(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2015-127513
(P2015-127513A)
(43)公開日　平成27年7月9日(2015.7.9)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
F03D 11/00	(2006.01)	F03D	11/00	Z	3H178
F03D 1/06	(2006.01)	F03D	1/06	A	5G067
H05F 3/04	(2006.01)	H05F	3/04	F	
H02G 13/00	(2006.01)	H02G	13/00	Z	

審査請求 未請求　請求項の数 15　ＯＬ　（全 21 頁）

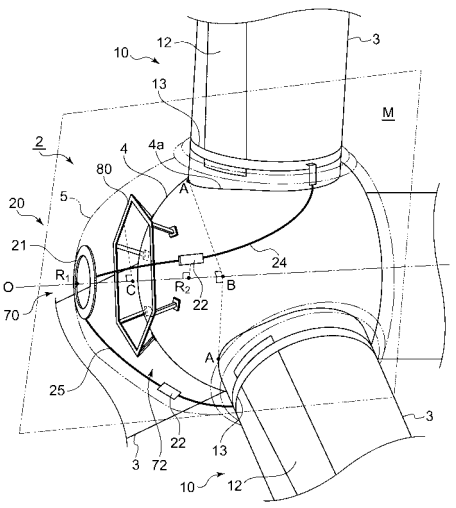
(21)出願番号　特願2013-272843 (P2013-272843)
(22)出願日　平成25年12月27日 (2013.12.27)

(71)出願人　000006208
三菱重工業株式会社
東京都港区港南二丁目１６番５号
(74)代理人　110000785
誠真ＩＰ特許業務法人
(72)発明者　藤岡　秀康
東京都港区港南二丁目１６番５号　三菱重工業株式会社内
(72)発明者　フェバーウィー・ニルス
イギリス国　Ｗ１Ｋ６ＷＬ　グレーター・ロンドン　ロンドン　ノース・オードリー・ストリート　２０　ミツビシ・パワー・システムズ・ヨーロッパ・エルティディ内

Ｆターム(参考)　3H178 AA03 AA40 BB43 CC02 CC14 DD51X DD70X
5G067 DA31

(54)【発明の名称】風車ロータ及び風車

(57)【要約】　（修正有）
【課題】風車ロータのうちブレード以外の部位への着雷から風車ロータを保護する。
【解決手段】少なくとも２本のブレードと、ハブと、前記ハブを覆う、絶縁材により構成されるスピナーと、前記ブレードに設けられるブレード耐雷システムと、前記スピナーに設けられ、レセプタを含むスピナー耐雷システムと、を備える風車ロータであって、前記レセプタは、前記風車ロータの回転面に投影したときに、投影された前記レセプタの少なくとも一部が、前記少なくとも２本のブレードの翼根部を通る前記回転面上の仮想円のうち隣接する前記ブレードの翼根部間の円弧領域に対応した角度範囲に位置するように設けられ、前記レセプタは、前記風車ロータの回転軸を含む平面に投影したときに、投影された前記レセプタの少なくとも一部が、前記回転軸の軸方向に関して前記ハブ側を前方とし前記ナセル側を後方としたとき、前記ブレードの翼根部よりも前方に位置するように設ける。
【選択図】図２



【特許請求の範囲】
【請求項１】
風車のナセルに回転自在に支持される風車ロータであって、
少なくとも２本のブレードと、
前記少なくとも２本のブレードが取り付けられるハブと、
前記ハブを覆うように設けられ、絶縁材により構成されるスピナーと、
前記ブレードの各々について設けられるブレード耐雷システムと、
前記スピナーに設けられ、レセプタを含むスピナー耐雷システムと、を備える風車ロータであって、
前記レセプタは、前記風車ロータの回転面に投影したときに、投影された前記レセプタの少なくとも一部が、前記少なくとも２本のブレードの翼根部を通る前記回転面上の仮想円のうち隣接する前記ブレードの翼根部間の円弧領域に対応した角度範囲に位置するように設けられ、
前記レセプタは、前記風車ロータの回転軸を含む平面に投影したときに、投影された前記レセプタの少なくとも一部が、前記回転軸の軸方向に関して前記ハブ側を前方とし前記ナセル側を後方としたとき、前記ブレードの翼根部よりも前方に位置するように設けられたことを特徴とする風車ロータ。
【請求項２】
前記スピナーの内部に配置され、前記ハブに電気的に繋がっている導電性部材をさらに備え、
前記レセプタは、前記ハブ及び前記導電性部材よりも前方において前記スピナーの外周面上に設けられた第１レセプタを含むことを特徴とする請求項１に記載の風車ロータ。
【請求項３】
前記第１レセプタは、前記回転軸を中心とする円形状、円環形状、又は円弧形状であることを特徴とする請求項２に記載の風車ロータ。
【請求項４】
前記スピナーの内部に配置され、前記ハブに電気的に繋がっている導電性部材をさらに備え、
前記レセプタは、前記ハブ及び前記導電性部材の周りにおいて前記スピナーの外周面上に設けられた第２レセプタを含むことを特徴とする請求項１乃至３の何れか一項に記載の風車ロータ。
【請求項５】
複数の前記第２レセプタは、前記回転軸を中心とする周方向について離散的に設けられ、
前記第２レセプタの各々は、前記風車ロータの回転面に投影したときに、投影された前記第２レセプタが、隣接する前記ブレードの翼根部間の角度に位置するように配置されることを特徴とする請求項４に記載の風車ロータ。
【請求項６】
前記第２レセプタは、第１方向のサイズが前記第１方向に直交する第２方向のサイズよりも大きい形状を有し、
前記第２レセプタは、前記第１方向が前後方向に沿うように前記スピナーの外周面上に設けられることを特徴とする請求項４又は５に記載の風車ロータ。
【請求項７】
前記レセプタは、前記スピナーの外周面に露出するように前記スピナーに埋め込まれていることを特徴とする請求項１乃至６の何れか一項に記載の風車ロータ。
【請求項８】
前記スピナー耐雷システムは、
互いに電気的に接続された複数の前記レセプタを含むレセプタセットと、
前記風車ロータにおけるアース用電流経路に接続するための少なくとも一本の第１ケーブルと、を含むことを特徴とする請求項１乃至７の何れか一項に記載の風車ロータ。

【請求項９】
前記レセプタセットは、前記回転軸を中心とする周方向について連続した第１レセプタと、前記第１レセプタよりも後方において前記回転軸を中心とする周方向について離散的に設けられる複数の第２レセプタと、を含み、
前記ブレード耐雷システムは、
前記第２レセプタの各々を前記アース用電流経路に接続するための複数本の前記第１ケーブルと、
前記第１レセプタと前記第２レセプタの各々とを電気的に接続するための複数本の第２ケーブルと、を含むことを特徴とする請求項８に記載の風車ロータ。
【請求項１０】
前記レセプタは、前記スピナーの内部に配置された導電性部材から電気的に隔絶されるように配置されていることを特徴とする請求項１乃至９の何れか一項に記載の風車ロータ。
【請求項１１】
前記レセプタは、反射防止用被覆層を含むステンレス材料で形成されていることを特徴とする請求項１乃至１０の何れか一項に記載の風車ロータ。
【請求項１２】
前記レセプタは、少なくとも一部が耐腐食性被覆層によって覆われた銅材料で形成されていることを特徴とする請求項１乃至１１の何れか一項に記載の風車ロータ。
【請求項１３】
前記スピナーは、非導電性の繊維強化プラスチックで形成されていることを特徴とする請求項１乃至１２の何れか一項に記載の風車ロータ。
【請求項１４】
前記ハブは、鋳鋼で構成され、
前記レセプタは、前記ハブから電気的に隔絶されていることを特徴とする請求項１乃至１３の何れか一項に記載の風車ロータ。
【請求項１５】
少なくとも２本のブレード及び該ブレードが取り付けられるハブを含む風車ロータと、
前記風車ロータを回転自在に支持するナセルと、
前記ハブを覆うように設けられ、絶縁材により構成されるスピナーと、
前記ブレードの各々について設けられるブレード耐雷システムと、
前記スピナーに設けられ、レセプタを含むスピナー耐雷システムと、を備える風車であって、
前記レセプタは、前記風車ロータの回転面に投影したときに、投影された前記レセプタの少なくとも一部が、前記少なくとも２本のブレードの翼根部を通る前記回転面上の仮想円のうち隣接する前記ブレードの翼根部間の円弧領域に対応した角度範囲に位置するように設けられ、
前記レセプタは、前記風車ロータの回転軸を含む平面に投影したときに、投影された前記レセプタの少なくとも一部が、前記回転軸の軸方向に関して前記ハブ側を前方とし前記ナセル側を後方としたとき、前記ブレードの翼根部よりも前方に位置するように設けられたことを特徴とする風車。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示は、耐雷機能を有する風車ロータ及び風車に関する。
【背景技術】
【０００２】
近年、地球環境の保全の観点から、風力を利用した風車の普及が進んでいる。一般に、風車は、ハブ及び該ハブに取り付けられた複数のブレードを含む風車ロータと、風車ロータを回転自在に支持するナセルと、ナセルが上端に取り付けられたタワーとを有する。そ

して、発電設備としての風車は、風の運動エネルギーを風車ロータの回転エネルギーに変換し、さらにこの回転エネルギーを発電機にて電力に変換するようになっている。

【０００３】

このような風車では、近年、効率向上の観点から風車ロータの大型化が進められている。風車のロータ直径を大きくした場合、通常、タワーの全長も大きくなり、風車ロータは地表から大きく離れた位置（高所）に設置されることとなる。また、風のエネルギーを効果的に回収する目的からも、風車ロータはより高所に設置されることが多く、しかも風を受けやすい広大な陸地又は洋上に設置されることが多いことから、落雷による被害を受けやすいという問題を抱えている。そのため、風車ロータの耐雷設計は、ますます重要になりつつある。

