

(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2007-10656

(P2007-10656A)

(43) 公開日 平成19年1月18日(2007.1.18)

(51) Int. Cl.

G01B 7/14 (2006.01)

F I

G01B 7/14

テーマコード(参考)

2FO63

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L 外国語出願 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2006-175214 (P2006-175214)
 (22) 出願日 平成18年6月26日(2006.6.26)
 (31) 優先権主張番号 11/167,434
 (32) 優先日 平成17年6月27日(2005.6.27)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 390041542
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
 GENERAL ELECTRIC CO
 MPANY
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
 クタデイ、リバーロード、1番
 (74) 代理人 100093908
 弁理士 松本 研一
 (74) 代理人 100105588
 弁理士 小倉 博
 (74) 代理人 100129779
 弁理士 黒川 俊久
 (74) 代理人 100137545
 弁理士 荒川 聡志

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 クリアランス測定システムおよび動作方法

(57) 【要約】

【課題】クリアランス測定システムを提供すること。

【解決手段】クリアランス測定システム(12)は、通常なら連続する表面幾何形状を有する第1の物体(14)上に配設された参照幾何形状(86)と、第2の物体(16)上に配設されたセンサ(64)とを含む。センサ(64)は、第1の物体(14)からの第1の感知パラメータを示す第1の信号と、参照幾何形状(86)からの第2の感知パラメータを示す第2の信号とを生成するように構成される。クリアランス測定システム(12)はまた、第1と第2の物体(14、16)の間のクリアランスを推定するために、第1および第2の感知パラメータの間の測定差に基づいて、第1および第2の信号を処理するように構成された処理ユニット(198)を含む。

【選択図】 図1

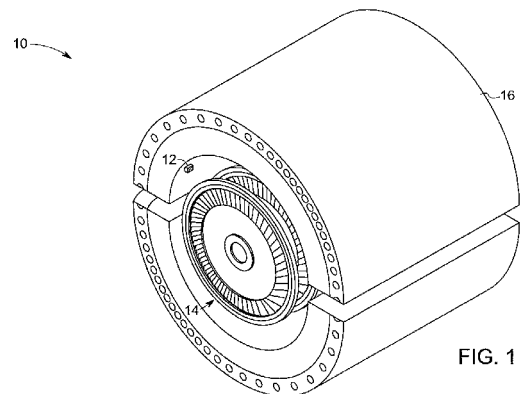


FIG. 1

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

クリアランス測定システム(12)であって、

通常なら連続する表面幾何形状を有する第1の物体(14)上に配設された参照幾何形状(86)と、第2の物体(16)上に配設されたセンサ(64)と、処理ユニット(198)とを含み、

前記センサ(64)は、前記第1の物体(14)からの第1の感知パラメータを示す第1の信号と、前記参照幾何形状(86)からの第2の感知パラメータを示す第2の信号とを生成するように構成され、

前記処理ユニット(198)は、前記第1と第2の物体(14、16)の間のクリアランスを推定するために、前記第1および第2の感知パラメータの間の測定差に基づいて、前記第1および第2の信号を処理するように構成された、クリアランス測定システム(12)。

10

【請求項 2】

励起信号を前記センサ(64)に供給するように構成された励起源(154)と、

前記第1の物体(14)および前記参照幾何形状(86)のそれぞれからの複数の反射信号を検出し、各前記反射信号とそれぞれの励起信号の間の位相を決定するために複数の位相測定を行うように構成された位相検出器(174)とをさらに含む、請求項1記載のシステム(12)。

【請求項 3】

20

前記センサ(64)が容量性プローブであり、前記第1および第2の感知パラメータが静電容量である、請求項1記載のシステム(12)。

【請求項 4】

前記参照幾何形状(86)が、前記第1の物体(14)上に配設された陥凹部、または突出部を備える、請求項1記載のシステム(12)。

【請求項 5】

複数の参照幾何形状(86)が、前記第1の物体(14)の連続する表面上に配設されている、請求項1記載のシステム(12)。

【請求項 6】

前記処理ユニット(198)によって推定された前記クリアランスに基づいて、前記第1の物体(14)と第2の物体(16)の間のクリアランスを制御するための、前記処理ユニット(198)に結合されたクリアランス制御ユニット(202)をさらに含む、請求項1記載のシステム(12)。

30

【請求項 7】

その回転方向に連続する表面を含む、静止部品(16)から離して隔置された回転部品(14)と、

前記回転部品(14)の前記連続する表面上に配設された参照幾何形状(86)と、

前記回転部品(14)、前記参照幾何形状(86)にそれぞれ対応する第1、第2の感知パラメータを示す第1、第2の信号を生成するように構成されたセンサ(64)と、

前記回転部品(14)と静止部品(16)の間のクリアランスを推定するために、前記第1と第2の感知パラメータの間の測定差に基づいて、前記第1および第2の信号を処理するように構成された、処理ユニット(198)とを備える、回転機械(10)。

40

【請求項 8】

前記第2の物体上に配設されたセンサによって、前記第1の物体に対応する第1の感知パラメータを示す第1の信号を生成するステップと、

前記第2の物体上に配設された前記センサによって、前記第1の物体の連続する表面幾何形状上に配設された参照幾何形状に対応する第2の感知パラメータを示す第2の信号を生成するステップと、

前記第1と第2の物体の間のクリアランスを推定するために、前記第1と第2の感知パラメータの間の測定差に基づいて、前記第1および第2の信号を処理するステップとを含

50

む、第1の物体と第2の物体の間のクリアランスを測定する方法。

【請求項9】

前記第1と第2の物体の間の容量測定値を生成する手段と、
直流をベースとした容量測定値を、第1と第2の物体の間の時間変動する容量測定値に変換する手段と、

前記第1と第2の物体の間のクリアランスを推定するために、前記時間変動する容量測定値を処理する手段とを含む、第1の物体と第2の物体の間のクリアランスを測定するシステム。

【請求項10】

静止部品(16)から離して隔置され、少なくとも1つの参照幾何形状(86)を有する連続した円形構造を備え、前記少なくとも1つの参照幾何形状(86)がその回転軸の周りの前記連続した円形構造の連続性を遮っている回転部品(14)と、

前記回転部品(14)と前記静止部品(16)とに結合されたクリアランス測定システム(12)とを備える回転機械(10)であって、前記クリアランス測定システム(12)が、前記少なくとも1つの参照幾何形状(86)に基づいて、直流をベースとした前記回転部品(14)と静止部品(16)の間の容量測定値を時間変動する容量測定値に変換し、前記時間変動する容量測定値に基づいて前記回転部品(14)と静止部品(16)の間のクリアランスを推定するように構成される、回転機械(10)。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は一般に、クリアランス測定システムに関し、より詳細には、回転機械の静止部品と連続回転部品間のクリアランスを測定するためのクリアランス測定システムに関する。

【背景技術】

【0002】

様々なタイプのセンサが、2つの物体の間隔を測定するために使用されてきた。さらに、こういったセンサは、様々な用途で使用されてきた。例えば、蒸気タービンは、キャリアに隣接して配設された回転動翼を有する。回転動翼とキャリアの間のクリアランスは、温度の変化、動翼端の酸化などの、様々な動作条件のために変化する。回転動翼とキャリアの間の隙間すなわちクリアランスは、蒸気タービンの動作中維持されることが望ましい。

