

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第6476250号
(P6476250)

(45) 発行日 平成31年2月27日(2019.2.27)

(24) 登録日 平成31年2月8日(2019.2.8)

(51) Int.Cl. F I
F O 3 D 7/04 (2006.01) F O 3 D 7/04 Z
F O 3 D 17/00 (2016.01) F O 3 D 17/00

請求項の数 15 (全 29 頁)

| | |
|--|--|
| <p>(21) 出願番号 特願2017-164700 (P2017-164700) (22) 出願日 平成29年8月29日 (2017.8.29) 審査請求日 平成29年10月20日 (2017.10.20)</p> | <p>(73) 特許権者 000006208 三菱重工業株式会社 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 (74) 代理人 110000785 誠真 I P 特許業務法人 (72) 発明者 馬場 満也 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内 審査官 岩田 健一</p> |
|--|--|

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 風力発電装置の診断方法及び診断システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

風力発電装置の診断方法であって、

前記風力発電装置の複数の風車翼のうち一の風車翼以外の他の風車翼の各々に対応するピッチアクチュエータを作動させずに前記他の風車翼の各々の前記ピッチアクチュエータをフェザー位置に固定したまま、前記一の風車翼に対応するピッチアクチュエータを作動させる作動ステップと、

前記一の風車翼に対応する前記ピッチアクチュエータの作動に対する応答を示す応答値を計測する計測ステップと、を備え、

前記作動ステップ及び前記計測ステップを前記複数の風車翼の各々について繰り返し実行し、前記風力発電装置の翼ピッチ機構のヘルスチェック用データとして前記応答値を取得する

ことを特徴とする風力発電装置の診断方法。

【請求項2】

各々の前記風車翼に対応する前記ピッチアクチュエータを駆動するための駆動電流を一定に維持した状態で該風車翼のピッチ角が第1目標値まで変化するのに要する第1時間を少なくとも含む前記翼ピッチ機構のヘルスチェック用データを取得する

ことを特徴とする請求項1に記載の風力発電装置の診断方法。

【請求項3】

各々の前記風車翼のピッチ角が一定レートで変化するように、該風車翼に対応する前記

10

20

ピッチアクチュエータを駆動するための駆動電流をフィードバック制御した場合における前記駆動電流の時間積分値を少なくとも含む前記翼ピッチ機構のヘルスチェック用データを取得する

ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の風力発電装置の診断方法。

【請求項 4】

前記駆動電流は、前記ピッチアクチュエータとしての油圧シリンダに圧油を供給するためのサーボ比例弁に与えるサーボ電流である

ことを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載の風力発電装置の診断方法。

【請求項 5】

風力発電装置の診断方法であって、

前記風力発電装置の複数の風車翼のうち一の風車翼以外の他の風車翼の各々に対応するピッチアクチュエータを作動させずに、前記一の風車翼に対応するピッチアクチュエータを作動させる作動ステップと、

前記一の風車翼に対応する前記ピッチアクチュエータの作動に対する応答を示す応答値を計測する計測ステップと、を備え、

前記作動ステップ及び前記計測ステップを前記複数の風車翼の各々について繰り返し実行し、前記風力発電装置の翼ピッチ機構のヘルスチェック用データとして前記応答値を取得するとともに、

前記複数の風車翼にそれぞれ対応して設けられる複数のピッチアキュムレータのうち一のピッチアキュムレータから供給される圧油によって前記一のピッチアキュムレータに対応する前記ピッチアクチュエータをフェザー側に作動させた後、前記一のピッチアキュムレータから供給される圧油のみによって前記ピッチアクチュエータをファイン側又はフェザー側に作動させる期間中に、前記一のピッチアキュムレータが設けられたピッチオイルラインの油の圧力と、前記一のピッチアキュムレータのガス圧力と、を計測するステップと、

前記ガス圧力と前記油の圧力との差が設定値に到達した時点又はそれ以降の設定値以上になった適切な時点の前記ガス圧力を、前記翼ピッチ機構のヘルスチェック用データとして取得するステップと、

を備えることを特徴とする風力発電装置の診断方法。

【請求項 6】

前記ガス圧力と前記油の圧力との差が設定値に到達した時点又はそれ以降の設定値以上になった適切な時点の前記ピッチアキュムレータのガスの温度の指標を取得するステップと、

前記時点の前記ガス圧力及び前記時点の前記温度の指標を、前記ピッチアキュムレータのヘルスチェック用データとして取得するステップと、

前記時点の前記ガス圧力と、前記時点の前記温度の指標との相関関係に基づいて、前記一のピッチアキュムレータの診断を行うステップと、

を備えることを特徴とする請求項 5 に記載の風力発電装置の診断方法。

【請求項 7】

前記複数の風車翼にそれぞれ対応して設けられる複数のピッチアキュムレータから危急弁の開操作により供給される圧油によって前記ピッチアクチュエータをフェザー側に作動させて、前記風車翼のピッチ角が第 2 目標値まで変化するのに要する第 2 時間を前記翼ピッチ機構の危急動作のヘルスチェック用データとして取得するステップを備え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力発電装置の診断方法。

【請求項 8】

前記複数の風車翼にそれぞれ対応して設けられる複数のピッチアキュムレータから、アキュムレータ電磁弁を介して供給される圧油によって前記ピッチアクチュエータをファイン側又はフェザー側に作動させて、前記風車翼のピッチ角が第 3 目標値まで変化するのに要する第 3 時間を、前記アキュムレータ電磁弁のヘルスチェック用データとして取得するステップを備える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力発電装置の

10

20

30

40

50

診断方法。

【請求項 9】

前記風力発電装置は、

前記ピッチアクチュエータとしての油圧シリンダに圧油を供給するためのオイル供給ラインと、

前記オイル供給ラインに設けられ、前記油圧シリンダに供給する圧油を調節するための比例弁と、を含み、

前記方法は、

前記オイル供給ラインへの圧油の供給及び該オイル供給ラインからの圧油の排出が停止された状態で、規定長さの時間の開始時点及び終了時点のそれぞれにおける該オイル供給ラインの圧力を、前記比例弁のヘルスチェック用データとして取得するステップを備えることを特徴とする請求項 1 乃至 8 の何れか一項に記載の風力発電装置の診断方法。

10

【請求項 10】

前記ピッチアクチュエータに供給する圧油を生成するためのポンプを起動してから規定時間経過後の前記ポンプの有効電力又は無効電力に関するデータ、又は、前記ポンプを起動してから該ポンプの吐出側のライン圧力が規定値に達するまでの時間を、前記ポンプのヘルスチェック用データとして取得するステップをさらに備える

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力発電装置の診断方法。

【請求項 11】

風力発電装置の診断方法であって、

前記風力発電装置への風速が所定値以下で、且つ、主軸回転数も所定値以下の条件で、前記風力発電装置の停止中又は待機中に前記翼ピッチ機構のヘルスチェック用データを取得し、

前記ヘルスチェック用データに対応する所定の正常管理値又は正常管理幅との比較で、翼ピッチ機構に点検が必要な状態と判断す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力発電装置の診断方法。

20

【請求項 12】

風力発電装置の診断システムであって、

前記風力発電装置の複数の風車翼のうち一の風車翼以外の他の風車翼の各々に対応するピッチアクチュエータを作動させずに前記他の風車翼の各々の前記ピッチアクチュエータをフェザー位置に固定したまま、前記一の風車翼に対応するピッチアクチュエータを作動させるように構成された風車コントローラと、

前記一の風車翼に対応する前記ピッチアクチュエータの作動に対する応答を示す応答値を計測する少なくとも一つのセンサと、を備え、

前記風車コントローラは、前記ピッチアクチュエータの作動と前記センサによる計測とを、前記複数の風車翼の各々について繰り返し実行して、前記風力発電装置の翼ピッチ機構のヘルスチェック用データとして前記応答値をメモリに記録するように構成されたことを特徴とする風力発電装置の診断システム。

30

【請求項 13】

前記風車コントローラの前記メモリから、前記翼ピッチ機構の前記ヘルスチェック用データを収集するためのデータ収集装置を備えることを特徴とする請求項 12 に記載の風力発電装置の診断システム。

40

【請求項 14】

前記データ収集装置により収集された前記ヘルスチェック用データに基づいて、前記翼ピッチ機構のヘルスチェックを行うように構成された診断装置を備えることを特徴とする請求項 13 に記載の風力発電装置の診断システム。

【請求項 15】

風力発電装置の診断システムであって、

前記風力発電装置の複数の風車翼のうち一の風車翼以外の他の風車翼の各々に対応するピッチアクチュエータを作動させずに、前記一の風車翼に対応するピッチアクチュエータ

50

を作動させるように構成された風車コントローラと、

前記一の風車翼に対応する前記ピッチアクチュエータの作動に対する応答を示す応答値を計測する少なくとも一つのセンサと、を備え、

前記風車コントローラは、前記ピッチアクチュエータの作動と前記センサによる計測とを、前記複数の風車翼の各々について繰り返し実行して、前記風力発電装置の翼ピッチ機構のヘルスチェック用データとして前記応答値をメモリに記録するように構成され、

前記風力発電装置の状態を示す1以上のパラメータに関する代表データを記憶するための代表データ記憶部と、

前記1以上のパラメータに関するデータを100ms以下の周期毎にそれぞれ取得し、取得した前記1以上のパラメータの前記データを該パラメータの前記代表データとして前記代表データ記憶部に記憶すべきか否かを前記周期ごとに判断するように構成された代表データ選択部と、

前記代表データ記憶部に記憶された前記風力発電装置の状態に関する前記1以上のパラメータの前記代表データを前記代表データ記憶部から収集するように構成されたデータ収集部と、を備え、

前記代表データ選択部は、前記ヘルスチェック用データを前記代表データとして選択するように構成された

ことを特徴とする風力発電施設の診断システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、風力発電装置の診断方法及び診断システムに関する。

【背景技術】

【0002】

風力発電装置では、風車翼のピッチ角を調節するための翼ピッチ機構が用いられる。翼ピッチ機構が正常に作動しないと、予期しない過大荷重が風車翼に作用し、風車翼に損傷が生じる場合がある。このようなリスクを低減するため、翼ピッチ機構が正常に作動するか否かを確認するための診断が行われている。

【0003】

翼ピッチ機構の診断方法として、例えば、特許文献1には、翼ピッチ機構を構成する油圧シリンダに供給する圧油を蓄えるためのアキュムレータが正常であるか否かを判定することが開示されている。より具体的には、アキュムレータのガス圧の指標として該アキュムレータの近傍の油通路の圧力を油圧センサで取得するようになっている。そして、油圧シリンダに圧油を供給する油圧ポンプを停止してから所定時間経過後に、上述の油圧センサでの検出値が所定値以下になっていれば、アキュムレータの蓄圧機能に異常が生じていると判定するようになっている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】国際公開第2011/101995号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、風力発電装置が複数の風車翼を備える場合には、通常、それぞれの風車翼ごとに翼ピッチ機構が設けられる。そこで、複数の風車翼のそれぞれについて、翼ピッチ機構を適切に診断することが求められる。

しかしながら、風力発電装置を構成する複数の風車翼のそれぞれの翼ピッチ機構を適切に診断するための手法は、特許文献1には具体的には開示されていない。

【0006】

上述の事情に鑑みて、本発明の少なくとも一実施形態は、複数の風車翼を備える風力発

10

20

30

40

50

電装置の翼ピッチ機構の詳細な診断が可能な風力発電装置の診断方法及び診断システム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】

【0007】

(1) 本発明の少なくとも一実施形態に係る風力発電装置の診断方法は、

前記風力発電装置の複数の風車翼のうち一の風車翼以外の他の風車翼の各々に対応するピッチアクチュエータを作動させずに、前記一の風車翼に対応するピッチアクチュエータを作動させる作動ステップと、

前記一の風車翼に対応する前記ピッチアクチュエータの作動に対する応答を示す応答値を計測する計測ステップと、を備え、

前記作動ステップ及び前記計測ステップを前記複数の風車翼の各々について繰り返し実行し、前記風力発電装置の翼ピッチ機構のヘルスチェック用データとして前記応答値を取得する

