测量,数字信号。

## 一、引 言<sup>[1,3]</sup>

随着机械不断向重型、高速、精密和低噪声的方向发展,作为其支承件轴承的振动和噪声已引起人们的普遍重视。在噪声测试中,由于背景噪声的影响,很难获得被测轴承的真实信息。本文采用 ANC 技术来消减背景噪声的影响,提高信噪比,简化实验装置,为噪声测试和机械故障诊断技术应用于工程现场提供了有效的方法。

## 二、自适应消噪技术 ANC 的基本原理<sup>[2]</sup>

图 1 表示了 ANC 技术的基本原理,其中系统主输入传感器同时接受信号  $S$  和与信号不相关的噪声  $n_0$ ,系统参考输入传感器接受噪声  $n_1$ ,  $n_1$  与信号  $S$  不相关,但以某种未知形式与  $n_0$  相关。对  $n_1$  进行自适应滤波产生一个与  $n_0$  很相近的输出  $y$ ,从主输入 ( $S + n_0$ ) 中减去这个  $y$  就得到系统的输出  $Z = (S + n_0) - y$ 。自适应消噪的目的就是使系统输出  $Z$  贴近信号  $S$ 。为此把系统输出反馈给自适应滤波器,并通过适当的自适应算法调节滤波器参数,使滤波器的输出  $y$  接近于  $n_0$ ,从而使系统的输出  $Z$  贴近信号  $S$ 。

