



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103038719 B

(45) 授权公告日 2015. 10. 21

(21) 申请号 201180039300. 5

代理人 马红梅 卢江

(22) 申请日 2011. 06. 02

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

G05B 19/406(2006. 01)

12/797472 2010. 06. 09 US

G05B 19/418(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

(56) 对比文件

2013. 02. 08

CN 101464212 A, 2009. 06. 24,

(86) PCT国际申请的申请数据

KR 10-2005-0011919 A, 2005. 01. 31,

PCT/US2011/038856 2011. 06. 02

KR 2003-0048779 A, 2003. 06. 25,

(87) PCT国际申请的公布数据

US 2010/0030492 A1, 2010. 02. 04,

W02011/156196 EN 2011. 12. 15

US 5939625 A, 1999. 08. 17,

(73) 专利权人 霍尼韦尔国际公司

审查员 赵捷峰

地址 美国新泽西州

(72) 发明人 C. 卡 V. B. 金尔 V. 阿格拉瓦尔

M. 森德拉姆

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

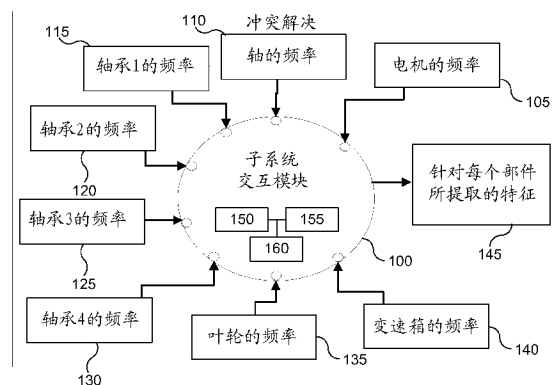
权利要求书2页 说明书11页 附图8页

(54) 发明名称

支持多个子系统的同时监控的冲突解决系统和方法

(57) 摘要

一种系统包括多个传感器(105-140),其被配置成测量变速箱的一个或多个特性。所述系统还包括子系统交互模块设备(100, 400),其包括至少一个接口(160, 412, 470),所述至少一个接口被配置成接收与系统的多个部件相关联的输入信号(414-422)。所述子系统交互模块设备还包括至少一个处理单元(150, 430),其被配置成使用所述输入信号来标识所述部件中的一个或多个中的潜在故障并且被配置成提供对所述潜在故障进行标识的指示器。所述至少一个处理单元被配置成通过以下各项来标识所述潜在故障:标识与所述系统的部件中的不同故障相关联的冲突频率;以及基于所述冲突频率来确定与所述潜在故障相关联的置信水平。



1. 一种支持多个子系统的同时监控的冲突解决装置(100, 400),其包括:  
至少一个接口(160, 412, 470),其被配置成接收与系统的多个部件相关联的输入信号(414-422);以及  
至少一个处理单元(150, 430),其被配置成使用所述输入信号来标识所述部件中的一个或多个中的潜在故障并且被配置成提供对所述潜在故障进行标识的指示器;  
其中,所述至少一个处理单元被配置成通过以下各项来标识所述潜在故障:  
标识与所述系统的部件中的不同故障相关联的冲突频率;以及  
基于所述冲突频率来确定与所述潜在故障相关联的置信水平。
2. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述冲突频率包括与不同的所述故障相关联的重叠频率。
3. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述至少一个处理单元被配置成通过确定所述部件中的至少两个具有匹配配置来标识所述冲突频率。
4. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述至少一个处理单元被配置成基于与所述输入信号的不同频率分量相关联的能量级中的一个或多个比率来确定所述置信水平。
5. 根据权利要求4所述的装置,其中,所述至少一个处理单元被进一步配置成基于所述确定的置信水平来减小所述潜在故障的所述指示器。
6. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述至少一个处理单元被配置成通过以下各项中的至少一个来标识所述潜在故障:  
将与所述输入信号相关联的本底噪声与和正常操作相对应的本底噪声进行比较;以及  
将与一个或多个族的频率相关联的至少一个比率与至少一个阈值进行比较。
7. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述至少一个处理单元被配置成:  
确定是否不止一个传感器被用来监控所述部件中的两个;  
当所述两个部件由单个传感器监控时,计算单个指示器并且将置信水平设置为50%;  
以及  
当所述两个部件由不同的传感器监控时,计算多个指示器并且针对所述指示器中的每一个设置单独的置信水平。
8. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述至少一个处理单元被配置成计算在指定的持续时间内与所述潜在故障相关联的多个指示器的平均值。
9. 一种支持多个子系统的同时监控的冲突解决设备包括:  
用于接收与系统的多个部件相关联的输入信号的装置;  
用于标识(305)能够在所述部件中发生的多个故障中的每一个的一个或多个频率的装置;  
用于标识(434)与所述部件中的不同故障相关联的冲突频率的装置;  
用于使用所述输入信号来标识(502-506, 522-524, 532-536)所述部件中的一个或多个中的潜在故障的装置;  
用于基于所述冲突频率来确定(310, 444a-452b)与所述潜在故障相关联的置信水平的装置;以及  
用于输出(330, 508-512, 526-528, 538-540)对所述潜在故障进行标识的指示器的装置。

10. 一种支持多个子系统的同时监控的冲突解决方法,其包括:

- 接收与系统的多个部件相关联的输入信号;
- 标识(305)能够在所述部件中发生的多个故障中的每一个的一个或多个频率;
- 标识(434)与所述部件中的不同故障相关联的冲突频率;
- 使用所述输入信号来标识(502-506, 522-524, 532-536)所述部件中的一个或多个中的潜在故障;
- 基于所述冲突频率来确定(310, 444a-452b)与所述潜在故障相关联的置信水平;以及
- 输出(330, 508-512, 526-528, 538-540)对所述潜在故障进行标识的指示器。

## 支持多个子系统的同时监控的冲突解决系统和方法

### 技术领域

[0001] 本公开一般地涉及旋转机械监控器,并且更具体地涉及一种用于支持多个子系统的同时监控的冲突解决系统和方法。

### 背景技术

[0002] 机电机械能够包括许多子系统或部件,诸如轴、轴承、齿轮、叶轮、定子、转子等等。机械及其子系统常常被监控以在早期阶段检测潜在的失效(诸如故障),以便防止二次损坏、节省维护成本、提高设备正常运行时间(诸如机械可用性)、挽救来自设备停工时间的潜在经济损失、以及朝着不断增高的生产力方向促进。监控能够包括各种各样的信号处理、模式识别或统计技术。

[0003] 监控系统(诸如健康状况监控器)常常利用各种信号处理技术来检测个别子系统缺陷,所述各种信号处理技术诸如快速傅里叶变换(FFT)分析、包络、时频分析以及小波变换。然而,因为子系统相互作用,所以孤立地监控任何子系统可能引起许多误报或正确否定。此外,监控系统可能无法解决的冲突可能存在于两个或更多个子系统之间。

### 发明内容

[0004] 本公开提供了用于支持多个子系统的同时监控的冲突解决系统和方法。

[0005] 在第一实施例中,装置包括:至少一个接口,其被配置成接收与系统的多个部件相关联的输入信号;以及至少一个处理单元,其被配置成使用所述输入信号来标识所述部件中的一个或多个中的潜在故障,并且被配置成提供对所述潜在故障进行标识的指示器。所述至少一个处理单元被配置成通过以下各项来标识所述潜在故障:标识与所述系统的部件中的不同故障相关联的冲突频率;以及基于所述冲突频率来确定与所述潜在故障相关联的置信水平。

[0006] 在第二实施例中,方法包括接收与系统的多个部件相关联的输入信号。针对能够在所述部件中发生的多个故障中的每一个来标识一个或多个频率。所述方法还包括:标识与所述部件中的不同故障相关联的冲突频率;以及使用所述输入信号来标识所述部件中的一个或多个中的潜在故障。进一步地,所述方法包括:基于所述冲突频率确定与所述潜在故障相关联的置信水平;以及输出对所述潜在故障进行标识的指示器。

[0007] 在第三实施例中,计算机可读介质体现了计算机程序。所述计算机程序包括用于接收与系统的多个部件相关联的输入信号的计算机可读程序代码。所述计算机可读程序代码还标识可能在所述部件中发生的多个故障中的每一个的一个或多个频率;标识与所述部件中的不同故障相关联的冲突频率;以及使用所述输入信号来标识所述部件中的一个或多个中的潜在故障。所述计算机可读程序代码还被用于:基于所述冲突频率确定与所述潜在故障相关联的置信水平;以及输出对所述潜在故障进行标识的指示器。

[0008] 从以下图、说明以及权利要求中,其他技术特征对于本领域的技术人员而言可能是显而易见的。

## 附图说明

[0009] 为了更彻底地理解本公开,现在对结合附图进行的以下说明进行参考,在附图中:

[0010] 图 1 图示了根据本公开的示例冲突解决系统;

[0011] 图 2A 图示了根据本公开的示出了重叠频率的叶轮和轴部件的示例频谱;

