



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104380069 B

(45)授权公告日 2017.12.12

(21)申请号 201380032185.8

(22)申请日 2013.05.16

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104380069 A

(43)申请公布日 2015.02.25

(30)优先权数据

61/648,854 2012.05.18 US

13/803,773 2013.03.14 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2014.12.18

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2013/041367 2013.05.16

(87)PCT国际申请的公布数据

W02013/173592 EN 2013.11.21

(73)专利权人 MTS系统公司

地址 美国明尼苏达州

(72)发明人 马克·M·施莱特 拜伦·J·萨里

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021

代理人 王玮

(51)Int.Cl.

G01L 19/02(2006.01)

G01L 1/26(2006.01)

审查员 李文娟

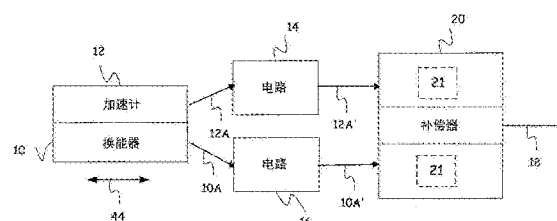
权利要求书2页 说明书4页 附图4页

(54)发明名称

使用延迟来匹配相位特性的换能器加速度补偿

(57)摘要

一种通过向换能器(10)的引导信号应用延迟(21,48)以提供相位补偿从而根据频率来校正换能器(10)的惯性误差的方法和系统。



1. 一种系统,包括:

换能器,提供换能器输出信号;

能够耦合到所述换能器的传感器,所述传感器提供与加速度直接或间接相关的传感器输出信号;以及

补偿器,连接用于接收所述换能器输出信号或所述传感器输出信号中至少一项的引导信号,

其中,所述补偿器被配置为基于在所述引导信号的所选择的频率范围上的所述引导信号的相位的斜率来计算延迟值;

其中,所述补偿器包括延迟模块,所述延迟模块被配置为根据所述延迟值来延迟所述引导信号以最小化所述换能器输出信号和所述传感器输出信号之间的相位差。

2. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述换能器包括力换能器。

3. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述换能器包括压力换能器。

4. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述换能器包括扭力换能器。

5. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述补偿器提供增益补偿,以及所述补偿器被配置为通过使用所述引导信号的转移函数的DC值或在所选择的频率范围上的平均值来提供所述增益补偿。

6. 根据权利要求2所述的系统,其中,除了频率之外,所述补偿器还提供基于另一因素的相位补偿。

7. 根据权利要求6所述的系统,其中,所述另一因素是所应用的外部负载。

8. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述延迟被配置用于所选择的频率范围。

9. 根据权利要求1所述的系统,其中,所选择的频率范围包括小于第一模态频率的频率。

10. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述传感器包括加速计。

11. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述传感器包括位移传感器。

12. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述传感器包括速度传感器。

13. 一种向换能器提供加速度补偿的方法,包括:

向系统中的换能器和传感器应用激发运动,并获得换能器输出信号和传感器输出信号,其中所述传感器能够耦合到所述换能器,以及所述传感器输出信号与加速度直接或间接相关;

接收所述换能器输出信号或所述传感器输出信号中至少一项的引导信号;

