

(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2017-166325

(P2017-166325A)

(43) 公開日 平成29年9月21日(2017.9.21)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)	
F03D	3/02	(2006.01)	F03D	3/02	A	3H178	
F03D	3/06	(2006.01)	F03D	3/06	G	5H590	
F03D	7/06	(2006.01)	F03D	7/06	Z		
H02P	9/00	(2006.01)	H02P	9/00	F		
H02P	9/06	(2006.01)	H02P	9/06			

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2016-49107 (P2016-49107)
 (22) 出願日 平成28年3月14日 (2016.3.14)

(71) 出願人 508191835
 株式会社グローバルエナジー
 静岡県浜松市浜北区中瀬594-2
 (74) 代理人 100060759
 弁理士 竹沢 荘一
 (74) 代理人 100087893
 弁理士 中馬 典嗣
 (72) 発明者 鈴木 政彦
 静岡県浜松市浜北区中瀬594-2
 Fターム(参考) 3H178 AA16 AA40 AA43 BB06 BB31
 CC03 CC16 DD07X DD12Z DD22Z
 DD52Z DD54Z EE02 EE05 EE18
 EE23 EE25 EE35
 5H590 AA02 AA30 CA14 CB04 CD01
 CE01 CE05 EA03 HA27 JA02

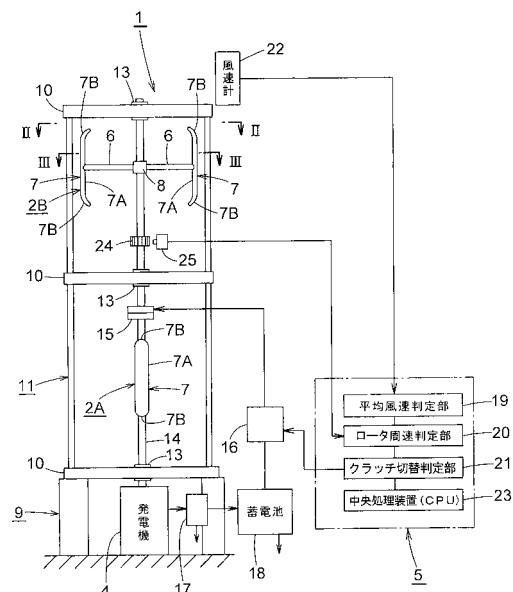
(54) 【発明の名称】 多段縦軸風車における風力発電方法

(57) 【要約】

【課題】低風速下においても、ロータが失速するのを未然に防止しながら、効率よく発電する風力発電方法を提供する。

【解決手段】発電機4に連係された縦主軸14に、複数のブレード7を有する上下複数段のロータのうち、下段の第1ロータ2Aを常時連結し、かつ上段の第2ロータ2Bをクラッチ15を介して連結し、第1、第2ロータが予め定めた平均風速以下で回転している場合に、クラッチ15を切断して第2ロータを空転させ、このロータが加速して回転する特定の周速に達したとき、クラッチを接続して空転させた第2ロータにより第1ロータを増速させながら、全てのロータの回転により発電することを繰返させる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

発電機に連係された縦主軸に、縦主軸周りに回転する縦長の複数の揚力型ブレードを有する上下複数段のロータのうちの少なくとも一つを常時連結し、かつ他のロータの少なくとも一つをクラッチを介して連結し、

前記複数段のロータが予め定めた平均風速以下で回転している場合に、前記クラッチを切断して前記他のロータの少なくとも一つを空転させ、

このロータが加速して回転する特定の周速または回転速度に達したとき、前記クラッチを接続して前記空転させたロータにより前記縦主軸に常時連結されたロータを増速させて前記発電機により発電するようにし、

前記複数段のロータが再度、前記平均風速以下で回転するようになったとき、前記クラッチを再度切断して、前記他のロータの少なくとも一つを前記特定の周速または回転速度に達するまで空転させ、

前記クラッチを再度接続して前記空転させたロータにより前記縦主軸に常時連結されたロータを再度増速させて発電することを繰返えさせることを特徴とする多段縦軸風車における風力発電方法。

【請求項 2】

前記揚力型ブレードは、上下の端部に縦主軸方向に傾斜する傾斜部を有することを特徴とする請求項 1 に記載の多段縦軸風車における風力発電方法。

【請求項 3】

空転させるロータを最上段のロータとすることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の多段縦軸風車における風力発電方法。

【請求項 4】

前記複数段のロータのうち、最下段のロータを常時縦主軸に連結し、この最下段のロータよりも上位の全てのロータを、クラッチを介して縦主軸に連結し、複数段のロータが予め定めた平均風速以下で回転している場合に、クラッチを切断して前記最下段のロータを除く全てのロータを空転させ、これらのロータが加速して回転しうる特定の周速または回転速度に達したとき、クラッチを接続して前記最下段のロータを増速させて発電することを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の多段縦軸風車における風力発電方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、縦主軸に上下複数段のロータを設けた多段縦軸風車における風力発電方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

複数の縦長の揚力型ブレードを有するロータを備える一般的な縦軸風車は、発電機のコギングトルクや発電負荷の影響により、低風速下ではロータが効率よく回転せず、発電効率は低い。

この問題を解決するために、本願の発明者は、揚力型ブレードの上下の端部に、縦主軸方向へ向かって傾斜する傾斜部を形成し、ブレードの内側面に沿って上下方向に拡散する気流を、傾斜部で受止めて回転力を高めるとともに、揚力(推力)を増大させ、ロータが効率よく回転しうるようにした縦軸風車を開発している(例えば特許文献 1 参照)。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0003】**

【特許文献 1】特許第 4 5 8 4 6 3 8 号公報(図 3)

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

10

20

30

40

50

上記特許文献 1 に記載の縦軸風車は、ロータの回転効率が高いので、発電が開始されるカットイン風速を低く設定しうるとともに、ロータの周速が例えば 5 m / s に達すると、ブレードの上下両端部の傾斜部の作用とコアンダ効果により、ブレードに生じる揚力(推力)が増大し、ロータは風速を超える周速度に加速しながら回転するようになるため、コギングトルクや発電負荷による失速が起きにくくなり、発電効率が高まるという特徴を有している。

【 0 0 0 5 】

また、特許文献 1 の図 3 等に記載されているように、上下複数のロータを、1 本の縦主軸に多段状に取付けると、縦主軸の回転駆動トルクが増大するので、発電効率を高めることができる。

