

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B1)

(11) 特許番号

特許第6677783号  
(P6677783)

(45) 発行日 令和2年4月8日(2020.4.8)

(24) 登録日 令和2年3月17日(2020.3.17)

(51) Int.Cl. F 1  
F O 3 D 1/06 (2006.01) F O 3 D 1/06 A

請求項の数 5 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2018-199066 (P2018-199066)	(73) 特許権者	591036457
(22) 出願日	平成30年10月23日 (2018.10.23)		三菱電機エンジニアリング株式会社
審査請求日	平成30年10月23日 (2018.10.23)		東京都千代田区九段北一丁目13番5号
		(74) 代理人	100110423
			弁理士 曾我 道治
		(74) 代理人	100111648
			弁理士 梶並 順
		(74) 代理人	100147566
			弁理士 上田 俊一
		(74) 代理人	100161171
			弁理士 吉田 潤一郎
		(74) 代理人	100188514
			弁理士 松岡 隆裕
		(74) 代理人	100194939
			弁理士 別所 公博

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プロペラ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転中心部に固定された複数の主ブレードを有する主プロペラと、  
前記主プロペラと距離 L を隔てた位置で前記回転中心部に固定された複数の副ブレードを有する副プロペラと

を備え、

前記複数の主ブレードのそれぞれは、前記回転中心部から外周側になるに従って翼弦長が短くなる形状を有し、

前記複数の副ブレードのそれぞれは、前記回転中心部から外周側になるに従って翼弦長が長くなる形状を有する

プロペラ装置。

【請求項 2】

前記複数の主ブレードは、120°間隔で配置された3枚の主ブレードで構成され、  
前記複数の副ブレードは、120°間隔で配置された3枚の副ブレードで構成され、  
前記主プロペラの径方向の中心線と副プロペラの径方向の中心線との角度は、45°~65°の範囲である

請求項 1 に記載のプロペラ装置。

【請求項 3】

前記副プロペラは、前記主プロペラに対して前記距離 L を隔てて風上側に配置されており、

前記複数の副ブレードのそれぞれの半径を半径  $R_2$  としたとき、前記距離  $L$  と前記半径  $R_2$  との比である  $L / R_2$  が、 $0.2$  以上である

請求項 1 または 2 に記載のプロペラ装置。

【請求項 4】

前記副ブレードの半径は、前記主ブレードの半径の  $70\%$  以下である

請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載のプロペラ装置。

【請求項 5】

前記主プロペラに対して風上側に配置された前記副プロペラから、距離  $X$  を隔ててさらに風上側に配置され、前記主プロペラおよび前記副プロペラを支える支柱をさらに備え、

前記支柱の直径を直径  $d$  としたとき、比率  $d / X$  が、 $0.85$  以下である

10

請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載のプロペラ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、主プロペラおよび副プロペラを備えたプロペラ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来の発電機用のプロペラ装置に関連する技術として、ハブと、スピナーと、少なくとも 2 枚の主ブレードとを備える風車ロータがある（例えば、特許文献 1 参照）。特許文献 1 に係る風車ロータでは、隣り合う 2 枚の主ブレードの翼根部間の領域の少なくとも一部を覆うように、少なくとも一枚の副ブレードが設けられている。

20

【0003】

このような副ブレードは、ハブまたはスピナーから風車ロータの径方向外方に延出し、主ブレードよりも翼長が短い構成を備えている。また、副ブレードのコード長は、羽根側からはね先端側へ向けて単調減少している。

