

(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2008-175070

(P2008-175070A)

(43) 公開日 平成20年7月31日(2008.7.31)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
F03D 3/06 (2006.01)	F03D 3/06 Z	3H078
F03D 3/04 (2006.01)	F03D 3/04 Z	
F03D 3/02 (2006.01)	F03D 3/02 A	
F03D 7/06 (2006.01)	F03D 7/06 Z	
F03D 11/00 (2006.01)	F03D 11/00 A	

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2007-6714 (P2007-6714)
 (22) 出願日 平成19年1月16日 (2007.1.16)

(71) 出願人 000156938
 関西電力株式会社
 大阪府大阪市北区中之島三丁目6番16号
 (72) 発明者 小川 賢
 大阪府大阪市北区中之島三丁目6番16号
 関西電力株式会社内
 Fターム(参考) 3H078 AA02 AA05 AA07 AA08 AA26
 AA32 BB11 CC02 CC22 CC41

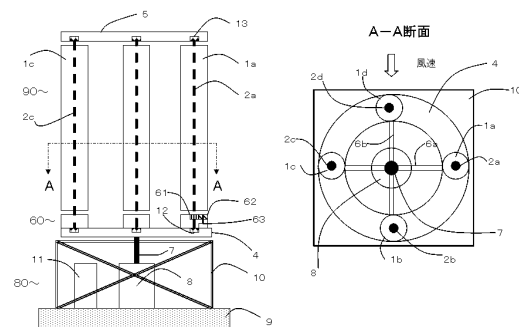
(54) 【発明の名称】 縦軸マグナス型風力発電機

(57) 【要約】

【課題】 日本の風況は比較的風速が低く、縦軸型風力発電機に適している箇所が多い。しかし、従来の縦軸型風力発電機は横軸型風力発電機よりも効率が低い面があった。このため、上流側の広い範囲の風速を有効利用し、高発電効率、低コスト、強風への強い耐力を持った縦軸型風力発電機の開発が期待されている。

【解決手段】 本発明の縦軸マグナス型風力発電機は、発電機機構の垂直回転軸を中心軸とする円周上に、各個自転する円筒（マグナス円筒と呼ぶ）を複数個垂直に軸支して配置したマグナス型風車部と発電機部とで構成されており、各マグナス円筒を風速中で自転させることにより発生するマグナス力により、マグナス型風車部を回転させ、その回転力により発電機を回転させて交流電力を発電することにより上記課題を解決するものである。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

発電機の垂直回転軸を中心軸とする架台上に、
各個自転する円筒（以下、マグナス円筒と呼ぶ）を円周上に複数個垂直に軸支して配置し、
各マグナス円筒には自転用の駆動装置を設けており、
風速中で各マグナス円筒が自転することにより発生するマグナス力で各マグナス円筒、上部回転架台、下部回転架台等により構成されるマグナス型風車部を回転させ、
マグナス型風車の回転軸に連結した発電機を回転させることにより発電することを特徴とする縦軸マグナス型風力発電機

10

【請求項 2】

前記縦軸マグナス型風力発電機において、
マグナス型風車部の回転架台中央部に、マグナス円筒の回転領域の後流部への風速を遮る効果を持つ柱状の風速整流装置を備えたことを特徴とする請求項 1 に記載する縦軸マグナス型風力発電機

【請求項 3】

前記縦軸マグナス型風力発電機の風速整流装置において、
風向に指向性を持つ風速整流装置の風速整流板は常時風の上流方向の向きを保持する方向維持機構を備え、
風速に対して風速整流板間の取り付け角度を変更し、
風速に対して風速整流板の受圧面積を変更できる構造を持つことを特徴とする請求項 2 に記載する縦軸マグナス型風力発電機の風速整流装置

20

【請求項 4】

縦軸マグナス型風力発電機において、
マグナス円筒は径の異なる円筒を複数個直列に連結した構造で、
上部のマグナス円筒をスライドして降下させて、連結する下部の円筒を内部に収納できる機構を持つマグナス円筒によりマグナス風車部を構成し、
各マグナス円筒全体の高さを調整することができることを特徴とする請求項 1、2 に記載する縦軸マグナス型風力発電機

【請求項 5】

縦軸マグナス型風力発電機において、
垂直に配置したマグナス円筒の外周部にスパイラル状のフィンを設けたスパイラルフィン型マグナス円筒、あるいはスパイラル状の段差を取り付けたスパイラル胴型マグナス円筒により縦軸マグナス型風車が構成されたことを特徴とする請求項 1、2、4 に記載する縦軸マグナス型風力発電機。

30

【請求項 6】

縦軸マグナス型風力発電機において、
マグナス円筒の自転数を制御することにより、マグナス型風車部の回転数を制御して発電機回転数、発生電力の周波数を制御する制御装置と発電機変速機構を持つことを特徴とする請求項 1、2、4、5 に記載する縦軸マグナス型風力発電機。

40

【請求項 7】

縦軸マグナス型風力発電機において、
各マグナス円筒は自転用歯車を持ち、
マグナス円筒の自転軸と自転軸側歯車は、制御機構により回転数を変化できる変速機構を介し、基礎架台上に固定された一つの自転駆動側歯車と連結されており、
誘導型発電機と連結したマグナス型風車部が回転することにより、
自転駆動側歯車の上を各マグナス円筒の自転軸側歯車が走行し、
各マグナス円筒の自転用駆動力を得ることを特徴とする請求項 1、2、4、5、6 に記載する縦軸マグナス型風力発電機。

【請求項 8】

50

縦軸マグナス型風力発電機において、
マグナス型風車部の中心に、マグナス型風車の回転軸と発電機とを同一にした縦軸抗力型風車を取付け、
縦軸マグナス型風車軸と縦軸抗力型風車軸を一体化して発電することを特徴とする請求項 1, 4, 5, 6, 7 に記載する縦軸マグナス型風力発電機。

【請求項 9】

縦軸マグナス型風力発電機において、
マグナス型風車部の中心に、縦軸マグナス型風車よりも風車回転直径が小さく、縦軸マグナス型風車のマグナス型風車との回転軸心線を同一とするが回転軸と発電機を別とする縦軸抗力型風力発電機を取付け、
縦軸マグナス型風力発電機と縦軸抗力型風力発電機とが別々に発電できることを特徴とする請求項 1, 4, 5, 6, 7 に記載する縦軸マグナス型風力発電機。

10

【請求項 10】

前記縦軸マグナス型風力発電機において、
縦軸抗力型風車部の回転軸と縦軸マグナス型風車の回転軸の間に、双方の回転軸の連結と開放ができる風車連結器を設置し、
風車の起動から周速比が 1 迄の間は連結器を動作させて縦軸抗力型風車部と縦軸マグナス型風車部を一体化して回転させて発電し、
周速比が 1 を超えると風車連結器を開放して縦軸抗力型風力発電機と縦軸マグナス型風力発電機とは夫々別の発電機で発電できることを特徴とする請求項 9 に記載する縦軸マグナス型風力発電機。

20

【請求項 11】

縦軸マグナス型風力発電機において、
縦軸マグナス型風車部の中心に、縦軸マグナス型風車の回転軸と発電機とを同一にした縦軸揚力翼型風車を取り付け、
縦軸マグナス型風車と縦軸揚力翼型風車を一体化して発電できることを特徴とする請求項 1, 4, 5, 6, 7 に記載する縦軸マグナス型風力発電機。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

本発明は、自転するマグナス円筒に発生するマグナス力により、風力エネルギーを効率よく回転モーメント、電気エネルギーに変換する縦軸型のマグナス型風力発電機に関する。

【背景技術】

【0002】

現在、風力発電機としては横軸プロペラ型（以下、単にプロペラ型と記載する）が主流を占めている。しかし、低風速域から高風速域までの幅広い風速領域に適した設備として、マグナス効果を利用した横軸型のマグナス型風力発電機が提案されている。これについては以下の特許がある。国内のメカロ秋田の開発した横軸型のマグナス型風力発電機では、同径のマグナス円筒にスパイラル状にフィンを巻きつけ、従来の横軸マグナス型発電機から大幅に効率向上が図れることを実証している。また、このマグナス型風力発電機の性能はプロペラ型風力発電機と同等あるいはそれよりも優れていると報じられている。

40

【特許文献 1】米国特許 4366386

【特許文献 2】特開 2005-256605

【特許文献 3】特開 2005-256606

【0003】

縦軸型風車には風の抗力を利用する抗力型と、風による揚力を利用する揚力型がある。抗力型としてパドル型やサボニウス型がある。抗力型は周速比（羽根の周速 / 風速）が 1 よりも低く、パワー係数も小さく発電効率が悪いが、トルクが大きく自己起動が容易で装置が簡単なために主として小型機に採用されている。

50

揚力型としてダリウス型やジャイロミル型等がある。揚力型は周速比が 1 以上では風車の特性がよく効率も高いが、周速比 1 以下での風車の空力特性が低く、発電機を回転させるトルクが小さい欠点がある。特に、起動トルクが小さいために自己起動が非常に困難である。

このため、縦軸型風車は抗力型、揚力型共に小型機を中心に使用されている程度である。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

日本の市街地での風況特性は年間平均風速が 4 m / 秒以下の場所が多い。また、関西地区の風速は低く、大型のプロペラ型風力発電機が設置できる場所はきわめて限定されている。この状況は、日本の他の多くの地域でも言える。

