(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第6568652号
(P6568652)

(45)発行日　令和1年8月28日(2019.8.28)　(24)登録日　令和1年8月9日(2019.8.9)

(51)Int.Cl.			F I		
F03D	7/02	(2006.01)	F03D	7/02	
F03D	7/04	(2006.01)	F03D	7/04	H
F03D	1/06	(2006.01)	F03D	1/06	A

請求項の数 1　(全 12 頁)

(21)出願番号　特願2018-517425 (P2018-517425)
(86)(22)出願日　平成28年4月5日 (2016.4.5)
(65)公表番号　特表2018-529882 (P2018-529882A)
(43)公表日　平成30年10月11日 (2018.10.11)
(86)国際出願番号　PCT/VN2016/000002
(87)国際公開番号　WO2017/063003
(87)国際公開日　平成29年4月13日 (2017.4.13)
審査請求日　平成30年6月28日 (2018.6.28)
(31)優先権主張番号　1-2015-03779
(32)優先日　平成27年10月9日 (2015.10.9)
(33)優先権主張国・地域又は機関
ベトナム(VN)
(31)優先権主張番号　1-2015-04745
(32)優先日　平成27年12月11日 (2015.12.11)
(33)優先権主張国・地域又は機関
ベトナム(VN)

(73)特許権者　518112479
ライ，バー　アット
Ｌａｉ，Ｂａ　Ａｔ
ベトナム社会主義共和国　ハノイ　シティー，コウザイ　ディストリクト，ファン　バン　チュオン　ストリート　ナンバー　３２／２４
Ｎｏ　３２／２４　Ｐｈａｎ　Ｖａｎ　Ｔｒｕｏｎｇ　Ｓｔｒｅｅｔ，Ｃａｕ　Ｇｉａｙ　Ｄｉｓｔｒｉｃｔ，Ｈａ　Ｎｏｉ　Ｃｉｔｙ（ＶＮ）
(74)代理人　110002734
特許業務法人藤本パートナーズ

最終頁に続く

(54)【発明の名称】固定速度の風力タービンの羽根の迎角を決定及び制御する方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
固定回転速度の風力タービンの羽根の迎角を決定及び制御する方法であって、該方法は、風速が低速及び中速である際に風力エネルギーを有効に活用するため、風力タービンの羽根の適切な迎角を確立すること、及び、風速が低速の際には停止して再始動することを可能にすることを目的とし、前記固定回転速度の風力タービンの羽根は、薄板を表面として有していると共に実質的に平坦な複数の羽根片から構成され、前記タービンが強制的に停止される際の速度である最低速度から定格速度までの風速の範囲が低速、中速及び高速に分けられ、前記方法は、
・第１に、前記風力タービンの基本パラメータを規定するステップであって、
（ａ）前記固定回転速度の風力タービンの羽根の先端の線速度を１００～２００ｋｍ／ｈの間で選択し、それに基づいて前記タービンの羽根の固定回転速度及び長さを設定し、ここで、前記固定回転速度の風力タービンの羽根の幅は、前記固定回転速度の風力タービンの羽根の長さの１０％より小さく、かつ、６ｍ未満であり、
（ｂ）風力タービンが強制的に停止される際の最低風速を、前記タービンの出力が摩擦による電力消費量よりも２０％高い際の風速として規定し、
（ｃ）始動速度を、前記タービンの出力が摩擦による電力消費量より３～４倍高い際の風速として規定し、
（ｄ）定格風速を、前記タービンが最大出力又は定格出力に達する際の風速として規定し、

（ｅ）カットアウト風速を、前記タービンが強制的に停止される際の最高風速として規定する、ステップと、
・第２に、低速から中速の範囲より選択される風速v_cを規定し、前記風速v_cを風力タービンの電力P_{TB}を計算するための関数に適用して、前記固定回転速度の風力タービンの羽根の、羽根片ｉの位置における、電力P_{TB}を最大にするための迎角α_iのセットを計算し、前記固定回転速度の風力タービンの羽根の先端における迎角をα_cとして示すステップであって、前記風力タービンの電力P_{TB}を計算するための関数は、
【数１】

$$P_{TB}=\left\{\left[\frac{1}{2}(Cx+j)b\rho\sum_{i=1}^{n}S_{Ci}d_i\omega_i(k_iv_c-d_i\omega_i\cot\alpha_i)^2\cos\alpha_i\sin^2\alpha_i\right]-P_O\right\}C_P$$