【0003】

1つの既存のセンサは静電容量プローブであり、これは、2つの構成部品間のクリアランスを推定するために静電容量を測定する。既存の静電容量ベースの測定技術では、静止構造体と回転構造体間の回転方向に連続するクリアランスを測定するために、直流電圧ベースの測定値を生成する点が制限されることが残念である。この測定値はクリアランスに比例した直流電圧レベルなどの、時間的に静的な出力を生成する。その結果、構成部品の温度の変化、ゲインにおける電子的ドリフト、電子装置のずれ、動翼端の酸化、および他の要因のために、測定値はクリアランス変化の説明にならない。

【0004】

さらに、こういったクリアランス測定システムは一般に、設計中およびオフライン試験中に、構成部品間のクリアランスを測定するために使用される。こういった既存のシステムは、他の因子のなかでも特に、構成部品の幾何形状が変化することによって生成されるノイズおよびドリフトのために、稼働中の測定に有効でないことが残念である。その代わりに、稼働中のクリアランス制御は、以前構成部品の設計/オフライン試験の間に取得されたクリアランス測定値に基づく。制御構成部品は利用中に磨耗していくので、このオフライン測定値は稼働中のクリアランス制御に有効でなくなる。

【特許文献1】米国特許第5,070,302号公報

【特許文献2】米国特許第5,166,626号公報

10

20

30

40

50

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

したがって、システムの較正ドリフトおよびノイズの影響を最小限にすることによって、2つの構成部品間のクリアランスの正確な測定を行うクリアランス測定システムを提供する必要がある。動作中の部品のクリアランスを正確に測定するために用いることができる自己較正クリアランス測定システムを提供することも有利なはずである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

ある実施形態によれば、本技術はクリアランス測定システムを有する。クリアランス測定システムは、通常なら連続する表面幾何形状を有する第1の物体上に配設された参照幾何形状と、第2の物体上に配設されたセンサとを含み、このセンサは、第1の物体からの第1の感知パラメータを示す第1の信号と、参照幾何形状からの第2の感知パラメータを示す第2の信号とを生成するように構成される。クリアランス測定システムはまた、第1の物体と第2の物体間のクリアランスを推定するために、第1と第2の感知パラメータ間の測定差に基づいて、第1および第2の信号を処理するように構成された処理ユニットも含む。

10

【0007】

ある実施形態によれば、本技術は回転機械を有する。上記回転機械は静止部品から隔置された回転部品を含み、上記回転部品はその回転方向に連続する表面を備え、参照幾何形状が上記回転部品の連続する表面上に配設されている。上記回転機械はまた、上記回転部品、上記参照幾何形状にそれぞれ対応する第1、第2の感知パラメータを示す第1、第2の信号を生成するように構成されたセンサと、上記静止部品と回転部品間のクリアランスを推定するために、上記第1と第2の感知パラメータ間の測定差に基づいて、上記第1および第2の信号を処理するように構成された処理ユニットとを含む。

20

【0008】

ある実施形態によれば、本技術は、第1と第2の物体間のクリアランスを測定する方法を提供する。この方法は、第2の物体上に配設されたセンサによって第1の物体に対応する第1の感知パラメータを示す第1の信号を生成するステップと、第2の物体上に配設されたセンサによって、第1の物体の連続する表面幾何形状上に配設された参照幾何形状に対応する第2の感知パラメータを示す第2の信号を生成するステップとを含む。この方法はまた、第1と第2の物体間のクリアランスを推定するために、第1と第2の感知パラメータ間の測定差に基づいて、第1および第2の信号を処理するステップも含む。

30

【0009】

以下の詳細な説明を添付の図面を併せ読めば、本発明の上記および他の特徴、態様、および利点がより理解されるであろう。添付の図面では、同じ記号は図面全体にわたって同じ部品を表す。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

下記に詳細に説明するように、本技術の実施形態は、蒸気タービン、発電機、タービンエンジン（例えば、飛行機のタービンエンジン）、回転部品を有する機械などの様々なシステムにおける2つの物体間のクリアランスの、正確な測定を可能にする働きをする。ここで図面を参照すると、図1は蒸気タービン10を示し、蒸気タービン10は、その中にある2つの物体間のクリアランスを測定するためのクリアランス測定システム12を有する。示されている実施形態では、クリアランス測定システム12は、下記に詳細に説明する蒸気タービン10内にある、回転構成部品14と静止構成部品16の間のクリアランスを測定するように構成される。

40

【0011】

図2は、本技術の実施形態による、図1の蒸気タービンの回転動翼20などの、回転部品の部分斜視図である。示されている実施形態では、回転動翼20は、静止部品すなわち

50

キャリア 16 内部に様々な段 22 を有する構造に配置されている。キャリア 16 は、各段 22 の周りに配設されているが、例示を容易にするために図示されていないことに留意されたい。キャリア 16 内部の段 22 は、複数の回転動翼 24 を含み、回転動翼 24 は、図 1 の蒸気タービン 10 の長さ（および回転の軸）に沿って、長手方向に互いに離して隔置される。さらに、回転動翼 24 は、径方向にキャリア 16 から離して隔置される。つまり、回転動翼 24 の外側直径は、図 1 および図 2 を参照して示される、キャリア 16 の内側直径よりも小さい。したがって、相対的に小さいクリアランスが、回転動翼 24 の外側周辺部とキャリア 16 の内側表面の間に存在する。さらに、下記に詳細に説明するクリアランス制御機能を別として、回転動翼 24 は、回転動翼 24 の回転軸 26 の周りに、連続する円形の構造を形成する。この実施形態では、クリアランス測定システム 12（図 1 参照）が、静止部品（すなわちキャリア）16 と、連続する表面幾何形状（すなわち連続する円形の幾何形状）を有する、回転部品（すなわち、回転動翼）24 との間のクリアランスを測定するように構成される。実施形態によっては、クリアランス測定システム 12 を、図 3 を参照して下記に説明する発電機における、静止部品と回転部品の間のクリアランスの測定に用いることもできる。ただし、連続する表面幾何形状を備えた回転部品を有する、他の回転機械におけるクリアランスの測定も本願の範囲内にある。

10

【0012】

図 3 は、本技術の実施形態によるクリアランス測定システム 12 を有する、発電機 30 などの電気式機械の斜視図である。示されている実施形態では、発電機 30 は、発電機 30 の様々な構成部品を取り囲み、かつ支持するフレーム組立体 32 を含む。発電機はまた、ロータ組立体 34 も含み、ロータ組立体 34 は、ロータコア 38 の中を通して伸びるロータシャフト 36 を含む。さらに、ロータ組立体 34 はまた、ロータコア 38 の外側周面によって支持され、磁束を生成する磁石組立体 40 も含む。ロータ組立体 34 はシャフト 36 と共に、ステータ組立体 42 の内側で、方向を示す矢印 44 で示される時計回りの方向または反時計回りの方向に回転することができる。ロータシャフト 36 を取り囲む軸受組立体によって、かかる回転を容易にすることができる。様々な種類の軸受組立体を、ロータシャフト 36 を支持するために利用することができることが当業者には理解されよう。

20

【0013】

示されている実施形態では、ロータ組立体 34 は、ステータ組立体 42 のチャンバ内に配置され、ステータ組立体 42 は、フレーム 32 内部に封入されている。ステータ組立体 42 は、ステータ組立体 42 の中を通して、ロータシャフト 36 の周り円周方向、かつそれに沿って軸方向に広がる複数のステータ巻線 46 を含む。動作中は、磁石組立体 40 を有するロータ組立体 34 が回転することによって、発電機 30 内部に変化する磁界が生じる。この変化する磁界が、ステータ巻線 46 内に電圧を誘起する。したがって、ロータ組立体 34 の運動エネルギーは、ステータ巻線 46 内の電流および電圧の形で電気エネルギーに変換される。ロータ組立体 34 とステータ組立体 42 の間のクリアランスは、所定の範囲内に維持されることに留意されたい。本実施形態では、クリアランス測定システム 12 は、ロータ組立体 34 とステータ組立体 42 の間のクリアランスを測定するために、ステータ組立体 42 に結合される。この実施形態では、クリアランス測定システム 12 は、容量性プローブを含み、ロータ組立体 34 とステータ組立体 42 の間のクリアランスを、容量性プローブを介して感知された静電容量に基づいて推定する。

