

(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2008-197007
(P2008-197007A)

(43) 公開日 平成20年8月28日(2008.8.28)

| (51) Int.Cl. | F I | テーマコード (参考) |
|-----------------------------|------------|-------------|
| GO1M 19/00 (2006.01) | GO1M 19/00 | Z 2G024 |
| GO5B 23/02 (2006.01) | GO5B 23/02 | T 2G064 |
| GO1H 17/00 (2006.01) | GO1H 17/00 | A 5H223 |

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2007-33658 (P2007-33658)
(22) 出願日 平成19年2月14日 (2007.2.14)

(71) 出願人 500262511
山本 隆義
広島県広島市西区己斐上2丁目54-20
(74) 代理人 110000176
一色国際特許業務法人
(72) 発明者 山本 隆義
広島県広島市西区己斐上2丁目54-20
Fターム(参考) 2G024 AD02 AD03 BA12 BA27 CA13
FA04 FA06
2G064 AA11 AB01 AB02 AB22
5H223 AA05 BB01 CC01 DD07 DD09
EE06 EE08 EE11 FF05

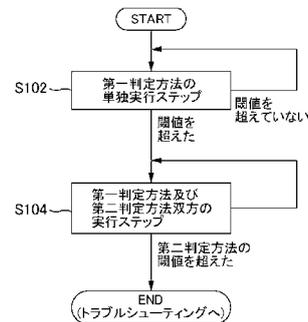
(54) 【発明の名称】 対象設備の診断方法、コンピュータプログラム、及び、対象設備を診断するための装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 対象設備の診断方法及び当該診断方法に引き続いて行われるトラブルシューティングの実行を簡便なものとするにある。

【解決手段】 T個の分割波形データに分割し、分割された該T個の分割波形データの各々をフーリエ変換してT個の周波数スペクトルを取得し、取得された該T個の周波数スペクトルの各々の強さをP個に分割された分割周波数帯毎に求め、前記分割周波数帯毎に求められた周波数スペクトルの強さに基づいて、主成分得点を、前記設備の動作が正常であるときに取得された振動加速度の波形データ、に基づいて予め求めておいた基準固有ベクトルを用いて前記T個の周波数スペクトル毎に求め、求められた主成分得点を所定の第二閾値と比較することにより対象設備の異常の有無を判定するステップを、データが該第一閾値を超えた際に開始することを特徴とする。

【選択図】 図9



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

対象となる設備の振動データとして、振動変位、振動速度、振動加速度、振動加速度の歪度、振動加速度の尖度、及び、振動加速度の波高率のうち少なくとも一つのデータを取得し、取得された該データを所定の第一閾値と比較することにより対象設備の異常の有無を判定する第一判定方法、

を実行するステップ、を繰り返す対象設備の診断方法であって、

対象となる設備の振動データとして、振動加速度の波形データを取得し、

取得された該波形データをT個の分割波形データに分割し、

分割された該T個の分割波形データの各々をフーリエ変換してT個の周波数スペクトルを取得し、

取得された該T個の周波数スペクトルの各々の強さをP個に分割された分割周波数帯毎に求め、

前記分割周波数帯毎に求められた周波数スペクトルの強さに基づいて、主成分得点を、前記設備の動作が正常であるときに取得された振動加速度の波形データ、に基づいて予め求めておいた基準固有ベクトルを用いて前記T個の周波数スペクトル毎に求め、

求められた主成分得点を所定の第二閾値と比較することにより対象設備の異常の有無を判定する第二判定方法、

を実行するステップ、を前記第一閾値と比較された前記データが該第一閾値を超えた際に開始することを特徴とする対象設備の診断方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の対象設備の診断方法において、

前記第二判定方法を実行するステップの開始後、前記第一判定方法を実行するステップ及び前記第二判定方法を実行するステップ、を繰り返すことを特徴とする対象設備の診断方法。

【請求項 3】

請求項 1 又は請求項 2 に記載の対象設備の診断方法において、

前記第二判定方法においては、

第一主成分得点乃至第P主成分得点のうち二つ以上の主成分得点を求めることを特徴とする対象設備の診断方法。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の対象設備の診断方法において、

前記第二判定方法においては、

第一主成分得点乃至第P主成分得点のうち三つ以上の主成分得点を求め、

求められた前記三つ以上の主成分得点のうち二つの主成分得点、の各々を用いて算出された第一値と、

前記三つ以上の主成分得点のうち二つの主成分得点であって、前記第一値の算出のために用いられる二つの主成分得点とは少なくとも一方が異なる二つの主成分得点、の各々を用いて算出された第二値と、

を前記第一値及び前記第二値に対応した前記第二閾値とそれぞれ比較することにより対象設備の異常の有無を判定することを特徴とする対象設備の診断方法。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の対象設備の診断方法を実現するためのコンピュータプログラム。

【請求項 6】

対象となる設備の振動データとして、振動変位、振動速度、振動加速度、振動加速度の歪度、振動加速度の尖度、及び、振動加速度の波高率のうち少なくとも一つのデータと、振動加速度の波形データと、を取得するためのセンサと、

請求項 5 に記載のコンピュータプログラムを備えたコンピュータと、

を有することを特徴とする対象設備を診断するための装置。

【発明の詳細な説明】

10

20

30

40

50

【技術分野】**【0001】**

本発明は、対象設備の診断方法、コンピュータプログラム、及び、対象設備を診断するための装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

対象となる設備の振動データを取得して、取得された振動データに基づいて対象設備を診断する方法については、様々なものが知られている。

例えば、前記振動データとして、振動変位、振動速度、振動加速度、振動加速度の歪度、振動加速度の尖度、振動加速度の波高率等のデータ、を取得し、取得されたデータを所定の閾値と比較することにより対象設備の異常の有無を判定する方法が考えられる（例えば、特許文献1参照）。

