



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105510031 B

(45)授权公告日 2020.06.12

(21)申请号 201510916311.7

(22)申请日 2015.10.13

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105510031 A

(43)申请公布日 2016.04.20

(30)优先权数据
1418058.2 2014.10.13 GB

(73)专利权人 斯凯孚公司
地址 瑞典哥德堡

(72)发明人 A·汤姆森

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105
代理人 葛飞

(51)Int.Cl.

G01M 13/04(2019.01)

(56)对比文件

CN 103502785 A,2014.01.08,
CN 103502785 A,2014.01.08,
US 2011/0125419 A1,2011.05.26,
US 5952587 A,1999.09.14,
US 2007/0074587 A1,2007.04.05,
US 2013/0233081 A1,2013.09.12,
CN 1401971 A,2003.03.12,

审查员 李倩敏

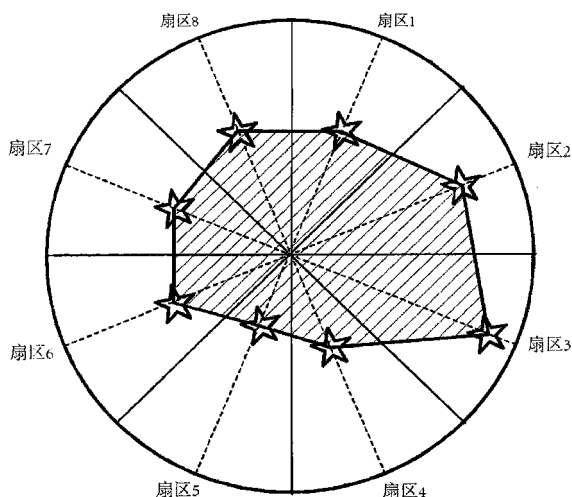
权利要求书1页 说明书6页 附图7页

(54)发明名称

用于检测滚子轴承内载荷分布的方法和数据处理装置

(57)摘要

一种用于检测滚子轴承内载荷分布的方法,滚子轴承具有至少一系列滚子和连接到第一圈的应变传感器,其中该第一圈构造为相对于第二圈旋转。提出的方法包括以下步骤:检测从应变传感器中获得的滚子载荷诱导应变信号中的波峰高度和波峰位置;和计算作用在该第二圈的至少一个角度范围上的载荷,该计算利用落入所述角度范围内的若干波峰位置的波峰高度。



1. 一种用于检测滚子轴承内载荷分布的方法,所述滚子轴承具有至少一系列滚子和连接到第一圈的应变传感器,其中所述第一圈构造为相对于第二圈旋转,其特征在于,

所述方法包括以下步骤:

a. 检测从该应变传感器中获得的滚子载荷诱导应变信号中的波峰高度和波峰位置;和
b. 使用从附接到所述第一圈的应变传感器获得的峰值高度和波峰位置来计算作用在所述第二圈的一个角度范围上的载荷。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,计算作用在至少一个角度范围上的载荷的步骤包括计算在所述角度范围内的波峰高度的中值。

3. 如权利要求2所述的方法,其特征在于,还包括输出数组的步骤,所述数组包含为所述第二圈的每个扇区计算得到的所述中值。

4. 如前述权利要求1至3其中之一所述的方法,其特征在于,为覆盖所述第二圈完整圆周的若干同尺寸扇区计算载荷数值。

5. 如前述权利要求1至3其中之一所述的方法,其特征在于,所述方法包括下列步骤:

a. 高通或带通过滤所述应变信号;
b. 确定已高通过滤的应变信号的零交点;
c. 将波峰位置确定为所述信号相邻零交点之间的中点;和
d. 利用波峰位置处的滚子载荷诱导应变信号确定波峰高度。

6. 如权利要求5所述的方法,其特征在于,所述方法进一步包括下列步骤:

a. 确定所述应变信号波峰的波峰高度和波峰位置;
b. 确定所述应变信号中波谷的波谷深度和波谷位置;
c. 将所述波峰高度和波谷深度分别与预定的阈值进行比较;和
d. 仅当波峰与它的相邻波峰之间的相关波峰高度和波谷深度低于各自的阈值时,才在确定载荷分布的步骤中利用所述波峰高度。

7. 如权利要求5所述的方法,其特征在于,所述方法进一步包括以下步骤:确定线性函数的斜率,所述线性函数连接所述零交点和跟随所述零交点的波峰的波峰高度;以及如果所述斜率达不到预定最小斜率,则出于确定载荷分布的目的舍弃所述波峰。

8. 如前述权利要求1至3其中之一所述的方法,其特征在于,所述方法进一步包括将所述滚子载荷诱导应变信号映射到与所述第二圈上的角位置有关的角度依赖信号的步骤。

9. 一种数据处理装置,所述装置包括用于接收滚子载荷诱导应变信号的至少一个界面,其中所述数据处理装置实施根据前述权利要求1至8其中之一的方法。

10. 根据权利要求9所述的数据处理装置,还包括无线发射器,其构造为与滚子轴承连接。

11. 一种滚子轴承,其配备有用于捕获滚子载荷诱导应变信号的至少一个应变传感器和根据权利要求9或10的数据处理装置。

用于检测滚子轴承内载荷分布的方法和数据处理装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于检测滚子轴承内载荷分布的方法和数据处理装置,以及配备有这种数据处理装置的滚子轴承。

背景技术

[0002] 出于多种目的,可靠检测滚子轴承内的载荷分布都很重要,这些目的包括控制轴承在其中工作的机器,改动和创建轴承的维护计划等。这尤其适用于在非常复杂的机器内工作的轴承,在这些复杂机器内必须避免轴承故障。对于大型滚子轴承而言,例如用于风力涡轮机的轴承,出于远程控制和监控目的,轴承载荷检测很有价值。