30

40

【0014】

図 1 の蒸気タービンおよび図 2 の発電機における静止部品と回転部品の間のクリアランスを測定するために用いられるクリアランス測定システム 12 は、静止部品と回転部品の間の容量測定値をベースとした直流を時間変動する容量測定値に変換するように構成される。クリアランス測定システム 12 は、回転軸 44 の周りの回転部品の連続する表面幾何形状（例えば、連続する円形幾何形状）の連続性を遮る少なくとも 1 つの参照幾何形状（例えば、ノッチ、溝、スロット、など）に基づいてこの変換を行う。かかる時間変動する容量測定値は、下記に詳細に説明するように、ロータ組立体 34 とステータ組立体 42 の

50

間のクリアランスを推定するために使用される。

【0015】

図4には、図1に示されている蒸気タービン50などの回転機械が示され、回転部品と静止部品との間のクリアランスを測定するために本技術の態様を組み込むことができる。蒸気タービン50は、シャフト54に取り付けられたロータ52を含む。複数のタービンブレード56（動翼（bucket）とも呼ばれる）が、ロータ52に取り付けられている。動作中は、ブレード56が高温高圧で蒸気58に曝され、その蒸気がブレード56を軸60の周りに回転させる。ブレード56は、ブレード16の周りに径方向、かつ円周方向に配置された静止ハウジングすなわちシュラウド62内部で回転する。相対的に小さいクリアランスが、ブレード56とシュラウド62の間に存在して、シュラウド62内部でブレード56が回転するのを容易にしながら、その小さいクリアランスによって、ブレード56とシュラウド62の間に作動流体すなわち蒸気の過度の漏れが妨げられる。本技術によれば、1つまたは複数のクリアランスセンサ64が、静止シュラウド62の周りの円周方向内側に配設される。示されている実施形態では、クリアランスセンサ64は容量性プローブを含む。実施形態によっては、クリアランスセンサ64は、マイクロ波ベースのセンサ、または光学式センサ、または渦電流センサを含んでもよく、感知されたパラメータはそれぞれ、インピーダンス、または位相遅れ、または誘起電流を含んでもよい。下記に詳細に説明するように、各センサ64は、シュラウド62の円周上の位置で、そのシュラウドに対するブレード56の径方向および軸方向の位置を示す信号を生成するように構成される。

10

20

【0016】

次に図5を参照すると、図4の蒸気タービン10の底部分または下側部分70の断面図が示され、本技術によって測定することができる径方向および軸方向のクリアランスの例が示されている。示されている実施形態では、ブレード56の翼端は、シュラウド62の内側周辺部に設けられた溝74に噛合するパッキン歯すなわちシール歯72を含む。本実施形態では、クリアランス測定システム12（図1参照）は、ブレード56の翼端とシュラウド62の間の径方向および軸方向のクリアランスを測定するために、シュラウド62と結合してもよい。

【0017】

図6は、図5の蒸気タービンのシュラウドの部分76およびブレードの詳細断面図である。図に示すように、シール歯72とシュラウド62の間の径方向のクリアランスは、参照番号78で示され、歯72とシュラウド62の間の軸方向のクリアランスは、参照番号80で示される。本実施形態では、径方向、軸方向のクリアランス78、80は、中心の歯とシュラウドの間のクリアランスを表わす。残りのもう1つのシール歯とシュラウド62の間のクリアランスが、本技術によって同様に推定されてもよいことが当業者には理解されよう。

30

【0018】

実施形態によっては、シュラウド62とロータ56の熱膨張率が異なるので、径方向のクリアランス78がゼロまで縮まり、シール歯72と溝74が干渉する可能性がある。さらに、この膨張率の違いのために、ロータ56がシュラウド62に対して軸方向に伸びて、溝74内部の歯72が軸方向にこすれ、したがって構成部品の磨耗率が増大する可能性がある。こういった望ましくない干渉もまた、構成部品の損傷を招く恐れがある。本技術は、こういったクリアランスを許容される限界内の値に維持するように、閉ループ制御戦略に組み込むことができる、径方向、軸方向のクリアランス78、80のオンライン測定を提供する。この制御戦略には、例えばシュラウド62の熱動作が含まれてもよく、シュラウド62とシール歯72の間のクリアランスが減少すると、その戦略によってシュラウドが適切に広がる。この実施形態では、熱式アクチュエータが、シュラウド62の動きを生み出すために熱膨張の性質を利用する。他の実施形態によっては、シュラウド62内部のブレード56の軸方向の成長を補償するのに、機械式アクチュエータを使用してもよい。

40

50

【0019】

2つの物体の間の静電容量が、重なり合う表面積と、2つの物体の間の離隔距離の関数であることが当業者には理解されよう。この実施形態では、ロータ56とシュラウド62の間の静電容量は、径方向のクリアランス78と重なり合う面積の関数であり、重なり合う面積は、シュラウド62に対するシール歯72の軸方向のクリアランスに正比例する。ロータ56が径方向に広がると、シール歯72とシュラウド62の間の径方向のクリアランスが変化する。同様に、シール歯72が溝74を横切って軸方向に動くと、シール歯72に覆われているセンサヘッドの面積が変化する。これらの変化によって、測定される静電容量が変化する。下記に説明する本技術の態様によれば、静電容量の変化は、軸方向/径方向の変位と相関関係をもたせることができ、したがって合成クリアランス測定値を得ることができる。クリアランス測定システム12による径方向および軸方向のクリアランス78および80の測定値については、図7～13と共に下記に詳細に説明する。

10

【0020】

図7には、図4および図5の蒸気タービンのノッチを有する回転部品82が示されている。示されている実施形態では、回転部品82は、回転軸の周りに連続する円形構造84を形成する、複数のブレードすなわち動翼56を含む。さらに回転部品82はまた、連続する円形構造84の連続性を遮る参照幾何形状86も含む。かかる参照幾何形状86の例には、窪み、ノッチ、溝、スロットなどの陥凹部が含まれる。

【0021】

動作中は、静止部品62上に配設されたセンサ64(図4参照)は、回転部品82(例えば、連続する円形幾何形状)から第1の感知パラメータを示す第1の信号を生成する。さらに、センサ64は、参照幾何形状86から第2の感知パラメータを示す第2の信号を生成する。この実施形態では、センサ64は容量性プローブを含み、第1および第2の感知パラメータは静電容量を含む。さらに、センサ64からの第1および第2の信号は、静止部品62と回転部品82の間の径方向および軸方向のクリアランスを推定するために、第1の感知パラメータと第2の感知パラメータの測定差に基づいて処理される。実施形態によっては、センサ64は、静止部品62と回転部品82の間の軸方向および径方向のクリアランスを測定するために、少なくとも2つのプローブ先端部を含むことができる。

