



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115552150 A

(43) 申请公布日 2022. 12. 30

(21) 申请号 202180034261.3

(22) 申请日 2021.05.06

(30) 优先权数据

102020112660.3 2020.05.11 DE

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2022.11.10

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2021/061993 2021.05.06

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2021/228677 DE 2021.11.18

(71) 申请人 穆格股份有限公司

地址 德国伯布林根

(72) 发明人 德克·比彻

雅克·菲利普·斯拉夫特

(74) 专利代理机构 深圳中一联合知识产权代理

有限公司 44414

专利代理师 刘聪

(51) Int.Cl.

F16H 57/01 (2006.01)

F04B 51/00 (2006.01)

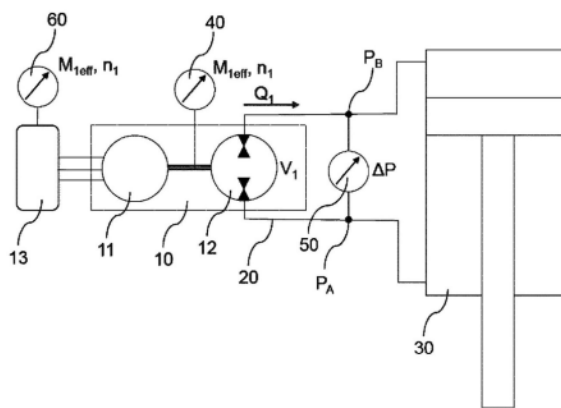
权利要求书2页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称

确定静液压机当前磨损状况的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种用于在静液压机运行期间确定所述静液压机的当前磨损状况的方法。所述静液压机包括变速驱动器和静液压泵，其中所述驱动器构造为用于驱动所述静液压泵以产生流体体积流量，并且所述静液压机与流体输送通道连接，在所述流体输送通道中所述流体由所述静液压机驱动输送。所述方法包括确定在预设驱动矢量处所述驱动器的第一扭矩的步骤。进一步地，所述方法包括使用第一计算方法算出在所述预设驱动矢量处所述驱动器的第二扭矩的步骤；此外，所述方法还包括使用第二计算方法确定所述静液压机的当前磨损状况的步骤，以便将所确定的第一扭矩和所算出的第二扭矩相关联。



1. 一种用于在静液压机(10)运行期间确定所述静液压机(10)的当前磨损状况的方法(1),所述静液压机具有变速驱动器(11)和静液压泵(12),其中所述驱动器(11)构造为用于驱动所述静液压泵(12)以产生流体体积流量,并且所述静液压机(10)与流体输送通道(20)连接,在所述流体输送通道中所述流体由所述静液压机(10)驱动输送,所述方法包括以下步骤:

确定(S1)在预设驱动矢量处所述驱动器(11)的第一扭矩;

使用第一计算方法算出(S2)在所述预设驱动矢量处所述驱动器(11)的第二扭矩;以及使用第二计算方法确定(S3)所述静液压机(10)的当前磨损状况,以便将所确定的第一扭矩和所算出的第二扭矩相关联。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中确定所述驱动器(11)的第一扭矩的步骤(S1)包括算出所述驱动器(11)的功耗和比例系数的乘积。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中确定所述驱动器(11)的第一扭矩的步骤(S1)包括使用扭矩传感器(40)测量第一扭矩。

4. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中所述第一计算方法包括使用至少一个查询表,并且从所述查询表中计算出所述驱动器(11)的第二扭矩的值。

5. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中所述第一计算方法包括所述静液压机(10)的物理模型,并且所述驱动器(11)的第二扭矩的值是由所述物理模型推导得出。

6. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中所述第一计算方法构造为机器学习模块。

7. 根据权利要求4至6中任一项所述的方法,其中所述第一和/或第二计算方法在所述静液压机(10)的控制单元上本地存储和执行。

8. 根据前述权利要求中的任一项所述的方法,其中所述第一计算方法包括多变量回归。

9. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中所述第二计算方法确定比率,所述比率为在预设驱动矢量处所确定的第一扭矩与在所述预设驱动矢量处所算出的第二扭矩的商数。

10. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中所述第二计算方法确定比率,所述比率为一组商数的平均值,其中每个商数是在预设驱动矢量处所确定的第一扭矩与在所述预设驱动矢量处所算出的第二扭矩的商数。

11. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中所述驱动矢量至少包括:

- 所述驱动器(11)的转速,
- 要输送的流体的类型,
- 所述流体的第一压力(Pa),
- 所述流体的第二压力(Pb),
- 所述静液压机(10)的当前输送量,
- 所述流体的粘度,和/或
- 所述流体的温度。

12. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中所述静液压机(10)构造为静液压泵、静液压马达或四象限静液压机。

