

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

回転体の振動データと、回転体のアンバランス量が振動に与える影響を示す影響係数とに基づいて、前記回転体のアンバランス量を算出する回転体のアンバランス量算出方法であって、

所定範囲の回転数領域で回転数毎に影響係数 $F(N)$ を求め、

回転する回転体の回転角度及び振動を検出して回転数毎の振動データ $V(N)$ を算出し

、
回転数毎の振動データ $V(N)$ と、それぞれの回転数に対応した影響係数 $F(N)$ とに基づいて、回転数毎のアンバランス量 $U(N)$ を算出し、

10

得られた回転数毎のアンバランス量 $U(N)$ を平均化して、回転体のアンバランス量 U を算出する、ことを特徴とする回転体のアンバランス量算出方法：

ここで、前記振動データ $V(N)$ は、回転数の周波数と同じ周波数成分をもつ振動の振幅 S と、回転体の周波数と同じ周波数成分をもつ振動の、回転角度の基準位置に対する位相 θ からなる情報であり、回転数 N ごとに算出される。

【請求項 2】

回転数毎のアンバランス量 $U(N)$ を平均化する段階において、回転数毎のデータ数の頻度に基づいて各アンバランス量 $U(N)$ に重み付けを行って平均化する、請求項 1 記載の回転体のアンバランス量算出方法。

【請求項 3】

20

回転数毎の各アンバランス量 $U(N)$ に重み付けを行う段階において、同一回転数において異なるアンバランス量のデータが複数ある場合、代表的に選択した一つのデータ、あるいは当該複数のデータのうちの一部または全部の平均値を、当該回転数におけるアンバランス量 $U(N)$ とする、請求項 2 記載の回転体のアンバランス量算出方法。

【請求項 4】

回転体の振動データと、回転体のアンバランス量が振動に与える影響を示す影響係数とに基づいて、前記回転体のアンバランス量を算出する回転体のアンバランス量算出装置であって、

回転する回転体の回転角度及び振動を検出するデータ検出手段と、

回転体のアンバランス量 U を算出する演算器とを備え、

30

前記演算器は、データ検出手段からの検出データに基づいて回転数毎の振動データ $V(N)$ を算出し、回転数毎の振動データ $V(N)$ と、それぞれの回転数に対応した影響係数 $F(N)$ とに基づいて、回転数毎のアンバランス量 $U(N)$ を算出し、得られた回転数毎のアンバランス量 $U(N)$ を平均化して、回転体のアンバランス量 U を算出する、ことを特徴とする回転体のアンバランス量算出装置：

ここで、前記振動データ $V(N)$ は、回転数の周波数と同じ周波数成分をもつ振動の振幅 S と、回転体の周波数と同じ周波数成分をもつ振動の、回転角度の基準位置に対する位相 θ からなる情報であり、回転数 N ごとに算出される。

【請求項 5】

前記演算器は、回転数毎のアンバランス量 $U(N)$ を平均化する段階において、回転数毎のデータ数の頻度に基づいて各アンバランス量 $U(N)$ に重み付けを行って平均化する、請求項 4 記載の回転体のアンバランス量算出装置。

40

【請求項 6】

前記演算器は、回転数毎の各アンバランス量 $U(N)$ に重み付けを行う段階において、同一回転数において異なるアンバランス量のデータが複数ある場合、代表的に選択した一つのデータ、あるいは当該複数のデータのうちの一部または全部の平均値を、当該回転数におけるアンバランス量 $U(N)$ とする、請求項 5 記載の回転体のアンバランス量算出装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

50

【 0 0 0 1 】

本発明は、振動データと影響係数とに基づいてアンバランス量を算出する回転体のアンバランス量算出方法及び装置に関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

例えば過給機などの高速回転機械の製造においては、製品の高速回転時のバランス性能を検査・修正するために、高速回転バランス試験を実施してアンバランス量を測定し、アンバランス修正を行う。従来のアンバランス修正方法と装置を開示するものとして、下記特許文献 1 がある。

