

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6029888号
(P6029888)

(45) 発行日 平成28年11月24日(2016.11.24)

(24) 登録日 平成28年10月28日(2016.10.28)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 M 99/00 (2011.01) GO 1 M 99/00 A
GO 1 M 13/04 (2006.01) GO 1 M 13/04

請求項の数 6 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2012-178530 (P2012-178530)	(73) 特許権者	000003078 株式会社東芝 東京都港区芝浦一丁目1番1号
(22) 出願日	平成24年8月10日(2012.8.10)	(74) 代理人	110001380 特許業務法人東京国際特許事務所
(65) 公開番号	特開2014-35337 (P2014-35337A)	(72) 発明者	尾崎 健司 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
(43) 公開日	平成26年2月24日(2014.2.24)	(72) 発明者	中山 幸一 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
審査請求日	平成27年1月27日(2015.1.27)	審査官	後藤 大思

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 モータ診断装置、方法及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

軸受を介してハウジングに回転自在に軸承される回転軸と、前記ハウジングに固定される固定子と、前記固定子との電磁相互作用により前記回転軸に回転トルクを付与する回転子と、から構成されるモータのモータ診断装置において、

前記モータの回転軸の半径方向の変位量を計測する変位センサ及び前記モータの漏れ磁束を計測する磁束センサのうち少なくとも一方のセンサから、前記モータの前記回転軸の実回転及びこれに連動する前記軸受の外輪の回転の両方を反映した連続的な波形信号を入力する入力部と、

前記波形信号から前記モータの実回転よりも周波数の低い低周波成分を抽出する抽出部と、

前記低周波成分に基づいて前記ハウジングの嵌合部の内周面と前記軸受の外輪の外周面とにおける摩擦の有無を判定する摩擦判定部と、を備えることを特徴とするモータ診断装置。

【請求項2】

軸受を介してハウジングに回転自在に軸承される回転軸と、前記ハウジングに固定される固定子と、前記固定子との電磁相互作用により前記回転軸に回転トルクを付与する回転子と、から構成されるモータのモータ診断装置において、

前記ハウジングの嵌合部を含む領域に発信した超音波のエコーを検出する超音波センサ及び前記嵌合部を含む領域に生じさせた渦電流を検出する渦電流センサのうち少なくとも

10

20

一方のセンサから、前記モータの前記回転軸の動きに連動する前記軸受の外輪の回転を反映した離散的な波形信号を入力する入力部と、

前記波形信号から前記モータの実回転よりも周波数の低い周波数に対応する時間間隔で観測される低周波成分を抽出する抽出部と、

前記低周波成分に基づいて前記ハウジングの嵌合部の内周面と前記軸受の外輪の外周面とにおける摩耗の有無を判定する摩耗判定部と、を備えることを特徴とするモータ診断装置。

【請求項 3】

前記嵌合部の寸法、前記実回転の周波数及び前記低周波成分の周波数を入力し、前記嵌合部における摩耗量を算定する算定部を、さらに備える請求項 1 又は請求項 2 に記載のモータ診断装置。

10

【請求項 4】

前記モータの回転軸には、その回転バランスを不均衡にさせる負荷部が設けられる請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載のモータ診断装置。

【請求項 5】

軸受を介してハウジングに回転自在に軸承される回転軸と、前記ハウジングに固定される固定子と、前記固定子との電磁相互作用により前記回転軸に回転トルクを付与する回転子と、から構成されるモータのモータ診断方法において、

前記モータの回転軸の半径方向の変位量を計測する変位センサ及び前記モータの漏れ磁束を計測する磁束センサのうち少なくとも一方のセンサから、前記モータの前記回転軸の実回転及びこれに連動する前記軸受の外輪の回転の両方を反映した連続的な波形信号を入力するステップと、

20

前記波形信号から前記モータの実回転よりも周波数の低い低周波成分を抽出するステップと、

前記低周波成分に基づいて前記ハウジングの嵌合部の内周面と前記軸受の外輪の外周面とにおける摩耗の有無を判定するステップと、を含むことを特徴とするモータ診断方法。

【請求項 6】

軸受を介してハウジングに回転自在に軸承される回転軸と、前記ハウジングに固定される固定子と、前記固定子との電磁相互作用により前記回転軸に回転トルクを付与する回転子と、から構成されるモータのモータ診断方法において、

