(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2009-24681
(P2009-24681A)
(43)公開日　平成21年2月5日(2009.2.5)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
F03D 11/00	(2006.01)	F03D 11/00	Z	3H078
F03D 1/06	(2006.01)	F03D 1/06	A	

審査請求 未請求　請求項の数 5　ＯＬ　（全 12 頁）

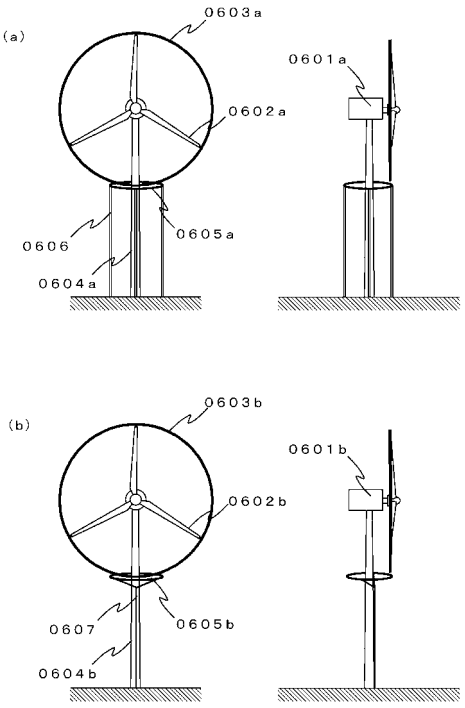
(21)出願番号　特願2007-191473 (P2007-191473)
(22)出願日　平成19年7月23日 (2007.7.23)

(71)出願人　599016431
学校法人　芝浦工業大学
東京都江東区豊洲３丁目７番５号
(74)代理人　100109553
弁理士　工藤　一郎
(72)発明者　松本　聡
東京都江東区豊洲３丁目７番５号　学校法人　芝浦工業大学内

Ｆターム(参考)　3H078 AA02　AA03　BB30　CC01

(54)【発明の名称】風力発電装置

(57)【要約】
【課題】風力発電装置の避雷針としては、風力発電装置と同程度またはそれ以上の高さを有する避雷針を設置したり、ナセルに避雷針を設置する方法などが提案されているが、風力発電装置以上の避雷針の建設には多額の費用がかかり、またナセルに避雷針を設置しても、ブレードの回転により必ずしも避雷針に落雷するとは限らず、問題になっている。
【解決手段】これらの問題を解決する方法として、本件発明は、ブレードの外周に円環状のアースリングと、ブレードが回転しても常にこのアースリングと一定のギャップ長で接するアース端子を有する風力発電装置を提供する。これにより雷は確実にアースリングに落ち、雷によって生じる電流は、アースリングからアース端子を介して地面に放電される
【選択図】　図６



【特許請求の範囲】
【請求項１】
複数のブレードと、
複数のブレードの略先端どうしを連結する導電性材料からなるアースリングと、
を有する風力発電装置。
【請求項２】
前記アースリングは円環状であり、ブレードが回転しても常にこのアースリングと一定のギャップ長で接するアース端子をさらに有する請求項１に記載の風力発電装置。
【請求項３】
アースリングにはブレード回転方向の風を受けてブレード回転方向の回転力を得る複数のサブブレードが配置されている請求項１又は２に記載の風力発電装置。
【請求項４】
アースリングは、二重以上である請求項１から３のいずれか一に記載の風力発電装置。
【請求項５】
サブブレードは、二重以上のアースリングに跨って固定される請求項４に記載の風力発電装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本件発明は、風力発電装置の避雷機構に関し、特にブレードに対する落雷を回避する構造を有する風力発電装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
近年、自然エネルギーを利用した発電方法として、風力発電装置が注目され、各地に大型の風力発電装置が建設されている。一般的に、大型の風力発電装置は、図１５に示したような、地表面と平行に流れる風（水平気流）（１５０１）を、風の流れと平行方向に回転軸を有する風力発電装置（１５０２）にて受け、回転力に変換し発電を行っている。この大型の風力発電装置は、風の強い地域や、風の通り道となる場所や、洋上など、風を妨げる障害物が少ない場所に建設される。
【０００３】
大型の風力発電装置は、このような場所に設置されることから、落雷などの被害を受けやすい。特に、図１５に示したような大型の風力発電装置では、風力発電装置の羽根（ブレード）（１５０３）に落雷しやすく、落雷による火災や破壊、損傷などが報告されている（非特許文献１）。そこで、特許文献１では、風力発電装置のナセル部分に避雷針をもうけ、落雷を避雷針に誘導することで、ブレードへの落雷を防いでいた。しかし、ナセルに避雷針を設けても、大型の風力発電装置の場合、地表面から避雷針までの高さは、ブレードの高さに比べて低く、ブレードへの落雷を完全に防ぐことができなかった。
【０００４】
そこで、特許文献２では、風力発電装置とは別に、風力発電装置と同程度またはそれ以上の高さを有する避雷針を別途建設することで、風力発電装置への落雷を防いでいた。これにより、風力発電装置への落雷を防ぐことは可能であるが、複数の風力発電装置を広範囲にわたって建設する、ウインドファームのような施設では、建設する避雷針の数を、風力発電装置が建設される範囲に複数建設する必要が生じる。このように、風力発電装置とは別に、風力発電装置と同程度の避雷針を建設すると、建設コストが膨大となる。
【特許文献１】特開２０００－２６５９３８
【特許文献２】特開２００６－０３７９３８
【特許文献３】特開２００６－０７０８７９
【特許文献４】特開２００５－３０２３９９
【非特許文献１】延命正太郎、井出勝「風力発電設備の雷害実態」平成19年電気学会全国大会、2007年3月15日-17日、P.7-S8(5)－P.7-S8(8)

