

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-77938

(P2006-77938A)

(43) 公開日 平成18年3月23日(2006.3.23)

(51) Int. Cl.	F 1	テーマコード (参考)
<b>F 1 6 C 19/52 (2006.01)</b>	F 1 6 C 19/52	3 J 1 0 1
<b>F 1 6 C 19/38 (2006.01)</b>	F 1 6 C 19/38	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2004-265009 (P2004-265009)	(71) 出願人	000004204 日本精工株式会社 東京都品川区大崎 1 丁目 6 番 3 号
(22) 出願日	平成16年9月13日 (2004. 9. 13)	(74) 代理人	100105647 弁理士 小栗 昌平
		(74) 代理人	100105474 弁理士 本多 弘徳
		(74) 代理人	100108589 弁理士 市川 利光
		(74) 代理人	100115107 弁理士 高松 猛
		(74) 代理人	100090343 弁理士 濱田 百合子

最終頁に続く

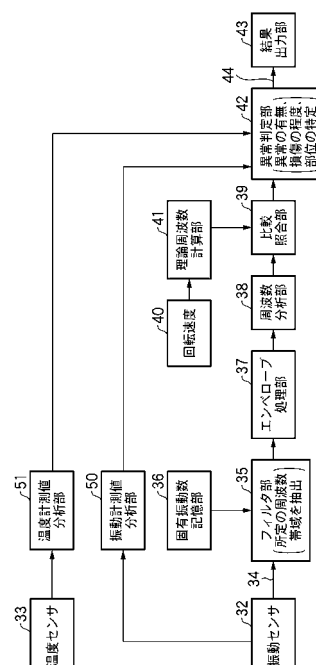
(54) 【発明の名称】 異常診断装置

(57) 【要約】

【課題】 回転部品が組み込まれている機械装置を分解することなく実稼動状態で回転部品の異常の有無と損傷の程度を同時に診断することができると共に、突発的な外乱ノイズ等の影響による誤診断を防止して信頼性の高い異常診断を行うことができる異常診断装置を提供する。

【解決手段】 軸受箱 1 2 に対して相対的に回転する鉄道車両用転がり軸受装置 1 0 に組み込まれた複列円すいころ軸受 1 1 の異常を診断する異常診断装置であって、複列円すいころ軸受 1 1 又は軸受箱 1 2 に固定される振動センサ 3 2 と温度センサ 3 3 とを備え、振動センサ 3 2 による計測結果と温度センサ 3 3 による計測結果との組み合わせに基づいて、複列円すいころ軸受 1 1 の異常の有無、或いは該異常の有無及び損傷の程度を判定する異常判定部 4 2 を備える。

【選択図】 図 2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

静止部材に対して相対的に回転する回転部品の異常を診断する異常診断装置であって、前記回転部品又は前記静止部材に固定される振動センサ、音響センサ、超音波センサ及び A E センサの少なくとも一つの振動系センサと温度センサとを備え、

前記振動系センサによる計測結果と前記温度センサによる計測結果との組み合わせに基づいて、前記回転部品の異常の有無、或いは該異常の有無及び損傷の程度を判定する異常判定部を備えていることを特徴とする異常診断装置。

## 【請求項 2】

前記振動系センサ及び前記温度センサによる計測値又は該計測値の時間に対する変化率を少なくとも一回求め、前記異常判定部が、前記計測値又は前記変化率と予め設定しておいた各規定値とを比較することにより、前記回転部品の異常の有無、或いは該異常の有無及び損傷の程度を判定することを特徴とする請求項 1 に記載の異常診断装置。 10

## 【請求項 3】

前記振動系センサにより検出された信号波形から不要な周波数帯域を除去するフィルタ処理部と、

前記フィルタ処理部から転送されたフィルタ処理後の波形の絶対値を検波するエンベロープ処理部と、

前記エンベロープ処理部から転送された波形の周波数を分析する周波数分析部と、

回転速度信号に基づき算出した前記回転部品の損傷に起因した周波数成分と前記周波数分析部により得られた実測データに基づく周波数成分とを比較する比較照合部とを備え、 20