30

前記ハウジングの嵌合部を含む領域に発信した超音波のエコーを検出する超音波センサ及び前記嵌合部を含む領域に生じさせた渦電流を検出する渦電流センサのうち少なくとも一方のセンサから、前記モータの前記回転軸の動きに連動する前記軸受の外輪の回転を反映した離散的な波形信号を入力するステップと、

前記波形信号から前記モータの実回転よりも周波数の低い周波数に対応する時間間隔で観測される低周波成分を抽出するステップと、

前記低周波成分に基づいて前記ハウジングの嵌合部の内周面と前記軸受の外輪の外周面とにおける摩耗の有無を判定するステップと、を含むことを特徴とするモータ診断方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明は、モータを構成する軸受の嵌合部に生じる摩耗に着目したモータ診断技術に関する。

【背景技術】

【0002】

発電所などのプラントでは、モータ振動のデータを、常時あるいは定期的に収録している。そして、収録したデータのレベル変化や周波数特性の変化に基づいて、モータに生じている異常や劣化の有無を早期に検知する。

さらに収録したデータの変化の傾向を分析し、モータの分解点検時期の推定を行っている。なお、モータの異常や劣化の判断は、国際標準化機構 (I S O) などの判定基準や複

50

数回の測定データから求めた基準値をベースとし、警報発令や運転停止の条件を定めている。

【0003】

モータに異常や劣化が発生すると、振動のレベルが変化するとともに周波数特性に特徴的な変化が現れることが知られている。そして、モータ回転数の整数倍や転がり軸受の玉の数などに依存して、振動の周波数成分に変化が観測される。そして、これら周波数成分の変化を監視して、異常や劣化の有無を判断している（例えば、特許文献1）。

また、モータの電流波形においても、特定の周波数成分に変化が観測されることを利用して、異常や劣化の有無が判断される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2009-109350号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上述した従来技術は、ころがり軸受の傷、回転軸の曲がりや欠損、回転子や固定子の損傷に起因するモータの異常や劣化の判断に有効である。

これらの傷や損傷等が発生すると、対応する周波数成分の変化が、振動や電流等の監視データの変化として即座に検知されるため、異常の発生が早期に判断される。

【0006】

ところで、このモータにおけるころがり軸受とハウジングの嵌合部は、熱伸縮する回転軸の軸方向の逃げを確保するために、ころがり軸受が軸方向に移動できるよう、緩めの寸法が採用されている。

熱伸縮の繰り替えしにより嵌合部が徐々に摩耗する場合や、モータとモータに接続される負荷装置（例えばポンプ）との据付不良（センタリングのずれ）がある場合は、モータの回転軸の振動が大きくなり、転がり軸受にかかる荷重が大きくなることにより嵌合部に摩耗が発生する場合がある。嵌合部の摩耗が進行すると転がり軸受が移動しやすくなることから、さらに摩耗が進行しやすくなる。

この嵌合部の摩耗が進行すると、モータの回転子と固定子が接近し焼き付きにいたる場合がある。

【0007】

しかしながら、このようなモータ軸受の嵌合部分の摩耗は、上述した従来技術における振動や電流の監視では、発見が困難とされている。

そして、モータの分解点検時に、ハウジングの嵌合部の寸法を測定し、異常な摩耗の有無を確認している。このように、嵌合部の摩耗の発見は、定期的な分解点検によるしかない状況にある。

しかし、直近の分解点検において異常が無くとも、運転中に、嵌合部の摩耗が進行しモータ故障にいたることが懸念される。

【0008】

本発明はこのような事情を考慮してなされたもので、モータの運転中に軸受外輪の嵌合部の摩耗の進行を検知できるようにして、焼きつき等の不具合の発生を未然に防止するモータ診断技術を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

軸受を介してハウジングに回転自在に軸承される回転軸と、前記ハウジングに固定される固定子と、前記固定子との電磁相互作用により前記回転軸に回転トルクを付与する回転子と、から構成されるモータのモータ診断装置において、前記モータの回転軸の半径方向の変位量を計測する変位センサ及び前記モータの漏れ磁束を計測する磁束センサのうち少なくとも一方のセンサから、前記モータの前記回転軸の実回転及びこれに連動する前記軸

