

(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2009-303355

(P2009-303355A)

(43) 公開日 平成21年12月24日(2009.12.24)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
H02P	9/00	(2006.01)	H02P	9/00	F	3H078		
F03D	7/04	(2006.01)	F03D	7/04	E	5G066		
F03D	9/00	(2006.01)	F03D	9/00	B	5H590		
H02J	3/38	(2006.01)	H02J	3/38	G			

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2008-153661 (P2008-153661)
 (22) 出願日 平成20年6月12日 (2008.6.12)

(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
 (74) 代理人 100100310
 弁理士 井上 学
 (74) 代理人 100098660
 弁理士 戸田 裕二
 (72) 発明者 一瀬 雅哉
 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
 株式会社日立製作所
 日立研究所内
 (72) 発明者 二見 基生
 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
 株式会社日立製作所
 日立研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 風力発電装置および風力発電装置群

(57) 【要約】

【課題】

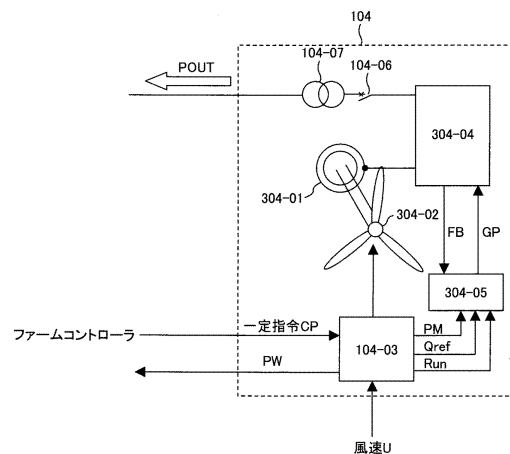
風力発電装置の導入が進み、電力系統の電源（例えば火力発電所など）と負荷に対して、風力発電システムが発電電力を出力した際に、電力系統の電源に与える影響が大きくなる点にある。

【解決手段】

一台以上の風力発電装置からなり、風力発電装置の発電電力を電力系統へ出力する風力発電装置群において、風速に対して得られる発電可能電力PWよりも小さい発電電力指令値PMを用い、さらに発電電力指令値PMを風速変動によらず一定とする手段を備える。

【選択図】 図3

図 3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

一台以上の風力発電装置からなり、前記風力発電装置は系統に出力する電力を調整するためのコンバータ装置を備え、風速から定まる発電電力指令値 PW を前記コンバータ装置に指令する発電制御装置を備え、コンバータ装置は前記風力発電装置が電力系統へ発電する電力を電力指令値にしたがって制御する機能を備えた風力発電装置において、

前記発電制御装置は、前記風速から定まる発電可能電力 PW よりも小さい所定時間一定となる発電電力指令値 PM を、前記コンバータ装置に指令する機能を備え、

前記発電電力指令値 PM と羽根が風から受けるエネルギーを概ね等しくして風車の回転数を所定値に維持するような羽根角度制御装置を備え、

回転数が下限値近傍あるいは上限値近傍に至るまで、前記発電電力指令値 PM を保持する有効電力制御装置を前記コンバータ装置に備える

ことを特徴とする風力発電装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の風力発電装置において、

前記発電制御装置は、前記発電可能電力 PW が低下してきたときに、前記羽根の回転数を上昇させるような羽根角度制御装置を備え、

回転数が下限値近傍あるいは上限値近傍に至るまで、前記発電電力指令値 PM を保持する有効電力制御装置を前記コンバータ装置に備える

ことを特徴とする風力発電装置。

20

【請求項 3】

請求項 1 乃至 2 に記載の風力発電装置において、

前記風力発電装置を複数台備え、電力系統の同一線路に接続するウィンドファームを構成し、前記ウィンドファームが電力系統に出力する発電電力を所定値に制御するためのファーム制御装置を備え、

