

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-119427

(P2018-119427A)

(43) 公開日 平成30年8月2日(2018.8.2)

(51) Int.Cl.

FO3D 7/04 (2006.01)

F 1

FO3D 7/04

テーマコード(参考)

H 3H178

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号

特願2017-9921 (P2017-9921)

(22) 出願日

平成29年1月24日 (2017.1.24)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号

100098660

弁理士 戸田 裕二

角谷 啓

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社 日立製作所内

山本 幸生

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社 日立製作所内

日野 德昭

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社 日立製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】風力発電システムまたは風力発電システムの運転方法

(57) 【要約】

【課題】

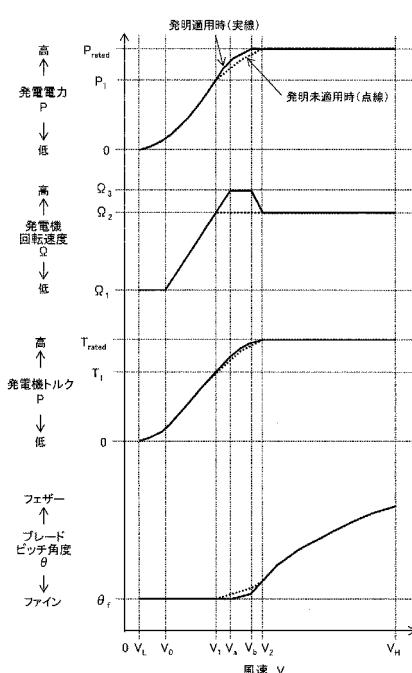
風力発電システムの各要素への負荷も考慮しつつ、発電効率を上昇させる。

【解決手段】

ピッチ角度を変更可能なブレード2を有し、かつ風を受けて回転するロータ4を備え、ロータ4の回転エネルギーを用いて発電する風力発電システム1であって、ロータ4の回転速度であるロータ回転速度を制御する制御装置10を備え、制御装置10は、定格発電電力に至る風速である第1の風速以上である場合に、ロータ回転速度を定格値に保持するとともに、第1の風速未満かつ、ロータ回転速度が定格ロータ回転速度に至る風速である第2の風速以上の場合に、風速の増加に従ってロータ回転速度の目標値であるロータ回転速度目標値を、定格ロータ回転速度より大きい値に上昇させる第1の運転モードと、風速の増加に従ってロータ回転速度目標値を定格ロータ回転速度より大きい値から定格ロータ回転速度まで減少させる第2の運転モードとを実行可能である。

【選択図】 図3

図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ピッチ角度を変更可能なブレードを有し、かつ風を受けて回転するロータを備え、前記ロータの回転エネルギーを用いて発電する風力発電システムであって、前記ロータの回転速度であるロータ回転速度を制御する制御装置を備え、前記制御装置は、定格発電電力に至る風速である第1の風速以上である場合に、前記ロータ回転速度を定格値に保持するとともに、前記第1の風速未満かつ、前記ロータ回転速度が定格ロータ回転速度に至る風速である第2の風速以上の場合に、

風速の増加に従って前記ロータ回転速度の目標値であるロータ回転速度目標値を、前記定格ロータ回転速度より大きい値に上昇させる第1の運転モードと、

風速の増加に従って前記ロータ回転速度目標値を前記定格ロータ回転速度より大きい値から前記定格ロータ回転速度まで減少させる第2の運転モードとを実行可能であり、

前記第1の運転モードは前記第2の運転モードよりも低い風速域で実行されることを特徴とする風力発電システム

【請求項 2】

請求項1に記載の風力発電システムであって、

前記制御装置は、前記第1の運転モードにおいて、風速の増加に従って前記第2の風速より小さい場合の前記ロータ回転速度を変化させる傾きを保持するようにすることを特徴とする風力発電システム