发明内容

[0003] 本发明的目的是提供一种方法和一种数据处理装置,能可靠检测作用在轴承的至少一个角范围上而非作用在所述范围内配备有应变传感器的圈上的载荷。

[0004] 本发明从用于检测滚子轴承内载荷分布的方法开始,滚子轴承具有至少一系列滚子和连接到第一圈的应变传感器。该第一圈构造为相对于第二圈旋转。

[0005] 提出的方法包括以下步骤:检测从应变传感器中获得的滚子载荷诱导应变信号中的波峰高度和波峰位置;计算作用在所述第二圈的至少一个角度范围上的载荷,该计算利用落入所述角度范围内的若干波峰位置的波峰高度。包括连接有应变传感器的第一圈旋转扫过第二圈的圆周,且探测当这些滚子经过传感器时经由布置在第一圈和第二圈之间的滚子传递的载荷。当将波峰的位置和高度以及因经过的滚子而导致的信号映射到以第一圈为参照系的角位置时,可在随时间变化的若干点处探测载荷。在对应于角范围的扇区内的不同测量点处已完成了足够数量的波峰采样之后,在对应于测量时间的时间段内可靠检测作用在所述扇区上的载荷是可能的。

[0006] 此处和下文中,表述“滚子”应包括任何类型的滚动体,特别是圆柱滚子、圆锥滚子或圆环滚子和球。本发明适用于包括单列轴承或双列轴承的多种轴承。

[0007] 此外,提出了计算作用在第一角范围上的载荷的步骤,该步骤包括计算在该角范围内的波峰高度的中值。已经证明中值充分不受偶然检测到的较高或较低滚子载荷振幅的影响,这种较高或较低振幅可分别由增加或减少的间距导致,和/或在表面无线传感器(SWS)或便携无线传感器(PWS)与滚子产生斜交效应的情况下产生。

[0008] 根据本发明的另一个方面,提出的方法包括输出数组的步骤,数组包含为第二圈的每个扇区计算得到的中值。

[0009] 优选地,为覆盖第二圈完整圆周的若干同尺寸的扇区计算载荷数值。在本发明的优选实施例中,为每个45度的八个扇区计算载荷数值。

[0010] 在本发明的优选实施例中,方法包括下列步骤:高通或带通过滤应变信号;确定已过滤的应变信号的零交点;将波峰位置确定为应变信号相邻零交点之间的中点;和利用波峰位置处的滚子载荷诱导应变信号确定波峰高度。本发明人已经发现采用这种方式确定波

峰位置而不是将波峰位置确定为信号局部最大值的位置能带来更可靠的结果。可利用以如上定义的波峰位置为中心的信号的局部平均值来确定波峰高度。

[0011] 此外,提出的方法还包括以下步骤:确定应变信号中波谷的波谷深度和波谷位置;将波峰高度和波谷深度分别与预定的阈值进行比较;和当波峰与它的相邻波峰之间的相关波峰高度和波谷深度低于各自的阈值时,在确定载荷分布的步骤中忽视该波峰高度。这通过确保波峰被足够深的波谷明显隔开来避免双波峰或者其他假象被错误地识别为因经过的滚子而导致的信号。

[0012] 此外,提出的方法包括确定线性函数的斜率,所述线性函数连接零交点和跟随零交点的波峰的波峰高度;以及如果所述斜率达不到预定最小斜率,则出于确定载荷分布的目的舍弃所述波峰。另外,或者替代检查波峰与它的在前零交点之间的斜率,检查波峰与跟随所述波峰的零交点之间的斜率,和/或检查零交点与跟随零交点或在零交点之前的波谷之间的斜率当然都是可能的。

[0013] 此外,提出的方法包括将滚子载荷诱导应变信号映射到与在第二(静态)圈的参照系下的角位置有关的角度依赖信号的步骤。已经证实在滚道的长度单位上使用角位置而不是绝对位置能避免混淆和错误。

[0014] 本发明的另一个方面涉及数据处理装置,其包括用于接收滚子载荷诱导应变信号的至少一个界面,其中所述数据处理装置实施上述方法。优选地,数据处理装置配备有无线发射器,无线发射器构造为与滚子轴承连接,以致滚子载荷能以无线的方式发送。

[0015] 本发明的另一个方面涉及滚子轴承,其配备有用于捕获滚子载荷诱导应变信号的一个应变传感器和上述数据处理装置。

[0016] 本发明的上述实施例以及后附权利要求书和附图以特定的组合方式显示了本发明的多个特性特征。本领域技术人员很容易能想到这些特征的更多组合或子组合,以便改权利要求书中限定的本发明来满足他或她的特定需求。

附图说明

[0017] 图1是滚子轴承和根据本发明的数据处理装置的示意图,该滚子轴承包括用于测量因经过的滚子而产生应变的应变传感器,滚子布置在保持架内;

[0018] 图2a-2b是根据本发明的方法将要解释的可能应变信号的示意图;

[0019] 图3a-3b是显示根据本发明的方法将要解释的可能应变信号的另一个示意图;

[0020] 图4a-4b是显示根据本发明的方法将要解释的可能应变信号的另一个示意图;

[0021] 图5是显示应变信号的示意图,其中一些零交点和波峰被突出显示;

[0022] 图6a-6b是显示波峰中心振幅和根据该波峰中心振幅推导得到的滚子间距的图;

[0023] 图7显示用于舍弃不可靠波峰信号的另一个方法;

[0024] 图8是根据本发明的方法的第一部分的流程图,其中判定是否实施滚子间距的确定;

[0025] 图9是根据本发明的滚子间距算法的流程图;

[0026] 图10是根据本发明的载荷分布算法的流程图;

[0027] 图11是数据图,其显示波峰高度和在把波峰位置映射到从0-360度的轴角度范围后从一个RLIS数据样本提取的波峰位置。

[0028] 图12是显示根据图11所示数据推导得到的每个扇区波峰高度中值的圆形图。

具体实施方式

[0029] 图1示意性显示包括布置在6个保持架12内的24个滚子10的滚子轴承,其中每个保持架12支承4个滚子10。应变传感器14连接到或嵌入到轴承的内圈,且连接到形成微控制器的数据处理装置16的输入端。