条件：$0<\alpha_i<90^0$ & $(k_iv_c-d_i\omega_i\cot\alpha_i)>0$

（ここで、ρは空気密度であり、S_cは羽根片ｉの面積であり、k_jは羽根片ｉとの衝突前における風速の減衰係数であり、d_jは羽根片ｉの位置から回転中心までの羽根に沿った距離であり、ω_jは風力タービンの角速度であり、ｂは風力タービンの羽根の数であり、ｊは羽根の吸収係数であり、C_xは羽根の裏面形状依存の係数であり、P_0はギヤボックス、発電機及び軸受の摩擦における損失であり、C_pは変換時の電力損失係数である）で示される関数である、ステップと、
・第３に、前記風力タービンの羽根の迎角を制御するステップであって、
風速が、前記羽根の迎角を決定するための風速v_c（v_c＝ａ（ｍ／ｓ又はｋｍ／ｈ又はｍｐｈ））から前記タービンが強制的に停止される前記最低速度まで１単位減少すると、制御される前記迎角が
【数２】

$$\frac{90^{0}00'-\alpha_c}{a}$$

だけ増加し、
風速が、前記タービンが強制的に停止される速度から前記定格風速まで１単位増加すると、制御される前記迎角が
【数３】

$$\frac{90^{0}00'-\alpha_c}{a}$$

の値だけ減少し、
風速が、前記定格風速から前記風速v_cまで１単位降下すると、制御される前記迎角が
【数４】

$$\frac{90^{0}00'-\alpha_c}{a}$$

の値だけ増加する、ステップと
を備えている、方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、風力エネルギーを利用するための固定速度の風力タービンの羽根の製造について提示する。
【背景技術】
【０００２】
今日において、風力からエネルギーを抽出することは、全て可変速度の風力タービンに基づいている。固定速度の風力タービンは、試験段階までにしか到達しておらず、このよ

うな風力タービンは出力が限られており、運転に必要な風速が非常に高いため、未だに商業用には利用できない。さらに、風速が減少すると、これらのタービンは電力網からのエネルギーを非常に多く消費し、それによって電力網が停止する可能性すらある。

【０００３】

１９１１年４月６日付の英国特許第１９１９１６３８５号及び１９１１年８月３日付の英国特許第１９１０２８０２５号、並びに、２０１２年９月２７日に公開された米国特許出願公開第２０１２２４２０８４号は、フレームに支持された風力タービンの、表面が折り畳むこと及び広げることが可能な薄板である羽根、並びに、風力エネルギーの効果的な利用を可能にする該羽根の薄い裏面の製造を提示している。しかし、これらの特許には、該羽根の長さに沿って迎角がどのように配分されるべきか、及び、風速が定格速度を下回った場合に迎角をどのように調節するか、示されていなかった。

【０００４】

米国特許第２０１２２４２０８４号では、各羽根が縦軸２～１０度上にて回転していると記載されていることを考慮すると、迎角を調節するための規則についても何ら指摘されていない。したがって、風力タービンがタービンの羽根を定格速度を下回る風速で制御する方法がないため、これらの発明を固定速度の風力タービンの羽根を製造するにあたって採用することは、風力タービンが経済的指標及び技術的指標を満たさないことを意味する。このことは、例えば、風力タービンが固定速度で動作しており、風速が定格速度を下回る際に迎角が増加しない場合において問題となる。