10

【0003】

また、取得された振動加速度の波形データに基づいて主成分得点を求める主成分分析による方法が考えられる。当該方法においては、対象となる設備の振動データとして、振動加速度の波形データを取得し、取得された該波形データをT個の分割波形データに分割し、分割された該T個の分割波形データの各々をフーリエ変換してT個の周波数スペクトルを取得し、取得された該T個の周波数スペクトルの各々の強さをP個に分割された分割周波数帯毎に求める。さらに、前記分割周波数帯毎に求められた周波数スペクトルの強さに基づいて、主成分得点を、前記設備の動作が正常であるときに取得された振動加速度の波形データ、に基づいて予め求めておいた基準固有ベクトルを用いて前記T個の周波数スペクトル毎に求め、求められた主成分得点を所定の閾値と比較することにより対象設備の異常の有無を判定する（例えば、特許文献2及び特許文献3参照）。

20

【0004】

そして、このような対象設備の診断方法が実行されて、設備が異常な状態へ移行したと判定された場合には、例えば、設備に対するトラブルシューティング（異常な状態へ移行した要因の探索、当該要因を除去して問題を解決するための対処方針の検討、当該対処方針を具体的実施する方法や実施時期の検討、当該対処方針の実施等）が行われる。

【特許文献1】特開2005-147081号公報

【特許文献2】特許第3382240号公報

30

【特許文献3】特許第3780299号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、対象設備の診断に関しては、ユーザは簡便さを求める傾向にある。すなわち、ユーザは、なるべく簡便に、対象設備の診断方法が実行されることを欲する。また、対象設備の診断方法に引き続いて行われる前述したトラブルシューティングも簡便に実施されることを望む。

【0006】

本発明は、かかる課題に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、対象設備の診断方法及び当該診断方法に引き続いて行われるトラブルシューティングの実行を簡便なものとするところにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

主たる本発明は、対象となる設備の振動データとして、振動変位、振動速度、振動加速度、振動加速度の歪度、振動加速度の尖度、及び、振動加速度の波高率のうち少なくとも一つのデータを取得し、取得された該データを所定の第一閾値と比較することにより対象設備の異常の有無を判定する第一判定方法、を実行するステップ、を繰り返す対象設備の診断方法であって、対象となる設備の振動データとして、振動加速度の波形データを取得し、取得された該波形データをT個の分割波形データに分割し、分割された該T個の分

50

割波形データの各々をフーリエ変換してT個の周波数スペクトルを取得し、取得された該T個の周波数スペクトルの各々の強さをP個に分割された分割周波数帯毎に求め、前記分割周波数帯毎に求められた周波数スペクトルの強さに基づいて、主成分得点を、前記設備の動作が正常であるときに取得された振動加速度の波形データ、に基づいて予め求めておいた基準固有ベクトルを用いて前記T個の周波数スペクトル毎に求め、求められた主成分得点を所定の第二閾値と比較することにより対象設備の異常の有無を判定する第二判定方法、を実行するステップ、を前記第一閾値と比較された前記データが該第一閾値を超えた際に開始することを特徴とする対象設備の診断方法である。

【0008】

本発明の他の特徴については、本明細書及び添付図面の記載により明らかにする。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

本明細書及び添付図面の記載により、少なくとも次のことが明らかにされる。

【0010】

対象となる設備の振動データとして、振動変位、振動速度、振動加速度、振動加速度の歪度、振動加速度の尖度、及び、振動加速度の波高率のうち少なくとも一つのデータを取得し、取得された該データを所定の第一閾値と比較することにより対象設備の異常の有無を判定する第一判定方法、を実行するステップ、を繰り返す対象設備の診断方法であって、対象となる設備の振動データとして、振動加速度の波形データを取得し、取得された該波形データをT個の分割波形データに分割し、分割された該T個の分割波形データの各々をフーリエ変換してT個の周波数スペクトルを取得し、取得された該T個の周波数スペクトルの各々の強さをP個に分割された分割周波数帯毎に求め、前記分割周波数帯毎に求められた周波数スペクトルの強さに基づいて、主成分得点を、前記設備の動作が正常であるときに取得された振動加速度の波形データ、に基づいて予め求めておいた基準固有ベクトルを用いて前記T個の周波数スペクトル毎に求め、求められた主成分得点を所定の第二閾値と比較することにより対象設備の異常の有無を判定する第二判定方法、を実行するステップ、を前記第一閾値と比較された前記データが該第一閾値を超えた際に開始することを特徴とする対象設備の診断方法。

20

かかる対象設備の診断方法によれば、対象設備の診断方法及び当該診断方法に引き続いて行われるトラブルシューティングの実行が簡便なものとなる。

30

【0011】

また、前記第二判定方法を実行するステップの開始後、前記第一判定方法を実行するステップ及び前記第二判定方法を実行するステップ、を繰り返すこととしてもよい。

かかる場合には、トラブルシューティングを実行する直前の第二判定方法による判定結果だけでなく、該直前の第一判定方法による判定結果も得ることができる。

【0012】

また、前記第二判定方法においては、第一主成分得点乃至第P主成分得点のうち二つ以上の主成分得点を求めることとしてもよい。

かかる場合には、対象設備が異常な状態へ移行する要因を複数の要因の中から推定することが可能となる。

40

【0013】

また、前記第二判定方法においては、第一主成分得点乃至第P主成分得点のうち三つ以上の主成分得点を求め、求められた前記三つ以上の主成分得点のうち二つの主成分得点、の各々を用いて算出された第一値と、前記三つ以上の主成分得点のうち二つの主成分得点であって、前記第一値の算出のために用いられる二つの主成分得点とは少なくとも一方が異なる二つの主成分得点、の各々を用いて算出された第二値と、を前記第一値及び前記第二値に対応した前記第二閾値とそれぞれ比較することにより対象設備の異常の有無を判定することとしてもよい。