【 0 0 0 3 】

10

図 4 は、下記特許文献 1 に開示されたアンバランス修正装置 40 の構成を示す図である。このアンバランス修正装置 40 は、過給機 41 用の修正装置として構成されており、振動台 42 の上にタービン車室取付板 43 を介して固定されたタービン車室 44 と、タービン車室取付板 43 に取り付けられた加速度センサ 45 と、過給機 41 のコンプレッサインペラ 46 の先端近傍に配置される回転検出器 47 と、加速度センサ 45 と回転検出器 47 からの検出信号に基づいてアンバランス量を演算する演算器 48 とを備える。

【 0 0 0 4 】

上記のアンバランス修正装置 40 によりアンバランス修正を行う場合、タービン車室 44 に空気を導入して過給機 41 のタービンインペラ 49 を回転させることで、タービンインペラ 49、シャフト 50 及びコンプレッサインペラ 46 からなる過給機ロータを回転させ、アンバランス計測のための所定の回転速度に達したら、加速度センサ 45 で加速度（振動）を検出するとともに回転検出器 47 で回転角度を検出し、その検出信号に基づいて演算器 48 により、アンバランス量を演算する。

20

【 0 0 0 5 】

ここで、アンバランス量は、アンバランスの大きさ（重さ）及び回転体（この例では過給機ロータ）上の任意の基準位相に対する位相（角度）とからなる物理量である。

演算器 48 によりアンバランス量が算出されたら、このアンバランス量に基づいて、コンプレッサインペラ 46 の先端部に設けられたナット 51 の一部を除去加工することで、アンバランスを修正する。

【 0 0 0 6 】

30

【特許文献 1】特開 2 0 0 2 - 3 9 9 0 4 号公報号公報

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 7 】

上述した従来のアンバランス測定においては、回転体の回転数がある特定の回転数に設定して振動を計測し、その特定の回転数に対応した影響係数 F を使用してアンバランス量を算出していた。ここで、影響係数 F とは、回転体のアンバランス量 U が振動 V に与える影響を示す伝達関数をいい、アンバランス量 U は、 $U = V / F$ で求めることができる。

【 0 0 0 8 】

アンバランス計測において回転体の回転数は特定の回転数を維持するように制御されるものの、実際のアンバランス計測時には、回転体の回転数は完全に一定とはならず、ある程度の不安定性がある。ところが、上述したように従来のアンバランス計測では特定回転数での影響係数を用いてアンバランス量を算出するため、真のアンバランス量との誤差が大きく、計測精度が悪いという問題があった。

40

【 0 0 0 9 】

本発明は、上記の問題に鑑みてなされたものであり、アンバランス量を精度良く算出することができる回転体のアンバランス算出方法及び装置を提供することを課題とする。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 0 】

上記の課題を解決するため、本発明のアンバランス算出方法及び装置は、以下の技術的

50

手段を採用する。

(1) 本発明は、回転体の振動データと、回転体のアンバランス量が振動に与える影響を示す影響係数とに基づいて、前記回転体のアンバランス量を算出する回転体のアンバランス量算出方法であって、所定範囲の回転数領域で回転数毎に影響係数 $F(N)$ を求め、回転する回転体の回転角度及び振動を検出して回転数毎の振動データ $V(N)$ を算出し、回転数毎の振動データ $V(N)$ と、それぞれの回転数に対応した影響係数 $F(N)$ とに基づいて、回転数毎のアンバランス量 $U(N)$ を算出し、得られた回転数毎のアンバランス量 $U(N)$ を平均化して、回転体のアンバランス量 U を算出する、ことを特徴とする。

【0011】

(2) 上記のアンバランス算出方法において、回転数毎のアンバランス量 $U(N)$ を平均化する段階において、回転数毎のデータ数の頻度に基づいて各アンバランス量 $U(N)$ に重み付けを行って平均化する。

