



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103308431 B

(45) 授权公告日 2015. 06. 03

(21) 申请号 201310219608. 9

(22) 申请日 2013. 06. 05

(73) 专利权人 桂林电子科技大学

地址 541004 广西壮族自治区桂林市七星区
金鸡路 1 号

(72) 发明人 张应红 方贵明 王衍学 彭森光
吴明 蒋占四 罗奕 高鹏
陈虎城 高成 韩晋栋 赵龙阳
高波

(74) 专利代理机构 桂林市华杰专利商标事务所
有限责任公司 45112
代理人 巢雄辉

(51) Int. Cl.
G01N 15/00(2006. 01)

(56) 对比文件
CN 102331389 A, 2012. 01. 25,
CN 201837574 U, 2011. 05. 18,
CN 102305755 A, 2012. 01. 04,
CN 101963570 A, 2011. 02. 02,

CN 1813203 A, 2006. 08. 02,
US 2010/0109686 A1, 2010. 05. 06,
CN 203365278 U, 2013. 12. 25,
范洪波, 张英堂, 程远, 任全国. 磨粒径向分布对电感式磨粒传感器测试结果的影响. 《传感技术学报》. 2010, 第 23 卷 (第 7 期),
杨冲冲, 曹广忠, 李学金, 陆丕清, 郑翔, 蔡宇恒. 一种无接触铁磨粒测量传感器的优化设计. 《传感技术学报》. 2011, 第 24 卷 (第 2 期),
吴超, 郑长松, 马彪. 电感式磨粒传感器中铁磁质磨粒特性仿真研究. 《仪器仪表学报》. 2011, 第 32 卷 (第 12 期),
范洪波, 张英堂, 任全国, 李志宁. 新型磨粒在线监测传感器及其试验研究. 《摩擦学学报》. 2010, 第 30 卷 (第 4 期),

审查员 栾谦聪

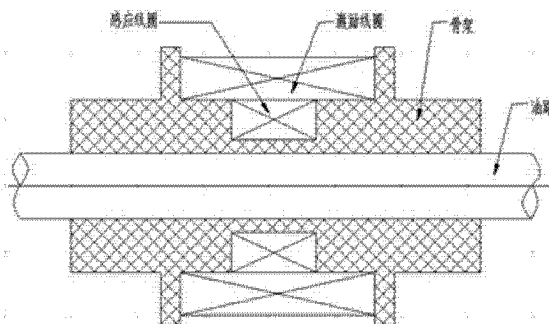
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

用于在线监测油液金属磨粒的传感器及其应用方法

(57) 摘要

本发明的用于在线监测油液金属磨粒的传感器为互感式传感器, 包括激励线圈和感应线圈, 在用磁惰性材料制成的骨架中心设置可以通过油液的油路, 激励线圈和感应线圈同轴绕制在骨架上, 感应线圈位于激励线圈与骨架之间, 感应线圈的轴向长度为激励线圈轴向长度的 1/4~1/2, 感应线圈与激励线圈的轴向中点重合。传感器采用并联测量结构实现零位补偿与调节, 结构简单, 灵敏度高, 线性度好, 抗干扰能力强。将传感器应用于在线监测油液金属磨粒, 操作方便, 实时性好, 测量精度高, 监测结果准确可靠。可广泛运用于军用和民用领域, 包括各种飞机、舰船及汽车等机械设备的润滑系统的油液污染程度、磨损监测及故障监测诊断, 避免安全事故的发生。



CN 103308431 B

1. 用于在线监测油液金属磨粒的传感器,为互感式传感器,包括激励线圈和感应线圈,其特征在于:在磁惰性材料制成的骨架中心设置可以通过油液的油路,在骨架上绕制同轴的激励线圈和感应线圈,感应线圈位于激励线圈与骨架之间,感应线圈的轴向长度为激励线圈轴向长度的 $1/4\sim 1/2$,感应线圈与激励线圈的轴向中点重合。

2. 根据权利要求 1 所述的传感器,其特征在于:感应线圈的轴向长度为激励线圈轴向长度的 $1/4\sim 1/3$ 。

3. 权利要求 1 所述的传感器在油液金属磨粒在线监测的应用,其特征在于:主要包含下述步骤

A. 将两个相同的传感器的激励线圈 L1 和 L2 并联接入激励交流电场模块 fd,将两个感应线圈 LS1 和 LS2 反向串联并与两个等阻值的电阻 R1 和 R2 接成交流电桥,传感器的两个输出端连接信号调理模块,电容 C 和电位器 R_p 串联在传感器的一个输出端与信号调理模块之间;

