

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5227314号
(P5227314)

(45) 発行日 平成25年7月3日(2013.7.3)

(24) 登録日 平成25年3月22日(2013.3.22)

(51) Int. Cl. F I
FO3D 7/04 (2006.01) FO3D 7/04 Z
FO3D 11/00 (2006.01) FO3D 11/00 A

請求項の数 10 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2009-512697 (P2009-512697)	(73) 特許権者	307022505
(86) (22) 出願日	平成19年5月29日 (2007.5.29)		エッセ・イ・エッセヴ・エエツレ・ソシエ
(65) 公表番号	特表2009-539019 (P2009-539019A)		タ・ベル・アチオニ・ソシエタ・イタリア
(43) 公表日	平成21年11月12日 (2009.11.12)		ーナ・ベル・ロ・スヴィルッポ・デツレレ
(86) 国際出願番号	PCT/IB2007/001397		ットロニカ
(87) 国際公開番号	W02007/138450		イタリア10060ノーネ (トリノ)、ウ
(87) 国際公開日	平成19年12月6日 (2007.12.6)		ィア・セストリエーレ100番
審査請求日	平成22年4月9日 (2010.4.9)	(74) 代理人	100101454
(31) 優先権主張番号	T02006A000400		弁理士 山田 卓二
(32) 優先日	平成18年5月31日 (2006.5.31)	(74) 代理人	100081422
(33) 優先権主張国	イタリア (IT)		弁理士 田中 光雄
		(74) 代理人	100098280
			弁理士 石野 正弘
		(74) 代理人	100100479
			弁理士 竹内 三喜夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 空気力学的表面での氷結の危険性を検出するシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

流体の流れ (F) によって囲まれ該流体の負荷がかかる、風力タービンの監視されるべき空気力学的表面 (5 S) における氷結の危険性を検出するためのシステムであって、

上記空気力学的表面 (5 S) 上に接着剤で接着された、上記空気力学的表面 (5 S) の表面温度を検出する、薄板状に形成された型式の温度センサ (2 0) と、

上記空気力学的表面 (5 S) 上に接着剤で接着された、上記空気力学的表面 (5 S) における水の存在を検出する、薄板状に形成された型式の雨センサ (3 0) と、

上記両センサ (2 0 、 3 0) に接続されたデータ収集システムとを備えていて、

上記データ収集システムが、上記雨センサ (3 0) から送られてくる水の存在又は不在についての情報と、上記温度センサ (2 0) によって検出される表面温度の値についての情報とを処理し、中央制御ユニットに送るべき氷結の危険性に関する信号を生成することを特徴とするシステム。

【請求項 2】

上記両センサ (2 0 、 3 0) が、温度が予め設定された境界値より低いことを検出し、かつ水が存在することを検出したときに、上記データ収集システムが、氷結の危険性又は氷結が差し迫っている危険性を示す信号を上記中央制御ユニットに送ることを特徴とする、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

上記雨センサ (3 0) によって上記空気力学的表面 (5 S) で液滴が検出されなかった

10

20

ときには、上記データ収集システムは、氷結の危険性を示す信号を出さないことを特徴とする、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 4】

上記両センサ(20、30)が、監視されるべき上記空気力学的表面(5S)の圧力が最大である領域に対応し又は該領域を囲む位置に配置されていることを特徴とする、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載のシステム。

【請求項 5】

上記温度センサ(20)が、上記流体の流れ(F)が上記空気力学的表面(5S)を囲む位置に配置された検出部(21)を備えていることを特徴とする、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 つに記載のシステム。

10

【請求項 6】

上記両センサ(20、30)が、互いに近接して上記空気力学的表面(5S)の上に配置されていることを特徴とする、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 つに記載のシステム。

【請求項 7】

上記温度センサ(20)と上記両センサ(30)とが、単一のセンサとして構築されていることを特徴とする、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 つに記載のシステム。

【請求項 8】

上記空気力学的表面(5S)が、上記風力タービンのロータブレード(5)の外側表面であることを特徴とする、請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 つに記載のシステム。

