



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104246455 B

(45)授权公告日 2018.01.26

(21)申请号 201380009591.2

(22)申请日 2013.02.18

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104246455 A

(43)申请公布日 2014.12.24

(30)优先权数据
12155835.7 2012.02.16 EP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2014.08.15

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2013/053172 2013.02.18

(87)PCT国际申请的公布数据
W02013/121039 EN 2013.08.22

(73)专利权人 通用电气能源能量变换技术有限公司
地址 英国沃里克郡

(72)发明人 S.I.布拉德利

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 肖日松 谭祐祥

(51)Int.Cl.

G01H 17/00(2006.01)

(56)对比文件

EP 2267871 A1, 2010.12.29,
Carlos Ferreira 等. "sensing methodologies to determine automotive damper condition under vehicle normal operation".《Sensors and Actuators A》.2009,(第156期),第237-244页.

Carlos Ferreira 等. "sensing methodologies to determine automotive damper condition under vehicle normal operation".《Sensors and Actuators A》.2009,(第156期),第237-244页.

David M. Coleman 等. "design of a large, rigid, modular optical bed for versatile optical and spectroscopic experimentation".《Spectrochimica Acta》.1978,第33B卷第127-142页.

审查员 赵令令

权利要求书2页 说明书7页 附图4页

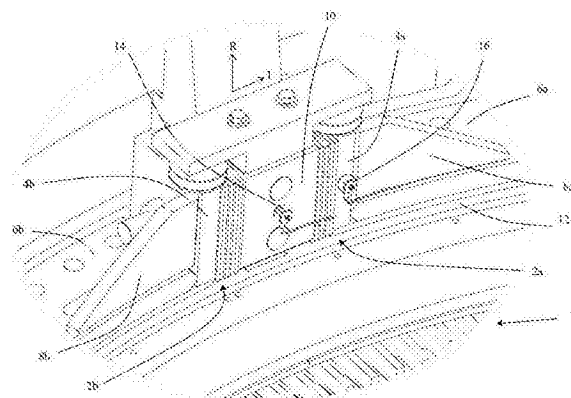
(54)发明名称

防振支架的状态监视

(57)摘要

本发明提供防振支架的状态监视,例如三明治式支架(2a),其中多个弹性层与刚性板交错。使用在一段时间上测量或导出的输入和输出数据确定一组有效性数据。有效性数据指示防振支架(2a)的有效性,特别是动态刚度。输入数据指示(例如从固定所述支架(2a)的相关设备或装备(1))施加到防振支架的输入振动的振幅,输出数据指示防振支架的相应输出振动(例如传递到相关设备或装备的外部支撑框架(12)中的振动)的振幅。使用该组有效性数据,例如通过将使用在不同时间段上采集的输入和输出数据确定的连续组有效性数据相比较,监视防振支架(2a)的操

作状态。



1. 一种监视防振支架 (2a) 的状态的方法, 包括:

通过以下步骤确定指示所述防振支架 (2a) 的有效性的第一组有效性数据:

测量或导出输入数据和输出数据, 所述输入数据指示施加于所述防振支架 (2a) 的输入振动的振幅, 所述输出数据指示所述防振支架 (2a) 的相应的输出振动的振幅, 所述输入和输出数据在第一时间段上进行测量或导出; 以及

使用所述输入和输出数据确定所述第一组有效性数据;

测量或导出所述防振支架 (2a) 的操作温度;

使用测量的操作温度归一化所述第一组有效性数据;

以及

基于所述归一化的第一组有效性数据监视所述防振支架 (2a) 的操作状态;

其中, 所述的第一组有效性数据包括所述防振支架的弹簧特性。

2. 根据权利要求1所述的方法, 其特征在于, 监视所述防振支架 (2a) 的操作状态包括将所述第一组有效性数据中的分量的频率与频率阈值相比较。

3. 根据权利要求1或2所述的方法, 其特征在于, 监视所述防振支架 (2a) 的操作状态包含包括将所述第一组有效性数据中的分量的振幅与振幅阈值相比较。

4. 根据权利要求3所述的方法, 其特征在于, 所述分量是高阶分量。

5. 根据权利要求1所述的方法, 其特征在于, 还包括:

通过以下步骤确定指示所述防振支架 (2a) 的有效性的第二组有效性数据:

测量或导出输入数据和输出数据, 所述输入数据指示施加于所述防振支架 (2a) 的输入振动的振幅, 所述输出数据指示所述防振支架 (2a) 的相应的输出振动的振幅, 所述输入和输出数据在不同于所述第一时间段的第二时间段上进行测量或导出; 以及

使用在所述第二时间段上测量或导出的所述输入和输出数据确定所述第二组有效性数据; 以及

基于所述第一和第二组有效性数据监视所述防振支架 (2a) 的操作状态。

6. 根据权利要求5所述的方法, 其特征在于, 监视所述防振支架 (2a) 的操作状态包括比较和/或外推所述第一和第二组有效性数据。

7. 根据权利要求5或权利要求6所述的方法, 其特征在于, 监视所述防振支架 (2a) 的操作状态包含将所述第一组有效性数据中的分量的频率与所述第二组有效性数据中的相同分量的频率相比较。

8. 根据权利要求7所述的方法, 其特征在于, 监视所述防振支架 (2a) 的操作状态包含将所述第一组有效性数据中的分量的振幅与所述第二组有效性数据中的相同分量的振幅相比较。

9. 根据权利要求8所述的方法, 其特征在于, 所述分量是高阶分量。

10. 根据权利要求9所述的方法, 其特征在于, 还包括:

测量或导出所述防振支架 (2a) 的操作温度; 以及

使用测量的操作温度归一化所述第一和/或第二组有效性数据。

11. 一种用于防振支架的状态监视的装置, 包括:

第一装置 (14), 用于测量或导出指示施加于所述防振支架 (2a) 的输入振动的振幅的输入数据;