20

【0022】

示されている実施形態では、静止部品62と回転部品82の間の容量測定値をベースとした直流が、所定の深さを有する参照幾何形状86に基づく時間変動する容量測定値に変換される。実施形態によっては、参照幾何形状86は、回転部品82の材料以外の材料を含んでもよい。例えば、参照幾何形状86は、誘電材料で充填された、回転部品82上のノッチを含むことができる。図8は、図4のクリアランス測定システムによって図7のロータから測定された静電容量88のグラフである。容量測定値88の縦軸90は、センサ64によって回転部品82から感知された静電容量値を表し、横軸92は時間を表す。本実施形態では、センサ64によって生成された第1の信号は、回転部品82から感知された第1の静電容量を示し、参照番号94で示される。第1の静電容量は、センサ64と回転部品82(例えば、連続する円形幾何形状)の間のクリアランスを示す。さらに、センサ64はまた、参照番号96で示される参照幾何形状86(例えば、連続する円形幾何形状の陥凹部または切れ目)から感知された第2の静電容量を示す第2の信号も生成する。この実施形態では、第2の静電容量は、参照幾何形状86の深さ98に対応する。センサ64によって感知された第1と第2の静電容量の差と、参照幾何形状86の所定の深さ98が、静止部品62と回転部品82の間のクリアランスを決定するのに利用される。

30

40

【0023】

クリアランスが増大すると、回転部品82からの測定値と参照幾何形状86からの測定値との差が減少することが当業者には理解されよう。同様に、クリアランスが減少すると、かかる2つの測定の差は増大する。一般に、感知された静電容量は、静止部品62と回転部品82の間のクリアランスに反比例する。したがって、例示的な実施形態の場合、静止部品62と回転部品82の間のクリアランスが2倍になると、静止部品62と回転部品

50

8 2 の間の感知された静電容量の差は 0 . 5 の倍率で減少する。以下の例は、静止部品 6 2 と回転部品 8 2 の間のクリアランスの変化の効果を、感知された静電容量同士の測定差に基づいて示す。

【実施例 1】

【0024】

回転機械の例では、センサ 6 4 から間隔「a」のところにある回転部品 8 2 に対応するセンサ 6 4 からのセンサ出力が「x」で示される。さらに、間隔「a + b」のところにある参照幾何形状 8 6（深さ「b」を有する）の底部に対応するセンサ出力が「y」で示される。静止部品 6 2 と回転部品 8 2 の間のクリアランスが「2 a」に変化したとすると、かかるクリアランスに対応するセンサ 6 4 からの測定値は「x / 2」になる。この実施形態では、参照幾何形状 8 6 の底部はセンサ 6 4 から間隔「2 a + b」のところにある。したがって、第 1 の場合（間隔 a）における回転部品 8 2 と参照幾何形状 8 6 に対応する信号の差は「x - y」になる。同様に、第 2 の場合（間隔 2 a）の信号の差は「x / 2 - y」になる。したがって、「a」から「2 a」へのクリアランスの変化に対応する 2 つの測定値の差は、約 x / 2 になる。

10

【0025】

したがって、示されている実施形態では、クリアランスは、参照幾何形状 8 6 の近傍で感知された静電容量値と、参照幾何形状 8 6 から離れたところで感知された静電容量値との測定差を利用することによって決定される。

【0026】

図 9 には、図 4 および図 5 の蒸気タービンの回転部品 1 0 0 の、他の例示的实施形態が示されている。示されている実施形態では、回転部品 1 0 0 は、連続する円形構造 8 4 に沿って配設されその連続性を遮る、段付きノッチ 1 0 2 などの多段レベルの参照幾何形状を含む。動作中は、センサ 6 4 が、回転部品 1 0 0（例えば、連続する円形幾何形状）および、多段レベルの参照幾何形状 1 0 2 の異なるレベルに対応する、感知された静電容量を示す信号を生成する。その後、感知された静電容量同士の間の測定差に基づいて、静止部品 7 2 と回転部品 1 0 0 の間のクリアランスを推定するのに、かかる測定値を利用することができる。

20

【0027】

図 1 0 は、本技術の実施形態による図 9 のロータから、図 3 のクリアランス測定システムによって測定された静電容量 1 0 4 のグラフである。示されている実施形態では、センサ 6 4 は、参照番号 1 0 6 で示された、（多段レベル構造 1 0 2 から離れた）回転部品 1 0 0 の連続する円形表面に対応する静電容量を示す信号を生成する。さらに、センサ 6 4 は、参照番号 1 0 8 および 1 1 0 で示される、多段レベル構造 1 0 2 のレベルに対応する静電容量を示す信号も生成する。この場合も、感知された静電容量値は、参照幾何形状 1 0 2 の所定の深さ 1 1 2 および 1 1 4 に対応する。多段レベル構造 1 0 2 および回転部品 1 0 0 の表面の各レベルに対応する感知された静電容量の差は、静止部品 6 2 と回転部品 1 0 0 の間のクリアランスを決定するのに利用される。示されている実施形態では、回転部品 1 0 0 の表面と多段レベル構造 1 0 2 の異なるレベルの間の感知された静電容量同士の複数の差が、回転部品 1 0 0 の回転毎に得られる。さらに、かかる測定値が処理され、参照幾何形状 1 0 2 の測定差および所定の深さ 1 1 2、1 1 4 に基づいて、適切な参照テーブルを利用して、静止部品 6 2 と回転部品 1 0 0 の間のクリアランスを決定することができる。回転部品の回転毎に得られる、かかる複数の異なる測定値が、クリアランス測定システムの速度を大幅に高めるのが有利である。

30

40

【0028】

さらに、複数の測定値（例えば、段付きノッチ 1 0 2 の異なるレベルに対応する）を利用することによって、電子回路のドリフトなどの因子による、測定の任意のノイズ成分、静止部品 6 2 および回転部品 1 0 0 の材料特性の変化などがすべての測定値の間に等しく現れ得る。その後、測定値の差が推定されている間にそれらは打ち消される。したがって、多段レベル構造 1 0 2 などの参照幾何形状を用いることによって、かなり堅牢な、ドリ

50

フトに反応しないクリアランス測定システムによる測定が可能になる。

【0029】

図11には、図1の蒸気タービンの連続する表面幾何形状84上に配設され、その形状の連続性を遮る複数のノッチを有する回転部品の、別の例示的構造120が示されている。ここで企図されている構造では、回転部品120は、参照番号122、124、126、128および130で示されるような、複数の参照幾何形状またはノッチを含む。例えば、回転部品120は、多段レベルノッチ122と、連続する円形構造84の連続性を遮るための異なる深さを有する半円形のノッチ124、126、128および130を含んでもよい。示されている実施形態では、センサ64は、各ノッチ122、124、126、128および130に対応する静電容量を示す信号を生成する。感知されたパラメータ
10
同士の間の複数の差が、回転部品120の回転毎に得られるので、複数のノッチ122、124、126、128および130を用いることによって、測定システムの速度が増すことが有利である。実施形態によっては、クリアランス測定システムを自己較正する手段として、かかる複数の差を用いることができる。

【0030】

さらに、その後かかる感知されたパラメータ（すなわち静電容量）は、複数のノッチ122、124、126、128および130の測定差および所定の深さに基づいて、静止部品62と回転部品120の間のクリアランスを決定するために処理される。示されている実施形態では、所定の幾何形状を有する複数のノッチ122、124、126、128
20
および130に基づいた複数の測定値の測定の際の、ノイズ成分の影響を大幅に低減する。例えば、電子回路のドリフト、静止部品62および回転部品120の材料特性の変化などの因子による測定ノイズは、複数のノッチ122、124、126、128および130を用いることによって大幅に低減することができる。具体的には、ノイズ成分は全ての測定値の間に等しく現れる可能性があり、その後、測定値の差が推定されている間に打ち消される。したがって、回転部品120上に複数のノッチを用いることによって、かなり堅牢な、ドリフトに反応しないクリアランス測定システムによる測定が可能になる。

