



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110370077 B

(45) 授权公告日 2021.04.06

(21) 申请号 201910599715.6

审查员 陈立兵

(22) 申请日 2019.07.04

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110370077 A

(43) 申请公布日 2019.10.25

(73) 专利权人 长春工业大学

地址 130000 吉林省长春市延安大路17号

(72) 发明人 龙哲 谷东伟

(74) 专利代理机构 合肥顺超知识产权代理事务
所(特殊普通合伙) 34120

代理人 谢永

(51) Int.Cl.

B23Q 17/00 (2006.01)

B23Q 17/09 (2006.01)

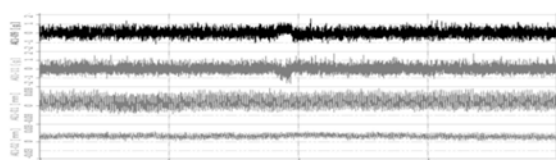
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

数控车床连续故障传播概率分析方法

(57) 摘要

本发明公开了数控车床连续故障传播概率分析方法,包括待分析的数控车床中的主轴、导轨、刀架,在保证正常的加工中对三者进行故障注入,随后分析检测,所述主轴的故障注入以及测点选择包括以下步骤:步骤一:用磁力座连接磁力表座连接杆,其中磁力座吸合在机床床体上,磁力表连接杆的一头则深入上卡盘的扳手孔中;通过采用故障注入方法,以加工过程运动耦合组件主轴、导轨、刀架为对象,进行典型外圆加工工况下各系统组件的振动信息采集,引入能量算子,通过计算振动能量传递效率评定组件间故障传播行为特征,实现数控车床连续故障传播概率评估。



1. 数控车床连续故障传播概率分析方法, 包括待分析的数控车床中的主轴、导轨、刀架, 其特征在于: 在保证正常的加工中对三者进行故障注入, 随后分析检测, 所述主轴的故障注入以及测点选择包括以下步骤:

步骤一: 用磁力座连接磁力表座连接杆, 其中磁力座吸合在机床床体上, 磁力表连接杆的一头则深入上卡盘的扳手孔中;

步骤二: 使用非接触式的位移传感器来对主轴的径向位移信号进行监测, 以主轴的端面跳动来间接反应主轴的振动情况;

所述导轨的故障注入以及测点选择包括以下步骤:

步骤一: 通过手动敲击导轨进行故障注入;

步骤二: 根据加工过程刀架与导轨的运行关系和导轨本身特点, 并考虑传感器可固定安装的可能, 分别在卡盘与刀架中间段和刀架与尾座中间段进行了选择;

所述刀架的测点选择包括将三个振动传感器分别安置在刀架压盖上平面测点、刀体下平面测点、刀架底座上平面测点三个点上。

2. 根据权利要求1所述的数控车床连续故障传播概率分析方法, 其特征在于: 还包括将所获得的信号信息, 进行同一化处理转换成同样量纲, 进行计算分析和评估。

3. 根据权利要求2所述的数控车床连续故障传播概率分析方法, 其特征在于: 所采用的同一化处理分析计算中, 引入能量算子的理论, 用于实验后续的信号转换和分析计算。

4. 根据权利要求1所述的数控车床连续故障传播概率分析方法, 其特征在于: 所述主轴的故障注入以及测点选择的步骤二中, 为确定主轴端面的径向跳动量, 需要布置2个相互垂直的位移传感器在机床主轴横截面内, 同时采集主轴竖直方向与水平方向的位移变化量, 来确定实际回转轴线在工作过程中的实时跳动量, 以此来反应主轴的工作状态。

5. 根据权利要求1所述的数控车床连续故障传播概率分析方法, 其特征在于: 所述主轴的故障注入以及测点选择的步骤一中, 所产生振动与主轴的转速成比例关系, 敲击的频率是主轴旋转频率的1~3倍。

6. 根据权利要求1所述的数控车床连续故障传播概率分析方法, 其特征在于: 所述主轴、导轨、刀架中的各个传感器的频率响应特性根据加工中的信号进行选择, 其中信号的特点包括稳态、瞬态、随机。