【0004】

さらに、特許文献 1 に係る副ブレードは、下式 (1) の関係を有している。

$$C_{opt} - C_{main} = C_s - 0.5 C_{opt} \quad (1)$$

【0005】

ここで、上式 (1) における  $C_{opt}$ 、 $C_{main}$ 、 $C_s$  のそれぞれは、以下の内容を

30

意味している。  
 $C_{opt}$  : 翼長方向位置  $x$  に対応する風車ロータの半径位置  $r$  における主ブレードの最適コード長

$C_{main}$  : 半径位置  $r$  における主ブレードのコード長

$C_s$  : コード長

【0006】

そして、主ブレードの最適コード長  $C_{opt}$  は、下式 (2) で表される。

【0007】

【数 1】

$$C_{opt} = \frac{16\pi R}{9C_1 N \lambda^2} \frac{1}{\mu} \dots (2)$$

40

但し、 $C_1$  : 主ブレードの揚力係数

$N$  : 主ブレードの翼枚数

$\lambda$  : 主ブレードの翼先端周速比

$R$  : 主ブレード半径

$\mu$  :  $r / R$

【0008】

50

その結果、特許文献 1 に係る風車ロータは、風車ロータ全体としての内側セクションにおける空力性能を向上させることができ、風車ロータにおける翼効率の効果的な改善を図ることができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献 1】特開 2015 - 86822 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

10

しかしながら、従来技術には、以下のような課題がある。特許文献 1 に係る風車ロータの羽根形状は、主ブレード、副ブレードともに、比較的周速比が高く、ある程度の高回転で性能を発揮するタイプのものである。従って、特許文献 1 に係る風車ロータのブレードは、低風速、低回転時に大きなトルクを発生し、カットイン風速を大きく改善できるようなブレードではなかった。

【0011】

その一方で、設置環境によっては、低風速、低回転時において、所望のトルクを発生し、適切な発電量を得ることが要求される。

【0012】

本発明は、前記のような課題を解決するためになされたものであり、従来と比較して低風速からのカットイン風速を実現できる高効率な発電機用のプロペラ装置を得ることを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明に係るプロペラ装置は、回転中心部に固定された複数の主ブレードを有する主プロペラと、主プロペラと第 1 距離を隔てた異なる位置で回転中心部に固定された複数の副ブレードを有する副プロペラとを備え、複数の主ブレードのそれぞれは、回転中心部から外周側になるに従って翼弦長が短くなる形状を有し、複数の副ブレードのそれぞれは、回転中心部から外周側になるに従って翼弦長が長くなる形状を有するものである。

【発明の効果】

30

【0014】

本発明によれば、低回転時において副ブレードのトルクで主ブレードのトルクをアシストできる構成を備えている。この結果、従来と比較して低風速からのカットイン風速を実現できる高効率な発電機用のプロペラ装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図 1】本発明の実施の形態 1 に係るプロペラ装置を示す正面図である。

【図 2】本発明の実施の形態 1 に係る図 1 のプロペラ装置を示す側面図である。

【図 3】本発明の実施の形態 2 に係るプロペラ装置の発生トルクおよびカットイン風速の特性を示す図である。

40

【図 4】本発明の実施の形態 3 に係るプロペラ装置の発生トルクの特性を示す図である。

【図 5】本発明の実施の形態 4 に係る主プロペラの発生トルクに関する説明図である。

【図 6】本発明の実施の形態 5 に係るプロペラ装置が、ダウンウインド型として設置された際の、副プロペラと支柱 5 との位置関係を示した説明図である。

【図 7】本発明の実施の形態 5 に係るプロペラ装置の発生トルクの特性を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明のプロペラ装置の好適な実施の形態につき、図面を用いて説明する。

【0017】

実施の形態 1 .

50

図1は、本発明の実施の形態1に係るプロペラ装置を示す正面図である。また、図2は、本発明の実施の形態1に係る図1のプロペラ装置を示す側面図である。

【0018】

発電機用のプロペラ装置は、流体の流れのエネルギーを回転エネルギーに変換する。流体としては、空気、水などが挙げられる。発電機用のプロペラ装置は、回転可能に設けられた主プロペラ1と、主プロペラ1に対して上流側に設置された副プロペラ2を備えている。主プロペラ1と副プロペラ2とは、図示しない発電機の回転軸に接続されている。

【0019】

主プロペラ1は、円柱形状の回転中心部3と、回転中心部3に設けられた複数の主ブレード1aとを有している。なお、以下の説明において、径方向とは、回転中心部3について 10 の径方向とする。また、周方向とは、回転中心部3についての周方向とする。さらに、軸方向とは、回転中心部3についての軸方向とする。

