

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5128701号  
(P5128701)

(45) 発行日 平成25年1月23日(2013.1.23)

(24) 登録日 平成24年11月9日(2012.11.9)

(51) Int.Cl. F I  
**GO 1 N 27/90 (2006.01)** GO 1 N 27/90  
**B 6 4 D 45/00 (2006.01)** B 6 4 D 45/00 Z

請求項の数 19 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2011-500116 (P2011-500116)	(73) 特許権者	510022510
(86) (22) 出願日	平成21年3月18日 (2009.3.18)		ヨーロッパ・アエロノティック・ディ
(65) 公表番号	特表2011-514534 (P2011-514534A)		フェンス・アンド・スペース・カンパニー
(43) 公表日	平成23年5月6日 (2011.5.6)		・イーデス・フランス
(86) 国際出願番号	PCT/EP2009/002005		フランス国・エフ-75016・パリ・ブ
(87) 国際公開番号	W02009/115315		ーレバード ド モンモランシー・37
(87) 国際公開日	平成21年9月24日 (2009.9.24)	(74) 代理人	100064621
審査請求日	平成22年9月17日 (2010.9.17)		弁理士 山川 政樹
(31) 優先権主張番号	0851819	(74) 代理人	100098394
(32) 優先日	平成20年3月20日 (2008.3.20)		弁理士 山川 茂樹
(33) 優先権主張国	フランス (FR)	(72) 発明者	モロー, カテル
			フランス国・エフ-75015 パリ・リ
			ュ ド ラ クロワ ニヴァート・85

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 乗り物構造体の監視装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電気的測定用センサと、前記センサに接続され、センサ測定情報を監視データに変換する処理回路と、前記監視データを収集部材へ伝達する伝達手段とを含む、乗り物構造体の監視をする装置において、

前記回路は、

小型化され、40 x 40 x 40 mm又はそれ以下の立体内に収まる小さな寸法であり、長さが200 mm以下の短い電気配線により、前記センサに接続されており、

搭載型電池を備え、

一時的に近傍に位置する移動収集部材に前記監視データを伝達する無線手段を備え、

前記センサは渦電流センサであり、構造体上の監視すべき場所に配置された第1測定センサと、構造体の健康な場所に配置された第2試験センサとを含み、前記2つのセンサが生成する信号間の位相差により、前記2つのセンサが構造体に完全に密着していることを監視する、

ことを特徴とする装置。

【請求項 2】

前記処理回路は、乗り物が駐機され静止している時に、前記収集部材により起動されるセンサ伝達機能を含む、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記センサが亀裂を測定するセンサである、請求項 1 又は 2 のいずれか 1 項に記載の装

置。

【請求項 4】

前記渦電流センサは、可撓性の回路により支持された螺旋コイルであり、両側の面が電導性にされた 2 本の可撓性電線接続を介して前記処理回路に接続され、監視される場所に配置され、前記監視される場所に近傍の健康であるとして知られている場所に配置された他の参照用センサと関連させられており、前記処理回路は、1 つのセンサにより伝達された信号を他のセンサと比較したときの差を測定するようにされた、請求項 1 から 3 までのいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 5】

前記螺旋コイルは、大きさが 25 x 50 mm であることを特徴とする、請求項 4 に記載の装置。

10

【請求項 6】

前記可撓性電線接続は 5 から 20 cm 長さであることを特徴とする、請求項 4 または 5 に記載の装置。

【請求項 7】

前記渦電流センサは、与えられた表面サイズを有しており、前記処理回路は、亀裂の成長を測定するために、8 つのレベルに測定量を分類する手段を有する、請求項 1 から 6 までのいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 8】

前記与えられた表面サイズは、直径 20 mm であることを特徴とする、請求項 7 に記載の装置。

20

【請求項 9】

前記亀裂の成長は、2.5 mm に等しいことを特徴とする、請求項 7 または 8 のいずれかに記載の装置。

【請求項 10】

前記処理回路が、測定値及び / 又は監視データを記録するメモリを含む、請求項 1 から 9 までのいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 11】

前記処理回路が、階層化されたアーキテクチャに組み込まれ、各階層は互換性があり、互いに接続されており、

30

前記処理回路は、

電力供給用の第 1 階層と、

前記第 1 階層の上にあるデジタル処理用の第 2 階層と、

前記第 2 階層の上であり、前記センサにより伝達された信号を 2 つの比例電圧に変換する第 3 階層と、

を備え、

前記第 2 階層はこれらの電圧をデジタル値に変換し、

前記第 3 階層の上に、無線の伝達と受信を行う第 4 階層が備えられた、請求項 1 から 10 までのいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 12】