[0012] 图 2B 图示了根据本公开的示出了重叠频率的叶轮和电机部件的示例频谱;

[0013] 图 3 图示了根据本公开的用于冲突解决的示例过程;以及

[0014] 图 4 至图 7 图示了根据本公开的示例子系统交互模块(SSIM)设备。

## 具体实施方式

[0015] 下文中讨论的图 1 至图 7 和在本专利文献中用来描述本发明的原理的各种实施例仅仅是以图示的方式且不应以任何方式将其理解为限制本发明的范围。本领域的技术人员将理解的是,可以在任何类型的适当布置的设备或系统中实现本发明的原理。

[0016] 图 1 图示了根据本公开的示例冲突解决系统。图 1 中所示出的冲突解决系统的实施例仅仅是用于图示。在不背离本公开的范围的情况下能够使用其他实施例。

[0017] 如图 1 中所示,所述系统包括子系统交互模块(SSIM)100,其被耦合到与旋转机械的不同部件(子系统)相对应的监控器 105-140。在本示例中,SSIM 100 从监控器 105-140 接收电机、轴、多组轴承、叶轮以及变速箱的频率特性。

[0018] 所述监控器可以是任何故障检测系统或健康状况监控系统,诸如于 2009 年 4 月 2 日提交的标题为“SYSTEM AND METHOD FOR DETERMINING HEALTH INDICATORS FOR IMPELLERS”的美国专利申请序号为 12/417,452、以及于 2009 年 4 月 2 日提交的标题为“SYSTEM AND METHOD FOR GEARBOX HEALTH MONITORING”的美国专利申请序号为 12/417,475 中所公开的,申请序号为 12/417,452 和序号为 12/417,475 的内容通过引用结合于此。

[0019] SSIM 100 在来自监控器 105-140 的信号中提取关于重叠频率的信息,并且基于所提取的信息输出特征 145。特征 145 能够包括统计特征,诸如叶轮的信号中的带通频率的 RMS 值、变速箱的信号的齿轮啮合频率的 RMS 值等等。这些特征能够指示旋转机械中的各种故障。

[0020] 监控器 105-140 中的每一个都能够获得包含关于被监控的子系统的任何合适信息的信号。例如,信号能够包括振动、噪声、电机电流、电压或速度频谱的频率特性。同样地,不同的监控技术可能是相关的。例如,振动或噪声特征的频率可以作为边带反映在电机电流或电压特征的行频中。同样地,振动的甚高频率可以被反映在噪声或声学发射信号中,但是由于加速计的频率带宽的限制的原因它们可能未被反映在振动信号中。

[0021] 换句话说,能够基于在来自监控器 105-140 的信号中包含的频率信息来检测多个子系统不同问题(诸如故障)。作为回应,能够生成指示已经检测到某一状况的状况指示器,并且能够生成标识所检测到的状况的确定性的置信水平。然而,当信号的频率能够指示多个类型的故障时,可能存在冲突。这使得难以同时地监控多个子系统并且标识在那些子系统故障。

[0022] 一些常规方法试图通过诸如用模糊逻辑系统(Fuzzy Logic system)使测量融合来解决冲突。然而,这些常规方法通常不考虑或者说明在系统包括许多子系统时能够出现的内在冲突。

[0023] 根据本公开,SSIM 100 被配置成在许多子系统存在于旋转机械中时改进故障检测。当冲突存在于子系统之中时,SSIM 100 还能够确定任何子系统的状况指示器的置信水平。此外,当由于数据可重复性而导致不一致性存在时,SSIM 100 能够总体上确定该系统的状况指示器的置信水平。此外,SSIM 100 能够标识冲突何时存在于两个或更多个部件之间,并且基于这些部件的个别频率特性的重叠来计算每个部件的置信水平。SSIM 100 能够使用(一个或多个)置信水平来向操作员通知故障的可能性或现存于旋转机械中的其他状况,或者 SSIM 100 能够在内部使用(一个或多个)置信水平来处理特定子系统的状况指示器。

[0024] 由于许多原因可能发生可检测到的状况之间的冲突。例如,第一冲突(冲突 1)能够由子系统特性的相似性产生,所述子系统特性诸如具有相同的或一些重叠频率的两个子系统的振动特性。第二冲突(冲突 2)能够由失效模式特性的相似性产生,所述失效模式特性诸如由许多失效模式或失效模式的组合所产生的频域特征中的背景噪声或本底噪声。第三冲突(冲突 3)能够由子系统配置的相似性产生,所述子系统配置诸如具有匹配几何图形的相同机械中的两个轴承。当健康状况指示器不一致并且在不同时刻给出了不同的值时能够发生第四冲突(冲突 4),这可以归因于数据可重复性问题。

[0025] 系统的频率特性常常取决于其子系统的配置。例如,电机驱动泵能够包括二十四转子条和八个叶轮叶片。叶轮叶片通过频率的高次谐波可以与振动信号中的转子条通过频率的谐波相同或类似。当在叶轮叶片中或在转子条中存在故障时,关于正在发生的故障的实际类型的这种类型的频率重叠能够使操作员困惑。例如,叶轮叶片故障能够表现为叶轮故障或转子条故障。

[0026] SSIM 100 利用与部件有关的频率特性以便解决部件之间的冲突。SSIM 100 能够利用与失效模式有关的频率特性来解决失效模式之间的冲突。上述三个冲突(冲突 1、2 以及 3)从这些频率特性中产生,因为该频率特性本质上可能是类似的或重叠的(如表 1 中所示)。由于数据或任何其他可重复性问题,第四冲突(冲突 4)与不一致的健康状况指示器有关。表 1 图示了冲突 1 至 4 以及它们相应影响:

[0027]

冲突	影响	示例	来自 SSIM 100 的示例输出或动作
冲突 1	作为一个缺陷的误报或正确否定被看作是另一个缺陷	如果叶轮中的叶片数是 6, 则叶轮叶片通过频率 (6X) 与轴频率 6X 匹配 (在叶轮磨损与轴松动之间存在冲突)。	1 示出了两个失效模式指示器 (叶轮磨损和轴松动), 每一个都具有它自己的置信水平。 2 通过将前一个指示器与置信水平相乘来减小失效模式指示器。 3 分离特征使得仅实际的故障指示器将被可视化。
冲突 2	没有失效模式的故障隔离	穴蚀现象, 轴承磨损以及齿轮磨损导致背景噪声的上升。	1 在子系统级上查找内部规则以减轻风险。 2 示出了两个失效模式指示器, 每一个都具有它自己的置信水平。 3 通过将前一个指示器与置信水平相乘来减小失效模式指示器。
冲突 3	没有这些部件的故障隔离	两个或更多个轴承具有相同的配置, 导致每个轴承的相同频率特性。	1 在靠近这些部件的位置处使用多传感器。 2 针对每个部件失效的指示器而示出了各种置信水平。 3 通过将前一个指示器与置信水平相乘来减小指示器。
冲突 4	由于不一致值而导致的误报	当存在基础松动或传感器损坏时或者当振动传输路径是非常大的时数据可重复性问题出现了。	1 随着持续时间来计算健康状况指示器的平均数。 2 示出了在某持续时间之后和具有置信水平的健康状况指示器。

[0028] 表 1。

[0029] 在下面提供了关于 SSIM 100 如何操作以产生该功能性的附加细节。

[0030] SSIM 100 包括用于处理来自多个子系统的重叠信号以标识子系统故障或其他问题的任何合适的结构。在本示例中, SSIM 100 包括至少一个处理单元 150, 诸如微处理器、微控制器、数字信号处理器、现场可编程门阵列或专用集成电路。SSIM 100 还包括至少一个存储器 155, 所述存储器 155 存储由处理单元所使用、生成或者收集的指令和数据。SSIM 100 进一步包括至少一个网络接口 160, 所述网络接口 160 用于从一个或多个监控器 105-140 接收数据。

[0031] 尽管图 1 图示了支持多个子系统的监控的冲突解决系统的一个示例, 但可以对图 1 进行各种改变。例如, 图 1 中所示出的监控器 105-140 仅仅是用于图示。还能够使用用于监控任何其他或附加的子系统的系统或设备。

[0032] 图 2A 和图 2B 图示了根据本公开的叶轮、轴以及转子部件的示例频谱 200、240。图 2A 和图 2B 中所示出的频谱 200、240 仅仅是用于图示。在不背离本公开的范围的情况下能够存在其他频谱。

[0033] 在图 2A 中所示出的示例中, 轴部件与各种频率 202-212 相关联。同样地, 叶轮叶片通过频率 (IVF) 包括频率 214 (当叶轮叶片的数量是八时), 并且多个 IVF 边带存在于频率 210-212、216-220 处。在本示例中, 频率 210 和 212 包括轴频率和 IVF 边带频率两者 (如由重叠区 222 所示出)。在重叠区 222 中的这些重叠频率处的振幅在本示例中是不大的。然而, 在一些示例中, 振幅可能是非常大的。因为这个, 轴故障可以反映为叶轮故障或者反之亦然, 这导致误报或正确否定。还可能存在其中存在多个故障的时间, 诸如同时的轴松动和叶轮裂纹, 这在重叠区 222 中可以引起更大的振幅。

