

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6897064号
(P6897064)

(45) 発行日 令和3年6月30日(2021.6.30)

(24) 登録日 令和3年6月14日(2021.6.14)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 M 13/04 (2019.01) GO 1 M 13/04
F 1 6 C 19/52 (2006.01) F 1 6 C 19/52

請求項の数 3 (全 9 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2016-221425 (P2016-221425) (22) 出願日 平成28年11月14日(2016.11.14) (65) 公開番号 特開2018-80924 (P2018-80924A) (43) 公開日 平成30年5月24日(2018.5.24) 審査請求日 令和1年9月25日(2019.9.25)</p>	<p>(73) 特許権者 000004204 日本精工株式会社 東京都品川区大崎1丁目6番3号 (74) 代理人 110002000 特許業務法人栄光特許事務所 (72) 発明者 吉田 一弘 神奈川県藤沢市鵜沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内 審査官 松岡 智也</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 軸受異常診断方法および診断システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

軸受を支持する軸受ハウジングに、該軸受ハウジングの振動加速度を検出する振動加速度センサを取り付け、該振動加速度センサからの振動加速度信号に基づいて前記軸受の異常の有無を診断し、異常ありの場合に当該異常の部位を特定し、異常ありと診断した場合には、当該異常ありと診断した際の振動加速度信号にて示される所定の振動パターンが連続して現れるか否かに基づいて、前記特定した部位における異常の種類を判別し、

前記軸受はラジアル形ころ軸受であり、

前記異常の種類として、ラジアル方向における傷の発生、または、アキシャル方向における傷の発生が判別されることを特徴とする軸受異常診断方法。

【請求項2】

前記所定の振動パターンは、前記軸受の構成および動作条件の少なくとも一方に基づいて規定される、転動体通過振動周波数、転動体公転周波数、または転動体回転周波数のいずれかに基づくことを特徴とする請求項1に記載の軸受異常診断方法。

【請求項3】

軸受を支持する軸受ハウジングに取り付けられ、軸受ハウジングの振動加速度を検出する振動加速度センサと、

該振動加速度センサからの振動加速度信号に基づいて前記軸受の異常の有無を診断し、異常ありの場合に当該異常の部位を特定する診断部と、

該診断部にて異常ありと診断された場合に、前記異常ありと診断した際の振動加速度信

号にて示される所定の振動パターンが連続して現れるか否かに基づいて、前記診断部にて特定した部位における異常の種類を判別する異常判別部と、
を備え、

前記軸受はラジアル形ころ軸受であり、

前記異常判別部は、前記異常の種類として、ラジアル方向における傷の発生、または、アキシャル方向における傷の発生を判別することを特徴とする軸受異常診断システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、軸受異常診断方法および診断システムに関し、特に、機械設備を分解することなく、異常の有無の診断できる軸受異常診断方法および診断システムに関するものである。

10

【背景技術】

【0002】

従来、例えば特許文献1に見られるように、転がり軸受の異常の有無の判定を行うべく、転がり軸受の回転に伴う振動を検出する検出装置と、検出装置が検出する振動を表す信号を、少なくとも2つの信号に分岐し、そのうちの一方の信号に基づき、転がり軸受の損傷の有無、並びに、損傷部材の判定を行なうと共に、他方の信号に基づき、潤滑剤に混入した異物の量の判定を行ない、少なくともこれら両判定の結果に基づき、上記転がり軸受の異常の有無の判定を行なう演算処理器とを備えた転がり軸受の異常判定装置ないし判定方法が知られている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2009-109267号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上記特許文献1記載の転がり軸受の異常判定装置ないし判定方法では、検出装置が検出する振動を表す信号を少なくとも2つの信号に分岐し、2つの判定結果に基づいて異常の有無を判定するため、判定方法が複雑であった。

30

【0005】

本発明は、前述した事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、簡単な判定方法で軸受の異常を診断できる軸受異常診断方法および診断システムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の上記目的は、下記の構成により達成される。

(1) 軸受を支持する軸受ハウジングに、該軸受ハウジングの振動加速度を検出する振動加速度センサを取り付け、該振動加速度センサからの振動加速度信号に基づいて前記軸受の異常の有無を診断し、異常ありの場合に当該異常の部位を特定し、異常ありと診断した場合には、当該異常ありと診断した際の振動加速度信号にて示される所定の振動パターンが連続して現れるか否かに基づいて、前記特定した部位における異常の種類を判別し、