40

前記各階層が、貫通接続により互いに接続されていることを特徴とする、請求項 11 に記載の装置。

【請求項 13】

前記電力供給用の第 1 階層が監視される構造体に近い位置において前記回路の底部に配置されることを特徴とする、請求項 11 または 12 のいずれかに記載の装置。

【請求項 14】

前記無線の伝達と受信を行う第 4 階層が、前記回路の最上層に位置することを特徴とする、請求項 11 から 13 までのいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 15】

前記処理回路が低電力回路であり、数十分の時間間隔で測定を実施し、これらの測定間

50

において、該回路を休止モードに入らせるようにするシーケンサを含む、請求項 1 から 4 までのいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 16】

前記処理回路が、-60 から +85 の温度範囲で作動可能な電池を含む、請求項 1 から 15 までのいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 17】

前記処理回路が、測定に関連した日付を記録するために、日付を計測する回路と、測定信号に、次第に減少することから始まり、続いて次第に増大するという反転する変動があっても、亀裂の成長を判断するプログラムとを有する、請求項 1 から 16 までのいずれか 1 項に記載の装置。

10

【請求項 18】

前記処理回路が、金属内の亀裂の深さを判定するために、100kHz から 1000kHz 間の周波数をもつ正弦波発生器と、測定中に亀裂の深さを測定するために前記周波数を変化させるシーケンス手段とを有する、請求項 1 から 17 までのいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 19】

前記センサが、リベットに配置できるようにするために、センサの中心部に開口を有する、請求項 1 から 18 までのいずれか 1 項に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明の目的は、機械的な、振動による、及び/又は環境による応力を受け易い金属構造体の状態を監視することである。本発明は、これら金属構造体内の亀裂をリアルタイムで検知可能にする方法を、自律性の搭載型電子システムにおいて実施するものである。より詳しく述べると、本発明は、空中、海上及び陸上交通の分野に関する。

【背景技術】

【0002】

輸送手段の構造体は、具体的に航空機を例にとると、運航中に、機械的な応力、環境に起因する応力、及び/又は振動による応力に曝される。これらの構造体は、亀裂が現れているかどうかを判定するために、特に定期的な基準で検査され、すなわち、停止毎に行われる短時間検査と、2400時間飛行後のCチェック作業と呼ばれる整備作業における、さらに詳細な検査とが行われる。後者の検査では、通常時は近づくことのできない航空機の金属構造体の状態を検査するために、アクセスパネルの取り外しが要求され、時間と費用がかかる。したがって、定期的に行われるこれらの検査では、亀裂及び亀裂の成長を連続的に監視することができない。同様なことは、鉄道の分野における幾つかの列車部品、特に高速鉄道列車の部品についても言えることである。

30

【0003】

これらの整備作業を最適化し、減少させ、それにより費用及び時間を削減するため、構造体監視システムが開発されている。例えば、米国特許第6,952,095号明細書(特許文献1)、英国特許第2,400,445号明細書(特許文献2)、英国特許第2,396,427号明細書(特許文献3)に示されているように、金属構造体に現れる亀裂を検知するために、渦電流センサが使用されている。

40

【0004】

これらセンサにより伝達される情報を解読するために、複数の電子的インターフェースが製造されてきた。これらインターフェースの1つは、インピーダンス、より詳細にはセンサから伝達される位相を解読する。米国特許第5,006,800号明細書(特許文献4)に開示されているように、このインターフェースは、検査表面の2次元画像を形成するために使用される。しかし、この方法の不利な点は、嵩張ることと消費電力が大きいことである。したがって、この方法は、搭載型とすることができず、またこの方法による結果は、リアルタイムで提供されるものではない。

50

## 【 0 0 0 5 】

他のインターフェースは、センサにより伝達される伝導度を解読するもので、これもまた、整備作業中に使用されるものである。したがって、亀裂の検知を連続的に行うことができない。

## 【 0 0 0 6 】

国際特許公開第 2 0 0 6 / 1 1 1 , 6 7 9 号 ( 特許文献 5 ) に記載されているように、音響センサを使用する別のシステムが、構造体の状態の連続的な検討について、改良をもたらしてきた。この方法は、大量のエネルギーを消費することが多い。それ故に、この装置は、航空機に搭載される電子的ネットワークに接続しなければならない。さらに、この装置は、非常に高張るものである。

