

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4504808号
(P4504808)

(45) 発行日 平成22年7月14日(2010.7.14)

(24) 登録日 平成22年4月30日(2010.4.30)

(51) Int.Cl.

F I

F O 3 D 11/00 (2006.01)

F O 3 D 11/00 A

F O 3 D 1/06 (2006.01)

F O 3 D 1/06 A

請求項の数 2 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2004-511691 (P2004-511691)	(73) 特許権者	500017944
(86) (22) 出願日	平成15年5月28日(2003.5.28)		アロイス・ヴォベン
(65) 公表番号	特表2005-533210 (P2005-533210A)		ドイツ連邦共和国デー26607アウリ
(43) 公表日	平成17年11月4日(2005.11.4)		ッヒ、アルゲシュトラーセ19番
(86) 国際出願番号	PCT/EP2003/005605	(74) 代理人	100080816
(87) 国際公開番号	W02003/104646		弁理士 加藤 朝道
(87) 国際公開日	平成15年12月18日(2003.12.18)	(74) 代理人	100098648
審査請求日	平成17年1月12日(2005.1.12)		弁理士 内田 深人
(31) 優先権主張番号	102 25 136.3	(72) 発明者	アロイス・ヴォベン
(32) 優先日	平成14年6月5日(2002.6.5)		ドイツ連邦共和国デー26607アウリ
(33) 優先権主張国	ドイツ(DE)		ッヒ、アルゲシュトラーセ19番
(31) 優先権主張番号	103 07 682.4		
(32) 優先日	平成15年2月21日(2003.2.21)	審査官	刈間 宏信
(33) 優先権主張国	ドイツ(DE)		
前置審査			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 風力発電装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ローターハブを有するローターと、ローターハブに取り付けられ翼形を有する少なくとも1つのローターブレードと、ハブクラッドとを備える風力発電装置であり、

ハブクラッドの外側に、横断面を有する構造が備えられ、前記構造の横断面はローターブレードの翼根領域でのローターブレードの翼形の横断面に対応し、前記構造はハブクラッドに固定して接続され、

ハブクラッド上に備えられた前記構造は、ローターハブに対して静止するとともにハブクラッド上に配置され、公称の風速での入射角にローターブレードが設定された時にローターブレードの直下であり、その結果、ローターブレードの翼根領域で、前記構造とローターブレードとの間に小さい間隔のみが存在する、風力発電装置。

【請求項 2】

発電機および発電機に接続されるローターと、
 発電機を収納するマシンハウジングとを備え、
 ローターは少なくとも2つのローターブレードを含み、
 ローターハブは、前記ハブクラッドとしてスピナーを備え、
 スピナーの直径に対する、少なくとも1つのローターブレードのスピナーの直上での翼弦長の比は0.5～1の範囲の値である請求項1に記載の風力発電装置。

【発明の詳細な説明】

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

この発明は、風力発電装置に関する。この点の注目での最先端技術として、E r i c h H a uによる「Windkraftanlagen」(1996年)の書物に一般に向けられるべきである。その書物は、風力発電装置を含み、そのような風力発電装置のローターブレードおよびそのローターブレードの横断面が最先技術として述べられている。102ページの図5.34は、NACAに基づく航空力学のローターブレードの幾何学的なローターブレードパラメーターを例証している。ローターブレードは、翼弦長に対応するローターブレードの深さ、翼弦上に平均ラインの最大上昇である最大の反り(又は反りの比率)、反りの増加(つまり、最大の反りが、ローターブレードの横断内に提供される箇所での横断面の深さに対する位置)、中央ライン上の中心ポイントで記される円の最大直径としての最大ローターブレード厚さ、および厚さの増加(ローターブレードの横断面がその最大ローターブレード厚さとなる箇所での、輪郭深さに対する位置)、によって記述されていることに理解されるべきである。さらに、ローターブレードの横断面について述べるために、最先端の半径および、下側およびトップの調和した形状が考察される。E r i c h H a uの書物からの既知の用語は、この出願のローターの断面の別の記述のために、保持されなくてはならない。

10

【 0 0 0 2 】

ローターブレードは多くの態様に関して最適化されることになっている。一方では、それらは静かであるべきであり、他方では、最大の動的パワーを供給もすべきであり、そのため、ほんの少しの風であっても、風力発電装置は始動し、公称の風速(風力発電装置の公称パワーに初めて到達する速度)、はできるだけ低い力の風で到達する。

20

【 0 0 0 3 】

風速がその後、さらに上昇すれば、ピッチが調整される今日の風力発電装置を考慮した時、ローターブレードは、公称パワーが更に維持され、風に対してローターブレードの作用する作用表面エリアは減少して、風力発電装置の全体あるいは一部を機械的な損害から保護する。しかしながら、風力発電装置のローターブレードの翼形の航空力学の特性に大きな重要性が起因することは重大である。この発明の目的は、従来より良い効率の風力発電装置を提供することである。この発明によれば、前記目的は、独立請求項である請求項1の特徴を備えた風力発電装置により達成される。即ち、本発明の一視点の風力発電装置は、ローターハブを有するローターと、ローターハブに取り付けられ翼形を有する少なくとも1つのローターブレードと、ハブクラッドとを備え、更に、ハブクラッドの外側に、横断面を有する構造が備えられ、前記構造の横断面はローターブレードの翼根領域でのローターブレードの翼形の横断面に対応し、前記構造はハブクラッドに固定して接続され、ハブクラッド上に備えられた前記構造は、ローターハブに対して静止するとともにハブクラッド上に配置され、公称の風速での入射角にローターブレードが設定された時にローターブレードの直下にあり、その結果、ローターブレードの翼根領域で、前記構造とローターブレードとの間に小さい間隔のみが存在する、ことを特徴とする(形態1・基本構成)。有利な発展は従属クレームに記述される。即ち、上記形態1の風力発電装置において、発電機および発電機に接続されるローターと、発電機を収納するマシンハウジングとを備え、ローターは少なくとも2つのローターブレードを含み、ローターハブは、前記ハブクラッドとしてスピナーを備え、スピナーの直径に対する、少なくとも1つのローターブレードのスピナーの直上での翼弦長の比は0.5~1の範囲の値であることが好ましい(形態2)。従って、以下の段落0016、0019、0028及び0030の記載事項は、特許請求の範囲に係る発明と関連しない。この発明によるローターブレードの翼形における特定のものが表1の中で述べられる。この発明は、多くの図面によって以下、例証される。