使用电路来基于在所述引导信号的所选择的频率范围上的所述引导信号的相位的斜率来计算延迟值;以及

使用电路根据所述延迟值来延迟所述引导信号,以最小化所述换能器输出信号和所述传感器输出信号之间的相位差。

14. 根据权利要求13所述的方法,还包括:向所述换能器应用外部校准负载。

15. 根据权利要求14所述的方法,其中,针对所述换能器的外部校准负载是零。

16. 根据权利要求13所述的方法,其中,向换能器和传感器应用激发运动并从中获得换能器输出信号和传感器输出信号包括:向所述换能器应用多个外部校准负载。

17. 根据权利要求13所述的方法,其中,应用激发运动包括:应用具有比第一模态频率

低的一个或更多个频率的激发运动。

18. 根据权利要求13所述的方法, 其中, 所述传感器包括以下各项之一: 加速计、速度传感器或位移传感器。

19. 根据权利要求13所述的方法, 其中, 所述传感器不包括加速计, 并且延迟所述引导信号包括: 对所述传感器输出信号进行处理以获得导出的加速度信号。

使用延迟来匹配相位特性的换能器加速度补偿

技术领域

背景技术

[0001] 提供以下讨论仅用于总体背景信息,并不意在用作辅助确定所请求保护的的主题的范围。

[0002] 本发明总体上涉及诸如力换能器或压力换能器等的换能器。更具体地,本发明涉及针对换能器的改进的加速度补偿。

[0003] 加速度补偿是通常用在诸如力换能器或压力换能器等换能器中的技术。当这种换能器被加速时,该运动可能造成测量中的误差(惯性误差)。换能器包括感测元件和与该感测元件附接的附加质量。该附加质量可以是夹具质量或由于换能器的结构而导致的质量。当附接到被认为是换能器的主动侧的附加质量(不是被测单元的一部分)被加速时,该附加质量将引起对感测元件施加的力。然而,该惯性力被认为是误差,因为该力不是从被测单元向换能器施加的力的结果,而代之以是对夹具和/或换能器自身的各部分的质量进行加速所需的力的结果。

[0004] 传统上利用耦合到换能器或置于换能器附近的加速计(使得该加速计感测在换能器误差存在的运动方向上的加速度),针对惯性导致的误差来校正力或压力动态测量。因为力误差与加速度成正比,标量值乘以所测量的加速度产生了针对惯性误差的补偿信号。该标量值代表在感测元件的主动侧上夹具或换能器的各部分的质量。

[0005] 尽管上述补偿技术提供了可以显著改进换能器精度的补偿信号,在一些情况下需要更高精度。

发明内容

[0006] 提供本发明内容以用简化形式引入某些概念,这些概念在以下具体实施方式中进一步描述。本发明内容不意在识别所请求保护的的主题的关键特征或必要特征,也不意在用作辅助确定所请求保护的的主题的范围。

[0007] 提供了一种用于根据有效质量耦合的频率来校正换能器的惯性误差的方法和系统。作为本发明的一个方面,系统包括换能器和可操作地耦合到所述换能器的传感器,所述传感器提供与加速度直接或间接相关的信号。

[0008] 这里和在整个本说明书和附图中,提供与加速度直接或间接相关的信号的传感器可以在最纯粹地意义上意味着加速计,或可以用备选的运动传感器(例如位移换能器、速度传感器)来替代,根据该备选的运动传感器可以通过计算和/或操作来导出加速度。

[0009] 补偿器被配置为:接收基于来自换能器或传感器的输出信号的至少一个信号。所述补偿器通过应用延迟来提供相位补偿,以补偿信号。

[0010] 作为本发明的另一方面,一种生成补偿信息的方法包括:向换能器和传感器应用激发运动,从其获得响应信号。所述传感器可操作地耦合到换能器,以提供与加速度直接或间接相关的信号。补偿信息是基于所述响应信号生成的。所述补偿信息被配置为:使用延迟

模块提供相位补偿,其时间周期基于所述换能器的运动的相位对频率。具体地,本文所描述技术是一种力和加速度信号之间相位校正以实现有效补偿的方法。在一个实施例中,该方法不是试图跨所有频率来匹配相位特性,而是试图近似在系统动力以下频率处(例如机械谐振模式或滤波器频率)的相位特性。这些系统动力一般应当被称为模态频率(modal frequency)。在很多实例中,这足以实现用于闭环控制和数据收集目的的有效加速度补偿。

[0011] 当在线性相位对线性频率尺度上看时,在第一模态频率以下的频率处,力和加速度之间的相位特性是相当线性的。已经发现通过向引导信号引入延迟,可以容易地消除两个信号之间的线性相位对频率差。延迟将不改变信号的幅度,而将改变相位对频率的斜率。通过选择用于测量未补偿系统的相位特性的斜率的开始频率和终止频率,可以在所需频率范围上优化加速度补偿。