7. 根据权利要求6所述的数控车床连续故障传播概率分析方法, 其特征在于: 所述主轴、导轨、刀架中的各个传感器的选择还包括线性范围、稳定性、传感器精度、交叉灵敏度。

数控车床连续故障传播概率分析方法

技术领域

[0001] 本发明属于数控车床连续故障诊断分析技术领域,具体涉及数控车床连续故障传播概率分析方法。

背景技术

[0002] 数控机床组件故障传播概率是评估其在系统中故障传播行为特征,描述其故障传播能力的重要参数,该参数直接影响后续故障传播路径和故障传播中关键节点的确定,进而影响故障诊断准确性及故障排除效率,常用方法是采用故障注入,其中故障注入是为在装备无故障工作状态下寻找故障传播路径或评估故障传播概率时人为给设备施加的故障激励,从而使设备产生故障或加快系统失效速度。

[0003] 现有的故障注入是在主轴处在高速旋转状态,采用敲击法进行故障注入,但实际操作中存在较大的安全隐患,并且主轴运动属振动敏感组件,敲击不当会对主轴造成损坏,而在对其他方面的故障注入中,均没有较好的操作方式,因此存在较大的改进空间。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供数控车床连续故障传播概率分析方法,以解决上述背景技术中提出的技术问题。

[0005] 为实现上述目的,本发明提供如下技术方案:数控车床连续故障传播概率分析方法,包括待分析的数控车床中的主轴、导轨、刀架,在保证正常的加工中对三者进行故障注入,随后分析检测,所述主轴的故障注入以及测点选择包括以下步骤:

[0006] 步骤一:用磁力座连接磁力表座连接杆,其中磁力座吸合在机床床体上,磁力表连接杆的一头则深入上卡盘的扳手孔中;

[0007] 步骤二:使用非接触式的位移传感器来对主轴的径向位移信号进行监测,以主轴的端面跳动来间接反应主轴的振动情况;

[0008] 所述导轨的故障注入以及测点选择包括以下步骤:

[0009] 步骤一:通过手动敲击导轨进行故障注入;

[0010] 步骤二:根据加工过程刀架与导轨的运行关系和导轨本身特点,并考虑传感器可固定安装的可能,分别在卡盘与刀架中间段和刀架与尾座中间段进行了选择。

[0011] 所述刀架的测点选择包括将三个振动传感器分别安置在刀架压盖上平面测点、刀体下平面测点、刀架底座上平面测点等三个点上。

[0012] 优选的,还包括将上述中所获得的信号信息,进行同一化处理转换成同样量纲,进行计算分析和评估。

[0013] 优选的,所采用的同一化处理分析计算中,引入能量算子的理论,用于实验后续的信号转换和分析计算。

[0014] 优选的,所述主轴的故障注入以及测点选择的步骤二中,为确定主轴端面的径向跳动量,需要布置2个相互垂直的位移传感器在机床主轴横截面内,同时采集主轴竖直方向

与水平方向的位移变化量,来确定实际回转轴线在工作过程中的实时跳动量,以此来反应主轴的工作状态。

[0015] 优选的,所述主轴的故障注入以及测点选择的步骤一中,所产生振动与主轴的转速成比例关系,敲击的频率是主轴旋转频率的1~3倍。

[0016] 优选的,所述主轴、导轨、刀架中的各个传感器的频率响应特性根据加工中的信号进行选择,其中信号的特点包括稳态、瞬态、随机。

[0017] 优选的,所述主轴、导轨、刀架中的各个传感器的选择还包括线性范围、稳定性、传感器精度、交叉灵敏度。

[0018] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:通过采用故障注入方法,以加工过程运动耦合组件主轴、导轨、刀架为对象,进行典型外圆加工工况下各系统组件的振动信息采集,引入能量算子,通过计算振动能量传递效率评定组件间故障传播行为特征,实现数控车床连续故障传播概率评估。

附图说明

[0019] 图1为本发明中S600正常切削振动图谱;

[0020] 图2为本发明中S800正常切削振动图谱;

[0021] 图3为本发明中S1000正常切削振动图谱;