ファーム制御装置は、ファーム内の各風力発電装置の発電可能電力 PW を入力し、ファーム出力電力指令値 PF を前記発電電力指令値 PW の総和よりも小さな値に設定する機能を備え、

ファーム制御装置は、前記ファーム出力電力指令 PF を各風力発電装置に分配するための電力指令分配手段を備えることを特徴とする風力発電装置群。

30

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 に記載の風力発電装置において、

前記所定時間一定となる発電電力指令値 PM は、前記風速の平均値が低下してきたときに変更する手段を備えることを特徴とする風力発電装置。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 に記載の風力発電装置において、

風速予測値を用いて、前記発電電力指令値 PM を変更する手段を備えることを特徴とする風力発電装置群。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 に記載の風力発電装置において、

風力発電装置が接続される電力系統の周波数を検出する手段と、周波数の検出値に上限値と下限値を持ち、前記上限値を前記検出した周波数が超えたとき、前記発電電力指令値 PM を低下させ、前記下限値を前記検出した周波数が下回ったとき、前記発電電力指令値 PM を増加する手段を備えることを特徴とする風力発電装置。

40

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、風のエネルギーを利用して発電した電力を、電力系統に供給する風力発電装置、および複数の風力発電装置から構成されるウィンドファームに関する。

【背景技術】

50

【 0 0 0 2 】

複数台の風力発電装置で構成される風力発電装置群（ウィンドファーム）において、ウィンドファームに目標発電量が設定され、ウィンドファームを構成する各風力発電装置の出力電力の合計を当該目標発電量に近づけるために、風力発電装置の間で保守履歴データや運転特性データなどの情報を交換し、風力発電装置の運転パターンを決定するウィンドファームが以下の特許文献 1 に示されている。特許文献 2 には、出力変動の大きい風力発電装置のパワーカーブの最大値をピッチ制御などで変更することで、出力変動を抑制する制御方法が記載されている。

【 0 0 0 3 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 2 - 3 4 9 4 1 3 号公報

10

【特許文献 2】特開 2 0 0 1 - 2 3 4 8 4 5 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

これまで、特許文献 1 および特許文献 2 に記載されているように、ウィンドファーム内の運転台数を調整したり、パワーカーブの最大値を小さく制限して出力変動を緩和することが検討されてきた。パワーカーブの最大値を制限する手法では、変動はある程度緩和できるが、風速が急に低下した際には発電出力を低下させることになるため、変動が発生し、当該電力系統に接続された電源（例えば、火力発電所や原子力発電所など）や負荷（消費者）に電圧変動や周波数変動等の悪影響が生じるおそれがある。

20

【 0 0 0 5 】

本発明の目的は、ウィンドファームから電力系統へ出力される電力の変動を抑制し、できる限り長い時間一定の出力を維持することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

上記の本発明の目的は、一台以上の風力発電装置からなり、風力発電装置の発電電力を電力系統へ出力する風力発電装置群において、平均風速に対して得られる発電可能電力 P W よりも小さい発電電力指令値 P M を用い、さらに発電電力指令値 P M を風速変動によらず一定とすることにより達成することができる。

【 0 0 0 7 】

また、風力発電装置の出力を一定にするとき、回転速度が運転可能な上限値、下限値に達するときに、発電電力指令値 P M を変更することにより達成できる。

30

【 0 0 0 8 】

また、発電可能電力 P W が低下してきたときに回転数を高くすることで、回転エネルギーを蓄えておくことにより達成できる。

【発明の効果】

【 0 0 0 9 】

本発明により、風力発電装置の出力を長く一定に維持し、電力系統へ出力される電力の変動を抑制することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

40

【 0 0 1 0 】

以下に 2 つの実施例に分けて、本発明の実施の形態を詳細に説明する。

【実施例 1】

【 0 0 1 1 】

図 1 は、本発明の一実施例の装置構成を示す単線結線図である。電力系統 2 0 0 は発電設備や、工場や家庭などの負荷を含む。風力発電設備群 1 0 0 は、変圧器 1 0 1 で電力系統 2 0 0 に接続される。

