

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5491769号
(P5491769)

(45) 発行日 平成26年5月14日(2014.5.14)

(24) 登録日 平成26年3月7日(2014.3.7)

(51) Int.Cl.

F I

F03D 7/04 (2006.01)

F03D 7/04

A

請求項の数 5 (全 12 頁)

| | | | |
|--------------|-------------------------------|-----------|---------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2009-127269 (P2009-127269) | (73) 特許権者 | 390041542 |
| (22) 出願日 | 平成21年5月27日(2009.5.27) | | ゼネラル・エレクトリック・カンパニー |
| (65) 公開番号 | 特開2009-287564 (P2009-287564A) | | アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ |
| (43) 公開日 | 平成21年12月10日(2009.12.10) | | クタデイ、リバーロード、1番 |
| 審査請求日 | 平成24年5月23日(2012.5.23) | (74) 代理人 | 100137545 |
| (31) 優先権主張番号 | 12/128,861 | | 弁理士 荒川 聡志 |
| (32) 優先日 | 平成20年5月29日(2008.5.29) | (74) 代理人 | 100105588 |
| (33) 優先権主張国 | 米国 (US) | | 弁理士 小倉 博 |
| | | (74) 代理人 | 100129779 |
| | | | 弁理士 黒川 俊久 |
| | | (72) 発明者 | ロザー・ヴィッテキンド |
| | | | ドイツ、オスナブルック、アイゼンバーン |
| | | | ・ストラッセ、14番 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 風力タービンにおけるエネルギー捕捉を増大させるための装置及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

風力タービンのブレードがハブの周りを回転する最大回転速度設定値である初期回転速度設定値を有する可変速度制御システム(300)と、

少なくとも2つの運転パラメータを取得するように配列及び配置された少なくとも1つのセンサ(314)と、を含み、

前記制御システム(300)は、取得した前記少なくとも2つの運転パラメータと前記風力タービンの機械的負荷とを比較するよう選択的に構成され、取得した前記少なくとも2つの運転パラメータの結果として前記風力タービンの機械的負荷が低下した場合には、回転速度調整プログラムが起動され、

前記速度調整プログラムは、取得されかつ比較された前記少なくとも2つの運転パラメータに応じて前記初期回転速度設定値よりも大きい調整回転速度設定値を決定し、

前記調整回転速度設定値により、前記風力タービンの前記最大回転速度設定値が増加される、

風力タービン(100)。

【請求項2】

前記運転パラメータが、発電機速度、電力出力、乱流強度、風速、風向、ウィンドシア、大気温度及び気圧の組合せ、空気密度、構成要素温度、発電機トルク、発電機ロータの電流、発電機ステータの電流、発電機ロータの電圧、発電機ステータの電圧、力率、タワー頂部振動、駆動系振動、ヨー位置並びにそれらの組合せからなる群から選択された少な

くとも2つのパラメータである、請求項1に記載の風力タービン(100)。

【請求項3】

前記運転パラメータが、空気乱流強度、空気密度、タワー振動、大気温度、風力タービン構成要素温度、ヨー位置及びそれらの組合せからなる群から選択された少なくとも2つのパラメータである、請求項1に記載の風力タービン(100)。

【請求項4】

前記少なくとも1つのセンサ(314)が、該風力タービン(100)上に又はそれに近接して配列及び配置される、請求項1に記載の風力タービン(100)。

【請求項5】

前記制御システム(300)が、外部要件に応じて選択的に構成される、請求項1に記載の風力タービン(100)。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、総括的には風力タービンに関し、より具体的には、エネルギー捕捉を増大させる方法に関する。特に、本発明は、風力タービンブレードの回転速度を制御してエネルギー捕捉量を増加させることに関する。

【背景技術】

【0002】

20

近年、風力タービンは、環境的に安全でかつ比較的安価な代替エネルギー源としてますます注目されてきた。この関心の高まりにつれて、信頼性がありかつ効率的である風力タービンを開発するための大きな努力が注がれてきた。