一方、国策として二酸化炭素の排出をしない自然エネルギーの利用が推進されており、自然エネルギー利用の代表的な装置である風力発電機については、従来のプロペラ型とは異なり、比較的風速の低い領域にも設置できる機種が望まれている。このためには、起動が容易で、比較的 low・中速の風況領域で効率の高い縦軸型風車の開発が必要である。

例えばサボニウス型、クロスフロー型等の縦軸抗力型風車は、起動特性は良いが、風車の回転平面の右半分 ($0^{\circ} \sim 180^{\circ}$) の風速のみが利用可能であり、ダリウス型やジャイロミル型の縦軸揚力型では左半分の下流範囲 ($180^{\circ} \sim 270^{\circ}$) の風速、すなわち翼が風に対して仰角がつく領域の風が利用できるのみである。

本発明は、従来の縦軸型風車のこのような短所を克服するために、複数の自転するマグナス円筒を垂直に配置した縦軸型のマグナス型風車を採用することにより、上流部左・右の風速の早い領域の風を全て利用し、良好な起動特性、発電効率の高効率化、設備の低コスト化、強風に対する耐力の向上を図った縦軸型風力発電機を提供することを目途にしたものである。

【課題を解決するための手段】

【0005】

発電機の垂直回転軸を中心軸とする回転架台の円周上に、マグナス円筒を複数個垂直に軸支して配置し、各マグナス円筒には自転用の駆動装置を設けて、

風速中で自転することにより発生するマグナス力でマグナス型風車部（各マグナス円筒、上部回転架台、下部回転架台等により構成される）を回転させ、マグナス型風車部の回転架台の回転軸に連結した発電機を回転させて発電する縦軸マグナス型風力発電機により、上記目的は達成される。（請求項 1）

【0006】

前記縦軸マグナス型風力発電機において、回転架台中央部には柱状の風速整流装置を設け、マグナス円筒回転領域の後流部への風速を遮ることにより、

後流部のマグナス円筒に発生するマグナス風車を逆方向に回転させるマグナス力の発生を防止し、上流部で発生するマグナス力の正方向の回転モーメントを最大限活用できるようにすることにより上記目的は達成される。（請求項 2）

【0007】

前記縦軸マグナス型風力発電機の風速整流装置において、風向きに指向性のある風速整流板は常時風の上流方向に向くように自らを保持する機構を備え、

風速整流板は風速に対して両側の整流板の取り付け角度を変更可能な構造として、風の受圧面積を変更でき、

台風等の強風時には風速整流板を折りたためる構造にすることにより上記目的は達成される。（請求項 3）

【0008】

縦軸マグナス型風力発電機において、マグナス円筒は直径の異なる円筒を複数個直列に連結して組み合わせた構造とし、

台風等の強風時には一つのマグナス円筒をスライドして、連結する他の円筒を内部に収納

10

20

30

40

50

してマグナス円筒の高さを低くできる構造とする。

この構造により、強風時には円筒の受圧面積を減少させることができ、風圧による耐力が向上して、損壊を予防できるので上記目的は達成される。(請求項4)

【0009】

縦軸マグナス型風力発電機において、垂直に配置したマグナス円筒の外周部にスパイラル状のフィンを取り付けたスパイラルフィン型マグナス円筒、

あるいはマグナス円筒の外周部にスパイラル状の段差溝をもつスパイラル胴のマグナス円筒により構成することにより上記目的は達成される。(請求項5)

【0010】

縦軸マグナス型風力発電機において、制御装置と変速機構を介してマグナス円筒の自転数を制御するシステム構成とすることにより、

マグナス円筒の自転数を調整して縦軸マグナス型風車の回転数を制御し、発電機回転数、発生電力の周波数をも制御することができるので上記目的は達成される。(請求項6)

【0011】

縦軸マグナス型風力発電機において、各マグナス円筒は自転軸側歯車を持ち、減速機構と制御機構を介して架台上に固定された一つの自転駆動側歯車機構と連結されており、誘導型発電機の回転軸に連結したマグナス型風車部が回転することにより、

自転駆動側歯車の上を各マグナス円筒の自転軸側歯車が走行し、各マグナス円筒は自転用の駆動力を得る構造とすることにより上記目的は達成される。(請求項7)

【0012】

縦軸マグナス型風力発電機において、マグナス型風車部の中心部に、縦軸マグナス型風車の回転軸と発電機を同一とした縦軸抗力型風車を設け、縦軸マグナス型風車と縦軸抗力型風車を一つの風力発電機として運用できる一体化した構成に複合化することにより、

低風速域から高風速域の広い範囲で均一に発電できる機能のみならず、縦軸抗力型風車が後流部のマグナス円筒に対して風速整流装置としても機能し、後流部での逆方向の回転モーメントの発生を防止することにより上記目的は達成される。縦軸抗力型風車としてはサボニウス型風車、ロータ型風車、クロスフロー型風車等がある。(請求項8)

【0013】

縦軸マグナス型風力発電機において、マグナス型風車部の中心部に、縦軸マグナス型風車よりも風車回転直径が小さく、縦軸マグナス型風車の縦軸マグナス型風車の回転軸芯線は同一とするが回転軸と発電機を別とする縦軸抗力型風車を取り付け、縦軸マグナス型風力発電機と縦軸抗力型風力発電機が別々に発電できるように複合化することにより、

低風速域から高風速域で夫々の風車特性を生かして効率よく発電するのみならず、縦軸抗力型風車が後流部のマグナス円筒に対して風速整流板としても機能し、後流部での逆方向の回転モーメントの発生を防止することにより上記目的は達成される。縦軸抗力型風車としてはサボニウス型風車、ロータ型風車、クロスフロー型風車等がある。(請求項9)

【0014】

前記縦軸マグナス型風力発電機と縦軸抗力型風力発電機とが夫々別々の回転軸と発電機を持つ複合風力発電機において、縦軸マグナス型風車の回転軸と縦軸抗力型車の回転軸との間に、双方の回転軸を連結し、また開放できる風車連結器を設けることにより、

起動時から周速比1以下では風車連結器を連結状態にして縦軸マグナス型風車と縦軸抗力型風車を一体化して発電し、周速比1以上では風車連結器を開放して縦軸マグナス型風車と縦軸抗力型風車を夫々別の発電機で発電させることにより上記目的は達成される。(請求項10)

【0015】

縦軸マグナス型風力発電機において、縦軸マグナス型風車中心部に、縦軸マグナス型風車の回転軸と発電機とを同一とした縦軸揚力翼型風車を取り付けて、一体化した一つの風力発電機とし運用できる構成とし複合化することにより、

低・中風速域から高風速域の広い範囲で発電できる機能のみならず、縦軸揚力翼型風車が後流部のマグナス円筒に対して風速整流装置としても機能し、後流部での逆方向回転モー

10

20

30

40

50

メントの発生を防止することにより上記目的は達成される。縦軸揚力翼型風車としてはジャイロミル型風車、ダリウス型風車、垂直固定翼型風車等がある。(請求項11)

【発明の効果】

【0016】

請求項1に記載した本発明の縦軸マグナス型風車は揚力型のため、風車の周速度を風速以上に高くでき周速比は1以上となり、パワー係数も高く、高効率の風力発電機となる。また、縦軸マグナス型風車は風速の上流側の左・右の風を有効利用でき、効率向上を図れる特徴は他の縦軸型風車にはない。さらに、全方位からの風向に対応できるためにたえず風向きが変動してもその影響を受けない効果がある。

また、マグナス円筒は円筒構造のため強度面でも強く、風力発電機も大きい基礎の上に設置でき、高さも比較的低くなるために重心が低く安定しており、台風等の強風にも強い設備となる。

マグナス円筒には自転機構が必要であるが、機構は単純であり、数kW級以上になれば設備全体として低コスト化は可能である。また、輸送、据付工事、保守も簡単で、経済的な風力発電機である。

【0017】

請求項2に記載した縦軸マグナス型風車の後流部においてマグナス円筒に発生するマグナス力は、縦軸マグナス型風車を逆方向に回転させる回転モーメントとなるために、縦軸マグナス型風車の中心部に柱状の風速調整装置を設置することにより後流部への風速をカットし、逆方向の回転モーメントとなるマグナス力の発生を防止する。この風速調整装置により、縦軸マグナス型風車全体の正方向の回転モーメントを大きくする効果がある。

【0018】

請求項3に記載した風速整流装置に、風向に対して常に風の上流を向かせる尾翼のような指向性のある風向維持装置を取付けることにより、風向きが変化しても、常に風向きの下流側の風速をカットし、後流部での逆方向の回転モーメントとなるマグナス力の発生を防止できる効果がある。

また、風速の強さにより風速整流板の開度を調整することにより風車の受ける風圧を調整し、台風時には風速整流板を折りたたむことにより、風圧による風速整流板の損傷を防止することができる効果がある。

【0019】

請求項4に記載した縦軸マグナス型風力発電機においては、一本の垂直なマグナス円筒は直径の異なる2ないし3分割の円筒を直列に連結して組み立てた構造をしており、台風等の強風時には円筒をスライドさせ、そのうちの一番半径が大きい円筒内部に他の円筒を収納し、垂直な一本のマグナス円筒の全高を1/3~1/2に低くすることができる。このため、強風による受圧面積を減少させて、風力発電機の転倒モーメントを小さくできる効果がある。