【 0 0 1 2 】

風力発電設備群 1 0 0 は 1 台以上の風力発電設備 1 0 4 で構成される。各風力発電設備は送電線 1 0 5 および変圧器 1 0 1 を介して電力系統に接続される。

50

【 0 0 1 3 】

風力発電設備群 1 0 0 は、制御用のコントローラ 1 0 2 を持つ。コントローラ 1 0 2 は通信線 1 0 3 で各風力発電設備 1 0 4 と接続されており、制御のための信号を授受する。

【 0 0 1 4 】

次に図 2 を用いて、風力発電設備 1 0 4 を構成する。風力発電設備 1 0 4 の発電電力 P O U T は、前述のように電力系統 2 0 0 に供給される。風力発電設備 1 0 4 は、発電機 1 0 4 - 0 1 の軸に風を受けて回転する羽根 1 0 4 - 0 2 を持つ。風力発電機 1 0 4 - 0 1 の固定子および回転子は、電力変換器 1 0 4 - 0 4 に接続される。電力変換器 1 0 4 - 0 4 は、発電機の電流を調整し、電力系統に出力する電力 P O U T を調整する機能を持つ。発電電力 P O U T は、遮断器 1 0 4 - 0 6 , 連系用の変圧器 1 0 4 - 0 7 を介して電力系統に出力される。電力変換器 1 0 4 - 0 4 は図 9 に示すように 2 台の変換器 C N V の直流部を接続した交流交流変換器で構成され、一方は発電機回転子に接続され、一方の変換器は系統と固定子（遮断器を介して）に接続される。また、各部の電流や電圧検出値 F B を出力する。

10

【 0 0 1 5 】

電力変換器 1 0 4 - 0 4 の制御装置 1 0 4 - 0 5 は、発電電力指令値 P M に従い電力系統に出力する電力 P O U T を制御する。したがって、電力 P O U T は、発電電力指令値 P M に追従する。また、制御装置 1 0 4 - 0 5 は、無効電力の指令 Q r e f や、運転停止指令 R u n なども受信し、発電電力 P O U T と同様に、系統に出力する無効電力 Q O U T も制御する。電力を制御するため、制御装置 1 0 4 - 0 5 は、電力変換器 1 0 4 - 0 4 から電流や電圧などの値をセンサで検出した検出値 F B を入力する。

20

【 0 0 1 6 】

また制御装置 1 0 4 - 0 5 は、運転停止指令 R u n に従い、発電運転の停止や起動を行う機能も持つ。

【 0 0 1 7 】

風力発電設備 1 0 4 の風車制御装置 1 0 4 - 0 3 は、コントローラ 1 0 2 から出力一定指令 C P を受信する。出力一定指令 C P を受信した場合、風車制御装置 1 0 4 - 0 3 は、通常発電運転から、発電出力 P O U T を一定に制御するモードに遷移する。また、風車制御装置 1 0 4 - 0 3 は風速 U を入力し、風速 U の平均値 U m n から求められる発電可能電力 P W をコントローラ 1 0 2 に送信する。

30

【 0 0 1 8 】

また、風車制御装置 1 0 4 - 0 3 は、制御装置 1 0 4 - 0 5 に発電電力指令値 P M や無効電力指令値 Q r e f 、運転停止指令値を送信したり、羽根 1 0 4 - 0 2 の羽根角度指令値 P i t c h ^{*} を送る。羽根 1 0 4 - 0 2 は羽根角度を変更する機構を備えており、羽根角度指令値 P i t c h ^{*} に応じて角度を変更する。

