

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2017年9月8日(08.09.2017)



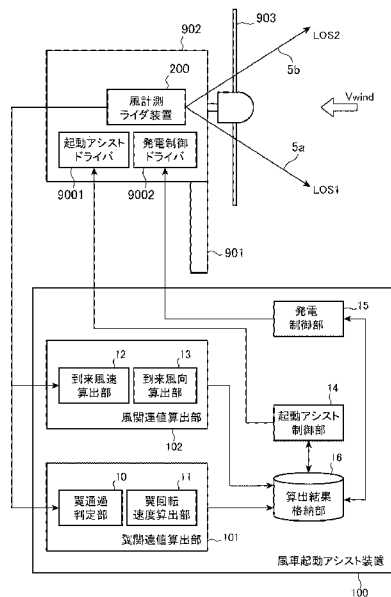
(10) 国際公開番号  
WO 2017/149657 A1

- (51) 国際特許分類:  
F03D 7/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/056258
- (22) 国際出願日: 2016年3月1日(01.03.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 安藤 俊行(ANDO, Toshiyuki); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 原口 英介(HARAGUCHI, Eisuke); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 鈴木 二郎(SUZUKI, Jiro); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 尾野 仁深(ONO, Hitomi); 〒1008310
- (74) 代理人: 田澤 英昭, 外(TAZAWA, Hideaki et al.); 〒1000014 東京都千代田区永田町二丁目12番4号 赤坂山王センタービル5階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー

[続葉有]

(54) Title: WIND TURBINE START ASSIST DEVICE

(54) 発明の名称: 風車起動アシスト装置



(57) Abstract: A wind turbine start assist device comprises: a blade rotational speed calculation unit (11) that calculates the blade rotational speed when a blade (903) of a wind turbine (900) passes through laser light output by a wind measuring lidar device (200) mounted on a wind turbine nacelle of the wind turbine; an arriving wind speed calculation unit (12) that calculates, on the basis of the wind speed in the line-of-sight direction of a laser (5a, 5b) acquired from the wind measuring lidar device (200), the speed of the arriving wind; and a start assist control unit (14) that controls, on the basis of the blade rotational speed calculated by the blade rotational speed calculation unit (11) and the speed of the arriving wind calculated by the arriving wind speed calculation unit (12), start assistance for facilitating startup of blade (903) rotation.

(57) 要約: 風車(900)の翼(903)が、当該風車の風車ナセル上に設置された風計測ライダ装置(200)が出力するレーザー光を通過する際の翼回転速度を算出する翼回転速度算出部(11)と、風計測ライダ装置(200)から取得したレーザー(5a, 5b)の視線方向風速に基づき到来風速を算出する到来風速算出部(12)と、翼回転速度算出部(11)が算出した翼回転速度と、到来風速算出部(12)が算出した到来風速とに基づき、翼(903)の回転の起動を促進するための起動アシストを制御する起動アシスト制御部(14)とを備えた。

- 10 Blade pass-through determination unit
- 11 Blade rotational speed calculation unit
- 12 Arriving wind speed calculation unit
- 13 Arriving wind direction calculation unit
- 14 Start assist control unit
- 15 Generator control unit
- 16 Calculation results storage device
- 100 Wind turbine start assist device
- 101 Blade-related values calculation unit
- 102 Wind-related values calculation unit
- 200 Wind measuring lidar device
- 9001 Start assist driver
- 9002 Generator control driver

WO 2017/149657 A1

ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG). 添付公開書類:  
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

**発明の名称：風車起動アシスト装置**

### 技術分野

[0001] この発明は、風力発電装置において翼の回転を起動させる風車起動アシスト装置に関するものである。

### 背景技術

[0002] 従来、風力発電装置においては、風力発電の稼働率を高めるために、微風の風速条件でも起動しやすい構成が求められる。

そこで、例えば、特許文献1には、風車の微風下における回転起動を促進するための起動アシスト制御装置に関する技術が開示されている。

特許文献1では、風車の発電機における回転子の回転を検出する回転子センサから回転子の回転数を取り込み、風車が非回転状態にあり、かつ、この風車停止の状態が一定時間経過しても風車停止が継続している場合には、起動アシスト用電流供給システムをオンとし、風車が風力により一定回転数以上で回転した時に起動アシスト用電流供給システムをオフとするようにしている。また、特許文献1では、回転子の回転数に加えて、風速を制御要素として取り込み、風車が非回転状態にあり、かつ、風速が風車の自己起動風速以上である場合に、起動アシスト用電流供給システムをオンとするようにしている。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献1：特開2004-285991号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、特許文献1に開示されている技術は、風車が非回転状態にある場合に起動アシストを開始するようにしているため、アシストに多くの電力を要するという課題があった。また、風車近傍の風速しか計測できないことが想定され、特に、アシスト時に到来風速がゼロである場合には、起動

アシストに失敗し、電力損失が増加してしまうという課題があった。

[0005] この発明は上記のような課題を解決するためになされたもので、風車起動の効率化をはかり、実効的な発電電力を向上することができる風車起動アシスト装置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

[0006] この発明に係る風車起動アシスト装置は、風車の翼が、当該風車の風車ナセル上に設置された風計測ライダ装置が出力するレーザ光を通過する際の翼回転速度を算出する翼回転速度算出部と、風計測ライダ装置から取得したレーザの視線方向風速に基づき到来風速を算出する到来風速算出部と、翼回転速度算出部が算出した翼回転速度と、到来風速算出部が算出した到来風速とに基づき、翼の回転の起動を促進するための起動アシストを制御する起動アシスト制御部とを備えた。

### 発明の効果

[0007] この発明の風車起動アシスト装置によれば、風車起動の効率化をはかり、実効的な発電電力を向上することができる。

### 図面の簡単な説明

[0008] [図1]この発明の実施の形態1に係る風車起動アシスト装置が起動アシスト制御を行う風力発電装置の概略構成を説明する図である。

[図2]この発明の実施の形態1に係る風車起動アシスト装置の構成を説明する図である。

[図3]この発明の実施の形態1に係る風車起動アシスト装置の動作を説明するフローチャートである。

[図4]図3のステップS T 3 0 1の翼回転速度、到来風速検出プロセスを詳細に説明するフローチャートである。

[図5]図5 A, 図5 Bは、本発明の翼通過判定、翼回転速度検出、到来風速検出における、風計測ライダ装置のレーザ出射方向と翼との位置関係について説明する図である。

[図6]図6 A, 図6 Bは、実施の形態1において、風車の翼回転と風計測ライ

ダ装置の出射レーザ光との関係を示す図である。

[図7]実施の形態1において、翼通過判定部、翼回転速度算出部、到来風速算出部の判定結果、あるいは、算出結果に基づき、起動アシスト制御部が、起動アシストの制御を開始する場合と起動アシストの制御を開始しない場合について、時系列イメージで説明する図である。

[図8]実施の形態1において、翼通過判定部、翼回転速度算出部、到来風速算出部の判定結果、あるいは、算出結果に基づき、起動アシスト制御部が、起動アシストの制御を開始する場合と起動アシストの制御を開始しない場合について、時系列イメージで説明する図である。

[図9]図9A、図9Bは、この発明の実施の形態1に係る風車起動アシスト装置のハードウェア構成の一例を示す図である。

### 発明を実施するための形態

[0009] 以下、この発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

実施の形態1.

図1は、この発明の実施の形態1に係る風車起動アシスト装置100が翼903の回転を起動させるための起動アシストの制御、あるいは、発電の制御を行う風力発電装置の概略構成を説明する図である。

なお、ここでは、風力発電装置は、水平軸型のものを想定している。以下、ここでは、風力発電装置は、単に風車900というものとする。

図1に示すように、風車900は、タワー901上の、風車ナセル902上に、風計測ライダ装置200を備える。

[0010] 風車ナセル902は、風車起動アシスト装置100、および、発電機905を備え、風車ナセル902の先端にブレード、すなわち、翼903が回転可能に固定されている。翼903の付け根はハブ（図示を省略する）によってロータ軸に連結され、ハブからロータ軸を通じて、風車ナセル902と翼903とが連結される。

そして、風車900に風が到来することにより、翼903が回転して発電

が行われる。

なお、風車起動アシスト装置100は、風車ナセル902の外部に備えられるものであってもよい。

[0011] 風車900の発電効率を向上させるため、風車起動アシスト装置100は、起動アシストが必要と判断した場合に、起動アシスト用の電流を印加する制御を行い、起動アシストドライバ9001（後述する）が風車起動アシスト装置100の制御に基づいて電流を印加して翼903の起動をアシストする。また、風車起動アシスト装置100は、翼903が一定の回転数に到達すると、起動アシスト用の電流をオフにする制御を行う。すなわち、風車起動アシスト装置100は、翼903の回転の起動を促進するための起動アシストの開始、あるいは、終了を制御する。

風車900は、起動アシストドライバ9001（図2で後述する）を備え、風車起動アシスト装置100により起動アシストが開始されると、起動アシストドライバ9001が、風車起動アシスト装置100から風車起動の信号を受信し、風車起動の動力を発生させる。風車起動アシスト装置100の構成および動作の詳細については後述する。

[0012] 発電機905は、風車起動アシスト装置100の制御に基づき、翼903の回転を電気に変換し、発電を行う。具体的には、発電機905は、発電制御ドライバ9002（図2で後述する）を備え、当該発電制御ドライバ9002が、風車起動アシスト装置100から発電動作に切り替える信号を受信し、発電を行う。

[0013] 図1に示すように、ここでは、風車900の風車ナセル902上に、風計測ライダ装置200が設置されていることを前提とする。

風計測ライダ装置200は、図1に示すA方向に、少なくとも2方向のレーザ、すなわち、送信光Bを出力する。ここでは、風計測ライダ装置200は、2方向（以下説明する図2の5a, 5b）に、送信光Bを出力するものとする。当該2方向のレーザを、それぞれ、第1のレーザ、第2のレーザとする。

風計測ライダ装置200は、到来風速の各レーザの出射方向5a, 5bで射影した成分を視線方向風速 $V_{m1}$ ,  $V_{m2}$ として計測する。風車起動アシスト装置100では、当該複数方向の視線方向風速を用いて、数値演算により到来風速 $V_{wind}$ と、ブレード回転軸に対する角度である到来風向 $\phi_{wind}$ を算出する。

なお、到来風速とは、風車ナセル902の前方へ所定距離離れ、水平方向に数十m、垂直方向に風車900のハブの高さを中心とした数十mのボリュームを持った空間における風速場をいう。風車ナセル902の前方へ離れる所定距離とは、例えば、数十m~数百mを想定しているが、当該所定距離は、風車900の規模や、設置環境により異なる。

