

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6625052号
(P6625052)

(45) 発行日 令和1年12月25日(2019.12.25)

(24) 登録日 令和1年12月6日(2019.12.6)

(51) Int.Cl.	F I
FO3D 80/00 (2016.01)	FO3D 80/00
FO3D 7/00 (2006.01)	FO3D 7/00
FO3D 1/00 (2006.01)	FO3D 1/00
GO1P 5/26 (2006.01)	GO1P 5/26 A
GO1S 17/58 (2006.01)	GO1S 17/58

請求項の数 19 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2016-522855 (P2016-522855)	(73) 特許権者	515357255
(86) (22) 出願日	平成26年6月9日(2014.6.9)		ウインド ファーム アナリティクス リミテッド
(65) 公表番号	特表2016-530429 (P2016-530429A)		イギリス国 グラスゴー ジー42 8ピ ーエックス クイーンズ パーク アベニ ュー 2/1 3
(43) 公表日	平成28年9月29日(2016.9.29)	(74) 代理人	110001656
(86) 国際出願番号	PCT/GB2014/051770		特許業務法人谷川国際特許事務所
(87) 国際公開番号	W02015/001301	(72) 発明者	ホルトム, テオドール
(87) 国際公開日	平成27年1月8日(2015.1.8)		イギリス国 グラスゴー ジー42 8ピ ーエックス クイーンズ パーク アベニ ュー 2/1 3
審査請求日	平成29年6月7日(2017.6.7)	審査官	所村 陽一
(31) 優先権主張番号	1311711.4		
(32) 優先日	平成25年6月30日(2013.6.30)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	英国 (GB)		
前置審査			

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 タービンの流体速度場測定

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

タービン上に搭載され、かつ、ビーム源からのビームが測定点で交差するように配置される複数のビーム源と、

反射した、または散乱したビームのドップラーシフトを測定する1つ以上のレーザーと、

前記測定したドップラーシフトに基づいて前記測定点における流体速度を決定するためのプロセッサと

を有する測定システム。

【請求項2】

前記風力タービンは、水平軸風力タービン、垂直軸風力タービン、風力ポンプ、又は風力コンプレッサーである、請求項1に記載のシステム。

【請求項3】

1つ以上のビーム源が、

(i) ナセルハウジングの上若しくは内部、若しくは該ナセルハウジングから延びる固定枠上若しくは内部；及び/又は

(ii) ロータハブの上若しくは内部、若しくは該ロータハブから延びる固定枠上若しくは内部；及び/又は

(iii) 1つ以上のロータブレードの上若しくは内部、若しくは該ロータブレードから延びる固定枠上若しくは内部

に搭載される、請求項 2 記載のシステム。

【請求項 4】

- (i) ナセルのヨー角；
- (ii) タワーの曲げ；
- (iii) ナセルの曲げ；
- (iv) ロータ回転角；
- (v) ブレード曲げ；
- (vi) ブレードピッチ角；及び
- (vii) ロータ傾斜角

の 1 つ以上を正確なビーム指向の目的のため及び / 又はレーザーによる測定の
較正のために考慮に入れる、請求項 3 記載のシステム。

10

【請求項 5】

前記風力タービンは、第 2 の非ピッチング方向のブレード延長部上に搭載される第 1 の
ピッチング部と、前記ロータハブの半径範囲より大きい主回転子軸からの半径に前記第 2
の非ピッチング方向のブレード延長部に搭載される 1 つ以上のビーム源とを含むロータブ
レードを用い；該ロータブレードは、複数の独立したピッチング部を具備していてもよく
；ブレードのピッチング変動が、指向の正確性の目的のために考慮される、請求項 2 ~ 4
のいずれか 1 項に記載のシステム。

【請求項 6】

複数の同一箇所に配置されたビーム源とレーザーとのペアが設けられる、請求項 1 ~
5 のいずれか 1 項に記載のシステム。

20

【請求項 7】

ビーム源が、複数のタービンに設けられ、それらのビームが前記測定点において収束す
るまたは交差するように、独立して向けられるそれらのビームを有する、請求項 1 から 6
のいずれか 1 項に記載のシステム。

【請求項 8】

前記システムは、前記ロータブレードの通過経路、ナセルまたはタワーが横切ることの
ない特定の位置におけるサンプルを提供することにそれら自体を最適に与えるような特定
のビームを選択するよう配置される前記ビーム源の制御システムを含み、それによって、
中断されない測定を可能にし、かつ、ビームが他の測定位置に向けて同時に用いられるこ
とができるようにあらゆる他のビームを自由にする、請求項 3 から 7 のいずれか 1 項に記
載のシステム。

30

【請求項 9】

前記ビームのスキャン方法を、ロータが回転する場合には、ビームスキャンのためのロ
ータブレードの回転を用いるが、ロータが回転をやめる場合には、他の測定モードに切り
替えられるよう考慮して、タービンの動作状態に従って変更することができる、請求項 8
に記載のシステム。

【請求項 10】

センサー入力情報およびビーム源の相対位置の計算結果、構成要素の方位および配列情
報、地理上の相対位置および速度、ロータおよびブレードピッチの座標系、ヨー角、ロー
タ角、ブレードピッチ角、ロータ速度、風速および / または風向、のうちの 1 つ以上に基
づいて、個別なビーム指向または散乱システムに対して必要な信号を提供する制御システ
ムを含む、請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載のシステム。

40

【請求項 11】

前記ビーム源は、前記流体速度場の空間的変動を示すデータサンプルまたはその特徴付
けを提供するために、連続するサンプリング点または測定点で流体速度場を測定するよう
に配置される、請求項 1 から 10 のいずれか 1 項に記載のシステム。

【請求項 12】

乱流強度場、水平軸もしくは垂直軸流体の順転場 (*v e e r f i e l d*)、水平軸も
しくは垂直軸流体のずれ場 (*s h e a r f i e l d*)、傾斜角場、水平、側方もしくはは

50

垂直の流体成分場、突風またはあらゆる他の特徴をもつ流体速度場の観点から、前記流体速度場を特徴付けるために、交差するビームを用いる連続するドップラー速度の測定は、空間的および/または時間的に分離されて、結合される、請求項 1 1 に記載のシステム。

【請求項 1 3】

前記測定は分析されて、流体密度値を導く、請求項 1 2 に記載のシステム。

【請求項 1 4】

制御システムは前記速度測定データと、風力タービン動作データ、風車性能データ、風況データ、ノイズデータ、状態監視データ、振動データ、ブレード曲げモーメントデータまたはタワー曲げモーメントデータのうちの 1 つ以上を集める追加センサーからの入力とを組み合わせるよう配置される、請求項 2 から 1 3 のいずれかに記載のシステム。

10

【請求項 1 5】

速度測定データを用いて、風速場マッピングを提供し、それは、グリッド (grid) 管理目的のため、またはエネルギー貯蔵制御目的のため、またはウィンドファーム出力を他の発電機の出力と組み合わせるコジェネレーション管理のため、ウィンドファームの出力を予測するために用いることができ、電力供給網管理またはエネルギー取引目的のために正確な電力予測 / 予報をもたらすものであることが可能なものの 1 つである、請求項 1 から 1 4 のいずれか 1 項に記載のシステム。

【請求項 1 6】

ロータ平均化風速は、ロータ領域周辺で収集された風速サンプルの組み合わせによって測定される、請求項 2 から 1 5 のいずれかに記載のシステム。

20

【請求項 1 7】

前記風力タービンの軸配向は、変動する非水平風速を考慮するために調節されるものであって、より好ましくは、タワーに対するブレード衝突のリスクを避けるような安全限界範囲内で行い；ロータハブは、風の状態と適合するより大きな回転軸の傾き変化を可能にするために、実質的に水平な軸風力タービントワーから前方に移動可能である、請求項 1 6 記載のシステム。

【請求項 1 8】

前記ビーム源およびレシーバーは、LIDARビーム源およびレシーバー；RADARビーム源およびレシーバー；SODARビーム源およびレシーバー；又はSONARビーム源およびレシーバーを含む、請求項 1 から 1 7 のいずれか 1 項に記載のシステム。