【0003】

一般的に、風力タービンは、複数ブレードを有するロータを含む。ロータは、トラス又は管状タワーの頂部に配置されたハウジング又はナセルに取付けられる。公共施設級の風力タービン(すなわち、公共配電網に電力を提供するように設計された風力タービン)は、大型ロータ(例えば、その長さが30メートル又はそれ以上)を有することができる。加えて、風力タービンは一般的に、その高さが少なくとも60メートルであるタワー上に取付けられる。これらロータ上のブレードは、風力エネルギーを回転トルク又は力に変換し、この回転トルク又は力が、ギアボックスを通してロータに回転結合することができる1つ又はそれ以上の発電機を駆動する。ギアボックスは、発電機用のタービンロータの元来は低い回転速度を増大させて、機械エネルギーを公共グリッドに供給される電気エネルギーに効果的に変換する。

30

【0004】

通常運転時には、高性能制御システムを備えた風力タービンは、能動ブレードピッチ制御によって一定の速度及び出力を維持する。風力タービン制御の初期設計は、IEC 61400のような標準を用いることができる。制御構成では、平均風速、乱流強度又は空気密度のような標準環境条件が、設計基準である。IEC標準は、僅かな数の異なる「タイプクラス」を定め、それら「タイプクラス」により、広範な環境条件に対する風力タービン設計を分類している。従って、この標準制御装置の構成では、風力タービンを設置することができる立地(サイト位置)の全てのタイプには対処することができない。

40

【0005】

例えば、多くの風力タービンサイトは、実際の風力タービンに対して設計条件よりも与える応力が少ない好ましい環境条件を含む。これらサイトでは、本出願を用いて、風力タービン構成要素を損傷させずにより高い平均ロータ速度を用いて風力タービン性能を高めることが可能である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

50

【特許文献 1】米国特許第 7, 101, 152 号公報

【特許文献 2】米国特許第 7, 023, 105 号公報

【特許文献 3】米国特許第 6, 840, 734 B2 号公報

【特許文献 4】米国特許第 6, 619, 918 号公報

【特許文献 5】米国特許出願公開第 2007/0018457 A1 号公報

【特許文献 6】米国特許出願公開第 2006/0273595 A1 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

従って、必要なのは、測定又は計算運転パラメータに応じてロータ速度を制御することによって、エネルギー捕捉の増大を可能にする風力タービンを運転する方法である。

10

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の 1 つの態様は、風力タービンを運転する方法を含む。本方法は、可変速度制御システムを有する風力タービンを準備するステップを含み、制御システムは、初期回転速度設定値を有する。少なくとも 2 つの運転パラメータが、1 つ又はそれ以上のセンサにより取得される。初期回転速度設定値よりも大きい調整回転速度設定値が、運転パラメータに応じて決定される。制御システムは、調整回転速度設定値を用いて構成される。

【0009】

本開示の別の態様は、可変速度制御システムを有する風力タービンを含む。制御システムは、初期回転速度設定値を有する。風力タービンはまた、少なくとも 2 つの運転パラメータを取得するように配列及び配置された少なくとも 1 つのセンサを含む。制御システムは、少なくとも 2 つの運転パラメータに応じて初期回転速度設定値よりも大きい調整回転速度設定値を用いて選択的に構成される。

20

【0010】

本発明のさらに別の態様は、複数の風力タービンを有する風力プラントを含む。風力タービンは各々、可変速度制御システムを含む。制御システムは、初期回転速度設定値を有する。少なくとも 1 つのセンサが、少なくとも 2 つの運転パラメータを取得するように配列及び配置される。制御システムは、運転パラメータに応じて初期回転速度設定値よりも大きい調整回転速度設定値を用いて選択的に構成される。風力プラントはさらに、中央監視室を含む。中央監視室は、外部要件に応じて制御システムの調整を選択的に可能にするように構成される。

30

【0011】

本発明のその他の特徴及び利点は、一例として本発明の原理を示す添付図面と共になした以下の好ましい実施形態のより詳細な説明から明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図 1】風力タービンの例示的な構成を示す図。

【図 2】図 1 に示す例示的な風力タービン構成のナセルの切欠き斜視図。

【図 3】図 1 に示す風力タービン構成のための制御システムの例示的な構成のブロック図

40

【図 4】本開示の実施形態による例示的な方法のプロセスフロー図。

【図 5】本開示の別の実施形態による例示的な方法のプロセスフロー図。

【発明を実施するための形態】

【0013】

可能な限り、同じ又は同様の部品を示すために、図面全体を通して同じ参照符号を使用する。

【0014】

図 1 を参照すると、本発明による例示的な風力タービン 100 を開示している。風力タービン 100 は、高いタワー 104 の頂上に取付けられたナセル 102 を含み、図 1 には

