

(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2017-173023

(P2017-173023A)

(43) 公開日 平成29年9月28日 (2017.9.28)

(51) Int.Cl. F 1
GO 1 H 17/00 (2006.01) GO 1 H 17/00 Z テーマコード (参考)
 2 GO 6 4

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2016-56810 (P2016-56810)
 (22) 出願日 平成28年3月22日 (2016.3.22)

(71) 出願人 514030104
 三菱日立パワーシステムズ株式会社
 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号
 (74) 代理人 110002147
 特許業務法人酒井国際特許事務所
 (72) 発明者 梅原 隆一
 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
 (72) 発明者 田村 和浩
 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内

最終頁に続く

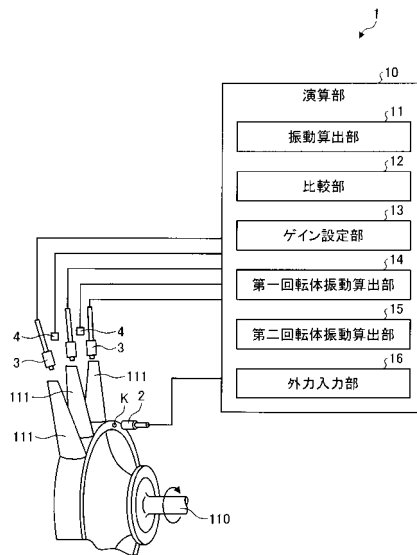
(54) 【発明の名称】 回転機械振動計測装置、回転機械振動計測方法及びプログラム

(57) 【要約】

【課題】高精度な回転機械振動計測装置、回転機械振動計測方法及びプログラムを提供すること。

【解決手段】ケーシング120の振動モデルに基づいて、ケーシング120の振動を算出する振動算出部11と、非接触センサ3でタービン翼111が検出された通過時刻と、基準状態におけるタービン翼111の通過時刻との時間差に基づいて、タービン翼111の振動を算出する第一回転体振動算出部14と、第一回転体振動算出部14で算出されたタービン翼111の振動波形から、振動算出部11で算出されたケーシング120の第一所定位置における振動による変位を除去して、タービン翼111の振動を算出する第二回転体振動算出部15とを備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

回転機械に配置された回転体の外周と向かい合う静止体の第一所定位置に配置され、前記回転体の通過を非接触で検出する第一センサと、

前記静止体または前記回転体の回転軸の第二所定位置に配置され、前記静止体または前記回転軸の前記第二所定位置における振動を検出する第二センサと、

前記静止体または前記回転軸の振動モデルに基づいて、前記静止体または前記回転軸の振動を算出する振動算出部と、

前記振動算出部で算出された前記静止体または前記回転軸の前記第二所定位置における振動と、前記第二センサで検出された前記静止体または前記回転軸の前記第二所定位置における振動とを比較する比較部と、

前記比較部で比較した、前記振動算出部で算出された前記静止体または前記回転軸の前記第二所定位置における振動と、前記第二センサで検出された前記静止体または前記回転軸の前記第二所定位置における振動との差分が小さくなるように、前記振動算出部で用いる前記振動モデルの状態量のゲインを設定するゲイン設定部と、

前記第一センサで前記回転体を検出された通過時刻と、記憶部に記憶された基準状態における前記回転体の通過時刻との時間差に基づいて、前記回転体の振動を算出する第一回転体振動算出部と、

前記第一回転体振動算出部で算出された前記回転体の振動波形から、前記振動算出部で算出された前記静止体または前記回転軸の前記第一所定位置における振動による変位を除去して、前記回転体の振動を算出する第二回転体振動算出部と

を備えることを特徴とする回転機械振動計測装置。

【請求項 2】

前記第二センサは、前記静止体に配置され、前記静止体の前記第二所定位置における振動を検出し、

前記振動算出部は、前記静止体の振動モデルに基づいて、前記静止体の振動を算出し、

前記比較部は、前記振動算出部で算出された前記静止体の前記第二所定位置における振動と、前記第二センサで検出された前記静止体の前記第二所定位置における振動とを比較し、

前記ゲイン設定部は、前記比較部で比較した、前記振動算出部で算出された前記静止体の前記第二所定位置における振動と、前記第二センサで検出された前記静止体の前記第二所定位置における振動との差分が小さくなるように、前記振動算出部で用いる前記振動モデルの状態量のゲインを設定し、

前記第二回転体振動算出部は、前記第一回転体振動算出部で算出された前記回転体の振動波形から、前記振動算出部で算出された前記静止体の前記第一所定位置における振動による前記第一センサの変位を除去して、前記回転体の振動を算出することを特徴とする請求項 1 に記載の回転機械振動計測装置。

【請求項 3】

前記第二センサは、前記回転軸に配置され、前記回転軸の前記第二所定位置におけるねじり振動を検出し、

前記振動算出部は、前記回転体と前記回転軸とを含むねじり振動の振動モデルに基づいて、前記回転体と前記回転軸とを含むねじり振動を算出し、

前記比較部は、前記振動算出部で算出された前記回転軸の前記第二所定位置におけるねじり振動と、前記第二センサで検出された前記回転軸の前記第二所定位置におけるねじり振動とを比較し、

前記ゲイン設定部は、前記比較部で比較した、前記振動算出部で算出された前記回転軸の前記第二所定位置におけるねじり振動と、前記第二センサで検出された前記回転軸の前記第二所定位置におけるねじり振動との差分が小さくなるように、前記振動算出部で用いる前記振動モデルの状態量のゲインを設定し、

前記第二回転体振動算出部は、前記第一回転体振動算出部で算出された前記回転体の振

10

20

30

40

50

動波形から、前記振動算出部で算出された前記回転体の前記第一所定位置におけるねじり振動による前記回転体の変位を除去して、前記回転体の振動を算出することを特徴とする請求項1に記載の回転機械振動計測装置。

【請求項4】

トルク変動を含む前記回転体に作用する外力を入力する外力入力部を備え、

前記振動算出部は、さらに前記外力に基づいて、前記静止体または前記回転軸の振動を算出することを特徴とする請求項1から3のいずれか一項に記載の回転機械振動計測装置。

【請求項5】

回転機械に配置された回転体の外周と向かい合う静止体の第一所定位置に配置された第一センサで、前記回転体の通過を非接触で検出する第一振動検出工程と、

前記静止体または前記回転体の回転軸の第二所定位置に配置された第二センサで、前記静止体または前記回転軸の前記第二所定位置における振動を検出する第二振動検出工程と、

前記静止体または前記回転軸の振動モデルに基づいて、前記静止体または前記回転軸の振動を算出する振動算出工程と、

前記振動算出工程で算出された前記静止体または前記回転軸の前記第二所定位置における振動と、前記第二振動検出工程で検出された前記静止体または前記回転軸の前記第二所定位置における振動とを比較する比較工程と、

前記比較工程で比較した、前記振動算出工程で算出された前記静止体または前記回転軸の前記第二所定位置における振動と、前記第二振動検出工程で検出された前記静止体または前記回転軸の前記第二所定位置における振動との差分が小さくなるように、前記振動算出工程で用いる前記振動モデルの状態量のゲインを設定するゲイン設定工程と、

前記第一振動検出工程で前記回転体が検出された通過時刻と、記憶部に記憶された基準状態における前記回転体の通過時刻との時間差に基づいて、前記回転体の振動を算出する第一回転体振動算出工程と、

前記第一回転体振動算出工程で算出された前記回転体の振動波形から、前記振動算出工程で算出された前記静止体または前記回転軸の前記第一所定位置における振動による変位を除去して、前記回転体の振動を算出する第二回転体振動算出工程と

を含むことを特徴とする回転機械振動計測方法。

【請求項6】

回転機械に配置された回転体の外周と向かい合う静止体の第一所定位置に配置された第一センサで、前記回転体の通過を非接触で検出する第一振動検出工程と、

前記静止体または前記回転体の回転軸の第二所定位置に配置された第二センサで、前記静止体または前記回転軸の前記第二所定位置における振動を検出する第二振動検出工程と、

前記静止体または前記回転軸の振動モデルに基づいて、前記静止体または前記回転軸の振動を算出する振動算出工程と、

前記振動算出工程で算出された前記静止体または前記回転軸の前記第二所定位置における振動と、前記第二振動検出工程で検出された前記静止体または前記回転軸の前記第二所定位置における振動とを比較する比較工程と、