13. 根据前述权利要求中任一项所述的方法, 其中所确定的当前磨损状况用于所述静液压机(10)的磨损预测。

14. 一种电静液压泵装置, 包括静液压泵(12)、变速驱动器(11)和电子控制单元, 所述电子控制单元能够执行根据前述方法权利要求中任一项所述的方法。

15. 一种计算机程序, 包含用于执行根据前述方法权利要求中任一项所述的方法的程序代码, 当所述计算机程序在电子设备上执行时。

## 确定静液压机当前磨损状况的方法

[0001] 本发明涉及一种用于确定静液压机当前磨损状况的方法。此外，本发明还包括一种电静液压泵装置。静液压机用于产生流体的体积流量。在已知的应用中，所述流体是一种液压流体。

[0002] 静液压机是机电一体化系统，在现有技术中是已知的。静液压机至少具有静液压泵和驱动器。所述静液压泵内部有运动部件，这些运动部件在运行过程中沿着静液压泵的其他部件的表面向彼此运动或使其运动。由此产生的表面之间的摩擦导致静液压泵在使用期中期或长期出现损耗或磨损。静液压泵的磨损会导致静液压泵的泄漏增加。由于泄漏引起泵送能力下降，从而会导致静液压泵高压侧的体积流量减少或降低。静液压泵高压侧体积流量的降低会导致由液压流体驱动的液压部件的移动速度的下降，例如液压缸的移动速度的下降。此外，静液压泵的磨损会导致静液压泵内部移动表面之间的摩擦增加。摩擦的增加也会导致静液压泵运行的驱动扭矩增加。

[0003] 在现有技术中，已知的静液压泵有如下缺点，即其各自的状况、尤其是其磨损状况，在应用的每个阶段都不为人所知。因此，静液压泵当前的实际性能也不为人所知，或者说不能100%准确地对其作出说明。对于静液压泵或静液压机的操作者来说，了解静液压机当前的磨损状况是很有利的。利用这些相应的知识，就可以对静液压机进行磨损优化的维护。在现有技术中，没有任何系统可以在静液压泵运行期间，即不需要在限定的运行点（即在限定的静液压泵转速、限定的压力和限定的流体粘度下）运行静液压机，对静液压机进行相应的磨损测量。

[0004] 由W0 2019/092122 A1已知一种方法，使用该方法可以确定静液压泵的磨损状况。该方法依赖于，根据测量的系统参数对静液压泵的模型进行参数化，计算出新出厂的静液压泵在相应运行参数下的理论体积流量。所算出的体积流量与测量技术所测定的实际体积流量相比，得出与静液压泵健康指数相对应的数值。

[0005] 由W0 2019/092122 A1已知的方法有如下缺点，即在液压驱动系统中发生额外的泄漏时，可以检测到体积流量的减少，但该检测到的体积流量的减少不能明确地分配给静液压机。例如，阀门或液压缸的泄漏也会导致静液压机的健康指数下降。

[0006] 因此，本发明的技术任务是至少部分地克服现有技术中已知的缺点，以优化定位损耗或磨损原因。

[0007] 该任务通过独立专利权利要求的主题、尤其是通过一种方法和一种电静液压泵装置得以解决。本发明的有利实施方式在从属权利要求和以下说明书中进行了描述。

[0008] 根据第一方面，本发明涉及一种用于在静液压机运行期间确定所述静液压机的当前磨损状况的方法。静液压机包括变速驱动器。此外，静液压机还包括静液压泵。驱动器构造为用于驱动静液压泵以产生流体体积流量。驱动器可以构造为电力驱动器，例如三相电动机等。驱动器向静液压泵提供所需的实际扭矩。所施加的扭矩通过静液压泵产生限定的液压。此外，静液压机与流体输送通道连接，在该流体输送通道中流体由静液压机驱动输送。静液压机具有与液压驱动系统的连接、尤其是流体输送连接。液压驱动系统包括流体输送通道。流体、尤其是液压流体通过流体输送通道被输送到液压驱动系统的相应液压元件

用于对其进行驱动。优选地,该方法包括以下方法步骤:

[0009] 在第一方法步骤中,确定驱动器的第一扭矩,尤其是在预设驱动矢量处驱动器的第一扭矩的值。在另一步骤中,使用第一计算方法算出驱动器的第二扭矩,尤其是在预设驱动矢量处驱动器的第二扭矩的值。在另一步骤中,使用第二计算方法确定静液压机的当前磨损状况。在第二计算方法中,使所确定的第一扭矩与所算出的第二扭矩彼此相关联。根据本发明的含义,该彼此相关联意味着,确定驱动器的实际扭矩与计算扭矩、尤其是通过第一计算方法算出的驱动器的扭矩之间的比率。该比率可用于评估静液压机的损耗或磨损情况。根据本发明,确定健康指数。

[0010] 本发明是基于以下知识,即需要确定静液压机的实际健康指数,同时考虑到液压系统中的额外泄漏会使相应确定的磨损或损耗的值不真实。目前已知的确定静液压机当前磨损状况的方法没有考虑到这些造成计算误差的泄漏。