【請求項 3】

請求項1または2に記載の風力発電システムであって、

前記制御装置は、前記第1の運転モードまたは前記第2の運転モードを実行中において、

前記発電電力を前記定格発電電力以下とする様に制御することを特徴とする風力発電システム

【請求項 4】

請求項3に記載の風力発電システムであって、

前記制御装置は、前記発電機が発生する発電機トルクを調整することで、前記発電電力を前記定格発電電力以下とする様に制御することを特徴とする風力発電システム

【請求項 5】

請求項1ないし3のいずれか1項に記載の風力発電システムであって、

前記第1の風速未満、かつ前記第2の風速以上である場合に、

前記第1の運転モード及び前記第2の運転モードを実行する第3の運転モードと、

前記ロータ回転速度を前記定格ロータ回転速度目標値に保持する第4の運転モードを選択的に実行することを特徴とする風力発電システム

【請求項 6】

請求項5に記載の風力発電システムであって、

前記選択は前記制御装置に直接指示を与える装置からの指令、または前記制御装置に遠隔から指示を与える装置からの指令に基づいて、前記制御装置で行われることを特徴とする風力発電システム

【請求項 7】

ピッチ角度を変更可能なブレードを有し、かつ風を受けて回転するロータを備え、

前記ロータの回転エネルギーを用いて発電する風力発電システムの運転方法であって、定格発電電力に至る風速である第1の風速以上である場合に、前記ロータ回転速度を定格値に保持し、

前記第1の風速未満かつ、前記ロータ回転速度が定格ロータ回転速度に至る風速である第2の風速以上の場合に、風速の増加に従って前記ロータ回転速度の目標値であるロータ回転速度目標値を、前記定格ロータ回転速度より大きい値に上昇させる第1の運転モードと、

10

20

30

40

50

風速の増加に従って前記ロータ回転速度目標値を前記定格ロータ回転速度より大きい値から前記定格ロータ回転速度まで減少させる第2の運転モードとを実行可能し、

前記第1の運転モードを前記第2の運転モードよりも低い風速域で実行することを特徴とする風力発電システムの運転方法

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、風力発電システムまたは風力発電システムの運転方法に係り、特に、発電効率を好適に上昇させるものに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、二酸化炭素の排出量増加を起因とする地球温暖化や、化石燃料の枯渇によるエネルギー不足が懸念されており、二酸化炭素排出の低減や、エネルギー自給率の向上が求められている。これらの実現のためには、二酸化炭素を排出せず、輸入に依存する化石燃料を利用することなく、風力や太陽光などの自然から得られる再生可能エネルギーにて発電が可能な発電システムの導入が有効である。

【0003】

再生可能エネルギーを利用した発電システムの中でも、太陽光発電システムのように日射による急峻な出力変化をしない風力発電システムは、比較的安定した発電出力ができる発電システムとして注目されている。

【0004】

風力エネルギーの有効活用には風力発電システムの更なる効率向上が望まれており、ブレードや発電機などといったハードウェアの改善が進められているが、並行して風力発電システムの運転を統括するコントローラに実装する制御アルゴリズムによる運用改善も進められている。

【0005】

制御アルゴリズムによって運用を改善する手段として、特許文献1に「風力タービンにおけるエネルギー補足を増大させるための装置及び方法」が開示されている。請求項1には以下の様に記載されている。「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つのセンサと、を含み、前記制御システムは、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に選択的に構成され、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」。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特許第5491769号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

特許文献1に開示された技術を適用することで、風力発電システムの定格発電電力を上昇させ、より大きな発電電力を得ることが可能である。ただし、特許文献1の適用時には、発電機や電力変換器等を含めた電機機器等の各要素が定格発電電力以上の運転を実施することになり、当初の設計値を上回る負荷が加わることも想定され、その容量等に大きなマージンを備えている必要がある。

10

20

30

40

50

【0008】

そこで本発明では、風力発電システムの各要素への負荷も考慮しつつ、発電効率を上昇させることを目的としている。

【課題を解決するための手段】**【0009】**

上記課題を解決するために、本発明に係る風力発電システムは、ピッチ角度を変更可能なブレードを有し、かつ風を受けて回転するロータを備え、前記ロータの回転エネルギーを用いて発電する風力発電システムであって、前記ロータの回転速度であるロータ回転速度を制御する制御装置を備え、前記制御装置は、定格発電電力に至る風速である第1の風速以上である場合に、前記ロータ回転速度を定格値に保持するとともに、前記第1の風速未満かつ、前記ロータ回転速度が定格ロータ回転速度に至る風速である第2の風速以上の場合に、風速の増加に従って前記ロータ回転速度の目標値であるロータ回転速度目標値を、前記定格ロータ回転速度より大きい値に上昇させる第1の運転モードと、風速の増加に従って前記ロータ回転速度目標値を前記定格ロータ回転速度より大きい値から前記定格ロータ回転速度まで減少させる第2の運転モードとを実行可能であり、前記第1の運転モードは前記第2の運転モードよりも低い風速域で実行されることを特徴とする。10