【０００５】

風力学の分野における誤解を招く発明は、アルバート・ベッツが羽根付き風力タービンの電力を計算するための式を公表した１９１９年にあった。

【数１】

$$P_{TB} = \frac{1}{2}\rho A_0 v^3 C_P$$

ここで、ρは空気密度であり、A_0は羽根の受風面積であり、ｖは風速であり、C_pは電力係数である。この式は、風力タービン技術を羽根の受風面積A_0を増加させる（すなわち、羽根の長さを増加させる）方向に導いた一方で、迎角、羽根の面積及び形状のような羽根の他の重要な物理的因子や、風力タービンの回転速度を見落としていた。その結果、風力タービンの羽根は、広く風中に飛行する物体と見られ、このことにより、タービンの羽根は全て、羽根の動きをサポートする空力学的翼型を備えて設計されることになる。この発明の著者は、この式が、風に作用する風力タービンの力を計算する際における、ニュートンの第２法則（Ｆ＝ｍａ、ここで、ｍは風の質量、ａは風の加速度である）についてのアルバート・ベッツの応用によるものであることを実現するようにした。実際には、空気塊に力を加えることは不可能であり、またさらに重要なことに、ニュートンの第２法則は、粒子力学の法則である。この発見に関する文書は、https://Youtu.be/HTaAJQPkrp0にて、英語とベトナム語の両方によりＹｏｕＴｕｂｅ上に公開されている。

【０００６】

ベッツの法則に基づいて製造された羽根付き風力タービンは、空力学的翼型部を備えた羽根を有する。１９８２年７月１３日付の米国特許第４３３９２３０号には、翼型状の上面及び翼型状の下面の両方を有する羽根設計について詳述されているが、ここにも、迎角についての規則はなく、電力の減少を避けるために羽根先端に向かって羽根の幅が縮小している必要があるかどうかについての示唆もない。さらに、風力タービンの回転速度は風速に依存するため、生成されたエネルギーが電力網に直接供給されるような固定速度の風力タービンを生産することは実用的ではない。

【０００７】

これらの問題は、風力タービンの出力に制限を課しており、それによって、風力タービンの製造及び風力発電のコストが非常に高くなり、風力が人間にとっての主要な電力源にならなくなる。

【０００８】

したがって、正しい視点では、風力タービンの羽根が気流の障害物であると見られ、非常に短い羽根片の羽根表面は、平坦であるとみなされるべきである。また、羽根の強度を高め、風の影響を最小限に抑えるために、トラスシステムを採用するべきである。実際に、風力タービンの羽根は２種類の風力に曝され、該風力の一方は動いている空気粒子が羽根の表面と衝突することによって生じ、他方は羽根の背面の圧力降下によって生じる。これらの力は２つの要素に分解され、一方はタービン軸に平行な要素であって、タービンを回転させずに吹き倒し、他方は羽根片の回転軌道の接線方向の要素であって、タービンを回転させる作用を生じるため有用である。該発明の著者はまた、風力タービンの電力を計算するための関数を発明しており、これは以下のように表される：

【数２】

$$P_{TB}=\left\{\left[\frac{1}{2}(Cx+j)a\rho\sum_{i=1}^{n}S_{Ci}d_i\omega_i(k_iv-d_i\omega_i\cot\alpha_i)^2\cos\alpha_i\sin^2\alpha_i\right]-P_O\right\}C_P$$

$$\text{条件：}\ 0<\alpha_i<90^0\ \&\ (k_iv-d_i\omega_i\cot\alpha_i)>0$$

ここで、P_{TB}（ｗ）は風力タービンのパワーであり、ρは空気密度であり、S_cは羽根片ｉの面積であり、ｖ（ｍ／ｓ）は風力場の速度であり、α_i（０°）は羽根と風向きとの間の傾斜角であり、k_iは羽根片ｉとの衝突前における風速の減衰係数であり、d_i（ｍ）は羽根片ｉからタービン軸までの距離であり、ω_i（ｒａｄ／ｓ）はタービン角速度であり、ａはタービン羽根の数であり、ｊは羽根の吸収係数であり、C_xは羽根の裏面形状依存の係数（平坦な場合には最高値１．３２を有する）であり、P_0はギヤボックス、発電機及び軸受の摩擦における損失であり、C_pは変換時の電力損失係数（発電機が電力網に直接接続されている場合には無視される）である。