また、マグナス円筒を数個に分解して現地に搬入することが可能となるため、輸送面での制約が大幅に改善し、孤島や山上でも縦軸マグナス型風力発電機の設置は可能となる効果がある。

【0020】

請求項5に記載した縦軸マグナス型風力発電機においては、マグナス円筒にスパイラル状のフィンを巻くことにより、個々のマグナス円筒に発生するマグナス力を大きくでき、縦軸マグナス型風車の回転モーメントが大きくなるので、発電機出力を大きくできる効果がある。

また、スパイラル状の段差を設けたスパイラル胴マグナス円筒は、同等の風力効果とともに円筒の構造強度を高くでき、風による飛来物に対する耐力が向上する効果がある。

【0021】

請求項6に記載した縦軸マグナス型風力発電機においては、マグナス円筒の自転数を変えると発生するマグナス力の大きさが変わり、発電機の回転モーメントを増減させることができる。この効果を利用して、マグナス円筒の自転数を制御することにより縦軸マグナス

10

20

30

40

50

型風車の回転数を制御して、それに連結する発電機の回転数を制御し、発電機で発電する電力周波数を一定値に制御できる効果がある。

【 0 0 2 2 】

請求項 7 に記載した縦軸マグナス型風力発電機においては、マグナス円筒の自転用の動力源を個々のマグナス円筒に設けた電動式駆動機によらず、風力発電機の発電機として誘導式発電機を採用することにより、起動時には誘導発電機を電動機として使用して縦軸マグナス型風車を強制的に起動させ、発電を開始し始めると発電機として使用する。各マグナス円筒に自転専用の電動式駆動機が不要となり、縦軸マグナス型風力発電機全体としての簡素化、低コスト化に効果がある。特に、小型機においてはマグナス円筒自転装置の簡素化は、設備コストの低減に大きい効果がある。

10

【 0 0 2 3 】

請求項 8 に記載した縦軸抗力型 / マグナス型複合風力発電機（同軸、同一発電機方式）においては、縦軸マグナス型風車の中心部に設置した抗力型風車は後流の風速をカットするために、縦軸マグナス型風車の後流部に発生する逆方向回転モーメントとなるマグナス力の発生を防止し、風速整流装置の効果を持つ。

また、縦軸マグナス型風車と抗力型風車は同軸で連結されているために、低風速領域では抗力型風車が大きい回転モーメントを生じて発電機を回転させ、中・高風速領域では縦軸マグナス型風車が大きい回転モーメントを生じて発電機を回転させるので、低～高風速領域で均等に発電できる効果がある。

20

【 0 0 2 4 】

請求項 9 に記載した縦軸抗力型 / マグナス型複合風力発電機（別軸、別発電機方式）においては、縦軸マグナス型風車の中心部に設置した縦軸抗力型風車は後流部の風速をカットするため、後流部のマグナス円筒に発生する逆方向回転モーメントとなるマグナス力の発生を防止し、風速整流装置の効果を持つ。

また、縦軸抗力型風車は低風速領域でも容易に起動できるように、まず縦軸抗力型風車が起動し、その発電機で発電した電力を利用して縦軸マグナス型風力発電機を起動することにより、複合風力発電機全体としての起動を容易にする効果がある。

中・高風速領域では縦軸マグナス型風車の効率が高くなるので、中・高風速領域では効率が低い縦軸抗力型風車とは切り離して発電させる方が、複合化した風力発電機全体の効率改善に効果がある。このように別軸、別発電機方式にすることにより、互いに特性の異なる風車は、相互に干渉しあうことなく、最大の特性を引き出せる回転数での発電が可能となる。

30

【 0 0 2 5 】

請求項 10 に記載した縦軸抗力型 / マグナス型複合風力発電機（別軸、別発電機方式）の二つの風車の回転軸を風車連結器で連結したり開放したりする方式において、起動時には二つの風車の回転軸を連結して一体化し、まず低風速領域でも容易に起動できる縦軸抗力型風車が起動するが、その駆動力で同時に縦軸マグナス型風力発電機をも起動することにより、複合風力発電機全体をより低風速で起動できる効果がある。

また、周速比が 1 よりも低い低風速領域では縦軸抗力型風車と縦軸マグナス型風車の回転軸を連結して一体化しておき、一つの発電機または夫々の発電機を回転させて発電させるのが効率面で効果がある。

40

しかし、縦軸マグナス型風車は中・高風速領域では効率が高いので、中・高風速領域では縦軸抗力型風車との風車連結器を切り離して、夫々別の発電機を回転させて発電することにより、互いに特性の異なる風車は相互に干渉しあうことなく、最大の特性を引き出せる回転数での発電が可能となる。

【 0 0 2 6 】

請求項 11 に記載した縦軸揚力翼型 / マグナス型複合風力発電機（同軸、同一発電機方式）においては、縦軸マグナス型風車のマグナス円筒間に縦軸揚力翼を配置することにより上流側の揚力翼は後流部の風速をカットするため、後流部のマグナス円筒に発生する逆方向回転モーメントとなるマグナス力の発生を防止し、風速整流装置の効果を持つ。縦軸揚

50

力翼型風車、縦軸マグナス型風車ともに揚力型風車のために、共に周速比が1より大きい形式で、中・高風速領域での特性は似ている。このため、同軸、同一発電機で二つの風車を複合化することにより中・高風速領域では互いに協調して大きい回転モーメントを発揮できる効果がある。また、縦軸揚力翼風車は起動性が悪いが、縦軸マグナス型風車と一体化することにより起動性が改善する効果がある。

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

本発明は、従来の縦軸型風力発電機とは異なるマグナス力を利用する縦軸型風力発電機に関するものである。以下縦軸マグナス型風力発電機単独の発電システムと共に従来の縦軸型発電システムと複合化した風力発電機について、その原理と具体的な実施例を示す。

10

【実施例1】

【0028】

図1は本発明の縦軸マグナス円筒を採用した縦軸マグナス型風力発電機の正面図と平面図を示す。基礎9の上に基礎架構10を組み、その内に発電機8、変圧装置11を設置している。マグナス円筒下部回転架台4の円周上に、マグナス円筒1a, 1b, 1c, 1d(以下、個別に指定する必要がなければ各マグナス円筒1とする)が一定間隔で取り付けられている。マグナス円筒の数は4基に限定されるのではなく、最適な基数を選定してよい。各マグナス円筒1にはマグナス円筒自転軸2a, 2b, 2c, 2d(以下、個別に指定する必要がなければ各マグナス円筒自転軸2とする)があり、各マグナス円筒はマグナス円筒自転軸2を中心に自転する。各マグナス円筒1の上部は、マグナス円筒上部回転架台5に取り付けられている。マグナス円筒上部回転架台5、マグナス円筒下部回転架台4と各マグナス円筒自転軸2とは、マグナス円筒上部回転架台軸受13a, 13b, 13c, 13d、マグナス円筒下部回転架台軸受12a, 12b, 12c, 12dを介して固定されている。

20

マグナス型風車部90は各マグナス円筒1、マグナス円筒上部回転架台5、マグナス円筒下部回転架台4等の各要素を連結させて一つの構造体とし、風速に対する剛性力を確保して回転する風車部である。

【0029】

A-A断面図は上から見た平面図を示す。発電機回転軸7は、マグナス型風車部90と発電機を機械的に連結するもので、各マグナス円筒1を固定するマグナス円筒下部回転架台4に取り付けられている連結梁6a, 6bに固定されている。発電機回転軸7により、風車部90と発電機部80は機械的に連結され、風車部90が回転すれば発電機8を駆動し、交流電力を発生することができる。

30

【0030】

各マグナス円筒1は各マグナス円筒自転軸2を軸として自転するため、マグナス円筒下部回転架台4の各マグナス円筒取り付け部にはマグナス円筒を自転させるためのマグナス円筒自転用駆動装置60が設けられている。マグナス円筒自転用駆動装置60の形式は限定されないが、一般的に電動機が使用される。マグナス円筒自転軸駆動用電動機63が回転するとマグナス円筒自転軸駆動側歯車62を介して、マグナス円筒自転軸側歯車61が回転してマグナス円筒1が自転する。各マグナス円筒の自転数を制御する場合は、自転軸駆動用電動機63にインバータを設けて自転軸駆動用電動機63の回転数制御をおこなうことが可能である。また、自転軸駆動用電動機63の回転数は一定とし、マグナス円筒自転軸側歯車61と自転軸駆動用電動機63との間に無段式の自動変速機を組み込むことによりマグナス円筒の自転数を制御することができる。

40

【0031】

縦軸マグナス型風力発電機の動作機構を説明するに当たり、マグナス力について説明する。図2にマグナス力の発生メカニズムを示す。回転する円柱1の上部では風速Vに回転円柱の周速度uが加算されて流速がV+uと速くなり、下部では風速Vから回転円柱の周速度uが減じられて流速がV-uと遅くなる。

空気密度、風速V、上部の静圧を p_1 、下部の静圧を p_2 、マグナス円筒の自転による

50

周速度を u とすると、

流体力学の基本法則である動圧と静圧の合計値は一定であるとのベルヌーイの定理は下記のように表せる。

$$1/2 (V + u)^2 + p_1 = 1/2 (V - u)^2 + p_2 \quad (\text{式 1})$$

単位面積に発生するマグナス力 L は

$$L = p_2 - p_1 = 1/2 (V + u)^2 - 1/2 (V - u)^2 \quad (\text{式 2})$$

円筒自転角速度、円筒直径 d とすると

$$u = d / 2 \quad (\text{式 3})$$

$$L = 1/2 [(V + d / 2)^2 - (V - d / 2)^2] = V d$$

(式 4) となり、マグナス力 L は風速 V 、円筒自転角速度、円筒直径 d に比例する。

本縦軸マグナス型風車においては、直径 d 一定の円筒を使用するマグナス円筒では、高さ方向の風速 V が同一ならば、マグナス円筒の高さ方向に発生するマグナス力は同一となる。

