

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

F04D 15/00 (2006.01)

F04D 29/66 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200880008952.0

[43] 公开日 2010年1月27日

[11] 公开号 CN 101636589A

[22] 申请日 2008.2.23

[21] 申请号 200880008952.0

[30] 优先权

[32] 2007.3.23 [33] EP [31] 07005995.1

[86] 国际申请 PCT/EP2008/001449 2008.2.23

[87] 国际公布 WO2008/116538 德 2008.10.2

[85] 进入国家阶段日期 2009.9.18

[71] 申请人 格伦德福斯管理联合股份公司

地址 丹麦比耶灵布罗

[72] 发明人 哈康·博斯廷 弗莱明·蒙克

[74] 专利代理机构 隆天国际知识产权代理有限公司

代理人 郑小军 黄艳

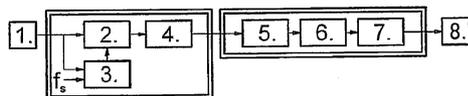
权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 4 页

[54] 发明名称

用于检测泵机组中的故障的方法

[57] 摘要

本发明涉及一种用于检测具有电动马达的泵机组中或电动马达中的故障的方法，该电动马达具有至少一个转轴，其特征在于，采集振动信号(1)；对所采集的振动信号进行处理(2)，以消除所述轴的当前转速的影响(3)；从处理过的振动信号中过滤出周期信号(4)，并且根据所述周期信号识别与振动相关的运行状态并且尤其识别可能的故障(5, 7)，本发明还涉及一种使用上述方法的具有电动马达的泵机组或电动马达。



1. 一种用于检测具有电动马达（23）的泵机组中或电动马达（23）中的故障的方法，该电动马达具有至少一个转轴，其特征在于：

采集振动信号；

对所采集的振动信号进行处理，消除所述轴的当前转速对振动信号的影响；

从处理过的振动信号中过滤出周期信号，并根据所述周期信号识别与振动相关的运行状态，尤其是识别可能存在的故障。

2. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，对处理过的振动信号进行倒谱分析，并且根据由该倒谱分析产生的倒谱图来识别与振动相关的运行状态且尤其识别可能存在的故障。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，执行模式识别，以便由所述倒谱图识别运行状态，在识别时尤其要考虑凸峰在所述倒谱图中出现的位置。

4. 如前述权利要求中任一项所述的方法，其特征在于，根据预知模式在所述倒谱图中识别运行状态。

5. 如前述权利要求中任一项所述的方法，其特征在于，在所述倒谱图的所选区段中进行运行状态的识别，其中所选区段优选为预先确定的区段。

6. 如前述权利要求中任一项所述的方法，其特征在于，根据所述倒谱图借助神经网络和/或模糊逻辑进行运行状态的识别。

7. 如前述权利要求中任一项所述的方法，其特征在于，在倒谱分析之后并且在识别运行状态之前，对所述倒谱图进行标准化处理，使得在所述倒谱图中的凸峰与背景干扰成比例。

8. 一种具有电动马达（23）的泵机组或电动马达（23），该电动马达具有至少一个转轴，其特征在于包括故障检测系统，该故障检测系统具有：至少一个振动传感器（20，22）以及与所述振动传感器（20，22）联接的分析装置，其中所述分析装置设有处理模块（2），所述处理模块用于从由所述振动传感器（20，22）采集的振动信号中消除所述轴的当前转速的影响；过滤模块（4），所述过滤模块用于从由所述处理模块处理过的振动信号中

过滤出周期信号；以及识别模块（7），所述识别模块用于根据上述周期信号识别与振动相关的运行状态。

9. 如权利要求 8 所述的泵机组，其特征在于，所述过滤模块为倒谱分析模块（4），所述倒谱分析模块用于对由所述处理模块（2）处理过的振动信号执行倒谱分析，并且所述识别模块（7）用于根据由所述倒谱分析模块产生的倒谱图来识别运行状态。

10. 如权利要求 8 或 9 所述的具有电动马达的泵机组或电动马达，其特征在于，所述识别模块（7）具有模糊逻辑和/或神经网络。

11. 如前述权利要求 8 至 10 中任一项所述的具有电动马达的泵机组或电动马达，其特征在于，所述分析装置具有存储模块，在所述存储模块中存储有对应于确定运行状态的倒谱图的特征模式，并且所述识别模块（7）用于根据已存储的模式以倒谱图来识别运行状态。