第二装置(16),用于测量或导出指示所述防振支架(2a)的相应的输出振动的振幅的输出数据,

温度传感器,以及

处理器单元,所述处理器单元适于使用在第一时间段上测量或导出的输入和输出数据确定指示所述防振支架(2a)的有效性的第一组有效性数据,所述处理器单元适于使用通过所述温度传感器提供的测量的操作温度归一化所述第一组有效性数据,以及基于所述第一组有效性数据监视所述防振支架(2a)的操作状态;

其中,所述的第一组有效性数据包括所述防振支架的弹簧特性。

12.根据权利要求11所述的装置,其特征在于,所述处理器单元适于通过将所述第一组有效性数据中的分量的频率与频率阈值相比较来监视所述防振支架(2a)的操作状态。

13.根据权利要求11或权利要求12所述的装置,其特征在于,所述处理器单元适于通过将所述第一组有效性数据中的分量的振幅与振幅阈值相比较来监视所述防振支架(2a)的操作状态。

14.根据权利要求13所述的装置,其特征在于,所述分量是高阶分量。

15.根据权利要求11所述的装置,其特征在于,所述处理器单元还适于使用在不同于所述第一时间段的第二时间段上测量或导出的输入和输出数据确定指示所述防振支架(2a)的有效性的第二组有效性数据,以及基于所述第一和第二组有效性数据监视所述防振支架(2a)的操作状态。

16.根据权利要求15所述的装置,其特征在于,所述处理器单元适于通过将所述第一组有效性数据中的分量的频率与所述第二组有效性数据中的相同分量的频率相比较来监视所述防振支架(2a)的操作状态。

17.根据权利要求15或权利要求16所述的装置,其特征在于,所述处理器单元适于通过将所述第一组有效性数据中的分量的振幅与所述第二组有效性数据中的相同分量的振幅相比较来监视所述防振支架(2a)的操作状态。

18.根据权利要求17所述的装置,其特征在于,所述分量是高阶分量。

19.根据权利要求15所述的装置,其特征在于,所述处理器单元适于使用通过所述温度传感器提供的测量的操作温度归一化所述第一和/或第二组有效性数据。

20.根据权利要求19所述的装置,其特征在于,所述第一和第二装置包括定位于所述防振支架上或附近的加速度计(14,16)。

21.一种组件,包括:

防振支架(2a);以及

根据权利要求11至20中任一项所述的装置。

22.根据权利要求21所述的组件,其特征在于,所述防振支架(2a)包括与刚性板交错的多个弹性层。

23.根据权利要求21或权利要求22所述的组件,其特征在于,还包括用于旋转电气机器的定子组件(1)和外部支撑框架(12),所述防振支架(2a)定位于所述外部支撑框架(12)和一部分定子组件(1)之间,从而在所述旋转电气机器的操作过程中,所述防振支架承受在所述定子组件(1)的大致切线方向的压缩载荷且承受在所述定子组件(1)的大致径向方向的径向剪切载荷。

防振支架的状态监视

技术领域

[0001] 本发明涉及防振支架的状态监视,特别是在用于支撑旋转电气机器(例如电动机或发电机)定子的悬挂结构中使用的一类防振支架的状态监视。

背景技术

[0002] 三明治式防振支架在工业应用中广为人知。例如,它们可以定位于柴油发动机或发电机组下方,以提供弹性悬挂。典型的三明治式支架包括由定位于两个刚性端板之间的橡胶或聚合物形成的一个或多个弹性层。在一些情况下,刚性板插入相邻的弹性层之间,以增大承载能力。三明治式支架可用于压缩或剪切,或者二者的组合。可认为三明治式支架具有阻尼特性和动态刚度(弹簧)特性。

[0003] 用于旋转电气机器的定子组件在正常情况下将安装在外部支撑框架上。三明治式支架可用于使传递到支撑框架中的振动量降低至最小,有效地使定子组件与支撑框架解耦。更特别地,三明治式支架可定位于外部支撑框架和一部分定子之间,从而在旋转电气机器的操作过程中,它们承受在定子的大致切线方向上的压缩载荷,承受在定子的大致径向方向上的径向剪切载荷。

[0004] 三明治式支架安装在外部支撑框架或结构内部,这使得难以视觉检查或监视它们的状态。因此需要一种改进的状态监视方法。

发明内容

[0005] 本发明提供防振支架的状态监视,包括以下步骤:通过以下步骤确定指示防振支架的有效性的第一组有效性数据:测量或导出输入数据和输出数据,所述输入数据指示(例如从固定支架的相关设备或装备)施加于防振支架的输入振动的振幅,所述输出数据指示防振支架的相应的输出振动(例如传递到相关设备或装备的外部支撑框架中的振动)的振幅,所述输入和输出数据在第一时间段上进行测量或导出;以及使用输入和输出数据确定第一组有效性数据;以及基于第一组有效性数据监视防振支架的操作状态。

[0006] 可以仅从第一组有效性数据获得关于防振支架的操作状态的重要和有用信息,即基于仅在第一时间段上提供的输入和输出数据。不是总需要比较有效性数据与连续组的有效性数据。但是,在一个示例中,通过比较使用在不同时间段上采集的输入和输出数据确定的连续组有效性数据,可以监视支架的操作状态。以时间间隔周期性地确定连续组有效性数据,然后比较连续组有效性数据与一个或多个先前组有效性数据(其通常存储在例如适当的存储器中),从而可以识别支架的动态刚度的任何退化。更特别的,状态监视还可以包括以下步骤:通过以下步骤确定指示防振支架的有效性的第二组有效性数据,这是通过测量或导出输入数据和输出数据来确定的,所述输入数据指示施加于防振支架的输入振动的振幅,所述输出数据指示防振支架的相应的输出振动的振幅,输入和输出数据在不同于第一时间段的第二时间段上进行测量或导出。在第二时间段上测量或导出的输入和输出数据可用于确定第二组有效性数据。然后,基于第一和第二组有效性数据执行支架操作状态的