[0034] 如图 2B 中所示, 在转子条频率、定子槽频率以及叶轮叶片通过频率的频谱中还可

以存在重叠。在本示例中,与定子有关的频率在区 242-246 中与叶轮叶片通过频率的谐波和边带冲突(重叠)。同样地,与转子有关的频率在区 244、250-258 中与叶轮叶片通过频率的谐波和边带冲突。此外,与定子有关的和与转子有关的频率在区 244 和 250 中冲突。因此,叶轮故障可以激起转子故障或定子故障的指示或者反之亦然。

[0035] SSIM 100 能够有助于减少或者消除由重叠故障频率所引起的问题。如上所述,SSIM 100 能够标识不同故障和与故障的每个检测到的类型相关联的置信水平。SSIM 100 然后能够提供所检测到的(一个或多个)故障的(一个或多个)类型的指示和每个类型的可能性。在下面提供了关于 SSIM 100 的附加细节。

[0036] 尽管图 2A 和图 2B 图示了叶轮和轴部件的频谱 200、240 的示例,但是可以对图 2A 和图 2B 进行各种改变。例如,图 2A 和图 2B 意味着简单地举例说明了不同部件的频率能够如何重叠。其他叶轮或轴部件能够具有不同的频率特性。同样地,叶轮、轴或其他部件能够具有任何其他类型的重叠频率特性。

[0037] 图 3 图示了根据本公开的用于冲突解决的示例过程 300。特别地,图 3 图示了用于处理上述第一冲突类型(冲突 1)的示例过程 300。图 3 中所示出的过程 300 的实施例仅仅是用于图示。在不背离本公开的范围的情况下,能够使用过程 300 的其他实施例。同样地,为方便说明,相对于 SSIM 100 对过程 300 进行了描述,尽管过程 300 能够与任何合适的设备或系统一起使用。

[0038] 在方块 305 中,SSIM 标识来自至少两个子系统的信号中的指定的能量和频率。例如,SSIM 100 能够针对轴和叶轮确定重叠频率中的能含量。SSIM 100 能够确定由与轴有关的频率所占有的能量,并且确定由与叶轮有关的频率所占有的能量。

[0039] 在方块 310 中,SSIM 基于能量级的比率来查找每个子系统的置信水平。例如,SSIM 100 能够确定每对子系统的置信水平,所述每对子系统诸如轴-叶轮对、叶轮-齿轮对、轴-齿轮对、轴承-轴对、轴承-叶轮对、轴承-齿轮对、电机-轴对、电机-叶轮对、电机-齿轮对以及电机-轴承对。SSIM 100 然后能够计算针对单个子系统的的一个或许多个置信水平。在特定的实施例中,SSIM 100 能够确定如图 4 中所图示的置信水平。

[0040] 在方块 315 中,SSIM 整合每个子系统的全部置信水平,以便生成每个子系统的单一合成的置信水平。在方块 320 中,SSIM 计算每个子系统的单独的健康状况指示器。健康状况指示器能够是基于针对每个子系统所确定的单一置信水平的。在方块 325 中,SSIM 能够以某方式,诸如通过将健康状况指示器乘以置信水平来减小健康状况指示器。在方块 330 中,SSIM 能够示出子系统的置信水平和/或健康状况指示器。例如,这个能够通过将信息显示给操作站(诸如本地计算机)上的操作员来完成。以这种方式,SSIM 100 能够标识潜在故障和故障将发生的概率。

[0041] 尽管图 3 图示了用于冲突解决的过程 300 的一个示例,但是可以对图 3 进行各种改变。例如,虽然被示出为一系列步骤,但是图 3 中的各个步骤能够重叠、并行地发生、按照不同顺序发生、或者发生多次。

[0042] 图 4 至图 7 图示了根据本公开的示例子系统交互模块(SSIM)设备 400。图 4 中所示出的 SSIM 设备 400 的实施例仅仅是用于图示。在不背离本公开的范围的情况下,能够使用 SSIM 设备 400 的其他实施例。

[0043] 在本示例中,SSIM 设备 400 包括用户配置部 402。用户配置部 402 提供了有助于



操作员与 SSIM 设备 400 交互的用户接口。例如,用户配置部 402 可以使得操作员能够输入规格信息。作为特定的示例,用户配置部 402 可以允许操作员输入轴承规格 404,诸如节圆直径、滚珠直径、滚珠的数量或接触角。操作员还能够输入齿轮规格 406,诸如额定功率、齿轮的类型、级数或针对齿轮或小齿轮的每级齿的数量。此外,操作员能够输入叶轮规格 408,诸如额定功率、叶轮的类型、级数或每级叶片的数量。进一步地,操作员能够输入电机规格 410,诸如电机的类型、额定功率、电压或电流、转子条的数量或定子槽的数量。SSIM 设备 400 能够将经由用户配置部 402 所接收到的信息存储在存储器 403 中。

[0044] SSIM 设备 400 还包括监控器输入部 412。监控器输入部 412 提供了用于从耦合到它们相应的子系统(部件)或者以其他方式与其相关联的监控器接收输入的接口。在本示例中,监控器输入部 412 包括用于接收轴频率 414、齿轮频率 416、叶轮频率 418、轴承频率 420 以及电机频率 422 的接口。齿轮频率 416 能够包括齿轮啮合频率(GMF)、谐波、边带以及噪声。叶轮频率 418 能够包括叶片通过频率(VPF)、谐波、边带以及噪声。轴承频率 420 能够包括多个族的轴承频率,诸如内圈(IR)、外圈(OR)、笼以及滚珠族的频率。轴承频率 420 还能够包括噪声。电机频率 422 同样地能够包括多个族的电机频率的。其他或另外类型的监控器或传感器的接口还能够被提供在监控输入部 412 中。SSIM 设备 400 能够将通过监控器输入部 412 接收到的信息存储在存储器 403 中。例如,监控器输入部 412 能够接收具有部件频率 414-422 中的每一个的本底噪声信息。由于诸如穴蚀现象、轴承中的广义粗糙以及齿轮磨损的原因,能够发生振动特性中的本底噪声。

[0045] SSIM 设备 400 进一步包括人工智能(AI)、算法或其他处理部 430。在本示例中,处理部 430 包括处理器核 432。处理器核 432 能够包括适于执行各种功能的一个或多个处理器。这些功能能够包括确定重叠频率的能含量、与轴有关的频率的能含量以及由与叶轮有关的频率占有的能量。这些功能还能够包括:确定每个部件(子系统)的置信水平;计算每个部件的单独的健康状况指示器;以及输出置信水平和健康状况指示器,或者使用所述置信水平和健康状况指示器来减小相应的健康状况指示器。如上文所提到的那样,SSIM 设备 400 能够确定成对子系统的置信水平。

[0046] 在本示例中,处理部 430 在步骤 434 处确定任何部件的频率是否与另一个部件的频率匹配。如果匹配,则处理部 430 在步骤 436 处查找干扰频率和它们相应的能量。

[0047] 处理部 430 在步骤 438 处还能够查找第一个部件的频率的能量,并且在步骤 440 处查找第二个部件的频率的能量。处理部 430 在步骤 442 处能够查找第一个和第二个部件的能量与重叠频率的能量的比率。对于两个比率,处理器部 430 在步骤 444a-444b 处查找置信水平。在一些实施例中,能够根据以下等式来确定该置信水平:

$$[0048] \quad \text{Comp1} = 1 - C/A$$

$$[0049] \quad \text{Comp2} = 1 - C/B$$

[0050] 其中, C 是这些部件的重叠频率的能量, A 是第一个部件(诸如轴)的频率的能量, 以及 B 是第二个部件(诸如叶轮)的频率的能量。

[0051] 处理部 430 在步骤 446a-446b 处确定每个置信水平是否为“0”。如果置信水平等于“0”,则处理部 430 在步骤 448a-448b 处将第一个部件的频率标识为第二个部件的子集或者反之亦然。在这些情况下,处理部 430 将第一个或第二个部件的置信水平设置为“0.5”。如果置信水平不等于“0”,则处理器 430 在步骤 450a-450b 处确定每个置信水平是否小于

“0.5”。如果小于“0.5”，则处理部 430 在步骤 452a-452b 处标识重叠能量的大多数被包括在另一个部件中，并且将该置信水平设置为“0.5”。例如，如果处理部 430 确定  $Comp1 < 0.5$ ，则重叠能量的大多数被包括在第二个部件中，并且处理部 430 将第一个部件的置信水平设置为“0.5” ( $COMP1=0.5$ )。

[0052] 如果在步骤 434 处不存在重叠频率，则处理部 430 以 100% 来设置不同部件的置信水平。这样做是因为不存在子系统之间的频率重叠，所以一个子系统的频率不干扰或者与另一个子系统的频率重叠。

