



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102279068 A

(43) 申请公布日 2011. 12. 14

(21) 申请号 201110113332. 7

(22) 申请日 2011. 03. 18

(30) 优先权数据

10002921. 4 2010. 03. 19 EP

(71) 申请人 温纳吉股份公司

地址 德国弗尔德

(72) 发明人 A·克莱因-希特帕斯 J-D·赖默斯

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 宣力伟 梁冰

(51) Int. Cl.

G01L 3/00(2006. 01)

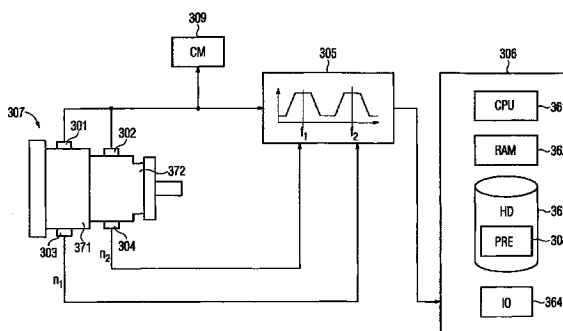
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 3 页

(54) 发明名称

在传动机构中检测扭矩的方法、测量装置及控制程序

(57) 摘要

本发明涉及在传动机构中检测扭矩的方法、测量装置及控制程序。按照本发明所述,为了检测传动机构中的扭矩,利用至少一个振动传感器检测出至少一个振动信号,该至少一个振动信号与相互啮合的传动机构齿的齿啮合频率对应,并且其相移取决于相互啮合的传动机构齿的至少一个齿啮合持续时间。在该情况中,所述齿啮合持续时间由于啮合变形而与扭矩有关。可根据所检测的振动信号的和/或至少一个齿啮合持续时间的相移来确定作用于传动机构的扭矩。



1. 一种用于在传动机构中检测扭矩的方法, 其中
  - 利用至少一个振动传感器检测至少一个振动信号, 所述至少一个振动信号与相互啮合的传动机构齿的齿啮合频率对应, 并且其相移取决于所述相互啮合的传动机构齿的至少一个齿啮合持续时间,
  - 所述齿啮合持续时间由于啮合变形而与扭矩有关,
  - 根据所检测的振动信号的和 / 或所述至少一个齿啮合持续时间的相移, 确定作用于所述传动机构的扭矩。
2. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中, 确定至少两个不同齿啮合的齿啮合频率的相移之间的取决于扭矩的差异, 并且其中, 根据所述相移之间的差异确定作用于所述传动机构的扭矩。
3. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中, 检测与多个不同齿啮合对应的多个振动信号或者振动信号分量, 并且其中, 根据多个不同齿啮合算出的平均值确定作用于所述传动机构的扭矩。
4. 根据权利要求 3 所述的方法, 其中, 对于传动机构的齿啮合检测所述平均值和单个齿啮合的扭矩测量值之间的偏差, 并且其中, 如果偏差高于可指定的阈值, 则生成报警信号。
5. 根据权利要求 4 所述的方法, 其中, 所述报警信号包括指明相关的齿啮合。
6. 根据权利要求 1-5 中任一项所述的方法, 其中, 将所述至少一个振动信号从频域转换到时域, 并且其中, 根据被转换到时域的所述振动信号, 确定啮合点 B 与啮合点 D 之间的齿啮合持续时间, 和 / 或确定啮合点 A 与啮合点 E 之间的齿啮合持续时间。
7. 根据权利要求 1-6 中任一项所述的方法, 其中, 关于围绕齿啮合基本频率的可预定的频域, 对所述至少一个振动信号进行带通滤波。
8. 根据权利要求 7 所述的方法, 其中, 借助于转速表确定所述齿啮合基本频率。
9. 根据权利要求 1-8 中任一项所述的方法, 其中, 所述至少一个振动传感器是空气声振动检测器或者固体声振动检测器。
10. 根据权利要求 1-9 中任一项所述的方法, 其中, 所述至少一个振动传感器是状态监测系统的用来确定所述振动信号的传感器。
11. 一种用来确定作用于传动机构的扭矩的测量装置, 具有
  - 用来检测至少一个振动信号的至少一个振动传感器, 所述至少一个振动信号与相互啮合的传动机构齿的齿啮合频率对应, 并且其相移取决于所述相互啮合的传动机构齿的至少一个齿啮合持续时间, 其中, 所述齿啮合持续时间由于啮合变形而与扭矩有关,
  - 连接到所述至少一个振动传感器的信号处理单元, 用于根据所检测的振动信号的和 / 或所述至少一个齿啮合持续时间的相移来确定作用于所述传动机构的扭矩。
12. 一种用于在传动机构中检测扭矩的控制程序, 所述控制程序能加载到数据处理装置的工作存储器之中, 并且具有能通过处理器单元进行处理的至少一个代码段, 当执行所述代码段时,
  - 借助于所述至少一个振动传感器检测至少一个振动信号, 所述至少一个振动信号与相互啮合的传动机构齿的齿啮合频率对应, 并且其相移取决于所述相互啮合的传动机构齿的至少一个齿啮合持续时间, 其中, 所述齿啮合持续时间由于啮合变形而与扭矩有关,

