

(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2014-137018
(P2014-137018A)

(43) 公開日 平成26年7月28日(2014.7.28)

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)	
FO1D	5/16	(2006.01)	FO1D 5/16	2G064
FO2C	7/00	(2006.01)	FO2C 7/00	A 3G202
FO1D	25/00	(2006.01)	FO1D 25/00	V
GO1H	17/00	(2006.01)	FO1D 25/00	W
			GO1H 17/00	A

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2013-6344 (P2013-6344)
(22) 出願日 平成25年1月17日 (2013.1.17)

(71) 出願人 000006208
三菱重工工業株式会社
東京都港区港南二丁目16番5号
(74) 代理人 100134544
弁理士 森 隆一郎
(74) 代理人 100064908
弁理士 志賀 正武
(74) 代理人 100108578
弁理士 高橋 詔男
(74) 代理人 100126893
弁理士 山崎 哲男
(74) 代理人 100149548
弁理士 松沼 泰史

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 振動応答監視装置、回転機械および振動応答監視方法

(57) 【要約】

【課題】 動翼振動量の検出精度を向上させ、より正確に振動応答を監視することができる。

【解決手段】 複数の動翼が回転軸に取り付けられているロータに向けて前記回転軸と直交する方向に検出光を出射する出射部と、前記検出光が前記動翼で反射した反射光を受光する受光部とを有するセンサーを複数備えるセンサー部と、前記受光部の出力値に基づき前記動翼の振動量を検出し、検出した振動量が、前記センサー部と前記動翼との相対的な位置関係に応じて予め決められている翼振動制限値を超えているか否かを判定し前記動翼の振動応答を監視する振動応答監視部と、を備える。

【選択図】 図4

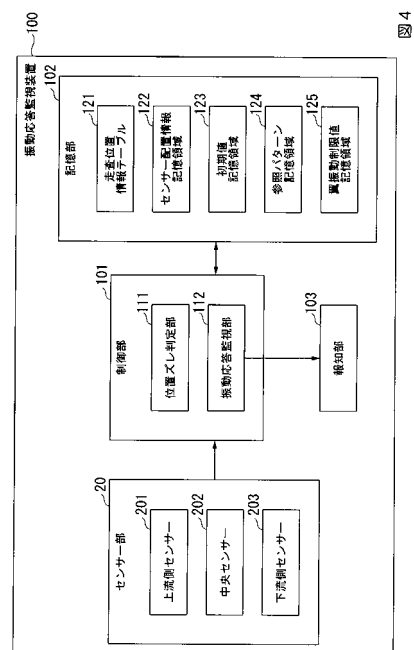


図4

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の動翼が回転軸に取り付けられているロータに向けて前記回転軸と直交する方向に検出光を出射する出射部と、前記検出光が前記動翼で反射した反射光を受光する受光部とを有するセンサーを複数備えるセンサー部と、

前記受光部の出力に基づき前記動翼の振動量を検出し、検出した振動量が、前記センサー部と前記動翼との相対的な位置関係に応じて予め決められている翼振動制限値を超えているか否かを判定し前記動翼の振動応答を監視する振動応答監視部と、

を備えることを特徴とする振動応答監視装置。

【請求項 2】

前記受光部の出力に基づき、前記翼振動制限値が決められた際の前記センサー部と前記動翼との相対的な位置関係に対して、前記センサー部と前記動翼との間で位置ズレが発生したか否かを判定する位置ズレ判定部

をさらに備えることを特徴とする請求項 1 に記載の振動応答監視装置。

【請求項 3】

前記位置ズレ判定部は、

位置ズレが発生したと判定した場合、位置ズレ後の前記センサー部と前記動翼との相対的な位置関係に応じた前記翼振動制限値を設定することを特徴とする請求項 2 に記載の振動応答監視装置。

【請求項 4】

前記位置ズレ判定部は、

前記ロータの低速回転時における前記受光部の出力に基づき、前記センサー部と前記動翼との相対的な位置関係を示す初期値を設定し、前記低速回転時よりも回転数を上げて定格回転数で回転する運転時における前記受光部の出力に基づき、前記初期値との位置ズレが閾値以上である場合、前記センサー部と前記動翼との間で位置ズレがあると判定することを特徴とする請求項 2 あるいは 3 に記載の振動応答監視装置。

【請求項 5】

前記振動応答監視部によって、前記検出した振動量が前記翼振動制限値を超えていると判定された場合、前記ロータの運転の停止を報知する報知部をさらに備えることを特徴とする請求項 1 から 4 のうちいずれか一項に記載の振動応答監視装置。

【請求項 6】

前記ロータと、

前記請求項 1 から 5 のうちいずれか一項に記載の振動応答監視装置とを備えることを特徴とする回転機械。

【請求項 7】

複数の動翼が回転軸に取り付けられているロータに向けて前記回転軸と直交する方向に検出光を出射する出射部と、前記検出光が前記動翼で反射した反射光を受光する受光部とを有するセンサーを複数備えるセンサー部、位置ズレ判定部、および、振動応答監視部を備える振動応答監視装置における振動応答監視方法であって、

位置ズレ判定部は、

前記受光部の出力に基づき、前記センサー部と前記動翼との相対的な位置関係を検出し、

前記振動応答監視部は、

前記受光部の出力値に基づき前記動翼の振動量を検出し、検出した振動量が、前記位置ズレ判定部によって検出された前記センサー部と前記動翼との相対的な位置関係に応じて予め決められている翼振動制限値を超えているか否かを判定し翼振動応答を監視することを特徴とする振動応答監視方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、振動応答監視装置、回転機械および振動応答監視方法に関する。

【背景技術】

【0002】

タービンロータの動翼に発生する翼振動を、非接触式センサーを用いて計測する翼振動計測方法およびこれを用いた翼振動監視システムがある（例えば、特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特許第3530474号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、タービン運転中には、ロータおよび車室は、熱伸び等により各部の変形を伴う。そして、この熱伸び等の影響により、非接触式センサーとタービンロータの動翼の相対的な位置関係が変化する。この位置ズレにより、正確に振動を検出できない、もしくは正確に動翼の振動振幅を評価できない問題があった。このため、正確に動翼の振動応答を把握できないという問題もあった。

【0005】

本発明は、前記の点に鑑みてなされたものであり、動翼振動量の検出精度を向上させ、より正確に振動応答を監視することができる振動応答監視装置、回転機械および振動応答監視方法を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0006】

この発明は上述した課題を解決するためになされたもので、本発明の一態様による振動応答監視装置は、複数の動翼が回転軸に取り付けられているロータに向けて前記回転軸と直交する方向に検出光を出射する出射部と、前記検出光が前記動翼で反射した反射光を受光する受光部とを有するセンサーを複数備えるセンサー部と、前記受光部の出力に基づき前記動翼の振動量を検出し、検出した振動量が、前記センサー部と前記動翼との相対的な位置関係に応じて予め決められている翼振動制限値を超えているか否かを判定し前記動翼の振動応答を監視する振動応答監視部と、を備える。

30

これにより、本実施形態に係る振動応答監視装置は、センサー部と動翼との相対的に位置関係に応じて予め決められている翼振動制限値に基づき、動翼の振動応答を監視することができる。よって、動翼の振動振幅（つまり振動量）の検出精度が向上し、より正確な振動応答を監視することができる。

【0007】

また、本発明の一態様による振動応答監視装置は、前記受光部の出力に基づき、前記翼振動制限値が決められた際の前記センサー部と前記動翼との相対的な位置関係に対して、前記センサー部と前記動翼との間で位置ズレが発生したか否かを判定する位置ズレ判定部をさらに備える。

40

これにより、本実施形態に係る振動応答監視装置は、センサー部と動翼との相対的な位置関係の位置ズレを検出ことができ、センサー部が動翼のどの位置を検出しているかを判定することができる。よって、位置ズレ後のセンサーと動翼の位置関係に応じた翼振動制限値に基づき、動翼の振動応答を監視することができる。

【0008】

また、本発明の一態様による振動応答監視装置において、前記位置ズレ判定部は、位置ズレが発生したと判定した場合、位置ズレ後の前記センサー部と前記動翼との相対的な位置関係に応じた前記翼振動制限値を設定する。

これにより、本実施形態に係る振動応答監視装置は、位置ズレに応じて、翼振動制限値を補正することができる。よって、熱伸び等の影響により、センサーと動翼の相対的な位

50

置関係が変化した場合であっても、動翼の振動量の検出精度を向上させ、より正確に振動応答を監視することができる。

【0009】

また、本発明の一態様による振動応答監視装置において、前記ロータの低速回転時における前記受光部の出力に基づき、前記センサー部と前記動翼との相対的な位置関係を示す初期値を設定し、前記低速回転時よりも回転数を上げて定格回転数で回転する運転時における前記受光部の出力に基づき、前記初期値との位置ズレが閾値以上である場合、前記センサー部と前記動翼との間で位置ズレがあると判定する。