40

前記軸受はラジアル形ころ軸受であり、

前記異常の種類として、ラジアル方向における傷の発生、または、アキシャル方向における傷の発生が判別されることを特徴とする軸受異常診断方法。

(2) 軸受を支持する軸受ハウジングに取り付けられ、軸受ハウジングの振動加速度を検出する振動加速度センサと、

該振動加速度センサからの振動加速度信号に基づいて前記軸受の異常の有無を診断し、異常ありの場合に当該異常の部位を特定する診断部と、

該診断部にて異常ありと診断された場合に、前記異常ありと診断した際の振動加速度信

50

号にて示される所定の振動パターンが連続して現れるか否かに基づいて、前記診断部にて特定した部位における異常の種類を判別する異常判別部と、
を備え、

前記軸受はラジアル形ころ軸受であり、

前記異常判別部は、前記異常の種類として、ラジアル方向における傷の発生、または、アキシャル方向における傷の発生を判別することを特徴とする軸受異常診断システム。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、軸受を支持する軸受ハウジングの振動加速度を検出する振動加速度センサの振動加速度信号に基づいて前記軸受の異常の有無を診断し、異常ありと診断した場合には、その異常の発生頻度を確認することで異常の種類を判別するので、同一信号に基づいて異常の有無および種類を診断することが可能となる。すなわち、同一信号に基づいて簡単に複数の異なる診断を行うことが可能になる。

10

また、一つの振動加速度信号で複数種の診断を行うことができるため、センサ数、入力C h、信号入力回路の削減に伴う省消費電流、装置コンパクト化、コスト低減効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明の一実施形態に係る軸受異常診断システムの概略構成を示すブロック図である。

20

【図2】本実施形態に係る診断装置の機能構成を示すブロック図である。

【図3】本実施形態に係る軸受異常診断システムの動作手順を説明するためのフローチャートである。

【図4】本実施形態に係る転がり軸受の傷の部位と、傷に起因して発生する振動周波数の関係を示す表である。

【図5】(a)は振動加速度センサからの振動加速度信号の一例を示す図、(b)(c)はスペクトルデータの一例を示す図、(d)(e)(f)は異常発生頻度を説明する図、(g)(h)は振動加速度センサからの振動加速度信号の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

30

以下、本発明に係る軸受異常診断方法および診断システムの一実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。

【0010】

図1に示した本実施形態の軸受異常診断システムは、軸受ハウジング10で支持された回転部品である転がり軸受11の異常を診断するものであり、転がり軸受11から発生する振動加速度を検出する振動加速度センサ12と、転がり軸受11の回転速度を検出する回転センサ(図示せず)と、振動加速度センサ12や回転センサで検出した信号を、データ伝送手段(伝送手段)13を介して受信し、信号処理を行って転がり軸受11の異常の有無を診断する診断部21と、この診断部21にて異常ありと診断された場合に、前記異常の発生頻度を確認することで異常の種類を判別する異常判別部22と、モニタや警報機等からなる出力装置30とを備えている。

40

なお、診断部21及び異常判別部22は、診断装置20を構成する。

【0011】

転がり軸受11は、機械設備の回転軸101に外嵌される内輪111と、軸受ハウジング10に内嵌される外輪112と、内輪111及び外輪112の間で回転可能に配置された複数の転動体113と、転動体113を回転自在に保持する不図示の保持器と、を有する。

【0012】

振動加速度センサ12は、軸受11を支持する軸受ハウジング10に固定される。振動加速度センサ12の固定方法には、ボルト固定、接着、ボルト固定と接着の併用、及び樹

50

脂材による埋め込み等がある。

なお、ボルト固定の場合には、回り止め機能を備えるようにしてもよい。また、振動加速度センサ 1 2 を樹脂材によってモールドすることで、水分の浸入を防止することができ、さらに外部からの加振に対する防振性が向上するため、センサ自体の信頼性を飛躍的に向上することができる。

【 0 0 1 3 】

図 2 は、本実施形態に係る診断装置 2 0 の主要な機能構成を示すブロック図である。

図 2 に示すように、診断装置 2 0 は、データ収集・分配部 2 1 1、回転分析部 2 1 2、フィルタ処理部 2 1 3、振動分析部 2 1 4、比較判定部 2 1 5、内部メモリ 2 1 6、及び異常判定部 2 3 を有して構成される。データ収集・分配部 2 1 1、回転分析部 2 1 2、フィルタ処理部 2 1 3、振動分析部 2 1 4、比較判定部 2 1 5 及び内部メモリ 2 1 6 は、主に診断部 2 1 を構成する。

