

PCT

- WO 2012/026014 A1**

明 細 書

発明の名称： 風力発電装置及び出力制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、風力発電装置及び出力制御方法に関するものである。

背景技術

[0002] ブレードが風力エネルギーを受けて風車ロータが回転し、風車ロータの回転により発電機を駆動して発電する風力発電装置は、出力が風速の変動によって変動するという問題があった。

この問題を解決するための技術として、特許文献1には、風車の軸に接続された発電機の可変周波数の発電電力を順変換器で直流電力に変換し、該直流電力を逆変換器で交流電力に変換し、順変換器と逆変換器の間に充放電可能な二次電池を直結し、電力系統への出力変動を抑制するように二次電池を常時充放電制御する風力発電装置が記載されている。より詳細には、特許文献1に記載されている風力発電装置は、発電機の出力の検出値から変動分を除去する高周波除去フィルタの出力値を、逆変換機の出力値とし、発電機の出力と逆変換機の出力との差分を、上記二次電池が充放電して吸収することにより、電力系統への出力の変動を抑制する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2003-333752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に記載の技術では、発電機の出力と高周波除去フィルタの出力値との差分を、二次電池が充放電して吸収するための電力としており、発電機から出力された電力の変動量を検知するための構成が複雑である。

[0005] 本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、発電機の出力

変動を簡易な構成で正確に検知することで、より効果的に電力系統の電力供給量の低下を補うことができる風力発電装置及び出力制御方法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] 上記課題を解決するために、本発明は、以下の手段を採用する。

本発明の第1の態様に係る風力発電装置は、複数枚のブレードを有する風車ロータが風を受けて回転し、該風車ロータの回転により発電機を駆動させると共に、該発電機によって発電した電力を電力系統に送電する風力発電装置であって、前記発電機の出力の変化の傾きを導出し、導出した該傾きに基づいて、前記発電機の出力の増減を判定する判定手段と、電力系統の周波数が低下した場合、前記判定手段の判定結果に基づいて電力制御を行う制御手段と、を備える。

[0007] 本発明によれば、判定手段によって、風車ロータの回転により発電する発電機の出力の変化の傾きが導出され、導出された該傾きに基づいて、前記発電機の出力の増減が判定される。

なお、出力の変化の傾きは、例えば、発電機の出力を所定時間間隔で複数回検出し、検出値を結ぶ直線の傾きから導出される。例えば、判定手段は、変化の傾きが、 $0^\circ < \theta < 90^\circ$ の場合に発電機の出力が増加していると判定し、 $270^\circ < \theta < 360^\circ$ の場合に、発電機の出力が減少していると判定する。なお、出力が増加している場合とは、風速が上昇している場合であり、出力が減少している場合とは、風速が下降している場合である。

そして、制御手段によって、電力系統の周波数が低下した場合、判定手段の判定結果に基づいて電力制御が行われる。

以上のことから、本発明は、発電機の出力変動を簡易な構成で正確に検知することで、より効果的に電力系統の電力供給量の低下を補うことができる。

[0008] また、本発明の風力発電装置は、充放電可能な二次電池を備え、前記制御手段が、前記電力系統の周波数が低下した場合であって、前記判定手段によ

って前記発電機の出力が減少していると判定された場合に、前記発電機の出力と前記電力系統が要求する電力との差を、前記風車ロータに蓄えられている慣性力及び前記二次電池に充電されている電力の少なくとも一方で補うように制御してもよい。

[0009] 電力系統に異常（例えば、大型発電所の解列）が発生すると、電力系統の周波数が一時的に大きく低下する。そして、この周波数の低下は、周波数の変動を繰り返しながら徐々に平衡の状態に戻る。そのため、風力発電装置は、電力系統の周波数の低下、すなわち電力系統の電力供給量の低下を補うために、電力系統の周波数の変動に応じて、連系されている発電所の出力を変動させる要求が生じる。なお、上記要求が、電力系統が要求する電力である。

そこで、本発明によれば、電力系統の周波数が低下した場合であって、判定手段で発電機の出力が減少していると判定された場合、制御手段によって、発電機の出力と電力系統が要求する電力との差が、風車ロータに蓄えられている慣性力及び二次電池に充電されている電力の少なくとも一方で補われるように制御される。

このため、本発明は、電力系統の電力供給量が低下し、かつ風速が下降している場合であっても、電力系統が要求する出力を供給することができる。

[0010] また、本発明の風力発電装置は、充放電可能な二次電池と、前記電力系統の周波数が低下した場合であって、前記判定手段によって前記発電機の出力が増加していると判定された場合に、前記電力系統の周波数が低下したときの前記発電機の出力を記憶する記憶手段と、を備え、前記制御手段が、前記発電機の出力を前記記憶手段に記憶されている出力となるように制御すると共に、前記発電機の出力と前記電力系統が要求する電力との差を、前記風車ロータに蓄えられている慣性力及び前記二次電池に充電されている電力で補うように制御してもよい。

前記電力系統の周波数が低下した場合に、発電機の出力が増加していると、電力系統が要求する電力を超える電力を発電機が出力する可能性がある。

そこで、本発明によれば、記憶手段によって、電力系統の周波数が低下したときの発電機の出力が記憶され、制御手段によって、発電機の出力が記憶手段に記憶された出力となるように制限される。

また、制御手段によって、発電機の出力と電力系統が要求する電力との差が、風車ロータに蓄えられている慣性力及び二次電池に充電されている電力で補われるように制御される。

このため、本発明は、電力系統の電力供給量が低下し、かつ風速が上昇している場合であっても、電力系統が要求する出力を供給することができる。

[0011] また、本発明の風力発電装置は、前記制御手段が、前記発電機の出力が前記記憶手段に記憶されている出力となるように、前記ブレードのピッチ角を制御してもよい。

本発明によれば、制御手段によって、前記発電機の出力が記憶手段に記憶されている出力となるようにブレードのピッチ角が制御される。

このため、本発明は、簡易に発電機の出力を減少させることができる。

[0012] また、本発明の風力発電装置は、前記二次電池が、複数設けられ、前記制御手段が、前記発電機の出力が前記記憶手段に記憶された出力となるように、前記発電機の発電した電力を、複数の前記二次電池のうち放電に寄与しない前記二次電池に充電するように制御してもよい。

本発明によれば、制御手段によって、発電機の出力が記憶手段に記憶された出力となるように、発電機で発電された電力が放電に寄与しない二次電池に充電される。

このため、本発明は、簡易に発電機の出力を減少させることができる。

[0013] 一方、本発明の第2の態様に係る出力制御方法は、複数枚のブレードを有する風車ロータが風を受けて回転し、該風車ロータの回転により発電機を駆動させると共に、該発電機によって発電した電力を電力系統に送電する風力発電装置の出力制御方法であって、前記発電機の出力の変化の傾きを導出し、導出した該傾きに基づいて、前記発電機の出力の増減を判定する第1工程と、電力系統の周波数が低下した場合、前記第1工程の判定結果に基づいて

電力制御を行う第2工程と、を有する。

本発明によれば、発電機の出力の変化の傾きを導出し、導出した変化の傾きに基づいて、発電機の出力の増減を判定すると共に、電力系統の周波数が低下した場合、判定結果に基づいて電力制御を行う。

このため、本発明は、発電機の出力変動を簡易な構成で正確に検知することで、より効果的に電力系統の電力供給量の低下を補うことができる。

発明の効果

[0014] 本発明によれば、発電機の出力変動を簡易な構成で正確に検知することで、より効果的に電力系統の電力供給量の低下を補うことができる、という優れた効果を有する。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]本発明の実施形態に係る風力発電装置の外観図である。

[図2]本発明の実施形態に係る風力発電装置の電氣的構成を示すブロック図である。

[図3]本発明の実施形態に係る出力制御プログラムの処理の流れを示すフローチャートである。

[図4]本発明の実施形態に係る発電機の出力の変化の傾きの導出の説明に要するグラフである。

[図5]本発明の実施形態に係る電力系統の周波数の低下の一例を示すグラフである。

[図6]本発明の実施形態に係る電力系統の周波数の低下に応じた要求出力の一例を示すグラフである。

[図7]本発明の実施形態に係る制御部の機能を示す機能ブロック図である。

[図8]電力系統の周波数が低下すると共に、発電機の出力が減少している場合に、風車ロータに蓄えられている慣性力による補填を行った場合の風力発電装置の出力の一例であり、(A)は、電力系統に異常が発生したタイミングを示す全体図、(B)は、電力系統に異常が発生したタイミングの前後を示す領域Aの拡大図である。

[図9]本発明の実施形態に係る風力発電装置が、要求出力を満たす電力を出力するための、風車二次電池装置の出力と風車ロータに蓄えられている慣性力との比を示す模式図であり、(A)は、要求出力が予め定められた閾値以上の場合であり、(B)は、要求出力が予め定められた閾値未満の場合である。

[図10]本発明の実施形態に係る風力発電装置において、電力系統の周波数が低下すると共に、発電機の出力が減少している場合に、風車ロータに蓄えられている慣性力と風車二次電池装置による補填を行った場合の風力発電装置の出力の一例である。

