

(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2004-361286
(P2004-361286A)

(43) 公開日 平成16年12月24日(2004.12.24)

(51) Int. Cl.⁷

GO 1 M 19/00
GO 1 H 17/00

F I

GO 1 M 19/00
GO 1 H 17/00

テーマコード(参考)

2G024
2G064

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2003-161075 (P2003-161075)
(22) 出願日 平成15年6月5日(2003.6.5)

(71) 出願人 596096799
ニッテツ八幡エンジニアリング株式会社
北九州市戸畑区飛幡町2番2号
(74) 代理人 100090697
弁理士 中前 富士男
(72) 発明者 北島 伸伍
福岡県北九州市八幡西区京良城町14-29
(72) 発明者 山浦 健司
福岡県北九州市八幡西区別当町29-11
(72) 発明者 和田 和実
福岡県北九州市戸畑区土取町4-3-401
Fターム(参考) 2G024 AD01 BA12 CA13 FA04
2G064 AB02 CC30 CC46 CC59

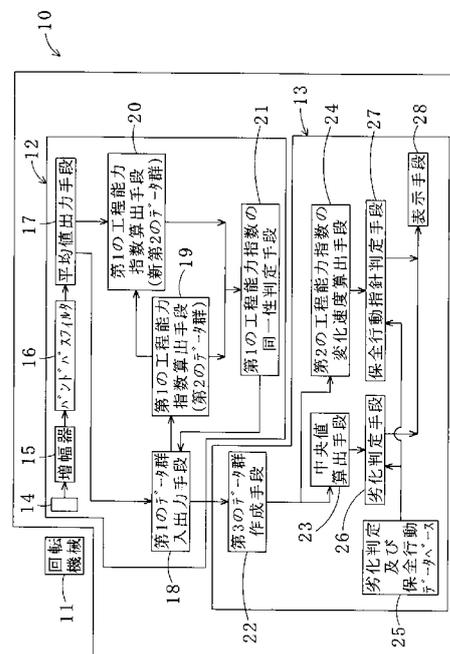
(54) 【発明の名称】 回転機械の劣化診断方法

(57) 【要約】

【課題】 設備劣化と無関係な振動を除去して劣化の評価結果の変動を防止し、最適な保全内容の指示が可能な回転機械の劣化診断方法を提供する。

【解決手段】 回転機械 11 で発生する振動を振動検出センサ 14 で測定し、劣化に関連する振動を抽出しその振幅分布の振幅代表値 A を測定順に並べて第 1 のデータ群を作成する工程と、第 1 のデータ群から最新の振幅代表値 A を含み測定順に連続した所定個数の振幅代表値 A を抽出して構成する第 2 のデータ群の分布指標 D A を求める工程と、回転機械 11 の振動を測定しその振幅分布の振幅代表値 B を求め、第 2 のデータ群に加えると共に第 2 のデータ群から最も古い振幅代表値 A を除いて新第 2 のデータ群を構成しその分布指標 D B を求める工程と、各分布指標 D A、D B が実質的に一致する場合は振幅代表値 B を第 1 のデータ群に追加し、実質的に一致しない場合は振幅代表値 B を削除する工程とを有する。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転機械で発生する振動を該回転機械に取付けた振動検出センサを用いて予め設定した時間間隔毎に所定時間だけ測定し、該回転機械の劣化に関連する振動を抽出しその振幅分布 R をそれぞれ求め、該各振幅分布 R を規定する振幅代表値 A を測定順に並べて第 1 のデータ群を作成する工程と、

前記第 1 のデータ群の前記振幅代表値 A から最新の振幅代表値 A を含み測定順に連続した所定個数の振幅代表値 A を抽出して構成される第 2 のデータ群の分布指標 DA を求める工程と、

前記回転機械で発生する振動を前記振動検出センサを用いて予め設定した時間間隔毎に所定時間だけ測定してその振幅分布 S から該振幅分布 S を規定する振幅代表値 B を求め、前記第 2 のデータ群に加えると共に該第 2 のデータ群から最も古い振幅代表値 A を除いて新第 2 のデータ群を構成して、その分布指標 DB を求める工程と、

前記第 2 のデータ群の分布指標 DA 及び前記新第 2 のデータ群の分布指標 DB が実質的に一致する場合は前記振幅代表値 B を最新の振幅代表値 A として前記第 1 のデータ群に加え、前記第 2 のデータ群の分布指標 DA 及び前記新第 2 のデータ群の分布指標 DB が実質的に一致しない場合は前記振幅代表値 B を削除する工程とを有することを特徴とする回転機械の劣化診断方法。

【請求項 2】

請求項 1 記載の回転機械の劣化診断方法において、前記各振幅分布 R 、 S は前記振動を複数の周波数領域に分割し該各周波数領域毎にそれぞれ求めることを特徴とする回転機械の劣化診断方法。

【請求項 3】

請求項 2 記載の回転機械の劣化診断方法において、前記各振幅代表値 A 、 B には前記各振幅分布 R 、 S の平均値を採用し、前記各分布指標 DA 、 DB には該各平均値のばらつき程度を示す工程能力指数 C_{p_i} を採用することを特徴とする回転機械の劣化診断方法。

【請求項 4】

請求項 3 記載の回転機械の劣化診断方法において、前記第 1 のデータ群から連続した所定個数の前記振幅代表値 A を順次抽出し複数の第 3 のデータ群を構成して該各第 3 のデータ群毎に代表値及び該各第 3 のデータ群の分布の統計指標を順次求め、該各代表値の大きさから劣化水準の判定を行ない、該各第 3 のデータ群の統計指標の変化速度から前記回転機械の保全内容を決定することを特徴とする回転機械の劣化診断方法。

