

(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2014-181710

(P2014-181710A)

(43) 公開日 平成26年9月29日(2014.9.29)

(51) Int.Cl.

F03D	7/04	(2006.01)
F03D	1/06	(2006.01)
F03D	11/00	(2006.01)

F 1

F 03 D	7/04
F 03 D	1/06
F 03 D	11/00

テーマコード(参考)

3 H 1 7 8

Z

A

A

審査請求 有 請求項の数 20 O L 外国語出願 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2014-52923 (P2014-52923)
 (22) 出願日 平成26年3月17日 (2014.3.17)
 (31) 優先権主張番号 13/837, 220
 (32) 優先日 平成25年3月15日 (2013.3.15)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 511249017
 フロンティア・ウインド、エルエルシー
 アメリカ合衆国ペンシルバニア州1942
 8, ウエスト・コンショホッケン, フォー
 ・フォールズ・コーポレート・センター
 100, スイート 215
 (74) 代理人 100140109
 弁理士 小野 新次郎
 (74) 代理人 100075270
 弁理士 小林 泰
 (74) 代理人 100101373
 弁理士 竹内 茂雄
 (74) 代理人 100118902
 弁理士 山本 修

最終頁に続く

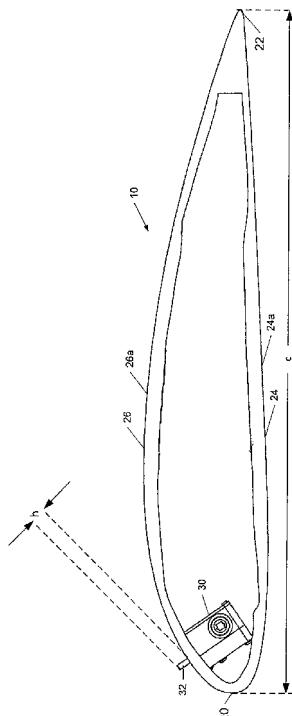
(54) 【発明の名称】空力翼上の分布負荷管理デバイスの作動

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】風力タービンおよび/または風力タービン翼の上の複数の負荷管理デバイスの一部のみを作動させるためのシステム、装置、および方法を提供すること。

【解決手段】作動シーケンスは、付け根 - 先端作動シーケンス、先端 - 付け根作動シーケンス、最大分布負荷作動シーケンス、ランダム作動シーケンス、サイクルカウント作動シーケンスで、さらに2つ以上の作動シーケンスの組合せが、所望の結果を達成するために利用されてもよい。システムは、動作条件にしたがって適切な翼ベース作動シーケンスまたはロータベース作動シーケンスを選択してもよく、複数の作動シーケンスを交互に利用してもよく、風力タービンの複数の翼間においてそれぞれ異なる作動シーケンスを利用してよい。負荷管理デバイスは、それぞれ異なる最大高さまたは可変高さへと作動されるように構成されてもよい。

【選択図】図4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

エーロフォイル上の負荷管理デバイスを作動させるための方法であって、
エーロフォイル制御デバイスにより、エーロフォイルにおける動作条件を判定するステップと、

前記エーロフォイル制御デバイスにより、前記動作条件に応じて作動すべき負荷管理デバイスの個数を判定するステップであって、作動すべき負荷管理デバイスの前記個数は、前記エーロフォイル上の複数の負荷管理デバイスの中の全数未満である、ステップと、

前記エーロフォイル制御デバイスにより、前記個数の負荷管理デバイスを作動させるための作動シーケンスを決定するステップと、

前記エーロフォイル制御デバイスにより、前記決定された作動シーケンスにしたがって前記個数の負荷管理デバイスを作動させるステップと
を含む、方法。

【請求項 2】

前記複数の負荷管理デバイスは、可変高さまで作動されるように構成され、前記個数の負荷管理デバイスを作動させる前記ステップは、第2の負荷管理デバイスとは異なる高さへと第1の負荷管理デバイスを作動させるステップを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

前記作動シーケンスは、前記個数の負荷管理デバイスを作動させる前記ステップが、前記個数の最も内側の負荷管理デバイスを作動させるステップを含むような、付け根 - 先端作動シーケンスである、請求項1に記載の方法。

【請求項 4】

前記エーロフォイルは、風力タービンの一部であり、前記エーロフォイルにおける前記動作条件を判定する前記ステップは、前記風力タービンのロータ速度を判定するステップを含み、前記個数の最も内側の負荷管理デバイスを作動させる前記ステップは、前記風力タービンの前記ロータ速度が最大定格ロータ速度であるという判定に応答する、請求項3に記載の方法。

【請求項 5】

前記作動シーケンスは、前記個数の負荷管理デバイスを作動させる前記ステップが、前記エーロフォイル上の前記個数の最も外側の負荷管理デバイスを作動させるステップを含むような、先端 - 付け根作動シーケンスである、請求項1に記載の方法。

【請求項 6】

前記エーロフォイルは、風力タービンの一部であり、前記エーロフォイルにおける前記動作条件を判定する前記ステップは、前記風力タービンのロータ速度を判定するステップを含み、前記個数の最も外側の負荷管理デバイスを作動させる前記ステップは、前記風力タービンのロータ速度が最大定格ロータ速度未満であるという判定に応答する、請求項5に記載の方法。

【請求項 7】

前記エーロフォイルにおける前記動作条件を判定する前記ステップは、前記複数の負荷管理デバイスのそれぞれの位置において前記エーロフォイルに対して作用する空力負荷を判定するステップを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 8】

前記作動シーケンスは、前記個数の負荷管理デバイスを作動させる前記ステップが、前記判定された空力負荷の最大負荷位置に配設された負荷管理デバイスを作動させるステップを含むような、最大分布負荷シーケンスである、請求項7に記載の方法。

【請求項 9】

前記エーロフォイル制御デバイスにより、前記複数の負荷管理デバイスが以前に作動された回数を示すサイクルカウントを判定するステップであって、前記作動シーケンスは、前記個数の負荷管理デバイスを作動させる前記ステップが、前記判定されたサイクルカウントの最小サイクルカウントを有する負荷管理デバイスを作動させるステップを含むよう

な、サイクルカウント作動シーケンスである、ステップをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 0】

前記作動シーケンスは、前記個数の負荷管理デバイスを作動させる前記ステップが、前記個数のランダムに位置する負荷管理デバイスを作動させるステップを含むような、ランダムシーケンスである、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 1】

風力タービンの翼上の負荷管理デバイスを作動させるための方法であって、翼制御デバイスにより、前記風力タービンの動作条件を判定するステップと、前記風力タービンの複数の翼の中の各翼について、

前記翼制御デバイスにより、前記動作条件にしたがって前記翼上の作動すべき負荷管理デバイスの個数を判定するステップであって、作動すべき負荷管理デバイスの前記個数は、前記翼上の複数の負荷管理デバイスの全数未満である、ステップと、

前記翼制御デバイスにより、前記翼上の前記個数の負荷管理デバイスを作動させるための作動シーケンスを決定するステップと、

前記翼制御デバイスにより、前記決定された作動シーケンスにしたがって前記個数の負荷管理デバイスを作動させるステップとを含む、方法。

【請求項 1 2】

前記複数の翼の中の第 1 の翼に対する作動シーケンスが、前記複数の翼の中の第 2 の翼に対する作動シーケンスとは異なる、請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 1 3】

前記第 1 の翼に対する前記作動シーケンスは、前記第 1 の翼上の前記個数の負荷管理デバイスを作動させる前記ステップが、前記個数のランダムに位置する負荷管理デバイスを作動させるステップを含むような、ランダムシーケンスである、請求項 1 2 に記載の方法。

【請求項 1 4】

前記第 2 の翼に対する前記作動シーケンスは、前記第 2 の翼用の前記個数の負荷管理デバイスを作動させる前記ステップが、前記個数の最も内側の負荷管理デバイスを作動させるステップを含むような、付け根 - 先端シーケンスである、請求項 1 3 に記載の方法。

【請求項 1 5】

前記第 2 の翼用の前記作動シーケンスは、前記第 2 の翼用の前記個数の負荷管理デバイスを作動させる前記ステップが、前記個数の最も内側の負荷管理デバイスを作動させるステップを含むような、先端 - 付け根シーケンスである、請求項 1 3 に記載の方法。

【請求項 1 6】

前記複数の負荷管理デバイスは、可変高さまで作動されるように構成され、前記個数の負荷管理デバイスを作動させる前記ステップは、第 2 の負荷管理デバイスとは異なる高さへと第 1 の負荷管理デバイスを作動させるステップを含む、請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 1 7】

風力タービンの翼上の偏向板を作動させるための方法であって、

制御装置により、前記風力タービンにおける動作条件を判定するステップと、

前記制御装置により、前記動作条件にしたがって前記風力タービン上の作動すべき偏向板の総数を判定するステップであって、作動すべき偏向板の前記総数は、前記風力タービン上の複数の偏向板の全数未満である、ステップと、

前記制御装置により、前記風力タービン上の前記個数の偏向板を作動させるための作動シーケンスを決定するステップと、

前記制御装置により、前記風力タービン上の前記個数の偏向板を作動させるステップとを含む、方法。

【請求項 1 8】

前記制御装置により、前記風力タービンの複数の翼の中のそれぞれの上の作動すべき偏

10

20

30

40

50

向板の個数を判定するステップであって、前記複数の翼の中のそれぞれの上の作動すべき偏向板の前記個数は、前記風力タービン上の作動すべき偏向板の前記総数と同一である、ステップをさらに含む、請求項17に記載の方法。