[図11]電力系統の周波数が低下すると共に、発電機の出力が増加している場合に、風車ロータに蓄えられている慣性力による補填を行った場合の風力発電装置の出力の一例であり、(A)は、電力系統に異常が発生したタイミングを示す全体図、(B)は、電力系統に異常が発生したタイミングの前後を示す領域Aの拡大図である。

[図12]本発明の実施形態に係る風力発電装置において電力系統の周波数が低下すると共に、発電機の出力が増加している場合に、風車ロータに蓄えられている慣性力と風車二次電池装置による補填を行った場合の風力発電装置の出力の一例である。

発明を実施するための形態

[0016] 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。

[0017] 図1は、本実施形態に係る風力発電装置10の外観図である。

風力発電装置10は、タワー12、タワー12の上部に設けられたナセル14、及び風車ロータ16を備えている。

[0018] ナセル14は、その内部に発電機20等(図2も参照。)を備えており、風車ロータ16と発電機20とは機械的に連結され、風車ロータ16の回転が発電機20に伝達されるようになっている。また、ナセル14は、風車ロータ16と共に所望のヨー方向に旋回可能とされている。

風車ロータ16は、複数枚のブレード22及びハブ24を備えている。吹

く数枚のブレード 22 は、各々そのピッチ角が可変制御可能とされ、ハブ 24 に放射状に設けられている。

[0019] このように、風力発電装置 10 は、ブレード 22 が風力エネルギーを受けることで風車ロータ 16 が回転し、風車ロータ 16 の回転により発電機 20 を駆動させると共に、発電機 20 によって発電した電力を電力系統に送電する

[0020] 図 2 は、本実施形態に係る風力発電装置 10 の電氣的構成を示すブロック図である。

発電機 20 には交流—直流変換部 30A が接続されており、交流—直流変換部 30A は、発電機 20 から出力される交流の電力を直流に変換する。

[0021] また、交流—直流変換部 30A には直流—直流変換部 32 及び直流—交流変換部 34 が接続されている。

直流—直流変換部 32 には、ナセル 14 内に配置され充放電可能な二次電池（例えば、リチウム電池）である風車二次電池装置 36 が接続されており、交流—直流変換部 30A で直流に変換された電圧を風車二次電池装置 36 に充電可能な大きさの電圧に変換する。

[0022] 一方、直流—交流変換部 34 は、交流—直流変換部 30A によって直流に変換された電力を再び交流に変換する。そして、直流—交流変換部 34 によって交流に変換された電力は、他の風力発電装置と電氣的に接続するための変圧器 38A 及び本線 40 を介して電力系統 42 へ送電される。

[0023] なお、電力系統 42 へ送電するための本線 40 には、ナセル 14 外に配置されている充放電可能な二次電池（例えば、リチウム電池）であるファーム二次電池装置 44 が、変圧器 38B 及び交流—直流変換部 30B を介して接続されている。なお、ファーム二次電池装置 44 は、風力発電装置 10 毎に設けられてもよく、所定数の風力発電装置 10 毎に設けられてもよい。

[0024] また、風力発電装置 10 は、発電機 20 の出力を検出する電力検出部 46 を備えている。なお、電力検出部 46 は、所定時間間隔毎（例えば、3 秒間隔毎）に電力を検出する。

[0025] さらに、風力発電装置 10 は、制御部 48 を備えている。制御部 48 は、電力検出部 46 で検出された電力を示す検出値が入力されると共に、風車ロータ 16、交流－直流変換部 30A、直流－直流変換部 32、直流－交流変換部 34、及び交流－直流変換部 30B を制御する。

[0026] また、制御部 48 は、磁気記憶装置又は半導体記憶装置で構成される記憶部 50 を備えている。記憶部 50 は、各種データの記憶及び制御部 48 が実行するプログラムのワークエリアとして用いられる。

[0027] そして、本実施形態に係る風力発電装置 10 は、発電機 20 の出力の変化の傾きを導出し、該変化の傾きから発電機 20 の出力の増減を判定する処理（以下、「出力変化判定処理」という。）を行う。

図 3 は、出力変化判定処理を行う場合に、制御部 48 によって実行される出力変化判定プログラムの処理の流れを示すフローチャートであり、該出力変化判定プログラムは記憶部 50 の所定領域に予め記憶されている。なお、本プログラムは、例えば、風力発電装置 10 が発電を開始すると共に開始する。

[0028] まず、ステップ 100 では、電力検出部 46 から検出値が入力されるまで待ち状態となり、電力検出部 46 から検出値が入力されるとステップ 102 へ移行する。

[0029] ステップ 102 では、電力検出部 46 から入力された発電機 20 の出力の検出値を記憶部 50 に記憶する。

[0030] 次のステップ 104 では、記憶部 50 に記憶された検出値が発電機 20 の出力の増減を判定するのに必要な所定数（本実施形態では、一例として 2 つ）以上記憶されているか否かを判定し、肯定判定となった場合はステップ 106 へ移行する一方、否定判定となった場合はステップ 100 へ戻る。

[0031] ステップ 106 では、記憶部 50 に記憶された所定数の検出値に基づいて、発電機 20 の出力の変化の傾きを導出する。

ここで、図 4 を参照して、出力の変化の傾きの導出方法について説明する。図 4 は、電力検出部 46 で検出された電力（出力）の変化を示すグラフで

ある。

図 4 に示す検出値 n は、最新の検出値であり、検出値 $n - 1$ は、検出値 n よりも一つ前に検出された検出値である。

そして、本実施形態では、検出値 n と検出値 $n - 1$ を結ぶ直線 L の傾き θ を出力の変化の傾きとして導出する。

[0032] なお、発電機 20 の出力の増減を判定するのに必要な検出値の数は、3 つ以上でもよい。この場合、3 つ以上の検出値から直線の近似線を求め、該近似線の傾きを、発電機 20 の出力の変化の傾きとする。

[0033] 次のステップ 108 では、ステップ 106 で導出した傾き θ に基づいて、発電機 20 の出力の増減を判定する。

具体的には、傾き θ が、例えば $0^\circ < \theta < 90^\circ$ の場合は、風速が上昇中であり、発電機 20 の出力が増加していると判定する。一方、傾き θ が、例えば $270^\circ < \theta < 360^\circ$ の場合は、風速が下降中であり、発電機 20 の出力が減少していると判定する。なお、傾き θ が $0^\circ < \theta < 90^\circ$ 及び $270^\circ < \theta < 360^\circ$ の何れでもない場合は、発電機 20 の出力に増減がないと判定する。

すなわち、判定結果は、出力の増加、出力の減少、及び出力の増減無しの 3 種類の何れかとなる。

[0034] 次のステップ 110 では、風力発電装置 10 の発電を停止する旨の指示が不図示の制御盤を介してオペレータによって入力されたか否かを判定し、肯定判定となった場合は、本プログラムを終了し、否定判定となった場合は、ステップ 100 へ戻る。

[0035] 次に、電力系統 42 に異常（例えば、大型発電所の解列）が発生することによって、風力発電装置 10 が接続されている電力系統 42 の周波数が低下した場合について説明する。

電力系統 42 に異常が発生すると、例えば、図 5 に示すように電力系統 42 の周波数が一時的に大きく低下（ $0 \sim 5 \text{ sec}$ の範囲における周波数の低下）する場合がある。そして、この周波数の低下は、周波数の微小な変動（

5 s e c 以降の周期が 2 s e c の周波数の変動) を繰り返しながら平衡状態に戻る。

[0036] そのため、風力発電装置 1 0 は、電力系統 4 2 の周波数の低下、すなわち電力系統 4 2 の電力の低下を補うために、電力系統 4 2 の周波数の変動に応じて、出力させる電力を変動させる要求が生じる。すなわち、この要求は、風力発電装置 1 0 に対して、電力系統 4 2 が要求する電力（以下、「要求出力」という。）である。

[0037] なお、要求出力は、下記（１）式から求められる。（１）式において ΔP は、電力系統 4 2 の周波数の変動に応じた要求出力の変動幅であり、 f は電力系統の周波数、 R は予め定められた定数である。

[数1]

$$\Delta P = \frac{100(1-f)}{R} \quad \dots(1)$$

図 6 は、図 5 に示す電力系統 4 2 の周波数の低下に応じた要求出力を示すグラフである。図 6 に示すように、電力系統 4 2 の周波数の変動が大きいと要求出力も大きくなり、電力系統 4 2 の周波数の変動が小さいと要求出力も小さくなる。

[0038] そして、本実施形態に係る風力発電装置 1 0 は、電力系統 4 2 の周波数が低下した場合に、要求出力を出力するように制御部 4 8 によって制御される。

[0039] 図 7 は、要求出力の出力に関する制御部 4 8 の機能を示すブロック図である。制御部 4 8 は、要求出力算出部 6 0、出力変化判定処理部 6 2、及び制御指令生成部 6 4 を備えている。