10

また、縦主軸の回転駆動トルクが増大するので、縦主軸に発電容量の大きな発電機を接続して、発電効率をさらに高めることが可能となる。しかし、発電容量の大きな発電機を使用すると、そのコギングトルクや発電負荷も大となるので、弱い風速のときに、ロータの回転始動に時間を要したり、ロータが失速を起こし易くなったりすることが考えられる。

【 0 0 0 6 】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたもので、低風速下においても、複数のロータが失速するのを未然に防止しながら、効率よく発電しうるようにした多段縦軸風車における風力発電方法を提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

20

【 0 0 0 7 】

本発明の風力発電方法によると、上記課題は、次のようにして解決される。

(1) 発電機に連係された縦主軸に、縦主軸周りに回転する縦長の複数の揚力型ブレードを有する上下複数段のロータのうちの少なくとも一つを常時連結し、かつ他のロータの少なくとも一つをクラッチを介して連結し、前記複数段のロータが予め定めた平均風速以下で回転している場合に、前記クラッチを切断して前記他のロータの少なくとも一つを空転させ、このロータが加速して回転する特定の周速または回転速度に達したとき、前記クラッチを接続して前記空転させたロータにより前記縦主軸に常時連結されたロータを増速させて前記発電機により発電するようにし、前記複数段のロータが再度、前記平均風速以下で回転するようになったとき、前記クラッチを再度切断して、前記他のロータの少なくとも一つを前記特定の周速または回転速度に達するまで空転させ、前記クラッチを再度接続して前記空転させたロータにより前記縦主軸に常時連結されたロータを再度増速させて発電することを繰返させる。

30

【 0 0 0 8 】

この方法によると、複数段のロータが予め定めた平均風速以下で回転しているときに、クラッチを切断して少なくとも一つのロータを空転させ、このロータが加速しながら効率よく回転しうる特定の平均周速または回転速度に達したときに、クラッチを接続して、常時発電機に連結されているロータを増速させながら、全てのロータの回転により発電することができ、かつ複数段のロータが再度予め定めた平均風速以下で回転するようになったときに、クラッチを再度切断して、少なくとも一つのロータが加速しながら効率よく回転しうる周速または回転速度に達するまで空転させたのち、クラッチを再度接続して、常時発電機に連結されたロータを増速させて発電することを繰り返すので、低風速下においても、複数のロータがコギングトルクや発電負荷により失速するのを未然に防止しながら、効率よく発電することができる。

40

【 0 0 0 9 】

また、複数段のロータのうちの少なくとも一つは、発電機に連係された縦主軸に常時連結されているので、他のロータを空転させている間も、縦主軸に常時連結されているロータが回転している限り、発電が停止されることはない。

【 0 0 1 0 】

さらに、クラッチを切断すると、クラッチを介して縦主軸に連結されたロータには、発

50

電機によるコギングトルクや発電負荷が作用しなくなり、ロータは慣性で円滑に空転し続けるので、その間に風況が少しでもよくなれば、ロータは、特定の平均周速または回転速度まで速やかに加速して効率よく回転する。

【0011】

(2) 前記(1)項において、前記揚力型ブレードは、上下の端部に縦主軸方向に傾斜する傾斜部を有するものとする。

【0012】

このような構成によると、上下の端部に縦主軸方向に傾斜する傾斜部を有する揚力型ブレードは、ブレードの内面に当って上下方向へ拡散する気流を傾斜部で受け止めることにより、回転力を高めて揚力(推力)を増大させることができるので、風速が速くなるほど、コアング効果によりブレードに生じる揚力(推力)は増大し、ロータは加速されて効率よく回転する。そのため、このような揚力型ブレードを使用すると、空転させたロータが特定の平均周速または回転速度まで速やかに加速して回転するとともに、クラッチを接続して全てのロータの回転駆動力により発電しているときの発電効率を大幅に高めることができる。

10

【0013】

また、空転しているロータが特定の平均周速または回転速度に達するまでの時間が短くなるため、発電機に常時連結されているロータを速やかに増速させて発電することができる。

【0014】

(3) 前記(1)または(2)項において、空転させるロータを最上段のロータとする。

20

【0015】

このような構成によると、風速は、地上からの高さが高いほど速くなる傾向があるので、最上段のロータは、効率よく空転して速やかに特定の周速に達する。従って、クラッチが接続されると、空転している最上段のロータの回転駆動力が、縦主軸を介して常時発電機に連結されているロータに速やかに伝達されて増速させることができるので、低風速下においてロータが失速するおそれはさらに小さくなる。

【0016】

(4) 前記(1)～(3)項のいずれかにおいて、前記複数段のロータのうち、最下段のロータを常時縦主軸に連結し、この最下段のロータよりも上位の全てのロータを、クラッチを介して縦主軸に連結し、複数段のロータが予め定めた平均風速以下で回転している場合に、クラッチを切断して前記最下段のロータを除く全てのロータを空転させ、これらのロータが加速して回転しうる特定の周速または回転速度に達したとき、クラッチを接続して前記最下段のロータを増速させて発電するようにする。

30

【0017】

このような構成によると、最下段のロータを除く上位の全てのロータを特定の周速または回転速度に達するまで空転させて、クラッチを接続すると、上位の全てのロータの回転駆動力が、常時発電機に連結された最下段のロータに伝達される。従って、低風速下においても、最下段のロータを、上位の全てのロータによる大きな回転駆動トルクにより速やかに増速して発電することができる。

40

【発明の効果】

【0018】

本発明の風力発電方法によると、低風速下においても、複数のロータが失速するのを未然に防止しながら、効率よく発電することができる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明の方法の実施に用いられる多段縦軸風力発電装置の第1の実施形態の正面図である。

【図2】図1のII-II線における拡大横断平面図である。

【図3】図1のIII-III線における上段のロータの拡大横断平面図である。

50

【図４】第１の実施形態の多段縦軸風力発電装置を用いて本発明の方法を実施する際のフローチャートである。

【図５】本発明の方法の実施に用いられる多段縦軸風力発電装置の第２の実施形態の正面図である。

【図６】本発明の方法の実施に用いられる多段縦軸風力発電装置の第３の実施形態の正面図である。

【発明を実施するための形態】

【００２０】

本発明の実施形態を、図面に基づいて説明する。なお、以下の実施形態においては、ブレードの回転半径１ｍ、ブレードの翼長１．２ｍのロータを備える多段縦軸風力発電装置を使用した風力発電方法について説明するが、ロータは、これに限定されないことは勿論である。