[0012] 即使在换能器信号中看到的频率模态频率(frequency modal frequencies)可以远高于用于数据和控制的关注频率范围,这些模式在远低于模态频率的力和加速度信号之间产生较小的相位差。在没有相位校正的情况下,该微小相位差限制了即使在较低频率处的加速度补偿的有效性。本文所提供的补偿装置和方法的优点是:延迟补偿是用于实现的简单技术,然而其极大地改进在较低频率处的加速度补偿的有效性。

[0013] 根据需要,以下特征或方面中的一个或多个可以与前述系统和方法组合,或在前述系统和方法中使用。

[0014] 换能器可以包括:力换能器、压力换能器和/或扭力(扭矩)换能器。

[0015] 补偿器可以提供增益和相位补偿。除了频率之外,补偿器提供的相位补偿还可以基于另一因素。例如,该另一因素可以基于所应用的外部负载。

[0016] 延迟可以被配置用于所选择的频率范围(例如在一个特殊的使用实施例中,用于小于第一模态频率的频率)。

附图说明

[0017] 图1是换能器系统的示意框图,该换能器系统具有用于通过添加延迟来提供相位补偿的补偿器。

[0018] 图2是第二换能器系统的示意框图,该第二换能器系统具有用于通过添加延迟来提供相位补偿的补偿器。

[0019] 图3是用于确定补偿量的方法的流程图。

[0020] 图4是针对系统和近似的相位对频率图。

[0021] 图5是更窄频率范围上针对图4的系统和近似的相位对频率图。

[0022] 图6是信号处理的框图。

具体实施方式

[0023] 本说明书引入了不仅根据质量的标量表示(传统加速度补偿)还根据通过使用延迟所近似的频率来校正换能器的惯性误差的技术。具体地,作为本发明的一个方面,根据本发明的技术生成的补偿信号通过应用延迟从而根据频率来提供相位补偿。

[0024] 作为另一方面,由于这种形式的相位校正,本技术与已知方案也不同。图1示意性地示出了换能器10(例如,力、扭力(扭矩)或压力)和传感器12,换能器10提供输出信号10A,

传感器12能够提供信号12A,信号12A可以直接地或间接地用于确定加速度。在所示实施例中,传感器是直接提供加速度信号的加速计;然而,这仅是一个实施例。根据需要,传感器12可以是诸如位移传感器之类的传感器,该传感器提供指示绝对位置或相对位置或以其他方式所行进的距离的输出信号。如果还给定来自未示出的定时器或以其他方式来自以下所讨论的补偿器20的一部分的供换能器10改变位置所花费的时间,则可以来自位移传感器的输出信号进行处理,以提供指示加速度的信号(即在本情况中导出的加速度)。

[0025] 在以下描述中应当注意的是:术语“力”意味着“力”、“扭力(扭矩)”或“压力”。

[0026] 在信号10A和12A之间,相移和/或幅度衰减或放大可以取决于频率而存在。此外,相移和/或幅度衰减或放大或其至少一部分还可以是由于分别接收和处理输出信号10A和12A的处理电路14和16造成的。例如,某些相移和/或幅度衰减或放大可能由于可引入延迟或使延迟不一致的不同调节器、滤波器、采样器等出现,该延迟同样可以根据频率而变化。

[0027] 本文所描述的本发明的一个方面是一种在力和加速度信号之间进行相位校正以实现一种形式的补偿的方法。该方法不是尝试跨所有频率来匹配相位特性,而是在所选择的频率(例如频率范围,例如并在一个有利实施例中,在模态频率以下(优选地在第一模态频率以下))处对相位特性进行近似。在一些应用中,这足以实现用于闭环控制和数据收集目的的有效加速度补偿。

[0028] 当在线性相位对线性频率尺度上看时,在第一模态频率以下的频率处已发现:力和加速度之间的相位特性是相当线性的。具体地,已经发现通过向引导信号引入延迟,可以容易地消除两个信号之间的线性相位对频率差。延迟将不改变信号的幅度,而将改变相位对频率的斜率。通过选择用于测量未补偿系统的相位特性的斜率的开始频率和终止频率,可以在所需频率范围上优化加速度补偿。