前記異常判定部は、前記比較照合部での比較結果に基づき、異常の有無の判定や損傷部位の特定を行うことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の異常診断装置。

## 【請求項 4】

前記異常判定部の判定結果を伝送するデータ伝送手段を有していることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の異常診断装置。

## 【請求項 5】

前記回転部品が鉄道車両用であることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の異常診断装置。

## 【請求項 6】

前記回転部品が減速機用であることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の異常診断装置。 30

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、例えば鉄道車両の車軸やギアボックス或いは発電用風車の減速機等に用いられる回転部品の異常を診断する異常診断装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来、鉄道車両や発電用風車等の機械装置は、一定期間使用した後に、軸受やその他の回転部品について、損傷や摩耗等の異常の有無が定期的に検査される。この定期的な検査は、回転部品が組み込まれた機械装置を分解することにより行われ、回転部品に発生した損傷や摩耗は、担当者が目視による検査により発見するようにしている。そして、検査で発見される主な欠陥としては、軸受の場合、異物の噛み込み等によって生ずる圧痕、転がり疲れによる剥離、その他の摩耗等、歯車の場合には、歯部の欠損や摩耗等、車輪の場合には、フラット等の摩耗があり、いずれの場合も新品にはない凹凸や摩耗等が発見されれば、新品に交換される。 40

## 【0003】

また、回転部品が組み込まれた機械装置を分解することなく、実稼動状態で回転部品の異常診断を行う例として、機械装置の状態を振動センサ又は温度センサ等で常時計測して 50

、各計測値が予め設定しておいた規定値以上に上昇したか否かで異常の有無を判定し、異常判定の場合に、異常警報を出力したり、機械装置の稼働を停止させたりする方法が提案されている(例えば特許文献1参照。 )。

【特許文献1】特開平11-125244号公報

【発明の開示】

【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においては、温度センサ及び振動センサのうちの何れか一方のセンサしか設置されていないため、異常が検知された場合には既に回転部品の損傷の程度が酷くなっていて継続して使用することが不可能なことが多く、機械装置を緊急に停止させなければならないという問題がある。

10

【0005】

具体的には、温度センサ及び振動センサのうちの何れか一方のセンサによる信号に基づき回転部品の異常の有無を判定していたため、例えば、軸受の焼付き異常の場合、温度上昇を起こして過熱する前に異常を捉えることが困難であり、また、突発的な外乱ノイズ等の影響で誤動作が生じて異常警報を発したりする等、安定稼働が妨げられるという問題がある。

【0006】

本発明は、上述した事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、回転部品が組み込まれている機械装置を分解することなく実稼働状態で回転部品の異常の有無と損傷の程度を同時に診断することができると共に、突発的な外乱ノイズ等の影響による誤診断を防止して信頼性の高い異常診断を行うことができる異常診断装置を提供することにある。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の目的は、下記の構成により達成される。

(1) 静止部材に対して相対的に回転する回転部品の異常を診断する異常診断装置であって、

前記回転部品又は前記静止部材に固定される振動センサ、音響センサ、超音波センサ及びAEセンサの少なくとも一つの振動系センサと温度センサとを備え、

前記振動系センサによる計測結果と前記温度センサによる計測結果との組み合わせに基づいて、前記回転部品の異常の有無、或いは該異常の有無及び損傷の程度を判定する異常判定部を備えていることを特徴とする異常診断装置。

30

(2) 前記振動系センサ及び前記温度センサによる計測値又は該計測値の時間に対する変化率を少なくとも一回求め、前記異常判定部が、前記計測値又は前記変化率と予め設定しておいた各規定値とを比較することにより、前記回転部品の異常の有無、或いは該異常の有無及び損傷の程度を判定することを特徴とする(1)に記載の異常診断装置。