【0010】

また、上記課題を解決すべく、ピッチ角度を変更可能なブレードを有し、かつ風を受けて回転するロータを備え、前記ロータの回転エネルギーを用いて発電する風力発電システムの運転方法であって、定格発電電力に至る風速である第1の風速以上である場合に、前記ロータ回転速度を定格値に保持し、前記第1の風速未満かつ、前記ロータ回転速度が定格ロータ回転速度に至る風速である第2の風速以上の場合に、風速の増加に従って前記ロータ回転速度の目標値であるロータ回転速度目標値を、前記定格ロータ回転速度より大きい値に上昇させる第1の運転モードと、風速の増加に従って前記ロータ回転速度目標値を前記定格ロータ回転速度より大きい値から前記定格ロータ回転速度まで減少させる第2の運転モードとを実行可能し、前記第1の運転モードを前記第2の運転モードよりも低い風速域で実行することを特徴とする。20

【発明の効果】**【0011】**

本発明によれば、風力発電システムの各要素への負荷も考慮しつつ、発電効率を上昇させることが可能になる。30

【0012】

上記した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

【図面の簡単な説明】**【0013】**

【図1】本発明の実施形態に係る風力発電システム1の構成概要を示す図である。

【図2】本発明の実施形態に係る風力発電システム1のコントローラ10に実装される運転制御手段の処理概要を示すブロック線図である。

【図3】本発明の実施形態に係る風力発電システム1のコントローラ10に実装される運転制御手段を適用した場合と適用しない場合の、風速に対する発電電力、発電機回転速度、発電機トルク、およびブレードピッチ角度の関係を示す概要図である。40

【図4】本発明の実施形態に係る風力発電システム1のコントローラ10に実装される運転制御手段を適用した場合の風速に対する発電機回転速度の調整方法の一例を示す概要図である。

【図5】本発明の実施形態に係る風力発電システム1のコントローラ10に実装される運転制御手段を適用した場合に、発電電力を定格値以下とする際の動作一例を示す風速、発電機回転速度、発電機トルク、および発電電力の変化概略を示すタイムチャートである。

【図6】本発明の実施形態に係る風力発電システム1のコントローラ10に実装される運転制御手段の実行許可を与える装置を備えた構成概要を示す図である。

【図7】本発明の実施形態に係る風力発電システム1のコントローラ10に実装される運

10

20

30

40

50

転制御手段の処理概要を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、図面を用いて、本発明の実施形態について具体的に説明する。尚、下記はあくまでも実施例であって、本発明の実施態様が下記実施例に限定されることを意図するものではない。

【0015】

まず、図1を用いて、本発明を適用可能な風力発電システム全体の概略構成について説明する。

【0016】

図1の風力発電システム1は、複数のブレード2と、複数のブレード2を接続するハブ3とで構成されるロータ4を備える。ロータ4はナセル5に回転軸(図1では省略する)を介して連結されており、回転することでブレード2の位置を変更可能である。ナセル5はロータ4を回転可能に支持している。ナセル5は発電機6を適宜位置に備える。ブレード2が風を受けることによりロータ4が回転し、ロータ4の回転力が発電機6を回転させることで電力を発生することができる。

【0017】

ブレード2の各々には、ブレード2とハブ3の位置関係、すなわちピッチ角度と呼ぶブレードの角度、を変更可能なピッチアクチュエータ9を備えている。ピッチアクチュエータ9を用いてブレード2のピッチ角度を変更することにより、風に対するロータ4の回転エネルギーを変更できる。これにより、広い風速領域においてロータ4の回転速度を制御しながら、風力発電システム1の発電電力を制御することができる。