【 0 0 3 2 】

図 3 (a) は縦軸マグナス型風車を上から見た平面図で、縦軸マグナス型風力発電機の回転原理を示す。イ方向に自転するマグナス円筒が平行な風速 V 中に置かれた場合、 0° から 360° のどの位置にあってもマグナス円筒には右方向のマグナス力 L が発生する。マグナス力 L は法線方向成分 L_v と接線方向成分 L_h (図中に太い実線矢印で示す) に分解することができる。風車や発電機を回転させる回転モーメントは、マグナス力の接線成分 L_h と発電機回転軸からの半径 (r) の積 $L_h \times r$ である。このため、マグナス円筒の各回転位置によるマグナス力の接線成分 L_h が重要となる。

【 0 0 3 3 】

上流側半円部 ($270^\circ \sim 0^\circ \sim 90^\circ$) のマグナス円筒に発生するマグナス力の接線成分 L_h は縦軸マグナス型風車部を時計方向 (口方向) に回転させるが、下流側半円部 ($90^\circ \sim 180^\circ \sim 270^\circ$) のマグナス円筒に発生するマグナス力の接線成分 - L_h は縦軸マグナス型風車部を反時計方向に回転させる。このため、上・下流での風速が同一ならば、上流側半円部のマグナス力による回転モーメントと下流側半円部のマグナス力による回転モーメントは互いに打ち消しあい風車は回転できない。しかし実際は、上流側半円部を通過した風は減速して下流側半円部に入るために、下流側半円部で発生するマグナス力は小さくなる。

【 0 0 3 4 】

0° からの角度 の位置で発生する、マグナス力の接線方向成分 L_h と法線方向成分 L_v は下記のように表せる。

$$L_h = L \times \cos \quad (\text{式 5})$$

$$L_v = L \times \sin \quad (\text{式 6})$$

図 3 (b) は、横軸に 0° からの角度 でのマグナス円筒の位置、縦軸は一基のマグナス円筒に発生する回転モーメント $L_h \times r$ で、正は時計方向、負は反時計方向の回転モーメントを示す。

マグナス円筒に発生するマグナス力は、位置 0° では $L_h = L$ 、位置 90° と 270° では $L_h = 0$ 、位置 180° では $L_h = -L$ となる。実線は上流と下流との風損がなく同一とした場合を示す。

下流側半円部のマグナス力は反時計方向の回転モーメントとなり、上流側半円部の回転モーメントと相殺し、風エネルギーを有効に活用しているとは言えない。上流側半円部と下流側半円部とのマグナス力による回転モーメントの相殺効果を防止するために、マグナス型風車部の真中に風速整流装置 20 を設置すると効果的がある。

【 0 0 3 5 】

図 4 に風速整流装置 20 の一つの例である三角形型風速整流板 21 を設置した場合を示す。上流側半円部のマグナス円筒については時計方向 (口方向) の回転モーメントを発生するが、下流側半円部のマグナス円筒には三角形型風速整流板 21 により風が直接当たらないようにカットされるため、下流側半円部での風速によるマグナス力 L は非常に小さくな

10

20

30

40

50

り、反時計方向の回転モーメントの発生を防止できる。

むしろ下流側半円部では、風速によるマグナス力ではなく、マグナス円筒の回転による向かい風により幾らかのマグナス力が発生するが、向かい風によるマグナス力 L_c は全て風車の回転中心方向に向かうために、風車の回転モーメントには影響を与えない。

図 4 (b) にマグナス円筒の角度 θ の位置において発生する回転モーメント $L_h \times r$ を示す。破線は風速整流装置 20 の設置により、上流の風速 V が下流では減速して V' になった場合の、反時計方向の回転モーメントを示す。上・下流のマグナス力の接線方向成分の回転モーメントの積 $L_h \times r$ により風車は回転する。この破線を何処まで小さくできるかが、縦軸マグナス型風車の性能に大きい影響を与えることになる。

【0036】

風速整流装置 20 としては色々な構造があるが、基本的には縦軸マグナス型風車の中心部に柱状の構造体を設置すればよい。その一例として図 4 (a) に示すように単純に二枚の板 21 を三角形になるように配置してもよい。また図 5 (a) に示すように三角形の頂点から凸面の二枚の曲面板を左右に張り出した構造の凸面型風速整流板 22 としてもよい。また、凹面の二枚の曲面板を左右に張り出した構造でもよい。これ等の風速整流板は、常に風上方向に風速整流板の頂点が向いている必要があるので、尾翼 24 等を設けて常時変動する風方向に追従するシステムにする必要がある。

風向に影響を受けない全方位型の風速整流装置として、図 5 (b) に示すように円柱構造の円柱型風速整流装置 23 がある。円柱構造のために風向きがどのように変化しても円柱の下流側の風速は減速し、反時計方向の回転モーメントの発生を効果的に防止できる。

【0037】

三角形型風速整流板 21、凸面型風速整流板 22 や凹面型風速整流板においては、整流板の三角形の頂角の角度 θ は図 6 (a) に示すように、風速に対して最適な角度になるように可変にして運用することができる。

風速整流板はマグナス型風力発電機が発電をしている時は有効であるが、台風等の強風時には大きい受圧面積になり、整流板自体の損壊や、風力発電機の転倒モーメントを大きくする。これを防止するため、台風等の強風時には図 6 (b) に示すように二枚の整流板の受ける風圧が最小になるように、折りたたんで保護できる構造が良い。

【0038】

図 14 に横軸マグナス型風力発電機の正面図と側面図を示す。横軸マグナス型風力発電機について説明する。地上の基礎 102 に固定された支柱 101 の上端にナセル 103 がある。ナセル 103 は風の方向に自由に向くようになっている。ナセル 103 の中には発電機 104 が水平方向に設置されており、発電機の回転軸 105 の延長上のスピナー 106 に複数のマグナス円筒 110a, 110b, 110c, 110d が放射状に取り付けられている。マグナス円筒の数は 4 枚に限定されるものではない。各マグナス円筒の取り付け部 111 には電動機等のマグナス円筒自転用駆動機 107 があり、風速の中で、各マグナス円筒 110a, 110b, 110c, 110d を矢印イの方向に自転させることにより、マグナス円筒 110a, 110b, 110c, 110d に矢印ロ方向への回転力が発生する。このマグナス力と回転軸からの半径との積が回転モーメントとなり、風力発電機 104 を回転させる力となる。

横軸型マグナス型風力発電機の優位な点は、地面から高い位置の良好な風を利用できる、マグナス円筒は回転角度のどの位置でも同方向の回転モーメントが発生する、広い範囲の風断面積が得られること等がある。

しかし、縦軸型と比較して、発電機回転軸 105 の近くのマグナス力は回転モーメントが小さく発電に有効利用できない、回転により遠心力が働くために風が法線方向に向き風速を効果的に利用できない、スピナー 106 に自転用駆動装置 107 が集中し、構造的に複雑になる等の短所がある。また、保守作業も高所となり、容易ではない。

【実施例 2】

【0039】

従来のマグナス円筒は単純な円筒状で、マグナス効果も小さく、発電効率も低いものであ

10

20

30

40

50

った。しかし近年、同直径のマグナス円筒にスパイラル状のフィンを巻いたマグナス円筒がメカロ秋田により開発され、従来の単純な円筒状を凌ぐ効率が得られている。この同直径のマグナス円筒にスパイラルフィンを巻きつけるスパイラルフィン型マグナス円筒は、本発明の縦軸型マグナス円筒にも採用できる。

【0040】

図7(a)にマグナス円筒1にスパイラルフィン31を巻きつけた、縦軸スパイラルフィン型マグナス円筒30の例を示す。図7(b)に縦軸スパイラルフィン型マグナス円筒30を使用した縦軸マグナス型風力発電機の正面図を示す。

横軸マグナス型風力発電機に使用されるスパイラルフィン型マグナス円筒の効果は、マグナス円筒の一端を支持して回転するため、遠心力による円筒に沿って放射線方向に流れる空気流を阻止して効果的にマグナス力を発生させる効果を狙っている。これに対して、本発明の縦軸スパイラルフィン型マグナス円筒31の効果は、放射線方向の空気流は発生しないために、マグナス円筒に対して直角に流れる周囲の空気流れを積極的に捉えるのが主たる目的である。

【0041】

図8に縦軸スパイラルフィン型マグナス円筒30と同様の効果を持つ縦軸スパイラル胴型マグナス円筒32を示す。このマグナス円筒はスパイラルフィン31の代わりに、異径円筒にスパイラル状の段差溝33をつけた胴構造にすることによりスパイラルフィン31と同様の効果を得るものである。薄い板状のスパイラルフィン31を取り付ける必要がないために、異物の飛来によりフィンが曲がったり外れたりすることがなく、フリーメンテナンス構造で高い風速に対しても強度を持つ。製造面においては標準翼を一体成型で製造することも可能で、量産コストも期待でき、製造コストも安くなる。