[0022] 图4为本发明中S600主轴侧故障注入振动图谱;

[0023] 图5为本发明中S800主轴侧故障注入振动图谱;

[0024] 图6为本发明中S1000主轴侧故障注入振动图谱;

[0025] 图7为本发明中S600导轨侧故障注入振动图谱;

[0026] 图8为本发明中S800导轨侧故障注入振动图谱;

[0027] 图9为本发明中S1000导轨侧故障注入振动图谱。

具体实施方式

[0028] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0029] 实施例1

[0030] 本发明提供一种技术方案:数控车床连续故障传播概率分析方法,包括待分析的数控车床中的主轴、导轨、刀架,在保证正常的加工中对三者进行故障注入,随后分析检测,其中正常的加工状态包括:

[0031] 1.加工中需要存在刀具转换过程,即必须包含换刀加工的工作任务,能够测试采集到换刀过程中的刀架旋转和刀位变换的相关信号信息;

[0032] 2.接近平时生产中的工艺过程,工件形状设计具有典型性,接近生产加工实际,在实现测试目的的前提下选择数控车床加工中最普遍的工件形状,即外圆加工和切断工序做为实验主要工艺过程;

[0033] 3.加工工件形状不必过于复杂,避免测试当中由于工艺复杂而导致打刀、过度磨

损等偶然故障发生而引起测试上的偏差；

[0034] 4.加工工件质量应易于保证并容易检验和测量,便于及时发现超差并能够实现得到及时更正；

[0035] 5.工件加工工艺适应较多参数的调整,以满足测试当中多参数测试比较的要求,避免单一工艺的加工工况造的偶然测试误差；

[0036] 主轴的故障注入以及测点选择包括以下步骤：

[0037] 步骤一：用磁力座连接磁力表座连接杆,其中磁力座吸合在机床床体上,磁力表连接杆的一头则深入上卡盘的扳手孔中；

[0038] 步骤二：使用非接触式的位移传感器来对主轴的径向位移信号进行监测,以主轴的端面跳动来间接反应主轴的振动情况；

[0039] 导轨的故障注入以及测点选择包括以下步骤：

[0040] 步骤一：通过手动敲击导轨进行故障注入,由于导轨和主轴运动状态完全不同,因此采用手动敲击不存在危险隐患,并且常规的敲击不会对导轨产生任何损坏；

[0041] 步骤二：根据加工过程刀架与导轨的运行关系和导轨本身特点,并考虑传感器可固定安装的可能,分别在卡盘与刀架中间段和刀架与尾座中间段进行了选择。

[0042] 刀架的测点选择包括将三个振动传感器分别安置在刀架压盖上平面测点、刀体下平面测点、刀架底座上平面测点等三个点上。

[0043] 本实施例中,优选的,还包括将上述中所获得的信号信息,进行同一化处理转换成同样量纲,进行计算分析和评估。

[0044] 本实施例中,优选的,所采用的同一化处理分析计算中,引入能量算子的理论,用于实验后续的信号转换和分析计算。

[0045] 本实施例中,优选的,主轴的故障注入以及测点选择的步骤二中,为确定主轴端面的径向跳动量,需要布置2个相互垂直的位移传感器在机床主轴横截面内,同时采集主轴竖直方向与水平方向的位移变化量,来确定实际回转轴线在工作过程中的实时跳动量,以此来反应主轴的工作状态。

[0046] 本实施例中,优选的,主轴的故障注入以及测点选择的步骤一中,所产生振动与主轴的转速成比例关系,敲击的频率是主轴旋转频率的1倍。

[0047] 本实施例中,优选的,主轴、导轨、刀架中的各个传感器的频率响应特性根据加工中的信号进行选择,其中信号的特点包括稳态、瞬态、随机。

[0048] 本实施例中,优选的,主轴、导轨、刀架中的各个传感器的选择还包括线性范围、稳定性、传感器精度、交叉灵敏度。

[0049] 实施例2

[0050] 本发明提供一种技术方案：数控车床连续故障传播概率分析方法,包括待分析的数控车床中的主轴、导轨、刀架,在保证正常的加工中对三者进行故障注入,随后分析检测,其中正常的加工状态包括：