监视。通过类似方式可以确定其他组有效性数据。在另一个示例中,可以处理或分析第一组有效性数据,以发现支架是否满足动态刚度或其他操作特性的最低要求。

[0007] 总体来说,可以理解输入振动和对应的输出振动的振幅之间的关系取决于防振支架在最小化振动传递方面多么有效。换言之,如果防振支架正确操作,那么由于防振支架提供的阻尼效应,输出振动的振幅应显著小于输入振动的振幅。防振支架的有效性通常会随时间降低,本发明提供无需视觉检查而监视有效性的有用方法,其还能够预测支架的使用寿命。

[0008] 可以在防振支架上或者附近承受输入和输出振动的适当位置处安装传感器(通常是高频加速度计)。传感器可以物理集成在防振支架中,或者安装到固定防振支架的外部支撑框架和相关设备或装备的部件上。能够从提供加速度或振幅测量值等数据的传感器获得或导出状态监视所必需的输入和输出数据。例如,用于对加速度测量值进行滤波和处理的电子设备可以进行必要的整合。传感器可以通过适当的有线(例如使用电缆)或无线设置连接至外部电子装备或仪器。通常在输入振动施加于支架的时间段上采集输入和输出数据,例如在引起输入振动的相关设备或装置操作时。在实践中,当施加输入振动时连续或者仅在一些时间段中采集输入和输出数据。在输入和输出数据被适当的处理器单元使用以确定有效性数据之前,输入和输出数据可以被保存(例如在适当的存储器中)。测量或导出输入和输出数据以确定每组有效性数据的时间段可以是离散或者重叠的。在输入和输出数据被可选的转换到其他域中之前(典型但不排它的,频域),可以在时域中采集输入和输出数据,转换使用任何适当的变换(例如快速傅里叶变换FFT,小波变换或改进希尔伯特变换)以进行进一步处理。

[0009] 防振支架的有效性将取决于其阻尼及其动态刚度。在防振支架的使用寿命中,例如蠕变和疲劳将导致有效性退化。防振支架的动态刚度将取决于输入振动的频率和振幅(或位移),还取决于防振支架的操作温度。动态刚度与输入振动的频率具有非线性关系,且取决于随着防振支架的操作状态变化的内部共振、驻波和质量效应。动态刚度还取决于振幅这一事实意味着输入和输出振动之间的关系将取决于每个输入振动的振幅,例如防振支架对于具有较小振幅的输入振动具有较大的动态刚度,对于具有较大振幅的输入振动具有较小的动态刚度。

[0010] 在一个时间段上施加于防振支架的输入振动通常具有几个频率分量。输出振动也将具有几个频率分量,其中一些频率分量与输入振动的频率分量相同,但是由于防振支架的阻尼效应而具有不同的振幅,但是其他分量可由防振支架本身的动态刚度引入。例如,输出振动可包括由于质量效应和/或驻波效应而由防振支架引入的频率分量,其中质量效应取决于支架中的弹性材料(例如橡胶或聚合物层)的固有频率。这些高阶频率效应对于监视防振支架物理特性的长期退化特别有用,例如在弹性层中的基础聚合物损坏的情况下。

[0011] 如果在特定时间段上采集的输入和输出数据被转换到频域内,那么输入和输出振动的频率分量可以被选择性的分离。可以使用输入和输出数据的一个或多个频率分量导出有效性数据。(如果输入和输出数据被转换到如上所述频域以外的其他域中,那么在该转换域中输入和输出振动的分量可以被选择性的分离并用于导出有效性数据。以下提到的输入和输出数据的频率分量应被理解为表示可适用的任何其他转换域中的分量)。在一个示例中,仅一个频率分量处的输入和输出数据可以被分离然后用于确定针对采集输入和输出数

据的特定时间段上的一组有效性数据。如果防振支架用于将旋转电气机器(例如电动机或发电机)的定子组件与外部支撑框架解耦,那么所选择的频率分量可以是电极通过频率——其等于转差频率乘以电气机器的电极数——或者是例如定子椭圆形频率(ovalling frequency)。但是,更典型的是使用输入和输出数据的多个频率分量或者甚至是整个频谱来确定有效性数据,特别是,使得由防振支架引入的额外效应被考虑在内。

[0012] 容易理解,可以按时间间隔执行对输入和输出数据的处理,以导出连续组有效性数据。这些时间间隔可以是固定的和/或考虑其他因素,例如振动输入的振幅。例如,可以每小时一次或者每天一次执行处理以导出有效性数据——可选的使用从执行上次处理事件开始连续采集的输入和输出数据——或者在严重的瞬态事件之后,在测量防振支架的有效性可能有用时,以免防振支架已经被损坏。如果使用固定的时间间隔,那么可以根据防振支架的使用环境设置处理事件之间的时间。例如,如果支架正用于支撑系统的关键设备,那么处理事件之间较短的时间是优选的。

[0013] 使用输入和输出数据来确定防振支架的有效性利用其固有的动态刚度,而不必直接测量或计算刚度模型。当防振支架随着其使用寿命而退化时,由于支架引入共振,输出振动的振幅将接近在有些情况下甚至可能超过输入振动。防振支架的有效性包括作为复杂表达式的阻尼和动态刚度。支架中的损坏或缺陷对较高阶频率分量的影响通常大于一阶频率分量,且整体影响将引起整个频率范围上有效性的降低。在本文中使用的术语“较高阶频率分量”或“较高阶分量”指代有效性数据中除一阶分量以外的一个或多个频率分量。如其他部分指出的,阻尼的变化主要反映在特定分量的振幅和形状的变化中(例如减小的阻尼导致较窄的尖峰,反之亦然),而刚度的变化主要反映在特定分量的频率变化中。

[0014] 可以从一个或多个频率处输入数据和输出数据之间的关系导出防振支架的有效性数据。例如,作为频率函数的有效性数据E可由公式确定:

$$[0015] \quad E(f) = \frac{(A_{out}(f) - A_{in}(f))}{A_{in}(f)} \quad (EQ1)$$

[0016] 其中:

[0017] A_{in} 是指施加于支架的输入振动的振幅的输入数据,以及

[0018] A_{out} 是指输出振动的振幅的输出数据。

[0019] 如上所述,使用输入和输出数据的整个频谱或仅使用频谱内的一个或多个频率分量或尖峰可以导出有效性数据。在仅使用输入和输出数据的一个频率分量的情况下,有效性数据可以表述为一数值,其代表针对该频率分量以及针对采集输入和输出数据的时间段的支架的阻尼和动态刚度。如果使用输入和输出数据的多于一个频率分量或者整个频谱,那么有效性数据可以表述为频率的函数。或者,可以执行进一步的处理(例如平均步骤),从而有效性数据可以表述为一数值,其代表针对所选择的特定频率分量以及针对采集输入和输出数据的时间段的支架的阻尼和动态刚度。输出数据和有效性数据之一或二者的频谱内的一个或多个尖峰的振幅的变化可以归因于防振支架所提供的阻尼的变化。一个或多个尖峰的形状的变化可以归因于阻尼的变化。还可以看出输出数据和有效性数据之一或二者的频谱内的一个或多个尖峰的频率如何随着支架的使用寿命变化。这种变化可以归因于防振支架的动态刚度的变化。一个示例是代表驻波频率的频率分量的变化,驻波频率经常提供关于防振支架的物理状态的有用信息。例如,通过对输出数据或有效性数据的频谱应用峰

值检测函数或者改进希尔伯特变换,可以监视一个或多个频率分量的变化。因此容易理解通过监视不同频谱内的一个或多个分量的振幅和频率之一或二者的变化可以获得关于防振支架的有效性的信息。

[0020] 一旦已经确定了针对特定时间段的有效性数据,那么其可用于防振支架的状态监视。例如,如果一个或多个频率分量的振幅和/或频率与阈值比较,那么仅从第一组有效性数据就可以获得关于防振支架的操作状态的重要信息。可以预测,在防振支架的使用寿命期间有效性将降低,因此可以对现有的有效性数据进行外推,用其预测支架什么时候可能需要维修或更换。通过例如注意连续组有效性数据中的阶跃变化,还可以监视来自于严重瞬态事件的损坏。如果考虑额外的效应,例如由防振支架产生的内部共振、驻波和质量效应,那么它们对于评估可能指示损坏的支架中的解体、孔隙和裂缝特别有用。

[0021] 在一种设置中,防振支架包括与刚性板交错的多个弹性层。弹性层可由任何适当的材料制成,例如橡胶、橡胶混合物或聚合物。类似的,刚性板可由适当的材料制成,虽然刚性板金属(例如钢)通常是优选的。在使用中,防振支架将通常具有施加压缩载荷分量所沿的压缩轴和一对正交的剪切轴。剪切载荷分量可以沿着取决于外部支撑框架或结构的整体设计的剪切轴之一或二者施加在防振支架上。压缩轴将通常大致垂直于不同弹性层与交错的刚性板的平面,剪切轴将通常大致平行于不同弹性层与交错的刚性板的平面。

[0022] 如果防振支架布置于旋转电气机器的定子组件和外部支撑框架之间,那么防振支架将通常定位为其压缩轴(即垂直于弹性层与交错的刚性板的平面的轴)大致与定子的切线对齐,且其一个剪切轴大致与定子的半径对齐。在这种情况下,重要的阻尼和动态刚度是针对压缩载荷的阻尼和动态刚度。

[0023] 确定有效性数据的步骤还可以考虑支架的操作温度,因为这影响动态刚度。换言之,防振支架的有效性数据可以针对操作温度进行“归一化”。在一个示例中:

$$[0024] \quad E_n(f) = E(f) k_t k_a \quad (EQ2)$$

[0025] 其中:

[0026] $E_n(f)$ 是归一化的有效性数据,

[0027] k_t 是针对温度调整的系数,以及

[0028] k_a 是针对振幅调整的系数。

[0029] 在防振支架布置于旋转电气机器的定子组件和外部框架之间的情况下,例如可以使用温度传感器测量定子温度或者空气流动温度。对于一般的监视目的,温度传感器通常布置在任何电气机器中的不同位置处,当导出有效数据时,测量值可以简便地由处理器单元使用。可以使用任何适当的温度传感器。当防振支架的测量或导出的操作温度在预定温度范围内时,可以进行输入和输出数据的处理以导出第一组(或连续多组)有效性数据。这可以免除针对温度归一化有效性数据的要求。

[0030] 本发明还提供一种用于防振支架的状态监视的设备,包括:第一装置,用于测量或导出指示施加于防振支架的输入振动的振幅的输入数据;第二装置,用于测量或导出指示防振支架的相应的输出振动的振幅的输出数据,以及处理器单元,所述处理器单元适于使用在第一时间段上测量或导出的输入和输出数据确定指示防振支架的有效性的第一组有效性数据;以及基于第一组有效性数据监视防振支架的操作状态。

[0031] 处理器单元还适于使用在不同于第一时间段的第二时间段上测量或导出的输入

和输出数据确定指示防振支架的有效性的第二组有效性数据,以及基于第一和第二组有效性数据监视防振支架的操作状态。通过如上所述的类似方式,可以确定其他组有效性数据。

[0032] 组件可包括防振支架和上述设备。

[0033] 组件还可包括用于旋转电气机器的定子组件和外部支撑框架,防振支架定位于外部支撑框架和一部分定子组件之间,从而在旋转电气机器的操作过程中,防振支架承受在定子组件的大致切线方向的压缩载荷且承受在定子组件的大致径向方向的径向剪切载荷。

附图说明

[0034] 图1显示用于旋转电气机器的一部分定子组件的透视图,旋转电气机器通过三明治式防振支架固定至外部支撑框架,根据本发明监视防振支架的状态;

[0035] 图2显示作为时间函数的加速度数据;