【 0 0 1 9 】

本図では、交流励磁型発電機を例に構成を説明しているが、図 3 および図 1 0 に示すような、同期発電機型の風力発電システムでも同様な効果がある。

【 0 0 2 0 】

次に、図 4 , 図 5 , 図 6 を用いて、風車制御装置 1 0 4 - 0 3 について説明する。図 4 のグラフは、風車制御装置 1 0 4 - 0 3 に入力された風速 U の平均風速 U m n から発電可能電力 P W を算出するための特性カーブ（パワーカーブ）P C を示している。平均風速 U m n は入力された風速 U を例えば 1 分間平均などすることで計算する。計算した平均風速 U m n と特性カーブ P C の交点から、発電可能電力 P W が求められる。

40

【 0 0 2 1 】

(数 1)

$$P W = P C (U m n)$$

電力変換器の制御装置 1 0 4 - 0 5 に送る発電電力指令値 P M は、例えば上記平均風速 U m n から求められるある時刻における発電可能電力 P W を K 倍することで算出する。

【 0 0 2 2 】

50

(数2)

$$PM = PW \times K \quad (\text{ただし } K < 1)$$

【0023】

あるいは、平均風速 U_{mn} を K 倍して求めても良い。このときの発電電力指令値 PM は、例えば、回転速度が運転できる下限に達したときに再度変更する。

【0024】

このように風速から求められる発電電力 PW よりも小さい発電電力指令値 PM によって電力変換器を制御して発電電力をコントロールすることにより、風速変動による発電電力の変動をなくし、電力一定出力が実現できる。

【0025】

図5は従来 of 出力制限を変更した例を示しているが、従来の方式ではパワーカーブの上限值を変更することになる。この方式では風速が上昇するときには発電電力の変動は抑制されるが、風速が減少すると発電電力が減少することになるので、出力が変動することになる。

【0026】

図6は、本発明による発電電力指令値 PM の決定方法を説明する図である。本発明では、発電電力指令値 PM を一定に維持するため、発電機の速度変動が大きくなる。

【0027】

図6左図は、平均風速 U_{mn} と回転数目標値 OMG の特性カーブを示しており、また、右図は、回転数検出値と発電電力指令値 PM の関係を示す。風速が変動することで、羽根から受けるエネルギーと系統に発電するエネルギーの差により回転数が変化。その速度は、風速と回転数の特性カーブになるように、羽根の角度を変更して羽根から受けるエネルギーを調整する。短時間の風速変動によって速度が変動するが、羽根角度の調整により速度が所定の範囲内（回転数目標値 OMG_0 の近傍）に収まるようにコントロールされている。このとき、図6の左図に示すように、回転速度の回転数目標値 OMG_0 は、風速が低下するとき高めとなるように設定する。

【0028】

また、右図に示すように、回転速度が上限または下限に達するまでは発電電力指令値 PM を変更しないように制御する。回転速度が上限または下限に達するまでは発電電力指令値 PM を変更しないように制御が可能になる。回転数が上限または下限に達した場合は、発電電力指令値 PM を速度変化が小さくなるように、すなわち上限に達したときは発電電力指令値 PM は増加、下限に達したときには発電電力指令値 PM は減少させる。

【0029】

このように、本発明によれば、風速に対して得られる発電電力量よりも小さい発電電力指令値 PM を用い、さらに発電電力指令値 PM を風速変動によらず一定とすることで、風力発電装置の出力を一定にすることができる。

【0030】

また、風力発電装置の出力を一定にするとき、回転速度が運転可能な上限値、下限値に達するときに、発電電力指令値 PM を変更することで、風力発電装置の停止を防止できる。

【0031】

また、平均風速 U_{mn} が低下してきたときに回転数を高くすることで、回転エネルギーを蓄えておくことができるため、発電電力 $POUT$ をさらに一定に維持したときの速度低下による運転停止が起こりにくい風力発電装置を提供できる。