[0011] 有利地,通过使用扭矩和体积流量及其相对发展,本发明可以估计出液压系统中已经发生和/或正在发生磨损的地方。例如如果两个磨损变量(扭矩、体积流量)都下降,那么可以得出静液压机中就存在磨损的结论。另一方面,如果这两个磨损变量中只有一个下降,则必须在相应的系统区域内检测磨损的原因。

[0012] 有利的实施方式和改进方案由从属权利要求,以及参考附图的说明书得出。

[0013] 在本发明的一个优选实施方式中,确定驱动器的第一扭矩的步骤包括确定驱动器的当前功耗与比例系数的乘积。该比例系数表示驱动器的特征变量。例如,如果驱动器被设计成伺服电机,那么扭矩可以通过应用在伺服驱动器的电流来确定。伺服驱动器表示特定的电子放大器,其用于驱动伺服机构。三相电流可以通过伺服驱动器来确定。在该实施方式中,驱动器表示用于确定应用电流的传感器。实际扭矩 $M_{\text{实际}}$ 是由测量的电流 $I$ (应用电流)和比例系数 $K_t$ 得出的。本发明不限于上述伺服驱动器的使用。确切地说,技术人员知道,其他控制单元可以构造为可检测或测量驱动器的电流。

[0014] 在本发明的一个替代性实施方式中,确定驱动器的第一扭矩的步骤包括使用扭矩传感器测量第一扭矩。在液压系统的流体通道中,由静液压机的静液压泵产生实际体积流量。因此需要在静液压泵的静液压驱动器上有当前的实际扭矩。用于计算比率的实际扭矩可以通过扭矩传感器的测量来确定。驱动器上的扭矩可以通过扭矩传感器来确定。扭矩传感器可以位于静液压机的驱动器和泵之间,例如在轴上。

[0015] 在另一个实施方式中,扭矩传感器以及通过驱动器的驱动测量各相的电流来确定实际扭矩

[0016] 都可以以重复的方式同时使用。因此,停止运行的风险就会减少。

[0017] 在一个实施方式中,第一计算方法包括多变量回归。尤其地,第一计算方法包括整个驱动矢量的多变量回归。为此,成对的驱动矢量和扭矩被作为测量数据使用。为此,可以采用不同的测量规则来获得相应的配对。例如,可以为驱动矢量创建D维网格。这可以包括每个维度上的n个等距网格点。可以对各个网格点进行测量。替代性地,驱动矢量可以随时间变化,因此连续测量扭矩。为了记录整个驱动矢量的所有维度,可以使用所有的值或预定选取的D维度的完整驱动矢量的采样值来衡量。对于某些静液压泵,只考虑驱动矢量的维度和/或数值的子集可能就足够了。

[0018] 在一个实施方式中,第一计算方法包括使用至少一个查询表。从该至少一个查询

表中,可以计算出驱动器的第二扭矩的值。查询表可用于存储点、尤其是数据点上的网格。数据点可以通过查询表静态定义,并且在程序运行期间使用,以避免耗费时间的计算。在查询表中,预先计算的结果被定义为某些输入参数的配置(如驱动矢量),并相应地存储。查询表的各个条目可以通过搜索字列或通过位置来识别和提取。在评估查询表时,在最接近的条目之间进行插值。每个条目都包含预先定义的信息。通过查询表,复杂的计算可以在程序运行时被普遍快速的数值搜索所取代。此外,在使用查询表时,不需要任何先验知识。一旦有了条目,就可以立即投入使用。

[0019] 在另一个实施方式中,第一计算方法包括静液压机的物理模型。驱动器的第二扭矩的值由该物理模型推导得出。根据本发明的含义,物理模型表示对基础物理学的连续模拟。尤其地,物理模型是从健康的静液压机推导得出的。根据本发明的含义,健康的静液压机是指

[0020] 尚未用于产生液压并因此没有受到磨损影响的静液压机。物理模型的物理学由方程表示,尤其是由微分方程表示。必须为每个时间间隔计算相应的方程。为了创建物理模型,实际扭矩被记录下来,并使用其他传感器,在健康的静液压机器上测量某些参数。

[0021] 在另一个实施方式中,第一计算方法被设计成机器学习模块。该模块可以包括,例如,经过训练的人工神经网络(Artificial Neural Network,ANN)。神经网络可用于分类、聚类鉴定或回归。一般来说,神经网络由大量的参数组成,这些参数以预定的方式相互干扰,以达到预期的结果。最佳的参数集是在神经网络的学习阶段确定的。各个参数被改变,例如通过梯度下降方法,直到神经网络达到预期的结果。使用神经网络的好处是可以学习各个测量数据的结构,从而学习现实的投影。此外,测量数据不需要任何秩序和/或结构。神经网络并不限制维度。计算神经网络所需的计算能力和内存要求可以通过使用的参数的数量来控制。此外,神经网络在使用过程中可以通过评估的数据被重新训练和/或进一步训练,从而更精确地确定驱动器的第二扭矩的值。