【請求項 9】

上記ロータブレードが穴あき型のロータブレードであり、上記両センサ(20、30)が、上記ロータブレード(5)の外側表面(5S)を囲んでいる流体の流れ(F)に関して、1つの穴(12)の上流側に配置されていることを特徴とする、請求項 8 に記載のシステム。

20

【請求項 10】

上記データ収集システムが上記風力タービンのナセルの上に配置されていて、該データ収集システムが、上記両センサ(20、30)によって検出された信号を上記中央制御ユニットに伝送する手段を備えている請求項 8 又は 9 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、空気力学的表面での氷結の危険性ないしは可能性、とくには流体機械、例えば風力エネルギー変換システム(WEC S)のロータブレードにおける負荷がかかる表面での氷結の危険性を検出して報知するためのシステムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

本発明は、主としてWEC Sの技術分野で応用されるものである。しかしながら、この技術分野では、風力タービンのブレードにおいて氷結に至る状態の発生を予測する必要があるといった問題に対する解決策はまだ見出されていない。この予測は、2つの主要な目的、すなわち氷結状態を検出して風力タービンを停止させるといった目的と、タービンに搭載された耐氷結システム又は氷結除去システムを駆動し又は駆動を停止させるといった目的とを達成するために用いられる。

40

【0003】

航空機の技術分野では、ローズマウント(Rosemount:登録商標)型のセンサを用いることにより、氷結状態を検出するといった解決策がすでに見出されている。かかるセンサは、実際の大気の下に露出配置される小さい金属製のシリンダを備えている。このシリンダは、氷結状態が存在するときに氷によって覆われ、これによりその振動周波数が変化し、氷結が発生していることを報知する。このセンサは、翼に直接装着され、該センサに向かう流体の流れと衝突する。その結果、監視すべき表面の実際の氷結状態を正確に示す。

50

【0004】

しかしながら、上記センサと同様のセンサを風力タービンのブレードに用いる場合、センサ自体の質量に起因して、ロータのバランスをかなり悪くするといった問題が生じる。センサが、WEC Sの固定的な表面、例えば風力タービンのナセルに装着されたときには、ブレードの異なる部分を囲んでいる流れの相対速度と、風の絶対速度との間に存在する速度差に起因して、固定された位置で検出されるロータブレードで発生する実際の氷結についての検出信頼性が低下することになる。実際には、ナセルに装着されたセンサは氷結を示さず、ブレードには深刻な氷結が発生していることがある。また、センサが氷結を示す信号を送り始めたときには、ロータはすでに重度の氷結状態に陥っていることもある。ローズマウント（Rosemount：登録商標）型のセンサについての上記の説明は、WEC Sの固定的な表面における直接的な氷結を測定することが可能な既知のセンサについても同様に当てはまる。

10

【0005】

既知のシステムは、機械パラメータ及び大気の状態の検出結果に基づいて、氷結の存在又は危険性を検出するといった方策を採用している。例えば、特許文献1又は特許文献2に開示されているように、既知のシステムでは、塔の震動及び周囲の温度を測定するか、あるいは電力出力（power output）及び周囲の温度を測定する。このような方策（strategy）の論理は、風力タービンの異常な挙動、例えば非常に強い震動又は電力出力の低下を検出し、これと同時に環境パラメータを確認することにより、例えば周囲の温度が0より低いことを確認することにより、氷結現象の発生を予測する。

20

【0006】

上記既知のシステムには、氷結現象が発生したときに速やかに氷の存在を有効に予測及び検出する上において、検出信頼性が低いといった大きな欠点がある。実際のところ、氷結が検出されたときに、氷結現象はすでに、損傷を防止するために風力タービンを停止させることが必要な程度まで進行していることがある。あるいは、氷結の危険性が低い別の状態が生じたときに、該システムは氷結が近づいていると報知することがある。例えば、荒れ狂う風あるいは風向の激しい変化（典型的には山岳領域の気候）が異常な振動現象を生じさせるとともに、温度が0より低いことが検出されたときには、運転環境の湿度がさほど高くなかったがって氷結状態が存在しないにもかかわらず、システムはタービンを停止させることがある。