前記比較工程で比較した、前記振動算出工程で算出された前記静止体または前記回転軸の前記第二所定位置における振動と、前記第二振動検出工程で検出された前記静止体または前記回転軸の前記第二所定位置における振動との差分が小さくなるように、前記振動算出工程で用いる前記振動モデルの状態量のゲインを設定するゲイン設定工程と、

前記第一振動検出工程で前記回転体が検出された通過時刻と、記憶部に記憶された基準状態における前記回転体の通過時刻との時間差に基づいて、前記回転体の振動を算出する第一回転体振動算出工程と、

前記第一回転体振動算出工程で算出された前記回転体の振動波形から、前記振動算出工

10

20

30

40

50

程で算出された前記静止体または前記回転軸の前記第一所定位置における振動による変位を除去して、前記回転体の振動を算出する第二回転体振動算出工程と

をコンピューターに実行させるプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、回転機械振動計測装置、回転機械振動計測方法及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

蒸気タービンやガスタービンを含む回転機械は、十分な振動強度が要求される。そのため、設計時に、タービン翼の振動を計測し、タービン翼の振動特性が設計計画通りであることを検証したり、運転条件の変化による振動特性の変化を確認したりする。タービン翼の振動を計測する技術の一つとして、非接触でタービン翼の振動を計測する非接触翼振動計測技術(BTT: Blade Tip Timing)が知られている(例えば、特許文献1参照)。この技術は、タービン翼のケーシングにタービン翼の通過を非接触で検出するセンサを配置し、タービン翼の振動時と非振動時との通過時刻の差分からタービン翼の振動振幅を算出する。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

20

【特許文献1】特許第5293406号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところが、非接触翼振動計測技術では、ケーシングにセンサを配置しているため、ケーシングが振動するとセンサが振動する。センサの振動は、タービン翼の振動計測において計測誤差として影響する可能性がある。より詳しくは、タービン翼の振動振幅がセンサの振動振幅より十分大きい場合、センサの振動による影響は無視できるレベルであると評価できる。一方、タービン翼の振動振幅とセンサの振動振幅との差が小さい場合、センサの振動による影響を無視できなくなる。例えば、ガスタービンに用いられるタービン翼は剛性が高く振動振幅が小さいため、センサの振動による影響を無視できない。

30

【0005】

また、ガスタービンに用いられるタービンのタービン軸は、ねじり振動で応答していることがある。この場合、タービン翼が振動していなくても、タービン軸のねじり振動によって、タービン翼の通過時刻にずれが生じる。このため、非接触翼振動計測技術では、タービン翼の振動振幅がタービンのねじり振動を含んで実際の振動振幅より大きく算出されてしまう。

【0006】

本発明は、このような実情に鑑みてなされたものであり、回転体の振動を高精度に計測する回転機械振動計測装置、回転機械振動計測方法及びプログラムを提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の回転機械振動計測装置は、回転機械に配置された回転体の外周と向かい合う静止体の第一所定位置に配置され、前記回転体の通過を非接触で検出する第一センサと、前記静止体または前記回転体の回転軸の第二所定位置に配置され、前記静止体または前記回転軸の前記第二所定位置における振動を検出する第二センサと、前記静止体または前記回転軸の振動モデルに基づいて、前記静止体または前記回転軸の振動を算出する振動算出部と、前記振動算出部で算出された前記静止体または前記回転軸の前記第二所定位置における振動と、前記第二センサで検出された前記静止体または前記回転軸の前記第二所定位置

50

における振動とを比較する比較部と、前記比較部で比較した、前記振動算出部で算出された前記静止体または前記回転軸の前記第二所定位置における振動と、前記第二センサで検出された前記静止体または前記回転軸の前記第二所定位置における振動との差分が小さくなるように、前記振動算出部で用いる前記振動モデルの状態量のゲインを設定するゲイン設定部と、前記第一センサで前記回転体が検出された通過時刻と、記憶部に記憶された基準状態における前記回転体の通過時刻との時間差に基づいて、前記回転体の振動を算出する第一回転体振動算出部と、前記第一回転体振動算出部で算出された前記回転体の振動波形から、前記振動算出部で算出された前記静止体または前記回転軸の前記第一所定位置における振動による変位を除去して、前記回転体の振動を算出する第二回転体振動算出部とを備えることを特徴とすることを特徴とする。

10

【0008】

この構成によれば、回転体の振動を高精度に計測することができる。

【0009】

本発明の回転機械振動計測装置における、前記第二センサは、前記静止体に配置され、前記静止体の前記第二所定位置における振動を検出し、前記振動算出部は、前記静止体の振動モデルに基づいて、前記静止体の振動を算出し、前記比較部は、前記振動算出部で算出された前記静止体の前記第二所定位置における振動と、前記第二センサで検出された前記静止体の前記第二所定位置における振動とを比較し、前記ゲイン設定部は、前記比較部で比較した、前記振動算出部で算出された前記静止体の前記第二所定位置における振動と、前記第二センサで検出された前記静止体の前記第二所定位置における振動との差分が小さくなるように、前記振動算出部で用いる前記振動モデルの状態量のゲインを設定し、前記第二回転体振動算出部は、前記第一回転体振動算出部で算出された前記回転体の振動波形から、前記振動算出部で算出された前記静止体の前記第一所定位置における振動による前記第一センサの変位を除去して、前記回転体の振動を算出することが好ましい。この構成によれば、回転体の振動を高精度に計測することができる。

20

【0010】

本発明の回転機械振動計測装置における、前記第二センサは、前記回転軸に配置され、前記回転軸の前記第二所定位置におけるねじり振動を検出し、前記振動算出部は、前記回転体と前記回転軸とを含むねじり振動の振動モデルに基づいて、前記回転体と前記回転軸とを含むねじり振動を算出し、前記比較部は、前記振動算出部で算出された前記回転軸の前記第二所定位置におけるねじり振動と、前記第二センサで検出された前記回転軸の前記第二所定位置におけるねじり振動とを比較し、前記ゲイン設定部は、前記比較部で比較した、前記振動算出部で算出された前記回転軸の前記第二所定位置におけるねじり振動と、前記第二センサで検出された前記回転軸の前記第二所定位置におけるねじり振動との差分が小さくなるように、前記振動算出部で用いる前記振動モデルの状態量のゲインを設定し、前記第二回転体振動算出部は、前記第一回転体振動算出部で算出された前記回転体の振動波形から、前記振動算出部で算出された前記回転体の前記第一所定位置におけるねじり振動による前記回転体の変位を除去して、前記回転体の振動を算出することが好ましい。この構成によれば、回転体の振動を高精度に計測することができる。

30

【0011】

本発明の回転機械振動計測装置における、トルク変動を含む前記回転体に作用する外力を入力する外力入力部を備え、前記振動算出部は、さらに前記外力に基づいて、前記静止体または前記回転軸の振動を算出することが好ましい。この構成によれば、回転体の振動を高精度に計測することができる。

40

【0012】

本発明の回転機械振動計測方法は、回転機械に配置された回転体の外周と向かい合う静止体の第一所定位置に配置された第一センサで、前記回転体の通過を非接触で検出する第一振動検出工程と、前記静止体または前記回転体の回転軸の第二所定位置に配置された第二センサで、前記静止体または前記回転軸の前記第二所定位置における振動を検出する第二振動検出工程と、前記静止体または前記回転軸の振動モデルに基づいて、前記静止体ま

50

たは前記回転軸の振動を算出する振動算出工程と、前記振動算出工程で算出された前記静止体または前記回転軸の前記第二所定位置における振動と、前記第二振動検出工程で検出された前記静止体または前記回転軸の前記第二所定位置における振動とを比較する比較工程と、前記比較工程で比較した、前記振動算出工程で算出された前記静止体または前記回転軸の前記第二所定位置における振動と、前記第二振動検出工程で検出された前記静止体または前記回転軸の前記第二所定位置における振動との差分が小さくなるように、前記振動算出工程で用いる前記振動モデルの状態量のゲインを設定するゲイン設定工程と、前記第一振動検出工程で前記回転体が検出された通過時刻と、記憶部に記憶された基準状態における前記回転体の通過時刻との時間差に基づいて、前記回転体の振動を算出する第一回転体振動算出工程と、前記第一回転体振動算出工程で算出された前記回転体の振動波形から、前記振動算出工程で算出された前記静止体または前記回転軸の前記第一所定位置における振動による変位を除去して、前記回転体の振動を算出する第二回転体振動算出工程とを含むことを特徴とする。この方法によれば、回転体の振動を高精度に計測することができる。