12. 如前述权利要求 8 至 11 中任一项所述的具有电动马达的泵机组或电动马达，其特征在于，所述振动传感器（20，22）设置在所述泵机组或电动马达（23）的机械结构（26）上、在接线盒（24）中、在电子元件的装置内部和/或在用于待由所述泵机组输送的流体的流体管线中。

13. 如前述权利要求 8 至 12 中任一项所述的具有电动马达的泵机组或电动马达，其特征在于，在所述振动传感器（20，22）与分析装置之间进行无线信号传递。

14. 如前述权利要求 8 至 13 中任一项所述的具有电动马达的泵机组或电动马达，其特征在于，所述分析装置具有标准化模块（6），所述标准化模块用于对由所述倒谱分析模块（4）产生的倒谱图进行标准化处理，以使所述倒谱图中的凸峰与背景干扰成比例。

用于检测泵机组中的故障的方法

技术领域

本发明涉及一种用于检测具有电动马达的泵机组中或电动马达中的故障的方法。

背景技术

在由电动马达驱动的泵机组或者在电动马达自身中可能出现各种故障，特别是轴承磨损或者泵机组中叶轮的磨损或者污染。期望的是，能够在机组全部损坏之前尽可能早地确定这些故障，从而可以提早更换此类机组或者进行修理。

发明内容

有鉴于这种问题，本发明的目的在于，提供一种方法以及相应的装置，通过该方法以及相应的装置可以以简单的方式可靠地检测具有电动马达的泵机组中或电动马达中的各种故障。

上述目的通过具有权利要求 1 所述特征的方法以及通过具有权利要求 8 所述特征的泵机组或电动马达来实现。优选实施形式在从属权利要求、后面的文字说明以及附图中给出。

根据本发明的方法用于检测具有驱动用电动马达的泵机组中或电动马达中的故障。所述机组始终具有至少一个转轴。所述轴设置在例如可能会出现故障的轴承中，所述故障例如可以通过根据本发明的方法进行检测。

为了检测故障，需采集（获取）电动马达的振动信号，或者泵机组以及泵机组的驱动马达中的振动信号。在此可以使用公知的振动采样传感器。在随后的处理步骤中，首先对采集的振动信号进行消除轴的当前转速对其影响的处理。以此方式使得处理过的信号与转速无关，从而可以与当前转速无关地识别出各种运行状态，特别是故障类型。优选以下述方式进行处理以消除转速影响，即：使采样频率与当前转速相乘并与一恒定转速值相除，由此使

采样频率实际上与所述恒定转速值发生关系，从而可以进行无当前转速影响的进一步的频率分析。为了防止混淆效应（Aliasing-Effekt），振动信号在进行处理之前还要通过例如 Butterworth 过滤器 20 来进行低通过滤。可以将经处理的采样频率的 40% 设置为截止频率。必要时，在经过低通滤波器之后通过再取样和/或使采样率变化用与恒定转速相关联的采样率来进行振动信号的处理。再取样例如可以在应用非因果的正弦函数作为脉冲传输函数（脉冲响应函数）的情况下通过对时间离散的信号进行过滤来实现。

轴的所需转速可以以不同的已知方式，例如通过转速表或直接由所谓的（如在专利文献 US 7,031,873 B2 中公开的）虚拟转速传感器的振动信号，来确定。例如，由振动信号通过下取样（downsampling）或降低采样率到 128 Hz，并且随后确定每个时间空档（Zeitfenster）的谱图的十个最高凸峰（Ausschlag）来获得转速信号。当前时间空档的这些最高凸峰在一定范围内位于随后的时间空档的最高凸峰之上。随后基于这些凸峰的一致性而绘制出转速曲线。

随后对以此方式处理的振动信号进行过滤，其中从处理过的振动信号中过滤出周期信号。随后可以根据所述周期信号识别出泵机组或电动马达的与振动相关的（vibrationsmäßige）运行状态。尤其可以识别出包括故障（例如轴承故障）在内的这类与振动相关的运行状态。例如可以以下述方式识别周期信号，即：采集某些确定的特征信号的振幅，特别是故障特征信号的振幅，并在随后测量这些振幅之间的时间间隔。由此基于所述振幅之间的时间间隔可以确定所述信号在此处是否为周期信号。