10

## 【 0 0 0 7 】

最後に、欧州特許第 1 , 0 1 8 , 6 4 1 号 ( 特許文献 6 ) に記載されているように、航空機が受けた応力の数を記録する搭載型システムが知られている。これらの応力、すなわち離陸、着陸、乱気流、圧力等が、論理ゲートシステムにより一覧にされ、メモリに記録される。続いて読み取りが整備作業中に行われて、検査中に作業者を誘導する助けとなる。しかし、これら上述の方法は、構造体の状態に関して直接的な情報を与えるものではない。

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 0 8 】

【 特許文献 1 】 米国特許第 6 , 9 5 2 , 0 9 5 号明細書

【 特許文献 2 】 英国特許第 2 , 4 0 0 , 4 4 5 号明細書

【 特許文献 3 】 英国特許第 2 , 3 9 6 , 4 2 7 号明細書

【 特許文献 4 】 米国特許第 5 , 0 0 6 , 8 0 0 号明細書

【 特許文献 5 】 国際特許公開第 2 0 0 6 / 1 1 1 , 6 7 9 号明細書

【 特許文献 6 】 欧州特許第 1 , 0 1 8 , 6 4 1 号明細書

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 9 】

本発明において、提供される解決手法は、輸送のための手段内において、希望する場所になんら寸法的制限なしで配置できるように、電池駆動であり、全体として小型化であるという両方の性質を備え、構造体の状態に関する診断情報をリアルタイムで提供する、自律性ある無線通信システムの使用から成るものである。この自律性のあるシステムにより実施される方法は、センサによる伝達信号を、アナログとデジタル回路を組み合わせた搭載型の電子的アーキテクチャを介して解析することから成る。アルゴリズム処理が単純化されることで、乗り物上のマイクロコントローラに収納可能になり、リアルタイムの診断が可能となる。このアルゴリズムにより、特にセンサから送られてくるインピーダンス情報を解析し、亀裂と亀裂の成長を知らせる。他の機能は、亀裂の発生と亀裂の成長をもたらした原因を判定することである。

30

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 1 0 】

現在のシステムとの対比で本システムを利用することの利点は、

- ・ 亀裂及び / 又は環境応力の監視を可能にする、モジュール化した電子的プラットフォーム ( 交換可能なレベルでの )
- ・ 亀裂成長の監視の改善を可能にする、無線通信による自律性搭載型電子的システムを使用した亀裂の連続的な監視
- ・ 亀裂発生に関する、さらに立ち上がった情報 ( 環境データが構造体の状態と同時に記録される )
- ・ 亀裂成長 ( これに関連した環境データ ) に関する、さらに立ち上がった情報
- ・ 大きさの測定により与えられる構造体状態 ( 診断 ) に関する ( パソコンによる後処理な

40

50

しで即時に得られる)リアルタイム情報

・位相測定により与えられるセンサ状態(取付けられているか否か)に関するリアルタイム情報

・無線接続による容易な情報収集

・予定外の整備作業におけるパネル取外しを回避できることによる、整備費用と時間の削減

・機器の長期間使用(目標期間約1-2年)を可能とする機器消費の低減

・接近困難な場所への配置を可能にする小機器寸法(3次元的一体化)

・電子的ネットワークへの接続を必要としない、操作容易な自律機能。

【0011】

10

したがって、本発明は、電気的測定用センサと、該センサに接続され、センサ測定信号を監視データに変換する処理回路と、該監視データを収集部材に伝達する伝達手段、とを含む、乗り物の構造体を監視する装置に関するものであり、前記処理回路は、

小型化され、40×40×40mm又はそれ以下の立体内に収まる小さな寸法であり、

長さが200mm以下の短い電気配線により、前記センサに接続されており、

搭載型電池を備え、

一時的に近傍に置かれる移動収集部材に監視データを伝達する無線手段を備える

ことを特徴とする。

【0012】

本発明は、上述した従来システムに存在していた制約、即ち、

20

・エネルギー消費

・嵩高な機器及びそれによる接近の制限

・長い接続配線(50mにも達する)の存在

・整備作業中のみ行われ、かつリアルタイムではないデータの診断と解読

・連続的ではない構造体の監視

という制約を解決可能にする。

【0013】

本発明は、以下の説明を読み、添付図面を参照することにより、より良く理解できるであろう。これらは、概略の案内として示されるものであり、本発明を何ら制限する説明ではない。図面は以下の通りである。

