

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3959873号

(P3959873)

(45) 発行日 平成19年8月15日(2007.8.15)

(24) 登録日 平成19年5月25日(2007.5.25)

(51) Int.Cl.

F I

GO 1 M 13/04 (2006.01)

GO 1 M 13/04

GO 1 H 17/00 (2006.01)

GO 1 H 17/00

C

請求項の数 8 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願平10-316235	(73) 特許権者	000004204
(22) 出願日	平成10年11月6日(1998.11.6)		日本精工株式会社
(65) 公開番号	特開2000-146762(P2000-146762A)		東京都品川区大崎1丁目6番3号
(43) 公開日	平成12年5月26日(2000.5.26)	(74) 代理人	100058479
審査請求日	平成17年11月4日(2005.11.4)		弁理士 鈴江 武彦
		(74) 代理人	100084618
			弁理士 村松 貞男
		(74) 代理人	100092196
			弁理士 橋本 良郎
		(74) 代理人	100091351
			弁理士 河野 哲
		(74) 代理人	100088683
			弁理士 中村 誠

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 転がり軸受の異常診断装置、転がり軸受の異常診断方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

外輪と、内輪または軸体と、これら外輪と内輪または軸体とに転接自在に設けられた転動体と、を備えた転がり軸受を、前記外輪と、内輪または軸体と、のうち少なくとも一方を回転させながら、転がり軸受の異常を診断する診断装置であって、

前記転がり軸受が発生する音を収集するデータ収集部と、

前記データ収集部が収集した音をデジタル変換する変換部と、この変換部によってデジタル変換された音情報を記録する記録部と、前記デジタル変換された音情報に、周波数解析とエンベロープ処理と波高率計算とを施し、これらの処理の結果に基づいて、

(1) 周波数解析を施して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じる原波形の特性周波数と一致するピークがあり、かつ波高率が小さければびびりが発生しており、

(2) エンベロープ処理を施した後に周波数解析して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じるエンベロープ処理後の特定周波数と一致するピークがあり、かつ波高率が高ければきずが発生しており、

(3) 周波数解析を施して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じる原波形の特性周波数と一致するピークがなく、エンベロープ処理を施した後に周波数解析して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じるエンベロープ処理後の特定周波数と一致するピークがなく、かつ波高率が高ければごみ侵入による異常が発生しており、

10

20

( 4 ) 周波数解析を施して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じる原波形の特性周波数と一致するピークがなく、エンベロープ処理を施した後に周波数解析をして得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じるエンベロープ処理後の特定周波数と一致するピークがなく、かつ波高率が低ければ正常である、

として転がり軸受の異常の原因を特定する異常判別部を有して転がり軸受の異常を診断する異常診断部と、を備えた電子機器と

を備えたことを特徴とする転がり軸受の異常診断装置。

【請求項 2】

外輪と、内輪または軸体と、これら外輪と内輪または軸体とに転接自在に設けられた転動体と、を備えた転がり軸受を、前記外輪と、内輪または軸体と、のうち少くとも一方を回転させながら、転がり軸受の異常を診断する診断装置であって、

前記転がり軸受が発生する音を収集するデータ収集部と、

前記データ収集部が収集した音をデジタル変換する変換部と、この変換部によってデジタル変換された音情報を記録する記録部と、前記デジタル変換された音情報に、周波数解析とエンベロープ処理とクルトシス計算とを施し、これらの処理の結果に基いて、

( 1 ) 周波数解析を施して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じる原波形の特性周波数と一致するピークがあり、かつクルトシスが小さければびびりが発生しており、

( 2 ) エンベロープ処理を施した後に周波数解析して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じるエンベロープ処理後の特定周波数と一致するピークがあり、かつクルトシスが高ければきずが発生しており、

( 3 ) 周波数解析を施して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じる原波形の特性周波数と一致するピークがなく、エンベロープ処理を施した後に周波数解析して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じるエンベロープ処理後の特定周波数と一致するピークがなく、かつクルトシスが高ければごみ侵入による異常が発生しており、

( 4 ) 周波数解析を施して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じる原波形の特性周波数と一致するピークがなく、エンベロープ処理を施した後に周波数解析をして得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じるエンベロープ処理後の特定周波数と一致するピークがなく、かつクルトシスが低ければ正常である、

として転がり軸受の異常の原因を特定する異常判別部を有して転がり軸受の異常を診断する異常診断部と、を備えた電子機器と

を備えたことを特徴とする転がり軸受の異常診断装置。

【請求項 3】

前記変換部は、前記データ収集部が収集した音を時間の経過に対する強度の変化を示す音情報にデジタル変換し、

前記異常診断部は、フィルタ処理部を具備し、

前記フィルタ処理部は、前記異常判別部が転がり軸受の異常の原因を特定する前に、前記音情報を周波数解析して、前記音情報を周波数の変化に対する強度の変化を示す音情報に変換し、この周波数解析の結果に基いて比較的強度の強い周波数帯域の音情報を通過させるフィルタ処理を施し、このフィルタ処理後の音情報を時間の経過に対する強度の変化を示す音情報に再現することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の異常診断装置

。

【請求項 4】

前記電子機器は、アナログ変換出力部を具備し、

前記アナログ変換出力部は、フィルタ処理後に前記フィルタ処理部によって再現された音情報をアナログ変換して出力することを特徴とする請求項 3 に記載の転がり軸受の異常診断装置。

【請求項 5】

外輪と、内輪または軸体と、これら外輪と内輪または軸体とに転接自在に設けられた転

10

20

30

40

50

動体と、を備えた転がり軸受を、前記外輪と、内輪または軸体と、のうち少くとも一方を回転させながら、転がり軸受の異常を診断する診断方法であって、

前記転がり軸受が発生する音を収集するデータ収集工程と、

前記データ収集工程が収集した音をデジタル変換する変換工程と、

前記変換工程によってデジタル変換された音情報を記録する記録工程と、

前記デジタル変換された音情報に、周波数解析とエンベロープ処理と波高率計算とを施し、これらの処理の結果に基づいて、

( 1 ) 周波数解析を施して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じる原波形の特性周波数と一致するピークがあり、かつ波高率が小さければびびりが発生しており、