【0018】

図1の風力発電システム1では、ナセル5はタワー7上に設置されており、タワー7に対して回転可能に支持されている。ハブ3やナセル5を介してブレード2の荷重がタワー7に支持される。タワー7は、基部(図では省略)に設置され、地上、洋上、浮体等の所定位置に設置される。

【0019】

ナセル5に設置される発電機6は、発生するトルクが、タワー7内(またはナセル5内)に設置されるパワーコンディショニングシステム8によって制御され、それによりロータ4の回転トルクを制御することができる。

【0020】

また、風力発電システム1はコントローラ10を備えている。発電機のロータ4とは反対側に例えば固定されて発電機6の回転子や回転軸の回転速度を計測する回転速度センサ11による発電機回転速度と、パワーコンディショニングシステム8にて計測する発電電力に基づき、コントローラ10が発電機6とピッチアクチュエータ9を調整することで、風力発電システム1が出力する電力を調整する。なお、ナセル5上にはナセル近傍の風速を計測する風速センサ12が設置され、コントローラ10に入力される。

【0021】

図1ではコントローラ10はナセル5またはタワー7の外部に設置される形態にて図示されているが、これに限ったものではなく、ナセル5またはタワー7の内部またはそれ以外の所定位置、または風力発電システム1の外部に設置される形態であっても良い。また、パワーコンディショニングシステム8がタワー7内に設置される形態にて図示されているが、これに限ったものではなく、ナセル5の所定位置に設置される形態であっても良い。

【0022】

次に、図2から図6を用いてコントローラ10に実装される制御手段について述べる。

【0023】

図2は、コントローラ10に実装される運転制御手段の概要を示すプロック線図である。図2に示す運転制御手段は、ブレードピッチ角度制御部21、発電機トルク制御部22

、目標回転速度調整部23、および発電機トルク制限部24により構成される。ブレードピッチ角度制御部21は、目標回転速度と回転速度センサ11の出力である発電機回転速度に基づいてブレードピッチ角度指令値を決定する。発電機トルク制御部22は目標回転速度と発電機回転速度に基づいて発電機トルク基本指令値を決定する。目標回転速度調整部23は風速センサ12の出力である風速に基づいて目標回転速度調整値を決定する。ここで、風速センサ12の出力である風速は、図では省略するが、風速センサ12の出力信号と一致するものであっても良いし、所定の演算式により風力発電システム1から所定距離だけ離れた風速値に変換した値であっても良い。また、所定の時定数を設定したフィルタ処理を施した値であっても良い。目標回転速度は目標回転速度調整値と目標回転速度基本値を加算した値である。なお、目標回転速度基本値は図では省略するが、風力発電システム1の運転状況に応じて適宜値に調整される値である。発電機トルク制限部24は発電機回転速度と発電機トルク基本指令値に基づいて発電機トルク指令値を決定する。図には明記しないが、発電機トルク制限部24は風力発電システム1が出力する発電電力が定格発電電力以上とならないように制御する機能を備えている。具体的には、発電機回転速度と発電機トルク基本指令値を乗算した値が発電電力の定格値以下の場合には、発電機トルク指令値に発電機トルク基本指令値をセットする。発電機回転速度と発電機トルク基本指令値を乗算した値が発電電力の定格値より大きくなる場合には、発電電力の定格値を発電機回転速度で除算した値を発電機トルク指令値にセットする。

【0024】

図3は、図2に示すコントローラ10に実装される運転制御手段によって得られる風力発電システム1の特性と、運転制御手段を適用しない場合の風力発電システム1の特性を示す。図3の横軸は風速、縦軸は図上方より発電電力、発電機回転速度、発電機トルク、およびブレードピッチ角度を示す。図3において上方が、発電電力が高い方向、発電機回転速度が高い方向、発電機トルクが高い方向、ブレードピッチ角度がフェザー方向、を各々示す。下方はその反対方向である。また、図3において破線が本実施形態による運転制御手段を適用しない場合の特性であり、実線が本実施形態による運転制御手段を適用した場合の特性を示す。なお、本実施形態にかかる運転制御手段の適用有無の違いは風速が V_1 から V_2 の間の条件に関するものであり、それ以外の風速条件では適用有無に関わらず一致している。