30

【請求項 1 9】

ビーム源からのビームが測定点で交差するような、タービン上の複数のビーム源からビームを発することと、

反射された、または、散乱されたビームのドップラーシフトを受信することと、

前記測定されたドップラーシフトに基づいて前記測定点で流体の速度を決定することとを含む、測定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、タービンの流体速度場測定に関し、特に、流体速度場のドップラー速度計測測定のための新しいシステムおよび方法に関する。

40

【背景技術】

【0002】

タービンは、通常電気の発生である有用な仕事を発生するための流体の流れの圧力下で動く回転要素を含む機械である。流体には、ガスまたは液体または他の固相でないものがあるだろう。タービンの一例は、風力タービンである。本開示において、風力タービンが言及される場合、当該流体は空気であって、風力は空気の流れである。他の型の設計が提案されているが、風力タービンは、普通、水平軸または垂直軸である。本開示は、あらゆる型のタービンに適用することが可能である。

【0003】

50

水平軸風力タービンは、本技術の当業者によく知られている。ドップラー風力測定の方法もまた、個々の当業者によく知られている。L I D A R（光検知測距）ドップラー風力測定システムは、レーザービーム方向に沿って半径方向範囲の速度成分を測定するために、レンジゲート式、パルス式レーザービームまたはそれに代わる集束連続波（C W）レーザービームを用いてよく、通常は実質的に同一箇所に配置されたエミッターおよびレシーバー光学系を用いてもよいことがわかるだろう。

【 0 0 0 4 】

エミッターおよびレシーバー光学系は、実質的に同一箇所にあることは必ずしも必要ではなく、バスタティックな配置では、実質的に互いに距離をおいたエミッターおよびレシーバー光学系を用いてもよいことがわかるだろう。

10

【 0 0 0 5 】

当業者は、垂直なタワーの頂点に搭載されるナセルハウジングを含み、空気力学的に設計された複数のブレードをそこから突き出すハブに、ナセルに取り付けられたロータシステムによって稼動するほぼ水平軸の回転シャフトを有する水平軸風力タービンの設計に精通するだろう。当業者はまた、ほぼ水平なドライブトレイン軸から外側に向かって広がるそれらの長軸を中心に異なる角度にブレードを回転または調整することができるピッチ制御装置に精通するだろう。そうしたシステムは、低速シャフト、ギアボックスおよび発電機を駆動する1つ以上の高速シャフトを含んでよく、または代わりに上記システムは、ギアボックスおよび高速シャフトを必要としない直接駆動型であってよいことが知られている。また、水力のドライブトレインの設計が、風力タービン内部で実行されてもよいこともまた知られている。当業者は、回転軸が実質的に風方向に沿い、タービンは風に直面するように、または風からそれるように駆動できるように、ナセルハウジングが垂直軸を中心に回転するまたはヨーイングするように駆動可能な設計について精通するだろう。上述したすべてのドライブトレイン型は風速および風向測定において制御システムの使用によるものとし、現在用いられている通常の測定方法が、風力タービンナセル上に搭載された風向または風力測定計器の使用によるものであることがわかるだろう。

20

【 0 0 0 6 】

水平軸風力タービンのためのドップラー風力測定またはL I D A Rシステムを搭載した本願のナセルは、任意の点で、半径方向の照準線の風速のみをサンプリングする。しかしながら、三次元的な風速場の変動は、風力タービンの操作に対して重要である。本願の技術は、複数の発散ビームを用いることにより風速成分情報を収集するが、これは、発生する風速場における広く分布した点での異なる速度成分の収集を結果的にもたらず。本技術では、風速場が実質的に平行および均一であるという仮定をしてもよい。風速場内の実質的な変動は、風力タービンロータの受風面積を横切って可能であることはよく知られているため、風速場の均一性または平均化であるこの仮定は、情報の解決の乱れを導き、一定しない風速ベクトル場の詳細な測定の可能性を妨げる。

30

【 0 0 0 7 】

速度成分が、予定された測定点ではないが、予定された測定点から実質的に置き換えられる点でサンプリングされる場合、時間平均化期間内の風速サンプルの平均によって分割される風速サンプルの標準偏差として規定されるものである、任意の時間平均化期間内における空間内のある地点での乱流強度の測定もまた、測定エラーを増加させやすいだろう。上記標準偏差はそれから、時間平均化期間の全体と同様に、空間において拡張するデータ総数の全体が計算される。なお、古典的な回転風杯のまたは超音波の風力測定は、空間において実質的に単一の点のデータ収集を含む。

40

【 0 0 0 8 】

様々な測定システムは、米国公開特許2012/0051907号（ROGERS）、英国特許第2477529号（VESTAS）、欧州特許出願第1460266号明細書（MITSUBISHI）、国際公開第2011/096928号（CATCH THE WIND）、米国公開特許第2012/0274837号（HAYS）および米国公開特許第2013/0162974号（DAKIN）に提案されている。しかし、これら

50

べては1以上の不都合を有する。

【0009】

従って、新しい流体速度測定システムが有益であるだろう。

【発明の概要】

【0010】

この開示の第1の態様によれば、タービン上に搭載され、かつ、ビーム源からのビームが測定点で交差するように配置される複数のビーム源と、反射した、または散乱したビームのドップラーシフトを測定する1つ以上のレーザーと、上記測定したドップラーシフトに基づいて上記測定点における流体速度を決定するためのプロセッサとを含む測定システムが提供される。

10

【0011】

この開示の第2の態様によれば、ビーム源からのビームが測定点で交差するような、タービン上の複数のビーム源からビームを発することと、反射された、または、散乱されたビームのドップラーシフトを受信することと、上記測定されたドップラーシフトに基づいて上記測定点で流体の速度を決定することを含む測定方法が提供される。

【0012】

下記の特徴は、一般に、システムまたは方法に対しての両方に適用できる。装置構成が説明されている部分については、それらの特徴を方法に提供するおよび/または用いることが予期されると理解される。同様に、方法の処理が説明されている部分については、方法の処理を実行することが可能であるまたは方法の処理を用いて実行する装置構成が予期されると理解される。

20

【0013】

「点」とは、実際には、ビームの横方向の大きさまたは種類により規定されるサイズを持つ交差領域であって、同様に、連続波(CW)レーザービームの場合には、それらの焦点の縦方向の範囲で規定され、またはパルス、レンジゲートレーザーシステムの場合には、それらパルス長およびレンジゲート範囲の長手方向の範囲で規定される。

【0014】

ビーム源は、電磁気放射、粒子またはエネルギーの狭い一方向性の流れを発するものであればいかなるものでもよい。

【0015】

速度は、三次元の量であり、水平面および垂直面の両方において測定可能な、実際には、その他の三次元の座標系における、風速である。

30

【0016】

任意に、上記測定点は、上記タービンを動かす流体の流れ方向に対して上記タービンの上流にある。

【0017】

任意に、測定されたドップラー速度に補正因子を適用して上記流体中に同伴した粒子の速度と流体速度における違いを示す任意の既知の統計的關係を考慮する。

【0018】

任意に、上記タービンは、風力タービンである。

40

【0019】

任意に、上記風力タービンは、水平軸風力タービンである。

【0020】

任意に、1つ以上のビーム源は、ナセルハウジングの上または内部に搭載される。

【0021】

任意に、1つ以上のビーム源が、上記ナセルハウジングから延びる固定枠の上または内部に搭載される。

【0022】

任意に、ナセルのヨー角およびタワー/ナセルの曲げが、ビーム指向の精度のためおよび/または上記レーザーにより取得された測定値の較正のために考慮される。

50

【 0 0 2 3 】

任意に、1つ以上のビーム源が、ロータハブの上または内部に搭載される。

【 0 0 2 4 】

任意に、1つ以上のビーム源が、上記ロータハブから延びる固定枠の上または内部に搭載される。

【 0 0 2 5 】

任意に、上記固定枠は、上記ハブから延びてブレード羽軸を取り囲むシュラウドを含む。

【 0 0 2 6 】

上記シュラウドは、円筒状であり、かつ、シュラウド内および/または軸受け内で自由に回転（ピッチング）できる内部ブレード羽軸に関する余地をそれに保持するような1つ以上の軸受けを含んでもよく、または、含まなくてもよい。