10

【００２１】

図１～図３は、本発明の方法を実施するようになっている多段縦軸風力発電装置(以下、風力発電装置と略称する)の第１の実施形態を示し、この実施形態の風力発電装置１は、多段縦軸風車を構成する上下２段の縦軸型ロータ、すなわち下段の第１ロータ２Ａ及び上段の第２ロータ２Ｂと、発電機４と、制御手段５とを備えている。

【００２２】

第１及び第２ロータ２Ａ、２Ｂは、それぞれ、水平面上において外側方を向き、かつ一直線上に並ぶ水平アーム６、６と、両水平アーム６の外端部に上下方向の中央部の内面が固着され、後述する縦主軸１４周りに回転する縦長の揚力型ブレード(以下ブレードと略称する)７、７と、外周面が両水平アーム６の内端部に固着された円筒形の回転軸８、８とを備えている。水平アーム６及びブレード７は、例えば繊維強化合成樹脂により形成されている。なお、水平アーム６とブレード７とは、一体成形が可能である。

20

【００２３】

基礎９の上面には、平面視方形に枠組みされた上下複数(実施例では３個)の軸部支持枠１０を有する支持枠体１１が立設され、各軸部支持枠１０の内部の平面視十字形をなす軸支持杆１２の中心に圧嵌された軸受１３には、縦主軸１４の上下３箇所が、回転自在に支持されている。

【００２４】

30

支持枠体１１の内部に配置された第１、第２ロータ２Ａ、２Ｂの回転軸８、８は、縦主軸１４の上下部に、セレーション等により、相対回転不能に結合されている。なお、図２に示すように、第１、第２のロータ２Ａ、２Ｂにおけるブレード７の平面位相は、上下のブレード７が重ならないように、例えば円周方向(回転方向)に９０度異ならせてある。このようにすると、変化する風向きに上下のブレード７が対応して回転するので、第１、第２のロータ２Ａ、２Ｂは効率よく回転する。

【００２５】

第１ロータ２Ａは、その回転により発電機４を駆動させうるように、縦主軸１４に常時連結されている。第１、第２ロータ２Ａ、２Ｂ間において縦主軸１４の中間部には、電磁クラッチ１５が設けられ、第２ロータ２Ｂは、電磁クラッチ１５を介して、縦主軸１４及び第１ロータ２Ａに断続可能に連結されている。なお、電磁クラッチ１５が接続されるタイミングは、第１、第２ロータ２Ａ、２Ｂのブレード７の位相が９０度異なったときに行われる。この際の第１、第２ロータ２Ａ、２Ｂのブレード７の回転方向の相対位相は、例えば図示しない非接触式の位置検知センサ等により検知することができる。

40

【００２６】

電磁クラッチ１５としては、例えば、若干滑りながら、すなわち半クラッチ状態を経て接続される公知の摩擦式のものを使用するのが好ましい。この電磁クラッチ１５により、接続時の衝撃トルクが緩和されるので、第２ロータ２Ｂの回転駆動力を縦主軸１４にスムーズに伝達することができる。

電磁クラッチ１５へは、後述する蓄電池１８に接続された給電器１６を介して給電され

50

るようになっている。なお、蓄電池 18 の電力が不足している場合には、他の電源、例えば交流 100 V 電源を直流に変換するなどして、電磁クラッチ 15 を作動させることができる。

【0027】

第 1、第 2 ロータ 2 A、2 B のブレード 7 の形状は、本願の発明者が開発した、特許第 4907073 号公報、特開 2011-169292 号公報に記載されているブレードと実質的に同形をなしている。

すなわち、ブレード 7 の弦長は、ブレード 7 の回転半径の 20% ~ 50% とされ、翼面積は大きく設定されている。

【0028】

ブレード 7 における上下両端部を除く主部 7 A の横断面の形状は、図 3 に拡大して示すように、主部 7 A の翼厚中心線 C の内方と外方における翼厚を、互いに対称的にほぼ等寸とし、かつ翼厚中心線 C は、ブレード 7 の翼厚中心の回転軌跡 O とほぼ重なるように設定してある。

【0029】

主部 7 A 全体の平面形は、図 2 に示すように、翼厚中心の回転軌跡 O に沿うように円弧状に湾曲され、その内側面は、前縁の膨らみ部分から後縁にかけて、遠心方向へ傾斜しており、後方から内側面に風が当たると、前方へ押されるようになっている。

【0030】

主部 7 A の横断面の形状は、回転方向である前側の翼厚が厚く、後方に向かって漸次薄くなる標準翼型に近いものとされている。

【0031】

ブレード 7 が、その前縁方向を前として回転すると、ブレード 7 の内外の回転半径の差によって、内側面に比して外側面の周速度が大となり、外側面に沿って後方へ通過する気流の方が、内側面におけるそれよりも高速となる。

【0032】

そのため、ブレード 7 の後縁部において、外側面を通過する気流の圧力は、内側面を通過する気流のそれよりも小となり、外側面におけるコアングダ効果によって、ブレード 7 の後縁部の外側面が、後方から前縁部方向に押されて、ブレード 7 に回転方向の推力が作用し、ブレード 7 の回転は促進される。

【0033】

図 1 及び図 2 に示すように、ブレード 7 の上下両端部には、内方、すなわち縦主軸 14 方向に向かって、円弧状に傾斜する内向き傾斜部 7 B、7 B が形成されているため、ブレード 7 の回転に伴い、主部 7 A の内側面に沿って上下方向に拡散する気流は、内向き傾斜部 7 B により受止めて回転力を高めることとなる。

【0034】

また、主部 7 A の内外の側面に沿って上下方向へ流れる気流は、コアングダ効果により、上下の内向き傾斜部 7 B、7 B の内面及び外面に沿って、後方に向かって通過するようになるので、第 1、第 2 ロータ 2 A、2 B は、比較的低い風速下においても高い回転効率をもって回転する。