30

【0007】

特許文献3及び特許文献4は、水又は氷の存在を検出するセンサを、空気力学的表面、とくにエンジンプレード（engine blade）に直接設けるといったことも開示している。これらのシステムは、表面に存在する可能性がある水又は氷の存在又は厚さを検出することができるだけであり、将来の氷結を予測することはできない。

特許文献5は、音響振動を伝達する材料で形成されたセンサ素子がある上に配置された構造体表面の上のウエハの異なる状態を識別するための方法に関するものである。特許文献5はまた、構造体表面上での氷の生成を検出し、又は氷を除去することを目的とするこの種のセンサの配置に関するものでもある。

特許文献6は、車両の外側部分における氷結状態又は氷結開始状態を検出するための方法及びシステムを開示している。とくに、温度を検出する温度センサと、流れている空気中の水分含有率を検出する水分含有率センサとが設けられ、これらのセンサはそれぞれ信号を処理ユニットに送るよう構成されている。ここで、処理ユニットは、このようなデータを処理し、車両での氷結開始状態を報知し、又はこれを示す信号を出す。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】米国特許出願公開第2005/276,696号明細書

【特許文献2】米国特許第6,890,152号明細書

【特許文献3】米国特許第5,005,015号明細書

50

- 【特許文献4】欧州特許出願公開第1466827号明細書
【特許文献5】欧州特許出願公開第0893605号明細書
【特許文献6】国際公開第2005/020175号パンフレット

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明は、従来技術における上記欠点を解決するためになされたものであって、空気力学的表面、とくに風力タービンのブレードにおける水の氷結状態の発生を実際に有効に予測することができる、空気力学的表面での氷結の危険性(risk)ないしは可能性を検出するためのシステムを提供することを目的としている。

10

【0010】

本発明はまた、氷結の危険性を検出すべき空気力学的表面の動作状態にかかわらず、氷結の危険性を検出することができる単純で、安価でかつ絶対的に有効なシステムを提供することも目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明によれば、上記目的は、添付の特許請求の範囲に記載された特徴を有する、空気力学的表面での氷結の危険性ないしは可能性を検出するためのシステムにより達成される。

【0012】

本発明に係るシステムは、温度センサと、水又は氷の存在を検出するセンサとを備えている。これらのセンサは、氷結(icing)の危険性(risk)ないしは可能性を検出すべき空気力学的表面(aerodynamic surface)のすぐ近くに装着され、該空気力学的表面上における水の存在と、温度とを検出する。それゆえ、各センサの検出部(sensing portion)は、監視すべき空気力学的表面の実際の状態(actual conditions)を検出することができるような態様で装着されている。

20

【発明の効果】

【0013】

対象となっている表面において直接得られる水の存在の検出及び温度の検出は、有効な態様で氷結の危険性を監視することを可能にする。例えば、水滴の存在が検出されるとともに、温度が予め設定された境界温度ないしは臨界温度(critical temperature)より低いこと、すなわち氷結の危険が近づいていることを報知すべき温度(例えば、3)であることが検出されたときには、本発明に係るシステムは氷結の実際の危険を報知することができる。

30

【0014】

本発明に係るシステムはまた、実際の表面温度との組合せにおいて、上記表面上で水滴が実際に形成されているか否かを実験的ないしは経験的に検証し、氷結の危険性が真実であるか否かを決定する。例えば、温度が-1と1の間であり、監視されている表面に水が存在しなければ、空気の湿度が非常に低いことが確実であるので、本発明に係るシステムは、氷結の危険性を示す信号を出すことを差し控えることができる。

40

【0015】

センサは、流体の流れの圧力が最大である領域、すなわち空気力学的表面において氷結の可能性が最も高い領域に対応する位置、又はこの領域を囲む位置において、監視すべき空気力学的表面に配置される。例えば、このような位置は、ロータブレード表面又は翼の前縁部(leading edge)である。

【0016】

さらに、センサは、空気力学的表面上において互いに近接して配置され、これにより非常に近接した位置(close location)で一様な状態(homogeneous condition)の流体の流れを検出することができる。これにより、ある地点で表面に衝突する(hitting)流体の流れにおける実際の状態の検出精度が悪化するのを非常に有効に防止することができる