[0036] 图3显示作为频率函数的加速度数据;

[0037] 图4显示作为频率函数的归一化有效性数据;

[0038] 图5显示支架的动态刚度如何随施加到支架的输入振动的振幅而变化;

[0039] 图6显示支架的动态刚度如何随支架的温度而变化;

[0040] 图7显示如何比较归一化的有效性数据以提供支架的状态监视。

具体实施方式

[0041] 图1显示用于旋转电气机器(例如电动机或发电机)的一部分定子组件1。

[0042] 外部支撑框架定位于定子组件1的外部。定子组件的每个轴端在分离的安装位置处间接连接至外部支撑框架的结构构件,安装位置典型地围绕定子组件的圆周间隔开。

[0043] 每个安装位置包括一对并排支架2a和2b。当转子(未显示)在定子组件1内部沿着第一方向旋转时,每对支架中的一个支架承受增大的压缩载荷,当转子沿着相反方向旋转时,每对支架中的另一个支架承受增大的压缩载荷。第一三明治式防振支架2a包括刚性端部支撑构件,其包括反应板4a、安装板6a和支撑托架8a。类似的,第二三明治式防振支架2b包括刚性端部支撑构件,其包括反应板4b、安装板6b和支撑托架8b。安装板6a、6b包括开口,从而能使端部支撑构件通过螺栓机械固定至外部支撑框架12的在圆周上间隔的部分。

[0044] 刚性中间支撑构件10定位于第一支架2a和第二支架2b之间,并机械固定至定子组件1。

[0045] 第一支架2a和第二支架2b具有与两个中间刚性板交错的三个弹性层。弹性层和交错的刚性板定位于反应板4a和4b之间,并且反向面对中间支撑构件10的表面,如图1所示。

[0046] 很容易理解,定子组件1和外部支撑框架12之间没有直接的物理连接。更特别的,在每个安装位置,定子组件1和外部支撑框架12的结构构件之间的间接连接是通过第一支架2a和第二支架2b的中间支撑构件10和端部支撑构件实现的。定子组件1和外部支撑框架12之间沿径向方向(R)的任何相对运动被并排支架承受为沿其径向剪切轴的径向剪切载荷,定子组件和外部支撑框架之间沿切线方向(T)的任何相对运动被并排支架之一承受为增大的压缩载荷(即大于稳定状态压缩载荷的压缩载荷),并被另一个支架承受为小于稳定状态压缩载荷的减小的压缩载荷。

[0047] 在使用中,支架2a、2b通过中间支撑构件10接收来自于定子组件1的瞬态压缩载荷

形式的输入振动,且这些振动被传递到外部支撑框架12中。第一高频加速度计14安装在中间支撑构件10上,并提供指示施加到第一支架2a上的输入振动的加速度数据。第二高频加速度计16安装在第一支架2a的反应板4a上,并提供指示输出振动(即通过支架传递到外部支撑框架12的振动)的加速度数据。虽然没有显示,但是可以在第二支架2b的反应板4b上安装第三高频加速度计,以提供第二支架的状态监视。还容易理解,加速度计14、16可以安装在定子组件和外部支撑框架上的其他位置,也可以物理包含在实际支架内部。

[0048] 加速度计14、16通过电缆连接至处理器单元(未显示)。来自于加速度计14、16的输入和输出数据被提供至处理器单元,处理器单元执行用于确定第一支架2a的状态监视的处理。处理器单元可以是独立单元或者可以与用于一般监视和/或电气机器控制的处理器单元集成。

[0049] 下面将更详细的解释确定第一支架2a的有效性的过程以及如何使用该过程监视其操作状态。

[0050] 图2显示在0.02s的时间段上从两个加速度计14、16接收的原始加速度数据。在实践中,加速度数据通常是在电气机器正在操作时在更长的时间段上进行获取的,并被存储在适当的存储器中直到其被处理。可以看出由于第一支架2a对于压缩载荷的阻尼效应,输入振动 A_{in} 的振幅(即由安装在中间支撑构件10上的第一加速度计14提供的加速度数据)远远大于相应的输出振动 A_{out} (即由第二加速度计16提供的加速度数据)的振幅。

[0051] 图3显示使用适当的变换将加速度数据从时域转换到频域之后的加速度数据。可以看出,防振支架在特定频率(例如大约6至12Hz之间)对于最小化振动的传递特别有效。这在图4中也可以看出,下面将更详细的描述图4。

[0052] 图4显示从加速度数据导出的归一化有效性数据。作为频率函数的归一化有效性 E_n 可由方程确定:

$$[0053] \quad E_n(f) = \left(\frac{(A_{out}(f) - A_{in}(f))}{A_{in}(f)} \right) k_t k_a \quad (EQ3)$$

[0054] 其中:

[0055] A_{in} 是施加到第一支架2a的输入振动的加速度数据,

[0056] A_{out} 输出振动的加速度数据,

[0057] k_t 是针对温度调整的系数,以及

[0058] k_a 是针对振幅调整的系数。

[0059] 如上所述,第一支架2a的有效性将取决于其阻尼及其动态刚度。其动态刚度又取决于输入振动的振幅和支架的操作温度。图5和6分别显示动态刚度如何随振幅和温度变化。温度系数 k_t 可以基于由定位于第一支架2a上或附近的温度传感器(未显示)提供的测量温度。因此,图4中显示的有效性数据针对90℃的操作温度和大约1%的振幅进行“归一化”。

[0060] 然后通过比较在各时间间隔周期性确定的有效性数据可以监视第一支架2a的操作状态。

[0061] 图7显示使用加速度数据确定的连续组的归一化有效性数据,加速度数据是在第一支架2a安装在定子组件中时以及在1年、2年、5年和10年的使用寿命之后采集的。例如,可以在支架第一次安装时针对特定时间段采集加速度数据,这用于确定图7中标记为“ $E_{n新}$ ”的第一组有效性数据。然后,在1年的使用寿命之后针对特定时间段采集加速度数据,这用