10

20

30

40

50

受の外輪の回転の両方を反映した連続的な波形信号を入力する入力部と、前記波形信号から前記モータの実回転よりも周波数の低い低周波成分を抽出する抽出部と、前記低周波成分に基づいて前記ハウジングの嵌合部の内周面と前記軸受の外輪の外周面とにおける摩耗の有無を判定する摩耗判定部と、を備えることを特徴とする。

さらには、軸受を介してハウジングに回転自在に軸承される回転軸と、前記ハウジングに固定される固定子と、前記固定子との電磁相互作用により前記回転軸に回転トルクを付与する回転子と、から構成されるモータのモータ診断装置において、前記ハウジングの嵌合部を含む領域に発信した超音波のエコーを検出する超音波センサ及び前記嵌合部を含む領域に生じさせた渦電流を検出する渦電流センサのうち少なくとも一方のセンサから、前記モータの前記回転軸の動きに連動する前記軸受の外輪の回転を反映した離散的な波形信号を入力する入力部と、前記波形信号から前記モータの実回転よりも周波数の低い周波数に対応する時間間隔で観測される低周波成分を抽出する抽出部と、前記低周波成分に基づいて前記ハウジングの嵌合部の内周面と前記軸受の外輪の外周面とにおける摩耗の有無を判定する摩耗判定部と、を備えることを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0010】

本発明により、モータの運転中に軸受外輪の嵌合部の摩耗の進行を検知できるようにして、焼きつき等の不具合の発生を未然に防止するモータ診断技術が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明に係るモータ診断装置の実施形態を示す構成図。

【図2】摩耗した嵌合部における軸受の回転移動の説明図。

【図3】(A)はセンサが時系列に観測した波形信号から抽出された低周波成分を示すグラフ、(B)は波形信号の周波数スペクトルを示すグラフ。

【図4】(A)は超音波センサによる波形信号の観測例を示す図、(B)は軸受の外輪内周面からのエコー波が観測されるタイミングを示すグラフ。

【図5】モータの回転バランスを不均衡にさせる負荷部の装着例を示す構成図。

【発明を実施するための形態】

【0012】

(第1実施形態)

以下、本発明の実施形態を添付図面に基づいて説明する。

図1に示すように、モータ診断装置10は、センサ40からモータ20の回転軸24の動きを反映した波形信号41を入力する入力部11と、この波形信号41からモータの実回転よりも周波数の低い低周波成分を抽出する抽出部14と、この低周波成分に基づいてモータ20の軸受30の嵌合部22における摩耗の有無を判定する摩耗判定部15と、を備えている。

30

【0013】

さらに、モータ診断装置10は、嵌合部22の寸法(軸受30の外輪32の外径E又はハウジング21側の内径D)、モータの実回転の周波数N及び低周波成分の周波数Fを入力し、嵌合部22における摩耗量Cを算定する算定部16を、さらに備えている。

40

【0014】

モータ20は、軸受30を介してハウジング21に回転自在に軸承される回転軸24と、このハウジング21に固定される固定子26と、この固定子26との電磁相互作用により回転軸24に回転トルクを付与する回転子25と、から構成されている。

【0015】

軸受(ころがり軸受)30は、回転軸24に内周面がはめ込まれた状態で一体に回転する内輪34と、ハウジング21側の嵌合部22の内周面23に外周面が接触するように設けられる外輪32と、内輪34及び外輪32に支持され両者を低摩擦で相対回転させる転動体31と、複数配列する転動体31が互いに非接触となるように保持する保持器33と、から構成されている。

50

【 0 0 1 6 】

そして、ハウジング 2 1 側の嵌合部 2 2 の内周面 2 3 と外輪 3 2 の外周面との嵌合寸法は、回転軸 2 4 の外周面と内輪 3 4 の内周面との嵌合寸法よりも緩めに設定されている。

