



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113295415 B

(45) 授权公告日 2022.06.10

(21) 申请号 202110496469.9
 (22) 申请日 2021.05.07
 (65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 113295415 A
 (43) 申请公布日 2021.08.24
 (73) 专利权人 湖北精瑞通流体控制技术有限公司
 地址 430000 湖北省武汉市武昌区中北路
 126号尚城国际第10层6-7号
 (72) 发明人 闫东 蔡衡芳 谌龙 罗清刚
 (74) 专利代理机构 湖北武汉永嘉专利代理有限公司 42102
 专利代理师 李丹
 (51) Int. Cl.
 G01M 13/045 (2019.01)

(56) 对比文件
 US 2014172326 A1, 2014.06.19
 CN 111504645 A, 2020.08.07
 DE 102009024981 A1, 2010.12.23
 CN 101034038 A, 2007.09.12
 CN 106441893 A, 2017.02.22
 CN 101354312 A, 2009.01.28
 CN 112507769 A, 2021.03.16
 审查员 白冰

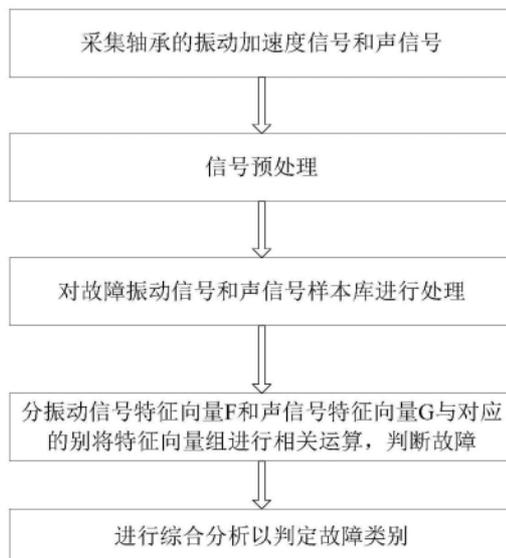
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54) 发明名称

一种基于多尺度频谱感知技术的轴承故障检测方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于多尺度频谱感知技术的轴承故障检测方法,包括以下步骤:1)通过传感器采集轴承的振动加速度信号和声信号;2)信号预处理;3)对故障振动信号和声信号样本库也进行同样的处理,得到相应的特征向量组 $\{K_p\}$ 和 $\{K_c\}$;4)分别将振动信号特征向量 F 和声信号特征向量 G 与对应的特征向量组进行相关运算,得到相关系数 r ,当 r 大于阈值时,则认为符合故障特征,判断故障;5)综合分析;根据步骤4),分别计算声信号和振动信号的特征向量及其相关系数,然后进行综合分析以判定故障类别。本发明综合利用振动信号和声信号的故障特征,有利于发现早期故障,提高检测效率并减少误判。



1. 一种基于多尺度频谱感知技术的轴承故障检测方法,其特征在于,包括以下步骤:

- 1) 通过传感器采集轴承的振动加速度信号和声信号;
- 2) 信号预处理;

首先对传感器采集到的振动加速度信号的离散频谱序列进行线性分区,得到振动特征向量,具体过程如下:

对振动加速度信号的采样序列 V_n 进行FFT变换并取绝对值,得到频谱幅值序列 A_n ;对 A_n 保留有效频率范围内的数据作为分析对象,得到有效幅值序列 B_n ;将 B_n 平均划分为 m 个区间,并对每个区间中的所有数据求和,得到特征向量 $F = [F_1, F_2, F_3, \dots, F_m]$;

其次对声信号的离散频谱序列进行1/3倍频程分区,得到声信号特征向量,具体过程如下:

对声信号的采样序列 S_n 进行FFT变换并取绝对值,得到频谱幅值序列 C_n ;对 C_n 保留有效频率范围内的数据作为分析对象,得到有效幅值序列 D_n ;将 D_n 划分为 t 个倍频程区间,并对每个区间中的所有数据求和,得到特征向量 $G = [G_1, G_2, G_3, \dots, G_t]$;