【０００４】

例えば、特許文献１～３には、耐雷機能を備えたブレードの各種の構成が開示されている。具体的に、特許文献１～３には、翼先端部に設けたレセプタ（受雷部）からシート状またはメッシュ状のダウンコンダクタを介して翼根に雷電流を導くように構成されたブレードが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００５】

【特許文献１】米国特許出願公開第２００８／１４５２２９号明細書

【特許文献２】米国特許第７８８３３２１号公報

【特許文献３】米国特許出願公開第２０１０／０３２９８６５号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

上記した特許文献１～３に示されるように、従来、風車ロータに設けられる耐雷システムは主としてブレードを着雷から保護するものが殆どであった。特に、ロータ直径が大きな風車では、ロータの回転に伴ってブレードの先端が風車のうち最も高所を通過するから、専らブレードへの耐雷対策が重視されてきた。

しかしながら、実際には、風車ロータの大径化が進んでブレードが長翼化すると、隣り合うブレードの先端間の距離は広くなるので、例えばブレードの先端にレセプタが設けられていても、このブレードのレセプタでは雷を捕捉できない可能性がある。また、風車ロータの停止位置（例えば、Ｙポジションやａｎｔｉ－Ｙポジション）によっては、ブレードの角度位置によってブレードのレセプタに着雷しない場合もある。このように、雷の方向は環境条件等によって様々であり、必ずしもブレードに着雷するとは限らない。

しかしながら、従来は、風車ロータのうちブレード以外の部分に着雷する可能性については殆ど考慮されていなかった。

【０００７】

本発明の少なくとも一実施形態は、上述の事情に鑑み、風車ロータのうちブレード以外の部位への着雷から風車ロータを保護することができる風車ロータ及び風車を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【０００８】

本発明の少なくとも一実施形態において、

風車のナセルに回転自在に支持される風車ロータは、

少なくとも２本のブレードと、

前記少なくとも２本のブレードが取り付けられるハブと、

前記ハブを覆うように設けられ、絶縁材により構成されるスピナーと、

前記ブレードの各々について設けられるブレード耐雷システムと、

前記スピナーに設けられ、レセプタを含むスピナー耐雷システムと、を備える風車ロータであって、

前記レセプタは、前記風車ロータの回転面に投影したときに、投影された前記レセプタの少なくとも一部が、前記少なくとも２本のブレードの翼根部を通る前記回転面上の仮想円のうち隣接する前記ブレードの翼根部間の円弧領域に対応した角度範囲に位置するように設けられ、

前記レセプタは、前記風車ロータの回転軸を含む平面に投影したときに、投影された前記レセプタの少なくとも一部が、前記回転軸の軸方向に関して前記ハブ側を前方とし前記ナセル側を後方としたとき、前記ブレードの翼根部よりも前方に位置するように設けられたことを特徴とする。

【０００９】

上記風車ロータは、ブレード耐雷システムとは別にスピナー耐雷システムを有し、スピナー耐雷システムとしてスピナーにレセプタを設けた構成としたので、ブレード耐雷システム等によって捕捉されなかった雷撃から風車ロータを保護することができる。すなわち、スピナー耐雷システムのレセプタは、風車ロータの回転面に投影したときに、投影されたレセプタの少なくとも一部が、少なくとも２本のブレードの翼根部を通る回転面上の仮想円のうち隣接するブレードの翼根部間の円弧領域に対応した角度範囲に位置するように設けられる。これにより、ブレード間を通過した雷をスピナー耐雷システムのレセプタによって捕捉することができる。また、スピナー耐雷システムのレセプタは、風車ロータの回転軸を含む平面に投影したときに、投影されたレセプタの少なくとも一部が、ブレードの翼根部よりも前方に位置するように設けられる。これにより、風車ロータの前方領域を通過する雷をスピナー耐雷システムのレセプタで捕捉することができる。さらに、スピナー耐雷システムによって、スピナー又はハブの内部に配置される電気機器を落雷から保護することができる。

【００１０】

幾つかの実施形態における風車ロータは、前記スピナーの内部に配置され、前記ハブに電気的に繋がっている導電性部材をさらに備え、前記レセプタは、前記ハブ及び前記導電性部材よりも前方において前記スピナーの外周面上に設けられた第１レセプタを含む。

上記実施形態によれば、第１レセプタは、ハブに電気的に繋がっている導電性部材よりも前方においてスピナーの外周面上に設けられているので、風車ロータの前方領域を通過する雷が導電性部材へ直撃することを阻止できる。これにより、ハブやハブに電気的に繋がっている導電性部材を含むスピナー内部の各種部品を雷撃から保護できる。また、スピナーの内部に配置される部品だけでなく、他の場所に設置される風車の各種部品（例えば、風車ロータのハブに連結された風車のメインシャフトの主軸受等）へのハブを介した雷電流の流入を阻止できる。

【００１１】

一実施形態において、前記第１レセプタは、前記回転軸を中心とする円形状、円環形状、又は円弧形状である。

これにより、風車ロータ前方の広範囲にわたる領域を通過する雷を第１レセプタによって捕捉可能となり、風車ロータの幅広い停止位置の範囲にて、第１レセプタによる耐雷機能を実現できる。

【００１２】

幾つかの実施形態における風車ロータは、前記スピナーの内部に配置され、前記ハブに電気的に繋がっている導電性部材をさらに備え、前記レセプタは、前記ハブ及び前記導電性部材の周りにおいて前記スピナーの外周面上に設けられた第２レセプタを含む。

上記実施形態によれば、第２レセプタは、ハブに電気的に繋がっている導電性部材の周りにおいてスピナーの外周面上に設けられているので、ハブの外周（側方）領域を通過する雷が導電性部材へ直撃することを阻止できる。これにより、ハブやハブに電気的に繋がっている導電性部材を含むスピナー内部の各種部品を雷撃から保護できる。また、スピナーの内部に配置される部品だけでなく、他の場所に設置される風車の各種部品（例えば、風車ロータのハブに連結された風車のメインシャフトの主軸受等）へのハブを介した雷電流の流入を阻止できる。

【００１３】
一実施形態において、複数の前記第２レセプタは、前記回転軸を中心とする周方向について離散的に設けられ、前記第２レセプタの各々は、前記風車ロータの回転面に投影したときに、投影された前記第２レセプタが、隣接する前記ブレードの翼根部間の角度に位置するように配置される。
上述したように、風車ロータのうちブレード近傍を通過する雷は、ブレード耐雷システムによって捕捉される可能性が高いが、隣接するブレードの翼根部間の角度範囲を通過する雷は、ブレード耐雷システムで捕捉されずにスピナーまで到達する可能性がある。そこで、上記実施形態のように、第２レセプタの投影位置が、隣接するブレードの翼根部間の角度に位置するように各第２レセプタを配置すれば、ブレード耐雷システムで捕捉されない雷を第２レセプタによって効果的に捕捉することが可能となる。また、各第２レセプタは、回転軸を中心とする周方向について離散的に設けられているので、第２レセプタの小型化によって風車ロータの軽量化を図ることができる。
【００１４】
また、一実施形態において、前記第２レセプタは、第１方向のサイズが前記第１方向に直交する第２方向のサイズよりも大きい形状を有し、前記第２レセプタは、前記第１方向が前後方向に沿うように前記スピナーの外周面上に設けられる。
これにより、第２レセプタの耐雷機能が及ぶハブの外周（側方）領域を前後方向に拡張することができる。よって、ハブ側方の広範囲にわたる領域を通過する雷を第２レセプタによって捕捉可能となり、風車ロータの耐雷性能をより一層向上させることができる。
【００１５】
幾つかの実施形態において、前記レセプタは、前記スピナーの外周面に露出するように前記スピナーに埋め込まれている。
このように、レセプタがスピナーに埋め込まれた構成とすることにより、スピナーからレセプタが大きく外方へ突出することを防止でき、レセプタに起因した空力損失を低減できる。
【００１６】
幾つかの実施形態において、前記スピナー耐雷システムは、互いに電気的に接続された複数の前記レセプタを含むレセプタセットと、前記風車ロータにおけるアース用電流経路に接続するための少なくとも一本の第１ケーブルと、を含む。
このように、複数のレセプタを電気的に接続することによって、アース用電流経路までの第１ケーブルを各々のレセプタに対して個別に設ける必要がなくなり、第１ケーブル及びその付帯機器を共通化できる。但し、第１ケーブルの本数は一本に限定されず、許容電流が比較的小さな許容電流のケーブルを使用可能としたり、耐雷システムの信頼性向上のためにケーブルを冗長化したりする目的で、第１ケーブルを複数設けてもよい。
なお、本明細書において「電気的に接続」するとは、接続対象である２つの物体間が導体によって連続的に接続される場合や、前記２つの物体間を雷電流が流れるときに絶縁が破られて放電可能な程度の微小ギャップが２つの物体間の経路上に存在する場合を含む。
【００１７】
一実施形態において、前記レセプタセットは、前記回転軸を中心とする周方向について連続した第１レセプタと、前記第１レセプタよりも後方において前記回転軸を中心とする周方向について離散的に設けられる複数の第２レセプタと、を含み、前記ブレード耐雷システムは、前記第２レセプタのそれぞれを前記アース用電流経路に接続するための複数本の前記第１ケーブルと、前記第１レセプタと前記第２レセプタの各々とを電気的に接続するための複数本の第２ケーブルと、を含む。
この実施形態では、複数の第２レセプタが周方向について離散的に設けられており、隣接する第２レセプタが直接的には電気的に繋がっていないが、第２ケーブル及び第１レセプタを介して複数の第２レセプタが相互に電気的に接続されている。また、相互に電気的に接続された複数の第２レセプタのそれぞれに対し、第１ケーブルが設けられている。そのため、何れか一つの第２レセプタに着雷した場合において、該第２レセプタからの雷電