【実施例2】

【0032】

次に図7を用いて、他の実施例について説明する。図7は、風車制御装置 104 - 03 の羽根角度指令値作成方法について説明する図である。図6で説明したように、平均風速 U_{mn} から回転数目標値 OMG_0 を作成する。発電可能電力 PW が低下してきたときに、回転数指令補正器は、回転数目標値 OMG_0 を高めに補正する。例えば、発電電力指令値 P

10

20

30

40

50

Mの上側(+)に、判定レベル($P M +$)を設定し、発電可能電力PWが、上記判定レベル($P M +$)以下まで低下してきたとき、回転数目標値OMG0を高め補正して、 $OMG0 + A$ を補正後の回転数目標値としてピッチ角指令値を作成する。本図では、ピッチ角制御のため、補正後回転数指令値OMGrefと回転数検出値OMGをフィードバック値とする比例積分器による羽根角度指令値Pitch^{*}作成方法を示している。

【0033】

このように、発電可能電力PWが低下してきたときに回転数を高くすることで、回転エネルギーを蓄えておくことができるため、発電電力POUTをさらに一定に維持したときの速度低下による運転停止が起こりにくい風力発電装置を提供できる。

【実施例3】

【0034】

次に図1に示すコントローラ102について図8を用いて説明する。コントローラ102は、各風力発電設備104から、発電可能電力PWを受信し、その総和Pwsumを計算する。

【0035】

(数3)

$$P W s u m = P W 1 + P W 2 \cdot \cdot \cdot P W N \quad (1, 2, \dots, N \text{ は各風力発電設備を示す})$$

実施例1の図4で説明したのと同様に、総和Pwsumよりも小さい電力指令値PFを作成する。コントローラ102は、実施例1図4で説明したのと同様な方法で、各風力発電装置の発電量PW1, PW2, ... PWNから、各電力指令値PF1 (< PW1), PF2 (< PW2), ... PFN (< PWN)を、各風力発電設備104に指令する。

【0036】

電力指令値PF1 ... PFNを総和Pwsumから計算する際に、風速の予測などを用いて、風速が今後弱くなることが予測されたときには電力指令値PF1 ... PFNを小さく設定し、風速が強くなることが予測されたときには電力指令値PF1 ... PFNを高めに設定することで、さらには出力を一定とすることもできる。

【0037】

このように、コントローラ102で指令値を配分することで、風力発電設備群の出力する電力を一定にする機能を持たせることができる。

【実施例4】

【0038】

次に図11および図12を用いて他の実施例について説明する。

【0039】

まず図12について説明する。本実施例では、制御装置104-05がシステムの周波数Freqを電圧の零クロスなどの方法により検出し、その値Freqを風車制御装置104-03に伝送する。

【0040】

図11に示すように、風車制御装置104-03では、周波数Freqが上昇した際には、電力系統の発電設備と負荷の間の電力供給量において発電量が過剰と判断し、発電電力指令値PMを低下させる。また、逆に、風車制御装置104-03は、周波数Freqが減少した際には、電力系統の発電設備と負荷の間の電力供給量において発電量が不足したと判断し、発電電力指令値PMを上昇させる機能をもつ。

【0041】

ここでは、風車制御装置104-03にて発電電力指令値PMを変更する方法について述べたが、実施例3で説明したようにコントローラ102で風力発電装置群に指令値を分配してもよい。

【0042】

このように、システム周波数により風力発電装置の発電電力を調整することで、電力系統の安定化に寄与する機能を持たせることができる。

【0043】

10

20

30

40

50

今後、風力発電装置の導入量が増加すると、電力系統の電力変動が問題となることが考えられるため、出力電力の変動を抑制するために、蓄電装置などの変動補償装置が電力系統の安定化のために必要となることが予測される。そのため、風力発電装置の出力変動をできるだけなくして、変動補償装置のコストを低減することは、風力発電装置の導入量を今後増加させるために、避けられない重要な課題である。よってこの課題を達成する本発明は風力発電の分野において非常に大きな意味を持つ発明である。