[0022] 在一个优选的实施方式中,神经网络包括前馈结构。这为评估提供了简化的处理和低投入的计算。因此,神经网络可以在微控制器,例如机器的固定集成计算单元上实现。

[0023] 在一个实施单元中,第一和/或第二计算方法在静液压机的控制单元上存储并执行,尤其是本地存储并执行。控制单元可以包括存储单元,该存储单元构造为非易失性存储器,例如闪存驱动器或磁盘,以及用于执行模型或经过训练的人工网络处理器单元。对于没有或仅有有限的与其他和/或中央控制单元的通信链路的独立静液压机,这是特别有利的。

[0024] 在一个替代或补充的实施方式中,在全球环境中模型或经过训练的人工网络在本地分离的控制单元上存储并执行。因此,模型或经过训练的人工网络--单独或额外地--可以集中存储,例如在中央服务器或计算机云系统中。如果静液压机的控制单元没有计算能力和/或内存空间来进行相应的计算,则是有利的。在这方面,计算可以通过相应的通信链路交换到中央服务器或云端,并且只接收结果并进行评估或应用。

[0025] 此外,还可以单独或附加地集中存储测量的采样点。这可以在本地的中央服务器或云端的服务器网络中实现。有利的是,从静液压机的当前磨损状况中应得出警告、任何类型的评估和/或维护策略。此外,这可以作为记录静液压泵整个使用寿命的基础。

[0026] 在根据本发明的另一个实施方式中,第一计算方法包括驱动矢量值的多项式函数,例如线性函数。使用多项式函数,可以得到扭矩的近似值。

[0027] 使用该方法,必须确定静液压机驱动器的实际扭矩。众所周知,与使用还很新的静液压泵相比,当静液压泵磨损时,必须提供更高的扭矩。在这种情况下,不可能使用根据现有技术的方法由实际扭矩中得出静液压泵的当前磨损状况。因为真实的实际扭矩(可确定)取决于多个系统变量,例如液压流体的粘度和/或温度和/或压力。此外,这些系统变量中的至少一些有时以复杂的方式取决于其他系统变量。例如,液压流体的粘度可以取决于其温度,而这种相关性又取决于所使用的流体的类型,并且对于每种类型的静液压泵可以是不同的,例如,取决于静液压泵的最大功率。又如,系统变量之间也可存在动态的相关性,例如,在过渡情况下,静液压泵的转速和流体压力之间的相关性最佳地由微分方程来描述。

[0028] 影响静液压泵扭矩的相应系统变量可以由维度为D的驱动矢量表示。驱动矢量的每个维度都具有相关范围,即最小值和最大值,它们是物理允许值的范围--可能受到技术限制,或是受其他限制。例如,在一种特定类型的泵中,流体压力p的范围可以是:范围(p) = (p<sub>最小</sub>, p<sub>最大</sub>) = (1兆帕, 30兆帕(10巴, 300巴))。

[0029] 基于对某种静液压泵或一类泵的性能的了解,可以根据驱动矢量的值创建所使用的静液压泵模型。因此,创建的模型是第一计算方法的基础。原则上,泵的扭矩可以通过函数来计算,该函数考虑到驱动矢量的每个维度的所有相关值。

[0030] 出于简化示例的目的,第一计算方法的一个简单的示例性具体实施可仅考虑由输送量V[ccm]和压力p组成的唯一驱动矢量。例如,该第一计算方法可以如下计算扭矩M<sub>计算</sub>(计算扭矩):

$$[0031] \quad M_{\text{计算}}(V, p) = M_{\text{计算}}(19, 20) = 10.75\text{Nm}$$

[0032] 对于预定驱动矢量,其包括V=19ccm的输送量和p=2兆帕(20巴)的压力。另一个示例性预定驱动矢量可包括V=19ccm的输送量和p=28兆帕(280巴)的压力,从而得出M<sub>计算</sub>(19, 280)=96.75Nm的扭矩计算值。

[0033] 根据本发明,静液压机的磨损状况借助第二计算方法来确定,该计算方法基本上使所确定的静液压机驱动器的第一扭矩(实际扭矩)与使用第一计算方法所算出的驱动器的第二扭矩相关联。因此,该比率或所算出的扭矩(计算扭矩)与所确定的实际扭矩的商数表示静液压机在测量时间点的磨损状况(磨损值)的定量值。

[0034] 在根据本发明的一个实施方式中,第二计算方法确定比率,该比率为在预设驱动矢量处所确定的第一扭矩与在所述预设驱动矢量处所算出的第二扭矩的商数。

[0035] 作为示例,使用驱动矢量的上述值,对于输送量为V=19ccm,压力为p=28兆帕(280巴)的预定驱动矢量,实际测量的扭矩M<sub>实际</sub>(测量扭矩)可以为M<sub>实际</sub>(19, 280)=101.31Nm。由此得出当前磨损状况的以下定量值:

$$[0036] \quad w = M_{\text{计算}}(19, 280) / M_{\text{实际}}(19, 280) = 96.75\text{Nm} / 101.31\text{Nm} = 95.50\%$$