[0029] 在本发明的一个方面中,补偿器设备20(例如数字延迟)适于接收输出信号10A、12A(或如果如图2所示,事先由电路14、16处理,则接收其函数10A'、12A')中的一个或两者(在本文中以接收两者举例说明),并通过应用或引入延迟周期(在本文中示意性地示出为延迟模块21),向输出信号10A、12A之一提供取决于频率的相位补偿,以提供最终补偿后的输出信号18。在图1中,用虚线示出延迟模块21,以指示其将被应用于信号12A'或10A'之一。

[0030] 本领域技术人员可以理解:补偿器设备20可以在电路14和/或16之前接收输出信号10A和/或12A,如图2所示。通常,如果补偿器设备20在电路14、16之前接收输出信号10A、12A,则补偿器设备20将提供两个输出信号。在这种情况下,电路14、16中的每一个通常将不会由自身贡献信号10A'和12A'之间可测量的相位差。换言之,补偿器设备20的位置向信号10A或12A之一提供必要的相位补偿,而电路14、16中的每一个贡献可忽略的相位误差。

[0031] 具有延迟模块21的补偿器设备20可以用硬件(模拟和/或数字电路)和/或在合适的计算设备(例如数字信号处理器(同样是电路))上可操作的软件来实现。电路还可以包括(而不限于)逻辑阵列和系统级芯片实现,系统级芯片实现在单芯片衬底上集成了计算机或处理数字信号、模拟信号和/或数模混合信号的其他电子系统的一些(如果不是全部)电路和组件。输出信号10A、12A可以由测试环境(其中信号是用分析期间离线的补偿设备20来补偿的)产生,和/或可以在控制环路中实时工作(其中输出信号18(图1)可以用于控制设备)。

[0032] 图3示出了用于通过向经由所选择的频率计算的引导信号应用延迟来实现使用相位补偿的有效加速度补偿的方法40。在步骤42,由例如震动台(shaker table)对换能器和

加速计两者进行震动或加速(由图1中的双箭头44示意性地指示)。动态位移/运动44的特性是其处于或跨越连续或离散改变的多个频率,且在生成惯性误差的方向上。例如,运动44的特性可以是(但不限于):白噪声、粉红噪声、脉冲、阶跃(step)或正弦扫频(sine sweep)。在运动激发44的应用期间,获得在电路14、16处理之前和/或之后的输出信号10A、12A。

[0033] 应当注意的是:步骤42通常是伴随着已知外部校准负载执行的或在已知外部校准负载处执行的。例如,如果换能器10是力换能器,步骤42可以是伴随着零外部校准负载(即未应用力)执行的。同样地,已知外部校准负载可以在某些正负载或负负载处,或如下所讨论,步骤42可以在多个已知外部校准负载处执行。

[0034] 在步骤46,可以用适合由补偿设备20使用的方式来计算或以其他方式生成补偿量。例如,获得与加速计输出信号12A相关的换能器输出信号10A的频率响应函数。图4以在50处的示例图的形式示出了换能器和加速计的相位对频率数据,同时在52处示出了提出的补偿量。图5示出了较窄频率范围上与图4相同的图,其中线50和52实际上是相同的,指示所提出的补偿量52是良好的拟合。返回图3,一般地选择用于优化加速度补偿的频率范围。该频率范围通常应当在系统的最低模态频率以下。

[0035] 在48处计算延迟值。可以根据所选择的频率范围上相位的斜率来计算加速度补偿延迟。例如,如果频率以赫兹(Hz)为单位并且相位以度为单位,则用于补偿相对延迟的值(以秒为单位)是斜率/360。使用如图4和图5中所示的所选频率范围的数据来确定延迟的值。然后,使用延迟模块21将引导信号(力或加速度)延迟相对延迟的绝对值。