これにより、回転軸 2 4 の軸方向に熱伸縮が発生すると、軸受 3 0 は、ハウジング 2 1 に対して相対変位することにより、ストレスを逃がしている。

【 0 0 1 7 】

図 2 は、図 1 の A - A 断面を示し、内周面 2 3 が摩耗した嵌合部 2 2 において軸受の外輪 3 2 が回転移動する様子を示している。

回転軸 2 4 に半径方向の力が加わった状態で外輪 3 2 は、ハウジング 2 1 の片側に偏って接触し反対側に隙間を形成する。

モータ駆動により回転軸 2 4 に付与する遠心力により、外輪 3 2 が嵌合部 2 2 の内周面 2 3 を回転する。

このような外輪 3 2 の回転運動が繰り返された場合は、嵌合部 2 2 の内周面 2 3 の摩耗が進行し、隙間が広がっていく。隙間が形成された場合、さらに外輪 3 2 が移動しやすくなり、加速的に摩耗が進行し、隙間が広がっていくこととなる。

このように隙間が広がっていくと、図 1 に示される回転子 2 5 と固定子 2 6 の間隔が狭まり、両者が接触し焼きつきにいたる場合がある。

【 0 0 1 8 】

図 1 においてセンサ 4 0 は、モータ 2 0 の回転軸 2 4 の半径方向の変位量を計測する変位センサ 4 0 a と、モータ 2 0 の漏れ磁束を計測する磁束センサ 4 0 b とが例示されている。なお、実際の診断は、変位センサ 4 0 a 及び磁束センサ 4 0 b のいずれか一方が設置されていればよい。

またセンサ 4 0 は、これらに限定されるものではなく、モータ 2 0 の回転軸 2 4 の動きを反映した物理量を検出するものであれば適宜採用される。

【 0 0 1 9 】

変位センサ 4 0 a は、例えば、回転軸 2 4 の外周面に照射したレーザー光の反射光を検出し、その光路長の変化から回転軸 2 4 の半径方向の変位量を計測するものが挙げられる。

変位センサ 4 0 a は、非接触式のものが好適であるが、接触式のものであってもよい。

磁束センサ 4 0 b は、固定子 2 6 と回転子 2 5 との電磁相互作用により発生した磁束のうち、ハウジング 2 1 の外部に漏出した磁束の密度変化を検出するものである。

このような磁束の密度変化量は、固定子 2 6 と回転子 2 5 との相対的な位置変化に依存するために、回転軸 2 4 の動きを反映している。

【 0 0 2 0 】

入力部 1 1 は、センサ 4 0 から出力されるアナログ状の波形信号 4 1 を、A / D 変換部 1 2 に入力して、デジタル変換するものである。そして、このようにデジタル変換された波形信号 4 1 は、記録部 1 3 に記録される。

なお、A / D 変換部 1 2 及び記録部 1 3 は、モータ診断装置 1 0 の内部に配置されている必要はなく、センサ 4 0 と一体化されていてもよい。

【 0 0 2 1 】

図 3 (A) のグラフは、例えばローパスフィルタ等で構成される抽出部 1 4 により、波形信号 4 1 から抽出され嵌合部 2 2 の摩耗に依存した低周波成分を示している。図 3 (B) のグラフは、波形信号 4 1 の周波数スペクトルを示している。

このように、記録部 1 3 に時系列に記録された波形信号 4 1 には、モータ 2 0 の実回転の周波数 N を主成分として嵌合部 2 2 の摩耗量に依存する低周波成分が含まれている。

抽出部 1 4 は、このように波形信号 4 1 からモータ 2 0 の実回転よりも周波数の低い低周波成分を抽出することができれば特に限定はなく、波形信号 4 1 をフーリエ変換した結果から低周波成分を抽出してもよい。

【 0 0 2 2 】

摩耗判定部 1 5 は、この低周波成分のスペクトルが観測されたか否かに基づいてモータ 2 0 の軸受 3 0 の嵌合部 2 2 における摩耗の有無を判定する。そして、異常判定がなされ

10

20

30

40

50

た場合には、表示部 17 において、その旨の警報を表示する。この警報表示により、モータの運転可否の判断または分解点検の要否を判断することができる。

【0023】

ここで、嵌合部 22 のハウジング 21 側の内径 D とし、外輪 32 の外径 E とした場合、ハウジング 21 と外輪 32 の隙間 C ($C = D - E$) となる。