流は、該第２レセプタのための第１ケーブルだけでなく、他の第２レセプタのための第１ケーブルにも流れ込み、雷電流が分散される。すなわち、各第２レセプタに対して複数本の第１ケーブルを設けるのではなく、何れか一つの第２レセプタへの着雷時、着雷対象ではない他の第２レセプタのための第１ケーブルを利用することで、各第１ケーブルを流れる最大雷電流を低減することができる。

【００１８】

幾つかの実施形態において、前記レセプタは、前記スピナーの内部に配置された導電性部材から電気的に隔絶されるように配置されている。

これにより、レセプタからの雷電流が導電性部材に流れ込むことを阻止し、スピナー内部に配置された導電性部材を雷撃から保護できる。

【００１９】

幾つかの実施形態において、前記レセプタは、反射防止用被覆層を含むステンレス材料で形成されている。

上記実施形態では、厳しい環境下においてもステンレス材料によってレセプタの耐腐食性を高く維持できるとともに、反射防止用被覆層によって太陽光の反射を抑制し、レセプタによる航空機への反射の影響を低減できる。

【００２０】

幾つかの実施形態において、前記レセプタは、少なくとも一部が耐腐食性被覆層によって覆われた銅材料で形成されている。

これにより、耐腐食性を有するとともに、導電性が高く耐雷性能に優れたレセプタを提供できる。

【００２１】

幾つかの実施形態において、前記スピナーは、非導電性の繊維強化プラスチックで形成されている

これにより、スピナー耐雷システムのレセプタへの着雷の可能性を向上させることができる。

【００２２】

幾つかの実施形態において、前記ハブは、鋳鋼で構成され、前記レセプタは、前記ハブから電気的に隔絶されている

これにより、レセプタからの雷電流がハブ又は導電性部材に流れ込むことを阻止し、ハブやハブに電気的に繋がっている導電性部材を含むスピナー内部の各種部品を雷撃から保護できる。

【００２３】

本発明の少なくとも一実施形態に係る風車は、

少なくとも２本のブレード及び該ブレードが取り付けられるハブを含む風車ロータと、

前記風車ロータを回転自在に支持するナセルと、

前記ハブを覆うように設けられ、絶縁材により構成されるスピナーと、

前記ブレードの各々について設けられるブレード耐雷システムと、

前記スピナーに設けられ、レセプタを含むスピナー耐雷システムと、を備える風車であって、

前記レセプタは、前記風車ロータの回転面に投影したときに、投影された前記レセプタの少なくとも一部が、前記少なくとも２本のブレードの翼根部を通る前記回転面上の仮想円のうち隣接する前記ブレードの翼根部間の円弧領域に対応した角度範囲に位置するように設けられ、

前記レセプタは、前記風車ロータの回転軸を含む平面に投影したときに、投影された前記レセプタの少なくとも一部が、前記回転軸の軸方向に関して前記ハブ側を前方とし前記ナセル側を後方としたとき、前記ブレードの翼根部よりも前方に位置するように設けられたことを特徴とする。

【００２４】

上記風車によれば、ブレード耐雷システムとは別にスピナー耐雷システムを有し、スピ

ナー耐雷システムとしてスピナーにレセプタを設けた構成としたので、ブレード耐雷システム等によって捕捉されなかった雷撃から風車ロータを保護することができる。すなわち、ブレード間を通過した雷や風車ロータの前方領域を通過する雷をスピナー耐雷システムのレセプタで捕捉することができる。さらに、スピナー耐雷システムによって、スピナー又はハブの内部に配置される電気機器を落雷から保護することができる。

【発明の効果】

【００２５】

本発明の少なくとも一実施形態によれば、ブレード耐雷システムとは別にスピナー耐雷システムを有し、スピナー耐雷システムとしてスピナーにレセプタを設けた構成としたので、ブレード耐雷システム等によって捕捉されなかった雷撃から風車ロータを保護することができる。また、スピナー耐雷システムによって、スピナー又はハブの内部に配置される電気機器を落雷から保護することができる。

【図面の簡単な説明】

【００２６】

【図１】一実施形態に係る風車の全体構成を示す概略図である。

【図２】一実施形態に係る風車ロータを示す斜視図である。

【図３】一実施形態におけるスピナーの分割構造の一例を示す斜視図である。

【図４】一実施形態におけるブレード耐雷システムを備えたブレードの構成例を示す平面図である。

【図５】一実施形態におけるアース用電流経路の構成例を示す側面図である。

【図６Ａ】一実施形態におけるスピナーレセプタの配置構成を示す正面図である。

【図６Ｂ】他の実施形態におけるスピナーレセプタの配置構成を示す正面図である。

【図６Ｃ】さらに他の実施形態におけるスピナーレセプタの配置構成を示す正面図である。

【図７】一実施形態におけるスピナー耐雷システムの全体構成を示す斜視図である。

【図８】一実施形態におけるスピナー耐雷システムの設置例を示す図で、図７のＧ－Ｇ線断面図である。

【図９】一実施形態における第２レセプタ及び各ケーブルの取り付け状態を示す斜視図である。

【図１０】一実施形態におけるケーブルの取り付け状態を示す斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【００２７】

以下、添付図面に従って本発明の実施形態について説明する。ただし、実施形態として以下に記載され、あるいは、実施形態として図面で示された構成部品の寸法、材質、形状、その相対的配置等は、本発明の範囲をこれに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。

【００２８】

図１及び図２を参照して、一実施形態に係る風車の全体構成について説明する。ここで、図１は一実施形態に係る風車の全体構成の概略を示す図であり、図２は一実施形態に係る風車ロータの構成例を示す斜視図である。なお、以下の実施形態では風車の一例として、発電機を有する風力発電装置について述べるが、本発明の実施形態に係る風車は、風力エネルギーを原動力に変換可能な構成を有していれば何れの装置にも適用できる。

【００２９】

図１に示すように、風車１は、風を受けて回転する風車ロータ２と、ハブ４に連結されるメインシャフト６と、メインシャフト６の回転エネルギーを用いて電力を生成する発電機７とを含む。なお、風車１は、メインシャフト６の回転エネルギーを発電機７に伝達するためのドライブトレイン（不図示）を含んでいてもよい。その場合、ドライブトレインとして、例えば油圧トランスミッションやギヤ式の増速機等を用いることができる。

また、メインシャフト６を含む種々の機器はナセル８に収納されている。ナセル８は、風車ロータ２を回転可能に支持している。

【００３０】
幾つかの実施形態に係る風車ロータ２は以下の構成を有する。
風車ロータ２は、少なくとも２本のブレード３と、これらのブレード３が取り付けられるハブ４と、ハブ４を覆うスピナー５とを含む。なお、本実施形態では、３枚のブレード３がハブ４に取り付けられた構成を例示するが、ブレード３は２枚であってもよいし、３枚を超える枚数であってもよい。
【００３１】
ブレード３は、翼先端部３ａ、翼根部３ｂ、及び、翼先端部３ａと翼根部３ｂの間に位置する翼型部３ｃを有する。また、ブレード３の少なくとも一部が、ＧＦＲＰ（ガラス繊維強化プラスチック）やＣＦＲＰ（炭素繊維強化プラスチック）等の繊維強化プラスチックで形成されていてもよい。
【００３２】
ハブ４は、ピッチベアリング（不図示）を介して翼根部３ｂが取り付けられる翼取付け部４ａを含む。通常、ハブ４は導電性材料で構成されており、例えば鋳鋼で構成される。
ハブ４の周囲には各種の導電性部材が配置されている。図２に示すように、導電性部材の構成例として、ハブ４にスピナー５を支持させるための支持構造体８０が挙げられる。支持構造体８０は、鋼材等のように導電性を有する材料で形成され、ハブ４に取り付けられている。すなわちハブ４と電気的に接続された関係となっている。よって、この支持構造体８０に雷電流が流れた場合、ハブ４を介してメインシャフト６に雷電流が流入し、メインシャフト６を支持するための主軸受を損傷させてしまうおそれがある。そのため、ハブ４に電気的に接続された導電性部材は、後述するスピナーレセプタとは電気的に隔絶された位置関係となっている。その他、導電性部材として、例えば、作業用足場、配管、冷却装置等が挙げられる。なお、本明細書において、「電気的に隔絶」とは、対象となる２つの部材（例えば、スピナーレセプタと支持構造体８０）の間が絶縁に足る十分な距離を有する場合も含むし、２部材の間に絶縁体を介在させた場合も含む。
【００３３】
スピナー５は、ハブ４を覆うように設けられ、ブレード３及びハブ４と共に回転するようになっている。このスピナー５は絶縁材により構成される。具体的に、スピナー５は、非導電性の繊維強化プラスチックで形成されてもよく、例えばＧＦＲＰ（ガラス繊維強化プラスチック）で形成される。さらに、図３に示すように、スピナー５は、分割線５２，５３によって複数のセクション５４，５５に分割された構成であってもよい。具体的構成として、スピナー５は、風車ロータ２の回転軸Ｏに略直交する面内に位置する前方分割線５２によって前方セクション５４と側方セクション５５に分割されている。さらに、側方セクション５５は、風車ロータ２の前後方向に延在する側方分割線５３によって複数に分割されている。すなわち、側方分割線５３は、回転軸Ｏを中心とした周方向に略等間隔で位置し、複数の側方セクション５５，５５，…を画成している。なお、風車ロータ２の前後方向とは、回転軸Ｏの方向に対してハブ４側を前方とし、メインシャフト６（ナセル８）側を後方とした方向をいう。但し、風車ロータ２の前後方向は、必ずしも回転軸Ｏに平行な方向でなくともよい。例えば、スピナー５の側方分割線５３は風車ロータ２の前後方向に延在した構成となっているが、側方分割線５３はスピナー５の外面に沿って湾曲している。また、複数の側方セクション５５，５５，…のうち少なくとも一つの側方セクション５５は、少なくとも一部が外方に突出した凸部５６を有していてもよい。この場合、凸部５６に起因した空力損失を抑制する目的で、凸部５６は滑らかに湾曲した空力的な形状であることが好ましい。凸部５６の内部の空間、すなわち凸部５６とハブ４との間の空間は、例えばメンテナンス等を目的とした作業用スペースとして用いることができる。
【００３４】
また、風車ロータ２は、ブレード３の各々について設けられるブレード耐雷システム１０と、スピナー４に設けられるスピナー耐雷システム２０とをさらに含む。
【００３５】
図４にブレード耐雷システムを備えたブレードの構成例を示す。