30

40

【 0 0 0 4 】

この出願に基づき記述されるローターブレードの翼形は、特に、(ハブへの接続のために)ローターブレード接続を行う、ローターブレードの箇所規定される。好ましくは、この明細書に記述されたローターブレード1は、ローターブレード1の全長に対し、最初

50

の 1 / 3 で規定される。この点で、ローターブレード 1 の全長は、風力発電装置が含まれるべき公称パワーに依存して、1 0 m から 7 0 m の間にある。したがって、例えば、Enercon 社のタイプ E - 3 0 からの風力発電装置の公称パワーが 3 0 0 k W である一方、Enercon 社のタイプ E - 1 1 2 (直径、約 1 1 2 m) からの風力発電装置の公称パワーは 4 . 5 M W である。

【 0 0 0 5 】

この発明によるローターブレードの翼形で特に特徴的であることは、その翼形の最大厚さが、ローターブレードの翼弦長の約 2 5 % から 4 0 % の間に、好ましくは、ローターブレードの翼弦長 3 2 % から 3 6 % の間にあるということである。図 1 8 では、ローターブレードの最大厚さは、ローターブレードの翼弦長の約 3 4 . 6 % である。ローターブレード後縁 3 の中心 2 からローターブレード前縁 5 の主要なポイント 4 に及ぶ翼弦が図 1 で示される。厚さの増大 (つまり、ブレード長にわたって最大の翼形の厚さが生じるところの部位) は、翼弦長において、前縁から約 2 0 % から 3 0 % の間であり、好ましくは、2 3 % から 2 8 % の間であり、図示した例では 2 5 . 9 % である。最大厚さは、翼弦に垂直になっていることが確認され、また、その増大は、ローターブレードの前縁 5 と関係がある。

10

【 0 0 0 6 】

さらに、図 1 8 は、中間の反りライン 7 が何であることを示す。その反りライン 7 は、ローターブレード 8 の各ポイントでのそれぞれの厚さの半分に起因する。従って、その反りラインは、まっすぐには延在せずに、ローターブレード 1 の加圧側面 1 1 上と、ローターブレード 1 の減圧側面 1 0 とに対向して配置されたポイントの間で常に正確に延在する。その反りラインは、ローターブレードの後縁およびローターブレードの前縁で翼弦と交差する。

20

【 0 0 0 7 】

この発明によるローターブレードの横断面中の反りの増大の位置は、翼弦長の約 5 5 % から 7 0 % の間に、好ましくは約 5 9 % から 6 3 % の間にある。図示した例では、反りラインの増大の位置は翼弦長の約 6 1 . 9 % である。この場合、最大の反りの値は、翼弦長の約 4 % から 8 % の間に、好ましくは約 5 % から 7 % の間にある。図示した例において、反りは、翼弦長の約 5 . 8 7 % である。

【 0 0 0 8 】

30

この発明によるローターブレードの翼形の点で特に著しいことは、加圧側面のローターブレードが翼弦を 2 回カットすることであり、つまり、その箇所では、加圧側面が凹面形状であるのに対し、翼形の前面では加圧側面が凸面の形状であることである。加圧側面が凹面の形状である領域では、反対側に配置された減圧側面は、ほぼ直線ラインにより境界が設定される。

【 0 0 0 9 】

加圧側面 1 1 に、凹面の屈曲を備えること、あるいは減圧側面 1 0 に、直線状の境界を備えることは確かに公知である。しかしながら、それらの 2 つの手段の結合は、この発明によるローターブレードの翼形に対しては大きな意義があり、そして、この発明によるローターブレード 1 に関して特有である。さらに、図示したローターブレード 1 の翼形の後縁 3 は顕著に厚い。しかしながら、図示した翼形は、ローター円の内側の 1 / 3 にあり、軌道の速度があまり高くので、そのことは、ローターブレードの後縁 3 で音の発生に関する問題を引き起こさない。

40

【 0 0 1 0 】

図の中で示された形状の x - y - 座標は、表 1 に再掲される。また、したがって、この発明によるローターブレードの横断面はそこに正確に記載される。

[表 1]