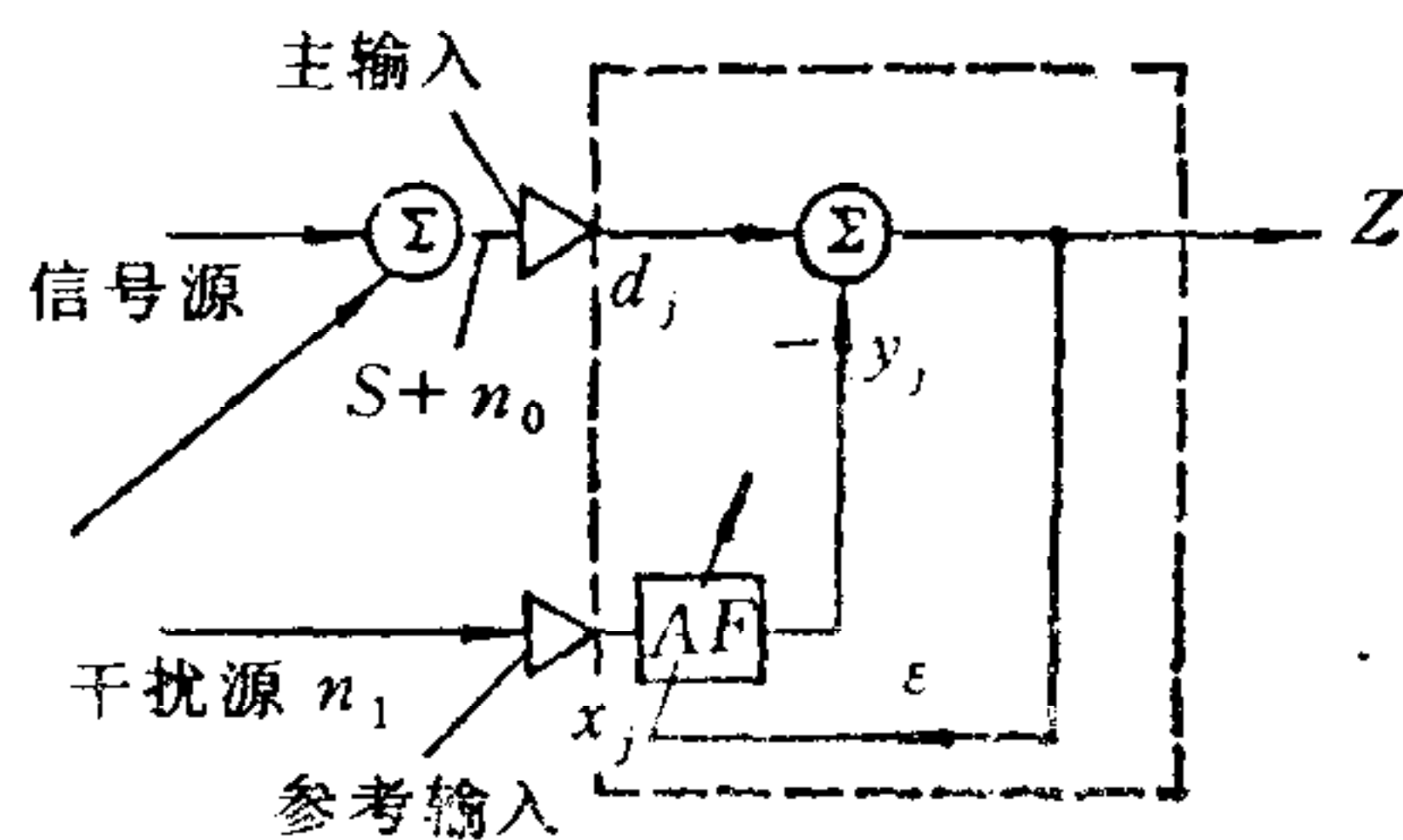


图 1 自适应消噪技术的基本原理

为了实现 ANC 技术,可采用各种自适应算法,如最小均方算法 (LMS) 和变步长算法 (VS)。另外在利用程序进行信号消噪处理前,应先确定滤波器的阶数,对 LMS 算法还需确定增益系数  $\mu$ 。本文以通过分析  $E[Z^2]$  随滤波器阶数的变化关系来确定滤波器的最佳阶数。 $\mu$  的选择原则为:在控制系统稳定的范围内,尽可能取大值,以增加收敛速度,减小运算量。