【請求項 5】

請求項 4 記載の回転機械の劣化診断方法において、前記各代表値には前記各第 3 のデータ群のそれぞれの中央値 M を採用し、前記統計指標には前記第 3 のデータ群の平均値の偏りを考慮した工程能力指数 $C_{p_{ik}}$ を採用することを特徴とする回転機械の劣化診断方法。

【請求項 6】

請求項 5 記載の回転機械の劣化診断方法において、前記工程能力指数 $C_{p_{ik}}$ を算出する際に、前記各中央値 M に対してそれぞれ上限値及び下限値を予め設定しておくことを特徴とする回転機械の劣化診断方法。

【請求項 7】

請求項 6 記載の回転機械の劣化診断方法において、前記各中央値 M に対してそれぞれ該中央値 M の属する周波数領域、及び該中央値 M に対応する工程能力指数 $C_{p_{ik}}$ の変化速度を求め、

予め設定しておいた (1) 各周波数領域と劣化種類との対応関係、(2) 各劣化種類に含まれる各劣化水準と中央値の範囲の対応関係、(3) 各劣化種類に含まれる各劣化水準内の各保全行動指針と工程能力指数 $C_{p_{ik}}$ の変化速度の範囲の対応関係とそれぞれ対比させて、

劣化種類及び前記劣化水準を特定し、具体的な前記保全内容を決定することを特徴とする

回転機械の劣化診断方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、回転機械の劣化診断方法に係り、更に詳しくは回転機械に取付けた振動検出センサの出力信号を用いて回転機械の劣化状態を評価する際に、劣化に無関係な機械設備特有の出力信号を除去して評価結果の変動を防止する回転機械の劣化診断方法に関する。

【0002】

【従来技術】

従来、例えば、連鋳機のローラエプロンなどの低速回転機械の異常診断方法では、振動センサによって検出された信号をバンドパスフィルタにかけた後エンベロープ処理を行い、得られた波形信号の所定の時間間隔における上限値と下限値との差を演算し、この差があらかじめ与えられたしきい値を超えたときに異常であると判定していた（例えば、特許文献1参照）。

また、回転機械の劣化診断に使用する診断装置は、振動検出センサにより回転機械から数秒間に渡って連続的に出力信号を取り出して様々な処理、例えば、振動周波数を複数の周波数領域に分割してから、各周波数領域毎に振動振幅値あるいは振動波形の確率密度分布を示す各指標値（以下、単に振動値という）を求め、予め設定しておいた各劣化水準毎の振動値の基準値と対比して劣化水準の判定をしていた。

そして、実際に回転機械の劣化診断を行う場合では、劣化診断の汎用性と効率性を重視するため振動値だけを用いて劣化診断を行ない、回転機械で発生する全ての劣化種類に対して同一基準値で判定を行うのが一般的であった。

【0003】

【特許文献1】

特開平7-270228号公報

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

一般に、回転機械では、負荷や回転数等の運転条件を一定にして使用していても、回転機械の劣化状態が一定と見なせる時間や期間（例えば、日単位）の中では、求めた振動値は、図5に示すように、時間的には激しく変動している。

このため、劣化がある程度進行し振動値が判定基準値に近づいてくると、劣化に無関係な機械設備特有の信号の影響が無視できなくなって、求められる振動値に大きな変動が生じ、測定の度毎に異常判定と正常判定が繰り返されることになる。その結果、劣化判定作業の効率が低下し、劣化判定の精度にも問題が生じていた。また、劣化の早期発見が難しくなると、設備保全の対応を困難にしていた。更に、間欠運転を行う回転機械では、定常運転状態域に到達する前のいわゆる非定常運転状態が頻発するため、劣化診断の判定結果が更に大きく変動する可能性がある。

【0005】

特に、回転機械の劣化診断を行う場合、全ての劣化種類に対して同一基準値で判定を行っているため、判定基準値で示される各劣化水準は極めて粗く設定されることになり、劣化が生じていると判定された場合には、別途、劣化の精密診断を行って劣化の種類を特定する必要があった。そして、精密診断により劣化の種類が特定された後では、振動値の時間変化、例えば、24時間単位で単純に平均化した振動値の推移を基に、人が設備保全のための行動内容を決定していた。

ここで、劣化の精密診断を行うシステムとしては、例えば、振動検出センサにより検出した信号の周波数分析を行って異常の種類や異常レベルを特定し、補修実施の有無及びその実施時期についてのコメントを出力する機能を備えたものが提案されている。しかし、このシステムでは、補修の必要性は判定できても、劣化の種類に応じて有効な保全内容を指示することはできず、例えば、単に給油などの容易な対応で異常状態を解消できる場合であっても、多額の費用と多くの時間を必要とする分解点検等の無意味で非効率的な対応を

10

20

30

40

50

選択する場合がある。

【0006】

本発明はかかる事情に鑑みてなされたもので、劣化に無関係な機械設備特有の信号を除去することで劣化状態の評価結果が大きく変動するのを防止し、劣化種類及び劣化水準を特定してそれに応じた最適な保全内容を指示することが可能な回転機械の劣化診断方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

前記目的に沿う本発明に係る回転機械の劣化診断方法は、回転機械で発生する振動を該回転機械に取付けた振動検出センサを用いて予め設定した時間間隔毎に所定時間だけ測定し、該回転機械の劣化に関連する振動を抽出しその振幅分布 R をそれぞれ求め、該各振幅分布 R を規定する振幅代表値 A を測定順に並べて第 1 のデータ群を作成する工程と、
前記第 1 のデータ群の前記振幅代表値 A から最新の振幅代表値 A を含み測定順に連続した所定個数の振幅代表値 A を抽出して構成される第 2 のデータ群の分布指標 D A を求める工程と、