50

その一部分のみを示している。風力タービン 100 はまた、風力タービンロータ 106 を含み、風力タービンロータ 106 は、回転ハブ 110 に取付けられた 1 つ又はそれ以上のロータブレード 108 を含む。図 1 に示す風力タービン 100 は 3 つのロータブレード 108 を含むが、本発明が必要とするロータブレード 108 の数に特定の制限はない。タワー 104 の高さは、当技術分野では公知の要因及び条件に基づいて選択される。

【0015】

幾つかの構成ではまた図 2 を参照すると、タワー 104 の頂上のナセル 102 内には、様々な構成要素が格納されている。1 つ又はそれ以上のマイクロ制御装置又はその他の制御構成要素（図示せず）が、制御パネル 112 内に格納される。マイクロ制御装置は、ピッチ及び速度調整、高速シャフト及びヨーブレーキ用途、ヨー及びポンプモータ用途並びに故障監視を含む全体システム監視及び制御を行う制御システムを形成ように構成されたハードウェア及びソフトウェアを含む。本開示の別の実施形態では、制御システムは、当業者には分かるように制御パネル 112 によって行われるだけではない分散型の制御アーキテクチャとすることができる。制御システムは、可変ブレードピッチ駆動装置 114 に対して、風力を受けてハブ 110 を駆動するブレード 108（図 1）のピッチを制御する制御信号を与える。幾つかの構成では、ブレード 108 のピッチは、ブレードピッチ駆動装置 114 によって個々に制御される。

【0016】

風力タービンの駆動系は、主ロータシャフト 116（「低速シャフト」とも呼ばれる）を含み、主ロータシャフト 116 は、ハブ 110 に連結されかつ主軸受 130 によって支持され、また該シャフト 116 の反対側端部においてギアボックス 118 に連結される。幾つかの構成では、ギアボックス 118 は、二重経路ジオメトリを使用して封入高速シャフトを駆動する。高速シャフト（図 2 に図示せず）は、メインフレーム 132 上に取付けられた発電機 120 を駆動するために用いられる。幾つかの構成では、ロータトルクは、継手 122 を介して伝達される。発電機 120 は、例えば巻線形誘導発電機などのあらゆる適当なタイプのものとして行うことができる。

【0017】

ヨー駆動装置 124 及びヨーデッキ 126 は、風力タービン 100 用のヨー配向システムを形成する。風力測定により、風力タービンにおける測定瞬間風向及び風速を含むヨー配向システムのための情報が得られる。風力測定は、風向計 128 によって行うことができる。幾つかの構成では、ヨーシステムは、タワー 104 の頂上に設けられたフランジ上に取付けられる。本開示は、図 1 及び図 2 に示す構成に限定されるものではなく、制御システム及び回転速度制御装置を有する当技術分野では公知の風力タービン 100 のあらゆる構成を含むことができる。例えば、風力タービン 100 は、3 つより多い又は少ないブレード 108 を含むことができる。

【0018】

幾つかの構成ではまた図 3 を参照すると、風力タービン 100 用の例示的な制御システム 300 は、情報を通信するためのバス 302 又はその他の通信装置を含む。1 つ又は複数のプロセッサ 304 が、変位又はモーメントを測定するように構成されたセンサからの情報を含む情報を処理するためにバス 302 に結合される。制御システム 300 はさらに、ランダムアクセスメモリ（RAM）306 及び / 又は 1 つ又は複数のその他の記憶装置 308 を含む。RAM 306 及び 1 つ又は複数の記憶装置 308 は、1 つ又は複数のプロセッサ 304 によって実行される情報及び命令を記憶しかつそれらを伝送するためにバス 302 に結合される。RAM 306 はまた（必要に応じて 1 つ又は複数の記憶装置 308 もまた）、1 つ又は複数のプロセッサ 304 による命令の実行の間に一時的変数又はその他の中間情報を記憶するために用いることができる。制御システム 300 はまた、静的（すなわち、変化しない）情報及び命令を記憶しかつそれらを 1 つ又は複数のプロセッサ 304 に提供するためにバス 302 に結合された読取専用メモリ（ROM）及び / 又はその他の静的記憶装置 310 を含むことができる。1 つ又は複数の入力 / 出力装置 312 は、制御システム 300 に入力データを提供しまたヨー制御及びピッチ制御出力を提供する当