- 当所述控制程序在所述数据处理装置中运行时,根据所检测的振动信号的和 / 或所述至少一个齿啮合持续时间的相移,确定作用于所述传动机构的扭矩。

## 在传动机构中检测扭矩的方法、测量装置及控制程序

### 背景技术

[0001] 在工业处理和制造过程中对包括传动机构的传动系统有着大量复杂的要求,例如在较长的使用周期内可靠运行,同时维护费用最小。例如影响工业处理和制造过程的传动系统故障可例如由于设备停机时间而引起很高的经济损失。

[0002] 尤其在风电设备中,传动机构在其运转期间要承受扭矩的动态负载顺序、弯曲力矩以及轴向和径向力等。为了构造传动机构,可使用由设备操作员或制造商所定义的负载总和。如果所述负载总和不对应于运行期间出现的实际负载,则会出现问题。为了识别并避免超负载情况,可以在传动机构中设置扭矩传感器。

[0003] 在轴上测量扭矩通常基于如下事实:轴具有扭簧特性,并且由于扭矩作用而旋转。例如可借助应变仪、光学传感器或者磁致弹性传感器来确定所述旋转。如果已知轴的抗扭刚度,则可利用所确定的旋转得出作用于轴的扭矩。

[0004] 光学传感器可以包括轴向间隔地布置在轴上的槽盘,可检测这些槽盘的相对旋转。例如在 DE 19745823A1 中描述了这种类型的测量装置。作为其替代,可将光栅设置在轴上,通过扭矩作用来确定光栅的变形。在磁致弹性传感器的情况下则使用铁磁材料,其导磁率取决于负载而变化。

[0005] 从 DE 2815463A1 可知,将两个电磁脉冲发生器相隔一定轴向距离布置在轴上,这些脉冲发生器各自分配电磁传感器。利用所述传感器和下游比较器,可确定脉冲发生器所产生的信号之间因扭矩而引起的相移。

[0006] WO 2000/08434A1 描述了一种用来综合检测旋转机械部件的旋转角和扭矩的传感器装置,其中,角发射器和传感器被布置成使得能够检测部件的扭转,作为角发射器之间的角度的相对变化。轴向间隔地连接到机械部件的两个齿轮具有相同的齿数,并且各自与用作角发射器的齿轮啮合。用作角发射器的齿轮同样具有相同的齿数。为了更精确地计算部件的旋转角,还设置有另一个齿轮,其齿数不同于用作角发射器的齿轮。所述另一个齿轮与连接到部件的齿轮中的一个啮合。WO 2000/08434A1 所述的传感器装置需要相对大的空间,并且不适于集成在现有的传动机构结构之中。此外,为了将这种传感器装置集成在传动机构之中,通常在传感器的安装位置处需要长的电源线。在该连接中,必须要保证以适当的方式针对机械负载、热负载以及电磁负载来保护电源线。