【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
これらの問題を解決する方法として、特許文献３および特許文献４に示したように、ブレードに落ちた雷を、ブレードから、アース部材へ誘導し、ブレードやナセルへの被害を抑える発明がなされている。このような風力発電の場合、ブレードが回転すると、図１６のように、ブレード（１６０１）の高さが低くなり、ナセル（１６０２）に対して必ずしも高い位置にブレードが存在せず、ナセルに対して雷が落ちる可能性がある。
【課題を解決するための手段】
【０００６】
そこで、本件発明では、上記問題に鑑み、次の風力発電装置を提供する。すなわち、第一発明としては、複数のブレードと、複数のブレードの略先端どうしを連結する導電性材料からなるアースリングと、を有する風力発電装置を提供する。
【０００７】
第二の発明としては、前記アースリングは円環状であり、ブレードが回転しても常にこのアースリングと一定のギャップ長で接するアース端子をさらに有する第一の発明に記載の風力発電装置を提供する。
【０００８】
第三の発明としては、アースリングにはブレード回転方向の風を受けてブレード回転方向の回転力を得る複数のサブブレードが配置されている第一の発明又は第二の発明に記載の風力発電装置を提供する。
【０００９】
第四の発明としては、アースリングは、二重以上である第一の発明から第三の発明のいずれか一に記載の風力発電装置を提供する。
【００１０】
第五の発明としては、サブブレードは、二重以上のアースリングに跨って固定される第四の発明に記載の風力発電装置を提供する。
【発明の効果】
【００１１】
本件発明により、風力発電装置へ落雷した場合でも、アースリングからアース端子へ落雷を誘導し、ブレードやナセルなどへの被害を抑えることが可能となる。
【発明を実施するための最良の形態】
【００１２】
以下、本件発明の実施の形態について、添付図面を用いて説明する。なお、本件発明は、これら実施形態に何ら限定されるべきものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において、種々なる態様で実施し得る。
【００１３】
実施形態１は、主に請求項１および２などに関する。
【００１４】
実施形態２は、主に請求項３などに関する。
【００１５】
実施形態３は、主に請求項４および５などに関する。
<実施形態１>
<実施形態１　概要>
【００１６】
本実施形態の風力発電装置は、ブレードの先端に、複数のブレードを連結するアースリングが設けられた風力発電装置である。アースリングは、導電性材料からなり、風力発電装置に落雷すると、ブレードの先端に設けられたアースリングに落ちる。これにより、風力発電装置のブレードやナセル等を、落雷から守ることが可能となる。
【００１７】

また、アースリングから一定の間隔の位置にアース端子を設け、アースリングに落ちた雷による電流を、アースリングから一定のギャップを介して、アース端子が受け地面に放電させる。

<実施形態１　構成>

【００１８】

本実施形態の風力発電装置は、複数のブレードと、複数のブレードの略先端どうしを連結する導電性材料からなるアースリングと、を有する。また、アースリングは円環状であり、ブレードが回転しても常にこのアースリングと一定のギャップ長で接するアース端子をさらに有する。

【００１９】

図１に本実施形態の風力発電装置の概念図を示した。本実施形態の風力発電装置は、支柱（０１０１）上部に発電機等が搭載されたり、風向きに応じて回転したりするナセル（０１０２）に水平気流を受けて回転するブレード（０１０３）が取り付けられている。ブレードの先端部分には、ブレードどうしを連結する導電性材料からなるアースリング（０１０４）が取り付けられている。アースリングは、（ａ）のようにブレードに直接取り付けられていてもよいが、（ｂ）のように、ブレードとアースリングの間に絶縁体（０１０５）を設けてもよい。

【００２０】

また、複数のブレードどうしを連結するとき、アースリングは、（ｃ）に示したようにブレード間を直線で連結してもよい。また、複数のブレードの長さが、異なる場合には、（ｄ）のように、一部のブレードを連結させなくても良い。

【００２１】

尚、本実施形態の風力発電装置は、風力発電装置上部に設置されたナセル内に発電装置を設置しなくとも良い。例えば、風力によってブレードの回転を、ナセル内に配置したギアによって、回転方向を９０度曲げ、地上付近に接地した発電装置に伝達し、発電を行うように構成しても良い。このように、発電装置を地面付近に配置することで、発電装置を落雷の被害から守ることも可能となる。

【００２２】

図２にアースリングの断面形状の一例を示した。アースリングの断面形状は、（ａ）に示した略円形の他、（ｂ）に示した四角形などの形状である。また、アースリングを設けた風力発電装置は、アースリングの重量や、風の抵抗などにより、ブレードへの負担が大きくなる。そこで、アースリングの断面形状は、図２の（ｃ）や（ｄ）に示したような風の抵抗を受けにくい形状にすることが望ましい。例えば（ｃ）では、風の抵抗を受けにくくするため、風上方向に略三角形の形状をしていたり、（ｄ）のように航空機の翼の断面とよく似た断面形状にしたりしてもよい。また、アースリングは、導電性を有する必要があるため、その材質は、銅、ステンレス、アルミニウム、鉄などの導電性金属材料の他、カーボンファイバーなどの軽量な導電性を有する樹脂などであってもよい。また、銅や鉄などの金属材料の場合、風雨によって錆びる可能性もある。そこで、（ｅ）のように導電性材料である金属材料（０２０１）に防錆材として樹脂などの薄膜（０２０２）によってコーティングしてもよい。