なお、この診断装置 2 0 は、マイクロコンピュータで構成されており、即ち、このマイクロコンピュータ内に記録保持されたプログラムが実行されることにより、データ収集・分配部 2 1 1 等の各処理部は以下のような各処理を実行することになる。

【 0 0 1 4 】

データ収集・分配部 2 1 1 は、振動加速度センサ 1 2 から送られる信号 $S i g 1$ を A / D 変換器によってデジタル信号に変換するとともに、回転速度に関する信号も同時に収集して一時的に蓄積し、信号の種類に応じて回転分析部 2 1 2、フィルタ処理部 2 1 3 のいずれかに振り分ける。

なお、A / D 変換器を振動加速度センサ 1 2 に一体化される構成とし、前述のデータ伝送手段 1 3 を介してデジタル信号を受信するようにしてもよい。

【 0 0 1 5 】

回転分析部 2 1 2 は、転がり軸受 1 1 の設計諸元データ、及び回転センサ 1 4 からの回転速度信号に基づいて、図 4 に示す所定の関係式を用いて、転がり軸受 1 1 の部位ごとの損傷に起因する軸受損傷周波数を計算する。

なお、軸受損傷理論周波数の算出は、以前に同様の診断を行っている場合は、内部メモリ 2 1 6 に記憶しておいた過去のデータを用いてもよい。

また、転がり軸受 1 1 の回転速度を検出する回転速度検出手段（図示せず）が、内輪 1 1 1 に取り付けられたエンコーダと、外輪 1 1 2 に取り付けられた磁石または磁気検出素子と、により構成される場合は、出力信号がエンコーダの形状と回転速度に応じたパルス信号となる。このため、回転分析部 2 1 2 は、エンコーダの形状に応じた所定の変換関数、又は変換テーブルを有し、パルス信号から内輪 1 1 1 の回転速度を算出する。

【 0 0 1 6 】

フィルタ処理部 2 1 3 は、バンドパスフィルタ（B P F）の機能を有し、振動加速度センサ 1 2 の振動加速度信号 $S i g 1$ から、損傷フィルタ周波数帯域を抽出し、それ以外の不要な周波数帯域を除去する。損傷フィルタ周波数帯域は各軸受装置における固有振動数帯域に応じて設定される。この固有振動数は、インパルスハンマ等を用いた打撃法により被測定物を加振し、被測定物に取付けた振動検出器、又は打撃により発生した音響を周波数分析することにより容易に求めることができる。

なお、被測定物が転がり軸受 1 1 の場合には、内輪 1 1 1、外輪 1 1 2、転動体 1 1 3、軸受ハウジング 1 0 等のいずれかに起因する固有振動数が与えられることになる。一般的に、機械部品の固有振動数は複数存在し、固有振動数における振幅レベルは高くなるので測定之感度がよい。

【 0 0 1 7 】

振動分析部 2 1 4 は、損傷フィルタ周波数帯域が抽出された振動加速度センサ 1 2 からの出力信号を基にして、転がり軸受 1 1 から発生した振動加速度信号の周波数分析を行う。この振動分析部 2 1 4 は、振動加速度信号の周波数スペクトルを算出する F F T 演算部であり、F F T アルゴリズム及びエンベロープ分析に基づいて振動加速度信号の周波数スペクトルを算出する。算出された周波数スペクトルは、例えば図 5（b）または図 5（c

10

20

30

40

50

)に示されるようなスペクトルデータとして比較判定部215に出力される。

振動分析部214は、FFTを行う前処理として、絶対値化処理やエンベロープ処理を行い、異常の診断に必要な周波数成分のみに変換してもよい。また、必要に応じて、エンベロープ処理後のスペクトルデータ(エンベロープ周波数スペクトル)も併せて比較判定部215に出力する。

なお、図5において、 f は周波数(Hz)、 G は加速度(m/s^2)である。

【0018】

比較判定部215および異常判別部22は、振動分析部214にて得られた、スペクトルデータにより、軸受11の異常を例えば次のように診断する。

【0019】

比較判定部215は、振動分析部214にて得られたスペクトルデータに、例えば図5(b)に見られるような転動体通過振動SD1が検知された場合、軸受11には何らかの異常があると診断するとともに、回転分析部212で計算された軸受損傷周波数に基づいて、異常の部位を特定し、さらに、そのスペクトルデータを後段の異常判別部22に送出する。

一方、振動分析部214にて得られたスペクトルデータが、例えば図5(c)に見られるように、転動体通過振動が検知されないものである場合には、軸受11には異常がないと診断する。

