

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4898925号
(P4898925)

(45) 発行日 平成24年3月21日 (2012. 3. 21)

(24) 登録日 平成24年1月6日 (2012. 1. 6)

(51) Int. Cl.	F 1
F 0 3 D 7/04 (2006. 01)	F 0 3 D 7/04 Z
F 0 3 D 11/00 (2006. 01)	F 0 3 D 11/00 Z

請求項の数 7 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2009-550122 (P2009-550122)	(73) 特許権者	000006208
(86) (22) 出願日	平成21年6月26日 (2009. 6. 26)		三菱重工業株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2009/061727		東京都港区港南二丁目16番5号
(87) 国際公開番号	W02010/150399	(74) 代理人	100112737
(87) 国際公開日	平成22年12月29日 (2010. 12. 29)		弁理士 藤田 考晴
審査請求日	平成21年11月26日 (2009. 11. 26)	(74) 代理人	100118913
			弁理士 上田 邦生
		(72) 発明者	溝上 岳人
			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	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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 風力発電装置及びその制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

風車ブレードの着氷量を検出する着氷検出手段を備え、

前記着氷検出手段により検出された着氷量が第1所定値を上回った場合に、運転モードを、発電を行わない無負荷運転モードに切り替え、前記無負荷運転モードで運転している状態で、前記着氷検出手段により着氷量を検出する風力発電装置。

【請求項 2】

前記無負荷運転モードで運転している状態において、前記第1所定値よりも大きい第2所定値を上回る着氷量が前記着氷検出手段により検出された場合に、運転を停止する請求項1に記載の風力発電装置。

【請求項 3】

前記無負荷運転モードで運転している状態において、前記第1所定値以下に設定された第3所定値を下回る着氷量が前記着氷検出手段により検出された場合に、通常運転モードに切り替える請求項1または請求項2に記載の風力発電装置。

【請求項 4】

前記無負荷運転モードにおいて、風車ロータ回転時、風車ブレードに付着した氷が、周囲の風力発電装置に到達しないように風車ロータの回転数が設定される請求項1から請求項3のいずれかに記載の風力発電装置。

【請求項 5】

前記着氷検出手段は、前記風車ブレードの物理特性に基づいて着氷量を検出する請求項

10

20

1 から請求項 4 のいずれかに記載の風力発電装置。

【請求項 6】

前記着氷検出手段が運転停止状態において着氷量を検出できない場合、

風車の運転停止時から、所定期間経過後に前記無負荷運転モードに切り替え、前記無負荷運転モードで運転している状態で、前記着氷検出手段により前記着氷量を検出する請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載の風力発電装置。

【請求項 7】

風車ブレードの着氷量を検出し、着氷量が第 1 所定値を上回った場合に、運転モードを、発電しない運転状態である無負荷運転モードに切り替え、前記無負荷運転モードで運転している状態で、着氷量を検出する風力発電装置の制御方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、風力発電装置及びその制御方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、自然エネルギーである風力を利用して発電を行う風力発電装置が知られている。風力発電装置は、外気温度の低下に伴い、空気中の過冷却水滴、または水蒸気等が、風車ブレード等に衝突して凍結が生じることによって、風車ブレード等に着氷が生じる。例えば、特許文献 1 には、風力発電装置の着氷を検出する方法が開示されている。

20

【特許文献 1】 米国特許第 7, 086, 834 号公報明細書

【発明の開示】

【0003】

ところで、着氷は、運転中に風車ブレードの前縁部に多く生じる傾向があり、そのような場合には、風車ブレードに風力が与えられても、所望の揚力が発生しないため、風車ブレードが回転せず、所望の運転を行うことができない。

【0004】

しかしながら、従来は、風力発電装置の起動前に着氷していた場合、着氷の程度に関わらず運転は見合わされていたため、風力発電装置の起動に時間がかかり、風力発電装置の稼働率が低下するという問題があった。

30

【0005】

本発明は、上記問題を解決するためになされたもので、風車ブレードの着氷に起因する風力発電装置の停止時間を低減することのできる風力発電装置及びその制御方法を提供することを目的とする。

【0006】

本発明の第 1 の態様は、風車ブレードの着氷量を検出する着氷検出手段を備え、前記着氷検出手段により検出された着氷量が第 1 所定値を上回った場合に、運転モードを、発電を行わない無負荷運転モードに切り替え、前記無負荷運転モードで運転している状態で、前記着氷検出手段により着氷量を検出する風力発電装置である。