50

。この観点からは、理想的な解決手法は、水又は氷の存在を検出する機能を有するとともに、同一の小さい表面の温度を測定する機能を有するセンサを用いることである。

【0017】

本発明のさらなる目的、特徴及び利点ないしは効果は、添付の図面を参照しつつ行われる、非制限的な実施例である後記の本発明の実施の形態の詳細な説明により、明らかとなるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】ロータブレードの一部又は要部（keystone）に適用された、本発明に係るシステムの斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

図1においてとくに参照番号5で示すロータブレードの一部は、本願と出願人が同一である国際公開第2004/36038号明細書に記載された型式のものである。それゆえ、このロータブレード5においては、外側の表面5S上に複数の穴部12が設けられている。ロータブレード5の輪郭部（profile）及び穴部12の前縁部（leading edge）の近傍において、ロータブレード5の外側の表面5S上には、第1気候センサ及び第2気候センサが設けられている。この実施の形態では、第1気候センサは温度センサ20であり、第2気候センサは、水又は氷の存在を検出するセンサ30（以下、簡略化して「雨センサ（rain sensor）」という。）である。ロータブレード5を囲んでいる（lapping）流体の流れFの方向に関して、これらの2つのセンサ20、30は、穴部12の上流に配置されている。このため、各測定値（readings）は、穴部12から出る流体の流れによる影響は受けない。

【0020】

温度センサ20、例えば熱電対は、既知の型式の小型かつ軽量のユニットであって、薄いプレート状に形成され、該温度センサ20には検出部21が取り付けられている。温度センサ20は、外側の表面5Sを囲んでいる流体の流れを遮る（intercept）態様で装着されている。この温度センサ20は、穴部12の上流に配置され、外側の表面5Sに、接着剤で接着され、又はその他の手法で固定的に取り付けられている。これらの後側（rear side）には、ブレード5の内側の表面に沿ってデータ収集システム（以下「DAS」という。）まで伸びる電気接続体22ないしは導電体が設けられている。なお、DASは、図面を簡素化するため図示されていない。

【0021】

DASは、既知の型式のものであり、その慣性に対処するため、ないしは不具合を回避するため、ロータブレードの外側、例えば例えばWECNのナセルないしは胴部（nacelle）上に、好ましい態様で配置されている。そして、本発明に係るシステムは、各センサ20、30によって検出された信号をDASに伝送するための既知の手段を備えている。

【0022】

穴部12の上流にはまた、自動車用の風防ないしはフロントガラス（automotive windshield）に搭載されている感雨センサと同様の又は類似の型式の雨センサ30も接着剤で接着されている。この雨センサ30には、ロータブレード5の内側の表面及び穴部12の側壁に沿って、DASまで伸びる電気接続体31ないしは導電体取り付けられている。ここで用いられている各センサ20、30は既知のものであり、これらの形状及び寸法は、外側の表面5Sに装着された後、該表面5Sに対する流体の流れFに影響を及ぼさないようなものとなっている。DASは、雨センサ30から送られてくる水の存在/不存在についての情報と、温度センサ20によって検出される表面温度の値についての情報とを処理し、上記表面5Sで液滴が検出されなかったときには、氷結の危険性を示す信号は出さない。これとは対照的に、水の存在が検出されるとともに、温度が予め設定された境界温度、例えば3より低いことが検出されたときには、DASは、氷結の危険性又は氷結が近づいていることを示す信号を中央制御ユニットに送る。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 3 】

既知の雨センサ 3 0 及び温度センサ 2 0 は、好ましく、軽量で単純であり、かつ信頼性が高いので、風力タービンのロータブレードでも容易に用いることができ、このため、空気力学的表面での氷結の危険性を検出するためのシステムは、単純かつ安価で信頼性が高いものとなる。