( 2 ) エンベロープ処理を施した後に周波数解析して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じるエンベロープ処理後の特定周波数と一致するピークがあり、かつ波高率が高ければきずが発生しており、

( 3 ) 周波数解析を施して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じる原波形の特性周波数と一致するピークがなく、エンベロープ処理を施した後に周波数解析して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じるエンベロープ処理後の特定周波数と一致するピークがなく、かつ波高率が高ければごみ侵入による異常が発生しており、

( 4 ) 周波数解析を施して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じる原波形の特性周波数と一致するピークがなく、エンベロープ処理を施した後に周波数解析をして得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じるエンベロープ処理後の特定周波数と一致するピークがなく、かつ波高率が低ければ正常である、

として転がり軸受の異常の原因を特定する異常判別工程を有して転がり軸受の異常を診断する異常診断工程と

を備えたことを特徴とする転がり軸受の異常診断方法。

【請求項 6】

外輪と、内輪または軸体と、これら外輪と内輪または軸体とに転接自在に設けられた転動体と、を備えた転がり軸受を、前記外輪と、内輪または軸体と、のうち少くとも一方を回転させながら、転がり軸受の異常を診断する診断方法であって、

前記転がり軸受が発生する音を収集するデータ収集工程と、

前記データ収集工程が収集した音をデジタル変換する変換工程と、

前記変換工程によってデジタル変換された音情報を記録する記録工程と、

前記デジタル変換された音情報に、周波数解析とエンベロープ処理とクルトシス計算とを施し、これらの処理の結果に基づいて、

( 1 ) 周波数解析を施して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じる原波形の特性周波数と一致するピークがあり、かつクルトシスが小さければびびりが発生しており、

( 2 ) エンベロープ処理を施した後に周波数解析して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じるエンベロープ処理後の特定周波数と一致するピークがあり、かつクルトシスが高ければきずが発生しており、

( 3 ) 周波数解析を施して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じる原波形の特性周波数と一致するピークがなく、エンベロープ処理を施した後に周波数解析して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じるエンベロープ処理後の特定周波数と一致するピークがなく、かつクルトシスが高ければごみ侵入による異常が発生しており、

( 4 ) 周波数解析を施して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じる原波形の特性周波数と一致するピークがなく、エンベロープ処理を施した後に周波数解析をして得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じるエンベロープ処理後の特定周波数と一致するピークがなく、かつクルトシスが低ければ正常である、

として転がり軸受の異常の原因を特定する異常判別工程を有して転がり軸受の異常を診

10

20

30

40

50

断する異常診断工程と

を備えたことを特徴とする転がり軸受の異常診断方法。

**【請求項 7】**

前記変換工程は、前記データ収集工程が収集した音を時間の経過に対する強度の変化を示す音情報にデジタル変換し、

前記異常診断工程は、フィルタ処理工程を具備し、

前記フィルタ処理工程は、前記異常判別工程が転がり軸受の異常の原因を特定する前に、前記音情報を周波数解析して、前記音情報を周波数の変化に対する強度の変化を示す音情報に変換し、この周波数解析の結果に基づいて比較的強度の強い周波数帯域の音情報を通してフィルタ処理を施し、このフィルタ処理後の音情報を時間の経過に対する強度の変化を示す音情報に再現することを特徴とする請求項 5 または請求項 6 に記載の異常診断方法。

10

**【請求項 8】**

請求項 7 の記載において、

アナログ変換出力工程を具備し、

前記アナログ変換出力工程は、フィルタ処理後に前記フィルタ処理工程によって再現された音情報をアナログ変換して出力することを特徴とする転がり軸受の異常診断方法。

**【発明の詳細な説明】****【0001】****【発明の属する技術分野】**

20

本発明は、転がり軸受が回転する際の音を計測することによって、この転がり軸受の異常を診断する転がり軸受の異常診断装置と、転がり軸受の異常診断方法とに関する

**【0002】****【従来の技術】**

外輪と、内輪または軸体と、これら外輪と内輪または軸体とに転接自在に設けられた転動体と、を備えた転がり軸受の異常を診断する装置として、特開平 5 - 209782 号に示された軸受の異常予知装置などが知られている。

**【0003】**

異常予知装置は、複数個の軸受の各々に対し所定の距離だけ離れた位置に設けられかつ超音波領域の音を計測するマイクロフォンと、このマイクロフォンで計測される各軸受からの音を収録・解析して各軸受の異常予知信号を出力する監視ステーションと、を備えている。監視ステーションは、騒音計と包絡線処理装置と周波数解析器と管理用パソコンとモニタとプリンタとを備えている。

30

**【0004】**

特開平 5 - 209782 号に示された軸受の異常診断装置は、監視ステーションにおいて、マイクロフォンから入力される各軸受に対応する測定音を包絡線処理装置で包絡線処理を施した後、周波数解析器で周波数の成分強度を分析する、そして、管理用パソコンにおいて当該軸受の正常時の登録された監視周波数の成分強度に対する計測された監視周波数の成分強度の倍率を計算し、この倍率から当該軸受の異常を判定するようになっている。

**【0005】**

40

**【発明が解決しようとする課題】**

前述した特開平 5 - 209782 号に示された軸受の異常診断装置は、マイクロフォンで計測した音を包絡線処理及び周波数解析したのち、正常状態における監視周波数の成分強度と計測した音の監視周波数の成分強度との倍率によって、軸受の異常の有無を判定している。このため、外輪と内輪または軸体と転動体などの形状が不完全な場合に生じるびり音と、外輪と内輪または軸体と転動体などに傷がある場合に生じる傷音などの音の種類の判別を行ってなく、軸受の異常の原因を特定することは困難であった。