視線方向風速 $V_{m1}$ ,  $V_{m2}$ 、到来風速 $V_{wind}$ 、到来風向 $\phi_{wind}$ については後述する。

[0014] 図2は、この発明の実施の形態1に係る風車起動アシスト装置100の構成を説明する図である。

図2に示すように、風車起動アシスト装置100は、翼関連値算出部101と、風関連値算出部102と、起動アシスト制御部14と、発電制御部15と、算出結果格納部16とを備える。

翼関連値算出部101は、風計測ライダ装置200の計測値に基づき、翼通過の有無の判定を行い、風計測ライダ装置200が計測した翼通過速度等から翼回転速度の算出等を行う。

翼関連値算出部101は、翼通過判定部10と、翼回転速度算出部11とを備える。

翼通過判定部10は、風計測ライダ装置200から取得した情報に基づき、翼903が、第1のレーザ、あるいは、第2のレーザを通過したかどうか、すなわち、ここでは、翼903が、第1のレーザ、あるいは、第2のレーザを遮ったかどうかを判定する。

翼回転速度算出部11は、翼通過判定部10が、翼回転ありと判断した場合に、風車900の翼903が、第1のレーザ光、あるいは、第2のレーザ

光を通過する時点の回転速度を算出する。ここでは、翼903が、第1のレーザ光、あるいは、第2のレーザ光を通過する時点の回転速度を、瞬時翼回転速度というものとする。

また、翼回転速度算出部11は、翼903が第1のレーザ光、または、第2のレーザ光を通過する時点の時間間隔に基づき算出される翼回転の平均速度を算出する。ここでは、翼回転の平均速度を翼回転平均速度というものとする。

この実施の形態1において、翼回転速度とは、翼903が、風車900の風車ナセル902上に設置された風計測ライダ装置200が出力する第1のレーザ光、あるいは、第2のレーザ光を通過する際の速度をいい、瞬時翼回転速度、あるいは、翼回転平均速度を含むものとする。

[0015] 風関連値算出部102は、風計測ライダ装置200の計測値に基づき、到来風速、および、到来風向を算出する。

風関連値算出部102は、到来風速算出部12と、到来風向算出部13とを備える。

到来風速算出部12は、風計測ライダ装置200から、第1のレーザおよび第2のレーザの視線方向風速を取得し、当該複数方向の視線方向風速を用いて到来風速を算出する。

到来風向算出部13は、風計測ライダ装置200から、第1のレーザおよび第2のレーザの視線方向風速を取得し、当該複数方向の視線方向風速を用いて到来風向を算出する。

[0016] 起動アシスト制御部14は、算出結果格納部16に格納された翼回転速度、到来風速の情報に基づき、風車の起動アシストモードを制御する。具体的には、風車900が備える起動アシストドライバ9001に、風車起動の動力を発生させる信号を送信する。

発電制御部15は、起動アシスト制御部14から出力される起動アシストオフの情報に基づき、風車の発電機905の発電運転モードを制御する。具体的には、風車900が備える発電制御ドライバ9002に、発電動作を切

り替える信号を送信する。

[0017] 算出結果格納部16は、翼関連値算出部101で算出された翼回転速度、および、風関連値算出部102で算出された到来風速、到来風向等の値を格納する。

なお、この実施の形態1では、図2に示すように、算出結果格納部16は、風車起動アシスト装置100が備えるようにしたが、これに限らず、算出結果格納部16は、風車起動アシスト装置100の外部に備えるようにしてもよい。

[0018] 動作について説明する。

図3は、この発明の実施の形態1に係る風車起動アシスト装置100の動作を説明するフローチャートである。

[0019] まず、翼回転速度、到来風速検出プロセスが実行される（ステップST301）。

このステップST301において、風車起動アシスト装置100は、風計測ライダ装置200の計測値に基づき、瞬時翼回転速度 $\omega a$ 、 $\omega b$ 、到来風速 $Vwind$ 、到来風向 $\phi wind$ を算出する。また、このステップST301において、第1のレーザ光における翼回転の平均速度、第2のレーザ光における翼回転の平均速度をそれぞれ算出する。ここでは、第1のレーザ光における翼回転の平均速度を翼回転平均速度 $\omega ave a$ 、第2のレーザ光における翼回転の平均速度を翼回転平均速度 $\omega ave b$ とする。例えば、翼903が*i*枚であるとする、翼回転平均速度 $\omega ave a$ は、*i* - 1枚目の翼903が第1のレーザを通過した時点から、*i*枚目の翼903が第1のレーザ光を通過するまでの時間における平均的な回転速度を表わす。なお、ここでは、翼903が、第1のレーザ光を通過する時点の瞬時翼回転速度を瞬時翼回転速度 $\omega a$ 、翼903が、第2のレーザ光を通過する時点の瞬時翼回転速度を瞬時翼回転速度 $\omega b$ とする。

算出された瞬時翼回転速度 $\omega a$ 、 $\omega b$ 、到来風速 $Vwind$ 、到来風向 $\phi wind$ 、翼回転平均速度 $\omega ave a$ 、 $\omega ave b$ の情報は、算出結果格納

部16に格納される。

当該ステップST301の翼回転速度、到来風速検出プロセスの詳細な動作については後述する。

[0020] 起動アシスト制御部14は、ステップST301のプロセスで算出された、翼903が第1のレーザを通過するときの最新の瞬時翼回転速度 $\omega a$ が、予め決められた基準値 $N c r i$ 以上であるかどうかを判定する（ステップST302）。すなわち、このステップST302で、現在の翼903の回転速度が十分であるかどうかを判定する。なお、起動アシスト制御部14は、最新の瞬時翼回転速度 $\omega a$ を、算出結果格納部16から取得するようにし、算出結果格納部16に格納されている瞬時翼回転速度 $\omega a$ のうち、どれが最新の瞬時翼回転速度 $\omega a$ であるかどうかは、当該瞬時翼回転速度 $\omega a$ と紐付けられて記憶されている時刻から判断すればよい。

ステップST302において、瞬時翼回転速度 $\omega a$ が、予め決められた基準値 $N c r i$ より小さい場合（ステップST302の“NO”の場合）、起動アシスト制御部14は、翼903の回転速度が不足していると判断し、ステップST301へ戻る。

[0021] ステップST302において、第1のレーザを通過するときの瞬時翼回転速度 $\omega a$ が、予め決められた基準値 $N c r i$ 以上である場合（ステップST302の“YES”の場合）、起動アシスト制御部14は、翼回転平均速度 $\omega a v e a$ が、予め決められた基準値 $N c r i$ 以上であるかどうかを判定する（ステップST303）。

なお、この実施の形態1において、ステップST302において瞬時翼回転速度 $\omega a$ と基準値 $N c r i$ との判定、ステップST303において翼回転平均速度 $\omega a v e a$ と基準値 $N c r i$ との判定と、基準値 $N c r i$ に対して瞬時翼回転速度 $\omega a$ と翼回転平均速度 $\omega a v e a$ とで2回判定を行うのは、誤判定を避けるためである。

瞬時翼回転速度 $\omega a$ だけでは、瞬時変動の成分のみしか考慮されないため、誤判定の可能性がある。そこで、翼回転平均速度 $\omega a v e a$ と基準値 $N c$

$r_i$  との判定も行うことで、誤判定を防ぐ。

[0022] ステップST303において、翼回転平均速度 $\omega_{avea}$ が、予め決められた基準値 $N_{cri}$ より小さい場合（ステップST303の“NO”の場合）、起動アシスト制御部14は、翼903の回転速度が不足していると判断し、ステップST301へ戻る。

[0023] ステップST303において、翼回転平均速度 $\omega_{avea}$ が、予め決められた基準値 $N_{cri}$ 以上である場合（ステップST303の“YES”の場合）、起動アシスト制御部14は、翼903が十分に回転していると判断し、ステップST304へ進む。

起動アシスト制御部14は、ステップST301のプロセスで算出された到来風速 $V_{wind}$ の計測値がゼロより大きいかどうかを判定する（ステップST304）。

[0024] ステップST304において、到来風速 $V_{wind}$ の計測値がゼロであった場合（ステップST304の“NO”の場合）、起動アシスト制御部14は、到来風速ゼロと判断してステップST301へ戻る。

ステップST304において、到来風速 $V_{wind}$ の計測値がゼロより大きい場合（ステップST304の“YES”の場合）、起動アシスト制御部14は、第1のレーザを通過するときの瞬時翼回転速度 $\omega_a$ 、および、翼回転平均速度 $\omega_{avea}$ が基準値以上、かつ、到来風速がゼロより大きいと判断して、起動アシストモードへと移行し、起動アシストモードでの制御を行う（ステップST305）。具体的には、起動アシスト制御部14は、風車900が備える起動アシストドライバ9001に、風車起動の動力を発生させる信号を送信し、風車900の翼903の回転の起動を促進するための起動アシストを開始する。

これにより、風車900の翼903の回転起動が促進される。

[0025] 起動アシスト制御部14は、翼回転平均速度 $\omega_{avea}$ が、発電モード移行のための基準値 $N_1$ に到達しているかどうかを判断する（ステップST306）。具体的には、起動アシスト制御部14は、翼回転平均速度 $\omega_{ave}$

aが、発電モード移行のための基準値N1以上であるかどうかを判断する。

ステップST306において、翼回転平均速度 $\omega_{avea}$ が、発電モード移行のための基準値N1に到達していない場合（ステップST306の“NO”の場合）、ステップST301に戻る。

[0026] ステップST306において、翼回転平均速度 $\omega_{avea}$ が、発電モード移行のための基準値N1に到達している場合（ステップST306の“YES”の場合）、起動アシスト制御部14は、起動アシストモードを終了とする（ステップST307）。具体的には、起動アシスト制御部14は、風車900が備える起動アシストドライバ9001への風車起動の動力を発生させる信号の送信を止める。

[0027] 発電制御部15は、起動アシスト制御部14がステップST307において起動アシストを終了としたことを検知し、算出結果格納部16を参照して、翼回転平均速度 $\omega_{avea}$ が、発電開始のための基準値N2に到達しているかどうかを判断する（ステップST308）。具体的には、発電制御部15、翼回転平均速度 $\omega_{avea}$ が、発電開始のための基準値N2以上であるかどうかを判断する。

すなわち、このステップST308で、発電制御部15が風車の発電機905の発電を制御する発電運転モードへと移行する。

[0028] 起動アシスト制御部14から出力される起動アシストの終了の情報については、例えば、起動アシスト制御部14は、起動アシストの開始の際に、内部的に保持している起動アシストモードフラグをオンにし、起動アシストの終了の際に、当該起動アシストモードフラグをオフして、発電制御部15は、当該起動アシストモードフラグのオン、オフによって、起動アシストの開始、終了を検知するようにすればよい。なお、これは一例にすぎず、発電制御部15が、起動アシスト制御部14による起動アシストの開始、終了を検知できるようになっていればよい。