【 0 0 2 4 】

従来技術とは異なり、本発明に係るシステムは、氷結の危険性に関連する表面において直接的に 1 対の物理的パラメータ (physical parameter)、とくに水の存在及び温度の検出を行い、時々刻々の測定を正確に行う。上記パラメータは、D A S によって処理された後、有効な態様で、実際の氷結の危険性を予測することを可能にする。これとは対照的に、従来技術によれば、氷結の危険性は、基本的には、監視されるべき表面では測定されないパラメータに基づいて予測され、これらのパラメータは、大抵はこれらと関連する表面から離間して配置されるセンサによって検出ないしは導出され処理される。それゆえ、このような測定は、ときには劣悪なものとなり、実際の表面の状態を示すものではなくなる可能性がある。

10

【 0 0 2 5 】

要するに、本発明に係る空気力学的表面での氷結の危険性を検出するためのシステムは、氷結の危険性を報知することを可能にし、関連する空気力学的表面で氷結がすでに発生しているといった危険を生じさせることなく、氷結防止システムを非常に正確かつ有効に駆動することを可能にし、監視される機械を常に最良の動作状態に維持することを可能にする。

20

【 0 0 2 6 】

空気力学的表面、とくに流体機械における負荷がかかる表面での氷結の危険性を検出するための本発明に係るシステムにおいては、当業者であれば多くの変形を行うことが可能であることは明らかである。また、本発明の実際の実施においては、実施の形態で説明又は図示している各構成要素は、異なる形状のものであってもよく、あるいは技術的に等価な要素と置き換えてもよいということも明らかである。

【 0 0 2 7 】

例えば、本発明に係るシステムを、穴部を備えていないロータブレードに応用する場合は、センサの電気接続部を通すための、又はセンサ自体を収容するための適切な穴部を設ければよい。この場合は、いずれにしても、センサは、その検出部が監視すべき表面上に存在するように構成し、装着すべきである。

30

【 0 0 2 8 】

さらに、比較的厚いセンサを用いる場合は、ブレードの周囲における流体の流れに影響を及ぼすことなく、該センサを収容するための適切な開口部ないしは穴部をブレードに設ければよい。

【 符号の説明 】

【 0 0 2 9 】

- 5 流体機械 (ロータブレード)
- 5 S 空気力学的表面 (外側の表面)
- 1 2 穴部
- 2 0 温度センサ
- 2 1 検出部
- 2 2 電気接続体
- 3 0 雨センサ
- 3 1 電気接続体
- F 流体の流れ

40

【 図 1 】

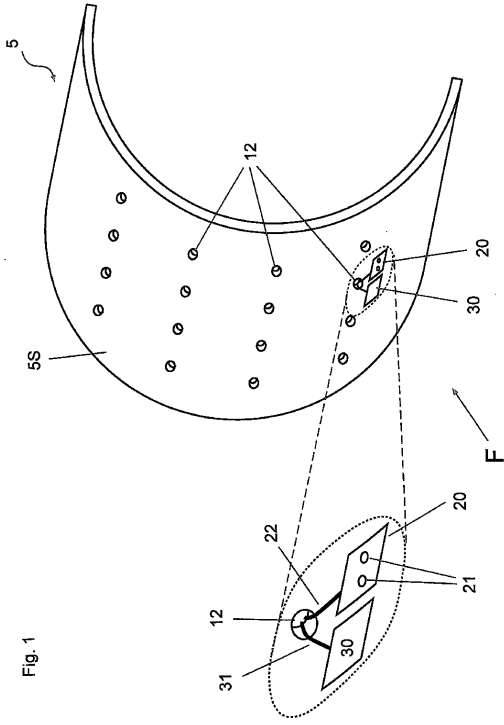


Fig. 1

フロントページの続き

(74)代理人 100112911

弁理士 中野 晴夫

(74)代理人 100125874

弁理士 川端 純市

(72)発明者 ロレンツォ・バッティステイ

イタリア、イ - 3 8 1 0 0 トレント、ヴィア3ノヴェンブレ63番

審査官 吉田 昌弘

(56)参考文献 特開昭54 - 108680 (JP, A)

国際公開第2004/036038 (WO, A1)

特開2003 - 343417 (JP, A)

特開平07 - 239321 (JP, A)

国際公開第2005/020175 (WO, A1)

特開2005 - 291889 (JP, A)

特開平02 - 195238 (JP, A)

特開平08 - 105803 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F03D 7/04

F03D 11/00