【００２３】

ブレードの略先端に取り付けられたアースリングとアース端子は、一定の間隔をおいて配置されている。図３に本実施形態のアース端子を有する風力発電装置の一例を示した。（ａ）は風力発電装置を風上方向から正面視した概念図であり、（ｂ）は側面方向視した概念図である。落雷により、アースリング（０３０１）に流れた電流は、アース端子（０３０２）を介して、地上へ放電される。このとき、アースリングとアース端子は、ローラーやギアなどを介して接触していてもよいが、接触せずに一定のギャップ長（０３０３）をもって配置されていてもよい。一定のギャップ長をもって配置されることで、ブレード（０３０４）の回転や、風によるブレードの撓みなどにより、アースリングとアース端子の距離がちかくなっても、互いに擦れる可能性が低く、部材の交換などの必要がなくなる

。アースリングとアース端子のギャップ長は、０．５センチメートルから２．０センチメートル程度が望ましい。アースリングとアース端子のギャップ長が０．５センチメートル以下となった場合、風や地震などの影響で、ブレードの回転がぶれた際に、アースリングとアース端子が接触する恐れがある。一方、ギャップ長が２．０センチメートル以上となった場合には、アースリングとアース端子の間で放電が起きない。このため、アースリングは避雷針的な役割を担うことができない。また、ギャップ長は、アースリングとアース端子の間隔が常に一定になることが望ましい。図１の（ｃ）のようにアースリングを直線で構成した場合、ブレードの回転によって、アースリングとアース端子のギャップ長が変化してしまう。この場合、アースリングとアース端子のギャップ長の変化が、前記０．５センチメートルから２．０センチメートルの間に収まればよい。

【００２４】

ここで、図３では、ブレードの方向が一定であって、風向きに応じて支柱を中心に回転しない風力発電装置を一例として説明した。しかし、実際の風力発電装置の場合、その時々の風向に応じてナセルが支柱を軸にして回転するように構成されている。図３で示した一例の場合、ナセルの回転によってアースリングとアース端子の間隔が上記のギャップ長から離れてしまう恐れがある。そこで、図４では、アース端子（０４０１）を支柱（０４０２）を中心として円形状とすることで、風向きの変化によってナセル（０４０３）およびブレード（０４０４）が回転した場合でも、アース端子とアースリング（０４０５）が一定の間隔を保持可能とした。

【００２５】

アース端子を図４のように配置することで、風向の変化によるナセルの回転に、アース端子が追従可能となるが、図５の（ａ）ように、アース端子（０５０１）をナセル（０５０２）とともに回転するように構成しても良い。また、（ｂ）のように、アース端子（０５０３）は、アースリングの外周に複数個配置しても良い。また、（ｃ）に示したように、アース端子（０５０４）はアースリングの外周に沿った形状としても良い。

【００２６】

アース端子は、図３および図４に示したように、一端をアースリングと一定のギャップ長で接し、もう一端は、雷による電流を放電するために地面と接している必要がある。図６にアース端子の形状の一例を示した。図６に示した風力発電装置は、風向きに応じてナセル（０６０１）およびブレード（０６０２）部分が回転するため、アースリング（０６０３）とのギャップ長が変化しないように、風力発電装置の支柱（０６０４）の周りを取り囲むように円状にアース端子（０６０５）を配置している。このとき、アース端子は、（ａ）のように独立した柱（０６０６）によって支持されてもよいが、（ｂ）のように、風力発電装置の柱を利用（０６０７）しても良い。

【００２７】

また、アースリングは、ブレードの回転によって生じる遠心力によって、外周方向に引張されてアース端子とのギャップ長が変化する可能性がある。このため、ブレードの回転数に応じて、このギャップ長を調整するためにアース端子を上下させる制御機構を有していても良い。例えば、ブレードの回転数が高い場合、遠心力は大きくなるので、ギャップ長が小さくなる。そこで、制御機構を設けて、アース端子を上下させてギャップ長を適正な距離となるように調整する。逆にアース端子ではなく、ブレードを上下させてギャップ長を調整しても良い。

<実施形態１　効果>

【００２８】

本実施形態の風力発電装置は、ブレードの略先端付近に、ブレードどうしを連結するようにアースリングを設けることで、ブレードやナセルに落雷することを防ぐことが可能となる。例えば、従来の風力発電装置では、図７の（ａ）に示したように、ブレードの回転によって、風力発電装置の高さが変化し、ナセルに直接落雷する場合があった。しかし、本実施形態の風力発電装置では、アースリングを設けることで、（ｂ）に示すようにブレードが回転しても、風力発電装置の高さは変化せず、アースリングに落雷を誘導すること

が可能である。これにより、風力発電装置に落雷した場合にも、ブレードやナセルに納められた発電装置が、被害を受けずに、アースリングからアース端子を介して、地面に放電することが可能となる。