[0029] ステップST308において、翼回転平均速度 $\omega_{avea}$ が、発電開始のための基準値N2に到達していない場合（ステップST308の“NO”の

場合)、発電制御部15は、発電制御を終了し(ステップST309)、ステップST301へ戻る。具体的には、発電制御部15は、風車900が備える発電制御ドライバ9002への、発電動作を止める信号を送信する。

[0030] ステップST301において、翼回転平均速度 $\omega_{avea}$ が、発電開始のための基準値 $N2$ に到達している場合(ステップST308の“YES”の場合)、発電制御部15は、発電制御を開始する(ステップST310)。具体的には、発電制御部15は、風車900が備える発電制御ドライバ9002に、発電動作へ切り替える信号を送信する。これにより、起動アシストなしで、到来風速により風車900を回転させるようになる。

ステップST310において、発電制御をオンにすると、再びステップST301の処理を行い、翼回転平均速度 $\omega_{avea}$ 等を算出すると、ステップST308に戻って、翼回転平均速度 $\omega_{avea}$ を監視する。そして、以降の処理を繰り返す。

[0031] 次に、図3のステップST301の翼回転速度、到来風速検出プロセスについて、以下説明する。

図4は、図3のステップST301の翼回転速度、到来風速検出プロセスを詳細に説明するフローチャートである。

[0032] まず、ここで、本発明の翼回転速度、到来風速の検出における、風計測ライダ装置200のレーザ出射方向5a, 5bと翼903との位置関係について、図5A, 図5Bを用いて説明する。

図5Aに示すように、風車ナセル902上に設置される風計測ライダ装置200は、2方向のレーザ出射方向5a, 5bを有し、到来風速 $V_{wind}$ の各レーザ出射方向5a, 5bで射影した成分を、それぞれ、視線方向風速 $V_{m1}$ ,  $V_{m2}$ (図示省略)として計測する。

[0033] なお、ここでは、第1のレーザ出射方向5aと第2のレーザ出射方向5bとが、地表面に対して平行な面にあり、翼903は風車900に向かって反時計回りに回転することを想定する。

[0034] 図5Bの(a)の翼位置においては、翼903が第2のレーザ出射方向5

bを通過する。また、図5Bの(b)の翼位置においては、翼903が第2のレーザ出射方向5bと第1のレーザ出射方向5aとの間に位置する。また、図5Bの(c)の翼位置においては、翼903が第1のレーザ出射方向5aを通過する。また、図5Bの(d)の翼位置においては、翼903が第1のレーザ出射方向5a、第2のレーザ出射方向5b、およびその間に位置しない状態を示す。

図5Aに示すような、翼903と風計測ライダ装置200のレーザ出射方向5a、5bとの配置関係と翼回転方向においては、図5Bの(a)、(b)、(c)、(d)の状態が繰り返される。

[0035] 以下、図4のフローチャートに沿って説明する。

翼通過判定部10は、風車900の風車ナセル902上に設置される風計測ライダ装置200から、第2のレーザ光による翼通過レンジ信号を取得する(ステップST401)。なお、翼通過レンジとは、風計測ライダ装置200と翼903の回転面との距離で決まる固定数値であり、当該固定数値は、風計測ライダ装置200において、風計測ライダ装置200を設置する際に予め決められている。

翼通過判定部10は、ステップST401で取得した翼通過レンジ信号における信号対雑音比 $S_{0\_2}$ と予め設定された閾値 $SNR_0$ との大小関係を判定し、信号対雑音比 $S_{0\_2}$ が閾値 $SNR_0$ 以上かどうかを判断する(ステップST402)。

ステップST402において、信号対雑音比 $S_{0\_2}$ が閾値 $SNR_0$ 以上であった場合(ステップST402の“YES”の場合)、翼通過判定部10は、翼通過ありと判断し、第2のレーザ光の翼通過速度 $V_{hub\_5b}$ を、風計測ライダ装置200から取得する(ステップST403)。ここでは、翼903が第2のレーザ光を通過した際の通過速度を、第2のレーザ光の翼通過速度 $V_{hub\_5b}$ とする。同様に、翼903が第1のレーザ光を通過した際の通過速度を、第1のレーザ光の翼通過速度 $V_{hub\_5a}$ とする。第1のレーザ光の翼通過速度 $V_{hub\_5a}$ については後述する。

風計測ライダ装置 200 では、2方向のレーザ出射方向 5 a, 5 b において翼 903 の通過によりレーザ光が遮蔽されるとともに、回転する翼 903 により、最近接レンジにおいて、風速測定時に比較して信号強度が大きな散乱光エコーが受信される。よって、翼通過判定部 10 は、風計測ライダ装置 200 から翼通過レンジ信号を取得し、当該取得した翼通過レンジ信号に基づき、翼通過の有無を判定できる。

[0036] ステップ ST 402 において、信号対雑音比  $S0\_2$  が閾値  $SNR0$  未満であった場合（ステップ ST 402 の“NO”の場合）は、ステップ ST 408 へ進む。ステップ ST 408 以降の処理については後述する。

[0037] 翼回転速度算出部 11 は、風車 900 の制御装置（図示省略）から、翼 903 のピッチ角  $\delta$  を取得し、当該取得した翼 903 のピッチ角  $\delta$  と、ステップ ST 403 で取得した第 2 のレーザ光の翼通過速度  $V_{hub\_5b}$  から算出できる視線方向ドップラ速度  $V_{hub\_LOS\_5b}$  とから、以下の式（1）を用いて、翼 903 が第 2 のレーザ光を通過したときの瞬時翼回転速度  $\omega_b$  [rpm] を算出する（ステップ ST 404）。ここでは、翼 903 が、第 1 のレーザ光、あるいは、第 2 のレーザ光を通過する時点の回転速度を、瞬時翼回転速度というものとする。すなわち、このステップ ST 404 において、翼回転速度算出部 11 は、瞬時翼回転速度  $\omega_b$  を算出する。

風車 900 の制御装置は、ハブ内に備えられ、ピッチ駆動装置（図示省略）に対して、風速に合わせてピッチ角  $\delta$  を変化させるピッチ制御、あるいは、ヨー駆動装置（図示省略）に対して、翼 903 ・ハブ ・風車ナセル 902 の向きを風向きにあわせて回転させるヨー制御を行っている。また、翼半径  $R$ 、翼回転軸に対してレーザ出射方向がなす角  $\theta$  の情報は、例えば、風計測ライダ装置 200 が記憶しており、当該風計測ライダ装置 200 から取得するようにすればよい。なお、レーザ出射方向 5 a の翼回転軸に対してなす角を  $+\theta$ 、レーザ出射方向 5 b の翼回転軸に対してなす角を  $-\theta$  とする。

$$\omega_b = \frac{60}{2\pi R} \cdot \frac{1}{\tan \delta \cos \theta} V_{hub\_LOS\_5b} \quad (1)$$

R : 翼半径

$\delta$  : 翼のピッチ角

$\theta$  : 翼回転軸に対してレーザ出射方向がなす角度

[0038] 上記式 (1) で瞬時翼回転速度  $\omega$  [rpm] が算出される原理について、説明する。

翼 903 が通過する時間帯、すなわち、回転する翼 903 によりレーザ光が遮光される時間帯において、翼 903 のピッチ角  $\delta$  により翼 903 での散乱地点と風計測ライダ装置 200 との距離が時間変化するため、散乱光において、ドップラ速度を生じる。これを利用して、翼回転速度を求めることができる。

[0039] 図 6 A, 図 6 B は、風車 900 の翼回転と風計測ライダ装置 200 の出射レーザ光との関係を示す図であり、図 6 A は、風計測ライダ装置 200 のレーザ出射方向 5 a における翼 903 の反射を示し、図 6 B は、風計測ライダ装置 200 のレーザ出射方向 5 b における翼 903 の反射を示している。

例えば、風車 900 の翼 903 のピッチ角  $\delta$ 、瞬時翼回転速度  $\omega$  [rpm]、翼半径 R とした場合、レーザ照射位置での翼通過速度  $V_{hub}$  は以下の式 (2) で表わされる。

$$V_{hub} = 2\pi \frac{\omega}{60} R \quad (2)$$

[0040] この場合、レーザ出射方向 5 a, 5 b に対する視線方向ドップラ速度  $V_{hub\_LOS\_5a}$ ,  $V_{hub\_LOS\_5b}$  は、それぞれ、以下の式 (3), (4) で表わされる。

$$V_{hub\_LOS\_5a} = V_{hub} \frac{\tan \delta}{\cos \theta (1 - \tan \delta \tan \theta)} \quad (3)$$

$$V_{hub\_LOS\_5b} = V_{hub} \tan \delta \cos \theta \quad (4)$$

従って、レーザ出射方向 5 b に対する最近接距離での視線方向ドップラ速度  $V_{hub\_LOS\_5b}$  の計測値から、上記式 (1) によって、翼 903 が第 2 のレーザ光を通過したときの瞬時翼回転速度  $\omega$  [rpm] を算出す

ることができる。

[0041] 同様に、レーザ出射方向 5 a に対する最近接距離での視線方向ドップラ速度  $V_{hub\_LOS\_5a}$  の計測値から、以下の式 (5) で、翼 903 が第 1 のレーザ光を通過したときの瞬時翼回転速度  $\omega_a$  [rpm] を算出することができる。

$$\omega_a = \frac{60}{2\pi R} \cdot \frac{\cos \theta (1 - \tan \delta \cdot \tan \theta)}{\tan \delta} V_{hub\_LOS\_5a} \quad (5)$$

[0042] 上述のとおり、ステップ ST 404 において、翼回転速度算出部 11 は、風車 900 の制御装置 (図示省略) から、翼 903 のピッチ角  $\delta$  を取得し、当該取得した翼 903 のピッチ角  $\delta$  と、ステップ ST 403 で取得した第 2 のレーザ光の翼通過速度  $V_{hub\_5b}$  から算出できる視線方向ドップラ速度  $V_{hub\_LOS\_5b}$  とから、翼 903 が第 2 のレーザ光を通過したときの瞬時翼回転速度  $\omega_b$  [rpm] を算出する。

[0043] 翼回転速度算出部 11 は、ステップ ST 404 で算出した翼 903 が第 2 のレーザ光を通過したときの瞬時翼回転速度  $\omega_b$  [rpm] を時刻の情報と紐付けて算出結果格納部 16 に格納する (ステップ ST 405)。例えば、j 回目に翼 903 が第 2 のレーザ光を通過した時の時刻を  $t(j)$  と表わすとする、翼回転速度算出部 11 は、ステップ ST 404 で算出した瞬時翼回転速度  $\omega_b(t(j))$  [rpm] を、算出結果格納部 16 に格納する。