处理过的振动信号优选直接通过倒谱分析（Cepstralanalyse）来过滤出周期信号或周期信号部分（Signalteile）。这意味着，在倒谱分析之前不进行振动信号的其他转换或分析。随后根据由倒谱分析产生的倒谱图识别出运行状态或可能的故障。确定的运行状态在倒谱图中是以确定的特征表示的，由此可以识别出特定的故障。

在倒谱分析中涉及双频分析（doppelte Frequenzanalyse），即对一次频率分析的结果再进行一次频率分析。由此从振动信号中过滤出或提取周期信号部分（periodische Signalanteile）。

作为倒谱分析或倒谱转换，能够通过频域（Frequenzdomäne）内进行

频率分析来执行振动信号谱图的短时倒谱分析。为了消除马达结构的影响，在进行频域傅立叶变换之前进行频域高通滤波。由此形成的倒谱域（Cepstral-Domäne）随后有利地仅包括轴承影响，而不包括马达影响。

优选通过模式识别（Mustererkennung，图形识别）进行用于识别运行状态或故障的倒谱图分析，其中应特别注意的是，在倒谱图中凸峰出现的位置。也就是说，在此优选从倒谱图中单独凸峰的分布或位置而较少从凸峰的绝对值方面进行识别。通过所执行的对傅立叶谱图进行频率转换的倒谱分析可进一步去除电动马达或泵机组的特征干扰并且分离周期信号。随后从倒谱图中信号的分布或信号的位置，尤其从单个信号的周期重复率能够识别出确定的运行状态，尤其能够推断出故障的类型。

特别优选的是，根据在周期信号（特别是在倒谱图）中的预知模式来识别运行状态。也就是说，例如出现的信号的模式（即单个凸峰的位置或分布）对于确定的故障类型而言是已知的。通过将当前的信号模式或倒谱图与已知的模式进行比较，就可以推断出确定的运行状态或已知的故障类型。其中以两种方式使用预知模式来识别运行状态。一种方式是，可以使其预知模式对应于确定的待识别的运行状态和确定的故障类型，使得当这种或相似模式出现时可以被识别出，然后推断得到恰好存在的这种运行状态或故障。或者还可以考虑另一种方式，使其预知模式对应于期望的（亦即尤其没有故障的）运行状态，并且进行比较，以将当前周期信号或者倒谱图模式中出现的、与预知模式不对应的模式识别为不期望的运行状态。

预知模式可以由工厂方面存储在泵机组或电动马达的控制电子装置中。然而可选地或额外地可以考虑的是，例如在泵机组或电动马达工作时由控制或调节电子装置自动采集对应于确定的运行状态（特别是没有故障的额定运行状态）的模式。然后由此有利地得出泵机组或电动马达在出售之后并且在运行时无故障地工作。

还优选的是，在倒谱图的所选区段中进行对运行状态尤其是对故障的识别，其中所述区段优选为预定区段。也就是说，对于识别特别是模式识别而言，无需考虑整个倒谱图，而仅需考虑重要的部分。为此，可以考虑预定的部分，在确定的运行状态尤其是故障下，确定的特征信号通常会出现在此预定的部分中。为了能够识别所述确定的运行状态，不需分析整个倒谱图

(Cepstral-Diagramm) 或倒谱谱图 (Cepstrum)。因此, 可以进行局部放大。

还优选的是, 根据倒谱图借助神经网络和/或模糊逻辑进行与振动相关的运行状态或故障的识别。由此可以实现智能分析, 还可以顾及预知运行状态的变型并且可以适应外部的影响因素。

还优选的是, 在倒谱分析之后、在识别运行状态之前, 以下述方式进行倒谱图的标准化的, 即: 使图中的凸峰与背景干扰成比例。由此所述分析可以适应具有不同干扰级或不同背景干扰的不同类型的泵或电动马达。通过使凸峰或信号与所述背景干扰成比例, 可以对不同类型的泵或马达进行统一的分析, 因为此分析能够与当前的干扰级无关地进行。