かかる場合には、設定する閾値の数を少なくすることができる。

【0014】

50

また、上述した対象設備の診断方法を実現するためのコンピュータプログラムも実現可能である。

かかるコンピュータプログラムによれば、対象設備の診断方法及び当該診断方法に引き続いて行われるトラブルシューティングの実行が簡便なものとなる。

【 0 0 1 5 】

また、対象となる設備の振動データとして、振動変位、振動速度、振動加速度、振動加速度の歪度、振動加速度の尖度、及び、振動加速度の波高率のうちの少なくとも一つのデータと、振動加速度の波形データと、を取得するためのセンサと、上述したコンピュータプログラムを備えたコンピュータと、を有することを特徴とする対象設備を診断するための装置も実現可能である。

10

かかる対象設備を診断するための装置によれば、対象設備の診断方法及び当該診断方法に引き続いて行われるトラブルシューティングの実行が簡便なものとなる。

【 0 0 1 6 】

＝ ＝ 本実施の形態に係る対象設備の診断方法について ＝ ＝

次に、本実施の形態に係る対象設備の診断方法について説明する。なお、本実施の形態に係る対象設備の診断方法においては、対象設備の異常の有無を判定するための二種類の判定方法（第一判定方法及び第二判定方法と呼ぶ）が実行される。以下では、先ず、これらの判定方法の各々について説明し、これに引き続いて、これらの判定方法がどのようなタイミングで行われるかについて説明する。

【 0 0 1 7 】

20

なお、本明細書では、対象となる設備として、回転機械、例えば、モータにより駆動されるポンプ、を例に挙げて説明するが、対象設備は、当然のことながら、これに限定されるものではない。

【 0 0 1 8 】

< < 第一判定方法について > >

ここでは、図 1 を用いて、第一判定方法について説明する。図 1 は、第一判定方法を示すフローチャートである。

なお、本項で説明する第一判定方法は、背景技術の項で述べた一番目の判定方法（すなわち、参照先が特許文献 1 である判定方法）である。ただし、厳密に見た場合には、本実施の形態に係る第一判定方法は、特許文献 1 に記載された判定方法と、異なるものである。

30

【 0 0 1 9 】

本フローチャートは、ポンプの振動データとして、ポンプの振動加速度の波形データを取得することから始まる（ステップ S 2）。なお、本例において、波形データは、センサの一例としての加速度センサにより取得される。

【 0 0 2 0 】

次に、当該波形データに基づいて、振動データとしての振動変位 V 1 a、振動速度 V 1 b、振動加速度 V 1 c、振動加速度の歪度 V 1 d、振動加速度の尖度 V 1 e、及び、振動加速度の波高率 V 1 f のうちの少なくとも一つのデータ（本実施の形態においては、全てのデータ）を取得する（ステップ S 4）。これらのデータは、具体的には、以下のよう

40

【 0 0 2 1 】

先ず、取得された前記波形データから N 個のサンプル値を得る。そして、振動加速度 V 1 c は、N 個のサンプル値の平均を算出することにより導き出される。また、振動加速度の歪度 V 1 d 及び尖度 V 1 e は、それぞれ、以下の数式により導き出される。

【数 1】

$$\text{歪度 } V_{1d} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^3}{\sigma^3} \quad \dots\dots (1)$$

(x_i : サンプル値、 \bar{x} : N 個の x_i の平均値、 σ : N 個の x_i の標準偏差)

【数 2】

$$\text{尖度 } V_{1e} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^4}{\sigma^4} \quad \dots\dots (2)$$

(x_i : サンプル値、 \bar{x} : N 個の x_i の平均値、 σ : N 個の x_i の標準偏差)

10

【0022】

また、振動加速度の波高率 $V1f$ を導出するためには、先ず、前記波形データから、極大値のみをサンプリングする（ここでは、 M 個の極大値がサンプリングされたとする）。そして、当該 M 個の極大値の平均値を、当該 M 個の極大値の標準偏差で割ることにより、当該波高率 $V1f$ が導き出される。

【0023】

20

また、振動加速度の波形データを積分したもものから N 個のサンプル値を得て、これらの N 個のサンプル値の平均を算出することにより、振動速度 $V1b$ が導き出される。また、振動加速度の波形データを積分したものをさらに積分したもものから N 個のサンプル値を得て、これらの N 個のサンプル値の平均を算出することにより、振動変位 $V1a$ が導き出される。

【0024】

このようにして、データ $V1a$ 、 $V1b$ 、 $V1c$ 、 $V1d$ 、 $V1e$ 、 $V1f$ が取得されると、次に、これらのデータを、所定の（予め定められた）第一閾値 $Th1a$ 、 $Th1b$ 、 $Th1c$ 、 $Th1d$ 、 $Th1e$ 、 $Th1f$ （なお、便宜上、本項で説明する第一判定方法において用いられる閾値を第一閾値と、次項で説明する第二判定方法において用いられる閾値を第二閾値と、それぞれ呼ぶこととする）と比較することによりポンプの異常の有無を判定する（ステップ $S6$ ）。すなわち、データ $V1a$ 、 $V1b$ 、 $V1c$ 、 $V1d$ 、 $V1e$ 、 $V1f$ が第一閾値 $Th1a$ 、 $Th1b$ 、 $Th1c$ 、 $Th1d$ 、 $Th1e$ 、 $Th1f$ を超えた場合には、ポンプに異常が発生したものと判定される。