(3) 前記振動系センサにより検出された信号波形から不要な周波数帯域を除去するフィルタ処理部と、

前記フィルタ処理部から転送されたフィルタ処理後の波形の絶対値を検波するエンベロープ処理部と、

40

前記エンベロープ処理部から転送された波形の周波数を分析する周波数分析部と、

回転速度信号に基づき算出した前記回転部品の損傷に起因した周波数成分と前記周波数分析部により得られた実測データに基づく周波数成分とを比較する比較照合部とを備え、

前記異常判定部は、前記比較照合部での比較結果に基づき、異常の有無の判定や損傷部位の特定を行うことを特徴とする(1)又は(2)に記載の異常診断装置。

(4) 前記異常判定部の判定結果を伝送するデータ伝送手段を有していることを特徴とする(1)~(3)のいずれかに記載の異常診断装置。

(5) 前記回転部品が鉄道車両用であることを特徴とする(1)~(4)のいずれかに記載の異常診断装置。

(6) 前記回転部品が減速機用であることを特徴とする(1)~(4)のいずれかに

50

記載の異常診断装置。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、回転部品の回転状態に伴う振動及び温度の情報を同時に検出し、振動系センサによる計測結果と温度センサによる計測結果との組み合わせに基づいて、異常の有無と損傷の程度を同時に判定するので、振動と温度に関する回転部品の異常形態の特徴を利用した損傷の程度の判定が可能となる。また、突発的な外乱ノイズ等の影響による誤診断を防止して信頼性の高い異常診断を行うことができる。更に、回転部品が組み込まれている機械装置を分解することなく実稼動状態で回転部品の異常の有無と損傷の程度を同時に検査することができ、回転部品の最適な交換時期が分かり、効率的なメンテナンスを可能にすることができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

以下、本発明の一実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。ここで、図1は本発明の一実施形態である異常診断装置の診断対象である複列円すいころ軸受を備えた鉄道車両用転がり軸受装置の断面図、図2は異常診断装置の信号処理システムのブロック図、図3は軸受の焼付き異常発生時の振動値の経時変化を示すグラフ、図4は軸受の焼付き異常発生時の外輪外周面の温度の経時変化を示すグラフ、及び図5は転がり軸受の傷の部位と、傷に起因して発生する特徴周波数との関係を示す図である。

【0010】

図1に示されるように、異常診断装置が適用される鉄道車両用の転がり軸受装置10は、回転部品である複列円すいころ軸受11と、鉄道車両用台車の一部を構成する静止部材である軸受箱12とを備える。

20

【0011】

複列円すいころ軸受11は、回転軸である鉄道車両の車軸13を回転可能に支持しており、外周面に円すい外面状に傾斜した内輪軌道面15、15を有する一对の内輪14、14と、内周面に円すい内面状に傾斜した一对の外輪軌道面17、17を有する単一の外輪16と、内輪14、14の内輪軌道面15、15と外輪16の外輪軌道面17、17との間に複列で複数配置された転動体である円すいころ18と、円すいころ18を転動自在に保持する環状の打ち抜き保持器19、19と、外輪16の軸方向の両端部にそれぞれ装着された一对のシール部材20、20とを備える。

30

【0012】

軸受箱12は、鉄道車両用台車の側枠を構成するハウジング21を備えており、このハウジング21は外輪16の外周面を覆うように円筒状に形成されている。また、ハウジング21の軸方向の前端部側には前蓋22が配置され、ハウジング21の軸方向の後端部側には後蓋23が配置されている。

【0013】

一对の内輪14、14の間には、内輪間座24が配置されている。一对の内輪14、14及び内輪間座24には車軸13が圧入されており、外輪16はハウジング21に嵌合されている。複列円すいころ軸受11には、種々部材の重量等によるラジアル荷重と任意のアキシャル荷重とが負荷されており、外輪16の周方向の上側部が負荷圏になっている。ここで、負荷圏とは、転動体に対して荷重が負荷される領域をいう。

40

【0014】

車軸13の前端部側に配置された一方のシール部材20は、外輪16の外側端部と前蓋22との間に組み付けられ、後端部側に配置された他方のシール部材20は、外輪16の外側端部と後蓋23との間に組み付けられている。