**【0006】**

また、前述した従来の軸受の異常診断装置は、監視ステーションが包絡線処理装置や周波数解析器などを備えているため、大型化する傾向となって設置に要するスペースが拡大す

50

る傾向にあった。

【 0 0 0 7 】

したがって、本発明の目的は、転がり軸受の異常の原因を特定できるとともに、設置に要するスペースを抑制することができる転がり軸受の異常診断装置と、転がり軸受の異常診断方法とを提供することにある。

【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段】

前記課題を解決し目的を達成するために、本発明の転がり軸受の異常診断装置は、外輪と、内輪または軸体と、これら外輪と内輪または軸体とに転接自在に設けられた転動体と、を備えた転がり軸受を、前記外輪と、内輪または軸体と、のうち少くとも一方を回転させながら、転がり軸受の異常を診断する診断装置であって、前記転がり軸受が発生する音を収集するデータ収集部と、前記データ収集部が収集した音をデジタル変換する変換部と、この変換部によってデジタル変換された音情報を記録する記録部と、前記デジタル変換された音情報に、周波数解析とエンベロープ処理と波高率計算とを施し、これらの処理の結果に基いて、( 1 ) 周波数解析を施して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じる原波形の特性周波数と一致するピークがあり、かつ波高率が小さければびびりが発生しており、( 2 ) エンベロープ処理を施した後に周波数解析して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じるエンベロープ処理後の特定周波数と一致するピークがあり、かつ波高率が高ければきずが発生しており、( 3 ) 周波数解析を施して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じる原波形の特性周波数と一致するピークがなく、エンベロープ処理を施した後に周波数解析して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じるエンベロープ処理後の特定周波数と一致するピークがなく、かつ波高率が高ければごみ侵入による異常が発生しており、( 4 ) 周波数解析を施して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じる原波形の特性周波数と一致するピークがなく、エンベロープ処理を施した後に周波数解析をして得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じるエンベロープ処理後の特定周波数と一致するピークがなく、かつ波高率が低ければ正常である、として転がり軸受の異常の原因を特定する異常判別部を有して転がり軸受の異常を診断する異常診断部と、を備えた電子機器と、を備えたことを特徴している。

【 0 0 0 9 】

本発明の軸受の異常診断装置は、データ収集部が収集し変換部によってデジタル変換された音情報に、異常診断部が周波数解析とエンベロープ処理と波高率計算を施して、これらの処理の結果に基いて転がり軸受の異常を判断する。このため、異常の有無だけでなく異常の原因も特定することが可能となる。

【 0 0 1 0 】

一般に、転がり軸受に異常が生じた場合、この異常の原因別による異常音の特性周波数は、内輪回転の場合、以下の表 1 に示される周波数であることが知られている。

【 0 0 1 1 】

【表 1】

10

20

30

表 1 異常音の特性周波数

異常の原因	原波形の特性周波数	エンベロープ処理後の 特定周波数	波高率	特定周波数の ピークがある異 常あり ↑
びびり	内輪または軸体	$nZfi, nZfi \pm fr$	小	↑
	外 輪	$nZfc$		
	転動体	$2nfb, 2nfb \pm fc$		
きず	内輪または軸体	—	大	↑
	外 輪	—		
	転動体	—		
保持器	—	nfc	—	↓
シール	—	fr	—	ない
ごみ	—	—	大	
軸受正常音	—	—	小	

—記号は、特性周波数のピークなし

表 1 において、特性周波数とは各種の異常が生じた際に生じる異常音の周波数である。原波形とは、収集した音情報であり、時間の経過に対する音の強度の変化を示すものである。エンベロープ処理とは、図 4 中の点線 M で示すように原波形 O の負の部分を反転し、さらに高周波成分を除いて一点鎖線 N のような波形を得ることである。波高率とは、単位時間当たり波形情報から、最大振幅の値を振幅の二乗平均平方根 (rms : root-mean-square) の値で除算して得られる値である。

【 0 0 1 2 】

また、表 1 において、符号 fr : 内輪の回転速度または回転周波数 (Hz)、Z : 転動体の数、fc : 保持器の回転速度または回転周波数 (Hz)、fi :  $fr - fc$  (Hz)、fb : 転動体の自転速度または自転周波数 (Hz)、n : 整数である。さらに、異常の原因において、びびりとは外輪、内輪または軸体、転動体などの形状が不完全である場合を示し、傷とは外輪、内輪または軸体、転動体などにきずがある場合を示している。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 3 】

このように、転がり軸受の音情報に異常診断部が周波数解析とエンベロープ処理とを施し、前述した音情報に基いて波高率計算を行い、かつ転がり軸受の異常の原因別による異常音の特性周波数の違いを用いることによって、転がり軸受の異常の有無だけでなく異常の原因も特定することができる。

## 【 0 0 1 4 】

また、前記転がり軸受の異常診断装置は、電子機器が、音をデジタル変換する変換部と、この音情報に周波数解析とエンベロープ処理と波高率計算を施して異常を診断する異常診断部を備えているので、大型化が抑制されて設置に要するスペースを抑制することができる。

10

## 【 0 0 1 5 】

また、前記課題を解決し目的を達成するために、本発明の転がり軸受の異常診断装置は、外輪と、内輪または軸体と、これら外輪と内輪または軸体とに転接自在に設けられた転動体と、を備えた転がり軸受を、前記外輪と、内輪または軸体と、のうち少くとも一方を回転させながら、転がり軸受の異常を診断する診断装置であって、前記転がり軸受が発生する音を収集するデータ収集部と、前記データ収集部が収集した音をデジタル変換する変換部と、この変換部によってデジタル変換された音情報を記録する記録部と、前記デジタル変換された音情報に、周波数解析とエンベロープ処理とクルトシス計算とを施し、これらの処理の結果に基いて、( 1 ) 周波数解析を施して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じる原波形の特性周波数と一致するピークがあり、かつクルトシスが小さければびびりが発生しており、( 2 ) エンベロープ処理を施した後に周波数解析して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じるエンベロープ処理後の特定周波数と一致するピークがあり、かつクルトシスが高ければきずが発生しており、( 3 ) 周波数解析を施して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じる原波形の特性周波数と一致するピークがなく、エンベロープ処理を施した後に周波数解析して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じるエンベロープ処理後の特定周波数と一致するピークがなく、かつクルトシスが高ければごみ侵入による異常が発生しており、( 4 ) 周波数解析を施して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じる原波形の特性周波数と一致するピークがなく、エンベロープ処理を施した後に周波数解析をして得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じるエンベロープ処理後の特定周波数と一致するピークがなく、かつクルトシスが低ければ正常である、として転がり軸受の異常の原因を特定する異常判別部を有して転がり軸受の異常を診断する異常診断部と、を備えた電子機器とを備えたことを特徴としている。