【0025】

まず、本実施形態に係る運転制御手段を適用しない場合について説明する。図3の上から2段目に示すように、風速 V_L から V_0 の条件で発電機回転速度を v_1 に保持し、風速 V_0 から V_1 の条件で発電機回転速度を v_1 から v_2 へ増加させる。そして、風速 V_1 以上の条件では発電機回転速度を v_2 に保持する。ここで、風速 V_0 は、発電機回転速度を v_1 から v_2 への増加を開始する風速である。発電機回転速度をこのように制御するために、図3の最下段に示すようにブレード2のピッチ角度を調整する。具体的には、風速が V_L から V_1 の条件でファインに保持し、風速が V_1 以上から徐々に増加（フェザー方向に移行）させる。このピッチ角度の増加特性は発電機回転速度と、図3の下から2段目に示すような発電機トルクの特性に基づいて決定される。発電機トルクは風速が V_L から V_2 の条件で風速の増加に伴って増加し、風速が V_2 以上では定格値である T_{rated} に保持される。上記のように発電機回転速度と発電機トルクを調整することにより、図3の最上段に示すように風力発電システム1の発電電力が風速が V_L から V_2 の条件で風速の増加に伴って増加し、風速が V_2 以上では定格値である P_{rated} に保持される特性に調整される。

【0026】

次に、本実施形態に係る運転制御手段を適用した場合について説明する。図3の上から2段目に示すように、本実施形態に係る運転制御手段では、発電機回転速度を風速が V_1 から V_2 の条件で v_2 以上に増加させる。風速が V_1 から V_a の条件では、風速の増加に伴って回転速度を v_3 まで増加させる。風速が V_a から V_b の条件では、風速に関わらず発電機回転速度を v_3 に保持する。また、風速が V_b から V_2 の条件では、風速の増加に伴って発電機回転速度を v_3 から v_2 に減少させ、風速が V_2 以上では v_2 に保持する。上述の目標回転速度調

整部 2 3 は、発電機回転速度が風速に応じて V_2 と V_3 で変化するように目標回転速度調整値を決定する。これに伴い、図 3 の最下段に示すように、ブレード 2 のピッチ角度はファインに保持される条件が V_a まで拡大し、風速が V_a 以上でフェザー側に増加する。また、図 3 の下から 2 段目に示すように、風速が V_1 から V_2 の条件で、本実施形態に係る運転制御手段を適用しない場合と比較して発電機トルクも増加する。なお、図 3 では発電機トルクが V_1 から V_2 の条件で本実施形態に係る運転制御手段を適用しない場合と比較して増加する特性を示したが、これに限ったものではなく、本実施形態に係る運転制御手段を適用しない場合と一致するものであっても良いし、本実施形態を適用しない場合より減少するものであっても良い。発電機トルクの減少幅がある程度までであれば、回転速度を上昇させることで発電電力を増加させることは出来る。上述の発電機回転速度と発電機トルクの特性に従って、図 3 の最上段に示す発電電力は、風速が V_1 から V_2 の条件で本実施形態に係る運転制御手段を適用しない場合と比較して増加する特性を示す。

【0027】

図 4 は、図 2 に示すコントローラ 1 0 に実装される運転制御手段によって得られる風力発電システム 1 の発電機回転速度の特性と、運転制御手段を適用しない場合の風力発電システム 1 の発電機回転速度の特性を示す。なお、図 4 は図 3 の発電機回転速度を抜き出したものである。図 4 の横軸は風速、縦軸は発電機回転速度を示し、図上方が、発電機回転速度が高い方向、を示す。また、図 3 において破線が本実施形態による運転制御手段を適用しない場合の特性であり、実線が本実施形態による運転制御手段を適用した場合の特性を示す。なお、運転制御手段の適用有無の違いは風速が V_1 から V_2 の条件のみであるが、それ以外の風速条件では適用有無に関わらず一致している。