[0051] 1.加工中需要存在刀具转换过程,即必须包含换刀加工的工作任务,能够测试采集到换刀过程中的刀架旋转和刀位变换的相关信号信息；

[0052] 2.接近平时生产中的工艺过程,工件形状设计具有典型性,接近生产加工实际,在实现测试目的的前提下选择数控车床加工中最普遍的工件形状,即外圆加工和切断工序做

为实验主要工艺过程；

[0053] 3.加工工件形状不必过于复杂,避免测试当中由于工艺复杂而导致打刀、过度磨损等偶然故障发生而引起测试上的偏差；

[0054] 4.加工工件质量应易于保证并容易检验和测量,便于及时发现超差并能够实现得到及时更正；

[0055] 5.工件加工工艺适应较多参数的调整,以满足测试当中多参数测试比较的要求,避免单一工艺的加工工况造的偶然测试误差；

[0056] 主轴的故障注入以及测点选择包括以下步骤：

[0057] 步骤一：用磁力座连接磁力表座连接杆,其中磁力座吸合在机床床体上,磁力表连接杆的一头则深入上卡盘的扳手孔中；

[0058] 步骤二：使用非接触式的位移传感器来对主轴的径向位移信号进行监测,以主轴的端面跳动来间接反应主轴的振动情况；

[0059] 导轨的故障注入以及测点选择包括以下步骤：

[0060] 步骤一：通过手动敲击导轨进行故障注入；

[0061] 步骤二：根据加工过程刀架与导轨的运行关系和导轨本身特点,并考虑传感器可固定安装的可能,分别在卡盘与刀架中间段和刀架与尾座中间段进行了选择。

[0062] 刀架的测点选择包括将三个振动传感器分别安置在刀架压盖上平面测点、刀体下平面测点、刀架底座上平面测点等三个点上。

[0063] 本实施例中,优选的,还包括将上述中所获得的信号信息,进行同一化处理转换成同样量纲,进行计算分析和评估。

[0064] 本实施例中,优选的,所采用的同一化处理分析计算中,引入能量算子的理论,用于实验后续的信号转换和分析计算。

[0065] 本实施例中,优选的,主轴的故障注入以及测点选择的步骤二中,为确定主轴端面的径向跳动量,需要布置2个相互垂直的位移传感器在机床主轴横截面内,同时采集主轴竖直方向与水平方向的位移变化量,来确定实际回转轴线在工作过程中的实时跳动量,以此来反应主轴的工作状态。

[0066] 本实施例中,优选的,主轴的故障注入以及测点选择的步骤一中,所产生振动与主轴的转速成比例关系,敲击的频率是主轴旋转频率的2倍。

[0067] 本实施例中,优选的,主轴、导轨、刀架中的各个传感器的频率响应特性根据加工中的信号进行选择,其中信号的特点包括稳态、瞬态、随机。

[0068] 本实施例中,优选的,主轴、导轨、刀架中的各个传感器的选择还包括线性范围、稳定性、传感器精度、交叉灵敏度。

[0069] 实施例3

[0070] 本发明提供一种技术方案：数控车床连续故障传播概率分析方法,包括待分析的数控车床中的主轴、导轨、刀架,在保证正常的加工中对三者进行故障注入,随后分析检测,其中正常的加工状态包括：

[0071] 1.加工中需要存在刀具转换过程,即必须包含换刀加工的工作任务,能够测试采集到换刀过程中的刀架旋转和刀位变换的相关信号信息；

[0072] 2.接近平时生产中的工艺过程,工件形状设计具有典型性,接近生产加工实际,在

实现测试目的的前提下选择数控车床加工中最普遍的工件形状,即外圆加工和切断工序做为实验主要工艺过程;

[0073] 3.加工工件形状不必过于复杂,避免测试当中由于工艺复杂而导致打刀、过度磨损等偶然故障发生而引起测试上的偏差;

[0074] 4.加工工件质量应易于保证并容易检验和测量,便于及时发现超差并能够实现得到及时更正;