一実施形態において、ブレード耐雷システム１０は、ブレード３の翼先端部３ａに設けられたブレードレセプタ１１と、ブレードレセプタ１１に電気的に接続される金属箔１２と、金属箔１２に電気的に接続される電流伝達部としてのディスチャージリング１３とを含む。なお、本明細書において「電気的に接続」とは、対象となる２つの物体間が導体によって連続的に接続される場合や、前記２つの物体間を雷電流が流れるときに絶縁が破られて放電可能な程度の微小ギャップが２つの物体間の経路上に存在する場合を含む。

【００３６】

ブレードレセプタ１１は、導電性を有する部材で形成される。一構成例におけるブレードレセプタ１１は、主として銅又は銅合金を含む材料で形成され、外面が耐食性被覆層で覆われた構成を有する。この耐食性被覆層は、主材料に耐食性塗料を塗布することによって形成されてもよいし、主材料に耐食性フィルムを貼着することによって形成されてもよい。他の構成例におけるブレードレセプタ１１は、主としてステンレスを含む材料で形成され、外面が反射防止用被覆層で覆われた構成を有する。この反射防止用被覆層は、耐食性を有していてもよい。もちろん、反射防止用被覆層で覆われていないステンレス材料によってブレードレセプタ１１を構成してもよい。また、ブレードレセプタ１１は、翼先端部３ａの少なくとも一部を構成するように、ブレード３の翼先端部３ａに埋設されたソリッドレセプタであってもよい。

【００３７】

金属箔１２は、ブレードレセプタ１１からの雷電流をナセル８側のアース用電流経路１７へ伝達するように構成され、ブレード２の翼先端部３ａ側から翼根部３ｂ側へ向けて雷電流を流すためのブレード２のダウンコンダクタとしての機能を有する。一構成例において、金属箔１２は、一端側がブレードレセプタ１１に電気的に接続され、他端側がディスチャージリング１３に電気的に接続されており、翼長方向（翼軸線方向）に沿ってブレード２の翼型部３ｃに延在するように設けられている。金属箔１２としては、例えば銅箔が用いられる。金属箔１２の他の構成例として、メッシュ状の金属シート、例えば銅メッシュシートを用いてもよい。より具体的に、金属箔１２は、ブレード２のスパーキャップを保護する目的で、スパーキャップの外面を覆うように設けられてもよい。すなわち、ブレード２は、翼型部３ｃを形成するための外皮材と、外皮材の腹側及び背側の間に配置されるとともに翼長方向に延在するシアウェブ（桁材）と、シアウェブと外皮材の間に配置されるとともに翼長方向に延在するスパーキャップ（主強度材）とを含む。そして、スパーキャップが例えばＣＦＲＰ（炭素繊維強化プラスチック）で構成される場合、金属箔１２はスパーキャップを覆う位置に設けられ、金属箔１２とスパーキャップとの間は絶縁される。さらに、スパーキャップが、ブレード２の腹側及び背側において、それぞれ、ブレード２の前縁側と後縁側に１本ずつ設けられる場合、図４に示すように、金属箔１２も前縁側と後縁側に１つずつ設けられ、よってブレード２の腹側及び背側にそれぞれ金属箔１２が２つずつ（計４つ）設けられる。

【００３８】

ディスチャージリング１３は、ブレード３の翼根部３ｂに設けられ、ブレードレセプタ１１からの雷電流をナセル８側のアース用電流経路１７に伝達するための電流伝達部として機能する。一構成例において、ディスチャージリング１３は、金属箔１２の一端側に電気的に接続されているとともに、ナセル８側のアース用電流経路１７にも電気的に接続されている。ここで、ブレード３はハブ４に対してピッチ方向に回転する構成となっており、また、風車ロータ２はナセル８に対して回転軸Ｏを中心として回転する構成となっている。そのため、相対的に回転する関係にある２部材間（例えばブレードとナセルとの間）の電気的接続を常時維持するための構成が必要となる。その構成の一例について、図５を参照して以下に説明する。

【００３９】

図５は一実施形態におけるアース用電流経路の構成例を示す側面図である。

上記ディスチャージリング１３には、第１導体１４が取り付けられている。第１導体１４は、ディスチャージリング１３から外方に突出するように設けられており、ディスチャ

ージリング１３と共にピッチ方向に回転するようになっている。メインシャフト６（又はハブ４）には、絶縁体１５ａを介して第２導体１５が取り付けられている。第１導体１４は、第２導体１５に対して摺動可能に当接した状態に配置されており、ブレード３におけるピッチ方向の可動範囲内において、第１導体１４と第２導体１５との当接状態が常に維持されるようになっている。第２導体１５にはナセル８側に突出した放電部１６が取り付けられている。一方、ナセル８には受電部１８が設けられている。受電部１８は、雷電流が放電可能な程度のギャップを介して、放電部１６と対向して配置されている。さらに受電部１８は、風車ロータ２が回転した時の放電部１６の軌跡に対応して設けられている。

そして、ブレードレセプタ１１（図４参照）からの雷電流は、金属箔１２を通ってディスチャージリング１３に流入し、ディスチャージリング１３から第１導体１４、第２導体１５を通って放電部１６に流れる。この際、ブレード２がピッチ方向に回転した場合であっても、第１導体と第２導体は常に接触した状態であるため、ブレード２側の機器とハブ４側の機器の電気的な接続を維持できる。また、放電部１６へ流入した電流は、放電部１６から放電して受電部１８に伝達された後、ダウンコンダクタ１９を通って地中又は水中へアースされる。この際、風車ロータ２の回転に関わらず、放電部１６と受電部１８との間は常に一定のギャップが維持されるため、風車ロータ２側の機器とナセル８側の機器の電気的な接続を維持できる。

【００４０】

次に、スピナー耐雷システム２０について、詳細に説明する。

【００４１】

幾つかの実施形態において、スピナー耐雷システム２０は、スピナーレセプタ（第１レセプタ２１，第２レセプタ２２を含む）と、ケーブル２４，２５とを含む。

スピナーレセプタは、ハブ４から電気的に隔離されて配置される。これにより、スピナーレセプタからの雷電流がハブ４又は導電性部材に流れ込むことを阻止し、ハブ４やハブ４に電気的に繋がっている導電性部材を含むスピナー５内部の各種部品を雷撃から保護できる。また、スピナー耐雷システム２０は、複数のスピナーレセプタを有するレセプタセットを含んでいてもよい。

また、スピナーレセプタは、スピナー５における異なる場所に設置された複数のスピナーレセプタ、すなわち、少なくとも一つの第１レセプタ２１及び少なくとも一つの第２レセプタ２２を含んでいてもよい。これにより、ハブ周囲の広範囲にわたる領域を通過する雷をスピナーレセプタによって捕捉可能となり、風車ロータ２の耐雷性能をより一層向上させることができる。

【００４２】

図２に示すように、スピナーレセプタ（第１レセプタ２１，第２レセプタ２２を含む）は、風車ロータ２の回転軸Ｏを含む平面Ｍに投影したときに、投影された第１レセプタ２１，第２レセプタ２２の少なくとも一部が、ブレード３の翼根部３ｂよりも前方に位置するように設けられる。すなわち、ブレード３の翼根部３ｂのうち最も前方に位置する点Ａを平面Ｍへ投影した点よりも、第１レセプタ２１，第２レセプタ２２を平面Ｍへ投影した点の方が、風車ロータ２の前後方向において前方に位置するように、第１レセプタ２１，第２レセプタ２２が設けられている。より具体的には、ブレード３の翼根部３ｂのうち最も前方に位置する点Ａから回転軸Ｏに下ろした垂線と、該回転軸Ｏとが交わる点を交点Ｂとし、第１レセプタ２１，第２レセプタ２２から回転軸Ｏに下ろした垂線と、該回転軸Ｏとが交わる点を交点R_1，R_2とする。その場合、第１レセプタ２１，第２レセプタ２２の交点R_1，R_2が、翼根部３ｂの前端の交点Ｂよりも前方に位置するように、第１レセプタ２１，第２レセプタ２２が設けられる。但し、図２では第１レセプタ２１，第２レセプタ２２の全てがブレード３の翼根部３ｂよりも前方に位置する場合を例示したが、第１レセプタ２１，第２レセプタ２２の少なくとも一部が翼根部３ｂよりも前方に位置すればよい。また、複数のスピナーレセプタが設けられる場合、少なくとも一つのスピナーレセプタが翼根部３ｂよりも前方に位置すればよく、他のスピナーレセプタは翼根部３ｂの前端よりも後方に設けられてもよい。