[0037] 在根据本发明的一个实施方式中,第二计算方法确定比率,该比率为一组商数的平均值,其中每个商数是在预设驱动矢量处所确定的第一扭矩与在所述预设驱动矢量处算出的第二扭矩的商数。

[0038] 对于不同的工作点,即不同的驱动矢量,现在可以在历史中记录当前的磨损值。由此,可以确定预设时间窗内的磨损状况的平均值。第二个示例性的扭矩测量值为M<sub>实际</sub>(19, 20)=11.59Nm,由此可以计算出第二个当前磨损情况w:

[0039]  $W = M_{\text{计算}}(19, 20) / M_{\text{实际}}(19, 20) = 10.75\text{Nm} / 11.59\text{Nm} = 92.75\%$ 。

[0040] 因此,当前平均磨损率为 $w = 94.13\%$ 。

[0041] 作为替代方案,可以设置如下,磨损状况 $w$ 的值被加权。例如,压力值较低, $w$ 值可以加权较小;压力值较高, $w$ 值可以加权较大。在较高的压力值下更突显磨损的原因之一可能是,液压系统在较高的压力值下运行得更频繁。作为一个定量示例,对于2兆帕(20巴)下的磨损,可以采用20%的加权;对于28兆帕(280巴)下的磨损,可以采用80%的加权。然后,使用与上述相同的数值,加权的当前平均磨损率为 $w = 94.95\%$ 。

[0042] 在本发明的一个实施方式中,驱动矢量包括静液压机驱动器的转速。考虑转速的好处如下,对于操作者而言可以立即清楚,对于变速驱动的泵,液压系统的性能与驱动器的当前转速强相关。液压系统的操作人员习惯于使用基于驱动器的转速的表格工作,以评估驱动器的性能。此外,可以用简单的方法测量相应的转速。另外,由于与速度有关的摩擦,转速对扭矩也有影响,从而使得转速成为表示磨损状况变化的良好指标。

[0043] 在根据本发明方法的其他实施方式中,驱动矢量可以包括其他数值。例如,可以包括液压流体的类型(流体类型),或静液压泵所使用的流体的当前输送量。对当前输送量的了解和使用是有利的,因为要确定的扭矩在很大程度上取决于静液压机每转所输送的流体量。

[0044] 在根据本发明的另一个实施方式中,驱动矢量包括流体的第一压力。流体的第一压力描述的是工作出口处的压力。此外,在较高的压力值下,泵的泄漏流量通常较高。因此,有利的是,在确定扭矩的过程中将流体的第一压力包括在内。

[0045] 在根据本发明的一个实施方式中,驱动矢量包括流体的第二压力,流体的第二压力描述的是送入泵的流体的压力。因此,第二压力可以与泵的第二压力开口处的压力相关。例如,第一压力可以与泵的第一压力端口有关,并且可以实现高工作压力用于泵缸的运动。在这方面,第二压力影响泵的第二端口,并产生低预载压力。由此产生的第一压力和第二压力之间的差值影响泵的泄漏流量。扭矩在很大程度上取决于该差值,这相当于所谓的负载压力。泵也可能产生与压力有关的变形,这影响了摩擦,从而对扭矩产生影响。

[0046] 在根据本发明的一个实施方式中,驱动矢量包括流体的粘度。这影响了相对运动的部件和在泵壳中运动的流体的润滑,造成额外的扭矩。通常地,对于一种类型的液压流体,粘度具有典型值。在与另一种类型的液压流体交换时,必须考虑到这一点。此外,流体的粘度可取决于其温度。不同类型的流体通常以不同的方式取决于其温度。

[0047] 在根据本发明的一个实施方式中,驱动矢量包括流体的温度。尤其地,流体的温度影响流体的粘度,这取决于流体的类型和/或类别。

[0048] 驱动矢量可以包括以上所述的参数,还可以在各种实施方式中考虑以上所述的多个参数。因此,磨损状况的计算变得更加准确,因为考虑到了静液压机的实际使用条件。

[0049] 在一个实施方式中,静液压机构造为静液压泵或静液压马达或四象限静液压机。

[0050] 在一个实施方式中,静液压泵包括径向活塞泵或可变排量径向活塞泵。

[0051] 在一个实施方式中,所确定的当前磨损状况被用于静液压机的磨损预测。有利地,可以在生成磨损历史后确定对磨损状况的未来值的预测。尤其有用的是,静液压机的总使用期和一类静液压机及其静液压泵的磨损状况的数据都可用。典型地,这不仅包括当前记录的数值,而且还可以包括一个或多个静液压机的磨损历史。基于这些数据,可以预测静液