【請求項19】

前記複数の翼の中の第1の翼に対する作動シーケンスが、前記複数の翼の中の第2の翼用の作動シーケンスとは異なる、請求項18に記載の方法。

【請求項20】

前記第1の翼の上のある個数のランダムに位置する偏向板を作動させるステップであって、偏向板の前記個数は、その合計が、前記第1の翼上において作動すべき偏向板の個数となる、ステップと、

前記第2の翼の上のある個数の最も内側の偏向板を作動させるステップであって、最も内側の偏向板の前記個数は、その合計が、前記第2の翼上において作動すべき偏向板の前記判定された個数となる、ステップと

をさらに含む、請求項19に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[001]本出願は、一般的には風力タービンの設計および制御に関する。より詳細には、本発明のいくつかの態様は、風力タービンの空力学的作用の変更に関する。

【背景技術】

【0002】

[002]化石燃料および他の従来的なエネルギー源は、それらの入手可能性の低下および環境に対する悪影響により、支持率が低下し続けている一方で、クリーンな再生可能エネルギー源が、急速な成長を見せている。今後数年のうちに、これらの化石燃料が不足状態になり続けることにより、およびかかるエネルギー源の環境的影響に関する知識が得られるようになることにより、クリーンな再生可能エネルギーに対する需要は増加し続けるであろう。かかるクリーンな再生可能エネルギー源の1つが、風力である。例えば、風からの運動エネルギーが、例えば風力タービンなどを使用することにより、電気へと変換され得る。したがって、電気は、これらの高額かつ環境的危険性を有する化石燃料のいずれを燃焼することもなく生成され得る。

【0003】

[003]風力タービンは、それらの翼の受風面積に比例した出力を生成する。したがって、風力タービン翼の長さ（例えば翼長）を長くすることにより、より多大なエネルギーが生成され得る。しかし、風力タービン用のロータ属性（ロータの直径など）の選択は、弱風時により多大なエネルギーを生成するためのより長い翼と、強風時に負荷を制限するためのより短い翼との間における、設計トレードオフとなる。より長い翼を有する風力タービンは、受風面積を増大させるため、これによってより多大な出力を生成する。しかし、高風速時には、より長い翼を有する風力タービンは、その構成要素に対してより高い要求を課し、構成要素の損傷を回避するためにタービンを運転停止しなければならない状況をより多く生み出す。風速平均が損傷を引き起こすほど高くはない状況であっても、周期的な突風が、風の速度および方向を共に変え、設備に損傷を与えるのに十分な強さとなり得る力を印加し得る。

【0004】

[004]出力の上昇、運転停止の減少、および構成要素に対する損傷例の減少において様々なレベルの成功を伴ったアプローチが、試みられてきた。例えば、ピッチ制御が、翼のピッチ（すなわち翼の角度）を変更するために利用されている。ピッチ制御型風力タービンにおいては、タービン上の電子制御装置が、タービンの出力を確認する。出力が、あるしきい値を超過する場合には、翼ピッチ機構が、動翼を回転させることにより動翼に対する負荷を減少させる。これらの翼は、後に風が再びおさまると、回転されて戻される。しかし、ピッチ制御は、風の変化に対する応答がかなり遅くなり得るため、急激な突風によ

り与えられる負荷に対しては比較的効果が低い。

【0005】

[005]失速制御が、もう1つのアプローチであり、これは、より高い出力を達成し、運転停止および構成要素に対する損傷を減少させようという試みにおいて利用されてきた。受動タイプの失速制御型風力タービンにおいては、動翼は、固定角度配向でハブに対して取り付けられる。失速制御は、翼の形状が、風速があるしきい値を超過する場合に翼が空力学的失速（揚力の消滅）状態になるような形状であることによって、受動的に実現される。能動タイプの失速制御型風力タービンが存在する。かかるシステムにおいては、動翼は、翼に沿って失速を生じさせるように調節される。しかし、これらの両タイプの失速制御システムは、最適化が困難かつ応答が遅くなり得るため、所望を下回る結果予測性を被り得る。これらの欠点は、不規則な風および突風を伴う条件においては誇張される。10

【0006】

[006]可変長動翼システムもまた、より高い出力を達成し、被る運転停止および構成要素に対する損傷を減少させる試みとして利用されてきた。かかるシステムにおいては、風力タービン動翼は、その長さを風速に基づき調節し得るように、伸縮式である。これは、動翼が、弱風条件においてはより高い出力を生成するように延伸され、強風条件においてはより低い負荷へと収縮され得る点で、有利となる。「Telescoping Wind Turbine Blade」と題され、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる、米国特許第6,902,370号は、伸縮型風力タービン動翼を有する風力タービンシステムを開示している。可変長動翼システムが、いくつかの利点を有する一方で、これらは、不規則な風の条件においては短所を示す場合があり、または突風を被る際には応答が遅すぎる場合がある。20

【0007】

[007]より近年では、偏向板が、風力タービンの構成要素に対する負荷を制御するために使用されている。例えば、偏向板は、風力タービン翼に対する気流を妨害することにより、揚力および風力タービン構成要素に対してかかるそれに対応する負荷を軽減させるために、使用されている。例えば、「Wind Turbine with Deployable Air Deflectors」と題され、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる、米国特許第8,267,654号は、負荷を制御するための風力タービン翼上における偏向板の使用を説明している。これらの偏向板は、センサまたは他の構成要素が、出力生成、速度、加速度、または負荷等々がしきい値を超過したことを感知した場合に、展開され、したがってこれらの感知された出力生成、速度、加速度、負荷等々をしきい値内に戻すように展開される。30

【0008】

[008]いくつかの例においては、複数の偏向板が、負荷を制御するために風力タービンおよび/または風力タービン翼において使用される。例えば、いくつかの実施形態においては、複数の偏向板が、風力タービン翼の長さ部分に沿って配置される。したがって、複数の偏向板の中の1つまたは複数が、上述のように負荷を制御するために展開され得る。しかし、かかる実施形態においては、いくつかの偏向板が、他の偏向板よりも多く展開されることにより、結果としていくつかは活動過剰となり（したがって早期故障を引き起こす）、他は過少使用となる場合がある。さらに、展開された各空気偏向板の翼長方向位置によっては、いくつかの条件に対して、いくつかの偏向板が、他よりも効果が低くなり得るため、結果として必要以上の偏向板が展開されることとなる（したがって最終的に、システム全体に対するデューティサイクルの合計が上昇する）。40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】米国特許第6,902,370号

【特許文献2】米国特許第8,267,654号

【発明の概要】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】**【0010】**

[009]したがって、電気がより価値の高い商品となり続けるという理由から、および風力タービンが電力不足の問題を解決するための環境に優しい解決策をもたらすという理由から、前述の欠点を解消し、出力の上昇、タービンの運転停止の減少、および構成要素に対する損傷の減少を実現する風力タービン設計が望ましい。

【課題を解決するための手段】**【0011】**

[010]次に、本発明のいくつかの態様の基本的な理解を促すために、本発明の簡単な概要を示す。本概要は、本発明の包括的概観ではない。本発明の重要な要素を特定すること、または本発明の範囲を詳細に説明することを意図しない。以下の概要是、以下に提示されるさらに詳細な説明の前置きとして簡単な形で本発明のいくつかのコンセプトを示すに過ぎない。

【0012】

[011]本発明の1つまたは複数の態様は、エーロフォイル上の1つまたは複数の負荷管理デバイスを作動させるための作動シーケンスを提供することにより、先行技術における限界を克服する。例えば、いくつかの実施形態においては、風力タービンおよび／または風力タービン翼上の複数の負荷管理デバイスの一部のみを作動させる作動シーケンスが提供される。これらの作動シーケンスは、所望の結果（例えば、翼、タワー、ドライブトレーン等々に対する負荷などの負荷の軽減、出力の上昇、負荷管理デバイスのデューティサイクルの低下等々）が達成され得るように、感知した動作条件に応答して利用され得る。

【0013】

[012]いくつかの態様によれば、付け根 - 先端作動シーケンスが利用されてもよい。かかる実施形態においては、風力タービンおよび／または風力タービン翼の1つまたは複数の最も内側の負荷管理デバイスが、所望の結果を達成するために作動され得る。

【0014】

[013]他の態様によれば、先端 - 付け根作動シーケンスが利用されてもよい。かかる実施形態においては、風力タービンおよび／または風力タービン翼の1つまたは複数の最も外側の負荷管理デバイスが、所望の結果を達成するために作動され得る。

【0015】

[014]他の態様によれば、最大分布負荷作動シーケンスが利用されてもよい。かかる実施形態においては、風力タービンおよび／または風力タービン翼の1つまたは複数の負荷管理デバイスが、感知された最大空力負荷の位置の付近において作動され得る。

【0016】

[015]他の態様によれば、ランダム作動シーケンスが利用されてもよい。かかる実施形態においては、風力タービンおよび／または風力タービン翼の1つまたは複数のランダムな負荷管理デバイスが、作動され得る。