20

30

## 【 0 0 1 6 】

クルトシス計算とは、以下の式 1 で示される値である。

## 【 0 0 1 7 】

## 【 数 1 】

$$\frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^4}{(\text{rms 値})^4} \dots\dots\dots (\text{式 1})$$

40

式 1 において、 $x_i$  とはデジタル変換後の音情報 W 6 ( 図 5 に示す ) において任意の時間における振幅を示している。

## 【 0 0 1 8 】

異常診断部の異常判別部が、周波数解析した結果と特性周波数とを照合した結果と、エンベロープ処理した後周波数解析した結果を前記特性周波数と照合した結果と、波高率計算またはクルトシス計算の結果とに基いて、転がり軸受の異常の原因を特定するので、表 1 に示す転がり軸受の異常の原因別による特性周波数の違いから、より確実に、転がり軸受の異常の有無と、傷、びびり、保持器、シール及びごみの侵入などの異常の原因を特定

50

することが可能となる。

【0019】

さらに、本発明の好ましい形態では、前記変換部は、前記データ収集部が収集した音を時間の経過に対する強度の変化を示す音情報にデジタル変換する。前記異常診断部は、フィルタ処理部を具備する。前記フィルタ処理部は、前記異常判別部が転がり軸受の異常の原因を特定する前に、前記音情報を周波数解析して、前記音情報を周波数の変化に対する強度の変化を示す音情報に変換し、この周波数解析の結果に基づいて比較的強度の強い周波数帯域の音情報を通過させるフィルタ処理を施し、このフィルタ処理後の音情報を時間の経過に対する強度の変化を示す音情報に再現する。

【0020】

この場合、音情報において、異常音と思われる比較的強度の強い周波数帯域の音情報のみを用いて、転がり軸受の異常の診断を行うので、異常音の信号対雑音比（S/N比）が向上する。したがって、より確実に異常の診断を行うことが可能となる。

【0021】

さらに、本発明の好ましい形態では、前記電子機器は、アナログ変換出力部を備える。前記アナログ変換出力部は、フィルタ処理後に前記フィルタ処理部によって再現された音情報をアナログ変換して出力する。

【0022】

この場合、異常音と思われる比較的強度の強い周波数帯域の音情報を音として再現できるので、フィルタ処理前の音との聴覚による比較が可能となって、フィルタ処理が適切に行われたか否かを確認することができる。また、前記課題を解決し目的を達成するために、本発明の転がり軸受の異常診断方法は、外輪と、内輪または軸体と、これら外輪と内輪または軸体とに転接自在に設けられた転動体と、を備えた転がり軸受を、前記外輪と、内輪または軸体と、のうち少なくとも一方を回転させながら、転がり軸受の異常を診断する診断方法であって、前記転がり軸受が発生する音を収集するデータ収集工程と、前記データ収集工程が収集した音をデジタル変換する変換工程と、前記変換工程によってデジタル変換された音情報を記録する記録工程と、前記デジタル変換された音情報に、周波数解析とエンベロープ処理と波高率計算とを施し、これらの処理の結果に基づいて、（１）周波数解析を施して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じる原波形の特性周波数と一致するピークがあり、かつ波高率が小さければびびりが発生しており、（２）エンベロープ処理を施した後に周波数解析して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じるエンベロープ処理後の特定周波数と一致するピークがあり、かつ波高率が高ければ必ず発生しており、（３）周波数解析を施して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じる原波形の特性周波数と一致するピークがなく、エンベロープ処理を施した後に周波数解析して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じるエンベロープ処理後の特定周波数と一致するピークがなく、かつ波高率が高ければごみ侵入による異常が発生しており、（４）周波数解析を施して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じる原波形の特性周波数と一致するピークがなく、エンベロープ処理を施した後に周波数解析をして得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じるエンベロープ処理後の特定周波数と一致するピークがなく、かつ波高率が低ければ正常である、として転がり軸受の異常の原因を特定する異常判別工程を有して転がり軸受の異常を診断する異常診断工程とを備えたことを特徴としている。または、前記課題を解決し目的を達成するために、本発明の転がり軸受の異常診断方法は、外輪と、内輪または軸体と、これら外輪と内輪または軸体とに転接自在に設けられた転動体と、を備えた転がり軸受を、前記外輪と、内輪または軸体と、のうち少なくとも一方を回転させながら、転がり軸受の異常を診断する診断方法であって、前記転がり軸受が発生する音を収集するデータ収集工程と、前記データ収集工程が収集した音をデジタル変換する変換工程と、前記変換工程によってデジタル変換された音情報を記録する記録工程と、前記デジタル変換された音情報に、周波数解析とエンベロープ処理とクルトシス計算とを施し、これらの処理の結果に基づいて、（１）周波数解析を施して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じる