前記回転機械で発生する振動を前記振動検出センサを用いて予め設定した時間間隔毎に所定時間だけ測定してその振幅分布 S から該振幅分布 S を規定する振幅代表値 B を求め、前記第 2 のデータ群に加えると共に該第 2 のデータ群から最も古い振幅代表値 A を除いて新第 2 のデータ群を構成して、その分布指標 D B を求める工程と、

前記第 2 のデータ群の分布指標 D A 及び前記新第 2 のデータ群の分布指標 D B が実質的に一致する場合は前記振幅代表値 B を最新の振幅代表値 A として前記第 1 のデータ群に加え、前記第 2 のデータ群の分布指標 D A 及び前記新第 2 のデータ群の分布指標 D B が実質的に一致しない場合は前記振幅代表値 B を削除する工程とを有する。

【0008】

回転機械で劣化が生じた場合、劣化に起因する振動（振動の周波数領域が可聴音領域の場合異常音として認識される）が発生し、この劣化振動の大きさ（振動振幅）は劣化の進行と共に増大する。

このため、回転機械の運転中に発生する振動の振動振幅を、予め設定した時間間隔（例えば 1 ~ 3 分間隔）毎に所定時間（例えば、1 ~ 3 秒）だけ検出するようにすると、振動振幅の変化過程から劣化の発生とその進行を検知することができる。

ここで、検出した劣化に関連する振動の振動振幅から振幅分布 R を求め、その振幅分布 R の特徴を定量的に表す振幅代表値 A を求めて第 1 のデータ群を構成することにより、取り扱うデータ数を効率的に減少させることができる。更に、第 1 のデータ群は振幅代表値 A が測定順に並べて構成されているので、第 1 のデータ群を用いて劣化の時間的進行を容易に把握することができる。

【0009】

また、振動検出センサは劣化に起因する振動を検知すると共に、劣化に無関係な回転機械に特有の振動も検知する。

このため、第 1 のデータ群の振幅代表値 A から最新の振幅代表値 A を含み測定順に連続した所定個数（例えば、100 個）の振幅代表値 A を抽出して第 2 のデータ群を構成し、その分布指標 D A を求める。分布指標 D A を求めることにより、第 2 のデータ群の分布の特徴を定量的に把握することができる。

次いで、回転機械で発生する振動を振動検出センサを用いて予め設定した時間間隔（例えば 1 ~ 3 分間隔）毎に所定時間（例えば、1 ~ 3 秒）だけ測定してその振幅分布 S から振幅分布 S を規定する振幅代表値 B を求め、振幅代表値 B を第 2 のデータ群に加えると共に、第 2 のデータ群から最も古い振幅代表値 A を除いて新第 2 のデータ群を構成し、その分布指標 D B を求める。これによって、新第 2 のデータ群の分布の特徴を定量的に把握することができる。

【0010】

ここで、振幅代表値 B が劣化に起因する振動から得られたものである場合、新第 2 のデー

タ群の分布と第2のデータ群の分布は実質的に同一と考えられる。また、振幅代表値Bが劣化に無関係な回転機械に特有の振動から得られたものである場合、新第2のデータ群の分布と第2のデータ群の分布は別個の分布になると考えられる。

このため、分布指標DAと分布指標DBが実質的に一致する場合は、振幅代表値Bは劣化に起因する振動から得られたものであるとみなされるため、この振幅代表値Bを最新の振幅代表値Aとして第1のデータ群に加える。

一方、分布指標DAと分布指標DBが一致しない場合は、振幅代表値Bは劣化に無関係な回転機械に特有の振動から得られたものであるとみなされるため、振幅代表値Bを削除して第1のデータ群に追加しない。

【0011】

本発明に係る回転機械の劣化診断方法において、前記各振幅分布R、Sは前記振動を複数の周波数領域に分割し該各周波数領域毎にそれぞれ求めることが好ましい。

回転機械は種々の機械的な構成要素から成り立っているため、各構成要素で劣化が生じた場合、発生する振動は各構成要素に応じた特有の周波数領域に存在する。

このため、各構成要素に応じてそれぞれ周波数領域を設定して、各周波数領域毎に振動の振幅分布を求めるようにすると、どの構成要素で劣化が発生し進行しているかが判り、劣化種類を特定することができる。

【0012】

本発明に係る回転機械の劣化診断方法において、前記各振幅代表値A、Bには前記各振幅分布R、Sの平均値を採用し、前記各分布指標DA、DBには該各平均値のばらつき程度を示す工程能力指数 C_{p_i} を採用することが好ましい。

回転機械の各構成要素において劣化が発生していない場合、あるいは劣化が発生していても進行しない場合では、その回転機械から発生する振動を予め設定した時間間隔（例えば1～3分間隔）毎に所定時間（例えば、1～3秒）だけ測定して得られる各振幅分布R、Sを正規分布として近似できる。

このため、各振幅分布R、Sの特徴を定量的に表す振幅代表値A、Bとして、振動の測定を行った際に検出される確率が最大となる各振幅分布R、Sの平均値を採用することが好ましい。

【0013】

また、第2のデータ群（新第2のデータ群）を構成した際、各振幅代表値A（各振幅代表値B）は第2のデータ群（新第2のデータ群）の分布の形を反映して上限値と下限値の間でばらついている。

そして、各分布指標DA、DBとして各振幅分布R、Sの平均値のばらつき程度を示す工程能力指数 C_{p_i} を採用することにより、上限値と下限値との差（規格幅ともいう）と「ばらつき」の関係を定量的に表現することができる。