10

【 0 0 2 7 】

任意に、ロータ回転角は、ビーム指向の精度のため考慮される、

【 0 0 2 8 】

任意に、1つ以上のビーム源が、1つ以上のロータブレードの上または内部に搭載される。

【 0 0 2 9 】

任意に、上記ビーム源は、吊りひも、ボルト、固定継ぎ手、磁気固定具または接合剤の手段によって上記ブレードに対して搭載される。

20

【 0 0 3 0 】

必要であれば、他の搭載方法を用いてもよいことがわかるだろう。

【 0 0 3 1 】

任意に、1つ以上のビーム源が、1つ以上のロータブレードから延びる固定枠の上または内部に搭載される。

【 0 0 3 2 】

任意に、上記風力タービンは、第2の非ピッチングなブレード延長部上に搭載される第1のピッチング部と、上記ロータハブの半径範囲より大きい主回転子軸からの半径に上記第2の非ピッチングなブレード延長部に搭載される1つ以上のビーム源とを含むロータブレードを用いる。

30

【 0 0 3 3 】

これは、それによってブレードのピッチングによる影響を受けることのないロータに置かれたビーム源間の基線の分離を増させるものであって、ブレードは、固定された拡張部を超えて、必要に応じてピッチングすることができる。

【 0 0 3 4 】

任意に、上記ロータブレードは、独立してピッチングする部分を複数含む。

【 0 0 3 5 】

任意に、上記ロータブレードは、ピッチングを行わない中心部に近い部分を含む。

【 0 0 3 6 】

任意に、ブレードのピッチング変動は、ビーム指向の精度が考慮される。

40

【 0 0 3 7 】

任意に、複数の同一箇所に配置されたビーム源とレーザーとのペアが設けられる。

【 0 0 3 8 】

任意に、上記タービンから間隔をあけた1つ以上の固定配置ビーム源をさらに含む。

【 0 0 3 9 】

任意に、ビーム源が、複数のタービンに設けられ、それらのビームが上記測定点において収束するまたは交差するように、独立して向けられるそれらのビームを有する。

【 0 0 4 0 】

任意に、上記システムは、無人航空機などの遠隔操作輸送手段に配置された1つ以上のビーム源をさらに含む。

50

【 0 0 4 1 】

任意に、上記システムは、上記ロータブレードの通過経路、ナセルまたはタワーが横切ることのない特定の位置におけるサンプルを提供することにそれら自体を最適に与えるような特定のビームを選択するよう配置される上記ビーム源の制御システムを含み、それによって、中断されない測定を可能にし、かつ、ビームが他の測定位置に向けて同時に用いられることができるようにあらゆる他のビームを自由にする。

【 0 0 4 2 】

任意に、上記ビームのスキャン方法を、ロータが回転する場合には、ビームスキャンのためのロータブレードの回転を用いるが、ロータが回転をやめる場合には、他の測定モードに切り替えられるよう考慮して、タービンの動作状態に従って変更することができる。

10

【 0 0 4 3 】

上記ロータは、きわめて弱風の場合、またはタービンがメンテナンス中もしくはシャットダウン状態である場合には、回転を停止することができる。

【 0 0 4 4 】

任意に、上記システムは、制御されて上記測定点を変更することが可能なビーム指向手段を含む。

【 0 0 4 5 】

任意に、上記システムは、センサー入力情報およびビーム源の相対位置の計算結果、構成要素の方位および配列情報、地理上の相対位置および速度、ロータおよびブレードピッチ参照系、ヨー角、ロータ角、ブレードピッチ角、ロータ速度、風速および/または風向、のうちの1つ以上に基づいて、個別なビーム指向または散乱システムに対して必要な信号を提供する制御システムを含む。

20

【 0 0 4 6 】

任意に、ビーム源またはビーム源窓は、上記風力タービンのナセル、ロータハブ、ブレードまたは他の構成要素から最小限に突き出るか、範囲内に成形されるか、または範囲内に含まれる。

【 0 0 4 7 】

これは、ビーム源が、風力タービン構成要素において空気力学上の衝撃が最小限であることを意味する。

【 0 0 4 8 】

任意に、上記ビーム源は、上記流体速度場の空間的変動を示すデータサンプルまたはその特徴付けを提供するために、配置されて連続するサンプリング点または測定点で流体速度場を測定する。

30

【 0 0 4 9 】

任意に、乱流強度場、水平軸もしくは垂直軸流体の順転場 (*veer field*)、水平軸もしくは垂直軸流体のずれ場 (*shear field*)、傾斜角場、水平、側方もしくは垂直の流体成分場、突風またはあらゆる他の特徴をもつ流体速度場の観点から、上記流体速度場を特徴付けるために、交差するビームを用いる連続するドップラー速度の測定は、空間的および/または時間的に分離されて、結合される。

【 0 0 5 0 】

任意に、上記測定は分析されて、流体密度値を導く。

40

【 0 0 5 1 】

流体密度を測定することおよび考慮することは、可能な応用数あるものであって、流体密度は、毎秒のタービンロータを通過する流体の質量を支配し、それは、毎秒のタービンを通過する合計の運動エネルギーに関係する。すなわち、流体中の利用可能な合計の電力である。ドップラー測定システムは、流体速度を測定するが、流体分子または他の粒子からの反射信号の強度による流体密度を測定することもできる。そして、この情報(タービンが変換する電流および電圧よりの測定された電力と流体速度場、密度場を組み合わせること)は、タービン電力効率、そして、風力タービンに対して、特に、ロータ平均電力曲線、空気力学上の揚力/抗力/トルクの予測に対して与えられることができる。密度測定

50

は、乱流強度場、流体の傾斜場、および他のパラメータの測定に有用であるだろう。

【0052】

任意に、連続速度測定は、流体内で作動するタービンの制御システムにより用いられる流体加速度場の測定を可能にする、流体加速度測定、またはベクトル変異の高次時間導関数をもたらすために用いられる。

【0053】

任意に、上記測定点は、タービンアクチュエーションシステムが、タービン構成要素を任意の量だけ移動させるためにかかる時間の量に基づいて決定される少なくとも最小限の距離だけ上記タービンロータ平面から離れて配置されるものであって、上記最小源の距離は、上記測定された流体速度に基づいて動力的に調節される。

10

【0054】

任意に、集められた情報は、改善または悪化した動きの状態を特定するために、流体の範囲内でまたは流体上で作動するタービンまたは装置における識別上の分析のために用いられる。

【0055】

任意に、流体速度測定は、タービン構成要素の状態における変化を識別することを補助するため、または、変化した構成要素の状態による信号から異常な流体の状態によって生じた状態監視信号を区別するための状態監視設備等の他の計器を組み合わせて用いる。

【0056】

任意に、速度測定データは、上記タービン上に搭載された計器により行われる局所流体速度または局所流体方向測定に対して取って代わる、代替する、または増強する、他の流体速度または流体方向測定をもたらすために、タービン制御システムに対して提供される

20

【0057】

局所流体速度または流体方向測定は、例えば、風速計、風向計または風力タービンのナセルに搭載される他の構成要素を含むだろう。

【0058】

任意に、上記タービンは、風力タービンであり、かつ、上記速度測定データと、風力タービン動作データ、風車性能データ、風況データ、ノイズデータ、状態監視データ、振動データ、ブレード曲げモーメントデータまたはタワー曲げモーメントデータのうちの1つ以上を集める追加センサーからの入力とを組み合わせるよう制御システムが配置される。

30

【0059】

このことは、増大される安全性、風車性能、エネルギー収量、出力、ノイズ制御、構成要素整合性、システム整合性、構成要素寿命またはシステム寿命という理由から、風力タービン制御を向上させる、または、改善された風力タービン設計を生み、導く。

【0060】

任意に、制御システムは、変化したタービン制御パラメータを計算するおよび動かすために利用可能なデータを用いる。

【0061】

これらのタービン制御パラメータは、例えば、共同の、または、独立したブレードピッチ設定またはナセルのヨー角を含むだろう。変更可能であるような可能なタービン制御パラメータおよび制御設定は数百ある。

40

【0062】

任意に、複数のビーム源は、空間的にまたは時間的に分離したドップラー成分測定値を区別するために、異なる振動数、パルス繰り返し周波数で、または異なる偏波特性をもって伝達する。