これにより、本実施形態に係る振動応答監視装置は、高速回転によるロータの熱伸び等による変形に伴う、センサー部とロータの動翼との位置ズレを検出することができる。

10

【0010】

また、本発明の一態様による振動応答監視装置は、前記振動応答監視部によって、前記検出した振動量が前記翼振動制限値を超えていると判定された場合、前記ロータの運転の停止を報知する報知部をさらに備える。

【0011】

また、この発明は上述した課題を解決するためになされたもので、本発明の一態様による回転機械は、前記ロータと、上述のうちいずれか1つの振動応答監視装置とを備える。

【0012】

また、この発明は上述した課題を解決するためになされたもので、本発明の一態様による振動応答監視方法は、複数の動翼が回転軸に取り付けられているロータに向けて前記回転軸と直交する方向に検出光を出射する出射部と、前記検出光が前記動翼で反射した反射光を受光する受光部とを有するセンサーを複数備えるセンサー部、位置ズレ判定部、および、振動応答監視部を備える振動応答監視装置における振動応答監視方法であって、位置ズレ判定部は、前記受光部の出力に基づき、前記センサー部と前記動翼との相対的な位置関係を検出し、前記振動応答監視部は、前記受光部の出力値に基づき前記動翼の振動量を検出し、検出した振動量が、前記位置ズレ判定部によって検出された前記センサー部と前記動翼との相対的な位置関係に応じて予め決められている翼振動制限値を超えているか否かを判定し翼振動応答を監視する。

20

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、動翼振動量の検出精度を向上させ、より正確に振動応答を監視することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本実施形態に係る振動応答監視装置を適用可能なガスタービンの一例を示す図である。

【図2】本実施形態に係るセンサー部の一例を示す概略図である。

【図3】本実施形態に係るセンサー部とタービンロータとの位置関係を説明するための図である。

【図4】本実施形態に係る振動応答監視装置の構成例を示すブロック図である。

40

【図5】本実施形態に係る振動検出方法の一例について説明するためのフローチャートである。

【図6】本実施形態に係る翼通過静的試験の一例について説明するための参考図である。

【図7】本実施形態に係るセンサー配置情報の取得ステップの一例を示す参考図である。

【図8】本実施形態に係るタービンロータの低速運転時における翼通過パルスデータ等の一例を示す参考図である。

【図9】本実施形態に係るタービンロータの定格回転数での運転時における翼通過パルスデータ等の一例を示す参考図である。

【図10】本実施形態に係る位置ズレ検出処理の一例を説明するための参考図である。

【図11】本実施形態に係る振動モードの一例を説明するための参考図である。

50

【図 1 2】本実施形態に係る位置ズレの一例を説明するための参考図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

[第 1 実施形態]

以下、本発明に係る振動応答監視装置の実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。

初めに、図 1 を参照して、本実施形態に係る振動応答監視装置を備えるガスタービン 1 (回転機械) の一例について説明する。

ガスタービン 1 は、図 1 に示すように、外気を圧縮して圧縮空気を生成する空気圧縮機 2 と、燃料ガスに圧縮空気を混合して燃焼させ高温の燃焼ガスを生成する燃焼器 3 と、燃焼ガスにより駆動するタービン 4 と、を備えている。

【0016】

空気圧縮機 2 は、圧縮機ロータ 5 と、これを回転可能に覆う圧縮機ケーシング 6 とを有している。

燃焼器 3 は、燃料ガス及び空気圧縮機 2 からの圧縮空気を受け入れてこれらを噴出する燃料供給器 7 と、燃料供給器 7 から燃料ガス及び圧縮空気が内部に噴射されて、燃料ガスの燃焼領域を形成する燃焼筒 8 とを有している。

タービン 4 は、燃焼ガスにより回転するタービンロータ 9 (ロータ) と、このタービンロータ 9 を回転可能に覆うタービンケーシング 10 とを有している。このタービンロータ 9 は、回転軸 9 a と、この回転軸 9 a に取り付けられた複数の動翼 Y 1, Y 2, Y 3 . . . とを備える。また、タービンケーシング 10 の内面には、複数の動翼 Y 1, Y 2, Y 3 . . . と交互に設けられる、複数の静翼 11 が取り付けられている。空気圧縮機 2 の圧縮機ロータ 5 は、回転軸 9 a を介してタービンロータ 9 と接続され、このタービンロータ 9 と一体回転する。また、タービンケーシング 10 には、タービンロータ 9 の振動を検出するためのセンサー部 20 が取り付けられている。このセンサー部 20 は、タービンロータ 9 の動翼と対向する位置に設置されており、タービンケーシング 10 の内面に露出するように埋設されている。

【0017】

次に、図 2 を参照して、センサー部 20 の一例について説明する。図 2 は、センサー部 20 の一例を示す概略図である。

このセンサー部 20 は、光学式、静電容量式、渦電流式などのセンサーが利用可能である。センサー部 20 は、例えば、上流側センサー 201 と、中央センサー 202 と、下流側センサー 203 とを備える。これら上流側センサー 201、中央センサー 202、および下流側センサー 203 は、例えば、光学式のセンサーであって、それぞれ、センサー光 (検出光) を出射する出射部 2 a と、センサー光の反射光を受光する受光部 2 b とを備える。

【0018】

次に、図 3 を参照して、タービンロータ 9 とセンサー部 20 との位置関係の一例について説明する。図 3 (a) には、タービンロータ 9 の回転軸方向 X からタービンロータ 9 を見た図である。図 3 (b) は、タービンロータ 9 を図 1 と同じ方向から見た図であって、タービンロータ 9 の動翼とセンサー部 20 との近接する部分を拡大して示す図である。

図 3 (a), 3 (b) に示す通り、センサー部 20 は、各センサー 201 ~ 203 の出射部 2 a からのセンサー光の光軸 (図中の点線部分) が、タービンロータ 9 の回転軸方向 X に対して直交する位置に設けられている。なお、本実施形態において、センサー光の光軸の方向を、以下、光軸方向 Z という。言い換えると、センサー部 20 は、タービンロータ 9 の径方向の外側に、各センサー 201 ~ 203 の出射部 2 a からのセンサー光がタービンロータ 9 に向く位置に設置されている。

また、タービンロータ 9 は、短冊形状の複数の動翼 Y 1, Y 2, Y 3 . . . を備える。これら動翼 Y 1, Y 2, Y 3 . . . の一端 (付け根) は、回転軸 9 a に固定されている。これにより、これら動翼 Y 1, Y 2, Y 3 . . . の他端 (先端) は、タービンロータ 9 の

10

20

30

40

50

回転により、センサー部 20 と対向する位置を通過する。

【0019】

次に、図 4 を参照して、本実施形態に係る振動応答監視装置 100 の構成について説明する。図 4 は、本実施形態に係る振動応答監視装置 100 の構成例を示すブロック図である。

図 4 に示す通り、振動応答監視装置 100 は、センサー部 20 と、制御部 101 と、記憶部 102 と、報知部 103 とを備える。この制御部 101 は、位置ズレ判定部 111 と、振動応答監視部 112 とを備える。

位置ズレ判定部 111 は、センサー部 20 の各センサー 201 ~ 203 の受光部 2b の出力に基づき、各センサー 201 ~ 203 のセンサー光を遮断してタービンロータ 9 の動翼 Y1, Y2, Y3... がセンサー光を通過することにより得られる翼通過パルスデータを取得する。この翼通過パルスデータは、センサー部 20 の各センサー光を通過する各動翼 Y1, Y2, Y3... のセンサー部 20 の通過時間を示す。位置ズレ判定部 111 は、取得した翼通過パルスデータに基づき、センサー部 20 とタービンロータ 9 との相対的な位置ズレが発生しているか否かを判定する。

【0020】

振動応答監視部 112 は、センサー部 20 から得られる翼通過パルスデータよりタービンロータ 9 の動翼 Y1, Y2, Y3... の振動量を検出する。この振動応答監視部 112 は、検出した振動量と翼振動制限値とを比較し、検出した動翼の振動量が、動翼が損傷するおそれがあるレベルの振動であるか否かを判定する。もし動翼の振動量が翼振動制限値以下であれば、安全に回転機械を運転することができる状態である。このため、振動応答監視部 112 は、回転機械の運転を継続すると判定する。一方、動翼の振動量が翼制限値以上であれば、動翼が損傷するおそれがあることから、振動応答監視部 112 は、タービンロータ 9 を停止する指令や、動翼の振動量が翼振動制限値を超えたことの通知等を入力する。この振動応答監視部 112 は、例えば、タービンロータ 9 を停止する指令や、動翼の振動量が翼振動制限値を超えたこと等を、報知部 103 から報知させる。なお、振動応答監視部 112 は、これに限られず、例えば、タービンロータ 9 の運転を制御する制御部にタービンロータ 9 の停止を指示するコマンドを出力して、タービンロータ 9 の運転を停止させてもよい。なお、この翼振動制限値は、これ以上動翼が振動すると動翼が損傷する可能性を有する振動量の限界値を示す情報である。この翼振動制限値は、タービンの大きさや材質等に応じて、任意に設定可能である。