【0007】

40

このような構成によれば、着氷検出手段によって検出された風車ブレードの着氷量が第 1 所定値を上回った場合に、無負荷運転モードに切り替えられ、無負荷運転モードで運転している状態において着氷量を検出される。

従来は、着氷があった場合に直ぐに運転を停止していたため、例えば、停止期間が長期間にわたる場合には、風車が備える機器が冷えてしまい、再起動に相当な時間を要するという問題があった。これに対し、本発明では、上述のように、着氷が検出されても、無負荷運転モードにより運転を継続して行うので、暖機を継続して行うことが可能となる。これにより、例えば、無負荷運転モードが実施されているときに着氷量が減少し、運転が再開される場合には、機器が暖められている状態から運転を再開することができ、運転再開に要する時間を短縮することが可能となる。

50

【0008】

上記風力発電装置が前記無負荷運転モードで運転している状態において、前記第1所定値よりも大きい第2所定値を上回る着氷量が前記着氷検出手段により検出された場合に、運転を停止することが望ましい。

【0009】

このような構成によれば、着氷量が第1所定値よりも大きく第2所定値以下の場合には、無負荷運転モードによる運転が行われ、着氷量が第2所定値を超えた場合に、運転が停止される。これにより、例えば、第2所定値として風力発電装置の運転に支障をきたす着氷量となる閾値を設定した場合には、風力発電装置の運転に支障をきたさない範囲において可能な限り無負荷運転モードによる運転を継続して行うことができ、暖機されている状態から運転再開を行う機会を増加させることができる。

10

【0010】

上記風力発電装置が前記無負荷運転モードで運転している状態において、前記第1所定値以下に設定された第3所定値を下回る着氷量が前記着氷検出手段により検出された場合に、通常運転モードに切り替えることとしてもよい。

【0011】

このように、無負荷運転モードで運転している状態において、着氷量が第1所定値以下に設定された第3所定値を下回った場合には、無負荷運転モードから通常運転モードに切り替えることとしている。これにより、一度、着氷量が第1所定値よりも大きくなった場合であっても、着氷量が減少した場合には通常運転に戻すので、風力発電装置の稼働効率低下を防止することができる。また、通常運転から無負荷運転の切替条件と、無負荷運転から通常運転の切替条件とにヒステリシスを設けることにより、運転制御の安定化を図ることができる。

20

【0012】

上記風力発電装置の前記無負荷運転モードにおいて、風車ロータ回転時、風車ブレードに付着した氷が、周囲の風力発電装置に到達しないように風車ロータの回転数が設定されることとしてもよい。

【0013】

このように、無負荷運転モードでは、風車ブレードに付着した氷が周囲の風力発電装置に到達しないように、風車ロータの回転数が設定される。これにより、風車ブレードに付着した氷が飛散することによる周囲への影響を防止することができる。

30

【0014】

上記風力発電装置の前記着氷検出手段は、前記風車ブレードの物理特性に基づいて着氷量を検出することとしてもよい。

これにより、既存の装置を流用して着氷量を算出することができる。また、物理特性とは、例えば歪等である。

【0015】

上記風力発電装置の前記着氷検出手段が運転停止状態において着氷量を検出できない場合、風車の運転停止時から、所定期間経過後に前記無負荷運転モードに切り替え、前記無負荷運転モードで運転している状態で、前記着氷検出手段により前記着氷量を検出することが望ましい。

40

このように、運転停止状態から所定時間経過後に無負荷運転モードで運転を開始し、無負荷運転モードで運転しつつ着氷の状態を検出するので、従来のように目視で着氷を確認してから再起動する場合よりも、運転停止時間を低減させることが可能となる。

【0016】

本発明の第2の態様は、風車ブレードの着氷量を検出し、着氷量が第1所定値を上回った場合に、運転モードを、発電しない運転状態である無負荷運転モードに切り替え、前記無負荷運転モードで運転している状態で、着氷量を検出する風力発電装置の制御方法である。

【0017】

50

本発明によれば、風車ブレードの着氷に起因する風力発電装置の停止時間を低減することのできるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明の実施形態に係る風力発電装置の概略構成を示した図である。

【図2】着氷検出部の一例を示した機能ブロック図である。

【図3】本発明の実施形態に係る風力発電装置の運転状態の変化を示す動作フローである。

【符号の説明】

【0019】

- 1 風力発電装置
- 4 ロータヘッド
- 7 着氷検出部（着氷検出手段）
- 10 風車ブレード
- 71 センシング部
- 72 信号処理部
- 73 信号受信部
- 74 着氷量算出部
- 75 運転モード切替部