【0063】

任意に、任意のビーム振動数またはパルス繰り返し周波数は、検出されたドップラー戻り(Doppler return)が区別可能であるように、チャープされるかもしくは別の方法で時間的に変更される、

【0064】

50

任意に、速度測定データを用いて、風速場マッピングを提供し、それは、グリッド (grid) 管理目的のため、またはエネルギー貯蔵制御目的のため、またはウィンドファーム出力を他の発電機の出力と組み合わせるコジェネレーション管理のため、ウィンドファームの出力を予測するために用いることができ、電力供給網管理またはエネルギー取引目的のために正確な電力予測 / 予報をもたらすものであることが可能なものの 1 つである。

【 0 0 6 5 】

任意に、速度測定データを用いて、風力タービンロータシャフトが水圧ポンプまたはコンプレッサーを駆動するものである風力ポンプのための風速場マッピングを提供する。

【 0 0 6 6 】

任意に、上記タービンは、環状、円筒状、円錐状または漏斗形状のハウジング内に備えられる。

10

【 0 0 6 7 】

任意に、上記ハウジングまたはその搭載構造は、1 つ以上のビーム源を含む。

【 0 0 6 8 】

任意に、上記システムは、上記タービンに搭載される較正センサーを含むものであって、上記ビーム源は、上記ビームが上記センサーの位置の方へ良好に向けられるかを確認するために、試験目的で上記較正センサーに狙いを定めるように選択的に向けられまたは指向されるように配置され、それによって通常上記ビーム指向が正確に機能するという証拠を提供する。

【 0 0 6 9 】

20

任意に、上記システムは、少なくとも 3 つの他のビーム源から出射されるビームとともにそのビームが交差するように向けられるものである、流体速度測定に必要としないさらに冗長なビーム源と、そのさらなる (冗長な) ドップラー測定で、上記さらなる (冗長な) ビームの向きにおける測定された速度ベクトル成分の計算によって較正するために用いられるような上記少なくとも 3 つの他のビーム源からの速度測定とを含む。

【 0 0 7 0 】

任意に、上記タービンは、風力タービンであって、上記システムは、決定された相対風速ベクトルに基づいて個々の風力タービンブレードに沿った異なる点における物理量を予測するまたは推定する手段を含む。

【 0 0 7 1 】

30

任意に、上記物理量は、ブレード方向の長さの関数としての空気力学の迎え角、ブレード方向の長さの関数としての揚力または抗力係数、上記ブレード方向の異なる位置における単位長あたりのトルクのうちの 1 つ以上を含む。

【 0 0 7 2 】

任意に、物理量を予測するまたは推定する上記手段は、ブレード形状断面およびブレードセンサーデータまたはブレード成分データを考慮して予測または推定を行う。

【 0 0 7 3 】

任意に、上記ブレードセンサーデータは、ブレード形状変形センサーデータを含む。

【 0 0 7 4 】

任意に、上記ブレード成分データは、ブレードフラップアクチュエーターデータを含む。

40

【 0 0 7 5 】

フラップアクチュエーターデータは、フラップ角要求 (フラップ制御システムへ伝達される、または、フラップ制御システムにより用いられる信号または値) または他のデータを含む。

【 0 0 7 6 】

これらの予測されたまたは推定された物理的応力は、風車性能の向上を含む目的のため、または、荷重の減少のため、または、システム寿命の増加のため、または維持費の軽減のため、または将来的に改善されたシステム設計を導くために用いられることができる。

【 0 0 7 7 】

50

任意に、活動ブレード面、ブレードフラップまたはブレードピッチ制御装置は、予測された物理的応力により調節される。

【0078】

任意に、上記予測された物理的応力は、状態監視システムと組み合わせる、または、併用される。

【0079】

任意に、上記タービンは、風力タービンであって、ロータ平均化風速は、ロータ領域周辺で収集された風速サンプルの組み合わせによって測定される。

【0080】

上記サンプルは、自由に異なる重み付けとしても差し支えない。このロータ平均技術は、監視の実行、契約上の設計または注文の品質保証の実行、または他の目的を目的とした、より有意義な風力タービン電力曲線測定を可能にする。

【0081】

任意に、上記タービンは、風力タービンであって、風速測定を用いて、風力タービンの傾斜または傾き制御を変更する。

【0082】

任意に、好ましくは、タワーに対するブレード衝突のリスクを避けるような安全限界範囲内で、上記風力タービンの軸配向は、変動する非水平風速を考慮するために調節される。

【0083】

任意に、ロータハブは、風の状態と適合するより大きな回転軸の傾き変化を可能にするために、実質的に水平な軸風力タービントワーから前方に移動可能である。

【0084】

任意に、カウンタウェイトが上記ナセルの背面に与えられ、上記動いたロータハブの釣り合いをとる。

【0085】

任意に、上記風力タービンは、垂直軸風力タービンである。

【0086】

垂直軸風力タービンは、らせん状設計、または垂直に搭載された翼を含む様々な種類のブレードを備えていてもよいが、それらに限定されない。上記ビーム源は、そのようなブレードの上または内部に、および/またはロータの頂点、および/または固定された基盤またはその他の位置の上に搭載されてよい。そのようなビームは、時には、回転角に基づいて互いに交差するよう配置されてもよく、または、1つ以上のビームは、交差するために指向可能とすることができる。

【0087】

任意に、上記タービンは、水力タービン、潮力タービンまたはガスタービンである。

【0088】

任意に、上記ビーム源およびレシーバーは、L I D A R ビーム源およびレシーバーを含む。

【0089】

任意に、上記ビーム源およびレシーバーは、R A D A R ビーム源およびレシーバーを含む。

【0090】

任意に、上記ビーム源およびレシーバーは、S O D A R ビーム源およびレシーバーを含む。

【0091】

任意に、上記ビーム源およびレシーバーは、S O N A R ビーム源およびレシーバーを含む。

【0092】

任意に、上記システムは、タービンに適合することが可能な機械学習コンポーネントま

10

20

30

40

50

たは履歴作動データによるタービン制御システムの作動を含む。

【0093】

この機械学習コンポーネントがあれば、タービンは、その操作パラメーターを記録に残すことができ、履歴データから学習できる。上記タービンは、それ自体の作動履歴およびそれ自体の測定効率から学習することにより、適合した電力出力予測を提供する、または、任意の風速場に応じて、それ自体をいかに調節し、所望の電力プロファイルまたは出力を維持するかということについてよりよい導きをする。

【0094】

この開示の第3の態様によれば、第1および第2の態様を実行するためのコンピュータプログラム製品を提供する。上記コンピュータプログラム製品は、本明細書において示されるような、上記ビーム源の指向の制御システムのための指示を含む製品、速度計測測定からの入力を受信し、計算を行い、タービン構成要素を制御するためのコマンド信号を提供することの開示を教示することによって提供または変形されるタービン制御システムのための指示を含む製品、または、速度測定システムの出力の解析および予測ならびに測定をするための様々な計算の実行のための指示を含む製品のうちの1つ以上を含むことができる。