### 发明内容

[0007] 本发明所基于的目的是提供一种用于扭矩检测的方法以及该方法的合适的实施方式,所述方法可在传动机构中以简单方式实现并且允许长期可靠且对故障不敏感的非接触测量。

[0008] 根据本发明,通过具有权利要求 1 所述特征的方法、具有权利要求 12 所述特征的测量装置以及具有权利要求 13 所述特征的控制程序来实现所述目的。在从属权利要求中提供本发明的有利发展。

[0009] 按照本发明所述,为了检测传动机构中的扭矩,利用至少一个振动传感器检测出

至少一个振动信号,该至少一个振动信号与相互啮合的传动机构齿的齿啮合频率对应,并且其相移取决于相互啮合的传动机构齿的至少一个齿啮合持续时间。在该情况中,所述齿啮合持续时间由于啮合变形而与扭矩有关。可根据所检测的振动信号的和 / 或至少一个齿啮合持续时间的相移来确定作用于传动机构的扭矩。

[0010] 例如,本发明允许利用迄今为止用于传动机构状态监测系统或条件监测系统并另外用于检测扭矩的振动传感器。与以往布置在传动机构轴周围并且因此而需要安装空间的非接触式扭矩测量系统的不同之处在于,根据本发明的测量装置可更易于集成在传动机构之中。

[0011] 为了检测扭矩,也可以确定至少两个不同齿啮合的齿啮合频率的相移之间的取决于扭矩的差异。然后,根据相移之间的差异确定作用于传动机构的扭矩。

[0012] 作为其替代,可检测与多个不同齿啮合对应的多个振动信号或者振动信号分量。这种情况下,可根据多个不同齿啮合算出的平均值来确定作用于传动机构的扭矩。这种情况下,对于传动机构的齿啮合可以监测平均值和单个齿啮合的扭矩测量值之间的偏差。如果偏差超过可指定的阈值,则可以例如产生报警信号,该报警信号包括指明相关的齿啮合。

#### 附图说明

[0013] 以下将参照示例性实施例对本发明进行更详细解释,其中

[0014] 图 1 以示例方式示出了具有渐开线啮合的圆柱齿轮副的齿啮合示意图,

[0015] 图 2 示出了针对多个不同扭矩负载创建的曲线图,其具有沿着齿啮合区间的齿廓压力曲线,

[0016] 图 3 示出了具有传动机构和扭矩测量装置的布置的示意图。

#### 具体实施方式

[0017] 为了更好地理解本发明,图 1 以示例方式示出具有渐开线啮合的圆柱齿轮副的齿啮合。圆柱齿轮副的两个齿轮 101、102 在时刻 T1 处在第一位置(实线),第一齿轮 101 的齿 111 这时在啮合点 A 与第二齿轮 102 的齿 121 啮合。此外,这两个齿轮 101、102 在时刻 T2 处在第二位置(虚线),这时当两个齿轮 101、102 在图中所示方向转动时,第一齿轮 101 的齿 111 与第二齿轮 102 的齿 121 之间的啮合在啮合点 E 处终止。只有齿轮 101、102 的两个齿 111、121 在啮合点 B 和啮合点 D 之间的单独啮合区域中相互啮合。与此相反,齿轮 101、102 的其它齿在啮合点 A 和 B 之间以及啮合点 D 和 E 之间的双个啮合区域中相互连接。齿轮 101、102 在称作滚动接触点的啮合点 C 处以没有滑动摩擦的方式沿彼此滚动。在渐开线啮合的情况下,啮合点 A-E 处在直线 103 上。