【0028】

図 3 で説明したように、本実施形態に係る運転制御手段では風速が V_1 から V_2 の条件で発電機回転速度を増加させるが、風速が V_1 から V_a の条件における風速に対する発電機回転速度の増加の傾きは、風速が V_0 から V_a の条件にて実現される発電機回転速度の増加の傾きと一致する。ただし必ずしもこれに限ったものではなく、傾きが一致せず、大きかったり小さかったりする特性を備えるものであっても良い。発電機回転速度が定格回転速度に至った後であっても、さらに上昇させて発電電力を低風速域でも高められるようになっておく、一方で定格発電電力は維持する様にしている。定格発電電力維持は、電気機器保護の観点並びに系統電圧の安定化への寄与にも繋がる。

【0029】

また、本実施形態において、区別の為に、風速が V_1 から V_a の条件における制御を第 1 の運転モード、 V_b から V_2 の間の条件における制御を第 2 の運転モードと呼んでいる。第 1 の運転モードでは、風速の増加に従ってロータ回転速度目標値を、定格ロータ回転速度より大きい値に上昇させる。第 2 の運転モードでは、風速の増加に従って前記ロータ回転速度目標値を前記定格ロータ回転速度より大きい値から前記定格ロータ回転速度まで減少させる。なお、第 1 の運転モードは第 2 の運転モードよりも低い風速域で実行される。

【0030】

図 5 は、本実施形態に係る運転制御手段において、図 2 に示した発電機トルク制限部 2 4 の動作概要を示すタイムチャートである。図 5 の横軸は時刻、縦軸は図上方より風速、発電機回転速度、発電機トルク、および発電電力を示す。図 5 は図上方が、風速が高い方向、発電機回転速度が高い方向、発電機トルクが高い方向、発電電力が高い方向、を示す。なお、図 5 は、最上段に示すように、時刻 t_0 から風速が増加し、時刻 t_1 で風速 V_1 以上になった後、以後の時刻では風速が V_1 から V_2 の間で変化するが、時刻 t_1 から急上昇し、その後時刻 t_4 まで徐々に減少する場合である。

【0031】

図 5 の上から 2 段目に示すように、時刻 t_0 から時刻 t_1 まで、発電機回転速度は V_2 まで増加した後、時刻 t_1 以後は目標回転速度調整部 2 3 により目標回転速度が調整されるため、風速の急上昇に応じて V_3 まで上昇する。図 5 の下から 2 段目に示すように、発電機トルクも風速の増加に伴って時刻 t_0 から時刻 t_2 まで増加するが、時刻 t_2 から時刻 t_3 の発電機

回転速度が₃以上となる場合には、発電電力が定格値より大きくならないように、発電機トルクを減少させるべく、発電機トルク指令値を制限、調整する。発電機トルク指令値が制限されることにより、図5の最下段に示すように、発電電力は定格値より増加しないように調整される。

【0032】

図6は、本実施形態に係る風力発電システム1の別構成を示す概略図である。風力発電システムの概略構成は図1に示したものと同様であるが、コントローラ10に対して指令を与える第1の指令装置61と第2の指令装置62が追加されている。第1の指令装置61は風力発電システム1の適宜位置に設置されるものであり、これに対して第2の指令装置62は風力発電システム1の外部や遠隔地に設置されるものである。第1の指令装置61や第2の指令装置62の指令、例えば作業員によるボタン操作により、上述の本実施形態に係る運転制御手段の実行許可または禁止指令をコントローラ10に出力し、コントローラ10はその指令に従って、本実施形態に係る運転制御手段の実行可否を判断する。

10

【0033】

図7は、本実施例に係る運転制御手段の処理概要を示すフローチャートである。

【0034】

ステップS01では、指令装置61や指令装置62の指示に基づき、本実施形態に係る運転制御手段である回転速度上昇の実施許可を判断し、可能であればステップS02へ進み、不可であればステップS08へ進む。ステップS02では風速がV₁からV₂の範囲内であるかを判断し、範囲内であればステップS03へ進み、範囲外であればステップS08へ進む。ステップS03では目標回転速度調整値を決定し、目標回転速度を調整し、ステップS04へ進む。ステップS04ではブレードピッチ角度指令を決定し、ステップS05へ進む。ステップS05では発電機トルク基本指令値を決定し、ステップS06へ進む。ステップS06では推定する発電電力が定格発電電力以上かを判断し、定格発電電力以上であればステップS07へ進み、定格発電電力未満であれば、発電機トルク指令値に発電機トルク基本指令値をセットして、一連の動作を終了する。ステップS07では発電機トルク制限するべく、発電機トルク指令値を発電機トルク基本指令値未満にセットし、一連の動作を終了する。ステップS08では発電機回転速度の上昇を実施しないように、目標回転速度に目標回転速度基本値をセットして、ステップS09へ進む。ステップS09ではブレードピッチ角度指令値を決定し、ステップS10へ進む。ステップS10では発電機トルク指令値を決定し、一連の動作を終了する。