[0075] 5.工件加工工艺适应较多参数的调整,以满足测试当中多参数测试比较的要求,避免单一工艺的加工工况造的偶然测试误差;

[0076] 主轴的故障注入以及测点选择包括以下步骤:

[0077] 步骤一:用磁力座连接磁力表座连接杆,其中磁力座吸合在机床床体上,磁力表连接杆的一头则深入上卡盘的扳手孔中;

[0078] 步骤二:使用非接触式的位移传感器来对主轴的径向位移信号进行监测,以主轴的端面跳动来间接反应主轴的振动情况;

[0079] 导轨的故障注入以及测点选择包括以下步骤:

[0080] 步骤一:通过手动敲击导轨进行故障注入;

[0081] 步骤二:根据加工过程刀架与导轨的运行关系和导轨本身特点,并考虑传感器可固定安装的可能,分别在卡盘与刀架中间段和刀架与尾座中间段进行了选择。

[0082] 刀架的测点选择包括将三个振动传感器分别安置在刀架压盖上平面测点、刀体下平面测点、刀架底座上平面测点等三个点上。

[0083] 本实施例中,优选的,还包括将上述中所获得的信号信息,进行同一化处理转换成同样量纲,进行计算分析和评估。

[0084] 本实施例中,优选的,所采用的同一化处理分析计算中,引入能量算子的理论,用于实验后续的信号转换和分析计算。

[0085] 本实施例中,优选的,主轴的故障注入以及测点选择的步骤二中,为确定主轴端面的径向跳动量,需要布置2个相互垂直的位移传感器在机床主轴横截面内,同时采集主轴竖直方向与水平方向的位移变化量,来确定实际回转轴线在工作过程中的实时跳动量,以此来反应主轴的工作状态。

[0086] 本实施例中,优选的,主轴的故障注入以及测点选择的步骤一中,所产生振动与主轴的转速成比例关系,敲击的频率是主轴旋转频率的3倍。

[0087] 本实施例中,优选的,主轴、导轨、刀架中的各个传感器的频率响应特性根据加工中的信号进行选择,其中信号的特点包括稳态、瞬态。

[0088] 本实施例中,优选的,主轴、导轨、刀架中的各个传感器的选择还包括线性范围、稳定性、传感器精度、交叉灵敏度。

[0089] 本发明中能量算子指:对于一个给定的信号 $x(t)$,Teager能量算子 ψ 被定义为:

$$[0090] \quad \psi[x(t)] = [\dot{x}(t)]^2 - x(t)\ddot{x}(t) \dots\dots\dots (3.1)$$

[0091] 式中:

[0092] $\dot{x}(t)$ ——信号对时间的一阶导数;

[0093] $\ddot{x}(t)$ ——信号对时间的二阶导数;

[0094] 通过弹簧阻尼来进行振动的模拟时,将质量为m的物块和刚度为k的弹簧组成一个线性无阻尼系统。以 $x(t)$ 来表示质量为m的物块的相对位移,以 $\ddot{x}(t)$ 表示位移 $x(t)$ 对时间的二阶导数,由牛顿运动定律可得到以下运动方程:

$$[0095] \quad m\ddot{x}(t) + kx(t) = 0 \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

[0096] 通过描述物块运动的公式(3.2)可得到 $x(t)$ 的解如公式3.3所示:

$$[0097] \quad x(t) = A \cos(\omega t + \varphi) \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

[0098] 相应地,其一阶和二阶微分,即速度和加速度分别为:

$$[0099] \quad \dot{x}(t) = -A\omega \sin(\omega t + \varphi) \quad \dots\dots\dots (3.4)$$

$$[0100] \quad \ddot{x}(t) = -A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi) \quad \dots\dots\dots (3.5)$$

[0101] 式中:

[0102] A——简谐运动的振动幅值;

[0103] ω ——固有频率;

[0104] φ ——初始相位;