X-Y座標

x	y	x	y
1.000000	0.013442	0.000197	-0.007376
0.983794	0.020294	0.000703	-0.013612
0.958357	0.030412	0.001550	-0.019816
0.930883	0.040357	0.002704	-0.025999
0.899462	0.050865	0.004080	-0.032162
0.863452	0.062358	0.005649	-0.038281
0.823890	0.074531	0.007477	-0.044316
0.781816	0.086987	0.009639	-0.050245
0.737837	0.099513	0.012124	-0.056078
0.692331	0.111993	0.014883	-0.061829
0.645363	0.124434	0.017905	-0.067491
0.597614	0.136709	0.021204	-0.073045
0.549483	0.148731	0.024779	-0.078485
0.503007	0.160228	0.028618	-0.083809
0.461036	0.170758	0.032721	-0.089004
0.425769	0.179639	0.037087	-0.094062
0.397598	0.186588	0.041711	-0.098973
0.374996	0.191889	0.046594	-0.103723
0.356186	0.195840	0.051740	-0.108301
0.339750	0.198668	0.057150	-0.112695
0.324740	0.200524	0.062824	-0.116897
0.310542	0.201512	0.068769	-0.120893
0.296731	0.201704	0.074991	-0.124669
0.282999	0.201174	0.081500	-0.128219
0.269154	0.200007	0.088310	-0.131521
0.255115	0.198267	0.095450	-0.134551
0.240876	0.195985	0.102955	-0.137294
0.226479	0.193185	0.110872	-0.139735
0.212006	0.189892	0.119262	-0.141872
0.197571	0.186146	0.128192	-0.143724
0.183315	0.181995	0.137734	-0.145316
0.169384	0.177505	0.147962	-0.146667
0.155924	0.172745	0.158934	-0.147800
0.143051	0.167780	0.170663	-0.148727
0.130850	0.162675	0.183106	-0.149431
0.119369	0.157478	0.196155	-0.149877
0.108625	0.152229	0.209657	-0.150001
0.098610	0.146953	0.223475	-0.149715
0.089297	0.141664	0.237539	-0.148932
0.080653	0.136362	0.251855	-0.147579
0.072636	0.131036	0.266497	-0.145597
0.065201	0.125679	0.281578	-0.142949
0.058312	0.120269	0.297206	-0.139628
0.051931	0.114786	0.313400	-0.135651
0.046015	0.109229	0.330088	-0.131016
0.040531	0.103598	0.347173	-0.125692
0.035457	0.097893	0.364627	-0.119588
0.030772	0.092113	0.382602	-0.112537
0.026461	0.086262	0.401480	-0.104293
0.022520	0.080332	0.421912	-0.094548
0.018937	0.074321	0.444568	-0.083182
0.015688	0.068240	0.468376	-0.071217
0.012771	0.062095	0.491608	-0.060017
0.010196	0.055873	0.514034	-0.049898
0.007926	0.049601	0.535806	-0.040854
0.005911	0.043298	0.557225	-0.032760
0.004164	0.036989	0.578580	-0.025495
0.002755	0.030661	0.600131	-0.018956
0.001709	0.024300	0.622095	-0.013059
0.000953	0.017915	0.644620	-0.007755
0.000415	0.011534	0.667811	-0.003015
0.000088	0.005186	0.691690	0.001179
0.000000	0.000000	0.716104	0.004827
		0.740707	0.007908
		0.764985	0.010392
		0.788448	0.012236
		0.810817	0.013425
		0.832004	0.013957
		0.852100	0.013834
		0.871284	0.013058
		0.889797	0.011506
		0.907926	0.009441
		0.925997	0.006502
		0.944381	0.002701
		0.963552	-0.002134
		0.984409	-0.008335
		1.000000	-0.013442

10

20

30

40

50

【 0 0 1 1 】

ローターブレードの航空力学の形を改善するために、ローターブレードは根本の領域では最大の幅（すなわち翼弦長）をもち、従って、最適の航空力学の形に多かれ少なかれ近似される形（平面図では）である。

【 0 0 1 2 】

好ましくは、ローターブレードの根本の領域では、ローターブレードは、ローターブレードの根本の下端面（それは風力発電装置のポッドの方に向いている）の形状が、ローターブレードが少なくとも1つのピッチ角位置にあるときには、ポッドの外周面の形状に適合されるような構造である。例えば、ポッドと、ローターブレードの根本の下端（これは、ローターブレードが公称の風位置の中に位置する場合、ポッドの方へ向いている）との間に、非常に小さな間隔、例えば約5 mmから100 mmの間隔が存在する。

10

【 0 0 1 3 】

上記の示された特性を備えたローターブレードは、部分的に10%まで、パワーの顕著なより高い増大の余裕がある。予測できなかったパワーの増加によって、この発明による風力発電装置は、公称の風速以下の与えられた風速で、より高いパワー出力を達成する。さらに、それは、その公称パワー出力に従来より早く到達する。従って、そのローターブレード1もより早く回転でき（ピッチが早まり）、これは、一方では音放射のレベルが、他方、設置上の機械的な負荷が低下することを提供する。

【 0 0 1 4 】

その観点では、この発明は、最近一般的なローターブレードの輪郭が、明白に異なる風速を用いて、しかし常に一定の気流で、風洞の中で調査されるという認識に基づく。自然界において、しかしながら、風が表面のエリアで様に吹くことは極めてまれな場合であり、むしろ確率的な法則にゆだねられ、既知のローターブレードは、突風の結果として、ローターハブの近くのブレードの内部領域でフローの剥離を必ず含み、そのブレードは、事実、空気力学的に最適の配置にもはや存在しない。フローの剥離現象は、その（ローターブレード先端の）外側領域の方向のローターブレードに沿った距離に伝わる。その結果、そのフローは、ローターブレードから分離されるようになり、その結果、対応するパワーロスに帰着する。この発明および上記の記述された基本的な状況にしたがって注意を払う場合には、新規なローターブレードでかつ、ローターブレードの内部領域に置いても新規な、ローターブレードのために、パワー出力の相当な増加を達成することが可能である。

20

30

【 0 0 1 5 】

今、既知の標準のローターブレードが、この出願で提案した経験的に確認されたローターブレードの代わりに使用された場合、ローターブレードのための空気力学に新規な配置を与えるために、本願の場合に比べてほぼ2倍の最大輪郭深さ（これはローターブレードの翼弦長に相当）が、より低いローターブレードの領域（ハブの近くの領域）で要求されるであろう。前縁領域では、大きな翼形厚さが、負荷を安全にかつ信頼して伝えるために要求される。また2を越えるリフト値が要求される。