そして、外輪 32 の 1 回転当りの回転軸 24 (内輪 34) の回転数 R は、(1) 式で表される。さらに、モータ 20 の実回転の周波数 N とすると、外輪 32 の回転周波数 F は、(2) 式で表される。また、外輪 32 が 1 回転に要する時間 T は、(3) 式で表される。そして、(1) 式及び(2)式から(4)式が導かれる。

【0024】

$$R = D / C = D / C \quad (1)$$

$$F = N / R \quad (2)$$

$$T = 1 / F \quad (3)$$

$$C = D \times F / N = E / (N / F - 1) \quad (4)$$

【0025】

ここで、モータ 20 の実回転の周波数 N 及び外輪 32 の回転周波数 F は、周波数スペクトル(図 3)における波形信号の主成分の周波数 N 及び低周波成分の周波数 ($1 / T$) にそれぞれ対応している。そして、ハウジング 21 と外輪 32 の隙間 C は、嵌合部 22 の摩耗量 C に相当する。

ここで、例えば、 $D = 100 \text{ mm}$ 、 $C = 0.1 \text{ mm}$ 、 $N = 50 \text{ Hz}$ とした場合、式(1)から(3)より、 $F = 0.05 \text{ Hz}$ となる。

このようにモータ 20 の実回転の周波数 N と比較して外輪 32 の回転周波数 F は、非常に低いことがわかる。

【0026】

算定部 16 は、嵌合部 22 の寸法(軸受 30 の外輪 32 の外径 E 又はハウジング 21 側の内径 D)、及びモータの実回転の周波数 N 及び低周波成分の周波数 F ($1 / T$) を入力し、式(4)に基づいて嵌合部 22 における摩耗量 C を算定する。なお、摩耗量 C の算定式は式(4)に限定されない。

ここで、 E (D) は軸受仕様、 N は運転条件から決まるため、摩耗判定部 15 において F ($< N$) が判定されれば、摩耗量 C が算定され表示部 17 に表示される。このように、モータ運転を継続しながら嵌合部 22 の摩耗量が定量的に導かれることにより、摩耗の進行状況を推定し、交換が必要となる時期を推定することが可能となる。

【0027】

センサ 40 は、前記したような変位センサ 40 a 及び磁束センサ 40 b 以外にも、例えば、嵌合部 22 を含む領域に発信した超音波のエコーを検出する超音波センサ 40 c (図 4) や、嵌合部 22 を含む領域に生じさせた渦電流を検出する渦電流センサ(図示略)を用いることができる。

【0028】

図 4 (A) は、超音波センサ 40 c による波形信号の観測例を示す図である。

超音波センサ 40 c は、ハウジングの嵌合部 22 の外側に設置される。嵌合部 22 の内周面が摩耗して隙間が生じると、外輪 32 が回転移動し、超音波センサ 40 c の直下に隙間がある場合(図 4 (A) 上側)と、その直下に隙間が無い場合(図 4 (A) 下側)とが現れる。

【0029】

図 4 (A) 上側のように超音波センサ 40 c の直下に隙間がある場合は、波形信号 41 c は、ハウジングの嵌合部 22 の内周面からのエコー波 43 のみが観測される。

一方、図 4 (A) 下側のように超音波センサ 40 c の直下に隙間が無い場合は、この嵌合部 22 の内周面からのエコー波 43 に加え、外輪 32 の内周面からのエコー波 44 も観測される。

【0030】

10

20

30

40

50

図4(B)は、軸受の外輪32の内周面からのエコー波44が観測されるタイミングを示している。このエコー波44が観測される間隔Tは、外輪32が嵌合部22の内周面を1回転するのに要する時間Tに該当する。

これにより、上式(3)(4)に基づいて嵌合部22の摩耗量Cを求めることができる。

【0031】

渦電流センサ(図示略)は、超音波センサ40cと同様に、ハウジングの嵌合部22の外側に設置される。そして、外輪32が嵌合部22の内周面を回転するのに同期して、渦電流センサの直下に発生する渦電流が変動する。そして、この変動する渦電流に同期して励起される変動磁場の波形信号の周期Tを導く。