【0095】

上記コンピュータプログラム製品は、コンピュータ読み取り可能な媒体上に記憶され、または1つ以上の指示または暗号として伝達されることができる。コンピュータ読み取り可能な媒体は、コンピュータ記憶媒体と、ある場所から他へコンピュータプログラムの移動を促進する任意の媒体を含む通信媒体との両方を含む。記憶媒体は、コンピュータによってアクセス可能であるような、任意の利用可能な媒体であってもよい。例としては、そのようなコンピュータ読み取り可能な媒体は、RAM、ROM、EEPROM、CD-ROMまたは他の光学ディスク記憶装置、磁気ディスク記憶装置または他の磁気記憶機器、または所望のプログラムコードを指示またはデータ構造の形で伝達または記憶するために用いることが可能であり、コンピュータによってアクセス可能であるようなその他の媒体を含むことができる。また、任意の接続は、適切にコンピュータ読み取り可能な媒体と称される。例えば、ソフトウェアが、同軸ケーブル、光ファイバーケーブル、ツイストペア線、デジタル加入者回線(DSL)、または赤外線、ラジオ波、マイクロ波等のワイアレス技術を用いて、ウェブサイト、サーバーまたは他のリモートソースから伝達された場合には、そのとき、同軸ケーブル、光ファイバーケーブル、ツイストペア線、DSL、または赤外線、ラジオ波、マイクロ波等のワイアレス技術が、媒体の定義に含まれる。本明細書で用いるディスクとは、コンパクトディスク(CD)、レーザーディスク(登録商標)、光ディスク、デジタルバーサタイルディスク(DVD)、フロッピー(登録商標)ディスクおよびブルーレイディスクを含むものであって、ディスクはレーザーにより光学的にデータを再生できるが、通常ディスクは磁氣的にデータを再生可能である。上記の組み合わせもまた、コンピュータ読み取り可能な範囲内で含まれるべきである。コンピュータプログラム製品のコンピュータ読み取り可能な媒体と関連する指示または暗号は、コンピュータによって、例えば、1つ以上のデジタル信号プロセッサ(DSP)、汎用性マイクロプロセッサ、ASIC、FPGA、または他の同等な集積回路または個別論理回路等の1つ以上のプロセッサによって、実行されることが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0096】

【図1】図1は、通常の水平軸風力タービンを示している。

【図2】図2は、ナセル上に搭載された収束性ビーム源を備えた正面図を示している。

【図3】図3は、ハブ上に搭載された収束性ビーム源を備えた正面図を示している。

【図4】図4は、ハブとブレードとの間の非ピッチングな拡張部上に搭載された収束性ビーム源を示している。

【図5】図5は、発生する風速場の一連の測定点でのサンプリングとともに、ピッチング

10

20

30

40

50

ブレード本体内部の収束性ビーム源を示している。

【図6】図6は、収束性ビーム源で円形の軌跡をスキャンするために用いられるロータの回転を示している。

【図7】図7は、多角的な風速成分についての直接的なドップラー速度計測測定および、ロータブレードにおける差し迫って入射する風速を含む、異なる位置で同時に測定する収束性ドップラービームセットの使用を示している。

【発明を実施するための形態】

【0097】

新しいセンサーの設計は、空間における1つ以上の点で3次元の風速サンプリングを可能にする設計である点および、これが、空間的に離れたビーム源からのビームの交差または収束を介して達成されることが可能である点で有益であるだろう。

10

【0098】

レーザーは、反射したまたは散乱したビームのドップラーシフトを測定し、プロセッサは、測定したドップラーシフトに基づいて、ビームが収束する測定点で流体速度を決定する。上記ビーム源は、「ドップラービーム源」と呼ばれることもあり、それらはドップラー測定システムの一部として使用される。

【0099】

流体速度の測定は、タービン上に搭載されたビーム源によりなされることが可能である。好ましくは、それらは、流体の流れの方向が変わることを考慮してそれらの位置を調節可能であるタービンの構成部品上に搭載される。ビーム源はまた、流体の流れの軸に沿う方（タービンの上流または下流のいずれか）を自然に向く傾向があるため、これは有利である。

20

【0100】

水平軸風力タービン（HAWT）の例では、ビーム源は、例えば、ナセル、ロータハブまたはタービンブレード上に、または、他に記載するように関連する枠または拡張構成要素上に搭載されてよい。

【0101】

例えば、HAWTナセルまたはロータハブは、通常、実質的に風に向かうように制御される（ヨーモーター（yaw motor）一式によって）。そのため、すべてのビーム源がこれらの成分上に搭載される場合には、HAWTのタワー（支持タワー）が、ビーム源、レーザーまたは無線送受信機から、対象となり得る測定点が不明確であるような状況を、1つは具合よく避けることが可能である。

30

【0102】

ロータの参照系内にビーム源およびレーザーを用いることにもうひとつの利点がある。それは、このブレードの参照系が、この参照系内でなされる測定が、どのブレードの部分に対しても相対的な風速の「直接測定」を与えることを意味するものであるという理由からである。この相対速度は、迎え角およびブレード要素の揚力係数ならびに抵抗係数を支配する相対風速を決定する。

【0103】

ロータハブの回転性の参照系範囲内または範囲外において、スキャン技術を用いることにより、同時に収束するビームを順次用いて1つ以上の点で3次元の風速をサンプリングすることが可能である。ここで、ビーム源はすべて、風力タービンのナセル、ロータハブまたはブレード上に置かれるが、ビーム源は、実質的に互いに離れて配置される。

40

【0104】

ドップラービーム源を離して配置することは、3つの直交する速度成分を十分に解析するために重要である。3つの互いに非平行なビームは、3次元のベクトルを特定するための基礎を作り上げるのに十分であることがわかるだろう。

【0105】

従って、物体についての径方向での速度の3つの非平行なドップラー測定は、上記物体の3次元での速度を特定することと組み合わせてもよい。従って、ビームが交差する点に

50

おける3つの非平行なドップラー測定は、取得することでその測定点における風速を示すようなエアロゾルまたは他の粒子の速度の三次元での速度測定を与える。上記エアロゾルまたは他の粒子は、局所的な風速で、または局所的な風速に近い風により運ばれるものである。

【0106】

風力タービンのナセル、ロータハブまたはロータブレード上でビーム源を用いることは、風力タービンのナセルおよびロータは通常それが風に向くように組み立てが行われるので、ビーム源が垂直軸を中心にヨーイングするまたは回転することを意味する。これは、タービンおよびそのブレードより前に発生する風速ベクトル場について三次元での測定またはサンプリングを可能にする。

10

【0107】

同様に、ビーム源を用いて、風力タービンより後ろの1つ以上の点で、その後流の範囲内の点で、または風力タービンに関して任意に選択された実際の位置で測定することが可能である。

【0108】

交差する点で、タービン正面のいくつかの固定領域において回転する回転軸上の点に位置するように、ロータハブや、ハブもしくはブレードの径方向の拡張部分や、ブレードそれ自体や、または関連する枠上の点から生じる3つの交差するビームを用いることが可能であるだろう。この配置は、交差する風速ベクトル成分の直接測定を可能にするものであって、ビーム指向 (beam steering) を必要とせずに、向けられるビーム (staring beam) で達成される。直交して交差するようになされたそのようなビームの範囲は、ロータ直径の範囲によって制限されるだろう。より大きな範囲の測定は、ロータの参照系の範囲内の固定位置であって、向けられる交差ビームを用いてもまた得られるだろう。ここで、上記ビームは、90度未満の鋭角で収束する。

20

【0109】

風力タービン制御システムおよび制御原理は、正確な入射する風速および入射する風向の測定値の入力を要求する。しかしながら、風速および風向の測定は、通常風向計、風杯風速計または超音波風速計を搭載したナセルによって与えられる。補正因子または伝達関数のパラメータを用いて、ナセルの測定値が、風上における測定の推定値に変換される。

30

【0110】

ロータの後方であって、先頭波 (bow wave) および後流効果を含むナセル周辺の風の流れの流線を受けやすいものであるナセル上のそのような計器の位置は、風上における量の推定の際にエラーを生じさせる。従って、測定の精度の改善のためにビームの収束を用いるナセルのLIDARシステムのさらなる利点は、風上における量の直接的でより正確な測定を与えることであるため、風力タービン制御原理をより正確に遵守することができる。

【0111】

不正確な風向測定による風力タービンのヨーイングのずれは、かなりの電力損失を引き起こすことがありうる。従って、収束ビームを用いるLIDARを搭載した、より正確なナセルによって改善された風向データは、風向を調整するヨーイングの改善を提供することによって、風力タービン出力を増加することが可能である。

40

【0112】

LIDARを搭載したナセルは、タービンの風上でなされる測定を通して、風力タービンおよびロータに入射する将来的な風の状態の特徴付けを可能とする。より正確なナセルのLIDAR測定は、収束ビームを用いることによって、将来的な風の状態のより効果的な評価を可能にすることができ、それにより、可能性のある制御システム応答の有効性が向上する。

【0113】

突風または極端なウィンドシア (wind shear) 事象のような極端な風の状態

50

についての予めの情報があれば、風力タービン構成要素上の関連の増加した荷重を避けるために、風力タービン制御システムに、制御パラメータを調節することを可能にする。従って、収束ビームを用いる L I D A R を搭載したより正確なナセルは、より効果的な風力タービン荷重制御を可能とする。