ここで、平均値のばらつき程度を示す工程能力指数 C_{p_i} は、上限値と下限値の差をT、第2のデータ群（新第2のデータ群）の標準偏差を σ として、次式により算出できる。

$$C_{p_i} = T / (6 \sigma) \quad \dots \dots (1)$$

【0014】

本発明に係る回転機械の劣化診断方法において、前記第1のデータ群から連続した所定個数の前記振幅代表値Aを順次抽出し複数の第3のデータ群を構成して該各第3のデータ群毎に代表値及び該各第3のデータ群の分布の統計指標を順次求め、該各代表値の大きさから劣化水準の判定を行ない、該各第3のデータ群の統計指標の変化速度から前記回転機械の保全内容を決定することが好ましい。

【0015】

第1のデータ群から時系列に並んだ複数の第3のデータ群を構成し、各第3のデータ群毎に代表値を求めてこの代表値で劣化水準を表示するので、取り扱うデータ数を効率的に減少させることができると共に、変化挙動を明確化して示すことができる。

また、各第3のデータ群毎に分布の統計指標を求めることにより、例えば、各第3のデータ群の分布の偏り程度を定量的に把握することができる。そこで、第3のデータ群の分布

10

20

30

40

50

の偏り程度が小さいときに統計指標も小さくなるような統計指標を選定すると、統計指標が増加していく場合は、各第3のデータ群を構成するそれぞれの代表値が徐々に増加していると考えることができ、劣化が進行していると判定できる。このため、統計指標の変化速度から劣化の進行速度を把握することができ、劣化の進行速度に応じて最適な保全行動指針を出すことができる。

【0016】

本発明に係る回転機械の劣化診断方法において、前記各代表値には前記各第3のデータ群のそれぞれの中央値Mを採用し、前記統計指標には前記第3のデータ群の平均値の偏りを考慮した工程能力指数 C_{pik} を採用することが好ましい。

劣化が発生したり、進行する場合、各第3のデータ群を構成する各振幅代表値Aは時間的に増加する傾向を示し、各振幅代表値Aは上限値と下限値の間に対称的には分布しないようになる。

このため、各第3のデータ群の代表値として上限値と下限値で決まる中央値Mを採用する。これによって、各第3のデータ群の間の違いを代表値を用いて明確に表示することができる。

【0017】

各第3のデータ群を構成する各振幅代表値Aが上限値と下限値の間に対称的に分布しないということは、分布の中央値と分布の平均値がずれていることと等価である。

このため、統計指標として平均値の偏りを考慮した工程能力指数 C_{pik} を採用することにより、各第3のデータ群において、中央値と平均値の偏りを定量的に捉えることができる。

ここで、平均値の偏りを考慮した工程能力指数 C_{pik} は、上限値及び下限値をそれぞれSU、SL、第3のデータ群の平均値及び標準偏差を μ 、sとして、次式により算出できる。

$$C_{pik} = \text{MIN} \{ (SU - \mu) / (3s), (\mu - SL) / (3s) \} \cdots \cdots (2)$$

但し、 $\text{MIN} \{ \cdots \}$ は、括弧内の最小値を選択する関数である。

【0018】

本発明に係る回転機械の劣化診断方法において、前記工程能力指数 C_{pik} を算出する際に、前記各中央値Mに対してそれぞれ上限値及び下限値を予め設定しておくことが好ましい。

第3のデータ群の分布形状は劣化の進行と共に変化するが、その変化は劣化種類により異なる。例えば、劣化の進行と共に分布形状が広がる傾向を示す場合と狭まる傾向を示す場合とが存在する。

従って、劣化種類毎に、中央値の大きさに対してそれぞれ上限値及び下限値を予め設定しておくことにより、劣化の進行に併せて第3のデータ群の平均値の偏りを考慮した工程能力指数 C_{pik} を厳密に決定することができる。

【0019】

本発明に係る回転機械の劣化診断方法において、前記各中央値Mに対してそれぞれ該中央値Mの属する周波数領域、及び該中央値Mに対応する工程能力指数 C_{pik} の変化速度を求め、

予め設定しておいた(1)各周波数領域と劣化種類との対応関係、(2)各劣化種類に含まれる各劣化水準と中央値の範囲の対応関係、(3)各劣化種類に含まれる各劣化水準内の各保全行動指針と工程能力指数 C_{pik} の変化速度の範囲の対応関係とそれぞれ対比させて、

劣化種類及び前記劣化水準を特定し、具体的な前記保全内容を決定することができる。

【0020】

劣化が進行する程、第3のデータ群の分布の偏りが大きくなって、工程能力指数 C_{pik} が増加する。従って、工程能力指数 C_{pik} の変化速度から劣化の進行速度を把握することができる。

10

20

30

40

50

その結果、(1)各周波数領域と劣化種類との対応関係、(2)各劣化種類に含まれる各劣化水準と中央値の範囲の対応関係、(3)各劣化種類に含まれる各劣化水準内の各保全行動指針と工程能力指数 C_{pik} の変化速度の範囲の対応関係をそれぞれ事前に設定しておく、特定された劣化種類に対して、その劣化水準、劣化の進行速度を把握することにより、現状に応じた最適な保全行動指針を容易に得ることができる。

【0021】

【発明の実施の形態】

続いて、添付した図面を参照しつつ、本発明を具体化した実施の形態につき説明し、本発明の理解に供する。

ここに、図1は本発明の一実施の形態に係る回転機械の劣化診断方法を適用した回転機械の劣化診断装置の説明図、図2は回転機械に特有の信号を含んだ振動検出センサからの出力信号を示す説明図、図3は2つの劣化種類における中央値の時間的変化に対してそれぞれ設定される上限値及び下限値の関係を示す説明図、図4は工程能力指数 C_{pik} の時間変化を示す説明図である。 10