10

【0012】

(3) 上記のアンバランス算出方法において、回転数毎の各アンバランス量 $U(N)$ に重み付けを行う段階において、同一回転数において異なるアンバランス量のデータが複数ある場合、代表的に選択した一つのデータ、あるいは当該複数のデータのうちの一部または全部の平均値を、当該回転数におけるアンバランス量 $U(N)$ とする。

【0013】

(4) また本発明は、回転体の振動データと、回転体のアンバランス量が振動に与える影響を示す影響係数とに基づいて、前記回転体のアンバランス量を算出する回転体のアンバランス量算出装置であって、回転する回転体の回転角度及び振動を検出するデータ検出手段と、回転体のアンバランス量 U を算出する演算器とを備え、前記演算器は、データ検出手段からの検出データに基づいて回転数毎の振動データ $V(N)$ を算出し、回転数毎の振動データ $V(N)$ と、それぞれの回転数に対応した影響係数 $F(N)$ とに基づいて、回転数毎のアンバランス量 $U(N)$ を算出し、得られた回転数毎のアンバランス量 $U(N)$ を平均化して、回転体のアンバランス量 U を算出する、ことを特徴とする。

20

【0014】

(5) 上記のアンバランス算出装置において、前記演算器は、回転数毎のアンバランス量 $U(N)$ を平均化する段階において、回転数毎のデータ数の頻度に基づいて各アンバランス量 $U(N)$ に重み付けを行って平均化する。

30

【0015】

(6) 上記のアンバランス算出装置において、前記演算器は、回転数毎の各アンバランス量 $U(N)$ に重み付けを行う段階において、同一回転数において異なるアンバランス量のデータが複数ある場合、代表的に選択した一つのデータ、あるいは当該複数のデータのうちの一部または全部の平均値を、当該回転数におけるアンバランス量 $U(N)$ とする。

【発明の効果】

【0016】

上記の本発明の方法及び装置によれば、広い回転数領域で各回転数に対応した影響係数 $F(N)$ を計測しておき、回転数に応じた影響係数 $F(N)$ を使用してアンバランス量 U を算出する。これにより、アンバランス計測のための回転体の回転運転時に回転数が安定しなくても、回転数に応じた影響係数を使用してアンバランス量を算出するので、精度よくアンバランス量 U を計測することができる。

40

【0017】

また、本発明の方法及び装置によれば、回転数毎のデータ数の頻度に基づいて各アンバランス量 $U(N)$ に重み付けを行って平均化するので、頻度の低い回転数の不安定なデータの影響が小さくなり、アンバランス量の算出精度を向上させることができる。

【0018】

また、本発明の本発明の方法及び装置によれば、同一回転数において異なるアンバランス量のデータが複数ある場合に、代表的に選択した一つのデータまたは平均値をその回転数におけるアンバランス量とすることで、計算に用いるデータを適正化するので、アンバ

50

ランス量の算出精度を向上させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

以下、本発明の好ましい実施形態を添付図面に基づいて詳細に説明する。なお、各図において共通する部分には同一の符号を付し、重複した説明を省略する。

【0020】

図1は、本発明の実施形態に関わる回転体7のアンバランス量算出装置10の構成を示す図である。図1において、アンバランス量算出装置10は、アンバランス計測装置1の一構成要素である。

【0021】

アンバランス計測装置1は、床面などに固定されたベース2と、ベース2上に固定されたバネとして機能する棒状の複数（図示例で4本）のバネ部材3と、バネ部材3の上部にて固定及び支持されたマウント4と、アンバランス量算出装置10とを備える。

【0022】

バネ部材3の本数及びバネ定数は、バネ部材3の材質（硬さ）やアンバランス計測を行う周波数（回転数）に応じて適切な数及び値に設定される。

マウント4は、回転体7を備えた回転機械6を装着し、しっかりと固定できるように構成されている。アンバランス計測の対象となる回転機械6は、例えば、過給機、圧縮機、タービン、モータなどである。