[0053] 处理部 430 在步骤 456a-456b 处基于经标识的置信水平来对每个部件的振幅进行修正。在一些实施例中，部件频率的振幅是基于以下等式的：

[0054]  $Comp1 = Comp1 \text{ 的振幅} (1 - (1 - \text{置信水平}) / 2)$

[0055]  $Comp2 = Comp2 \text{ 的振幅} (1 - (1 - \text{置信水平}) / 2)$ 。

[0056] 处理部 430 能够针对具有重叠频率的部件对中的每一个执行该过程。应当理解的是，两个干扰部件的使用仅仅是用于示例目的。例如，处理部 430 能够分析三个一组的部件。

[0057] 此外，SSIM 设备 400 包括输出接口 470。输出接口 470 表示被配置成将信息发送到诸如计算机或显示器之类的另一个系统或设备的接口。输出接口 470 能够表示或者将数据提供给单个显示器（诸如监控器）或者给多个显示器。在本示例中，输出接口 470 包括置信水平指示器 472-474 和每个部件的频率特性的经过修正的振幅 476-478。这些经过修正的频率特性能够作为输入被提供给诸如在美国专利申请序号为 12/417, 452 和序号为 12/417, 475 中所描述的那些之类的系统，以得到方块 330 中所示出的经过修正的健康状况指示器，所述美国专利申请序号为 12/417, 452 和序号为 12/417, 475 的内容通过引用结合于此。置信水平指示器 472-474 标识与针对两个部件的健康状况指示器相关联的置信水平。频率 / 振幅指示器 476-478 为两个部件提供了频率和经过修正的振幅。在一些实施例中，输出接口 470 还可以包括整个系统的置信水平和健康状况指示器（若可以或若需要）。这些指示器 472-478 能够共同地标识正被监控的系统的健康状况。

[0058] 如上文所提到的那样，SSIM 设备 400 能够确定机械中的每一对子系统的置信水平。因此，SSIM 设备 400 能够针对单个子系统计算和输出许多个置信水平。SSIM 设备 400 还能够整合所有的置信水平，以便子系统生成该子系统的单一合成的置信水平。SSIM 设备 400 能够进一步计算每个子系统的单独的健康状况指示器，并且连同每个子系统的健康状况指示器来呈现置信水平（因此意味缺陷将发生的概率），或者通过将健康状况指示器乘以置信水平来减小健康状况指示器。SSIM 设备 400 还能够执行两个操作。

[0059] 在其他实施例中，SSIM 设备 400 能够简单地忽视或者忽略部件对中的每一个中的重叠频率。SSIM 设备 400 然后能够根据剩余的（非重叠）频率和它们相应的振幅来确定健康状况指示器。

[0060] 在又一其他实施例中，SSIM 设备 400 以失效模式级来执行置信水平计算。例如，SSIM 设备 400 能够使用频率 210-212 来确定松动轴的可能性，并且确定叶轮裂纹的可能性。处理部 430 还能够执行与失效模式有关的基于模糊规则的诊断。基于模糊规则的诊断能够具有隶属函数的各种组合，并且能够应用各种聚合和解模糊化方法。

[0061] 在特定的实施例中，SSIM 设备 400 输出与一个或多个指数有关的全部故障，而不

是采用方法来确定故障的概率。在其他特定的实施例中,SSIM 设备 400 在没有减小频率中的任何一个的能含量的情况下显示或者以其他的方式输出置信水平。

[0062] 图 5 图示了 SSIM 设备 400 能够如何执行上述第二冲突类型(冲突 2)的冲突解决。当存在来自各种失效模式的重叠频率特性时,处理部 430 读取这些部件中的每一个的本底噪声,诸如齿轮频率 416 中的噪声<sub>齿轮</sub>、叶轮频率 418 中的噪声<sub>叶轮</sub>以及轴承频率 420 中的噪声<sub>轴承</sub>。作为特定的示例,轴承的广泛粗糙、磨损或欠润滑能够激励个别缺陷频率以及它们的谐波和边带。边带能够取决于调制信号。在内圈缺陷情况下,内圈缺陷频率能够由它被耦合到的部件调制,内圈缺陷频率是滚珠旋转频率和旋转轴频率。同样地,如果存在穴蚀现象,则可能还存在时域信号中的影响标志。由于由穴蚀现象引起的形成在泵内部的蒸汽云的原因,叶轮叶片通过频率及其谐波和边带能够具有频域信号中降低的振幅。穴蚀现象的气泡可能不会减小所有频率的严重性,因为流体可能不会到达套管并且可能存在回流。测量性能参数能够确认穴蚀现象的存在。在齿轮磨损以及本底噪声的情况下,齿轮啮合频率及其谐波能够具有大的振幅。通过包括这些附加的测量点,可以将本底噪声具体地归因于特定故障。同样地,当传感器失效时,传感器可以产生具有所有频率的降低振幅的大的本底噪声。

[0063] 处理部 430 确定本底噪声中的每一个是否超过正常水平。在本示例中,处理部 430 在步骤 502 处确定该齿轮的本底噪声是否超过阈值,并且同样地是否是不正常的(噪声<sub>齿轮</sub> == 不正常)。如果齿轮本底噪声是不正常的,则处理部 430 在步骤 504 处确定比率 GMF 族 / 基线 GMF 族是否超过第一阈值(阈值 1)。基线 GMF 值能够表示在正常(基线)操作期间的齿轮啮合频率能量。如果所述比率大于阈值,则处理部 430 在步骤 506 处确定比率边带族 / 基线边带族是否低于第二阈值(阈值 2)。如果边带比率小于第二阈值,则处理部 430 在步骤 508 处通过输出接口 470 触发齿轮磨损警报。否则,处理部 430 在步骤 510 处通过输出接口 470 触发齿轮磨损告警。如果处理部 430 在步骤 502 处确定齿轮本底噪声是正常的,则处理部 430 在步骤 512 处通过输出接口 470 触发齿轮磨损正常指示器。

[0064] 处理部 430 在步骤 522 处确定轴承的本底噪声是否超过阈值,并且同样地是否是不正常的(噪声<sub>轴承</sub> == 不正常)。在一些实施例中,处理部 430 能够独立于齿轮本底噪声是正常的确定来分析轴承本底噪声。如果轴承本底噪声是不正常的,则处理部 430 在步骤 524 处确定轴承频率的族是否是正常的。如果否,则处理部 430 在步骤 526 处通过输出接口 470 触发轴承磨损警报。否则,如果轴承本底噪声是正常的或者如果轴承族频率是正常的,则处理部 430 在步骤 528 处通过输出接口 470 触发轴承磨损正常指示器。

[0065] 处理部 430 在步骤 532 处确定叶轮的本底噪声是否超过阈值,并且同样地是否是不正常的(噪声<sub>叶轮</sub> == 不正常)。在一些实施例中,处理部 430 能够独立于齿轮本底噪声是正常的或轴承本底噪声是正常的确定来分析叶轮本底噪声。如果叶轮本底噪声是不正常的,则处理部 430 在步骤 534 处确定比率 VPF / 基线 VPF 族是否低于第三阈值(阈值 3)。基线 VPF 值能够表示在正常(基线)操作期间的叶片通过频率的能量。如果该比率大于第三阈值,则处理部 430 在步骤 536 处确定比率边带 VPF / 基线边带 VPF 是否低于第四阈值(阈值 4)。如果低于第四阈值,则处理部 430 在步骤 538 处通过输出接口 470 触发泵穴蚀现象告警或警报。如果叶轮本底噪声是正常的,VPF / 基线 VPF 族比率低于第三阈值,或者边带 VPF / 基线边带 VPF 比率大于第四阈值,则处理部 430 在步骤 540 处通过输出接口 470 触发泵穴蚀

现象正常指示器。处理部 430 在步骤 542 处还能够经由输出接口 470 提供“验证传感器”指示器。

[0066] 图 6 图示了 SSIM 设备 400 能够如何执行上述第三冲突类型(冲突 3)的冲突解决。当某些子系统具有相同的配置时,它们的频率特性可以是相同的。如果一个传感器被用来监控这些部件,则频率特性能够取决于例如来自传感器的这些部件的振动传输路径而变化。这些子系统对传感器的振动信号的作用因此能够变化。如果振幅增加,则难以将这个增加分配给任何个别子系统,所以多个子系统的健康状况指示器可能是高的。因此,可以用每个健康状况指示器 50% 置信水平警告操作员。

[0067] 在一些实施例中,SSIM 设备 400 包括配置成感测不同子系统的多个传感器或多传感器。SSIM 设备 400 能够使用两个或更多个传感器来使用关于多个子系统的振动传输路径。例如,第一传感器可以被安装在子系统 #1 附近,而第二传感器可以被安装在子系统 #2 附近。在子系统 #1 失效情况下,第一传感器可能处于更好位置以通过检测更高振动振幅来检测失效。第二传感器可以感测振动振幅的增加,但是与在第一传感器处的振幅的增加相比这个可能不是非常大的。