【0021】

記憶部 102 は、走査位置情報テーブル 121 と、センサー配置情報記憶領域 122 と、初期値記憶領域 123 と、参照パターン記憶領域 124 と、翼振動制限値記憶領域 125 とを備える。

報知部 103 は、振動応答監視部 112 から入力する指令値に応じた報知を行う。この報知部 103 は、例えば、スピーカー、発光装置、あるいはディスプレイ等であって、音、光、文字、あるいは映像で、タービンロータ 9 の停止を報知する。

【0022】

次に、図 5 ~ 10 を参照して、本実施形態に係る振動応答監視装置 100 における振動応答監視方法の一例について説明する。図 5 は、本実施形態に係る振動応答監視方法の一例を示すフローチャートである。図 6 ~ 10 は、この振動応答監視方法の各処理について説明するための参考図である。

【0023】

(ステップ S T 1)

はじめに、位置ズレ判定部 111 は、翼通過静的試験を実行する。この翼通過静的試験は、例えば、タービンロータ 9 の回転軸方向 X に沿って、タービンロータ 9 に対向するセンサー部 20 の位置を変化させて、センサー部 20 からのセンサー光をタービンロータ 9 に走査し、翼通過パルスデータを取得する試験である。この翼通過静的試験では、タービンロータ 9 を回転させたときにおける、動翼 Y1, Y2, Y3... とセンサー部 20 と

10

20

30

40

50

を位置関係を模擬した状態で、試験的に、1つの中央センサー202の出射部2aからのセンサー光を、1枚の動翼Y1に照射するものであってもよい。受光部2bは、このセンサー光の動翼からの反射光を受光し、タービンロータ9を回転させたときにおける、動翼Y1からの反射光を示す翼通過パルスデータを取得する。なお、この翼通過静的試験は、複数の走査位置にセンサー部20を位置させた状態で、タービンロータ9を回転させ、センサー光を回転するタービンロータ9の動翼Y1, Y2, Y3・・・に照射する試験であつてもよい。

位置ズレ判定部111は、タービンロータ9の動翼Y1からの反射光が示す翼通過パルスデータに基づき、各走査位置における動翼の板厚(あるいはパルス幅)を算出し、算出した板厚(あるいは、パルス幅)と走査位置とを対応づけて、走査位置情報テーブルに書き込む。

10

【0024】

ここで、図6を参照し、位置ズレ判定部111による翼通過静的試験の一例について具体的に説明する。図6(a)は、動翼Y1の先端に対して中央センサー202のセンサー光を出射した際の、センサー光と動翼Y1との関係の一例を示す図である。本実施形態において、中央センサー202は、動翼Y1との相対的な位置関係において決まる走査位置S1~S22において、センサー光を動翼Y1に照射する。この走査位置S1~S22は、例えば、タービンロータ9の回転軸方向Xにおいて等間隔に複数設定されるセンサー光の走査位置である。本実施形態において、走査位置S1は、動翼Y1の先端の上流側に設定される走査位置であり、走査位置S22は、動翼Y1の先端の下流側に設定される走査位置である。なお、上流側および下流側とは、タービンロータ9を通過するガスの流れの方向を意味している。

20

【0025】

操作位置S1~S22に位置された中央センサー202のセンサー光が模擬的な回転移動する動翼Y1を走査した場合、中央センサー202の受光部2bは、受光した反射光に基づく翼通過パルスデータを位置ズレ判定部111に出力する。この翼通過パルスデータが示すパルス波形の一例を、図6(b)に示す。図6(b)は、走査位置S1, S6, S12, S18, S22に位置する中央センサー202のセンサー光に基づくパルス波形を示す図である。

図6(b)に示す通り、走査位置に応じて、各翼通過パルスデータが示すパルス幅が異なる。本実施形態では、図示の通り、走査位置S1, S6, S12, S18, S22に位置する中央センサー202のセンサー光に基づく翼通過パルスデータのパルス幅を、パルス幅T1, T2, T3, T4, T5とする。位置ズレ判定部111は、擬似的に設定されるタービンロータ9の回転速度V、および翼通過パルスデータが示すパルス幅T1, T2, T3, T4, T5に基づき、各走査位置S1~S22における動翼の板厚を算出する。この位置ズレ判定部111は、例えば、以下の演算式(1)~(5)に従って、走査位置S1, S6, S12, S18, S22における動翼の板厚H1, H2, H3, H4, H5を算出する。そして、位置ズレ判定部111は、算出した動翼の板厚H1, H2, H3, H4, H5を走査位置に対応付けて、走査位置情報テーブル121に書き込む。なお、ここでは、説明簡略化のため、走査位置S1, S6, S12, S18, S22の一例について説明したが、位置ズレ判定部111は、すべての走査位置S1~S22に対応する板厚を算出し、走査位置情報テーブル121に書き込む。

30

40

【0026】

$$H1 = V \times T1 \quad \dots \text{式(1)}$$

$$H2 = V \times T2 \quad \dots \text{式(2)}$$

$$H3 = V \times T3 \quad \dots \text{式(3)}$$

$$H4 = V \times T4 \quad \dots \text{式(4)}$$

$$H5 = V \times T5 \quad \dots \text{式(5)}$$

【0027】

なお、本発明はこれに限られず、位置ズレ判定部111は、動翼Y1, Y2, Y3・・・

50

・の設計図面に基づき、各走査位置に対応する板厚 H_1 , H_2 , H_3 , H_4 , H_5 を算出し、各走査位置に対応付けて、走査位置情報テーブル 1 2 1 に書き込むものであってもよい。

また、本実施形態において、位置ズレ判定部 1 1 1 は、算出した動翼の板厚を走査位置に対応付けて、走査位置情報テーブル 1 2 1 に書き込む例について説明したが、本発明はこれに限られない。例えば、位置ズレ判定部 1 1 1 は、翼通過パルスデータが示すパルス幅 T_1 , T_2 , T_3 , T_4 , T_5 と走査位置 S_1 , S_6 , S_{12} , S_{18} , S_{22} とをそれぞれ対応付けて、走査位置情報テーブル 1 2 1 に書き込むものであってもよい。

【 0 0 2 8 】

(ステップ S T 2)

次に、位置ズレ判定部 1 1 1 は、センサー配置情報を取得する。このセンサー配置情報とは、センサー部 2 0 に含まれる複数のセンサー同士の間隔を示す情報である。

図 7 (a) は、センサー部 2 0 のセンサー光の光軸を含む面で切断した場合の断面図である。図示の通り、センサー部 2 0 は、上流側センサー 2 0 1 と、中央センサー 2 0 2 と、下流側センサー 2 0 3 とを含む。これら上流側センサー 2 0 1 と、中央センサー 2 0 2 と、下流側センサー 2 0 3 の位置関係は、それぞれ決められており、上流側センサー 2 0 1 の光軸と中央センサー 2 0 2 の光軸との間隔は、センサー間隔 であり、中央センサー 2 0 2 の光軸と下流側センサー 2 0 3 の光軸との間隔は、センサー間隔 である。これら上流側センサー 2 0 1、中央センサー 2 0 2、および下流側センサー 2 0 3 は、それぞれ

【 0 0 2 9 】

図 7 (b) は、上流側センサー 2 0 1、中央センサー 2 0 2、および下流側センサー 2 0 3 からのセンサー光 $L_1 \sim L_3$ が、動翼 Y_1 , Y_2 , $Y_3 \dots$ の先端に照射された場合の走査線の一例を示す図である。図示の通り、上流側センサー 2 0 1 のセンサー光 L_1 の走査線と中央センサー 2 0 2 のセンサー光 L_2 の走査線との間隔は であり、中央センサー 2 0 2 のセンサー光 L_2 の走査線と下流側センサー 2 0 3 のセンサー光 L_3 の走査線との間隔は である。

位置ズレ判定部 1 1 1 は、このセンサー間隔 , を、センサー配置情報として取得し、記憶部 1 0 2 のセンサー配置情報記憶領域 1 2 2 に格納する。

【 0 0 3 0 】

(ステップ S T 3)

そして、位置ズレ判定部 1 1 1 は、タービンロータ 9 の低速運転時における翼通過パルス出力を取得する。

図 8 (b) に示す通り、翼通過パルスデータは、センサー部 2 0 の各センサー 2 0 1 ~ 2 0 3 から取得される。上流側センサー 2 0 1 の出力に基づく翼通過パルスデータを、翼通過パルスデータ D_{11} という。中央センサー 2 0 2 の出力に基づく翼通過パルスデータを、翼通過パルスデータ D_{12} という。下流側センサー 2 0 3 の出力に基づく翼通過パルスデータを、翼通過パルスデータ D_{13} という。図 8 (b) に示すグラフは、横軸が時間、縦軸が各センサー 2 0 1 ~ 2 0 3 の出力を示す。