[0044] 翼回転速度算出部 11 は、算出結果格納部 16 を参照し、過去の瞬時翼回転速度  $\omega_b$  の情報があるかどうか、すなわち、ステップ ST 404 で算出した瞬時翼回転速度  $\omega_b$  と紐付けた時刻よりも前の時刻における瞬時翼回転速度  $\omega_b$  の格納情報があるかどうかを検索する (ステップ ST 406)。例えば、ステップ ST 404 において算出し、ステップ ST 405 において算出結果格納部 16 に格納した瞬時翼回転速度  $\omega_b$  が、j 回目に翼 903 が第 2 のレーザ光を通過した時刻  $t(j)$  の瞬時翼回転速度  $\omega_b$  であったとすると、翼回転速度算出部 11 は、時刻  $t(j-1)$  以前の瞬時翼回転速度  $\omega_b$  の情報が、算出結果格納部 16 に格納されているかどうかを検索する。

[0045] ステップST406において、過去の瞬時翼回転速度 $\omega b$ の情報がない場合（ステップST406の“NO”の場合）、ステップST401に戻る。

[0046] ステップST406において、過去の瞬時翼回転速度 $\omega b$ の情報がある場合（ステップST406の“YES”の場合）、翼回転速度算出部11は、最新の、すなわち、ステップST404で算出した瞬時翼回転速度 $\omega b$ と紐付けた時刻時点の第2のレーザ光における翼回転の平均速度を、以下の式（6）を用いて算出する（ステップST407）。

$$\omega = \frac{60}{nT} \quad (6)$$

[0047] 上述のとおり、風計測ライダ装置200は、2方向のレーザ出射方向5a、5bにおいて翼903の通過によりレーザ光が遮蔽されるとともに、回転する翼903により、最近接レンジにおいて、風速測定時に比較して信号強度が大きな散乱光エコーが受信される。これにより、翼通過の有無を判定できる。

例えば、 $n$ 枚翼の風車が一定の瞬時翼回転速度 $\omega$  [rpm]で回転する場合、1つのレーザ出射方向5aまたは5bにおいて、周期 $T$ でレーザ光の遮蔽が観測される。 $T$ と $\omega$ との関係は上記式（6）で表わされる。

[0048] 従って、レーザ出射方向における光路遮蔽時刻をモニタして、その周期により翼回転の平均速度を算出することができる。すなわち、翼回転の平均速度は、翼903がレーザ光を通過する時点の時間間隔に基づき算出される。

翼回転速度算出部11は、上記式（6）を用いて、翼903の回転の平均速度を算出する。ここでは、翼903が、第1のレーザ光、あるいは、第2のレーザ光を通過する時点の翼回転の平均速度を、それぞれ、翼回転平均速度 $\omega a v e a$ 、 $\omega a v e b$ とし、翼回転速度算出部11は、上記式（6）に基づき、翼回転平均速度 $\omega a v e a$ 、 $\omega a v e b$ を算出する。このステップST407では、翼回転速度算出部11は、第2のレーザ光を通過する時点の翼回転の平均速度である翼回転平均速度 $\omega a v e b$ を算出する。

なお、レーザ光の遮蔽が観測される周期 $T$ は、例えば、 $n-1$ 枚目の翼9

03が第2のレーザ光を通過した時刻から、 $n$ 枚目の翼903が第2のレーザ光を通過するまでの時刻の差分を演算して算出することができる。

[0049] 翼回転速度算出部11は、翼回転平均速度 $\omega_{aveb}$ を、ステップST404で瞬時翼回転速度 $\omega_b$ を算出した時点の時刻の情報と紐付けて、算出結果格納部16に格納する。なお、算出結果格納部16にすでに翼回転平均速度 $\omega_{aveb}$ が格納されている場合は、翼回転速度算出部11は、翼回転平均速度 $\omega_{aveb}$ を最新の状態へ更新する。その後、ステップST419へ進む。

[0050] 一方、ステップST402において、信号対雑音比 $SO\_2$ が閾値 $SNR0$ 以上ではなかった場合（ステップST402の“NO”の場合）、ステップST408へ移る。

ステップST408～ステップST414の動作は、ステップST401～ステップST407において第2のレーザ出射方向5bに対して行った瞬時翼回転速度と翼回転平均速度の算出を、第1のレーザ出射方向5aに対して行うものである。

[0051] 翼通過判定部10は、風車900の風車ナセル902上に設置される風計測ライダ装置200から、第1のレーザ光による翼通過レンジ信号を取得する（ステップST408）。

翼通過判定部10は、ステップST408で取得した翼通過レンジ信号における信号対雑音比 $SO\_1$ と予め設定された閾値 $SNR0$ との大小関係を判定し、信号対雑音比 $SO\_1$ が閾値 $SNR0$ 以上かどうかを判断する（ステップST409）。

ステップST409において、信号対雑音比 $SO\_1$ が閾値 $SNR0$ 以上であった場合（ステップST409の“YES”の場合）、翼通過判定部10は、翼通過ありと判断し、第1のレーザ光の翼通過速度 $V_{hub\_5a}$ を、風計測ライダ装置200から取得する（ステップST410）。

[0052] 翼回転速度算出部11は、風車900の制御装置から、翼903のピッチ角 $\delta$ を取得し、当該取得した翼903のピッチ角 $\delta$ と、ステップST410

で取得した第1のレーザ光の翼通過速度  $V_{hub\_5a}$  から算出できる視線方向ドップラ速度  $V_{hub\_LOS\_5a}$  とから、上述した式(5)を用いて、翼903が第1のレーザ光を通過したときの瞬時翼回転速度  $\omega_a$  [rpm] を算出する(ステップST411)。

[0053] 翼回転速度算出部11は、ステップST411で算出した翼903が第1のレーザ光を通過したときの瞬時翼回転速度  $\omega_a$  [rpm] を時刻の情報と紐付けて算出結果格納部16に格納する(ステップST412)。例えば、第1のレーザ光による計測を開始してから*i*回目に翼903が第1のレーザ光を通過したときの時刻を  $t(i)$  と表わすとすると、翼回転速度算出部11は、ステップST411で算出した瞬時翼回転速度  $\omega_a(t(i))$  [rpm] を、算出結果格納部16に格納する。

[0054] 翼回転速度算出部11は、算出結果格納部16を参照し、過去の瞬時翼回転速度  $\omega_a$  の情報があるかどうか、すなわち、ステップST411で算出した瞬時翼回転速度  $\omega_a$  と紐付けた時刻よりも前の時刻における瞬時翼回転速度  $\omega_a$  の格納情報があるかどうかを検索する(ステップST413)。例えば、ステップST411において算出し、ステップST412において算出結果格納部16に格納した瞬時翼回転速度  $\omega_a$  が、*i*回目に翼903が第1レーザ光を通過した時刻  $t(i)$  の瞬時翼回転速度  $\omega_a$  であったとすると、翼回転速度算出部11は、時刻  $t(i-1)$  以前の瞬時翼回転速度  $\omega_a$  の情報が、算出結果格納部16に格納されているかどうかを検索する。

[0055] ステップST413において、過去の瞬時翼回転速度  $\omega_a$  の情報がない場合(ステップST413の“NO”の場合)、ステップST408に戻る。

[0056] ステップST413において、過去の瞬時翼回転速度  $\omega_a$  の情報がある場合(ステップST413の“YES”の場合)、翼回転速度算出部11は、最新の、すなわち、ステップST411で瞬時翼回転速度  $\omega_a$  を算出した時点の瞬時翼回転速度  $\omega_a$  の平均を、上述した式(6)を用いて算出する(ステップST414)。

そして、翼回転速度算出部11は、瞬時翼回転速度  $\omega_a$  の平均、すなわち

、翼回転平均速度  $\omega_{ave}$  を、ステップ ST 4 1 1 で瞬時翼回転速度  $\omega_a$  を算出した時点の時刻の情報と紐付けて、算出結果格納部 1 6 に格納する。なお、算出結果格納部 1 6 にすでに翼回転平均速度  $\omega_{ave}$  が格納されている場合は、翼回転速度算出部 1 1 は、翼回転平均速度  $\omega_{ave}$  を最新の状態へ更新する。その後、ステップ ST 4 1 9 へ進む。

[0057] 一方、ステップ ST 4 0 9 において、信号対雑音比  $SO\_1$  が閾値  $SNR_0$  以上ではなかった場合（ステップ ST 4 0 9 の “NO” の場合）、ステップ ST 4 1 5 へ進む。

ステップ ST 4 1 5 ~ ステップ ST 4 1 8 では、風計測ライダ装置 2 0 0 からレーザ出射方向 5 a, 5 b の視線方向風速を取得し、風関連値算出部 1 0 2 が、到来風速および到来風向の演算を行う。

[0058] 風関連値算出部 1 0 2 の到来風速算出部 1 2 は、風計測ライダ装置 2 0 0 から、第 1 のレーザ出射方向 5 a における視線方向風速  $V_{m1}$  を取得する（ステップ ST 4 1 5）。

[0059] 到来風速算出部 1 2 は、風計測ライダ装置 2 0 0 から、第 2 のレーザ出射方向 5 b における視線方向風速  $V_{m2}$  を取得する（ステップ ST 4 1 6）。

[0060] 到来風速算出部 1 2 は、ステップ ST 4 1 5 で取得した第 1 のレーザ出射方向 5 a における視線方向風速  $V_{m1}$  と、ステップ ST 4 1 6 で取得した第 2 のレーザ出射方向 5 b における視線方向風速  $V_{m2}$  の計測値を以下の式（7）に第入して到来風速  $V_{wind}$  を算出する（ステップ ST 4 1 7）。到来風速算出部 1 2 は、算出した到来風速  $V_{wind}$  を、当該到来風速  $V_{wind}$  を算出した時刻と紐付けて、算出結果格納部 1 6 に格納する。

$$V_{wind} = \sqrt{\left(\frac{V_{m1} + V_{m2}}{2 \cos \theta}\right)^2 + \left(\frac{V_{m1} - V_{m2}}{2 \sin \theta}\right)^2} \quad (7)$$