【実施例3】

【0042】

マグナス円筒を数段に区切り、風速の高い上部は直径の大きい円筒、風速の低い下部には直径の小さい円筒にしてマグナス円筒自転軸2に直列に連結する構成にする。台風等の強風時には上部マグナス円筒を下げ、その内部に直径の小さい下部マグナス円筒を収納する。図9にマグナス円筒を2分割にした例を示す。(a)は発電時、(b)は強風時を示す。強風時には上部のマグナス円筒1aaを下げて、下部のマグナス円筒1abを上部マグナス円筒1aaの内部に収納する。他のマグナス円筒1b, 1c, 1dも同様な構成とする。

【0043】

上部のマグナス円筒1aaを上・下させる機構としては、

図9に示すように、上部回転架台5の上にマグナス円筒巻上用ウインチ47を設置して、上部マグナス円筒1aa, 1ba, 1ca, 1daをマグナス円筒巻上用ワイヤー48a, 48b, 48c, 48dとマグナス円筒巻上用滑車49a, 49b, 49c, 49dで吊上げたり、吊降ろしたりする方式。

図10に示すように、上部マグナス円筒1aa(1ba, 1ca, 1daも同様)の内部に昇降用電動機43a、昇降装置側歯車42aとマグナス円筒軸側歯車41aを設け、昇降用電動機43aを回転させると歯車41a, 42aの回転によりマグナス円筒自転軸2aaの周囲に設けた溝機構45aと、歯車41aの内部に設けた溝46aの噛合いにより、上部マグナス円筒1aaがマグナス円筒自転軸2aaに沿って上・下に移動するラック・ピニオン方式

等がある。ウインチ方式は構造が単純なために製造コストの低減が期待できる。一方ラック・ピニオン方式は任意の位置に固定できるために、無人で遠隔地に設置した風力発電機を自動的に遠隔操作するのに適している。

【0044】

従来、風力発電機の設置上の大きい制約条件として風況が適した地域は、島や山上等の風力発電機の設置に不便な場所が多く、横軸プロペラ型風力発電機では一本のプロペラを分解して輸送ができないために大型機の設置が難しい面があった。しかし、本縦軸マグナス

10

20

30

40

50

型風力発電機の場合、マグナス円筒を数個に分割した構造にすることが可能である。このため、マグナス型風力発電機を孤島や山上の輸送が困難な場所に設置する場合には、マグナス円筒を分解して輸送し、現地でボルトナットや溶接により接合して組み立てられるので、大型機の設置が可能となる。

【実施例 4】

【0045】

風力発電機は、発電機で発電する電力周波数を一定値にする必要があるために発電機の回転数を一定回転数に制御して運用する方式がある。縦軸マグナス型風車を採用した場合、マグナス円筒の自転数の増減制御を行うことにより発生するマグナス力による回転モーメントを制御し、発電機の回転数が一定になるように制御することができる。

10

図 11 に発電機の回転数制御の方法を示す。風速に対する制御値である定格回転数に対して、実測回転数が多いか少ないかにより、マグナス円筒の自転数を増減させて、風車と発電機の回転数を調整する。一般的に、回転数が定格回転数よりも低い場合は、自転数を増加させ、回転数が定格回転数よりも高い場合は、自転数を減少させる。この方法により発電機の発電する電力の周波数制御が可能となる。

【0046】

縦軸マグナス型風車の運用では、台風等の強風時には、マグナス円筒の自転を停止させて発電機の運転自体を停止するのが一般的である。実施例 3 に示したマグナス円筒の収納方式とこの運用方法を併用することにより、従来の横軸プロペラ型風力発電機と比較して、縦軸マグナス型風力発電機は台風等の強風に非常に耐力のある風力発電機となる。

20

さらに、保守点検時には風車を停止させる必要があるが、プロペラ型風力発電機や他の縦軸型風力発電機では、安全確保のために風により風車が自然に回転しないような強力なブレーキ機構を必要とする。しかし、縦軸マグナス型風力発電機の場合は、マグナス円筒の自転を停止すると風車の回転モーメントは全く発生しない。また、左右のマグナス円筒の空気抵抗は同一であるため、抗力による回転モーメントは互いに相殺し、抗力によって風車部が回転する恐れもない。このため、風車の強力なブレーキ機構は必要なく、簡単な回転防止のロック機構を持てば十分である。

【実施例 5】

【0047】

縦軸型マグナス風力発電機の各マグナス円筒は、基本的には全て同一自転数で回転するために、マグナス円筒の自転用駆動装置は必ずしもマグナス円筒毎に取付ける必要はなく、マグナス風車部の中心に設置した一つの自転用駆動装置から、各マグナス円筒自転軸 2 が回転できるように、歯車やベルト等により駆動力を伝達しても良い。特に小型の縦軸マグナス型風力発電機においては、各マグナス円筒の自転用駆動装置の費用割合が大きくなるために、各マグナス円筒の自転用駆動装置 60 を共用化して一つの駆動装置に集約して、自転用駆動装置の簡素化を図ることは、コストダウン面で必要である。

30

自転用駆動装置 60 を簡素化するため、風力発電機の発電機 8 を各マグナス円筒 1 の自転用駆動装置としても使用することができる。

【0048】

図 12 にその一例を示す。発電機 8 は誘導式発電機を使用し、風車の起動時には電動機としても機能する。各マグナス円筒各自転軸 2 はマグナス円筒下部回転架台 4 と下部回転架台軸受 12a, 12b, 12c, 12d を貫通し、その下端部にマグナス円筒自転軸側歯車 51a, 51b, 51c, 51d が取付けられている。基礎架構 10 には固定されたマグナス円筒自転駆動側歯車 50 があり、マグナス円筒自転軸側歯車 51a, 51b, 51c, 51d と歯車を介して駆動するように連結されている。

40

縦軸マグナス型風車の起動時には誘導発電機 8 は系統電力を使用して電動機として機能し、マグナス型風車部 90 を回転させる。マグナス型風車部 90 が回転すると、マグナス円筒自転駆動側歯車 50 は基礎架構 10 に固定されているので、それに歯車を介して接触するマグナス円筒自転軸側歯車 51a, 51b, 51c, 51d が回転し、各マグナス円筒自転軸 2 および各マグナス円筒 1 が自転する。

50

マグナス型風車部 90 が定格回転数で回転し、各マグナス円筒が風速を受けて、自ら発生するマグナス力による回転モーメントでマグナス型風車部 90 を回転できるようになれば、誘導発電機 8 は電動機としての機能をやめて発電機としての機能に切り替わる。このような簡素な自転機構は、風力発電システム全体の簡素化を目指したものであり、小型機に採用すればコストダウンに有効である。

【0049】

図 13 にはマグナス円筒の自転数をより精度よく制御するためにマグナス円筒自転駆動用歯車 50 と各マグナス円筒自転軸側歯車 51a, 51b, 51c, 51d の後に自動変速装置 52 を介して、各マグナス円筒 1 の自転数を制御する機構を示す。例えば、風車の回転数が低下し始めたとき、各マグナス円筒 1 の自転数を増加させることにより風車の回転数を増加させる場合には、自動変速装置 52 に自転数増加の指令を与えることにより達成できる。自動変速装置 52 としては無段変速機のような連続式の速度調整が可能な装置でもよいし、流体継手を使用してもよい。

10

【実施例 6】

【0050】

縦軸マグナス型風車の欠点としてマグナス円筒回転円周の後流側では、風車を逆方向に回転させるマグナス力が発生する。これを防止するために請求項 2 では風速整流装置 20 の設置を提案した。しかし、風速整流装置 20 は積極的に風速を利用するものではないため、風の向きの影響を受けずに、風速整流装置 20 の効果とともに風速をも積極的に利用して発電させるために、従来の縦軸型風力発電機と縦軸マグナス型風力発電機とを複合化した風力発電機を発明した。

20

具体的な風力発電機の構成としては、縦軸マグナス型風力発電機において、マグナス型風車部の中心部に、縦軸マグナス型風車の回転軸と発電機を同一とした縦軸抗力型風車を設け、縦軸マグナス型風車と縦軸抗力型風車を一つの風力発電機とし運用できる一体化した構成とした。

揚力型風車と抗力型風車を複合化（ハイブリッド化）することにより、起動性の向上、低風速域から高風速域の広い範囲で発電できる機能のみならず、縦軸抗力型風車が後流部のマグナス円筒に対して風速整流板としても機能し、後流部でのマグナス円筒が逆方向の回転モーメントを発生するのを防止する効果がある。複合化できる縦軸抗力型風車としてはサボニウス型風車、ロータ型風車、クロスフロー型風車等がある。

30

【0051】

実施例 6 ではサボニウス型風車と縦軸マグナス型風車を同一回転軸と同一発電機とで一体化して複合化した風車の例を示す。図 15 にその原理を示す。図 15 (a) において、3 基のマグナス円筒 1a, 1b, 1c を円周上に等角度で配し、その間に 3 枚のサボニウス型羽根 70a, 70b, 70c を配置する。3 基のマグナス円筒と 3 枚のサボニウス型羽根は各風車の共通の発電機回転軸 7 を中心に回転する。サボニウス型風車の羽根は $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$ の間は風 (ハ) を受けて時計方向の回転モーメントを発生する。しかし、 $180^{\circ} \sim 360^{\circ}$ の間は風の流れに対して抵抗体となり反時計方向の回転モーメントを発生する。しかし、回転の中心部に風が通過する開口部を設けることにより $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$ の間では、羽根を通過した風 (ニ) は $180^{\circ} \sim 360^{\circ}$ の間の羽根の凹面に入り込み、羽根を押すことにより空気抵抗と釣り合い反時計方向の回転モーメントを減少させる効果がある。