【産業上の利用可能性】

【0044】

本発明によれば、風速に対して得られる発電電力量よりも小さい発電電力指令値 P_M を用い、さらに発電電力指令値 P_M を風速変動によらず一定とすることで、風力発電装置の出力を一定にすることができる。これは、風力に限らず、自然エネルギーを用いた装置、例えば太陽光発電システム、波力/潮力発電システムなどにも適用できる。

10

【図面の簡単な説明】

【0045】

【図1】電力系統および風力発電装置の回路構成を示した説明図。

【図2】風力発電装置の構成例を示した説明図。

【図3】風力発電装置の構成例を示した説明図。

【図4】本発明による風力発電装置の発電指令作成方法を示した説明図。

【図5】従来の風力発電装置の発電指令作成方法を示した説明図。

【図6】回転数による電力指令値の関係を説明した図。

20

【図7】実施例2における羽根角度制御器の構成図。

【図8】実施例2における構成例を示した説明図。

【図9】交流励磁型発電機用の電力変換器の構成を説明した図。

【図10】同期機型発電機用の電力変換器の構成を説明した図。

【図11】実施例4における電力指令変更方法を示した説明図。

【図12】実施例4における構成例を示した説明図。

【符号の説明】

【0046】

100 風力発電設備群

101 変圧器

30

102 コントローラ

103 通信線

104 風力発電設備

105 送電線

104-01 発電機(交流励磁型)

104-02 羽根および羽根角度変更装置

104-03 風車制御装置

104-04 電力変換器

104-05 制御装置

104-06 遮断器

40

104-07 連系用変圧器

200 電力系統

304-01 発電機(同期機)

304-04 同期機用の電力変換器

304-05 同機器用電力変換器の制御装置

700 速度指令補正器

PW 発電可能電力

U_{mn} 平均風速

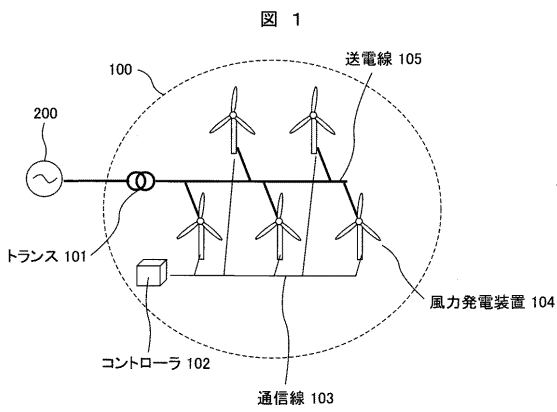
U 風速

P_M 発電電力指令値

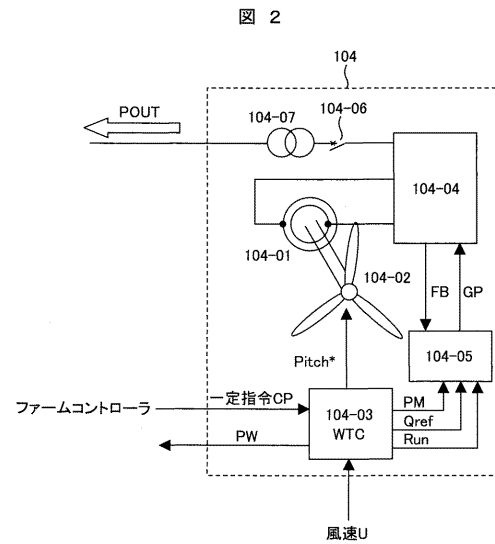
50

P M A X 発電電力指令最大値
O M G 0 回転数目標値
O M G r e f 補正後回転速度指令
O M G 回転数検出値
P i t c h * 羽根角度指令値