10

20

30

40

50



原波形の特性周波数と一致するピークがあり、かつクルトシスが小さければびびりが発生しており、(2)エンベロープ処理を施した後に周波数解析して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じるエンベロープ処理後の特定周波数と一致するピークがあり、かつクルトシスが高ければきずが発生しており、(3)周波数解析を施して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じる原波形の特性周波数と一致するピークがなく、エンベロープ処理を施した後に周波数解析して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じるエンベロープ処理後の特定周波数と一致するピークがなく、かつクルトシスが高ければごみ侵入による異常が発生しており、(4)周波数解析を施して得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じる原波形の特性周波数と一致するピークがなく、エンベロープ処理を施した後に周波数解析をして得られた音情報が、転がり軸受に異常が生じた際に生じるエンベロープ処理後の特定周波数と一致するピークがなく、かつクルトシスが低ければ正常である、として転がり軸受の異常の原因を特定する異常判別工程を有して転がり軸受の異常を診断する異常診断工程とを備えたことを特徴としている。本発明の好ましい形態では、前記変換工程は、前記データ収集工程が収集した音を時間の経過に対する強度の変化を示す音情報にデジタル変換し、前記異常診断工程は、フィルタ処理工程を具備し、前記フィルタ処理工程は、前記異常判別工程が転がり軸受の異常の原因を特定する前に、前記音情報を周波数解析して、前記音情報を周波数の変化に対する強度の変化を示す音情報に変換し、この周波数解析の結果に基づいて比較的強度の強い周波数帯域の音情報を通過させるフィルタ処理を施し、このフィルタ処理後の音情報を時間の経過に対する強度の変化を示す音情報に再現することを特徴としている。また、本発明の好ましい形態では、アナログ変換出力工程を具備し、前記アナログ変換出力工程は、フィルタ処理後に前記フィルタ処理部によって再現された音情報をアナログ変換して出力することを特徴としている。

10

20

【0023】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の一実施形態について、図1から図7を参照して説明する。

【0024】

図1などに示す異常診断装置1は、転がり軸受2の外輪3または内輪4などが図示しない駆動装置により回転する際の音を分析して、この転がり軸受2の異常を診断する装置である。転がり軸受2は、円環状の外輪3と、円環状の内輪4と、これら外輪3と内輪4とに転接自在に設けられた複数の転動体5と、転動体5を保持する保持器6と、を備えている。また、転がり軸受2は、シールを備えたものも知られている。

30

【0025】

なお、図示例においては、転がり軸受2として、転動体5として玉を備えた玉軸受を示しており、この玉軸受は、内輪4を備えている。また、本発明の異常診断装置1を用いて異常を診断する対象の転がり軸受2は、この内輪4の代わりに軸状の軸体を備えていても良く、転動体5としてころを備えていても良い。異常診断装置1を用いて、転がり軸受2の異常を診断する際には、外輪3と、内輪4とのうち少くとも一方を所定の回転速度で回転させながら、転がり軸受2が発生する音を分析する。

【0026】

異常診断装置1は、データ収集部としてのマイクロホン10と、増幅器11と、電子機器12と、スピーカ13と、モニタ14などを備えている。マイクロホン10は、増幅器11を介して電子機器12と接続している。マイクロホン10は、転がり軸受2が発生する音を収集して、増幅器11を介して電子機器12に向けて出力する。

40

【0027】

電子機器12は、ポータブルコンピュータなどのRAM、ROM及びCPUなどを備えた演算処理装置であって、変換部としてのトランスジューサ(transducer)21と、記録部としてのHDD(Hard Disk Drive)22と、演算処理部としての異常診断部23と、アナログ変換出力部24などを備えている。

【0028】

50

トランスジューサ 2 1 は、増幅器 1 1 を介してマイクロホン 1 0 に接続しているとともに、H D D 2 2 及び異常診断部 2 3 とそれぞれ接続している。トランスジューサ 2 1 は、増幅器 1 1 を介してマイクロホン 1 0 から入力された転がり軸受 2 が発生した音をデジタル変換して、このデジタル変換された音情報 W 1 ( 図 3 ( A ) に示す ) を、H D D 2 2 と異常診断部 2 3 とに向けて出力するようになっている。

【 0 0 2 9 】

H D D 2 2 は、トランスジューサ 2 1 から入力されたデジタル変換後の音情報 W 1 を記録するようになっている。なお、トランスジューサ 2 1 によってデジタル変換された音情報 W 1 は、図 3 ( A ) に示すように、時間の経過に対する音の強度の変化となっている。

【 0 0 3 0 】

異常診断部 2 3 は、フィルタ処理部 2 5 と、異常判別部 2 6 などを備えており、それぞれが所定のプログラムに沿って演算処理を行う。フィルタ処理部 2 5 は、トランスジューサ 2 1 から入力されたデジタル変換後の図 3 ( A ) に示す時間の経過に対する強度の変化を示す音情報 W 1 に、F F T ( fast Fourier transformation : 高速フーリエ変換 ) などの周波数解析を施して、図 3 ( B ) に示す周波数の変化に対する強度の変化を示す音情報 W 2 に変換する。

【 0 0 3 1 】

そして、フィルタ処理部 2 5 は、周波数解析された図 3 ( B ) に示す音情報 W 2 において、図中の領域 R 1 , R 2 , R 3 , R 4 など示す比較的強度の大きな周波数の近傍の音情報のみを通過させ、通過させた後の音情報を、再び時間の経過に対する強度の変化に再現して、異常判別部 2 6 とアナログ変換出力部 2 4 とに向けて出力する。

【 0 0 3 2 】

このように、フィルタ処理部 2 5 は、デジタル変換された後の音情報 W 1 を周波数解析し、この周波数解析の結果に基づいて比較的強度の強い周波数帯域 R 1 , R 2 , R 3 , R 4 の音情報のみを通過させるフィルタ処理を施す。フィルタ処理部 2 5 は、フィルタ処理後に再び時間の経過に対する強度の変化を示す音情報 W 3 ( 図 3 ( A ) に示す ) に再現して、異常判別部 2 6 とアナログ変換出力部 2 4 とのそれぞれに向けて出力する。

【 0 0 3 3 】

異常判別部 2 6 は、フィルタ処理部 2 5 によって前述したフィルタ処理を施された音情報 W 3 に、再び F F T などの周波数解析を施し、かつエンベロープ処理を施した後に F F T などの周波数解析を施すとともに、この音情報 W 3 に基づいて波高率計算またはクルトシス計算を行う。