なお、ここでは、到来風速算出部 1 2 は、上記のとおり、式（7）を用いて到来風速  $V_{wind}$  を算出するものとしたが、風計測ライダ装置 2 0 0 は到来風速をリアルタイム計測できるため、到来風速算出部 1 2 は、風計測ライダ装置 2 0 0 から到来風速を取得し、当該取得した到来風速を到来風速  $V$

w i n dとするようにしてもよい。

- [0061] 風関連値算出部102の到来風向算出部13は、ステップST415で到来風速算出部12が取得した第1のレーザ出射方向5aにおける視線方向風速 $V_{m1}$ と、ステップST416で到来風速算出部12が取得した第2のレーザ出射方向5bにおける視線方向風速 $V_{m2}$ の計測値を取得し、以下の式(8)に第入して到来風向 $\phi_{wind}$ を算出する(ステップST418)。到来風向算出部13は、算出した到来風向 $\phi_{wind}$ を、当該到来風向 $\phi_{wind}$ を算出した時刻と紐付けて、算出結果格納部16に格納する。

$$\phi_{wind} = \tan^{-1} \left[ \left( \frac{V_{m1} - V_{m2}}{2 \sin \theta} \right) / \left( \frac{V_{m1} + V_{m2}}{2 \cos \theta} \right) \right] \quad (8)$$

- [0062] 図示しない制御部は、ステップST419において、瞬時翼回転速度 $\omega a$ 、 $\omega b$ 、翼回転平均速度 $\omega a v e a$ 、 $\omega a v e b$ 、到来風速 $V_{wind}$ 、到来風向 $\phi_{wind}$ の全データを格納したかどうかを確認する。

ステップST419において、全データを格納している場合(ステップST419の“YES”の場合)、図4の処理を終了し、図3に戻る。

- [0063] ステップST419において、全データを格納していない場合(ステップST419の“NO”の場合)、ステップST401へ戻る。

- [0064] 図7、図8は、実施の形態1において、翼通過判定部10、翼回転速度算出部11、到来風速算出部12の判定結果、あるいは、算出結果に基づき、起動アシスト制御部14が、起動アシストの制御を開始する場合と起動アシストの制御を開始しない場合について、時系列イメージで説明する図である。

なお、図7、図8において、便宜上、翼903が第1のレーザを通過する時刻 $t$ を、古い時間から順に $t_2$ 、 $t_4$ 、 $t_6$ 、翼903が第2のレーザを通過する時刻 $t$ を、古い時間から順に $t_1$ 、 $t_3$ 、 $t_5$ とし、 $t_6$ の時点で起動アシストの制御を開始するかしないかを判断する一例を示している。

- [0065] 図7、図8において、上段に、翼通過検出信号の時系列イメージを示し、風計測ライダ装置200の第1のレーザ、および、第2のレーザの各出射方

向5 a, 5 bにおける翼通過レンジ信号3 0 1, 3 0 2を表わす。

また、図7, 図8において、中段には、翼回転速度の時系列イメージを示す。図7, 図8において、それぞれ、 $t = t_1, t_3, t_5$ における第2のレーザ出射方向5 bにおける翼回転速度3 1 1, 3 1 3, 3 1 5を示している。

また、図7, 図8において、それぞれ、 $t = t_2, t_4, t_6$ における第1のレーザ出射方向5 aにおける翼回転速度3 1 2, 3 1 4, 3 1 6を示している。

また、図7, 図8において、風車9 0 0の起動アシストを開始する基準となる速度値である翼回転速度 $N_{c r i 3 1 0}$ を示している。

[0066] 図7, 図8において、下段には、到来風速 $V_{w i n d}$ の時系列イメージを示している。

$t = t_1, t_3, t_5$ の時点で第2のレーザ出射方向5 bを翼が通過し、 $t = t_2, t_4, t_6$ の時点で第1のレーザ出射方向5 aを翼が通過する。

なお、図7, 図8では、第1のレーザ光における翼回転速度等の情報と、第2のレーザ光における翼回転速度等の情報を両方示すようにしているが、ここでは、図3で説明したように、翼9 0 3が第1のレーザを通過するときの最新の瞬時翼回転速度 $\omega_a$ 、翼回転平均速度 $\omega_{a v e a}$ と、到来風速 $V_{w i n d}$ とで、風車9 0 0の起動アシストを開始するかどうかを判断するものとする。

風車9 0 0の起動アシストを開始する図7の例では、 $t = t_1 \sim t_2$ の間での到来風速 $V_{w i n d 3 2 1}$ が、時刻の経過とともに到来風速 $V_{w i n d 3 2 2}, 3 2 3, 3 2 4$ のように増加している。

また、時刻 $t_6$ で、翼回転速度3 1 6、すなわち、瞬時翼回転速度 $\omega_a$ と翼回転平均速度 $\omega_{a v e a}$ とが風車9 0 0の起動アシストを開始する基準となる翼回転速度 $N_{c r i 3 1 0}$ を上回り、かつ、到来風速3 2 4が非ゼロであるため、風車9 0 0の起動アシストを開始する。

[0067] 他方、風車9 0 0の起動アシストを開始しない図8の例では、 $t = t_1 \sim$

t 2 の期間での到来風速  $V_{wind421}$  が時刻の経過とともに到来風速  $V_{wind422}$ ,  $423$ ,  $434$  のように減少する。

時刻 t 6 で、翼回転速度 316、すなわち、瞬時翼回転速度  $\omega_a$  と翼回転平均速度  $\omega_{avea}$  とが風車 900 の起動アシストを開始する基準となる翼回転速度  $N_{cri310}$  を上回るものの、到来風速  $V_{wind424}$  がゼロであるため、風車アシストを開始しない。

[0068] 図 9 A, 図 9 B は、この発明の実施の形態 1 に係る風車起動アシスト装置 100 のハードウェア構成の一例を示す図である。

この発明の実施の形態 1 において、翼通過判定部 10 と、翼回転速度算出部 11 と、到来風速算出部 12 と、到来風向算出部 13 と、起動アシスト制御部 14 と、発電制御部 15 の各機能は、処理回路 91 により実現される。すなわち、風車起動アシスト装置 100 は、風計測ライダ装置 200 から取得した計測値に基づき起動アシスト制御、または、発電制御を行うための処理回路 91 を備える。

処理回路 91 は、図 9 A に示すように専用のハードウェアであっても、図 9 B に示すようにメモリ 92 に格納されるプログラムを実行する CPU 93 であってもよい。

[0069] 処理回路 91 が専用のハードウェアである場合、処理回路は、例えば、単一回路、複合回路、プログラム化したプロセッサ、並列プログラム化したプロセッサ、ASIC、FPGA、またはこれらを組み合わせたものが該当する。

[0070] 処理回路 91 が CPU 93 の場合、翼通過判定部 10 と、翼回転速度算出部 11 と、到来風速算出部 12 と、到来風向算出部 13 と、起動アシスト制御部 14 と、発電制御部 15 の各機能は、ソフトウェア、ファームウェア、または、ソフトウェアとファームウェアとの組み合わせにより実現される。すなわち、翼通過判定部 10 と、翼回転速度算出部 11 と、到来風速算出部 12 と、到来風向算出部 13 と、起動アシスト制御部 14 と、発電制御部 15 は、HDD 94、メモリ 92 等に記憶されたプログラムを実行する CPU 9

3、システムLSI等の処理回路により実現される。また、HDD94、メモリ92等に記憶されたプログラムは、翼通過判定部10と、翼回転速度算出部11と、到来風速算出部12と、到来風向算出部13と、起動アシスト制御部14と、発電制御部15の手順や方法をコンピュータに実行させるものであるとも言える。ここで、メモリ92とは、例えば、RAM、ROM、フラッシュメモリ、EPROM、EEPROM等の、不揮発性または揮発性の半導体メモリや、磁気ディスク、フレキシブルディスク、光ディスク、コンパクトディスク、ミニディスク、DVD等が該当する。

[0071] なお、翼通過判定部10と、翼回転速度算出部11と、到来風速算出部12と、到来風向算出部13と、起動アシスト制御部14と、発電制御部15の各機能について、一部を専用のハードウェアで実現し、一部をソフトウェアまたはファームウェアで実現するようにしてもよい。例えば、翼通過判定部10については専用のハードウェアとしての処理回路91でその機能を実現し、翼回転速度算出部11と、到来風速算出部12と、到来風向算出部13と、起動アシスト制御部14と、発電制御部15については処理回路がメモリ92に格納されたプログラムを読み出して実行することによってその機能を実現することが可能である。

算出結果格納部16は、例えば、HDD94を使用する。なお、これは一例にすぎず、算出結果格納部16は、DVD、メモリ92等によって構成されるものであってもよい。

[0072] 以上のように、この実施の形態1によれば、風車900の起動アシストを、翼903が少し回転してから行うため、アシストに要する電力を低減する効果がある。

[0073] また、翼903が第1のレーザを通過するときの最新の瞬時翼回転速度 $\omega_a$ と翼回転平均速度 $\omega_{ave}$ とが予め決められた基準値 $N_{cri}$ 以上、かつ、到来風速が非ゼロの場合のみ起動アシストを行うため、起動失敗の確率を低減できる効果を有する。

[0074] また、翼回転速度を、翼通過時のドップラ速度から算出した瞬時翼回転速

度 $\omega a$ 、 $\omega b$ と、翼通過時の翼通過時間間隔から算出した翼回転平均速度 $\omega a_{ave}$ 、 $\omega b_{ave}$ の2種類算出し、それぞれに、基準値と比較して、翼903が十分に回転しているかどうかを判定するため、高精度化に寄与する。

また、風車900の翼回転検出センサが不要であり、回転検出センサを有さない既設風車にも設置可能である。

[0075] なお、以上の説明においては、図3のステップST302において、起動アシスト制御部14は、ステップST301のプロセスで算出された、翼903が第1のレーザを通過するときの最新の瞬時翼回転速度 $\omega a$ が、予め決められた基準値 $N_{cri}$ 以上であるかどうかを判定するようにしていたが、これに限らず、起動アシスト制御部14は、翼回転が定常状態に近づいた定常回転時は、ステップST301のプロセスで算出された、翼903が第2のレーザを通過するときの最新の瞬時翼回転速度 $\omega b$ が、予め決められた基準値 $N_{cri}$ 以上であるかどうかを判定するようにしてもよい。

これは、定常回転時は、瞬時翼回転速度 $\omega a$ と瞬時翼回転速度 $\omega b$ とは、同等であると言えるからである。同等であると言える理由は、第1のレーザ光の出射方向と、第2のレーザ光の出射方向の角度差は、10度～60度が想定され、各レーザ光に対する翼通過点は、風計測ライダ装置200と翼回転面との距離と同程度と想定されるためである。なお、風計測ライダ装置200と翼回転面との距離は、1m程度である。

一方、風車900の起動時のような、翼回転が非定常状態である非定常回転時には、(最新の瞬時翼回転速度 $\omega a$  - 最新の瞬時翼回転速度 $\omega b$ )の演算結果の符号により、回転傾向を推定可能であり、当該回転傾向を、アシスト必要性を判断する指標に用いることもできる。

例えば、( $\omega a - \omega b$ ) > 0であれば、瞬時翼回転速度が増加傾向であること、( $\omega a - \omega b$ ) < 0であれば、瞬時翼回転速度が減少傾向であることが分かり、アシストの必要性を判断する指標の1つとなる。