30

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1a】本発明による監視装置を示し、異なるセンサ及びそれらの乗り物への搭載も示す図である。

【図1b】本発明による監視装置を示し、異なるセンサ及びそれらの乗り物への搭載も示す図である。

【図1c】本発明による監視装置を示し、異なるセンサ及びそれらの乗り物への搭載も示す図である。

【図2】本発明のセンサにより伝達される信号の大きさと電圧との関係を示すグラフである。

40

【図3】本発明のセンサにより伝達される信号の位相と電圧との関係を示すグラフである。

【図4】本発明のセンサによる測定結果と亀裂の大きさの対応図を示す。

【図5】本発明のセンサによる測定結果と限界値となる日付の対応図を示す。

【図6】本発明の処理回路により実施される亀裂監視アルゴリズムの一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

図1aは、統合された電子的プラットフォーム又はノードの形態に制作された本発明による搭載型監視装置を備えた、本例では航空機である輸送手段1を示す。各々の自律性無

50

線ノードは、小型であり、感度があるものとして知られている場所に配置される。このプラットフォームの組（センサと電子回路）が、構造体 1 を監視する。

【 0 0 1 6 】

各装置は、図 1 b に示されるように、センサ 4 に接続された処理回路 3 を有する。回路 3 は、センサ 4 により生成された測定信号を監視データに変換する。乗り物が駐機され、好ましくは静止状態にある時に、整備目的のために、例えば構造体状態を検査するため又は部品交換をするために、構造体 1 の装置 2 の近傍を通る、例えばオペレータ 6 により保持された収集装置 5 により、監視データが読み込まれる。

【 0 0 1 7 】

本発明によれば、装置 2 が小型化される。一例では、一辺が 40 mm 長さの立方体内に収めることが可能な寸法の処理回路 3 を備える。電子技術の進歩及びさらに纏まりの良い配線技術によっては、もっと高度な小型化が期待される。小型装置 2 はまた、センサ 4 を備える。好ましい一例では、センサ 4 は、2 つの同一のセンサ 7, 8 の対により形成され、一方のセンサが、構造体 1 の監視すべき場所に配置され、他方のセンサが、この場所の近くで、構造体 1 の健康であるものとして知られている場所に配置されて、試験用センサとして作用するように構成される。2 つのセンサの近くの箇所は、各センサを回路 3 に接続する、ある長さの電気接続配線 9, 10 に接続される。一例では、2 つの可撓性の接続線 9, 10 は、50 mm から 200 mm の間の長さを有する。接続線 9, 10 は、固定的な手法又は着脱可能な接続装置によってセンサ 7, 8 及び回路 3 に接続することができる。一例では、接続線 9, 10 の各々が、4 本の線からなる。しかし、2 つのセンサを備えることは必須ではない。実際に、参照用センサとして機能する試験用センサに関しては、例えば、測定用センサの測定結果を機上校正、又は工場校正をすることにより省略することができる。

【 0 0 1 8 】

各センサは、コイルにより形成され、好ましくは、この例においては、例えば両面が導電性にされたポリテトラフルオロエチレン層から製造された導電性で可撓性の支持体に刻み込みされた、11 のような螺旋から形成される。支持体が両側を有するので、2 つの接続部 12, 13 は、各々の側に固定するか、又は同じ側に固定してピアを通すことにより、配線接続部 9 の導通線に接続される。接続部 12 は、出力整合のための抵抗器 14 を有することができる。接続部 13 は、接地接続部であることが好ましく、2 つのセンサにより実施する場合、特に 2 つのセンサ 7 と 8 とに共用される。図 1 c に示されるように、センサの他の態様は、リベットへの取り付けが可能になるように、センサの中心に穴 T を有する。

【 0 0 1 9 】

励起信号すなわちセンサの測定信号を伝送する接続部 15 が、コイル 11 と抵抗器間の中間点に接続される。測定原理は次の通りである。回路 3 により交流信号が発生され、抵抗器 14 を通り、センサ 7 が配置された位置において構造体内に広がる。構造体が健康であれば、つまり亀裂がなければ、信号の大きさは、誘導コイルと抵抗器から決まる既定値に対応する。これに対して、コイル 11 に接近する領域が裂けている場合、つまり亀裂があれば、渦電流の循環が乱される。このようにして、センサと源との間の相互インダクタンスが減少し、一方、抵抗が増加する。