【0017】

[016]他の態様によれば、サイクルカウント作動シーケンスが利用されてもよい。かかる実施形態においては、合計累積展開サイクルが最も低い、風力タービンの、および／または風力タービン翼に沿った、1つまたは複数の負荷管理デバイスが、作動され得る。

【0018】

[017]他の態様によれば、2つ以上の作動シーケンスの組合せが、風力タービンおよび／または風力タービン翼に対して利用されてもよい。例えば、いくつかの実施形態においては、付け根 - 先端作動シーケンスが、いくつかの感知される動作条件に対して利用されてもよく、その一方で、先端 - 付け根作動シーケンスが他の感知される動作条件に対して利用されてもよい。いくつかの実施形態においては、ランダム作動シーケンスまたはサイクルカウント作動シーケンスが、風力タービンの翼の中の一部のみに対して利用され、異なる作動シーケンス（例えば、付け根 - 先端、先端 - 付け根、最大分布負荷等々）が、風力タービンの他の翼に対して利用されてもよい。他の実施形態においては、1つまたは複数の負荷管理デバイスが、複数の動作条件に対して同時に利用され得る。

10

20

30

40

50

数の作動シーケンスが、風力タービンおよび／または風力タービンの翼において、1つまたは複数の他の作動シーケンスとの間で交互に利用されてもよい。

【0019】

[018]添付の図面を鑑みつつ以下の説明を参考することにより、本発明およびその利点のより完全な理解が得られよう。添付の図面においては、同様の参照番号は、同様の特徴を示す。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】[019]本発明の第1の実施形態による風力タービンの斜視図である。

10

【図2】[020]通常の風条件下にある気流を示す、動翼の概略断面図である。

【図3】[021]負荷管理デバイスが延伸位置にある状態での気流を示す、図2の動翼の概略断面図である。

【図4】[022]本発明の一態様による空気偏向板を示す動翼の断面図である。

【図5】[023]収縮位置にある図4の空気偏向板を示す動翼の等角断面図である。

【図6】[024]延伸位置にある図4の空気偏向板を示す動翼の等角断面図である。

【図7】[025]動翼に沿って翼長方向に配置された複数の空気偏向板を備える動翼の概略図である。

【図8】[026]風力タービンに関する例示的な出力曲線の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

20

[027]様々な実施形態の以下の説明においては、本明細書の一部を構成し、本発明を実施し得る様々な実施形態を例示として示す、添付の図面を参照とする。他の実施形態を使用し得る点と、本発明の範囲から逸脱することなく構造的および機能的な変更をなし得る点とを理解されたい。

【0022】

[028]本発明の態様は、風力タービンに配設される複数の負荷管理デバイスと、感知した動作条件に応答して負荷管理デバイスの中の1つまたは複数を作動させる方法とに関する。さらに、本発明の態様は、風力タービン翼上の負荷管理デバイスの中の一部のみを作動させることと、作動させるべき負荷管理デバイスの判定において使用される作動シーケンスとに関する。

30

【0023】

[029]図1は、ナセル8を支持するタワー6を有する土台4上の風力タービン2を示す。1つまたは複数の翼10が、ボルトフランジ14を介してハブ12に対して装着される。図示する実施形態においては、風力タービンは、3つの翼10を備える。ハブ12は、ナセル8内のギヤボックス、発電機、および他の構成要素に対して連結される。翼10は、固定長さを有してもよく、または図1に示すように可変長タイプの、すなわち伸縮式のものであってもよい。図1に示すように、各可変長動翼10は、付け根部分または基礎部分16と、先端部分18とを備える。先端部分18は、動翼10の長さの増減を可制御的に行うために、およびその結果として動翼10の受風面積の増減をそれぞれ行うために、付け根部分16に対して可動である。スクリュードライブ、ピストン／シリンド、またはブーリ／ワインチなどの任意の所望の駆動システムが、付け根部分16に対して先端部分18を移動させるために使用されてもよい。かかる駆動システムは、「Telescope Wind Turbine Blade」と題され、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる、米国特許第6,902,370号に記載されている。風力タービン2は、ヨー・ドライブおよびヨー・モータ（図示せず）をさらに備える。

40

【0024】

[030]各動翼10は、図3に概略的に示すように、1つまたは複数の負荷管理デバイス28を備えてもよい。図面に示す翼10は、単なる1つの例示的な断面設計であり、無限の断面的多様性が、本発明の一部として使用され得るものと認識される。動翼10は、繊維ガラスおよび／または炭素繊維などの、任意の適切な構造および材料からなるものであ

50

つてもよい。翼 10 上に配置された負荷管理デバイス 28 は、例えば動翼 10 における揚力を消滅させる（したがって風力タービン 2 の構成要素に対する対応する負荷を低下させる）ためになど、動翼 10 に沿って気流を消滅させてもよい。負荷管理デバイス 28 の機能性は、図 2～図 3 に概略的に示される。例えば、図 2 は、動翼 10 が、通常の風条件下において気流を受ける様子を示す。動翼 10 は、前縁 20、後縁 22、高圧側 24、および低圧側 26 を有する。翼弦線 c は、翼 10 の前縁 20 と後縁 22 との間の線として定義することが可能である。動翼 10 の前縁側は、動翼 10 の前縁側半部に相当し、動翼 10 の後縁側は、動翼 10 の後縁側半部に相当するものと認識される。

【0025】

[031] いずれの負荷管理デバイス 28 も作動されない状態では（例えば図 2 に示すよう 10
な）、低圧側 26 と高圧側 24 との間の差圧により生成される揚力は、風速の上昇と共に上昇する。例えば、強曲線表面 26a および対向側の弱曲線表面 24a は、周知の空力学的原理により、低圧側 26 および高圧側 24 の動力学作用を生成する。これは、動翼 10 に対する気流との組合せにおいて、ロータの回転を支援する「揚力」として知られる効果を生じさせる。負荷管理デバイス 28 がない状態では、高風速時には、風力タービン 2 は、1つまたは複数の構成要素に対して損傷をもたらす負荷を被り得る。例えば、風力タービン 2 のロータ速度が上昇するにつれて、様々な構成要素に対する負荷が上昇することにより、ならびに、風速が過度に高くなると、低圧側 26 および高圧側 24 との間の差圧により生成される揚力が風速と共に上昇し続け、したがって風力タービン 2 のロータ速度が上昇することにより、風力タービン 2 は、損傷をもたらす負荷を被り得る。
20

【0026】

[032] したがって、本発明のいくつかの態様は、1つまたは複数の負荷管理デバイス 28 を使用することにより、例えば風速が過度に高くなった場合などに動翼 10 に沿って気流を妨害することによって、揚力およびロータ速度を低下させ、風力タービン 2 およびその様々な構成要素に対する負荷を低下させる。図 3 は、負荷管理デバイス 28 を使用する動翼 10 を示す。負荷管理デバイス 28 は、気流を妨害するのに適した任意の負荷管理デバイスであってもよい。本発明のいくつかの態様によれば、負荷管理デバイス 28 は、例えば、以降でさらに十分に論じられるような空気偏向板であってもよい。負荷管理デバイス 28 は、動翼 10 が風力タービン 2 の最大定格速度を超過しつつあるとセンサが判定した場合に、および／または風力タービン 2 の様々な構成要素に対する負荷がしきい値を超過しつつあるとセンサが感知した場合に、作動される。負荷管理デバイス 28 は、動翼 10 の側部に沿って（図示する実施形態においては、低圧側 26 に沿って）流れ剥離を誘発する。したがって、作動時には、負荷管理デバイス 28 は、例えば強風条件などにおいて風力タービン 2 の様々な構成要素が被る負荷を低下させるように助長し得る。
30

【0027】

[033] 図 4 は、本発明の1つまたは複数の態様による負荷管理デバイス 28 の一例としての空気偏向板 32 を使用する動翼 10 の断面図を示す。図 4 において分かるように、動翼 10 は、少なくとも1つのアクチュエータ 30 をさらに備える。空気偏向板 32 は、空気偏向板 32 が動翼 10 の外部表面から延伸する延伸位置と、空気偏向板 32 が動翼 10 の外部表面と実質的に同一平面に位置するか、またはこの外部表面から引っ込んだ位置に位置するか、またはこの外部表面から他の態様で物理的に延伸しない、収縮位置との間ににおいて可動である。例えば、アクチュエータ 30 は、例えば制御装置（図示せず）などにより指示された場合に、感知した動作条件にしたがって偏向板 32 を延伸および収縮させて得る。
40

【0028】

[034] 図 4 は、動翼 10 の低圧側 26 における気流に影響を与えるためのアクチュエータ 30 および空気偏向板 32 の配置を示す。しかし、実際には、アクチュエータ 30 および空気偏向板 32 は、動翼 10 の高圧側 24 における気流に影響を与えるように配置されてもよい。さらに、アクチュエータ 30 および空気偏向板 32 は、動翼に沿って任意の翼弦方向位置に配置されてもよく、いくつかの実施形態においては、空気偏向板 32 は、図
50

示するような動翼 10 の前縁半部ではなく後縁半部に配設される。さらに、および以降においてより十分に論じられるように、動翼 10 は、2つ以上のアクチュエータ 30 および / または空気偏向板 32 を備えてもよい。