[0068] 如图 6 中所示,用户配置部 402 包括用于接收多个轴承的轴承规格 602a-602d 和加速计规格 604 的接口。加速计规格能够包括诸如固有频率、安装的类型、传感器的位置以及线性范围之类的参数。加速计可以被用来感测与轴承相关联的振动。

[0069] 处理部 430 能够从轴承规格 602a-602d 中提取轴承的轴承频率 606a-606d。处理部 430 在步骤 608 处比较一对轴承的轴承规格以确定它们是否是不同的。如果不同,则处理部 430 在步骤 610 处确定单独的加速计是否可用于轴承。当存在单独的加速计时,处理部 430 在步骤 612 处确定与每个轴承相关联的加速度并且在步骤 614 处对每个个别轴承应用轴承部件算法。基于轴承部件算法的结果,处理部 430 在步骤 616-618 处经由输出接口 470 为轴承提供第一和第二健康状况指示器。当不存在单独的加速计时,处理部 430 在步骤 614 处将轴承部件算法应用于所组合的轴承。

[0070] 在步骤 608 处当轴承具有相同的规格时,处理部 430 在步骤 620 处再次确定单独加速计是否是可用的。如果可用,则处理部 430 返回到步骤 612。否则,处理部 430 在步骤 622 处对轴承应用轴承部件算法,并且在步骤 624-626 处经由输出接口 470 针对两个轴承输出 50% 置信水平。在这种情况下,不清楚哪一个轴承可能引起故障,所以以 50% 确定性 / 置信针对两个轴承来标识故障。

[0071] 可以针对被指定的每一对轴承在步骤 632 处重复所述过程。在这种情况下,例如,所述过程能够发生六次以覆盖四个轴承的六个唯一对。

[0072] 图 7 图示了 SSIM 设备 400 能够如何执行上述第四冲突类型(冲突 4)的冲突解决。当一个或多个子系统遭受数据可重复性或任何其他问题时,在各个时刻的健康状况指示器可能是不同的。当存在基础松动时、当存在传感器损坏时或者当振动路径是非常大的时,数据可重复性问题能够出现。一些系统能够计算输入数据的平均值以解决该数据可重复性问题。然而,输入数据的简单平均能够导致振幅的大变化,并且时间同步平均能够引起像轴承的非同步频率的非同步频率的能量的损失。在一些实施例中,SSIM 设备 400 能够计算持续时间的健康状况指示器的平均值。SSIM 设备 400 能够计算通过监控器输入部 412 接收到的输入数据以及通过输出接口 470 输出的健康状况指示器的平均值。SSIM 设备 400 还能够发

送包括平均置信水平的警报级别。

[0073] SSIM 设备 400 能够将各种信息输出给操作员,以便使得操作员能够决定查看什么类型的信息。该信息能够包括平均健康状况指数或附属于健康状况指数的平均置信水平。此外,每当存在数据可重复性问题时,SSIM 设备 400 都能够输出非常低的置信值。在一些实施例中,SSIM 设备 400 仅在健康状况指标和附属于它的置信水平是非常高的时才激活警报。这能够有助于减少任何假警报,以及如果故障水平随着时间的推移是一致的则对动作进行优先级排序。持续时间可以是任何合适的规定量的时间。

[0074] 如图 7 中所示,用户配置部 402 包括用于接收持续时间(n)702、输出选项设置 704 以及健康状况指示器(HI)状态阈值设置 706 的接口。选项设置 704 能够包括针对健康状况指示器的平均值 708 和具有置信水平的健康状况指示器 710 的选择。阈值设置 706 能够包括针对正常操作 712、告警 714 以及警报 716 的设置。

[0075] 处理部 430 在步骤 720 处能够提取用于比较操作的持续时间 702 和选项设置 704。当操作员已经选择了健康指示器的平均值 708 时,处理部 430 在步骤 722 处初始化计数器( $i=1$ )并且在步骤 724 处计算健康状况指示器( $HI=HI_i$ )。处理部 430 在步骤 726 处将该计数器与持续时间值(n)进行比较。如果计数器等于持续时间值,则处理部 430 在步骤 728 处计算平均健康状况指示器( $HI=HI/n$ )。如果计数器不等于持续时间值,则处理部 430 在步骤 731 处递增该计数器并且在步骤 732 处计算另一个健康状况指示器( $HI_{i+1}$ )。处理部 430 在步骤 734 处将最近的健康状况指示器加起来( $HI=HI_i+HI_{i+1}$ ),然后在步骤 728 处设置平均健康状况指示器( $HI=HI/n$ )。

[0076] 当操作员已经选择了具有置信水平的健康状况指示器 710 (不是在步骤 720 处的平均值)时,处理部 430 在步骤 740 处计算健康状况指示器和 n 个持续时间的对应状态。处理部 430 在步骤 742 处计算为警报的状态的数量,在步骤 744 处计算为告警的状态的数量以及在步骤 746 处计算为正常的状态的数量。处理部 430 在步骤 748 处确定当前状态是否是正常的。如果当前状态是正常的,则处理部 430 在步骤 750 处将置信水平设置为第一规定值( $1-n1/n$ )。如果当前状态是不正常的,则处理部 430 在步骤 752 处确定当前状态是否为告警。如果当前状态是告警,则处理部 430 在步骤 754 处将置信水平设置为第二规定值( $1-n2/n$ )。如果当前状态不是告警,则处理部 430 在步骤 756 处将置信水平设置为第三规定值( $1-n3/n$ )。

[0077] 处理部 430 通过输出接口 470 输出健康状况指示器和置信水平。输出接口 470 能够显示部件的健康状况指示器 772 和置信水平 774,并且显示设备的健康状况指示器 776 和置信水平 778。

[0078] 尽管图 4 至图 7 图示了 SSIM 设备 400 的一个示例,但是能够对这些图进行许多修改。例如,能够检测任何合适类型的故障。此外,对于针对图 7 中所图示的第四冲突类型(冲突 4)的冲突解决,能够针对健康状况指示系统的输入数据而不是输出数据即健康状况指示器来实现持续时间。同样地,能够组合、进一步细分或者省略被示出为由 SSIM 设备 400 所执行的各种功能,并且能够根据特定需要来添加附加的功能。此外,处理部 430 能够包括一个或多个处理设备,其中,不同的处理设备被配置成解决不同的冲突类型。

[0079] 在一些实施例中,由包含在计算机可读介质中且由计算机可读程序代码形成的计算机程序来实现或支持上述各种功能。短语“计算机可读程序代码”包括任何类型的计算

机代码,包括源代码、目标代码和可执行代码。短语“计算机可读介质”包括能够被计算机访问的任何类型的介质,诸如只读存储器(ROM)、随机存取存储器(RAM)、硬盘驱动器、光盘(CD)、数字视频盘(DVD)或任何其他类型的存储器。

[0080] 陈述遍及本专利文献所使用的特定词语和短语的定义可能是有利的。术语“耦合”及其派生词指的是两个或更多元件之间的任何直接或间接通信,无论那些元件是否相互进行物理接触。术语“包括”和“包含”以及其派生词意指没有限制的包括。术语“或”是包括的,意指和/或。短语“与...相关联”和“与之相关联”以及其派生词可以意指包括、被包括在...内、与...互连、包含、被包含在...内、连接至或与...相连、耦合至或与...耦合、可与...通信、与...协作、交错、并列、接近于、结合于或与...结合、具有、具有...的性质等等。

[0081] 虽然本公开已描述了若干实施例和一般关联的方法,但本领域的技术人员将清楚这些实施例和方法的变更和置换。因此,示例实施例的以上说明不限定或约束本公开。在不脱离如由以下权利要求限定的本公开的精神和范围的情况下,还可以有其他改变、替换和变更。