ことを特徴とする。

【0008】

上記(1)では、複数の風車翼のうち、ヘルスチェック用データの取得対象である風車翼(一の風車翼)以外の風車翼のピッチアクチュエータを作動させない状態で、風車翼毎に翼ピッチ機構のヘルスチェック用データを取得する。したがって、診断対象の風車翼以外の他の風車翼に対応するピッチアクチュエータの作動の影響が低減された状態で、診断対象の風車翼のピッチアクチュエータを作動させて、その作動に対応する応答値を取得することができる。よって、上記(1)の方法によれば、複数の風車翼を備える風力発電装置の翼ピッチ機構の詳細な診断が可能である。

【0009】

(2) 幾つかの実施形態では、上記(1)の方法において、

各々の前記風車翼に対応する前記ピッチアクチュエータを駆動するための駆動電流を一定に維持した状態で該風車翼のピッチ角が第1目標値まで変化するのに要する第1時間を少なくとも含む前記翼ピッチ機構のヘルスチェック用データを取得する。

【0010】

翼ピッチ機構に何らかの異常が生じているときには、所定の駆動電流をピッチアクチュエータに供給した場合におけるピッチレートが翼ピッチ機構の正常時と異なる場合がある。この場合、ピッチアクチュエータの駆動電流を一定に維持した状態でピッチ角が特定の大きさだけ変化する所要時間が、翼ピッチ機構の正常時と異なる。

上記(2)の方法によれば、各々の風車翼について、ピッチアクチュエータの駆動電流を一定にした状態で風車翼のピッチ角が第1目標値まで変化するのに要する第1時間を翼ピッチ機構のヘルスチェック用データとして取得するので、該第1時間に基づいて翼ピッチ機構の診断を適切に行うことができる。

【0011】

(3) 幾つかの実施形態では、上記(1)又は(2)の方法において、

各々の前記風車翼のピッチ角が一定レートで変化するよう、該風車翼に対応する前記ピッチアクチュエータを駆動するための駆動電流をフィードバック制御した場合における前記駆動電流の時間積分値を少なくとも含む前記翼ピッチ機構のヘルスチェック用データを取得する。

【0012】

翼ピッチ機構に何らかの異常が生じているときには、所定のピッチレートでピッチ角を変化させるために必要なピッチアクチュエータの駆動電流が翼ピッチ機構の正常時と異なる場合がある。

上記(3)の方法によれば、各々の風車翼について、ピッチ角が一定レートで変化するようピッチアクチュエータの駆動電流をフィードバック制御した場合の駆動電流の時間積分値を翼ピッチ機構のヘルスチェック用データとして取得するので、該駆動電流の時間積分値に基づいて翼ピッチ機構の診断を適切に行うことができる。

10

20

30

40

50

【0013】

(4) 幾つかの実施形態では、上記(2)又は(3)の方法において、

前記駆動電流は、前記ピッチアクチュエータとしての油圧シリンダに圧油を供給するためのサーボ比例弁に与えるサーボ電流である。

【0014】

上記(4)の方法によれば、ピッチアクチュエータとして油圧シリンダを用いた風力発電装置において、翼ピッチ機構の診断を適切に行うことができる。

【0015】

(5) 幾つかの実施形態では、上記(1)乃至(4)の何れかの方法は、

前記複数の風車翼にそれぞれ対応して設けられる複数のピッチアキュムレータのうち一のピッチアキュムレータから供給される圧油によって前記一のピッチアキュムレータに対応する前記ピッチアクチュエータをフェザー側に作動させた後、前記一のピッチアキュムレータから供給される圧油のみによって前記ピッチアクチュエータをフィン側又はフェザー側に作動させる期間中に、前記一のピッチアキュムレータが設けられたピッチオイルラインの油の圧力と、前記一のピッチアキュムレータのガス圧力と、を計測するステップと、

前記ガス圧力と前記油の圧力との差が設定値に到達した時点又はそれ以降の設定値以上になった適切な時点の前記ガス圧力を、前記翼ピッチ機構のヘルスチェック用データとして取得するステップと、

を備える。

【0016】

ピッチアキュムレータに蓄積された圧油が排出され、ピッチアキュムレータからピッチアクチュエータに供給可能な圧油が尽きたとき、ピッチアキュムレータが正常であれば、ピッチアキュムレータのガス圧力は初期封入圧となるが、ピッチアキュムレータに異常がある場合、ピッチアキュムレータのガス圧力は初期封入圧と異なる圧力となる場合がある。

上記(5)の構成によれば、風車翼毎に、各風車翼に対応するピッチアキュムレータに蓄積された圧油を、ピッチアクチュエータを作動させることによって排出させる。そして、ピッチアキュムレータのガス圧力と、該ピッチアキュムレータが設けられたピッチオイルラインの圧力との差が設定値に到達した時点(すなわち、アキュムレータ内の圧油が尽きたとみなせる時点)のガス圧力を、翼ピッチ機構のヘルスチェック用データとして取得する。よって、該ガス圧力を用いて、ピッチアキュムレータ(翼ピッチ機構)の診断を適切に行うことができる。

【0017】

(6) 幾つかの実施形態では、上記(5)の方法は、

前記ガス圧力と前記油の圧力との差が設定値に到達した時点又はそれ以降の設定値以上になった適切な時点の前記ピッチアキュムレータのガスの温度の指標を取得するステップと、

前記時点の前記ガス圧力及び前記時点の前記温度の指標を、前記ピッチアキュムレータのヘルスチェック用データとして取得するステップと、

前記時点の前記ガス圧力と、前記時点の前記温度の指標との相関関係に基づいて、前記一のピッチアキュムレータの診断を行うステップと、

を備える。

【0018】

ピッチアキュムレータのガス圧は、温度以外の条件が同じであっても、温度に応じて変化する。

上記(6)の構成によれば、該ピッチアキュムレータが設けられたピッチオイルラインの圧力との差が設定値に到達した時点(すなわち、アキュムレータ内の圧油が尽きたとみなせる時点)のガス圧と、当該時点におけるアキュムレータのガスの温度の指標との相関関係に基づいて、ピッチアキュムレータの診断を行う。よって、ピッチアキュムレータの

10

20

30

40

50

診断を精度良く行うことができる。

【0019】

(7) 幾つかの実施形態では、上記(1)乃至(6)の何れかの方法は、

前記複数の風車翼にそれぞれ対応して設けられる複数のピッチアクチュエータから危急弁の操作により供給される圧油によって前記ピッチアクチュエータをフェザー側に作動させて、前記風車翼のピッチ角が第2目標値まで変化するのに要する第2時間を前記翼ピッチ機構の危急動作のヘルスチェック用データとして取得するステップを備える。

【0020】

通常、風力発電装置は、危急時において、危急弁が作動してピッチアクチュエータからの圧油によってピッチアクチュエータがフェザー側に作動し、ピッチ角が所定時間以内に所定角度に変化するように設計される。

10

上記(7)の構成によれば、危急弁を操作することによって、ピッチアクチュエータをフェザー側に作動させて、ピッチ角が第2目標値まで変化するのに要する第2時間に基づいて、危急弁の動作や他の弁の状態に異常がないことを示す危急動作のヘルスチェックを適切に行うことができる。

【0021】

(8) 幾つかの実施形態では、上記(1)乃至(7)の何れかの方法は、

前記複数の風車翼にそれぞれ対応して設けられる複数のピッチアクチュエータから、アクチュエータ電磁弁を介して供給される圧油によって前記ピッチアクチュエータをフィン側又はフェザー側に作動させて、前記風車翼のピッチ角が第3目標値まで変化するのに要する第3時間を、前記アクチュエータ電磁弁のヘルスチェック用データとして取得するステップを備える。

20

【0022】

上記(8)の構成によれば、ピッチアクチュエータからアクチュエータ電磁弁を介して供給される圧油によってピッチアクチュエータを作動させて、ピッチ角が第3目標値までに変化するのに要する第3時間に基づいて、アクチュエータ電磁弁の診断を適切に行うことができる。

【0023】

(9) 幾つかの実施形態では、上記(1)乃至(8)の何れかの方法において、

前記風力発電装置は、

30

前記ピッチアクチュエータとしての油圧シリンダに圧油を供給するためのオイル供給ラインと、

前記オイル供給ラインに設けられ、前記油圧シリンダに供給する圧油を調節するための比例弁と、を含み、

前記方法は、

前記オイル供給ラインへの圧油の供給及び該オイル供給ラインからの圧油の排出が停止された状態で、規定長さの時間の開始時点及び終了時点のそれぞれにおける該オイル供給ラインの圧力を、前記比例弁のヘルスチェック用データとして取得するステップを備える。

【0024】

40

上記(9)の構成によれば、オイル供給ラインへの圧油の供給及び該オイル供給ラインからの圧油の排出が停止された状態で、規定期間の開始時点及び終了時点におけるオイル供給ライン圧力をヘルスチェック用データとして取得するので、該ヘルスチェック用データに基づいて、単位時間当たりのオイル供給ライン圧力の低下量、すなわち、比例弁を介したオイル供給ラインからの圧油のリーク量を算出することができる。よって、比例弁の診断を適切に行うことができる。

【0025】

(10) 幾つかの実施形態では、上記(1)乃至(9)の方法は、

前記ピッチアクチュエータに供給する圧油を生成するためのポンプを起動してから規定時間経過後の前記ポンプの有効電力又は無効電力に関するデータ、又は、前記ポンプを起

50

動してから該ポンプの吐出側のライン圧力が規定値に達するまでの時間を、前記ポンプのヘルスチェック用データとして取得するステップをさらに備える。

【0026】

上記(10)の構成によれば、ピッチアクチュエータの供給する圧油を生成するためのポンプを起動してから規定時間経過後のポンプの有効電力又は無効電力に関するデータ(例えば、ピーク値又は定常値等)、又は、前記ポンプを起動してから該ポンプの吐出側のライン圧力が規定値に達するまでの時間を、該ポンプのヘルスチェック用データとして取得する。よって、これらのヘルスチェック用データにより、ポンプの診断を適切に行うことができる。

【0027】

(11)幾つかの実施形態では、上記(1)乃至(10)の方法において、風力発電装置への風速が所定値以下で、且つ、主軸回転数も所定値以下の条件で、前記風力発電装置の停止中又は待機中に前記翼ピッチ機構のヘルスチェック用データを取得し、前記ヘルスチェック用データに対応する所定の正常管理値又は正常管理幅との比較で、翼ピッチ機構に点検が必要な状態と判断する。

【0028】

上記(11)の構成によれば、風速及び主軸回転数が所定値以下の条件で、風力発電装置の停止中又は待機中に翼ピッチ機構のヘルスチェック用データを取得する。すなわち、風車翼に作用する風荷重等の影響を低減した状態でヘルスチェック用データを取得するので、風力発電装置の診断を精度良く行うことができる。

【0029】

(12)本発明の少なくとも一実施形態に係る風力発電装置の診断システムは、前記風力発電装置の複数の風車翼のうち一の風車翼以外の他の風車翼の各々に対応するピッチアクチュエータを作動させずに、前記一の風車翼に対応するピッチアクチュエータを作動させるように構成された風車コントローラと、前記一の風車翼に対応する前記ピッチアクチュエータの作動に対する応答を示す応答値を計測する少なくとも一つのセンサと、を備え、前記風車コントローラは、前記ピッチアクチュエータの作動と前記センサによる計測とを、前記複数の風車翼の各々について繰り返し実行して、前記風力発電装置の翼ピッチ機構のヘルスチェック用データとして前記応答値をメモリに記録するように構成される。

【0030】

風車コントローラは、該風車コントローラの制御演算周期毎にセンサからの計測値を取得して所持することができる。上記(12)の構成によれば、風車コントローラにおいて制御演算周期毎に取得されるデータから、ヘルスチェック用データとして適切な応答値をメモリに記録する。このようにしてメモリに記憶されたヘルスチェック用データは、制御演算周期ごとの細やかなデータから得たものであり、風力発電装置の状態を的確に表すものである。よって、メモリに記憶されたヘルスチェック用データを用いて風力発電装置の診断を適切に行うことができる。

【0031】

(13)幾つかの実施形態では、上記(12)の構成において、前記診断システムは、前記風車コントローラの前記メモリから、前記翼ピッチ機構のヘルスチェック用データを収集するためのデータ収集装置を備える。