【0029】

[035] 空気偏向板 32 は、所望の風力タービン条件パラメータに基づき、およびさらには使用される負荷管理デバイス 28 の個数を鑑みて、サイズ設定されてもよい。空気偏向板 32 は、繊維ガラス、炭素繊維、ステンレス鋼、プラスチック、ポリカーボネート、および / またはアルミニウム等々の任意の適切な材料から作製されてもよい。空気偏向板 32 は、例えば数センチメートルから数メートルまで(数インチから数フィートまで)など、任意の所望の幅を有するものであってもよい。さらに、空気偏向板 32 は、エーロフォイル表面から、例えば翼弦 c の 1 パーセント未満から数パーセントまでなど任意の所望の高さまで延伸してもよく、空気偏向板 32 は、選択される材料に基づき任意の適切な厚さを有してもよく、典型的には 2.54 cm (1 インチ) 未満の厚さを有する。

10

【0030】

[036] 図 5 ~ 図 6 は、空気偏向板 32 が収縮位置(図 5)および延伸位置(図 6)にある状態のアクチュエータ 30 を示す、動翼 10 の等角断面図である。アクチュエータ 30 は、動翼 10 の表面輪郭を実質的に維持するための接続装置により適切に取付けられる。別の構成においては、アクチュエータ 30 の前縁面が、動翼 10 の下側に対して取り付けられてもよい。ハードウェアおよび接着剤などの適切な固定具が使用されてもよい。

20

【0031】

[037] 本発明のいくつかの態様によれば、複数の負荷管理デバイス 28 が、動翼 10 上に設けられてもよい。例えば、いくつかの実施形態においては、複数のアクチュエータ 30 および / または空気偏向板 32 が、動翼 10 の長さ部分に沿って翼長方向に配置および離間されてもよい。図 7 に示すように、複数の空気偏向板 32a ~ 32i が、動翼 10 に沿って配置されてもよい。図 7 においては、風力タービン 2 の他の構成要素(例えば、他の動翼 10、タワー 6、土台 4 等々)は、単純化のために切り捨てられているおよび / または図示されていない。しかし、2つのさらなる動翼 10 が、図 7 に示すものと同様の様式で配置された複数の空気偏向板 32 を備え得ることが、本開示の利益を享受する当業者には理解されよう。複数の負荷管理デバイス 28 (例えば複数のアクチュエータ 30 および / または空気偏向板 32) を備えるかかる実施形態においては、任意の所与の時間に作動される(例えば延伸される)負荷管理デバイス 28 の個数は、動翼 10 および / または風力タービン 2 の感知した動作条件によって決定されてもよい。例えば、いくつかの例においては、センサ(例えば、加速度計、差圧センサ、速度センサ、出力センサ等々)により、風力タービン 2 のロータ速度が風力タービン 2 の最大定格速度以上であることを判定してもよい。したがって、制御装置または他の適切なデバイス(図示せず)が、1つまたは複数のアクチュエータ 30 に対して1つまたは複数の空気偏向板 32 を作動させるように指示することにより、ロータ速度および / または負荷を許容範囲内に戻してもよい。

30

【0032】

[038] 図 7 に戻ると、いくつかの実施形態においては、全ての使用可能な負荷管理デバイス 28 (例えば空気偏向板 32a ~ 32i) が、ロータ速度および / または負荷を許容範囲内に戻すために作動されてもよい。例えば、風力タービン 2 が、非常に強い風を被りつつある場合には、全ての使用可能な負荷管理デバイス 28 (例えば空気偏向板 32a ~ 32i) が、例えば風力タービンの運転停止などを回避するために作動されてもよい。しかし、他の実施形態においては、制御装置または他のデバイスは、動翼 10 に設けられた負荷管理デバイス 28 (例えば空気偏向板 32a ~ 32i) の一部のみが、ロータ速度および / または感知された負荷を許容範囲内に戻すために作動される必要があると判断してもよい。かかる実施形態においては、制御装置または同様のデバイスは、以降でさらに十分に論じられるように、決定された作動シーケンスにしたがって使用可能な空気偏向板 32a ~ 32i の一部のみを作動せしめるよう、1つまたは複数のアクチュエータ 30 に指示することになる。

40

50

【0033】

[039] いくつかの実施形態においては、制御装置が、使用可能な空気偏向板32a～32iの全てを常に作動させるわけではないため、いくつかの空気偏向板32は、システム（例えば翼10および／または風力タービン2など）の寿命にわたって他のものよりも作動される場合がある。例えば、各空気偏向板32は、例えば空気偏向板32の翼10に沿った翼長方向位置などに応じて、それぞれ個別に負荷に対して影響を及ぼし得る。例えば、空気偏向板32a（例えば翼10の付け根35付近に配置された最も中央寄りの空気偏向板32）は、空気偏向板32i（例えば翼10の先端37付近に配置された最も外側寄りの空気偏向板32）とは大きく異なるように負荷に対して影響を及ぼし得る。したがって、いくつかの実施形態においては、制御装置が、空気偏向板32iよりもさらに高い頻度で空気偏向板32aを作動させることにより、負荷を制御してもよい。かかる実施形態においては、空気偏向板32aは、活動過剰となり得る（例えば、翼10に沿った他の空気偏向板32よりも多く使用される）。1つの空気偏向板を過剰使用すると、その空気偏向板が他のものに大きく先んじて故障する結果となるため、例えば活動過剰な偏向板などの修理のためになど、風力タービン2の運転停止を招く場合がある。

10

【0034】

[040] 本発明のいくつかの実施形態によれば、例えば各空気偏向板32のデューティサイクル（例えば被ることとなる展開／収縮サイクル数など）が同等になるように、作動対象の空気偏向板32を変更することによって、風力タービン2システム全体が保護されてもよい（例えばより少なく運転停止を受ける等々）。これは、例えば風力タービン2の運転停止の減少などを結果としてもたらし得る。例えば、各空気偏向板32のデューティサイクルが、ほぼ同等である場合には、風力タービン2は、全ての空気偏向板32がその耐用寿命に至った時点の付近においてメンテナンス（例えば空気偏向板32の交換等々）のために運転停止が必要となるに過ぎなくなり得る。

20

【0035】

[041] さらに、各空気偏向板32が、例えば動作条件等々に応じてそれぞれ個別に風力タービン2の負荷および／または電力発生に対して影響を及ぼし得るため、特定の条件に対して効果がより低い空気偏向板32を作動させることが、システム全体のデューティサイクルの上昇につながり得る。例としては、いくつかの動作条件（例えば、風速、風力タービン2のロータ速度、翼10のピッチ等々）においては、空気偏向板32i（例えば最も外側の空気偏向板32）は、例えば空気偏向板32a（例えば最も内側の空気偏向板32）よりも、負荷の低減においてより高い効果を有する場合がある。したがって、制御装置が、所与の動作条件に対して風力タービン2に対する負荷を低下させるためなどに、1つまたは複数の空気偏向板32が作動される必要があると判断した場合には、空気偏向板32aを作動せることは、空気偏向板32iを作動せることよりも効果がより低くなる。したがって、制御装置が、空気偏向板32aを作動させない場合には、所望の負荷低減を達成するためには、結果的に、空気偏向板32iを作動させた場合に比べてより多数の空気偏向板32を作動せることが必要になり得る。換言すれば、この実施形態においては、1つの外側空気偏向板32（例えば先端37付近の空気偏向板32）と同一の負荷低減の利益を実現するために、2つ以上の内側空気偏向板32（例えば付け根35付近の空気偏向板32）が必要となり得る。したがって、このシステム全体についての空気偏向板32のデューティサイクルは、必要となり得る（例えば1つ）よりも多数の空気偏向板32が作動される（例えば2つ）ことにより、上昇し得る。

30

【0036】

[042] 本発明のいくつかの態様によれば、制御装置等々が、種々の作動シーケンスを利用して翼10に沿った1つまたは複数の空気偏向板32a～32i（しかし例えば空気偏向板32a～32iの中の一部のみ）を作動させることにより、例えば所望の負荷軽減および／または出力上昇の利益を依然として達成しつつ、各空気偏向板32および／またはシステム全体のデューティサイクルを低下させてもよい。各シーケンスに対して、制御装置は、初めに動作条件（例えば、風速、風力タービン2のロータ速度、翼10のピッチ等

40

50

々)を判定し、それに応じて利用すべき作動シーケンスを決定してもよい。

【0037】

[043]例えば、いくつかの実施形態においては、1つまたは複数の空気偏向板32が、付け根-先端シーケンスを利用して作動されてもよい。図7に示すように、複数の空気偏向板32a～32iが、翼10の付け根35から翼10の先端37にかけて翼10に沿って配置されてもよい。いくつかの動作条件に対して、内側空気偏向板32(例えば付け根35のより近くに配置されたもの)が、外側空気偏向板32(例えば先端37のより近くに配置されたもの)よりも、所望の結果(例えば風力タービン2に対する負荷の軽減、最大出力の達成、等々)を達成するのにより高い効果を有し得ると、制御装置が判断する場合がある。したがって、かかる動作条件については、制御装置は、付け根-先端シーケンスを利用して2つ以上の空気偏向板32を作動させてもよい。かかる作動シーケンスについて、制御装置は、付け根35の最も近くに配置された所望の個数の空気偏向板32(例えば最も内側の空気偏向板32)を作動させてもよい。例えば、最も内側の空気偏向板32が最も効果的に所望の結果を達成するような動作条件であると、制御装置が判断した場合には、および、その結果を達成するために1つの内側空気偏向板32を作動させることが必要であると、制御装置が判断した場合には、制御装置は、例えば、付け根-先端シーケンスにしたがい、それにより空気偏向板32aを作動させ得る。他の実施形態においては、最も内側の空気偏向板32が最も効果的に所望の結果を達成するような動作条件であると、制御装置が判断した場合には、制御装置は、例えば、付け根-先端シーケンスにしたがい、それにより最も内側の空気偏向板32aから開始させ、続く3つの最も内側の空気偏向板32b～32dを作動させ得る。かかる作動シーケンスは、所望の結果を達成するためにより少ない(しかしそれが効果的な)空気偏向板32が作動され得ることにより、結果的には全体としてのシステムの合計デューティサイクルを低下させ得る。