【 0 0 3 4 】

異常判別部 2 6 は、音情報 W 3 に周波数解析を施して得られる図 3 ( B ) に示すような周波数の変化に対する音の強度の変化を示す音情報 W 4 において、図中に符号 P 1 , P 2 , P 3 , P 4 で示す比較的強度の強い音の周波数と、表 1 に示す異常の原因別による特性周波数と、を照合する。

【 0 0 3 5 】

エンベロープ処理とは、図 4 中の実線 O で示す原形波の負の部分を図中の点線 M で示すように反転し、さらに高周波成分を除いて一点鎖線 N のような波形を得ることである。

【 0 0 3 6 】

異常判別部 2 6 は、フィルタ処理部 2 5 によって前述したフィルタ処理を施された音情報 W 3 に、前述したエンベロープ処理を施し、更にこのエンベロープ処理を施した後に F F T などの周波数解析を施し周波数の変化に対する強度の変化を示す音情報 W 5 ( 図 3 ( B ) に示す ) を得る。

【 0 0 3 7 】

そして、異常判別部 2 6 は、図 3 ( B ) 中に符号 P a 1 , P a 2 , P a 3 , P a 4 など示す比較的強度の強い音の周波数と、表 1 に示す異常の原因別による特性周波数と、を照合する。

【 0 0 3 8 】

10

20

30

40

50

波高率とは、図 5 に示すような単位時間当たりの音情報の波形情報から、最大振幅の値  $A_{\max}$  を、振幅の二乗平均平方根 (  $rms$  : root-mean-square ) の値  $A_{rms}$  で、除算して得られる値である。

【 0 0 3 9 】

クルトシス計算とは、前述した式 1 で示されている計算である。式 1 において、 $x_i$  とは図 5 に示すような単位時間当たりの音情報の波形情報において、任意の時間における振幅を示している。異常判別部 2 6 は、フィルタ処理部 2 5 によって前述したフィルタ処理を施された音情報  $W_3$  に基いて、波高率計算またはクルトシス計算を行う。

【 0 0 4 0 】

このように、異常判別部 2 6 は、フィルタ処理部 2 5 によってフィルタ処理を施された音情報  $W_3$  を周波数解析して得られた比較的強く強度を有する音の周波数と表 1 に示す異常の原因別による特性周波数とを照合し、かつフィルタ処理を施された音情報  $W_3$  にエンベロープ処理を施した後に周波数解析して得られた比較的強く強度を有する音の周波数と表 1 に示す異常の原因別による特性周波数とを照合するとともに、フィルタ処理を施された音情報  $W_3$  に基いて波高率計算またはクルトシス計算を行って、表 1 に示された異常音の特性周波数に基いて、転がり軸受 2 の異常の有無の判定及び異常がある場合には異常の原因を特定する。

【 0 0 4 1 】

なお、異常判別部 2 6 が、周波数解析と、エンベロープ処理後に行う周波数解析と、波高率またはクルトシス計算を行って表 1 に示された異常音の特性周波数に基いて、転がり軸受 2 の異常の有無の判定及び異常がある場合には異常の原因を特定する作業は、モニタ 1 4 などを用いて作業員が目視によって確認しながら行っても良く、自動化してもよい。

【 0 0 4 2 】

また、本実施形態においては、マイクロホンなどを用いて収集した音を、トランスジューサ 2 1 によってデジタル変換した音情報を用いて波高率計算またはクルトシス計算を行っている。波高率計算またはクルトシス計算に用いる音情報は、連続したアナログ波形に比較して離散的なデジタル波形であるため、最大振幅の値が低くなる場合がある。このため、音情報の最大振幅の値を強調し、この最大振幅の値の低下の影響を抑える必要が生じる場合には、クルトシス計算を用いるのが望ましい。

【 0 0 4 3 】

ただし、マイクロホン 1 0 を用いて音を収集した音をデジタル変換する際のサンプリング周波数を適切に選ぶことによって、波高率を用いても良い。なお、図示例では、収集した音をデジタル変換する際のサンプリング周波数を 2 2 k H z とすることによって、波高率計算を用いても十分な最大振幅の値を確保している。

【 0 0 4 4 】

アナログ変換出力部 2 4 は、フィルタ処理部 2 5 によってフィルタ処理が施された音情報  $W_3$  が入力するようになっており、この音情報  $W_3$  にアナログ変換を施し、スピーカ 1 3 に向って出力するようになっている。

【 0 0 4 5 】

スピーカ 1 3 は、アナログ変換出力部 2 4 と接続しており、アナログ変換された音情報を、外部に向って音として再現するようになっている。これらのアナログ変換出力部 2 4 とスピーカ 1 3 とを用いることによって、フィルタ処理を通過した異常音と思われる音と、フィルタ処理前の音と、を聴覚によって比較することが可能となる。このため、フィルタ処理部 2 5 によるフィルタ処理が適切に行われたか否かを作業員が確認することができる。

【 0 0 4 6 】

モニタ 1 4 は、電子機器 1 2 と接続しており、異常診断部 2 3 の前述した周波数解析と、エンベロープ処理と、波高率またはクルトシス計算と、の経過を表示して作業員が確認できるようになっているとともに、異常診断部 2 3 の診断結果を表示するようになっている。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 7 】

前述した構成によれば、転がり軸受 2 の異常を診断する際には、外輪 3 と内輪 4 とのうち少くとも一方を所定の回転速度（回転数、周速度または回転周波数）で回転させながら、図 2 中のステップ S 1 において、マイクロホン 10 を用いて転がり軸受 2 が発生する音を収集して、ステップ S 2 に進む。

## 【 0 0 4 8 】

ステップ S 2 では、収集した音をトランスジューサ 2 1 によってデジタル変換し、このデジタル変換された音情報 W 1 を HDD 2 2 に記録するとともに、フィルタ処理部 2 5 に向かって出力して、ステップ S 3 に進む。なお、このデジタル変換は、サンプリング周波数 22 kHz で行われている。