【０００９】

この発明もまた、https://Youtu.be/mWxlRlurAp0にて、英語とベトナム語の両方によりＹｏｕＴｕｂｅ上に公開されている。

【００１０】

風力タービンの電力を計算するための関数は、風速、風力タービンの回転速度、羽根面積、羽根表面の各位置での対応する迎角のような要素に基づいて、薄板形態の羽根表面及び平坦と見なされる程度の短い羽根片を有する風力タービンの電力の比較的正確な計算と可能にする。その結果、風力発電の開発に最適な技術的特徴を備えた風力タービンの羽根を設計することが可能になる。

【００１１】

特許ＰＣＴ／ＶＮ２０１５／０００００７（優先日：２０１４年７月１４日、出願日：２０１５年７月１０日、国際公開日：２０１６年１月２１日、ＷＯ特許番号：２０１６／０１１４６２）は、トラス支持構造及び捻れ表面を備えた風力タービンの羽根の製造について詳述しており、これは、風力エネルギーを利用する過程において風力タービンが気流の障害物であるとする視点に即したものである。特許ＰＣＴ／ＶＮ２０１５／０００００７における風力タービンの羽根設計は、風力タービンの電力を計算するための関数を利用することにより、定格風速及び風力タービンの最高回転速度に対応した、羽根の長さに沿った羽根表面の各位置における最適な迎角を決定する。これらの迎角のセットは、タービンの羽根のための全体として最適な迎角を定めるために使用され、そのような迎角は、定格風速での角度である。

【００１２】

タービンの羽根の迎角を規定するための特許ＰＣＴ／ＶＮ２０１５／０００００７における定格風速の決定は、可変速度の風力タービンにのみ適用可能である。風速が徐々に減少するため、タービンの回転速度及び羽根の適切な迎角は、その風速において決定される迎角のためにタービンが最大出力に匹敵する出力を達成することを可能にする。定速風力タービンでは、風速が低いほど、その風速で決定される迎角のために、最大出力と比較してタービン出力がより小さくなる。したがって、タービンが強制的に停止される始動速度及び最低速度は比較的高く、風速が低速及び中速である際のタービン出力は大幅に減少す

ることになる。タービンが強制的に停止される最低速度における計算に基づき、風力タービンの出力は、該風速にて決定される迎角のために、最大出力の３０～４０％の間となる。風速が定格値をちょうど下回る際には、タービン出力の減少は無視できる。さらに重要なことに、その時点での風力タービンの出力は既に非常に高いため、さらなる減少があったとしても、電力網の出力には大きな影響を与えない。

【００１３】

しかしながら、特許ＰＣＴ／ＶＮ２０１５／０００００７における固定速度の風力タービンの羽根の迎角を制御することについては、明確かつ具体的ではない。羽根先端の迎角が約８９°に調節されていることは、羽根先端が低速である場合、満足のいくものとはならない。そのうえ、設計プロセスを容易にするため、固定速度の風力タービンにおける基本パラメータの決定は詳述されていない。

【発明の概要】

【００１４】

固定速度の風力タービンの羽根の迎角を決定及び制御する方法という名称の本発明は、薄板を表面として有する風力タービンの羽根であって、平坦とみなされる程度の複数の短い羽根片からなる該風力タービンの羽根に適用され、タービンが強制的に停止される際の速度である最低速度から定格速度までの速度範囲を低速、中速及び高速に分けた場合において、風速が低速及び中速である際に風力エネルギーを有効に活用するため、風力タービンの複数の羽根の適切な迎角を確立することを目的とする。設計されるタービンの羽根の迎角は固定されているが、タービンが最大出力を達成する各特定の風速に対して常に最良の迎角が存在する。任意の風速にて最大出力を達成するよう迎角を変更又は調節することは不可能であるため、風速が低速及び中速である際に最適な出力を得るためには、迎角を制御する必要がある。低速から中速の風速に対応する迎角を用いて羽根が設計されると、その迎角は最適な角度との差が大きくなりすぎることにはならず、結果として出力の低下は最大出力と比べてもごくわずかとなる。これにより、風速が低速及び中速である際に最適な出力を達成しつつ、風速が低速の際に停止して再始動することが可能な固定速度の風力タービンの製造が可能になる。風速が低速の際のタービン出力が最大出力から大幅に低下したとしても、その時点での出力は依然として非常に高いため、電力網に目立った影響を与えない。