<実施形態２>

<実施形態２　概要>

【００２９】

本実施形態の風力発電装置は、アースリングに、ブレードの回転を補助するサブブレードが取り付けられている。

<実施形態２　構成>

【００３０】

本実施形態の風力発電装置は、アースリングにブレード回転する方向の風、を受けてブレード回転方向の回転力を得る複数のサブブレードが配置されている。

【００３１】

サブブレードは、ブレードの回転を補助するために、アースリングに配置されている。アースリングは実施形態１で述べたように、雷を誘導するために導電性の材料からなっている。このため、アースリングに配置されるサブブレードも、アースリングと同様に、導電性材料を用いて構成してもよい。図８に本実施形態の風力発電装置のアースリング（０８０１）にサブブレード（０８０２）を有する風力発電装置の概念図を示した。図８において、左側の図は本実施形態の風力発電装置を風上側から正面視した概念図であり、右側の図は、側面視した概念図である。サブブレードは（ａ）に示したように、アースリングの中心に対して外側に向けて配置してもよいし、（ｂ）のように、アースリングが取り付けられたブレード（０８０３）が受ける風の風上側（図中右側）に配置しても良い。

【００３２】

実施形態１で述べたアース端子は、サブブレードの配置される位置に応じて、サブブレードの回転を阻害しない位置に配置する。図９に本実施形態の風力発電装置を側面方向から見たときの概念図を示した。下に示した円内は、拡大図である。例えば、図９に示した（ａ）のように、アースリング（０９０１）の中心に対して外側に向けてサブブレード（０９０２）を配置した場合には、図９の（ａ）に示したように、アース端子（０９０３）は、サブブレードの回転を阻害しないように、アースリングの風上側もしくは風下側に一定のギャップ長（０９０４）をもって配置される。図８の（ｂ）のように、サブブレードをアースリングのブレードが受ける風の風上側に配置した場合には、図９の（ｂ）のように、アース端子は、アースリングの下側もしくは、風下側に一定のギャップ長をもって配置される。アース端子の配置位置は、図９の（ａ）や（ｂ）以外にも図１０の（ａ）や（ｂ）のような位置に配置することも可能である。図１０の（ａ）や（ｂ）では、アースリングとアース端子の間にギャップを設けず、アースリング（１００１）に配置されたサブブレード（１００２）とアース端子（１００３）の間にギャップを設けている。しかし、このような構成は、ブレードの回転によって、アース端子とサブブレードのギャップ長が一定にならないため、図９のような位置に配置することが望ましい。

【００３３】

サブブレード上に配置するサブブレードの数や大きさは、風力発電装置全体での効率を考慮して決定する。例えば、高回転型の風力発電装置の場合、サブブレードの枚数は、少なめに設定し、逆に低回転で高トルク型の風力発電装置の場合は、サブブレードの数を増やすなど、風力発電装置に応じて変化させる。特に、主となる回転翼であるブレードとの兼ね合いを十分考慮する必要がある。

<実施形態２　効果>

【００３４】

本実施形態の風力発電装置は、アースリング上にブレードの回転を補助するサブブレードを配置することで、風力発電装置の効率をさらに向上させることが可能である。

<実施形態３>

<実施形態３　概要>

【００３５】
本実施形態の風力発電装置は、アースリングが二重以上に配置されていることを特徴としている。実施形態１で述べたように、アースリングは風力発電装置の避雷針的な役割を担う。そのため、アースリングは、風力発電装置の中でも最も雷の落ちやすい位置に配置されている。しかし、図１１の（ａ）に示したように、風力発電装置を側面から見たときに、ブレード（１１０１）はある程度の厚さ（１１０２）を持っており、アースリングの配置位置によっては、必ずしもアースリングだけが雷が落ちやすい位置に配置されない可能性がある。例えば、図１１の（ｂ）に示したように、アースリングをブレードの風上側（１１０３）に配置した場合、ブレードの風下側（１１０４）は、雷が落ちやすい位置に無防備に位置していることになる。これを防ぐために、本実施形態では、（ｃ）のようにアースリング（１１０５、１１０６）を二重以上配置することでブレードへの落雷を防いでいる。

【００３６】
また、風力発電装置は、回転により大きな遠心力が加わり、また風により大きな力が加わることから、アースリングやサブブレードをより強固に固定することが必要である。そこで、本実施形態の風力発電装置では、実施形態２で述べたサブブレードを、複数のアースリングに跨って配置し、複数のアースリングどうしを固定している。

<実施形態３　構成>

【００３７】
本実施形態の風力発電装置は、アースリングが二重以上に配置されている。図１２に本実施形態の風力発電装置の一例を示した。アースリングは、（ａ）に示したように、ブレード（１２０１）の略先端に風上側（１２０２）と風下側（１２０３）に配置されたり、（ｂ）のようにブレードの略先端の内側（１２０４）と外側（１２０５）に配置されたり、これらを複合して配置しても良い。また、アースリングは、（ｃ）のようにブレードの略先端（１２０６）と、ブレードの中間付近（１２０７）に配置しても良い。このように、アースリングを多重に配置することで、ブレードへの落雷を極力減らすことが可能となる。

【００３８】
アースリングを図１２のように、複数配置したとき、複数のアースリングに跨ってサブブレードを配置することが可能である。図１３に本実施形態の風力発電装置において、複数のアースリングに跨ってサブブレードが配置された一例を示した。図１２の（ａ）のように、アースリングが風上側（１３０１）と風下側（１３０２）に配置されている場合には、図１３の（ａ）のようにサブブレード（１３０３）は、アースリングの中心から外側に向けて配置される。また、図１２の（ｂ）のように、アースリングがブレードの略先端（１３０４）と、ブレード上（１３０５）に配置されている場合には、図１３の（ｂ）のように、複数のアースリングから、風上方向に向けてサブブレード（１３０６）が配置される。このように、サブブレードを多数のアースリングに跨って配置することにより、アースリングおよびサブブレードをより強固に固定することが可能である。