【0035】

発電機 4 は、基礎 9 に設置され、その上下方向のロータ軸(図示略)に縦主軸 14 の下端部が連結されている。

発電機 4 としては、例えば、公知の単相交流発電機または三相交流発電機が使用され、発電機 4 により発電された電力は、整流器、電圧レギュレータ等(図示略)を有するコントローラ 17 を介して、蓄電池 18 に蓄電された後、蓄電池 18 から外部の直流負荷電源に給電されるか、コントローラ 17 から外部の交流負荷電力系統に直接給電される。

【0036】

コントローラ 17 は、発電機 4 からの出力発電量を調節して、蓄電池 18 または直流負荷電源へ出力する電流や電圧を制御可能である。なお、発電機 4 は、蓄電池 18 や直流負

10

20

30

40

50

荷電源系統に直接電力を供給しうる直流発電機としてもよい。

【0037】

制御手段5は、平均風速判定部19と、ロータ周速判定部20と、クラッチ切替判定部21とを備えている。

平均風速判定部19は、第1、第2ロータ2A、2Bに向かう風の一定時間毎の平均風速を検知するための、風速検知手段である風速計22に接続され、風速計22により検出された平均風速は、平均風速判定部19に入力され、制御手段5の中央処理装置(CPU)23により演算処理される。風速が予め定めた平均風速以下であると判定された場合に、判定信号は、クラッチ切替判定部21に出力される。なお、風速計22による平均風速の検知時間は、例えば10秒以下の比較的短い間隔で行うのが好ましい。

10

【0038】

詳細な説明は後述するが、クラッチ切替判定部21は、風速計22が予め定めた平均風速以下、例えばカットイン風速である 2 m/s 以下を検知した場合に、給電器16に判定信号を出力し、給電器16からの給電を停止して電磁クラッチ15を切断する。これにより、第2ロータ2Bの回転駆動力が縦主軸14に伝達されなくなるとともに、第2ロータ2Bは空転するようになる。

また、クラッチ切替判定部21へは、後述する回転速度検出センサ25からロータ周速判定部20に入力されるデータに基づいても、判定信号が出力される。

【0039】

第2ロータ2Bと電磁クラッチ15との間の縦主軸14には、第2ロータ2Bの回転速度を測定するための平歯車24が取付けられており、この平歯車24の回転数を、回転速度検出センサ25をもって検出することにより、縦主軸14を介して第2ロータ2Bの回転速度を検出しうるようになっている。なお、平歯車24に代えて、縦主軸14の外周面に、例えば1個または複数個の凸部を設けてもよい。

20

回転速度検出センサ25としては、例えば磁気回転速度検出センサ、超音波回転速度検出センサ、ロータリエンコーダ等の非接触型センサが用いられる。

【0040】

回転速度検出センサ25により検出された縦主軸14の回転速度は、制御手段5のロータ周速判定部20に入力され、入力された回転速度に基づいて、制御手段5の中央処理装置23は第2ロータ2Bの平均周速を演算する。すなわち、ブレード7の回転半径(r)から、第2ロータ2Bの外周の長さ($2\pi r$)が確定されるので、その外周の長さ($2\pi r$)に縦主軸14の回転速度($r\text{ rpm}$)を乗じれば、周速(m/s)が得られる。上記の回転速度検出センサ25とロータ周速判定部20とにより、回転速度検知手段が構成される。

30

【0041】

なお、第2ロータ2Bの周速は、ブレード7の角速度を、センサにより検出することによっても求めることができる。すなわち、ブレード7の角速度(rad/s)に、その回転半径(r)を乗じた値が、第2ロータ2Bの周速となる。

【0042】

ロータ周速判定部20により、空転している第2ロータ2Bの平均周速が、該第2ロータ2Bが自力で加速して回転する特定の値(例えば 5 m/s)に達したと判定された場合には、ロータ周速判定部20からクラッチ切替判定部21に出力される判定信号に基づいて、給電器16から電磁クラッチ15に給電され、電磁クラッチ15がONすることにより、第2ロータ2Bの回転駆動力が縦主軸14を介して第1ロータ2Aに伝達される。これにより、速い周速で空転している第2ロータ2Bの回転駆動力により第1ロータ2Aの回転速度が増速させられ、平均風速が 2 m/s 以下の低風速下においても、第1、第2ロータ2A、2Bの回転速度が共に上昇する。従って、発電機4のコギングトルクや発電負荷により、第1、第2ロータ2A、2Bが失速を起こすのが未然に防止され、効率よく発電することが可能となる。

40

【0043】

次に、上記第1の実施形態に係る風力発電装置1を用いた風力発電方法について、図4

50

に示すフローチャートを参照して説明する。

まず、第 1 ロータ 2 A と第 2 ロータ 2 B の回転が縦主軸 1 4 に伝達されるように、電磁クラッチ 1 5 を接続し、両ロータ 2 A、2 B の回転駆動力により発電機 4 を作動させている状態で、第 1、第 2 ロータ 2 A、2 B の平均風速を、風速計 2 2 により測定し (S 1)、その計測値に基づいて、制御手段 5 の平均風速判定部 1 9 及び中央処理装置 2 3 が、平均風速がカットイン風速である 2 m/s 以下 (0 を含む) であるか否かを判定する (S 2)。

【0044】

平均風速がカットイン風速である 2 m/s 以下と判定された場合には、制御手段 5 の平均風速判定部 1 9 からクラッチ切替判定部 2 1 に判定信号が出力され、その判定信号により、給電器 1 6 から電磁クラッチ 1 5 への給電が停止されることにより、電磁クラッチ 1 5 は OFF となる (S 3)。これにより、第 2 ロータ 2 B の回転駆動力が縦主軸 1 4 に伝達されなくなるとともに、第 2 ロータ 2 B は空転する (S 4)。

【0045】

なお、平均風速が 2 m/s 以下と判定された場合に、電磁クラッチ 1 5 を OFF として第 2 ロータ 2 B を空転させるのは、 2 m/s 以下の低風速では、第 1、第 2 ロータ 2 A、2 B が発電機 4 のコギングトルクや発電負荷の影響を受けて失速するおそれがあり、効率よく発電することができないからである。

【0046】

電磁クラッチ 1 5 を OFF として、第 2 ロータ 2 B の回転駆動力が縦主軸 1 4 に伝達されなくなると、第 2 ロータ 2 B は抵抗なく円滑に空転し、 2 m/s 以下の低風速でも、第 2 ロータ 2 B は失速することなく慣性で回転し続ける。従って、第 2 ロータ 2 B が空転している時に風況が少しでもよくなると、第 2 ロータ 2 B はさらに加速されて空転するようになる。