20

【0035】

以上説明したように、本実施例の風力発電システムおよびその運転方法により、発電機や電力変換器等を含めた電機機器等の各要素（例えば、電機機器以外ではタワー等の構造材）に大きなマージンが備わっていないとも、発電機回転速度を上昇することができる。これにより、風力発電システムの発電効率向上を図ることができる。なお、上記の制御は常に行わざとも、その様な制御に切り替えることを可能にすることでも良い。即ち、上記第1の運転モードと第2の運転モードの双方を実施する第3の運転モード（言い換えるならば図4の実線で表される運転モード）と、上記の制御を行わず、図4の点線で表される運転モード（第4の運転モードとする）を選択的に切り替えるようにすることが可能である。これらの切り替えは、風況予報や余寿命等を考慮して行うと有効である。

30

【0036】

なお、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

40

【符号の説明】

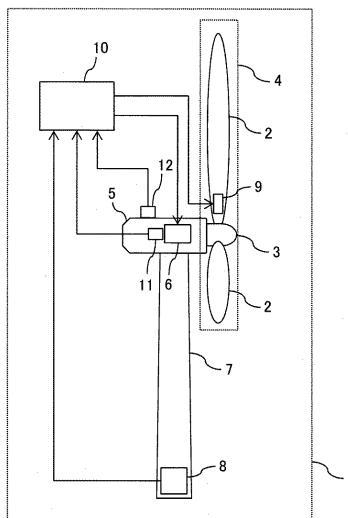
【0037】

50

1 … 風力発電システム、 2 … ブレード、 3 … ハブ、 4 … ロータ、 5 … ナセル、 6 … 発電機、 7 … タワー、 8 … パワーコンディショニングシステム、 9 … ピッチアクチュエータ、 10 … コントローラ、 11 … 回転速度センサ、 12 … 風速センサ、 61 … 第1の指令装置、 62 … 第2の指令装置。