[0040] 制御部 4 8 は、電力系統 4 2 の周波数が入力される。

要求出力算出部 60 は、入力された電力系統 42 の周波数から、上記（１）式を用いて風力発電装置 10 の出力に対して増加させるべき要求出力を算出し、算出した値を出力上昇指令値として制御指令生成部 64 に出力する。

出力変化判定処理部 62 は、上述した出力変化判定処理を行い、発電機 20 による出力の増減を判定し、判定結果を制御指令生成部 64 に出力する。

制御指令生成部 64 は、風車ロータ 16 の回転数、要求出力算出部 60 から出力された出力上昇指令値、及び出力変化判定処理部 62 による判定結果に基づいて、風車ロータ 16 を制御するための風車ロータ制御指令値、風車二次電池装置 36 及びファーム二次電池装置 44 の少なくとも一方の充放電を制御するための充放電制御指令値を生成する。

なお、風車ロータ制御指令値は、風車ロータコントローラ 66 に送信され、充放電制御指令値は、風車充放電コントローラ 68 及びファーム充放電コントローラ 70 に送信される。

[0041] 風車ロータコントローラ 66 は、風車ロータ制御指令値に基づいて風車ロータ 16 への制動力（ブレーキ）の付与又はブレード 22 のピッチ角の変更を行う。

風車充放電コントローラ 68 は、充放電制御指令値に基づいて風車二次電池装置 36 が充放電するように直流－直流変換部 32 を制御する。

ファーム充放電コントローラ 70 は、充放電制御指令値に基づいてファーム二次電池装置 44 が充放電するように交流－直流変換部 30B を制御する。

[0042] 次に、電力系統 42 の周波数が低下した場合であって、出力変化判定処理部 62 によって発電機 20 の出力が減少していると判定された場合について説明する。

[0043] 電力系統 42 に異常が生じたことによる電力系統 42 の周波数は、上述した図 5 に示すように異常発生直後に大きく低下する。そして、この周波数の大きな低下に対する要求出力は、図 6 に示すようにそれ以降に比較して大きい。

そのため、電力系統 42 の周波数の大きな低下に対しては、風車ロータ 1

6に制動力を加えることで、風車ロータ 16に蓄えられている慣性力（慣性エネルギー）を用いること補填する。

[0044] 図8は、風力発電装置10の出力の変化を示すと共に、発電機20の出力が減少している場合に、電力系統42に異常が生じたタイミングの一例を示しており、図8（A）の領域Aの拡大図が図8（B）である。

そして、図8（B）に示すように、風車ロータ16に蓄えられている慣性力による補填によって、風力発電装置10の出力が一時的に要求出力に近くなる。しかし、その後発電機20の出力は、風車ロータ16に制動力が加えられたため減少する。そのため、風力発電装置10は、要求出力を出力することができなくなる。

[0045] そこで、本実施形態に係る風力発電装置10は、電力系統42の周波数が低下すると共に、発電機20の出力が減少している場合、慣性力による補填の不足分を風車二次電池装置36に充電されている電力で補う。つまり、制御指令生成部64が、風力発電装置10が要求出力を出力するための風車ロータ制御指令値及び充放電制御指令値を生成する。

[0046] 図9は、要求出力を満たす電力を風力発電装置10が出力するための、風車二次電池装置36の出力と風車ロータ16に蓄えられている慣性力との比を示す。

図9（A）は、要求出力を示す出力上昇指令値が風力発電装置10の出力に対して予め定められた比率（例えば、3%）以上の場合における、風車二次電池装置36及び風車ロータ16に蓄えられている慣性力との比を示す。なお、以下の説明において、上記比率を単に閾値という。

出力上昇指令値が予め定められた閾値以上の場合、制御指令生成部64は、図9（A）に示すように風車ロータ16の回転数が多いほど、風車ロータ16に蓄えられている慣性力による出力が大きくなり、風車二次電池装置36からの出力が小さくなるように、風車ロータ制御指令値及び充放電制御指令値を生成する。

[0047] 一方、要求出力を示す出力上昇指令値が上記予め定められた閾値未満の場

合、制御指令生成部 64 は、図 9 (B) に示すように風車ロータ制御指令値を生成せずに、風車ロータ 16 の回転数にかかわらず、風車二次電池装置 36 の放電によって要求出力を満たすように充放電制御指令値を生成する。これは、出力上昇指令値が閾値未満の場合は、追従させるべき出力が小さすぎ、風車ロータ 16 に対する制御では該出力の追従ができないためである。

[0048] 図 10 に、風車ロータ 16 に蓄えられている慣性力と風車二次電池装置 36 による補填を行った場合の一例を示す。図 10 に示すように、風車ロータ 16 に蓄えられている慣性力と風車二次電池装置 36 による補填を行った場合は、風車ロータ 16 に蓄えられている慣性力を用いただけの場合に比較して、風力発電装置 10 の出力と要求出力との差が小さくなる。

なお、図 10 に示す例では、風車二次電池装置 36 による放電だけでは要求出力を満たすことができていない。このような場合には、ファーム二次電池装置 44 も放電させ、ファーム二次電池装置 44 も用いた補填を行う充放電制御指令値を生成する。

[0049] 以上説明したように、本実施形態に係る風力発電装置 10 は、電力系統 42 の周波数が低下した場合であって、発電機 20 の出力が減少している場合に、発電機 20 の出力と要求出力との差を、風車ロータ 16 に蓄えられている慣性力、及び風車二次電池装置 36 又はファーム二次電池装置 44 に充電されている電力で補う。

なお、発電機 20 の出力と要求出力との差を、風車ロータ 16 に蓄えられている慣性力のみで補ってもよいし、風車二次電池装置 36 又はファーム二次電池装置 44 に充電されている電力のみで補ってもよい。

また、風力発電装置 10 は、要求出力に応じた出力を行っている間も、出力変化判定処理部 62 による発電機 20 の出力の増減を判定し、判定結果に応じて制御指令生成部 64 によって風車ロータ制御指令値及び充放電制御指令値を新たに生成し、出力する。

[0050] 次に、電力系統 42 の周波数が低下した場合であって、出力変化判定処理部 62 によって発電機 20 の出力が増加していると判定された場合について

説明する。

[0051] 図 1 1 は、風力発電装置 1 0 の出力の変化を示すと共に、発電機 2 0 の出力が増加している場合に、電力系統 4 2 に異常が生じたタイミングの一例を示しており、図 1 1 (A) の領域 A の拡大図が図 1 1 (B) である。

そして、図 1 1 (B) には、電力系統 4 2 の周波数の低下に伴い、風車ロータ 1 6 に蓄えられている慣性力による補填を行った場合の例が示されている。

図 1 1 (B) に示すように、風車ロータ 1 6 に蓄えられている慣性力による補填を行うと、風力発電装置 1 0 の出力が一時的に要求出力に相当する。しかし、発電機 2 0 の出力が増加しているため、その後、風力発電装置 1 0 の出力が要求出力を超えてしまう可能性がある。

[0052] そこで、本実施形態に係る風力発電装置 1 0 は、電力系統 4 2 の周波数が低下すると共に、発電機 2 0 の出力が増加している場合、発電機 2 0 の出力を低下させる。具体的には、制御部 4 8 は、記憶部 5 0 に電力系統 4 2 の周波数が低下したとき、すなわち電力系統 4 2 に異常が発生したときの発電機の出力（以下、「記憶出力」という。）を記憶させる。そして、制御部 4 8 は、発電機 2 0 の出力を記憶出力となるように制御すると共に、発電機 2 0 の出力と要求出力との差を、風車ロータ 1 6 に蓄えられている慣性力及び風車二次電池装置 3 6 に充電されている電力で補うように制御する。

つまり、制御指令生成部 6 4 が、まず、電力系統 4 2 の異常発生直後に大きく低下する周波数に対応した、風車ロータ 1 6 に制動力を与えるための風車ロータ制御指令値、及び風車二次電池装置 3 6 を放電させるための充放電制御指令値を生成する。これによって、風力発電装置 1 0 は、風車ロータ 1 6 に蓄えられている慣性力及び風車二次電池装置 3 6 から放電される電力の補填によって、要求出力を満たした電力を出力する。

[0053] その後、制御指令生成部 6 4 は、発電機 2 0 の出力が記憶出力に減少するようにブレード 2 2 のピッチ角を制御するための風車ロータ制御指令値を生成する。具体的には、ブレード 2 2 のピッチ角をフェザー側に変更させる風

車ロータ制御指令値を生成することによって、ブレード２２が受ける風力を減少させ、発電機２０の出力を減少させる。

なお、図１２の一点鎖線が、発電機２０の出力を記憶出力に減少させた場合を示している。これにより、風力発電装置１０の出力が要求有効出力を超えることを抑制できる。しかし、これだけでは、電力系統４２の微小な周波数の変動には対応できないため、風力発電装置１０の出力が要求有効出力に達しない。

そのため、本実施形態に係る制御指令生成部６４は、ブレード２２のピッチ角を制御するための風車ロータ制御指令値を生成すると共に、出力上昇指令値に基づいて、風車二次電池装置３６を放電させるための充放電制御指令値を生成する。これによって、図１２の破線に示すように、風力発電装置１０は、出力を要求出力に相当させることができる。