[0030] 本发明适用于具有多个传感器的结构,尤其是内圈上布置有三个或四个传感器,本发明也适用于传感器14安装在外圈上的应用。

[0031] 微控制器构造为驱动安装在同一电子组件内的无线发射器。优选地,该电子组件包括用于从轴承的旋转中生成功率的功率获取装置(未图示)。

[0032] 轴承的6个保持架12如此设计,以便在每对相邻保持架12之间设置有预定的间距或间隙20。间隙20的分布会经历动态变化,这种动态变化取决于摩擦、载荷、振动或其他参数。如果间隙20平均分布,即当每对相邻保持架12之间的间隙具有相等的宽度时,每对相邻滚子10之间的间距同样相等,且对应于名义间距,也即,滚子10均匀分布在内圈的圆周上。

[0033] 在保持架12如此分布以致仅有一个大间隙20、同时其他间隙因保持架12彼此接触而闭合的情况下,大间隙20左侧和右侧的滚子10之间的滚子间距大于名义间距,同时由彼此接触的不同保持架12支承的相邻滚子10之间的滚子间距小于名义间距。对于没有损坏、健康的保持架12的情况而言,后者极端情况下的间距是最小间距和最大间距。高于或低于这些数值的间距出现指示保持架损坏或者滚子损坏或丢失。

[0034] 根据本发明的一个方面,出于检查保持架12完整性的目的检测间距,即相邻滚子10的中心之间的距离。

[0035] 但是,出现非常大或非常小的间距是存在损坏的保持架12的充分但非必要条件。即使保持架12已损坏,滚子10仍偶然以完美均匀的方式分布。

[0036] 应变传感器14构造为测量由经过的滚子10诱发的应变。应变传感器14生成的信号在此处和下文中被称作滚子载荷诱导应变信号或RLIS信号。该信号基本具有两个特征时段或频率,一个时段对应于经过传感器的滚子10之间的延迟,另一个时段对应于时间间隔,在该时间间隔内同列内的所有滚子,也即滚子和保持架部分构成的完整队列,将经过传感器14。后述时间间隔也被称作基本列时段。这两个时段或相关频率取决于传感器14安装在外圈还是内圈上。

[0037] 为了可靠检测保持架的完整性,必须具有一个覆盖保持架12相对于内圈多个旋转周期的信号。因为保持架12以外圈大致一半的速度旋转,这意味着在用于检查保持架完整性的滚子间距算法中使用的信号样本应包括大约6个或更多的轴旋转。

[0038] 图2a-2b示意性显示根据本发明的方法将要解释的可能应变信号。

[0039] 图2a中最上面的图像显示信号振幅可随着显著的载荷变动而变化。

[0040] 图2b显示在箭头所示位置具有一个累积余隙AC或间隙的示例。两个连续信号波峰之间的间距宽于其他波峰之间的间距。

[0041] 在图2a-2b以及后面显示传感器信号的附图中,利用带通高通滤波器对信号进行预处理,滤除直流(DC)偏移和远低于滚子通过频率的频率分量。带通滤波器应尽可能窄,以避免失真,但同时要宽到足够包括滚子通过频率和至少它的一些谐波。对本发明来说这是

非常重要的一个点,因为这确保了信号在零点附近以差不多对称的方式振荡。此外,在图2a-2b以及后面附图中的水平坐标轴是旋转角度,垂直坐标轴代表任意单位下的信号强度。

[0042] 图3a-3b是进一步的示意图,显示根据本发明的方法将要解释的可能应变信号。

[0043] 图3a的信号显示因滚子丢失导致的大间距LS1和一些自然出现的较大间距LS2。

[0044] 图3b显示非常嘈杂的信号,其中仍然能观测到超出健康保持架完整性容限的大累积间距LS。

[0045] 更多示意图如图4a和4b所示,它们显示本发明将要解释的可能应变信号。如图4a所示,应变信号的顶点能呈现为包括双顶点DM和偏移中心顶点OCM的多种形状,以致顶点位置最终偏离滚子中心位置立刻清晰。

[0046] 进一步,如图4b所示,涉及到一些波峰的信号没有穿过零点线,同时涉及到其它波峰的信号若干次穿过零点线。这可能在低滚子载荷的条件下或者在其它具有高信噪比的情况下发生。

[0047] 本发明的挑战之一是提供一种方法,该方法能从图2-4所示的信号中可靠地提取有价值的信息。

[0048] 图5是显示应变信号的示意图,其中一些零交点Z1-Z4和波峰P3、P4被突出显示。本发明提出通过在球通频率峰值的两侧选择零交点来降低出错量,还提出确定滚子中心位于两个零交点之间的中点。

[0049] 但是,在图5的右手侧信噪比明显增加,为了确定滚子中心而对这些波峰做出评估显而易见不能导致可靠的结果。一般来说,在二分之一基本球通频率和两倍基本球通频率之间的范围内信噪比应高于60%。

[0050] 因而本发明提出将图5虚线所示的阈值T1应用到波峰高度,仅考虑那些波峰高度在阈值T1之上的有效波峰。

[0051] 图6a显示波峰中心振幅,该波峰中心振幅可以是波峰位置处的信号值,或者可以基于先前计算得到的滚子中心位置周围的某种运行平均值来计算。图6b显示基于这些波峰计算得到的滚子间距。图右手侧的波峰低于阈值,不被用于计算图6b中的滚子间距。

[0052] 图6b显示滚子间距,该滚子间距定义为相邻有效波峰位置的差值,该有效波峰位置如上文所解释的从图6a的数据中获得。

[0053] 尽管未说明,但可以针对波谷深度进行类似于根据图6a的评估波峰高度的计算,波谷深度即在由两个正波峰构成的每对正波峰之间的负波峰的深度。本发明同样提出将阈值应用到这些波谷深度,仅使用那些用于评估滚子间距的波峰,这些波峰被具有足够深度的波谷明显分隔。第二条标准确保信号斜率在零交点处足够大,从而避免具有多个零交点的波峰。