40

0° の位置のマグナス円筒 1a は右向きのマグナス力が発生して時計方向に回転する。 120° のマグナス円筒 1b と 240° のマグナス円筒 1c は夫々サボニウス型羽根 70a, 70c の下流となり風速の影響を受けないために、反時計方向に回転するマグナス力は発生しない。

【0052】

図 15 (b) は時計方向に 60° 回転した状態である。 60° の位置のマグナス円筒 1a、 300° の位置のマグナス円筒 1c は右向きのマグナス力が発生して時計方向に回転する。 180° のマグナス円筒 1b は夫々サボニウス型羽根 70a, 70b の下流となり風

50

速の影響を受けないために反時計方向に回転するマグナス力は発生しない。また、サボニウス型羽根 70a, 70c は風(八)を受けて時計方向に回転する。サボニウス型羽根 70a を通過した風(二)は、サボニウス型羽根 70b の背面を押すように働き、その空気抵抗を打ち消す。

図 16 に縦軸サボニウス / マグナス型複合風力発電機の正面図、平面図の一例を示す。正面図より明らかなように、後流側のマグナス円筒は常時サボニウス型羽根に遮られて風が当たらないように配置されている。

【0053】

縦軸抗力型風車の代表的なサボニウス型風車は、小さい風速でも回転できるが、羽根の周速度を風速以上に高くできないためにパワー係数は低い。一方、縦軸マグナス型風車は揚力型であり、周速度を風速以上に高くするためにパワー係数は高い。このように双方の風車は互いに特性が異なっているため、複合化により互いの欠点を補完し合える。

例えば、サボニウス型風車は低風速で起動できるために起動時にはサボニウス風車が主要駆動源となり、縦軸マグナス型風車をも起動させる。

一方、風速が大きくなると縦軸マグナス型風車が主要駆動源となり、この時は、サボニウス型風車は、風車の機能よりも風速整流板としての機能をはたすことになる。

しかし、サボニウス型風車は周速比を 1 以上で運転できないために、サボニウス風車と縦軸マグナス型風車の回転軸や発電機が同一の場合は、縦軸サボニウス / マグナス型複合風力発電機の周速比は 1 を大きく超えて運転することはできないため、中・高風速域ではマグナス型風力発電機の特性を十分に生かせない。このため、同軸・同一発電機方式の縦軸サボニウス / マグナス型複合型風力発電機は比較的風速が低い地域に適した風力発電機になる。

【0054】

図 17 に縦軸サボニウス / マグナス型複合風力発電機で 2 枚のサボニウス羽根とマグナス円筒 2 基を組み合わせた簡素な構造のケースを示す。図 17 (b) に示すように 180° から 270° にかけてはサボニウス羽根の風速整流効果がなくなり、この領域ではマグナス円筒に反時計回転方向のマグナス力が発生する。このため低コストとなるが、性能は 3 枚羽根の縦軸サボニウス / マグナス型複合風力発電機よりも若干低下する。

【実施例 7】

【0055】

図 18 にロータ型風車と縦軸マグナス型風車とを同一回転軸と同一発電機とで一体化して複合化した例を示す。図 18 (a) は、マグナス円筒 3 基と 3 枚のロータ型羽根とを組み合わせた構造である。 0° の位置のマグナス円筒 1a は右向きのマグナス力 $L = L_h$ が発生して時計方向に回転する。 120° のマグナス円筒 1b と 240° のマグナス円筒 1c は夫々ロータ翼 71a, 71c の下流となり風速の影響を受けないために反時計方向に回転するマグナス力は発生しない。また、ロータ型羽根 71a は風(八)を受けて時計方向に回転する。また、ロータ型羽根 71b, 71c は空気抵抗を受けるのみであるが、風上が凸面のために空気抵抗自体は低い。

【0056】

図 18 (b) は時計方向に 60° 回転した状態である。 60° の位置のマグナス円筒 1a、 300° の位置のマグナス円筒 1c は右向きのマグナス力 L が発生して円周方向成分 L_h により時計方向に回転する。 180° のマグナス円筒 1b はロータ型羽根 71a, 71b の下流となり風速の影響を受けないために反時計方向に回転するマグナス力は発生しない。また、ロータ型羽根 71a, 71c は風(八)を受けて時計方向に回転する。ロータ型羽根で仕事をした風は、そのまま後ろに流される。

性能は縦軸サボニウス / マグナス型複合風力発電機より若干低下するが、低コスト化が可能で、比較的風速が低い地域に適した風力発電機になる。

【実施例 8】

【0057】

縦軸マグナス型風力発電機において、マグナス型風車部の中心部に、縦軸マグナス型風車

よりも風車回転直径が小さく、縦軸マグナス型風車の回転軸と軸心中心線は同一とするが、回転軸と発電機は別とした縦軸抗力型風車を取り付け、縦軸マグナス型風車と縦軸抗力型風車が別々に発電できるように複合化することができる。この効果として、低風速域では縦軸抗力型風車、高風速域では縦軸マグナス型風車の特性を生かして発電できるのみならず、縦軸抗力型風車がマグナス円筒に対して風速整流板としても機能し、後流部でマグナス円筒の逆方向回転モーメントの発生を防止することができる。複合化できる縦軸抗力型風車としてはサボニウス型風車、ロータ型風車、クロスフロー型風車等がある。

【0058】

図19に示す縦軸クロスフロー／マグナス型複合風力発電機は、縦軸マグナス型風車90の中心部にクロスフロー型風車73を別回転軸74、別発電機81を持つように複合化したものである。

図19のD-D断面図に示すように、クロスフロー型風車73は細長い湾曲状短冊の羽根75を上・下の円板外周縁部に適当な角度を付けて等間隔に多数設け、外部の風を羽根の隙間から内部空洞部を風(水)が貫流して、風下の羽根の隙間から外部へ排出(へ)しつつ、一定方向(ここでは時計方向)へ回転する。マグナス型風車90の中心部に設置しているのでクロスフロー型風車73はマグナス型風車90の後流部の風速をカットし、マグナス型風車90の後流部のマグナス円筒に発生する反時計方向に回転させるマグナス力の発生防止機能をも併せ持つ。クロスフロー型風車73は全方位からの風を受けて回転することができるため、マグナス型風車90に対して、風向きの影響を受けない円柱型風速整流装置の効果を持つ。

【0059】

クロスフロー型風車は風の上流域の左半分 $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$ の風は風車の回転力として利用できるが、右半分 $180^{\circ} \sim 360^{\circ}$ の風はクロスフロー型風車の回転力としては利用できない。クロスフロー型風車は回転数が低い、起動トルクが大きくて低風速でも容易に自己起動ができる、回転トルクが大きく、低騒音という特性がある。このようなクロスフロー型風力発電機の特性は中・高風速域でも性能の高い縦軸マグナス型風力発電機の特性とは異なるので、別回転軸・別発電機としてそれぞれが別々に機能するように複合化することにより、新たな運用特性を持つ複合型風力発電機とすることができる。

まずクロスフロー型風車を起動して、その駆動力でクロスフロー型風車軸74に連結した発電機81を発電させ、この電力を利用してマグナス型風力発電機を起動することにより、マグナス型風力発電機の起動電力を減少させることができる。また、中・高風速領域では縦軸マグナス型風車は高効率となるのが、反面、クロスフロー型風車は急速に効率が低下するために、クロスフロー型風車を縦軸マグナス型風車と切り離して夫々別々の発電機を駆動させるほうが、縦軸マグナス型風車の効率を減ずることがない。このように特性の異なる風車は別回転軸7と81、別発電機8と81とすることにより、幅広い風速領域で互いに特性の異なる風車が干渉しあうことなく、夫々が最大の効率特性を引き出せる回転数での発電が可能となる。別々に発電していても、クロスフロー型風車73は常に縦軸マグナス型風車に対して風速整流装置20としての機能は果たしている。

【0060】

図19ではクロスフロー型風車と縦軸マグナス型風車が共に時計方向に回転するケースを示している。しかし、クロスフロー型風車の発電機81が基礎9に対して固定する形式ではなく、単にマグナス円筒上部回転架台5の上に固定した場合、マグナス円筒上部回転架台5は縦軸マグナス型風車とともに回転するために、クロスフロー型風車の回転数と縦軸マグナス型風車の回転数との差がクロスフロー型風車の発電機81の回転子の固定子に対する実際の回転数になる。

このため、発電機81の回転子が固定子に対する実際の回転数は縦軸マグナス型風車の回転数分だけ減少する。特に、起動時はクロスフロー型風車の回転数が大きい、中・高速域では縦軸マグナス型風車の回転数が大きくなるケースも生じる。

一方、クロスフロー型風車と縦軸マグナス型風車が反対方向に回転するようにした場合は、発電機81の回転子が固定子に対する実際の回転数は縦軸マグナス型風車の回転数分だ

10

20

30

40

50

け加算されるため、発電機出力が大きくなる。このため、一般的には、クロスフロー型風車と縦軸マグナス型風車が反対方向に回転するように設計することとなる。

【0061】

サボニウス型風車、ロータ型風車もクロスフロー型風車と同様に縦軸マグナス型風車と別回転軸、別発電機を持つように複合化することができ、同様な効果を得ることができる。別回転軸、別発電機方式の縦軸サボニウス/マグナス型複合風力発電機、縦軸ロータ/マグナス型複合風力発電機縦軸、縦軸クロスフロー/マグナス型複合風力発電機は、広い風速領域に適した風力発電機となる。