【 0 0 1 6 】

この従来の状況からわかるように、最近、一般的に構築されたローターブレードは、ローターブレードのローターハブへの接続部に近い領域で最大限の程度まで資源の節約に大きく貢献する。それに関する典型的な例は、既に上に引用したErich Hauによる1996年の「Windkraftanlagen」の114ページから115ページ内に分野の状況が示される。ローターブレードのローターハブへの接続部からある距離の領域、つまり、ローターブレードのローターハブへの接続部に近い領域（そこでは、ローターブレードの材料が節約される）で、常に輪郭深さが最大となることが理解できるであろう。しかしながら、最適の形が設計で 사용되는場合、ローターブレードの最も大きな最大輪郭深さは、例えば、ローターブレードのローターハブへの接続部から離れておらず、ローターブレードのローターハブへの接続部自身の領域にある。したがって、その構造は、ローターブレードのローターハブへの接続部に近い領域では大きな量の材料を節約しな

40

50

い。

【 0 0 1 7 】

従来実行されていた、材料の節約の理由は、ローターブレードの計算／開発に関して、（前に記述したように）フロー条件を考慮することに存在する。ローターブレードのための現在の計算プログラムがローターブレードを個々の間隔に分割し、全体のローターブレードのための評価をそこから引き出すために、各ローターブレード自身を計算するという事実がそれに加えられる。

【 0 0 1 8 】

しかしながら、現実には多少異なっているように見えることに気づくであろう。一方では、風は、与えられた表面エリア領域内に一様に、かつ静的に吹くことはなく、著しく確率的な挙動を示す。他方、内側の領域（それはローターハブの近くの領域）のローターブレードの低い周囲速度によって、風速の影響は相当であり、従って、入射角は、前記領域にて、瞬間風速に依存した高いレベルで変化する。その結果として、ローターブレードからのフローの分離は、ローターブレードの内側の領域で頻繁に生じる。

10

【 0 0 1 9 】

そのような状況ではヒステリシス効果が作用する。すなわち、突風が過ぎた後、前の風速が再び生じた場合、ローターブレードでの風の流れは前と同じではないという効果である。もっと正確に言えば、同じ流れがローターブレードの表面に対して再び接するには、風速はさらに落ちなければならない（したがって入射角はさらに変更されるに違いない）。しかしながら、風速がさらに落ちない場合、同じ流れがローターブレード表面に再び接していないので、ローターブレードへの風の流入にもかかわらず、力がローターブレードに及ぼされないことが、長い期間、起こるかもしれない。

20

【 0 0 2 0 】

フロー剥離の危険は、ローターブレードのこの発明による構成によって著しく低減される。その剥離の危険も比較的厚い輪郭によって低減される。パワーの相当な増加も次の事実によってうまく説明することができる。その事実とは、ヒステリシスの影響により、一旦、フローの剥離が生じると、（最先端技術に基づくローターブレードでは）パワーロスに相当な期間に維持されるということである。

【 0 0 2 1 】

本発明におけるパワーの増加の別の部分は、風が最小の抵抗の経路を利用するという事実によって説明することができる。ローターブレードがハブ近くの内側領域で非常に薄い場合（材料を大きく節約）、この内側領域はローター円の作動エリア内の、風に対する抵抗が最小の経路（以下「スリップ穴」という。）と等価であり、そのスリップ穴を通して、空気が優先的に流れる。これは、ローター円エリア一帯の様な分布に常に基づく共通の計算プログラムにおいては短所となることは確かである。

30

【 0 0 2 2 】

もし「スリップ穴」が、ハブ近くの領域のローターブレードの形態のために「閉じ」られれば、全体の円形表面エリアに気流の改善された分布を生じさせる。したがって、ローターブレードの外側領域における気流の改善効果も多少増加される。従って、その「スリップ穴」を「閉じる」ことは、この発明によるローターブレードのより高いパワー出力に貢献する。

40

【 0 0 2 3 】

「スリップ穴」に直接隣接するローターブレード部分を、パワー出力に貢献するローターブレード部分と仮定していることは、従来の計算プログラムの別の短所である。特別のフロー条件（意図したフロー条件の頻繁なフロー・ブレイクダウンおよびその後の回復）のため、そのように仮定できない。

【 0 0 2 4 】

図 1 1 ~ 1 7 は、正面からの、あるいは側部からのこの発明による風力発電装置の斜視図を示す。ハブ近くのブレード領域において、3枚のローターブレードがどのようにして、ほとんどシームレスでポッドの外部配置へ推移するかに関して見ることができる。しか

50

しながら、それらが公称上の風位置にある限りでは、これは、ローターブレードの位置に関してのみ当てはまる。

【0025】

その後、風が公称の風をさらに上回る風が生じるなら、通常のように、ローターブレードは、ピッチ・コントロール（ピッチ調整）によって風からゆっくり移動させられる。図15は、より大きな間隔が、ローターブレードの内側領域の下端と、ポッドとの間に確かにあることを示す。しかしながら、図15は、さらに構造30がポッドの外部上に備えられていることを示している。その構造30の横断面は、極めて本質的に、ハブ近くの領域のローターブレードの翼形の横断面に一致する。ローターブレードが公称速度にて入射角に向く場合、その構造30は、ローターブレードの直下にあり、そのため、その構造30と、ハブ近くの領域内のローターブレードとの間に小さなギャップだけが存在する。