[0054] 在大多数情况下,选择合适的用于波峰高度和波谷深度的阈值足以实现舍弃完全不穿过零点线的波峰,或者信号不在低于零点的一侧延伸的波峰。

[0055] 为了更加安全地避免上述类型的波峰被计算在内,本发明提出用于舍弃低信噪滚子应变的另一种方法,该方法可替代阈值或作为阈值的补充应用于波峰高度或波谷深度。如图7所示,计算波峰最大值与位于波峰最大值之前的零交点之间的绝对斜率或者连接中心和在前零交点的直线斜率,并将计算得到的斜率与斜率阈值进行比较。如果该斜率没有超过阈值,则舍弃与该斜率相关的波峰或波谷间距。

[0056] 此外,本发明教导通过比较每个信号周期内成功确定的间距数量与每个滚道内滚子10的数量来计算用于每个滚子载荷诱导应变测量的可信百分率。其中 a_{s1} 和 a_{s2} 是第一个和最后一个成功间距测量的FTFi角度,当n是已测量的间距的数量,ZR是存在的滚子10的数量时,则:

[0057] 可信率% = $(100 \times 360) / (a_{s2} - a_{s1}) * (S_M - 1) / Z_R$

[0058] 图8提供是否基于RLIS读数实施滚子间距评估和载荷分布评估的判定过程流程图。数据处理装置接收用于旋转速度和角度误差的阈值,以及包括它们的开始角度、结束角度、开始速度和结束速度的RLIS数据。检查速度是否在某个范围内,在采集开始和结束之间速度具有有限的速度变化,在采集过程中速度变化呈线性(即,非斜升或斜降情景)。

[0059] 假定在提供开始速度和结束速度的节点,在开始角度测量和采集开始、采集结束和结束角度测量之间的任何延迟都已经得到补偿。在假定速度变化呈线性的几秒内,数据处理装置利用开始角度、开始速度、结束速度和采集RLIS波形的时间跨度计算理论结束角度,接着计算与从节点获得的结束角度之间的差值。如果角度误差,即理论结束角度与实际结束角度之间的差值,大于预先确定的阈值,则不执行滚子间距算法。原始RLIS信号可被舍弃或者存储在数据库中以备将来参考。

[0060] 图9提供“滚子间距”算法的高水平流程图。输入数据和阈值,在假定如上述速度变化呈线性的FTFi周期内映射这些数据。接着确定零交点、波峰位置、波峰高度、波谷位置和波谷深度,并分别存储到数组中。

[0061] 接着,开始用于检测每个波峰有效性的循环,检查波峰中心与邻近零交点之间的波峰中心高度和直线斜率是否大于对应的阈值,检查波峰是否被足够深的波谷隔开。如果两个邻近的波峰被判定为有效,则将滚子间距计算为波峰位置之间的差值,并存储滚子间距。接着,检查下一个波峰。

[0062] 最后,计算可信水平,并进行间距统计,以便确定最小间距、最大间距、平均间距等。

[0063] 图10是根据本发明的载荷分布算法的流程图。数据处理装置从设置里读取配置数据,配置数据包括扇区数量和扇区对准。此文和下文中,词语“扇区”与“角范围”是同义词。扇区对准表示内圈或轴的上止点是否位于扇区的中心,或者是否位于两个扇区或角范围之间的边界上。

[0064] 此外,数据处理装置读取由上述滚子间距算法计算得到的波峰位置和波峰高度数组,以及数据集的参数,这些参数包括RLIS样本的时间跨度、RLIS样本的数量、初始速度、最终速度和初始角度,然后数据处理装置根据对应于每个样本的轴角度和内圈角度计算开始角度和结束角度。

[0065] 接着,数据处理装置把波峰中心位置转变成轴角度,并实施考虑到开始角度和扇区对准的修正。然后,角度被映射到或封入从0-360度的范围内,波峰被指定到一个扇区/角度范围。

[0066] 这种映射的结果如图11所示,这是一个数据图,显示波峰高度和在把波峰位置映射到从0-360度的轴角度范围后从一个RLIS数据样本提取的波峰位置。尽管数据被分散,仍然清晰可见载荷集中在一些扇区上,图11的示例中载荷集中在扇区2和3上。如图所示为开圆的每个单独的数据点对应于一个有效波峰位置(x轴)和相关的波峰高度(y轴)。每个扇区

内数据点的中值显示为实心黑线。

[0067] 一旦所有的波峰都被指定到一个扇区,则计算波峰高度的中值和扇区的中心角度。包含中值和中心角度的数组被存储、发送或者显示,例如以图12所示的圆形图的形式,其中每个扇区内数据点的中值显示为实心黑线。扇区的中心角度显示为虚线。

[0068] 滚子载荷分布算法并不局限于使用根据滚子间距算法计算得到的波峰位置和波峰高度,而是能在本发明的其它实施例中以独立的方式确定波峰位置和波峰高度。例如,在确定载荷分布时,可免除上述与图7相关的最小斜率的要求。