【 0 0 2 0 】

測定用センサ 7 の近傍に試験用センサ 8 を配置すると測定校正の必要性がなくなり、一方、温度の影響を無関係にする。測定信号は、したがって、各センサ 7, 8 による測定信号の大きさの比又は差を含むものとなる。さらに、センサ 7, 8 の一方が構造体 1 から取り外されると、測定位相の比較により、取り外されたことを直ちに検出できる。実際に、一方のセンサについて構造体の相互インダクタンスがなければ、各センサ 7, 8 に発生した信号は、もはや同期せず、位相に欠陥を生じる。

【 0 0 2 1 】

図 1 b は、4 つの異なる階層のノードに加えて、立体を形成するユニットを備える、回

10

20

30

40

50

路3のために選ばれた3次元の統合形態を示す。各階層は、無線伝送、センサから伝送された信号の2つの比例電圧への変換、マイクロコントローラによるデータの処理及びメモリへのデータ保存、並びに、各階層への自律性ある電力供給及び各階層に配置された部品への電力供給に必要な連続的電圧変換(DC/DC)といった、特定の機能を実行する。これらの階層は、交換可能で、目的とする用途(例えば機械的応力及び/又は環境応力)に応じて適応させることができる。

【0022】

したがって、回路3は、概略的に言えば、一階層上にマイクロプロセッサ16を含み、該マイクロプロセッサ16は、データ・アドレス・コントロールバス17を介して、監視データが保存されるメモリ18と、プログラム20を記憶するプログラムメモリー19と、マイクロプロセッサを高速又は低速モードで作動させるために設定可能なクロック回路及び第1階層又は他の階層間の通信可能な通信インターフェース21とに接続されている。

10

【0023】

インターフェース21は、好ましくは、回路3の他の階層を互いに接続するための貫通接続ピンを有する。したがって、これら後者の階層は、立体回路3内で入れ替え可能にすることが好ましい。

【0024】

回路3の第2階層22はまた、他のすべての階層に対するのと同様に、インターフェース21に接続され、-60 から+85 の温度範囲で作動可能な電池を受け入れるのを目的としており、監視される構造体から遠くない位置で構造体に取り付けられる、という意味で、低い階層であることが好ましい。

20

【0025】

第3階層23は、マイクロプロセッサ16-20及び、センサ7, 8の階層の間で、接続部9, 10を介して通信する。この階層23では、実行される電子的機能は、好ましくはセンサに接続された発振器による正弦波励起に加えて、インピーダンスを2つの比例電圧に変換することを含む。

【0026】

第4階層24は、部材5との無線接続部として機能する。実施例の好ましい一形態においては、異なる部品(メモリー、正弦波発生器、調節装置、無線)が、2種類のシリアルインターフェース、即ちSPI(シリアル周辺機器インターフェース)とUART(汎用非同期送受信回路)インターフェースを介して通信する。下記の表1は、立体内の各機能の位置を示す。

30

【0027】

【表1】

機能	底から上へ1から4の階層数字
無線	4
調整	3
アナログ-デジタル及びデジタル-アナログ変換	2
マイクロコントローラ	2
メモリ(例えば、1メガバイト)	2
電力供給、電圧変換	1
センサ7, 8	外部

40

【0028】

タスク25から29までが、プログラム20中のサブプログラムに組み込まれている。タスク25は、センサ7(及び必要によりセンサ8)により伝送される信号の大きさを測定して、亀裂の長さ及び深さを求めるタスクである。亀裂長さの測定については、後の段階で説明する。発信器により与えられる信号の周波数を修正することにより、金属内における亀裂深さを判定することが可能になる。周波数が100kHzと1000kHzとの

50

間で高いほど、金属を透過できる信号が減少する。さらに、異なる周波数においてセンサが与える応答により、亀裂深さを判定することが可能になる。

【0029】

タスク26は、2つのセンサからの信号の間の位相を計測し、装置が構造体1に接したままの状態であるかどうかを判定することを可能にする。

【0030】

タスク27は、プロセッサ16を休止モードに入らせるタスクである。例えば、測定後の数十分の期間、例えば1時間にわたり、マイクロプロセッサは、すべての機能を停止する。この例において、好ましくは、マイクロプロセッサのクロックH/hは、高速周期Hから低速周期hまで通り、休止モード時間の計測は、装置の自律能力を妨げることがないようにする。上述した数値により、自律性の持続期間は、容易に入手可能な電池にとって約3年程度と推定される。この自律性は、従来技術で遭遇した過大な電力消費、即ち、追加の電力供給ケーブルが必要になり、費用の増加と乗り物重量の増加の原因となる過大な電力消費と比較する必要がある。