よって、この実施の形態1に係る風車起動アシスト装置100は、図4で

説明したように、瞬時翼回転速度 $\omega a$ と瞬時翼回転速度 $\omega b$ のそれぞれを算出し、算出結果格納部16に格納しておくようにする。

[0076] なお、図3のステップST302において、起動アシスト制御部14は、ステップST301のプロセスで算出された、翼903が第2のレーザを通過するときの最新の瞬時翼回転速度 $\omega b$ が、予め決められた基準値 $N c r i$ 以上であるかどうかを判定するようにした場合、ステップST303では、翼903が第2のレーザを通過するときの翼回転平均速度 $\omega a v e b$ が、予め決められた基準値 $N c r i$ 以上であるかどうかを判定するようにする。

[0077] また、ここでは、誤判定を防ぐため、瞬時翼回転速度 $\omega a$ と翼回転平均速度 $\omega a v e a$ の両方を基準値 $N c r i$ と判定するようにしたが、これに限らず、瞬時翼回転速度 $\omega a$ と基準値 $N c r i$ との判定は行わないようにしてもよいし、翼回転平均速度 $\omega a v e a$ と基準値 $N c r i$ との判定は行わないようにしてもよい。

[0078] また、ここでは、風計測ライダ装置200は、2方向に送信光を出力するものとしたが、これに限らず、1方向にのみ送信光を出力するものであってもよいし、3方向以上に送信光を出力するものであってもよい。

風計測ライダ装置200が、3方向以上のレーザ光を出力する場合は、鉛直方向、すなわち、上昇および下降の風速成分も検出できる。

[0079] また、ここでは、風車900の外部に風計測ライダ装置200が設置されていることとした。

風計測ライダ装置200の設置により、遠方からの到来風を高精度に計測することが可能となるという効果がある。

風計測ライダ装置200は、レーザ光の出射方向、すなわち、視線方向に平行な風速成分を、距離ごとに分離して計測する機能がある。風計測ライダ装置200を風車ナセル902に設置することで、例えば、風車900の前方において、遠隔からの到来風速の風速場を、例えば、風車900の前方の数100mを数10mごとに区切った複数箇所等、到来距離ごとにリアルタイムに監視することができる。

従来の風杯型の風速計を遠方に設置した場合、風速計 1 個につき、1 点の風速したモニタできず、到来中の風速変化を精度よく捉えることができない。

また、風車 900 のハブの高さは、数 10 m におよび、地上に設置された風速計では、地上の風速からハブの高さの風速を推定する必要があり、精度の低下が避けられない。

風速計を数 10 m の高さのマストに設置すれば、ハブの高さの風速の計測も不可能ではないが、マストの設置費用がかかり、また、マストにより風車到来風が乱されて発電効率が低下するという問題が生じる。

さらに、風車 900 の周囲の風向が変化した場合、到来風向に対向するように風車ナセル 902 を方位方向に回転させるが、従来の風杯型の風速計の場合、風車 900 の周囲に複数の風速計を配置する必要があり、上述したとおり、風速計の設置費用がかかるという問題があり、また、複数のマストによる到来風の遮蔽があり発電効率の低下が避けられない。

このような問題に対し、ここでは、風車ナセル 902 に風計測ライダ装置 200 を設置するようにしたので、風計測ライダ装置 200 が、風車 900 に到来する風速を、高精度に計測でき、また、到来距離ごとにリアルタイムに監視することができるという効果がある。

[0080] なお、実施の形態 1 において、風車起動アシスト装置 100 は、図 2 で示すような構成としたが、風車起動アシスト装置 100 は、翼回転速度算出部 11 と、到来風速算出部 12 と、起動アシスト制御部 14 とを備えることにより、上述したような効果が得られるものである。

[0081] また、本願発明はその発明の範囲内において、実施の形態の任意の構成要素の変形、もしくは実施の形態の任意の構成要素の省略が可能である。

### 産業上の利用可能性

[0082] この発明に係る風車起動アシスト装置は、微風速時における風車起動の高効率化をはかり、実効的な発電電力を向上することができるように構成したため、微風速時において、風力発電装置を起動させる風車起動アシスト装置

等に適用することができる。

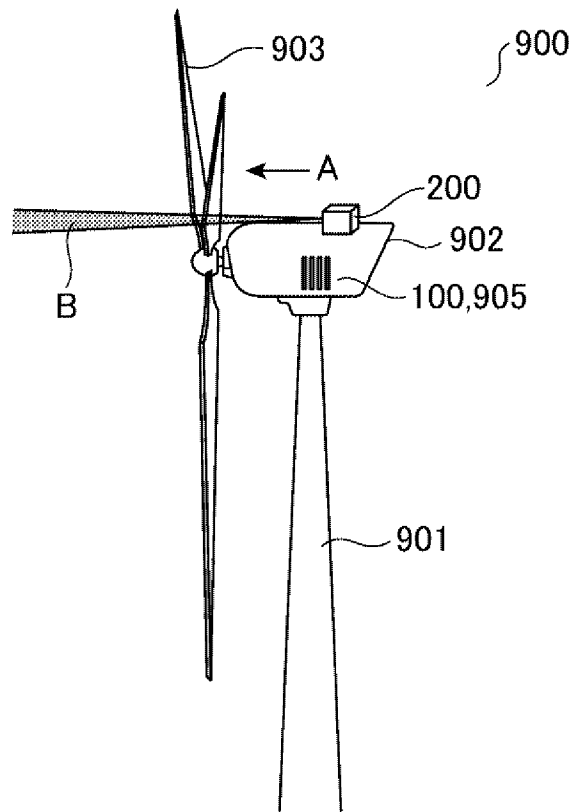
### 符号の説明

[0083] 10 翼通過判定部、11 翼回転速度算出部、12 到来風速算出部、  
13 到来風向算出部、14 起動アシスト制御部、15 発電制御部、1  
6 算出結果格納部、91 処理回路、92 メモリ、93 CPU、94  
HDD、100 風車起動アシスト装置、200 風計測ライダ装置、9  
00 風車、901 タワー、902 風車ナセル、903 翼、905  
発電機、9001 起動アシストドライバ、9002 発電制御ドライバ。

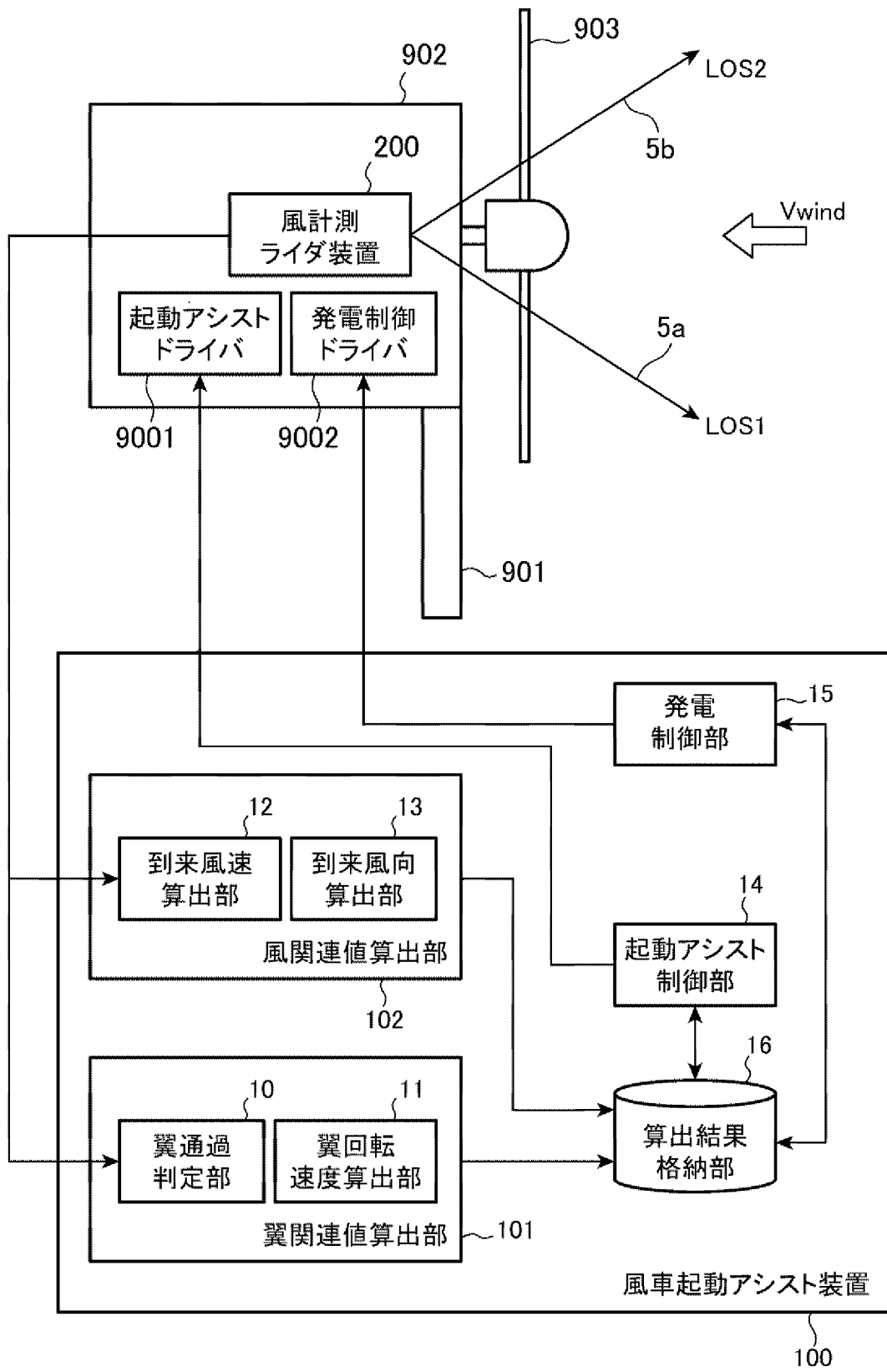
## 請求の範囲

- [請求項1] 風車の翼が、当該風車の風車ナセル上に設置された風計測ライダ装置が出力するレーザ光を通過する際の翼回転速度を算出する翼回転速度算出部と、
- 前記風計測ライダ装置から取得した前記レーザの視線方向風速に基づき到来風速を算出する到来風速算出部と、
- 前記翼回転速度算出部が算出した翼回転速度と、前記到来風速算出部が算出した到来風速とに基づき、前記翼の回転を起動させるための起動アシストを制御する起動アシスト制御部
- とを備えた風車起動アシスト制御装置。
- [請求項2] 前記起動アシスト制御部は、
- 前記翼回転速度が基準値以上、かつ、前記到来風速がゼロよりも大きい場合に、前記翼の回転の起動を促進するための起動アシストを開始する
- ことを特徴とする請求項1記載の風車起動アシスト制御装置。
- [請求項3] 前記翼回転速度算出部が算出する翼回転速度とは、前記翼が前記レーザ光を通過する時点のドップラ速度に基づき算出される瞬時翼回転速度、および、前記翼が前記レーザ光を通過する時点の時間間隔に基づき算出される翼回転の平均速度であり、
- 前記起動アシスト制御部は、
- 前記瞬時翼回転速度、および、前記翼回転の平均速度がともに基準値以上、かつ、前記到来風速がゼロよりも大きい場合に、前記起動アシストを開始する
- ことを特徴とする請求項1記載の起動アシスト制御装置。