[0018] 齿轮副的啮合齿在负载作用下变形,因此沿旋转方向跟随的齿被认为相对较早地啮合。这产生了不断变化的齿啮合持续时间和齿作用力波动,这进而引起噪声和振动。可以借助于振动传感器来检测所述噪声或振动作为振动信号。在这种情况下,所述振动信号代表齿轮相互啮合的齿轮副的齿啮合频率。所述振动信号具有相移,该相移取决于相互啮合的齿轮的至少一个齿啮合持续时间。

[0019] 在直齿齿轮的情况下,变形基本上由齿刚度和负载作用下产生的作用扭矩来确定。这导致了随着扭矩的增大而变大的齿啮合相移。这基本上也适用于具有斜齿的齿轮。

对应于图 2 中针对多个不同扭矩负载产生的并具有齿廓压力曲线 201-206 的曲线图,齿啮合持续时间沿着啮合点 A 和 E 之间的齿啮合部分随着扭矩增大而连续增加。曲线 201 与最小扭矩负载对应,曲线 206 与最高扭矩负载对应。扭矩负载从曲线 201 至曲线 206 连续增大。此外,参照齿廓压力而明显的是,沿着啮合点 B 和 D 之间的齿啮合部分的齿啮合持续时间随着扭矩负载的增大而下降。例如可以利用空气声振动检测器或者固体声振动检测器来检测这种随负载变化的特性。

[0020] 图 3 示意性示出的布置包括扭矩测量装置,该扭矩测量装置具有安装于传动机构 307 外壳上的两个振动传感器 301、302 以及基于计算机的信号处理单元 306。原则上,即使单个振动传感器也是足够的。这种情况下,应选用具有更高运算能力并且例如能够纯粹基于硬件基准而被执行的信号处理单元。

[0021] 利用两个振动传感器 301、302 检测振动信号,这些振动信号各自表示第一变速级 371 与第二变速级 372 的相互啮合的传动机构齿的齿啮合频率。如上所述,齿啮合频率的相移取决于相互啮合的传动机构齿的齿啮合持续时间。齿啮合持续时间进而由于啮合变形与扭矩有关。两个振动传感器 301、302 是传动机构 307 的状态监测系统 309 的传感器,所述传感器用来确定振动标志,因此如果存在状态监测系统,则基本上不需要新的传感器来检测扭矩。

[0022] 利用两个振动传感器,第一变速级 371 的相互啮合的传动机构齿与第二变速级 372 的相啮合传动机构齿之间的传动系经历与扭矩有关的旋转。传动系的所述旋转导致由两个振动传感器 301、302 检测的振动信号之间产生相移。所涉及的传动机构齿之间的传动系经常具有扭簧刚度,其对于一系列的所有传动机构而言,是基本相同的,并且例如可在传动机构试验台上的校准操作的范围内确定。

[0023] 扭矩测量装置的信号处理单元 306 包括处理器 361、工作存储器 362、非易失性存储器 363 (例如硬盘驱动器或闪存) 以及输入/输出单元 364。信号处理单元 306 经由与分配到所述信号处理单元的带通滤波器 305 耦接到振动传感器 301、302。

[0024] 将控制程序 308 存储在信号处理单元 306 的存储器 363 之中,该控制程序可以被加载到工作存储器 362 之中,并且具有可通过处理器 361 执行的代码段,在执行所述代码段后,通过振动传感器 301、302 检测振动信号。当控制程序 308 在信号处理单元 306 中运行时,根据所检测的振动信号的相移或者根据控制程序 308 检测的齿啮合持续时间,确定作用于传动机构 307 的扭矩。例如,可以从控制程序执行的方法所确定的扭矩的滞后变化曲线得出例如轴承间隙或者齿隙所引起的传动系中的间隙。

[0025] 借助于信号处理单元 306,也可以将所检测的振动信号从频域转换到时域,例如通过反拉普拉斯变换或者傅立叶变换进行转换,或者在离散信号的情况下通过反 Z 变换进行转换。然后,可以根据被转换到时域的振动信号,确定啮合点 B 和 D 之间以及啮合点 A 和 E 之间的齿啮合持续时间。