【0023】

アンバランス計測を行う際の回転体7の回転駆動は、図示しない外部駆動装置で行う場合と、回転機械6自体が備えるモータ等の駆動源で行う場合とがある。

【0024】

アンバランス量算出装置10は、振動を検出する振動センサ12と、回転体7の回転を検出する回転検出器11と、アンバランス量 U を演算する演算器13とを備える。

【0025】

振動センサ12は、図示例ではマウントに取り付けられているが、回転機械6に取り付けることも可能である。振動センサ12は、従来のアンバランス計測において用いられていたのと同様に、振動を検出できる各種センサであればよく、例えば、加速度センサ、速度センサ、変位センサを単独で、あるいは組み合わせて用いることが可能である。

【0026】

回転検出器11は、マウント4に装着された回転機械6の回転体7の軸8の近傍に配置され、その軸8上に設定された任意の基準位置からの位相（回転角）を検出することで、回転体7の回転角度と回転数を計測することができる。回転検出器11は、磁気センサや光センサなど各種のものを適用することが可能である。

【0027】

上記の振動センサ12と回転検出器11により、本発明における「回転する回転体の回転角度及び振動を検出するデータ検出手段」が構成されている。

【0028】

演算器13は、振動センサ12及び回転検出器11からの検出信号に基づいてアンバランス量 U を演算する。アンバランス量 U はアンバランスの大きさ（重さ）及び回転体7上の任意の基準位相に対する位相（角度）とからなる物理量である。演算器13によるアンバランス量の算出は、以下のようにして行う。

【0029】

演算器13は、回転数毎の振動データ $V(N)$ を算出し、回転数毎の振動データ $V(N)$ と、それぞれの回転数に対応した影響係数 $F(N)$ とに基づいて、回転数毎のアンバランス量 $U(N)$ を算出する。

【0030】

ここで、図2の上側の波形は、回転検出器11で得られる回転角度信号であり、下側の波形は、振動センサ12で得られる信号（ここでは加速度信号）である。振動データ V （

10

20

30

40

50

N) は、図 2 の下側に示すように、回転体 7 の周波数と同じ周波数成分をもつ振動の振幅 S と、回転体 7 の周波数と同じ周波数成分をもつ振動の回転角度の基準位置に対する位相 (角度) θ からなる情報であり、回転数 N ごとに算出される。回転角度の基準位置は、例えば、回転角度信号 (A 相信号) の 0° の位置である。

また、この振動データ $V(N)$ は計算上の理由からベクトル量で扱うのが都合がよいため、振幅 S を大きさ、位相 θ を偏角とした複素数として扱う。

【0031】

影響係数 F は、回転体 7 のアンバランス量 U が振動 V に与える影響を示す伝達関数である。回転数毎の影響係数 $F(N)$ は、下記 (1) ~ (3) のようにして算出する。

【0032】

(1) おもり無しでの振動データの計測

まず、アンバランス計測装置 1 のマウント 4 に、計測対象の回転機械 6 ではなく、回転機械 6 と同等に模擬された模擬体 (図示せず) を取り付けて、模擬体の回転体を回転させ、回転数を増速、減速するなどして、広い回転数領域で回転数毎の振動データを取得する。このときの振動データを、

$$V_0(N) = a r_0(N) + j \times a i_0(N) \cdots (1)$$

とする。N は回転数である。

【0033】

(2) おもり付加での振動データの計測

次に、図 3 に示すように、模擬体の回転体 7' 上の基準位置から θ の位置に、重さ m のおもり 9 を付加し、この状態で模擬体の回転体 7' を回転させ、回転数を増速、減速するなどして、広い回転数範囲で回転数毎の振動データを取得する。このときの振動データを、

$$V_1(N) = a r_1(N) + j \times a i_1(N) \cdots (2)$$

とする。

【0034】

(3) 影響係数の算出

上記 (1)、(2) で取得した振動データから、下記 (3) 式により、広い回転数領域での影響係数 $F(N)$ を算出する。

$$\text{影響係数 } F(N) = \{V_1(N) - V_0(N)\} / \{m(\cos \theta + j \sin \theta)\} \cdots$$

(3)