于确定图7中标记为“En1年”的第二组有效性数据。然后,在2年的使用寿命之后针对特定时间段采集加速度数据,这用于确定图7中标记为“En2年”的第三组有效性数据。然后,在5年的使用寿命之后针对特定时间段采集加速度数据,这用于确定图7中标记为“En5年”的第四组有效性数据。最后,在10年的使用寿命之后针对特定时间段采集加速度数据,这用于确定图7中标记为“En10年”的第五组有效性数据。

[0062] 如果比较各组有效性数据,那么可以看出,由于第一支架2a的物理退化,其有效性总体上降低。例如,在大约8Hz的频率处有效性的降低可归因于形成支架弹性层的基础聚合物由于老化而损坏,即阻尼效应退化。在大约1250Hz的频率处有效性的降低可归因于第一支架2a在其使用寿命期间遭受破坏,这改变了其动态响应。此外,除了代表有效性数据中的各个频率分量的尖峰振幅减小,还可以看出尖峰的形状和频率随着第一支架2a的使用寿命而变化。尖峰频率的变化通常是第一支架2a的动态刚度变化的结果,而尖峰振幅和形状的变化通常是阻尼变化的结果。

[0063] 可以通过这种方式监视有效性的降低,而不需要视觉检查或监视支架的状态。可以使用现有的有效性数据对支架未来的有效性进行外推,以预测什么时候第一支架2a需要维修或更换。例如,如果由于阻尼效应的退化,特定分量的振幅可能降低到特定振幅阈值以下或者一些其他最低操作状态被超过,或者如果由于动态刚度的退化特定分量的频率(例如由驻波或质量效应引起的有效性数据中的尖峰)可能超过特定频率阈值,第一支架2a可能需要维修或更换。可以安排第一支架2a的更换,以与电气机器的例行维护一致,从而可以使非操作时间最小。

[0064] 还可以通过处理或分析单组有效性数据提供第一支架2a的状态监视,即不必将其与现有的有效性数据进行比较或者试图外推支架未来的有效性。在图7所示的多组有效性数据的情况下,每组都可以被处理以发现第一支架2a是否满足例如阻尼或动态刚度的最低要求。这可以通过将阈值应用于归一化有效性数据而实现。在一个示例中,如果在大约8Hz频率处的归一化有效性的振幅降低到阈值0.50以下,那么可以采取步骤安排支架的维修或更换。在这种情况下,可以看出在10年的使用寿命之后采集的第五组有效性数据将大约为该阈值,从而应该在第一支架2a遭受形成弹性层的基础聚合物进一步破坏之前更换第一支架2a。类似的阈值还可以应用于大约1250Hz的频率处,其提供第一支架2a使用寿命期间在第一支架2a的正常操作过程中引起的破坏的指示。