[0026] 关于围绕所涉及的传动机构齿的齿啮合基本频率的可预定的频域,可通过带通滤波器 305 对借助于振动传感器 301、302 检测到的振动信号进行预处理,使之可用于信号处理单元 306。在本示例性实施例中,借助于分配给两个变速级 371、372 的转速计 303、304 确定齿啮合基本频率。

[0027] 上述在传动机构中检测扭矩的方法还可增加对多个扭矩测量信号求平均值的功

能。这样就能对比传动机构齿的几何差异,并且可以检测啮合误差或者增大的间隙。为此,可以检测与多个不同齿啮合对应的多个振动信号或者振动信号分量。然后,根据多个不同齿啮合算出的平均值来确定作用于传动机构的扭矩。然后,对于传动机构的齿啮合可监测平均值和单个齿啮合的扭矩测量值之间的偏差。如果偏差高于可指定阈值,则例如生成包括指明相关的齿啮合的报警信号。

[0028] 本发明的应用并不限于这里所述的示例性实施例。

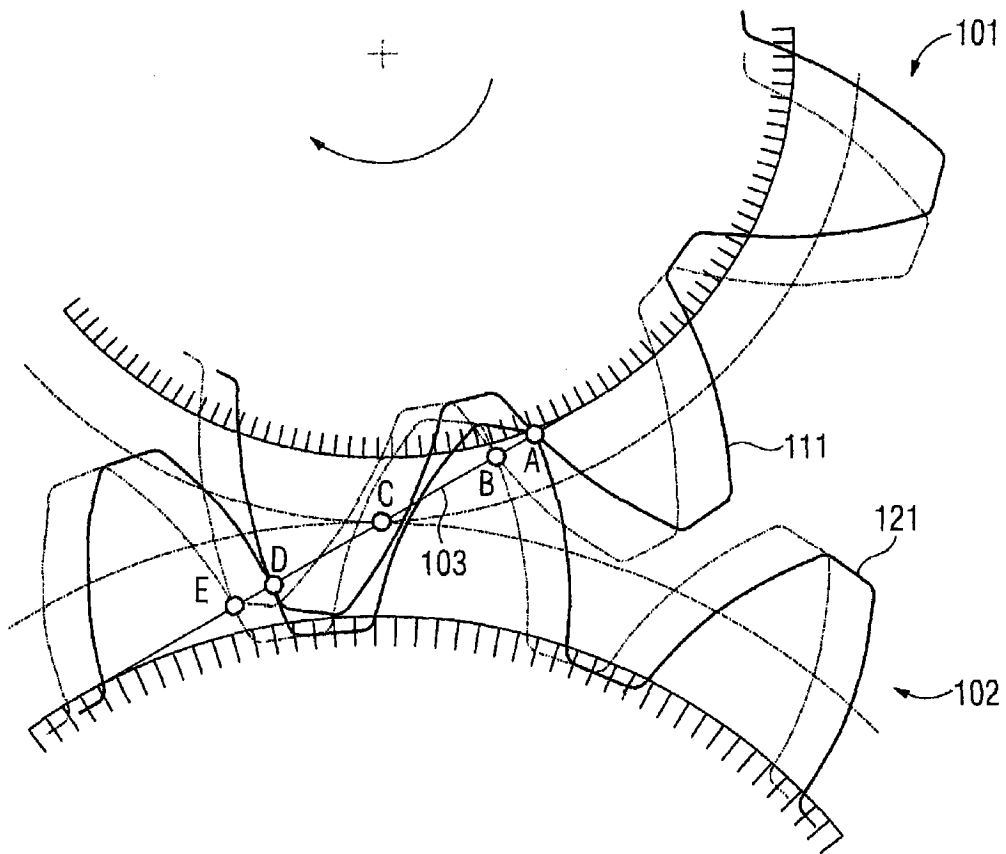


图 1



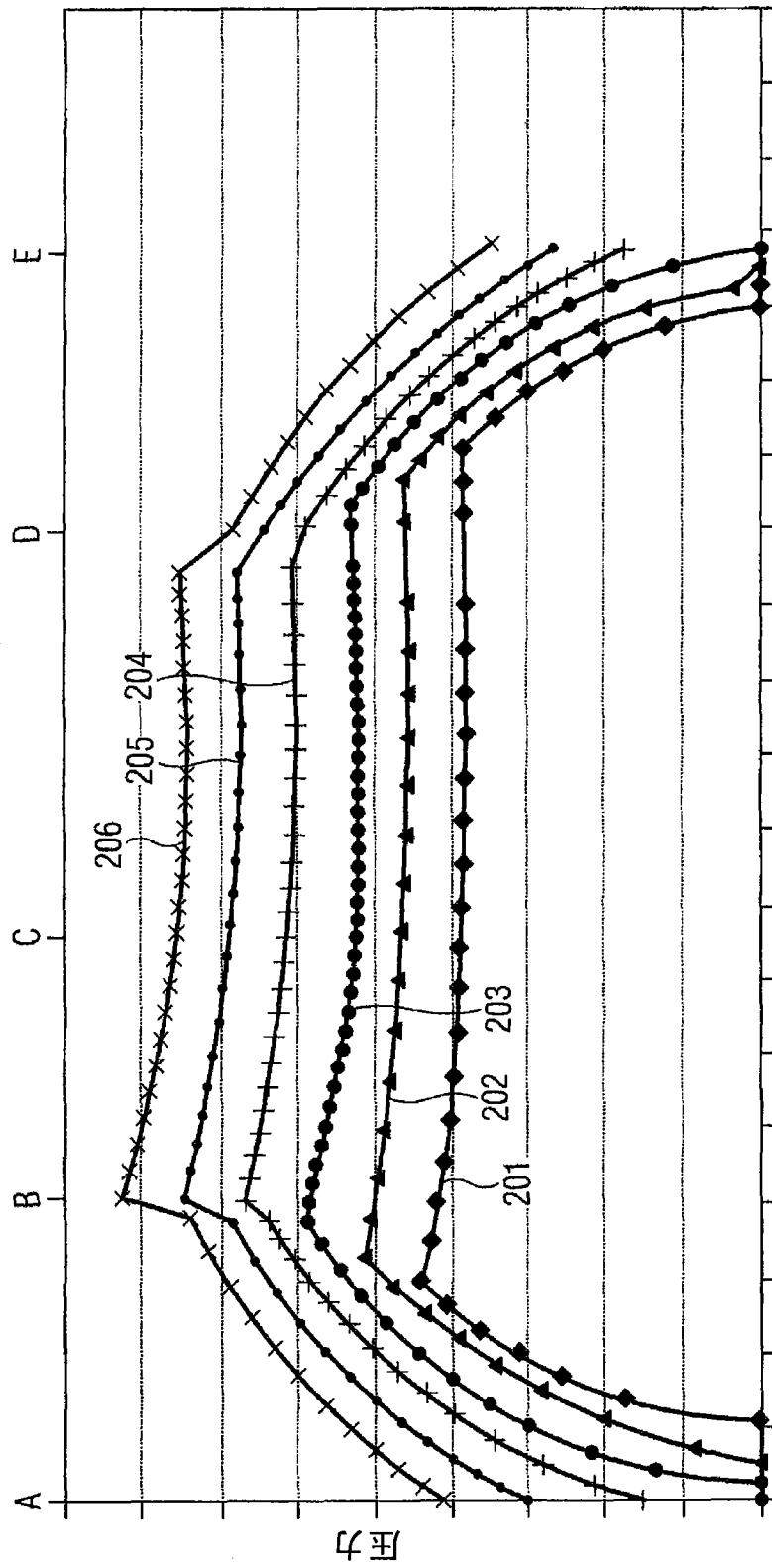


图 2

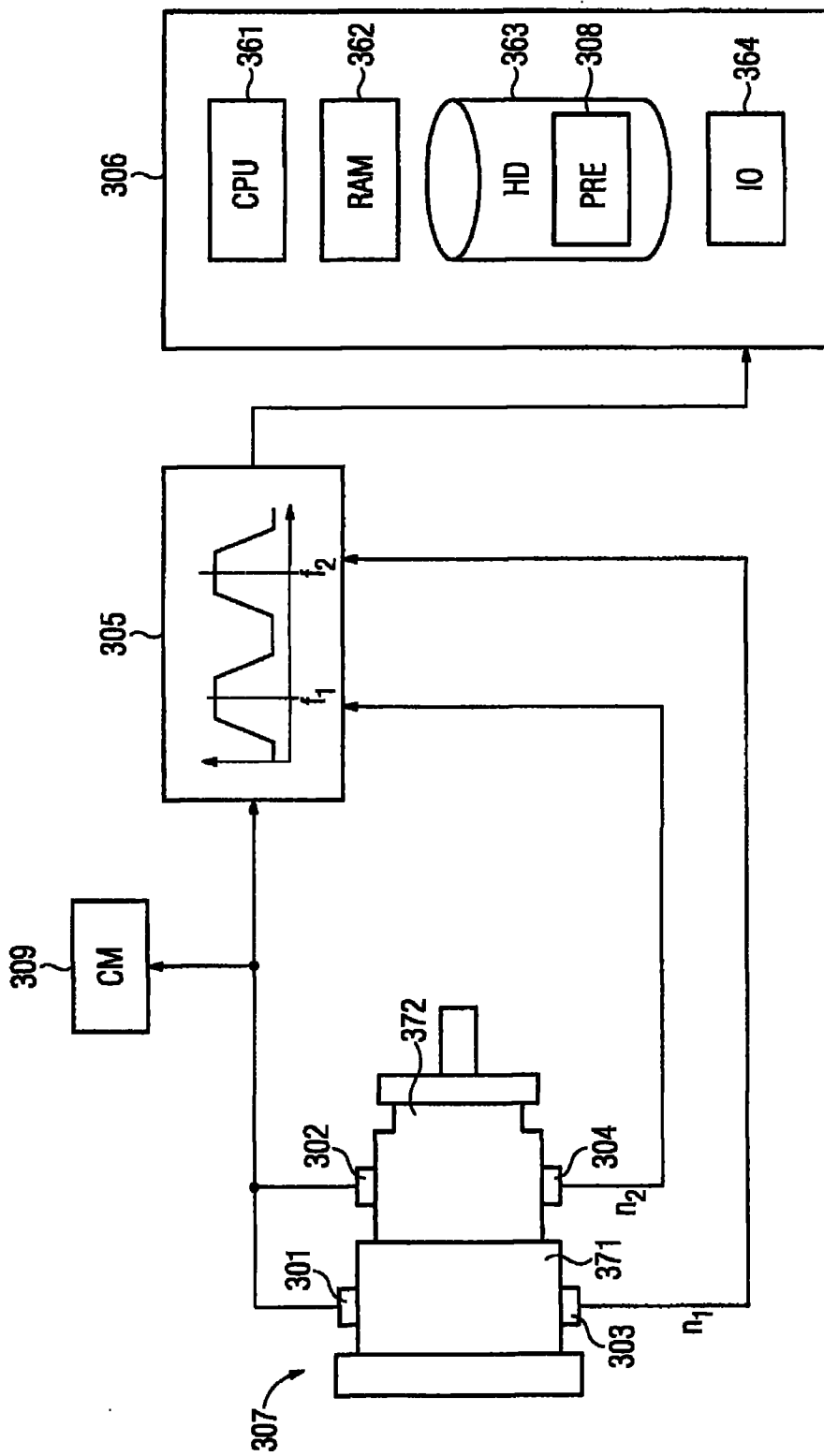


图 3