

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6291210号
(P6291210)

(45) 発行日 平成30年3月14日 (2018. 3. 14)

(24) 登録日 平成30年2月16日 (2018. 2. 16)

(51) Int. Cl.		F I			
GO 1 N	27/20	(2006. 01)	GO 1 N	27/20	Z
FO 2 C	7/00	(2006. 01)	FO 2 C	7/00	A
FO 1 D	25/00	(2006. 01)	FO 1 D	25/00	V

請求項の数 13 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2013-216874 (P2013-216874)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成25年10月18日 (2013. 10. 18)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
(65) 公開番号	特開2014-85346 (P2014-85346A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州 1 2 3
(43) 公開日	平成26年5月12日 (2014. 5. 12)		4 5、スケネクタデイ、リバーロード、1
審査請求日	平成28年10月11日 (2016. 10. 11)		番
(31) 優先権主張番号	13/661, 447	(74) 代理人	100137545
(32) 優先日	平成24年10月26日 (2012. 10. 26)		弁理士 荒川 聡志
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(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	100113974
			弁理士 田中 拓人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 システムの構成要素の損傷を検出する装置及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

システムの構成要素の損傷を検出する装置であって、

前記構成要素の表面で第一の配向に配列されて、作動すると第一の組の信号を発生するように構成されている通電線の第一のセンサのグリッドと、

該第一のセンサのグリッドとは独立の第二のセンサのグリッドであって、前記構成要素の前記表面に設けられた絶縁層の上で第二の配向に配列されて、作動すると第二の組の信号を発生するように構成されており、前記第二の配向は前記第一の配向と重なっている、通電線の第二のセンサのグリッドと、

前記第一の組の信号又は前記第二の組の信号の少なくとも一つの信号の変化に基づいて前記損傷を検出するように構成されているプロセッサと、

を備え、

前記構成要素が高温に曝される運転中のエンジン部品であり、

前記プロセッサは、前記構成要素から取れた前記構成要素の一部の離脱および変形を含む複数のタイプの前記損傷を、前記第一の組の信号および前記第二の組の信号のうちの少なくとも一つの信号の前記変化に基づいて識別するように構成される、装置。

【請求項 2】

前記第一の配向は前記第二の配向に垂直であるる、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

10

20

前記構成要素の限定された部分が他の部分よりも高い応力に曝され、

前記限定された部分に対応する第一及び第二の通電線の組が、前記他の部分に対応する第一及び第二の通電線の組よりも高い頻度で駆動される、請求項 2 に記載の装置。

【請求項 4】

前記プロセッサは、前記少なくとも一つの信号の前記変化が、期待される電流値から過電流への変化であるときに、前記変形として前記損傷を識別するように構成される（ただし同一のグリッドによる短絡の検出は含まない）、請求項 3 に記載の装置。

【請求項 5】

前記プロセッサは、前記第一の通電線のグリッド又は前記第二の通電線のグリッドの何れの 1 又は複数の通電線が前記変化及び前記過電流を呈しているかに基づいて前記変形の形状及び位置を推定する、請求項 4 に記載の装置。

10

【請求項 6】

前記プロセッサは、前記少なくとも一つの信号の前記変化が、期待される電流値から無電流への変化であるときに、前記離脱として前記損傷を識別し、

前記プロセッサは、前記第一の通電線のグリッド又は前記第二の通電線のグリッドの何れの 1 又は複数の通電線が前記変化を呈しているかに基づいて前記離脱の範囲及び位置を推定する、請求項 3 に記載の装置。

【請求項 7】

前記プロセッサは、システムに対する損傷の影響の重大性の解析し、前記解析を用いて、修理又は交換が必要か否か、また何時必要かを決定する、請求項 6 に記載の装置。

20

【請求項 8】

システムの構成要素の損傷を検出する方法であって、

作動すると第一の組の信号を発生するように構成されている通電線の第一のセンサのグリッドを前記構成要素の表面で第一の配向に配設するステップと、

前記第一のセンサのグリッドとは独立の通電線の第二のセンサのグリッドを前記構成要素の前記表面に設けられた絶縁層の上で第二の配向に配設するステップであって、前記第二の配向は前記第一の配向と重なっており、前記第二のセンサのグリッドは作動すると第二の組の信号を発生するように構成されている、配設するステップと、

前記第一の組の信号又は前記第二の組の信号の少なくとも一つの信号の変化に基づいて前記損傷を検出するように前記第一の組の信号及び前記第二の組の信号を処理するステップと、