10

20

30

40

【0038】

[044]他の実施形態においては、1つまたは複数の空気偏向板が、先端-付け根シーケンスを利用して作動されてもよい。すなわち、いくつかの動作条件に対して、外側の空気偏向板32が、内側の空気偏向板32よりも、所望の結果(例えば風力タービン2に対する負荷の軽減、最大出力の達成、等々)の達成においてより高い効果を有し得ると、制御装置が判断する場合がある。したがって、かかる動作条件については、制御装置は、先端-付け根シーケンスを利用して2つ以上の空気偏向板32を作動させてもよい。かかる作動シーケンスについて、制御装置は、先端37の最も近くに配置された所望の個数の空気偏向板32(例えば最も外側の空気偏向板32)を作動させてもよい。例えば、最も外側の空気偏向板32が最も効果的に所望の結果を達成するような動作条件であると、制御装置が判断した場合には、および、その結果を達成するために1つの外側空気偏向板32を作動させることが必要であると、制御装置が判断した場合には、制御装置は、例えば、先端-付け根シーケンスにしたがい、それにより空気偏向板32iを作動させ得る。他の実施形態においては、最も外側の空気偏向板32が最も効果的に所望の結果を達成するような動作条件であると、制御装置が判断した場合には、およびその結果を達成するために4つの外側空気偏向板32を作動させることが必要であると、制御装置が判断した場合には、制御装置は、例えば、先端-付け根シーケンスにしたがい、それにより最も外側の空気偏向板32iから開始させ、続く3つの最も内側の空気偏向板32f～32hを作動させ得る。かかる作動シーケンスは、所望の結果を達成するためにより少ない(しかしそれが効果的な)空気偏向板32が作動され得ることにより、結果的には全体としてのシステムの合計デューティサイクルを低下させ得る。

40

【0039】

[045]他の実施形態においては、1つまたは複数の空気偏向板32が、最大分布負荷作動シーケンスを利用して作動されてもよい。例えば、いくつかの実施形態においては、1つまたは複数のセンサ(例えば、差圧センサ、加速度計、速度センサ等々)が、例えば1

50

つまたは複数の空力負荷などを測定するおよび／または近似値を求めるために、翼10の長さ部分に沿って設けられてもよい。いくつかの実施形態においては、複数のセンサが、設けられ、それぞれが、各空気偏向板32a～32iの近似位置に位置する。例えば、図7に示す実施形態においては、翼10は、9つのセンサを備えてもよく、各センサは、対応する空気偏向板32a～32iの近似位置に位置する。いくつかの実施形態においては、1つまたは複数の制御装置が、最大空力負荷を受けているセンサを判定し、この最大空力負荷を受けているセンサの近似位置に位置する対応する空気偏向板32を作動させてもよい。例えば、1つまたは複数の制御装置が、例えば風力タービン2に対して作用する負荷を軽減させるためなどに例えば3つの空気偏向板32が作動される必要があると判断する場合がある。さらに、1つまたは複数の制御装置が、空気偏向板32eとほぼ同一位置に配置されたセンサが、各空気偏向板32a～32iの位置の中で最大空力負荷を受けていると判断する場合がある。したがって、1つまたは複数の制御装置は、最大分布負荷作動シーケンスを利用することにより、空気偏向板32eをこれに応じて作動させ、次いで所要の空気偏向板32の総数に達するために周辺の空気偏向板32（例えば空気偏向板32fおよび空気偏向板32d）を比例的に作動させてもよい。かかる実施形態においては、システム全体（例えば翼10および／または風力タービン2）のデューティサイクルは、軽減され得る。例えば、最大空力負荷位置に配置された空気偏向板32が、所望の結果（例えば風力タービン2に対して作用する負荷の軽減など）の達成において最も高い効果を有し得ることにより、より少数の空気偏向板32が、結果的に作動されてもよい。

【0040】

[046]いくつかの実施形態においては、1つまたは複数の空気偏向板32が、ランダム作動シーケンスを利用して作動されてもよい。例えば、（論じられるように）1つまたは複数の空気偏向板32が、定期的に作動される場合には、1つまたは複数の定期的に作動される空気偏向板32は、システムの寿命にわたって、さほど定期的には作動されない他の空気偏向板よりもはるかに高いデューティサイクルを被り得る。したがって、いくつかの実施形態においては、1つまたは複数の制御装置が、ランダム作動シーケンスを利用することにより、空気偏向板32間ににおいてデューティサイクルを分配してもよい。かかる実施形態においては、制御装置が、1つまたは複数の空気偏向板32が作動される必要があると判断すると、作動させる1つまたは複数の空気偏向板32をランダムに選択し得る（例えば乱数発生器または他の周知の方法などを利用して）。例としては、現在の動作条件に対して風力タービン2に対する負荷を低下させるために、例えば3つの空気偏向板32が作動される必要があると、1つまたは複数の制御装置が判断した場合には、1つまたは複数の制御装置は、作動させる3つの空気偏向板32をランダムに選択してもよい（例えば空気偏向板32c、空気偏向板32e、および空気偏向板32hなど）。かかる実施形態においては、システム全体（例えば翼10および／または風力タービン2）の寿命は、

全ての空気偏向板32がほぼ同等のベースに基づき得るため、拡大され得る。したがって、いずれの空気偏向板32も、例えば活動過剰による早期故障などを被ることがない。

【0041】

[047]いくつかの実施形態においては、1つまたは複数の空気偏向板32が、サイクルカウント作動シーケンスを利用して作動されてもよい。かかる実施形態においては、1つまたは複数の制御装置が、各空気偏向板32に関する累積デューティサイクルを記録してもよい。この実施形態においては、1つまたは複数の制御装置が、1つまたは複数の空気偏向板32が作動される必要があると判断した場合に、1つまたは複数の制御装置は、各空気偏向板32についての累積展開サイクルを参照し、合計累積展開サイクルが最も低い1つまたは複数の空気偏向板32を作動させてよい。したがって、かかる実施形態においては、使用が最も少ない空気偏向板32が選択され、システム全体（例えば翼10および／または風力タービン2）の寿命が拡大され得る。

【0042】

[048]いくつかの実施形態においては、2つ以上の上記の作動シーケンス（例えば、付

10

20

30

40

50

け根 - 先端、先端 - 付け根、最大分布負荷、ランダム、および / またはサイクルカウント) が、所望の結果 (例えば過剰負荷の解消と共に最大出力の生成、等々) を達成するため 10 に、風力タービン 2 の翼 1 0 においておよび / または複数の翼 1 0 間において組み合わされてもよい。例えば、いくつかの実施形態においては、付け根 - 先端作動シーケンスおよび先端 - 付け根作動シーケンスの組合せが、利用されてもよい。これは、図 8 に示すような典型的な風力タービン 2 の出力曲線 3 6 を参照することによってより容易に理解され得る。論じるように、周知の空力学的原理によれば、風力タービン 2 の各翼 1 0 に対する揚力は、翼 1 0 を通過する風速が上昇するにつれて上昇する。したがって、高い風速では、風力タービン 2 のロータは、より高速で回転し、より多大な出力を生成することとなる。しかし、風速が過剰に高くなると、風力タービン 2 の最大定格ロータ速度は、風力タービン 2 の 1 つまたは複数の属性が例えばロータ速度を制御するように調節されない場合には、超過され得る。したがって、高い風速については、翼 1 0 および / または風力タービン 2 の特徴は、以降でより十分に論じられるように、風力タービン 2 のロータ速度を一定に (例えば最大定格速度以下に) 維持するように調節される。

【 0 0 4 3 】

[049] 図 8 に示すように、出力曲線 3 6 は、一連の領域 3 8 ~ 4 6 としてより容易に理 20 解され得る。始動領域 3 8 においては、風速は比較的低い。この領域では、翼 1 0 は、さほど高速では回転しないため、出力は実際にはほとんど生成され得ない。しかし、動翼 1 0 に対する風速が上昇するにつれて、風力タービン 2 は可変速度領域 4 0 に進む。かかる領域では、風力タービン 2 のロータの速度は、風速と共に変化する。すなわち、風速が上昇するにつれて、各翼 1 0 に対する揚力が上昇することにより、ロータはより高速で回転され、したがってより多大な出力が生成される。翼 1 0 に対する風速が低下するにつれて、各翼 1 0 に対する揚力はこれに応じて低下し、結果として風力タービン 2 のロータは、より低速で回転し、したがってより低い出力が生成される。風力タービン 2 が、可変速度領域 4 0 において動作している場合には、風力タービン 2 および / または翼 1 0 の特徴 (例えばピッチ、空気偏向板 3 2 の作動、等々) は、出力生成を最大化するように構成され得る。すなわち、風力タービン 2 が、最大定格速度にて作動していないことにより、翼 1 0 および / または風力タービン 2 の特徴は、例えば風力タービン 2 を意図的に減速させるように調節されない。