### 三、ANC 技术在微型轴承动态测试分析中的应用

为了验证 ANC 技术在机械动态测试分析中应用的可能性,作者结合上海微型轴承

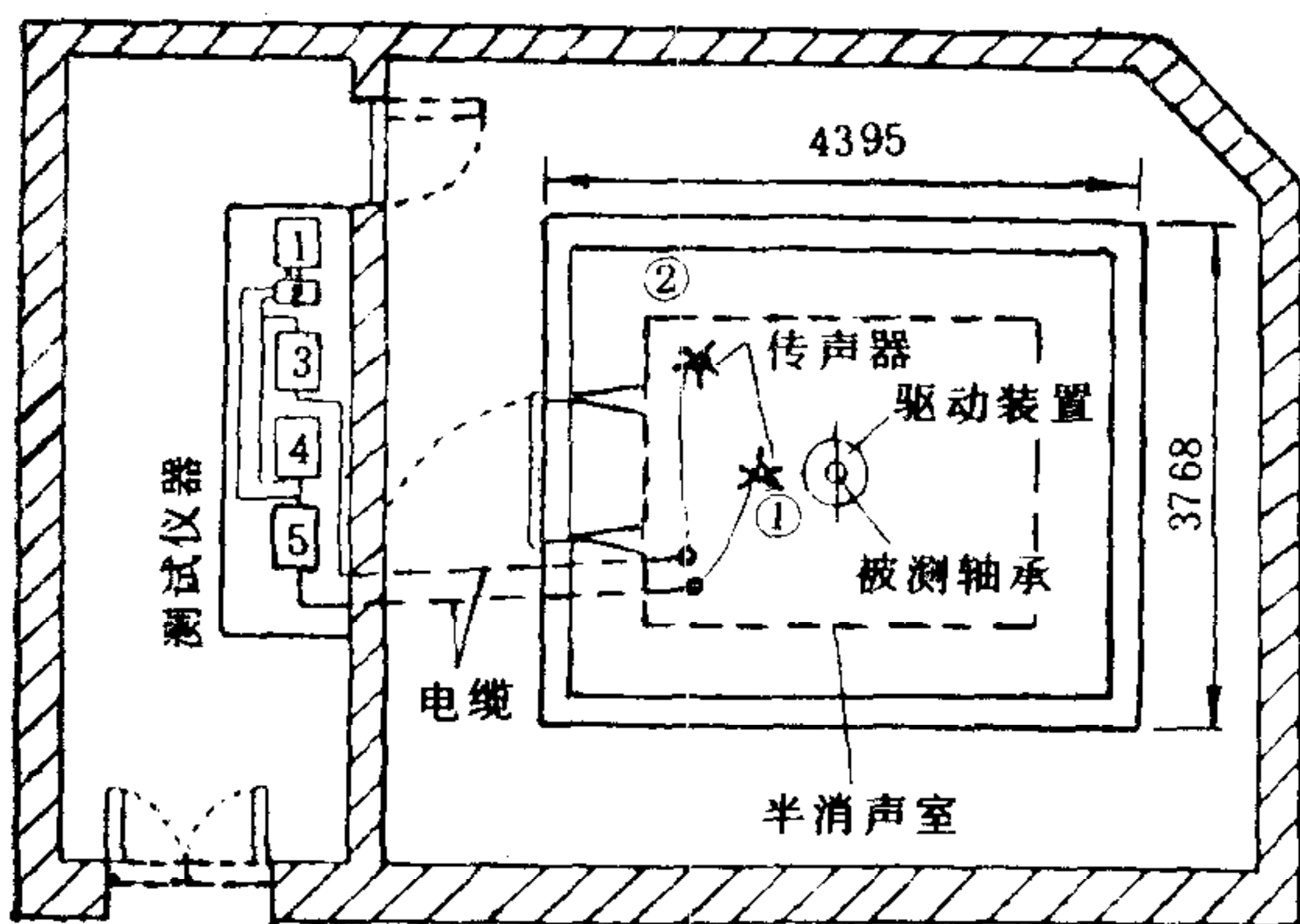


图 2 实验装置及仪器布置示意图

厂生产的 SW80018 型和日本 NSK 2809 型等不同质量的轴承,在半消声室中进行了全面的噪声试验,测试系统如图 2 所示。由图 2 可知两个传声器同时分别接受两组不同的信号,其中传声器①接受被测轴承的噪声信号和外界干扰的背景噪声,作为 ANC 系统的主输入。传声器②接受外界的背景噪声,作为 ANC 系统的参考输入。图中的“1~5”为有关测试分析仪器,这是一个在线实时信号分析系统。

在应用 ANC 技术时,只要参考输入通道噪声信号与主输入通道噪声信号相关,且满足主输入信噪比远大于参考输入信噪比的条件,就可获得满意的消噪效果。这里值得指出的是 ANC 技术只能消除与参考输入  $n_1$  相关的噪声,因此参考输入必须取自离信号源较远而对主输入影响尽可能大的噪声源处。

作为一个例子,图 3 表示了所测试的 SW 80018 轴承噪声经 ANC 技术 (LMS 算法)处理前后的时域信号波形,其中 (a), (b) 分别为主输入和参考输入的原始采样信号;