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下に、本発明に係る風力発電装置の一実施形態について、図面を参照して説明する。

【0021】

図1は、本実施形態に係る風力発電装置1の概略構成を示した概略図である。

風力発電装置1は、図1に示されるように、支柱2と、支柱2の上端に設置されるナセル3と、略水平な軸線周りに回転可能にしてナセル3に設けられるロータヘッド4とを有している。ロータヘッド4には、その回転軸線周りに放射状に3枚の風車ブレード10が取り付けられている。これにより、ロータヘッド4の回転軸線方向から風車ブレード10に当たった風の力が、ロータヘッド4を回転軸線周りに回転させる動力に変換され、この動力が風力発電装置1に設けられた発電機によって電気エネルギーに変換されるようになっている。

【0022】

また、風力発電装置1は、風車ブレード10の着氷量を検出する着氷検出部（着氷検出手段）7を備えており、各風車ブレード10の着氷量を検出する。本実施形態において、着氷検出部7は、ロータヘッド4が回転している状態において、各風車ブレード10の着氷量を検出するものであり、センシング部71と信号処理部72とを備えている。

【0023】

センシング部71は、各風車ブレード10に設けられ、風車ブレード10の歪を検出し、信号処理部72に出力する。信号処理部72は、ロータヘッド4の内部等に設けられ、上記センシング部71における検出結果を受信し、検出結果から各風車ブレード10の着氷量を算出する。

【0024】

上記センシング部71及び信号処理部72は、風車ブレード10に係る荷重を計測するための装置であり、公知の装置である。例えば、センシング部71としては、F B G（Fiber Bragg Grating）センサを採用することができる。このF B Gセンサは、歪や熱によるブラッグ格子の格子間隔の変化を反射光の波長変化に基づいて読み取るセンサである。センシング部71（F B G）、および信号処理部72によって歪みを算出する技術については、公知の技術（例えば、insensys社製 製品番号WIND-SPEC-006-5）であるから、これらを使用した歪等の検出方法についての詳細な説明は省略する。

【0025】

より具体的には、図2に示されるように、信号処理部72は、信号受信部73、着氷量算出部74、及び運転モード切替部75を備えている。

信号受信部73は、周期的にセンシング部71に光を送出し、その反射光から波長変化を検出する。信号受信部73は、検出した波長の情報を着氷量算出部74に出力する。

【0026】

着氷量算出部74は、信号受信部73から取得した波長の情報に基づいて風車ブレード10の着氷量を算出する。例えば、着氷量算出部74は、取得した波長に基づいて歪を算出し、この歪値に基づいて風車ブレード10の曲げモーメントを算出し、算出された曲げモーメントに基づいて着氷量を算出する。

【0027】

着氷量算出部74には、着氷量に対して複数の閾値が設けられ、着氷量が閾値を超過したか否かの判定を行い、判定結果を運転モード切替部75に出力する。

また、着氷量算出部74による判定は、3つの風車ブレード10に対してそれぞれ行われる。

【0028】

運転モード切替部75は、着氷量算出部74の判定結果に基づいて運転モードを切り替える。また、少なくとも1つの風車ブレード10の着氷量が閾値を超過した場合に、運転モードを切り替えることが望ましい。

【0029】

なお、閾値とは、少なくとも1つの風車ブレード10の着氷量に対して設定される第1所定値、及び第1所定値よりも大きい第2所定値等である。また、本実施形態において、第3所定値は、第1所定値と等しい値を用いることとする。

【0030】

より具体的には、少なくとも1つの風車ブレード10の着氷量が第1所定値を超過したと判定された場合に、運転モード切替部75は風力発電装置1の運転モードを無負荷運転モードに切り替える。無負荷運転モードとは、例えば、発電しない運転（無負荷）状態である。また、例えば、第1所定値は、着氷は検出されているが、運転を停止させる必要がないような着氷量に設定されることが好ましい。

【0031】

また、運転モード切替部75は、無負荷運転モードで運転している状態で、少なくとも1つの風車ブレード10の着氷量が、着氷量算出部74により第1所定値以下であると判定された場合には、風力発電装置1の運転モードを通常運転モードに切り替える。