10

20

30

40

50

【0013】

本発明のプログラムは、回転機械に配置された回転体の外周と向かい合う静止体の第一所定位置に配置された第一センサで、前記回転体の通過を非接触で検出する第一振動検出工程と、前記静止体または前記回転体の回転軸の第二所定位置に配置された第二センサで、前記静止体または前記回転軸の前記第二所定位置における振動を検出する第二振動検出工程と、前記静止体または前記回転軸の振動モデルに基づいて、前記静止体または前記回転軸の振動を算出する振動算出工程と、前記振動算出工程で算出された前記静止体または前記回転軸の前記第二所定位置における振動と、前記第二振動検出工程で検出された前記静止体または前記回転軸の前記第二所定位置における振動とを比較する比較工程と、前記比較工程で比較した、前記振動算出工程で算出された前記静止体または前記回転軸の前記第二所定位置における振動と、前記第二振動検出工程で検出された前記静止体または前記回転軸の前記第二所定位置における振動との差分が小さくなるように、前記振動算出工程で用いる前記振動モデルの状態量のゲインを設定するゲイン設定工程と、前記第一振動検出工程で前記回転体が検出された通過時刻と、記憶部に記憶された基準状態における前記回転体の通過時刻との時間差に基づいて、前記回転体の振動を算出する第一回転体振動算出工程と、前記第一回転体振動算出工程で算出された前記回転体の振動波形から、前記振動算出工程で算出された前記静止体または前記回転軸の前記第一所定位置における振動による変位を除去して、前記回転体の振動を算出する第二回転体振動算出工程とをコンピュータに実行させることを特徴とする。このプログラムによれば、回転体の振動を高精度に計測することができる。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、回転体の振動を高精度に計測する回転機械振動計測装置、回転機械振動計測方法及びプログラムを実現できる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】図1は、第一実施形態に係る回転機械振動計測装置の構成の一例を示す概略図である。

【図2】図2は、第一実施形態に係る回転機械振動計測装置が配置されたタービン翼の構成の一例を示す断面図である。

【図3】図3は、第一実施形態に係る回転機械振動計測装置が配置されたタービン翼の構成を模式的に示す正面図である。

【図4】図4は、第一実施形態に係る回転機械振動計測装置の非接触センサで検出された検出信号を示す概略図である。

【図5】図5は、第一実施形態に係る回転機械振動計測装置の構成の一例を示す概略図である。

【図 6】図 6 は、第二実施形態に係る回転機械振動計測装置の構成の一例を示す概略図である。

【図 7】図 7 は、第二実施形態に係る回転機械振動計測装置で得られた振動波形を示す概略図である。

【図 8】図 8 は、第二実施形態に係る回転機械振動計測装置で得られた振動波形を示す概略図である。

【図 9】図 9 は、第二実施形態に係る回転機械振動計測装置で得られた振動波形を示す概略図である。

【図 10】図 10 は、第二実施形態に係る回転機械振動計測装置で得られた振動波形を示す概略図である。

10

【図 11】図 11 は、第二実施形態に係る回転機械振動計測装置で得られた振動波形を示す概略図である。

【図 12】図 12 は、第二実施形態に係る回転機械振動計測装置で得られた振動波形を示す概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明の実施形態について、添付図面を参照して詳細に説明する。なお、本発明は、以下の各実施形態に限定されるものではなく、適宜変更して実施可能である。

【0017】

[第一実施形態]

20

まず、図 1 ないし図 3 を参照して、例えば、回転機械としての蒸気タービンやガスタービンに配置された、回転体としてのタービン翼 111 の概要について説明する。図 1 は、第一実施形態に係る回転機械振動計測装置の構成の一例を示す概略図である。図 2 は、第一実施形態に係る回転機械振動計測装置が配置されたタービン翼の構成の一例を示す断面図である。図 3 は、第一実施形態に係る回転機械振動計測装置が配置されたタービン翼の構成を模式的に示す正面図である。図 1 ないし図 3 は、複数のタービン翼（回転体）111 およびケーシング（静止体）120 を模式的に図示している。

【0018】

複数のタービン翼 111 は、タービン軸（回転軸）110 から径方向の外側に配設されている。タービン翼 111 は、タービン軸 110 が回転することでタービン軸 110 回りに回転する。タービン翼 111 は、ケーシング 120 に収容されている。タービン翼 111 の外周は、ケーシング 120 の内周と向かい合っている。複数のタービン翼 111 は、タービン軸 110 の周方向に等間隔で配置されている。説明のため、本実施形態では、8 枚のタービン翼 111 を有し、反時計回りに B1 ~ B8 のタービン翼番号が付されている。

30

【0019】

図 1 に戻って、回転機械振動計測装置 1 は、タービン翼 111 の振動を非接触で計測する。回転機械振動計測装置 1 は、回転数センサ 2 と、非接触センサ（第一センサ）3 と、接触センサ（第二センサ）4 と、演算部 10 とを備える。ここで、タービン翼 111 の振動とは、タービン軸 110 の回転時に、タービン翼 111 のタービン軸 110 に対する相対位置が、タービン軸 110 の停止時におけるタービン翼 111 のタービン軸 110 に対する相対位置から変位することである。

40

【0020】

回転数センサ 2 は、タービン軸 110 の回転数を検出する。より詳しくは、回転数センサ 2 は、タービン軸 110 の基準位置 K を検出することで、タービン軸 110 の回転数を検出する。回転数センサ 2 は、基準位置 K を検出した際に、検出信号を基準信号として演算部 10 に出力する。図 4 に示すように、回転数センサ 2 が出力した基準信号は、パルス状である。図 4 は、第一実施形態に係る回転機械振動計測装置の非接触センサで検出された検出信号を示す概略図である。この基準信号の間隔が、タービン軸 110 の 1 回転の周期である。

50

【 0 0 2 1 】

図 2、図 3 に示すように、非接触センサ 3 は、ケーシング 1 2 0 の第一所定位置（B T 計測位置）に配置されている。第一所定位置は、ケーシング 1 2 0 の内周面であり、タービン翼 1 1 1 と対面する位置である。非接触センサ 3 は、タービン翼 1 1 1 の通過を非接触で検出する。非接触センサ 3 は、タービン軸 1 1 0 の回転時、タービン翼 1 1 1 の通過を非接触で検出する。より詳しくは、非接触センサ 3 は、タービン翼 1 1 1 の通過を検出した際に、パルス状の検出信号を翼通過信号として演算部 1 0 に出力する。非接触センサ 3 は、図 4 に示すように、タービン翼 1 1 1 が通過するごとに、翼通過信号を出力する。翼通過信号は、タービン翼 1 1 1 が振動していない基準状態においては、実線で示すように一定間隔で出力される。翼通過信号は、タービン翼 1 1 1 が振動している振動状態においては、破線で示すように間隔に変動が生じる。非接触センサ 3 は、例えば光学式センサ、静電容量式センサ、過電流式センサである。本実施形態では、16 個の非接触センサ 3 を有し、時計回りに S 1 ~ S 1 6 のセンサ番号が付されている。

10

【 0 0 2 2 】

接触センサ 4 は、ケーシング 1 2 0 の第二所定位置（振動計測位置）に配置され、ケーシング 1 2 0 の第二所定位置における振動を検出する。第二所定位置は、ケーシング 1 2 0 が振動する位置であればよく、好ましくは、ケーシング 1 2 0 において他の位置よりも大きく振動する位置が適している。接触センサ 4 は、例えば、ひずみゲージや加速度センサである。接触センサ 4 は、ケーシング 1 2 0 の代表点であって、配置可能な位置に配置すればよい。接触センサ 4 は、1 つ以上配置されていればよい。接触センサ 4 は、数が多いほど振動算出部 1 1 で高精度な結果が得られる。接触センサ 4 は、検出したひずみや加速度を演算部 1 0 に出力する。

20

【 0 0 2 3 】

演算部 1 0 は、メモリ及び C P U（Central Processing Unit：中央演算装置）により構成される。演算部 1 0 は、専用のハードウェアにより実現されるものであっても、演算部 1 0 の機能を実現するためのプログラムをメモリにロードして実行することによりその機能を実現させるものであってもよい。図 5 に示すように、演算部 1 0 は、振動算出部 1 1 と、比較部 1 2 と、ゲイン設定部 1 3 と、第一回転体振動算出部 1 4 と、第二回転体振動算出部 1 5 と、外力入力部 1 6 とを有する。図 5 は、第一実施形態に係る回転機械振動計測装置の構成の一例を示す概略図である。