10

【0026】

従って、構造30は、ローターブレードの一体的な構成部分ではないが、ローターブレードの直下に位置する場合、ローターブレードの一部として機能する。

【0027】

図18の中で示されたローターブレードの翼形の場合は、前縁5の半径は、翼弦長のおよそ0.146倍である。

【0028】

図18から理解されるように、減圧側面の周長さは、より長く、ほとんど直線状の領域である。それは例えば以下のように記述することができる：輪郭深さが最大輪郭深さすなわち翼弦長の38%～100%の間の領域では、上記減圧側面の周の半径は、輪郭深さの1.19倍である。輪郭深さが最大輪郭深さの40%～85%の間の領域では、上記減圧側面の周の半径は、輪郭深さのおよそ2.44倍である（図18を参照）。輪郭深さが最大輪郭深さの42%～45%の間の領域では、上記減圧側面の周の半径は、輪郭深さの5.56倍である。

20

【0029】

輪郭深さが最大輪郭深さの36%～100%の間の領域では、理想的直線からの最大の偏差は輪郭長さの約0.012倍である。その値は、重要な値であり、曲率半径が変化するとき、最も大きな曲率半径はそれぞれの領域で既に特定している。

【0030】

図示した例では、加圧側面の周長さは、輪郭深さの1.112倍である一方、減圧側面の周長さは輪郭深さの約1.124倍である。これは、減圧側面が、加圧側面より、単にわずかに些細に長いことを意味する。加圧側面に対する減圧側面の周長さの比率が、1.2未満である場合、好ましくは1.1未満、または、1から1.03の値の範囲内なら、それはしたがって極めて有利である。

30

【0031】

示された図面から理解されるように、ローターブレードは、スピナーの近傍で（つまり、風力発電装置のポッドの外側で）最大の輪郭深さすなわち翼弦長を持つ。したがって例えば、30mのローター径を備えた風力発電装置の場合には、スピナーの近傍での最大輪郭深さは、約1.8mと1.9mの間に、好ましくは1.84mである。従ってもし、スピナーがほぼ3.2mの直径であれば、スピナーでのローターブレードの輪郭に対する、スピナーの径との比は約0.575である。最大輪郭深さとスピナーとの比率が0.4以上、あるいは0.5～1の値の範囲内であれば、それはしたがってかなり有利である。その点では、各値は、上記の示された範囲にあると仮定することができる。上記の特定した例においては、最大輪郭深さとローター径の比率は約0.061である。従って、最大輪郭深さとローター径の比率が0.05～0.01の間の値より大きな場合、「スリップ穴」は小さくなり、ローターブレードの効率については、非常に適切であると証明されている。

40

【0032】

別の例は、図18の中で示されたローターブレードの横切りを備えたローターブレード

50

であり、ローターハブに近い側の1/3では、スピナーでの最大輪郭深さは約4.35m、スピナー径は5.4m、およびローター径は、全長7.1mである。また、スピナー径に対する最大輪郭深さの比は0.806であり、最大輪郭深さとローター径の比率も0.061である。上記の示された値は、ピッチ調整を備えたトリプルブレードに関する。

【0033】

記述されたように、この発明によるローターブレードの場合には、ローターブレードの最も広い位置（最も大きな翼弦長を有する位置）は、まさしくローターブレードの接続領域であり得る。そのローターブレード1の接続は、風力発電装置のハブにローターブレードが接続（結合、ねじ止めなど）される箇所である。さらに、図17に示すように、ローターブレードの下端16（つまり風力発電装置のポッドの方に面する端）は、ポッドの外周部に極めて実質的に縦の方角に適合する。この場合、ローターブレードはフェザー位置（もはや、風の方へ面する表面エリアが皆無）にあり、下端16とポッドの外周部との間の間隔は、最小、好ましくは50cm未満あるいは、または20cm未満である。

【0034】

さて、そのローターブレードが風の方向にセットされる場合、ローターブレードに極めて近い領域（スリップ穴が極めて小さい）でも、そのローターブレードは最大サイズの表面積をもつ。前述の参照したErich Hauは、従来のローターブレードは、ハブに近づくにつれ表面積が規則的に減少することを示している（そのローターブレードは、そこでは幅すなわち翼弦長が最も広い部位に比べて幅がより狭い）。反対に、この発明によるローターブレードの場合には、幅が最も広い位置はハブ近傍の領域にあるので、最良の可能な程度まで風を有効的に利用することができる。

【0035】

周知なように、非常に大きなローターブレード1を扱う場合、ローターブレードの非常に大きな幅すなわち翼弦長は、ハブ17近傍に含まれる。今までどおりそのようなローターブレード1を輸送することができるように（大きなローターブレードの場合には、つまり、ローターブレードが30mより長い場合、ハブ近くの領域のローターブレードの幅は、確実に5mから8mの間にあり得る）、ローターブレードは2つの部品で構成することが出来、その場合には、2つの部品は輸送の間に分離され、輸送後に合体される。その目的のために、その2つの部分は、風力発電装置に装着される前に、例えばねじ接続および取り外し不可の接続（接着剤）で一体に結合される。大きなローターブレードを扱う場合、それらのサイズのため、ローターブレードが合体されるため内部からアクセス可能なので、それは特に問題ではなく、そのため、合体された時、ローターブレードに、部品間で外観および分離ラインに、ほとんど目に見えないか、全く見えない、単一の外観を与える。