[0036] 此外,一般还在49处计算增益校正。例如,增益校正可以是转移函数的DC值或频率范围上的平均值。应当注意的是:根据需要,增益校正可以取决于频率。

[0037] 图6示出了应用于数字信号处理器的补偿量的应用的框图,其中信号10A和12A源于模数转换器54和56。通过将加速度信号(或如步骤48中所确定的延迟加速度信号)乘以在步骤49中所计算的增益校正,来计算补偿信号58。通过将补偿信号58与力信号(或如步骤48中所确定的延迟力信号)相加(求和器60),获得补偿力信号。

[0038] 一般地,相位校正可以应用于正常操作期间输出的测量到的力。该校正可以应用于加速度信号,然后缩放且然后与未补偿的力信号相加,或备选地该校正可以应用于力信号然后与缩放的加速度信号相加,或将两者组合。如果在关注的频率范围中力信号的相位滞后滞后于加速度信号的相位滞后,则可能需要第一提出方法的变形。

[0039] 在如上所述的另一实施例中,步骤42可以在多个已知外部校准负载处执行。因此,除了基于频率的函数之外,还可以基于对换能器12应用的外部负载,来计算或生成补偿量。以此方式,补偿量可以是多维的,其中对换能器输出信号10A和/或加速计输出信号12A的补偿可以基于一个或多个频率范围和一个或多个其他因素(例如外部应用负载、换能器或与其连接的设备的位移、诸如温度等的环境因素等)。

[0040] 在另一实施例中,已知外部校准负载可以具有某些频率内容,并且负载可以由受信(例如精确的)换能器来测量,其输出还用于生成或精细微调补偿量。

[0041] 尽管已经以结构性特征和/或方法行为特定的语言描述了主题,将理解的是:所附权利要求中所限定的主题不一定限于如已经由法院支持的上述特定特征或行为。相反,仅以实现权利要求的示例形式公开了上述特定特征和行为。