【0047】

第 2 ロータ 2 B が空転しているときの平均周速を、回転速度検出センサ 2 5 から出力されるデータに基づいて、ロータ周速判定部 2 0 及び中央処理装置 2 3 が測定し (S 5)、第 2 ロータ 2 B の平均周速が例えば 5 m/s に達したか否かを判定する (S 6)。

【0048】

第 2 ロータ 2 B の平均周速が 5 m/s に達した場合には、クラッチ切替判定部 2 1 より給電器 1 6 に出力される給電信号により、電磁クラッチ 1 5 が ON となり (S 7)、速い周速で空転している第 2 ロータ 2 B の回転駆動力が縦主軸 1 4 に伝達されて、第 1 ロータ 2 A の回転速度が増速される (S 8)。これにより、第 1、第 2 ロータ 2 A、2 B が失速するのが防止され、回転速度が上昇された両ロータ 2、3 の回転駆動トルクにより発電機 4 が駆動されて、効率よく発電される (S 9)。なお、第 2 ロータ 2 B の平均周速が 5 m/s に達していないと判定された場合は、ステップ S 5 に戻り、引き続き第 2 ロータ 2 B の平均周速を測定する。

【0049】

第 2 ロータ 2 B の平均周速が 5 m/s に達したか否かを判定する理由は、上述した形状の揚力型ブレード 7 を備える縦軸型ロータにおいては、第 2 ロータ 2 B の平均周速が 5 m/s に達すると、ブレード 7 の上下両端部の内向き傾斜部 7 B の作用とコアングダ効果により、ブレード 7 に生じる揚力 (推力) が増加し、第 2 ロータ 2 B は、風速を超える周速に自力で加速しながら効率よく空転するからである。

【0050】

このように、第 2 ロータ 2 B の平均周速が 5 m/s に達し、第 2 ロータ 2 B が自力で加速しながら効率よく空転しているときに、電磁クラッチ 1 5 を ON として第 2 ロータ 2 B の回転駆動力を縦主軸 1 4 に伝達し、第 1 ロータ 2 A の回転速度を増速するようにすると、低風速下において、第 1、第 2 ロータ 2 A、2 B が、発電機 4 のコギングトルクや発電負荷によって失速するおそれがないので、発電効率を高めることができる。

【0051】

なお、周速が 5 m/s の場合の第 2 ロータ 2 B の回転速度を例示すると、周速、回転速

10

20

30

40

50

度及び外周の長さには、前述したような関係があるので、例えばブレード 7 の回転半径 (r) を 1 m とした場合、第 2 ロータ 2 B の外周の長さ ($2\pi r$) は 6.28 m となる。従って、周速 5 m/s を、外周の長さ 6.28 m で割り、60 を乗じて分速に換算すれば、第 2 ロータ 2 B の回転速度は約 48 rpm となる。

【0052】

第 1、第 2 ロータ 2 A、2 B の回転により発電しているときに、風速計 22 により再度平均風速を測定し (S10)、平均風速判定部 19 が平均風速 2 m/s 以下を再度検知した場合 (S11) には、ステップ S3 に戻り、前述と同様に、電磁クラッチ 15 を OFF とし、再度第 2 ロータ 2 B を空転させる (S4)。このステップ S3 ~ S11 をループ状に繰り返すことにより、発電効率を大幅に高めることができる。

10

【0053】

以上説明したように、上記第 1 の実施形態に係る風力発電装置 1 を用いた風力発電方法においては、発電機 4 に接続された縦主軸 14 に、第 1 ロータ 2 A を常時連結するとともに、第 2 ロータ 2 B を、電磁クラッチ 15 を介して断続可能に連結し、第 1、第 2 ロータ 2 A、2 B がカットイン風速である平均風速 2 m/s 以下の低風速下で回転している場合に、制御手段 5 により電磁クラッチ 15 を切断して第 2 ロータ 2 B を空転させ、第 2 ロータ 2 B が自力で加速しながら効率よく回転しうる平均周速である 5 m/s に達したときに、電磁クラッチ 15 を接続して、空転している第 2 ロータ 2 B の回転駆動力により第 1 ロータ 2 A の回転を増速させて発電するように制御し、かつ第 1、第 2 ロータ 2 A、2 B が再度平均風速 2 m/s 以下の低風速で回転するようになったときに、制御手段 5 により電磁クラッチ 15 を再度切断して、第 2 ロータ 2 B が自力で加速しながら効率よく回転しうる平均周速である 5 m/s に達するまで空転させたのち、電磁クラッチ 15 を再度接続して、空転させた第 2 ロータ 2 B の回転駆動力により第 1 ロータ 2 A の回転を増速させながら、第 1、第 2 ロータ 2 A、2 B の回転駆動力により発電するように繰り返し制御するので、低風速下においても、第 1、第 2 ロータ 2 A、2 B が発電機 4 のコギングトルクや発電負荷により失速するのを未然に防止しながら、効率よく発電することができる。

20

【0054】

また、第 1、第 2 ロータ 2 A、2 B の失速が防止されるので、発電容量の大きな発電機 4 を使用して、より発電効率を高めることが可能となる。

【0055】

30

さらに、第 1 ロータ 2 A は、発電機 4 に接続された縦主軸 14 に常時連結されているので、第 2 ロータ 2 B が空転している間も、第 1 ロータ 2 A が回転している限り、発電が停止されることはない。

【0056】

次に、図 5 を参照して、本発明の方法の実施に用いられる風力発電装置の第 2 の実施形態について説明する。なお、前記第 1 の実施形態の風力発電装置 1 と同様の部材には、同じ符号を付すに止めて、詳細な説明を省略する。

【0057】

第 2 の実施形態の風力発電装置は、前記第 1 の実施形態の第 2 ロータ 2 B の上方に、第 3 ロータ 2 C を追加し、上下 3 段の縦軸型風車を備えるものとしたものである。すなわち、支持枠体 11 を上方に延長して高くするとともに、その上端部に設けた軸部支持枠 10 の中央に設けた軸受 13 より、上下寸法を大とした縦主軸 14 の上端部を回転自在に支持し、第 2 ロータ 2 B よりも上方の縦主軸 14 に、第 3 ロータ 2 C を相対回転不能として取付けてある。第 3 ロータ 2 C のブレード 7 の平面位相は、第 2 ロータ 2 B のブレード 7 に対し 60 度異ならせてある。