【0036】

初期の測定が示すように、この発明によるローターブレードの設計は、公知のローターブレードと比較して著しく効率を増加させることができる。この発明による風力発電装置1の場合には図4～8から理解できるように、そのローターブレードは、ハブの近くの領域で最も大きな最大輪郭深さすなわち翼弦長を持ち、更に、ローターブレードは、それらの全体の輪郭に沿って、ハブの近くの領域で移動させられ、風力発電装置の機械ハウジングのポッドのクラッド又はハブクラッド（スピナー）に極めて接近する。従って、ローターブレードの位置が、公称の風の範囲までの風速で採用される角度であることは、ローターブレードとポッドのクラッドとの間に非常に小さな間隔があることを意味する。他方、図1、2および3の中で例えば示されるような場合は、ローターブレードはそれらの輪郭の後部部分と共に、ポッドの外部のハブクラッドに極めて接近して移動される。例えば図11～17の中で示される代替の実施例では、ポッドの外部のハブクラッドは、ローターブレードの一部であるがローターブレードとは一体ではない構造30を備えている。したがって、ポッドの外側に備えられたローターブレードの一部である構造が、ポッドの外部のハブクラッドに固定され、公称の風速までのローターブレードの角度位置に対応する角度位置に配置されることは、特に図15および17から明確に見られる。その結果、少な

くとも公称の風までの風速では、後部領域におけるローターブレードの下端とポッドの間に最小のギャップがある。

【 0 0 3 7 】

ローターブレードのこの発明による形態では、ローターの中心に、風のための小さな「スリップ穴」しか存在しないことは、図 1 9 から明確に見ることができる。

【 0 0 3 8 】

図 1 8 は、図 1 7 の中でライン A - A に沿って得られるようなこの発明によるローターブレードの横断面を示し、つまり、ハブの近くの領域でのローターブレードのローターブレードである。

【 0 0 3 9 】

図 1 7 は、さらにスピナーの直径 D をいかに理解されるかを示すことを含む。

【 0 0 4 0 】

ローターの直径は、回転する場合、ローターによってカバーされる円エリアの直径によって示される。

【 0 0 4 1 】

図 1 5 および他のものから理解できるように、回転可能なローターブレードの一体化された構成部分でないローターブレードの一部 3 0 は、ポッドの外部のクラッドの一体化された構成する部分である。それぞれの部分は、ポッドにねじで留めることができるか、あるいは、ポッドに対して一片に接着されるか結合される。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 2 】