压机的磨损状况或磨损情况。为此可以使用各种方法,如马尔科夫链(Markov-Ketten)、卡尔曼滤波(Kalman-Filter)和/或机器学习方法。

[0052] 在一个实施方式中,当前的磨损状况可以作为输入参数,用于模拟静液压机的状况。通过模拟,可以有利地计算和/或说明磨损情况,以便计划和/或执行适当的维护和保养措施。尤其地,模拟可用于预测性维护方法。

[0053] 本发明的另一个方面包括电静液压泵装置。电静液压泵装置包括静液压泵、变速驱动器和电子控制单元。电子控制单元能够执行根据本发明的方法权利要求中任一项所述的方法。控制单元可以包括一个或多个处理器,该处理器构造为执行该方法。此外,控制单元可以包括存储器,尤其是易失性和/或非易失性存储器,以存储驱动矢量的方法和/或采样值。在另一个实施方案中,控制单元可以包括通信介质,尤其是数据通信介质。这些介质包括有线的,例如LAN、串行/并行接口等,和/或无线的,例如WLAN、蓝牙接口等。

[0054] 在一个实施方案中,根据本发明的方法可以在分散的目标平台上存储和执行,该目标平台具有外部的电子装置/控制器。外部的电子装置/控制器可以就地安装在相应要驱动机器旁边,或者集中安装在生产设备的设定位置。在另一个实施方案中,该方法可以在服务器网络中(例如在云端)存储和执行。

[0055] 上述根据本发明的方法的实施方案也可以设计为计算机程序,其中当计算机程序在计算机或计算机的处理器、优选在控制单元上执行时,计算机被促使执行上述根据本发明的方法。计算机程序可通过下载提供为信号,或存储在计算机的存储单元中,其中包含计算机可读的程序代码,以使计算机根据上述方法执行指令。在此,该计算机程序也可以存储在机器可读存储介质上。替代性的任务解决方案是,提供了一种存储介质,该存储介质被确定用于存储前述方法并且可被计算机或处理器读取。

[0056] 上述实施方案和改进实施方式可任意相互组合,只要合理即可。本发明的其他可行实施方案、改进实施方式和实现也包括没有明确提及的上述或以下参考实施例所述发明特征的组合。特别地,专业人士在此也将添加各个方面作为对本发明相应的基本形式的改进或补充。

[0057] 以下将依据图的示意性附图中给定的实施例,对本发明进行详细解释。附图说明:

[0058] 图1示出了简化的液压系统的示意图;

[0059] 图2示出了根据本发明方法的一个实施方式的流程图;以及

[0060] 图3示出了性能状况变化的示例。

[0061] 附图旨在传达对发明实施方式的进一步理解。附图形象说明实施方式,并且用于结合说明部分解释发明的原理和方案。其他实施方式和很多所述的优点均基于附图得出。附图的元素并非一定要彼此按比例显示。

[0062] 在附图中,如果没有其他说明,相同、功能相同和作用相同的元素、特征和组件各自被赋予相同的附图标记。

[0063] 图1示出了简化的液压系统的示意图。如图所示,液压系统包括静液压机10,缸30,优选液压缸。液压缸30通过流体管道20与静液压机10相连接(未显示液压系统的其他必要部件,这些部件与本发明无关)。在简化的形式中,静液压机10包括静液压泵12,静液压泵由驱动器11,优选由转速为 $n$ 的变速电动马达驱动。驱动器11和静液压泵12之间的连接可以例如通过轴、齿轮箱等实现。在静液压机10的运行中,轴具有特定的转速 $n$ 。静液压泵12通过流

体管道20(顺流和回流)连接到液压缸30,例如差动缸。在现有技术中,差动缸是已知的,具有活塞、活塞杆和两个缸室。静液压泵12通过流体通道20将液压流体泵送至所述缸30。通过将液压流体泵入液压缸30的各个压力室,活塞和活塞杆在各自的方向上移动(缸的缩回/伸展)。此外,图1示出了驱动13作为静液压机10的驱动器11的控制单元。通过驱动13提供并控制用于驱动驱动器11的电流。此外,功耗(例如驱动器11的额定功耗)可以通过驱动13测量。内部测量仪器或方法可用于此目的。驱动器11的第一扭矩 $M_{1,eff}$ 可以通过测量的当前功耗和比例系数来确定。此外,驱动器11的转速 $n_1$ 可以通过驱动13确定。驱动矢量中可以包括转速 $n_1$ 。在一个替代或组合的实施方式中,静液压机10可以包括扭矩传感器40和用于检测转速 $n_1$ 的传感器40。用于检测转速 $n_1$ 的扭矩传感器40和转速传感器40可以安装在静液压机10中,从而确定驱动器11的第一扭矩 $M_{1,eff}$ 以及转速 $n_1$ 。使用第一计算方法可以确定在预设驱动矢量处驱动器11的第二扭矩。第一计算方法可以包括使用查询表和/或静液压机10的物理模型和/或作为机器学习模块。静液压机10的当前磨损状况 $w$ 可以用第二计算方法确定。为此,在第二计算方法中,使所确定的第一扭矩 $M_{1,eff}$ 和所算出的第二扭矩如下彼此相关联:

[0064]  $M_{1,eff} = f(V_1, n_1, \Delta P, v)$ , 其中 $M_{1,eff}$ 对应于在预设驱动矢量处驱动器11的确定的第一扭矩,并且驱动矢量包括输送量 $V_1$ , 转速 $n_1$ , 压力差 $\Delta P$ 和/或流体的粘度值 $v$ 。根据本发明的实施方式可以考虑到驱动矢量的一个或多个参数。压力差 $\Delta P$ 可以通过压力传感器50检测,该压力传感器确定压力 $P_A$ 、 $P_B$ 的压力差。静液压机10的磨损状况 $w$ 或健康指数HI由 $w = M_{1,100\%}/M_{1,eff}$ 得出,其中 $M_{1,100\%}$ 对应于使用第一计算方法算出的第二扭矩。

[0065] 图2示出了根据本发明方法的一个优选实施方式的流程图。该方法1在所示的实施方式中包括多个步骤。在第一步S1中,确定在预设驱动矢量处驱动器11的第一扭矩。在第二步S2中,使用第一计算方法算出在预设驱动矢量处驱动器11的第二扭矩。在第三步S3中,使用第二计算方法确定静液压机10的当前磨损状况。所确定的第一扭矩和所算出的第二扭矩彼此相关联。

[0066] 图3示出了静液压机10的磨损状况 $w$ (%)或健康指数HI(%)的曲线示例,如其可能在一定的使用期 $d$ 内得出的那样。曲线74表示磨损状况 $w$ (%)的变化(y轴71)或健康指数HI(%)在使用期 $d$ 内的变化(x轴72)。对于驱动矢量,在使用期 $d$ 内以一定的时间间隔(100、200等)记录压力差 $\Delta P$ 、输送量 $V_1$ 、转速 $n_1$ 和流体的粘度值 $v$ 。表1列出了压力差、输送量、转速和粘度的示例性数值。对于该驱动矢量,第一扭矩 $M_{1,eff}$ 是通过测量驱动器11的电流和比例系数和/或通过扭矩传感器的测量来确定。通过第一计算方法为相应的驱动矢量确定第二扭矩 $M_{1,100\%}$ 。第一扭矩和第二扭矩使用第二计算方法彼此相关联,并得出磨损状况 $w$ 和健康指数HI。由图3可以看出,健康指数HI(%)随着使用期的增加而下降,这由下降的曲线74表示。此外,图3示出了极限线70,该极限线70表示范围,在该范围内,由曲线74表示的磨损状况 $w$ 达到了一个值,在这个值内应该采取维护或保养措施来补救静液压机10中的磨损,或者尽量减少对液压系统的负面影响。此外,曲线73示出了如何能够将曲线74外推用于预测性维护的应用。因此,可以对磨损状况的时间曲线进行预测。这种外推可以通过线性回归实现,如图3所示,或者使用马尔科夫链、卡尔曼滤波和/或机器学习算法。为此,需要有磨损状况的历史。有利的是,机器的操作者可以使用关于磨损状况的信息来计划、准备或在必要时对机器进行必要的维护。在图3中,标有“X”的点表示磨损状况的相应测量点,曲线74是通过使用上述方法(马尔科夫链等)进行模拟/外推来确定的。

[0067] 由表1可以得出,所确定的第一扭矩 $M_{1,eff}$ 比所算出的第二扭矩 $M_{1,100\%}$ 的值大。这可以是由于静液压机10或静液压泵12内的摩擦所致。结果显示,健康指数HI下降。在使用期d内,健康指数HI持续下降。该指数可用于磨损预测和/或模拟磨损状况,并导致预测性维护。

[0068]

时间[天]	$\Delta p$ [巴]	$V_1$ [cmm]	$N_1$ [rpm]	$v$ [cSt]	$M_{1,100\%}$ [Nm]	$M_{1,eff}$ [Nm]	HI[%]
100	100	19	1250	98	35.72	35.73	99.97
200	150	14.25	500	83	39.98	40.00	99.94
300	10	19	2500	95	3.94	3.95	99.81
400	100	19	1300	72	35.62	36.02	98.90
500	150	14.25	575	82	40.02	42.26	90.47

[0069] 表1

[0070] 最后,应该指出的是,本发明的描述和实施例原则上不应理解为对本发明的任何特定物理实现的限制。所有结合本发明各个实施方式所阐述和所示的特征可以在根据本发明的主题中以各种不同的组合提供,以便同时实现其有利的效果。