30

【 0 0 2 4 】

振動算出部 1 1 は、ケーシング 1 2 0 の振動モデルでケーシング 1 2 0 の振動を算出する。ケーシング 1 2 0 の振動モデルは、ケーシング 1 2 0 の設計データと、例えばケーシング 1 2 0 の計測データや、タービン 1 0 0 に作用する外力を含む入力データとに基づいて、ケーシング 1 2 0 について運動方程式を解き、ケーシング 1 2 0 の振動を算出する。このように算出されたケーシング 1 2 0 の振動から、ケーシング 1 2 0 の所望の位置における振動が取得可能である。つまり、振動算出部 1 1 は、例えばケーシング 1 2 0 の計測データや、タービン 1 0 0 に作用する外力を含む入力データに基づいて、入力データでの運転時のケーシング 1 2 0 の第一所定位置や第二所定位置における振動を算出可能である。振動算出部 1 1 は、算出されたケーシング 1 2 0 の第一所定位置における振動を第二回転体振動算出部 1 5 に出力する。振動算出部 1 1 は、算出されたケーシング 1 2 0 の第二所定位置における振動を、比較部 1 2 に出力する。

40

【 0 0 2 5 】

比較部 1 2 は、振動算出部 1 1 で算出されたケーシング 1 2 0 の第二所定位置における振動と、接触センサ 4 で検出されたケーシング 1 2 0 の第二所定位置における振動とを比較する。言い換えると、比較部 1 2 は、振動算出部 1 1 で算出されたケーシング 1 2 0 の接触センサ 4 の配置位置における振動と、接触センサ 4 で検出されたケーシング 1 2 0 の接触センサ 4 の配置位置における振動とを比較する。比較部 1 2 は、比較結果をゲイン設定部 1 3 に出力する。

【 0 0 2 6 】

50

ゲイン設定部 13 は、比較部 12 で比較した、振動算出部 11 で算出されたケーシング 120 の第二所定位置における振動（振動モデルによる振動の推測値）と、接触センサ 4 で検出されたケーシング 120 の第二所定位置における振動（振動の実測値）との差分（誤差）が小さくなるように、振動算出部 11 で用いる振動モデルの状態量のゲインを設定する。ゲイン設定部 13 は、設定したゲインを振動算出部 11 にフィードバックする。振動算出部 11 と比較部 12 とゲイン設定部 13 との処理が繰り返されて、振動算出部 11 で算出されるケーシング 120 の振動は、実測値に収束する。

【0027】

第一回転体振動算出部 14 は、非接触センサ 3 でタービン翼 111 が検出された通過時刻と、あらかじめ記憶部に記憶された基準状態におけるタービン翼 111 の通過時刻との時間差 T に基づいて、タービン翼 111 の振動を算出する。本実施形態では、第一回転体振動算出部 14 は、タイムカウンタで、振動状態において非接触センサ 3 でタービン翼 111 が検出された通過時刻である翼通過信号の時刻を計測し、基準状態の通過時刻との時間差 T に基づいて、タービン翼 111 の振動を算出する。振動状態と基準状態との時間差 T に基づいて、タービン翼 111 の振動を算出する方法は、例えば、公知の一点法を含む少数点法や多点法などを用いればよい。一点法は、一つの非接触センサ 3 をケーシング 120 に配置し、タービン翼 111 が非接触センサ 3 を通過する時間差を計測してタービン翼 111 の振動振幅を再現する方法である。多点法は、多数の非接触センサ 3 をケーシング 120 に配置し、タービン翼 111 が個々の非接触センサ 3 を通過するときの時間を計測してタービン翼 111 の振動波形を再現する方法である。なお、タービン翼 111 が振動していない場合、時間差算出部 6 で算出される時間差 T はゼロである。

【0028】

第二回転体振動算出部 15 は、第一回転体振動算出部 14 で算出されたタービン翼 111 の振動波形から、振動算出部 11 で算出されたケーシング 120 の第一所定位置における振動による変位 X を除去して、タービン翼 111 の振動を算出する。言い換えると、第二回転体振動算出部 15 は、第一回転体振動算出部 14 で算出されたタービン翼 111 の振動波形から、振動算出部 11 で算出されたケーシング 120 の BTT 計測位置における振動によるタービン翼 111 の変位 X を除去して、タービン翼 111 の振動を算出させる。

【0029】

ここで、通過時刻の時間差 T 、タービン翼先端部の周速 V_B を用いて、タービン翼 111 の振動振幅 X_B は、以下の式 (1) で算出される。

$$X_B = T \times V_B \cdots (1)$$

【0030】

第二回転体振動算出部 15 は、振動振幅 X_B から変位 X を減算することにより、実際のタービン翼 111 の振動を算出する。

【0031】

外力入力部 16 は、トルク変動を含むタービン 100 に作用する外力が入力可能である。外力入力部 16 は、外力が入力された場合、入力された外力を振動算出部 11 に出力する。外力は入力されなくてもよい。

【0032】

次に、上記構成を有する回転機械振動計測装置 1 を用いた回転機械振動計測方法について説明する。本実施形態に係る回転機械振動計測方法は、第一振動検出工程と、第二振動検出工程と、振動算出工程と、比較工程と、ゲイン設定工程と、第一回転体振動算出工程と、第二回転体振動算出工程とを含む。

【0033】

まず、回転機械振動計測装置 1 は、第一振動検出工程を実行させる。より詳しくは、回転機械振動計測装置 1 は、非接触センサ 3 で、タービン翼 111 の通過を非接触で検出させる。回転機械振動計測装置 1 は、非接触センサ 3 で検出されたタービン翼 111 の翼通過信号を演算部 10 に出力させる。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 4 】

回転機械振動計測装置 1 は、第一振動検出工程とともに、第二振動検出工程を実行させる。より詳しくは、回転機械振動計測装置 1 は、ケーシング 1 2 0 の第二所定位置に配置された接触センサ 4 で、ケーシング 1 2 0 の第二所定位置の振動を検出させる。回転機械振動計測装置 1 は、接触センサ 4 で検出されたケーシング 1 2 0 の第二所定位置の振動を演算部 1 0 に出力させる。

【 0 0 3 5 】

回転機械振動計測装置 1 は、振動算出工程を実行させる。より詳しくは、回転機械振動計測装置 1 は、振動算出部 1 1 で、ケーシング 1 2 0 の振動モデルに基づいて、ケーシング 1 2 0 の振動を算出させる。

10

【 0 0 3 6 】

回転機械振動計測装置 1 は、比較工程を実行させる。より詳しくは、回転機械振動計測装置 1 は、比較部 1 2 で、振動算出部 1 1 で算出されたケーシング 1 2 0 の第二所定位置における振動と、接触センサ 4 で検出されたケーシング 1 2 0 の第二所定位置における振動とを比較させる。

【 0 0 3 7 】

回転機械振動計測装置 1 は、ゲイン設定工程を実行させる。より詳しくは、回転機械振動計測装置 1 は、ゲイン設定部 1 3 で、比較工程で比較された、振動算出部 1 1 で算出されたケーシング 1 2 0 の第二所定位置における振動と、接触センサ 4 で検出されたケーシング 1 2 0 の第二所定位置における振動との差分が小さくなるように、振動算出部 1 1 で用いる振動モデルの状態量のゲインを設定させる。そして、回転機械振動計測装置 1 は、ゲイン設定部 1 3 で、設定されたゲインを振動算出部 1 1 にフィードバックさせる。振動算出工程と比較工程とゲイン設定工程との処理が繰り返されて、振動算出工程で算出されるケーシング 1 2 0 の振動は、実測値に収束する。

20

【 0 0 3 8 】

回転機械振動計測装置 1 は、第一回転体振動算出工程を実行させる。より詳しくは、回転機械振動計測装置 1 は、第一回転体振動算出部 1 4 で、非接触センサ 3 でタービン翼 1 1 1 が検出された通過時刻と、基準状態におけるタービン翼 1 1 1 の通過時刻との時間差に基づいて、タービン翼 1 1 1 の振動を算出させる。