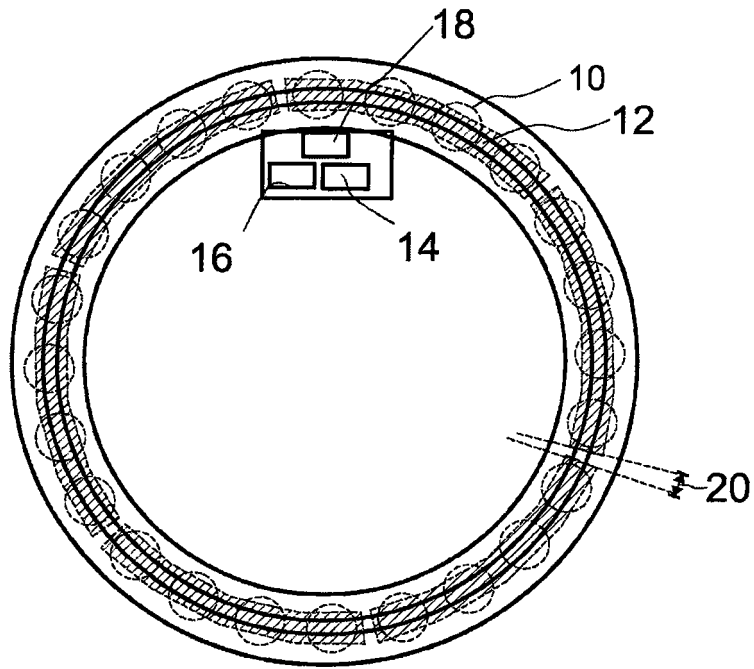


图1

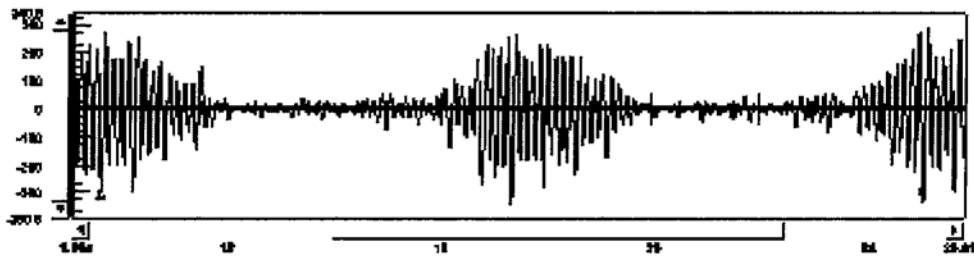


图2a

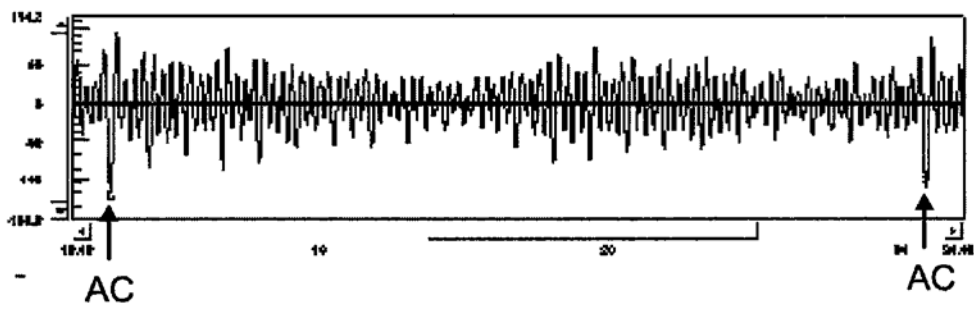


图2b

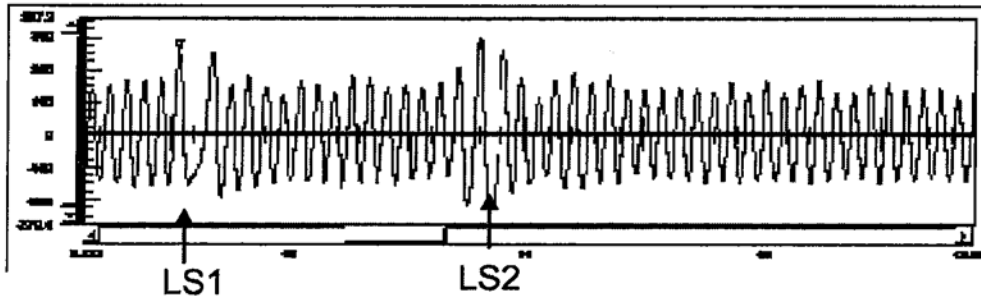


图3a