[0105] 在任意时刻,振动系统中的机械能是由物块的动能与储存在弹簧内部的势能所组成,即:

$$[0106] \quad E = \frac{1}{2} k[x(t)]^2 + \frac{1}{2} m[\dot{x}(t)]^2 \quad \dots\dots\dots (3.6)$$

$$[0107] \quad \omega E = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2 \quad \dots\dots\dots (3.7)。$$

[0108] 实验分别对车床在转速为600rpm、800rpm、1000rpm三种情况下进行故障注入试验,在不同的工况下进行试验并采集了每次车削时主轴、刀架和导轨的实时信号图谱,如图1-图9所示,由上自下第四通道为主轴垂直方向上的位移变化信号,由上自下第三通道为主轴的水平方向上的位移变化信号,由上自下第一通道为刀架的振动信号,与由上自下第二通道相对应的为导轨的振动信号。

[0109] 尽管已经示出和描述了本实用新型的实施例,对于本领域的普通技术人员而言,可以理解在不脱离本实用新型的原理和精神的情况下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型,本实用新型的范围由所附权利要求及其等同物限定。

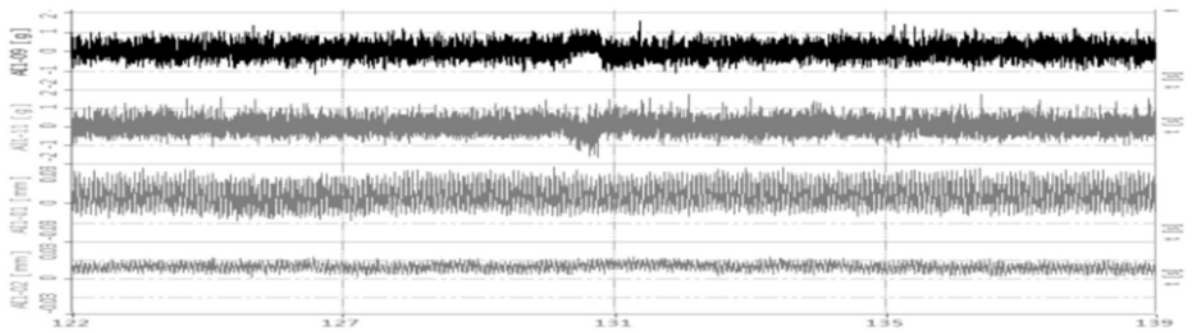


图1

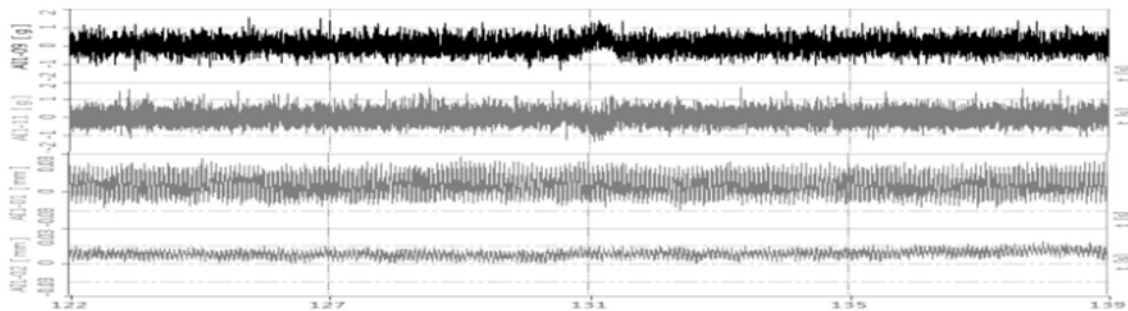