【0035】

影響係数 $F(N)$ を算出する回転数の範囲は、アンバランス計測をする回転数を考慮して決定される。例えば、特定の回転数 (例えば 5 万 rpm) でのみアンバランス計測を実施する場合には、その回転数の前後 (例えばプラスマイナス 1000 rpm) の範囲で影響係数 $F(N)$ を算出する。また、広い範囲にわたる回転数 (例えば 1 万 ~ 10 万 rpm) で各回転数毎にアンバランス計測を実施する場合には、その範囲に対応した広い範囲で影響係数 $F(N)$ を算出する。

【0036】

(4) アンバランス量の算出

演算器 13 は、以上のようにして回転数毎の影響係数 $F(N)$ を算出し、これを記憶しておく。そして、アンバランス計測装置 1 のマウント 4 に計測対象の回転機械 6 を取り付けて、回転体 7 をアンバランス計測のための特定の回転数で回転させ、振動データを取得する。このとき、回転体 7 の回転数は特定の回転数となるように制御されるが、実際には回転数の変動があるため、複数の回転数についてのデータが得られる。このときの振動データを、

$$V_3(N) = a r_3(N) + j a i_3(N) \cdots (4)$$

とする。

【0037】

回転数毎のアンバランス量 $U(N)$ は、次の (5) 式で求めることができる。

10

20

30

40

50

$$U(N) = V_3(N) / F(N) = A(N) + j B(N) \cdots (5)$$

演算器 13 は、回転数毎のアンバランス量 $U(N)$ を算出し、得られた回転数毎のアンバランス量 $U(N)$ を平均化して、回転体 7 のアンバランス量 U を算出する。

【0038】

上記 (5) の式では、回転数の関数になっているが、真のアンバランス量は回転数によって変動しないため、それぞれの回転数での値を平均化することで、1つの回転数での計測結果が悪かったとしても、それに大きく影響されずにアンバランス量を算出することができる。

【0039】

$A(N) + j B(N)$ を平均した値を、アンバランス量 $U = A + j B$ 、とすると、
 (アンバランス量の大きさ) = $(A^2 + B^2)^{1/2}$
 (アンバランス角度) = $\tan^{-1}(B/A)$
 として算出できる。

10

【0040】

上述したように、上記の本発明によれば、広い回転数領域で各回転数 (N) に対応した影響係数 $F(N)$ を計測しておき、影響係数 $F(N)$ を使用してアンバランス量 U を算出する。これにより、アンバランス計測のための回転体 7 の回転運転時に回転数が安定しなくても、回転数に応じた影響係数 $F(N)$ を使用してアンバランス量 U を算出するので、精度よくアンバランス量を計測することができる。

【0041】

20

ここで、演算器 13 は、回転数毎のアンバランス量 $U(N)$ を平均化する段階において、回転数毎のデータ数の頻度に基づいて各アンバランス量 $U(N)$ に重み付けを行って平均化するのがよい。

【0042】

例えば、下記 [表 1] のようなデータが得られたとする。

【表 1】

回転数(rpm)	データ数(個)	アンバランス量
N1	D1	U1
N2	D2	U2
⋮		
Nn	Dn	Un

30

$U1, U2, \dots Un$ は複素数

この場合、アンバランス量 U は、下記 (6) 式で算出することができる。 D_s はデータ数の総和である。

$$U = (U_1 \times D_1 + U_2 \times D_2 + \cdots + U_n \times D_n) / D_s \cdots (6)$$

【0043】

このように、回転数毎のデータ数の頻度に基づいて各アンバランス量 $U(N)$ に重み付けを行って平均化するので、頻度の低い回転数の不安定なデータの影響が小さくなり、アンバランス量の算出精度を向上させることができる。