【0032】

上記(13)の構成によれば、データ収集部により、メモリからヘルスチェック用データを収集するようにしたので、制御演算周期ごとにデータを風車コントローラから直接取り出す場合に比べて、通信負荷を低減できるとともに、その後のデータ解析を容易に行うことができる。

【0033】

10

20

30

40

50

(14) 幾つかの実施形態では、上記(13)の構成において、

前記診断システムは、

前記データ収集装置により収集された前記ヘルスチェック用データに基づいて、前記翼ピッチ機構のヘルスチェックを行うように構成された診断装置を備える。

【0034】

上記(14)の構成によれば、データ収集装置により収集されたヘルスチェック用データに基づいて、診断装置により翼ピッチ機構のヘルスチェックを適切に行うことができる。

【0035】

(15) 本発明の少なくとも一実施形態に係る風力発電装置の診断システムは、

上記(1)乃至(11)の何れかに記載の診断方法を実行するための風力発電装置の診断システムであって、

前記風力発電装置の状態を示す1以上のパラメータに関する代表データを記憶するための代表データ記憶部と、

前記1以上のパラメータに関するデータを100ms以下の周期毎にそれぞれ取得し、取得した前記1以上のパラメータの前記データを該パラメータの前記代表データとして前記代表データ記憶部に記憶すべきか否かを前記周期ごとに判断するように構成された代表データ選択部と、

前記代表データ記憶部に記憶された前記風力発電装置の状態に関する前記1以上のパラメータの前記代表データを前記代表データ記憶部から収集するように構成されたデータ収集部と、を備え、

前記代表データ選択部は、前記ヘルスチェック用データを前記代表データとして選択するように構成される。

【0036】

上記(15)に係る診断システムでは、100ms以下の比較的短い周期ごとに風力発電装置の状態を示すパラメータのデータを取得し、当該データを代表データとして記憶すべきか否かを代表データ選択部において判断するようになっている。そして、代表データ記憶部には、代表データ選択部によって代表データとして記憶すべきであると判断されたデータとして、上記(1)~(11)で述べたヘルスチェック用データが記憶される。こうして代表データ記憶部に記憶されたヘルスチェックデータは、比較的短い周期ごとの細やかなデータから得たものであり、風力発電装置の状態を的確に表すものであるから、当該ヘルスチェックデータを用いることにより、風力発電装置の診断を適切に行うことができる。

また、データ収集部により、代表データ記憶部から代表データを収集するようにしたので、比較的短い周期ごとにデータを代表データ記憶部から直接取り出す場合に比べて、通信負荷を低減できるとともに、その後のデータ解析を容易に行うことができる。

よって、上記(15)の構成によれば、上述のようにして収集された代表データを用いることにより、通信負荷を低減しながら、容易なデータ解析により風力発電装置の診断を適切に行うことができる。

【発明の効果】

【0037】

本発明の少なくとも一実施形態によれば、複数の風車翼を備える風力発電装置の翼ピッチ機構の詳細な診断が可能な風力発電装置の診断方法及び診断システムが提供される。

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】一実施形態に係る風力発電装置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力発電装置の診断システムを示す概略図である。

【図3】図2に示す診断システムのうちピッチ駆動装置の部分をより詳細に示す図である。

【図4】幾つかの実施形態に係る診断方法のフローチャートである。

10

20

30

40

50

【図5】一実施形態に係る風力発電装置における油圧バルブ（比例弁）の駆動電流の指令値及び風車翼のピッチ角の時間変化の一例を示すグラフである。

【図6】一実施形態に係る風力発電装置における、風車コントローラからのピッチ指令角及び油圧バルブ（比例弁）の駆動電流の指令値の時間変化の一例を示すグラフである。

【図7】一実施形態に係る風力発電装置の風車翼についての、各バルブの位置と、風車翼のピッチ角と、ピッチアクチュエータのガス圧力及びピッチオイルラインの油の圧力の時間変化の一例を示すグラフである。

【図8】一実施形態に係る風力発電装置の特定の風車翼におけるピッチアクチュエータのガス圧とナセル内温度の関係を示すグラフである。

【図9】一実施形態に係る風力発電装置において、油圧ポンプの有効電力、無効電力、及び、油圧ポンプの吐出側の供給ラインの圧力の時間変化の一例を示す図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0039】

以下、添付図面を参照して本発明の幾つかの実施形態について説明する。ただし、実施形態として記載されている又は図面に示されている構成部品の寸法、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。

【0040】

まず、本発明の一実施形態に係る診断方法の診断対象となる風力発電装置について説明する。図1は、一実施形態に係る風力発電装置の全体構成を示す概略図である。同図に示すように、風力発電装置1は、風車翼4が取り付けられたハブ3と、ハブ3が連結される回転シャフト6とを含む風車ロータ2と、発電機10と、回転シャフト9を介して風車ロータ2の回転エネルギーを発電機10に伝えるためのドライブトレイン8と、を備える。発電機10は、ドライブトレイン8によって伝えられる風車ロータ2の回転エネルギーによって駆動されるように構成される。

20

【0041】

風力発電装置1において、風車翼4が受けた風の力によって風車ロータ2全体が回転すると、回転シャフト6からドライブトレイン8に回転が入力される。回転シャフト6から入力された回転はドライブトレイン8によって回転シャフト9を介して発電機10に伝達される。ドライブトレイン8は、回転シャフト6から入力された回転を増速するように構成された増速機であってもよい。ドライブトレイン8は、油圧ポンプと、高圧油ラインと、低圧油ラインと、油圧モータとを含む油圧式ドライブトレインや、機械式（ギヤ式）の増速機であってもよい。

30

あるいは、風力発電装置1は、ハブ3と発電機10とがドライブトレイン8を介さずに直接連結されたダイレクトドライブ方式の風力発電装置であってもよい。

ドライブトレイン8及び発電機10は、タワー12に支持されるナセル11の内部に収容されていてもよい。タワー12は水上又は陸上の基礎に立設されてもよい。

【0042】

風力発電装置1は、風車翼4のピッチ角を調節するための翼ピッチ機構20（図2参照）を備えている。翼ピッチ機構20は、風車翼4のピッチ角を変化させるように構成されたピッチ駆動装置14を含む。ピッチ駆動装置14は、複数の風車翼4の各々に設けられており、各ピッチ駆動装置14は、該ピッチ駆動装置14に対応する風車翼4のピッチ角を変化させるように構成されている。翼ピッチ機構20は、風車翼4のピッチ角を適切に変化させるように、風車コントローラ110によって制御されるようになっていてもよい。

40

【0043】

ピッチ駆動装置14は、風車翼4に接続されて、風車翼4のピッチ角を変化させるように作動するピッチアクチュエータを含む。ピッチアクチュエータは、油圧シリンダを含む油圧式のピッチアクチュエータであってもよく、あるいは、電動モータを含む電動式のピッチアクチュエータであってもよい。

【0044】

50

以下、ピッチ駆動装置 14 として、油圧シリンダを含む油圧式のピッチアクチュエータを採用した風力発電装置 1 について図を参照して説明するが、幾つかの実施形態では、ピッチ駆動装置 14 は電動式のピッチアクチュエータを含むものであってもよい。

【0045】

図 2 は、一実施形態に係る風力発電装置 1 の診断システム 100 を示す概略図であり、図 3 は、図 2 に示す診断システム 100 のうちピッチ駆動装置 14 の部分をより詳細に示す図である。

【0046】

図 2 に示すように、風力発電装置 1 の診断システム 100 は、ピッチアクチュエータとしての油圧シリンダ 16 を作動させるための風車コントローラ 110 と、油圧シリンダ 16 (ピッチアクチュエータ) の作動に対する応答を示す応答値を計測する少なくとも 1 つのセンサ (例えば、図 3 に示す圧力センサ 201, 202 や、ナセルの内部に設けられる温度センサ (不図示) 等) と、を備える。

風車コントローラ 110 は、以下説明する翼ピッチ機構 40 のヘルスチェック用データとして、上述の応答値を記録するためのメモリを含む。

【0047】

図 2 に示すように、油圧シリンダ 16 を含む翼ピッチ機構 20 は、油圧シリンダ 16 (ピッチアクチュエータ) 及び油圧バルブ 18 を含むピッチ駆動装置 14 と、油圧源としての油圧ポンプ 22 と、油を貯留するための油タンク 24 と、油圧ポンプ 22 と油圧シリンダ 16 との間に設けられた供給ライン 26 と、を含む。油タンク 24 に貯留された油は、供給ライン 26 を介して油圧シリンダ 16 に供給されるようになっている。なお、油圧シリンダ 16 は、各々の風車翼 4 の翼根部 5 (図 1 参照) に設けられていてもよい。

【0048】

なお、図示する実施形態において、風力発電装置 1 は、第 1 翼 ~ 第 3 翼からなる 3 枚の風車翼 4 を有し、ピッチ駆動装置 14 は、3 枚の風車翼 4 の各々に対応して設けられている。図 2 においては第 1 翼に対応するピッチ駆動装置 14 のみが明示的に図示されており、第 2 翼及び第 3 翼にそれぞれ対応するピッチ駆動装置 14 の図示は省略されているが、第 2 翼及び第 3 翼に対応するピッチ駆動装置 14 は、第 1 翼に対応するピッチ駆動装置 14 と同様の構成を有する。

【0049】

油タンク 24 には作動油が貯蔵されており、該作動油は、油圧ポンプ 22 によって昇圧され、供給ライン 26 を通って分配ブロック 28 及び流量調整弁 30 を介して、さらに風車翼 4 毎に設けられる分岐供給ライン 27 を通って各風車翼 4 毎に設けられた油圧バルブ 18 及び油圧シリンダ 16 へ供給される。

なお、各風車翼 4 に設けられる油圧シリンダ 16 からの油は、分岐返送ライン 31 及び返送ライン 32 を通って油タンク 24 に返送されるようになっている。また、供給ライン 26 と返送ライン 32 とは、リリース弁 34 を介して接続され、供給ライン 26 の圧力が規定値を超えた時にリリース弁 34 を介して圧油が返送ライン 32 に逃れるようにして、供給ライン 26 の圧力が過大とならないようにしてもよい。

【0050】

供給ライン 26 には、圧油を蓄積するためのアキュムレータ 41 が設けられていてもよい。また、供給ライン 26 の圧力、及び、アキュムレータ 41 のガス圧をそれぞれ検出するための圧力センサ 101, 102 が設けられていてもよい。

【0051】

図 2 及び図 3 に示すように、油圧シリンダ 16 は、油圧シリンダ 16 内を摺動するピストン 36 により隔てられる第 1 室 15 と第 2 室 17 とを含む。そして油圧シリンダ 16 は、第 1 室 15 への油の供給と第 2 室 17 への油の供給の切り替えにより、風車翼 4 のピッチ角の変化をファイン側又はフェザー側との間で切り替え可能に構成される。すなわち、油圧シリンダ 16 のピストンロッド 38 には風車翼 4 が接続されており、第 1 室 15 又は第 2 室 17 への油の供給量に応じてピストン 36 が移動すると、それに伴ってピストン口

10

20

30

40

50

ッド38に接続された風車翼4のピッチ角がファイン側とフェザー側との間で変化するようにになっている。

【0052】

油圧バルブ18は、分岐供給ライン27に設けられており、油圧シリンダ16への油の供給量を調節可能に、かつ、第1室15と第2室17との間で油の供給先を切り替え可能に構成される。

【0053】

幾つかの実施形態では、油圧バルブ18は、電流が付与されることにより、油圧シリンダ16（ピッチアクチュエータ）が駆動されるようになっている。すなわち、油圧バルブ18に付与される電流は、油圧シリンダ16（ピッチアクチュエータ）を駆動するための駆動電流である。

10

【0054】

一実施形態では、油圧バルブ18は、風車コントローラ110から風車翼4のピッチ角の調節のための指令値（電流指令値）に応じた駆動電流が付与されるようになっており、これにより、風車翼4のピッチ角を変化させる方向に応じて油圧流路を切り替えると共に、油圧シリンダ16へ供給する作動油の流量を制御する。