[0054] 以上説明したように、本実施形態に係る風力発電装置１０は、電力系統４２の周波数が低下した場合であって、発電機２０の出力が増加している場合に、発電機２０の出力を記憶部５０に記憶されている記憶出力となるように制御すると共に、発電機２０の出力と要求出力との差が、風車ロータ１６に蓄えられている慣性力及び風車二次電池装置３６に充電されている電力で補う。

このため、風力発電装置１０は、電力系統４２に生じた異常によって電力系統の周波数が低下し、かつ風速が上昇している場合であっても、電力系統４２が要求する電力を出力することができる。

[0055] なお、本実施形態に係る制御指令生成部６４は、風車二次電池装置３６による放電だけでは要求出力を満たすことができない場合には、ファーム二次電池装置４４も放電させ、ファーム二次電池装置４４も用いた補填を行う充放電制御指令値を生成する。なお、風車二次電池装置３６を放電させず、ファーム二次電池装置４４のみを放電させることで、補填を行ってもよい。

[0056] 以上、本発明を、上記実施形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施形態に記載の範囲には限定されない。発明の要旨を逸脱しない範

図で上記実施形態に多様な変更または改良を加えることができ、該変更または改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれる。

[0057] 例えば、上記実施形態では、発電機 20 の出力を記憶出力とするために、ブレード 22 のピッチ角を制御する場合について説明したが、本発明は、これに限定されるものではなく、発電機 20 の出力を記憶出力とするために、発電機 20 の発電した電力を、二次電池に充電するように制御する形態としてもよい。

具体的には、例えば、風車二次電池装置 36 が複数の二次電池を備え、複数の該二次電池のうち放電に寄与しない二次電池に、発電機 20 の発電した電力を充電させる。なお、放電に寄与している二次電池とは、風力発電装置 10 の出力を要求出力とするために放電している二次電池である。

[0058] また、上記実施形態では、風車二次電池装置 36 としてリチウム電池を用いる場合について説明したが、本発明は、これに限定されるものではなく、風車二次電池装置 36 として電界コンデンサ等、他の蓄電手段を用いる形態としてもよい。

[0059] また、上記実施形態では、風車二次電池装置 36 をナセル 14 内に配置する場合について説明したが、本発明は、これに限定されるものではなく、風車二次電池装置 36 をタワー 12 内又はタワー 12 下に配置する形態としてもよい。

[0060] また、風車二次電池装置 36 を備えない他の風力発電装置に対して風車二次電池装置 36 を備える風力発電装置 10 が、風車二次電池装置 36 に充電されている電力を送電することで、上記他の風力発電装置の出力が要求出力を満たす形態としてもよい。

この形態の場合、風力発電装置 10 は、他の風力発電装置から出力される出力の計測値を受信し、該他の風力発電装置に要求されている要求出力と受信した計測値との差に相当する電力を風車二次電池装置 36 から放電する。

符号の説明

[0061] 10 風力発電装置

1 6	風車ロータ
2 0	発電機
2 2	ブレード
3 6	風車二次電池装置
4 2	電力系統
4 4	ファーム二次電池装置
4 8	制御部
5 0	記憶部

請求の範囲

[請求項1]

複数枚のブレードを有する風車ロータが風を受けて回転し、該風車ロータの回転により発電機を駆動させると共に、該発電機によって発電した電力を電力系統に送電する風力発電装置であって、

前記発電機の出力の変化の傾きを導出し、導出した該傾きに基づいて、前記発電機の出力の増減を判定する判定手段と、

電力系統の周波数が低下した場合、前記判定手段の判定結果に基づいて電力制御を行う制御手段と、
を備えた風力発電装置。

[請求項2]

充放電可能な二次電池
を備え、

前記制御手段は、前記電力系統の周波数が低下した場合であって、前記判定手段によって前記発電機の出力が減少していると判定された場合に、前記発電機の出力と前記電力系統が要求する電力との差を、前記風車ロータに蓄えられている慣性力及び前記二次電池に充電されている電力の少なくとも一方で補うように制御する請求項1記載の風力発電装置。

[請求項3]

充放電可能な二次電池と、

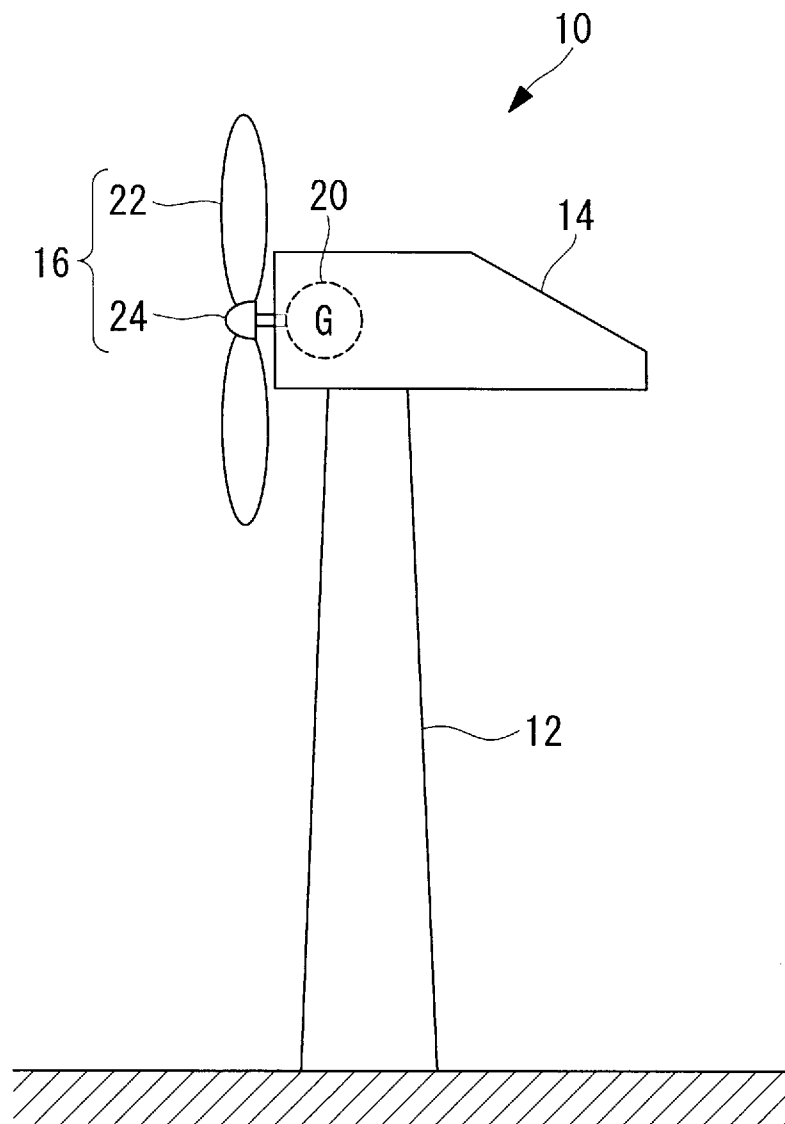
前記電力系統の周波数が低下した場合であって、前記判定手段によって前記発電機の出力が増加していると判定された場合に、前記電力系統の周波数が低下したときの前記発電機の出力を記憶する記憶手段と、