図1に示すように、本発明の一実施の形態に係る回転機械の劣化診断方法を適用した回転機械の劣化診断装置10は、回転機械11で発生する振動を検出して劣化診断用のデータを作成するデータ作成系12と、得られた劣化診断用のデータに基づいて劣化診断を行う劣化診断系13とを有している。以下、これらについて詳細に説明する。

【0022】

データ作成系12は、回転機械11の振動を予め設定した時間間隔(例えば1~3分間隔)毎に所定時間(例えば、1~3秒)だけ測定する振動検出センサ14と、振動検出センサ14からの出力信号を増幅する増幅器15と、増幅された信号を複数の周波数領域に分割するバンドパスフィルタ16と、周波数領域毎に分割された各信号から振幅分布R、Sをそれぞれ求めその振幅分布R、Sを規定する振幅代表値A、Bの一例である振幅分布R、Sの平均値を算出して出力する機能を備えた平均値出力手段17を有している。 20

更に、データ作成系12には、第1のデータ群入出力手段18、第1の工程能力指数算出手段19、別の第1の工程能力指数算出手段20、及び第1の工程能力指数の同一性判定手段21が設けられている。

ここで、第1のデータ群入出力手段18は、外部からの指令に基づいて平均値出力手段17から出力される振幅代表値Aとしての平均値を受け入れて測定順に並べて第1のデータ群を作成すると共に、作成した第1のデータ群を出力する機能を備えている。 30

【0023】

第1の工程能力指数算出手段19は、第1のデータ群入出力手段18から最新の振幅代表値Aとしての平均値を含み測定順に連続した所定個数(例えば、100個)の振幅代表値Aとしての平均値を抽出して第2のデータ群を構成し、第2のデータ群の分布指標DAの一例である平均値のばらつき程度を示す工程能力指数 C_{pi} を算出する機能を備えている。

また、別の第1の工程能力指数算出手段20は、平均値出力手段17から出力される振幅代表値Bとしての平均値、及び第1の工程能力指数算出手段19が作成した第2のデータ群を受け入れ第2のデータ群中で最も古い振幅代表値Aとしての平均値を削除して新第2のデータ群を構成し、新第2のデータ群の分布指標DBの一例である平均値のばらつき程度を示す工程能力指数 C_{pi} を算出する機能を備えている。 40

【0024】

更に、第1の工程能力指数の同一性判定手段21は、各第1の工程能力指数算出手段19、20で算出された各工程能力指数 C_{pi} の同一性を判定し、各工程能力指数 C_{pi} が実質的に一致する場合は平均値出力手段17から出力された振幅代表値Bとしての平均値を振幅代表値Aとしての最新の平均値として第1のデータ群入出力手段18に向けて出力し、各工程能力指数 C_{pi} が実質的に一致しない場合は平均値出力手段17から出力された振幅代表値Bとしての平均値を削除する機能を備えている。

【0025】

このような構成とすることにより、回転機械 11 の劣化診断を行う際に、測定した振動の振幅分布 R から第 1 のデータ群としての初期データを作成することができる。また、測定した振動の振幅分布 S が劣化に起因する振動であるか否かの判定を行って、劣化に起因する振動の振幅代表値 B としての平均値だけを、第 1 のデータ群に逐次加えることができる。

ここで、振動検出センサ 14、増幅器 15、バンドパスフィルタ 16 には従来から使用されているものを適用することができる。また、平均値出力手段 17、第 1 のデータ群入出力手段 18、各第 1 の工程能力指数算出手段 19、20、及び第 1 の工程能力指数の同一性判定手段 21 は、前述した各機能を発現するプログラムを、例えば、パーソナルコンピュータに搭載することにより構成することができる。

10

【0026】

劣化診断系 13 は、第 1 のデータ群から連続した所定個数（例えば、200 個）の振幅の平均値を順次抽出し複数の第 3 のデータ群を構成していく機能を備えた第 3 のデータ群作成手段 22 と、各第 3 のデータ群に対してそれぞれ各第 3 のデータ群の代表値の一例である中央値 M を算出する機能を備えた中央値算出手段 23 と、各第 3 のデータ群の分布の統計指標の一例である平均値の偏りを考慮した工程能力指数 C_{pik} を順次求めてその変化速度を算出する機能を備えた第 2 の工程能力指数の変化速度算出手段 24 を有している。

また、劣化診断系 13 は、回転機械 11 で発生する劣化種類と発生する振動の周波数領域の対応関係、劣化種類毎に含まれる劣化水準と中央値の範囲の対応関係、及び各劣化種類に含まれる劣化水準内での各保全行動指針と工程能力指数 C_{pik} の変化速度の範囲の対応関係を予めそれぞれ作成して保存する機能を備えた劣化判定及び保全行動データベース 25 と、劣化判定手段 26 と、保全行動指針判定手段 27 を有している。

20

【0027】

ここで、劣化判定手段 26 は、中央値算出手段 23 から順次出力される中央値 M 及びその属する周波数領域を、劣化判定及び保全行動データベース 25 内に格納している各周波数領域と劣化種類との対応関係、及び各劣化種類に含まれる各劣化水準と中央値の範囲の対応関係とそれぞれ対比させて、劣化発生の有無、劣化種類、及び劣化水準の判定を行う機能を備えている。

また、保全行動指針判定手段 27 は、第 2 の工程能力指数の変化速度算出手段 24 から順次出力される中央値 M に対応する工程能力指数 C_{pik} の変化速度を劣化判定及び保全行動データベース 25 内に格納している各劣化種類に含まれる各劣化水準内での各保全行動指針と工程能力指数 C_{pik} の変化速度の範囲の対応関係と対比させて、該当する保全行動指針を出力する機能を備えている。