【0031】

一般に、複数のノッチ122、124、126、128および130の各サイズは、各ノッチの側壁からの干渉を伴わず、かつノッチ122、124、126、128および130の底部からの信号の受信を容易にするために、プローブ先端のサイズと同じ程度のも
30
のである。さらに、ノッチ122、124、126、128および130の各サイズは、これらのノッチが蒸気タービンなどの回転機械の動力学または性能に影響を及ぼさないように選択される。概して、プローブ先端のサイズは一般に測定されるクリアランスと同じ程度のものである。例えば、蒸気タービンの適用例では、プローブ先端の直径は約5.1mm（200ミル）でよく、ノッチのサイズは半径が約3.2mm（125ミル）の半円形
40
でよい。つまり、ノッチは幅が約6.3mm（250ミル）、深さが約3.2mm（125ミル）の半円形でよい。実施形態によっては、複数のノッチが用いられている場合、あるいは多段レベルノッチが用いられている場合、ノッチ段のサイズは、異なるレベルに対応する信号が正確に分解できるように選択することができる。例えば、センサの有効範囲が約3.8mm（150ミル）、クリアランスの予想される範囲が約2.5mm（100ミル）ならば、ノッチの段のサイズは1.3mm（50ミル）間隔になるように選択
50
することができ、その結果、センサの動作範囲のほぼ全体にわたって、ノッチの様々なレベルが識別される。

【0032】

上記に示すように、回転部品120と、122、124、126、128および130などの複数の参照幾何形状とに対応する静電容量を感知するために、センサ64を用いることができる。示されている実施形態では、センサ64は静電容量プローブである。実施形態によっては、容量性プローブ64は、回転機械の静止部品と回転部品の間の軸方向および径方向のクリアランスを測定するための少なくとも2つのプローブ先端を含む。上述のように、回転部品120とセンサ64の間の静電容量は、2つの変数、すなわち径方向
50

のクリアランスおよび軸方向のクリアランスの関数である。したがって、2つのプローブの静電容量を測定することによって、変数（径方向および軸方向のクリアランス）の実際の値を得ることができる。

【0033】

図12には、図1および図4の蒸気タービンの、静止部品と回転部品間のクリアランスを測定するために用いられるセンサ64の例示的構造132の平面図が示されている。示されている実施形態では、センサ132は、複数の容量性プローブ先端134、136、138および140を含み、これらの先端は、例えば導電性のシャフトを含んでもよい。示されている幾何形状と、プローブ134、136、138および140の相対位置によって、例えば1.27センチ（0.5インチ）を超える、軸方向の大きな変位範囲の測定が容易になり、例えば0.254ミリ（0.01インチ）の程度の変位を測定するための、径方向の測定値に望ましい分解能がもたらされる。上記の特徴は、回転部品14の軸方向の変位がシュラウド16に対する径方向の変位よりもかなり大きい適用例で有利である。

10

【0034】

示されている実施形態では、プローブ134、136、138および140は、重なり合う領域の変化に対する感度を最大にするために、センサヘッド上に千鳥（staggered）形に配置され、ダイヤモンド形の構造を有する。他の千鳥構造が、より多い、またはより少ない数のプローブを有する実施形態で考案されてもよい。ヘッドまたは先端部分のプローブ134、136、138および140の直径は、それらとブレード14の翼端の間に重なり合う適切な表面積を与えるのに十分な、適当な大きさを有する。示されている実施形態では、すなわち蒸気タービン用途に対しては、プローブ134、136、138および140は、ニッケル、アルミニウム、コバルト、またはこれらの組み合わせ（Kovar（コバール、登録商標）など）を含む材料から形成することができる。ただし、より高い温度（例えば、1000を超える温度）を伴う用途では、プラチナ、ロジウム、またはそれらの組み合わせを含む材料をプローブ134、136、138、および140に使用することができる。

20

【0035】

図13には、本技術の実施形態による図1～4のクリアランス測定システムの例示的構造142が示されている。クリアランス測定システム142は、図12に関して上記に示したダイヤモンド形の構造に配置された4つのプローブ先端146、148、150および152を有するセンサ144を含む。さらに、信号発生器154が、入力励起信号をセンサ146、148、150および152に与えるために、プローブ先端146、148、150および152に結合されている。示されている実施形態では、信号発生器154は、電圧制御発振器（VCO）を含む。信号発生器154からの励起信号は、スイッチ156、158、160および162を介してプローブ先端146、148、150および152の間で切り替えることができる。実施形態によっては、プローブ先端146、148、150および152は、信号発生器154によって同時に励起される。あるいは、プローブ先端146、148、150および152は、それらの間の混信を低減するように、異なる時点で適時に励起されてもよい。

30

40

【0036】

さらに、プローブ先端146、148、150および152によってそれぞれ受け取られる入力信号を増幅するために、増幅器164、166、168および170を信号発生器154に結合することができる。示されている実施形態では、プローブ先端146を介して静電容量を測定するために、プローブ先端146にコンデンサ172および位相検出器174が結合されている。同様に、各プローブ先端を介して静電容量を測定するために、プローブ先端148、150、152に、それぞれコンデンサ176、178、180および位相検出器182、184、186を結合することができる。さらに、各プローブ先端からの入射信号と反射信号を分離するために、プローブ先端146、148、150、152に、方向性結合器190、192、194、196を結合することができる。

50

【 0 0 3 7 】

動作中は、プローブ先端 1 4 6、1 4 8、1 5 0 および 1 5 2 は、信号発生器 1 5 4 によって励起周波数で励起される。励起周波数は、配線長さ、静電容量、プローブ先端 1 4 6、1 4 8、1 5 0、1 5 2 の幾何形状、静的測定静電容量、および他の因子に基づいて選択することができる。ある実施形態では、位相検出器 1 7 4、1 8 2、1 8 4 および 1 8 6 は、回転部品 1 4 の表面などの第 1 の物体から第 1 の感知パラメータすなわち静電容量を示す第 1 の信号を生成するために、プローブ先端 1 4 6、1 4 8、1 5 0 および 1 5 2 からの反射信号を励起周波数に基づいて検出するように構成される。プローブ先端 1 4 6、1 4 8、1 5 0 および 1 5 2 を介した静電容量は、励起信号と対応する反射信号の間の位相差を、コンデンサ 1 7 2、1 7 6、1 7 8 および 1 8 0 と、位相検出器 1 7 4、1 8 2、1 8 4 および 1 8 6 で測定することによって測定される。同様に、第 2 の感知パラメータすなわち静電容量を示す第 2 の信号が、回転部品 1 4 上に配設された参照幾何形状からの励起信号と対応する反射信号の間の位相差を測定することによって、その参照幾何形状から生成される。実施形態によっては、図 9 および 1 0 に関して上記に示した、回転部品 1 4 上に配設された参照幾何形状の多重レベルに対応する複数の信号を生成してもよい。ある他の実施形態では、図 1 1 に関して上記で説明した、回転部品 1 4 の表面に配設された、複数の参照幾何形状に対応する複数の信号をセンサ 1 4 4 から生成することができる。