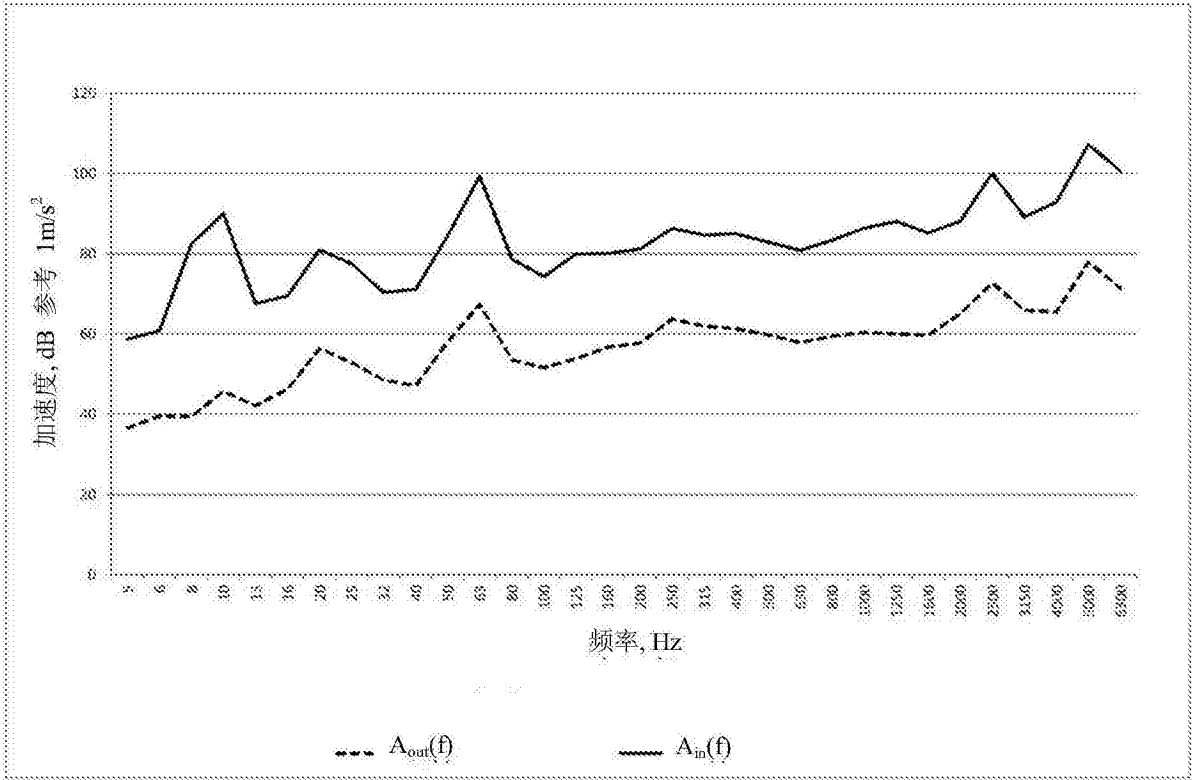


图3

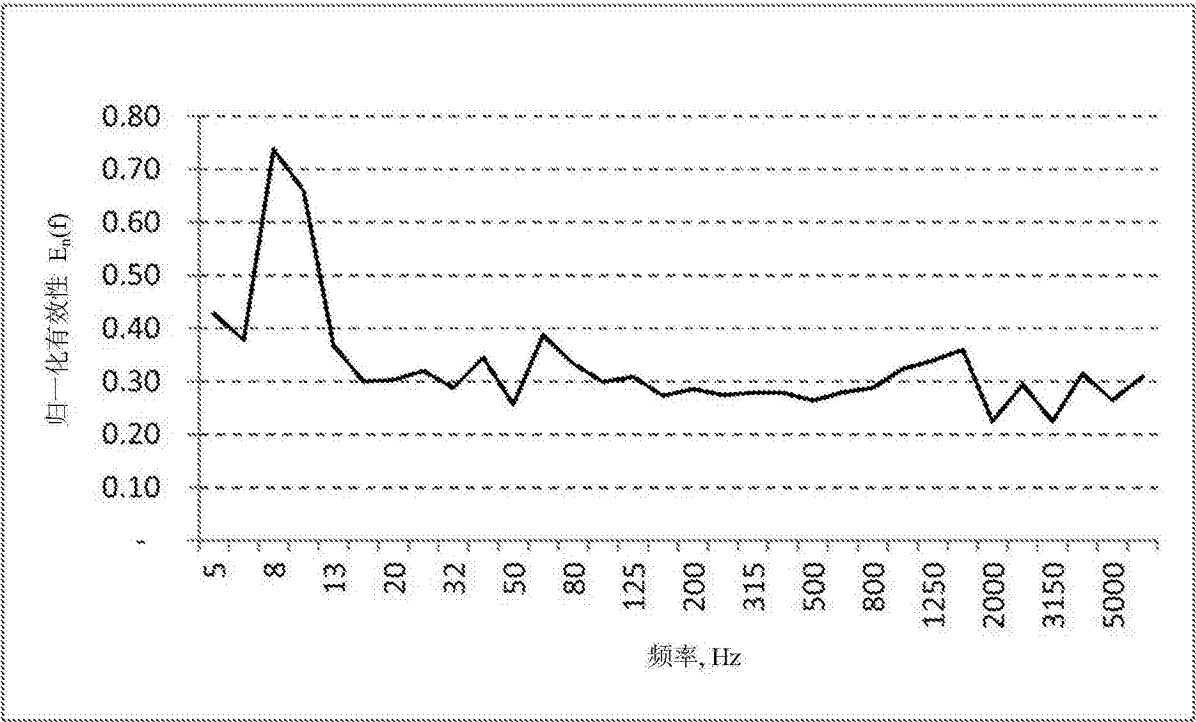


图4

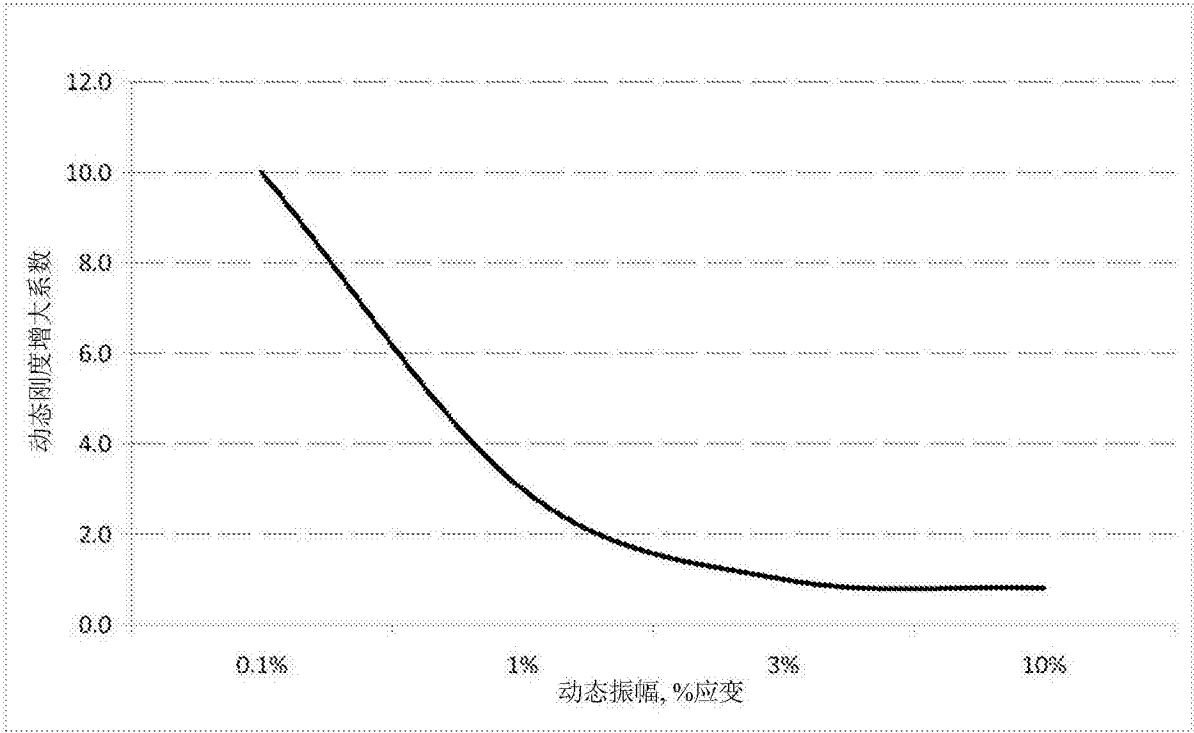