【００４３】
上記構成に加えて、図６Ａに示すように、スピナーレセプタ（第１レセプタ２１，第２レセプタ２２）は、風車ロータ２の回転面Ｎに投影したときに、投影された第１レセプタ２１，第２レセプタ２２の少なくとも一部が、少なくとも２本のブレード３の翼根部３ｂを通る回転面Ｎ上の仮想円Ｖのうち隣接するブレード３，３の翼根部３ｂ，３ｂ間の円弧領域Ｄに対応した角度範囲αに位置するように設けられる。なお、仮想円Ｖは、風車ロータ２の回転軸Ｏを中心とし、少なくとも２本のブレード３の翼根部３ｂを通る円である。より具体的には、風車ロータ２の回転面Ｎにおいて、ブレード３の翼根部３ｂのうち隣接するブレード３に最も近い点と、風車ロータ２の回転軸Ｏとをそれぞれ結んだ線Ｅ，Ｆで形成される角度を角度範囲αとする。その場合、第１レセプタ２１，第２レセプタ２２の少なくとも一部が角度範囲αに位置するように、第１レセプタ２１，第２レセプタ２２が設けられる。但し、第２レセプタ２２については、図６Ａではレセプタ全体が角度範囲αに位置する場合を例示したが、スピナーレセプタ２２ａのようにレセプタの一部のみが角度範囲αに位置するように設けてもよい。また、第１レセプタ２１については、レセプタの一部が角度範囲αに位置する場合を例示したが、レセプタ全体が角度範囲αに位置するように設けてもよい。さらに、複数のスピナーレセプタが設けられる場合、少なくとも一つのスピナーレセプタの少なくとも一部が角度範囲αに位置すればよく、他のスピナーレセプタは角度範囲αから外れる位置に設けられてもよい。

【００４４】
上述の実施形態によれば、ブレード耐雷システム１０とは別にスピナー耐雷システム２０を有し、スピナー耐雷システム２０としてスピナーレセプタ（第１レセプタ２１，第２レセプタ２２を含む）を設けた構成としたので、ブレード耐雷システム１０等によって捕捉されなかった雷撃から風車ロータ２を保護することができる。すなわち、スピナーレセプタは、風車ロータ２の回転面Ｎに投影したときに、投影されたスピナーレセプタの少なくとも一部が、隣接するブレード３の翼根部３ｂ間の角度範囲αに位置するように設けられる。これにより、ブレード３間を通過した雷をスピナーレセプタによって捕捉することができる。また、スピナーレセプタは、風車ロータ２の回転軸Ｏを含む平面Ｍに投影したときに、投影されたスピナーレセプタの少なくとも一部が、ブレード３の翼根部３ｂよりも前方に位置するように設けられる。これにより、風車ロータ２の前方領域を通過する雷をスピナーレセプタで捕捉することができる。さらに、スピナー耐雷システム２０によって、スピナー５又はハブ４の内部に配置される電気機器を落雷から保護することができる。

【００４５】
さらに、スピナーレセプタ（第１レセプタ２１，第２レセプタ２２を含む）は、以下の構成を備えていてもよい。

【００４６】
図２及び図６Ａに示すように、スピナーレセプタは、ハブ４、及び、スピナー５の内部に配置されてハブ４に電気的に繋がっている導電性部材（例えば支持構造体８０）よりも前方領域７０において、スピナー５の外周面上に設けられた第１レセプタ２１を含む。図２では、ハブ４に電気的に繋がっている導電性部材として支持構造体８０を例示している。ハブ４及び支持構造体８０のうち最も前方に位置する点から回転軸Ｏに下ろした垂線と、該回転軸Ｏとが交わる点を交点Ｃとする。その場合、第１レセプタ２１は、交点Ｃよりも前方に設けられている。なお、ハブ４及び該ハブ４に電気的に繋がっている導電性部材のうち最も前方に位置するのがハブ４である場合、第１レセプタ２１はハブ４の最前端よりも前方に位置するように設けられる。

このように、第１レセプタ２１は、ハブ４に電気的に繋がっている導電性部材よりも前方においてスピナー５の外周面上に設けられているので、風車ロータ２の前方領域７０を通過する雷が導電性部材へ直撃することを阻止できる。これにより、ハブ４や該ハブ４に電気的に繋がっている導電性部材を含むスピナー５内部の各種部品を雷撃から保護できる。また、スピナー５の内部に配置される部品だけでなく、他の場所に設置される風車１の

各種部品（例えば、風車ロータ２のハブ４に連結された風車１のメインシャフト６の主軸受等）へのハブ４を介した雷電流の流入を阻止できる。

【００４７】

図２及び図６Ａに示すように、スピナーレセプタは、ハブ４、及び、スピナー５の内部に配置されてハブ４に電気的に繋がっている導電性部材（例えば支持構造体８０）の周りの側方領域７２において、スピナー５の外周面上に設けられた第２レセプタ２２を含む。第２スピナー２２は、第１スピナー２１よりも後方に設けられる。すなわち、第２スピナー２２の回転軸Ｏ方向の中心点が、第１スピナー２１の回転軸Ｏ方向の中心点よりも後方に位置するように、各スピナー２１，２２が設けられる。一構成例として、図２に示す第２レセプタ２２は、交点Ｃよりも後方で且つ交点Ｂよりも前方に配置されている。なお、ハブ４及び該ハブ４に電気的に繋がっている導電性部材のうち最も前方に位置するのがハブ４である場合、第２レセプタ２２はハブ４の最前端よりも後方に位置するように設けられている。

第２レセプタ２２は、ハブ４に電気的に繋がっている導電性部材の周りにおいてスピナー５の外周面上に設けられているので、ハブ４の外周（側方）領域を通過する雷が導電性部材へ直撃することを阻止できる。これにより、ハブ４やハブ４に電気的に繋がっている導電性部材を含むスピナー５内部の各種部品を雷撃から保護できる。また、スピナー５の内部に配置される部品だけでなく、他の場所に設置される風車１の各種部品（例えば、風車ロータ２のハブ４に連結された風車１のメインシャフト６の主軸受等）へのハブ４を介した雷電流の流入を阻止できる。

【００４８】

図６Ａに示す構成例では、第１レセプタ２１は、回転軸Ｏを中心とする円環形状となっている。第２レセプタ２２は複数設けられている。そして、複数の第２レセプタ２２は、回転軸Ｏを中心とする周方向について離散的に３つ設けられている。さらに、複数の第２レセプタ２２の各々は、風車ロータ２の回転面Ｎに投影したときに、投影された第２レセプタ２２が、隣接するブレード３の翼根部３ｂ間の角度範囲αに位置するように配置される。ここで、風車ロータ２のうちブレード３近傍を通過する雷は、ブレード耐雷システム１０によって捕捉される可能性が高いが、隣接するブレード３の翼根部３ｂ間の角度範囲αを通過する雷は、ブレード耐雷システム１０で捕捉されずにスピナー５まで到達する可能性がある。そこで、上記構成例のように、第２レセプタ２２の投影位置が、隣接するブレード３の翼根部３ｂ間の角度範囲αに位置するように各第２レセプタ２２を配置すれば、ブレード耐雷システム１０で捕捉されない雷を第２レセプタ２２によって効果的に捕捉することが可能となる。また、各第２レセプタ２２は、回転軸Ｏを中心とする周方向について離散的に設けられているので、第２レセプタ２２の小型化によって風車ロータ２の軽量化を図ることができる。さらに、スピナー５が湾曲形状を有しており、隣り合う２つのブレード貫通穴５１，５１の間に凸部５６が設けられている場合、凸部５６の前方の傾斜に沿うように第２レセプタ２２を取り付けてもよい。このように、第２レセプタ２２を凸部５６の前方の傾斜に取り付けることで、スピナー５の湾曲形状に合わせて第２レセプタ２２を大きく湾曲させる必要がなくなり、平板状の第２レセプタ２２を用いることもできる。

【００４９】

図６Ｂに示す構成例では、第１レセプタ２１は、回転軸Ｏを中心とする円環形状であり、第２レセプタ２２も同様に回転軸Ｏを中心とする円環形状であり、第１レセプタ２１及び第２レセプタ２２が、同心二重円環を構成している。なお、第１レセプタ２１は、回転軸Ｏを中心とした円弧形状であってもよい。これにより、風車ロータ２の前方の広範囲にわたる領域を通過する雷を第１レセプタ２１によって捕捉可能となり、風車ロータ２の幅広い停止位置の範囲にて、第１レセプタ２１による耐雷機能を実現できる。

【００５０】

図６Ｃに示す構成例では、第１レセプタ２１’は、回転軸Ｏを中心とする円形状（円盤形状）となっている。第２レセプタ２２”は、回転軸Ｏを中心とする周方向について離散

的に６つ設けられている。第２レセプタ２２”の配置構成としては、隣り合う翼根部３ｂの間にそれぞれ３つの第２レセプタ２２”が設けられるとともに、各翼根部３ｂに近接した位置にそれぞれ３つの第２レセプタ２２”が設けられている。