本发明还能通过具有电动马达的泵机组或通过电动马达来实现, 其中用于根据前述方法执行故障检测的装置被整合在所述泵机组或电动马达中。

这种泵机组具有用于对其进行驱动的电动马达。电动马达或泵机组具有至少一个转轴, 马达中的转子围绕所述转轴转动或者泵机组中的至少一个叶轮通过所述转轴驱动。根据本发明, 故障检测系统被整合在泵机组或电动马达中。所述故障检测系统可以包括自己的电子装置或单独的电子元件, 但是也可以被整合到为控制或调节泵机组或电动马达而设置的电子组件 (特别是微处理器) 中或者使用为控制或调节泵机组或电动马达而设置的电子组件 (特别是微处理器)。

故障检测系统具有至少一个振动传感器以及与所述振动传感器联接的分析装置, 其中分析装置优选由一个或多个微处理器构成。分析装置设有处理模块, 所述处理模块用于从由传感器采集的振动信号中去除轴的当前转速的影响。这可以通过前述方法得以实现, 其中使采样率与一恒定转速相关联, 并且以此采样率对振动信号进行处理或再取样。为此, 处理模块具有能够进行相应计算的所谓的计算结构。

故障检测系统还具有过滤模块, 所述过滤模块能从由处理模块处理的振动信号中过滤出或提取周期信号。此外, 设有识别模块, 所述识别模块可以根据过滤出的周期信号或信号部分识别出泵机组或电动马达的与振动相关的运行状态。其中在识别模块中根据特征周期信号执行与在机组中出现的振动相关的确定的运行状态的自动识别。特别地, 可以识别出能推断为故障运行 (例如轴承磨损) 的运行状态。

分析装置具有优选作为过滤模块的倒谱分析模块，所述倒谱分析模块用于对以上述方式由处理模块处理的振动信号执行倒谱分析或倒谱转换。倒谱分析模块为对振动信号进行倒谱转换或分析的计算单元或软件组件。必要时还可以如上所述在处理模块或倒谱分析模块之前整合有低通滤波器和/或高通滤波器，以便清除干扰信号的影响。

分析装置还优选具有识别模块，所述识别模块根据由倒谱分析模块产生的倒谱图识别出运行状态或故障。识别模块同样可以为处理模块的硬件组件和/或软件组件。其中识别模块构造成能够以根据上述方法所描述的方式从倒谱图识别出不同的运行状态或故障。

识别模块优选具有模糊逻辑和/或神经网络，从而根据倒谱图执行识别。通过这种结构可以提供人工智能，这使得可以识别对应于单个运行状态的不同特征模式以及可能的与预知模式不同的某种模式。这种系统可以对变化的边界条件自动作出反应。

分析装置优选具有存储模块，在所述存储模块中存储有对应于确定运行状态的周期信号（特别是倒谱图或倒谱图区段）的特征模式，并且所述识别模块根据存储的模式从周期信号或倒谱图识别确定的运行状态。存储模块可以为单独的存储组件（Speicherbaustein），但是其也可以使用原本设置在泵机组或电动马达的控制装置中的存储组件。识别模块将当前的信号模式或倒谱图或倒谱图区段与存储的预知模式进行比较，并且一旦确定出与已知模式具有一致性或相似性则识别出相应的运行状态。随后可以通过输出装置输出信号，特别是故障信号。为此在电动马达或者泵机组上例如可以设有报警信号灯。还可以在显示装置中以明文方式输出故障代码或故障名称。还可以考虑的是，将故障类型传递至外部分析装置（例如远程控制装置），以便可以在此进行详细的故障分析。

一方面，可以在存储模块中存储对应于不期望的运行状态（例如特征故障）的模式。当识别模块在当前的信号中识别出相应的模式，则可以由此推断出这种不期望的运行状态。另一方面，可选地或额外地，可以在存储模块中存储对应于额定运行状态（即，尤其是无故障的运行状态）的模式。然后，在此正好相反地进行不期望的运行状态的识别，其中根据当前的信号模式与存储的预知模式存在不同（abweichen）而识别出不期望的运行状态。

这些模式可以由工厂方面存储在存储模块中。但是可选地或额外地，故障检测系统可以设有用于采集待存储的预知模式的校准模块（Kalibrierungsmodul）。校准模块例如可以构造成，在运转时，尤其在该机组（即泵机组或电动马达）第一次运转时，采集一种或多种与振动相关的运行状态并将其作为预知模式存储在存储模块中。这是因为该机组在第一次运转时基本上是无故障工作的。此外，校准模块还可以构造成，在该机组随后的运行中对模式进行存储。因此例如可以考虑的是，可以启动校准模块，以在机组维修之后、在其无故障工作时，存储预知模式。