【0015】

ハウジング21の外周部の複列円すいころ軸受11の軸方向の略中央部位置には径方向に貫通する貫通穴26が形成され、この貫通穴26には異常診断装置の一部を構成する異常検出用センサ31が筐体27に収容された状態で固定されている。

50

## 【0016】

異常検出用センサ31は、振動センサ、AE(acoustic emission)センサ、音響センサ、超音波センサの少なくとも1つの振動を検出可能な振動系センサと温度センサとを一体に筐体27内に収納固定した複合型センサである。なお、図1の異常検出用センサ31は、振動センサ32と温度センサ33を備える。

## 【0017】

振動センサ32は、圧電素子等の振動測定素子であり、複列円すいころ軸受11の内外輪軌道面15, 15, 17, 17の剥離や、歯車の欠損、車輪のフラット摩耗等を検出するのに用いられる。なお、振動センサ32は、加速度、速度或いは変位型等、振動を電気信号化できるものであればよく、ノイズが多いような機械装置に取付ける際には、絶縁型

10

## 【0018】

温度センサ33は、サーミスタ温度測定素子や白金測温抵抗体や熱電対等の非接触タイプの温度測定素子であり、筐体27内で外輪16の外周面近傍に配置されている。また、温度センサ33としては、雰囲気温度が規定値を越えると、バイメタルの接点が離れたり、接点が溶断したりすることで導通しなくなる温度ヒューズを用いることができる。その場合、機械装置の温度が規定値を超えたとき、温度ヒューズの導通が遮断されることによって温度異常が検出される。

## 【0019】

また、異常検出用センサ31は、複列円すいころ軸受11の非回転側軌道輪に嵌合している軸受箱12のラジアル荷重の負荷圏領域に取り付けている。このため、例えば、軸受軌道面に損傷が発生した場合、その損傷部を転動体が通過する際に生じる衝突力は無負荷圏よりも負荷圏の方が大きく、軸受負荷圏側の方が感度良く異常振動を検出することができる。

20

## 【0020】

ここで、本実施形態では、図2に示すように、振動センサ32による振動信号を増幅後に振動計測値分析部50を介して異常判定部42に出力すると同時に、温度センサ33による温度信号を増幅後に温度計測値分析部51を介して異常判定部42に出力し、異常判定部42が振動と温度の各計測値又は時間に対する各変化率の組合せに基づいて、複列円すいころ軸受11の異常の有無及び損傷の程度を判定する。ここで、各計測値は、任意の

30

## 【0021】

即ち、軸受軌道面に剥離損傷が発生した場合には、その損傷部を転動体が通過するごとに衝撃が生じるため振動値の変化が大きくなるが、その前兆または直後では温度はほとんど変化しない。一方、軸受到焼付き異常が生じると、その前兆として計測時間に対する振動と温度の変化が大きくなるという特徴がある。このように、本実施形態では、異常の種類によって振動と温度の変化の仕方が異なるという回転部品の異常形態の特徴を利用したものであり、振動と温度の各計測値又は時間に対する各変化率を組み合わせることにより、複列円すいころ軸受11の異常の有無及び損傷の程度を判定することができる。

## 【0022】

図3は、軸受到焼付き異常が生じるまでの振動の経時変化を示し、図4は、軸受到焼付き異常が生じるまでの温度の経時変化を示す。

40

## 【0023】

図3及び図4より、軸受到焼付きが発生する前兆として、A点から振動が急激に増加しているが、温度変化はほとんどない。その後、B点から振動がさらに増加し、この時点から温度が上昇している。振動はさらに増加後、C点で焼付きが生じ、焼付き後の温度はさらに上昇して過熱していることがわかる。

## 【0024】

従って、図3及び図4に示した計測結果に基づき、A, B, C点における振動と温度の計測値又は時間に対する変化率を求め、これらの値を予め設定しておいた規定値と比較す

50

ることにより複列円すいころ軸受 1 1 の異常の有無及び損傷の程度を判定する。

【0025】

更に、本実施形態では、振動センサ 3 2 による振動の情報について、振動波形にフィルタ処理後、エンベロープ処理を施して周波数分析を行い、軸受の傷等の損傷の有無の判定及び損傷部位の特定を行えるようにして異常診断の信頼性を確実なものとしている。