【 0 0 3 9 】

回転機械振動計測装置 1 は、第二回転体振動算出工程を実行させる。より詳しくは、回転機械振動計測装置 1 は、第二回転体振動算出部 1 5 で、第一回転体振動算出部 1 4 で算出されたタービン翼 1 1 1 の振動波形から、振動算出部 1 1 で算出されたケーシング 1 2 0 の第一所定位置における振動によるタービン翼 1 1 1 の変位 X を除去して、タービン翼 1 1 1 の振動を算出させる。

30

【 0 0 4 0 】

以上のように、本実施形態によれば、タービン翼 1 1 1 の振動振幅 X_B を算出する際に、ケーシング 1 2 0 の B T T 計測位置における振動によるタービン翼 1 1 1 の変位 X を減算する。これにより、本実施形態は、非接触センサ 3 の振動に起因する計測誤差を除去し、タービン翼 1 1 1 の振動を高精度に計測することができる。このため、本実施形態は、タービン翼 1 1 1 の振動振幅と非接触センサ 3 の振動振幅との差が小さく、非接触センサ 3 の振動による影響を無視できないような場合であっても、タービン翼 1 1 1 の振動を高精度に計測することができる。このため、本実施形態は、例えば、剛性が高く振動振幅が小さいガスタービンのタービン翼 1 1 1 の振動計測にも適している。

40

【 0 0 4 1 】

これに対して、従来は、非接触センサ 3 の振動による変位 X をタービン翼 1 1 1 の振動振幅 X_B に含んで算出していた。このため、タービン翼 1 1 1 の振動振幅が実際よりも大きく算出され、算出されたタービン翼 1 1 1 の振動には計測誤差が含まれていた。

【 0 0 4 2 】

本実施形態によれば、接触センサ 4 は、ケーシング 1 2 0 の代表点に配置すればよいの

50

で、ケーシング 120 に配置する接触センサ 4 の数を抑えることができる。このため、本実施形態は、例えば、運転中の回転機械のタービン翼 111 の振動計測にも適している。

【0043】

[第二実施形態]

次に、図 6 ないし図 12 を参照して、本実施形態に係る回転機械振動計測装置の概要について説明する。図 6 は、第二実施形態に係る回転機械振動計測装置の構成の一例を示す概略図である。なお、本実施形態では、重複した記載を避けるべく、第一実施形態と異なる部分について説明し、第一実施形態と同様の構成である部分については、同じ符号又は対応する符号を付して説明する。

【0044】

図 6 に示すように、回転機械振動計測装置 1A は、発電機 130 とタービン 150 と連結されたタービン 100 のタービン翼 111 の振動を非接触で計測する。回転機械振動計測装置 1A は、回転数センサ 2 と、非接触センサ 3 と、ねじり振動センサ 4A1 ~ ねじり振動センサ 4A3 と、演算部 10A とを備える。

【0045】

図 7 に示すように、回転機械振動計測装置 1A は、タービン軸 110 に生じるねじり振動の影響を除去して、タービン翼 111 の振動を算出する。図 7 は、第二実施形態に係る回転機械振動計測装置で得られた振動波形を示す概略図である。タービン軸 110 には、例えば、固有振動数 F1 の振動モード (1) と、固有振動数 F2 の振動モード (2) のねじり振動を生じる。この場合、ケーシング 120 の BTT 計測位置においては、タービン軸 110 のねじり振動を計測することはタービン 100 の構造上困難である。図 7 に示す例では、発電機軸 (回転軸) 140 の入口側のねじり振動計測位置 (1) と、タービン軸 (回転軸) 160 の出口側のねじり振動計測位置 (2) とでねじり振動を計測する。振動モード (1) の場合、ねじり振動計測位置 (1) のねじり変動角は 1、ねじり振動計測位置 (2) のねじり変動角は 2 である。振動モード (2) の場合、ねじり振動計測位置 (1) のねじり変動角は 3、ねじり振動計測位置 (2) のねじり変動角は 4 である。回転機械振動計測装置 1A は、例えば、ねじり振動計測位置 (1) で計測されたねじり振動応答と、ねじり振動計測位置 (2) で計測されたねじり振動応答とに基づいて、BTT 計測位置におけるねじり振動応答を推定する。そして、そのねじり振動応答を計測誤差として除去することで、タービン翼 111 の振動を正確に算出する。

【0046】

図 6 に戻って、ねじり振動センサ 4A1 ~ ねじり振動センサ 4A3 は、回転軸に配置され、回転軸の第二所定位置 (ねじり振動計測位置) におけるねじり振動を検出する。ここで、回転軸とは、タービン軸 110 と、タービン軸 110 と連結された発電機軸 140 および他のタービン軸 160 を含む。本実施形態では、ねじり振動センサ 4A1 は、発電機軸 140 の入口側において発電機軸 140 のねじり振動を計測する位置に配置されている。ねじり振動センサ 4A2 は、非接触センサ 3 が配置されたタービン 100 に後続するタービン 150 のタービン軸 160 の入口側においてタービン軸 160 のねじり振動を計測する位置に配置されている。ねじり振動センサ 4A3 は、タービン軸 160 の出口側においてタービン軸 160 のねじり振動を計測する位置に配置されている。ねじり振動センサ 4A1 ~ ねじり振動センサ 4A3 は、例えば、ひずみゲージや加速度センサである。ねじり振動センサ 4A1 ~ ねじり振動センサ 4A3 は、検出したひずみや加速度を演算部 10A に出力する。より詳しくは、ねじり振動センサ 4A1 ~ ねじり振動センサ 4A3 は、ねじり振動分析システム 4B1 ~ ねじり振動分析システム 4B3 でねじり変動角 θ_1 ~ ねじり変動角 θ_3 を算出し、演算部 10A に出力する。

【0047】

演算部 10A は、振動算出部 11A と、比較部 12A1 ~ 比較部 12A3 と、ゲイン設定部 13A1 ~ ゲイン設定部 13A3 と、第一回転体振動算出部 14 と、第二回転体振動算出部 15A と、外力入力部 16 とを有する。

【0048】

10

20

30

40

50

振動算出部 1 1 A は、タービン翼 1 1 1 とタービン軸 1 1 0 と発電機軸 1 4 0 とタービン軸 1 6 0 とを含むねじり振動の振動モデルに基づいて、タービン軸 1 1 0 と発電機軸 1 4 0 とタービン軸 1 6 0 とを含むねじり振動を算出する。振動算出部 1 1 A は、算出されたタービン軸 1 1 0 と発電機軸 1 4 0 とタービン軸 1 6 0 とのねじり振動を、比較部 1 2 A と第二回転体振動算出部 1 5 A とに出力する。ねじり振動の振動モデルは、自由度が多い場合、演算に時間を要する。このため、ねじり振動の振動モデルは、非接触センサ 3 の B T T 計測位置におけるねじり振動の推定に影響するねじり振動モードに関連したモード次元まで低次元化することが好ましい。

【 0 0 4 9 】

比較部 1 2 A 1 ~ 比較部 1 2 A 3 は、振動算出部 1 1 A で算出された発電機軸 1 4 0 またはタービン軸 1 6 0 の第二所定位置におけるねじり振動と、ねじり振動センサ 4 A 1 ~ ねじり振動センサ 4 A 3 で検出された発電機軸 1 4 0 またはタービン軸 1 6 0 の第二所定位置におけるねじり振動とを比較する。比較部 1 2 A は、比較結果をゲイン設定部 1 3 A に出力する。より詳しくは、比較部 1 2 A 1 は、振動算出部 1 1 A で算出された発電機軸 1 4 0 のねじり振動センサ 4 A 1 の配置位置におけるねじり振動と、ねじり振動センサ 4 A 1 で検出された発電機軸 1 4 0 のねじり振動センサ 4 A 1 の配置位置におけるねじり振動とを比較する。比較部 1 2 A 1 は、比較結果をゲイン設定部 1 3 A 1 に出力する。比較部 1 2 A 2 は、振動算出部 1 1 A で算出されたタービン軸 1 6 0 のねじり振動センサ 4 A 2 の配置位置におけるねじり振動と、ねじり振動センサ 4 A 2 で検出されたタービン軸 1 6 0 のねじり振動センサ 4 A 2 の配置位置におけるねじり振動とを比較する。比較部 1 2 A 2 は、比較結果をゲイン設定部 1 3 A 2 に出力する。比較部 1 2 A 3 は、振動算出部 1 1 A で算出されたタービン軸 1 6 0 のねじり振動センサ 4 A 3 の配置位置におけるねじり振動と、ねじり振動センサ 4 A 3 で検出されたタービン軸 1 6 0 のねじり振動センサ 4 A 3 の配置位置におけるねじり振動とを比較する。比較部 1 2 A 3 は、比較結果をゲイン設定部 1 3 A 3 に出力する。