このような油圧バルブ18により油の供給先および供給量を調節することで、風車翼4のピッチ角を、油の供給量に応じて所望の量だけ任意に調節可能である。

【0055】

一実施形態では、油圧バルブ18は、2つのソレノイドの1つに入力電流（駆動電流）を与えることにより方向を制御し、入力電流（駆動電流）の大きさを変えることにより流量の大きさを制御することが可能な電磁比例制御弁である。

20

一実施形態では、油圧バルブ18は、駆動電流としてのサーボ電流を与えられて油圧シリンダ16（ピッチアクチュエータ）を駆動するように構成されたサーボ比例弁である。

【0056】

図3に示すように、風車翼4の各々に対応して設けられるピッチ駆動装置14は、種々のバルブを含む油圧回路により構成されていてもよい。

図3に示すピッチ駆動装置14において、比例弁である油圧バルブ18は、Aポート、Bポート、Pポート及びTポートを含む4つのポートを有している。これらのポートは、それぞれ、第1室15と油圧バルブ18とを接続する第1シリンダライン42、第2室17と油圧バルブ18とを接続する第2シリンダライン44、分岐供給ライン27、及び分岐返送ライン31に接続されている。そして、油圧バルブ18に供給される駆動電流に応じて、各ポートの接続状態が変わるようになっている。

30

【0057】

分岐供給ライン27には、圧油を蓄積するためのピッチアキュムレータ66が設けられたピッチオイルライン46が接続されている。ピッチオイルライン46には、ピッチオイルラインと分岐供給ライン27との連通状態を変更するためのアキュムレータ電磁弁56が設けられている。なお、ピッチアキュムレータ66に蓄積された圧油は、必要に応じて、分岐供給ライン27、又は、連通ライン48を介して、油圧シリンダ16の第1室15又は第2室17に供給可能になっている。

40

【0058】

ピッチオイルライン46に接続する連通ライン48からは、油圧シリンダ16の第1室15及び第2室17にそれぞれ接続される第1通路50及び第2通路52が分岐している。連通ライン48には、ピッチオイルライン46と第1通路50及び第2通路52との連通状態を変更するための電磁弁60が設けられている。また、第1通路50及び第2通路52には、それぞれパイロットチェック弁62、64が設けられている。

【0059】

パイロットチェック弁62、64は、パイロットライン54を介してパイロット圧が付与されるパイロットポートを有している。パイロットライン54と、分岐供給ライン27及び分岐返送ライン31との間には危急弁58が設けられており、この危急弁58の切替

50

えによって、パイロットチェック弁62, 64のパイロットポートに付与されるパイロット圧が切替えられるようになっている。

【0060】

図示する実施形態においては、危急弁58は電磁弁であり、危急弁58の励磁時には、パイロットライン54と比較的高圧の分岐供給ライン27が連通可能となり、該分岐供給ライン27の圧力がパイロット圧として、パイロットチェック弁62, 64のパイロットポートに付与される。また、危急弁58の非励磁時には、パイロットライン54と比較的低圧の分岐返送ライン31が連通可能となり、該分岐返送ライン31の圧力がパイロット圧として、パイロットチェック弁62, 64のパイロットポートに付与される。

以下、パイロットチェック弁62, 64のパイロットポートに比較的高圧の分岐供給ライン27の圧力がパイロット圧として付与される状態をパイロットONといい、比較的低圧の分岐返送ライン31の圧力がパイロット圧として付与される状態をパイロットOFFという。

【0061】

パイロットチェック弁62は、パイロットONのときには連通ライン48と第1通路50との間の圧油の流れを遮断するとともに、パイロットOFFのときには連通ライン48から第1通路50への圧油の流れを許容するチェック弁として機能する。

パイロットチェック弁64は、パイロットONのときには連通ライン48と第2通路52との間の圧油の流れを遮断するとともに、パイロットOFFのときには第2通路52から連通ライン48への圧油の流れを許容するチェック弁として機能する。

【0062】

分岐供給ライン27には、チェック弁68が設けられており、供給ライン26から供給される圧油の圧力が低下したときには、供給ライン26と分岐供給ライン27とを非連通状態とするようになっている。

また、ピッチオイルライン46及びピッチアキュムレータ66には、ピッチオイルラインの圧力及びピッチアキュムレータのガス圧力をそれぞれ検出するための圧力センサ201が設けられている。

【0063】

ここで、風車翼4のピッチ角を調節するときのピッチ駆動装置14の動作について簡単に説明する。

【0064】

風力発電装置1の通常運転時において、風車翼4のピッチ角をファイン側に変化させるときには、油圧バルブ18に駆動電流を与えて、油圧バルブ18のPポートとBポート、及び、TポートとAポートがそれぞれ接続されるように作動させる。そうすると、分岐供給ライン27からの圧油が、Pポート、Bポート、及び第2シリンダライン44を介して油圧シリンダ16の第2室17に導かれるとともに、第1室15の中の圧油が、第1シリンダライン42、Aポート及びTポートを介して分岐返送ライン31に導かれる。これにより、油圧シリンダ16のピストン36及びピストンロッド38が第1室15側に向かって移動し、風車翼4のピッチ角はファイン側に変化する。

【0065】

風力発電装置1の通常運転時において、風車翼4のピッチ角をファイン側に変化させるときには、油圧バルブ18に駆動電流を与えて、油圧バルブ18のPポートと、Aポート及びBポートとが接続されるように作動させる。そうすると、分岐供給ライン27からの圧油が、Pポート、Aポート、及び第1シリンダライン42を介して油圧シリンダ16の第1室15に導かれるとともに、第2室17の中の圧油が、第1シリンダライン42、Aポート及びBポートを介して第1室15に導かれる。これにより、油圧シリンダ16のピストン36及びピストンロッド38が第2室17側に向かって移動し、風車翼4のピッチ角はフェザー側に変化する。

【0066】

なお、風力発電装置1の通常運転時には、チェック弁68を介して、供給ライン26か

10

20

30

40

50

らの圧油がピッチ駆動装置 14 に供給される。また、アキュムレータ電磁弁 56 は励磁状態とされ、ピッチオイルライン 46 と分岐供給ライン 27 とが連通した状態となる。これにより、ピッチアキュムレータ 66 と分岐供給ライン 27 の圧力がほぼ同一となり、ピッチアキュムレータ 66 に圧油が蓄積された状態となる。また、危急弁 58 は励磁状態とされ、これにより、パイロットチェック弁 62, 64 はそれぞれ閉止された状態となる。

【0067】

風力発電装置 1 の危急時において、風車翼 4 のピッチ角をフェザー側に変化させるときには、油圧バルブ 18 に与える駆動電流をゼロとし、分岐供給ライン 27、分岐返送ライン 31、第 1 シリンダライン 42 及び第 2 シリンダライン 44 の接続が遮断されるように作動させる。また、危急弁 58 を非励磁状態として、これにより、パイロットチェック弁 62, 64 がそれぞれチェック弁として機能し、上述したように規定方向の圧油の流れが許容される。この際、電磁弁 60 は非励磁とされ、ピッチアキュムレータ 66 に蓄積された圧油が、連通ライン 48 及び第 1 通路 50 を介して、油圧シリンダの第 1 室 15 に導かれる。また、油圧シリンダの第 2 室 17 内の圧油は、第 2 通路 52 及び第 1 通路 50 を介して第 1 室 15 に導かれる。これにより、油圧シリンダ 16 のピストン 36 及びピストンロッド 38 が第 2 室 17 側に向かって移動し、風車翼 4 のピッチ角はフェザー側に変化する。

【0068】

以上に説明した風力発電装置 1 の診断を行うために、幾つかの実施形態に係る診断方法を適用することができる。

【0069】

図 4 は、幾つかの実施形態に係る診断方法のフローチャートである。

図 4 に示すように、幾つかの実施形態に係る診断方法では、まず、風力発電装置 1 の複数の風車翼 4 のうちの風車翼 4 (例えば第 1 翼) 以外の他の風車翼 4 (例えば第 2 翼及び第 3 翼) の各々に対応する油圧シリンダ 16 (ピッチアクチュエータ) を作動させずに、一の風車翼 (ここでは第 1 翼) に対応する油圧シリンダ 16 (ピッチアクチュエータ) を作動させる (作動ステップ S2)。

次に、ステップ S2 で油圧シリンダ 16 (ピッチアクチュエータ) を作動させた一の風車翼 4 (ここでは第 1 翼) に対応するピッチアクチュエータの作動に対する応答を示す応答値を計測する (計測ステップ S4)。

そして、上述の作動ステップ S2 及び計測ステップ S4 を、複数の風車翼 4 の各々について (すなわち、第 2 翼及び第 3 翼について) 繰り返し実行し (ステップ S6)、各風車翼 4 についてステップ S2 で計測された応答値を、翼ピッチ機構 20 のヘルスチェック用データとして取得する (ステップ S8)。

【0070】

上述した診断方法では、複数の風車翼 4 のうち、ヘルスチェック用データの取得対象である風車翼 (一の風車翼) 以外の風車翼 4 の油圧シリンダ 16 (ピッチアクチュエータ) を作動させない状態で、風車翼 4 毎に翼ピッチ機構 20 のヘルスチェック用データを取得する。したがって、診断対象の風車翼 4 以外の他の風車翼 4 に対応する油圧シリンダ 16 (ピッチアクチュエータ) の作動の影響が低減された状態で、診断対象の風車翼 4 の油圧シリンダ 16 (ピッチアクチュエータ) を作動させて、その作動に対応する応答値を取得することができる。よって、このようにして取得された応答値を含むヘルスチェック用データを用いて複数の風車翼 4 を備える風力発電装置 1 の翼ピッチ機構 20 の詳細な診断が可能である。

【0071】

また、上述した診断方法において、複数の風車翼 4 のうち、ヘルスチェック用データの取得対象以外の風車翼 4 について、油圧シリンダ 16 を作動させずにフェザー位置にある状態に維持しながら取得対象の風車翼 4 についての翼ピッチ機構 20 の応答値を取得することにより、風車ロータ 2 の回転数が低減された状態で、ヘルスチェック用データを取得することができる。すなわち、風車翼 4 に作用する風荷重を低減した状態でヘルスチェッ

10

20

30

40

50

ク用データを取得することができるので、より精度の良好な翼ピッチ機構 20 の診断を行うことが可能である。

【0072】

以下、幾つかの実施形態に係る風力発電装置 1 の診断方法について、図 5 ~ 図 9 を参照してより具体的に説明する。

【0073】

図 5 は、一実施形態に係る風力発電装置 1 における油圧バルブ 18 の駆動電流の指令値及び風車翼 4 のピッチ角の時間変化の一例を示すグラフである。

幾つかの実施形態では、計測ステップ S 2 で計測される油圧シリンダ 16 (ピッチアクチュエータ) の作動に対する応答値として、各々の風車翼 4 に対応する油圧シリンダ 16 (ピッチアクチュエータ) を駆動するための駆動電流を一定に維持した状態で、該風車翼 4 のピッチ角が第 1 目標値まで変化するのに要する第 1 時間を計測する。そして、ステップ S 8 では、上述の第 1 時間を少なくとも含む翼ピッチ機構 20 のヘルスチェック用データを取得する。

【0074】

翼ピッチ機構 20 に何らかの異常が生じているときには、所定の駆動電流をピッチアクチュエータに供給した場合におけるピッチレートが翼ピッチ機構 20 の正常時と異なる場合がある。この場合、ピッチアクチュエータの駆動電流を一定に維持した状態でピッチ角が特定の大きさだけ変化する所要時間が、翼ピッチ機構 20 の正常時と異なる。

よって、上述のように、各々の風車翼 4 について、ピッチアクチュエータの駆動電流を一定にした状態で風車翼 4 のピッチ角が第 1 目標値まで変化するのに要する第 1 時間を翼ピッチ機構 20 のヘルスチェック用データとして取得することにより、該第 1 時間に基づいて翼ピッチ機構 20 の診断を適切に行うことができる。

【0075】

例えば、本実施形態の一例として、図 5 に示す例では、油圧シリンダ 16 の油圧バルブ 18 に与える駆動電流の指令値として、ピッチ角をファイン側に駆動するための一定の駆動電流の指令値 I 1 を用いている。

ステップ S 2 ~ S 6 では、まず、第 2 翼及び第 3 翼については上記駆動電流の指令値をゼロに維持したまま(すなわち、ピッチ角を動かさない)、第 1 翼について、駆動電流の指令値を I 1 で一定に維持した状態で、第 1 翼のピッチ角が、基準値 A 0 からファイン側の第 1 目標値 A 1 まで変化するのに要する第 1 時間 T 1 1 を計測する。