【0020】

主ブレード1aは、回転中心部3から径方向外側に向かって延びるように、回転中心部3に固定されている。図1においては、3枚の主ブレード1aが、周方向に等間隔に並べて配置されている。さらに、3枚の主ブレード1aは、径方向に延びるほど主ブレード1aの周方向の幅が狭くなっている。すなわち、主ブレード1aは、周方向において、翼型の前縁と後縁とを結ぶ直線の長さである翼弦長が、外周側になるに従って短くなっている。

【0021】

このような形状を有する主プロペラ1は、周方向に回転する。主プロペラ1が回転することによって、発電機の回転軸が回転する。発電機の回転軸は、水平方向に延びて配置されている。言い換えれば、プロペラ装置に用いられる発電機は、水平軸発電機として構成されている。

【0022】

一方、副プロペラ2は、主プロペラ1と同様に、円柱形状の回転中心部3と、回転中心部3に設けられた複数の副ブレード2aとを有している。副プロペラ2は、回転中心部3から径方向外側に向かって延びるように、回転中心部3に固定されている。図1においては、3枚の副ブレード2aが、周方向に等間隔に並べて配置されている。さらに、3枚の副ブレード2aは、径方向に延びるほど副ブレード2aの周方向の幅が広がっている。すなわち、副ブレード2aは、周方向において、翼型の前縁と後縁とを結ぶ直線の長さである翼弦長が、外周側になるに従って長くなっている。

【0023】

そして、図1に示すように、副プロペラ2の径方向の中心線は、主プロペラ1の径方向の中心線に対して角度  $\theta$  を有している。また、図1および図2に示すように、半径R1を有する主プロペラ1と、半径R2を有する副プロペラ2とは、軸方向において距離Lを有して配置されている。このような形状および配置を有する主プロペラ1および副プロペラ2は、互いに同期して周方向に回転する。

【0024】

ここで、主プロペラ1は、揚力型で高回転タイプのプロペラである。一方、主プロペラ1と比較して周速比の低い副プロペラ2は、低回転タイプのプロペラである。従って、本実施の形態1に係るプロペラ装置によれば、このような2つのプロペラを同軸上に取り付けることによって、低回転時のプロペラ効率を向上させることができる。この結果、低回転からのカットイン風速を実現する発電機用のプロペラ装置を提供できる。

【0025】

なお、カットイン風速とは、プロペラ装置の主プロペラ1および副プロペラ2が回転を始めて、発電を開始できる状態となる風速のことである。

【0026】

実施の形態2 .

本実施の形態2では、図1に示した角度  $\theta$  によるプロペラ装置の特性の違いについて、

10

20

30

40

50

詳細に説明する。

図3は、本発明の実施の形態2に係るプロペラ装置の発生トルクおよびカットイン風速の特性を示す図である。より具体的には、図3は、主プロペラ1の径方向の中心線と副プロペラ2の径方向の中心線との角度を $0^{\circ} \sim 100^{\circ}$ の範囲で変化させたときの、発電機用のプロペラ装置の発生トルクおよびカットイン風速のそれぞれの特性を示したものである。

【0027】

トルクは、風速 $8\text{ m/s}$ 、 $1000\text{ rpm}$ 時（高風速高回転時）の発生トルクを、最大トルク100として数値化しており、図3の左側の縦軸に目盛りが付されている。また、カットイン風速は、発電開始時のトルクを $40\text{ cN}\cdot\text{m}$ としたときの風速を、最低風速を1として数値化しており、図3の右側の縦軸に目盛りが付されている。図3の特性から、高風速、高回転時には、 $\theta = 60^{\circ}$ の時に最も発生トルクが大きいことがわかる。また、カットイン風速に関しては、 $\theta = 50^{\circ}$ の時に、最もカットイン風速が低いことがわかる。