30

【0025】

なお、第一閾値 $Th1a$ 、 $Th1b$ 、 $Th1c$ 、 $Th1d$ 、 $Th1e$ 、 $Th1f$ は、どのような方法で決めてもよいが、ポンプの動作が正常であるとき（例えば、ポンプの運用初期時）のデータとポンプの動作が異常であるときのデータとを集積し、集積されたデータを分析して、どの値にするかを定めるのが望ましい。

【0026】

40

<<< 第二判定方法について >>>

次に、図 2 乃至図 8 を用いて、第二判定方法について説明する。図 2 は、第二判定方法を示すフローチャートである。図 3 は、波形データの、分割波形データへの分割、を説明するための説明図である。図 4 乃至図 8 については、後述する。

【0027】

なお、本項で説明する第二判定方法は、背景技術の項で述べた二番目の判定方法（すなわち、参照先が特許文献 2 及び特許文献 3 である判定方法）である。ただし、厳密に見た場合には、本実施の形態に係る第二判定方法は、特許文献 2 及び特許文献 3 に記載された判定方法と、異なるものである。

【0028】

50

本フローチャートは、ポンプの振動データとして、ポンプの振動加速度の波形データを取得することから始まる（ステップS12）。なお、本例において、波形データは前記加速度センサにより取得される。

【0029】

次に、図3に示すように、取得された波形データをT個の分割波形データに分割する（時間軸方向における分割、ステップS14）。そして、T個の分割波形データの各々をフーリエ変換してT個の周波数スペクトルを得る（ステップS16）。さらに、T個の周波数スペクトルの各々の強さをP個に分割された分割周波数帯毎に求める（周波数軸方向における分割、ステップS18）。

【0030】

図4及び図5は、取得された波形データの、前記時間軸方向及び周波数軸方向における分割、の様子を示した説明図と表である。これらの図から明らかなように、ステップS14からステップS18までの手順により、取得された波形データに基づいて、 $T \times P$ 個の周波数スペクトルの強さが求められる。なお、 $T \times P$ 個の周波数スペクトルの強さの各々を、 X_{ij} ($i = 1, \dots, t, j = 1, \dots, p$) とし、P個の分割周波数帯の各々の中心周波数を、 f_j ($j = 1, \dots, p$) とする。

次に、分割周波数帯毎に求められた周波数スペクトルの強さ X_{ij} に基づいて、主成分得点を、T個の周波数スペクトル毎に求める（ステップS20）。

【0031】

かかる際に、先ず、周波数スペクトルの強さ X_{11}, \dots, X_{1p} の平均(Ave)と分散(Var)を求め、算出式： $X'_{1j} = (X_{1j} - Ave) / Var$ により、標準化された周波数スペクトルの強さ X'_{11}, \dots, X'_{1p} を求める。そして、この手順を、 $X_{21}, \dots, X_{2p}, X_{31}, \dots, X_{3p}, \dots, X_{t1}, \dots, X_{tp}$ に対してそれぞれ行い、 $T \times P$ 個の標準化された周波数スペクトルの強さ X'_{ij} を得る。

【0032】

そして、 X'_{ij} をベクトルで表して、当該ベクトルを X' とすると、主成分得点Zは、算出式： $Z = A$ (固有ベクトル) $\cdot X'$ により、算出される（なお、固有ベクトルAは、波形データの周波数スペクトルの強さ X_{ij} から求められる相関行列C、を含んだ固有方程式 $CA = A$ から、算出される）。このようにして、主成分得点Zが、T個の周波数スペクトル毎に算出される。なお、主成分得点Zは、上述のとおり、固有ベクトルAを用いることにより算出されるが、当該主成分得点Zを求める際に使用する固有ベクトルAとして、設備（ポンプ）の動作が正常であるときに取得された前記波形データ、に基づいて予め求めておいた基準固有ベクトルAb、を用いる（すなわち、 $Z = Ab \cdot X'$ となる）。

【0033】

次に、ステップS20において求められた主成分得点を、所定の（予め定められた）第二閾値と比較することによりポンプの異常の有無を判定する（ステップS22）。なお、本実施の形態に係る第二判定方法においては、主成分得点の第二閾値との比較方法を、前述した特許文献2及び特許文献3の方法と異ならせている。すなわち、前記主成分得点Zを求める際には、第一主成分得点から第P主成分得点までのP個の主成分得点を求めることが可能であるが、本実施の形態に係る第二判定方法の前記ステップS20においては、第一主成分得点乃至第P主成分得点のうちの一つ以上の主成分得点を求める。そして、求められた前記一つ以上の主成分得点のうちの一つの主成分得点、の各々を用いて算出された第一値と、前記一つ以上の主成分得点のうちの一つの主成分得点であって、前記第一値の算出のために用いられる一つの主成分得点とは少なくとも一方が異なる一つの主成分得点、の各々を用いて算出された第二値と、を前記第一値及び前記第二値に対応した前記第二閾値とそれぞれ比較する。以下、このように変更した（異ならせた）理由と具体的な比較方法を説明する。

【0034】

本発明者等は、実験を繰り返して実験データを集積し、集積されたデータを分析して検

10

20

30

40

50

討を行った結果、主成分分析を用いた第二判定方法により、対象設備の異常状態の検知のみならず、対象設備が異常な状態へ移行する要因を推定することも可能であることを見出した。これについて、図6乃至図8を用いて説明する。

【0035】

対象設備が異常な状態へ移行する要因としては、様々なものがある。例えば、軸受けに傷が生じたり、回転軸にアンバランスが生じたり、部材にミスアライメントが生じると、対象設備が異常な状態へ移行する。そして、本発明者等は、前記検討により、軸受けに傷が生じて、対象設備が異常な状態へ移行したときには、前記P個の主成分得点のうち第一主成分得点及び第二主成分得点の値に顕著な変化が生じ、回転軸にアンバランスが生じて、対象設備が異常な状態へ移行したときには、第七主成分得点及び第八主成分得点の値に顕著な変化が生じ、部材にミスアライメントが生じて、対象設備が異常な状態へ移行したときには、第七主成分得点及び第八主成分得点の値に顕著な変化が生じることを見出した。