40

【0058】

最下段の第 1 ロータ 2 A は、第 1 の実施形態と同様に、縦主軸 14 に常時連結されている。中段の第 2 ロータ 2 B と最上段の第 3 ロータ 2 C は、最下段の第 1 ロータ 2 A と中段の第 2 ロータ 2 B 間において縦主軸 14 に設けた電磁クラッチ 15 を介して、縦主軸 14 及び第 1 ロータ 2 A に断続可能に連結されている。なお、この実施形態のような上下 3 段

50

の縦軸型風車を備える場合、電磁クラッチ 15 が接続されるタイミングは、第 1、第 2 ロータ 2 A、2 B のブレード 7 の位相が 60 度異なったときに行われる。

【0059】

電磁クラッチ 15 と第 2 ロータ 2 B との間の縦主軸 14 には、第 2 ロータ 2 B と第 3 ロータ 2 C の回転速度を測定するための平歯車 24 が取付けられ、この平歯車 24 の回転数を、回転速度検出センサ 25 により検出し、制御手段 5 のロータ周速判定部 20 に出力されるようになっている。

【0060】

第 2 の実施形態に係る風力発電装置においては、第 1～第 3 ロータ 2 A、2 B、2 C がカットイン風速である平均風速 2 m/s 以下の低風速下で回転している場合に、制御手段 5 により電磁クラッチ 15 を切断して、第 2、第 3 ロータ 2 B、2 C を空転させ、第 2、第 3 ロータ 2 B、2 C が自力で加速しながら効率よく回転しうる平均周速である 5 m/s に達したときに、電磁クラッチ 15 を接続して、空転している第 2、第 3 ロータ 2 B、2 C の回転駆動力により第 1 ロータ 2 A の回転速度を増速させて発電するように制御し、かつ第 1～第 3 ロータ 2 A、2 B、2 C が再度平均風速 2 m/s 以下の低風速で回転するようになったときに、制御手段 5 により電磁クラッチ 15 を再度切断して、第 2、第 3 ロータ 2 B、2 C が自力で加速しながら効率よく回転しうる平均周速である 5 m/s に達するまで空転させたのち、電磁クラッチ 15 を再度接続して、空転させた第 2、第 3 ロータ 2 B、2 C の回転駆動力により第 1 ロータ 2 A の回転速度を増速させながら、第 1～第 3 ロータ 2 A、2 B、2 C の全てのロータの回転により発電するように繰り返し制御するようになっている。

【0061】

第 2 の実施形態に係る風力発電装置においては、第 2、第 3 ロータ 2 B、2 C の上下 2 段のロータを空転させるので、第 1 ロータ 2 A を増速させる際の回転駆動トルクが増大し、第 1 ロータ 2 A を速やかに増速させることができる。

【0062】

なお、図 5 の 2 点鎖線で示すように、第 2 ロータ 2 B と第 3 ロータ 2 C 間において縦主軸 14 にも、電磁クラッチ 15 を設け、上下の電磁クラッチ 15、15 を同期して断続させるようにしてもよい。

【0063】

このようにすると、上下の電磁クラッチ 15 を切断したとき、第 2 ロータ 2 B と第 3 ロータ 2 C とが、風速に対応して独立して抵抗なく空転するとともに、一般に地上からの高さが高いほど風速が速くなる傾向があるので、最上段の第 3 ロータ 2 C は、予め定めた周速まで速やかに空転する。従って、電磁クラッチ 15 を接続すると、第 3 ロータ 2 C の回転駆動力が第 2 ロータ 2 B に伝達され、互いに加速し合って回転するので、第 2、第 3 ロータ 2 B、2 C の回転駆動力により、最下段の第 1 ロータ 2 A を効率よく、かつ速やかに増速させて発電することができる。

【0064】

また、上記したように、地上からの高さが高いほど風速が速く、最上段の第 3 ロータ 2 C は効率よく回転するので、第 2 ロータ 2 B と第 3 ロータ 2 C 間の縦主軸 14 に電磁クラッチ 15 を設けて、第 3 ロータ 2 C のみが空転するようにし、この第 3 ロータ 2 C の回転駆動力により、第 1、第 2 ロータ 2 A、2 B を増速させて発電するようにしてもよい。

【0065】

次に、図 6 を参照して、本発明の方法の実施に用いられる風力発電装置の第 3 の実施形態について説明する。なお、前記第 2 の実施形態の風力発電装置と同様の部材には、同じ符号を付すに止めて、詳細な説明を省略する。

【0066】

第 3 の実施形態の風力発電装置においては、第 2 の実施形態の風力発電装置の電磁クラッチ 15 に代えて、遠心クラッチ 26 を用いている。図 6 に略示する遠心クラッチ 26 は、例えば次のように構成されている。

【 0 0 6 7 】

すなわち、第 1、第 2 ロータ 2 A、2 B 間において縦主軸 1 4 を 2 分割し、第 2 ロータ 2 B 側の縦主軸 1 4 に、外周面に摩擦材を固着した複数のウエイト 2 7、2 7 を、遠心力によって半径方向外側に移動しうるように取付けるとともに、発電機 4 に常時連結された第 1 ロータ 2 A 側の縦主軸 1 4 に、上面が閉塞された円筒形の従動ドラム 2 8 を、内部にウエイト 2 7 が収容されるように固着してある。

【 0 0 6 8 】

第 3 の実施形態の風力発電装置を用いて発電を行う場合、次のようにして行われる。

遠心クラッチ 2 6 は、ウエイト 2 7 に作用する遠心力が小さい場合、すなわち第 1 ~ 第 3 ロータ 2 A、2 B、2 C がカットイン風速である平均風速 2 m / s 以下の低風速で回転している場合に、ウエイト 2 8 は従動ドラム 2 9 の内面から離間するように設定されている。従って、平均風速が 2 m / s 以下の場合には、遠心クラッチ 2 6 は自動的に切れ、第 2、第 3 ロータ 2 B、2 C の回転駆動力が縦主軸 1 4 及び第 1 ロータ 2 A に伝達されなくなるとともに、第 2、第 3 ロータ 2 B、2 C は空転することとなる。