【 0 1 1 4 】

入射する風の状態についての予めの情報としては、予測的な、収集された、または独立したピッチ制御を用いてもよい。従って、より正確な収束ビームを用いる L I D A R を搭載したより正確なナセルは、より効果的なピッチ制御を可能にする。

【 0 1 1 5 】

風速場内の特定の点での三次元での風速成分を解析するために、少なくとも3つのビームを交差させることが必要である。3つ以上のビームは、同時に複数の測定を許すために与えられてもよい。言い換えれば、複数の測定点は、1度に測定されてもよい。

10

【 0 1 1 6 】

ビームがほぼ平行であれば、それらは同じ半径方向の照準線の速度成分を、実質的に測定するもので、側面速度成分で得られた情報はほとんどないまたはない。従って、ビームは、それらの間に大きな角度を持つようにし、空間における任意の測定点で収束または交差するべきであることが好ましく、それは、好適なビーム方向制御に加えてそれらのそれぞれのビーム源の間の大きい空間的な変位により達成することが可能である。

【 0 1 1 7 】

この開示は、風力タービンが風に直面するよう制御されるように垂直軸周りをヨーイングまたは回転するそれらの水平軸風力タービン構成要素の範囲内にあるまたは上に搭載されたビーム源から出射する複数のビームを含む。

20

【 0 1 1 8 】

そのような構成要素には、風力タービンナセル、ロータハブまたはロータブレードを含む。ビーム源は、実質的に互いに離れて配置され、測定点でそれらが交差または収束するようにビームは測定点の方へ向けられるものであって、それにより、測定点において三次元で風速を復元するために、少なくとも3つの非平行軸に沿う半径方向のドップラー速度計測を可能にする。各ビーム測定範囲は、集光光学系を使用することにより、または、レンジゲートタイミングを使用することにより独立して制御してもよい。

【 0 1 1 9 】

好ましくは、ビーム源はレーザーである。各ビーム源は実質的に、ビーム軸に沿って、および、測定点において、半径方向の速度測定を可能にするレーザ-検出器システムと同一箇所であるようにしてもよい。

30

【 0 1 2 0 】

ビーム源は、多数の種々のタイプとすることが可能である。一実施形態では、ドープされた光ファイバーレーザーを用いてもよい。これらは、人の目の安全を考慮した波長および出力で作動するように選択されてもよい。しかしながら、他のタイプのレーザーおよび光学系には、半導体レーザー、ポンプ式光学キャビティレーザー、ミラー、レンズなどが含まれて用いてよいことがわかる。

【 0 1 2 1 】

レーザー源は、1つ以上のレーザービーム望遠鏡と同一箇所にあってもよく、または、なくてもよいことがわかるだろう。例えば、タービンの基礎またはナセルから風力タービンのロータハブにかけて、また風力タービンブレードへ、ミラー系または光学ファイバー系を介してレーザービームを伝達および/または増幅することが可能であるだろう。必要とされる場合には、光スリップリング等の構成要素を系の内部に用いてよい。従って、基礎/トランジションピース、タワー、ナセル、ロータハブ、ロータブレードなどの風力タービンの下位構成要素の上または範囲内の任意の要求される位置で、望遠鏡または光学窓から、レーザービームを向けるまたは伝達してよい。

40

【 0 1 2 2 】

レーザー源からの放射は、反射したビームと混合されるまたは妨害される既知の周波数

50

の光学的基準を与えるために、反復または分裂してもよい。反射光は、風と同じ速度で浮遊していると考えられる空気内の粒子、エアロゾルまたは分子からの反射である。反射ビーム周波数と基準周波数との混合または干渉は、測定された周波数においてドップラーシフトを可能にする。基準周波数または反射の周波数はまた、混合に先立って既知の量でシフトする。周波数のドップラーシフトは、反射する粒子、エアロゾルまたは分子の相対速度を示す。この原理を用いて、照準線の任意のドップラービーム測定に伴う風速成分が推測するために用いられる。

【 0 1 2 3 】

この場合、風速と風から生じる粒子、エアロゾルまたは分子などの速度との違いを示す測定されたまたは既知の統計的關係があつて、真の風速についての測定値を補正するために、対応する補正因子が測定されたドップラー速度に適用される。類似の技術を、液体または他の流体で作動するタービンに対して用いてもよい。

10

【 0 1 2 4 】

本開示の新規性は、ビーム源を搭載したナセルまたはロータは、風速ベクトルの独立成分の同一箇所における測定を可能にするように、測定点に収束させることをなすという事実にある。それに対し、現存する L I D A R を搭載したナセルのドップラー速度計測法は、空間において異なる位置で独立した風速成分を感じる分散ビームを用いるかまたは、シングルビームを用いた半径方向の風速成分単独の他の簡単な収集データを用いる。

【 0 1 2 5 】

ナセルまたはロータ上のビーム源からの収束性ビームを用いることの利点は、タービンのヨーイング位置にかかわらず、正確な三次元での風速サンプリングを風力タービンロータの風上で測定することが可能であることにある。

20

【 0 1 2 6 】

「点」とは、実際には、ビームのサイズまたは焦点によって規定されるサイズを有する交差範囲であるだろう。連続波 (C W) レーザー系では、調節可能な焦点システムが、任意の焦点範囲かまたはパルスレーザー系が用いられる場所でのドップラー計測を行うために通常用いられ、パルス長およびタイミングゲートの分解能により、ドップラー計測が一連の異なる範囲でなされることが可能である距離分解能が決まるだろう (測定範囲へおよび測定範囲から戻るよう移動する光の速度に従う一連のタイミングゲートに対して) 。

【 0 1 2 7 】

空気中では、C W 系の距離分解能は、1メートル未満オーダーの低い範囲できわめて良く、一方、典型的なパルス系はおそらく約10メートルの距離分解能を有するため、C W 系は近距離で (例えば、100m 未満) 用いられるのが比較的よいのに対し、通常、パルス系は、長距離で (例えば、50m から数キロメートル) 用いられる。

30

【 0 1 2 8 】

これは、すばやいピッチ調節のため、または、制御可能なブレードのフラップ等の活動面の制御を行うために使用される近接した正確な測定にとって、C W 系が非常に適しているだろうということの意味する。

【 0 1 2 9 】

これらの考慮は、レーザーの波長および/またはパルスまたはレンジゲート波長に依存する。発明者らは、“目に安全”であるのは、約1.5から2マイクロメートルの波長であると通常話している。

40

【 0 1 3 0 】

この開示の一実施形態では、ドップラービームは、様々な選択された測定点においてそれらが交差するようになされる等、故意に指向されてよい。これは、測定点ごとのビームスキャンシステム/指向システムの故意の滞留時間 (d w e l l t i m e) とともに、または、なしに、されてよいものである。連続する測定値を通して、これは、異なる相対的な風上の範囲、高さおよび風力タービンのロータハブ中心からの外側への変位にある変動する風速場のサンプリングを可能にする。この測定情報を用いて、風力タービン制御原理の遵守の改善、風力タービン性能の監視の改善、ヨーイング制御の改善、荷重管理また

50

は発生する風速場の範囲での極端な事象に対する保護ならびに予期的または予測的制御を含む事由のために風力タービン制御システムに与える。

【0131】

この開示の他の実施形態では、ロータハブの1つ以上の固定ビームが、ロータを回転しながら、1つ以上の円錐を掃き出すものであって、そのようなビームは、ナセル/タワー/基礎またはその他の上/内部に搭載された望遠鏡から発する固定されたまたはスキャンするビームによって交差される。例えば、ロータがちょうど6rpm(10秒ごとに1回転)でゆっくり回転すると、ロータハブに固定された10の独立したビームのうちの1つが、1秒に1回、1Hzの測定周波数を与えて、ビームが掃き出した円錐上の任意の点で交差するようになされてもよい。同じ点で交差する付加的な固定されたまたはスキャンするビームの場合、その後その測定点において、三次元での風速ベクトルを復元することができる。