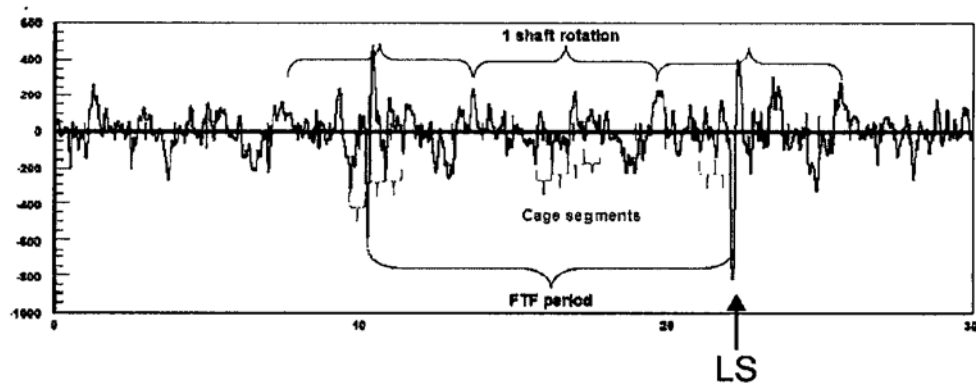


图3b

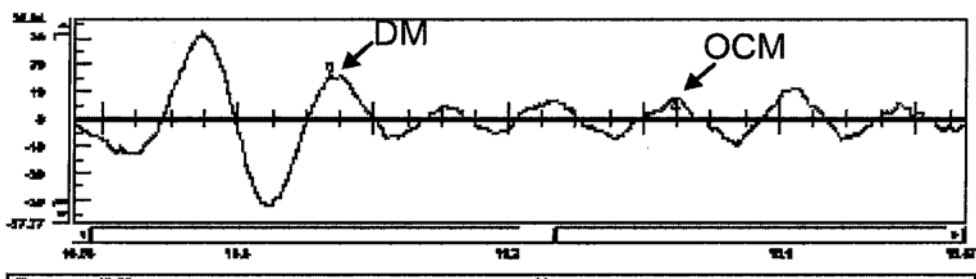


图4a

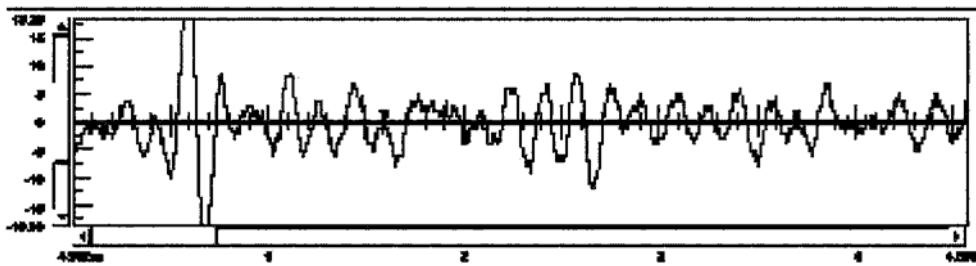


图4b

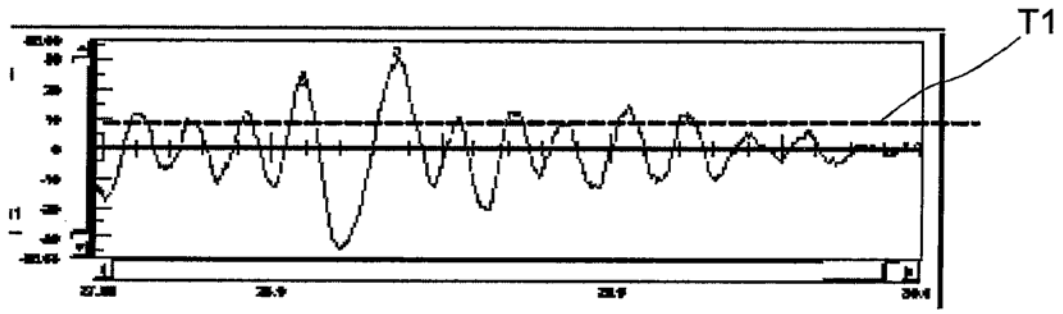


图5