10

【0036】

図6乃至図8は、対象設備が異常な状態へ移行したときの主成分得点の値を表した図であり、図6は、軸受けに傷が生じて、対象設備が異常な状態へ移行したときの実験データに基づいたものであり、図7は、回転軸にアンバランスが生じて、対象設備が異常な状態へ移行したときの実験データに基づいたものであり、図8は、部材にミスアライメントが生じて、対象設備が異常な状態へ移行したときの実験データに基づいたものである。

【0037】

各図においては、当該主成分得点の値を、XY座標に丸印でプロットしている。各図におけるX軸（横軸）及びY軸（縦軸）は、主成分得点を表しているが、当該主成分得点の番号が、軸毎に、また、図毎に異なっている。より具体的に説明すると、図6においては、第一主成分得点及び第二主成分得点を、それぞれ、X軸（横軸）及びY軸（縦軸）に取っており、図7においては、第七主成分得点及び第八主成分得点を、それぞれ、X軸（横軸）及びY軸（縦軸）に取っており、図8においては、第五主成分得点及び第六主成分得点を、それぞれ、X軸（横軸）及びY軸（縦軸）に取っている。

20

【0038】

また、対象設備が異常な状態へ移行したときの主成分得点の値（すなわち、丸印のプロット）との比較のために、対象設備が正常な状態のときの主成分得点の値もXY座標にx印でプロットしている。なお、丸印のプロットとx印のプロットが、それぞれ複数あるのは、主成分得点が、前述したとおり、T個の周波数スペクトル毎に算出されるためである（すなわち、丸印のプロットとx印のプロットは、XY座標上に、それぞれT個存在している）。

30

【0039】

そして、図6を見ると、軸受けに傷が生じて対象設備が異常な状態へ移行したときには、第一主成分得点の値が正の方向に第二主成分得点の値が負の方向に変位し、図7を見ると、回転軸にアンバランスが生じて対象設備が異常な状態へ移行したときには、第七主成分得点の値及び第八主成分得点が正の方向に変位し、図8を見ると、部材にミスアライメントが生じて対象設備が異常な状態へ移行したときには、第五主成分得点の値及び第六主成分得点が負の方向に変位することが分かる。

40

【0040】

そして、かかる事項を利用して、対象設備（本実施の形態においては、ポンプ）が異常な状態へ移行する要因の推定を簡易に実現するために、発明者等は、主成分得点の第二閾値との比較方法を以下のように行うこととした。すなわち、本実施の形態に係る第二判定方法の前記ステップS20においては、第一主成分得点乃至第P主成分得点のうち三つ以上の主成分得点、すなわち、第一、第二、第五、第六、第七、第八主成分得点、をT個の周波数スペクトル毎に求める。

【0041】

そして、第一主成分得点及び第二主成分得点、の各々を用いて、以下のように前述した

50

第一値を算出する。すなわち、先ず、T個の第一主成分得点の平均値 $Ave1$ とT個の第二主成分得点の平均値 $Ave2$ とを求める。そして、次に、双方の2乗和の平方根（すなわち、 $(Ave1)^2 + (Ave2)^2$ の平方根）を前記第一値 $V2a$ として算出する。そして、この第一値 $V2a$ を、当該第一値 $V2a$ に対応した前記第二閾値 $Th2a$ と比較する。なお、この第一値 $V2a$ は、前記XY座標で見ると、T個の前記プロットの重心の、原点からの距離、に相当する。したがって、第一値 $V2a$ を第二閾値 $Th2a$ と比較することは、当該重心の原点からの離れ度合いが閾値を超えているか否かを見ることを意味する。

【0042】

また、前記第二値が、同様の方法で算出され、第二閾値と比較される。すなわち、先ず、T個の第七主成分得点の平均値 $Ave7$ とT個の第八主成分得点の平均値 $Ave8$ とを求める。そして、次に、双方の2乗和の平方根（すなわち、 $(Ave7)^2 + (Ave8)^2$ の平方根）を前記第二値 $V2b$ として算出する。そして、この第二値 $V2b$ を、当該第二値 $V2b$ に対応した前記第二閾値 $Th2b$ と比較する。また、本実施の形態においては、第三値が、同様の方法で算出され、第二閾値と比較される。すなわち、先ず、T個の第五主成分得点の平均値 $Ave5$ とT個の第六主成分得点の平均値 $Ave6$ とを求める。そして、次に、双方の2乗和の平方根（すなわち、 $(Ave5)^2 + (Ave6)^2$ の平方根）を第三値 $V2c$ として算出する。そして、この第三値 $V2c$ を、当該第三値 $V2c$ に対応した前記第三閾値 $Th2c$ と比較する。

【0043】

以上の通り、本実施の形態に係る第二判定方法においては、求められた主成分得点を第二閾値と直接的に比較するのではなく、求められた主成分得点から第一値 $V2a$ 、第二値 $V2b$ 、及び、第三値 $V2c$ を一旦求め、求められたこれらの値を、これらの値に対応した第二閾値 $Th2a$ 、 $Th2b$ 、 $Th2c$ とそれぞれ比較する（すなわち、求められた主成分得点を、間接的に第二閾値と比較する）。そして、第一値 $V2a$ 、第二値 $V2b$ 、第三値 $V2c$ のいずれかが第二閾値 $Th2a$ 、 $Th2b$ 、 $Th2c$ を超えた場合には、ポンプに異常が発生したものと判定されるが、かかる際に、第一値 $V2a$ 、第二値 $V2b$ 、及び、第三値 $V2c$ のうちのどの値が第二閾値を超えたかを把握することにより、ポンプが異常な状態へ移行した要因を推定することができる。すなわち、第一値 $V2a$ が第二閾値 $Th2a$ を超えた場合には、前記要因が軸受けに生じた傷であることが推定され、第二値 $V2b$ が第二閾値 $Th2b$ を超えた場合には、前記要因が回転軸に生じたアンバランスであることが推定され、第三値 $V2c$ が第二閾値 $Th2c$ を超えた場合には、前記要因が部材に生じたミスアライメントであることが推定される。