を備え、

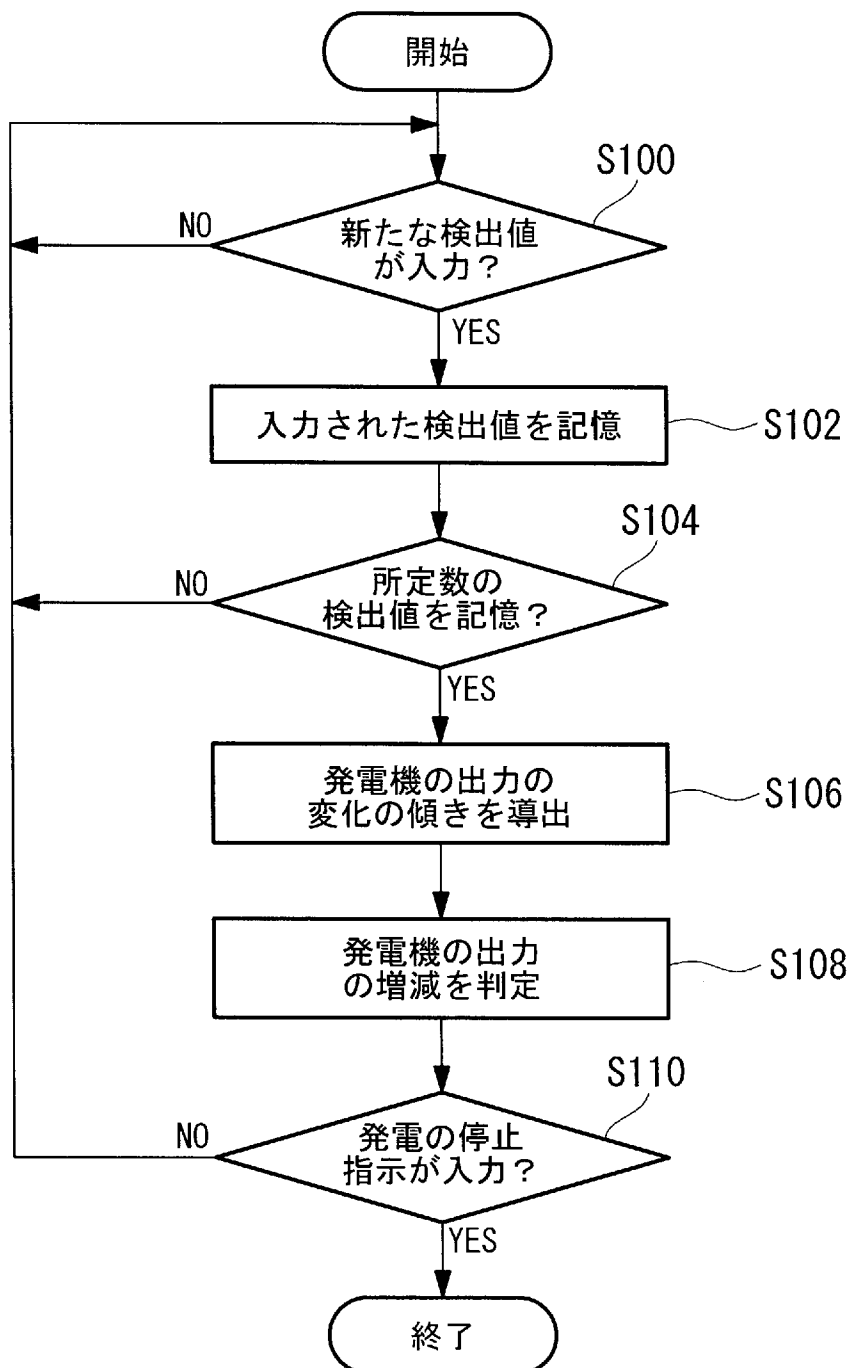
前記制御手段は、前記発電機の出力を前記記憶手段に記憶されている出力となるように制御すると共に、前記発電機の出力と前記電力系統が要求する電力との差を、前記風車ロータに蓄えられている慣性力及び前記二次電池に充電されている電力で補うように制御する請求項1記載の風力発電装置。

- [請求項4] 前記制御手段は、前記発電機の出力が前記記憶手段に記憶されている出力となるように、前記ブレードのピッチ角を制御する請求項3記載の風力発電装置。
- [請求項5] 前記二次電池は、複数設けられ、
前記制御手段は、前記発電機の出力が前記記憶手段に記憶された出力となるように、前記発電機の発電した電力を、複数の前記二次電池のうち放電に寄与しない前記二次電池に充電するように制御する請求項3記載の風力発電装置。
- [請求項6] 複数枚のブレードを有する風車ロータが風を受けて回転し、該風車ロータの回転により発電機を駆動させると共に、該発電機によって発電した電力を電力系統に送電する風力発電装置の出力制御方法であって、
前記発電機の出力の変化の傾きを導出し、導出した該傾きに基づいて、前記発電機の出力の増減を判定する第1工程と、
電力系統の周波数が低下した場合、前記第1工程の判定結果に基づいて電力制御を行う第2工程と、
を有する出力制御方法。

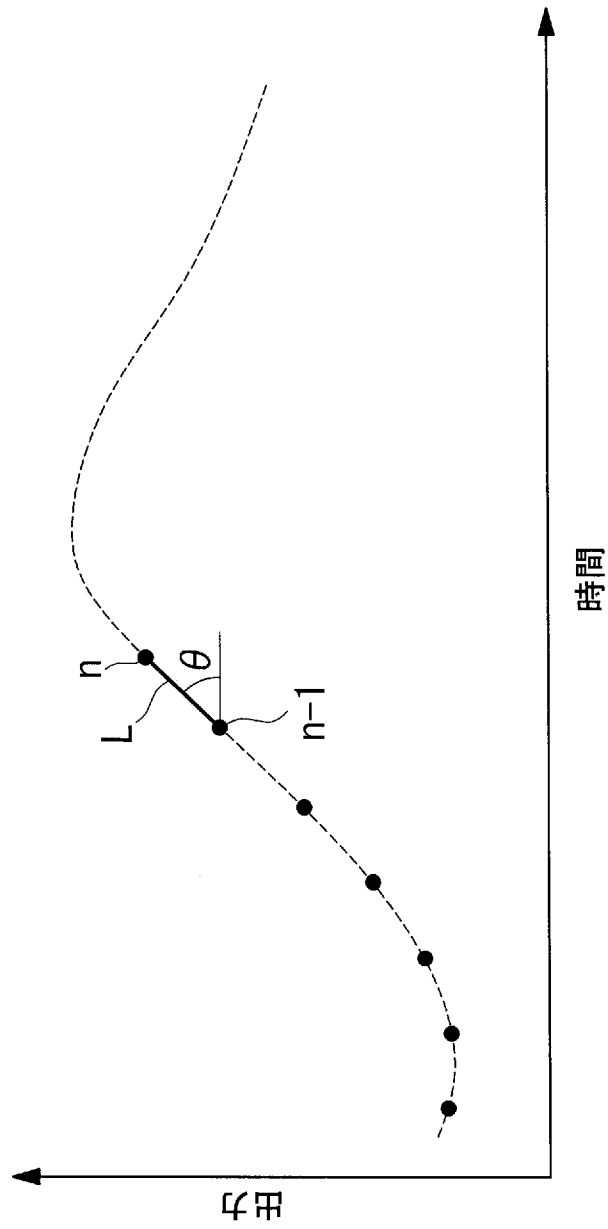
[図1]



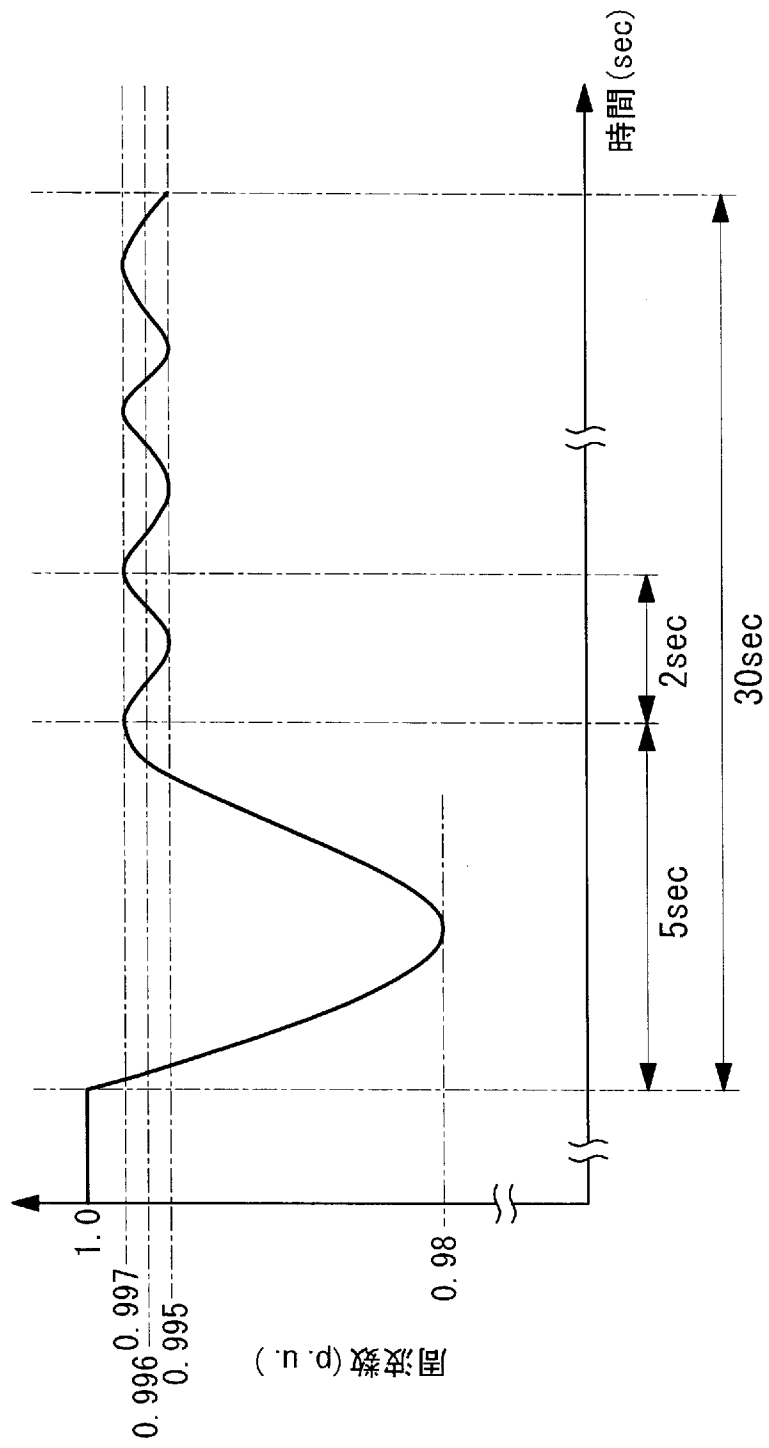
[図3]