図示の通り、翼通過パルスデータ $D_{11} \sim D_{13}$ において、各センサー 2 0 1 ~ 2 0 3 の受光部 2 b の出力 = 0 は、各センサー 2 0 1 ~ 2 0 3 からの反射光がなかったことを示し、各センサーの受光部 2 b の出力 = 1 は、各センサー 2 0 1 ~ 2 0 3 からの反射光があったことを示す。つまり、翼通過パルスデータ $D_{11} \sim D_{13}$ は、タービンロータ 9 の低速運転により上流側センサー 2 0 1、中央センサー 2 0 2、および下流側センサー 2 0 3 を通過する各動翼 Y_1 , Y_2 , $Y_3 \dots$ からの反射光を示す。

位置ズレ判定部 1 1 1 は、取得した翼通過パルスデータ $D_{11} \sim D_{13}$ に基づき、タービンロータ 9 に対するセンサー部 2 0 の各センサー 2 0 1 ~ 2 0 3 の相対的な位置関係を判定する。

【 0 0 3 1 】

10

20

30

40

50

この位置関係の判定における、位置ズレ判定部 111 の処理内容について具体的に説明する。

まず、位置ズレ判定部 111 は、翼通過パルスデータ D11 ~ D13 に基づき、各動翼 Y1, Y2, Y3... からの反射光を検出した時間長から、各動翼 Y1, Y2, Y3... の板厚を算出する。例えば、位置ズレ判定部 111 は、タービンロータ 9 の低速回転により取得された翼通過パルスデータ D11 から各動翼の平均的な反射光の時間長であるパルス幅 T11 を算出する。また、位置ズレ判定部 111 は、タービンロータ 9 の低速回転により取得された翼通過パルスデータ D12 から各動翼の平均的な反射光の時間長であるパルス幅 T12 を算出する。位置ズレ判定部 111 は、タービンロータ 9 の低速回転により取得された翼通過パルスデータ D13 から各動翼の平均的な反射光の時間長であるパルス幅 T13 を算出する。そして、位置ズレ判定部 111 は、算出したパルス幅 T11 ~ T13 に基づき、上述した式 (6) ~ (8) に従って、各センサー 201 ~ 203 からの反射光が示す動翼の板厚を算出する。なお、回転速度 V10 は、タービンロータ 9 の低速回転時におけるタービンロータ 9 の回転速度である。

10

【0032】

$$H11 = V10 \times T11 \quad \dots \text{式 (6)}$$

$$H12 = V10 \times T12 \quad \dots \text{式 (7)}$$

$$H13 = V10 \times T13 \quad \dots \text{式 (8)}$$

【0033】

(ステップ ST4)

20

そして、位置ズレ判定部 111 は、ステップ ST1 において取得されたパルス幅と、ステップ ST3 において取得された翼通過パルスデータ D11 ~ D13 が示すパルス幅とを照合し、各センサー 201 ~ 203 の走査位置を判定する。本実施形態において、位置ズレ判定部 111 は、走査位置情報テーブル 121 を参照して、ステップ ST1 において算出された動翼の板厚のうち、ステップ ST3 において算出された動翼の板厚に対応する走査位置を検出する。つまり、位置ズレ判定部 111 は、走査位置情報テーブル 121 の動翼の板厚のうち、ステップ ST3 において算出された動翼の板厚と一致する、あるいは、一致していると判定される程度の誤差を含み一致しているものと対応付けられた走査位置を、各センサー 201 ~ 203 に対応する走査位置であると判定する。なお、本発明はこれに限られず、走査位置情報テーブル 121 において、走査位置にパルス幅が対応付けられている場合、走査位置情報テーブル 121 のパルス幅のうち、ステップ ST3 において算出されたパルス幅と一致する、あるいは、一致していると判定される程度の誤差を含み一致しているものと対応付けられた走査位置を、各センサー 201 ~ 203 に対応する走査位置であると判定するものであってもよい。

30

【0034】

そして、位置ズレ判定部 111 は、翼通過パルスデータ D11 が示す板厚に対応する走査位置を、上流側センサー 201 の走査位置の初期値に設定する。また、位置ズレ判定部 111 は、翼通過パルスデータ D12 が示す板厚に対応する走査位置を、中央センサー 202 の走査位置の初期値に設定する。位置ズレ判定部 111 は、翼通過パルスデータ D13 が示す板厚に対応する走査位置を、下流側センサー 203 の走査位置の初期値に設定する。この位置ズレ判定部 111 は、設定した上流側センサー 201、中央センサー 202、および下流側センサー 203 の走査位置の初期値を、記憶部 102 の初期値記憶領域 123 に書き込む。なお、初期値は、図 6 (a) に示した走査位置 S1 ~ S22 を示す値であればどのような情報であってもよい。例えば、図 8 (a) に示すように、タービンロータ 9 の動翼 Y1 の回転軸方向 X において、最も上流側の端部からの距離によって示されるものであってもよい。この場合、上流側センサー 201 の走査位置は、動翼断面図の外縁点から距離 a の位置であって、中央センサー 202 の走査位置は、動翼断面図の外縁点から距離 b の位置であって、下流側センサー 203 の走査位置は、動翼断面図の外縁点から距離 c の位置である。

40

【0035】

50

また、位置ズレ判定部 111 は、初期値を算出した元データである翼通過パルスデータ D11 ~ D13 を、参照パターンとして、記憶部 102 の参照パターン記憶領域 124 に書き込む。この翼通過パルスデータ D11 ~ D13 は、図 8 (b) に示すとおり、各動翼 Y1, Y2, Y3... からの反射光の出現位置を基準点 T0 からの時間長で示す情報であり、各動翼 Y1, Y2, Y3... からの反射光のパルス幅 T11 ~ T13 を示す情報である。

【0036】

(ステップ ST5)

そして、位置ズレ判定部 111 は、定格回転数での運転時における翼通過パルスデータを取得する。本実施形態において、位置ズレ判定部 111 は、上流側センサー 201 の出力に基づく翼通過パルスデータ D21 と、中央センサー 202 の出力に基づく翼通過パルスデータ D22 と、下流側センサー 203 の出力に基づく翼通過パルスデータ D23 を取得する。この翼通過パルスデータ D21 ~ D23 の一例を、図 9 (b) に示す。この場合の動翼の板厚は、図 9 (a) に示すとおり、H21 ~ H23 とする。

10

【0037】

例えば、位置ズレ判定部 111 は、タービンロータ 9 の高速回転数（または定格回転数）での運転により取得された翼通過パルスデータ D21 ~ 23 から各動翼の平均的な反射光の時間長であるパルス幅 T21 ~ T23 を算出することができる。そして、位置ズレ判定部 111 は、算出したパルス幅 T21 ~ T23 に基づき、上述した式 (9) ~ (11) に従って、各センサー 201 ~ 203 からの反射光が示す動翼の板厚を算出することができる。なお、回転速度 V20 は、高速回転数（または定格回転数）での運転におけるタービンロータ 9 の回転速度である。

20

【0038】

$$H21 = V20 \times T21 \quad \dots \text{式 (9)}$$

$$H22 = V20 \times T22 \quad \dots \text{式 (10)}$$

$$H23 = V20 \times T23 \quad \dots \text{式 (11)}$$

【0039】

(ステップ ST6)

そして、位置ズレ判定部 111 は、各センサー 201 ~ 203 の走査位置の初期値に基づき、タービンロータ 9 とセンサー部 20 との位置ズレを判定する。本実施形態において、位置ズレ判定部 111 は、記憶部 102 の初期値記憶領域 123 に格納されている走査位置に対応する動翼の板厚を、走査位置情報テーブル 121 から読み出す。そして、位置ズレ判定部 111 は、読み出した各センサー 201 ~ 203 に対応する動翼の板厚 H11 ~ H13 と、ステップ ST5 において検出された翼通過パルスデータ D21 ~ D23 のパルス幅 T21 ~ T23 が示す動翼の板厚 H21 ~ H23 とを照合する。上流側センサー 201、中央センサー 202、および下流側センサー 203 の初期値に対応する動翼の板厚 H11 ~ H13 と、翼通過パルスデータ D21 ~ D23 のパルス幅が示す動翼の板厚 H21 ~ H23 との差が、予め決められた閾値以上である場合、位置ズレ判定部 111 は、タービンロータ 9 とセンサー部 20 との位置ズレが発生していると判定する。一方、この差が予め決められた閾値未満である場合、位置ズレ判定部 111 は、タービンロータ 9 とセンサー部 20 との位置ズレが発生していないと判定する。