30

前記構成要素から取れた前記構成要素の一部の離脱および変形を含む複数のタイプの前記損傷を、前記第一の組の信号および前記第二の組の信号のうちの少なくとも一つの信号の前記変化に基づいて識別するステップと、

を含み、

前記構成要素が高温に曝される運転中のエンジン部品である、方法。

【請求項 9】

前記第一のセンサのグリッドの 1 若しくは複数又は前記第二のセンサのグリッドの 1 若しくは複数を通電する電流の流れを初期化するステップをさらに含んでいる、請求項 8 に記載の方法。

40

【請求項 10】

前記処理するステップは、前記少なくとも一つの信号の前記変化を期待される電流値から過電流への変化として検出するステップを含み（ただし同一のグリッドによる短絡の検出は含まない）、

前記識別するステップは、前記過電流に基づいて前記変形として前記損傷を識別するステップを含み、

前記処理するステップは、前記第一の通電線のグリッド又は前記第二の通電線のグリッドの何れの 1 又は複数の通電線が前記変化及び前記過電流を呈しているかに基づいて前記変形の形状及び位置を推定することを含んでいる、請求項 9 に記載の方法。

50

【請求項 1 1】

前記構成要素の限定された部分が他の部分よりも高い応力に曝され、

前記限定された部分に対応する第一及び第二の通電線の組を、前記他の部分に対応する第一及び第二の通電線の組よりも高い頻度で駆動するステップを含む、請求項 1 0 に記載の方法。

【請求項 1 2】

前記処理するステップは、前記少なくとも一つの信号の前記変化を期待される電流値から無電流への変化として検出するステップを含み、

前記処理するステップは、期待される電流値から無電流への前記変化に基づいて、前記構成要素の一部の離脱として前記損傷を認識するステップを含み、

前記処理するステップは、前記第一の通電線のグリッド又は前記第二の通電線のグリッドの何れの 1 又は複数の通電線が前記変化を呈しているかに基づいて前記離脱の範囲及び位置を推定することを含んでいる、請求項 9 乃至 1 1 のいずれかに記載の方法。

【請求項 1 3】

前記処理するステップは、システムに対する損傷の影響の重大性の解析ステップと、前記解析を用いて、修理又は交換が必要か否か、また何時必要かを決定するステップとを含んでいる、請求項 1 2 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0 0 0 1】**

本書に開示される主題は、構成要素の特性決定に関し、さらに具体的には、損傷検出に関する。

【背景技術】**【0 0 0 2】**

システムの構成要素の変形又は離脱を検出する能力は、システムの他の部分に対する副次的な損傷を軽減することができる。例えばガス・タービンでは、例えば翼型として成形されている静翼を用いて空気流の圧力及び速度を制御する。翼（ブレード）の 1 又は複数の表面の変形を起こしたり静翼の残りの組からの離脱を起こしたりすると、この翼に対する損傷の副次的な影響はガス・タービンの性能及び信頼性の低下となる。

【発明の概要】**【0 0 0 3】**

従来のシステムでは、上の例での静翼のような構成要素に対するあらゆる損傷は、ガス・タービンの例では振動特徴又は温度の変化のような下流での影響に基づいて検出されていた。しかしながら、変形又は離脱を下流での影響に基づいて検出するときには、全体的なシステムは既に悪影響を蒙っている。さらに、あらゆる変形が即刻の補正対策を必要とする訳ではない場合もある。例えば、変形の位置に基づいて、要求される修理は差し迫ってはいるが即刻でなくてもよく、修理を行なうためのシステム運転停止の遅延を許容し得る場合がある。このように、翼型のようなシステム構成要素の変形又は離脱の機敏で正確な識別が求められている。

【0 0 0 4】

一観点によれば、システムの構成要素の損傷を検出する損傷検出装置が、構成要素の表面で第一の配向に配列されて、第一の組の信号を発生するように構成されている第一のセンサのグリッドと、第一のセンサのグリッドとは独立の第二のセンサのグリッドであって、構成要素の表面で第二の配向に配列されて、第二の組の信号を発生するように構成されており、第二の配向は第一の配向と重なっている、第二のセンサのグリッドと、第一の組の信号又は第二の組の信号の少なくとも一つの信号の変化に基づいて損傷を検出するように構成されているプロセッサとを含んでいる。

【0 0 0 5】

もう一つの観点によれば、システムの構成要素の損傷を検出する方法が、第一の組の信

10

20

30

40

50

号を発生するように構成されている第一のセンサのグリッドを構成要素の表面で第一の配向に配設するステップと、第一のセンサのグリッドとは独立の第二のセンサのグリッドを構成要素の表面で第二の配向に配設するステップであって、第二の配向は第一の配向と重なっており、第二のセンサのグリッドは第二の組の信号を発生するように構成されている、配設するステップと、第一の組の信号又は第二の組の信号の少なくとも一つの信号の変化に基づいて損傷を検出するように第一の組の信号及び第二の組の信号を処理するステップとを含んでいる。