【００１５】

上記目的を達成するために、本発明「固定速度の風力タービンの羽根の迎角を決定及び制御する方法」は、風速が低速及び中速である際に風力エネルギーを最も良く引き出すための最適な迎角を備えた羽根を製造する３つのステップについて詳述する。

【００１６】

第１ステップは、風力タービンの基本パラメータを規定することである。該基本パラメータは、羽根の長さ、羽根の幅、タービンの固定速度、定格風速、始動速度及びタービンが強制的に停止される最低速度並びにその消費電力との関係を含む。

【００１７】

第２ステップは、迎角を決定するために風速を選択することである。この選択に基づいて、迎角のセットが、羽根の全体的な最適となる迎角を形成するために計算される。

【００１８】

第３ステップは、羽根を制御することである。ここでは、低速から中速の風速に対応して、迎角を調節する。

【００１９】

羽根の適切な迎角と、種々異なる風速に対応する迎角を制御する方法とは、風速が低速及び中速である際に風力タービンが最適な出力を達成するのに役立つ。その結果、風力エネルギーを生産するための固定速度の風力タービンを低コストで製造することが可能になると共に、可変速度の風力タービンを、性能がより優れ、出力がより高く、風力発電コストがより低い固定速度の風力タービンへと変換することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【００２０】
【図１】図１は、６枚のトラス支持されて捻れた羽根を備え、うち３枚は他のものよりも短い、固定速度の風力タービンの全体像を示す。これらの羽根は、引っ込み可能な表面を有し、羽根先端から地面までの高さが約１５メートルである。
【発明を実施するための形態】
【００２１】
固定速度の風力タービンの羽根の迎角を決定及び制御する本方法は、薄板を表面として有する風力タービンの羽根であって、平坦とみなされる程度の複数の短い羽根片からなる該風力タービンの羽根に適用され、タービンが強制的に停止される際の速度である最低速度から定格速度までの速度範囲を低速、中速及び高速に分けた場合において、風速が低速及び中速である際に風力エネルギーを有効に活用するため、風力タービンの複数の羽根の適切な迎角を確立することを目的とする。これにより、風速が低速及び中速である際に最適な出力を達成すると共に、風速が低速の際には停止して再始動することが可能な固定速度の風力タービンを製造することが可能になる。本発明は、以下の３つのステップについて詳述する。
【００２２】
・第１ステップは、タービンの基本パラメータを規定することであり、羽根先端の線速度を１００～２００ｋｍ／ｈの間で選択することを含んでいる。このような高い線速度は、騒音の低減と羽根の迎角のより良い制御とを目的としている。最大３００ｋｍ／ｈの線速度がおそらく可能である。しかしながらその場合、タービンにより生じる騒音は、風速が低い際であっても重大であり、羽根の迎角を制御しても効果はない。タービンの固定速度もまた規定されるべきであり、該固定速度及び羽根先端の線速度に基づいて、羽根の長さが計算される。あるいは、羽根の長さは、羽根先端の線速度及び前記羽根の長さに基づいてタービンの固定速度が計算可能となるように選択されるべきである。この場合、固定回転速度は、羽根の長さに反比例する。羽根の幅は、羽根の長さの１０％未満であるべきであると共に、羽根表面に衝突する前の風速の減衰を最小限にするために、６ｍを超えるべきではない。羽根の幅が６ｍ未満であれば、風力タービンの製造及び設置が市販の回転ドアを作製するのに使用される金属板を用いることによりうまく行えるため、風力タービンの製造及び設置が容易になる。タービンが強制的に停止される際の最低風速は、消費電力、すなわち、羽根が回転する際のギヤボックス、発電機及び軸受の摩擦によるエネルギー消費量よりもタービンの出力が２０％高い際の速度として規定される。これは、タービンが強制的に停止される前に電力網からエネルギーを消費しないようにするためである。始動速度は、タービン出力が消費電力よりも３～４倍高い際の速度として規定されるべきである。このことは、始動速度とタービンが強制的に停止される際の最低速度とが１～１．５ｍ／ｓだけ離れていることを意味し、始動速度よりわずかに低い風速の際に風力タービンが頻繁に再始動しすぎないようにする。定格速度は、タービンが最大出力又は定格出力に達する際の速度として規定されるべきである。従来の定格風速は約１６ｍ／ｓである。なぜなら、風が強い地域では、風速は通常、ビューフォート風力階級で５番目及び６番目の階級であり、すなわち、地上１０ｍにおいて８～１３．８ｍ／ｓと測定される風速である。このことは、地上４０ｍにおける風速が１１～１８ｍ／ｓの範囲に及ぶことを意味し、これにより多くの場合、風力タービンの高い出力が確保される。
【００２３】
・第２ステップは、羽根の迎角を決定するための風速ｖを規定することである。この風速は、低速から中速の範囲に及ぶべきであり、該風速に基づいて、風力タービンの電力を計算するための関数は、羽根に沿った各位置ｉ、回転中心からの距離d_i及びタービンの固定の回転速度ω_iにおける、羽根の複数の最適となる迎角α_iのセットを決定するために適用され得る。このような迎角α_iのセットは、羽根の全体的な最適となる迎角を決定するために使用される。羽根の先端における迎角は、α_cと称される。この羽根の迎角を決定するための風速は、無作為に選択されると、羽根の制御に悪影響を及ぼすと共にエネルギー出力を減少させる可能性がある。