30

40

【0040】

なお、本発明はこれに限られず、位置ズレ判定部 111 は、ステップ ST5 において検出された翼通過パルスデータ D21 ~ D23 のパルス幅 T21 ~ T23 と、低速運転時において検出された翼通過パルスデータ D11 ~ D13 のパルス幅 T11 ~ T13 とを照合するものであってもよい。位置ズレ判定部 111 は、パルス幅 T11 ~ T13 とパルス幅 T21 ~ T23 のとそれぞれの差が、予め決められた閾値以上である場合、タービンロータ 9 とセンサー部 20 の位置ズレが発生していると判定する。一方、この差が予め決められた閾値未満である場合、位置ズレ判定部 111 は、タービンロータ 9 とセンサー部 20 との位置ズレが発生していないと判定する。

50

【 0 0 4 1 】

タービンの高速回転数（または定格回転数）による運転中には、ロータおよび車室は、熱伸び等により各部の変形を伴う。そして、この熱伸び等の影響により、センサー 2 0 1 ~ 2 0 3 と動翼 Y 1 , Y 2 , Y 3 . . . の相対的な位置関係が変化する。よって、各センサー 2 0 1 ~ 2 0 3 で計測される翼通過パルスデータのパルス幅 $T 2 1 \sim T 2 3$ も変化する。位置ズレ判定部 1 1 1 は、このような位置ズレを補正するため、各センサー 2 0 1 ~ 2 0 3 が動翼のどの位置を通過しているのか、つまり、各センサー 2 0 1 ~ 2 0 3 の走査位置を推定する。すなわち、位置ズレ判定部 1 1 1 は、各センサー 2 0 1 ~ 2 0 3 で計測される動翼の板厚 $H 2 1 \sim H 2 3$ の変化により、例えば、各センサー 2 0 1 ~ 2 0 3 の走査位置が、ガス流れの上流側に移動したのか、下流側に移動したのかが推定できる。

10

【 0 0 4 2 】

図 1 0 は、センサー部 2 0 とタービンロータ 9 の動翼 Y 1 の位置ズレの一例を示す図である。図 1 0 (a) は、位置ズレ前（移動前）の動翼 Y 1 と走査位置との位置関係と、位置ズレ後（移動後）の動翼 Y 1 と走査位置との位置関係との一例を示す。図 1 0 (b) は、位置ズレ前（移動前）の各センサー 2 0 1 ~ 2 0 3 の反射光に基づく翼通過パルスデータの一部と、位置ズレ後（移動後）の各センサー 2 0 1 ~ 2 0 3 の反射光に基づく翼通過パルスデータの一部を示す。

図 1 0 (a) において、位置ズレ前の各センサー 2 0 1 ~ 2 0 3 の反射光に基づき算出された動翼の板厚は、初期値である板厚 $H 1 1 \sim H 1 3$ である。また、図 1 0 (b) において、位置ズレ後の各センサー 2 0 1 ~ 2 0 3 の反射光に基づき算出された動翼の板厚は、板厚 $H 2 1 \sim H 2 3$ である。具体的には、上流側センサー 2 0 1 の板厚が $H 1 1$, $H 2 1$ であり、中央センサー 2 0 2 の板厚が $H 1 2$, $H 2 2$ であり、下流側センサー 2 0 3 の板厚が $H 1 3$, $H 2 3$ である。

20

【 0 0 4 3 】

図 1 0 (b) において、パルス幅 $T 1 1 \sim T 1 3$ は、位置ズレ前の各センサー 2 0 1 ~ 2 0 3 の反射光に基づく翼通過パルスデータ $D 1 1 \sim 1 3$ の一部であって、パルス幅 $T 2 1 \sim T 2 3$ は、位置ズレ後の各センサー 2 0 1 ~ 2 0 3 の反射光に基づく翼通過パルスデータ $D 2 1 \sim D 2 3$ の一部を示す。具体的には、上流側センサー 2 0 1 の反射光に対応するパルス幅 $T 1 1$, $T 2 1$ であり、中央センサー 2 0 2 の反射光に対応するパルス幅 $T 1 2$, $T 2 2$ であり、下流側センサー 2 0 3 の反射光に対応するパルス幅 $T 1 3$, $T 2 3$ である。

30

なお、図 7 (b) に示す通り、センサー部 2 0 が下流側に移動したときは、各センサー 2 0 1 ~ 2 0 3 の H が減少傾向となる。

【 0 0 4 4 】

(ステップ S T 7)

定格回転数運転によるタービンロータ 9 とセンサー部 2 0 との位置ズレを検出した場合、位置ズレ判定部 1 1 1 は、記憶部 1 0 2 の翼振動制限値を変更する。

例えば、位置ズレ判定部 1 1 1 は、位置ズレ後の動翼の板厚 $H 2 1 \sim H 2 3$ 、あるいは、パルス幅 $T 2 1 \sim T 2 3$ に基づき、位置ズレ後のセンサー部 2 0 の走査位置を推定する。位置ズレ判定部 1 1 1 は、記憶部 1 0 2 の走査位置情報テーブル 1 2 1 とセンサー配置情報記憶領域 1 2 2 とを参照して、上流側センサー 2 0 1 、中央センサー 2 0 2 、および下流側センサー 2 0 3 のセンサー間隔 Δ に基づき、位置ズレ後の動翼の板厚 $H 2 1 \sim H 2 3$ 、あるいは、パルス幅 $T 2 1 \sim T 2 3$ が示す走査位置を推定する。

40

そして、位置ズレ判定部 1 1 1 は、推定した走査位置に対応する翼振動制限値を取得し、記憶部 1 0 2 の翼振動制限値記憶領域 1 2 5 に書き込む。なお、翼振動制限値は、動翼 Y 1 , Y 2 , Y 3 . . . に対応するセンサー部 2 0 の走査位置に応じて予め決められており、記憶部 1 0 2 に格納されている。この翼振動制限値は、事前の振動実験による解析から求められた値である。

なお、位置ズレ判定部 1 1 1 は、定格回転数運転によるタービンロータ 9 とセンサー部 2 0 との位置ズレを検出しない場合であっても、未だ翼振動制限値が翼振動制限値記憶領

50

域 1 2 5 に設定されていない場合、初期値記憶領域 1 2 3 に格納されている初期値に対応する翼振動制限値を設定する。

【 0 0 4 5 】

(ステップ S T 8)

また、振動応答監視部 1 1 2 は、センサー部 2 0 の出力が示す翼通過パルスデータに基づき、タービンロータ 9 の動翼 Y 1 , Y 2 , Y 3 . . . の振動量を検出する。例えば、振動応答監視部 1 1 2 は、上流側センサー 2 0 1、中央センサー 2 0 2、および下流側センサー 2 0 3 のそれぞれで取得された翼通過パルスデータ D 3 1 ~ D 3 3 の振動応答 (振動、振動数、振動モード等) を分析する。なお、この振動応答の程度を示す値を振動量という。なお、振動応答監視部 1 1 2 は、上流側センサー 2 0 1、中央センサー 2 0 2、および下流側センサー 2 0 3 は、翼通過パルスデータ D 1 1 を分析することで、動翼 Y 1 , Y 2 , Y 3 . . . の静的な変形や、動翼 Y 1 , Y 2 , Y 3 . . . の振動モードも分析評価することが可能となる。

10

【 0 0 4 6 】

(ステップ S T 9)

そして、振動応答監視部 1 1 2 は、検出された動翼 Y 1 , Y 2 , Y 3 . . . の振動量が翼振動制限値を超えているか否かを判定し動翼の振動応答を監視する。この振動応答監視部 1 1 2 は、例えば、ステップ S T 7 において設定された翼振動制限値と、ステップ S T 8 において検出された動翼 Y 1 , Y 2 , Y 3 . . . の振動量とを比較する。具体的に説明すると、振動応答監視部 1 1 2 は、翼振動制限値記憶領域 1 2 5 から翼振動制限値を読み出し、検出された振動量が翼振動制限値を超えているか否かを判定する。動翼 Y 1 , Y 2 , Y 3 . . . の振動量のうち少なくとも 1 つが翼振動制限値を超えている場合、振動応答監視部 1 1 2 は、タービンロータ 9 を停止する指令や、動翼の振動量が翼振動制限値を超えたことを、報知部 1 0 3 から報知させる。

20

【 0 0 4 7 】

なお、本発明はこれに限られず、振動応答監視部 1 1 2 は、記憶部 1 0 2 の参照パターン記憶領域 1 2 4 から、初期値に対応する参照パターンと、ステップ S T 5 において検出される翼通過パルスデータ D 2 1 ~ 2 3 とを、各センサー 2 0 1 ~ 2 0 3 ごとに比較するものであってよい。基準点 T 0 からパルス波形の出現する時間長や、各パルス幅が、翼振動制限値において定義される範囲を超えている場合、振動応答監視部 1 1 2 は、タービンロータ 9 を停止する指令等を、報知部 1 0 3 から報知させる。この翼振動制限値には、初期値である参照パターンに対して決められる、タービンロータ 9 の動翼 Y 1 , Y 2 , Y 3 . . . が損傷するおそれがあるか否かを判定する際の振動量の限界値が含まれている。