图5

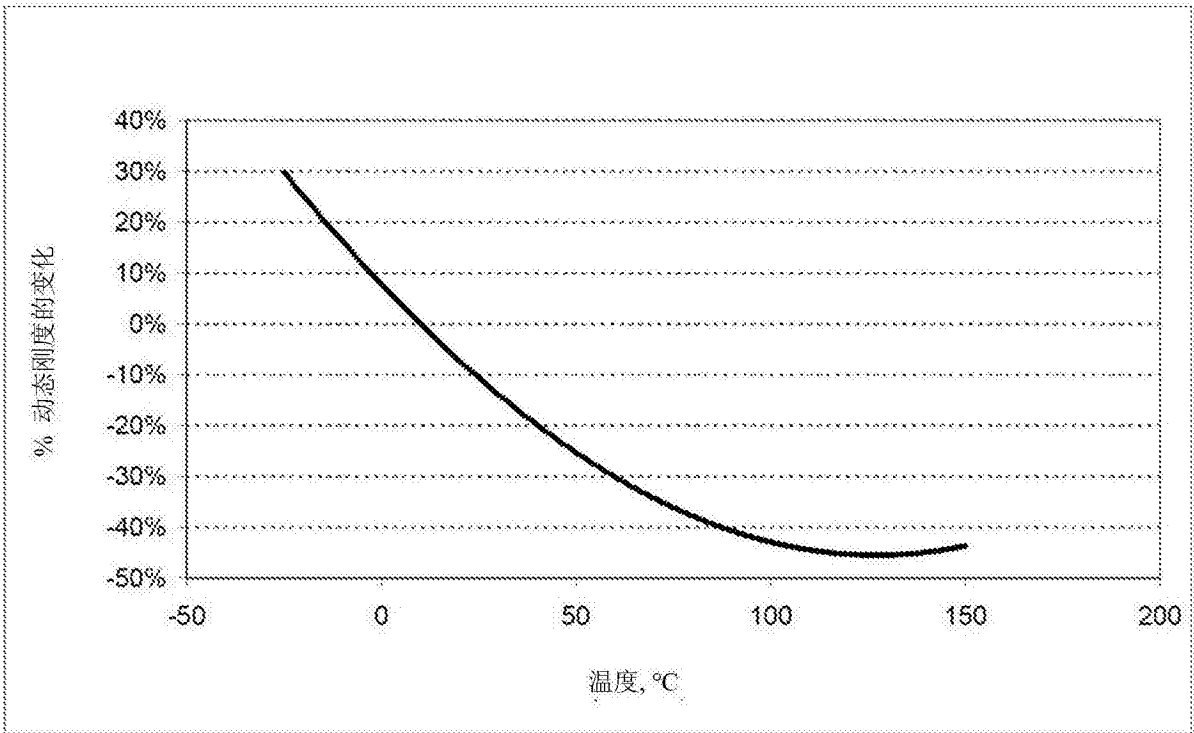


图6

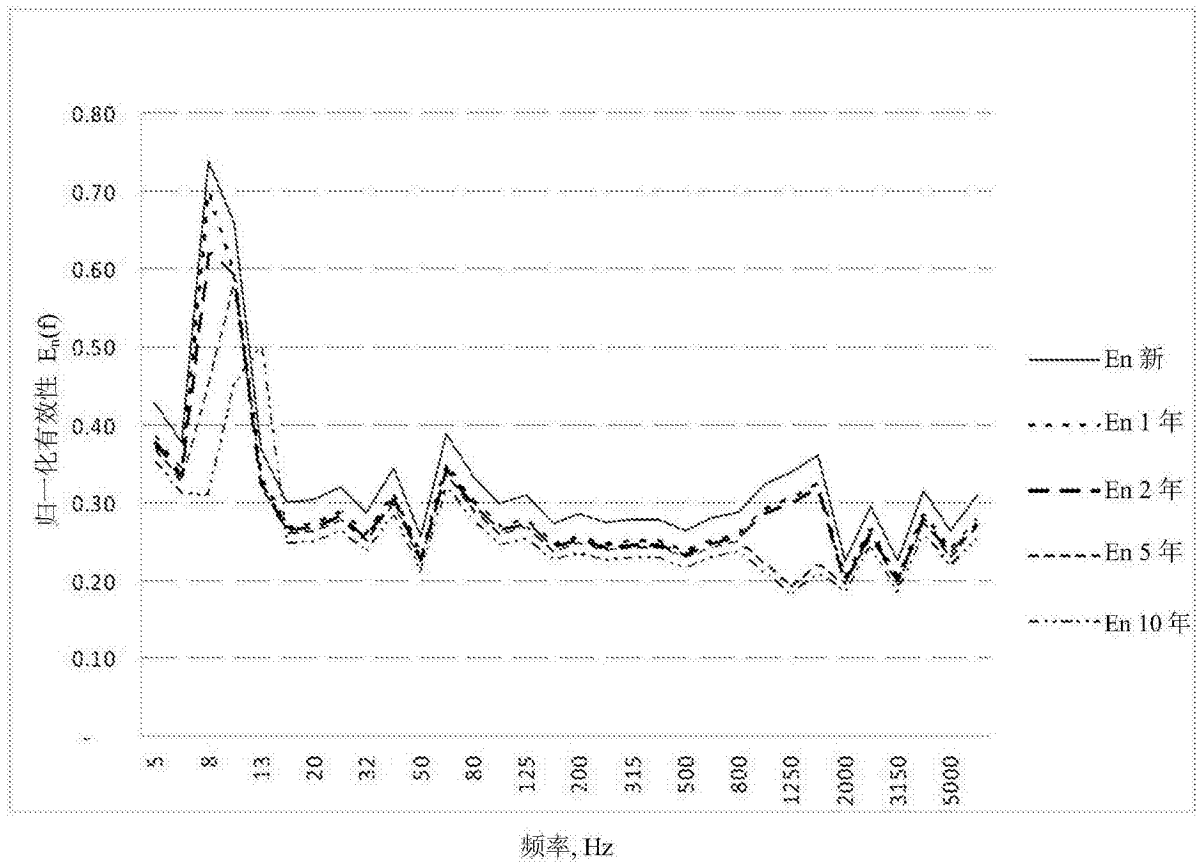


图7