<実施形態３　効果>

【００３９】
本実施形態の風力発電装置のように、アースリングを二重以上配置することで、ブレードへの落雷を極力減らすことが可能である。また、サブブレードを多数のアースリングに跨って配置することにより、アースリングおよびサブブレードをより強固に固定することが可能である。

<具体例>

【００４０】
図１４に本件発明の風力発電装置の具体例の一例を示した。（ａ）は風力発電装置を風上方向から正面視した正面図で、（ｂ）は側面図である。一例として示した本件発明の風力発電装置は、地上からアースリング（１４０１）の最高部までの高さが略８５メートル、地上からアースリングの最低部までの高さは略３５メートルである。また、地上からブ

レード（１４０２）が取り付けられているロータ（１４０３）中心までの高さは略６０メートルである。また、ブレードの長さは略２５メートルであり、アースリングの直径は略５０メートルとなる。アースリングに取り付けられたサブブレード（１４０４）の長さは略３メートルとなっている。ナセル（１４０５）後部からロータ先端までの長さは略１７メートルとなっている。またアース端子（１４０６）は支柱（１４０７）を中心とした直径略１５メートルの円形である。

【図面の簡単な説明】

【００４１】

【図１】実施形態１の風力発電装置を説明する概念図

【図２】実施形態１の風力発電装置を説明する概念図

【図３】実施形態１の風力発電装置の一例を説明する概念図

【図４】実施形態１の風力発電装置の一例を説明する概念図

【図５】実施形態１の風力発電装置の一例を説明する概念図

【図６】実施形態１の風力発電装置の一例を説明する概念図

【図７】実施形態１の風力発電装置の一例を説明する概念図