【図 1】この発明による風力発電装置の正面からの斜視図を示す。

【図 2】この発明による風力発電装置の背後および側部からの斜視図を示す。

【図 3】この発明による風力発電装置の側部から見た図を示す。

【図 4】この発明による風力発電装置の様々な方向から見た図を示す。

【図 5】この発明による風力発電装置の様々な方向から見た図を示す。

【図 6】この発明による風力発電装置の様々な方向から見た図を示す。

【図 7】この発明による風力発電装置の様々な方向から見た図を示す。

【図 8】この発明による風力発電装置の様々な方向から見た図を示す。

【図 9】この発明による風力発電装置の拡大したスケールでの図を示す。

【図 1 0】この発明によるローターブレードの図を示す。

【図 1 1】この発明による風力発電装置の様々な図を示す。

【図 1 2】この発明による風力発電装置の様々な図を示す。

【図 1 3】この発明による風力発電装置の様々な図を示す。

【図 1 4】この発明による風力発電装置の様々な図を示す。

【図 1 5】この発明による風力発電装置の様々な図を示す。

【図 1 6】この発明による風力発電装置の様々な図を示す。

【図 1 7】この発明による風力発電装置の様々な図を示す。

【図 1 8】この発明によるローターブレードのハブ近傍での横断面図を示す。

【図 1 9】この発明による風力発電装置の様々な図を示す。

【符号の説明】

【 0 0 4 3 】

1 ローターブレード

2 ローターブレードの中心

3 ローターブレード後縁

5 ローターブレード前縁

3 0 ローターブレードの一端

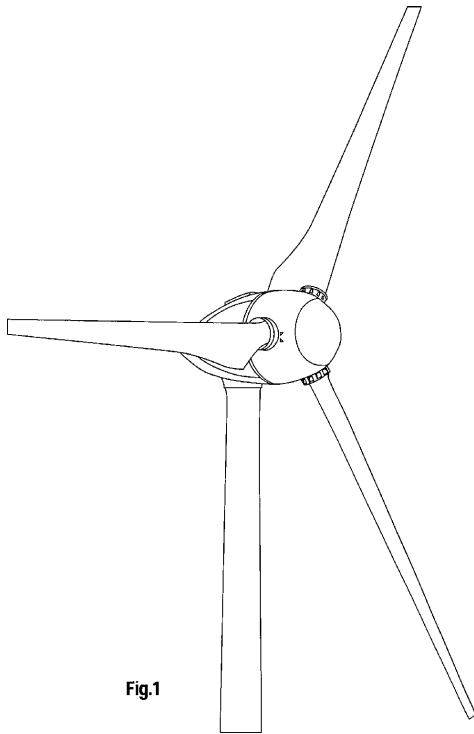
10

20

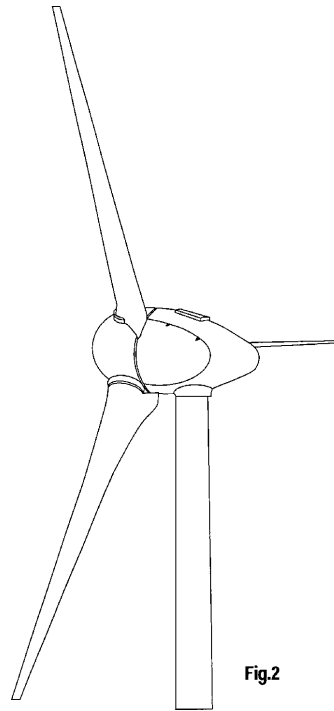
30

40

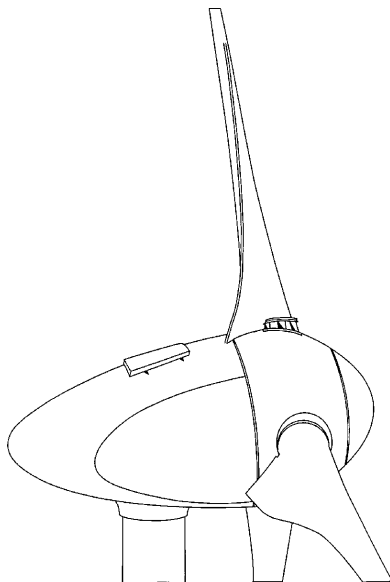
【図 1】



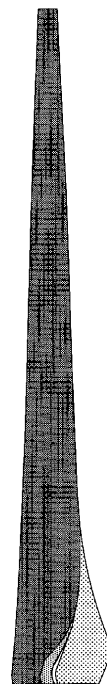
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【図 5】