【 0 0 4 4 】

[050] しかし、風力タービン 2 が、移行 / 膝領域 4 2 に進むと、風速は、風力タービン 2 が最大定格速度 (例えば、超過した場合には風力タービン 2 の構成要素が故障し始め壳 40 る速度) に近づいてゆくのに十分な高さとなる。そのため、移行 / 膝領域 4 2 においては、翼 1 0 および / または風力タービン 2 の 1 つまたは複数の特徴は、風力タービン 2 の速度 (およびしたがって出力生成) が制限されるように、変更され得る。例えば、図 8 に示すように、出力曲線 3 6 の二次導関数は、移行 / 膝領域 4 2 において負となる。したがって、風力タービン 2 の速度 (およびしたがって出力生成) は、移行 / 膝領域 4 2 において風速と共に上昇し続けることになるが、これは、ある低下率を伴ったものとなる。これは、例えば、1 つまたは複数の制御装置が、1 つまたは複数の翼 1 0 に対する揚力を消滅させるように、翼 1 0 および / または風力タービン 2 の 1 つまたは複数の特徴を変更すること (例えば、翼 1 0 のピッチを変更する、先端部分 1 8 を伸張または収縮させる、1 つまたは複数の空気偏向板 3 2 を作動させるなど) に起因し得る。

【 0 0 4 5 】

[051] 移行 / 膝 4 2 領域の後に、風力タービン 2 は、一定速度領域 4 4 に進み得る。一定速度領域 4 4 では、翼 1 0 を通過する風速は、翼 1 0 / 風力タービン 2 の特徴が、風速が上昇し続ける場合でも、ロータ速度 (およびしたがって出力生成) を一定に維持するよう 50 に変更されるのに十分な高さであり得る。例えば、風力タービン 2 は、最大定格ロータ速度以下に維持され得る。これは、例えば翼 1 0 に対して作用する揚力を消滅させるために、例えば風力タービン 2 および / または翼 1 0 の 1 つまたは複数の特徴を変更することなどによって、実現され得る。例えば、1 つまたは複数の翼 1 0 のピッチが、変更さ

れてもよく、先端部分 18 が、展開または収縮されてもよく、および / または、1 つまたは複数の空気偏向板 32 が、作動されてもよい。

【0046】

[052] 最後に、風力タービン 2 は、一定速度領域 44 の後に運転定領域 46 へと進み得る。運転停止領域 46 は、例えば、風力タービン 2 のロータ速度が適切には制御され得ず（例えば最大定格速度以下に維持されず）、したがって風力タービン 2 が、例えば風力タービン 2 および / またはその構成要素に対する損傷などを回避するために運転停止される程、風速が高い領域であり得る。例えば、運転停止領域 46 において翼 10 のピッチを変更する、先端部分 18 を延伸もしくは収縮させる、および / または 1 つまたは複数の空気偏向板 32 を作動させることは、ロータ速度を最大定格速度以下に維持において無効となり得る。したがって、運転停止 46 では、風力タービン 2 は、その構成要素に対する損傷を回避するために、運転停止され得る、および / または非回転位置にロックされ得る。

10

【0047】

[053] いくつかの実施形態においては、ある特定の作動シーケンス（論じられるような）が、風力タービン 2 が出力曲線 36 のどの領域において動作中であるかに応じて、1 つまたは複数の制御装置によって実行され得る。例えば、風力タービン 2 が、一定速度領域 44 において動作中である場合には、外側の空気偏向板 32（例えば空気偏向板 32i および先端 37 に近い他のもの）が、例えば翼 10 のピッチ制御などにより効果を有さない場合がある。したがって、かかる領域における先端 - 付け根作動シーケンスは、不適切なものとなり得る。なぜならば、先端 - 付け根作動シーケンスの下においては、例えば付け根 - 先端作動シーケンスなどの下における場合よりも、所望の結果（例えば負荷軽減）を達成するためにより多数の空気偏向板 32 が結果的に展開されることが必要となり得るからである。すなわち、翼 10 のピッチ制御は、先端 37 に配置された空気偏向板 32 の効果に対してそれが与える影響よりも、付け根 35 に配置された空気偏向板 32 の効果に対して与える影響の方が小さくなり得る。したがって、一定速度領域 44 において動作中の風力タービン 2 については、1 つまたは複数の制御装置が、例えば論じるような付け根 - 先端作動シーケンスを利用することにより空気偏向板を作動させてもよい。

20

【0048】

[054] しかし、先端 37 付近に配置されたこれらの外側空気偏向板 32（例えば偏向板 32i 等々）は、例えば移行 / 膝領域 42 などにおいては、例えばその領域における翼 10 のピッチまたは風力タービン 2 の他の特徴などによって、より効果的なものとなり得る。したがって、風力タービン 2 が、移行 / 膝領域 42 において動作中である場合には、1 つまたは複数の制御装置は、論じるような先端 - 付け根作動シーケンスを利用して空気偏向板 32 を作動させてよい。

30

【0049】

[055] さらに、システムを保護し、空気偏向板 32 のデューティサイクル全体を低下させる、等々のためには、既述の作動シーケンスの中の 1 つまたは複数が、組合せで利用されてもよい。例えば、制御装置が、例えば付け根 - 先端作動シーケンスおよび先端 - 付け根作動シーケンスの組合せなどを利用してもよい。かかる実施形態においては、制御装置は、初めに動作条件（例えば、風速、ロータ速度、翼 10 に対して作用する負荷、および / または風力タービン 2 の構成要素等々）を判定し、それに応じて利用される適切な作動シーケンスを決定してもよい。例えば、風力タービンが例えば可变速度領域 40 で動作中であるという判定に応じて、1 つまたは複数の制御装置が、いずれの空気偏向板 32 も作動させなくてもよい（例えば所与の風速に対する最大出力を達成するためになど）。しかし、風が強まり、風力タービンが例えば出力曲線 36 の膝 / 移行領域 42 などにおいて作動し始めた場合には、制御装置は、先端 - 付け根作動シーケンスにしたがって空気偏向板 32 を作動させてもよい。上述のように、例えばこの領域における翼 10 のピッチ制御および風力タービン 2 の他の特徴などにより、最も外側の空気偏向板 32 が、この領域においては最も高い効果を有し得るため、先端 - 付け根作動シーケンスが適切なものとなり得る。しかし、風速が上昇し、したがって風力タービン 2 が出力曲線 36 の一定速度領域 4

40

50

4において作動されると、1つまたは複数の制御装置は、先端 - 付け根作動シーケンスの利用へと切り替わってもよい。やはり、例えば一定速度領域44において動作中の翼10のピッチおよび／または風力タービン2の他の特徴などにより、外側空気偏向板32が、この領域においてはあまり効果的ではないため、付け根 - 先端作動シーケンスはさらに適切なものとなり得る。かかる実施形態においては、例えば内側空気偏向板32がある動作条件において使用され得る一方で、外側空気偏向板32が他の動作条件において使用され得ることなどにより、各空気偏向板32のデューティサイクルは、システムの寿命にわたって比較的均等になり得る。

【0050】

[056]同様の利益を実現するために、他の上述の作動シーケンスの中のいずれが、組合せで利用されてもよい。例えば、いくつかの実施形態においては、ランダム作動シーケンスが、付け根 - 先端作動シーケンスおよび／または先端 - 付け根作動シーケンスと組み合わされてもよい。例えば、各翼10が複数の空気偏向板32を備える風力タービン2の実施形態においては、ランダム作動シーケンスが、翼10の中の一部のみに対して利用されてもよく、異なる作動シーケンス（例えば、付け根 - 先端、先端 - 付け根、最大分布負荷等々）が、残りの翼10に対して利用されてもよい。

10

【0051】

[057]例えば、および上述のように、ランダム作動シーケンスを利用することにより、デューティサイクルは、システムの寿命にわたって各空気偏向板32間でほぼ均等になり得る。しかし、いくつかの動作条件に対しては、全ての翼10上の空気偏向板32の同時のランダム作動は、例えば過度に混沌としたものとなり得る、および／または好ましくない結果ももたらし得る（例えば、所望の負荷軽減を下回る、実現される出力の不足、システム全体に対するデューティサイクルの上昇等々）。かかる実施形態においては、例えばシステムの1つまたは複数の翼10に対して付け根 - 先端作動シーケンス、先端 - 付け根作動シーケンス、または最大分布負荷作動シーケンスなどを利用することにより、システムを安定化し、したがって最終的に所望の結果（例えば、負荷の低下、デューティサイクルの低下、出力生成の上昇等々）に至り得る。したがって、いくつかの実施形態においては、翼10の一部のみが、ランダム作動シーケンスを利用し、残りの翼10は、例えば他の既述の作動シーケンス（例えば、付け根 - 先端、先端 - 付け根、最大分布負荷等々）の中の1つなどを利用してもよい。さらに、制御装置は、ランダム作動の利点（例えば各空気偏向板32の間でのほぼ均等なデューティサイクル）が、システム全体にわたって依然として実現され得るように、各シーケンスを利用する翼10を循環させててもよい（例えばランダム作動以外の作動シーケンスを利用する、複数の翼10の中のその翼10を循環させててもよい）。