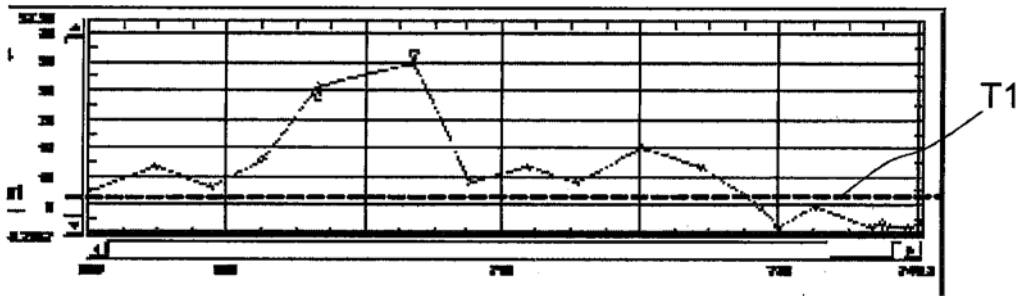


图6a

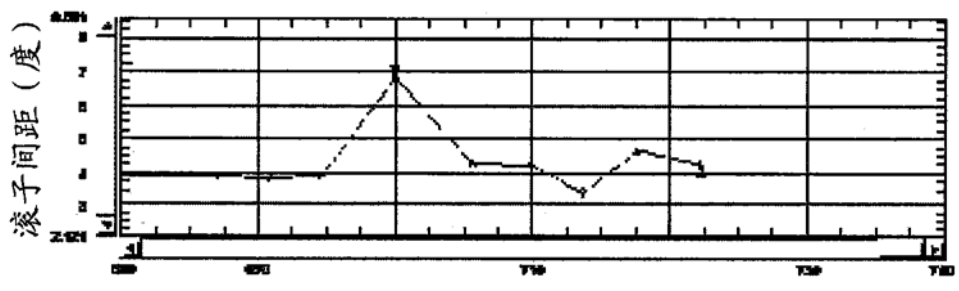


图6b

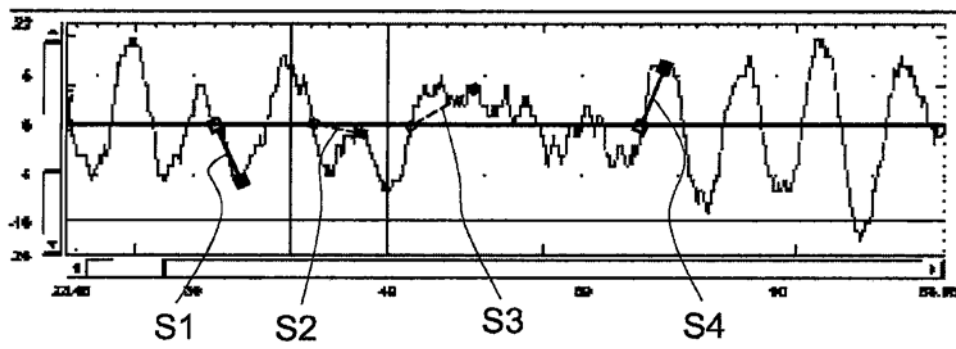


图7

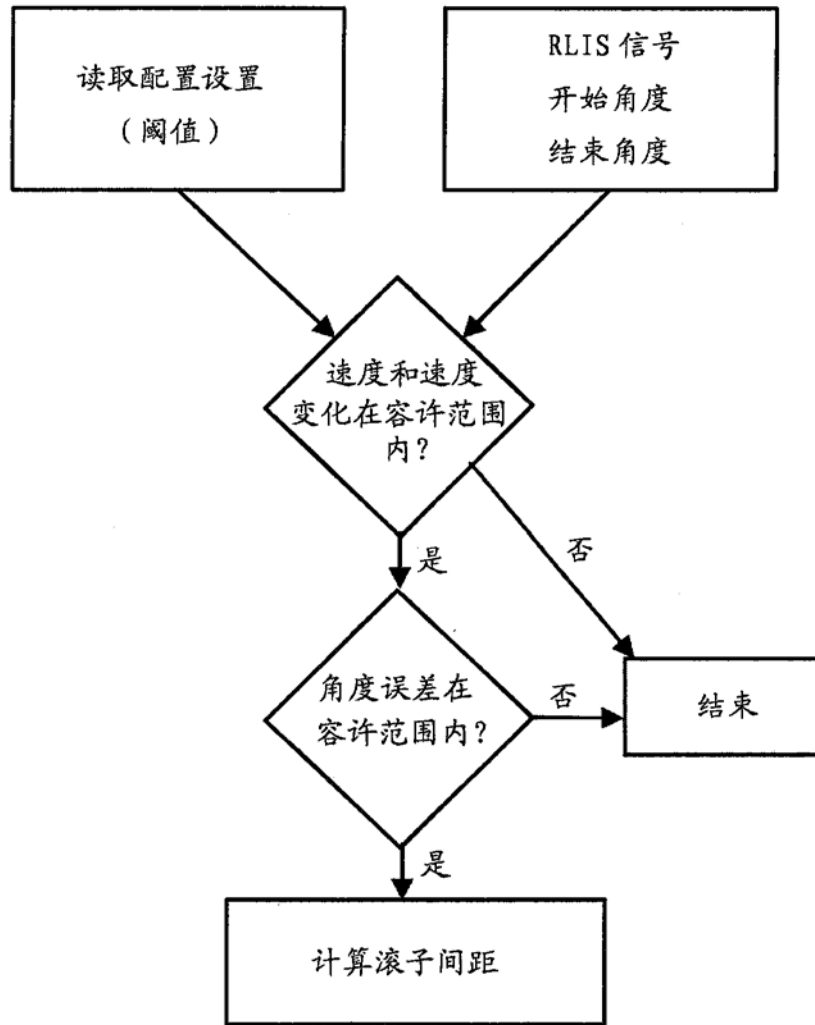


图8