【 0 0 5 0 】

ゲイン設定部 1 3 A 1 ~ ゲイン設定部 1 3 A 3 は、比較部 1 2 A 1 ~ 比較部 1 2 A 3 で比較した、振動算出部 1 1 A で算出された発電機軸 1 4 0 またはタービン軸 1 6 0 の第二所定位置におけるねじり振動（振動モデルによるねじり振動の推測値）と、ねじり振動センサ 4 A 1 ~ ねじり振動センサ 4 A 3 で検出された発電機軸 1 4 0 またはタービン軸 1 6 0 の第二所定位置におけるねじり振動（振動の実測値）との差分（誤差）が小さくなるように、振動算出部 1 1 A で用いる振動モデルの状態量のゲインを設定する。ゲイン設定部 1 3 A 1 ~ ゲイン設定部 1 3 A 3 は、設定したゲインを振動算出部 1 1 A にフィードバックする。より詳しくは、ゲイン設定部 1 3 A 1 は、比較部 1 2 A 1 で比較した、振動算出部 1 1 A で算出された発電機軸 1 4 0 のねじり振動センサ 4 A 1 の配置位置におけるねじり振動と、ねじり振動センサ 4 A 1 で検出された発電機軸 1 4 0 のねじり振動センサ 4 A 1 の配置位置におけるねじり振動との差分が小さくなるように、振動算出部 1 1 A で用いる振動モデルの状態量のゲインを設定する。ゲイン設定部 1 3 A 2 は、比較部 1 2 A 2 で比較した、振動算出部 1 1 A で算出されたタービン軸 1 6 0 のねじり振動センサ 4 A 2 の配置位置におけるねじり振動と、ねじり振動センサ 4 A 2 で検出されたタービン軸 1 6 0 のねじり振動センサ 4 A 2 の配置位置におけるねじり振動との差分が小さくなるように、振動算出部 1 1 A で用いる振動モデルの状態量のゲインを設定する。ゲイン設定部 1 3 A 3 は、比較部 1 2 A 3 で比較した、振動算出部 1 1 A で算出されたタービン軸 1 6 0 のねじり振動センサ 4 A 3 の配置位置におけるねじり振動と、ねじり振動センサ 4 A 3 で検出されたタービン軸 1 6 0 のねじり振動センサ 4 A 3 の配置位置におけるねじり振動との差分が小さくなるように、振動算出部 1 1 A で用いる振動モデルの状態量のゲインを設定する。

【 0 0 5 1 】

第一回転体振動算出部 1 4 は、タービン翼 1 1 1 の振動を算出する。ここで、図 8 ないし図 1 2 を用いて、第一回転体振動算出部 1 4 で算出される、タービン翼 1 1 1 の振動に

10

20

30

40

50

ついて説明する。

【 0 0 5 2 】

タービン翼 1 1 1 の振動波形の基本形状の一例を、図 8 に示す。図 8 は、第二実施形態に係る回転機械振動計測装置で得られた振動波形を示す概略図である。多点法で計測した、タービン軸 1 1 0 にねじり振動が生じていない状態のタービン翼 1 1 1 の振動波形の一例を、図 9 に示す。図 9 は、第二実施形態に係る回転機械振動計測装置で得られた振動波形を示す概略図である。多点法で計測した、タービン軸 1 1 0 にねじり振動が生じた状態のタービン翼 1 1 1 の振動波形の一例を図 1 0 に示す。図 1 0 は、第二実施形態に係る回転機械振動計測装置で得られた振動波形を示す概略図である。一点法で計測した、タービン軸 1 1 0 にねじり振動が生じていない状態のタービン翼 1 1 1 の振動波形の一例を図 1 1 に示す。図 1 1 は、第二実施形態に係る回転機械振動計測装置で得られた振動波形を示す概略図である。一点法で計測した、タービン軸 1 1 0 にねじり振動が生じた状態のタービン翼 1 1 1 の振動波形の一例を図 1 2 に示す。図 1 2 は、第二実施形態に係る回転機械振動計測装置で得られた振動波形を示す概略図である。このように、いずれの方法であっても、タービン軸 1 1 0 にねじり振動が生じていない状態では、第一回転体振動算出部 1 4 で算出されたタービン翼 1 1 1 の振動振幅と、実際のタービン翼 1 1 1 の振動振幅とが一致する。また、タービン軸 1 1 0 にねじり振動が生じた状態では、タービン翼 1 1 1 の振動波形がタービン軸 1 1 0 にねじり振動によって変位する。

10

【 0 0 5 3 】

第二回転体振動算出部 1 5 A は、第一回転体振動算出部 1 4 で算出されたタービン翼 1 1 1 の振動波形から、振動算出部 1 1 A で算出されたタービン軸 1 1 0 の B T T 計測位置におけるねじり振動によるタービン翼 1 1 1 の変位 X を除去して、タービン翼 1 1 1 の振動を算出する。

20

【 0 0 5 4 】

ここで、通過時刻の時間差 T 、タービン翼先端部の周速 V_B を用いて、タービン翼 1 1 1 の振動振幅 X_B は、上述した式 (1) で算出される。

【 0 0 5 5 】

また、タービン軸 1 1 0 の B T T 計測位置におけるねじり振動によるタービン翼 1 1 1 の変位 X は、タービン翼先端のタービン軸 1 1 0 の中心からの半径距離 R と、非接触センサ 3 の計測位置におけるタービン軸 1 1 0 のねじり振動角変位 θ を用いて、式 (2) で算出される。

30

$$X = R \times \theta \quad \dots (2)$$

【 0 0 5 6 】

第二回転体振動算出部 1 5 A は、振動振幅 X_B から X を減算することにより、実際のタービン翼 1 1 1 の振動を算出する。

【 0 0 5 7 】

次に、上記構成を有する回転機械振動計測装置 1 A を用いた回転機械振動計測方法について説明する。本実施形態に係る回転機械振動計測方法は、第一振動検出工程と、第二振動検出工程と、振動算出工程と、比較工程と、ゲイン設定工程と、第一回転体振動算出工程と、第二回転体振動算出工程とを含む。第一振動検出工程と第一回転体振動算出工程とは、第一実施形態と同様の処理である。

40

【 0 0 5 8 】

回転機械振動計測装置 1 A は、第一振動検出工程とともに、第二振動検出工程を実行させる。より詳しくは、回転機械振動計測装置 1 A は、発電機軸 1 4 0 またはタービン軸 1 6 0 の第二所定位置に配置されたねじり振動センサ 4 A 1 ~ ねじり振動センサ 4 A 3 で、発電機軸 1 4 0 またはタービン軸 1 6 0 の第二所定位置のねじり振動を検出させる。回転機械振動計測装置 1 A は、ねじり振動センサ 4 A 1 ~ ねじり振動センサ 4 A 3 で検出された発電機軸 1 4 0 またはタービン軸 1 6 0 の第二所定位置のねじり振動を演算部 1 0 A に出力させる。

【 0 0 5 9 】

50

回転機械振動計測装置 1 A は、振動算出工程を実行させる。より詳しくは、回転機械振動計測装置 1 A は、振動算出部 1 1 A で、タービン翼 1 1 1 とタービン軸 1 1 0 と発電機軸 1 4 0 とタービン軸 1 6 0 とを含むねじり振動の振動モデルに基づいて、タービン軸 1 1 0 と発電機軸 1 4 0 とタービン軸 1 6 0 とを含むねじり振動を算出させる。

【 0 0 6 0 】

回転機械振動計測装置 1 A は、比較工程を実行させる。より詳しくは、回転機械振動計測装置 1 A は、比較部 1 2 A 1 ~ 比較部 1 2 A 3 で、振動算出部 1 1 A で算出された発電機軸 1 4 0 とタービン軸 1 6 0 のねじり振動センサ 4 A 1 ~ ねじり振動センサ 4 A 3 の配置位置におけるねじり振動と、ねじり振動センサ 4 A 1 ~ ねじり振動センサ 4 A 3 で検出された発電機軸 1 4 0 とタービン軸 1 6 0 のねじり振動センサ 4 A 1 ~ ねじり振動センサ 4 A 3 の配置位置におけるねじり振動とを比較させる。