30

【 0 0 4 8 】

また、本発明はこれに限られず、定格回転数運転によるタービンロータ 9 とセンサー部 2 0 との位置ズレを検出した場合、ステップ S T 7 において、位置ズレ判定部 1 1 1 が、位置ズレ後の翼通過パルスデータ D 2 1 ~ D 2 3 を、参照パターン記憶領域 1 2 4 に上書きするものであってよい。この場合、振動応答監視部 1 1 2 は、参照パターン記憶領域 1 2 4 から読み出した参照パターンと、ステップ S T 5 において取得された翼通過パルスデータとを比較して、差分が翼振動制限値を超えている場合、タービンロータ 9 を停止する指令等を、報知部 1 0 3 から報知させるものであってよい。

40

さらに、定格回転数運転によるタービンロータ 9 とセンサー部 2 0 との位置ズレを検出した場合、ステップ S T 7 において、位置ズレ判定部 1 1 1 が、位置ズレ後の翼通過パルスデータ D 2 1 ~ D 2 3 が示すパルス幅 T 2 1 ~ 2 3 あるいは板厚 H 2 1 ~ H 2 3 を、初期値記憶領域 1 2 3 に上書きするものであってよい。この場合、振動応答監視部 1 1 2 は、初期値記憶領域 1 2 3 から読み出したパルス幅 T 2 1 ~ 2 3 あるいは板厚 H 2 1 ~ H 2 3 と、ステップ S T 5 において取得された翼通過パルスデータに対応するパルス幅あるいは板厚とを比較して、差分が翼振動制限値を超えている場合、タービンロータ 9 を停止する指令等を、報知部 1 0 3 から報知させるものであってよい。

【 0 0 4 9 】

50

次に、図 1 1 を参照して、タービンロータ 9 の動翼 Y 1 , Y 2 , Y 3 . . . の振動モードの一例について説明する。図 1 1 は、本実施形態に係る振動モードの一例を示す図である。

図 1 1 (a) は、振動モード 1 の一例を示す図である。振動モード 1 は、図示の通り、タービンロータ 9 の回転軸方向 X (つまり、ガス流れ方向) と直交する回転方向 R に、タービンロータ 9 の動翼 Y 1 , Y 2 , Y 3 . . . の位置が移動した場合の一例を示す。この場合、ステップ S T 5 において検出される翼通過パルスデータのパルス幅の出現位置がずれる。つまり、基準点 T 0 (例えば、図 6 (b) に示す) から各パルス幅までの時間長が変化する。

【 0 0 5 0 】

図 1 1 (b) は、振動モード 2 の一例を示す図である。振動モード 2 は、図示の通り、タービンロータ 9 の回転軸方向 X (つまり、ガス流れ方向) と直交する回転方向 R の回転前方に、タービンロータ 9 の動翼 Y 1 , Y 2 , Y 3 . . . の下流側の端部が移動している。一方、タービンロータ 9 の動翼 Y 1 , Y 2 , Y 3 . . . の上流側の端部は、回転方向 R の回転後方に移動している。

また、図 1 1 (c) は、振動モード 3 の一例を示す図である。振動モード 3 は、図示の通り、タービンロータ 9 の回転軸方向 X (つまり、ガス流れ方向) と直交する回転方向 R の回転前方に、タービンロータ 9 の動翼 Y 1 , Y 2 , Y 3 . . . の下流側の端部が移動している。一方、タービンロータ 9 の動翼 Y 1 , Y 2 , Y 3 . . . の上流側の端部は、ほとんど移動していない。

この図 1 1 (b) , 1 1 (c) に示す振動モード 2 , 3 の場合、基準点 T 0 (例えば、図 6 (b) に示す) から各パルス幅までの時間長が短くなったり長くなったりする。また、パルス幅も変化する。

【 0 0 5 1 】

振動応答監視部 1 1 2 は、基準点 T 0 から各パルス幅までの時間長の変化量やパルス幅の変化量を総合的に分析することにより、タービンロータ 9 の動翼 Y 1 , Y 2 , Y 3 . . . の振動が、振動モード 1 ~ 3 のうちいずれに該当するか否かを判定することができる。

なお、本発明は、この振動モード 1 ~ 3 に限られない。

【 0 0 5 2 】

次に、図 1 2 を参照して、定格回転による運転時 (高速運転時) における位置ズレの一例を説明する。図 1 2 (a) は、位置ズレ前 (低速運転時) におけるタービンロータ 9 の動翼 Y 1 , Y 2 , Y 3 . . . の位置と、位置ズレ後 (高速運転時) におけるタービンロータ 9 の動翼 Y 1 , Y 2 , Y 3 . . . の位置とを示す図である。図示の通り、タービンロータ 9 の回転軸方向 X (つまり、ガス流れ方向) と直交する回転方向 R の回転前方に、タービンロータ 9 の動翼 Y 1 , Y 2 , Y 3 . . . の上流側の端部が移動している。一方、タービンロータ 9 の動翼 Y 1 , Y 2 , Y 3 . . . の下流側の端部は、ほとんど移動していない。

図 1 2 (b) は、位置ズレ前 (低速運転時) における翼通過パルスデータ D 1 1 ~ D 1 3 と、位置ズレ後 (高速運転時) における翼通過パルスデータ D 4 1 ~ D 4 3 とを示す。図 1 2 (b) に示す通り、パルス波形の出現タイミングがずれている。つまり、基準点 T 0 からパルス波形までの時間長が変化している。

位置ズレ判定部 1 1 1 は、このような基準点 T 0 からのパルス波形までの時間長の変化に基づき、位置ズレを検出することができる。なお、位置ズレ判定部 1 1 1 は、基準点 T 0 を示す基準パルスを、例えば、回転制御部 1 1 3 から入力する構成であってもよい。回転制御部 1 1 3 は、タービンロータ 9 の予め決められた所定位置を通過した場合、基準パルスを位置ズレ判定部 1 1 1 に出力するようにしてもよい。

また、振動応答監視部 1 1 2 は、このような基準点 T 0 からのパルス波形までの時間長の変化やパルス幅の変化に基づき、上流側センサー 2 0 1、中央センサー 2 0 2、および下流側センサー 2 0 3 の受光部 2 b からの出力値を総合的に分析することにより、動翼 Y 1 , Y 2 , Y 3 . . . の振動モードも分析評価することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 3 】

動翼 Y 1 , Y 2 , Y 3 . . . 先端の振動振幅は、振動モードによって、また、センサー部 2 0 とタービンロータ 9 の動翼 Y 1 , Y 2 , Y 3 . . . (動翼先端) との相対位置関係によって異なる。センサー部 2 0 とタービンロータ 9 の動翼 Y 1 , Y 2 , Y 3 . . . (動翼先端) との相対的な位置関係が分からない場合、翼先端のどの位置の振幅を計測しているのが詳細な情報が得られないため、振動の検出精度が悪かった。これにより、翼振動に伴う寿命評価が難しいという問題があった。

例えば、運転条件により、熱変形や遠心力が原因となり、センサー部 2 0 とタービンロータ 9 の動翼 Y 1 , Y 2 , Y 3 . . . (動翼先端) との相対的な位置関係が変化することが予想される。また、同じ振動モードであっても、センサー部 2 0 とタービンロータ 9 の動翼 Y 1 , Y 2 , Y 3 . . . (動翼先端) との相対的な位置関係がズレた場合、計測される振動が翼振動制限値を越えているにも関わらず、翼制限値を越えていないと誤判定する虞がある。

本実施形態に係る振動応答監視装置 1 0 0 は、事前に、センサー部 2 0 とタービンロータ 9 の動翼 Y 1 , Y 2 , Y 3 . . . との相対的な位置関係を確認する。そして、確認された位置関係に応じて予め決められている翼振動制限値に基づき、動翼 Y 1 , Y 2 , Y 3 . . . の振動を判定することができる。これにより、センサー部と動翼との相対的に位置関係に応じて予め決められている翼振動制限値に基づき、動翼の振動応答を監視することができる。よって、動翼の振動量の検出精度が向上し、より正確に振動応答を監視することができる。

【 0 0 5 4 】

また、本実施形態に係る振動応答監視装置 1 0 0 は、センサー部 2 0 とタービンロータ 9 の動翼 Y 1 , Y 2 , Y 3 . . . との相対的な位置関係の位置ズレを検出することができる。よって、振動応答監視装置 1 0 0 は、センサー部 2 0 とタービンロータ 9 の動翼 Y 1 , Y 2 , Y 3 . . . との相対的な位置関係が変化した場合であっても、位置ズレ後のセンサー部 2 0 とタービンロータ 9 の動翼 Y 1 , Y 2 , Y 3 . . . との相対的な位置関係の検出することができる。よって、位置ズレ後の位置関係に基づき、動翼 Y 1 , Y 2 , Y 3 . . . の振動を判定することができる。また、位置ズレ後において、センサー部 2 0 が動翼 Y 1 , Y 2 , Y 3 . . . のどの位置を検出しているのかを判定することができる。これにより、位置ズレ後のセンサーと動翼の位置関係に応じた翼振動制限値を用いて、動翼の振動応答を監視することができる。