【0044】

なお、第二閾値 $Th2a$ 、 $Th2b$ 、 $Th2c$ は、どのような方法で決めてもよいが、ポンプの動作が正常であるとき（例えば、ポンプの運用初期時）のデータとポンプの動作が異常であるときのデータとを集積し、集積されたデータを分析して、どの値にするかを定めるのが望ましい。

【0045】

<<< 第一判定方法及び第二判定方法の実行タイミングについて >>>

上述したとおり、本実施の形態に係る対象設備の診断方法においては、対象設備の異常の有無を判定するための二種類の判定方法である第一判定方法及び第二判定方法が実行される。そして、本実施の形態においては、双方の判定方法の実行タイミングが互いに異なっている。以下では、第一判定方法及び第二判定方法の実行タイミングを説明することにより、本実施の形態に係る対象設備の診断方法を明らかにする。

【0046】

図9は、本実施の形態に係るポンプの診断方法を示したフローチャートである。ポンプの運用が開始されて、ポンプが動作し始めると、これに伴い、ポンプの診断が開始される（START）。この際に、当該診断として、先ず、第一判定方法を実行するステップのみが開始される。そして、第一判定方法において、前述したデータ $V1a$ 、 $V1b$ 、 $V1$

10

20

30

40

50

c、V1d、V1e、V1fが、第一閾値Th1a、Th1b、Th1c、Th1d、Th1e、Th1fと比較されるが、データV1a、V1b、V1c、V1d、V1e、V1fが、第一閾値Th1a、Th1b、Th1c、Th1d、Th1e、Th1fを超えない間（換言すれば、第一判定方法により、ポンプが正常な状態にあると判定されている間）は、第一判定方法を実行するステップのみが繰り返し実施される（ステップS102）。

【0047】

そして、第一判定方法において、前述したデータV1a、V1b、V1c、V1d、V1e、V1fが、第一閾値Th1a、Th1b、Th1c、Th1d、Th1e、Th1fを超えた際（本実施の形態においては、データV1a、V1b、V1c、V1d、V1e、V1fのうちの一つでも、第一閾値を超えたとき）、換言すれば、第一判定方法によりポンプが異常な状態に移行したと判定された際、には、第二判定方法を実行するステップが開始される。そして、当該ステップの開始後は、第一判定を実行するステップ及び第二判定方法を実行するステップが繰り返し実施されることとなる（ステップS104）。そして、第二判定方法において、前述した第一値V1a、第二値V1b、第三値V1cが、第二閾値Th2a、Th2b、Th2cと比較されるが、第一値V1a、第二値V1b、第三値V1cが、第二閾値Th2a、Th2b、Th2cを超えない間（換言すれば、第二判定方法により、ポンプが正常な状態にあると判定されている間）は、第一判定を実行するステップ及び第二判定方法を実行するステップの繰り返し実施が継続する。

10

【0048】

一方、第二判定方法において、第一値V1a、第二値V1b、第三値V1cが、第二閾値Th2a、Th2b、Th2cを超えた際（本実施の形態においては、第一値V1a、第二値V1b、第三値V1cのうちの一つでも、第二閾値を超えたとき）、換言すれば、第二判定方法によりポンプが異常な状態に移行したと判定された際、には、ポンプの診断を終了して（END）、ポンプに対するトラブルシューティングを実施することとなる。

20

【0049】

上述したとおり、本実施の形態に係る対象設備（ポンプ）の診断方法においては、第一判定方法を実行するステップを繰り返し、第一閾値と比較されたデータが第一閾値を超えた際に、第二判定方法を開始するようにしている。このことにより、対象設備（ポンプ）の診断方法及び当該診断方法に引き続いて行われるトラブルシューティングの実行を簡便なものとすることができる。

30

【0050】

ここで、比較例として、第一判定方法を実行するステップのみを繰り返す（第二判定方法は実行されない）対象設備の診断方法について考察すると、当該診断方法には、以下のデメリットが存在する。すなわち、この診断方法では、対象設備の異常状態の検知はできるものの、対象設備が異常な状態へ移行する要因を推定することはできない。したがって、当該診断方法に引き続いて行われるトラブルシューティングにおいて、対象設備が異常な状態へ移行した要因の探索を行う際に、一から（予測される前記要因について何も情報がない状況から）当該探索を行わなければならない、トラブルシューティングが簡便に行われないこととなる。したがって、トラブルシューティングの簡便な実施というユーザのニーズに応えることができない。

40

【0051】

一方、第二判定方法を実行するステップのみを繰り返す（第一判定方法は実行されない）対象設備の診断方法について考察すると、当該診断方法には、以下のデメリットが存在する。すなわち、前述した第一判定方法及び第二判定方法についての説明から容易に理解できるように、第二判定方法については、第一判定方法よりも、算出アルゴリズムが複雑であるため（複雑な処理が必要であるため）、第二判定方法は、結果が得られるまでの時間を要したり、判定方法を実施するための装置により多くの負荷をかけたりする。したがって、診断方法の簡便な実施というユーザのニーズに応えることができない。