振动传感器优选设置在泵机组或电动马达的机械结构上、在接线盒中、在电子元件的装置内部和/或在用于待由泵机组输送的流体的流体管线中。这样可以根据待采集的振动类型（例如在泵机组中的轴承故障或叶轮故障）设定对于一个或多个振动传感器的其他有利的安装位置，从而可以特别好地采集相应的振动。振动会特别好地通过机械结构传递并且由此可以在机械结构处很好地被采集。振动传感器设置在电子元件的装置内部或在接线盒中的优点在于，简化了布线和装配。当振动传感器与其他的电子元件（例如控制装置或变频器）一起设置在接线盒中时，可以省去整合在机组中的额外的传感器并由此省去额外的传感器与控制组件或显示组件在接线盒中一起布线。此外，传感器可以通过设置在接线盒中而受到保护。总之，能大幅简化安装，因为在理想情况下传感器可以连同其他电子元件一起安置在电路板上。还可以十分有利地在由泵机组输送的流体中采集振动，因为在此可以使用浸入在流体中的可能总归是需要的压力传感器。例如叶轮但有时是叶轮故障会将振动传递到待输送的流体上，并且在此可以通过足够灵敏的传感器直接在流体中检测。

根据本发明的另一优选实施形式，在振动传感器与分析装置之间进行无线的信号传递，特别优选地通过无线电。以此方式，传感器可以十分便利地安置在电动马达或泵机组中，其中优选根据能够最好地采集分析所需的振动的位置来选择如何进行布置。其中不必考虑布线。振动传感器可以设有用于实现供能的电池，但是也可以考虑，例如通过在振动传感器自身中进行振动能或热能的能量转换来制备所需的电能。

还优选的是，分析装置具有标准化模块，所述标准化模块用于将由倒谱

分析模块产生的倒谱图标准化，使得在图中的凸峰如上所述地与背景干扰成比例。所述标准化模块可以作为硬件组件整合在故障检测系统中，或者也可以仅仅作为软件组件设置在故障检测系统中。

应该理解的是，故障检测系统可以整体由提供上述功能的单独的硬件组件构造。但是此处还可以考虑的是，故障检测系统的全部或单个功能或模块构造为软件组件，所述软件组件在具有微处理器的计算单元中执行。为此可以设有单独的计算单元，但是还可以考虑的是，软件组件整合在同时承担电动马达或泵机组中其他功能（例如控制或调节电动马达或泵机组）的计算单元中。

附图说明

以下参照附图和所附图表对本发明进行举例说明。其中：

图 1 为根据本发明的方法的流程图；

图 2、图 3、图 4 为振动传感器的可行设置的示意图；

图 5 为在根据本发明的方法中产生的倒谱图；

图 6 为对应于图 5 的倒谱图的局部放大图；以及

图 7 为图 6 的标准化区段。

具体实施方式

下面将参照图 1 描述根据本发明优选实施例的基本方法流程。

在图 1 的步骤 1 中，通过适当的传感器（例如加速度传感器、光学传感器、麦克风或水听器（Hydrofon）进行振动测量或采集振动信号。所述传感器或振动测量的输出信号用于步骤 2 和步骤 3。在步骤 2 中进行信号准备（Signalvorbereitung）或信号处理，其中根据整合在设备中的根据本发明的故障识别系统（Fehlererkennungssystem）最小化或消除马达轴或泵叶轮的当前转速的影响。其通过以与恒定的预定转速相关的采样频率进行再取样来处理振动信号。为此，使当前的采样频率乘以当前的转速并除以一恒定转速（例如 3000 转每分钟）。以此方式形成新的采样率，以此采样率进行再取样或者改变振动信号的采样率。以此方式可以形成在此恒定转速下的待被接收的振动信号，从而使随后的分析与当前的马达转速无关。为了防止混淆效应，

在执行再取样之前还要低通过滤振动信号。

必需的转速信号从准备步骤 2 被输送至步骤 3。转速信号可以通过适当的测量接收器 (Messaufnehmer) 直接采集 (fs)，或者也可例如在步骤 3 中直接由采集的振动信号确定，如在专利文献 US 7,031,873 中所述的。