【図８】実施形態２の風力発電装置の一例を説明する概念図

【図９】実施形態２の風力発電装置の一例を説明する概念図

【図１０】実施形態２の風力発電装置の一例を説明する概念図

【図１１】実施形態３の風力発電装置の一例を説明する概念図

【図１２】実施形態３の可倒式表示装置の一例を説明する概念図

【図１３】実施形態３の可倒式表示装置の一例を説明する概念図

【図１４】本件発明の具体例

【図１５】従来技術を説明するための概念図

【図１６】従来技術を説明するための概念図

【符号の説明】

【００４２】

０６０１ａ　ナセル

０６０２ａ　ブレード

０６０３ａ　アースリング

０６０４ａ　支柱

０６０５ａ　アース端子

０６０６　アース端子の支柱

０６０１ｂ　ナセル

０６０２ｂ　ブレード

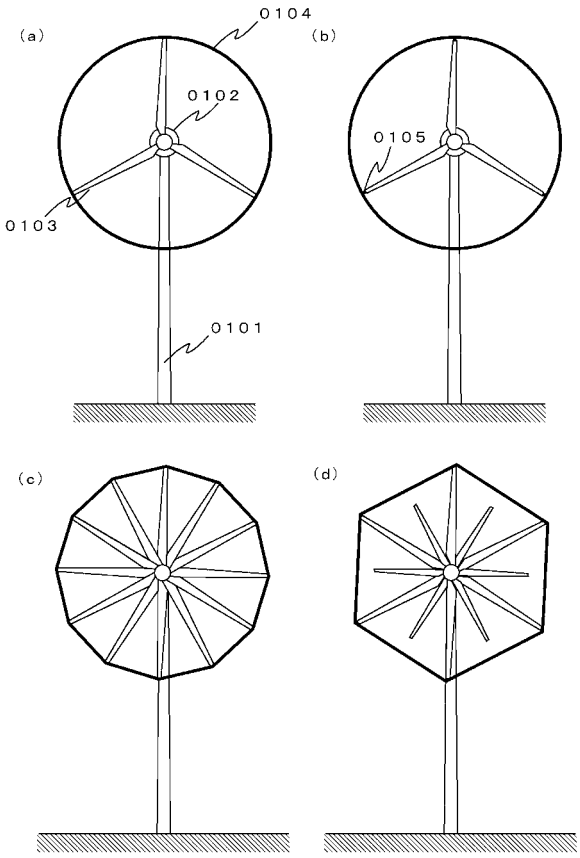
０６０３ｂ　アースリング

０６０４ｂ　支柱

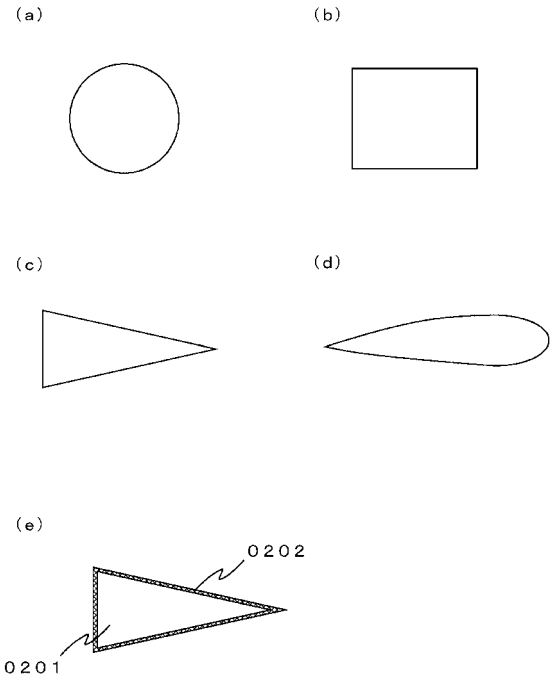
０６０５ｂ　アース端子

０６０７　アース端子の支柱

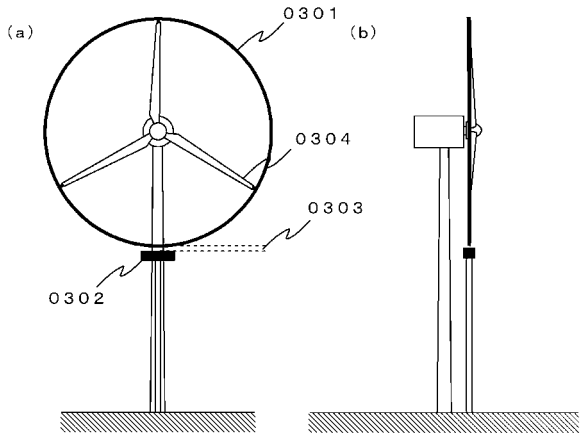
【図１】


(a)
0104
0102
0103
0101
(b)
0105
(c)
(d)

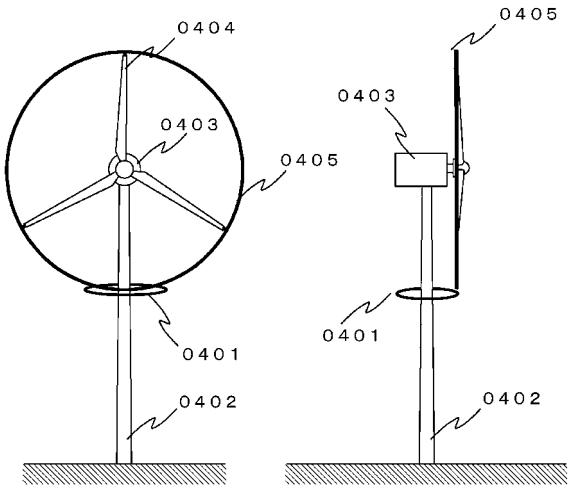
【図２】


(a)
(b)
(c)
(d)
(e)
0202
0201

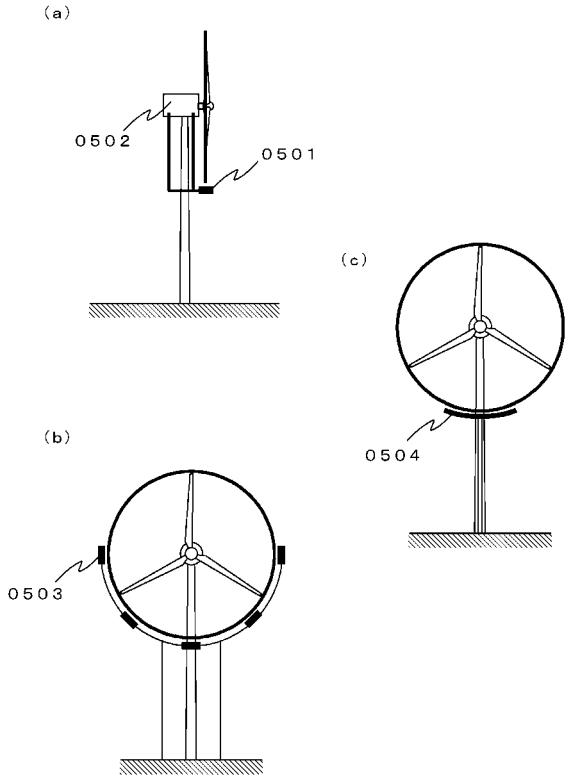
【図３】


(a)
0301
0304
0303
0302
(b)