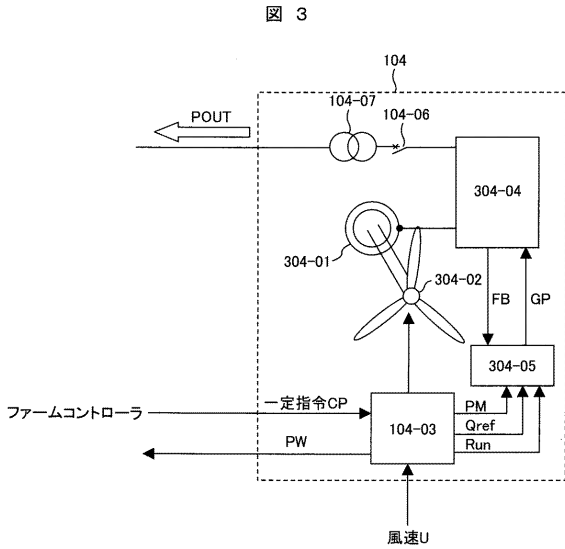
【 図 1 】



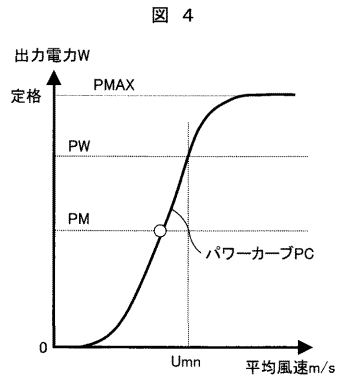
【 図 2 】



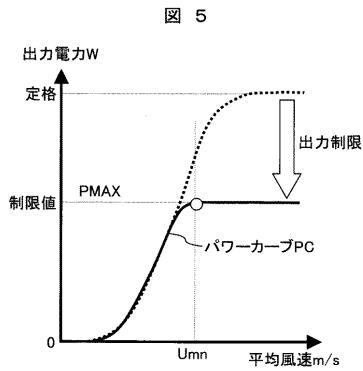
【 図 3 】



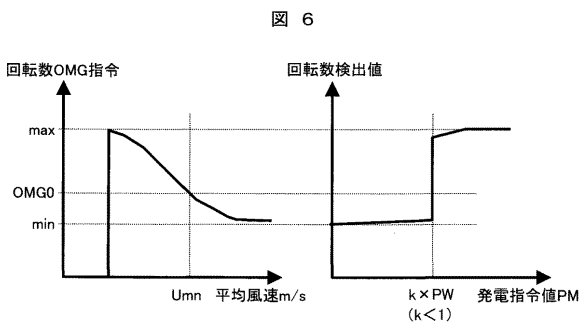
【 図 4 】



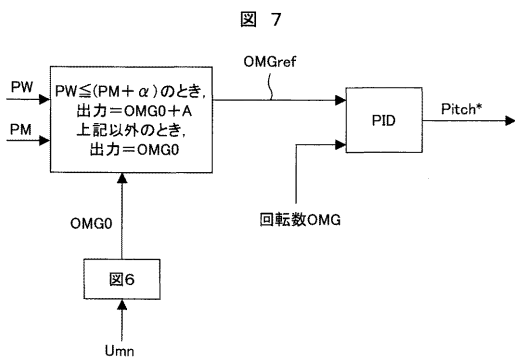
【 図 5 】



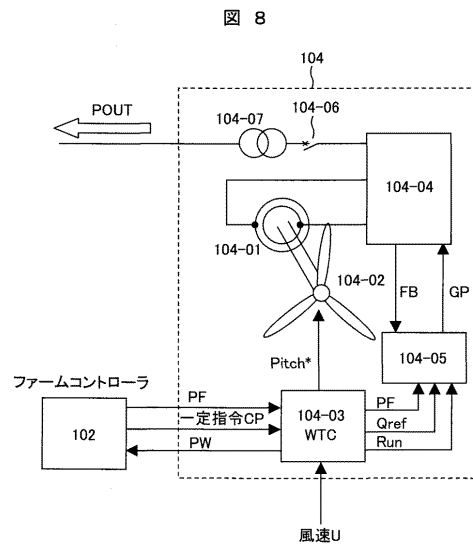
【 図 6 】



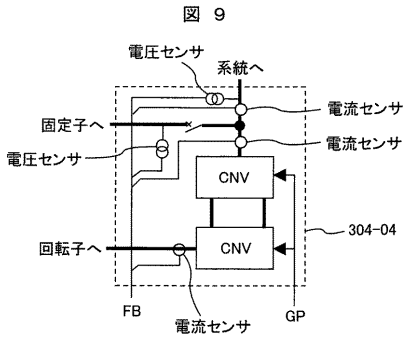
【 図 7 】



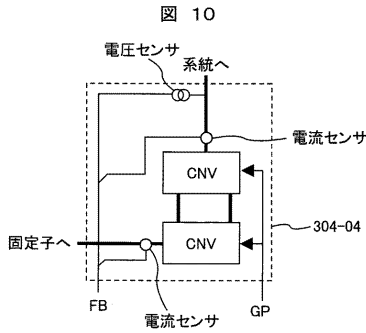
【 図 8 】



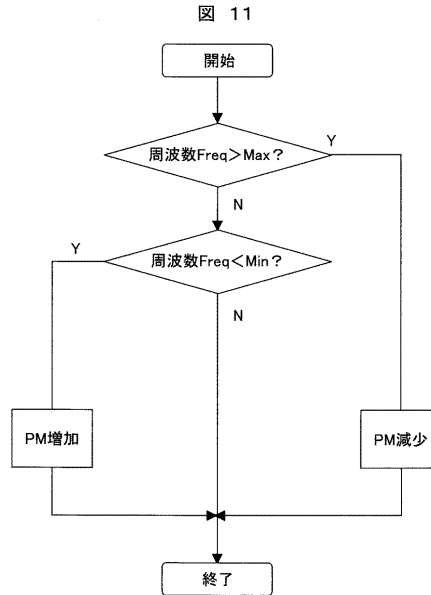
【 図 9 】