[0071] 本发明的保护范围由权利要求书给出,不受说明书中阐述的或附图中所示的特征限制。

[0072] 附图标记清单

[0073]	1	方法
[0074]	10	静液压机
[0075]	11	驱动器
[0076]	12	静液压泵
[0077]	13	驱动
[0078]	20	流体输送通道
[0079]	30	液压缸
[0080]	40	扭矩传感器
[0081]	50	压力传感器
[0082]	60	电流检测器
[0083]	70	磨损极限
[0084]	71	y轴(健康指数)
[0085]	72	x轴(运行时间)
[0086]	73	PM
[0087]	74	磨损状况(健康指数)
[0088]	S1-S3	方法步骤
[0089]	$P_A$ 、 $P_B$	压力
[0090]	$Q_1$	体积流量
[0091]	$V_1$	输送量
[0092]	$M_{1,eff}$	实际扭矩
[0093]	n	转速

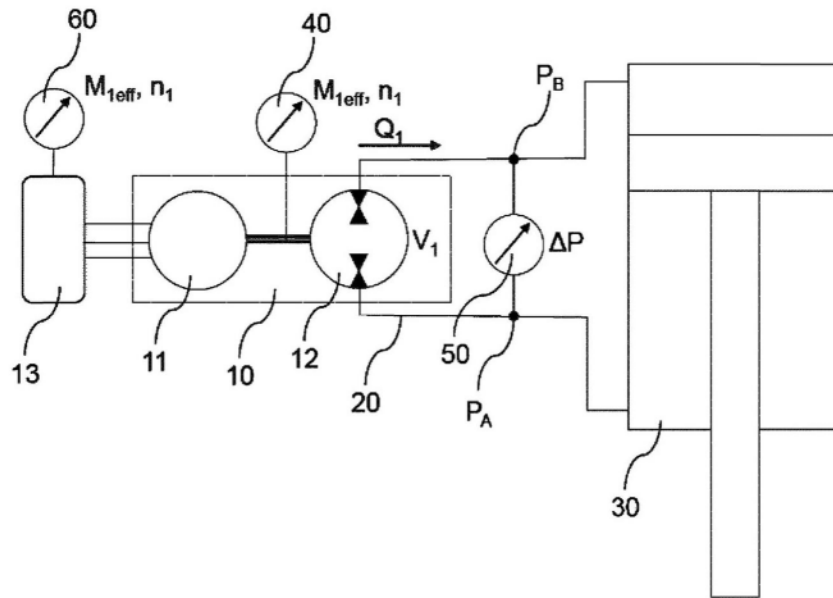


图1

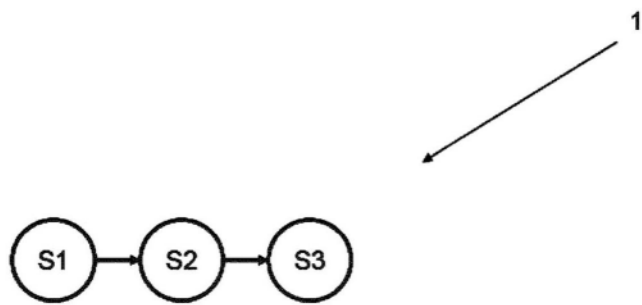


图2

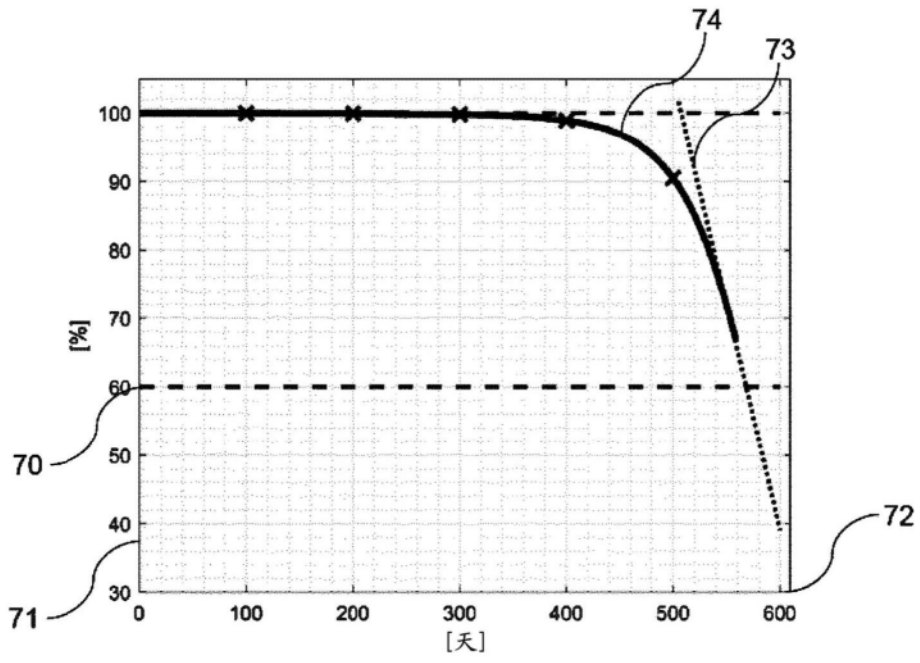


图3