B. 之后,油液从其中一个传感器的油路中通过,另外一个传感器不通入任何物质;

C. 传感器的输出信号经过信号调理模块采集处理后,得到油液金属磨粒的有关参数。

4. 如权利要求 3 所述的应用,其特征在于:电阻 R1 远远大于感应线圈的等效阻抗。

用于在线监测油液金属磨粒的传感器及其应用方法

技术领域

[0001] 本发明涉及机械设备状态监测,具体是其中的油液分析技术,更具体是用于在线监测油液金属磨粒的传感器及其应用方法。

背景技术

[0002] 设备磨损失效是最常见的失效形式,机械设备 70% 以上的故障与磨损有关,通过对油液的监测和分析所获得的参数能很好的判断设备的润滑磨损状态。它是近十几年来迅速发展起来的用于机械设备状态监测的新技术,尤其在发动机、齿轮传动、轴承系统、液压系统等方面,该技术取得了显著的效益,因而在国内外得到高度重视。目前在工业发达的国家中,油液分析技术正在或已经成为机械设备状态监测及故障诊断的不可缺少的方法之一,占有重要地位。油液分析技术分为离线式和在线式。传统的离线式主要集中在光谱分析、铁谱分析、颗粒计数、油品理化分析等方面。在线式检测系统采用的分析原理主要有电磁法、X 射线能谱、静电法和光电法等。与在线式机器油液分析相比,与在线式机器油液分析相比,离线式机器油液分析具有很高的监测精度。但是实验室分析费时较长(需要采集、传送、处理样品和等待分析结果)和检测成本高。且在比较长的分析时间里,机器系统里的油液质量在离线分析过程中变差而导致系统损坏。因此离线式存在工作量大、不能实时反应油液的特征、会造成迟判误判以及检测仪器成本高的缺点。监测机械设备从磨损到失效是一个量变到质变的过程,而这个过程发生的时间是未知的,所以必须要时时刻刻对油液进行在线监测才不会使得油液的监测充满偶然性。油液在线监测很好克服了传统的实验室离线分析方法成本高、操作复杂、测量样本点有限的不足的缺陷,成为新一代油液监测技术发展的主要方向。而油液在线监测具有很多干扰因素,要想及时发现问题就必须具备很高的监测精度。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供一种灵敏度高,线性度好,抗干扰能力强的用于在线监测油液金属磨粒的传感器。

[0004] 本发明的用于在线监测油液金属磨粒的传感器为互感式电感传感器,包括激励线圈和感应线圈,在用磁惰性材料制成的骨架中心设置可以通过油液的油路,在骨架上绕制同轴的激励线圈和感应线圈,感应线圈位于激励线圈与骨架之间,感应线圈的轴向长度为激励线圈轴向长度的 $1/4 \sim 1/2$,感应线圈与激励线圈的轴向中点重合。

[0005] 本发明应用 ANSYS 软件对螺线管线圈建模仿真,利用数值分析方法对传感器结构进行了研究,发现螺线管激励线圈产生的磁场强度分布情况,在螺线管线圈内部的中间区域形成近似均匀的磁场且该区域磁场最强,而在线圈端面磁场强度衰减到中心磁场强度的 $1/2$,从中间沿轴线到两端的磁场强度不是均匀的,也不是线性衰减的,而是弧形衰减的。所以传感器的感应线圈必须绕在激励线圈的线圈中间,才使传感器具有最佳灵敏度和线性度。感应线圈的长度必须根据激励线圈产生的磁场的中间近似均匀的区域长度来确定。

[0006] 为使传感器具有最佳灵敏度,使传感器输出具有很好的线性度,感应线圈的轴向长度的最佳值应为激励线圈轴向长度的 $1/4 \sim 1/2$ 。

[0007] 本发明的另一个目的是将本发明的传感器应用于油液金属磨粒的在线监测。

[0008] 使用本发明的传感器进行监测的主要步骤如下:

[0009] A. 将两个相同的传感器的激励线圈 L1 和 L2 并联接入激励交流电场模块 fd 来实现零位补偿与调节,将两个感应线圈 LS1 和 LS2 反向串联并与两个等阻值的电阻 R1 和 R2 接成交流电桥,传感器输出两端连接信号调理模块,电容 C 和变位器 R_p 串联在传感器一个输出端与信号调理模块之间;