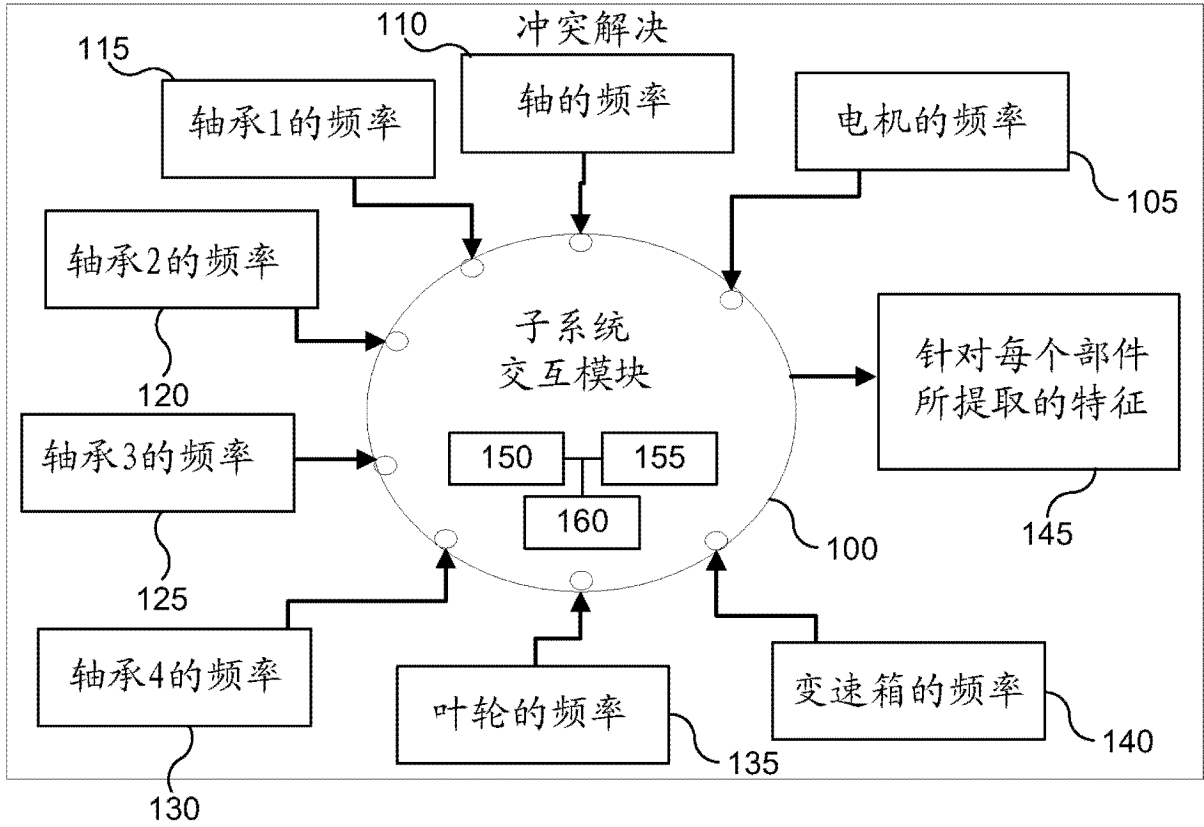


图 1

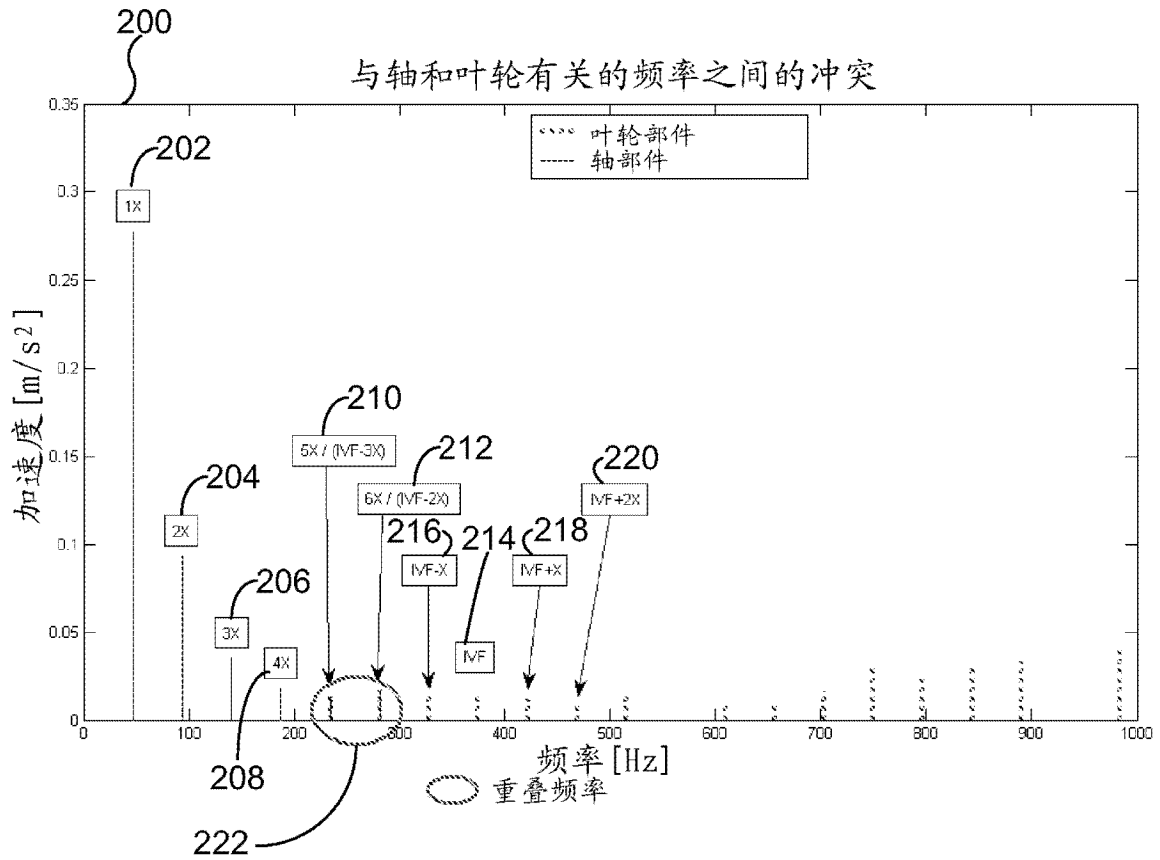


图 2A



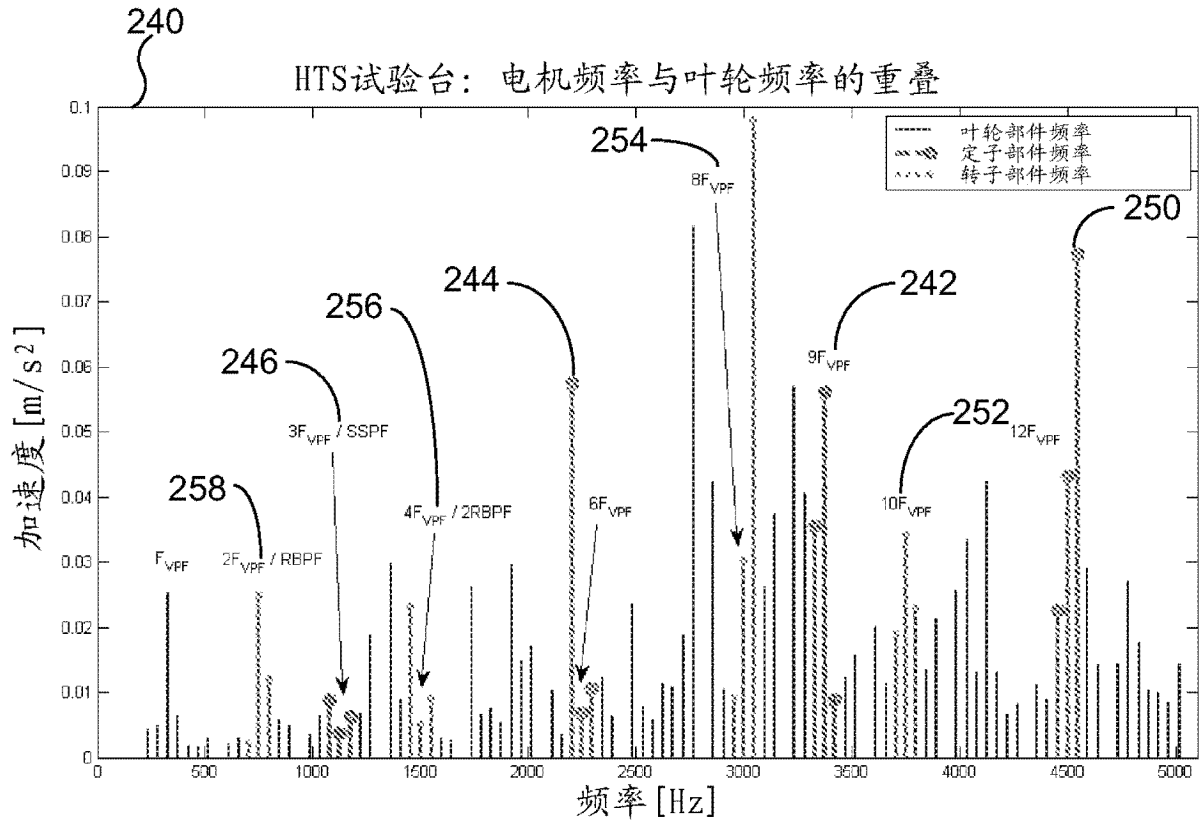