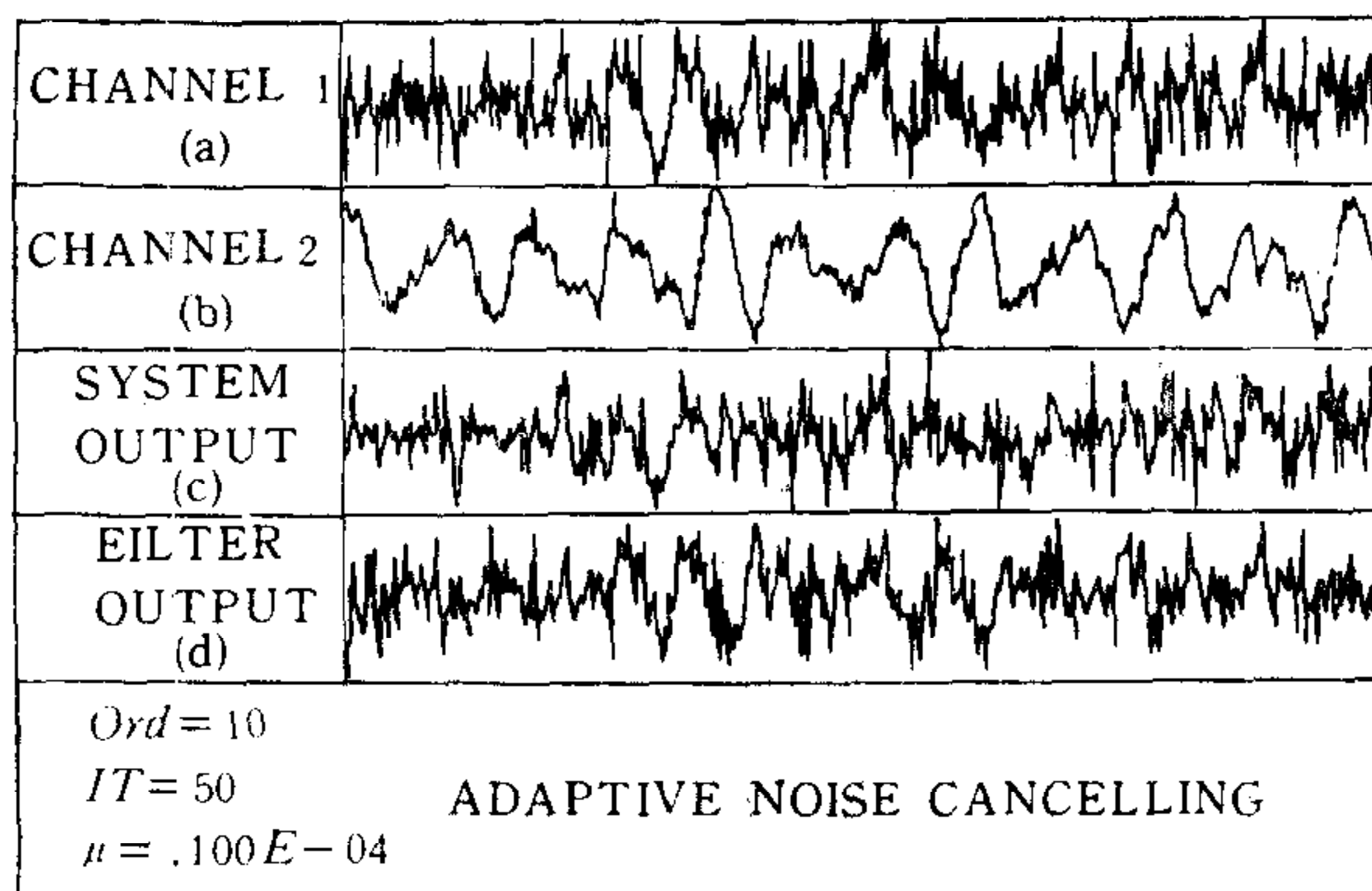


图 3 SW 80018 消噪前后的时域波形

(c) 为系统的输出,即消除本底干扰后的微型轴承信号;(d) 为自适应滤波器的输出信号. 图 4 为其频域功率谱图,由图中的(a)和(c)比较,可以看出本底噪声的主要频率分量  $f=31\text{Hz}$  和  $f=21\text{Hz}$  已明显地被消除了.