10

20

30

40

50

技術分野では公知のあらゆる装置を含むことができる。命令は、磁気ディスク、読取専用メモリ（ROM）集積回路、CD-ROM、DVDのような記憶装置から、1つ又はそれ以上の電氣的アクセス可能媒体などにアクセスする有線又は無線のいずれかである遠隔接続を介してメモリに提供される。幾つかの実施形態では、ソフトウェア命令の代わりに又はそれと組合せて、配線回路を用いることができる。従って、一連の命令の実行は、ハードウェア回路とソフトウェア命令とのいかなる特定の組合せにも限定されるものではない。センサインタフェース314は、制御システム300が1つ又はそれ以上のセンサと通信するのを可能にするインタフェースである。センサインタフェース314は、1つ又はそれ以上のアナログ-デジタル変換器とすることができ、或いは1つ又はそれ以上のアナログ-デジタル変換器を含むことができ、これら変換器は、例えばアナログ信号を1つ又は複数のプロセッサ304が利用することができるデジタル信号に変換するとすることができる。1つの実施形態では、センサインタフェースは、ロータ速度決定装置からの信号及び風向計128からの風力測定を含む。

【0019】

本開示は、測定運転値に応じて最大又は定格回転速度設定値を制御可能に調整することによって、風力タービンのエネルギー捕捉を増大させる方法を含む。本明細書で用いる場合の「回転速度」というのは、ハブの周りでブレードが回転する速度として定義される。回転速度は、低速シャフト116が回転する速度を含むことができ、或いは高速シャフトの速度又は発電機120における速度から計算することができる。本明細書で用いる場合の「定格電力」というのは、風力タービンが最大容量で発生する電力として定義され、この最大容量は、制御システムによって決定される。本明細書で用いる場合の「定格回転速度」というのは、ロータが全負荷運転時に連続運転で回転することが可能である速度として定義される。定格回転速度は、最大電力容量に対応させることができるが、最大電力容量以下の風力タービン運転を含むこともできる。

【0020】

1つの実施形態では、制御調整は、既存の風力タービンに対して風力タービン構成要素を全く修正しない状態で組込んだ特徴を含むことができる。増大した最大回転速度設定値の時間の間に、風力タービンは、より高い定格電力で稼働しかつ大幅に高いエネルギー生産を達成することができる。この実施形態では、タービンの構成要素は、変更又は付加する必要は全くない。

【0021】

本方法は、可変速度制御システムを有する風力タービンを運転するステップを含む。上述のように、風力タービン制御システムは一般的に、高性能制御システム及び制御プログラムを含む。制御プログラムは、風力タービン構成要素を使用して風力タービン100内の様々な運転パラメータを調整する。例えば、ブレードピッチ角度及び発電機トルクは、風速に応じて発電機120における電力出力を変化させかつ/又はブレード108の回転速度を調整するように調整することができる。一般的に、風力タービン100は、可変速度運転期間（例えば、停止及び始動時における運転）及び一定速度運転期間（例えば、通常運転状態時又は最大定格出力運転での）を含む。一定速度運転期間において、制御システムは、初期又は定格回転速度設定値を含む。初期回転速度設定値は、風力タービンを運転することが可能である設計最大回転速度に相当する。そのように限定されるわけではないが、初期回転速度設定値は、国際標準（例えば、IEC61400）のような公知の設計パラメータ又は標準によって決定することができる。制御構成では、理論的平均風力タービンサイトにおける平均風速、乱流強度又は空気密度のような標準環境条件は、設計及び構成基準を形成することができる。通常運転時（すなわち、一定速度運転期間）の間には、回転速度は、最大回転速度設定値を超えることは許されない。しかしながら、風力タービン100の電力出力は、トルクのようなその他のパラメータを変化させることによって、最大回転速度において変化させることができることに注目されたい。本開示の方法は、そこでは少なくとも2つの運転パラメータに応じて初期定格回転速度設定値を初期値から増大させるような方法を含む。運転パラメータは、風力タービン100における、風力