图 2B

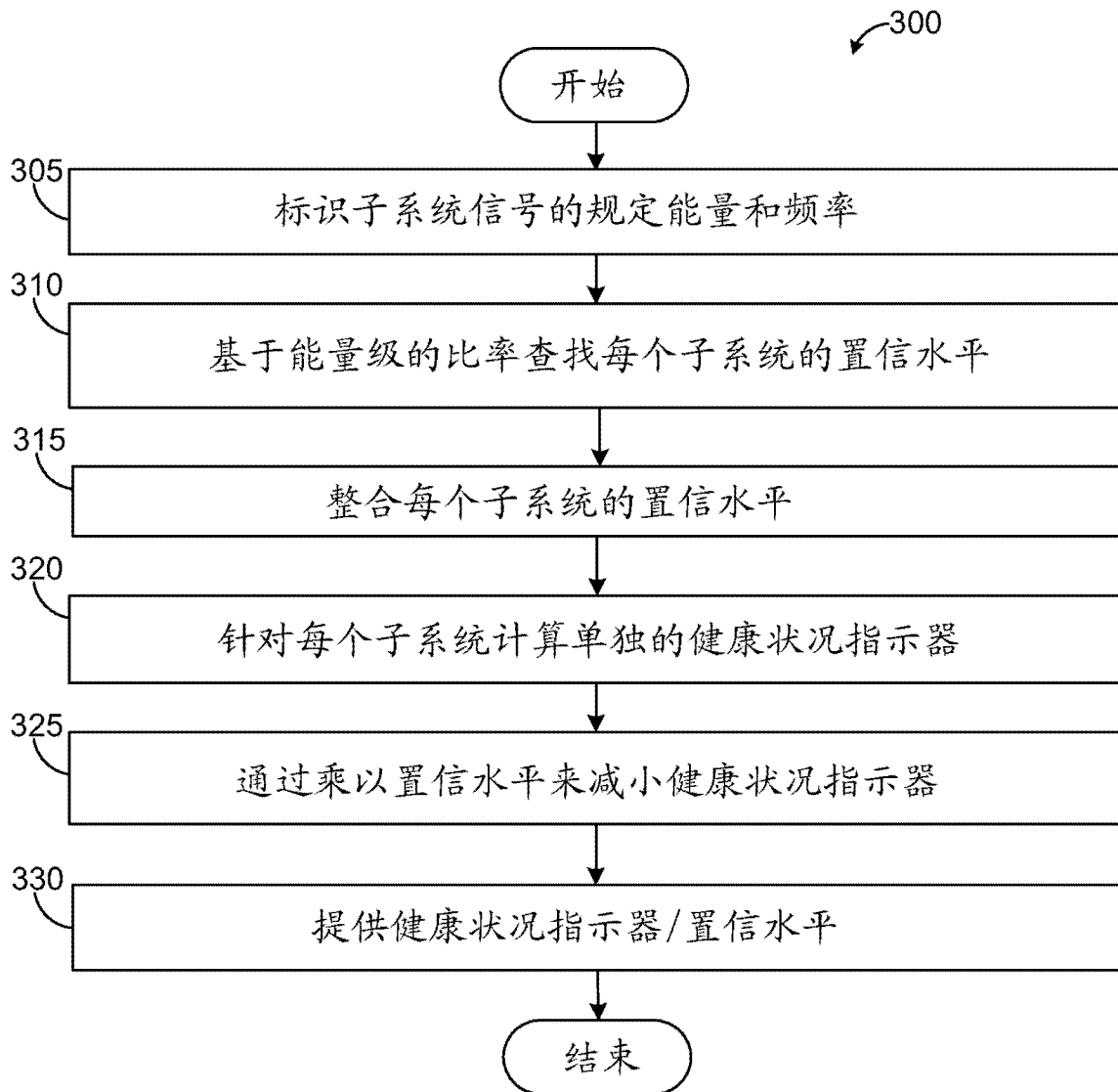


图 3

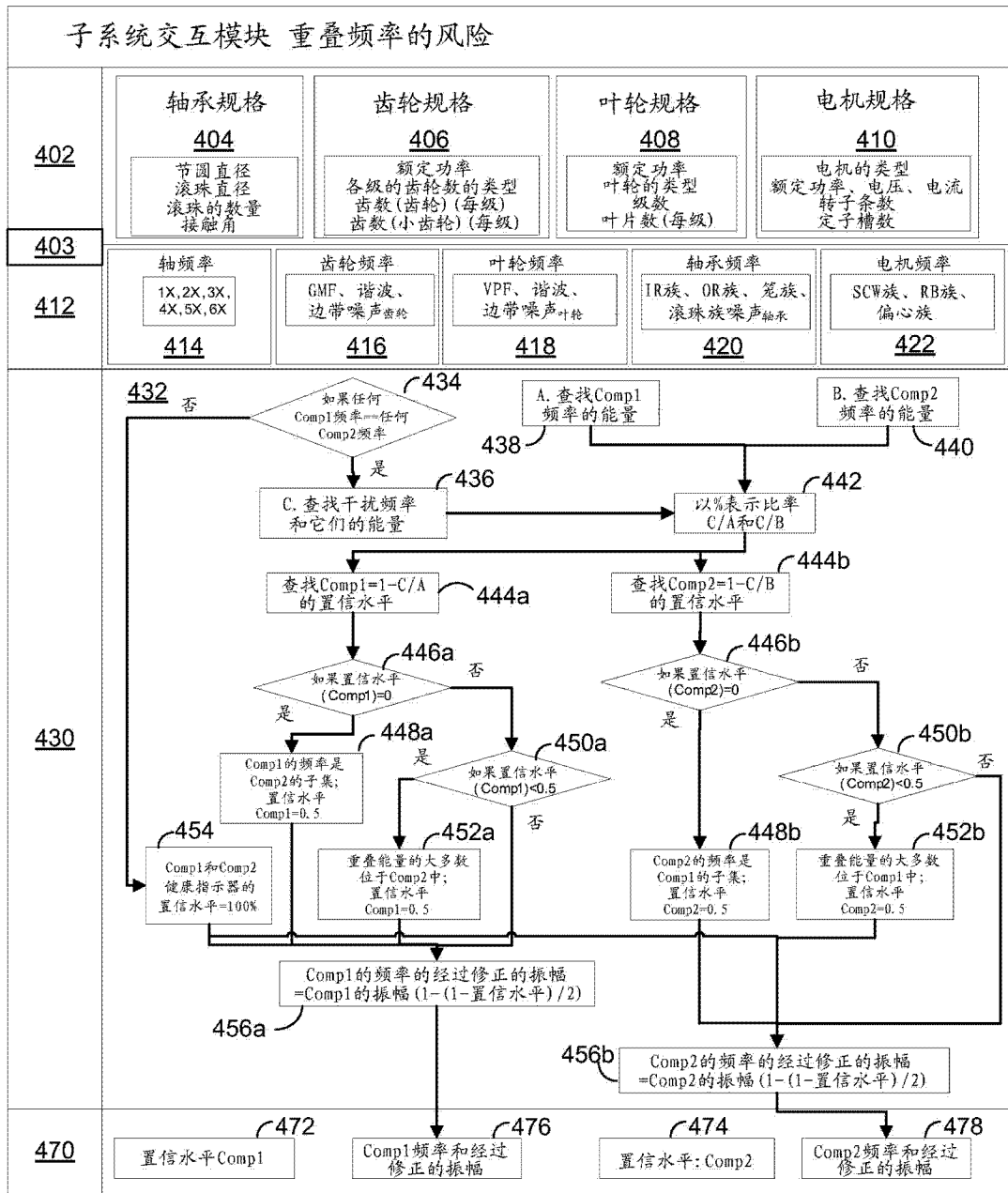


图 4