20

【0052】

[058]いくつかの実施形態においては、サイクルカウント作動シーケンスが、例えば同様に付け根 - 先端作動シーケンス、先端 - 付け根作動シーケンス、および／または最大分布負荷作動シーケンスなどと組み合わされてもよい。例えば、翼10の一部のみに対して、サイクルカウント作動シーケンスが利用され（例えば各空気偏向板32の間でデューティサイクルを適切に分配するために）、一方で残りの翼10に対しては、他の既述の作動シーケンスの中の任意のものが、例えばシステムを安定化させるためなどに利用されてもよい。ランダム作動シーケンスを利用する1つまたは複数の翼10と、異なる作動シーケンスを利用する残りの翼との組合せと同様に、この実施形態において各翼10に対して利用される作動シーケンスは、例えば既述のようなサイクルカウント作動シーケンスを利用するシステム全体に及ぶ利益を実現するために、循環されてもよい。

30

【0053】

[059]他の実施形態においては、サイクルカウント作動シーケンスおよび／またはランダム作動シーケンスが、例えば包含される各空気偏向板32の間でデューティサイクルを分配するためになど、所与の翼10において1つまたは複数の異なる作動シーケンス（例えば、付け根 - 先端、先端 - 付け根、最大分布負荷等々）との間で交互に利用されてもよ

40

50

い。例えば、いくつかの実施形態においては、付け根 - 先端作動シーケンスが、翼 1 0において利用されてもよく、安定化されると、翼 1 0 は、例えばサイクルカウント作動シーケンスなどに切り替わってもよい。他の実施形態においては、最大分布負荷作動シーケンスが、翼 1 0 において利用されてもよく、安定化されると、翼 1 0 は、例えばランダム作動シーケンスなどに切り替わってもよい。したがって、各空気偏向板 3 2 の相対デューティサイクルは、ほぼ均等に留まり得る。

【0054】

[060] 上述の特定の作動シーケンスの組合せは、専ら例示を目的として示したものである。同様の有利な結果を実現するために、上述の作動シーケンスのいずれが組み合わされてもよい点が、本開示の利益を享受する当業者には理解されよう。

10

【0055】

[061] 上述の作動シーケンスはそれぞれ、翼ベース作動シーケンスに関連して論じたが（例えば所与の翼 1 0 に対して作用する 1 つまたは複数の空気偏向板 3 2 など）、既述の作動シーケンスはいずれも、ロータベース作動シーケンスとして利用されてもよい。例えば、論じたように、判定された動作条件に応答して单一の翼 1 0 に対して作動しなければならない空気偏向板 3 2 の個数を判定し、次いでその翼 1 0 に対してある特定の作動シーケンスを利用するのではなく、いくつかの実施形態においては、全体としてのロータに対して作動されることが必要な空気偏向板 3 2 の総数が判定されてもよく、次いで、上述の作動シーケンスの中の 1 つまたは複数が、全体としてのそのロータに対して利用されてもよい。

20

【0056】

[062] 例としては、1 つまたは複数の制御装置が、（例えば、加速度計、差圧センサ、速度センサ等々により）感知した動作条件から、1 つまたは複数の空気偏向板 3 2 が、風力タービン 2 に対して作用する負荷および／または風力タービン 2 のロータ速度を許容レベルの範囲内に戻すために作動される必要があることを判断してもよい。したがって、1 つまたは複数の制御装置は、全体としての風力タービン 2 のロータに対して作動されるべき空気偏向板の総数を判定してもよい。例えば、1 つまたは複数の制御装置は、所望の結果（例えば許容速度にロータを戻すなど）を実現するために、総数が 7 つの空気偏向板 3 2 が作動される必要があると判断してもよい。したがって、1 つまたは複数の制御装置は、ロータベースで既述の作動方法のいずれかを利用して 7 つの空気偏向板 3 2 を作動させてもよい。

30

[063] 例えば、1 つまたは複数の制御装置が、付け根 - 先端作動シーケンスを利用して 7 つの空気偏向板 3 2 を作動させる場合には、これらの制御装置は、全体としてのロータに対して 7 つの最も内側の空気偏向板 3 2 を作動させてよい。したがって、1 つまたは複数の制御装置は、例えば図 7 に示す翼 1 0 に対して空気偏向板 3 2 a、3 2 b、および 3 2 c を作動させると共に、他の 2 つの翼 1 0 のそれぞれに対して 2 つの最も内側の空気偏向板 3 2 を（図 7 に部分的に示す）作動させてもよい。別の例においては、1 つまたは複数の制御装置が、先端 - 付け根作動シーケンスを利用して 7 つの空気偏向板 3 2 を作動させる場合には、これらの制御装置は、全体としてのロータに対して 7 つの最も外側の空気偏向板 3 2 を作動させてよい。したがって、1 つまたは複数の制御装置は、例えば図 7 に示す翼 1 0 の空気偏向板 3 2 g、3 2 h、および 3 2 i を作動させると共に、他の 2 つの翼 1 0 のそれぞれに対して 2 つの最も外側の空気偏向板 3 2 を（図 7 に部分的に示す）作動させてもよい。

40

【0057】

[064] 別の例においては、1 つまたは複数の制御装置が、ランダム作動シーケンスを利用して 7 つの空気偏向板 3 2 を作動させる場合には、これらの制御装置は、ロータシステム全体にわたって 7 つのランダムな空気偏向板 3 2 を作動させてもよい。したがって、翼 1 0 の中の 1 つが、例えばその長さ部分に沿った任意のランダム位置において 1 つの空気偏向板 3 2 を作動させてもよく、翼 1 0 の中の別のものは、例えばその長さ部分に沿った任意のランダム位置において 2 つの空気偏向板 3 2 を作動させてもよく、翼 1 0 の中の別

50

のものは、例えばその長さ部分に沿った任意のランダム位置において4つの空気偏向板32を作動させてもよい。

【0058】

[065]同様に、いくつかの実施形態においては、1つまたは複数の制御装置は、サイクルカウント作動シーケンスを利用して7つの空気偏向板32を作動させてもよい。かかる実施形態においては、1つまたは複数の制御装置は、例えば、風力タービン2に備えられた全ての空気偏向板32の中から累積的に最も作動されていない7つの空気偏向板32を判定してもよい。例えば、図7においては、2つの部分的に示される翼10のそれぞれが、完全位示される翼10と同様に、9つの空気偏向板32を備え、次いでこの実施形態における1つまたは複数の制御装置は、27個の総数の空気偏向板32の中から最も作動されていない7つの空気偏向板32を判定し、それに応じてそれらの7つのそれぞれを作動させることにより所望の結果を達成してもよい。

10

【0059】

[066]既述の作動シーケンス（例えば、付け根-先端、先端-付け根、最大分布負荷、ランダム、サイクルカウント等々）のいずれの場合にも、および翼ベース作動システムまたはロータベース作動システムのいずれの場合にも、作動される各空気偏向板32は、翼10の中のいずれかに設けられた他の空気偏向板32とは異なる最大高さ（例えば図4で「h」により示されるような低圧側26または高圧側24の一方から作動される空気偏向板32のエッジにかけての高さ）を有してもよい。例えば、図7に戻ると、空気偏向板32aは、例えば空気偏向板32eとは異なる最大高さを有してもよい。いくつかの実施形態においては、各空気偏向板が、例えば空気偏向板32が配置された翼10の翼長方向位置における対応する翼弦長さ（図4の「c」）のある特定のパーセンテージなどに等しい最大高さを有してもよい。したがって、翼弦長さが、翼10の長さ部分に沿って変動し得る（例えば空気偏向板32eの位置よりも、空気偏向板32aの位置の方がより長くなり得る）ため、各空気偏向板32の最大高さもまた、翼10の長さ部分に沿って変動し得る（例えば、空気偏向板32aは、例えば空気偏向板32eよりも大きな最大高さを有し得る）。

20

【0060】

[067]さらに、既述の作動シーケンス（例えば、付け根-先端、先端-付け根、最大分布負荷、ランダム、サイクルカウント等々）のいずれにおいても、および翼ベース作動システムまたはロータベース作動システムのいずれの場合にも、作動される各空気偏向板32は、可変高さへと作動されるように構成されてもよい。例えば、各空気偏向板32のアクチュエータ30は、各空気偏向板32が最大高さまたはその任意の割合まで作動され得るようなものであってもよい。したがって、例えば、特定の空気偏向板32の翼長方向位置、風力タービン2の判定された動作条件、および／または1つまたは複数の空気偏向板32による所望の結果などに応じて、1つまたは複数の制御装置は、様々な高さへと各空気偏向板を作動させ得る。かかる実施形態においては、この細粒（例えば可変高さ）作動により、結果として例えばより良好な制御性能が得られ得る。例えば、可変高さ作動により、1つまたは複数の制御装置は、例えばより少ない出力損失を伴うより大きな負荷軽減を達成することが可能となり得る。