10

そして、上式(3)(4)に基づいて嵌合部22の摩耗量Cを求めることができる。

【0032】

図5は、モータの回転バランスを不均衡にさせるに負荷部27の装着例を示している。

このような負荷部27が設けられることにより、回転軸24の半径方向に遠心力をより強く働かせ、センサ40においてより高感度に外輪32の回転移動を検出でき、より高精度に摩耗の判定ができる。

【0033】

以上述べた少なくともひとつの実施形態のモータ診断装置によれば、モータを分解することなく軸受外輪の嵌合部の摩耗を検知し、さらに摩耗量を定量的に把握することができる。このため、モータの不具合を未然に防止するとともに、分解点検時期を予測してメンテナンス作業の効率化が図られる。

20

【0034】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更、組み合わせを行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

【0035】

また、モータ診断装置の構成要素は、コンピュータのプロセッサで実現することも可能であり、モータ診断プログラムにより動作させることが可能である。

30

この場合、汎用的なコンピュータにセンサ40からの波形信号を入力する構成とし、モータ診断プログラムによって動作するプロセッサによって上述した磨耗判定、ならびに磨耗量算定を行う。

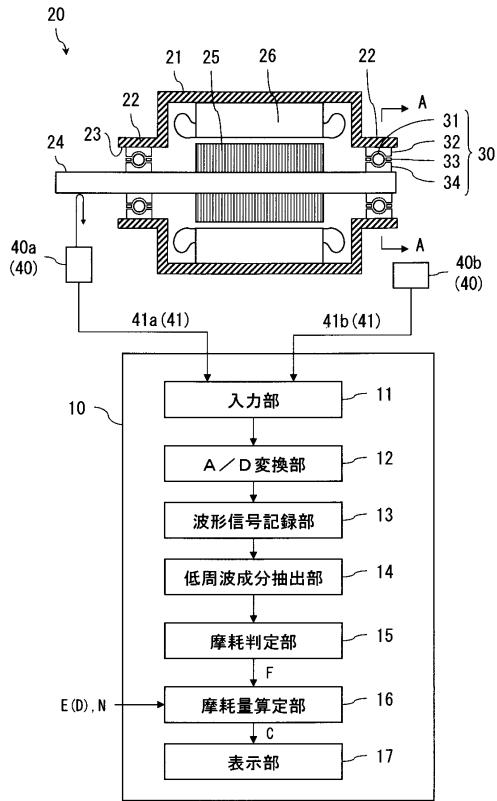
【符号の説明】

【0036】

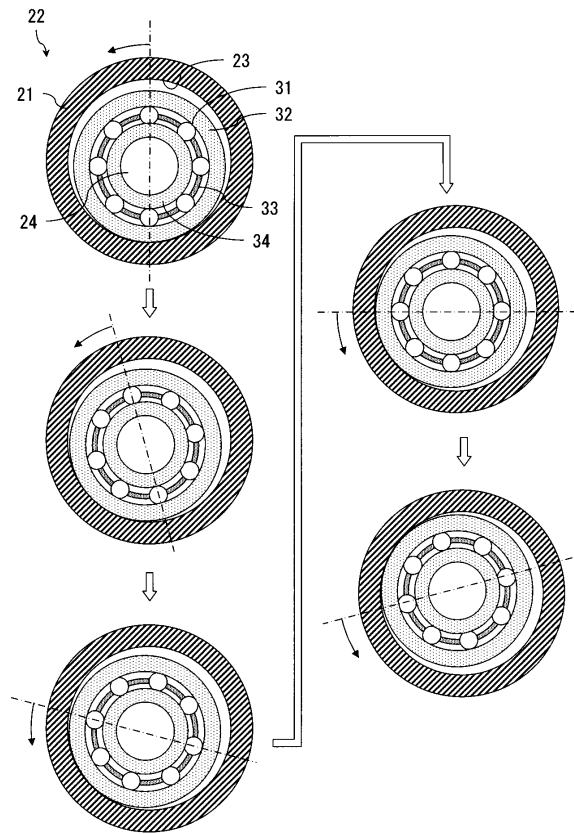
10...モータ診断装置、11...入力部、12...A/D変換部、13...波形信号記録部(記録部)、14...低周波成分抽出部(抽出部)、15...摩耗判定部(判定部)、16...摩耗量算定部(算定部)、17...表示部、20...モータ、21...ハウジング、22...嵌合部、23...内周面、24...回転軸、25...回転子、26...固定子、27...負荷部、30...軸受、31...転動体、32...外輪、33...保持器、34...内輪、40...センサ、40a...変位センサ(センサ)、40b...磁束センサ(センサ)、40c...超音波センサ(センサ)、41...波形信号、41c...波形信号、43...嵌合部の内周面からのエコー波、44...軸受の外輪の内周面からのエコー波、E...外輪の外径、N...モータの実回転周波数、F...外輪の回転周波数(低周波成分の周波数)、C...ハウジングと外輪の隙間(摩耗量)、D...嵌合部のハウジング側の内径。