タービンプラント用の監視室における、又は風力タービン運転に対応する位置における 1 つ又はそれ以上のセンサで測定される。

【 0 0 2 2 】

運転パラメータは、発電機速度、電力出力、乱流強度（例えば、回転速度の標準偏差の関数として測定した乱流強度）、風速、風向（垂直方向及び水平方向の両方の意味で）、ウィンドシア、大気温度及び気圧の組合せ、空気密度、構成要素温度（例えば、発電機巻線、軸受、発電機及びギアボックス冷却、ギアボックスオイル、変圧器及びノ又は変換器）、発電機トルク、発電機ロータ及びステータの電流、発電機ロータ及びステータの電圧、力率、タワー頂部振動、駆動系振動、ヨー位置並びにそれらの組合せからなる群から選択されるのが好ましい。運転パラメータは、空気乱流強度、空気密度、タワー振動、大気温度、風力タービン構成要素温度、ヨー位置及びそれらの組合せからなる群から選択された少なくとも 2 つのパラメータであるのが一層好ましい。

10

【 0 0 2 3 】

運転パラメータを測定するためのセンサは、運転パラメータを測定又は感知するための当技術分野では公知のあらゆる適当なセンサとすることができる。適当なセンサには、温度計、熱電対、サーミスタ、風速計、圧力センサ、光学センサ、近接センサ、エンコーダ（例えば、個々の構成要素上に取付けられたエンコーダ）、或いはあらゆるその他の公知のセンサ又はセンサシステムを含むことができる。センサは、風力タービン位置、又は遠隔監視システムのような風力タービンから離れた位置に備えることができる。加えて、センサは、運転パラメータを計算するために使用することができる値を測定することなどによって、運転パラメータを間接的に測定することができる。加えて、単一の運転パラメータを決定するために、複数のセンサを利用することができる。

20

【 0 0 2 4 】

運転パラメータが取得されると、運転パラメータに応じて、調整増大回転速度設定値が決定される。回転速度の増大量は、初期回転速度設定値よりも大きいロータ速度を決定することが可能でありかつ風力タービン 1 0 0 及び該風力タービン 1 0 0 の周囲の条件で機械的に許容される調整ロータ速度をもたらしあらゆる適当なモデル又は計算を用いて決定することができる。1 つの実施形態では、目標回転速度は、制御回転速度の標準偏差の関数であり、この標準偏差は、乱流強度の測定値とすることができる。加えて、回転速度設定値の増大は、年平均風速が低下すると風力タービンの機械的負荷が低下して、回転速度設定値の増大を可能にするという一般的関係によって決定することができる。加えて、乱流強度が低下すると、風力タービンの機械的負荷が低下して、回転速度設定値の増大を可能にする。さらに、空気密度が低下すると、風力タービンの機械的負荷が低下して、回転速度設定値の増大を可能にする。同様に、風力タービンの周囲の大気温度が大幅に低下すると、空気密度が増加して、回転速度設定値の増大（この設定値における増大は、より高密度の場合よりも低い、標準条件より高いものとなる）を可能にする。上記の関係は、単なる例示的のものであって、包括的なものではない。

30

【 0 0 2 5 】

2 つ又はそれ以上の運転パラメータの組合せは、それらのそれぞれの関係に従って使用するのが好ましい。例えば、より低い大気温度及びより高い空気密度は、構成要素の冷却に好ましく、これが、風力タービン 1 0 0 に対するより低い機械的負荷をもたらし結果となり、回転速度設定値の増大を可能にする。低い力率は、電流を増加させかつそれに伴って風力タービン 1 0 0 内の構成要素の温度を上昇させて、回転速度設定値の増大を可能にする。また、より高い回転速度の場合には、風力タービンの幾つかの構成要素の温度が上昇し、また発電機の電圧のようなその他の好ましくない構成要素特性が増大するおそれがある。発電機の新規な設定値は、上記のパラメータに基づいて設定することができる。例えば、タービン負荷及び電力のこれらパラメータの物理的関係を用いることにより、新規な設定値が決定される。例えば、中程度の乱流での 1 . 2 2 5 の測定標準密度では、初期回転速度設定値よりも 6 % 大きい速度設定値とすることができる。加えて、測定密度が 1 . 1 0 0 である（すなわち、1 . 2 2 5 よりも低い）場合には、調整回転速度設定値は、

40

50

初期回転速度設定値よりも9%高く設定されることになる。

【0026】

一般的に、増大回転速度設定値に対する上記の運転パラメータの逆の関係により、増大量の低減が生じるか、或いは回転速度設定値の増大が防止される。例えば、高い風力事象、高い構成要素温度又は悪い気象条件の間には、制御システムは、回転速度設定値を僅かしか増大させることができないか、或いは回転速度設定値を全く増大させることができない。