30

【0061】

[068]いくつかの実施形態においては、空気偏向板32は、分布作動システムにしたがって作動されてもよい。例えば、いくつかの実施形態においては、各翼10が、複数の空気偏向板（例えば図7に示すような空気偏向板32a～32i）を備えてよく、各空気偏向板32は、対応するセンサ（例えば、差圧、加速度計、速度等々）および／または制御装置（図示せず）を備える。かかる実施形態においては、特定の空気偏向板32の対応する制御装置は、対応するセンサ測定値を読み取り、それにしたがってその特定の空気偏向板についての作動割合を判定してもよい（例えば0～100%作動）。例えば、各制御装置は、対応する空気偏向板32の位置において動作条件（例えば、風速、加速度、空力負荷等々）を判定し（例えばその位置に設けられたセンサの読取値などに応じて）、例え

40

50

ば負荷を軽減させるためなどに必要に応じてその空気偏向板 3 2 を作動させてもよい。

【0062】

[069]さらに、および論じたように、空気偏向板 3 2 は、可変高さまで作動され得るものであってもよい。したがって、特定の空気偏向板 3 2 に対応する制御装置が、いくつかの動作条件に対して、空気偏向板 3 2 が作動される必要がなく、したがって空気偏向板 3 2 がその最大高さの 0 % まで作動されると判断してもよい。他の動作条件については、特定の空気偏向板 3 2 に対応する制御装置は、空気偏向板 3 2 が作動される必要があるが、完全には作動される必要がなく、したがって制御装置は例えばその最大高さのある割合(例えば 50 %)まで空気偏向板 3 2 を作動させてもよいと判断してもよい。さらに他の動作条件については、特定の空気偏向板 3 2 に対応する制御装置は、空気偏向板 3 2 が最大高さまで作動される必要があると判断してもよく、したがって、制御装置は、空気偏向板 3 2 をその最大高さまで(例えば 100 %)作動させてもよい。かかる分布作動を利用するシステムは、いくつかの実施形態においては、他のシステム(例えば各空気偏向板 3 2 においてセンサおよび/または制御装置を使用しないシステム)よりも高い信頼性を有し得る。なぜならば、ある制御装置/空気偏向板 3 2 の組合せが故障した場合に、他の制御装置/空気偏向板 3 2 の組合せが依然として動作し得るからである。

10

【0063】

[070]さらに、本明細書に挙げられる方法および特徴は、コンピュータ可読命令を格納し得る任意の個数のコンピュータ可読媒体を介して実行されてもよい。使用し得るコンピュータ可読媒体の例には、RAM、ROM、EEPROM、フラッシュメモリ、または他のメモリ技術、CD-ROM、DVD、または他の光ディスク記憶装置、磁気カセット、磁気テープ、および磁気記憶装置等々が含まれる。

20

【0064】

[071]本明細書に記載されるような例示的なシステムおよび方法が、本発明の様々な様様を具現化することを示したが、本発明は、それらの実施形態に限定されない点を、当業者には理解されたい。特に前述の教示を鑑みて、当業者が変更を行ってもよい。例えば、前述の実施形態の各要素は、単独で、または組合せで、または他の実施形態の要素との部分的組合せで使用されてもよい。また、本発明の真の趣旨および範囲から逸脱することなく、変更を行い得る点が理解されよう。したがって、本説明は、本発明に対する限定ではなく、例示として見なすべきである。

30

【符号の説明】

【0065】

- 2 風力タービン
- 4 土台
- 6 タワー
- 8 ナセル
- 10 動翼、翼
- 12 ハブ
- 14 ポルトフランジ
- 16 付け根部分、基礎部分
- 18 先端部分
- 20 前縁
- 22 後縁
- 24 高圧側
- 24 a 弱曲線表面
- 26 低圧側
- 26 a 強曲線表面 26
- 28 負荷管理デバイス
- 30 アクチュエータ
- 32 空気偏向板

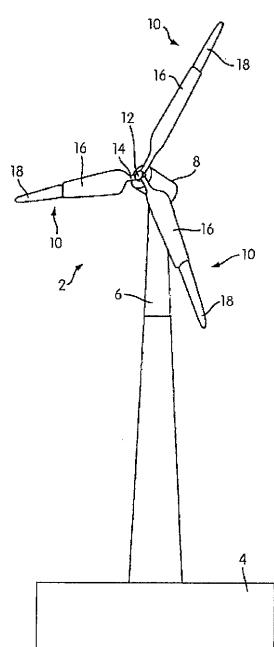
40

50

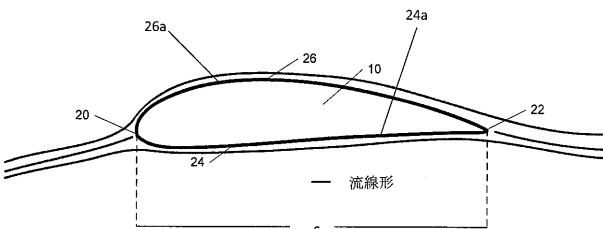
3 2 a 空気偏向板
 3 2 b 空気偏向板
 3 2 c 空気偏向板
 3 2 d 空気偏向板
 3 2 e 空気偏向板
 3 2 f 空気偏向板
 3 2 g 空気偏向板
 3 2 h 空気偏向板
 3 2 i 空気偏向板
 3 5 付け根
 3 7 先端
 c 翼弦線、翼弦

10

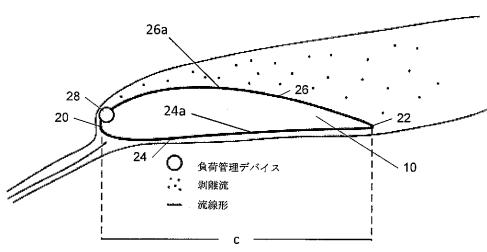
【図1】



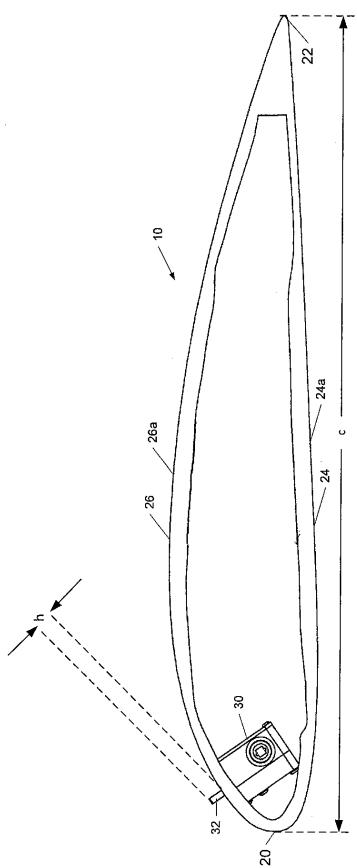
【図2】



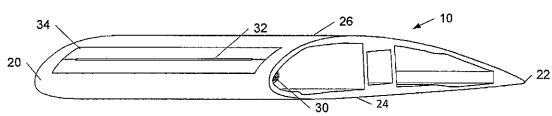
【図3】



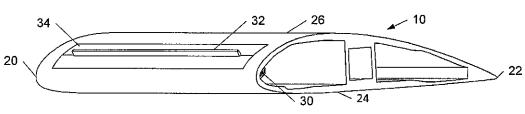
【図4】



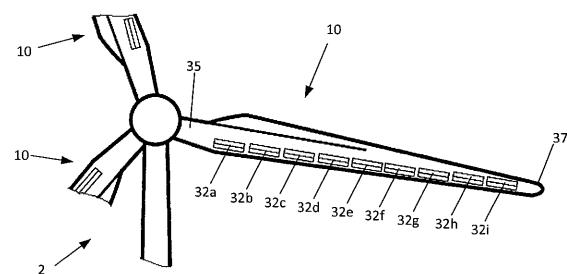
【図5】



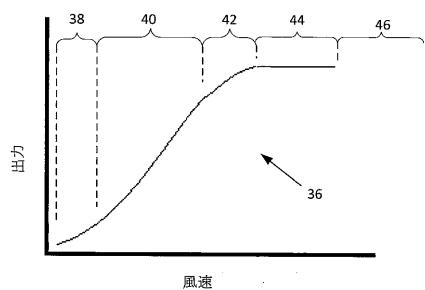
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(74)代理人 100147511
弁理士 北来 亘

(72)発明者 ジョナソン・ポール・ベイカー
アメリカ合衆国カリフォルニア州 95747, ローズヴィル, フィリングガム・レーン 3033

(72)発明者 ジェフリー・オースチン・バターワース
アメリカ合衆国カリフォルニア州 95765, ロックリン, フッド・ロード 4501

(72)発明者 ジエハン・ゼブ・カーン
アメリカ合衆国イリノイ州 60532, ライル, フエンダー・ロード 4463

(72)発明者 グオジアン・リン
アメリカ合衆国カリフォルニア州 95691, ウエスト・サクラメント, ナウティカ・コート 2586

(72)発明者 エドワード・アンソニー・メイダ
アメリカ合衆国コロラド州 80602, ソントン, イースト・ワンハンドレッドアンドシックスティセヴンス・アベニュー 1919

(72)発明者 エリック・ジェームズ・リッカーズ
アメリカ合衆国カリフォルニア州 95677, ロックリン, モニュメント・スプリングス・ドライブ 6312

(72)発明者 トビアス・グウェンザー・ウェーアハン
アメリカ合衆国カリフォルニア州 95616, デイヴィス, オーク・アベニュー 718

F ターム(参考) 3H178 AA03 AA40 AA43 BB08 BB31 CC05 CC12 DD54X EE05 EE12
EE25 EE35

【外國語明細書】

2014181710000001.pdf