40

【0044】

ここで、回転数毎のアンバランス量のデータにおいて、例えば、ある回転数 p のアンバランス量が U_{p-1} 、 U_{p-2} 、 U_{p-3} のように、同一回転数において異なるアンバランス量のデータが複数得られる場合がある。この場合、演算器 13 は、同一回転数についての複数のデータから代表的に選択した一つのデータ (例えば U_{p-1})、あるいは当該複数のデータのうちの全部または全部の平均値を、当該回転数におけるアンバランス量 $U(N)$ とするのがよい。これにより、計算に用いるデータを適正化するので、アンバランス量の算出精度を向上させることができる。

50

【 0 0 4 5 】

なお、上記において、本発明の実施形態について説明を行ったが、上記に開示された本発明の実施の形態は、あくまで例示であって、本発明の範囲はこれら発明の実施の形態に限定されない。本発明の範囲は、特許請求の範囲の記載によって示され、さらに特許請求の範囲の記載と均等の意味および範囲内でのすべての変更を含むものである。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 6 】

【 図 1 】 本発明の第実施形態にかかる回転体のアンバランス量算出装置の構成を示す図である。

【 図 2 】 振動データ $V(N)$ について説明する図である。

10

【 図 3 】 おもりを付加した振動データの計測について説明する図である。

【 図 4 】 特許文献 1 に開示されたアンバランス計測装置の構成図である。

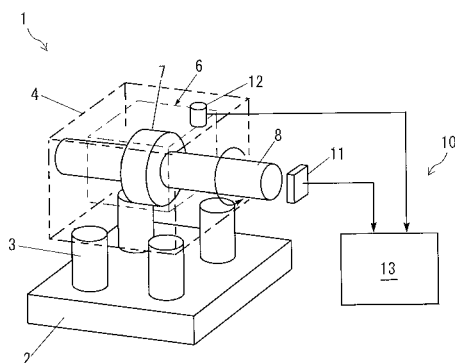
【 符号の説明 】

【 0 0 4 7 】

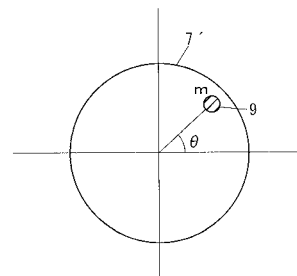
- 1 アンバランス計測装置
- 2 ベース
- 3 パネ部材
- 4 マウント
- 6 回転機械
- 7 回転体
- 8 軸
- 9 おもり
- 10 アンバランス量算出装置
- 11 回転検出器
- 12 振動センサ

20

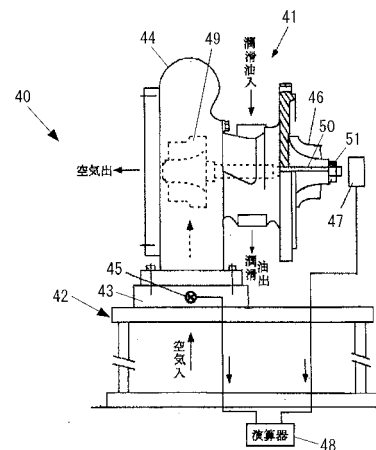
【 図 1 】



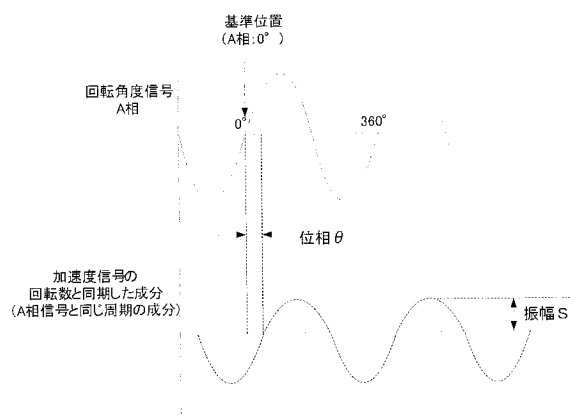
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 2 】



フロントページの続き

- (72)発明者 寺内 強
東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会社IHI内
- (72)発明者 武井 伸郎
東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会社IHI内
- (72)発明者 中村 寿夫
東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会社IHI内
- Fターム(参考) 2G021 AB10 AC03 AK08