10

【 0 0 3 8 】

次いで、センサ 1 4 4 から生成された第 1 および第 2 の信号を処理ユニット 1 9 8 によって処理することができる。さらに、信号発生器からの励起信号の周波数を周波数追跡ユニット 2 0 0 によって追跡し、制御することができる。動作中は、処理ユニット 1 9 8 は、回転部品 1 4 および回転部品 1 4 上に配設された参照幾何形状に対応する感知された静電容量を示す信号を受け取る。さらに、処理ユニット 1 9 8 は、回転部品 1 4 および参照幾何形状から感知された静電容量の測定差に基づいて、回転部品 1 4 と静止部品 1 6 の間のクリアランスを推定する。より具体的には、かかる感知された静電容量は、参照幾何形状の測定差および所定のサイズに基づいて、静止部品 1 4 と回転部品 1 6 の間のクリアランス決定するために処理される。

20

【 0 0 3 9 】

所定のサイズを有する参照幾何形状に基づいた測定値によって、電子回路のドリフト、静止部品 1 4 および回転部品 1 6 の材料特性の変化などの因子による測定の際のノイズ成分の影響が大幅に低減される。示されている実施形態では、ノイズ成分は、全ての測定値の間に等しく現れる可能性があり、その後、測定値の差が推定されている間に打ち消される。したがってこの実施形態では、処理ユニット 1 9 8 に受け取られた時間変動する信号は処理され、その信号の形状が抽出される。この実施形態では、信号の形状は基準線レベルおよびノッチ高さを含む。さらに、抽出されたノッチ高さは、ノッチの所定のサイズと比較される。測定されたノッチ高さは、クリアランスに応じてスケールされるので、複数の方法の 1 つを使用してクリアランスを決定することができる。これらの方法には、参照テーブル、解析 / 物理学ベースのモデル、またはカーブフィッティング機能が含まれる。上述のように、複数のかかる参照幾何形状が用いられてもよい。かかる参照幾何形状の所定のサイズによって、処理ユニット 1 9 8 は、測定による上記参照幾何形状のスケールリングを可能にするのに必要なクリアランスを決定する。したがって、測定値の絶対値ではなく測定値の差を使用して処理が行われるので、例えば比較的長い時間にわたって固定オフセット（時間変動なし、または徐々に変動する誤差）を導入するあらゆる測定誤差が取り除かれる。同様に、多段レベル幾何形状を使用すると、形状深さの複数の差について処理が行われるので、あらゆる利得誤差も取り除くことができる。概して、簡単なノッチを用いることによってオフセット（徐々に変動する）誤差を取り除くことができ、多段レベル幾何形状を使用することによって利得 / スケールリングの誤差を取り除くことができる。

30

40

【 0 0 4 0 】

50

したがって、回転部品14の連続する表面幾何形状の連続性を参照幾何形状によって遮ることによって、クリアランス測定システム142は、回転部品14と静止部品16の間の直流をベースとした容量測定値を時間変動する容量測定値に変換する。より具体的には、連続する表面幾何形状の連続性を参照幾何形状によって遮ることによって、容量性プローブによって生成された信号に、感知システムを自己較正するのに使用でき、かつ測定値が信号ドリフトの影響を受けないようにするスパイク波形が導入される。

【0041】

上述のように、かかる時間変動する容量測定値は、回転部品14と静止部品16の間のクリアランスを推定するために利用される。実施形態によっては、処理ユニット198は、参照テーブル、または較正曲線、または感知された静電容量と回転部品14上に配設された参照幾何形状の所定のサイズの測定差に基づいてクリアランスを推定するための他の技術を使用してもよい。さらに、処理ユニット198によって推定されたクリアランスに基づいて、回転部品と静止部品の間のクリアランスを制御するために、クリアランス制御ユニット202を処理ユニット198に結合することができる。

10

【0042】

図14は、本技術の実施形態による図13のクリアランス測定システムによって測定されたセンサ出力204のグラフである。出力204の縦軸は、プローブ先端から測定されたノッチ高さ206を表し、横軸は、回転部品14と静止部品16の間の測定された軸方向のクリアランス208をミル単位で表す。示されている実施形態では、グラフ210、212は、図12に示す同じ径方向位置に配置された2つのプローブ先端136、140から測定されたノッチ高さを表す。さらに、曲線214、216は、プローブ先端136および140の左側、右側に配置されたプローブ先端138、134から測定されたノッチ高さを表す。本実施形態では、測定されたノッチ高さ206は、静止体と回転体の間のクリアランスの尺度である。

20

【0043】

図に示すように、ノッチ高さ206で代表されるノッチなどの参照幾何形状の電氣的記号は、ノッチ高さに応じて変化する。ノッチ高さは、軸方向および径方向変位の関数である。例えば、プローブ先端136がノッチにかなり近接するときは、プローブ先端から受け取る信号が曲線218で示される。さらに、プローブ先端136が移動してノッチから離れると、信号は曲線220および224で示される。したがって、ノッチから受け取る信号は、ノッチ高さ、プローブ先端134、136、138および140からのノッチの間隔に応じて変化する。回転部品と静止部品の間の径方向のクリアランスが増大すると、プローブ先端134、136、138および138から感知された出力が低減する。例えば、参照番号226で示される径方向の変位の増加量は、プローブ先端136からの信号218、220、222および224に反映される。同様に、他のプローブ先端134、138および140からの信号が、曲線210、212および216で示されるように、ノッチ高さおよびプローブ先端からの間隔に回答して変化する。

30

【0044】

上記に説明した方法の様々な態様は、様々な用途で効用を有する。例えば、上記に例示した技術は、蒸気タービンの回転部品と静的部品の間のクリアランスを測定するのに使用することができる。この技術は、例えば発電機の静止部品と回転部品の間のクリアランスを測定するなど、他のある種の用途に使用することもできる。上述したように、さらに一般的には、本明細書に記載の方法は、静止部品と回転部品の間の直流をベースとした容量測定値を、回転部品の連続する表面幾何形状を遮る少なくとも1つの参照幾何形状に基づく時間変動する容量測定値に変換することによって、センサによる物体同士間のクリアランスの正確な測定が可能になることが有利になり得る。さらに、この技術は、動作中さえ長期間にわたって、部品のクリアランスを正確に測定し、動作中に、より優れた、部品のクリアランス制御を可能にするための自己較正センサシステムを実現することが特に有利である。

40

【0045】

50

本発明のある種の特徴だけを本明細書に例示し、説明したが、多くの改変および変更を当業者なら思いつくであろう。したがって、添付の特許請求の範囲は、本発明の本来の趣旨の範囲内に入る改変および変更を全て包含するためのものであることを理解されたい。

【図面の簡単な説明】

【0046】

【図1】本技術の実施形態によるクリアランス測定システムを有する蒸気タービンの斜視図である。

【図2】本技術の実施形態による図1の蒸気タービンの回転動翼の部分斜視図である。

【図3】本技術の実施形態によるクリアランス測定システムを有する発電機の斜視図である。

10

【図4】本技術の実施形態による回転動翼とキャリアの間のクリアランスを測定するためのクリアランス測定システムを有する、図1の蒸気タービンの斜視図である。

【図5】本クリアランス制御技術を本技術の実施形態に従って使用することができる、図4の蒸気タービンの部分断面図である。

【図6】本技術の実施形態による図5の詳細断面図である。

【図7】本技術の実施形態による図4および5の蒸気タービン用のノッチを備えた回転部品の図である。

【図8】本技術の実施形態に従って図7のロータから図4のクリアランス測定システムによって測定された静電容量のグラフである。

【図9】本技術の実施形態による図4および5の蒸気タービン用の多段レベルノッチを備えた回転部品の図である。

20

【図10】本技術の実施形態に従って図9のロータから図3のクリアランス測定システムによって測定された静電容量のグラフである。

【図11】本技術の実施形態による図4および5の蒸気タービン用の複数のノッチを備えた回転部品の図である。

【図12】本技術の実施形態による図1のクリアランス測定システムのために用いられるセンサの例示的構造の図である。

【図13】本技術の実施形態による図1および4のクリアランス測定システムの概略図である。

【図14】本技術の実施形態による図13のクリアランス測定システムによって測定されたクリアランスのグラフである。

30

【符号の説明】

【0047】

- 10 蒸気タービン
- 12 クリアランス測定システム
- 14 回転部品
- 16 静止部品
- 20 キャリアなしの蒸気タービン
- 22 蒸気タービンの段
- 24 回転動翼
- 26 回転の方向
- 30 発電機
- 32 フレーム組立体
- 34 ロータ組立体
- 36 ロータシャフト
- 38 ロータコア
- 40 ロータラミネーション
- 42 ステータ組立体
- 44 回転の方向
- 46 ステータ巻線