【0031】

タスク28は、マイクロプロセッサの動作システム即ちシーケンサを表す。

【0032】

タスク29は、オペレータ6が回路2に近づいたとき、動作を開始することを表す。即ち、収集部材5が、オペレータ6の要求に応じて命令を伝送し、この命令が階層24にあるアンテナ30により受信され、該アンテナは、メモリ18に保存されたデータを収集部材に送信する。

【0033】

各測定の間隔は、PC、マイクロコンピュータインターフェースを介してタスク27において設定することができる。続いて、測定値は、回路3に含まれるアルゴリズム25-26より解析され、数値で表わされた構造体の状態がメモリ18に記録される。測定に関連し、クロックH/hにより形成されたデータもまた、記録される。このようにして、構造体についての診断が直ちに判定される。次に、このデータは、無線により、個人情報端末5、PDA又は携帯型小型コンピュータにより取得される。このデータは、必要な時にはいつでも、特に各整備作業において、スプレッドシート型のテキスト編集機に表示される。このようにして、亀裂の成長状態が判定される。

【0034】

1つの付加的な機能により、環境条件を同時に判定し、メモリに記録することが可能になる。すなわち、このデータ(構造体の状態並びに気象のデータ)の比較により、亀裂の成長状態が特定される。さらに、亀裂長さを含む限界レベルを、システム内に組込むことができる。この限界レベルに到達する日付についての見積もりが、アルゴリズムより自動的に計算される。この計算は、各段階に到達した日付の記録を使用する、線形回帰法に基づく。このようにして、(亀裂長さを解析した後に)、必要により整備が予定され、又は延期することができる。

【0035】

本発明は、航空会社、船舶運行会社、鉄道運行会社によって、それらの乗り物のすべて(航空機、ヘリコプター、列車、船など)に対する整備作業を遂行するために利用されることになる。本発明は、いつ構造体が欠陥状態(亀裂の発生)となり、また、いつこれら欠陥が成長するかを正確に判別する。したがって、本発明は、整備作業を理想化でき、部品交換を先送りしたり、延期したりして、臨時的整備作業を避けることができる。さらに、本発明によれば、ユーザは単にデータをダウンロードし、輸送用車両又は航空機を部分的に検査をするだけでよくなるので、整備作業費用と時間を制限するものとなる。更にまた、亀裂成長に関する監視作業が改善され、これら亀裂原因を特定することができる(温度、圧力、湿度、離陸などによる変化)。

【0036】

センサの組がネットワークを形成し、ノードが、無線接続(例えば、消費制限のために

10

20

30

40

50

ジグビー接続)により相互に通信するように構成することが好ましい。連続的方法で解析及び記録されたデータは、無線によって地上のデータ取得ユニットにより、航空機の整備作業中に規則的な基準で(例えば2か月又は4か月間隔)回収される。このデータは、直接的に、検査された構造体の状態を提示する。

【0037】

装置の消耗を制限するために、亀裂の平均伝播時間のもとで、例えば飛行時間10万時間に対しては、優先的な構成においては、初期値が、1時間ごとに1回の測定に設定される。測定されないときには、装置は休止モードになる。取得された一連のデータは、新しい測定値が取得され次第、マイクロコントローラ16-20内のアルゴリズムにより処理される。

10

【0038】

図2及び図3は、調整後に得られた出力特性を示す。この特性曲線の展開は、最初に次第に減少し、次に増加する曲線であり、検出された亀裂の大きさに応じて多かれ少なかれ急な傾斜をもつ。図6に示すアルゴリズムは、この傾斜に基づく。このアルゴリズムは、構造体の状態(亀裂\_\_状態として知られる変数)、したがって発生した亀裂長さを、段階により、この例では0から8までの数字を付された段階により判定する。

【0039】

渦電流センサの感度を有する面はコイル11の面である。好ましい一形態では、この面は直径が20mmに等しい円形を含む。この寸法は、検出される亀裂の最大長さを制限する。異なる段階の数もまた、感度を有する面の直径により定められる。この実施例では、感度面は8個の部分、即ち2.5mm長に小分けされる。図6に示すアルゴリズムは、他の感度表面及び他の段階数に合うように簡単に適合させることができる。