10

【0132】

ビームスキャンの手段には、例えば、可視光域窓を備えた回転ターレットを用いてもよく、ここでビームは、1つ以上の回転するならびに/もしくは固定されたミラーのシステムの手段によって、および/または、1以上の回転するならびに/もしくは固定されたプリズム/レンズの手段によってスキャンされる。しかしながら、ビーム指向の他の方法を用いることが可能であることがわかるだろう。

【0133】

測定する場を横切って選択された一連の点において収集されるものである一連の測定サンプルを備えることにより、風速場の三次元マップを測定することが可能である。ある好適な実施形態では、ナセルおよび/またはハブおよび/またはロータブレードから発する3つのスキャンビームが、それらが時間的に空間的に同じ点で(測定点において)交差するように、個別に指向される。そして、このプロセスは、選択された測定場を横切ってサンプリングされた連続した測定点において繰り返される。

20

【0134】

一実施形態では、それらができるだけ回転板の近傍であるが、ピッチングシステムまたは他のアクチュエーター(例えば、活動面/フラップのアクチュエーター)がブレード上に衝突しそうな切迫した風速場に対する調節が可能であるように計算された距離は離すようにして、一連の測定点を選択される。

30

【0135】

一実施形態では、風力タービンのロータ正面の意味のある距離で風速場をサンプリングするために、一連の測定点を選択される。ロータ正面の距離等を測定することは「自由流れ」測定を考慮してよいという概念に基づくと、例えば、2.5ロータ直径となる距離である。

【0136】

一実施形態では、ロータ平均出力曲線評価のためのまたは他の目的のための、ロータ平均化風速測定に寄与するという測定を提供するために、ロータ全体を横切る風速場を高密度にサンプリングするように、スキャンポイントが配置される。

【0137】

一実施形態では、例えば、有害な特徴が持続して風力タービンに接近するようなときに、過酷さの増加を知らせる警告および最終的にシャットダウンを開始する警報またはピッチング制御を介する等の代替の保護的測定をさせる可能性があるような、極端な乱気流、局地的な渦、突風、またはその他の特徴等をもつ有害な風の特徴の持続の可能性を調べるために、一連の測定点が多数の範囲に集められてもよい。

40

【0138】

通常、この開示は、複数の多様な目的のために流体の場を同時に特徴づけするため、発生する流体の場全体の複数の範囲および点での測定を可能にする。

【0139】

ウィンドマップ(wind map)は、1つ以上のロータ正面の距離での、ロータ面

50

に平行である面等の風速場全体にわたる平面状の断片であるように構成されてもよい。通常、風速マップ(wind velocity map)は、発生するまたは取り囲む風速場全体における複数のサンプルを含むだろう。

【0140】

通常、ビーム源を制御するスキャンシステムは、1以上の特定の目的のために、任意の一連の測定点が連続的におよび/または同時にサンプリングされるように、プログラム可能である。

【0141】

この開示の原則は、タービンの上流の測定に限られず、かつ、もうひとつのタービンに衝突しうる後流の状態を特徴付けるためにタービンの後方/下流に同様に適用されてもよい。

10

【0142】

本手段により集められる後流の情報は、それが他のタービンから偏向され、または、離れるほうに向かうように、上記後流の偏向、転換または意図的偏向(または乱気流等の後流の状態)のために考慮されてよい。

【0143】

非常に正確なミリラジアンビームのレーザーの指向は、検流計、MEMSグレーティング、マイクロミラー、非共軸レンズアレイ、回転くさびまたは他のビーム指向システムを用いる設備の存在により可能となる。

【0144】

風力タービンナセル上/内部にLIDAR指向システムを搭載する場合、ナセルの動きは、例えば、MEMS加速度計または他の同等の方法を用いて測定され、考慮されることが必要だろう。同様に、ロータハブ上/内部に搭載する場合には、ロータ回転角もまた測定され、考慮に入れることが必要であって、そして、ピッチングブレード部に搭載する場合には、ブレードのピッチングもまた考慮されることが必要である。ブレード部はまた可撓性である場合、さらなる感知またはビーム指向の補正が要求されてもよい。

20

【0145】

多様な変換/補正を適用して、可能性のある動きのすべてを考慮することができ、それらがどのようなものであってもビーム指向アクチュエーターに対して結果的に生じるコマンド信号と結合してよい。

30

【0146】

一実施形態では、ハブおよびブレード接続の設計はそれ自体改変されており、固定された、非ピッチングな拡張部が、ハブとブレード搭載ポイントとの間を越えて挿入され、ブレードはピッチングが可能となる。この設計は、ビーム指向能に影響を与える可能性があるブレードのピッチング動作を受けることを避けながら、ビーム源を、ロータ回転軸から実質的により大きい半径をもってロータ上に搭載することを可能にする。

【0147】

ロータ回転軸から大きい半径であることは、そのようなビーム源のペアが、大きい基線をもって離れることが可能となり、それによって、直交する風速成分の解析を通しての改善された三次元での速度測定が促進される。この設計はまた、潜在的用途である、任意のトルクを与えることが要求されるより短いブレードで利益を得るだろう。

40

【0148】

他の例の実施形態では、風力タービンは、3つのブレードと、回転軸上で実質的に直交して交差するようにロータ参照系に関してそれぞれ固定された方向に向けられる3つのビームとともに固定された非ピッチングな拡張部に搭載されている各ピッチングブレードとを有する。この設計は、ロータの参照系内の固定された位置での単一の三次元速度測定を可能にする。

【0149】

付加的なビームが、ロータ軸それ自体の上およびロータ軸から離れての両方で、ロータの参照系内の異なる固定された位置で交差することが可能である。この配置は、ロータ

50

回転の使用によりなされる受動的スキャンにより、風力タービンロータの前の拡張された風速場の三次元の測定を、好都合に集めることが可能である。

【 0 1 5 0 】

一実施形態では、測定位置は、風力タービンブレードと差し迫って係り合うことが予想される風速場における点に測定位置が向けられるように、固定または指向することができるので、ブレード先端速度制御または予測的ブレードピッチ制御に寄与される。この場合においては、ロータハブまたはブレードに搭載した測定点で収束するビームと同様に、風力タービンのナセル背面側に、ナセルハウジングの頂点、底部ならびに側面の上または範囲内に、搭載された付加的なドップラービーム源を用いることが有益であるだろう。

【 0 1 5 1 】

図 1 は、タワー 1、ナセル 2、ロータハブ 3、ブレード 4 およびナセル搭載風力測定 1 1 を含む通常の水平軸風力タービンの構成を示している。

【 0 1 5 2 】

図 2 は、風に対して存在する風力タービンの正面図を図示しており、複数のドップラービーム源 5 がナセル 2 の頂点、底部および側面にどのように配置されて搭載されているかの例およびそれらのビームが任意の測定点 6 で交差するよう配置することが可能であることを示している。

【 0 1 5 3 】

図 3 は風力タービンの正面図を再び示しているが、ここでは、ビームが任意の測定点 6 で交差するよう配置される場合に、通過するロータブレード 4 によるビームへの妨害を避けるために、複数のドップラービーム源が、回転ロータハブ 3 上に搭載されている。

【 0 1 5 4 】

図 4 は、ブレード搭載点が、ロータハブそれ自体ではなく、ロータハブ 3 から半径方向の外側に延びる円筒状またはそれに代わる形状の管 1 2 の端部にあつて、ドップラービーム源 5 が、ロータ上ではあるが、ロータハブ直径より大きな基線をもって分離するような位置となることを可能とする新たなブレード搭載方法に関する例を示している。固定された、非ピッチングな拡張管部 1 2 を用いることは、ドップラービーム源はさらに、測定点におけるそれらビームの交差を妨げるまたは交錯するようなピッチング軸を中心に回転しないことを保証する。

【 0 1 5 5 】

図 5 は、規則的な格子または別様に配置されることが可能であつて、風力タービンの正面の異なる範囲にあつてもよい一連の測定点で、それらが良好に、かつ、同時に収束するためのビームスキャンの可能性を図示している。この図においては、ビーム源は、ピッチングブレードそれら自身の上または内部に搭載されるよう示しており、ロータ回転と同様に、ブレードのピッチングがスキャンの際に考慮される必要があるだろうことを暗に示している。