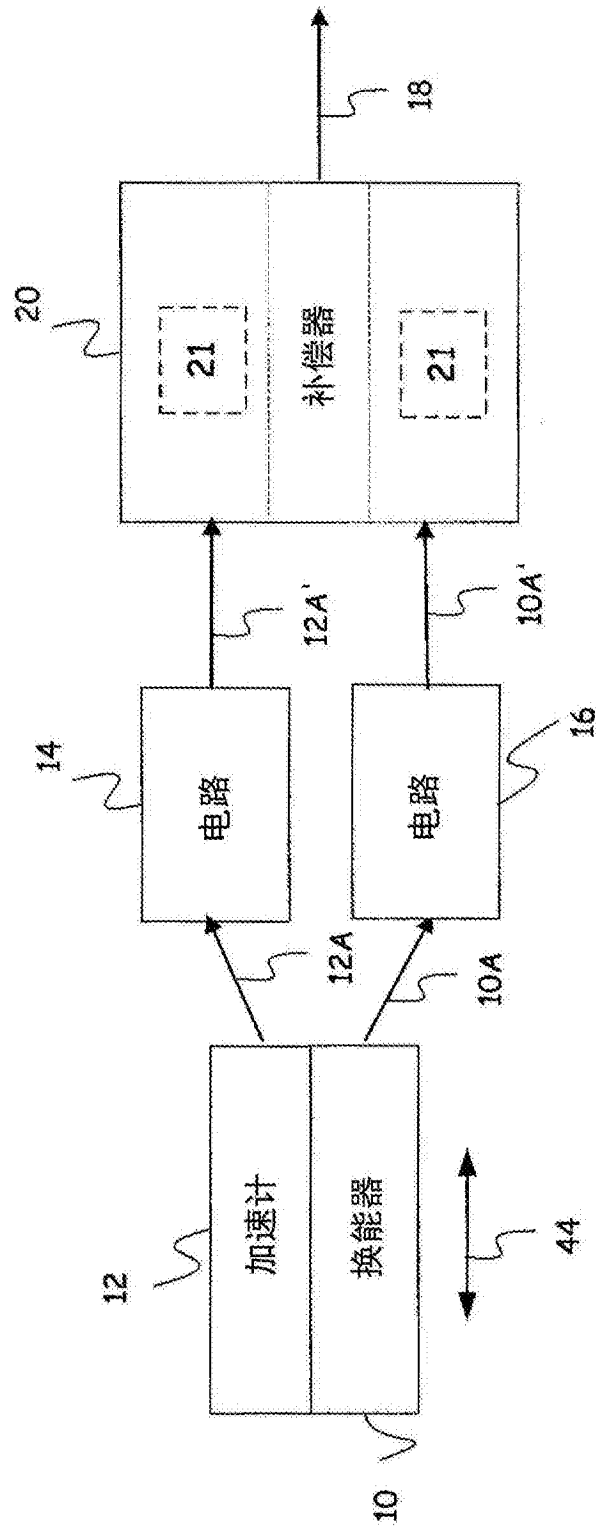


图1

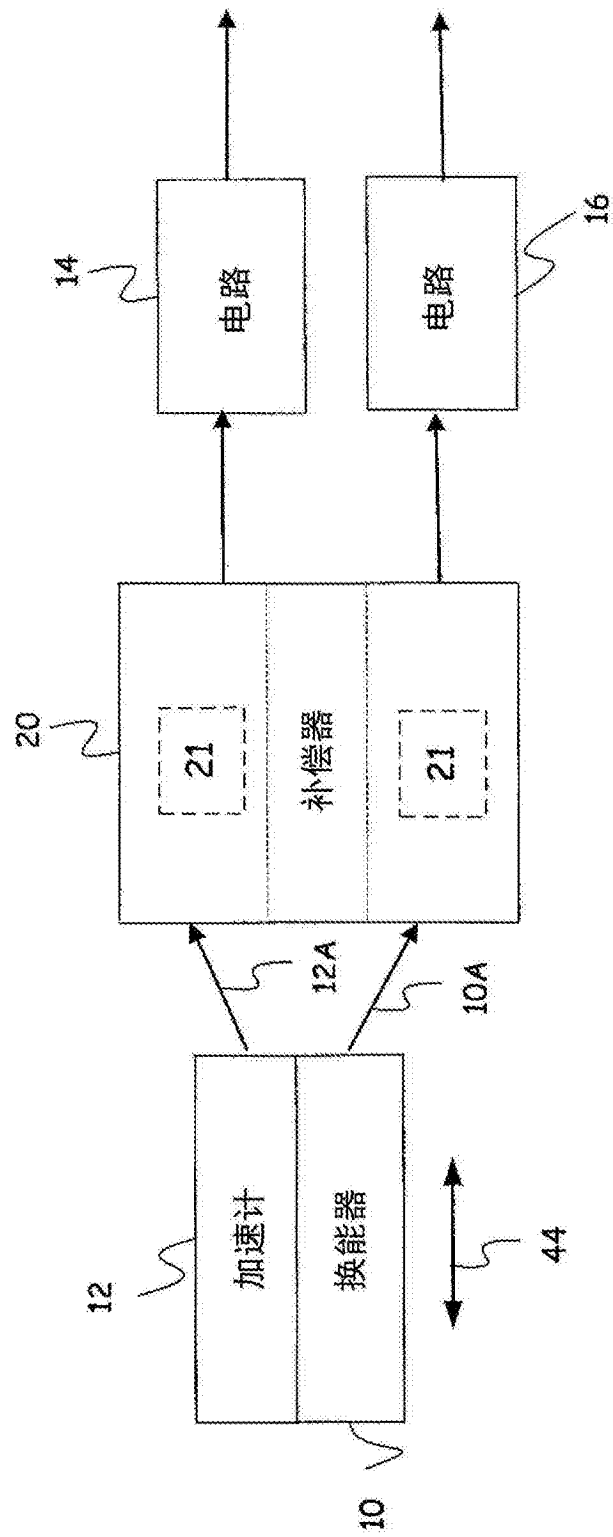


图2