【００２４】
・第３ステップは、羽根を制御することである。具体的には、風速が、羽根の迎角を決定するための風速v_c＝ａ　ｍ／ｓ（ｋｍ／ｈ又はｍｐｈ）からタービンが強制的に停止される速度まで１単位減少すると、迎角が
【数３】

$$\frac{90^0 00' - \alpha_c}{a}$$

だけ増加する。風速が、タービンが強制的に停止される速度から定格回転速度まで１単位増加すると、迎角が
【数４】

$$\frac{90^0 00' - \alpha_c}{a}$$

の値だけ低下する。風速が、定格風速から風速v_cまで１単位降下すると、迎角が
【数５】

$$\frac{90^0 00' - \alpha_c}{a}$$

の値だけ増加する。タービンが強制的に停止される速度と消費電力に対する始動速度とを決定するために、種々異なる風速での風力タービンの電力を示す表を準備する。定格風速での定格出力もまた決定することができる。
【００２５】
上述の制御方法が採用されて、羽根の迎角を決定するための風速v_cが低速と中速との間にある場合には、そのような風速での羽根の迎角と最大出力のための最適な迎角との差は無視できる。羽根の長さが６６ｍ、回転速度が６ｒｐｍの風力タービンに適用される計算は、羽根の迎角と羽根根端における最適な角度との差が約１°であることを示している。しかしながら、羽根先端では、迎角と最適な角度との差は無視できる、すなわち、わずか数分である。したがって、タービン出力は、その最大値と比較してごくわずかしか減少しない。これは、タービン電力曲線を用いて容易に調査され得る。風速が高速の際のタービン出力は目立って低下するものの、システム全体の出力が既に高いため、このことは問題でなく、実際には、電力網のピーク電力を低減するにあたって積極的な役割を果たす。
【００２６】
風速がタービンを強制的に停止させる最低速度よりも低い際には、タービンが電力網のエネルギーを消費することを防ぐために、タービンが電力網から切り離される。その後、羽根中央の迎角が０°まで下がるまで羽根の迎角が減少し、その際にタービンは減速した後、ブレーキシステムにより停止状態となる。タービンは、風速が始動速度に等しい又は始動速度を上回るとすぐに再始動する。この時点において、羽根中央の迎角が５５°になるように迎角が再び調節され、羽根が最大トルクを得ることができるようになる。このとき、ブレーキシステムは解かれ、タービンの羽根は、迎角を徐々に増加させつつ回転速度を増していく。回転速度が固定速度に等しくなるとすぐに、発電機は電力網に再接続されて、迎角がこの時点での風速に対応する設計値に調節される。
【００２７】
風速が定格風速を超えた場合には、迎角はタービン出力を定格値にて安定させるのにちょうど十分な程度まで減少させられる。風速が約２５ｍ／ｓの際には、タービンは動作を停止する。風力タービンがこの特徴を備えて構成されている場合、迎角は０°に低下するか、羽根表面が折り畳まれる。また、発電機も電力網から切り離され、ブレーキシステムが作動してタービンを静止させる。風力タービンは、センサによって自動的に作動させることができ、又は手動で作動させることもできる。
【００２８】