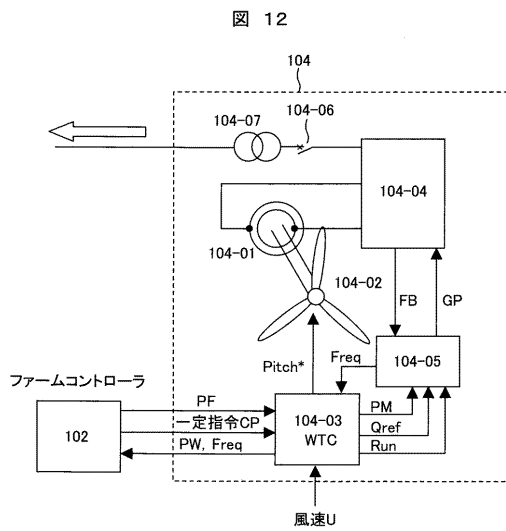
【 図 10 】



【 図 11 】



【 図 12 】



フロントページの続き

- (72)発明者 松竹 貢
茨城県日立市大みか町五丁目2番1号
テム事業部内 株式会社日立製作所情報制御シス
- (72)発明者 中山 靖章
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内
- (72)発明者 内山 倫行
茨城県日立市大みか町七丁目2番1号
発研究所内 株式会社日立製作所電力・電機開
- (72)発明者 近藤 真一
茨城県日立市大みか町七丁目2番1号
発研究所内 株式会社日立製作所電力・電機開

Fターム(参考) 3H078 AA02 AA26 AA31 BB08 CC03 CC52 CC63 CC80
5G066 AA04 HB04 KA12
5H590 AA11 CA14 CC01 CC08 DD43 EB04 EB14 FA00 FA08 GA06
HA02 HA04 HA09 HA11 JA02