10

【0028】

一般的に、発電機用のプロペラ装置の設置場所および設置条件によって、カットイン風速重視か、最大トルク重視かが変わってくる。例えば、発電機用のプロペラ装置が、あまり風の吹かない街中に設置される場合には、カットイン風速重視となる。一方、発電機用のプロペラ装置が、元々、風の強い海岸地帯、あるいは山岳地帯に設置される場合には、最大トルク重視となる。図3に示した結果から、最大トルクと最低カットイン風速のそれぞれについて、5%程度までの悪化を許容した場合、 $\theta$ は、 $45^{\circ} \sim 65^{\circ}$ の範囲が適切な値となる。

20

【0029】

以上説明したように、本実施の形態2に係るプロペラ装置によれば、角度 $\theta$ を変更することによって、プロペラ装置の設置場所および設置条件に応じて、カットイン風速重視、また最大トルク重視による適切な特性を実現できる。

【0030】

さらに、主プロペラと副プロペラの角度調整を行うことができる機構を準備しておくことによって、同一部品を使用した上で、プロペラ装置の設置場所および設置条件に応じて、カットイン風速重視、また最大トルク重視による適切な特性に対応することができる。

30

【0031】

実施の形態3 .

本実施の形態3では、図1に示した半径 $R_2$ 、および図2に示した距離 $L$ によるトルク特性の違いについて、詳細に説明する。

副プロペラ2は、主プロペラ1よりも風上側に配置されている。ここで、主プロペラ1および副プロペラ2のそれぞれのプロペラ重心の距離 $L$ と副プロペラ2の半径 $R_2$ との比である $L/R_2$ と、プロペラ装置の発生トルクとの関係について説明する。

【0032】

図4は、本発明の実施の形態3に係るプロペラ装置の発生トルクの特性を示す図である。より具体的には、図3は、 $L/R_2$ を変化させたときの、プロペラ装置の発生トルクの特性を示したものである。なお、図4の縦軸は、副プロペラ2の影響のない $L/R_2$ の寸法時の発生トルクを1として、トルクを数値化している。図4に示すように、 $L/R_2$ が0.2の場合、約5%のトルク低下が測定された。

40

【0033】

副プロペラ2は、低風速、低回転時に大きなトルクを発生することで低いカットイン風速を実現し、かつ、高風速、高回転時の主プロペラ1の性能を劣化させないことが重要である。主プロペラ1の性能劣化への影響をなくすためには、図4に示すように、 $L/R_2$ が0.3以上となるように、距離 $L$ と半径 $R_2$ との比を設定すれば良い。

【0034】

ただし、プロペラ装置の小型化を考慮した場合には、 $L/R_2$ を0.2以上に設定する

50

ことで、トルク低下を5%以内に抑えることができる。この結果、小型でかつ発電効率の良いプロペラ装置を実現できる。

【0035】

また、本実施の形態3に係るプロペラ装置の構成では、副プロペラ2を風上側に、主プロペラ1を風下側に設置している。ダウンウインド方式の風力発電機の場合には、主プロペラ1および副プロペラ2を支えるための支柱が、これらのプロペラより風上側に配置されるため、支柱によるプロペラ性能の劣化が発生する。

【0036】

特に、ブレード先端の周速が速い主プロペラ1は、支柱による影響を大きく受ける傾向がある。そこで、本実施の形態3に係るプロペラ装置の構成では、主プロペラ1を支柱から遠ざけて設置している。これにより、支柱の影響を少なくし、プロペラ性能の劣化の改善効果を得ることができ、高効率の発電を可能とするプロペラ装置を実現できる。

10

【0037】

実施の形態4.