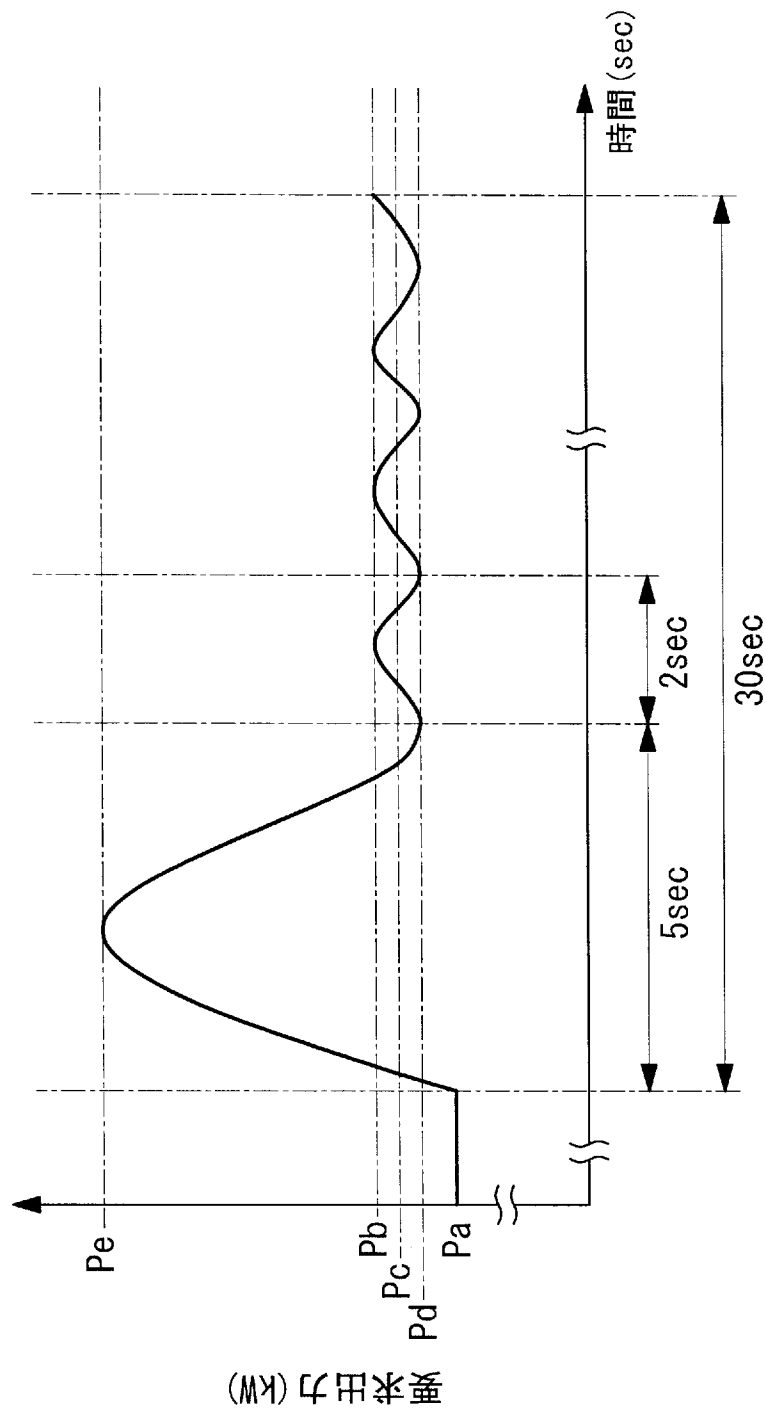
[図4]



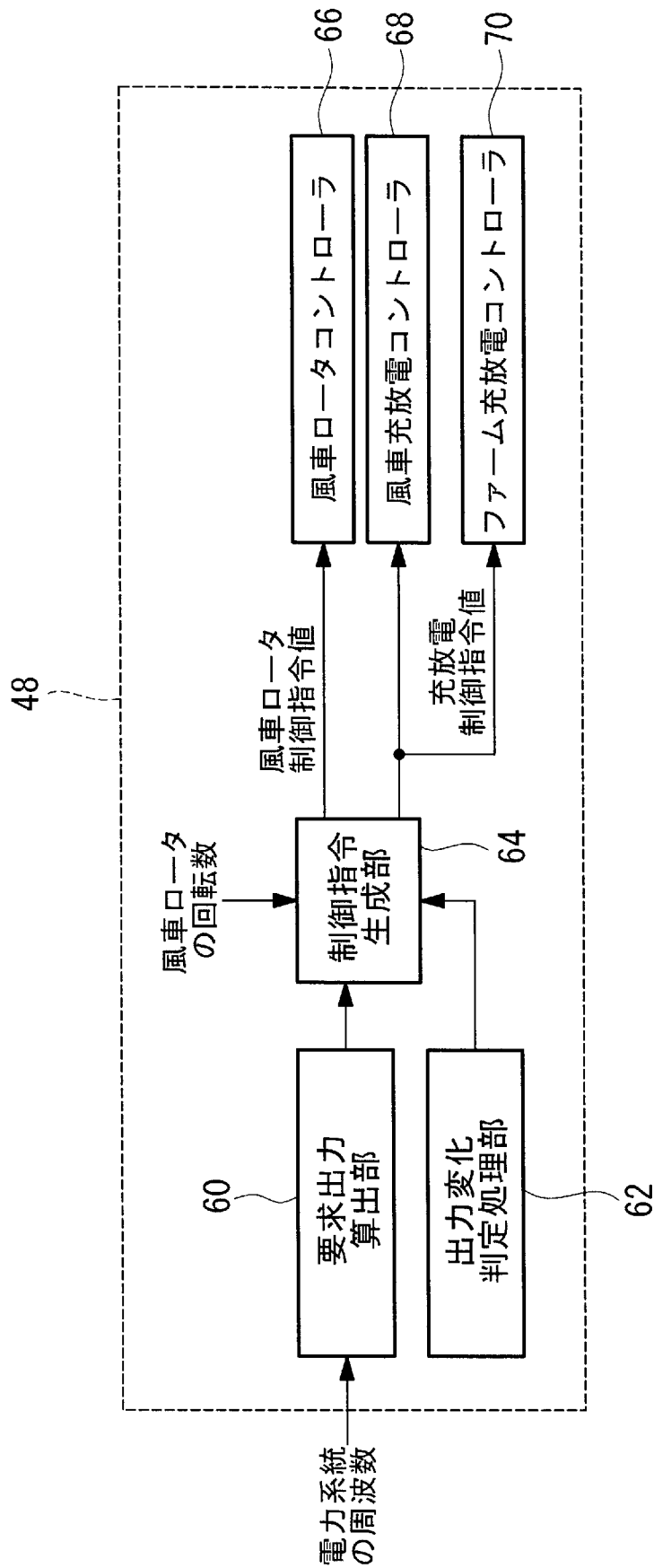
[図5]