3) 对故障振动信号和声信号样本库也进行同样的处理,得到相应的特征向量组 $\{K_F\}$ 和 $\{K_G\}$;

4) 分别将振动信号特征向量 F 和声信号特征向量 G 与对应的特征向量组进行相关运算,分别得到振动信号和声信号相关系数 $r(F, K_F)$ 和 $r(G, K_G)$,当振动信号或声信号相关系数大于对应阈值时,则认为符合故障特征,判断故障;

其中,振动信号特征向量 $F = [F_1, F_2, F_3, \dots, F_m]$,故障振动信号对应的特征向量组为 $\{K_F\}$,

$$\text{则 } r(F, K_F) = \frac{\sum FK_F - (\sum F \sum K_F) / m}{\sqrt{(\sum F^2 - (\sum F)^2 / m)(\sum K_F^2 - (\sum K_F)^2 / m)}};$$

声信号特征向量 $G = [G_1, G_2, G_3, \dots, G_t]$,故障声信号对应的特征向量组为 $\{K_G\}$,

$$\text{则 } r(G, K_G) = \frac{\sum GK_G - (\sum G \sum K_G) / t}{\sqrt{(\sum G^2 - (\sum G)^2 / t)(\sum K_G^2 - (\sum K_G)^2 / t)}};$$

5) 综合分析;

根据步骤4)中分别计算的声信号和振动信号的特征向量及其相关系数,进行综合分析以判定故障类别,具体方法如下:

$r(F, K_F) < p$ 且 $r(G, K_G) > q$,判定为轴承润滑不良;

$r(F, K_F) > p$ 且 $r(G, K_G) < q$,判定为轴承一般故障;

$r(F, K_F) > p$ 且 $r(G, K_G) > q$,判定为轴承严重故障;

其中, p 、 q 为设定阈值。

一种基于多尺度频谱感知技术的轴承故障检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及轴承故障检测技术,尤其涉及一种基于多尺度频谱感知技术的轴承故障检测方法。

背景技术

[0002] 滚动轴承作为旋转机械设备的关键部件,其可靠性至关重要,一旦发生故障就会破坏设备的稳定运转状态,严重时甚至会危及人身安全。在理想条件下,滚动轴承寿命较长,但由于安装误差、润滑不良和负载过大等因素,只有约十分之一的轴承能达到预期使用寿命。由于轴承的故障严重程度是以指数形式发展,越到后期进展越快,因此发现并处理早期故障对于设备的安全运行显得尤为重要。

[0003] 现阶段通常采用神经网络的方式对轴承进行故障检测,一般首先采集轴承的加速度振动信号,然后通过各种方法进行时域和频域特征分析,提取相应的特征,并通过神经网络等分类器进行故障检测。由于各种干扰的影响,检测准确性一般都会与理想情况有一定差距。

发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题在于针对现有技术中的缺陷,提供一种基于多尺度频谱感知技术的轴承故障检测方法。

[0005] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:一种基于多尺度频谱感知技术的轴承故障检测方法,包括以下步骤:

[0006] 1) 通过传感器采集轴承的振动加速度信号和声信号;

[0007] 2) 信号预处理;

[0008] 首先对传感器采集到的振动加速度信号的离散频谱序列进行线性分区,得到振动特征向量,具体过程如下:

[0009] 对振动加速度信号的采样序列 V_n 进行FFT变换并取绝对值,得到频谱幅值序列 A_n ;对 A_n 保留有效频率范围内的数据作为分析对象,得到有效幅值序列 B_n ;将 B_n 平均划分为 m 个区间,并对每个区间中的所有数据求和,得到特征向量 $F=[F_1, F_2, F_3, \dots, F_m]$;

[0010] 其次对声信号的离散频谱序列进行1/3倍频程分区,得到声信号特征向量,具体过程如下:

[0011] 对声信号的采样序列 S_n 进行FFT变换并取绝对值,得到频谱幅值序列 C_n ;对 C_n 保留有效频率范围内的数据作为分析对象,得到有效幅值序列 D_n ;将 D_n 划分为 t 个倍频程区间,并对每个区间中的所有数据求和,得到特征向量 $G=[G_1, G_2, G_3, \dots, G_t]$;

[0012] 3) 对故障振动信号和声信号样本库也进行同样的分区,得到相应的特征向量组 $\{K_p\}$ 和 $\{K_c\}$;

[0013] 4) 分别将振动信号特征向量 F 和声信号特征向量 G 与对应的特征向量组进行相关运算,得到相关系数 r ,当 r 大于阈值时,则认为符合故障特征,判定为故障;

[0014] 5) 综合分析;

[0015] 根据步骤4), 分别计算声信号和振动信号的特征向量及其相关系数, 然后进行综合分析以判定故障类别, 具体方法如下:

[0016] $r(F, K_p) < p$ 且 $r(G, K_q) > q$, 判定为轴承润滑不良;

[0017] $r(F, K_p) > p$ 且 $r(G, K_q) < q$, 判定为轴承一般故障, 并根据样本库中振动信号的故障类别确定对应故障类别;

[0018] $r(F, K_p) > p$ 且 $r(G, K_q) > q$, 判定为轴承严重故障;

[0019] 其中, p, q 为设定阈值;

[0020] 按上述方案, 所述步骤4) 中相关系数 r 的计算公式如下

[0021] 关于向量 X 与向量 Y 的相关系数 r , 采用以下公式计算如下:

$$r = \frac{\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{N}}{\sqrt{(\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N})(\sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{N})}};$$

[0023] 其中, N 为向量的维数。

[0024] 本发明产生的有益效果是: 综合利用振动信号和声信号的故障特征, 有利于发现早期故障, 提高检测效率并减少误判, 提高故障检测的准确性

附图说明

[0025] 下面将结合附图及实施例对本发明作进一步说明, 附图中:

[0026] 图1是本发明实施例的方法流程图。

具体实施方式

[0027] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白, 以下结合实施例, 对本发明进行进一步详细说明。应当理解, 此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明, 并不用于限定本发明。

[0028] 如图1所示, 一种基于多尺度频谱感知技术的轴承故障检测方法, 包括以下步骤:

[0029] 1) 采集轴承的振动加速度信号和声信号;

[0030] 2) 信号预处理;

[0031] 首先对传感器采集到的振动加速度信号的离散频谱序列进行线性分区, 得到振动特征向量, 具体过程如下:

[0032] 对振动加速度信号的采样序列 V_n 进行FFT变换并取绝对值, 得到频谱幅值序列 A_n ; 对 A_n 保留有效频率范围内的数据作为分析对象, 得到有效幅值序列 B_n ; 将 B_n 平均划分为 m 个区间, 并对每个区间中的所有数据求和, 得到特征向量 $F = [F_1, F_2, F_3, \dots, F_m]$;

[0033] 其次对声信号的离散频谱序列进行1/3倍频程分区, 即相邻频率区间宽度比值约为1.26倍, 得到声信号特征向量, 具体过程如下:

[0034] 对声信号的采样序列 S_n 进行FFT变换并取绝对值, 得到频谱幅值序列 C_n ; 对 C_n 保留有效频率范围内的数据作为分析对象, 得到有效幅值序列 D_n ; 将 D_n 划分为 t 个倍频程区间, 并对每个区间中的所有数据求和, 得到特征向量 $G = [G_1, G_2, G_3, \dots, G_t]$;

[0035] 3) 对故障振动信号和声信号样本库也进行同样的处理,得到相应的特征向量组 $\{K_p\}$ 和 $\{K_g\}$;

[0036] 故障振动信号和声信号样本库为事先采集,根据故障类型分类的信号样本库;