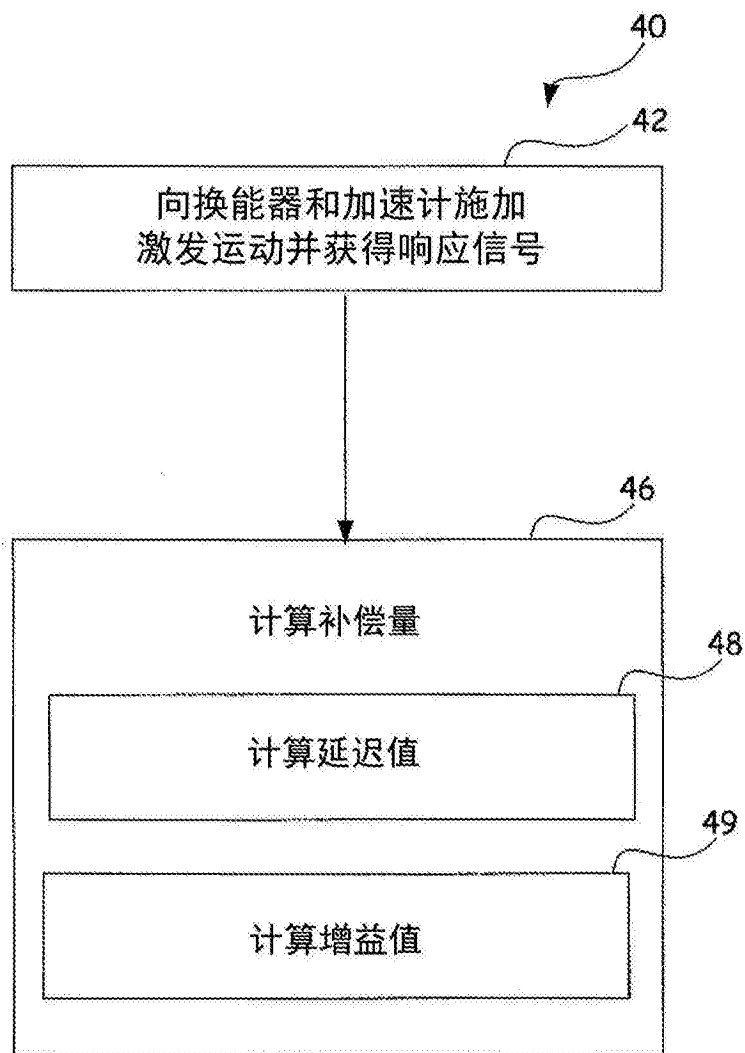


图3

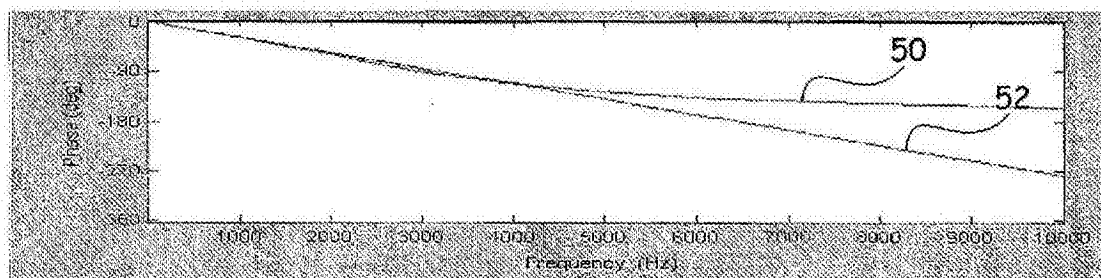


图4