４０ｍ以上の高さでは、風速は高く安定しているが、４０ｍより低い高さでは、風速は減少する。しかしながら、地上１０ｍより上では風速が目立って低下することはないため、地上１０ｍにおける風力タービンの羽根は、風通しの良い場所では満足のいくものである。

【００２９】

風力タービンは、風との接触面積を増やすために複数の羽根（図１）を用いて作製されることができ、長さ４０ｍを超える羽根を有する風力タービンでは、羽根の数は３つに限定されない。しかしながら、複数の羽根は、風速の減衰を最小限にすることを確実にするように十分離れている必要がある。結果として、羽根根端は表面を用いずに作製されるべきであり、この要件を満たすために、別の羽根上における羽根根端は、表面を備えずさらに広い領域を含んでいるべきである。

【実施例】

【００３０】

表面が折り畳むこと及び広げることが可能な薄板であるトラス支持された羽根を備えた固定速度の風力タービンの基本的な物理的パラメータを、以下のように規定する。

【００３１】

・所定の基本パラメータ

塔：高さ８０ｍ、直径６～８ｍ。

予想消費電力：６．５ｋＷ

羽根先端の線速度：１５０ｋｍ／ｈ

羽根：幅５ｍ、長さ６６ｍ

固定回転速度：６ｒｐｍ

タービンの羽根のうち３つは、羽根先端から６０ｍの長さの表面を用いて作製されている。

他の３つの羽根は、羽根先端から４６ｍの長さの表面を用いて作製されている。

羽根の表面は、図１に示すように、折り畳むこと及び広げることが可能である。

定格風速：１６ｍ／ｓ

タービンが動作を停止して羽根面が折り畳まれるカットアウト速度：２５ｍ／ｓ

風力タービンの電力の計算について関数を適用する際に、次のパラメータを選択する：ｋ＝１；ｊ＝１；Ｃｘ＝１．３２

【００３２】

風速８ｍ／ｓにて決定された羽根上における種々異なる位置での迎角のセットを、以下に示す。

【表１】

タービン軸までの距離 d (m)	傾斜角 α	タービン軸までの距離 d (m)	傾斜角 α
5	$65^0 28'$	37	$84^0 6'$
7	$68^0 54'$	39	$84^0 23'$
9	$71^0 25'$	41	$84^0 39'$
11	$73^0 37'$	43	$84^0 53'$
13	$75^0 25'$	45	$85^0 6'$
15	$76^0 55'$	47	$85^0 18'$
17	$78^0 9'$	49	$85^0 30'$
19	$79^0 12'$	51	$85^0 40'$
21	$80^0 5'$	53	$85^0 50'$
23	$80^0 51'$	55	$85^0 58'$
25	$81^0 30'$	57	$86^0 7'$
27	$82^0 4'$	59	$86^0 14'$
29	$82^0 35'$	61	$86^0 22'$
31	$83^0 2'$	63	$86^0 28'$
33	$83^0 25'$	65	$86^0 35'$
35	$83^0 47'$		

【００３３】

・計算のためのパラメータ：

羽根先端の最大迎角：α_d＝８８°４８’