在处理振动信号之后，在步骤 4 中以倒谱分析或倒谱转换的形式执行过滤，以从振动信号中提取出周期信号或信号部分。这种倒谱分析包括傅立叶变换，其中在频域内对傅立叶图进行频率分析。这种倒谱分析的优点在于，马达或者泵机组的特征干扰约为零或者可以由此与周期信号分离。

此外，在倒谱分析中为了排除马达结构的影响，在进行频域傅立叶变换之前进行频域高通滤波。由此产生的倒谱范围基本不再包含马达干扰的影响。

在步骤 4 之后进行振动信号的真正的信号处理。随后在步骤 5 中开始运行状态或故障的真正识别。为此在步骤 5 中首先进行信号的区段放大，如图 5 和图 6 所示。图 5 示出了例如在所述方法的步骤 4 中所产生的倒谱图或倒谱谱图 (Cepstrum)。在此可清楚地识别出，在左侧区域存在表示特征信号的多个较强的凸峰。随后的分析仅关注出现所述特征信号的区域，因此首先将该区域作为考虑区段，如其在图 6 中所示。此区段可以基于倒谱谱图中出现凸峰的位置来确定，或者可以视为预期的已知特征信号 (特别是故障信号) 所在的预定区段。随后在步骤 6 中进行在图 6 中所选区段的倒谱或信号的标准化的。这种标准化用于排除不同马达尺寸或机组尺寸的影响。产生的凸峰因机组的尺寸和功率的不同而相互不同。所述凸峰通过标准化而与出现的背景干扰成比例，所述比例同样因机组功率的不同而不同。通过使曲线或凸峰与背景干扰成比例，所进行的分析就能与马达或机组的当前尺寸无关，由此对于不同尺寸的机组可以使用同一个故障识别系统。

这在图 7 中示出。其中背景干扰的平均值以线 10 示出。所述值与凸峰或待研究的信号有关。随后在步骤 7 中借助神经网络或模糊逻辑进行运行状态或故障的真正的识别，在此进行模式识别。运行状态则以倒谱图中的单个凸峰的分布来确定。也就是说，此处与凸峰的绝对值无关，而是仅与凸峰在何时或何处以何种时间重复频率出现的情况有关。所述模式可以与代表确定运行状态的预存模式进行比较，从而识别出例如轴承磨损或叶轮磨损等故

障。如果识别出故障，则随后在步骤 8 中以适当的方式输出。为此可以将故障信号传递至其他的控制部件或操作部件或者以可闻或可视的方式用信号传递故障。

图 2 示出了可能的示例，例如振动传感器 20 或 22 可以设置在电动马达上。传感器 20 安置在设置于马达壳体 26 上的端子箱（Anschlusskasten）或接线盒（Klemmenkasten）24 中。这种布置十分有利，因为一方面可在接线盒中保护传感器，另一方面可以十分方便地与其他电子元件一起设置。此外，还可以缩短布线路径的长度。传感器 22 直接设置在电动马达 23 的机械结构上，此处为设置在马达壳体 26 上。传感器 22 优选与马达轴的轴承尽可能近地设置，从而在此处可以特别好地采集在轴承中产生的振动或干扰。

图 3 和图 4 示出了振动传感器的布置的其他示例。其中，对应于传感器 22 的传感器 28 可以直接设置在泵壳体 30 上，从而可以在此处采集振动。如图 4 所示，相应地，传感器 32 还可以整合在泵壳体 30 中。此外例如还可以将振动传感器 34 设置在泵机组的连接套管之外。可选地，还可以将传感器 36 设置在连接套管之内，即设置在流体中并且间接通过待输送的流体来采集振动。

附图标记列表

- 1 振动信号采集模块（振动传感器）
- 2 处理模块
- 3 用于采集转速的模块
- 4 倒谱分析模块/过滤模块
- 5 放大模块或用于从倒谱图中构建区段的模块
- 6 标准化模块
- 7 识别模块
- 8 输出模块
- 20, 22 振动传感器
- 24 接线盒
- 23 电动马达
- 26 马达壳体
- 28 振动传感器
- 30 泵壳体
- 32, 34, 36 振动传感器