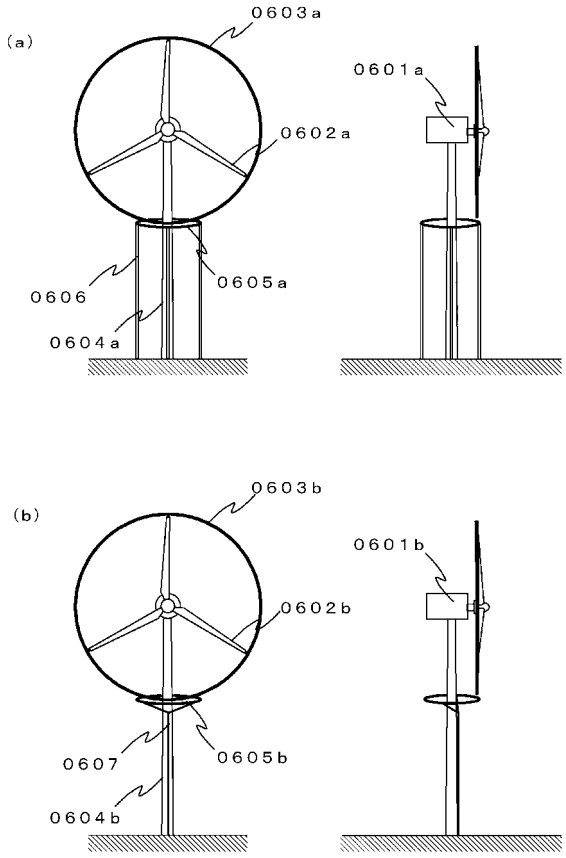
【図４】


0404
0403
0405
0401
0402
0405
0403
0401
0402

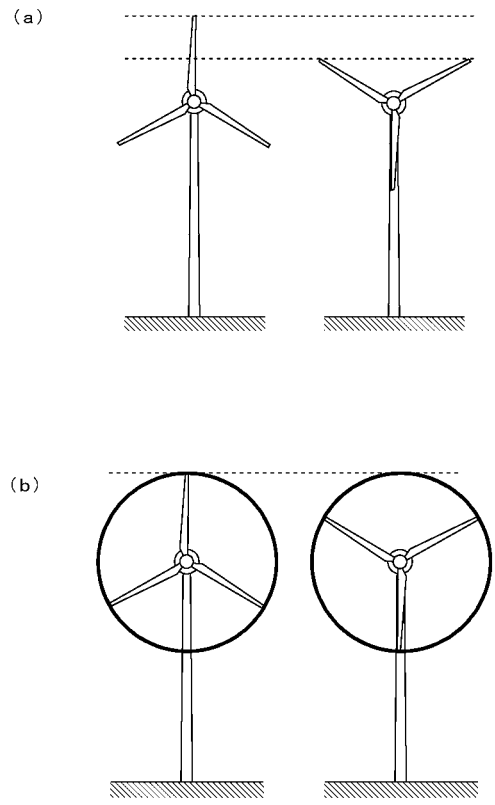
【図５】


(a)
0502
0501
(c)
0504
(b)
0503

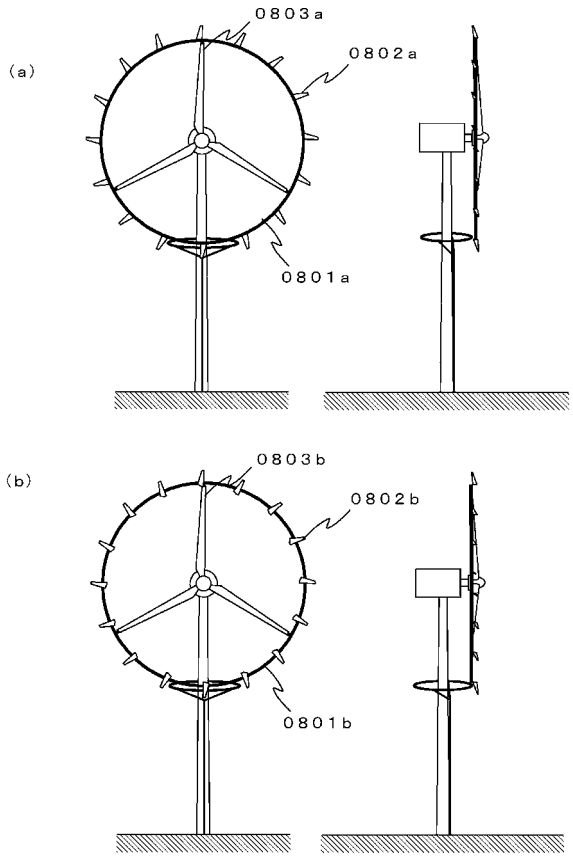
【図６】


(a)
0603a
0602a
0601a
0606
0605a
0604a
(b)
0603b
0602b
0601b
0607
0605b
0604b

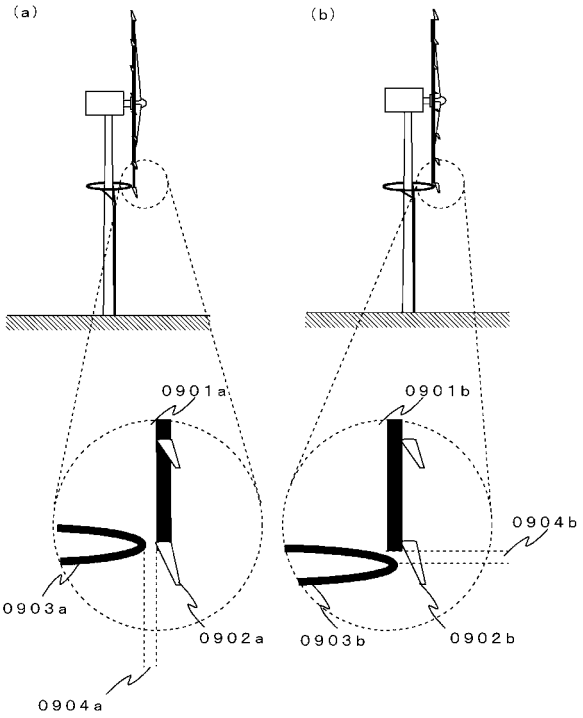
【図７】


(a)
(b)