【 0 1 5 6 】

図 6 は、ロータハブの参照系に関する固定点でビームが収束する可能性がある場合に、ロータの回転を使用してなすスキャン方法を図示しているが、これは円形の奇跡上の多数の点での連続したデータ収集を可能とする。

【 0 1 5 7 】

図 7 は、ロータ軸上の点 1 4 で直交して遮蔽する、または同様にロータ軸上でさらに風上の点 1 5 で鋭角に収束するような、ロータハブまたはその拡張部上のビーム源 5 からの複数の固定ビームを用いること、またはブレードにより差し迫って係り合う発生した風速場における点であるまたはないであろうロータ軸から置換された点 1 6 で交差するようになされる固定されたまたはスキャンするビームを用いることの可能性を図示している。測定点 1 6 が、ロータブレード平面に対して近傍にあるこのような場合においては、その際、ロータ軸に対して平行な風速成分を適切に決定するために、ナセルハウジングの頂点、底部または側面のいずれかのナセルの背面側に搭載されたビーム源からさらにビームを用いることは有益であるだろう。

10

20

30

40

50

【 0 1 5 8 】

様々な改良および変形は、本開示の範囲から逸脱することなくなされることが可能である。例えば、多くの異なるビーム源が搭載される位置、枠または包含位置は、本開示の特許請求の範囲内で可能である。図面は、単にいくつかの例示である。

【 図 1 】

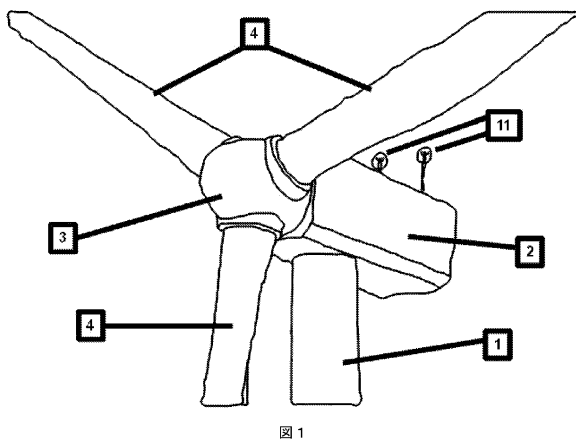


図 1

【 図 2 】

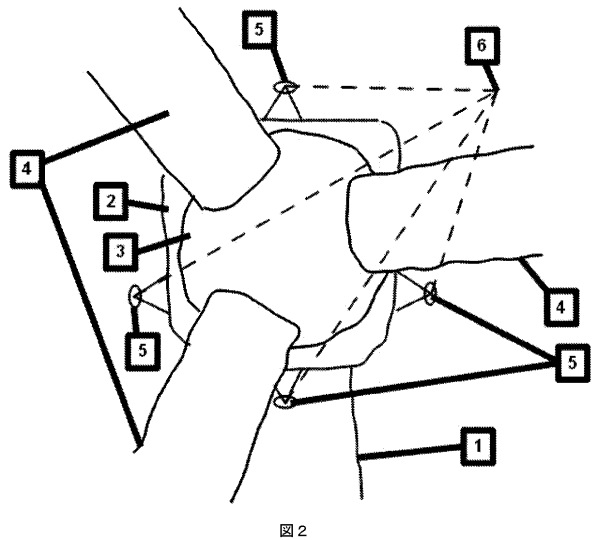


図 2

【 図 3 】

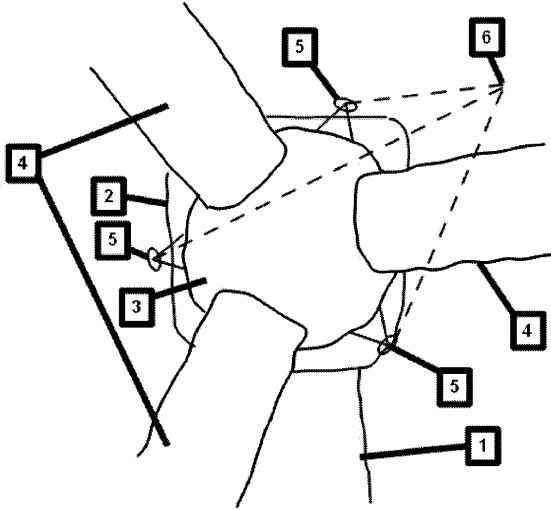


図3

【 図 4 】

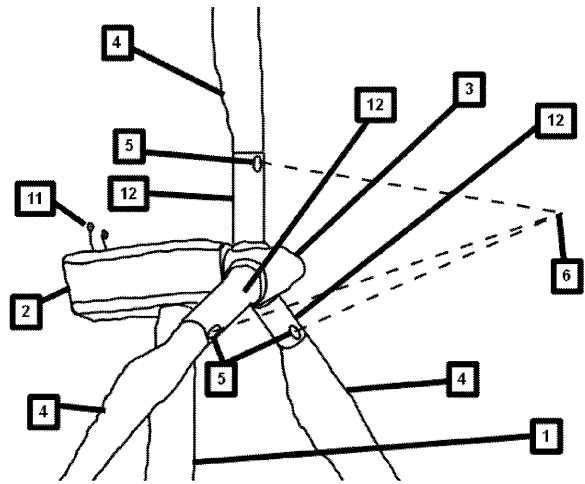


図4

【 図 5 】

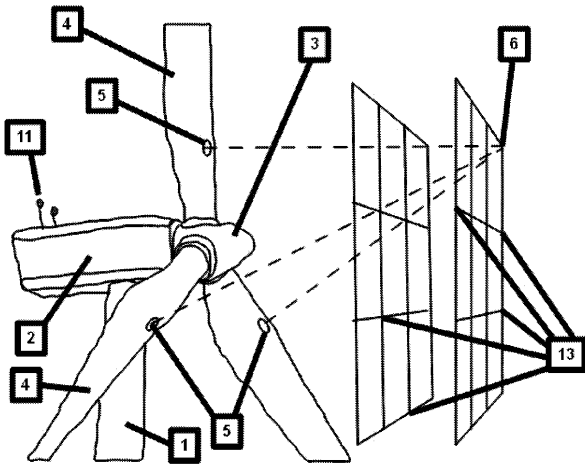


図5

【 図 6 】

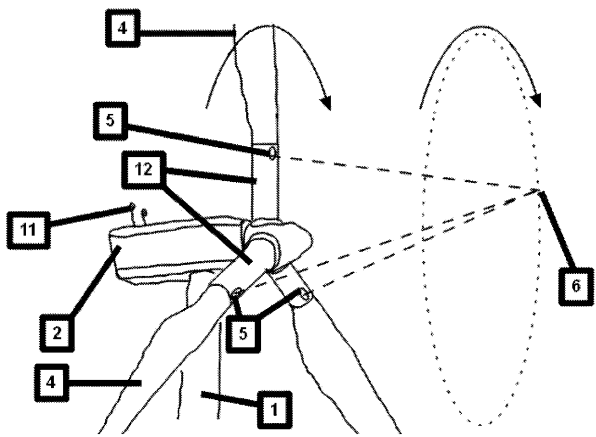


図6

【 図 7 】

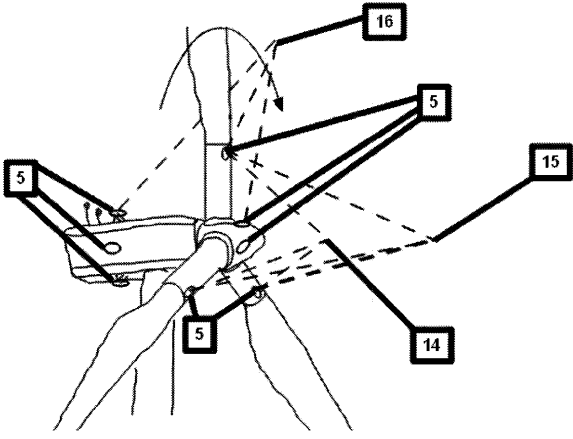


図 7

フロントページの続き

(56)参考文献 米国特許出願公開第2012/0274937 (US, A1)

特開2009-300425 (JP, A)

特表2006-518839 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F03D 80/00

F03D 1/00

F03D 7/00

G01P 5/26

G01S 17/58