20

【0040】

下記の表2は、信号の大きさを特徴づける電圧傾斜を表すものである。

【0041】

【表2】

段階	正の傾斜(↑)	負の傾斜(↓)	傾斜(+++;急激、++:緩やか、+;非常に緩やか)
1			+++
2			++
3	x		+++
4	x		++
5	x		+
6		x	+
7	x		+
8		x	+

30

【0042】

このアルゴリズムは、主に、2つのセンサ7,8により構成されるブリッジ回路のインピーダンス不均合の大きさを使用する。例えば、180kHzにおける100mVの差異は、長さ5mmの亀裂を表す。センサが構造体に正しく取り付けられているかどうかを判定するために、この例においては位相が使用される。第1回目の測定は、健康な構造体つまり、亀裂がない状態で行われ、参照測定の役目をする。これらの測定で得られた2つの電圧値は、複数の変数(時間nにおける大きさ\_\_n、位相\_\_n)として保存される。次の測定のために、前の測定値が、時間n-1、大きさ\_\_n-1、位相\_\_n-1の変数として保存される。新しい値が、時間nに関する変数として保存される。アルゴリズムは、これら2つの値の大きさの差(差\_\_大きさ)、すなわち信号と後者の値との間の差によって動作する。正信号( )であるか、又は負信号( )であるか、及び、この差の傾斜の急峻度が多いか少ないか(急激か、緩やか、非常に緩やか)に応じて、構造を特徴づける状態が、アルゴリズムにより0から8の数字を付された異なる段階に展開される。図6に示すアルゴリズムにより、このように提案された、その時々監視作業は、ある与えられ

40

50

た亀裂に対して、信号が、最初は次第に減少することから始まり、続いて次第に増大する、という反転する変数をもつ事実を考慮している。

【0043】

例えば、状態0から状態1に移行するためには、大きさの差は、一定の傾斜角( )限界より大きくなければならない。

【0044】

測定精度のレベルは、略50mVに等しく、これは、2つのセンサ間で測定される電圧大きさの差が50mVに等しいか、それ以下であれば(アルゴリズムにおいてAと記載)、後者は考慮されない理由を説明するものである。センサの構造体への取り付けが適切でない、即ち、位相と大きさの値が定められた制限値を超えると、自動的に警告メッセージが記録される。

10

【0045】

このように、アルゴリズムは、構造体の状態をリアルタイムで解析し、その状態を表す数値をメモリに記録する。このようにして、亀裂の最大長さが求められる。この測定に関連した時間もまた記録され、亀裂の成長を詳細に監視することが可能になる。

【0046】

本装置はまた、圧力、振動に関連するパラメータに加え、環境的なパラメータ(温度、湿度)を取得する機能をも含む。この機能は、もしユーザが記録された環境パラメータ条件で検査された異なる構造体の状態を比較したい場合に作動される。このようにして、亀裂の発生並びに成長を含めた状態を特定することができる。

20

【符号の説明】

【0047】

- 1 構造体； 2 監視装置； 3 処理回路； 4 センサ装置；
- 5 データ収集装置； 7 測定用センサ； 8 試験用センサ；
- 16 マイクロプロセッサ； 17 コントロールバス； 18 メモリ；
- 19 プログラムメモリー； 21 インターフェース。