【 0 0 0 6 】

これらの利点及び特徴、並びに他の利点及び特徴は、以下の記載を図面と共に参照することによりさらに明らかとなる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 7 】

本発明と看做される主題は、明細書の終結部の特許請求の範囲において具体的に指摘され明確に請求されている。以上に述べた本発明の特徴及び利点、並びに他の特徴及び利点は、以下の詳細な説明を添付図面と共に参照することにより明らかとなる。

【図 1】一実施形態による損傷検出システムを一体化した翼型の遠近前面図である。

【図 2】図 1 の実施形態による損傷検出システムを一体化した翼型の遠近側面図である。

【図 3】一実施形態による構成要素の損傷検出に関わる工程を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 8 】

以下の詳細な説明は、本発明の実施形態を図面に関して例として利点及び特徴と共に説明する。

【 0 0 0 9 】

図 1 及び図 2 は、一実施形態による損傷検出システム 1 0 0 を一体化した構成要素 1 1 0 の遠近前面図及び遠近側面図をそれぞれ示す。図 1 及び図 2 に示す例示的な構成要素 1 1 0 は翼型 1 1 5 である。しかしながら、損傷検出システム 1 0 0 は、任意のシステムの任意の構成要素 1 1 0 に対する損傷を検出するのに用いられ得る。構成要素 1 1 0 が回転構成要素であるときには、損傷検出システム 1 0 0 はスリップ・リングを含む。損傷検出システム 1 0 0 は、構成要素 1 1 0 の表面で一つの方向（図 1 では水平に示す）に配列された一組のセンサ 1 2 0 と、もう一つの方向（図 1 では鉛直に示す）に配列された一組のセンサ 1 3 0 と、プロセッサ 1 4 0 とを含んでいる。センサ 1 2 0 及び 1 3 0 は図 1 では垂直であるように示されているが、これら二組のセンサ 1 2 0 及び 1 3 0 は重なった配向を有していさえすればよく、必ずしも垂直配向でなくてもよい。これら二組のセンサ 1 2 0 及び 1 3 0 は、例えば通電線（current-carrying wires）1 2 5 及び 1 3 5 のグリッドであってよい。通電線 1 2 5 及び 1 3 5 のグリッドの各々は独立である。すなわち、絶縁層 1 2 7 がこれら二組のセンサ 1 2 0、1 3 0 を離隔している。このように、通電線 1 2 5 及び 1 3 5 のグリッドの配向は重なっているが、通電線 1 2 5 のグリッドは当初は、通電線 1 3 5 のグリッドと交差したり接触したりしないように配設されている。

【 0 0 1 0 】

プロセッサ 1 4 0 は、各々のセンサ 1 2 0 及び 1 3 0 における信号を感知して、信号の少なくとも一つの変化に基づいて構成要素 1 1 0 に対する損傷を検出する。代替的な実施形態では、信号は両センサ 1 2 0、1 3 0 に不断に存在していなくてもよい。この場合には、これら二組のセンサ 1 2 0、1 3 0 の間の干渉に基づいて状態の変化を示す信号の変化が用いられる。

【 0 0 1 1 】

構成要素 1 1 0 が翼型 1 1 5 であり、センサ 1 2 0 及び 1 3 0 が通電線 1 2 5 及び 1 3 5 のグリッドである実施形態の例に関して、プロセッサ 1 4 0 の作用範囲について詳細に述べる。翼型 1 1 5 の一部が変形すると、変形域において一つの方向（図 1 では水平）に配向した通電線 1 2 5 が、やはり変形域にある他の方向（図 1 では鉛直）に配向した通電線 1 3 5 に接触して、変形域において短絡を生ずる。この短絡は、絶縁層 1 2 7 が変形の