次に、第 1 翼及び第 3 翼については上記駆動電流の指令値をゼロに維持してピッチ角を動かさずに、第 2 翼について、駆動電流の指令値を I 1 で一定に維持した状態で、第 2 翼のピッチ角が基準値 A 0 からファイン側の第 1 目標値 A 1 まで変化するのに要する第 1 時間 T 1 2 を計測する。

同様に、第 3 翼についても、第 3 翼のピッチ角が基準値 A 0 から第 1 目標値 A 1 まで変化するのに要する第 1 時間 T 1 3 を計測する。

【0076】

そして、ステップ S 8 において、このようにして得られた第 1 翼 ~ 第 3 翼のそれぞれについての第 1 時間 T 1 1 , T 1 2 , T 1 3 を、翼ピッチ機構 20 のヘルスチェック用データとして取得する。

【0077】

このヘルスチェック用データを用いて、例えば、第 1 翼についての第 1 時間 T 1 1 が第 2 翼及び第 3 翼についての第 1 時間 T 1 2 , T 1 3 よりも長い場合には、第 1 翼において翼ピッチ機構 20 に何らかの異常が生じている可能性があるかと判定することができる。

あるいは、上述のヘルスチェック用データを、定期的に、あるいは特定のタイミング(例えば風車の起動時等)で複数回取得して、特定の風車翼 4、例えば第 2 翼についての第 1 時間 T 1 2 が過去の第 2 翼についての第 1 時間 T 1 2 よりも長くなっているときに、第 2 翼において翼ピッチ機構 20 に何らかの異常が生じている可能性があるかと判定することができる。

【 0 0 7 8 】

なお、幾つかの実施形態では、油圧シリンダ 1 6 の油圧バルブ 1 8 に与える一定の駆動電流の指令値として、ピッチ角をフェザー側に駆動するための駆動電流の指令値 I_2 を用いてもよい。この場合、各風車翼 4 のピッチ角が、基準値（例えば、図 5 中の A_1 ）からフェザー側の第 1 目標値（例えば、図 5 中の A_0 ）まで変化するのに要する第 1 時間 T_{11}' 、 T_{12}' 、 T_{13}' （図 5 参照）をそれぞれ第 1 翼～第 3 翼についての応答値として計測し、これらを翼ピッチ機構 2 0 のヘルスチェック用データとして取得してもよい。

【 0 0 7 9 】

図 6 は、一実施形態に係る風力発電装置 1 における、風車コントローラ 1 1 0 からのピッチ指令角及び油圧バルブ 1 8 の駆動電流の指令値の時間変化の一例を示すグラフである

10

幾つかの実施形態では、計測ステップ S_2 で計測される油圧シリンダ 1 6（ピッチアクチュエータ）の作動に対する応答値として、各々の風車翼 4 のピッチ角が一定レートで変化するように、風車翼 4 に対応する油圧シリンダ 1 6（ピッチアクチュエータ）を駆動するための駆動電流をフィードバック制御した場合における該駆動電流の時間積分値を計測する。そして、ステップ S_8 では、上述の時間積分値を少なくとも含む翼ピッチ機構 2 0 のヘルスチェック用データを取得する。

【 0 0 8 0 】

翼ピッチ機構 2 0 に何らかの異常が生じているときには、所定のピッチレートでピッチ角を変化させるために必要なピッチアクチュエータの駆動電流が翼ピッチ機構 2 0 の正常時と異なる場合がある。

20

したがって、各々の風車翼 4 について、ピッチ角が一定レートで変化するようにピッチアクチュエータの駆動電流をフィードバック制御した場合の駆動電流の時間積分値を翼ピッチ機構 2 0 のヘルスチェック用データとして取得することにより、該駆動電流の時間積分値に基づいて翼ピッチ機構 2 0 の診断を適切に行うことができる。

【 0 0 8 1 】

例えば、本実施形態の一例として、図 6 に示す例では、ステップ $S_2 \sim S_6$ において、まず、第 2 翼及び第 3 翼については駆動電流の指令値をゼロに維持したまま（すなわち、ピッチ角を動かさずに）、第 1 翼について、一定のピッチレートで、風車翼 4 のピッチ角をフェザー側の A_0 からファイン側の A_2 まで変化させるように油圧シリンダ 1 6（ピッチアクチュエータ）の駆動電流のフィードバック制御を行う。そして、ピッチ指令角が A_0 からファイン側に変化し始める時刻 t_1 から、ピッチ指令角が A_2 に到達した時刻 t_2 までの駆動電流の時間積分値、すなわち、図 6 において S_1 で示す部分の面積を算出する

30

次に、第 2 翼及び第 3 翼についてもそれぞれ同様に、第 1 翼の場合と同じ一定のピッチレートで、風車翼 4 のピッチ角をフェザー側の A_0 からファイン側の A_2 まで変化させるように油圧シリンダ 1 6（ピッチアクチュエータ）の駆動電流のフィードバック制御を行ったときの、駆動電流の時間積分値、すなわち、図 6 において S_2 及び S_3 でそれぞれ示す部分の面積を算出する。

なお、第 1 翼～第 3 翼の各々について、上述の駆動電流の時間積分値を算出する際のピッチレートが同一であることから、ピッチ指令角が A_0 から A_2 になるまでの経過時間（第 1 翼～第 3 翼について、それぞれ、図 6 に示す $t_1 \sim t_2$ 、 $t_5 \sim t_6$ 、 $t_9 \sim t_{10}$ の期間の長さ）も、ほぼ同一となる。

40

【 0 0 8 2 】

そして、ステップ S_8 において、上述のようにして得られた第 1 翼～第 3 翼のそれぞれについての上述の駆動電流の時間積分値 S_1 、 S_2 、 S_3 を、翼ピッチ機構 2 0 のヘルスチェック用データとして取得する。

【 0 0 8 3 】

このヘルスチェック用データを用いて、例えば、第 1 翼についての駆動電流の時間積分値 S_1 が、第 2 翼及び第 3 翼についての駆動電流の時間積分値 S_2 、 S_3 よりも大きい場

50

合には、第1翼において翼ピッチ機構20に何らかの異常が生じている可能性があるとは判定することができる。

あるいは、上述のヘルスチェック用データを、定期的に、あるいは特定のタイミング（例えば風車の起動時等）で複数回取得して、特定の風車翼4、例えば第2翼についての駆動電流の時間積分値S2が過去の第2翼についての駆動電流の時間積分値S2よりも大きくなっているときに、第2翼において翼ピッチ機構20に何らかの異常が生じている可能性があるとは判定することができる。

【0084】

なお、幾つかの実施形態では、ステップS2～S6において、計測対象の風車翼4について、ファイン側の角度（例えば図6のA3）から、フェザー側の角度（例えば図6のA0）まで、一定のピッチレートで風車翼4のピッチ角を変化させるようにピッチアクチュエータの駆動電流のフィードバック制御を行ってもよい。そして、ピッチ指令角がA3からフェザー側に変化し始める時刻（図6のt3, t7, t11）から、ピッチ指令角がA0に到達した時刻（図6のt4, t8, t12）までの駆動電流の時間積分値、すなわち、図6においてS1', S2', S3'で示す部分の面積を算出し、これらを翼ピッチ機構20のヘルスチェック用データとして取得してもよい。

10

【0085】

図7は、一実施形態に係る風力発電装置1における、複数の風車翼4のうち1つ（例えば第1翼）についての、油圧バルブ18（比例弁）、危急弁58、及びアキュムレータ電磁弁56（Acc供給弁）の位置と、風車翼4のピッチ角と、ピッチアキュムレータ66のガス圧力（ガス圧）及びピッチオイルライン46の油の圧力（ライン圧）の時間変化の一例を示すグラフである（図3参照）。なお、ピッチアキュムレータ66のガス圧力及びピッチオイルライン46の油の圧力は、圧力センサ200, 201（図3参照）によってそれぞれ取得できる。

20

【0086】

幾つかの実施形態では、ステップS2～S6において、複数の風車翼4にそれぞれ対応して設けられる複数のピッチアキュムレータ66のうち一のピッチアキュムレータ66から供給される圧油によって前記一のピッチアキュムレータ66に対応する油圧シリンダ16（ピッチアクチュエータ）をフェザー側に作動させた後、前記一のピッチアキュムレータ66から供給される圧油のみによって油圧シリンダ16（ピッチアクチュエータ）をファイン側又はフェザー側に作動させる期間中に、前記一のピッチアキュムレータ66が設けられたピッチオイルライン46の油の圧力PGと、前記一のピッチアキュムレータ66のガス圧力PLと、を計測する。そして、ステップS8では、ピッチアキュムレータ66のガス圧力PGとピッチオイルライン46の油の圧力PLとの差Pが設定値に到達した時点のガス圧力PG1を、翼ピッチ機構20のヘルスチェック用データとして取得する。

30

【0087】

ピッチアキュムレータ66に蓄積された圧油が排出され、ピッチアキュムレータ66から油圧シリンダ16（ピッチアクチュエータ）に供給可能な圧油が尽きたとき、ピッチアキュムレータ66が正常であれば、ピッチアキュムレータ66のガス圧力PGは初期封入圧PG0となるが、ピッチアキュムレータ66に異常がある場合、ピッチアキュムレータ66のガス圧力PGは初期封入圧PG0と異なる圧力となる場合がある。

40

そこで、各風車翼4に対応するピッチアキュムレータ66に蓄積された圧油を、油圧シリンダ16（ピッチアクチュエータ）を作動させることによって排出させ、ピッチアキュムレータ66のガス圧力PGと、該ピッチアキュムレータ66が設けられたピッチオイルライン46の圧力PLとの差Pが設定値に到達した時点（すなわち、ピッチアキュムレータ66内の圧油が尽きたとみなせる時点）のガス圧力PG1を、翼ピッチ機構20のヘルスチェック用データとして取得することにより、該ガス圧力PG1を用いて、油圧シリンダ16（ピッチアキュムレータ）（翼ピッチ機構29）の診断を適切に行うことができる。

【0088】

50

例えば、本実施形態の一例として、図7に示す例では、ステップS2～S6において、まず、第2翼及び第3翼に対応する油圧シリンダ16（ピッチアクチュエータ）を作動させずに、第1翼を対象として、ピッチアキュムレータ66のガス圧力PG及びピッチオイルラインのライン圧PLとを計測する。

図7に示す事項t20からt23までの期間においては、リリーフ弁34（図2参照）が開放されている。これにより、油圧ポンプ22で生成された圧油は、リリーフ弁34を介して返送ライン32を通過して油タンク24に返送されるようになっており、分岐供給ライン27においてはチェック弁68の前後の圧力差によりチェック弁68は閉止され、供給ライン26からの圧油は、各風車翼4のピッチ駆動装置14には供給されない状態となっている。

10

【0089】

第1翼に対応するピッチ駆動装置14において、図7に示す時刻t20からt21までの期間において、危急弁58（電磁弁）が非励磁とされ、これにより、パイロットチェック弁62、64がチェック弁として機能するようになり、ピッチアキュムレータ66に蓄積された圧油が、連通ライン48及び第1通路50を介して、油圧シリンダ16（ピッチアクチュエータ）の第1室15に導入され、該油圧シリンダ16がフェザー側に作動される。なお、このとき第1翼のピッチ角はA5となっている。この際、ピッチアキュムレータ66の圧油が徐々に消費され、ピッチアキュムレータ66のガス圧PG及びピッチオイルラインのライン圧PLは、徐々に低下する。

【0090】

20

その後、時刻t21において、危急弁58を励磁するとともに油圧バルブ18（比例弁）に対しファイン側の励磁電流を与えて、ピッチアキュムレータ66に残存している圧油を、分岐供給ライン27及び油圧バルブ18を介して、油圧シリンダ16の第2室17に導く。すなわち、ピッチアキュムレータ66から供給される圧油のみによって、油圧シリンダ16をファイン側に作動させる。そして、ピッチアキュムレータ66のガス圧PGとピッチオイルライン46の油の圧力PLとの差Pが設定値に到達した時点（図7の時刻t22）のガス圧PG1を、翼ピッチ機構20のヘルスチェック用データとして取得する（ステップS8）。なお、この時点t22における風車翼4のピッチ角はA5となっている。