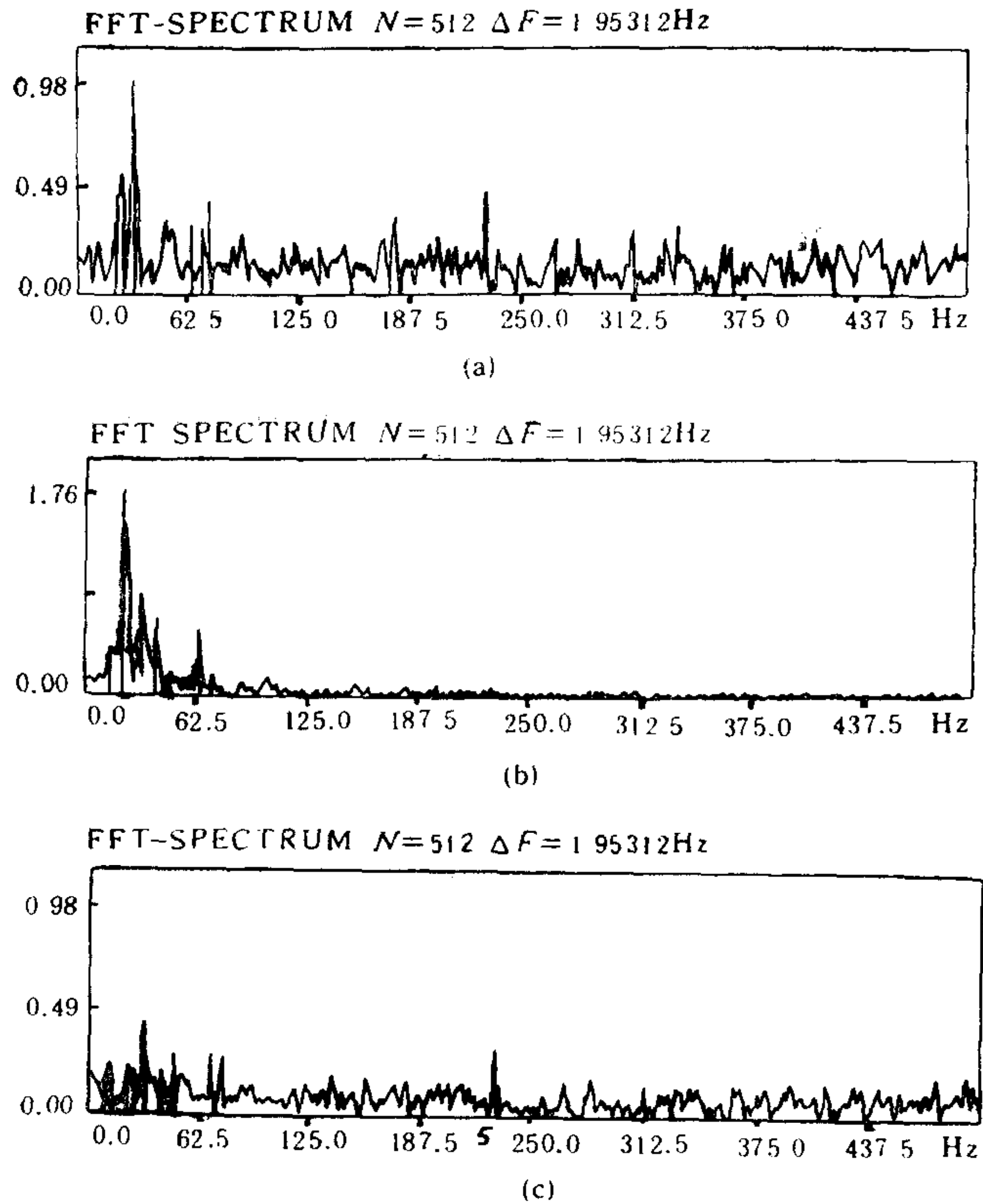


图 4 SW 80018 消噪前后的频谱图

- (a) SW 80018 消噪前主输入频谱图  
 (b) SW 80018 消噪前参考输入频谱图  
 (c) SW 80018 消噪后系统输出频谱图

## 四、结 论

应用自适应消噪技术,可在未知外界干扰源特性、传递途径不断变化、背景噪声和被测对象(如轴承)声级相近的情况下,能有效地消除外界噪声源的干扰,获得高信噪比的对象(如轴承)声信号. 这一技术的应用有可能在现场或要求不很高的测试条件下,为机器或元件(如油泵)的噪声评定及机械故障诊断提供新的方法,具有一定的理论意义和实用价值.

## 参 考 文 献

- [1] 张建寿,谢咏絮等,机械和液压噪声及其控制,上海科学技术出版社,1987.  
 [2] Widrow, B., et al., Adaptive Signal Processing, Prentice-hall Inc. 1986.

- [3] Chaturvedi, G. K., et al., Bearing Fault Detection Using Adaptive Noise Cancelling, ASME **104**(1982), No. 2.
- [4] 吴兆熊, 数字信号处理, 国防工业出版社, 1985.

## ADAPTIVE NOISE CANCELLING AND ITS APPLICATION TO DYNAMIC MEASURING AND ANALYSIS OF MINIATURE BEARINGS

ZHANG JIANSHOU    ZHANG LIN

*(Dept. of Mechanical Engineering, Shanghai Jiaotong University)*

### ABSTRACT

In order to cancel the influence of the enormous background noise, this paper introduces a new kind of signal processing method—the Adaptive Noise Cancelling technique (abbreviated as ANC). The practical result indicates that ANC can cancel the background noise effectively. It offers effective method and basis not only for on-the-spot measuring and analysis of bearing noise or other dynamic signals but also for mechanical fault diagnosis.

**Key words** —Adptive; noise; dynamic; measuring; digital signal.