【0027】

図4は、本開示の1つの実施形態を例示するプロセスフロー図を示している。この実施形態では、最初にステップ401において、制御装置の速度制御調整が作動しているかどうかの判定が行われる。制御装置速度が作動していない場合には、ステップ403において、制御装置はデフォルト設定（初期設定）を維持する。デフォルト設定には、速度制御を初期回転速度設定値に設定することが含まれる。ステップ401における判定には、速度制御調整方法の選択的作動を可能にするスイッチ、ボタン、ソフトウェア判定オプション又はその他の機構を含むことができる。速度制御調整が作動している場合には、ステップ405において、少なくとも2つの運転パラメータが取得される。運転パラメータは、センサにより取得するのが好ましい。運転パラメータが取得されると、ステップ407において、運転パラメータに応じて調整回転速度が決定される。調整回転速度は、初期又は定格回転速度設定値よりも大きい、制御システムのための調整回転速度設定値である。ステップ409において、制御装置又は制御システムは、調整回転速度設定値を用いて構成される。制御システムは、増大回転速度設定値で風力タービンを運転するのを可能にし、またこの方法は反復される。

【0028】

1つの実施形態では、ステップ401において、速度制御の作動を行うためのユーザインタフェースが設けられる。この実施形態では、インタフェースは、それに限定されないが、以下の1)ブーストで作動する時刻を設定するオプション、2)許容最大ブーストを最大で（例えば、定められた極限負荷の）限界値までに設定するオプション、3)中央制御装置によってその中に組込まれたプラント電力限界値及びプラント力率を提供するようにして、該中央制御装置により風力タービンを遠隔的に制御するオプションを含むことができる。インタフェースは、これらに限定されるものではなく、必要に応じて風力タービン及び風力タービンプラント運転のためのその他のオプション又はその他の機構を含むことができる。

【0029】

1つの実施形態では、回転設定値を調整する制御装置の能力は、外部要件によって作動させることができる。最大ロータ速度を調整する制御装置の能力を作動させることができる適当な外部要件には、それに限定されないが、電氣的（例えば、力率又は総合評価）或いは環境的サイト特性（例えば、風速、ウィンドシア、乱流）が含まれる。1つの実施形態では、例えば増大最大ロータ速度に基づいて機械的疲労荷重のシミュレーションから計算したようなタービンの耐用年数又は該耐用年数の変化の評価は、ユーザ、中央監視室又はその他の場所に通信することができる。加えて、外部要件は、風力プラント全体にわたる電氣的又はサイト特性を含むことができる。例えば、複数の風力タービンを含む風力プラントは、最大プラント電力出力（すなわち、風力プラント全体によって生産される総電力）の外部要件を含むことができ、最大プラント電力出力を超えると、外部要件によって、風力タービンが初期又は定格回転速度設定値を超えた回転速度設定値に増大するのが選択的に防止される。

【0030】

図5は、本開示の別の実施形態を例示するプロセスフロー図を示している。図5に示す実施形態は、ステップ501において、外部要件を取得するステップを含む。この実施形態では、最初にステップ503において、外部要件が満たされているかどうかの判定が行われる。外部要件が満たされていない場合には、このプロセスが反復され、また回転速度

10

20

30

40

50

設定値は、初期回転速度設定値に維持される。外部要件が満たされた場合には、ステップ 405 において、少なくとも 2 つの運転パラメータが取得される。運転パラメータは、センサにより取得されるのが好ましい。運転パラメータが取得されると、ステップ 407 において、運転パラメータに応じて調整回転速度が決定される。調整回転速度は、初期又は定格回転速度設定値よりも大きい、制御システムのための調整回転速度設定値である。ステップ 409 において、制御装置又は制御システムは、調整回転速度設定値を用いて構成される。制御システムは、増大回転速度設定値で風力タービンを運転するのを可能にし、この方法は反復される。

【実施例 1】

【0031】

10

実施例 1 は、本開示の方法を用いたシミュレーションの結果を含み、このシミュレーションは、風速平均値 (V_{avg}) を変化させた場合についての初期速度設定値よりも大きい回転速度設定値における運転での年間エネルギー生産 (AEP) をパーセント増加として表したものであり、表 1 を参照されたい。この実施例において、運転パラメータは、密度及び平均風速である。