【0052】

50

これに対し、本実施の形態に係る対象設備の診断方法においては、診断方法の簡便な実施という観点から、通常は、第一判定方法のみを実行する。そして、前記データが第一閾値を超えた際に初めて（第一閾値を超えた特別な場合に限って）、第二判定方法を実行する。そして、第二判定方法の実行の際に、主成分得点が第二閾値を超えると、対象設備が異常な状態へ移行する要因が推定される。そして、当該診断方法に引き続いて行われるトラブルシューティングにおいて、対象設備が異常な状態へ移行した要因の探索を行う際には、当該要因が予測された状態で当該探索を開始することができ、したがって、トラブルシューティングが簡便に行われることとなる。このように、本実施の形態に係る対象設備の診断方法は、対象設備の診断方法及び当該診断方法に引き続いて行われるトラブルシューティングの実行の双方を簡便なものとしたいというユーザのニーズに応えるものとなっている。

10

【0053】

なお、上述した第二判定方法においては、求められた主成分得点を、間接的に第二閾値と比較することとしたが、これに限定されるものではなく、求められた主成分得点を第二閾値と直接的に比較してもよい。例えば、第一、第二、第五、第六、第七、及び、第八主成分得点をそれぞれ求めて、求められた各々の主成分得点を、各々の主成分得点に対応した第二閾値（すなわち、第二閾値が6個あることとなる）とそれぞれ比較することとしてもよい。当然のことながら、このようにしても、対象設備が異常な状態へ移行する要因の推定は可能である。

20

ただし、設定する閾値の数を少なくすることができる点で、上記実施の形態の方が望ましい。

【0054】

また、第一主成分得点乃至第P主成分得点のうちの一つ以上の主成分得点を求めるのではなく、一つの主成分得点のみを求めて、これを第二閾値と比較することとしてもよい。このような場合でも、推定可能な要因は一つに限定されるものの、当該推定は可能である。

【0055】

=== 対象設備を診断するための装置 ===

次に、上述した対象設備の診断方法を実現するための対象設備を診断するための装置（以下、当該装置を、対象設備診断装置とも呼ぶ）の一例について、図10を用いて説明する。図10は、対象設備診断装置の一例を示す概念図である。

30

【0056】

前述したとおり、本実施の形態において、対象となる設備は、ポンプ2であり、したがって、対象設備診断装置は、ポンプ診断装置102である。

ポンプ診断装置102は、加速度センサ104と、コンピュータ114と、表示装置116と、を備えている。

【0057】

加速度センサ104は、ポンプ2の振動データとして、振動変位、振動速度、振動加速度、振動加速度の歪度、振動加速度の尖度、及び、振動加速度の波高率のうちの一つのデータ（本実施の形態においては、全てのデータ）と、振動加速度の波形データと、を取得する機能を有している。なお、センサは、上記を取得する機能を有しているものであれば、加速度センサ104に限定されず、どのようなもの（例えば、A Eセンサ（Acoustic Emission Sensor））でも構わない。

40

【0058】

コンピュータ114は、上述した診断方法を実現するためのコンピュータプログラム114aを有しており、当該コンピュータプログラム114aをコンピュータ114に設けられたCPUが処理することにより、上述した診断方法が実行される。前記コンピュータプログラム114aは、上述した診断方法を実行するためのコードから構成されている。なお、当該コンピュータ114は、一つの装置ではなく、複数の装置からなることとしてもよい。また、かかる際に、コンピュータプログラム114aは、複数の装置の各々に分

50

かれて、備えられていることとしてもよい。

表示装置 116 は、ポンプ診断装置 102 の操作者に各種情報を与える機能を有する。

【0059】

=== その他の実施の形態 ===

以上、上記実施の形態に基づき本発明に係る対象設備の診断方法を説明したが、上記発明の実施の形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定するものではない。本発明は、その趣旨を逸脱することなく、変更、改良され得ると共に、本発明にはその等価物が含まれることはもちろんである。

【0060】

上記実施の形態においては、第二判定方法を実行するステップの開始後、第一判定方法を実行するステップ及び第二判定方法を実行するステップ、を繰り返すこととしたが、これに限定されるものではない。例えば、第二判定方法を実行するステップの開始後は、第一判定方法を実行しないこととしてもよい。

10

ただし、トラブルシューティングを実行する直前の第二判定方法による判定結果だけでなく、該直前の第一判定方法による判定結果も得ることができる点で、上記実施の形態の方が望ましい。

【0061】

また、上記実施の形態においては、第二判定方法の判定結果のみに基づいて、トラブルシューティングを実行するか否かを定める例を示したが、これに限定されるものではない。例えば、第一判定方法に係る第一閾値として、2段階の閾値（例えば、注意レベルの第一閾値と危険レベルの第一閾値）を用意し、前記データが注意レベルの第一閾値を超える際に、第二判定方法を開始し、前記データが危険レベルの第一閾値を超えるか、又は、主成分得点が第二閾値を超える際に、診断を終了してトラブルシューティングを実施することとしてもよい。