【実施例9】

【0062】

別軸・別発電機方式と同軸・同一発電機方式の折衷案として、起動時や周速比が1以下の低風速領域では同軸・同一発電機方式とし、周速比が1を超える中・高風速領域では別軸・別発電機方式とする方式がある。

この風力発電機の基本的な設備構成は、同方向に回転する二つの風力発電機を別軸・別発電機方式として構成し、縦軸マグナス型風車の回転軸7と縦軸抗力型風車の回転軸74を電気式、あるいは機械式の風車連結器により必要に応じて連結や切り離しができるように構成する。

具体的には、縦軸抗力型風車の回転軸74の下部端あるいはマグナス円筒下部回転架台4上に風車連結器を取り付けて、縦軸抗力型風車回転軸74とマグナス円筒下部回転架台4との間の連結と開放を行う。

連結時には縦軸マグナス型風車(発電機)と縦軸抗力型風車(発電機)は1体として回転し、切り離し時には縦軸マグナス型風車(発電機)と縦軸抗力型風車(発電機)は別々に回転して発電できる。

【0063】

起動時には連結器を連結状態とし、低風速で起動し、起動トルクの大きい縦軸抗力型風車の回転力により機械的に縦軸マグナス型風車・発電機を起動させる。

起動後から周速比が1以下の低風速領域では連結器を連結状態とし、縦軸抗力型風力発電機とマグナス型風力発電機とは一体化して発電をする。

周速比が1を超えると、縦軸抗力型風力発電機の効率は悪化し、高速回転をするマグナス型風力発電機の足かせになるために、連結器を開放状態として縦軸抗力型風力発電機とマグナス型風力発電機を切り離して、夫々別々の最適な回転数で発電をする。このように、風速域により二種類の風力発電機の最適運用ができるように複合化の形態を切り替えても良い。

周速比1は風車回転数から簡単に計算できるために、風車回転数を測定して、その値から風車連結器の開閉操作を自動的に行うことができる。風車連結器の形式は特定しないが、自動車のクラッチ機構のような形式がコスト面で優れている。

【実施例10】

【0064】

縦軸マグナス型風力発電機において、縦軸マグナス型風車中心部に、縦軸マグナス型風車の回転軸と発電機とを同一とした縦軸揚力翼型風車を取り付けて、一体化した一つの風力発電機とし運用できる構成として複合化する。これにより、中風速域から高風速域で効率よく発電できる機能のみならず、縦軸揚力翼型風車が縦軸マグナス型風車に対して風速整流装置としても機能し、後流部でのマグナス円筒の逆方向回転モーメントの発生を防止することができる。複合化する縦軸揚力翼型風車としてはジャイロミル型風車、ダリウス型風車、縦軸固定翼型風車等がある。これら風車の特徴は翼形状をした揚力型の固定翼を円周上に配置した風車であり、多くのバリエーションがある。ここでは同種類のものを含めて縦軸揚力翼型風車と呼ぶ。

【0065】

図20に縦軸固定翼型風車と縦軸マグナス型風車とを複合化した縦軸揚力翼/マグナス型複合風力発電機を示す。

10

20

30

40

50

3基のマグナス円筒1a, 1b, 1cを円周上に等間隔の角度で配し、その間に三枚の揚力翼72a, 72b, 72cを配置する。3基のマグナス円筒と3枚の揚力翼72は共通の発電機回転軸7を中心に回転する。

図20(a)において、マグナス円筒は $270^\circ - 0^\circ - 90^\circ$ の領域で右向きのマグナス力Lが発生して風車を時計方向に回転させるモーメントが生じる。一方、揚力翼では $180^\circ - 270^\circ$ の領域で発生する揚力 L_m の円周方向成分 L_n が風車を時計方向に回転させるモーメントとなる。このように、各風車の円筒や翼の位置により回転モーメントの発生領域が異なるために、 $180^\circ - 270^\circ - 0^\circ - 90^\circ$ の広い領域での風速を利用できる。また、風の下流域におけるマグナス円筒にあたる風速は、揚力翼により減速されており、マグナス円筒での反時計方向の回転モーメントの発生は抑制される。図19(b)は縦軸揚力翼/マグナス型複合風車の斜視図を示す。

10

【0066】

縦軸揚力翼型風車は、高回転型であり、翼の周速度を風速以上に高くできるためにパワー係数は高い。一方、縦軸マグナス型風車も揚力型であり、周速度を風速以上に高くできパワー係数は高い。このように双方の風車は互いに特性が似通っているため、中・高速域においては複合化によっても互いの特性を相殺することなく、高回転型の長所を協調し合える。しかし、起動時や低風速時には起動トルクの小さい揚力翼型風車よりも縦軸マグナス型風車が主たる駆動源となる。

縦軸揚力型風車と縦軸マグナス型風車の複合化においては、別回転軸・別発電機とする方式には、縦軸抗力型風車と縦軸マグナス型風車の複合化のような大きい利点はない。これは縦軸揚力型風車と縦軸マグナス型風車の風車特性が似ているためである。ただ、特に高速運転で運用するケースが多い場合では別回転軸、別発電機とする方式にもメリットが生じる。縦軸揚力翼/マグナス型複合風力発電機は比較的風速が高い地域に適した風力発電機になる。

20

【図面の簡単な説明】

【0067】

【図1】本発明のマグナス型風力発電機の正面図、平面図である。

【図2】マグナス力の原理図である。

30

【図3】本発明のマグナス型風力発電機の原理図である。

【図4】本発明の風速整流装置の効果を示す図である。

【図5】本発明の風速整流装置の種類である。

【図6】本発明の風速整流板の運用を示す図である。

【図7】本発明のスパイラルフィン型マグナス円筒とその風力発電機の正面図である。

【図8】本発明のスパイラル胴型マグナス円筒の正面図である。

【図9】本発明のマグナス円筒格納図である。

【図10】本発明のマグナス円筒格納機構部の構造図である。

【図11】本発明のマグナス円筒自転制御要領である。

【図12】本発明のマグナス円筒自転機構全体図である。

40

【図13】本発明のマグナス円筒自転機構部の部分図である。

【図14】横軸マグナス型風力発電機の正面図、側面図である。

【図15】サボニウス/マグナス型複合風力発電機の原理図(その1)である。

【図16】サボニウス/マグナス型複合風力発電機の正面図、平面図である。

【図17】サボニウス/マグナス型複合風力発電機の原理図(その2)、斜視図である。

【図18】ロータ/マグナス型複合風力発電機の原理図である。

【図19】クロスフロー/マグナス型複合風力発電機の正面図、平面図である。

【図20】縦軸揚力翼/マグナス型複合風力発電機の原理図、斜視図である。

【符号の説明】

【0068】

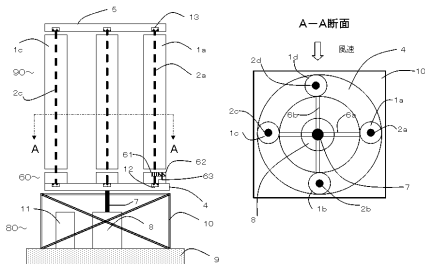
50

1	マグナス円筒（各円筒を a , b , c , d とする）	
2	マグナス円筒自転軸（各円筒の自転軸を a , b , c , d とする）	
3	マグナス円筒自転駆動機（各円筒の自転駆動機を a , b , c , d とする）	
4	マグナス円筒下部回転架台	
5	マグナス円筒上部回転架台	
6	マグナス円筒下部回転架台連結梁（ 6 a , 6 b ）	
7	発電機回転軸	
8	発電機	
9	基礎	
1 0	基礎架構	10
1 1	変圧装置	
1 2	マグナス円筒下部回転架台軸受（各円筒用を a , b , c , d とする）	
1 3	マグナス円筒上部回転架台軸受（各円筒用を a , b , c , d とする）	
2 0	風速整流装置	
2 1	三角形型風速整流板	
2 2	凸面型風速整流板	
2 3	円筒型風速整流装置	
2 4	風速整流板尾翼	
3 0	縦軸スパイラルフィン型マグナス円筒	
3 1	スパイラルフィン	20
3 2	縦軸スパイラル胴型マグナス円筒	
3 3	段差溝	
3 4	異径スパイラル胴型マグナス円筒胴	
4 0	上部マグナス円筒昇降装置	
4 1	マグナス円筒軸側歯車（各円筒用を a , b , c , d とする）	
4 2	昇降装置側歯車（各円筒用を a , b , c , d とする）	
4 3	昇降用電動機（各円筒用を a , b , c , d とする）	
4 4	昇降用電動機軸（各円筒用を a , b , c , d とする）	
4 5	マグナス円筒軸側昇降用溝（各円筒用を a , b , c , d とする）	
4 6	マグナス円筒側昇降用溝（各円筒用を a , b , c , d とする）	30
4 7	マグナス円筒巻上用ウインチ	
4 8	マグナス円筒巻上用ワイヤー（各円筒用を a , b , c , d とする）	
4 9	マグナス円筒巻上用滑車	
5 0	自転駆動側歯車	
5 1	マグナス円筒自転軸側歯車（各円筒用を a , b , c , d とする）	
5 2	自転速度変速装置（各円筒用を a , b , c , d とする）	
6 0	マグナス円筒自転用駆動装置	
6 1	マグナス円筒自転軸側歯車（各円筒用を a , b , c , d とする）	
6 2	マグナス円筒自転軸駆動側歯車（各円筒用を a , b , c , d とする）	
6 3	マグナス円筒自転軸駆動電動機（各円筒用を a , b , c , d とする）	40
7 0	サボニウス型風車羽根（各羽根を a , b , c とする）	
7 1	ロータ型風車羽根（各羽根を a , b , c とする）	
7 2	揚力翼型風車翼（各翼を a , b , c とする）	
7 3	クロスフロー型風車部	
7 4	（クロスフロー）縦軸型風車回転軸	
7 5	クロスフロー型風車羽根（各羽根を a , b , c とする）	
8 0	マグナス型風車発電機部	
8 1	（クロスフロー）縦軸型風車用発電機	
9 0	マグナス型風車部	
*	以下横軸マグナス風力発電機のため同一用途でも別番号とする *	50