【0026】

即ち、図 2 に示すように、振動センサ 3 2 が発生した振動信号は、信号伝送手段 3 4 を介して増幅及び A / D 変換後にフィルタ部 3 5 に転送される。フィルタ部 3 5 は、固有振動数記憶部 3 6 に記憶された、複列円すいころ軸受 1 1 の固有振動数に基づいて、振動信号からその固有振動数に対応する所定の周波数帯域のみを抽出する。なお、振動信号の増幅及び A / D 変換は、伝送前に行なわれてもよく、増幅、A / D 変換の順序は逆であってもよい。

10

【0027】

この固有振動数は、複列円すいころ軸受 1 1 を被測定物として、打撃法により加振し、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、被測定物が複列円すいころ軸受の場合には、内輪、外輪、転動体、保持器等のいずれかに起因する固有振動数が与えられる。一般的に、機械部品の固有振動数は複数存在し、また固有振動数での振幅レベルは高くなるため測定之感度がよい。

【0028】

その後、エンベロープ処理部 3 7 では、フィルタ部 3 5 にて抽出された所定の周波数帯域に対して、波形の絶対値を検波する絶対値検波処理が行われる。さらに、周波数分析部 3 8 で波形の周波数の分析処理が行われ、実測値データが比較照合部 3 9 へ転送される。

20

【0029】

一方、理論周波数計算部 4 1 において、回転速度情報 4 0 に基づき算出された、軸受の剥離、歯車の欠損、車輪のフラット等、回転部品の損傷に起因した周波数成分の計算値データが比較照合部 3 9 に転送される。なお、回転部品が転がり軸受の場合には、計算値データは、図 5 に示されるような、内輪、外輪、転動体、保持器の損傷に起因した周波数成分データとなる。

【0030】

そして、比較照合部 3 9 で実測値データと計算値データとが比較照合され、異常判定部 4 2 にて異常の有無、異常部位の特定、損傷の程度の判定が行われる。結果出力部 4 3 は、複列円すいころ軸受 1 1 の異常の有無、損傷の程度、異常部位の特定等の判定結果を出力し、異常が検出された場合にはアラーム等の警報を発したり、判定結果を記憶部に取り込む。ここで、異常判定部 4 2 から結果出力部 4 3 への情報転送は、有線や無線等のデータ伝送手段 4 4 によって行われる。

30

【0031】

なお、増幅後の振動信号処理は、各種データ処理と演算を行うもので、例えば、コンピュータ或いは専用マイクロチップ等を用いることが可能である。また、検出した信号をメモリ等の記憶手段に格納後に、演算処理を行うようにしても良い。

40

【0032】

このように本実施形態では、回転部品である複列円すいころ軸受 1 1 の回転状態に伴う振動及び温度の情報を同時に検出し、振動系センサによる計測結果と温度センサによる計測結果との組み合わせに基づいて、異常の有無と損傷の程度を同時に判定するので、振動と温度に関する複列円すいころ軸受 1 1 の異常形態の特徴を利用した損傷の程度の判定が可能となる。また、突発的な外乱ノイズ等の影響による誤診断を防止して信頼性の高い異常診断を行うことができる。更に、複列円すいころ軸受 1 1 が組み込まれている鉄道車両用転がり軸受装置 1 0 を分解することなく実稼動状態で複列円すいころ軸受 1 1 の異常の有無と損傷の程度を同時に検査することができ、この結果、複列円すいころ軸受 1 1 の最適な交換時期が分かり、効率的なメンテナンスを可能にすることができる。特に、本発明

50

では、振動と温度の計測値または変化率を組み合わせて異常の有無を複数回診断して判定している。

【0033】

更に、振動の情報については、振動波形にフィルタ処理後、エンベロープ処理を施して周波数分析を行うことで、傷等の損傷の有無の判定及び損傷部位の特定を行うことができ、異常診断の信頼性をより確実なものとする事ができる。