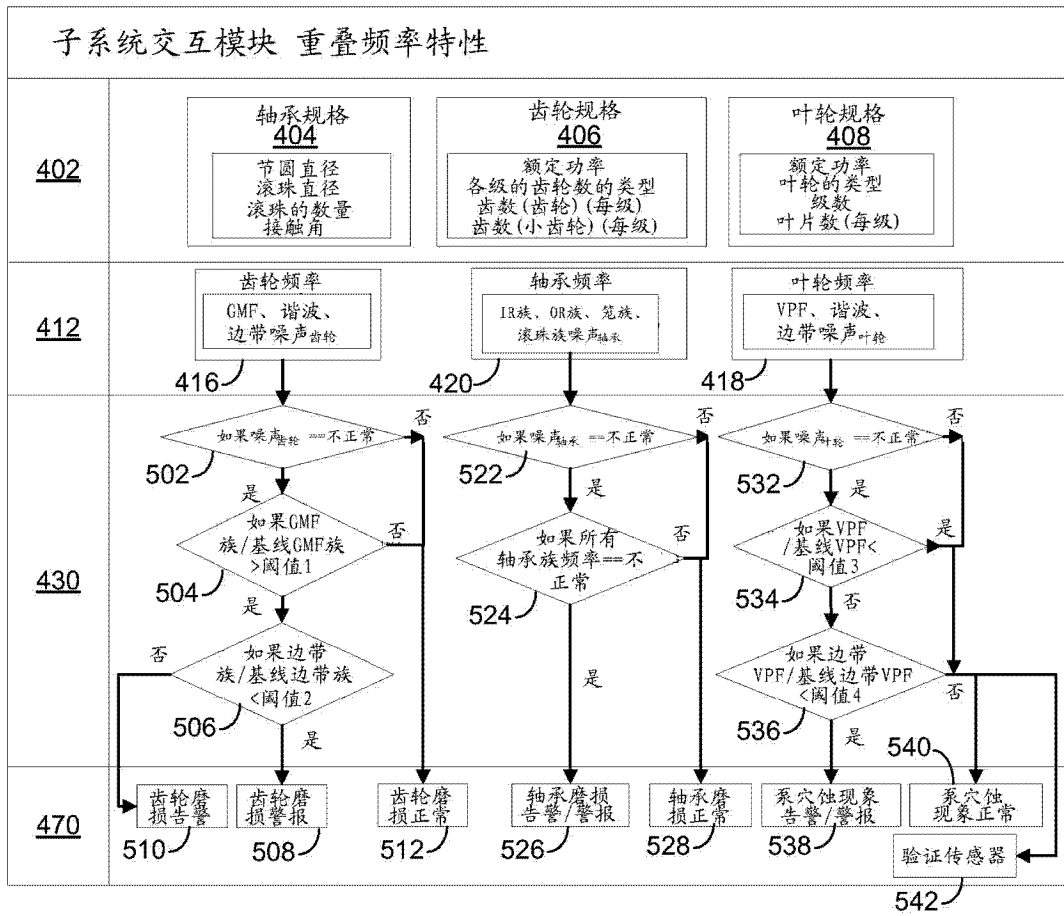


图 5

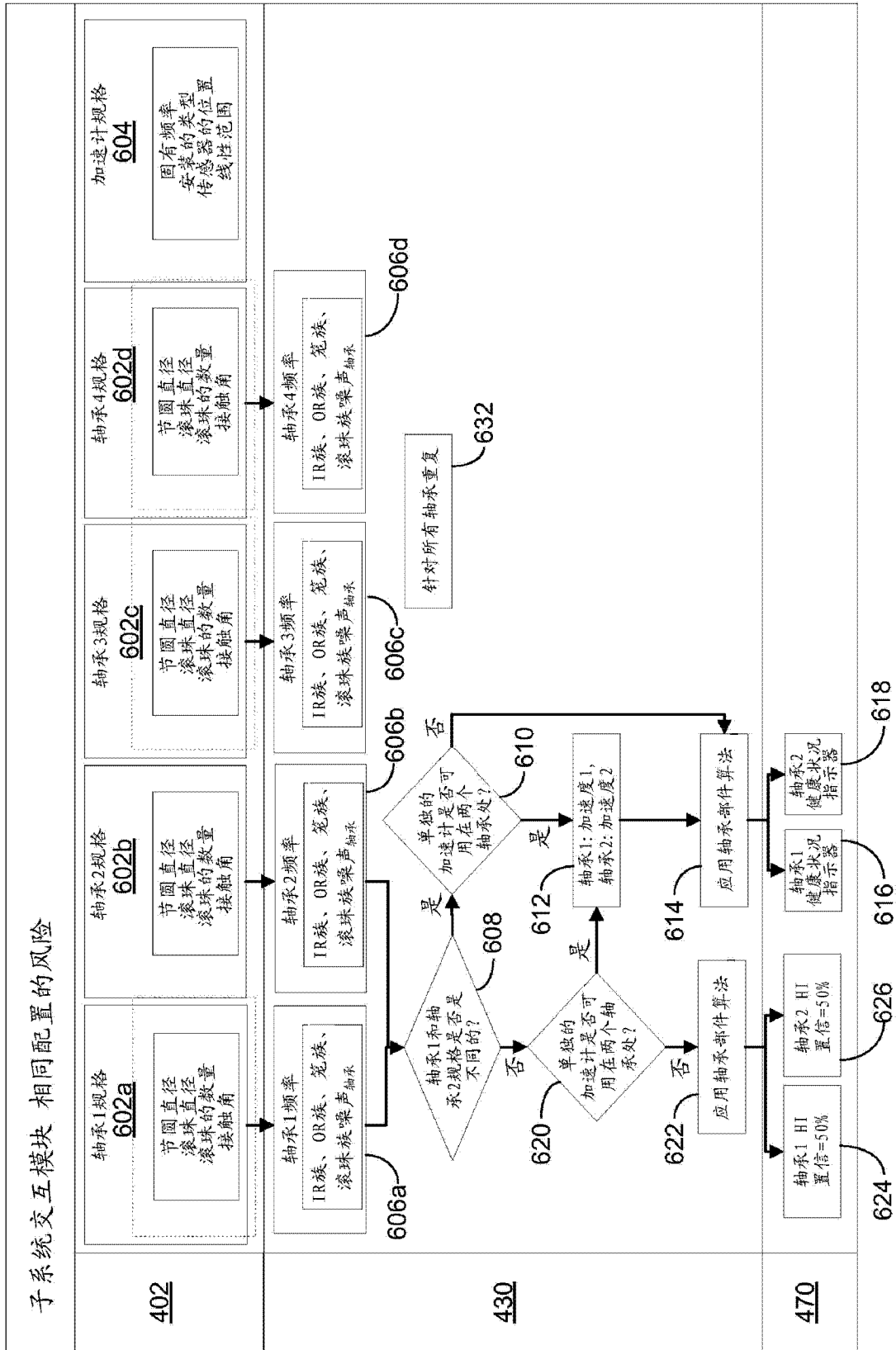


图 6

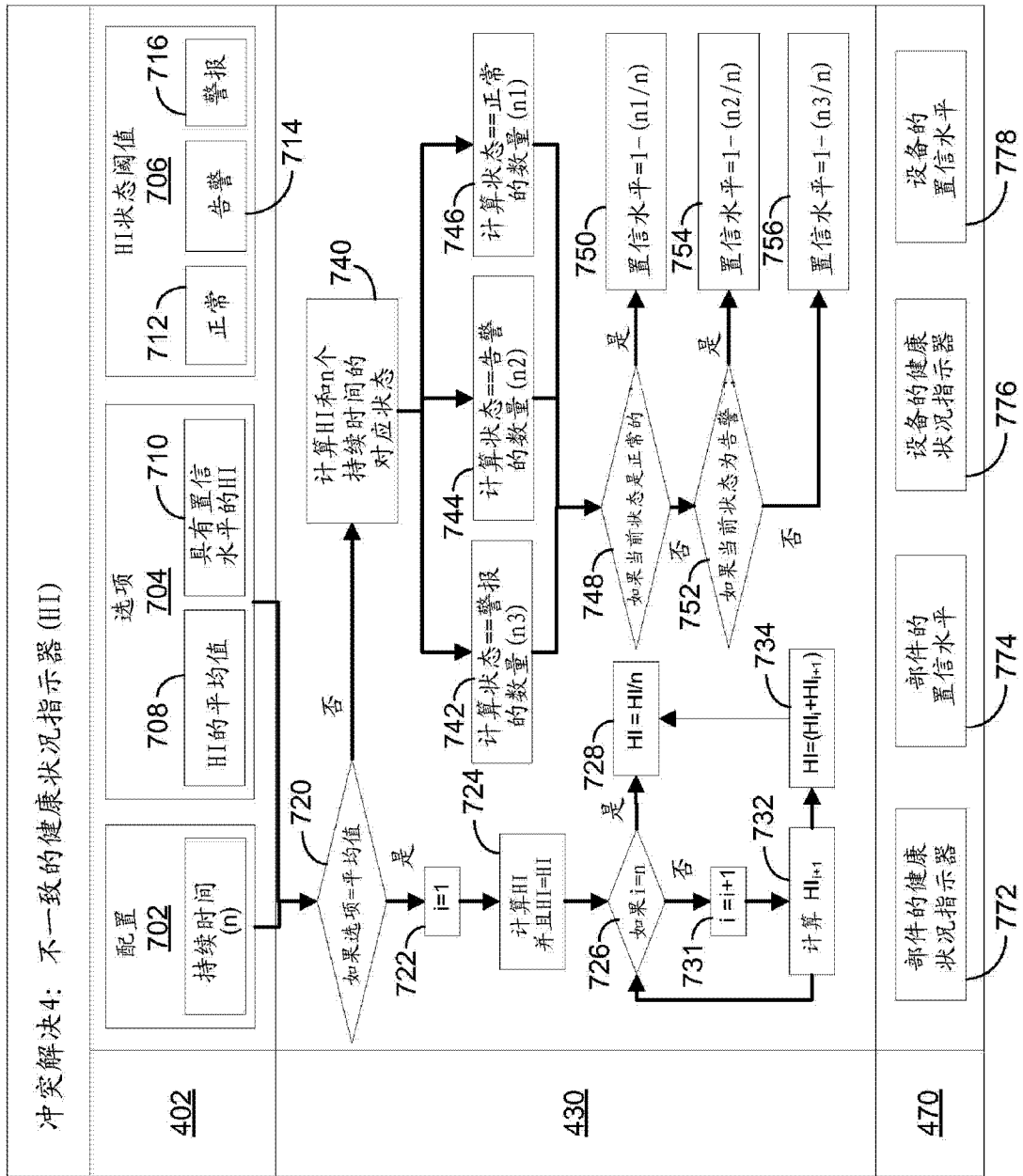


图 7