風速が１ｍ／ｓ減少すると、この迎角は２６’増加する。

風速が１ｍ／ｓ増加すると、この迎角は２６’減少する。

風速が定格風速を超えると、風力タービンの電力が定格レベルで安定するように迎角が減少し続ける。

始動速度：４ｍ／ｓ

風力タービンが強制的に停止される最低風速：３ｍ／ｓ

定格風速での風力タービン出力：Ｐ１６＝１２５４ＫＷ。

発電機容量：１．５００ＫＷ

【００３４】

以下の表は、種々異なる風速における風力タービンの電力を示す。

【表２】

風速 v (m/s)	電力 P (kW)	風速 v (m/s)	電力 P (kW)
2,8	6,1	10	330
3	7.9	11	467
4	21	12	555
5	42	13	698
6	75	14	860
7	117	15	1046
8	174	16	1245
9	244		

【００３５】
始動速度４ｍ／ｓ、羽根中央における迎角５５°での始動トルク：５４７ＫＮｍ
定格風速１６ｍ／ｓにおける最大軸推力：３２３ＫＮ
【産業上の利用可能性】
【００３６】
固定速度の風力タービンの羽根の迎角を決定及び制御する方法は、薄板を表面として有する風力タービンの羽根であって、平坦とみなされる程度の複数の短い羽根片からなる該風力タービンの羽根に適用され、固定速度の風力タービンの製造及び運転に用いられる。タービンの羽根はトラス支持されており、強風の中でタービンを保護するために折り畳むことが可能な薄板で作製されている。これにより、羽根の長さ及び幅、並びに羽根の数を増加させることによって、羽根の面積を増加させることが可能になる。羽根の長さが４０ｍを超える風力タービンでは、羽根は６枚が適している。電力網に直接接続された固定速度の風力タービンは、より出力が高く、発電機のコストが低く、インバータが不要であり、羽根を比較的重い金属で作製できると共に別々に製造できるという利点を有し、この別々の製造によって、コンテナ内における輸送が容易になる。したがって、風力電力のコストが大幅に削減され、風力エネルギーは、経済発展と気候変動への対抗との両方の需要を満たし、多くの国にとって最も安価なエネルギー源になるであろう。
【００３７】
本固定速度の風力タービンの羽根の迎角を決定及び制御する方法は、可変速度の風力タービンを固定速度の風力タービンへと変換することにも適用可能である。このような変換は、塔の高さを維持し、羽根の幅を広げ、羽根の長さを１．５倍に延長し、インバータの使用を排除し、発電機を固定速度のものに置き換え、タービンを電力網に直接接続することによって可能になる。最も根本的な問題は、ギヤボックスに互換性があるかどうかである。ギヤボックスの交換が必須である場合であっても、羽根の数を６枚以上に増やしたタービン出力を用いれば風力タービンが新しい固定速度の風力タービンの出力に匹敵する出力を生成可能であるため、なお変換は有益である。

【図１】

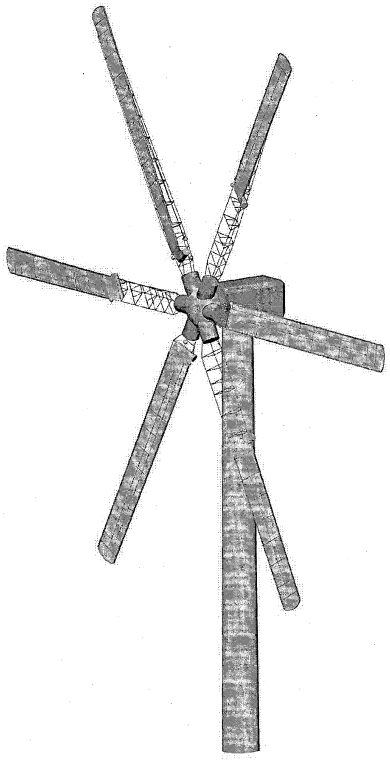

FIGURE 01

フロントページの続き

早期審査対象出願

(72)発明者　ライ，バー　アット
ベトナム社会主義共和国　ハノイ　シティー，コウザイ　ディストリクト，ファン　バン　チュオン　ストリート　ナンバー　３２／２４

審査官　谿花　正由輝

(56)参考文献　特表平０６－５１１１３３（ＪＰ，Ａ）
特表２００５－５１９２３５（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｆ０３Ｄ　　７／０２
Ｆ０３Ｄ　　７／０４
Ｆ０３Ｄ　　１／０６