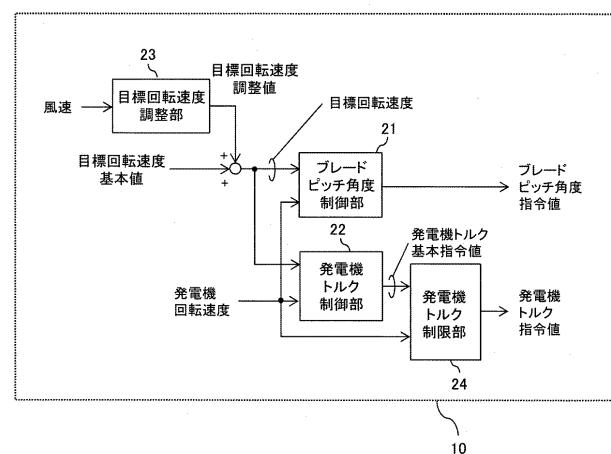
【図1】

図1



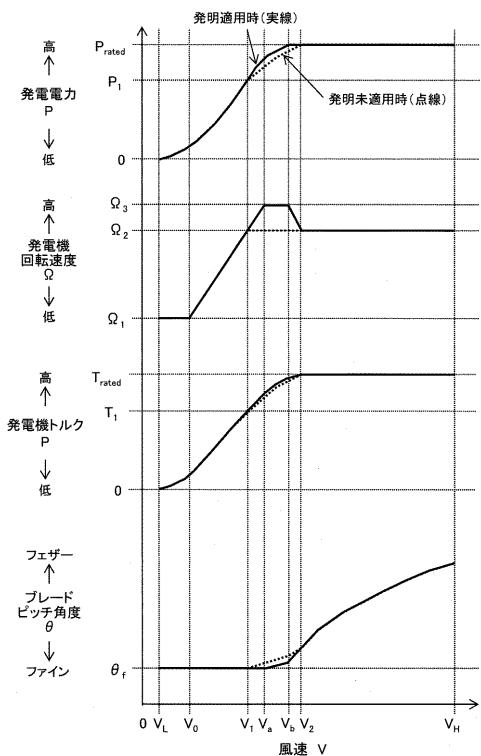
【図2】

図2



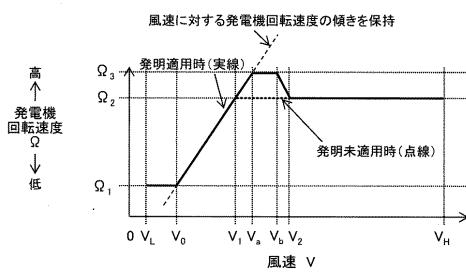
【図3】

図3



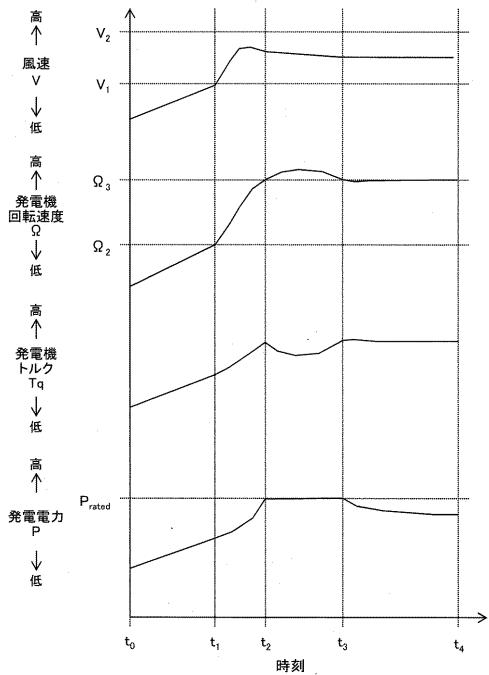
【図4】

図4



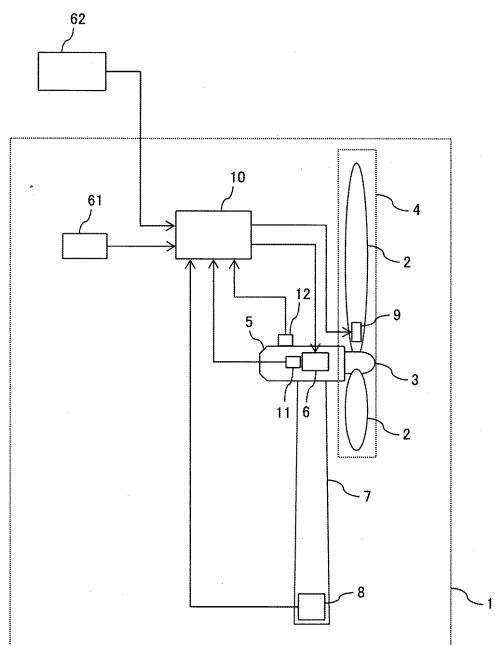
【図5】

図5



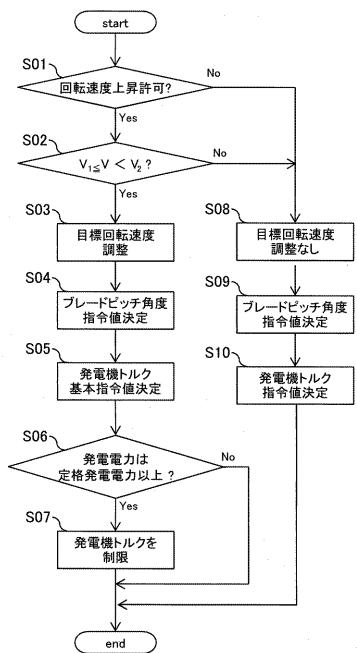
【図6】

図6



【図7】

図7



フロントページの続き

F ターム(参考) 3H178 AA03 AA40 AA43 BB05 BB31 DD12Z DD54X EE02 EE05 EE13
EE18 EE23 EE25