图2

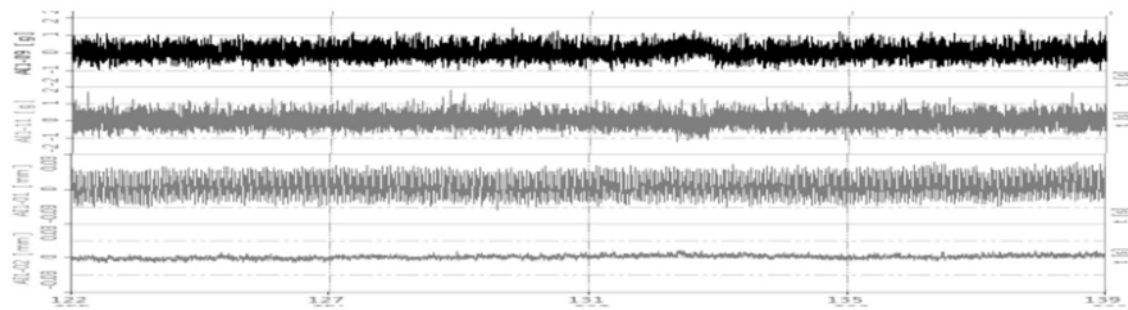


图3

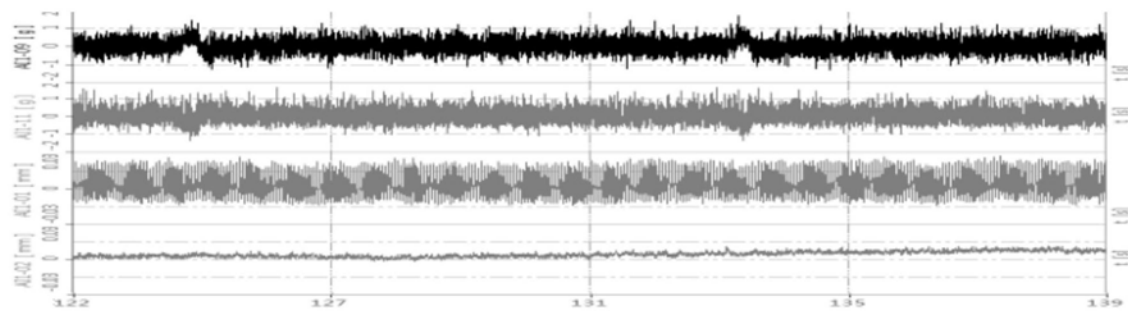


图4

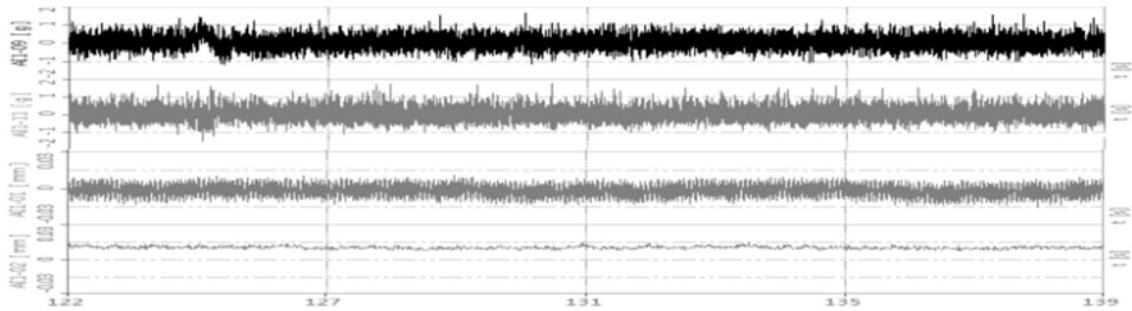


图5

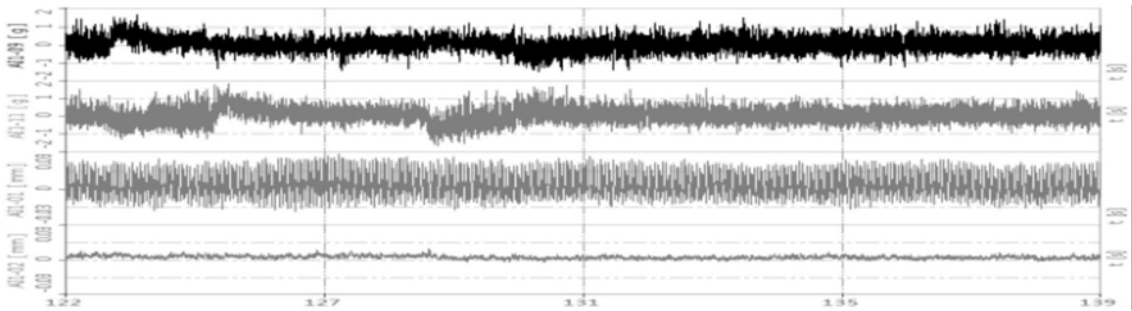


图6

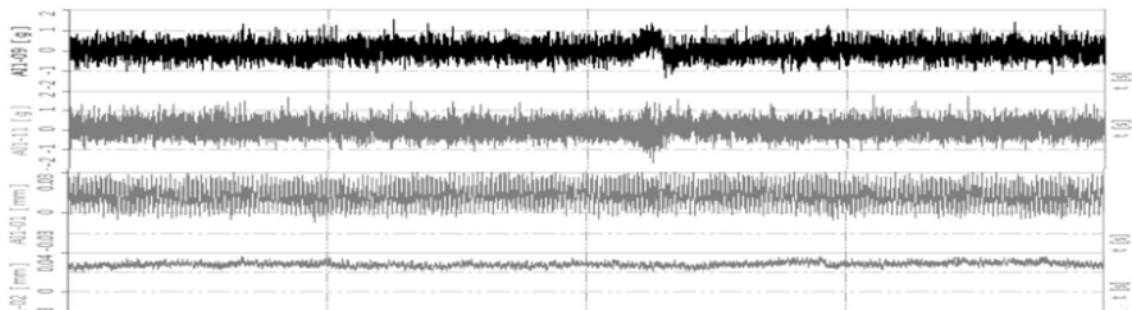


图7

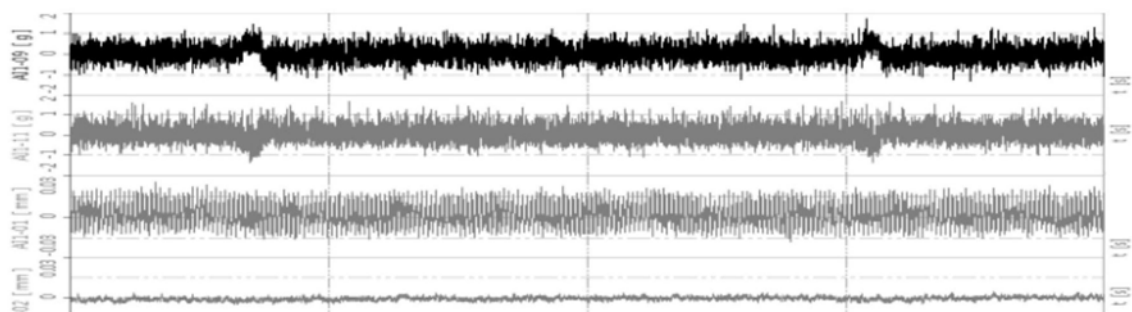


图8

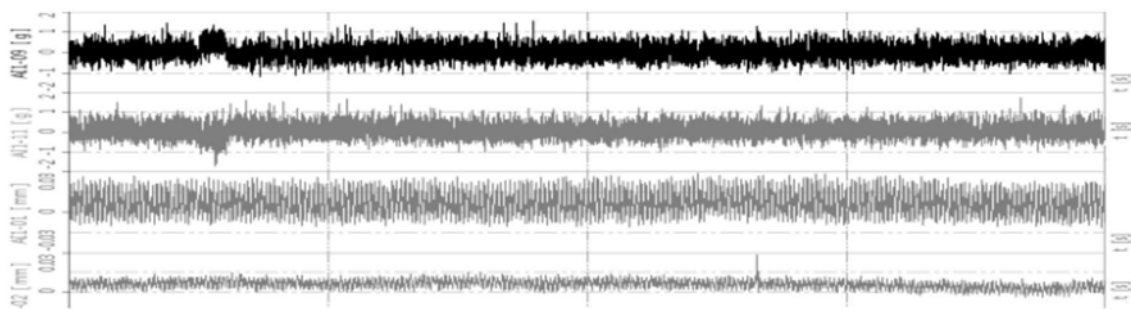


图9