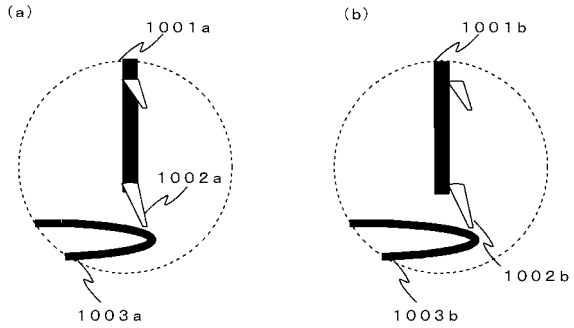
【図８】


(a)
0803a
0802a
0801a
(b)
0803b
0802b
0801b

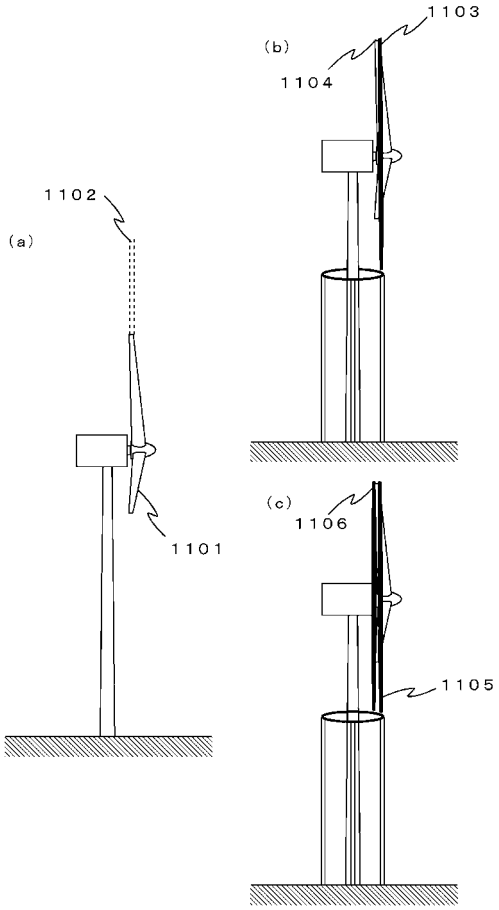
【図９】



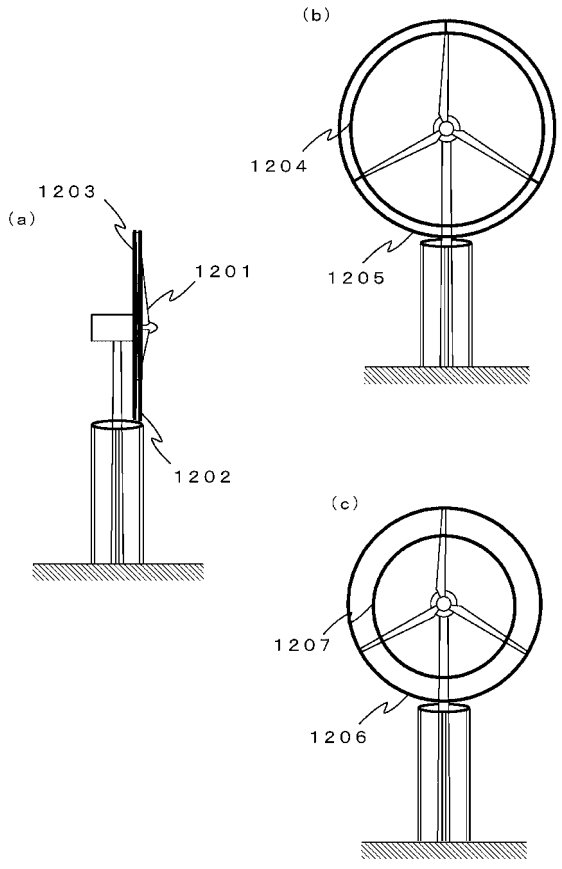
【図１０】



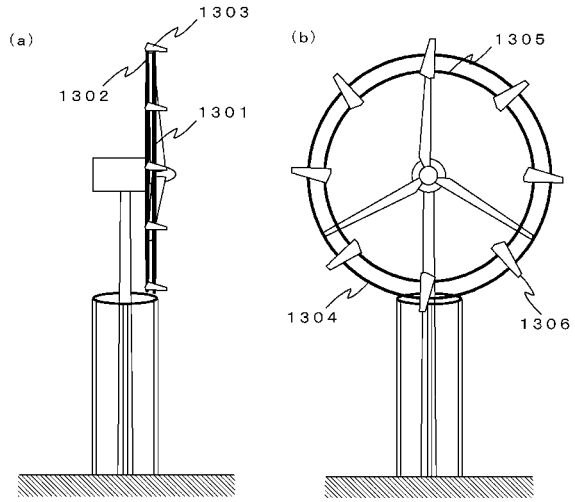
【図１１】



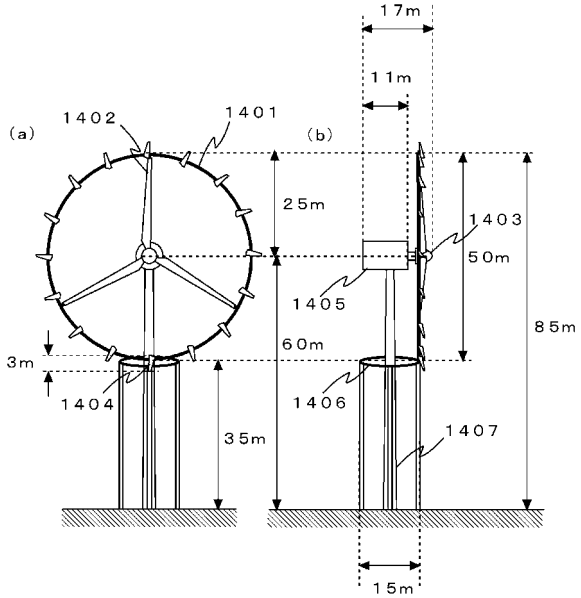
【図１２】



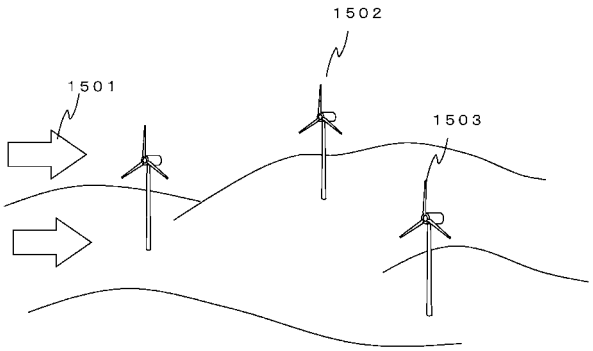
【図１３】



【図１４】



【図１５】



【図１６】