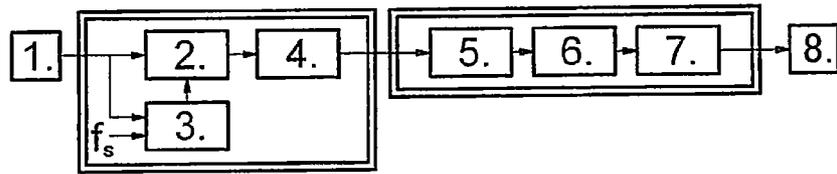


图1

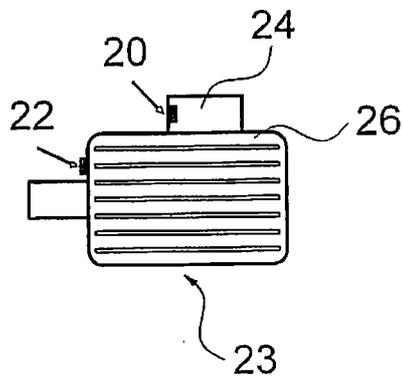
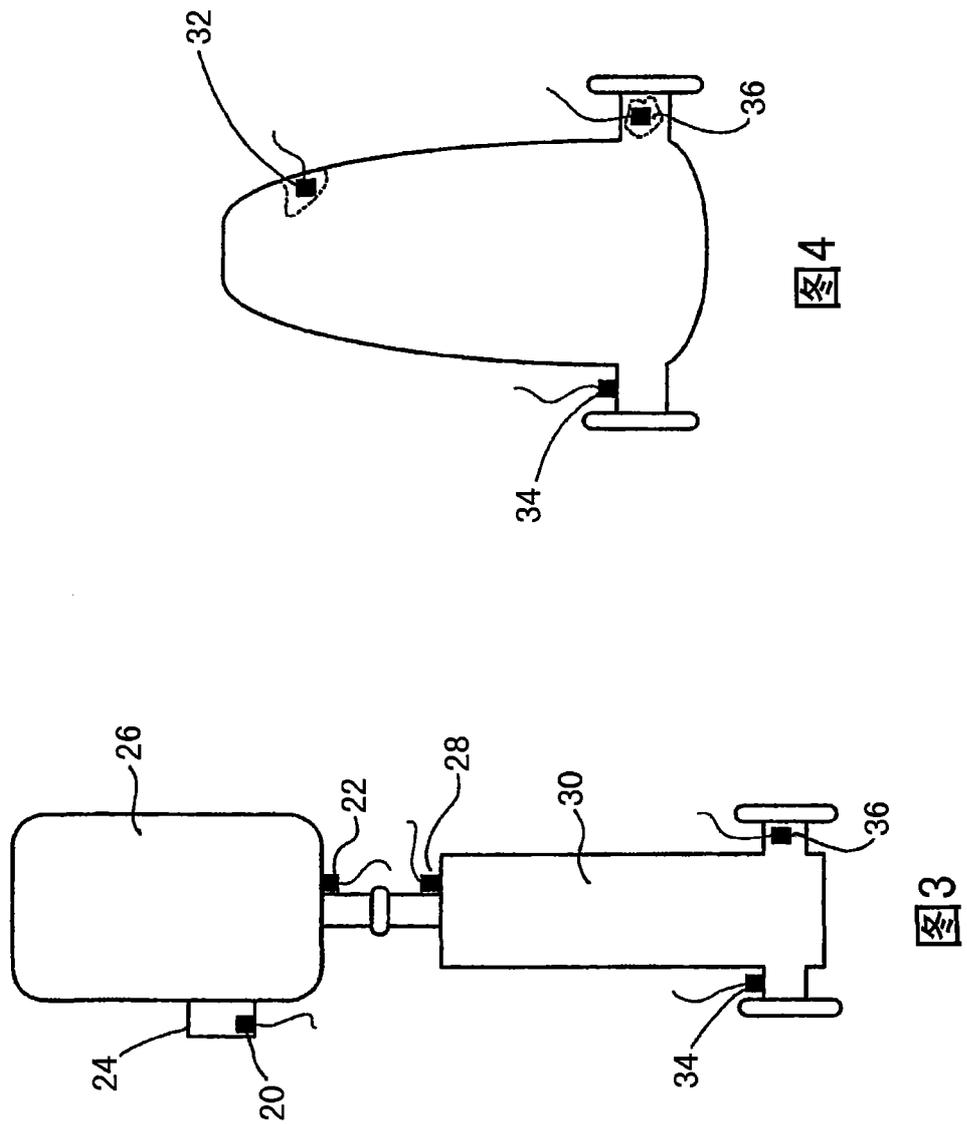