【0034】

なお、本発明は上記実施形態に限定されるものでなく、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、本実施形態では、回転部品として鉄道車両用転がり軸受装置に組み込まれる複列円すいころ軸受を例示したが、これに代えて、発電用風車の減速機に組み込まれる転がり軸受や歯車等を診断対象にして本発明を適用してもよい。

【実施例】

【0035】

以下、本発明の異常診断装置を用いて、転がり軸受の異常診断を二度行った。実施例1及び2の転がり軸受としては、外径62mm，内径30mm，幅16mm，玉数7の玉軸受が使用され、振動センサが軸受箱に固定され、温度センサが軸受の外輪外周面に取付けられた。内輪は3000min<sup>-1</sup>で回転され、軸受にはラジアル荷重が負荷されている。

【0036】

表1及び表2は、実施例1における図3及び図4に対応する各計測点A，B，Cでの振動と温度の計測値及び時間に対する変化率（前回の計測値に対する倍率）を示し、表3及び表4は、実施例2における各計測点A，B，Cでの振動と温度の計測値及び時間に対する変化率を示す。また、表1～表4は、振動と温度の計測値及び変化率に対する規定値（設定値）と併せて、振動波形をエンベロープ分析した結果から軸受の損傷（剥離）に起因する周波数成分の有無を示す。

【0037】

【表1】

	A点	B点	C点	規定値	損傷成分
振動 (G)	0.24	0.67	1.5	0.48	無
温度 (°C)	143	141	205	172	

【0038】

【表2】

	A—B間	B—C間	規定値	損傷成分
振動	2.8	2.3	2	無
温度	0.99	1.4	1.2	

【0039】

【表3】

	A点	B点	C点	規定値	損傷成分
振動 (G)	0.32	0.74	1.68	0.64	有
温度 (°C)	115	118	112	150	

10

20

30

40

50

【 0 0 4 0 】

【 表 4 】

	A—B間	B—C間	規定値	損傷成分
振動	2. 3	2. 3	2	有
温度	1. 0	0. 9	1. 3	

【 0 0 4 1 】

実施例 1 では、表 1 に示すように、B 点、C 点ともに振動の計測値が規定値を超え、且つ C 点では温度の計測値も規定値を超えている。さらに、振動には軸受の損傷成分が無いことから、この軸受は焼付き異常が生じていることがわかり、緊急に交換する必要があることがわかる。なお、実施例 1 は、表 2 の変化率からも同様の判定を行うことができる。

10

【 0 0 4 2 】

また、実施例 2 では、表 3 に示すように、B 点、C 点ともに振動の計測値が基準値を超えているが、温度に変化は認められなかった。また、振動には軸受の損傷成分が存在していることから、この軸受は剥離異常が発生していることがわかる。なお、実施例 2 は、表 4 の変化率からも同様の判定を行うことができる。

【 0 0 4 3 】

従って、本実施例では、振動と温度の計測値または変化率を組み合わせることで異常の有無を複数回診断して判定するため、従来のような突発的なノイズにより急激に計測値が上昇しても異常と判定せず、従来よりも信頼度の高い異常診断が可能となる。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 4 】