【0032】

また、運転モード切替部75は、無負荷運転モードで運転している状態で、少なくとも1つの風車ブレード10の着氷量が、着氷算出部74により第2所定値を超過したと判定された場合には、風力発電装置1の運転を停止させる。具体的には、第2所定値は、第1所定値より大きな値に設定される。また、風力発電装置1の運転に支障をきたす氷量を第2所定値とすることが好ましい。運転に支障をきたす氷量とは、風力発電装置1の運転に不具合が生じるような着氷量の値である。例えば、支柱2下部の応力が所定値よりも大きくなる場合、または軸受、増速機等の許容荷重を超過した場合等である。

【0033】

このように、風力発電装置1の運転を停止させる着氷量の閾値を別途設けることにより、着氷量が第1所定値よりも大きく第2所定値以下の範囲においては、無負荷運転モードで運転することで、着氷の状態を監視することができ、着氷の状態が減少した場合には、速やかに通常運転モードに切り替えることが可能となる。

【0034】

また、風車ブレード10が停止されている状態から運転を開始する場合に、風力発電装置1は無負荷運転モードに切り替え、上記と同様の閾値の判定を行う。なお、着氷量が第2所定値よりも大きいことが確認されることにより、風力発電装置1の運転が停止された場合には、所定の時間間隔で着氷量が検出され、着氷量が第2所定値以下となっていたこ

10

20

30

40

50

とが確認された場合には、無負荷運転モードが再開される。なお、本実施形態で採用しているセンシング部 71 は、ロータの回転が停止している状態において着水量を検出することができないため、風力発電装置 1 の運転が停止されている場合には、所定の時間間隔でロータを回転させ、この状態で着水量を検出するものとする。

【0035】

上記無負荷運転モードにおいて、風車ロータの回転数は、風車ロータが回転したときに、風車ブレード 10 に付着した氷の飛散する距離が周囲の風力発電装置 1 に到達する距離より小さい飛距離となる回転数に設定される。より具体的には、ある回転数（例えば、発電しない運転状態とすることから、低い回転数）のときの風車ブレード 10 の速度を算出し、算出された速度で前縁部分に付着した氷が飛散する距離が、近隣に設置されている風力発電装置 1 との距離以下となるような回転数に設定されている。例えば、風車間の間隔が 190 メートルである場合には、ロータ 4 の回転数は 1 rpm から 6 rpm となるように制御する。

10

【0036】

次に、本実施形態に係る風力発電装置 1 の作用について、運転中に着氷を検出した場合と運転停止状態から起動する場合として、順を追って説明する。

まず、風力発電装置 1 の運転中に着氷を検知した場合について、図 3 を用いて説明する。

【0037】

風力発電装置 1 が運転中である場合に、着氷検出部 7 のセンシング部 71 と信号受信部 73 とによって歪が計測され（ステップ SA1）、この計測結果が着水量算出部 74 に出力される。また、着水量算出部 74 において、計測された歪に基づいて風車ブレード 10 に付着した着水量 W_i が算出され、定期的に第 1 所定値を上回っているか否かを判定し、運転モード切替部 75 において運転モードを切り替える（ステップ SA2）。

20

【0038】

着水量 W_i が第 1 所定値を上回っていない場合には、風力発電装置 1 の運転モードを「通常運転」モードにする。着水量 W_i が第 1 所定値を上回っていると判定された場合には、運転モード切替部 75 は、風力発電装置 1 の運転モードを「無負荷運転」モードに切り替える（ステップ SA4）。

【0039】

無負荷運転モードで運転している場合において、着水量 W_i が第 2 所定値を上回っているか否かが定期的に判定され（ステップ SA5）、上回っている場合には、着水量 W_i が増加したこととなり、風力発電装置 1 の運転を停止する（ステップ SA6）。また、着水量 W_i が第 2 所定値を上回っていない場合には、ステップ SA1 に戻り、着水量 W_i の計測を継続する。

30

【0040】

続いて、風力発電装置 1 が停止状態から起動する場合について、図 3 を用いて説明する。

着水量 W_i が第 2 所定値を上回ったことにより風力発電装置 1 が停止された状態から、所定時間（例えば、1 時間）経過したか否かが判定される（ステップ SA7）。所定時間経過したと判定された場合には、「無負荷運転」モードで運転を開始し（ステップ SA8）、ステップ SA1 に戻り、着水量 W_i の計測を継続する。また、所定時間経過していない場合には、所定時間経過したか否かの判定を繰り返す（ステップ SA7）。

40

【0041】

以上説明してきたように、本実施形態に係る風力発電装置 1 及びその制御方法によれば、風車ブレード 10 から計測された歪から、風車ブレード 10 に付着した着水量を算出し、この着水量が第 1 所定値を超過しているか否かを判定し、超過していれば無負荷運転モードに切り替える。さらに、無負荷運転モードによって、第 2 所定値を超過したか、または第 1 所定値を下回るかによって運転モードに切り替える。