【 0 0 5 5 】

また、上流側センサー 2 0 1 と下流側センサー 2 0 3 の光学式センサーの翼通過パルスデータのパルス幅は、動翼の板厚とほぼ等しくなる場合、翼通過パルスデータの幅を求めれば上流側センサー 2 0 1 、中央センサー 2 0 2 、および下流側センサー 2 0 3 が、動翼 Y 1 , Y 2 , Y 3 . . . のどの位置を計測しているのかが評価可能となり、正しい翼振動応答レベルを評価することが可能となる。

【 0 0 5 6 】

その他、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、上記した実施の形態における構成要素を周知の構成要素に置き換えることは適宜可能である。また、この発明の技術範囲は上記の実施形態に限られるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。例えば、本発明に係る振動応答監視装置 1 0 0 は、ガスタービン 1 が備える構成であってもよい。また、センサー部 2 0 だけがガスタービン 1 に取り付けられており、センサー部 2 0 の検出結果を示す情報を受信する受信部と、制御部 1 0 1 と、記憶部 1 0 2 と、報知部 1 0 3 とを備える構成を、振動応答監視装置とする構成であってもよい。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 7 】

- 1 ガスタービン
- 2 空気圧縮機

10

20

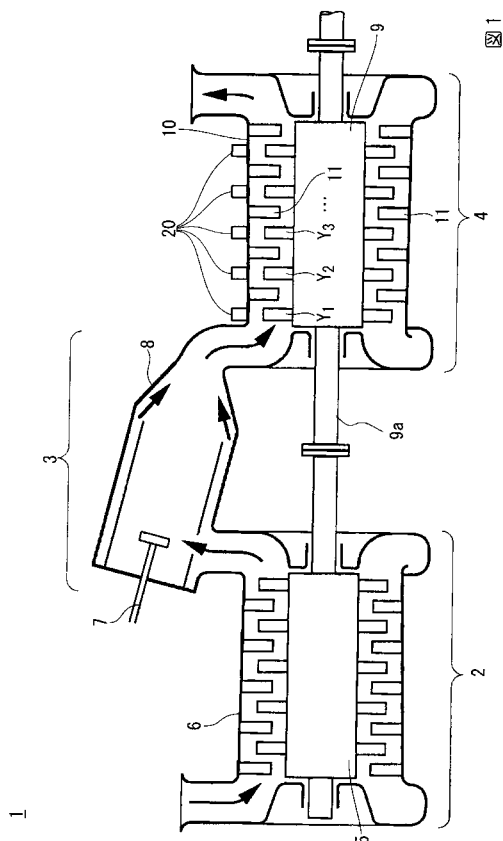
30

40

50

- 3 燃焼器
- 4 タービン
- 5 圧縮機ロータ
- 6 圧縮機ケーシング
- 7 燃料供給器
- 8 燃焼筒
- 9 タービンロータ
- 10 タービンケーシング
- 100 振動応答監視装置
- 101 制御部
- 102 記憶部
- 111 位置ズレ判定部
- 112 振動応答監視部
- 113 回転制御部
- 121 走査位置情報テーブル
- 122 センサー配置情報記憶領域
- 123 初期値記憶領域
- 124 参照パターン記憶領域
- 125 翼振動制限値記憶領域

【図1】



【図2】

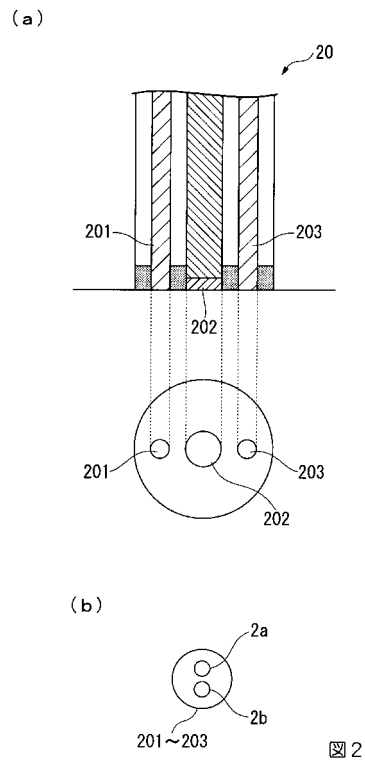
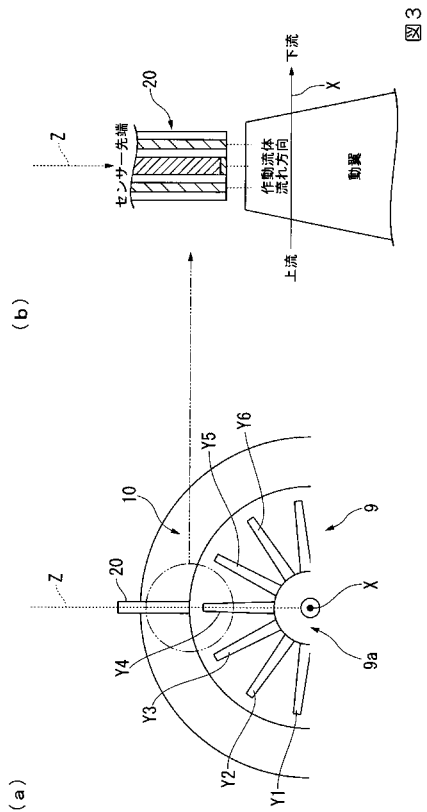
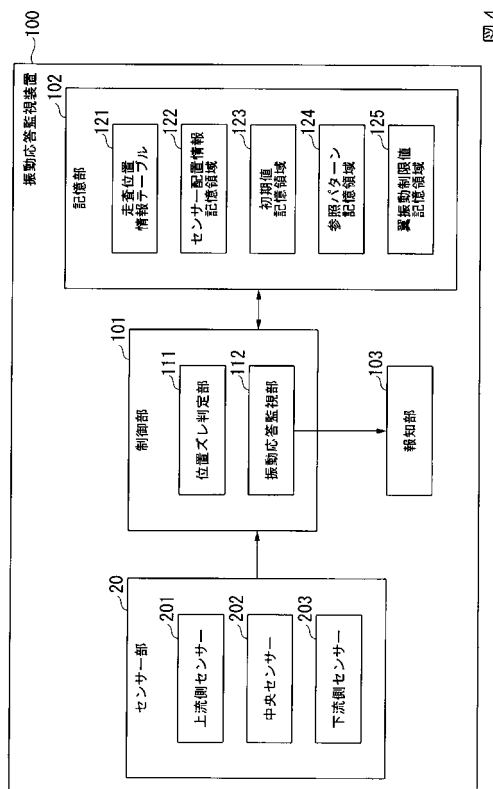


図2

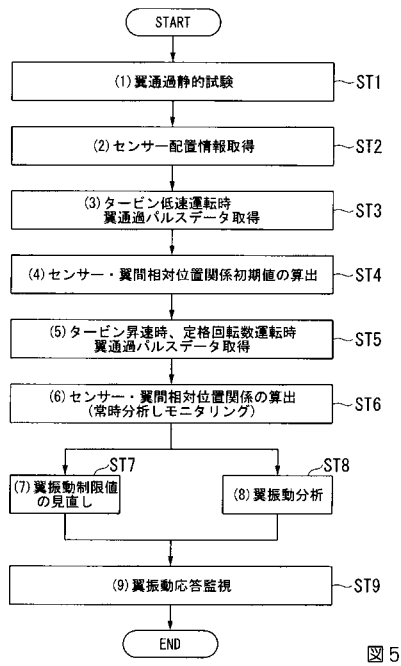
【 図 3 】



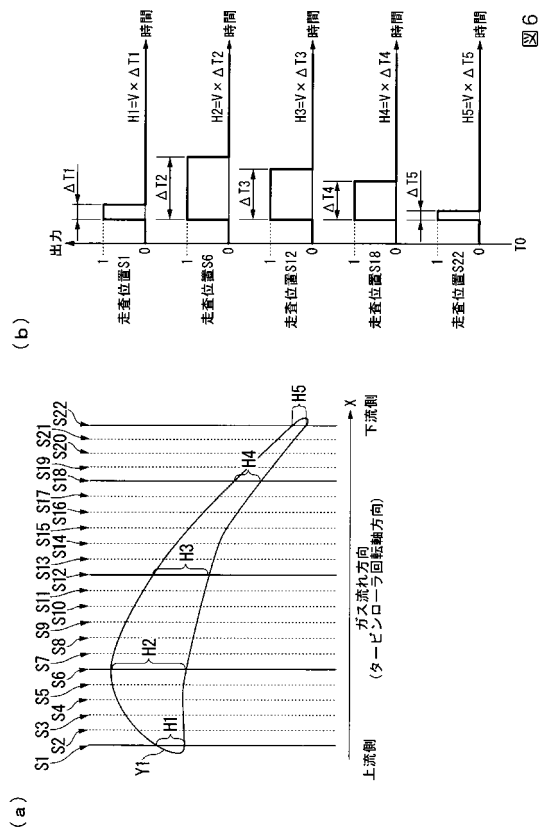
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】