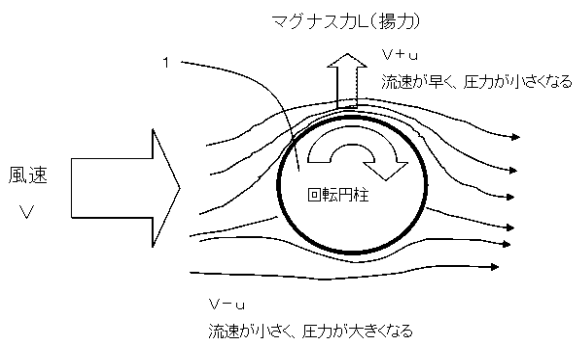
- 1 0 0 ナセル
- 1 0 1 支柱
- 1 0 2 基礎
- 1 0 3 カバー
- 1 0 4 発電機
- 1 0 5 発電機回転軸
- 1 0 6 スピナー
- 1 0 7 マグナス円筒自転用駆動機（各円筒用を a , b , c , d とする）
- 1 1 0 マグナス円筒（各円筒を a , b , c , d とする）
- 1 1 1 マグナス円筒摺動部（各円筒の各部を a , b , c , d とする）

10

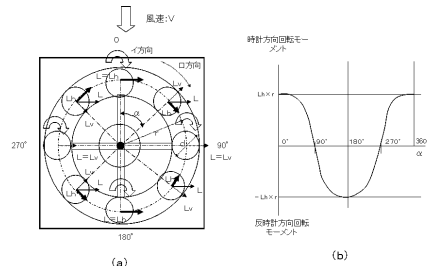
【図 1】



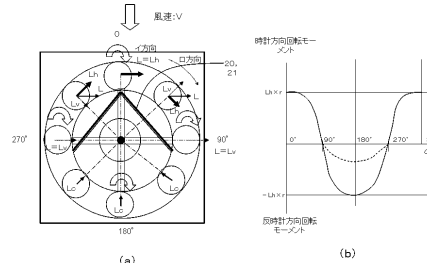
【図 2】



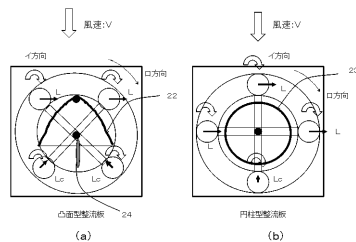
【図 3】



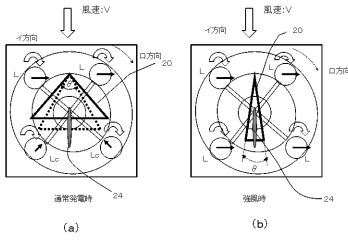
【図 4】



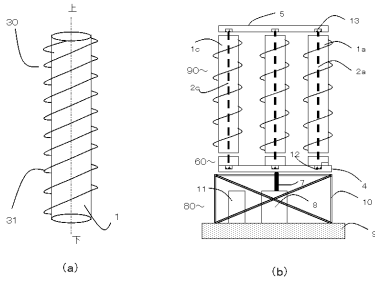
【図 5】



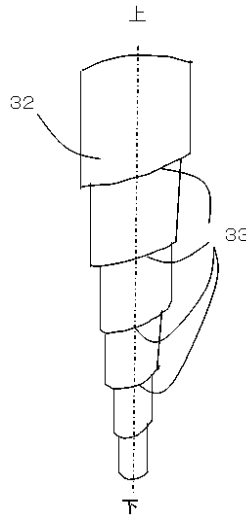
【図 6】



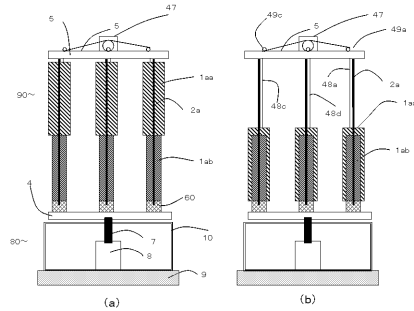
【図 7】



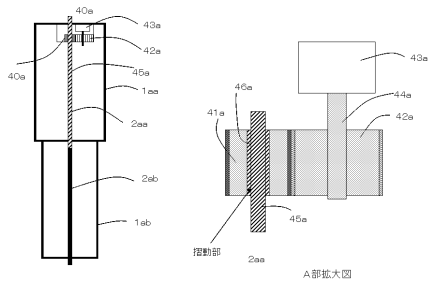
【図 8】



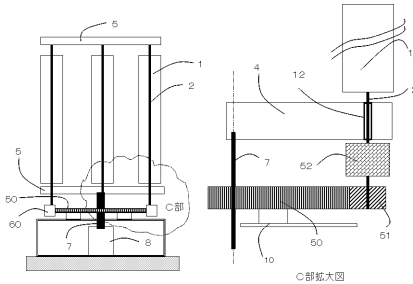
【図 9】



【図 10】



【図 13】

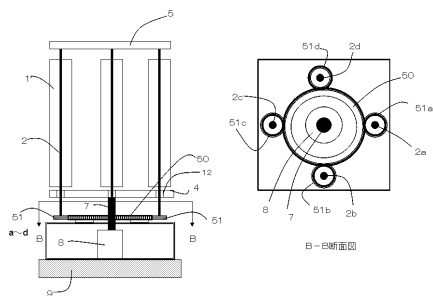


【図 11】

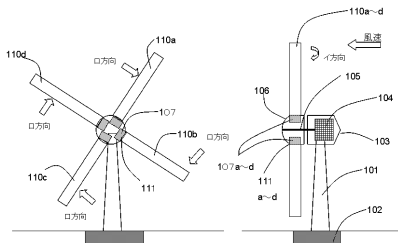
a 発電機定回転数制御
制御値定格回転数 < 実測定回転数 ⇒ マグナス円筒自転数減少
制御値定格回転数 = 実測定回転数 ⇒ マグナス円筒自転数変化なし
制御値定格回転数 > 実測定回転数 ⇒ マグナス円筒自転数増加

b 強風時回転数制御
マグナス円筒自転停止、発電機停止

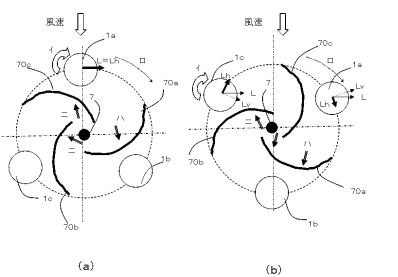
【図 12】



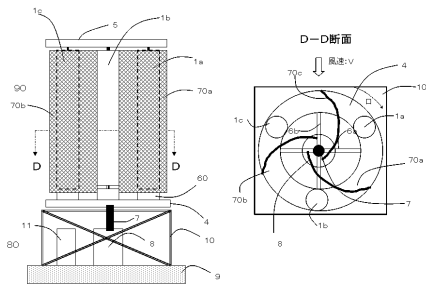
【図 14】



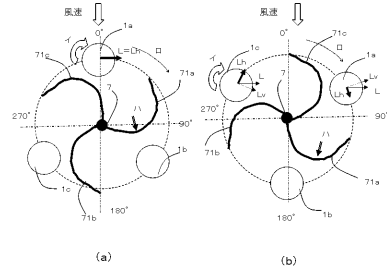
【図 15】



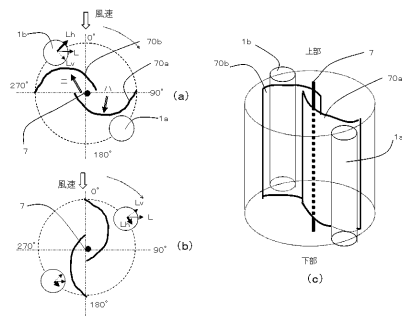
【図 16】



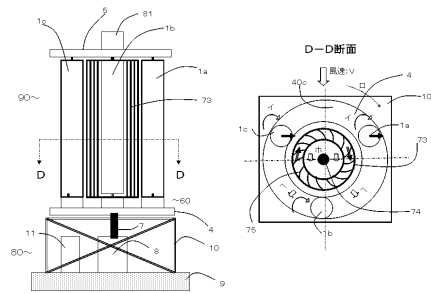
【図 18】



【図 17】



【図 19】



【図 20】