なお、ピッチアキュムレータ66内の圧油が尽きると、ピッチアキュムレータ66が設けられたピッチオイルライン46の圧力は急激に低下する傾向があるため、上述のガス圧PGとライン圧PLとの差Pが所定値以上に大きくなった時、ピッチアキュムレータ66の圧油が尽きたとみなすことができる。

30

【0091】

次に、第2翼及び第3翼についても、それぞれ第1翼の場合と同様に、ピッチアキュムレータ66のガス圧PGとピッチオイルライン46の油の圧力PLとの差Pが設定値に到達した時点（図7の時刻t22）のガス圧PG1を、翼ピッチ機構20のヘルスチェック用データとして取得する。

【0092】

ピッチアキュムレータ66が正常であれば、上述のガス圧PG1は、ピッチアキュムレータ66の初期封入圧力と同程度になるはずである。よって、例えば、第1翼についてヘルスチェックデータとして取得したガス圧PG1が初期封入圧よりも小さい場合、第1翼に対応するピッチアキュムレータ66に異常が生じていると判定することができる。

40

【0093】

幾つかの実施形態では、上述のようにして取得したガス圧PGとライン圧PLとの差Pが設定値に到達した時点（図7の時刻t22）のピッチアキュムレータ66のガスの温度の指標を取得する。そして、この時点t22のガス圧GL及び同じ時刻時点t22のガスの温度の指標を、ピッチアキュムレータ66のヘルスチェック用データとして取得する。

そして、この時点t22のガス圧GL及び前記温度の指標との相関関係に基づいて、

50

ピッチアキュムレータ 66 の診断を行う。

【 0 0 9 4 】

幾つかの実施形態では、上述の、ピッチアキュムレータ 66 のガスの温度の指標として、ナセル 11 (図 1 参照) 内に設置された温度センサ (不図示) を用いて取得されるナセル内温度を用いてもよい。

【 0 0 9 5 】

図 8 は、一実施形態に係る風力発電装置 1 の特定の風車翼 4 (例として第 1 翼) において、上述のようにして複数回取得された、ピッチアキュムレータ 66 のガス圧 P G と、ナセル内温度の関係を示すグラフである。なお、ガス圧 P G とナセル内温度は、定期的に、又は、規定のタイミング毎に取得されるようになっていてもよい。例えば、これらのパラメータは、風力発電装置 1 の起動される度に、その起動時に取得されるようになっていてもよい。

10

【 0 0 9 6 】

ピッチアキュムレータのガス圧は、温度以外の条件が同じであっても、温度に応じて変化する。したがって、ガス温度を考慮せずにガス圧 P G に基づいてピッチアキュムレータの診断を行った場合、適切な診断が行えない場合がある。

例えば、図 8 の直線 L 1 , L 1 ' 及び直線 L 2 , L 2 ' は、それぞれ、ガス圧 P G が適正範囲内にあるか否かを判断するためのガス圧の下限值及び上限値を示す直線である。直線 L 1 , L 1 ' は、それぞれ温度によらず一定の圧力値をとるのに対し、直線 L 2 , L 2 ' は、気体の状態方程式に基づいて、温度に依存して圧力値が変化するようにしている。

20

【 0 0 9 7 】

図 8 に示すような複数のガス圧 P G 1 のデータが取得された場合、P G 1 を示す各点は、温度に依存しない下限値の直線 L 1 以上かつ上限値の直線 L 1 ' 以下の範囲に含まれるので、直線 L 1 , L 1 ' を用いた評価によれば、ピッチアキュムレータ 66 に異常は生じていない、と判定される。

一方、温度に依存する直線 L 2 , L 2 ' を用いた評価によれば、P G 1 を示す各点のうち、ほとんどは下限値の直線 L 2 以上かつ上限値の直線 L 2 ' 以下の範囲に含まれるが、グラフ中に P G 1 x として示す点は、この範囲から外れている。したがって、上述のガス圧 P G 1 として、P G 1 x が取得されたときに、ピッチアキュムレータ 66 に異常が生じていたと判定することができる。

30

【 0 0 9 8 】

このように、ピッチアキュムレータ 66 のガス圧 P G と、ピッチオイルライン 46 のライン圧力 P L との差 P が設定値に到達した時点 t 22 (すなわち、アキュムレータ内の圧油が尽きたとみなせる時点 t 22) のガス圧 P G 1 と、当該時点 t 22 におけるピッチアキュムレータ 66 のガスの温度の指標との相関関係に基づいて、ピッチアキュムレータ 66 の診断を行うことにより、ピッチアキュムレータ 66 の診断を精度良く行うことができる。これにより、例えば、ガス温度に依存しないガス圧 P G 1 の閾値による診断 (例えば上述の直線 L 1 , L 1 ' に基づく診断) では見逃してしまう可能性のあるピッチアキュムレータ 66 の異常をも検出することができるようになる。

40

【 0 0 9 9 】

幾つかの実施形態では、複数の風車翼 4 (第 1 翼 ~ 第 3 翼) にそれぞれ対応して設けられる複数のピッチアキュムレータ 66 から危急弁 58 の操作により供給される圧油によって油圧シリンダ 16 (ピッチアクチュエータ) をフェザー側に作動させて、各風車翼 4 のピッチ角が第 2 目標値まで変化するのに要する第 2 時間を危急弁 58 のヘルスチェック用データとして取得してもよい。

【 0 1 0 0 】

より具体的には、危急弁 58 (図 3 参照) を非励磁とすることにより、パイロットチェック弁 62 , 64 をチェック弁として機能させ、ピッチアキュムレータ 66 に蓄積された圧油を、連通ライン 48 及び第 1 通路 50 を介して、油圧シリンダ 16 (ピッチアクチュ

50

エータ)の第1室15に導く。これにより、油圧シリンダ16をフェザー側に作動させて、各風車翼4のピッチ角が、基準値からフェザー側の第2目標値まで変化するのに要する第2時間を取得するようにしてもよい。

【0101】

なお、危急弁58によりピッチアクチュエータをフェザー側に作動させて上記第2時間を取得するステップは、複数の風車翼4のうち1つずつ行ってもよいし、あるいは、複数の風車翼4のうち2以上について同時に行ってもよい。

【0102】

通常、風力発電装置は、危急時において、危急弁が作動してピッチアキュムレータ66からの圧油によってピッチアクチュエータがフェザー側に作動し、各風車翼4のピッチ角が所定時間以内に所定角度に変化するように設計される。

10

上述の実施形態では、危急弁58を操作することによって、ピッチアクチュエータをフェザー側に作動させて、ピッチ角が第2目標値まで変化するのに要する第2時間に基づいて、危急弁のヘルスチェックを適切に行うことができる。

【0103】

幾つかの実施形態では、複数の風車翼4にそれぞれ対応して設けられる複数のピッチアキュムレータ66から、アキュムレータ電磁弁56を介して供給される圧油によって油圧シリンダ16(ピッチアクチュエータ)をファイン側又はフェザー側に作動させて、複数の風車翼4のピッチ角が第3目標値まで変化するのに要する第3時間を、アキュムレータ電磁弁56のヘルスチェック用データとして取得してもよい。

20

【0104】

より具体的には、リリーフ弁34(図2参照)を開放することにより、供給ライン26からの圧油が各風車翼4のピッチ駆動装置14には供給されない状態で、アキュムレータ電磁弁56(図3参照)を励磁するとともに、油圧バルブ18(比例弁)に対して、ファイン側又はフェザー側に作動させるように駆動電流を与える。これにより、ピッチアキュムレータ66からの圧油を、アキュムレータ電磁弁56及び油圧バルブ18(比例弁)を介して、油圧シリンダ16の第1室15又は第2室17に導くことにより、油圧シリンダ16を作動させて、ピッチ角が所定の基準値から第3目標値まで変化するのに要する第3時間を取得するようにしてもよい。

【0105】

なお、上述のように、ピッチアキュムレータ66からの圧油を、アキュムレータ電磁弁56を介して、油圧シリンダ16に供給して油圧シリンダ16を作動させて、上述の第3時間を取得するステップは、複数の風車翼4のうち1つずつ行ってもよいし、あるいは、複数の風車翼4のうち2以上について同時に行ってもよい。

30

【0106】

このように、ピッチアキュムレータ66からアキュムレータ電磁弁56を介して供給される圧油によって油圧シリンダ16(ピッチアクチュエータ)を作動させて、風車翼4のピッチ角が第3目標値までに変化するのに要する第3時間に基づいて、アキュムレータ電磁弁56の診断を適切に行うことができる。

【0107】

幾つかの実施形態では、分岐供給ライン27(オイル供給ライン)への圧油の供給及び該分岐供給ライン27(オイル供給ライン)からの圧油の排出が停止された状態で、規定長さの時間の開始時点及び終了時点のそれぞれにおける該分岐供給ライン27(オイル供給ライン)の圧力を、油圧バルブ18(比例弁)のヘルスチェック用データとして取得するようになっていてもよい。

40

【0108】

ここで、分岐供給ライン27(オイル供給ライン)への圧油の供給及び該分岐供給ライン27からの圧油の廃止が停止された状態とするため、リリーフ弁34(図2参照)を開放することにより、分岐供給ライン27においてチェック弁68の前後の圧力差によりチェック弁68が閉止された状態となるようにしてもよい。

50

また、分岐供給ライン 27 (オイル供給ライン) の圧力は、分岐供給ライン 27 に設けた圧力センサ (不図示) により取得してもよく、あるいは、アキュムレータ電磁弁 56 を励磁して分岐供給ライン 27 とピッチオイルライン 46 とを連通させた状態で、ピッチオイルライン 46 に設けられた圧力センサ 201 によって取得してもよい。

【0109】

このように、分岐供給ライン 27 (オイル供給ライン) への圧油の供給及び該分岐供給ライン 27 (オイル供給ライン) からの圧油の排出が停止された状態で、規定期間の開始時点及び終了時点における分岐供給ライン 27 (オイル供給ライン) の圧力をヘルスチェック用データとして取得することにより、該ヘルスチェック用データに基づいて、単位時間当たりのオイル供給ライン圧力の低下量、すなわち、油圧バルブ 18 (比例弁) を介した分岐供給ライン 27 (オイル供給ライン) からの圧油のリーク量を算出することができる。よって、油圧バルブ 18 (比例弁) の診断を適切に行うことができる。

10

【0110】

図 9 は、一実施形態に係る風力発電装置 1 において、油圧ポンプ 22 (図 2 参照) の有効電力、無効電力、及び、油圧ポンプ 22 の吐出側の供給ライン 26 の圧力の時間変化の一例を示す図である。図 9 において、時刻 t_{30} は、油圧ポンプ 22 の起動時である。

【0111】

幾つかの実施形態では、油圧シリンダ 16 (ピッチアクチュエータ) に供給する圧油を生成するための油圧ポンプ 22 (ポンプ: 図 2 参照) を起動した時点 t_{30} (図 9 参照) から規定時間経過後の時点の油圧ポンプ 22 の有効電力又は無効電力に関するデータ、又は、油圧ポンプ 22 を起動した時点 t_{30} から該油圧ポンプ 22 の吐出側の供給ライン 26 の圧力が規定値 P_A に達する時点 t_{32} までの時間を、油圧ポンプ 22 のヘルスチェック用データとしてさらに取得するようにしてもよい。

20

油圧ポンプ 22 の吐出側の供給ライン 26 の圧力は、供給ライン 26 に設けられた圧力センサ 101 (図 2 参照) によって取得するようにしてもよい。

【0112】

一実施形態では、油圧ポンプ 22 の有効電力に関するデータとして、油圧ポンプ 22 起動後の有効電力のピーク値、油圧ポンプ 22 起動した時点 t_{30} から、規定時間経過後であって、吐出側の供給ライン 26 の圧力が上昇中の期間における時点 t_{31} の有効電力、または、油圧ポンプ 22 起動した時点 t_{30} から、規定時間経過後であって、吐出側の供給ライン 26 の圧力が定常状態となった後の時点 t_{33} (ただし、 $t_{31} < t_{33}$) の有効電力を取得するようになっていてもよい。