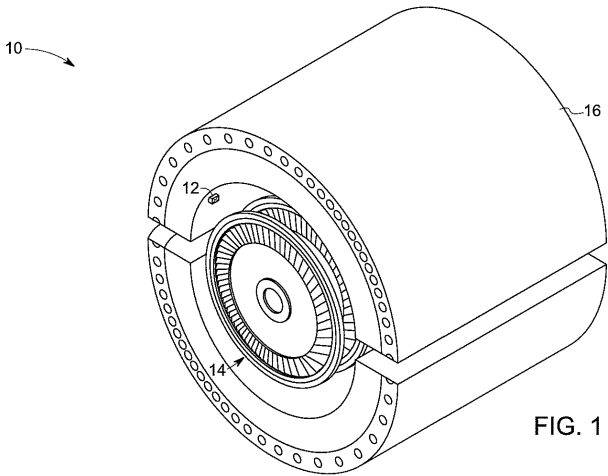
40

50

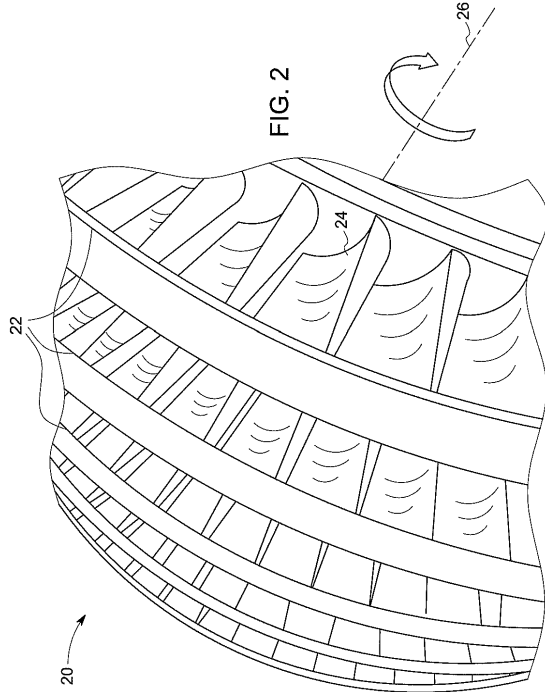
5 0	蒸気タービン	
5 2	ロータ	
5 4	シャフト	
5 6	回転動翼	
5 8	蒸気	
6 0	回転軸	
6 2	ケーシング / キャリア	
6 4	センサ	
7 0	蒸気タービン - ステータ / ロータ構造	
7 2	シール歯	10
7 4	ステータ溝	
7 6	詳細図	
7 8	径方向のクリアランス	
8 0	軸方向のクリアランス	
8 2	ノッチを有するロータ	
8 4	ロータの連続する表面	
8 6	ノッチ	
8 8	静電容量 / クリアランス測定値と時間の関係	
9 0	静電容量 / クリアランス	
9 2	時間	20
9 4	表面からの信号	
9 6	ノッチからの信号	
9 8	ノッチの深さ	
1 0 0	多段レベルノッチを有するロータ	
1 0 2	多段レベルノッチ	
1 0 4	静電容量 / クリアランス測定値と時間の関係	
1 0 6	表面からの信号	
1 0 8	ノッチからの信号	
1 1 0	ノッチからの信号	
1 1 2	ノッチの第 1 の深さ	30
1 1 4	ノッチの第 2 の深さ	
1 2 0	複数のノッチを有するロータ	
1 2 2 ~ 1 3 0	ノッチ	
1 3 2	センサ	
1 3 4 ~ 1 4 0	プローブ先端	
1 4 2	クリアランス測定システム	
1 4 6 ~ 1 5 2	プローブ先端	
1 5 4	V C O	
1 5 6 ~ 1 6 2	スイッチ	
1 6 4 ~ 1 7 0	増幅器	40
1 7 2 ~ 1 8 0	コンデンサ	
1 9 0 ~ 1 9 6	方向性結合器	
1 7 4 ~ 1 8 6	位相検出器	
1 9 8	処理連鎖	
2 0 0	周波数追跡器	
2 0 2	クリアランス制御ユニット	
2 0 4	センサ出力と軸方向のクリアランスの関係	
2 0 6	センサ出力	
2 0 8	軸方向のクリアランス	
2 1 0	先端 1 からの出力	50

- 2 1 2 先端 3 からの出力
- 2 1 4 先端 4 からの出力
- 2 1 6 先端 2 からの出力
- 2 1 8 ~ 2 2 4 センサ先端 1 からの出力
- 2 1 6 増大する径方向のクリアランス