10

【 0 0 6 1 】

回転機械振動計測装置 1 A は、ゲイン設定工程を実行させる。より詳しくは、回転機械振動計測装置 1 A は、ゲイン設定部 1 3 A 1 ~ ゲイン設定部 1 3 A 3 で、比較部 1 2 A 1 ~ 比較部 1 2 A 3 で比較した、振動算出部 1 1 A で算出された発電機軸 1 4 0 とタービン軸 1 6 0 のねじり振動センサ 4 A 1 ~ ねじり振動センサ 4 A 3 の配置位置におけるねじり振動と、ねじり振動センサ 4 A 1 ~ ねじり振動センサ 4 A 3 で検出された発電機軸 1 4 0 とタービン軸 1 6 0 のねじり振動センサ 4 A 1 ~ ねじり振動センサ 4 A 3 の配置位置におけるねじり振動との差分が小さくなるように、振動算出部 1 1 A で用いる振動モデルの状態量のゲインを設定させる。

20

【 0 0 6 2 】

回転機械振動計測装置 1 A は、第二回転体振動算出工程を実行させる。より詳しくは、回転機械振動計測装置 1 A は、第二回転体振動算出部 1 5 A で、第一回転体振動算出部 1 4 で算出された振動状態と基準状態との通過時刻の時間差に基づいて算出されたタービン翼 1 1 1 の振動波形から、振動算出部 1 1 A で算出されたタービン軸 1 1 0 の B T T 計測位置におけるねじり振動によるタービン翼 1 1 1 の変位 X を除去して、タービン翼 1 1 1 の振動を算出させる。

【 0 0 6 3 】

以上のように、本実施形態によれば、タービン翼 1 1 1 の振動振幅 X_B を算出する際に、タービン軸 1 1 0 の B T T 計測位置におけるねじり振動による変位 X を減算する。これにより、本実施形態は、タービン軸 1 1 0 のねじり振動に起因する計測誤差を除去し、タービン翼 1 1 1 の振動を高精度に計測することができる。

30

【 0 0 6 4 】

上記実施形態では、ケーシング 1 2 0 の振動モデルとねじり振動の振動モデルを用いるものとして説明したが、同様の考え方で、鉛直方向および水平方向の軸の曲げ振動モデル（振れまわりモデル）を用いてもよい。より詳しくは、第一回転体振動算出部 1 4 で算出されたタービン翼 1 1 1 の振動波形から、軸の曲げ振動モデルに基づいて算出した、タービン軸 1 1 0 の B T T 計測位置における軸の曲げ振動によって生じるタービン翼 1 1 1 の変位 X を除去して、タービン翼 1 1 1 の振動を算出することも可能である。

【 0 0 6 5 】

さらに、振動算出部は、上記に示した、ケーシング 1 2 0 の振動モデルとねじり振動の振動モデルと軸の曲げ振動モデルとを任意に組み合わせ、タービン翼 1 1 1 の振動を算出してもよい。

40

【 0 0 6 6 】

さて、これまで本実施形態に係る回転機械振動計測装置、回転機械振動計測方法及びプログラムについて説明したが、上述した実施形態以外にも種々の異なる形態にて実施されてよいものである。

【 0 0 6 7 】

図示した回転機械振動計測装置 1 の演算部 1 0 の各構成要素は、機能概念的なものであり、必ずしも物理的に図示の如く構成されていなくてもよい。すなわち、各構成要素の具

50

体的形態は、図示のものに限られず、各構成要素の処理負担や使用状況などに応じて、その全部または一部を任意の単位で機能的または物理的に分散または統合してもよい。

【0068】

回転機械振動計測装置1の演算部10の構成は、例えば、ソフトウェアとして、メモリにロードされたプログラムなどによって実現される。上記実施形態では、これらのハードウェアまたはソフトウェアの連携によって実現される機能ブロックとして説明した。すなわち、これらの機能ブロックについては、ハードウェアのみ、ソフトウェアのみ、または、それらの組み合わせによって種々の形で実現できる。

【符号の説明】

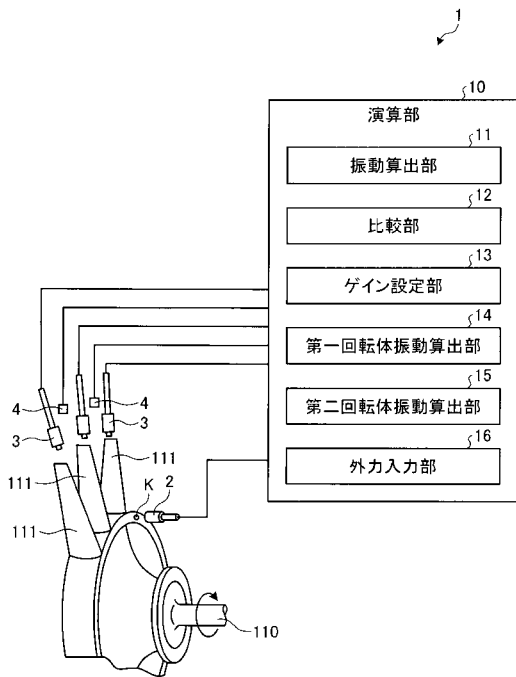
【0069】

- 1 回転機械振動計測装置
- 2 回転数センサ
- 3 非接触センサ(第一センサ)
- 4 接触センサ(第二センサ)
- 10 演算部
- 11 振動算出部
- 12 比較部
- 13 ゲイン設定部
- 14 第一回転体振動算出部
- 15 第二回転体振動算出部
- 16 外力入力部
- 110 タービン軸(回転軸)
- 111 タービン翼(回転体)
- 120 ケーシング(静止体)