30

更に、劣化診断系 13 は、中央値算出手段 23 から順次出力される中央値 M、劣化判定手段 26 の判定結果、及び保全行動指針判定手段 27 の判定結果をそれぞれ表示する表示手段 28 を有している。

【0028】

このような構成とすることにより、第 1 のデータ群から時系列に並んだ複数の第 3 のデータ群を構成し、各群毎にその分布の中央値 M を求めるので、取り扱うデータ数を効率的に減少させて劣化の発生及びその変化挙動を明確化して示すことができる。そして、中央値 M の存在する周波数領域から劣化種類、中央値 M の大きさから劣化水準を把握することができる。

40

また、中央値 M に対応する工程能力指数 C_{pik} の変化速度から劣化の進行速度を把握することができる。劣化種類、劣化水準に応じた最適な保全行動指針を容易に得ることができる。

ここで、第 3 のデータ群作成手段 22、中央値算出手段 23、第 2 の工程能力指数の変化速度算出手段 24、劣化判定及び保全行動データベース 25、劣化判定手段 26、及び保全行動指針判定手段 27 は、上述の各機能を発現するプログラムを、例えば、パーソナルコンピュータに搭載することにより構成することができる。また、表示手段 28 としては

50

、市販されているパーソナルコンピュータ用の各種表示装置を使用することができる。

【0029】

次に、本発明の一実施の形態に係る回転機械の劣化診断方法について詳細に説明する。

回転機械11、例えば、モータの出力軸に直接ファンを取付けた送風機の劣化診断を実施した。

先ず、モータの両側の軸受け部に振動検出センサ14（例えば、加速度センサ）を取付け、回転機械11の振動を予め設定した時間間隔（例えば1～3分間隔）毎に所定時間（例えば、1～3秒）だけ測定する。振動検出センサ14からの出力信号を増幅器15で増幅した後、バンドパスフィルタ16で複数の周波数領域（例えば、1～3kHz、3～40kHz、10～40kHz）に分割した。ここで、振動検出センサ14から出力される信号には、図2に示すように、回転機械に特有の信号（P、Q、R）が突発的に混入している。このため、分割した各信号を平均値出力手段17に入力して、回転機械11の劣化に関連する振動を抽出しその振幅分布Rを求め、振幅分布Rの振幅代表値Aとしての平均値を算出し、第1のデータ群入出力手段18に順次入力して測定順に並んだ第1のデータ群内での初期データ（例えば、データ数が100～500個）を作成する。

10

【0030】

第1のデータ群内での初期データの作成が終了した後、回転機械11の劣化診断を開始した。

第1の工程能力指数算出手段19により、第1のデータ群入出力手段18から最新の平均値を含み測定順に連続した所定個数（例えば、100個）の平均値を抽出して第2のデータ群を構成し、第2のデータ群の分布指標DAとしての工程能力指数 C_{p_i} を算出する。次いで、第1の工程能力指数算出手段20により、平均値出力手段17から出力される振幅代表値Bとしての平均値、及び第1の工程能力指数算出手段19が作成した第2のデータ群を受け入れ、第2のデータ群中で最も古い平均値を削除して新第2のデータ群を構成し、新第2のデータ群の分布指標DBとしての工程能力指数 C_{p_i} を算出する。

20

【0031】

続いて、第1の工程能力指数の同一性判定手段21により、各第1の工程能力指数算出手段19、20で算出された各工程能力指数 C_{p_i} の同一性を判定し、各工程能力指数 C_{p_i} が実質的に一致する場合は平均値出力手段17から出力された振幅代表値Bとしての平均値を最新の振幅代表値Aとしての平均値として第1のデータ群入出力手段18に出力する。その結果、第1のデータ群には最新の平均値が加わりデータ数は1個増加する。一方、各工程能力指数 C_{p_i} が実質的に一致しない場合は平均値出力手段17から出力された振幅代表値Bとしての平均値を削除する。その結果、第1のデータ群では、データ数は変化しない。

30

ここで、各工程能力指数 C_{p_i} の差が、例えば0.25以下の場合、各工程能力指数 C_{p_i} は実質的に一致すると判定し、各工程能力指数 C_{p_i} の差が、例えば0.25を超えると各工程能力指数 C_{p_i} は実質的に一致しないと判定する。

また、各工程能力指数 C_{p_i} の同一性の判定は、測定した振動の各周波数領域毎に求めた各工程能力指数 C_{p_i} に対してそれぞれ行ない、全ての周波数領域で各工程能力指数 C_{p_i} の同一性が確認された場合にのみ各平均値を第1のデータ群に加えるようにする。

40

【0032】

第3のデータ群作成手段22により、第1のデータ群入出力手段18内に格納されている第1のデータ群を読み込んで、各周波数領域毎に、測定順に並んでいる各平均値を所定個数（例えば、200個）毎に分割して複数の第3のデータ群を構成する。そして、中央値算出手段23により、各周波数領域毎に、各第3のデータ群に対してそれぞれ中央値Mを算出する。

また、第2の工程能力指数の変化速度算出手段24により、各周波数領域毎に、各第3のデータ群に対してそれぞれ工程能力指数 $C_{p_{ik}}$ を順次求めてその変化速度を算出する。

ここで、工程能力指数 $C_{p_{ik}}$ の算出は、各周波数領域毎に、各第3のデータ群の中央

50

値 M に対して予め設定されている上限値及び下限値を使用して、前記した(2)式に基づいて行う。図3に、2つの劣化種類における、時間的に変化する中央値 M に対して設定される上限値及び下限値の関係を示す。

【0033】

劣化判定手段26は、劣化判定及び保全行動データベース25内に格納している各周波数領域と劣化種類との対応関係、及び各劣化種類に含まれる各劣化水準と中央値の範囲の対応関係をそれぞれ読み込んで、中央値算出手段23から順次出力される各周波数領域毎の中央値 M と対比させて、劣化種類、及び劣化水準の特定して表示手段28に表示する。