【 図 1 】 本発明の一実施形態である異常診断装置の診断対象である複列円すいころ軸受を備えた鉄道車両用転がり軸受装置の断面図である。

【 図 2 】 本発明の一実施形態である異常診断装置の信号処理システムのブロック図である。

【 図 3 】 軸受の焼付き異常発生時の振動値の経時変化を示すグラフである。

【 図 4 】 軸受の焼付き異常発生時の外輪外周面の温度の経時変化を示すグラフである。

【 図 5 】 転がり軸受の傷の部位と傷に起因して発生する特徴周波数の関係を示す図である

30

【 符号の説明 】

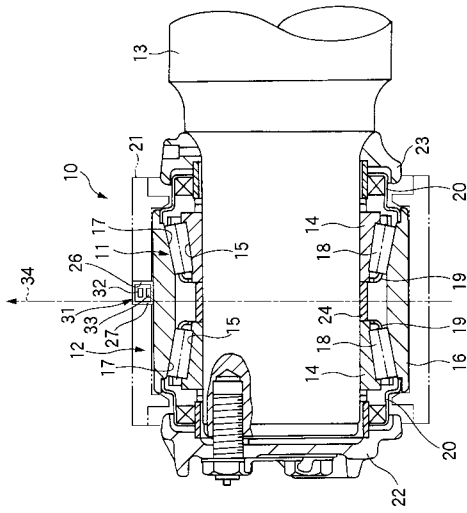
【 0 0 4 5 】

- 1 1 鉄道車両用複列円すいころ軸受（回転部品）
- 1 2 軸受箱（静止部材）
- 3 2 振動センサ（振動系センサ）
- 3 3 温度センサ
- 3 5 フィルタ処理部
- 3 7 エンベロープ処理部
- 3 8 周波数分析部
- 3 9 比較照合部
- 4 2 異常判定部
- 4 3 結果出力部

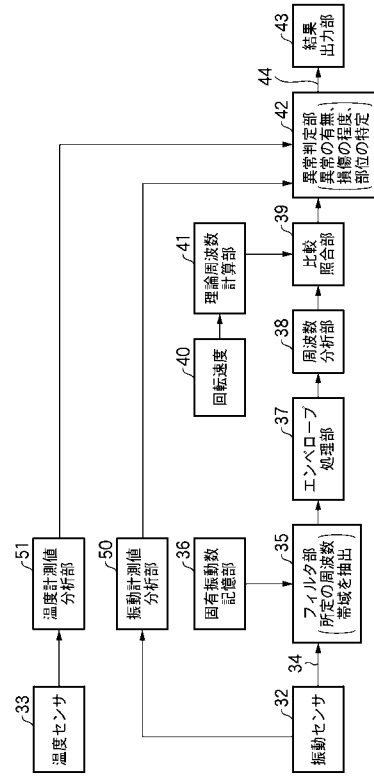
40



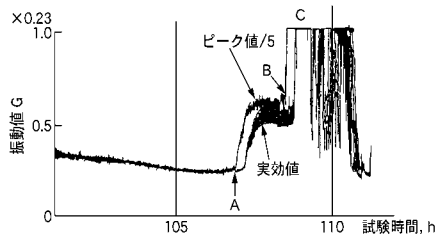
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】

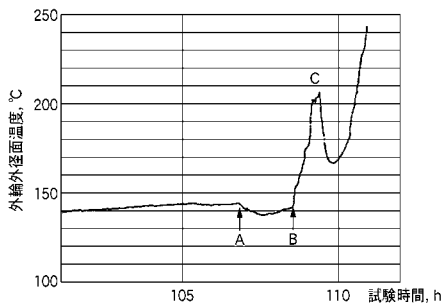


【 図 5 】

転がり軸受の傷の部位	部位に対応する周波数
内輪 (Si)	$Z_{fi} = \frac{fr}{2} \left( 1 + \frac{Da}{dm} \cos \alpha \right) Z$ [Hz]
外輪 (So)	$Z_{fc} = \frac{fr}{2} \left( 1 - \frac{Da}{dm} \cos \alpha \right) Z$ [Hz]
転動体 (Sb)	$2fb = fr \left( 1 - \frac{Da^2}{dm^2} \cos^2 \alpha \right) \times \frac{dm}{Da}$ [Hz]
保持器 (Sc)	$fc = \frac{fr}{2} \left( 1 - \frac{Da}{dm} \cos \alpha \right)$ [Hz]

fr: 内輪回転速度 [Hz]      Z: 転動体の数  
 fc: 保持器回転速度 [Hz]      fi: fr - fc  
 fb: 転動体自転速度 [Hz]      Da: 転動体直径 [mm]  
 dm: ピッチ円直径 [mm]      α: 接触角 [度]

【 図 4 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 武藤 泰之

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

Fターム(参考) 3J101 AA16 AA25 AA32 AA43 AA54 AA62 BA77 FA22 FA24 GA02  
GA11