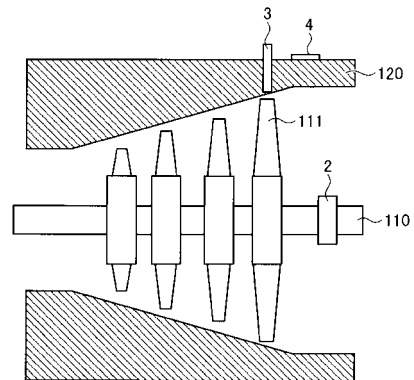
10

20

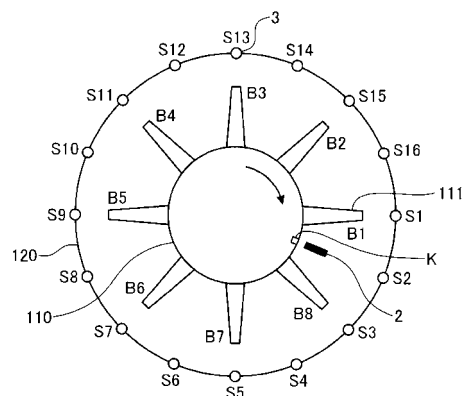
【図1】



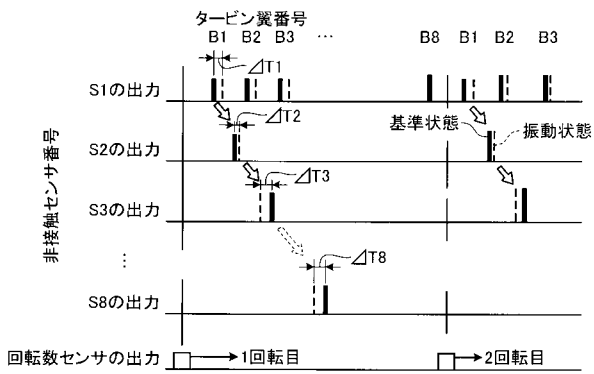
【図2】



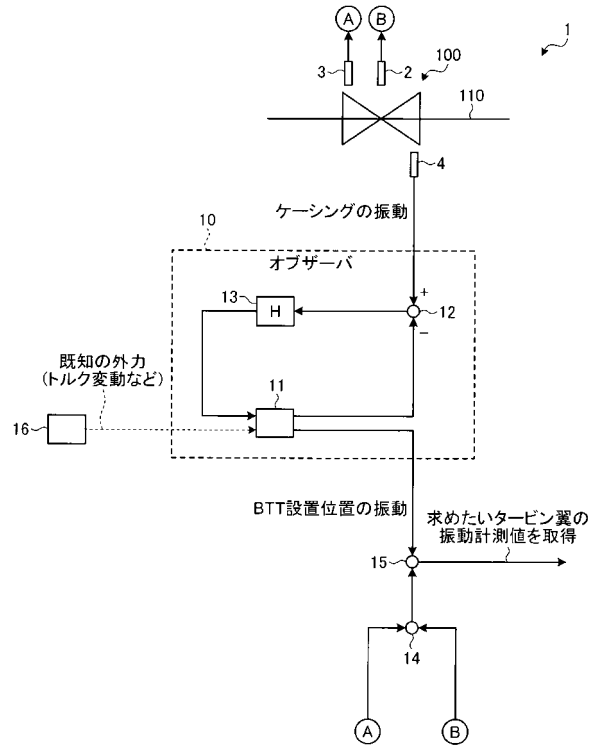
【図3】



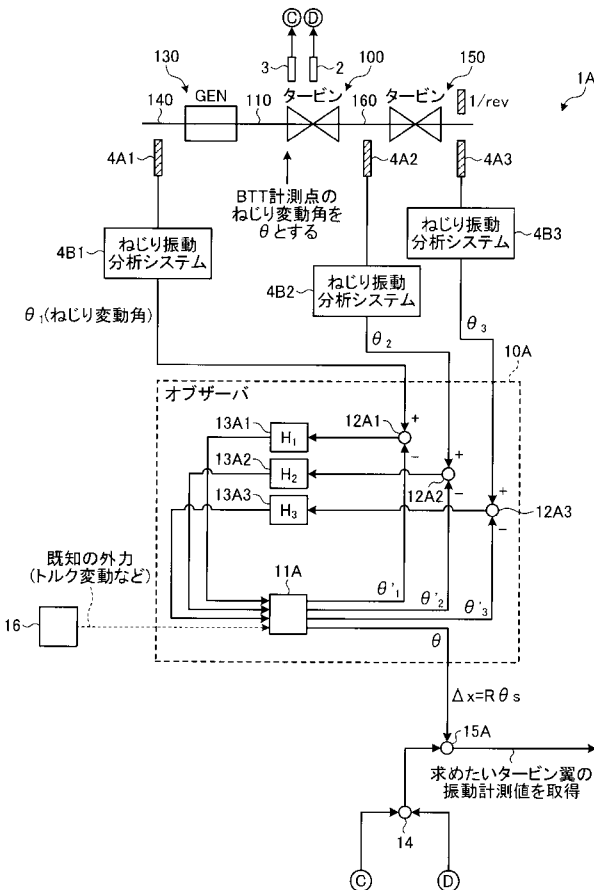
【 図 4 】



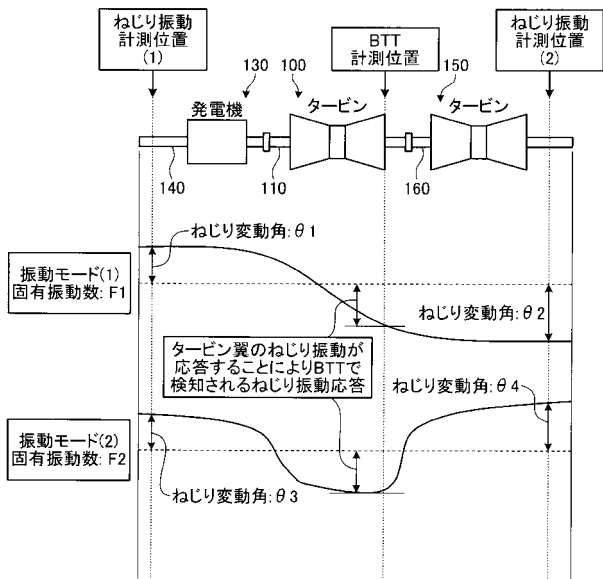
【 図 5 】



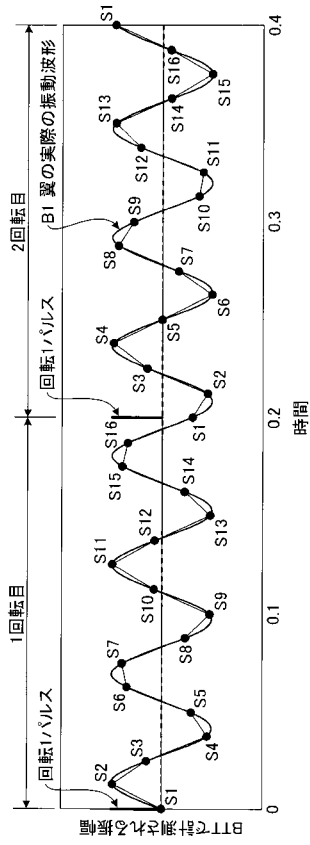
【 図 6 】



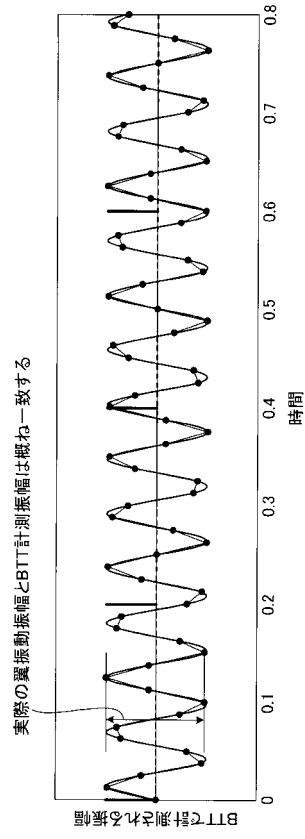
【 図 7 】



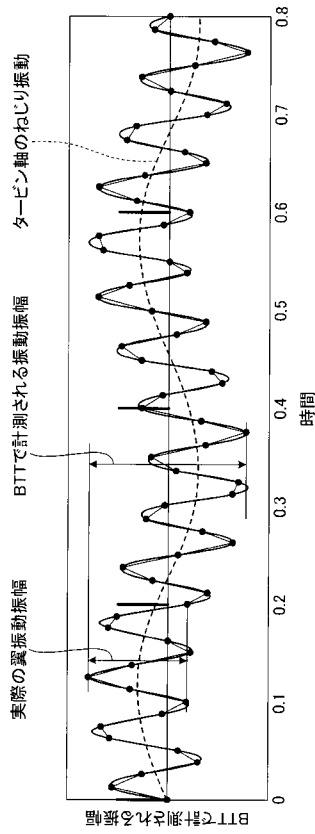
【 図 8 】



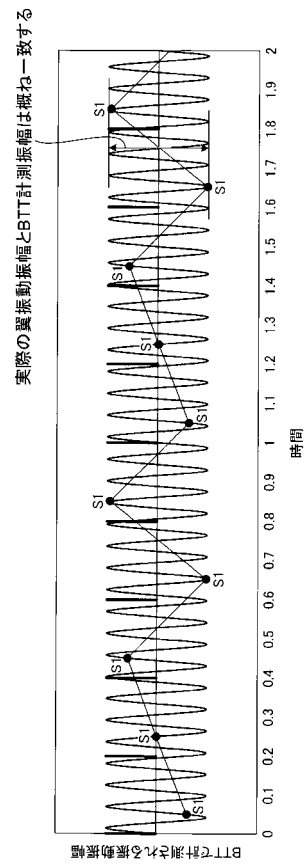
【 図 9 】



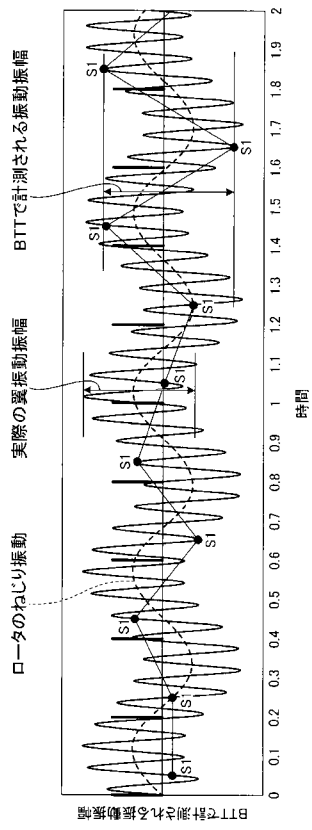
【 図 10 】



【 図 11 】



【 図 1 2 】



フロントページの続き

(72)発明者 丸山 隆

神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内

Fターム(参考) 2G064 AB01 AB02 AB10 BA02 BD05 CC17