20

【図面の簡単な説明】

【0062】

【図1】第一判定方法を示すフローチャートである。

【図2】第二判定方法を示すフローチャートである。

【図3】波形データの、分割波形データへの分割、を説明するための説明図である。

【図4】取得された波形データの、時間軸方向及び周波数軸方向における分割、の様子を示した説明図である。

30

【図5】取得された波形データの、前記時間軸方向及び周波数軸方向における分割、の様子を示した表である。

【図6】軸受けに傷が生じて対象設備が異常な状態へ移行したときの主成分得点の値を表した図である。

【図7】回転軸にアンバランスが生じて対象設備が異常な状態へ移行したときの主成分得点の値を表した図である。

【図8】部材にミスアライメントが生じて対象設備が異常な状態へ移行したときの主成分得点の値を表した図である。

【図9】本実施の形態に係るポンプの診断方法を示したフローチャートである。

40

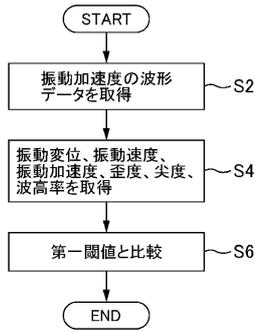
【図10】対象設備診断装置の一例を示す概念図である。

【符号の説明】

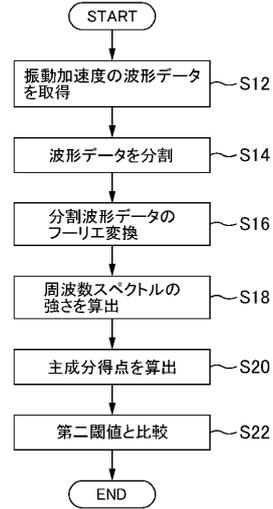
【0063】

- 2 ポンプ
- 102 ポンプ診断装置
- 104 加速度センサ
- 114 コンピュータ
- 114 a コンピュータプログラム
- 116 表示装置

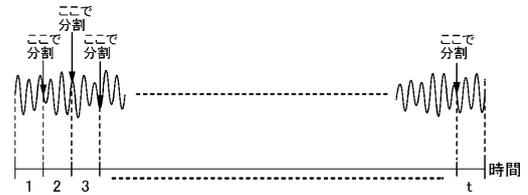
【 図 1 】



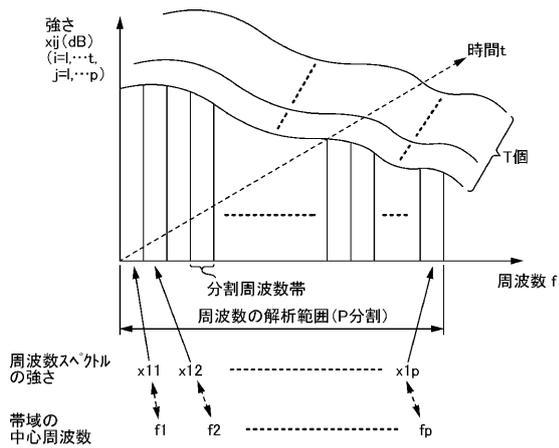
【 図 2 】



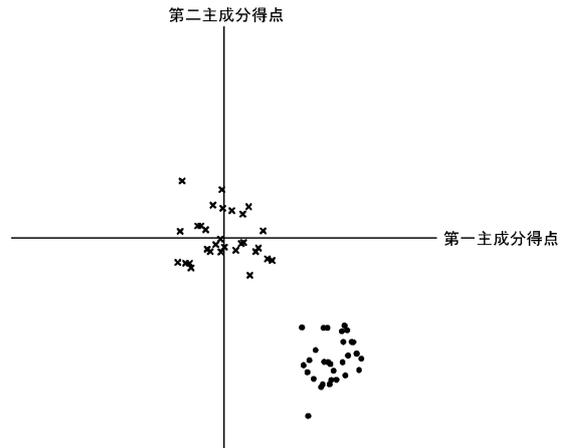
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 6 】



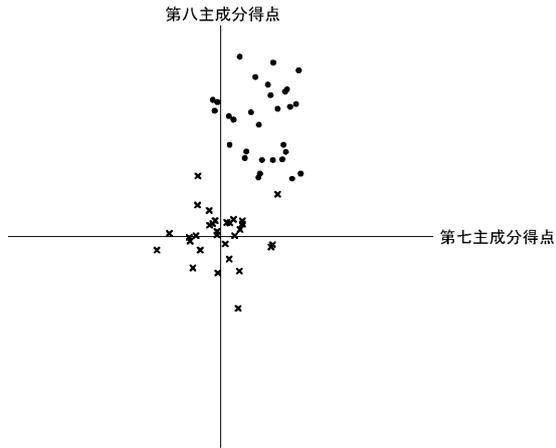
【 図 5 】

周波数軸方向における分割

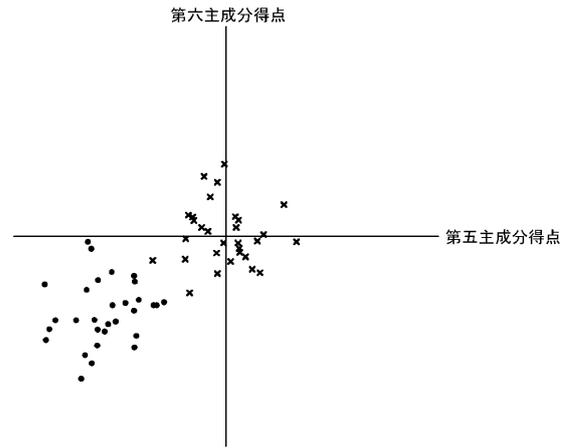
| | | | | | |
|-----------|-----|-----|-----|-------|-----|
| 周波数 時間 | 1 | 2 | 3 | | p |
| 1 | x11 | x12 | x13 | | x1p |
| 2 | x21 | x22 | x23 | | x2p |
| | | | | ⋮ | |
| t | xt1 | xt2 | xt3 | | xtp |

時間軸方向における分割

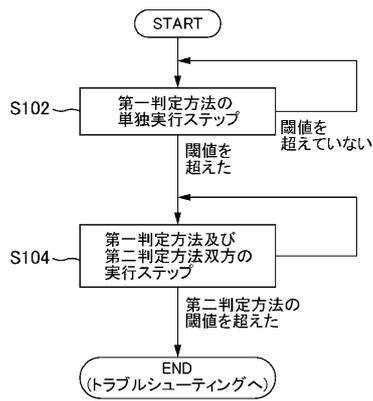
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】