10

20

30

40

50

ため破壊されたことに起因して生ずる。代替的な実施形態に関して上で述べたように、短絡を生じさせるためには通電線 1 2 5、1 3 5 の組の一組のみが駆動されて（電流を流して作動して）いればよい。プロセッサ 1 4 0 は当初は、一方の組又は両方の組の作動している通電線 1 2 5 及び 1 3 5 を流れる期待される電流の流れを検出しており、このプロセッサ 1 4 0 が 1 又は複数の組の通電線 1 2 5 及び 1 3 5 において過電流を検出する。従って、短絡を引き起こした変形を、何れの組（1 又は複数）の通電線 1 2 5 及び 1 3 5 が過電流状態を呈しているかに基づいて位置決定することができる。様々な実施形態において、プロセッサ 1 4 0 は 2 以上のプロセッサ 1 4 0 の網であってよく、1 又は複数のメモリ装置と共に動作し得る。プロセッサ 1 4 0 は、電流検出器及び様々な制御作用を含んでいてよく、マイクロコントローラ、マイクロプロセッサ、又は他のプログラム可能な計算装置を備えたコンピュータとして実装され得る。

10

【0012】

また翼型 1 1 5 の一部が離脱する（壊れて外れる）と、翼型 1 1 5 の該当域に関連する通電線 1 2 5 及び 1 3 5 も破断される。これにより、破断箇所を開回路が生じて、電流の流れの損失が生ずる。プロセッサ 1 4 0 は当初は、一方の組又は両方の組の作動している通電線 1 2 5 及び 1 3 5 を流れる期待される電流の流れを検出しており、このプロセッサ 1 4 0 が通電線 1 2 5 及び 1 3 5 の 1 又は複数における信号損失又は電流の流れの欠如を検出する。従って、開回路を生じた離脱は、何れの通電線 1 2 5 及び 1 3 5 が信号損失を呈しているかに基づいて位置決定され得る。上での作動している通電線 1 2 5 及び 1 3 5 に対する参照は、全ての通電線 1 2 5 及び 1 3 5 が全ての時刻において電流を流して作動していなくてもよいことを示すものとする。すなわち、所与の動作条件に基づいて、構成要素 1 1 0（例えば、翼型 1 1 5）の幾つかの部分のみが不断に応力下にある又は着目され得る。代替的には、最後の検査以来変形又は離脱が起こっていないことを保証する表面全体の定期的な検査のみが必要とされ得る。構成要素 1 1 0 の表面全体の不断の監視が必要とされないときには、着目領域における通電線 1 2 5 及び 1 3 5、又は着目期間における全ての通電線 1 2 5 及び 1 3 5 が電流によって駆動されればよい。

20

【0013】

図 3 は、一実施形態による構成要素 1 1 0 の損傷検出に関わる工程 3 0 0 を示す。工程 3 0 0 は、ブロック 3 1 0 において、第一のセンサ 1 2 0 のグリッドを第一の配向に配設するステップを含んでいる。ブロック 3 2 0 では、第二のセンサ 1 3 0 のグリッドを第二の配向に配設するステップが、第一の配向に重なる第二の配向を含んでいるが、第二の配向は必ずしも第一の配向に垂直でなくてよい。ブロック 3 2 0 において第二のセンサ 1 3 0 のグリッドを配設するステップはまた、第一のセンサ 1 2 0 のグリッドと第二のセンサ 1 3 0 のグリッドとが接触したり交差したりしないことを保証するように、第二のセンサ 1 3 0 のグリッドを第一のセンサ 1 2 0 のグリッドから離隔して保持することを含んでいる。工程 3 0 0 は、ブロック 3 3 0 において第一のセンサ 1 2 0 のグリッド及び第二のセンサ 1 3 0 のグリッドの幾つか又は全てを駆動するステップを含んでいる。ブロック 3 3 0 はまた、センサ 1 2 0 及び 1 3 0 の幾つか又は全てを不断にではなく周期的に駆動することを含んでいる。前述のように、翼型 1 1 5 の一定区域の通電線 1 2 5 及び 1 3 5 のみが、例えば所与の状況において翼型 1 1 5 が蒙る応力に基づいて駆動されればよい。ブロック 3 4 0 では、第一のセンサ 1 2 5 のグリッド及び第二のセンサ 1 3 0 のグリッドから受け取った信号を処理することにより、プロセッサ 1 4 0 が構成要素 1 1 0 に対する損傷の形式及び範囲を決定することを可能にする。例えば、第一のセンサ 1 2 0 のグリッドからの 1 本の通電線 1 2 5 及び第二のセンサ 1 3 0 のグリッドからの 1 本の通電線 1 3 5 のみが短絡による過電流を呈していたら、プロセッサは翼型 1 1 0 の 1 ヶ所に位置決定された変形を識別する。一方、プロセッサ 1 4 0 が第一のセンサ 1 2 0 のグリッドからの数本の通電線 1 2 5 及び第二のセンサ 1 3 0 のグリッドからの数本の通電線 1 3 5 からの信号を受け取るのを停止したら、プロセッサは、翼型 1 1 5 の大きい部分がタービン・システムから離脱したものと識別する。