30

【0113】

このように、油圧シリンダ 16 (ピッチアクチュエータ) に供給する圧油を生成するための油圧ポンプ 22 を起動してから規定時間経過後のポンプの有効電力又は無効電力に関するデータ (例えば、ピーク値又は定常値等)、又は、油圧ポンプ 22 を起動してから該油圧ポンプ 22 の吐出側の供給ライン 26 の圧力が規定値 P_A に達するまでの時間を、油圧ポンプ 22 のヘルスチェック用データとして取得する場合、これらのヘルスチェック用データにより、油圧ポンプ 22 の診断を適切に行うことができる。

【0114】

幾つかの実施形態では、風力発電装置 1 への風速が所定値以下で、且つ、回転シャフト 6 の回転数 (主軸回転数) も所定値以下の条件で、風力発電装置 1 の停止中又は待機中に翼ピッチ機構 20 のヘルスチェック用データを取得する。そして、ヘルスチェック用データに対応する所定の正常管理値又は正常管理幅との比較で、翼ピッチ機構 20 に点検が必要な状態であると判断する。すなわち、上述のようにして得られたヘルスチェック用データと閾値との比較により、又は、ヘルスチェック用データが規定の範囲内にあるか否かに基づいて、翼ピッチ機構 20 の診断を行う。

40

【0115】

このように、風速及び主軸回転数が所定値以下の条件で、風力発電装置 1 の停止中又は待機中に翼ピッチ機構 20 のヘルスチェック用データを取得することにより、風車翼 4 に

50

作用する風荷重等の影響を低減した状態でヘルスチェック用データが取得されるので、風力発電装置 1 の診断を精度良く行うことができる。

【 0 1 1 6 】

一実施形態は、風速が 1 2 m / s 以下の条件又は 1 0 m / s 以下の条件において、上述の翼ピッチ機構 2 0 のヘルスチェック用データを取得してもよい。

また、一実施形態では、主軸回転数が 1 . 3 r p m 以下又は 1 . 1 r p m 以下の条件において、上述の翼ピッチ機構 2 0 のヘルスチェック用データを取得してもよい。

これらの条件下で翼ピッチ機構 2 0 のヘルスチェック用データを取得することにより、風車翼 4 に作用する風荷重等の影響を十分低減した状態でヘルスチェック用データが取得されるので、風力発電装置 1 の診断を精度良く行うことができる。

10

【 0 1 1 7 】

幾つかの実施形態では、上述の診断方法において、各々の風車翼 4 について油圧シリンダ 1 6 (ピッチアクチュエータ)の作動に対応する応答値を計測する間における、風車ロータ 2 のアジマス角の変化量が 1 8 0 度以内であってもよい。

この場合、複数の風車翼 4 のそれぞれについて応答値を計測する間に、風車ロータ 2 のアジマス角の変化量が小さいので、風車ロータ 2 のアジマス角の変化に起因する風車翼 4 への荷重の変動等の影響を低減した状態で、上記応答値を取得することができる。これにより、風力発電装置 1 の診断を精度良く行うことができる。

【 0 1 1 8 】

幾つかの実施形態に係る診断方法は、複数の風車翼 4 のそれぞれの油圧シリンダ 1 6 (ピッチアクチュエータ)に共有されるように設けられた供給ライン 2 6 (共通オイルライン; 図 1 参照)の圧油を抜いた状態で、供給ライン 2 6 (共通オイルライン)の油の圧力と、供給ライン 2 6 (共通オイルライン)に設けられたアキュムレータ 4 1 のガス圧力と、を計測する。そして、アキュムレータ 4 1 のガス圧力と供給ライン 2 6 ラインの油の圧力との差が設定値以上になるまでのアキュムレータ 4 1 からの油の放出時間、または、供給ライン 2 6 の油の圧力が規定値まで低下した時点のアキュムレータ 4 1 のガス圧の少なくとも一方を、アキュムレータ 4 1 のヘルスチェック用データとして取得するようになっていてもよい。

20

【 0 1 1 9 】

あるいは、幾つかの実施形態に係る診断方法は、供給ライン 2 6 (共通オイルライン; 図 1 参照)に接続された他のオイルライン(不図示; 例えば、ヨーブレーキ装置に圧油を供給するためのヨーブレーキライン)の圧油を抜いた状態で、該オイルラインの油の圧力と、該オイルラインに設けられたアキュムレータのガス圧力と、を計測する。そして、該アキュムレータのガス圧力と上記オイルラインの油の圧力との差が設定値以上になるまでの上記アキュムレータからの油の放出時間、または、上記オイルラインの油の圧力が規定値まで低下した時点の上記アキュムレータのガス圧の少なくとも一方を、上記アキュムレータのヘルスチェック用データとして取得するようになっていてもよい。

30

【 0 1 2 0 】

例えば図 2 及び図 3 に示す実施形態のように、供給ライン 2 6 又は該供給ライン 2 6 に接続される他のオイルラインの圧油を抜いた状態では、各風車翼 4 に対応して設けられるピッチ駆動装置 1 4 の分岐供給ライン 2 7 には、供給ライン 2 6 からの圧油が供給されないようになっている場合がある。この場合、各風車翼 4 に対応したピッチ駆動装置 1 4 側のヘルスチェック用データ取得中においても、上述で述べたように、供給ライン 2 6 に設けられたアキュムレータ 4 1 や、他のオイルラインに設けられたアキュムレータのヘルスチェック用データを取得することができる。

40

【 0 1 2 1 】

幾つかの実施形態では、複数の風車翼 4 にそれぞれ対応して設けられる複数のピッチアキュムレータ 6 6 から危急弁 5 8 の操作により供給される圧油によって油圧シリンダ 1 6 7 (ピッチアクチュエータ)をフェザー側に作動させる際の危急動作ピッチレートを、危急弁 5 8 又はピッチアキュムレータ 6 6 のヘルスチェック用データとして取得するよう

50

してもよい。

たとえば、図7に示すように、危急弁58の操作を行った時点 t_20 （図7参照）における風車翼4のピッチ角 A_7 から、規定の角度 θ だけフェザー側のピッチ角に変化するまでに時間 t だけ経過したとき、危急動作ピッチレートは θ / t で表すことができる。

【0122】

上述の危急動作ピッチレートをヘルスチェック用データとして取得することにより、危急弁58又はピッチアキュムレータ66の診断を適切に行うことができる。

【0123】

上述したように、幾つかの実施形態に係る風力発電装置1の診断システム100では、
上述したヘルスチェック用データを、風車コントローラ110のメモリに記録するように
構成されている。

10

【0124】

風車コントローラ110は、該風車コントローラ110の制御演算周期毎にセンサからの計測値を取得して所持することができる。上述の実施形態では、風車コントローラ110において制御演算周期毎に取得されるデータから、ヘルスチェック用データとして適切な応答値をメモリに記録する。このようにしてメモリに記憶されたヘルスチェック用データは、制御演算周期ごとの細やかなデータから得たものであり、風力発電装置1の状態を的確に表すものである。よって、メモリに記憶されたヘルスチェック用データを用いて風力発電装置1の診断を適切に行うことができる。

20

【0125】

幾つかの実施形態では、診断システム100は、風車コントローラ110のメモリから、翼ピッチ機構40のヘルスチェック用データを収集するためのデータ収集装置（不図示）を備えていてもよい。

【0126】

この場合、データ収集装置により、メモリからヘルスチェック用データを収集するようにしたので、制御演算周期ごとにデータを風車コントローラ110から直接取り出す場合に比べて、通信負荷を低減できるとともに、その後のデータ解析を容易に行うことができる。

【0127】

なお、複数の風力発電装置1に対して共通のデータ収集装置が設けられていてもよい。例えば、複数の風力発電装置1を含むウィンドファームにおいて1台のデータ収集装置が設けられ、このデータ収集装置によって、ウィンドファームに属する複数の風力発電装置1の各々の風車コントローラ110のメモリから、ヘルスチェック用データを収集するようになっていてもよい。

30

【0128】

幾つかの実施形態では、診断システム100は、上述のデータ収集装置により収集されたヘルスチェック用データに基づいて、翼ピッチ機構40のヘルスチェックを行うように構成された診断装置を備えていてもよい。

【0129】

この場合、データ収集装置により収集されたヘルスチェック用データに基づいて、診断装置により翼ピッチ機構40のヘルスチェックを適切に行うことができる。

40

【0130】

幾つかの実施形態では、風力発電装置1の診断システム100は、センサによって取得された風力発電装置の状態を示す1以上のパラメータのデータから、代表データを選択するための代表データ選択部と、該代表データを記憶するための代表データ記憶部（メモリ）と、を含む。

代表データ選択部は、前記1以上のパラメータに関するデータを100ms以下の周期毎にそれぞれ取得し、取得した前記1以上のパラメータのデータを該パラメータの代表データとして代表データ記憶部に記憶すべきか否かを前記周期ごとに判断するように構成さ

50

れる。そして、該代表データ選択部は、上述したヘルスチェック用データを、代表データとして選択するように構成される。

【0131】

上述の診断システム100では、100ms以下の比較的短い周期ごとに風力発電装置の状態を示すパラメータのデータを取得し、当該データを代表データとして記憶すべきか否かを代表データ選択部において判断するようになっている。そして、代表データ記憶部には、代表データ選択部によって代表データとして記憶すべきであると判断されたデータとして、上述のヘルスチェック用データが記憶される。こうして代表データ記憶部に記憶されたヘルスチェックデータは、比較的短い周期ごとの細やかなデータから得たものであり、風力発電装置1の状態を的確に表すものであるから、当該ヘルスチェックデータを用いることにより、風力発電装置1の診断を適切に行うことができる。

10

【0132】

代表データ選択部は、風車コントローラ110がその機能を有していてもよく、あるいは、風車コントローラ110とは別の解析装置等が代表データ選択部の機能を果たしてもよい。

また、代表データ記憶部は、風車コントローラ110のメモリであってもよく、上述の解析装置等のメモリであってもよい。

【0133】

幾つかの実施形態では、上述の診断システム100は、代表データ記憶部に記憶された風力発電装置1の状態に関する前記1以上のパラメータの代表データである上記ヘルスチェックデータを、代表データ記憶部から収集するように構成されたデータ収集部を有していてもよい。

20

【0134】

このように、データ収集部により、代表データ記憶部から代表データを収集するようにしたので、比較的短い周期ごとにデータを代表データ記憶部から直接取り出す場合に比べて、通信負荷を低減できるとともに、その後のデータ解析を容易に行うことができる。

よって、上述のようにして収集された代表データを用いることにより、通信負荷を低減しながら、容易なデータ解析により風力発電装置1の診断を適切に行うことができる。

【0135】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上述した実施形態に限定されることはなく、上述した実施形態に変形を加えた形態や、これらの形態を適宜組み合わせた形態も含む。

30

【0136】

本明細書において、「ある方向に」、「ある方向に沿って」、「平行」、「直角」、「中心」、「同心」或いは「同軸」等の相対的或いは絶対的な配置を表す表現は、厳密にそのような配置を表すのみならず、公差、若しくは、同じ機能が得られる程度の角度や距離をもって相対的に変位している状態も表すものとする。

例えば、「同一」、「等しい」及び「均質」等の物事が等しい状態であることを表す表現は、厳密に等しい状態を表すのみならず、公差、若しくは、同じ機能が得られる程度の差が存在している状態も表すものとする。

40

また、本明細書において、四角形状や円筒形状等の形状を表す表現は、幾何学的に厳密な意味での四角形状や円筒形状等の形状を表すのみならず、同じ効果が得られる範囲で、凹凸部や面取り部等を含む形状も表すものとする。