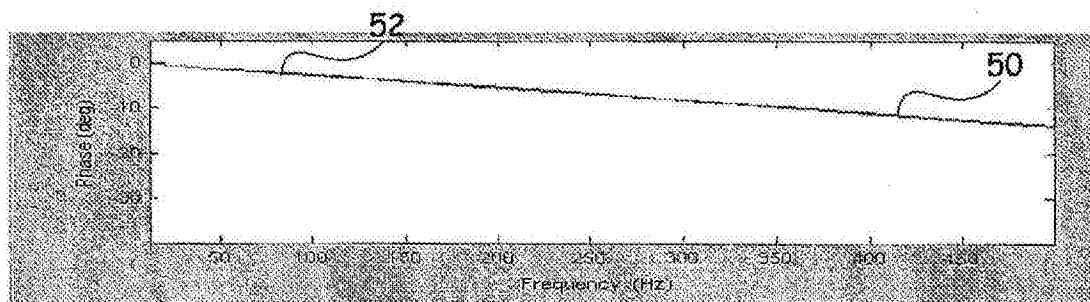


图5

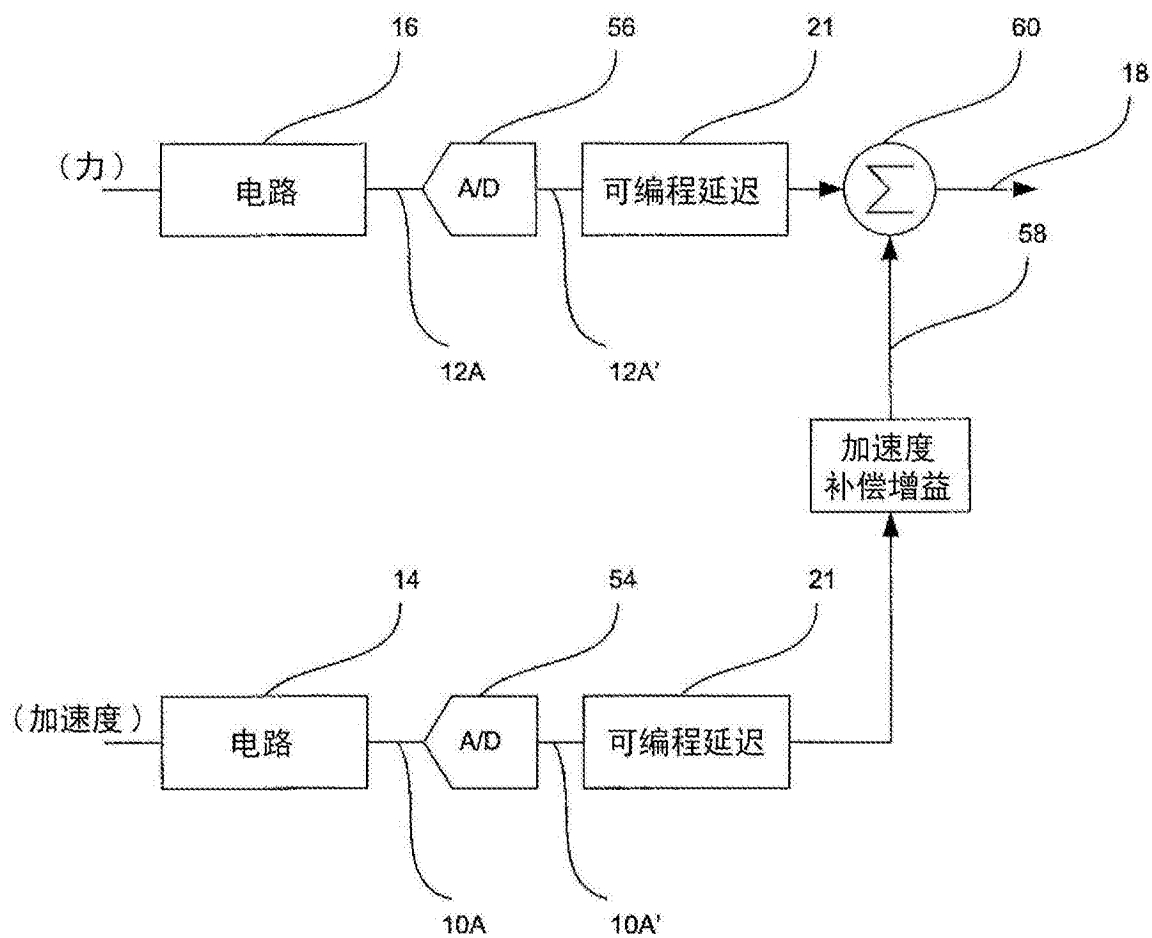


图6