Fig.5

【図 6】



Fig.6

【図 7】

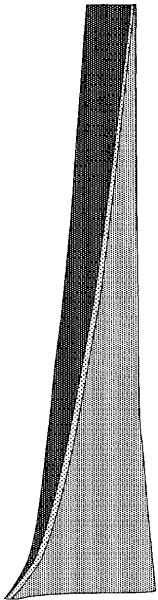


Fig.7

【図 8】

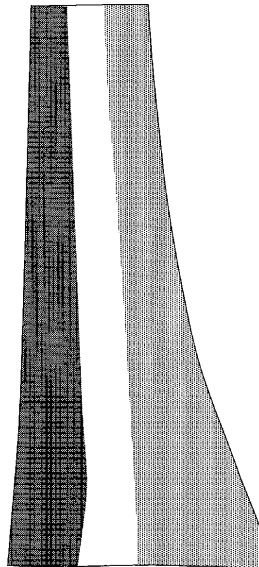


Fig.8

【図 9】

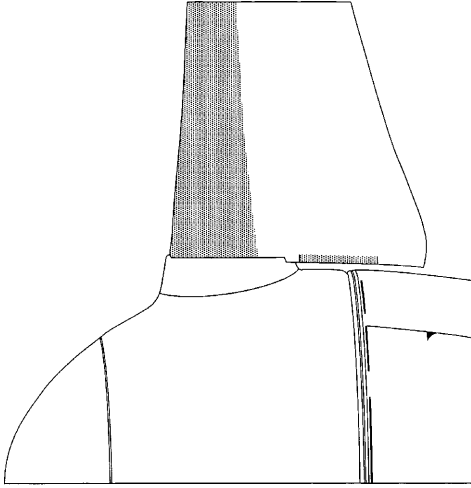


Fig.9

【図 10】

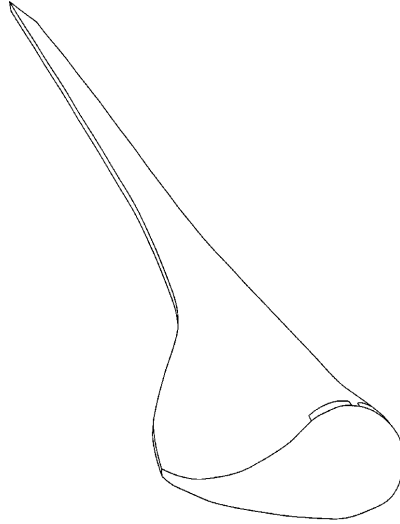


Fig.10

【図 11】

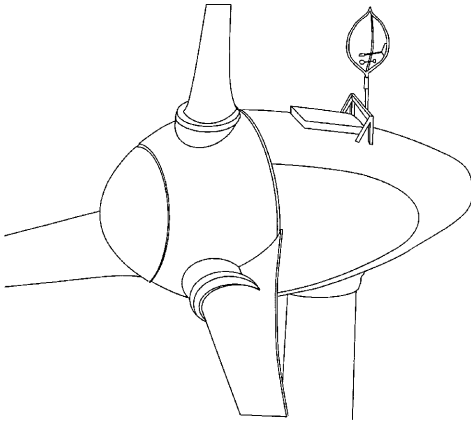


Fig.11

【図 12】

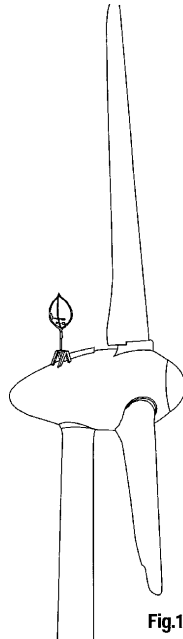


Fig.12

【図 13】

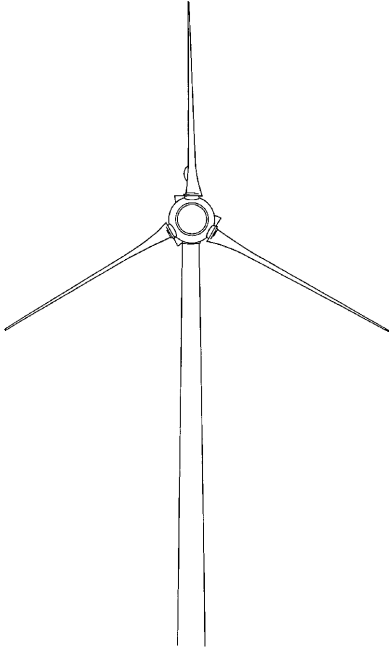


Fig.13

【図 14】

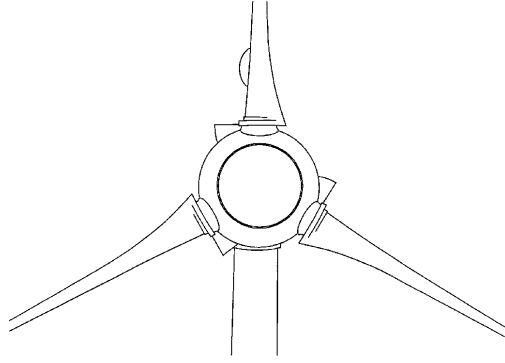


Fig.14

【図 15】

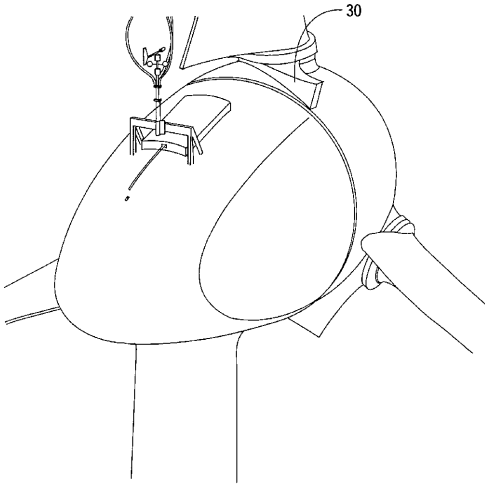


Fig.15

【図 16】

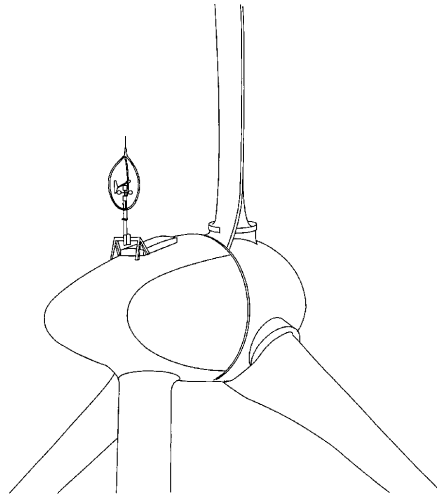
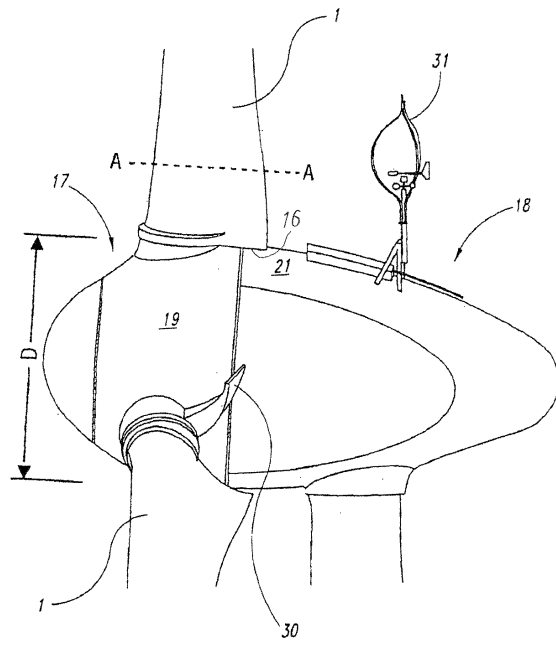
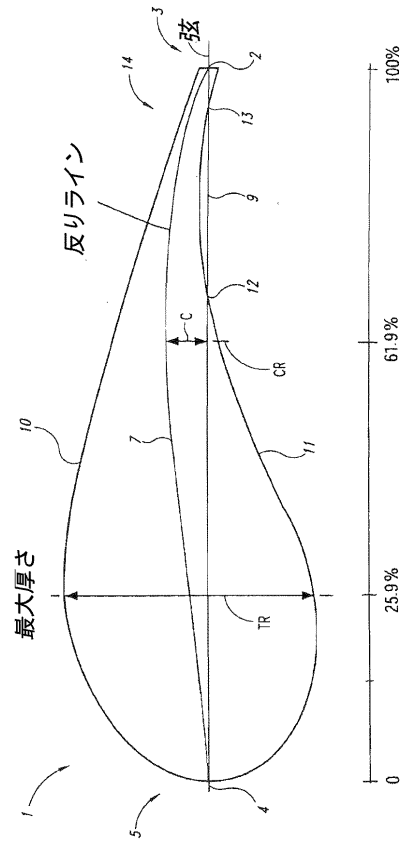


Fig.16

【図17】



【図18】



【図19】

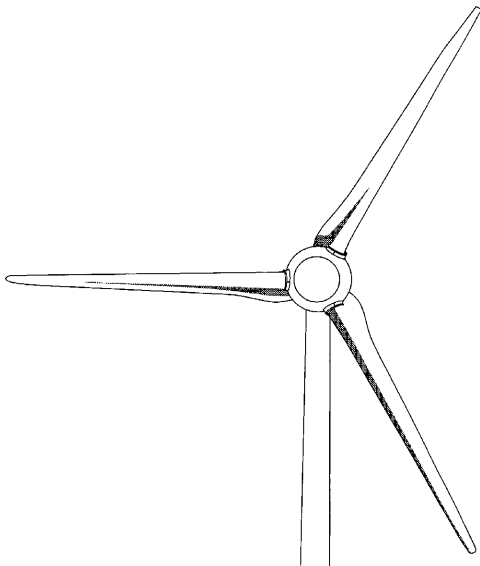


Fig.19

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭56-66460(JP,A)
米国特許第4419053(US,A)
米国特許第2485543(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F03D 1/06
F03D 11/00