また、本明細書において、一の構成要素を「備える」、「含む」、又は、「有する」という表現は、他の構成要素の存在を除外する排他的な表現ではない。

【符号の説明】

【0137】

- 1 風力発電装置
- 2 風車ロータ
- 3 ハブ

50

| | | |
|-------|-------------|----|
| 4 | 風車翼 | |
| 5 | 翼根部 | |
| 6 | 回転シャフト | |
| 8 | ドライブトレイン | |
| 9 | 回転シャフト | |
| 1 0 | 発電機 | |
| 1 1 | ナセル | |
| 1 2 | タワー | |
| 1 4 | ピッチ駆動装置 | |
| 1 5 | 第 1 室 | 10 |
| 1 6 | 油圧シリンダ | |
| 1 7 | 第 2 室 | |
| 1 8 | 油圧バルブ | |
| 2 0 | 翼ピッチ機構 | |
| 2 2 | 油圧ポンプ | |
| 2 4 | 油タンク | |
| 2 6 | 供給ライン | |
| 2 7 | 分岐供給ライン | |
| 2 8 | 分配ブロック | |
| 2 9 | 翼ピッチ機構 | 20 |
| 3 0 | 流量調整弁 | |
| 3 1 | 分岐返送ライン | |
| 3 2 | 返送ライン | |
| 3 4 | リリーフ弁 | |
| 3 6 | ピストン | |
| 3 8 | ピストンロッド | |
| 4 0 | 翼ピッチ機構 | |
| 4 1 | アキュムレータ | |
| 4 2 | 第 1 シリンダライン | |
| 4 4 | 第 2 シリンダライン | 30 |
| 4 6 | ピッチオイルライン | |
| 4 8 | 連通ライン | |
| 5 0 | 第 1 通路 | |
| 5 2 | 第 2 通路 | |
| 5 4 | パイロットライン | |
| 5 6 | アキュムレータ電磁弁 | |
| 5 8 | 危急弁 | |
| 6 0 | 電磁弁 | |
| 6 2 | パイロットチェック弁 | |
| 6 4 | パイロットチェック弁 | 40 |
| 6 6 | ピッチアキュムレータ | |
| 6 8 | チェック弁 | |
| 1 0 0 | 診断システム | |
| 1 0 1 | 圧力センサ | |
| 1 0 2 | 圧力センサ | |
| 1 1 0 | 風車コントローラ | |
| 1 6 7 | 油圧シリンダ | |
| 2 0 0 | 圧力センサ | |
| 2 0 1 | 圧力センサ | |
| 2 0 2 | 圧力センサ | 50 |

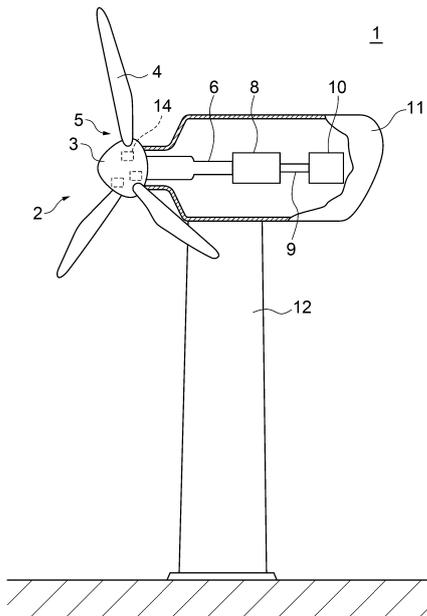
【要約】

【課題】複数の風車翼を備える風力発電装置の翼ピッチ機構の詳細な診断が可能な風力発電装置の診断方法を提供することを目的とする。

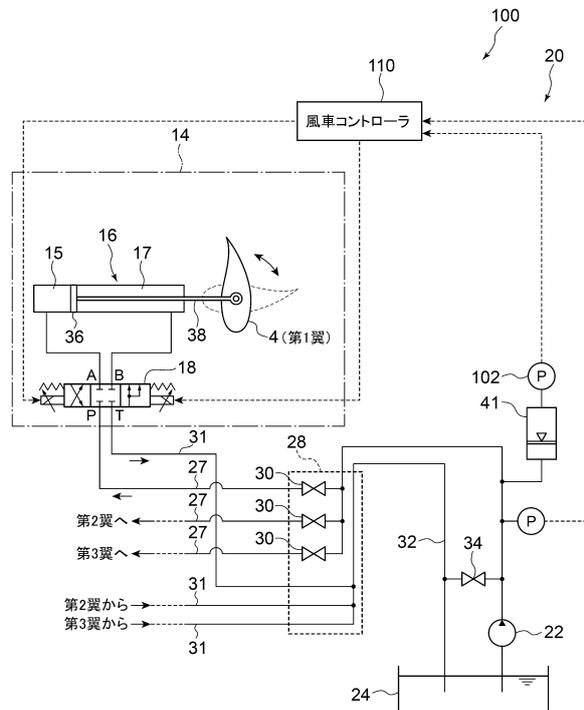
【解決手段】 風力発電装置の診断方法は、前記風力発電装置の複数の風車翼のうち一の風車翼以外の他の風車翼の各々に対応するピッチアクチュエータを作動させずに、前記一の風車翼に対応するピッチアクチュエータを作動させる作動ステップと、前記一の風車翼に対応する前記ピッチアクチュエータの作動に対する応答を示す応答値を計測する計測ステップと、を備え、前記作動ステップ及び前記計測ステップを前記複数の風車翼の各々について繰り返し実行し、前記風力発電装置の翼ピッチ機構のヘルスチェック用データとして前記応答値を取得することを特徴とする。

【選択図】 図4

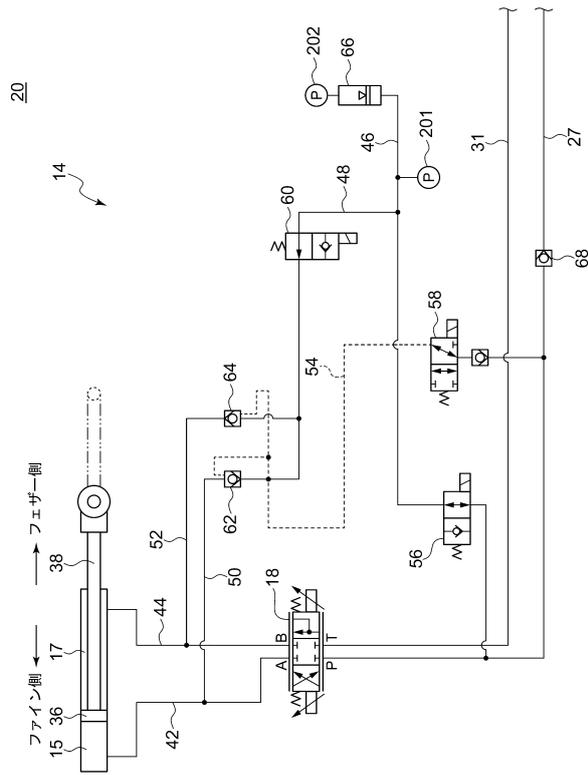
【図1】



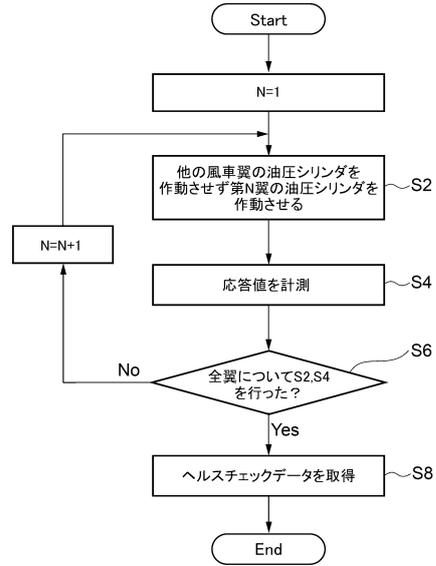
【図2】



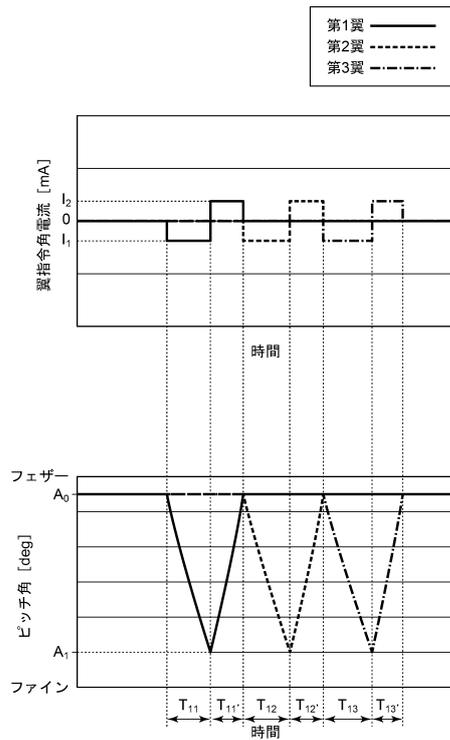
【図3】



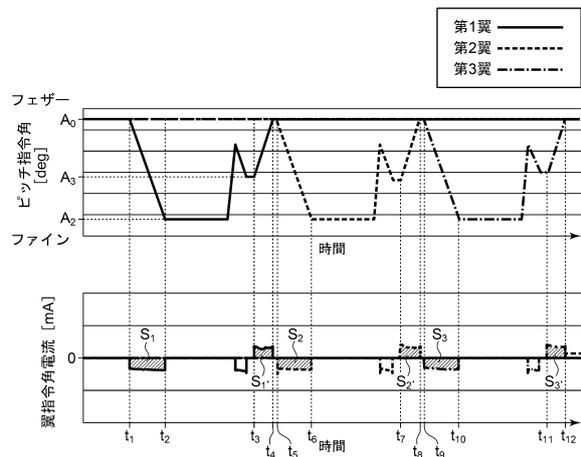
【図4】



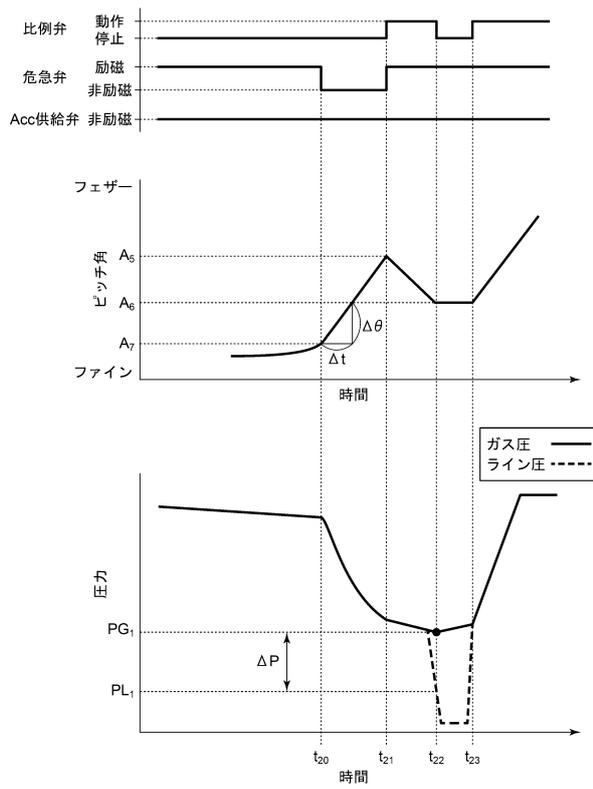
【図5】



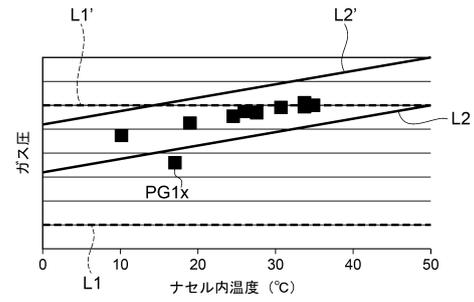
【図6】



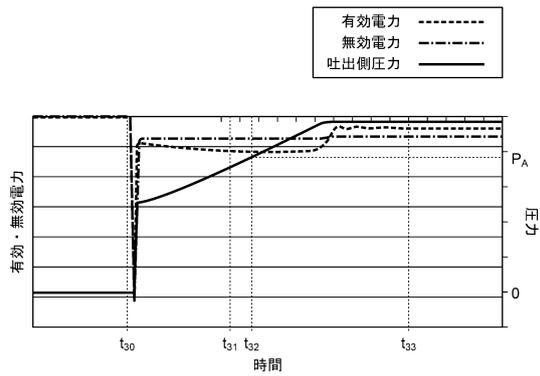
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2011/101995(WO, A1)

特開2012-197723(JP, A)

特開2006-105956(JP, A)

特開2016-125947(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F03D 7/04

F03D 17/00