本実施の形態4では、主プロペラ1による、径方向の距離に応じて発生するトルクについて、詳細に説明する。

図5は、本発明の実施の形態4に係る主プロペラ1の発生トルクに関する説明図である。具体的には、図5は、回転中心部3からの径方向の距離Rと、主プロペラ1の径R1との比( $R/R1$ )に対する、各径での断面のトルク割合を表したものである。 $R/R1 = 1$ がプロペラの先端になり、 $R/R1 = 0$ がプロペラの中点になる。

20

【0038】

図5の結果から、主プロペラ1は、先端の約30%で、発生トルク全体の約70%が占められていることがわかる。このことから、風上側に位置する副プロペラ2の半径R2を、主プロペラ1の半径R1の70%以下にすることで、高風速、高回転時に、副プロペラ2による主プロペラ1の性能の妨害を極力減らし、かつ、低カットイン風速を実現する発電機用のプロペラ装置を得ることができる。

【0039】

なお、副プロペラ2の半径R2は、主プロペラ1の70%の範囲内において、極力大きいほど、より小さな低カットイン風速を実現できる。一方、副プロペラ2の半径R2が小さいほど、主プロペラ1への妨害が少ないため、高風速、高回転時の性能を向上させることができる。

30

【0040】

従って、プロペラ装置の設置場所および設置条件によって、半径R1と半径R2との比が適切な値となるように、主プロペラ1および副プロペラ2を設計することで、設置場所および設置条件に応じて最適のプロペラ装置を実現できる。

【0041】

実施の形態5.

本実施の形態5では、支柱と副プロペラ2との距離の適正化について、詳細に説明する。

図6は、本発明の実施の形態5に係るプロペラ装置が、ダウンウインド型として設置された際の、副プロペラ2と支柱5との位置関係を示した説明図である。図6に示すように、支柱5は、直径dを有し、軸方向において風上側に位置する副プロペラ2との距離が、距離Xとなるように配置されている。なお、支柱5の上部に設けられたナセル4の中には、発電機等が収納されており、発電機の回転軸に、主プロペラ1および副プロペラ2が接続されている。

40

【0042】

また、図7は、本発明の実施の形態5に係るプロペラ装置の発生トルクの特性を示す図である。より具体的には、図7は、 $d/X$ を変化させたときの、プロペラ装置の発生トルクの測定結果を示したものである。

【0043】

50

図7の測定結果によれば、支柱5の直径dに対する、支柱5と副プロペラ2との距離Xの比率( $d/X$ )が、0.85以下の場合には、支柱5の影響をほぼなくすることができる。実際には、支柱5の直径dは、使用する環境において十分な強度を有する必要がある、強度面から支柱5の直径dが決定される。このため、下式(3)のように、支柱5の直径dから、支柱5と副プロペラ2との距離Xを規定することができる。

$$X = d / 0.85 \quad (3)$$

【0044】

上式(3)に従って距離Xを規定することで、設置環境に応じて決定された支柱5の直径dに対して、適切な距離Xを求めることができる。この結果、小型で高効率の発電機用のプロペラ装置を実現できる。また、小型化を実現することで、各部の部品も強度的に有利になり、軽量化の実現も可能となる。

10

【0045】

なお、上述した実施の形態1~5では、複数の主ブレード1aおよび複数の副ブレード2aが、図1に例示したように、それぞれ3枚として構成される場合について説明した。しかしながら、複数の主ブレード1aおよび複数の副ブレード2aの枚数は、3枚に限定されるものではない。複数の主ブレード1aおよび複数の副ブレード2aの枚数は、2枚、あるいは4枚以上であっても、複数の主ブレードのそれぞれが回転中心部から外周側になるに従って翼弦長が短くなる形状を有し、複数の副ブレードのそれぞれが回転中心部から外周側になるに従って翼弦長が長くなる形状を有することで、3枚の場合と同様の効果を得ることができる。

20

【符号の説明】

【0046】

1 主プロペラ、1a 主ブレード、2 副プロペラ、2a 副ブレード、3 回転中心部、4 ナセル、5 支柱。

【要約】

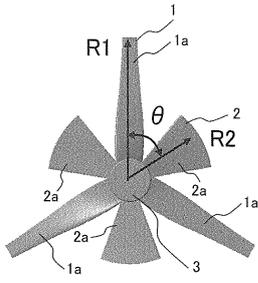
【課題】従来と比較して低風速からのカットイン風速を実現できる高効率なプロペラ装置を得る。