10

## 【 0 0 4 9 】

ステップ S 3 では、フィルタ処理部 2 5 によって、デジタル変換された音情報 W 1 に FFT などの周波数解析が行われかつ前述したフィルタ処理を施して、ステップ S 4 と、ステップ S 5 と、ステップ S 6 に進む。

## 【 0 0 5 0 】

ステップ S 4 では、異常判別部 2 6 が、フィルタ処理が施された音情報 W 3 に FFT などの周波数解析を行って、表 1 に示された異常音の特性周波数のうち、「原波形の特性周波数」の欄に示す各特性周波数と照合する。ステップ S 5 では、異常判別部 2 6 が、フィルタ処理が施された音情報 W 3 にエンベロープ処理を施し、その後に FFT などの周波数解析を行って、表 1 に示された異常音の特性周波数のうち、「エンベロープ処理後の特定周波数」の欄の各特性周波数と照合する。ステップ S 6 では、異常判別部 2 6 が、フィルタ処理が施された音情報 W 3 に基いて波高率を計算する。図示例において、波高率の計算結果が 7 以上の場合「大」とし、7 を下回る場合「小」とした。

20

## 【 0 0 5 1 】

ステップ S 7 では、ステップ S 4、ステップ S 5 及びステップ S 6 に結果に基づいて、異常判別部 2 6 が、転がり軸受 2 の異常の有無の判定及び異常がある場合には、その原因を特定し、ステップ S 8 に進む。ステップ S 8 では、モニタ 1 4 が、異常判別部 2 6 が判定及び特定した結果を表示する。

## 【 0 0 5 2 】

このように、本実施形態の異常診断装置 1 は、転がり軸受 2 の異常の原因別による異常音の周波数の違いや波高率の大小を用いて、転がり軸受 2 が発した音情報に周波数解析とエンベロープ処理などを施しかつ音情報の波高率を計算することによって、転がり軸受 2 の異常の有無だけでなく異常の原因も特定する。

30

## 【 0 0 5 3 】

例えば、ステップ S 4 における周波数解析において、図 6 ( B ) に示す音情報 W 7 のように、音の強度において  $nZfc$  に一致するピークがありかつ波高率が小さければ、外輪 3 が図 6 ( A ) 中の一点鎖線 C でしめす理想的な形状に対して実線 B で示すような周方向に沿って連続する不完全な形状に形成されている所謂外輪 3 のびびりがあることが分かる。

## 【 0 0 5 4 】

同様に、ステップ S 5 におけるエンベロープ処理を施した後に周波数解析が施された図 7 に示す音情報 W 8 のように、音の強度において  $Zfi$  に一致するピークがありかつ波高率が大きければ、内輪 4 に傷があることが分かる。また、 $nZfc$  に一致するピークと  $Zfi$  に一致するピークとが両方存在する場合には、外輪 3 のびびりと内輪 4 の傷とが両方存在することが分る。

40

## 【 0 0 5 5 】

また、ステップ S 4 における周波数解析とステップ S 5 におけるエンベロープ処理を施した後の周波数解析において、音の強度のピークがない場合においては、波高率が大であれば、転がり軸受 2 内にごみが侵入して異常が生じていることが分かり、波高率が小であれば、転がり軸受 2 が正常であることが分かる。なお、音の強度のピークの有無は、周波数の一致度及びピークの強度に基づいて行うのが望ましい。

50

## 【 0 0 5 6 】

さらに、異常診断装置 1 は、電子機器 1 2 が、音をデジタル変換するトランスジューサ 2 1 と、このトランスジューサ 2 1 によってデジタル変換された音情報 W 3 に周波数解析とエンベロープ処理と波高率計算を施して異常を診断する異常診断部 2 3 を備えているので、装置 1 の大型化が抑制されて装置 1 の設置に要するスペースを抑制することができる。

## 【 0 0 5 7 】

また、図 3 に記載した原波形の音情報 W 1 及び音情報 W 2 と、フィルタ処理後の音情報 W 3、音情報 W 4 及び音情報 W 5 とは、厳密には波形が異なるが、本発明の主旨においては、実質的に差異が生じないため、同一図を参照して説明している。

## 【 0 0 5 8 】

なお、表 1 に示した各特性周波数は、内輪 4 が回転する場合を示しているが、外輪 3 が回転する場合には、この外輪 3 が回転する際に応じた特性周波数を用いるのが望ましい。また、外輪 3 が回転する場合には、特性周波数の違いを除いては、前述した内輪 4 が回転する場合と同一の手順及び異常診断装置 1 を用いて、転がり軸受 2 の異常を診断することができる。

## 【 0 0 5 9 】

なお、前述した実施形態においては、転がり軸受 2 が発生する音を収集するデータ収集部として、マイクロホン 1 0 を用いているが、振動センサなどを用いてもよい。また、本実施形態では、増幅器 1 1 は、マイクロホン 1 0 から直接信号を取込んでいるが、転がり軸受 2 が発する音を一旦テープレコーダの収録装置などに記録し、この収録装置に記録された音を取込むようにしてもよい。

## 【 0 0 6 0 】

## 【 発明の効果 】

本発明によれば、データ収集部が収集し変換部によってデジタル変換された音情報に、異常診断部が周波数解析とエンベロープ処理とを施すとともに音情報に基いて波高率計算を行って、これらの結果に基いて転がり軸受の異常を判断するので、異常の有無だけでなく異常の原因も特定することが可能となる。

## 【 0 0 6 1 】

また、電子機器が、音をデジタル変換する変換部と、この音情報に周波数解析とエンベロープ処理とを施すとともに音情報に基いて波高率計算を行って異常を診断する異常診断部を備えているので、装置の大型化が抑制されて装置の設置に要するスペースを抑制することができる。