图2



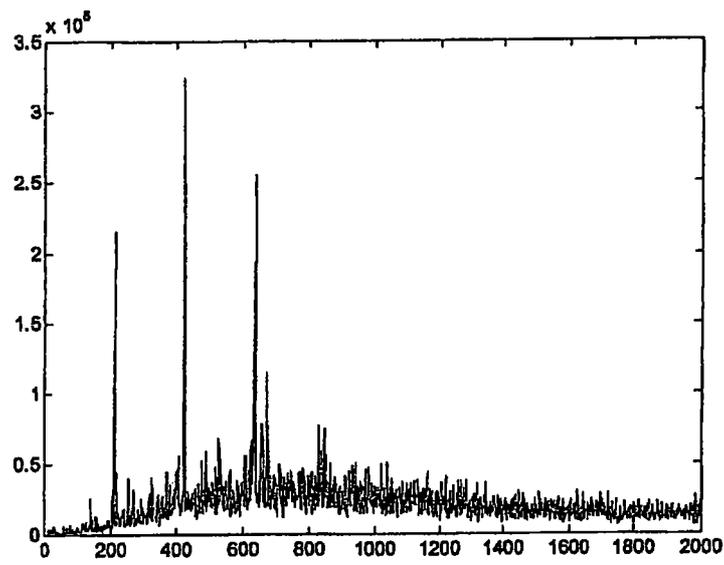


图5

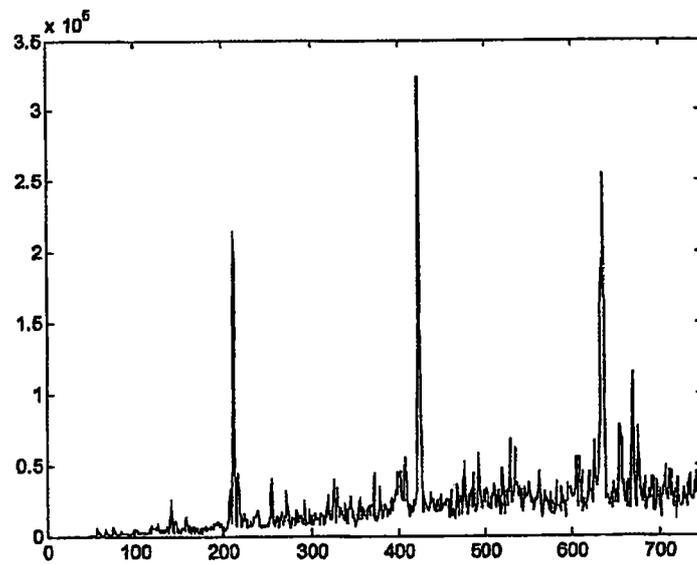


图6

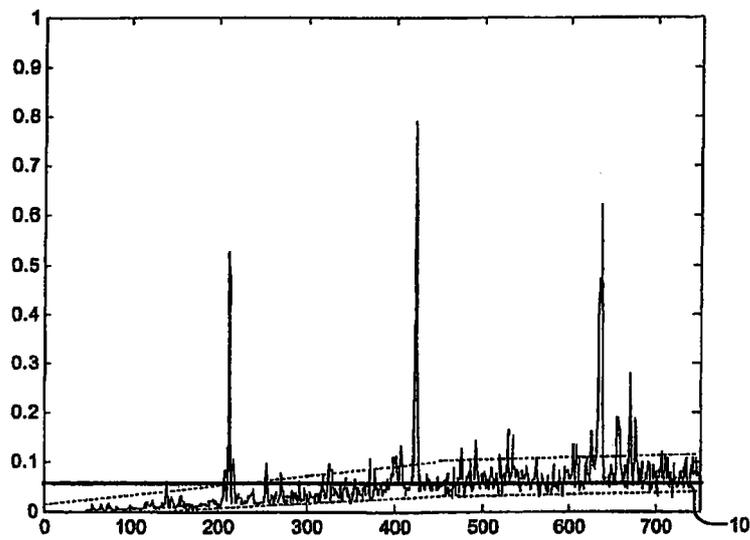


图7