保全行動指針判定手段27は、第2の工程能力指数の変化速度算出手段24が算出した各周波数領域毎の工程能力指数 C_{pik} を、図4に示すような工程能力指数 C_{pik} の時間変化として表示手段28に表示すると共に、劣化判定及び保全行動データベース25内に格納している各劣化種類に含まれる各劣化水準内での各保全行動指針と工程能力指数 C_{pik} の変化速度の範囲の対応関係を読み込んで、第2の工程能力指数の変化速度算出手段24から順次出力される各周波数領域毎の工程能力指数 C_{pik} の変化速度と対比させて該当する保全行動指針を決定し、その内容を表示手段28に表示する。

ここで、保全行動指針とは、例えば、「定常周期監視継続」「短周期毎の監視実施」「定常周期監視に復帰」「点検計画立案」「直ちに運転停止」等の設備管理ガイダンスを指す。

【0034】

以上、本発明の実施の形態を説明したが、本発明は、この実施の形態に限定されるものではなく、発明の要旨を変更しない範囲での変更は可能であり、前記したそれぞれの実施の形態や変形例の一部又は全部を組み合わせる本発明の回転機械の劣化診断方法を構成する場合も本発明の権利範囲に含まれる。例えば、回転機械の振動の測定を1～3分間隔毎に、1～3秒の間に渡って行うようにしたが、劣化診断を行う回転機械の対象に合わせて測定周期と測定時間を任意に変更することができる。

バンドパスフィルタでの分割を1～3kHz、3～40kHz、10～40kHzの3分割としたが、回転機械の構成要素の種類に合わせて、周波数領域の幅と分割個数を任意に設定できる。

第2のデータ群のデータ数を100個としたが、劣化診断を行う回転機械の対象に合わせて、データ数を100個未満としても、101個以上としてもよい。また、第3のデータ群のデータ数を200個としたが、劣化診断を行う回転機械の対象に合わせて、データ数を200個未満としても、201個以上としてもよい。

【0035】

【発明の効果】

請求項1～7記載の回転機械の劣化診断方法においては、回転機械で発生する振動を回転機械に取付けた振動検出センサを用いて予め設定した時間間隔毎に所定時間だけ測定し、回転機械の劣化に関連する振動を抽出しその振幅分布 R をそれぞれ求め、各振幅分布 R を規定する振幅代表値 A を測定順に並べて第1のデータ群を作成する工程と、第1のデータ群の振幅代表値 A から最新の振幅代表値 A を含み測定順に連続した所定個数の振幅代表値 A を抽出して構成される第2のデータ群の分布指標 DA を求める工程と、回転機械で発生する振動を振動検出センサを用いて予め設定した時間間隔毎に所定時間だけ測定してその振幅分布 S から振幅分布 S を規定する振幅代表値 B を求め、第2のデータ群に加えると共に第2のデータ群から最も古い振幅代表値 A を除いて新第2のデータ群を構成して、その分布指標 DB を求める工程と、第2のデータ群の分布指標 DA 及び新第2のデータ群の分布指標 DB が実質的に一致する場合は振幅代表値 B を最新の振幅代表値 A として第1のデータ群に加え、第2のデータ群の分布指標 DA 及び新第2のデータ群の分布指標 DB が実質的に一致しない場合は振幅代表値 B を削除する工程とを有するので、回転機械の振動測定を行う際に、劣化に無関係な機械設備特有の信号を除去することが可能になる。

その結果、劣化がある程度進行し判定基準値に近づいてきても、劣化の評価結果に変動が生じることがなく、安定した劣化判定を行うことが可能になる。

10

20

30

40

50

【0036】

特に、請求項2記載の回転機械の劣化診断方法においては、各振幅分布R、Sは振動を複数の周波数領域に分割し各周波数領域毎にそれぞれ求めるので、劣化種類の特定が容易になって、劣化に対する保全対応の内容を事前に決定することが可能になる。

【0037】

請求項3記載の回転機械の劣化診断方法においては、各振幅代表値A、Bには各振幅分布R、Sの平均値を採用し、各分布指標DA、DBには各平均値のばらつき程度を示す工程能力指数 C_{pi} を採用するので、第2のデータ群と新第2のデータ群の同一性の有無を定量的に評価することができ、劣化に無関係な機械設備特有の信号を確実に除去することが可能になる。

10

【0038】

請求項4記載の回転機械の劣化診断方法においては、第1のデータ群から連続した所定個数の振幅代表値Aを順次抽出し複数の第3のデータ群を構成して各第3のデータ群毎に代表値及び各第3のデータ群の分布の統計指標を順次求め、各代表値の大きさから劣化水準の判定を行ない、各第3のデータ群の統計指標の変化速度から回転機械の保全内容を決定するので、劣化の発生と進行を逐次把握することが可能になると共に、劣化に対して早期に対応をとることが可能になる。

【0039】

請求項5記載の回転機械の劣化診断方法においては、各代表値には各第3のデータ群のそれぞれの中央値Mを採用し、統計指標には第3のデータ群の平均値の偏りを考慮した工程能力指数 C_{pik} を採用するので、各第3のデータ群の間の差を明確にして、劣化水準を定量的に表示することが可能になる。

20

また、統計指標には第3のデータ群の平均値の偏りを考慮した工程能力指数 C_{pik} を採用するので、中央値と平均値の分布の偏りを定量的に捉えることができる、劣化の進行を定量的に評価することが可能になる。