[0037] 4) 分别将振动信号特征向量F和声信号特征向量G与对应的特征向量组进行相关运算,得到相关系数r,当r大于阈值时,认为符合故障特征,判定为故障;

[0038] 关于向量X与向量Y的相关系数r,采用统计学公式计算如下:

$$[0039] \quad r = \frac{\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{N}}{\sqrt{(\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N})(\sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{N})}};$$

[0040] 其中N为向量的维数;

[0041] 5) 综合分析;

[0042] 在实际应用中,轴承润滑不良的早期特征首先体现在声音上,此时振动信号一般无明显变化,当润滑不良持续一段时间之后,才会出现振动加大和温度升高的现象。而对于润滑条件良好的轴承部件早期故障,通常声音变化不大,只有随着磨损加重而发展为严重故障后才会出现声音异常。因此如果仅仅分析振动信号或声信号的时频特征,一方面容易错过故障的早期征兆,另一方面容易将润滑不良导致的振动特征当成轴承的硬件故障,造成误判。根据步骤4),可以分别计算声信号和振动信号的特征向量及其相关系数,然后进行综合分析以判定故障类别,具体方法如下:

[0043] $r(F, K_p) < p$ 且 $r(G, K_g) > q$, 判定为轴承润滑不良;

[0044] $r(F, K_p) > p$ 且 $r(G, K_g) < q$, 判定为轴承一般故障,并根据样本库中振动信号的故障类别确定对应故障类别;

[0045] $r(F, K_p) > p$ 且 $r(G, K_g) > q$, 判定为轴承严重故障;

[0046] 其中,p、q为设定阈值;本实施例中p、q均设为0.8。

[0047] 其中,判定为轴承严重故障时,严重故障一般会伴随峭度和温度明显增大,可作为联合判别的辅助参考依据,防止误判。

[0048] 应当理解的是,对本领域普通技术人员来说,可以根据上述说明加以改进或变换,而所有这些改进和变换都应属于本发明所附权利要求的保护范围。

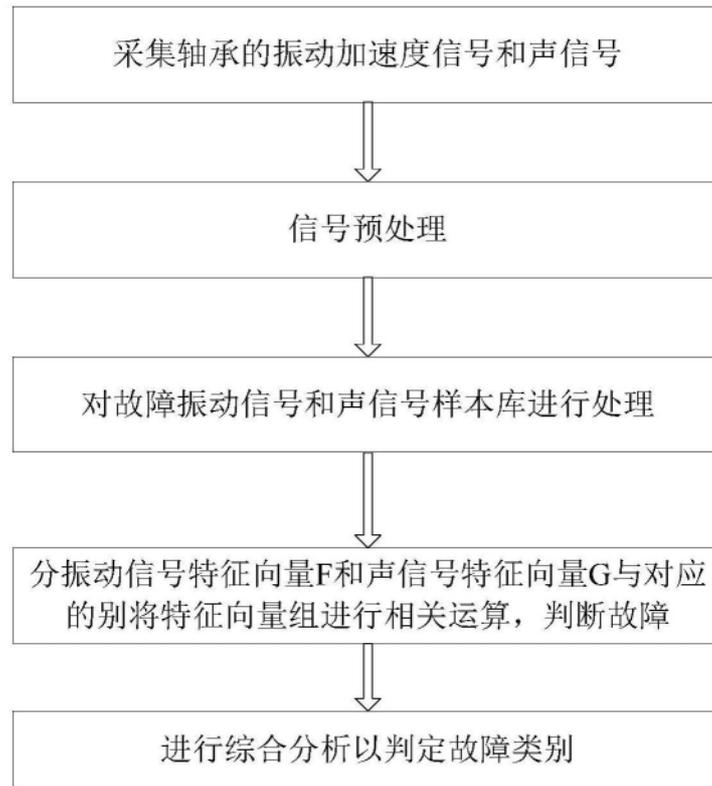


图1