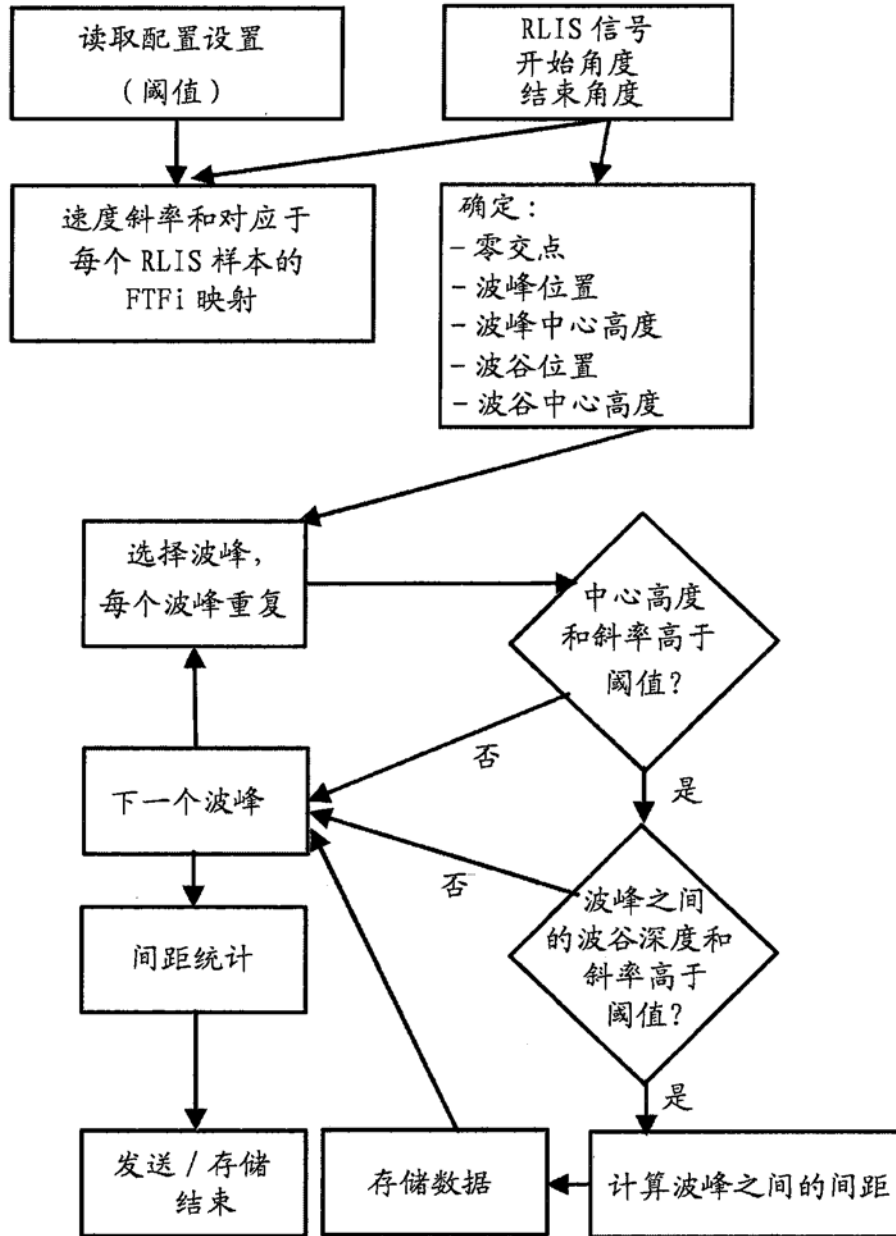


图9

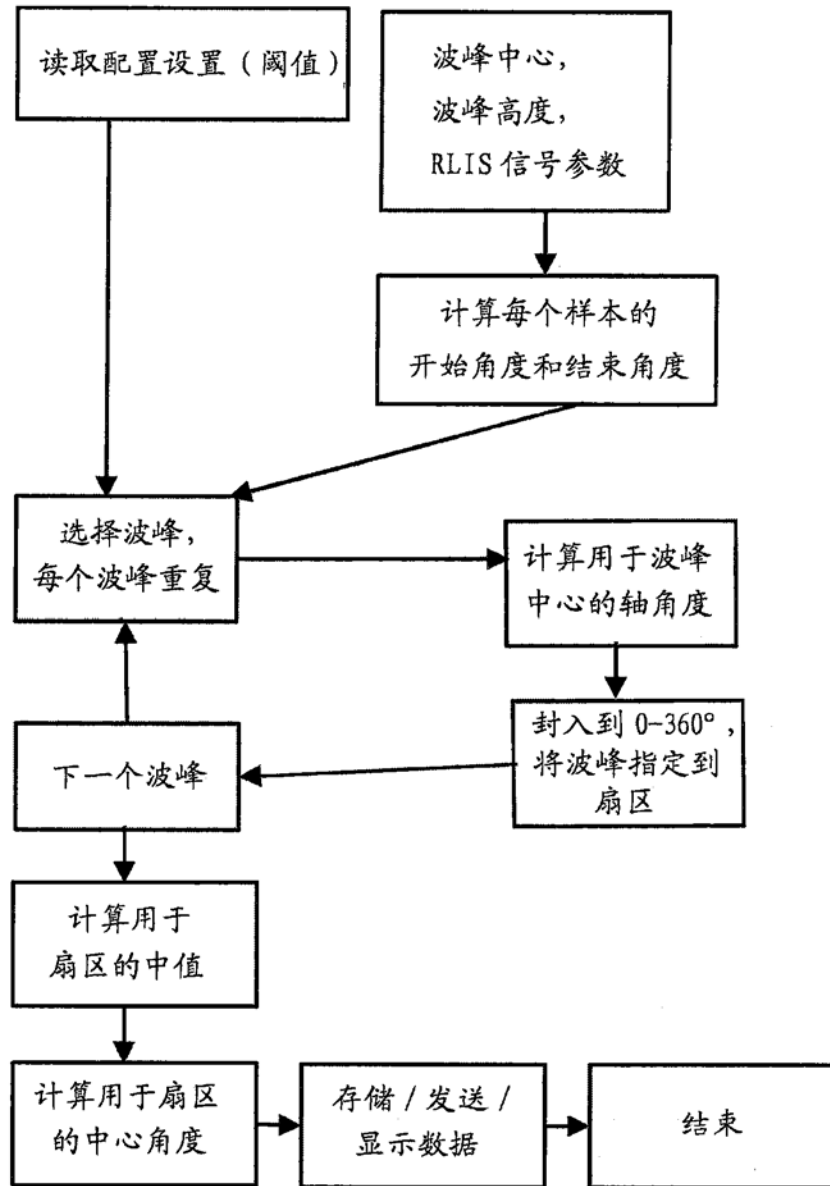


图10

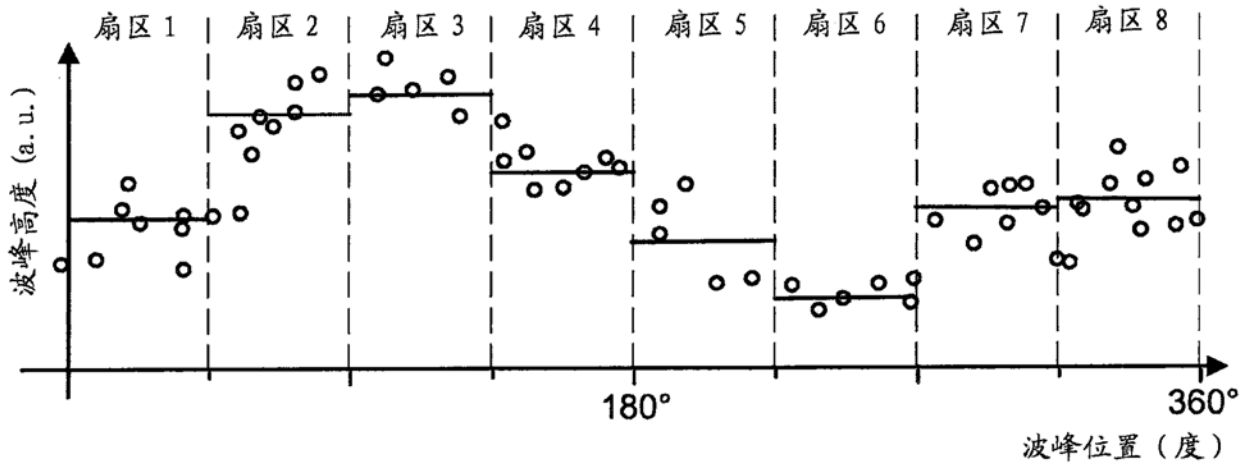


图11

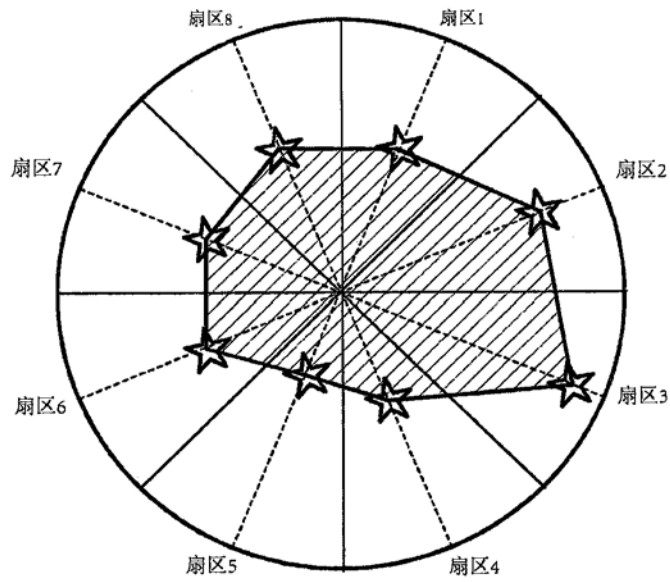


图12