【0042】

50

このように、本実施形態によれば、着氷が検出された場合に、ただちに運転を停止するのではなく、無負荷運転モードで運転する期間を設け、この無負荷運転モード運転中における着氷の状態に応じて運転を停止するか、または、通常運転モードに切り替えるかを判断することとしている。これにより、例えば、着氷量が減少して第1所定値以下となった場合には、無負荷運転モードの状態から速やかに通常運転モードに切り替えることが可能となる。これにより、風力発電装置1の稼働率を向上させることができる。

【0043】

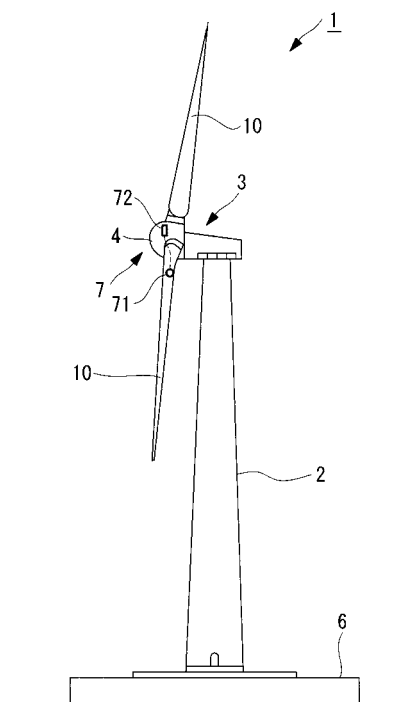
なお、本実施形態においては、ロータヘッド4が回転している状態において着氷量を検出することとしていたが、これに限定されない。例えば、ロータヘッド4が回転していない状態であっても着氷量を検出するものを使用することとしてもよい。この場合には、運

10

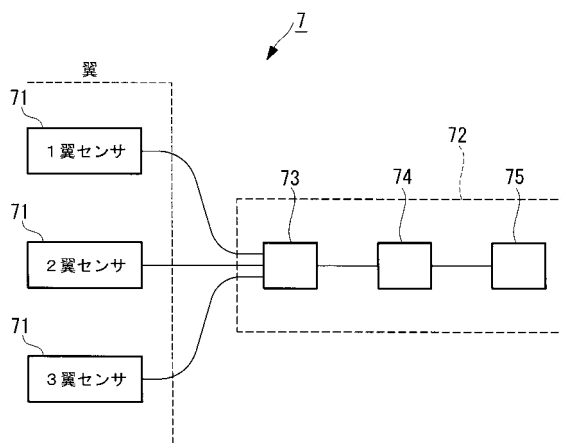
【0044】

また、本実施形態においては、第3所定値は第1所定値と等しいものとしていたが、これに限定されない。例えば、第3所定値は、第1所定値よりも小さい値としてもよいこととする。

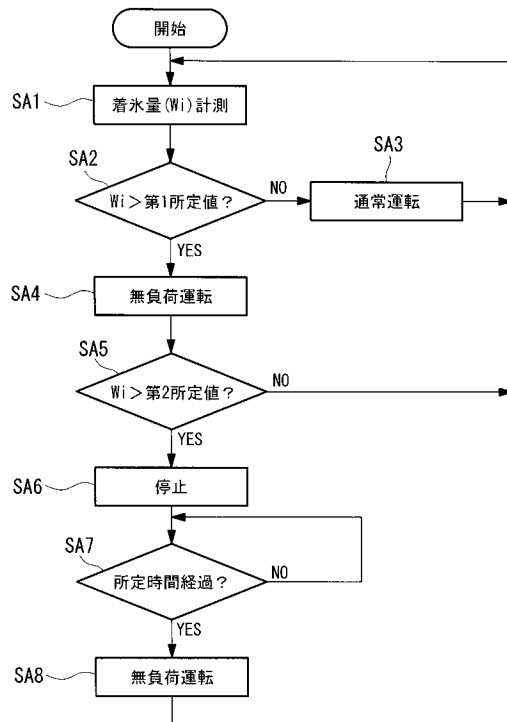
【図1】



【図2】



【図 3】



フロントページの続き

(72)発明者 林 義之

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 笹木 俊男

(56)参考文献 米国特許出願公開第2005/0276696 (US, A1)

米国特許出願公開第2008/0152493 (US, A1)

特表2006-528307 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F03D 7/04

F03D 11/00