このように、第１レセプタ２１，２１’及び第２レセプタ２２，２２’，２２”の配置構成について、上述した条件を満たしていれば、その形状や数、位置については特に限定されない。

【００５１】

一実施形態において、スピナーレセプタは、スピナー５の外周面に露出するようにスピナー５に埋め込まれている。また、スピナーレセプタの外周面と、スピナー５の外周面との段差を小さくし、スピナーレセプタの外周面及びスピナー５の外周面の間が滑らかに連続するように構成されてもよい。

このように、スピナーレセプタがスピナー５に埋め込まれた構成とすることにより、スピナー５からスピナーレセプタが大きく外方へ突出することを防止でき、スピナーレセプタに起因した空力損失を低減できる。

【００５２】

また、一実施形態において、スピナーレセプタは、スピナー５の内部に配置された導電性部材（例えば支持構造体８０）から電気的に隔絶されるように配置されている。これは、上述したように、スピナーレセプタと導電性部材とを離間して配置し、これらの間が絶縁に足る十分な距離を有するようにしてもよいし、スピナーレセプタと導電性部材との間に絶縁体を介在させてもよい。

これにより、スピナーレセプタからの雷電流が導電性部材に流れ込むことを阻止し、スピナー５の内部に配置された導電性部材を雷撃から保護できる。

【００５３】

さらに、一実施形態において、スピナーレセプタは、反射防止用被覆層を含むステンレス材料で形成されている。

これにより、厳しい環境下においてもステンレス材料によってスピナーレセプタの耐腐食性を高く維持できるとともに、反射防止用被覆層によって太陽光の反射を抑制し、スピナーレセプタによる航空機への反射の影響を低減できる。反射防止用被覆層としては、例えばつや消し等が用いられる。この反射防止用被覆層は、更に耐腐食性を有していてもよい。

【００５４】

さらにまた、他の実施形態において、スピナーレセプタは、少なくとも一部が耐腐食性被覆層によって覆われた銅材料で形成されている。

これにより、耐腐食性を有するとともに、導電性が高く耐雷性能に優れたスピナーレセプタを提供できる。

【００５５】

次に、図７及び図８を参照して、上記スピナーレセプタ（第１レセプタ２１，第２レセプタ２２を含む）を含むレセプタセットと、アース用電流経路１７とを電気的に接続するための構成について詳細に説明する。なお、図７は一実施形態におけるスピナー耐雷システムの全体構成を示す斜視図で、図８は一実施形態におけるスピナー耐雷システムの設置例を示す図で、図７のＧ－Ｇ線断面図である。

【００５６】

幾つかの実施形態におけるスピナー耐雷システム２０は、互いに電気的に接続された複数のスピナーレセプタ（第１レセプタ２１，第２レセプタ２２を含む）を含むレセプタセットと、風車ロータ２におけるアース用電流経路１７にレセプタセットを接続するための少なくとも一本の第１ケーブル２４とを有する。一構成例として、図７及び図８に示すスピナー耐雷システム２０は、１つの円環状の第１レセプタ２１と、３つの矩形状の第２レセプタ２２と、各第２レセプタ２２とディスチャージリング１３とを電気的に接続するための３本の第１ケーブル２４と、各第２レセプタ２２と第１レセプタ２１とを電気的に接続するための３本の第２ケーブル２５とを含んでいる。第１ケーブル２４及び第２ケーブ

ル２５は、ハブ４又はハブ４に電気的に接続される導電性部材（例えば支持構造体８０（図２参照））から離間して配置されてもよい。これにより、スピナー５の内部に配置された導電性部材を雷撃から保護できる。特に、第２ケーブル２５を導電性部材から十分に離して配置すれば、第２ケーブル２５から導電性部材への短絡を防止できる。そして、第１レセプタ２１及び第２レセプタ２２を含むレセプタセットは、ディスチャージリング１３を介してアース用電流経路１７に接続された構成となっている。

【００５７】

このように、複数のスピナーレセプタを電気的に接続することによって、アース用電流経路１７までの第１ケーブル２４を各々のスピナーレセプタに対して個別に設ける必要がなくなり、第１ケーブル２４及びその付帯機器を共通化できる。但し、第１ケーブル２４の本数は一本に限定されず、容電流が比較的小さな許容電流のケーブルを使用可能としたり、スピナー耐雷システム２０の信頼性向上のためにケーブルを冗長化したりする目的で、第１ケーブル２４を複数設けてもよい。

また、スピナー耐雷システム２０のスピナーレセプタは、ブレード耐雷システム１０のディスチャージリング（電流伝達部）１３に第１ケーブル２４及び第２ケーブル２５で接続された構成となっている。これにより、ブレード耐雷システム１０のディスチャージリング１３を介して、スピナーレセプタからの雷電流をナセル８側のアース用電流経路１７に逃がすことができる。よって、スピナーレセプタへの着雷時、雷電流による損傷の防止が必要とされる各種機器を保護することができる。

【００５８】

さらに、ブレード耐雷システム１０のディスチャージリング１３を介して、ブレードレセプタ１１とスピナーレセプタの両方をナセル８側のアース用電流経路１７に接続しているため、雷電流を逃がすためのナセル８側におけるアース用電流経路１７をブレード耐雷システム１０およびスピナー耐雷システム２０とで共用できる。よって、風車ロータ２における耐雷システムの装置構成を簡素化することができ、また部品点数を低減できることから風車ロータ２の軽量化も図れる。

さらにまた、複数のスピナーレセプタのうち２個以上のレセプタを複数本の第１ケーブル２４によってそれぞれディスチャージリング１３に接続するとともに、第１レセプタ２１及び第２レセプタ２２を互いに第２ケーブル２５によって電気的に接続することで、スピナーレセプタからディスチャージリング１３までの間において雷電流を複数本の第１ケーブル２４に分散して流すことができる。また、複数のスピナーレセプタを互いに第２ケーブル２５によって電気的に接続したので、２個以上のスピナーレセプタの各々に対して１本の第１ケーブル２４を設ければ足り、各スピナーレセプタを個々にディスチャージリング１３に接続する場合に比べて第１ケーブル２４の本数を削減できる。

【００５９】

一実施形態では、図７に示すように第１レセプタ２１は、回転軸Ｏを中心とする周方向について連続した形状を有しており、第２レセプタ２２は、第１レセプタ２１よりも後方において回転軸Ｏを中心とする周方向について離散的に３つ設けられている。これら３つの第２レセプタ２２は、それぞれ、第１ケーブル２４によってディスチャージリング１３に電気的に接続されている。よって、ディスチャージリング１３を介して、第２レセプタ２２はナセル８側のアース用電流経路１７に電気的に接続されることとなる。また、３つの第２レセプタ２２は、第２ケーブル２５によって第１レセプタ２１に電気的に接続されている。そのため、第１レセプタ２１を中心として３つの第２レセプタ２２が第２ケーブル２５によって略放射状に接続された状態となっている。ここで、各第２レセプタ２２は、第１ケーブル２４によって、風車ロータ２におけるース用電流経路１７に接続されているので、いずれかのレセプタ２１，２２が着雷した場合、雷電流は３本の第１ケーブル２４に分散して流れることになる。そのため、第１ケーブル２４に流れる最大電流を抑えることができ、第１ケーブル２４が１本の場合に比べて許容電流値の低いケーブルを使用することも可能となる。

【００６０】

このように、相互に電気的に接続された複数の第２レセプタ２２のそれぞれに対し、第１ケーブル２４が設けられているので、何れか一つの第２レセプタ２２に着雷した場合において、該第２レセプタ２２からの雷電流は、該第２レセプタ２２のための第１ケーブル２４だけでなく、他の第２レセプタ２２のための第１ケーブル２４にも流れ込み、雷電流が分散される。すなわち、各第２レセプタ２２に対して複数本の第１ケーブル２４を設けるのではなく、何れか一つの第２レセプタ２２への着雷時、着雷対象ではない他の第２レセプタ２２のための第１ケーブル２４を利用することで、各第１ケーブル２４を流れる最大雷電流を低減することができる。

【００６１】

また、図３で既に説明したように風車ロータ２のスピナー５が分割構造を有する場合、図８に示すように、第１ケーブル２４の少なくとも一部又は第２ケーブル２５の少なくとも一部が、各セクション５４，５５同士を接合するための接合部に沿って延在するように各ケーブル２４，２５を配設してもよい。一構成例において、スピナー５の前方セクション５４及び複数の側方セクション５５は、それぞれ、他のセクションと接合する側の端縁にフランジ５７，５８を有している。そして、隣り合う２つのセクションのフランジ５７，５８がボルト６０，６２によって互いに接合されるようになっている。こうして形成されたスピナー５において、前方セクション５４と複数の側方セクション５５とを接合するためのフランジ５８が、回転軸Ｏに対して垂直な面上に存在し、２つの側方セクション５５を接合するためのフランジ５７が風車ロータ２の前後方向に沿って存在している。そこで、このフランジ５７，５８に沿って、第１ケーブル２４の少なくとも一部又は第２ケーブル２５の少なくとも一部を配設する。例えば図８では、第１レセプタ２１と第２レセプタ２２とを接続するための第２ケーブル２５の一部をフランジ５８に沿って配設している。また、第２レセプタ２２とディスチャージリング１３とを接続するための第１ケーブル２４の一部をフランジ５７に沿って配設している。

【００６２】

また、図９及び図１０に示すように、スピナー５の各セクション５４，５５同士を接続するためのボルト６０を用いて、第１ケーブル２４又は第２ケーブル２５の少なくとも一方をスピナー５に固定してもよい。