【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】

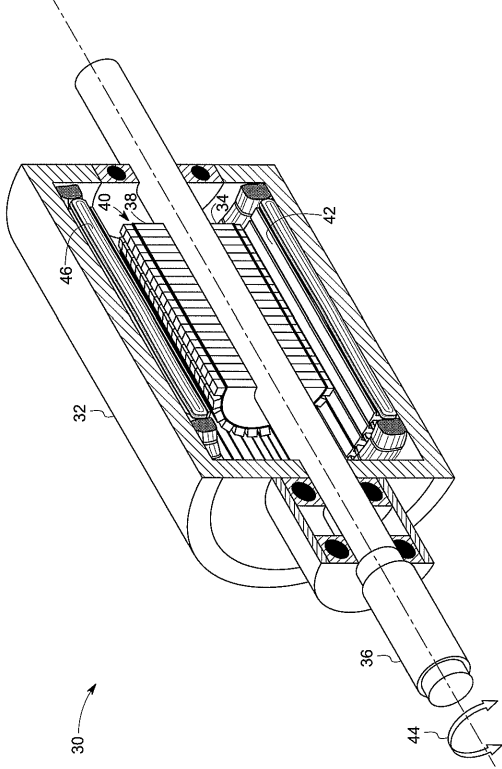


FIG. 3

【 図 4 】

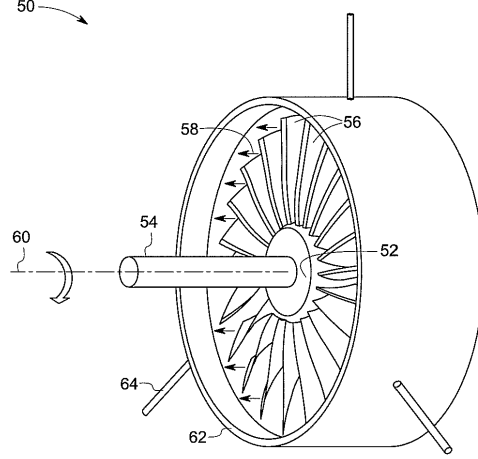


FIG. 4

【 図 5 】

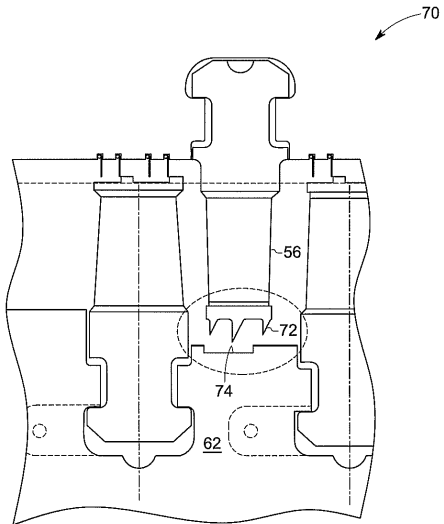


FIG. 5

【 図 7 】

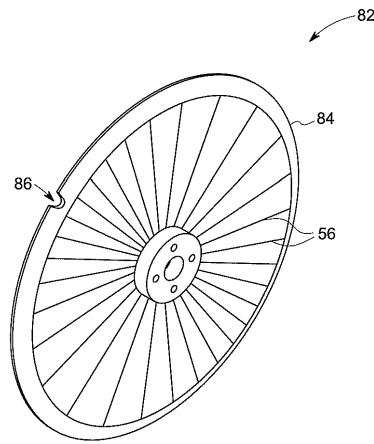


FIG. 7

【 図 6 】

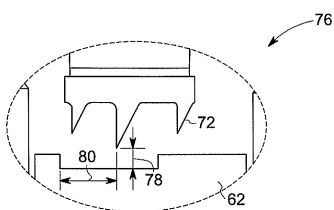


FIG. 6

【 図 8 】

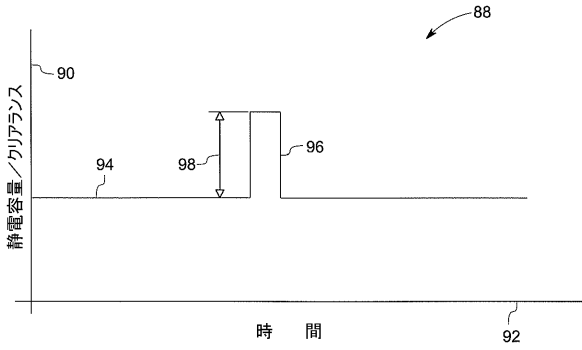


FIG. 8

【 図 9 】

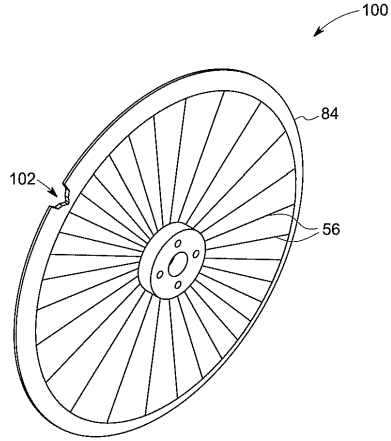


FIG. 9

【 図 10 】

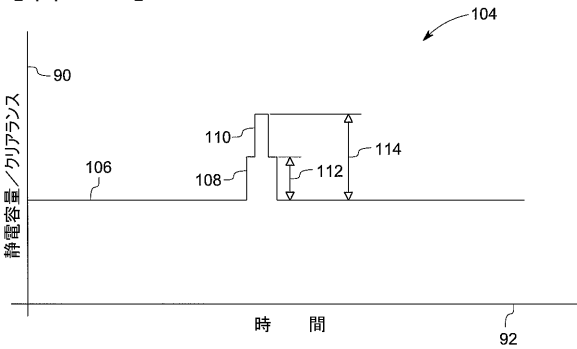


FIG. 10

【 図 11 】

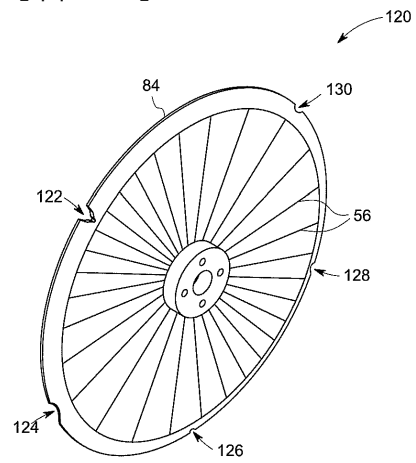


FIG. 11

【図 12】

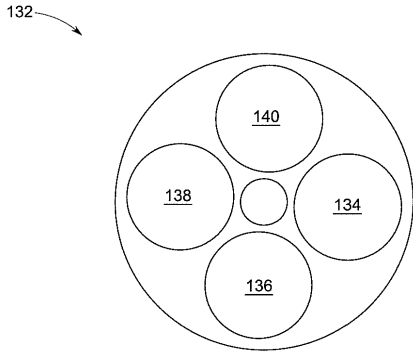


FIG. 12

【図 13】

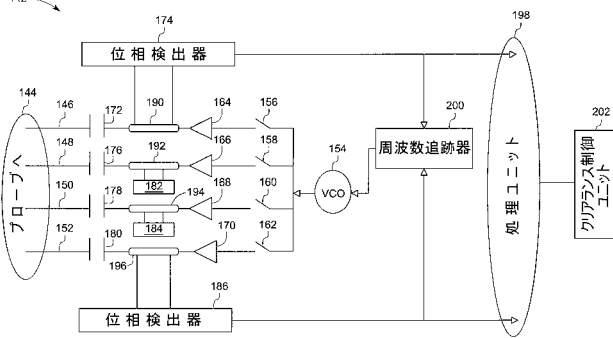


FIG. 13

【図 14】

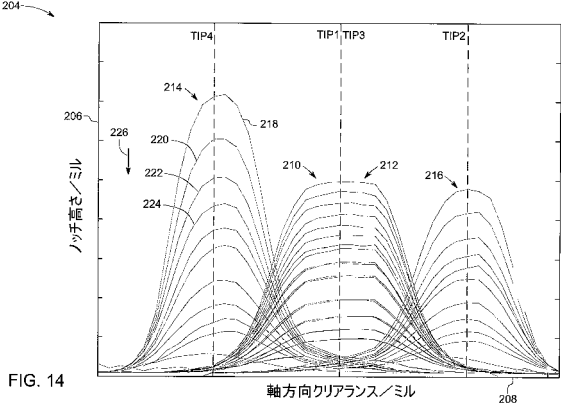


FIG. 14

フロントページの続き

- (72)発明者 エマド・アンダラヴィス・アンダラヴィス
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ボールストン・レイク、ハブス・ロード、67番
- (72)発明者 マハデヴァン・バラスブラマニラム
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、クリフトン・パーク、ホランデール・エイピーティーエス - 1
8ジェイ(番地なし)
- (72)発明者 トッド・アラン・アンダーソン
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、ダウニング・ストリート、802番
- (72)発明者 サムヒタ・ダスグプタ
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、ノースウッド・コート、1012番
- (72)発明者 デイビッド・マルフォード・シャドック
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、トロイ、インヴァネス・ドライブ、8番
- (72)発明者 ショバナ・マニ
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、クリフトン・パーク、ウエスト・ウィンド・ウェイ、9番
- (72)発明者 チー・チャン
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタディ、エイピーティー・ビー1ビー、ローザ・ロード、2150番
- Fターム(参考) 2F063 AA23 BA04 BC02 CA07 CA08 CB04 DA01 DA05 DD02 HA01
HA04 HA05

【外国語明細書】

2007010656000001.pdf