【0032】

【表 1】

| 実施例 1 | | |
|-----------|--------------------|--------------------|
| V_{avg} | AEP 増加 密度 1.225 | AEP 増加 密度 1.100 |
| 7.00 | 3.22% | 4.54% |
| 7.50 | 3.50% | 5.00% |
| 8.00 | 3.74% | 5.41% |
| 8.50 | 3.97% | 5.78% |
| 10.00 | 4.50% | 6.62% |

20

表 1 に示す増加は、風力タービンの初期設定値又は定格設定値で生産される AEP に対する増加に相当する。風力タービンの初期速度設定値又は定格設定値は、AEP の 0 % 増加に相当している。

30

【実施例 2】

【0033】

実施例 2 は、空気密度及び乱流強度 (TI) の運転パラメータに対する回転速度設定値変動を示しており、表 2 を参照されたい。

【0034】

【表 2】

| 実施例 2 | | |
|-------|------|------------------|
| 空気密度 | 乱流強度 | 初期速度設定値からの設定値の増大 |
| 1.100 | 16% | 9.70% |
| 1.225 | 16% | 6.25% |
| 1.270 | 16% | 3.00% |

40

風力タービンの初期速度設定値又は定格設定値は、初期速度設定値からの設定値の 0 % 増大に相当している。

【実施例 3】

【0035】

50

実施例 3 は、風速、空気密度及び乱流強度の運転パラメータに対する年間エネルギー生産（AEP）変動を示しており、表 3 を参照されたい。

【 0 0 3 6 】

【表 3】

| 実施例 3 | | | |
|-----------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| V_{avg} | AEP 増加 密度 1. 2 2 5 高乱流 | AEP 増加 密度 1. 2 2 5 中乱流 | AEP 増加 密度 1. 2 2 5 低乱流 |
| 7. 0 0 | 2. 8 % | 3. 2 2 % | 3. 8 5 % |
| 7. 5 0 | 3. 0 % | 3. 5 % | 4. 3 % |
| 8. 0 0 | 3. 1 % | 3. 7 4 % | 4. 7 1 % |
| 8. 5 0 | 3. 2 % | 3. 9 7 % | 5. 0 6 % |
| 1 0. 0 0 | 3. 3 % | 4. 5 0 % | 5. 8 3 % |

10

表 3 に示す増加は、風力タービンの初期設定値又は定格設定値で生産される AEP に対する増加に相当する。風力タービンの初期速度設定値又は定格設定値は、AEP における 0 % 増加に相当している。

【実施例 4】

【 0 0 3 7 】

20

実施例 4 は、空気密度及び乱流強度の運転パラメータに対する回転速度設定値変動を示しており、表 4 を参照されたい。

【 0 0 3 8 】

【表 4】

| 実施例 4 | | |
|----------|-------|------------------|
| 空気密度 | 乱流強度 | 初期速度設定値からの設定値の増大 |
| 1. 2 2 5 | 1 8 % | 3. 0 0 % |
| 1. 2 2 5 | 1 6 % | 6. 2 5 % |
| 1. 2 2 5 | 1 4 % | 7. 8 0 % |

30

風力タービンの初期速度設定値又は定格設定値は、初期速度設定値からの設定値の 0 % 増大に相当している。

【 0 0 3 9 】

好ましい実施形態に関して本発明を説明してきたが、本発明の技術的範囲から逸脱することなく、本発明の要素に対して様々な変更を加えることができまたその要素を均等物で置き換えることができることは、当業者には解るであろう。さらに、本発明の本質的な技術的範囲から逸脱することなく特定の状況又は物的要件を本発明の教義に適合させるように多くの修正を行うことができる。従って、本発明は、本発明を実施するために考えられる最良の形態として開示した特定の実施形態に限定されるものではなく、また本発明は、全ての実施形態を特許請求の範囲の技術的範囲内に属するものとして包含することになることを意図している。

40

【符号の説明】

【 0 0 4 0 】

1 0 0 風力タービン

1 0 2 ナセル

1 0 4 タワー

1 0 6 風力タービンロータ

50

- 108 ロータブレード
- 110 回転ハブ
- 112 制御パネル
- 114 ブレードピッチ駆動装置
- 116 主ロータシャフト
- 118 ギアボックス
- 120 発電機
- 122 継手
- 124 ヨー駆動装置
- 126 ヨーデッキ
- 128 風向計
- 130 主軸受
- 132 メインフレーム