[0010] B. 油液从其中一个传感器的油路中通过,另外一个传感器不通入任何物质;

[0011] C. 传感器的输出信号经过信号调理模块采集处理后,得到油液金属磨粒的有关参数。

[0012] 为使监测结果准确,电阻 R1 远远大于感应线圈的等效阻抗。

[0013] 激励线圈 L1 和 L2 并联接入激励交流电场模块 fd,激励线圈被输入激励交流电场而产生交变磁场,感应线圈 LS1 和 LS2 由于磁场的变化产生的感应电动势输出。感应线圈 LS1 和 LS2 产生的感应电动势反向串联输出,并与两个阻值很大的固定电阻接成交流电桥输出。电容 C 和变位器 R_p 用于交流电桥的平衡调节。当传感器中含有激励线圈和感应线圈的一个桥臂通过含有金属磨粒的油液而另一个不通过时,金属磨粒影响传感器的磁场强度,破坏电桥的平衡,感应线圈输出相应幅值的交流电压。当没有磨粒的油液通过传感器时,传感器的两个感应磁场线圈产生的电压相同,桥式电路输出为零。输出电压大小和金属磨粒浓度大小成正比,油液中含有的金属磨粒浓度越大,输出电压值越大。通过信号调理模块对输出信号采集和处理,达到对油液金属磨粒浓度在线监测的目的。当然后续处理还包括 A/D 转换和微处理器处理等一些常规的数据和结果处理步骤。

[0014] 输出信号的幅值与金属磨粒个数的关系描述如下:

[0015] 两感应线圈的感生电动势 \dot{E}_2 和 \dot{E}_4 分别为:

$$[0016] \quad \dot{E}_2 = -j\omega M_2 \dot{I}_1$$

$$[0017] \quad \dot{E}_4 = -j\omega M_4 \dot{I}_1$$

[0018] 式中, \dot{I}_1 为激励电流; ω 为电源角频率; M_2 为 LS1 对 L1 的互感系数; M_4 为 LS2 对 L2 N_4 的互感系数。

[0019] 则输出电压为:

[0020]

$$\Delta E = \dot{E}_4 - \dot{E}_2 = j\omega(M_2 - M_4)\dot{I}_1$$

[0021] 金属磨粒进入传感器前,产生的电感为:

[0022]

$$M = \mu_0 N_1^2 \pi r^2 \frac{\sqrt{r^2 + L^2} - r}{L^2}$$

[0023] 当 $L/r \geq 6$ 时, $M = \frac{\mu_0 N_1^2 \pi r^2}{L}$

[0024] 式中, μ_0 为真空磁导率; N_1 表示激励线圈匝数; r 表示磁性管的内径; L 表示激励线圈轴向长度。

[0025] 当一颗金属磨粒进入传感器时, 产生的电感增量为:

[0026]

$$M_0 = \mu_0 \mu_m N_1^2 \pi r_a^2 \frac{\sqrt{r_a^2 + L_a^2} - r_a}{L^2}$$

[0027] 式中, μ_m 为金属磨粒相对磁导率; r_a 为金属磨粒半径; L_a 为金属磨粒轴向长度。

[0028] 假设磨粒是圆形的, 即 $2r_a \approx L_a$, 则上式简化为:

[0029]

$$M_0 \approx 1.236 \times \frac{\mu_0 \mu_m N_1^2 \pi r_a^3}{L^2}$$

[0030] 当有 n 颗磨粒进入传感器时, 总的电感增量为:

[0031]

$$M_n \approx 1.236n \times \frac{\mu_0 \mu_m N_1^2 \pi r_a^3}{L^2}$$

[0032] 所以, 电感的变化率为:

[0033]

$$M_n / M = 1.236n \mu_m \left(\frac{r_a}{r} \right)^2 \frac{r_a}{L}$$

[0034] 因此, 在传感器几何尺寸 (r 、 L) 确定的情况下, 金属磨粒的相对磁导率 μ_m 、金属磨粒的数量 n 越大, 则电感量变化越大, 输出电压信号幅值也越大, 即输出信号幅值与金属磨粒的数量 n 成比例。

[0035] 本发明在线监测油液金属磨粒的传感器结构合理, 灵敏度高, 线性度好, 抗干扰能力强。将本发明的传感器应用于在线监测油液金属磨粒, 方法操作方便, 实时性好, 测量精度高, 监测结果准确可靠。