## 【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明の一実施形態の転がり軸受の異常診断装置の構成を示すブロック図。

【 図 2 】 同実施形態の異常診断装置の処理の流れを示すフローチャート。

【 図 3 】 同実施形態の異常診断部が扱う音情報の一例を示す図。

【 図 4 】 同実施形態の異常判別部が行うエンベロープ処理を示す図。

【 図 5 】 同実施形態の異常判別部が行う波高率計算を示す図。

【 図 6 】 外輪にびびりがある場合を示す図。

【 図 7 】 内輪に傷がある場合を示す図。

## 【 符号の説明 】

- 1 ... 転がり軸受の異常診断装置
- 2 ... 転がり軸受
- 3 ... 外輪
- 4 ... 内輪
- 5 ... 転動体
- 1 0 ... マイクロホン（データ収集部）
- 1 2 ... 電子機器
- 2 1 ... トランスジューサ（変換部）
- 2 2 ... H D D（記録部）

10

20

30

40

50

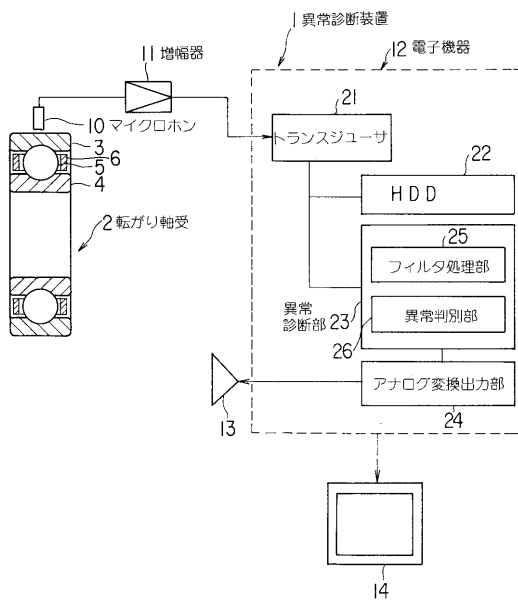
2 3 ... 異常診断部

## 2 4 ... アナログ変換出力部

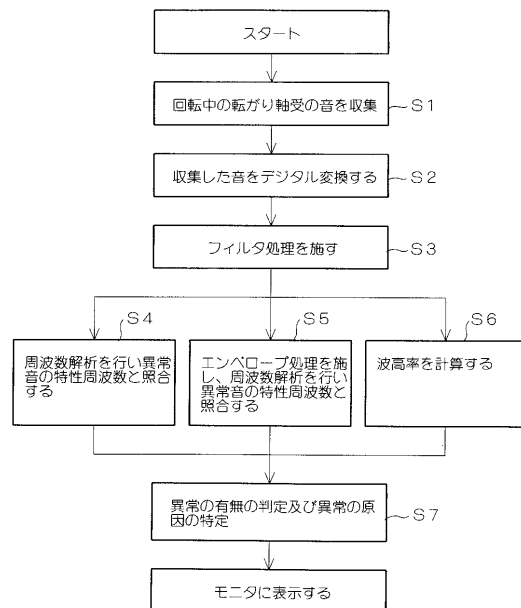
2 5 ... フィルタ処理部

2 6 ... 異常判別部。

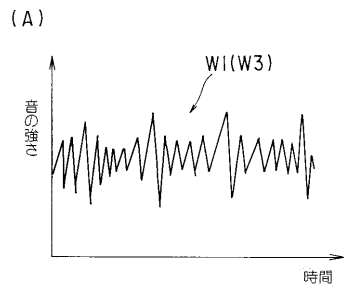
【 図 1 】



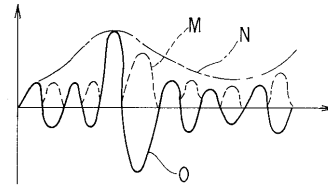
【圖 2】



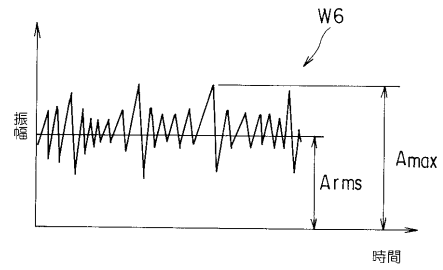
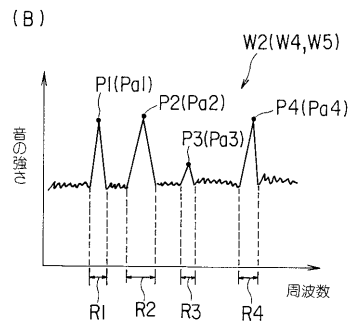
【図 3】



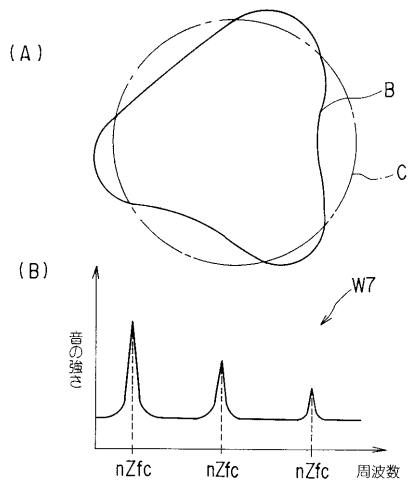
【図 4】



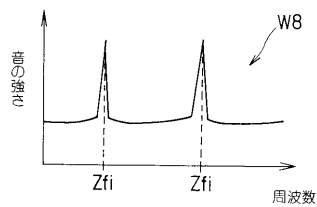
【図 5】



【図 6】



【図 7】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 飯田 彰  
神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内
- (72)発明者 野田 万朶  
神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内

審査官 郡山 順

- (56)参考文献 特開平05-209782(JP,A)  
特開平09-329488(JP,A)  
特開昭62-032327(JP,A)  
特公平05-043980(JP,B2)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- G01M 13/04  
G01H 17/00