40

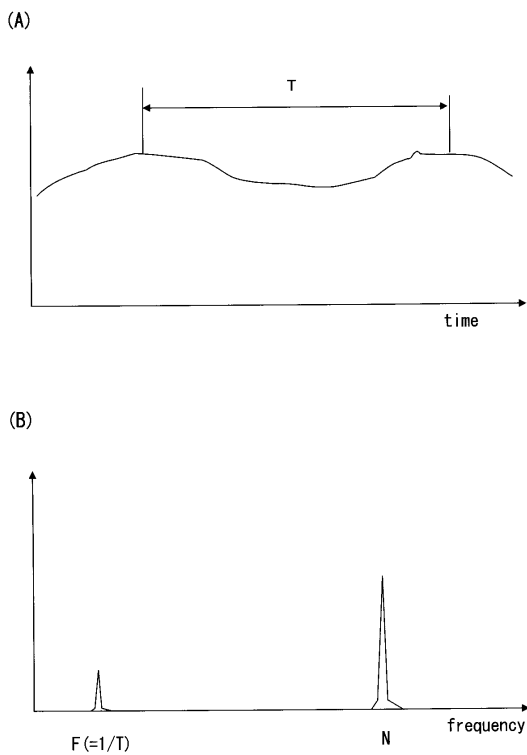
【図1】



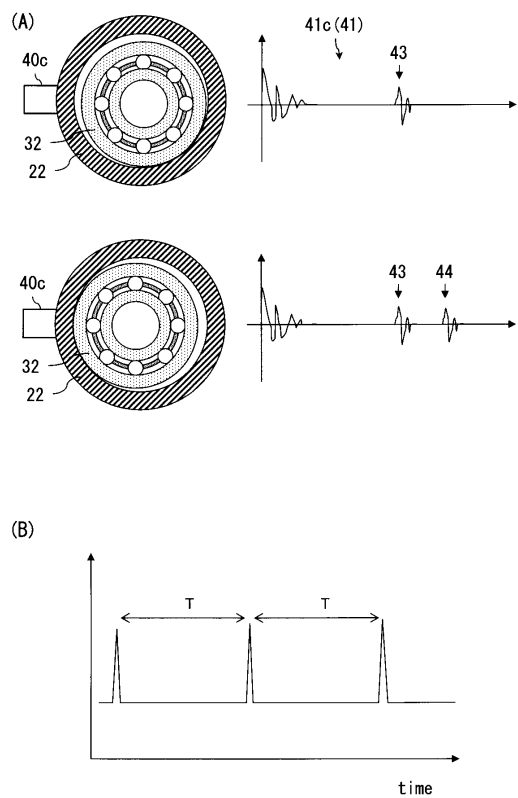
【図2】



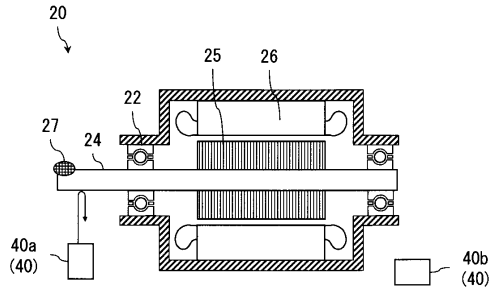
【図3】



【図4】



【 5 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭61-124815(JP,A)
特開平05-157664(JP,A)
特開昭58-034339(JP,A)
特開2001-227935(JP,A)
特開2007-135369(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01M 13/00 - 13/04
G01M 99/00
F16C 41/00 - 41/04