[0036] 本发明的传感器及其在线监测中的应用方法, 可运用于军用和民用领域, 包括各种飞机、舰船及汽车等机械设备的润滑系统的油液污染程度监测及故障监测诊断, 避免由于磨损或者油液中磨粒过多不能及时发现和处理, 而引起机械故障。

附图说明

[0037] 图 1 传感器线圈结构图。

[0038] 图 2 传感器测量原理图。

具体实施方式

[0039] 下面结合附图并通过具体实施方式来进一步详细说明本发明。

[0040] 见图 1。在线监测油液金属磨粒的传感器为互感式电感传感器,包括激励线圈和感应线圈,在磁惰性材料制成的骨架中心设置可以通过油液的油路,在骨架上绕制同轴激励线圈和感应线圈,感应线圈位于激励线圈与骨架之间,感应线圈的轴向长度为激励线圈轴向长度的 $1/3$,感应线圈的与激励线圈的轴向中点重合,即在轴向上,感应线圈处于激励线圈的中部。

[0041] 见图 2。使用上述传感器进行在线监测油液金属磨粒的主要步骤如下:

[0042] A. 将两个相同的传感器的激励线圈 L1 和 L2 并联接入激励交流电场模块 fd,将两个感应线圈 LS1 和 LS2 反向串联并与两个等阻值的电阻 R1 和 R2 接成交流电桥,传感器输出两端连接信号调理模块,电容 C 和电位器 R_p 串联在传感器一个输出端与信号调理模块之间;

[0043] 其中的电阻 R1 远远大于感应线圈的等效阻抗。

[0044] B. 油液从其中一个传感器的油路中通过,另外一个传感器不通入任何物质;

[0045] C. 传感器的输出信号经过信号调理模块采集处理后,及时得到油液金属磨粒的有关参数:如油液中金属磨粒的浓度(粒数/升或毫克/升)、金属磨粒的相对磁导率以及金属磨粒的粒径。

[0046] 后续处理还包括 A/D 转换和微处理器处理等一些常规的数据和结果处理步骤。

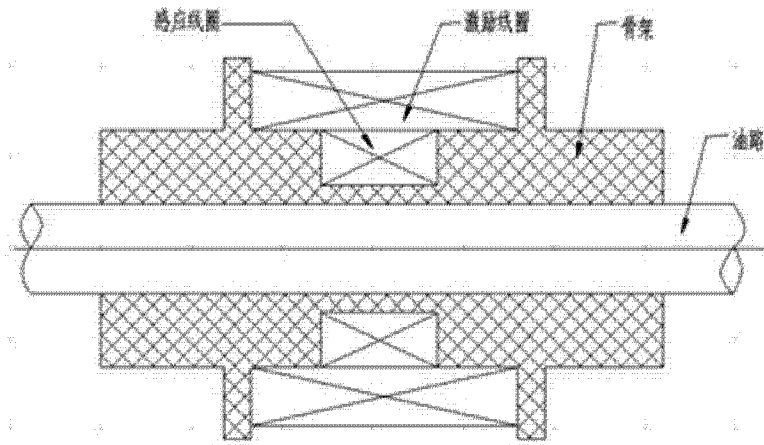


图 1

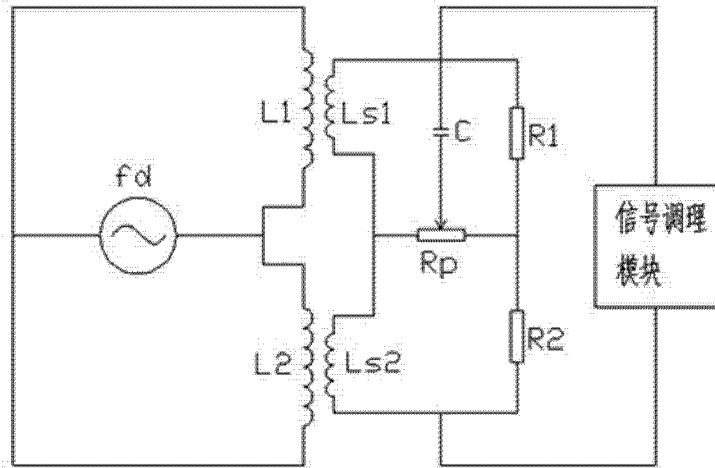


图 2