【0020】

異常診断については、転動体通過振動周波数、転動体公転周波数、転動体回転周波数など、軸受の回転に伴い発生する振動周波数を診断指標とし、異常発生時の挙動を検知、診断することができる。

【0021】

異常判別部22は前記異常の発生頻度(比較判定部215からのスペクトルデータの入力頻度)を確認することで異常の種類を判別する。

例えば、軸受11がラジアル形ころ軸受である場合には次のように判断する。

例えば図5(d)に見られるような転動体通過振動が連続して現れる場合、ラジアル方向に傷が発生している(例えば外輪軌道面に剥離が発生している)と判別する。なお、この場合の振動加速度センサ12からの出力信号(実測データ)は例えば図5(g)に示すようになる。

一方、例えば図5(e)および(f)に見られるように、転動体通過振動が連続しては現れず、例えばアキシャル荷重がかかったときなどに転動体通過振動が現れる場合、すなわち図5(e)に示す状態と(f)に示す状態とが交互に現れるような場合には、アキシャル方向に傷が発生している(例えば、ころ頭面、つば面に傷が発生している)と判別する。なお、この場合の振動加速度センサ12からの出力信号(実測データ)は例えば図5(h)に示すようになる。

【0022】

以上のようにして判定された転がり軸受11の診断結果は、内部メモリ216に記憶すると共に、有線又はネットワークを考慮した無線を利用したデータ伝送手段31により出力装置30に送る。

【0023】

内部メモリ216は、例えばメモリ又はHDD等により構成され、比較判定部215および異常判別部22による判定、判別に必要な各種データ、たとえば、異常周波数の算出に用いる各回転部品の設計諸元データ等と、比較判定部215および異常判別部22により判定された転がり軸受11の異常の有無の診断及び異常の種類に関する各データを記憶する。

【0024】

出力装置30は、転がり軸受11の診断結果をモニタ等にリアルタイムで表示する。また、異常が検出された場合に、ライトやブザー等の警報機を用いて使用者に異常であることの注意を促すようにしてもよい。

10

20

30

40

50

また、信号のデータ伝送手段 13、31 は、的確に信号を送受信可能であればよいので、有線でも良いし、ネットワークを考慮した無線を利用してもよい。

【0025】

次に、このように構成された軸受異常診断システムの動作について説明する。図3は、軸受異常診断システムの動作手順を説明するためのフローチャートである。

【0026】

まず、ステップS1において、振動加速度センサ12により転がり軸受11から発生する振動加速度及び回転センサにより転がり軸受11の回転速度が検出され、この検出された振動加速度信号及び回転速度信号は、データ伝送手段13を介して診断部21のデータ収集・分配部211に入力される。

【0027】

なお、データ収集・分配部211では、入力されたアナログの振動信号を必要に応じて増幅し、A/D変換器によりデジタル信号に変換する。

【0028】

次に、ステップS2において、データ収集・分配部211及び内部メモリ216に記憶されたデータをもとに、フィルタ処理部213および振動分析部214にて、以降の診断に供されるスペクトルデータを生成し比較判定部215に出力する。

【0029】

次に、ステップS3において、比較判定部215にて、振動分析部214で得られたスペクトルデータにより、軸受11の異常の有無を診断し、異常ありの場合には、回転分析部212で計算された軸受損傷周波数と、スペクトルデータのピーク周波数とを比較し、異常の部位を特定すると共に、そのスペクトルデータを後段の異常判別部22に送出する。

異常なしの場合には、ステップS1に戻る。これにより、軸受11の状態を常時監視することができる。

【0030】

次に、ステップ4において、異常判別部22にて、前記異常の発生頻度(比較判定部215からのスペクトルデータの入力頻度)を確認し、異常の種類を判別する。

【0031】

このように実施された診断の結果は、有線またはネットワークを考慮した無線を利用したデータ伝送手段31によって出力装置30に送る。

【0032】

以上のような軸受異常診断方法ないし診断システムによれば次のような作用効果が得られる。

(a) 軸受11を支持する軸受ハウジング10の振動加速度を検出する振動加速度センサ12の振動加速度信号に基づいて軸受11の異常の有無を診断し、異常ありと診断した場合には、その異常の発生頻度を確認することで異常の種類を判別するので、同一信号に基づいて異常の有無および種類を診断することが可能となる。すなわち、同一信号に基づいて簡単に複数の異なる診断を行うことが可能になる。