30

40

【0014】

50

構成要素 1 1 0 に対する損傷の位置及び範囲を指示することにより、プロセッサ 1 4 0 は、全体的なシステムに対する損傷の影響の重大性の解析を容易にする。次いで、この解析を用いて、修理又は交換が必要か否か、また何時必要かを決定することができる。変形の全体的な位置に関する情報がなければ、例えばシステム作用範囲に対する損傷の重大性の解析を行なうことができず、全体的なシステム（例えばガス・タービン）において影響が現われるまで全ての検出された変形を無視すべきか、又は全ての変形を修理すべきかの選択を下さなければならない。第一のアプローチは、損傷検出システム 1 0 0 が存在しない場合の損傷解析の現状と等価である。一方、変形が検出される度に修理を行なうのは、不必要である可能性があるのにシステムが運転停止されるので低効率のアプローチであると言える。損傷検出システム 1 0 0 を用いてプロセッサ 1 4 0 によって与えられる情報によって、さらに効率のよい損傷の対処が可能である。例えば、初期に検出される変形は修理を必要としないと決定されることができ、この変形の拡大は修理が差し迫っていることを示し得る。

10

【 0 0 1 5 】

発明を限られた数の実施形態にのみ関連して詳細に記載したが、本発明はかかる開示された実施形態に限定されないことが容易に理解されよう。寧ろ、本発明は、本書には記載されていないが発明の要旨及び範囲に沿った任意の数の変形、変更、置換又は均等構成を組み入れるように改変され得る。加えて、発明の様々な実施形態について記載したが、発明の各観点は所載の実施形態の幾つかのみを含み得ることを理解されたい。従って、本発明は、以上の記載によって制限されると看做されるのではなく、特許請求の範囲によってのみ制限される。

20

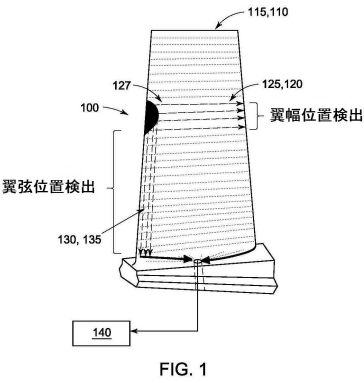
【符号の説明】

【 0 0 1 6 】

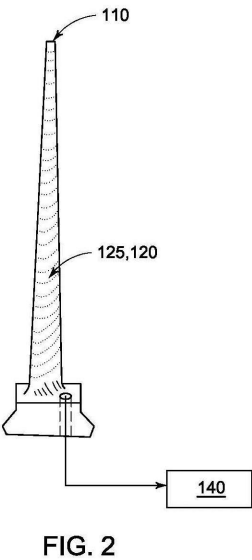
- 1 0 0 損傷検出システム
- 1 1 0 構成要素
- 1 1 5 翼型
- 1 2 0、1 3 0 センサ
- 1 2 5、1 3 5 通電線
- 1 2 0、1 2 5 翼幅位置検出
- 1 3 0、1 3 5 翼弦位置検出
- 1 2 7 絶縁層
- 1 4 0 プロセッサ
- 3 0 0 構成要素 1 1 0 の損傷検出に関わる工程
- 3 1 0 第一のセンサのグリッドを第一の配向に配設する
- 3 2 0 第二のセンサのグリッドを第二の配向に配設する
- 3 3 0 第一のセンサのグリッド及び第二のセンサのグリッドの幾つか又は全てを駆動する
- 3 4 0 損傷を決定するように、第一のセンサのグリッド及び第二のセンサのグリッドから受け取った信号を処理する

30

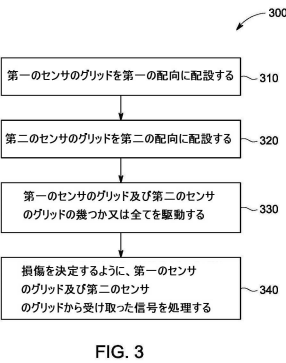
【図 1】



【図 2】



【図 3】



フロントページの続き

(72)発明者 アレキザンダー・ジェームズ・ピストナー
アメリカ合衆国、ジョージア州・30339-8402、アトランタ、ワイルドウッド・パークウ
ェイ、4200番、ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ

審査官 田中 秀直

(56)参考文献 特開2001-174429(JP, A)
特表2007-505309(JP, A)
米国特許出願公開第2012/0188078(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N	27/00 - 27/10
G01N	27/14 - 27/24
F01D	25/00
F02C	7/00