10

【図1】

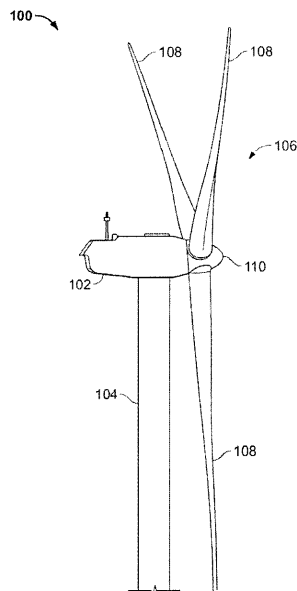


FIG. 1

【図2】

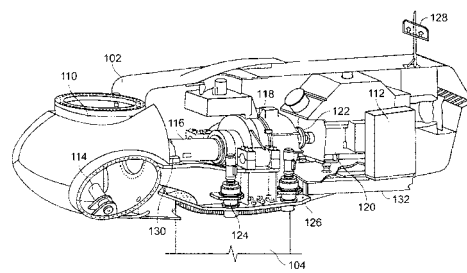


FIG. 2

【図3】

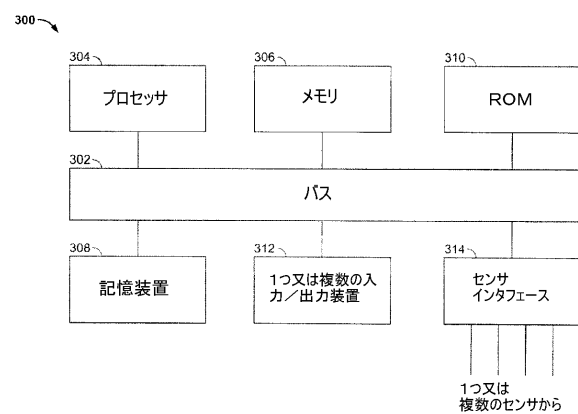


FIG. 3

【図4】

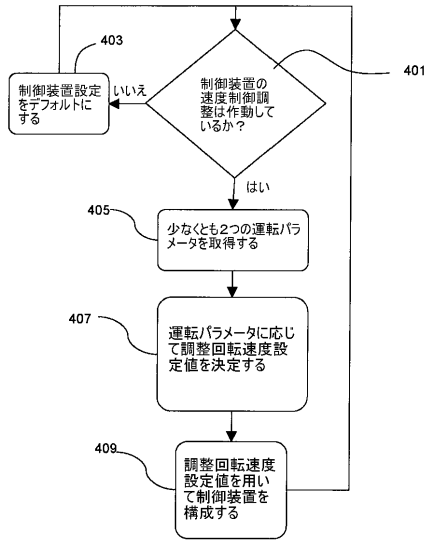


FIG. 4

【図5】

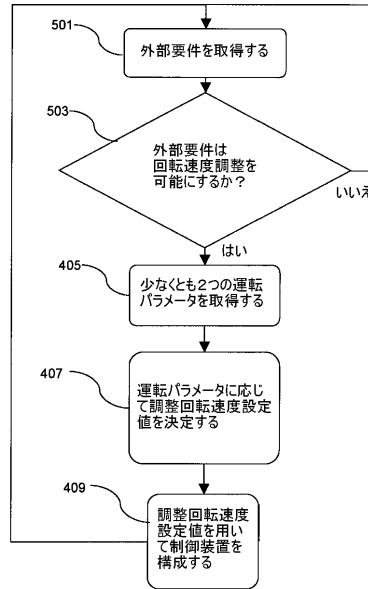


FIG. 5

フロントページの続き

- (72)発明者 レンジス・ヴィリブラン
インド、バンガローア、ピーティーエム・レイアウト、イアア・グローリー・アパートメント、3
06番
- (72)発明者 マルティン・ステエドラー
ドイツ、ベルリン、シェーネンシュ・ストラッセ、15番

審査官 小河 了一

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2006/0273595(US, A1)
米国特許出願公開第2005/0276696(US, A1)
米国特許第06619918(US, B1)
米国特許出願公開第2003/0185665(US, A1)
米国特許出願公開第2004/0135375(US, A1)
特開2006-296200(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F03D 7/04