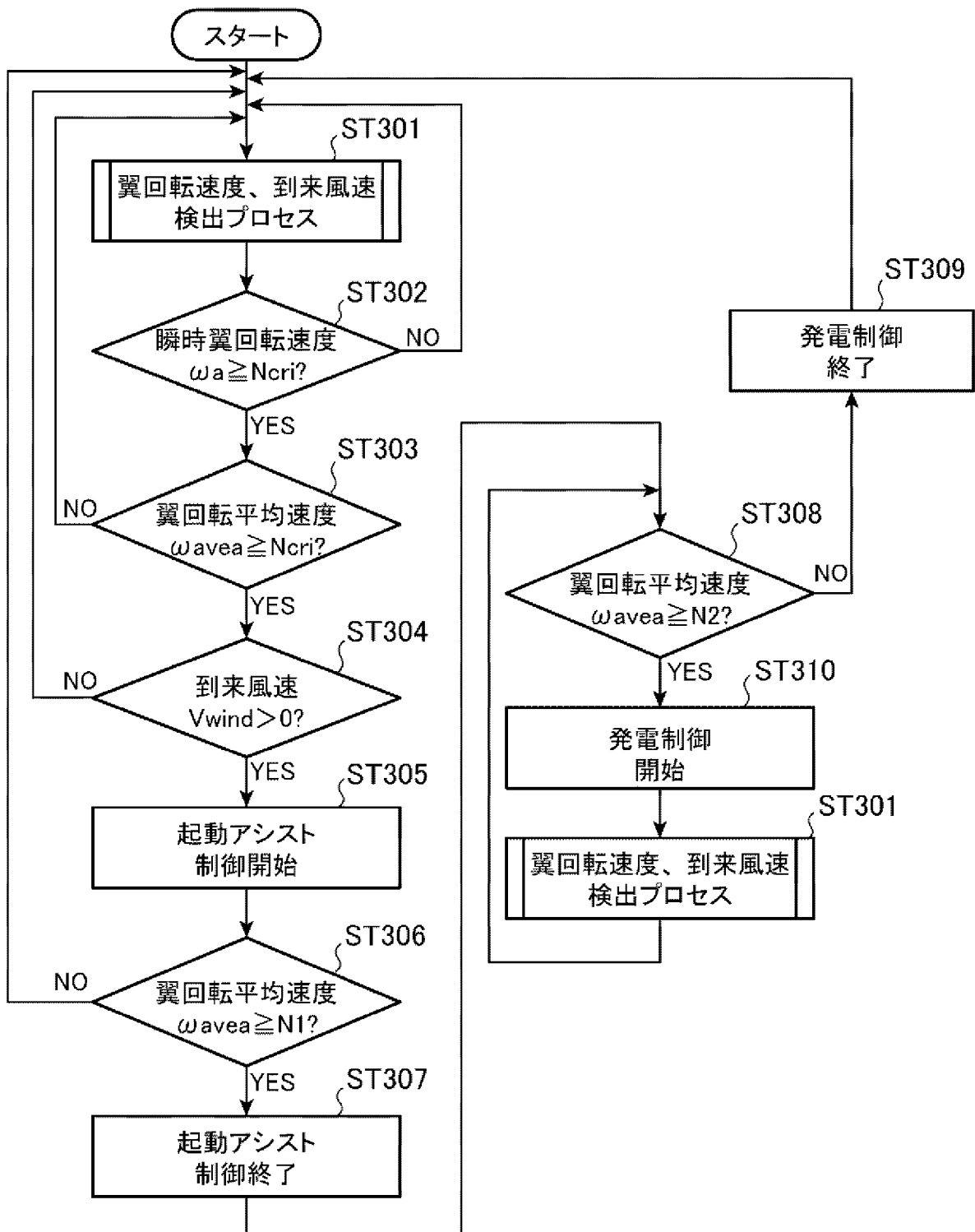
[図1]



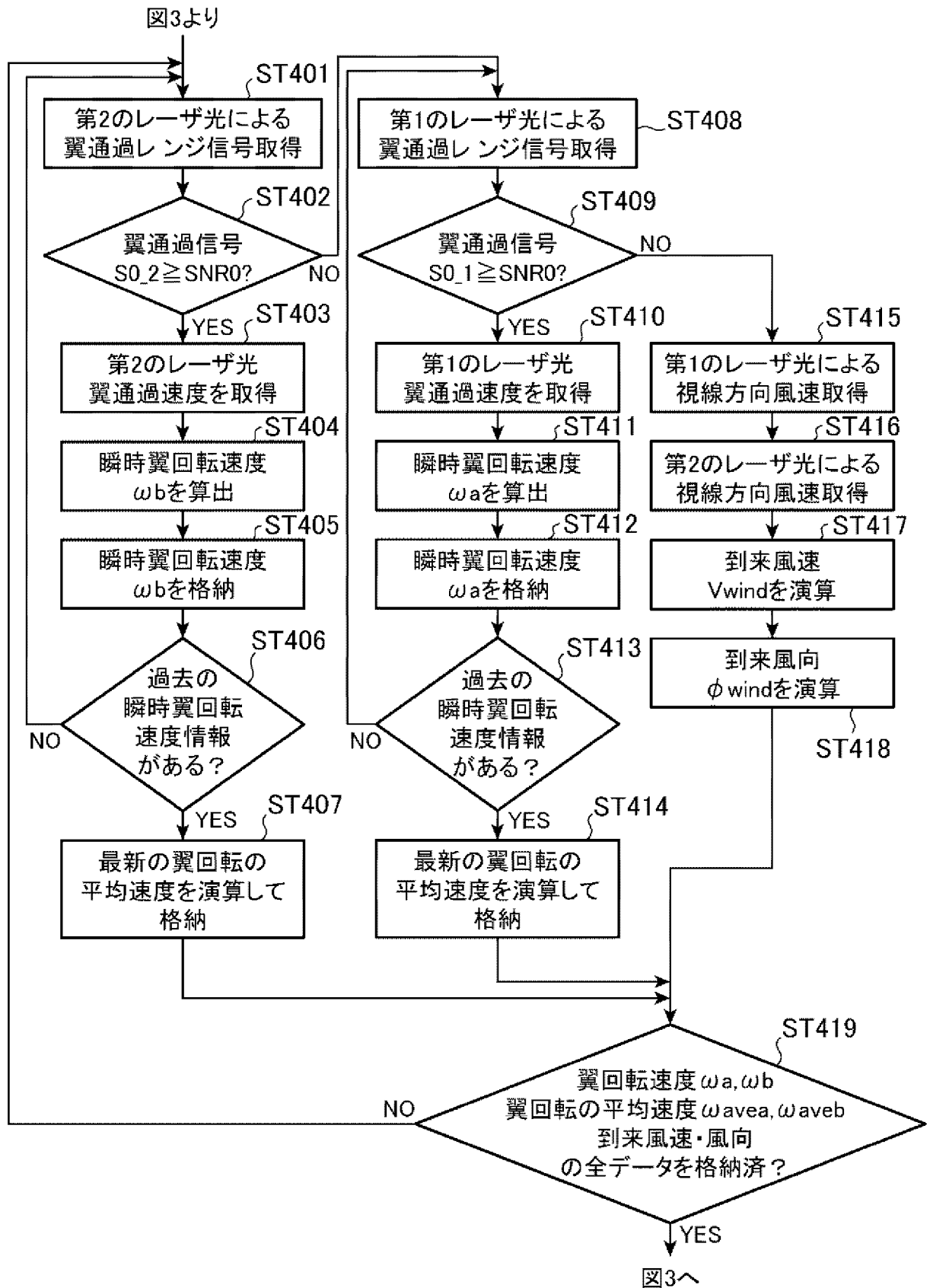
[図2]



[図3]



[図4]



[図5]