【００６３】

図９は一実施形態における第２レセプタ及び各ケーブルの取り付け状態を示す斜視図である。

一実施形態において、図９に示す第２レセプタ２２は、複数のボルト６０によって、スピナー５のフランジ５７（図８参照）に取り付けられるようになっている。このとき、少なくとも一つのボルト６０によって、第２レセプタ２２と共に固定ジグ６４がフランジ５７に取り付けられる。この固定ジグ６４は、導体で形成されており、第１ケーブル２４又は第２ケーブル２５を固定するための構成を有している。ここで、第１ケーブル２４は、ケーブル導体２４ａを絶縁被覆層２４ｂで被覆した構成を有する。この第１ケーブル２４の端部においてケーブル導体２４ａを露出させ、ケーブル導体２４ａを固定ジグ６４に当接させた状態でボルト６０によって第１ケーブル２４を固定ジグ６４に固定する。これにより、第１ケーブル２４と第２レセプタ２２とは固定ジグ６４を介して電気的に接続された状態となる。同様に、第２ケーブル２５は、ケーブル導体２５ａを絶縁被覆層２５ｂで被覆した構成を有する。この第２ケーブル２５の端部において露出させたケーブル導体２５ａを固定ジグ６４に当接させた状態で、ボルト６０によって第２ケーブル２５を固定ジグ６４に固定する。これにより、第２ケーブル２５と第２レセプタ２２とは固定ジグ６４を介して電気的に接続された状態となる。

【００６４】

また、一実施形態において、図９に示す第２レセプタ２２は、第１方向のサイズ$Ｌ_1$が前記第１方向に直交する第２方向のサイズ$Ｌ_2$よりも大きい形状を有している。そして、第２レセプタ２２は、第１方向が前後方向に沿うようにスピナー５の外周面上に設けられる。

これにより、第２レセプタ２２の耐雷機能が及ぶハブ４の外周（側方）領域を前後方向に拡張することができる。よって、ハブ４の側方領域７２（図２参照）の広範囲にわたる領域を通過する雷を第２レセプタ２２によって捕捉可能となり、風車ロータ２の耐雷性能をより一層向上させることができる。

【００６５】

図１０は一実施形態におけるケーブルの取り付け状態を示す斜視図である。

同図に示すように、一実施形態において、スピナー５のフランジ５７を接合するためのボルト６０によって、固定ジグ６６がスピナー５に取り付けられる。この固定ジグ６６は、第１ケーブル２４又は第２ケーブル２５を固定するように構成されている。図９に示す例とは異なり、この固定ジグ６６と第１ケーブル２４又は第２ケーブル２５とは電気的な接続を有しない。すなわち、固定ジグ６６は、第１ケーブル２４の絶縁被覆層２４ａ又は第２ケーブル２５の絶縁被覆層２５ａの上から第１ケーブル２４又は第２ケーブル２５を固定するようになっている。

【００６６】

通常、スピナー５を分割構造とする場合、接合強度を確保するために、各セクション５４，５５の接合部（例えばフランジ５７，５８）は他の部位よりも高剛性に形成されることが多い。そのため、第１ケーブル２４の少なくとも一部又は第２ケーブル２５の少なくとも一部を接合部に沿って延在させることによって、これらのケーブル２４，２５をスピナー５に固定するためのボルト等の固定部材を取り付けてもスピナー５の強度低下を防止できる。また、図８に示すように接合部がフランジ５７，５８である場合、フランジ５７，５８の壁面（スピナー５の内壁面から立設された壁）にケーブル２４，２５を固定すれば、スピナー本体５０を貫通する孔をあけずにボルト６０，６２にて固定できる。また、固定ジグ６４，６４を用いれば、スピナー５の各セクション５４，５５同士を接続するためのボルト６０，６２を利用して第１ケーブル２４又は第２ケーブル２５をスピナー５に固定することもできる。

【００６７】

以上説明したように、上述の実施形態によれば、ブレード耐雷システム１０とは別にスピナー耐雷システム２０を有し、スピナー耐雷システム２０としてスピナー５にスピナーレセプタ（第１レセプタ２１，第２レセプタ２２を含む）を設けた構成としたので、ブレード耐雷システム１０等によって捕捉されなかった雷撃から風車ロータ２を保護することができる。また、スピナー耐雷システム２０によって、スピナー５又はハブ４の内部に配置される電気機器を落雷から保護することができる。

【００６８】

以上、本発明の実施形態について詳細に説明したが、本発明はこれに限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、各種の改良や変形を行ってもよいのはいうまでもない。

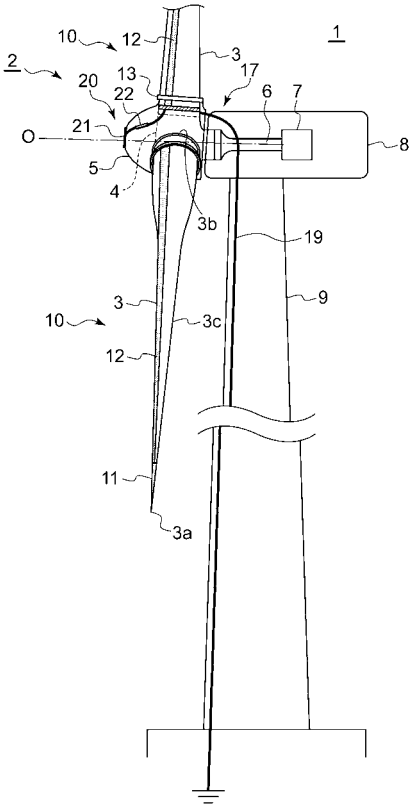
【符号の説明】

【００６９】

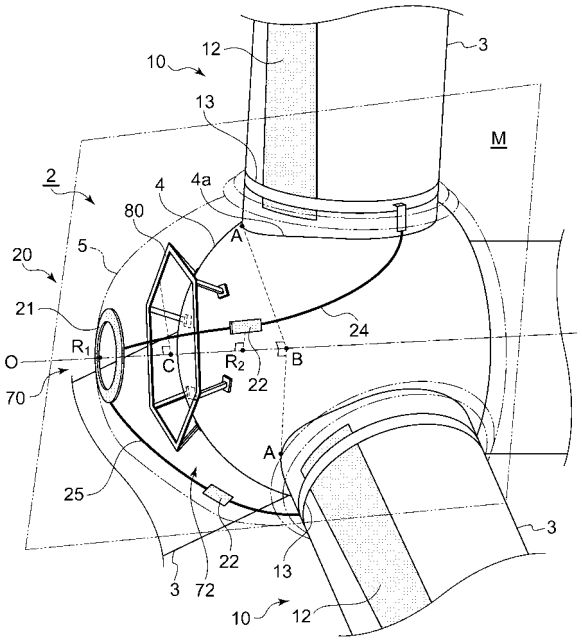
１	風車
２	風車ロータ
３	ブレード
４	ハブ
５	スピナー
６	メインシャフト
７	発電機
８	ナセル
９	タワー
１０	ブレード耐雷システム
１１	ブレードレセプタ
１２	金属箔

１３　電流伝達部（ディスチャージリング）
１４　第１導体
１５　第２導体
１６　放電部
１７　アース用電流経路
１８　受電部
１９　ダウンコンダクタ
２０　スピナー耐雷システム
２１，２１’　第１レセプタ
２２，２２’，２２”，２２ａ　第２レセプタ
２４　第１ケーブル
２５　第２ケーブル
５０　スピナー本体
５１　ブレード貫通穴
５２　前方分割線
５３　側方分割線
５４　前方セクション
５５　側方セクション
５６　凸部
５７，５８　フランジ
６０，６２　ボルト
６４，６６　固定ジグ
８０　支持構造体
７０　前方領域
７２　側方領域
Ｍ　風車ロータの回転軸を含む平面
Ｎ　風車ロータの回転面
Ｏ　回転軸

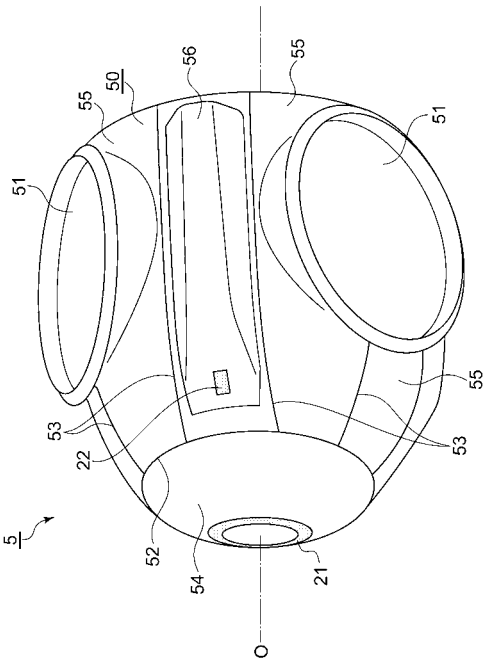
【図１】


1
2
3
3a
3b
3c
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
17
19
20
21
22
O