【 0 0 6 9 】

また、空転している第 2、第 3 ロータ 2 B、2 C の平均周速が例えば 5 m / s に達した場合、すなわち、5 m / s の平均周速のときの縦主軸 1 4 の回転速度が、予め定めた値に達した場合には、ウエイト 2 7 が遠心力により従動ドラム 2 8 の内面に接触し、遠心クラッチ 2 6 が自動的に接続されるように設定されている。従って、空転している第 2、第 3 ロータ 2 B、2 C の平均周速が例えば 5 m / s に達すると、それらの回転駆動力が第 1 ロータ 2 A 側の縦主軸 1 4 に伝達されて、第 1 ロータ 2 A の回転が増速されるようになる。

【 0 0 7 0 】

第 3 の実施形態の風力発電装置においても、平均風速が 2 m / s 以下の低風速になると、遠心クラッチ 2 6 が自動的に切断されて第 2、第 3 ロータ 2 B、2 C が空転し、平均周速が 5 m / s に達して第 2、第 3 ロータ 2 B、2 C が自力で加速しながら回転するようになると、遠心クラッチ 2 6 が自動的に接続されて、空転している第 2、第 3 ロータ 2 B、2 C の回転駆動力により、第 1 ロータ 2 A の回転が増速され、第 1 ~ 第 3 ロータ 2 A、2 B、2 C の全てのロータにより発電機 4 を駆動して発電されるようになっているので、上記実施形態と同様に、低風速下において第 1 ~ 第 3 ロータ 2 A、2 B、2 C が発電機 4 のコギングトルクや発電負荷により失速するのを未然に防止しながら、効率よく発電することができる。

【 0 0 7 1 】

また、機械的な遠心クラッチ 2 6 を用いると、第 1、第 2 の実施形態のような、電磁クラッチ 1 4 を ON、OFF 制御するための制御手段 5 等が不要となるので、安価な風力発電装置を提供することができる。

【 0 0 7 2 】

本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内で、例えば次のような種々の変形や変更を施すことが可能である。

【 0 0 7 3 】

上記第 1、第 2 の実施形態では、平均風速が 2 m / s 以下と判定された場合に、電磁クラッチ 1 5 を OFF として、第 2 ロータ 2 B または第 2、第 3 ロータ 2 B、2 C を空転させるようにしているが、平均風速が 2 m / s 以下のときの縦主軸 1 4 の平均回転速度、または全てのロータの平均周速が予め定めた値となったときに、電磁クラッチ 1 5 を OFF とするようにしてもよい。

【 0 0 7 4 】

また、空転させた第 2、第 3 ロータ 2 B、2 C の平均周速が 5 m / s に達したとき、電磁クラッチ 1 5 を ON として、第 1 ロータ 2 A の回転を増速するようにしたが、前述したように、ロータの周速は回転速度に換算できるため、平均周速が 5 m / s に達したときの第 2、第 3 ロータ 2 B、2 C の回転速度を回転速度センサ 2 5 が検出したときに、電磁クラッチ 1 5 を ON として、第 1 ロータ 2 A の回転を増速するようにすることもできる。

【 0 0 7 5 】

さらに、電磁クラッチ 1 5 を O F F とする平均風速を 2 m / s 以下としたが、この際の平均風速の上限値は、ブレード 7 の回転半径の大小に対応して適切に設定される。

例えば、ブレード 7 の回転半径が上記実施形態の 1 m より小さい場合には、各ロータの回転トルクが小さくなって、コギングトルクや発電負荷の影響を受けやすくなるので、電磁クラッチ 1 5 を O F F とする平均風速の上限値を 2 m / s 以上に設定すればよい。

【 0 0 7 6 】

また、ブレード 7 の回転半径が 1 m より大きい場合には、ロータの回転速度が低くても、回転トルクが大となってコギングトルクや発電負荷の影響を受けにくくなるので、電磁クラッチ 1 5 を O F F とする平均風速の上限値を 2 m / s 以下に設定すればよい。

10

【 0 0 7 7 】

上記実施形態では、空転している第 2、第 3 ロータ 2 B、2 C の平均周速が 5 m / s に達したときに、電磁クラッチ 1 5 を O N とするようにしたが、この場合の平均周速の値は、ブレード 7 の回転半径の大小に応じて適切に設定される。

【 0 0 7 8 】

上記第 1、第 2 実施形態では、最下段と上段のロータの回転駆動力を断続するのに、電磁クラッチ 1 5 を用いているが、例えば制御手段 5 により O N、O F F 制御可能な電動式のアクチュエータを備える摩擦クラッチや噛合クラッチ等を用いることもできる。

【 0 0 7 9 】

上記実施形態では、最下段の第 1 ロータ 2 A を、縦主軸 1 4 を介して常時発電機 4 の連結しているが、第 1 の実施形態の風力発電装置の場合には、第 2 ロータ 2 B が連結されている縦主軸 1 4 の上端部を、支持枠体 1 1 の上部等に設置した発電機に常時連結し、第 1 ロータ 2 A を電磁クラッチ 1 5 を介して空転させうるようにしてもよい。

20

【 0 0 8 0 】

また、第 2 の実施形態の風力発電装置の場合には、最上段の第 3 ロータ 2 C が連結されている縦主軸 1 4 の上端部を、支持枠体 1 1 の上部等に設置した発電機に常時連結し、最下段の第 1 ロータ 2 A と中段の第 2 ロータ 2 B とを、電磁クラッチ 1 5 を介して空転させうようにするか、または、中段の第 2 ロータ 2 B が連結されている縦主軸 1 4 の適所に、プーリやスプロケットを取り付けて、それらに接続したベルトやチェーン等の伝動手段を介して、縦主軸 1 4 の側方に配置した発電機を駆動するようにし、最下段の第 1 ロータ 2 A と最上段の第 3 ロータ 2 C とを、電磁クラッチ 1 5 を介して空転させうるようにしてもよい。

30

【 0 0 8 1 】

さらに、第 3 の実施形態の風力発電装置の場合には、最上段の第 3 ロータ 2 C が連結されている縦主軸 1 4 の上端部を、支持枠体 1 1 の上部等に設置した発電機に常時連結し、最下段の第 1 ロータ 2 A と中段の第 2 ロータ 2 B とを、遠心クラッチ 2 6 を介して空転させうるようにしてもよい。