(b) 一つの振動加速度信号で複数種の診断を行うことができるため、センサ数、入力部Ch、信号入力回路の削減に伴う省消費電流、装置コンパクト化、コスト低減効果が得られる。

【0033】

なお、本発明は、上記実施形態に例示したものに限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において適宜変更可能である。

例えば、帯域設定値や診断指標、対応する故障の数は上記実施形態の限りではなく、対象の軸受、検知したい故障や診断条件、要求仕様等によって都度最適設定することができる。

また、本発明の軸受異常診断方法ないし診断システムは、自動車、鉄道車両、工作機械、風力発電装置、エレベータ装置などの機械設備に適用可能である。

10

20

30

40

50

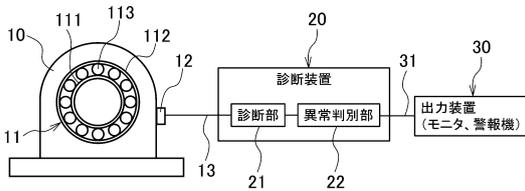
また、本実施形態では、内輪回転の場合の転がり軸受の異常を診断する場合について主として説明したが、本発明の軸受異常診断方法ないし診断システムは、外輪回転の転がり軸受の状態を監視するものにも適用可能である。

【符号の説明】

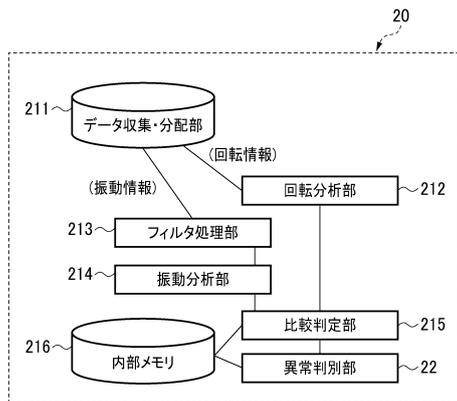
【0034】

- 10 軸受ハウジング
- 11 転がり軸受(軸受)
- 12 振動加速度センサ
- 20 診断装置
- 21 診断部
- 22 異常判別部

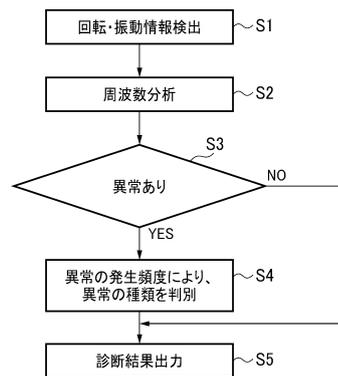
【図1】



【図2】



【図3】

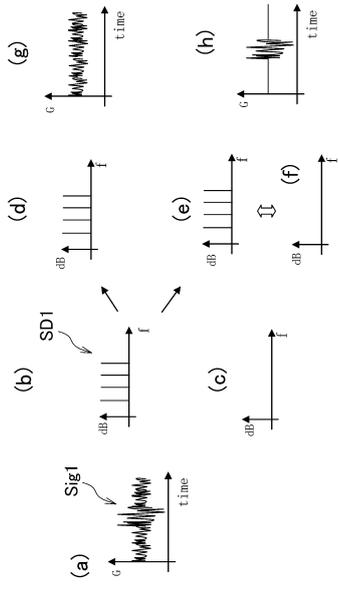


【図4】

軸受の部位	部位に対応する周波数
内輪(Si)	$Zf_i = \frac{f_r}{2} \left(1 + \frac{D_a}{d_m} \cdot \cos\alpha \right) Z$
外輪(So)	$Zf_o = \frac{f_r}{2} \left(1 - \frac{D_a}{d_m} \cdot \cos\alpha \right) Z$
転動体(Sb)	$2f_b = f_r \left(1 - \frac{D_a^2}{d_m^2} \cdot \cos^2\alpha \right) \frac{d_m}{D_a}$
保持器(Sc)	$f_c = \frac{f_r}{2} \left(1 - \frac{D_a \cdot \cos\alpha}{d_m} \right)$

f_r : 内輪(外輪)回転数(Hz) Z : 転動体の数
 f_c : 保持器回転速度(Hz) f_i : $f_r - f_c$
 f_b : 転動体自転速度(Hz) D_a : 転動体直径(mm)
 d_m : 転動体ピッチ円径(mm) α : 接触角(rad)

【 図 5 】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2001-255241(JP,A)
特開平08-047211(JP,A)
特開2004-257836(JP,A)
特開2009-109267(JP,A)
国際公開第2016/088265(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01M 13/00 - 13/045、99/00