図5A

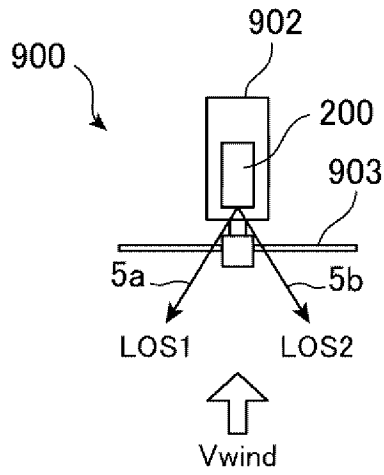
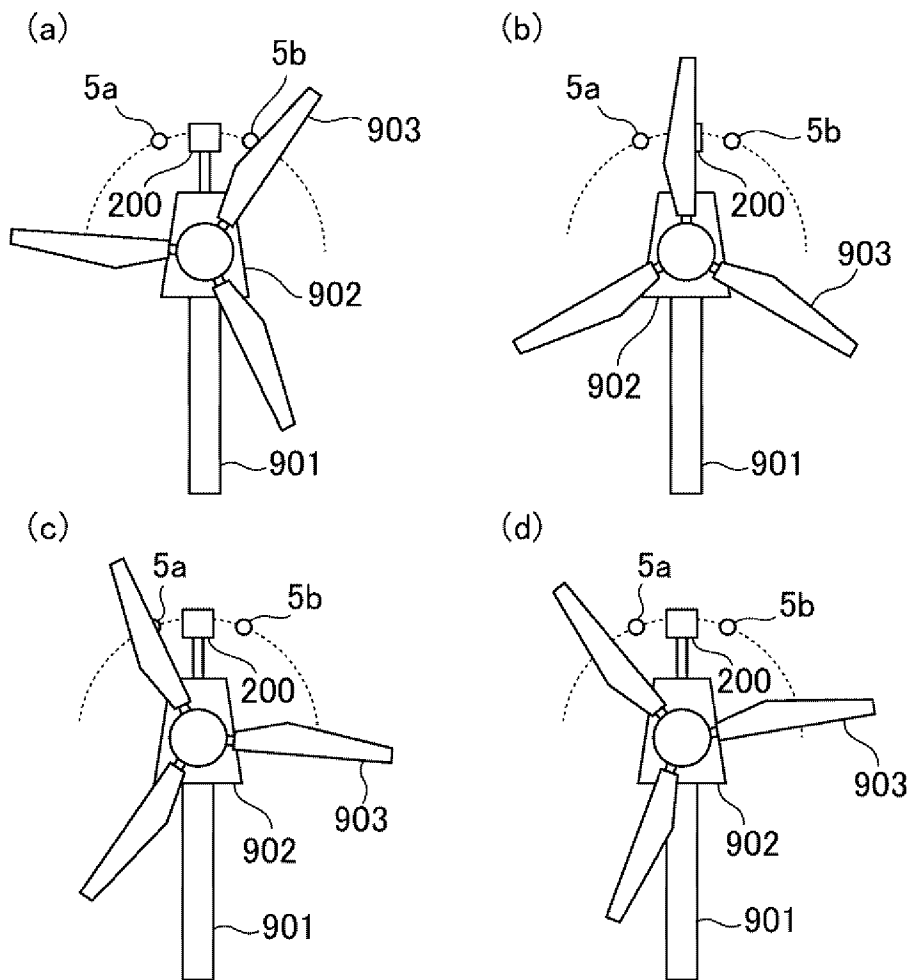
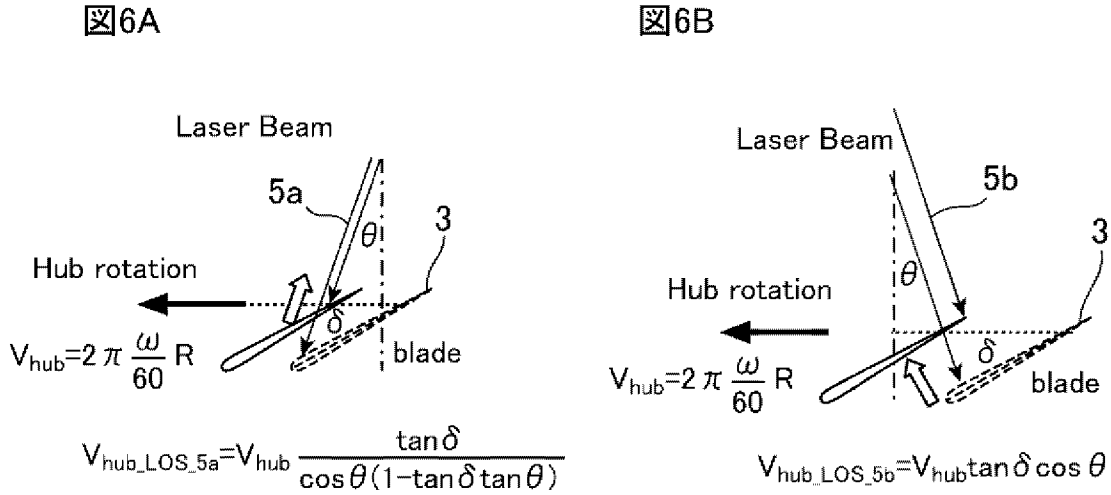


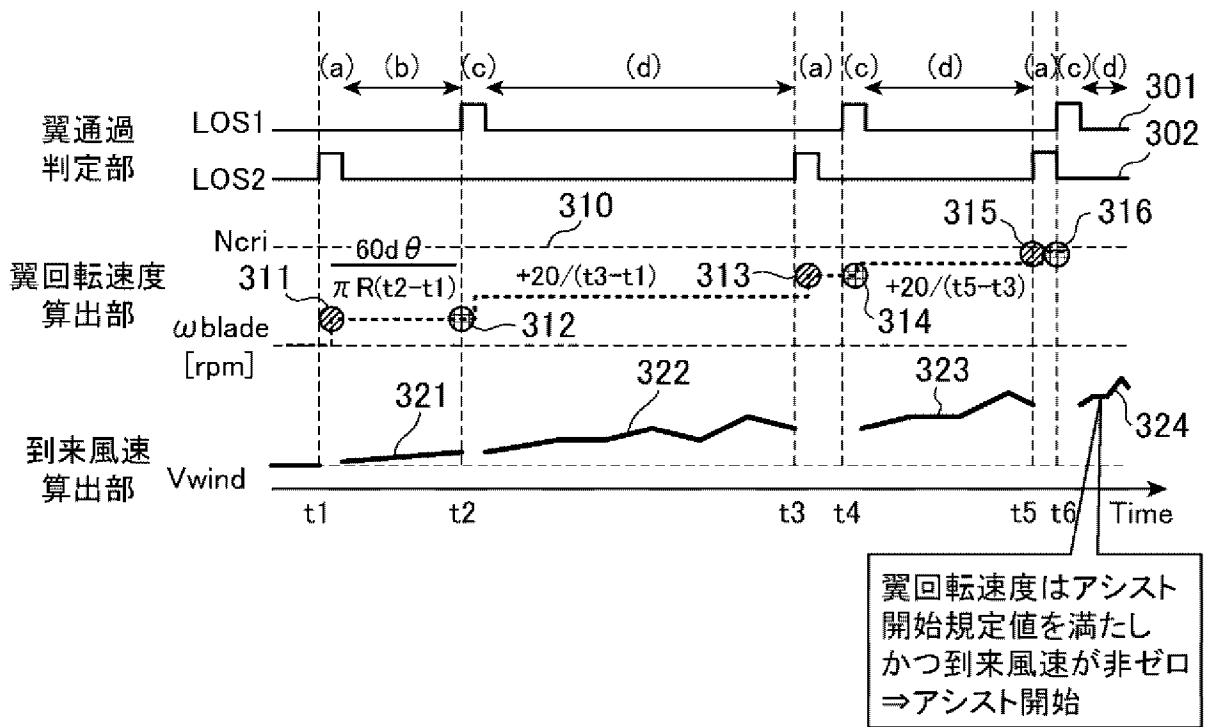
図5B



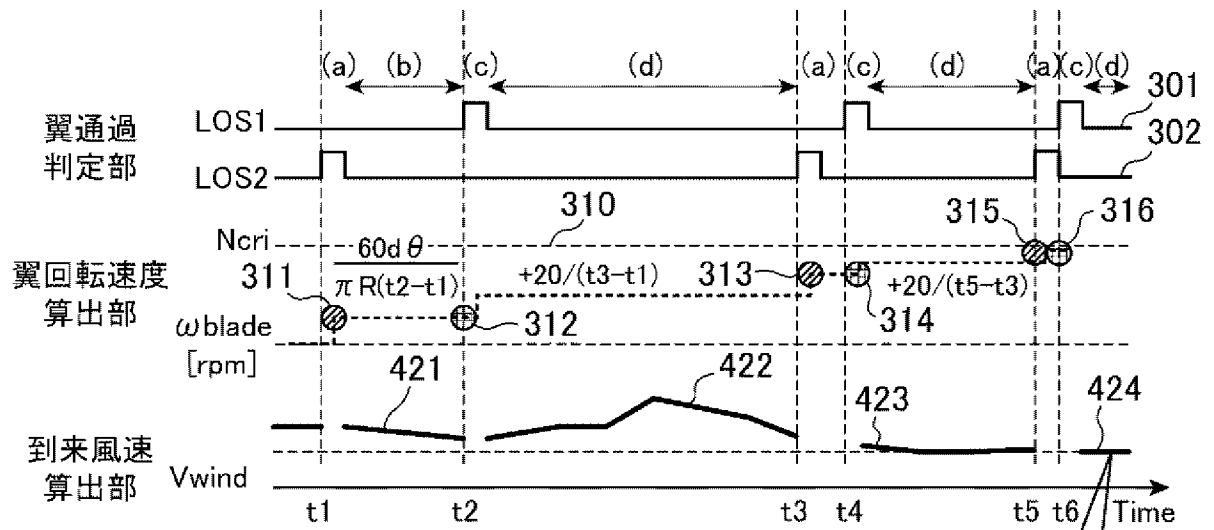
[図6]



[図7]



[図8]



翼回転速度はアシスト開始規定値を満たすが到来風速がゼロであるため、アシスト開始せず

[図9]

図9A

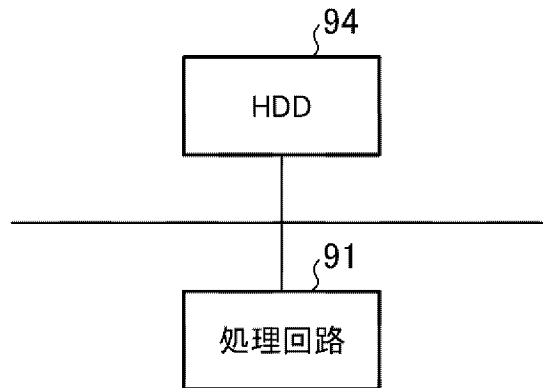
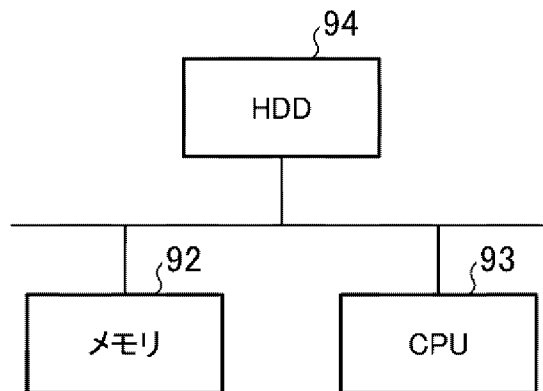


図9B



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/JP2016/056258

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
F03D7/04(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
F03D7/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2012-21412 A (Kyosan Electric Mfg. Co., Ltd.), 02 February 2012 (02.02.2012), paragraphs [0034] to [0038]; fig. 1, 7 (Family: none)	1-2 3
Y A	US 2014/0271181 A1 (PERLEY et al.), 18 September 2014 (18.09.2014), paragraphs [0027], [0029]; fig. 1 to 3 & EP 2778395 A2	1-2 3

Further documents are listed in the continuation of Box C.       See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 16 May 2016 (16.05.16)	Date of mailing of the international search report 24 May 2016 (24.05.16)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer  Telephone No.
--	---

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F03D7/04(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F03D7/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2012-21412 A（株式会社京三製作所）2012.02.02, 段落 [0034]-[0038], 図1, 7（ファミリーなし）	1-2 3
Y A	US 2014/0271181 A1（PERLEY et al.）2014.09.18, 段落[0027], [0029], 図1-3 & EP 2778395 A2	1-2 3

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー

- 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
- 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
- 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
- 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
- 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

- 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
- 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
- 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
- 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

16.05.2016

国際調査報告の発送日

24.05.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

富永 達朗

30

3866

電話番号 03-3581-1101 内線 3358