【 0 0 8 2 】

本発明は、3 段以上のロータを備える風力発電装置にも適用しうることは言うまでもない。

40

【 符号の説明 】

【 0 0 8 3 】

- 1 風力発電装置
- 2 A 第 1 ロータ
- 2 B 第 2 ロータ
- 2 C 第 3 ロータ
- 4 発電機
- 5 制御手段
- 6 水平アーム
- 7 揚力型ブレード

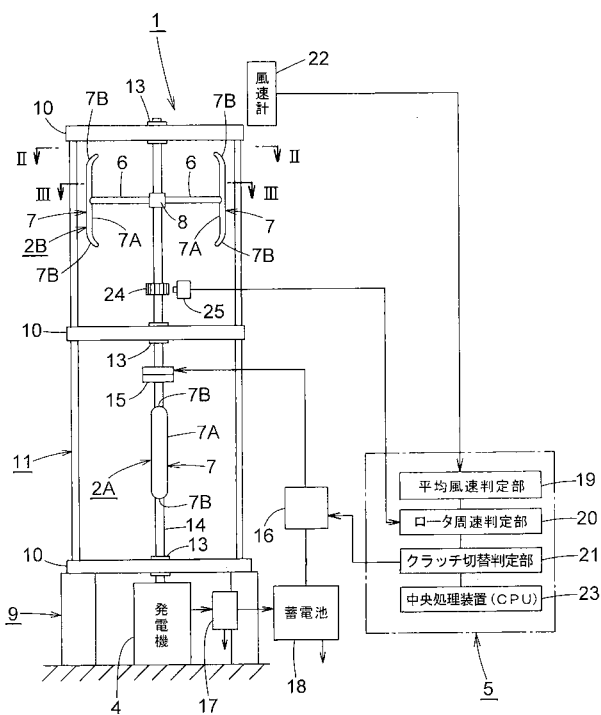
50

- 7 A 主部
- 7 B 内向き傾斜部
- 8 回転軸
- 9 基礎
- 10 軸部支持枠
- 11 支持枠体
- 12 軸支持杆
- 13 軸受
- 14 縦主軸
- 15 電磁クラッチ
- 16 給電器
- 17 コントローラ
- 18 蓄電池
- 19 平均風速判定部
- 20 ロータ周速判定部
- 21 クラッチ切替判定部
- 22 風速計(風速検知手段)
- 23 中央処理装置
- 24 平歯車
- 25 回転速度検出センサ
- 26 遠心クラッチ
- 27 ウェイト
- 28 従動ドラム
- C 翼厚中心線
- O 回転軌跡

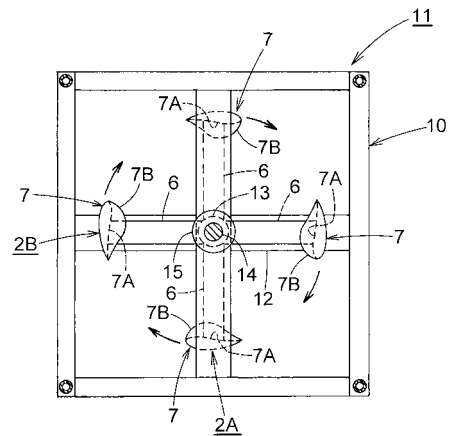
10

20

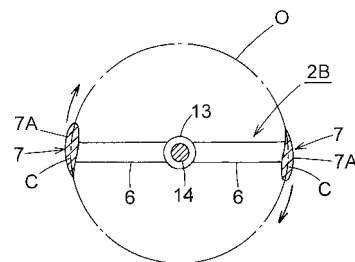
【図 1】



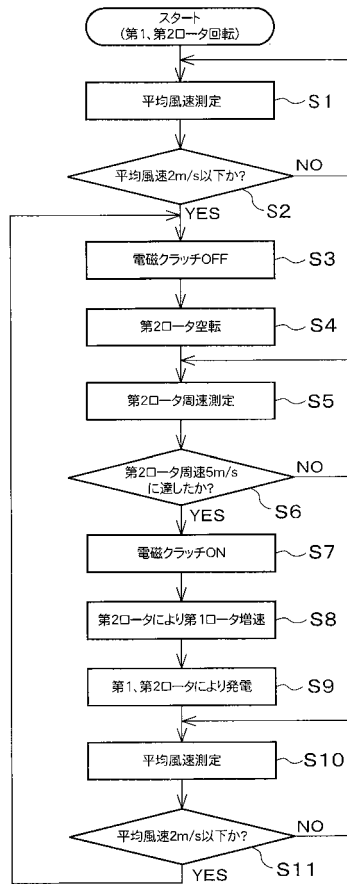
【図 2】



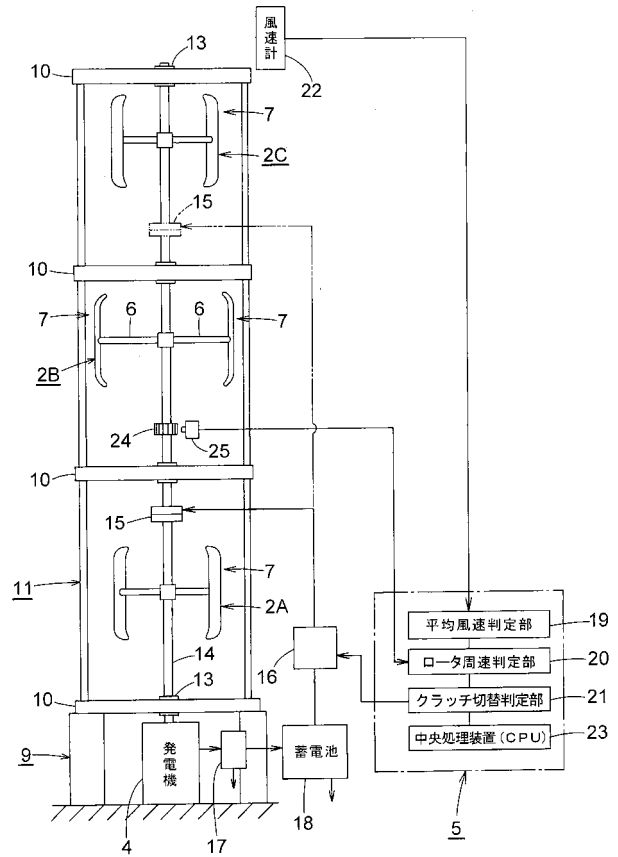
【図 3】



【図4】



【図5】



【図6】