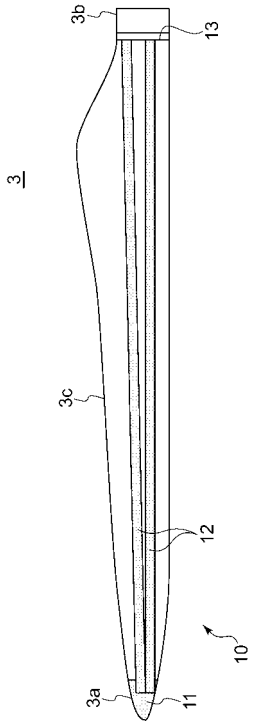
【図２】


2
3
4
4a
5
10
12
13
20
21
22
24
25
70
72
80
A
B
C
M
O
R1
R2

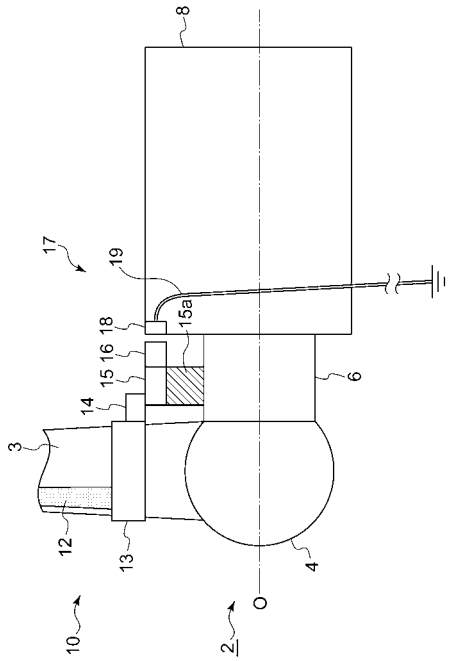
【図３】


5
21
22
50
51
52
53
54
55
56
O

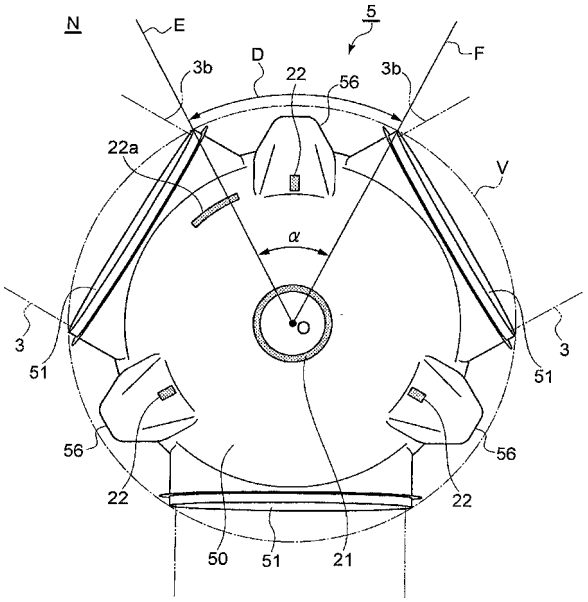
【図４】


3
3a
3b
3c
10
11
12
13

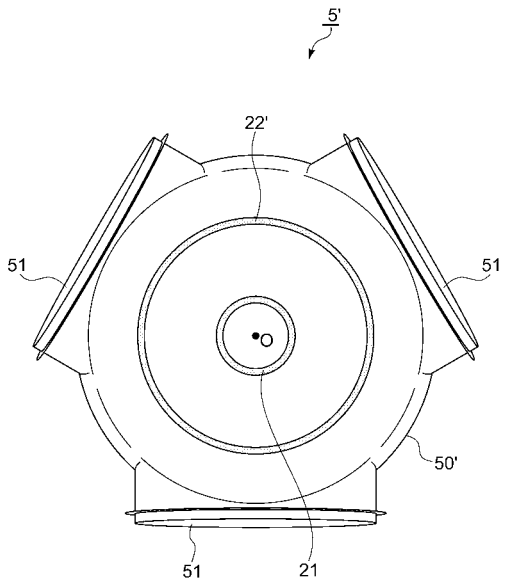
【図５】



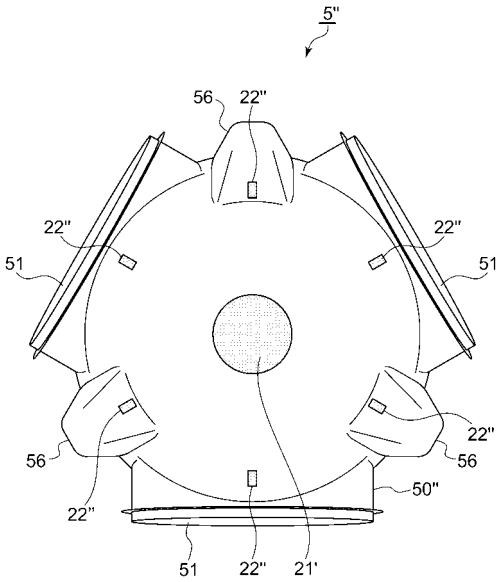
【図６Ａ】



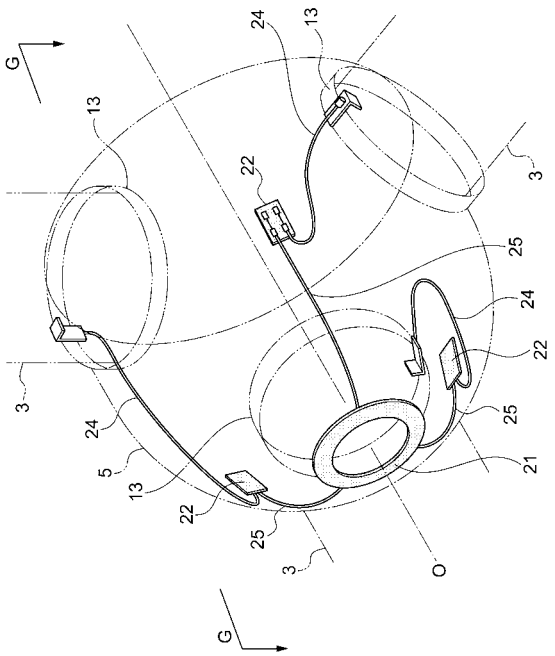
【図６Ｂ】



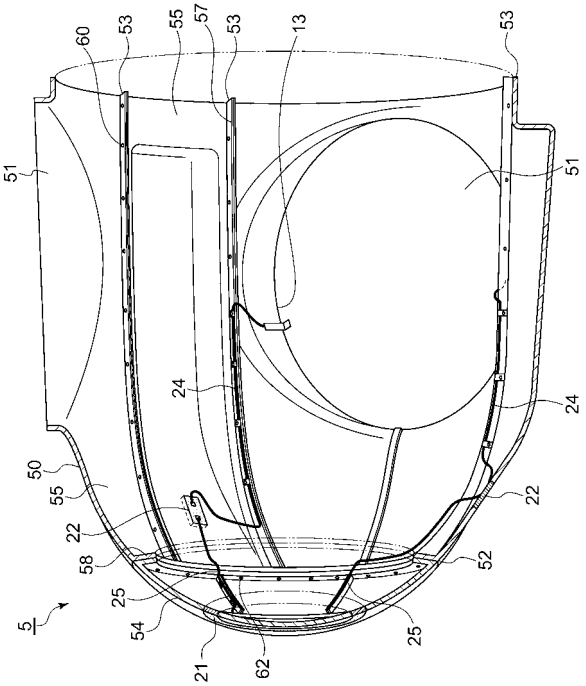
【図６Ｃ】



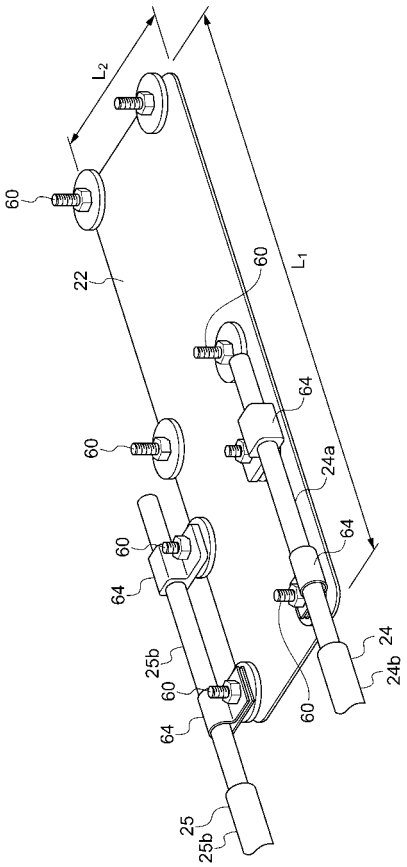
【図７】


G
13
24
13
3
22
25
24
22
3
24
25
5
13
21
22
25
3
O
G

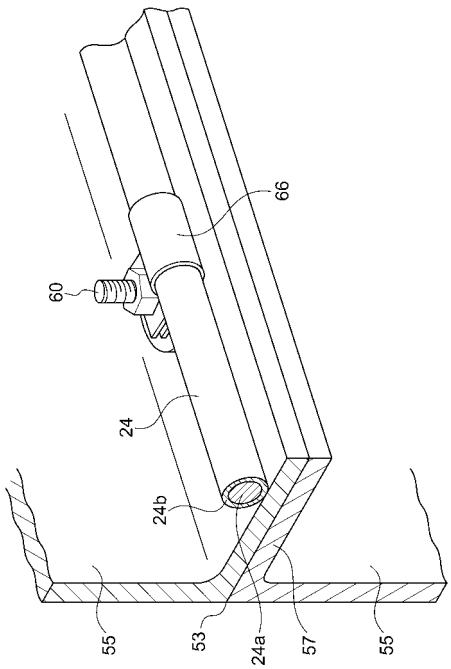
【図８】


60
53
55
57
53
13
53
51
51
24
24
50
55
22
22
58
52
25
54
25
5
21
62

【図９】


L2
60
22
60
L1
64
60
24a
64
60
64
25b
60
24
24b
64
60
25
25b

【図１０】


66
60
24
24b
55
53
24a
57
55