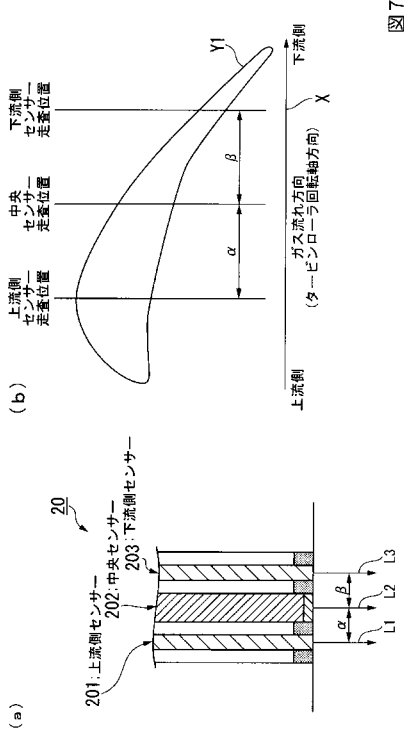


図 7

【 図 8 】

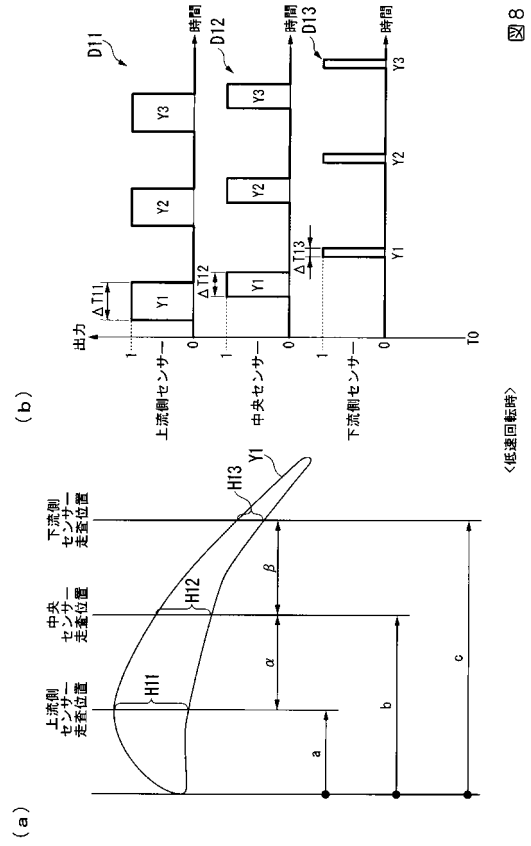


図 8

【 図 9 】

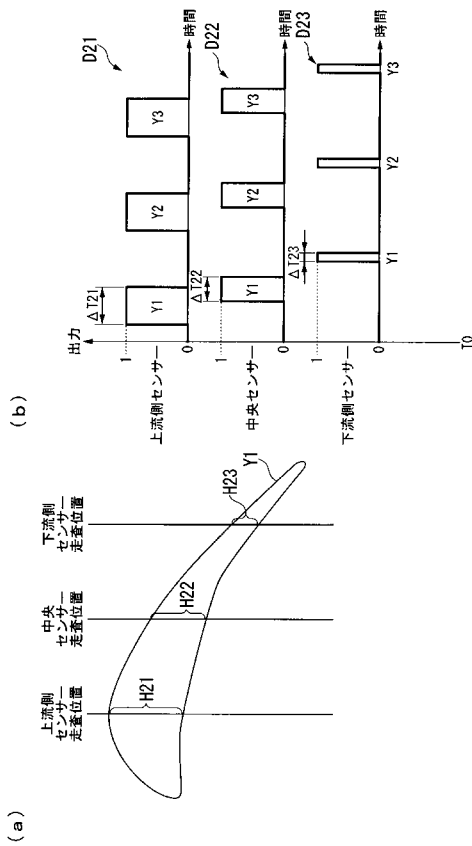


図 9

【 図 10 】

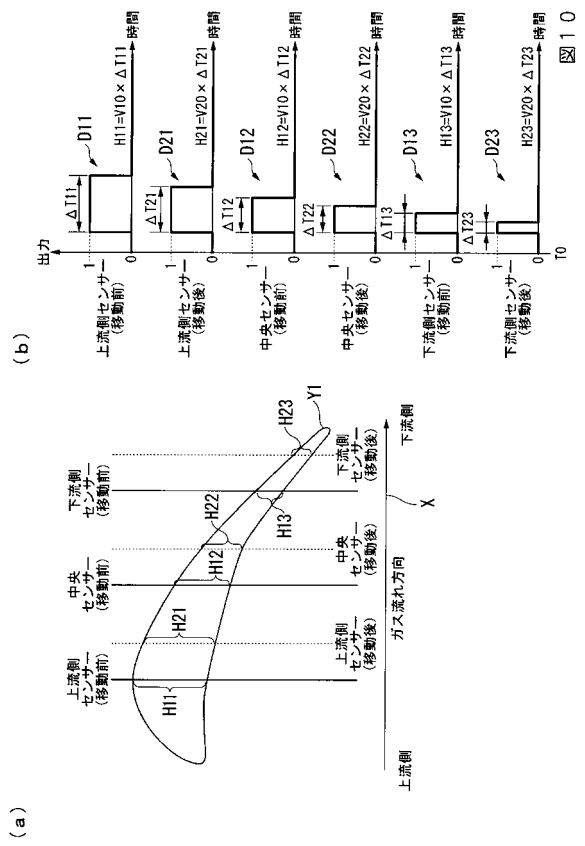
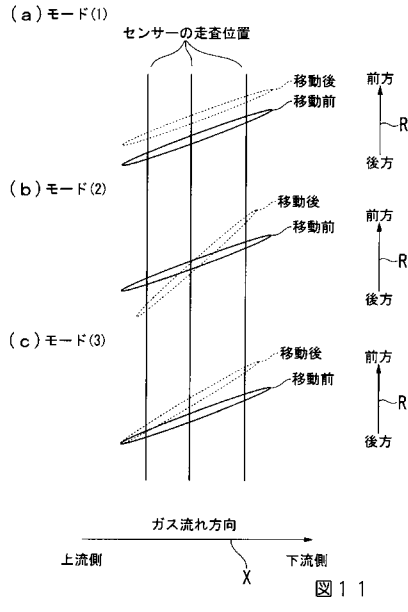


図 10

【 図 1 1 】



【 図 1 2 】

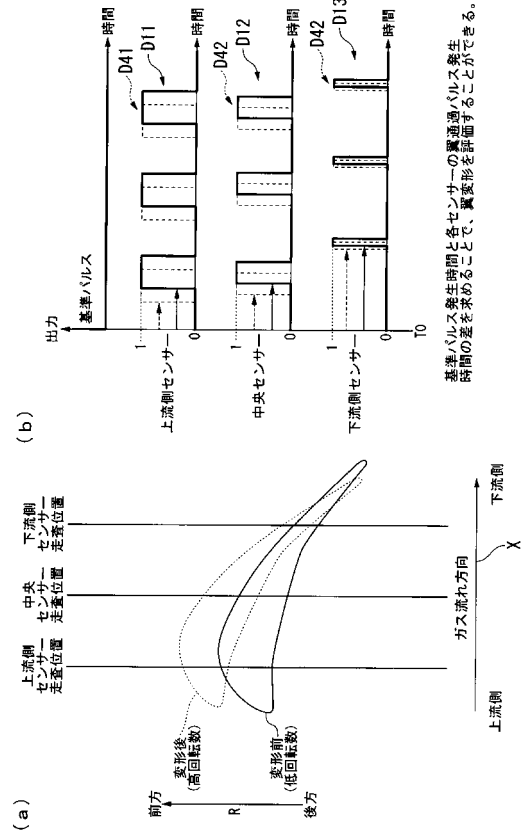


図 1 2

フロントページの続き

(72)発明者 田村 和浩

東京都港区港南二丁目1番5号 三菱重工業株式会社内

(72)発明者 大山 宏治

東京都港区港南二丁目1番5号 三菱重工業株式会社内

Fターム(参考) 2G064 AB03 AB22 BA02 CC57

3G202 BA02 BB03