【0040】

請求項6記載の回転機械の劣化診断方法においては、工程能力指数 C_{pik} を算出する際に、各中央値Mに対してそれぞれ上限値及び下限値を予め設定しておくので、劣化の進行に併せて第3のデータ群の平均値の偏りを考慮した工程能力指数 C_{pik} を正確に求めることができ、劣化の進行をより正確に評価することが可能になる。

30

【0041】

請求項7記載の回転機械の劣化診断方法においては、各中央値Mに対してそれぞれ中央値Mの属する周波数領域、及び中央値Mに対応する工程能力指数 C_{pik} の変化速度を求め、予め設定しておいた(1)各周波数領域と劣化種類との対応関係、(2)各劣化種類に含まれる各劣化水準と中央値の範囲の対応関係、(3)各劣化種類に含まれる各劣化水準内での各保全行動指針と工程能力指数 C_{pik} の変化速度の範囲の対応関係とそれぞれ対比させて、劣化種類及び劣化水準を特定し、具体的な保全内容を決定するので、振幅代表値Aが時間的に激しく変動しても過敏な応答とならず、しかも、確実に劣化の進行を評価することができ、早期の段階で劣化の進行を認識することが可能となる。

更に、劣化種類、劣化水準、及び劣化の進行状況に対応して、具体的な保全行動指針を得ることができるため、専門知識を備えなくても効果的な設備管理を実施することが可能となる。

40

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態に係る回転機械の劣化診断方法を適用した回転機械の劣化診断装置の説明図である。

【図2】回転機械に特有の信号を含んだ振動検出センサからの出力信号を示す説明図である。

【図3】2つの劣化種類における、時間的に変化する中央値Mに対して設定される上限値及び下限値の関係を示す説明図である。

【図4】工程能力指数 C_{pik} の時間変化を示す説明図である。

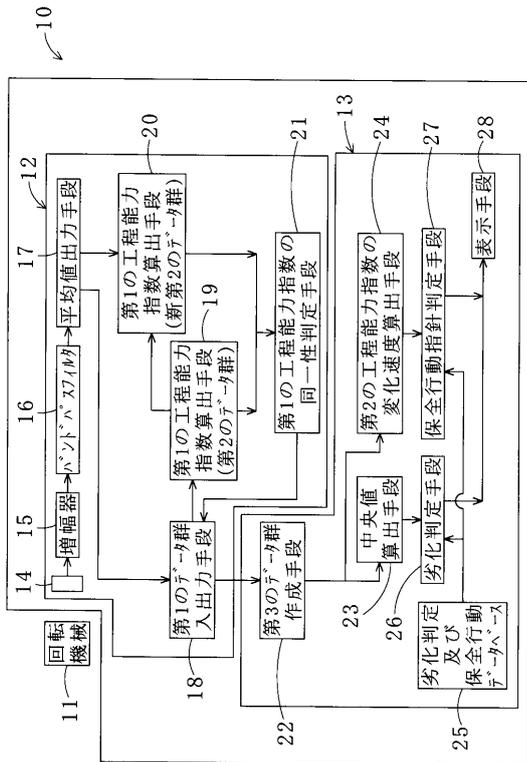
50

【図5】従来例における振動値の出力例を示す説明図である。

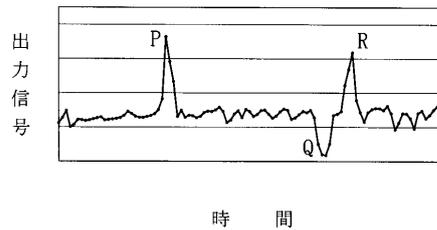
【符号の説明】

10：回転機械の劣化診断装置、11：回転機械、12：データ作成系、13：劣化診断系、14：振動検出センサ、15：増幅器、16：バンドパスフィルタ、17：平均値出力手段、18：第1のデータ群入出力手段、19、20：第1の工程能力指数算出手段、21：第1の工程能力指数の同一性判定手段、22：第3のデータ群作成手段、23：中央値算出手段、24：第2の工程能力指数の変化速度算出手段、25：劣化判定及び保全行動データベース、26：劣化判定手段、27：保全行動指針判定手段、28：表示手段

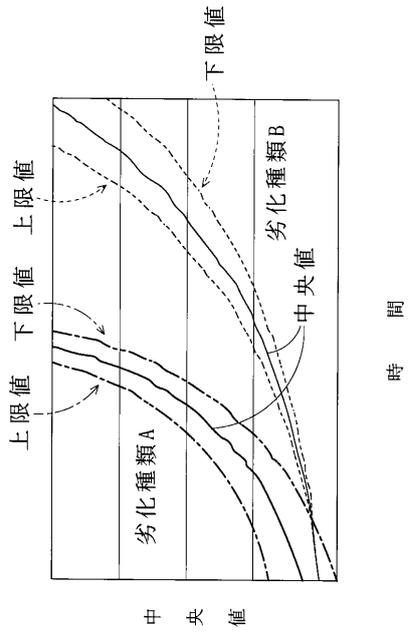
【図1】



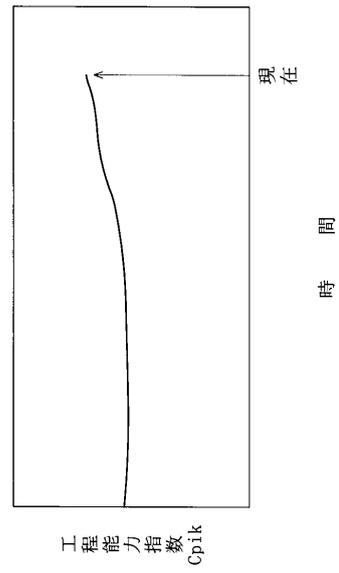
【図2】



【 图 3 】



【 图 4 】



【 图 5 】