【図1a】

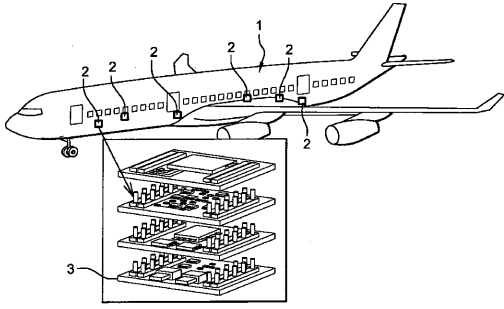


Fig. 1a

【図1b】

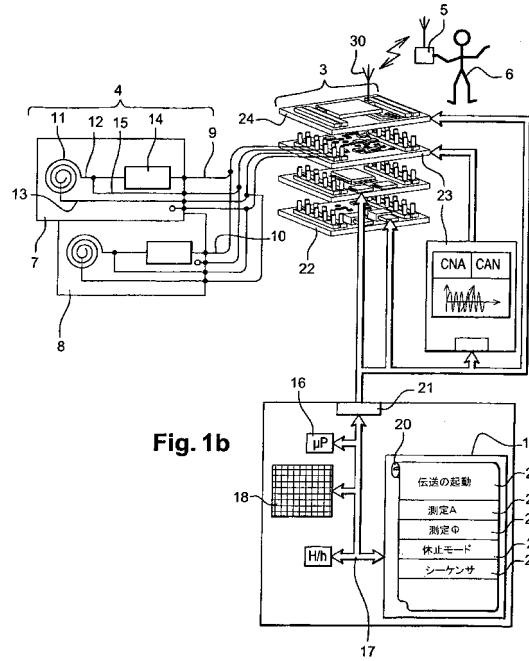


Fig. 1b

【図1c】

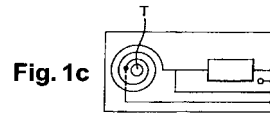


Fig. 1c

【図2】

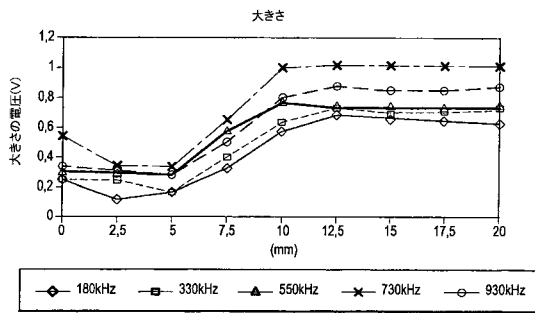


Fig. 2

【図4】

識別された事例(全事例が特定されてはいない)

検査される構造体に取り付けられたセンサ (φ=20mm)					
構造体の状態 (亀裂の状態)	0	1	4	6	8
亀裂の最大長さ (mm)	0	2.5	10	15	20

Fig. 4

【図3】

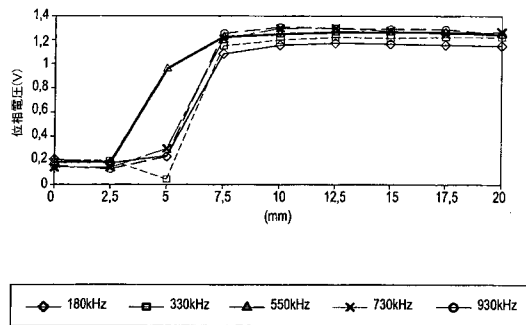


Fig. 3

【図5】

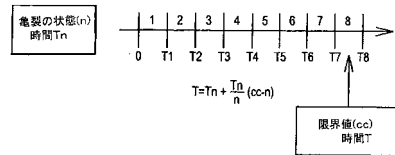
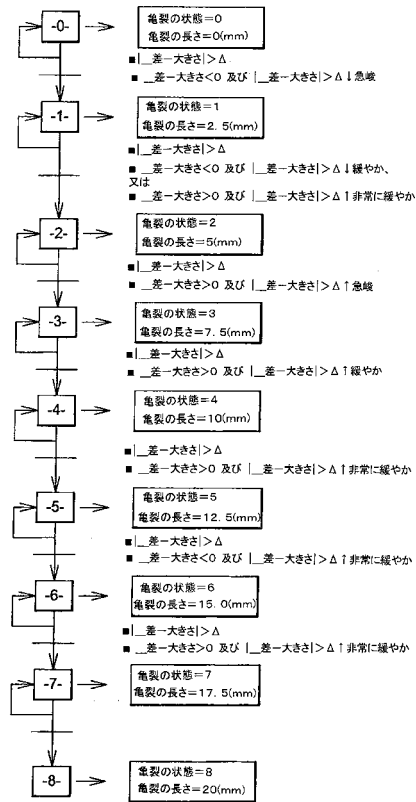


Fig. 5

【 図 6 】

Fig. 6



---

フロントページの続き

(72)発明者 ルーエ, ヴィンセント

フランス国・エフ - 7 8 6 3 0 オルジュヴァル・セント ド ラ グラン プレシェ・1 0

(72)発明者 ルーエ, セバスチャン

フランス国・エフ - 3 1 8 3 0 プレザンス ドゥ トゥッシュ・リュ ド ガスコーニュ・2

審査官 田中 洋介

(56)参考文献 特表2009 - 537834 (JP, A)

国際公開第2007 / 135051 (WO, A1)

特開2007 - 010444 (JP, A)

特開2001 - 201373 (JP, A)

国際公開第2004 / 046704 (WO, A1)

特開平11 - 051906 (JP, A)

特開平08 - 075706 (JP, A)

特開2002 - 139477 (JP, A)

特表2008 - 536756 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 27/72-27/90

G08C 17/00-17/06

G01D 21/00-21/02