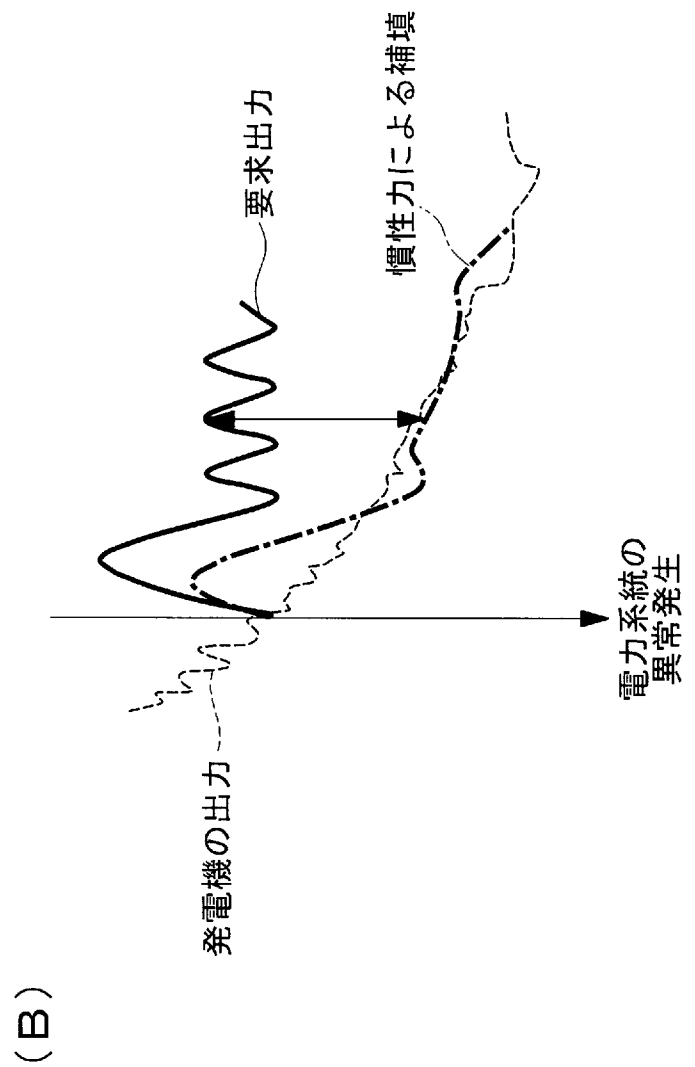
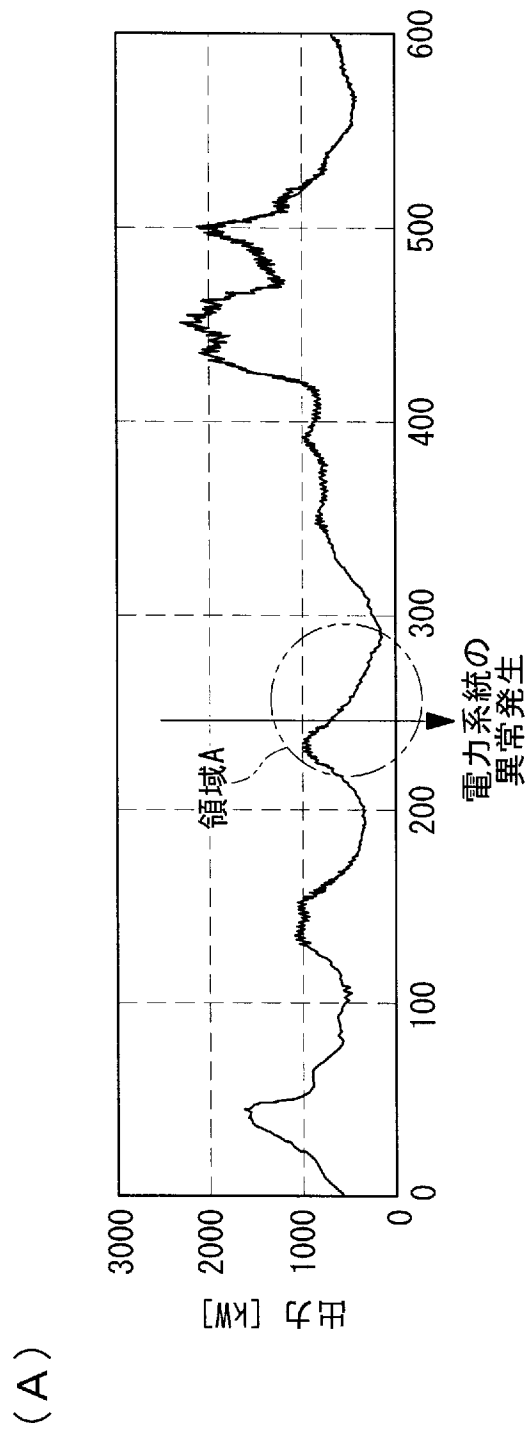
[図6]



[図7]

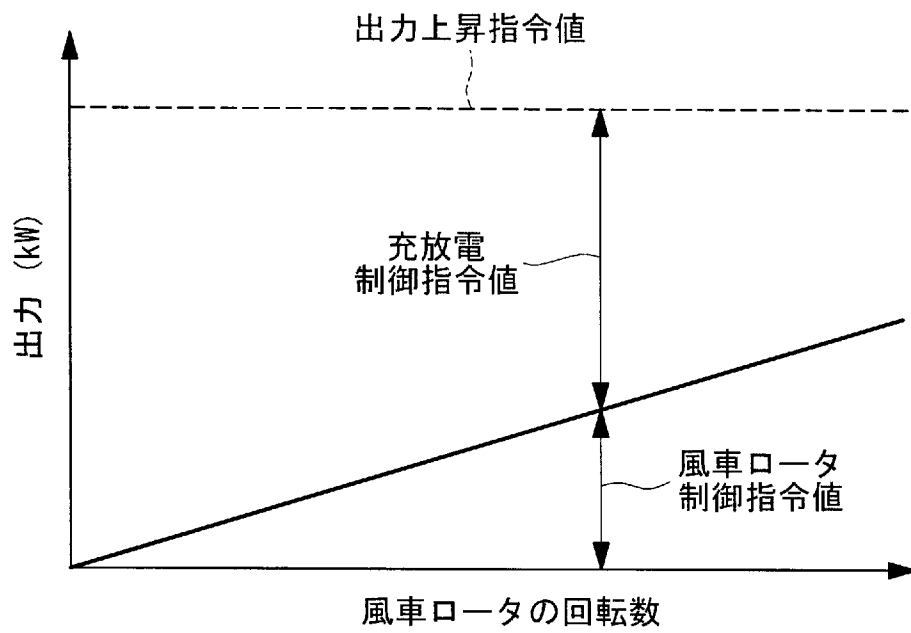


[図8]

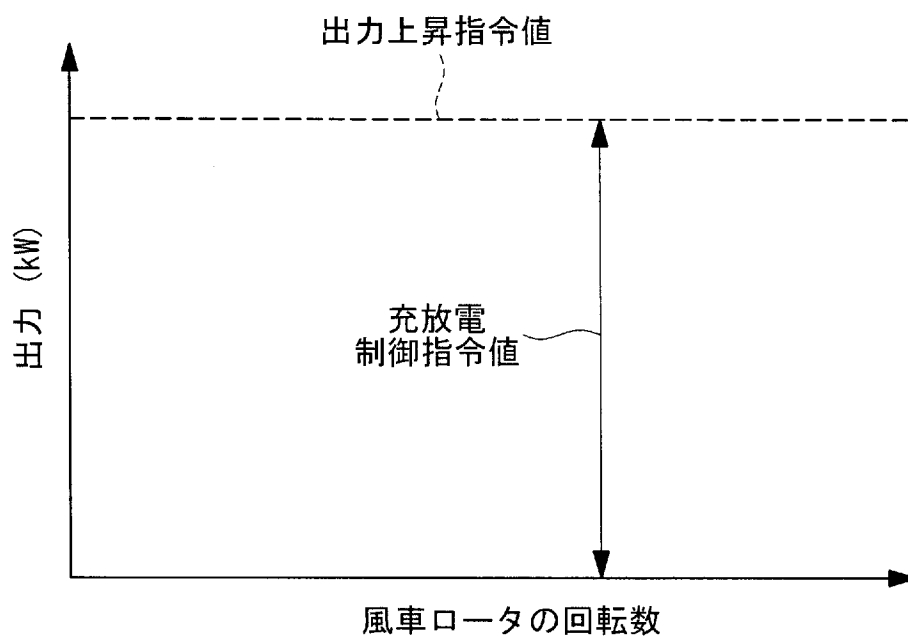


[図9]

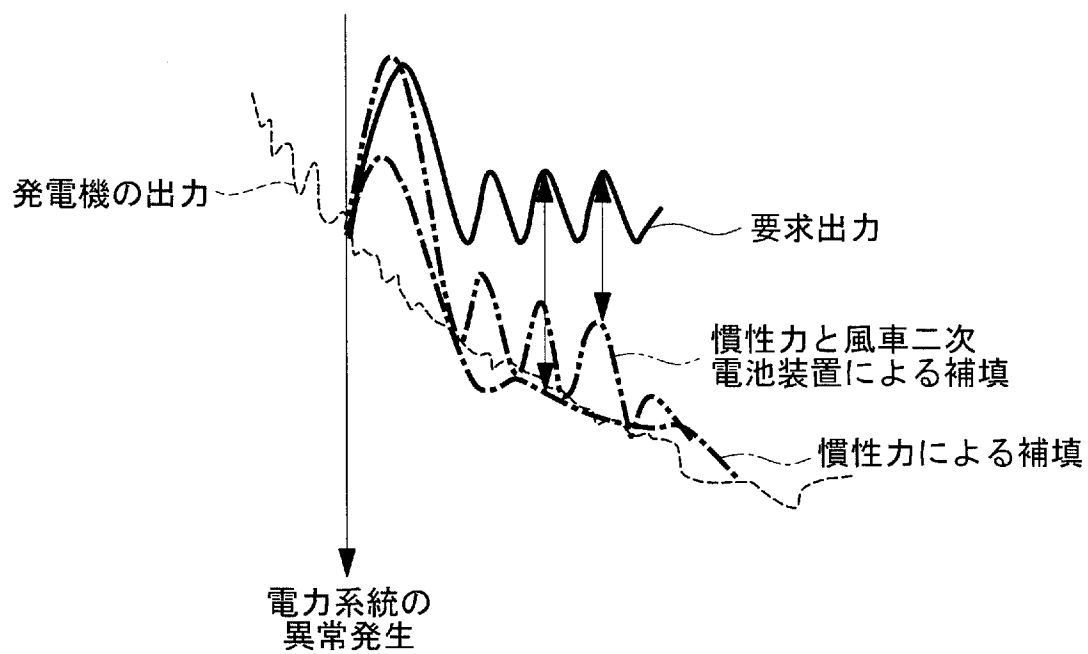
(A)