【解決手段】プロペラ装置は、回転中心部に固定された複数の主ブレードを有する主プロペラと、主プロペラと第1距離を隔てた異なる位置で回転中心部に固定された複数の副ブレードを有する副プロペラとを備え、複数の主ブレードのそれぞれは、回転中心部から外周側になるに従って翼弦長が短くなる形状を有し、複数の副ブレードのそれぞれは、回転中心部から外周側になるに従って翼弦長が長くなる形状を有する。

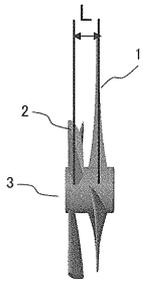
30

【選択図】図1

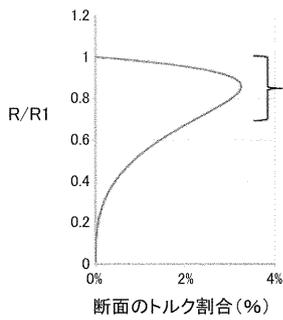
【図1】



【図2】

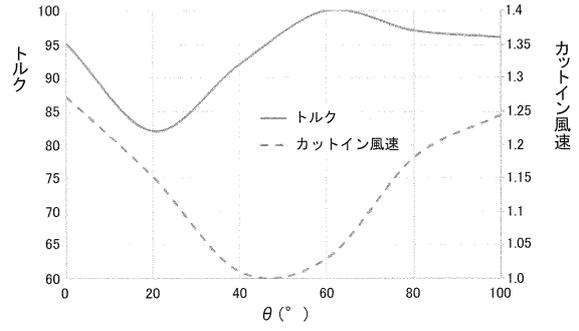


【図5】

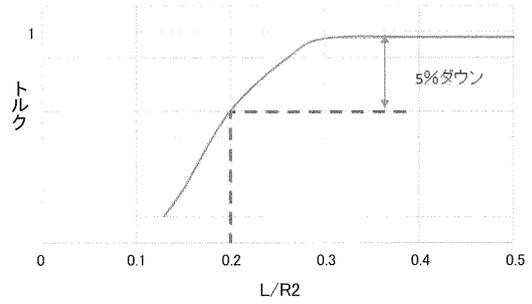


先端の約 30%で発生トルク全体の約 70%を占める

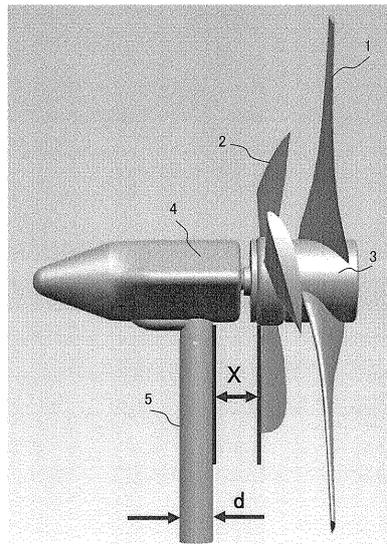
【図3】



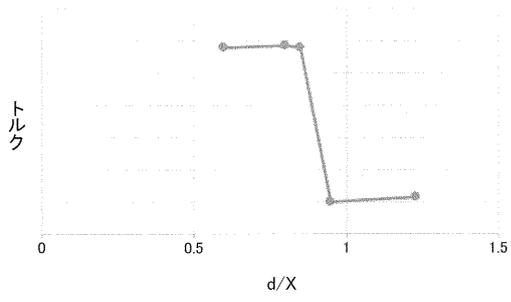
【図4】



【図6】



【図7】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100206782

弁理士 佐藤 彰洋

(72)発明者 井上 雅博

東京都千代田区九段北一丁目13番5号 三菱電機エンジニアリング株式会社内

審査官 井古田 裕昭

(56)参考文献 米国特許出願公開第2012/0051916 (US, A1)

国際公開第2007/057021 (WO, A1)

中国特許出願公開第102444548 (CN, A)

特開2003-129935 (JP, A)

特開2008-063961 (JP, A)

国際公開第2010/087178 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F03D 1/06