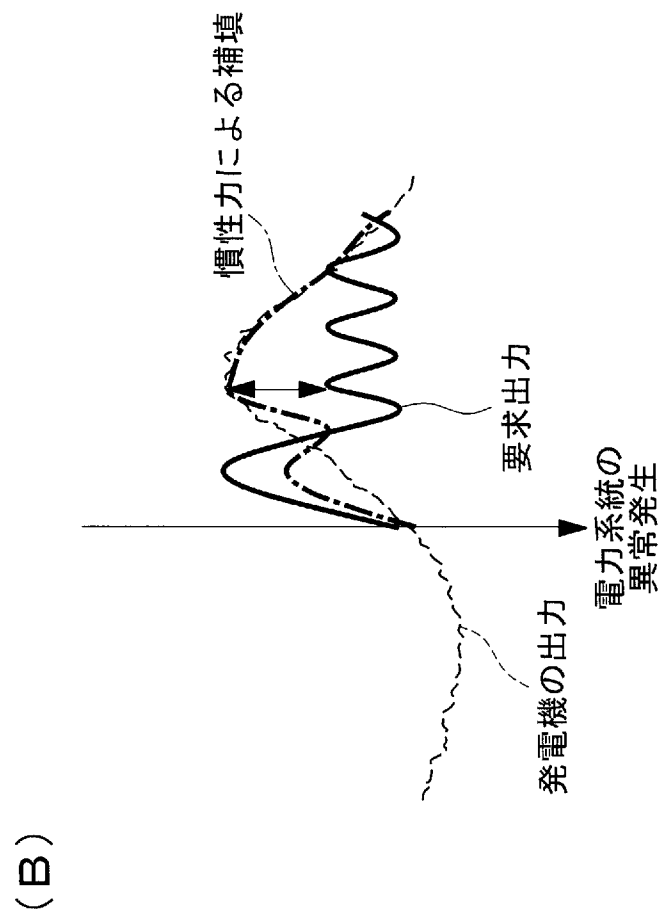
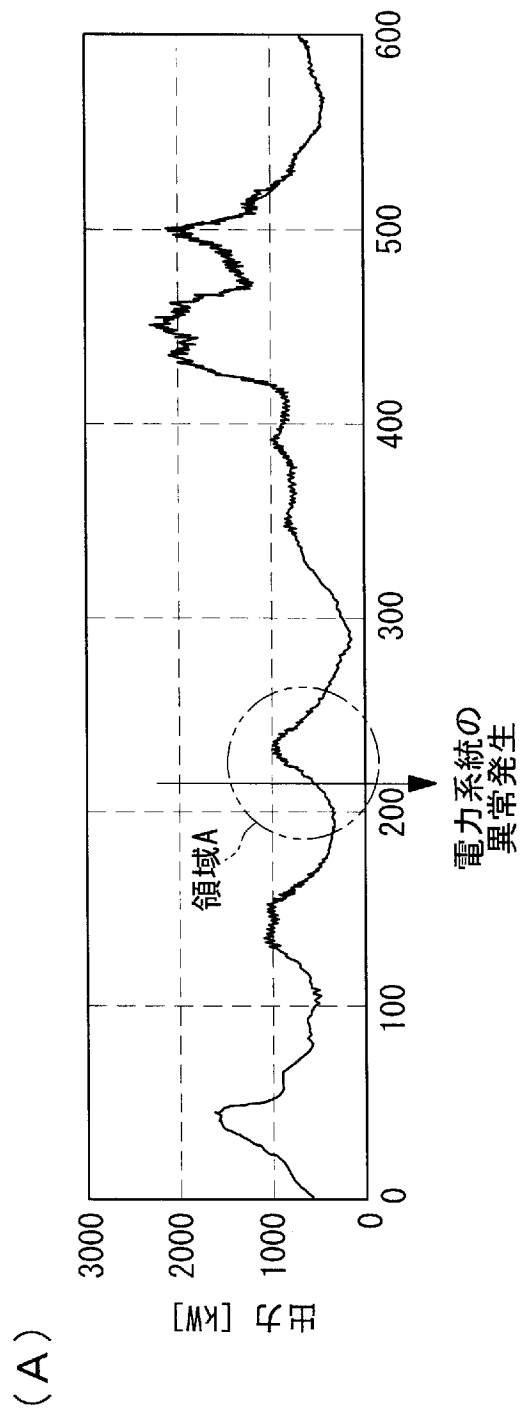
(B)



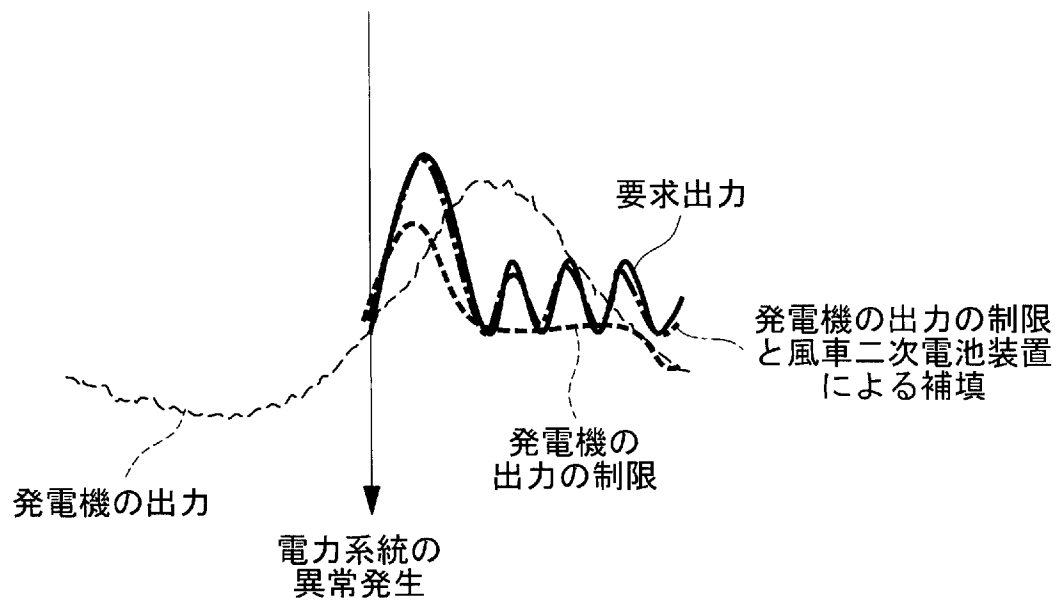
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/064470

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F03D7/04(2006.01)i, F03D9/02(2006.01)i, H02J3/32(2006.01)i, H02P9/00(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, F03D9/02, H02J3/32, H02P9/00

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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 2009-303355 A (Hitachi, Ltd.), 24 December 2009 (24.12.2009), claims 5 to 6; paragraphs [0036], [0039] to [0042]; fig. 11 to 12 & CN 101604947 A	1-2, 6 3-5
Y A	WO 2004/047284 A1 (Zephyr Corp.), 03 June 2004 (03.06.2004), page 15, lines 11 to 19 & JP 2008-228570 A & JP 4249134 B & US 2006/0249957 A1 & US 2009/0079195 A1 & EP 1562281 A1 & AU 2003280773 A & CN 1711675 A & CN 101030752 A	1-2, 6 3-5

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

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"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

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
05 November, 2010 (05.11.10)Date of mailing of the international search report
16 November, 2010 (16.11.10)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/064470

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2000-166096 A (Hitachi, Ltd.), 16 June 2000 (16.06.2000), paragraphs [0020] to [0029]; fig. 1 to 3 (Family: none)	2 3-5
A	JP 2009-197587 A (The Tokyo Electric Power Co., Inc.), 03 September 2009 (03.09.2009), paragraphs [0018] to [0024]; fig. 1 (Family: none)	5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F03D7/04(2006.01)i, F03D9/02(2006.01)i, H02J3/32(2006.01)i, H02P9/00(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（I P C））

Int.Cl. F03D7/04, F03D9/02, H02J3/32, H02P9/00

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 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 2009-303355 A（株式会社日立製作所）2009.12.24, 【請求項5】 - 【請求項6】 , 【0036】 , 【0039】 - 【0042】 , 図11-12 & CN 101604947 A	1-2, 6 3-5
Y A	WO 2004/047284 A1（ゼファー株式会社）2004.06.03, 第15頁第11-19行 & JP 2008-228570 A & JP 4249134 B & US 2006/0249957 A1 & US 2009/0079195 A1 & EP 1562281 A1 & AU 2003280773 A & CN 1711675 A & CN 101030752 A	1-2, 6 3-5

☒ 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

0 5 . 1 1 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

1 6 . 1 1 . 2 0 1 0

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / 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）

笹木 俊男

30

3750

電話番号 03-3581-1101 内線 3358

C (続き) . 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 2000-166096 A (株式会社日立製作所) 2000. 06. 16, 【0020】 - 【0029】 , 図 1-3 (ファミリーなし)	2 3-5
A	JP 2009-197587 A (東京電力株式会社) 2009. 09. 03, 【0018】 - 【0024】 , 図 1 (ファミリーなし)	5