

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2019年6月6日(06.06.2019)



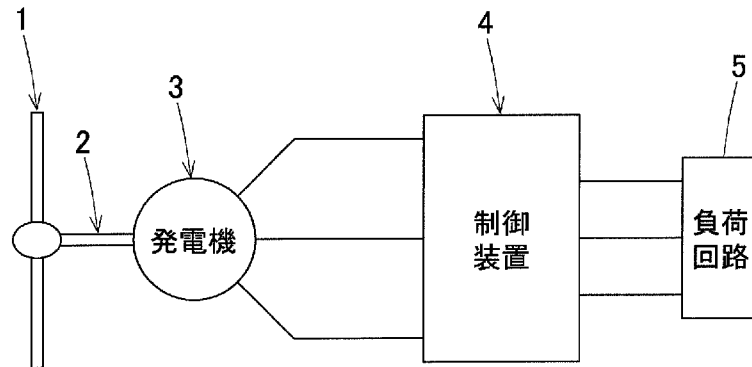
(10) 国際公開番号

**WO 2019/107375 A1**

- (51) 国際特許分類:  
*H02P 9/04* (2006.01)      *H02P 9/10* (2006.01)
- (21) 国際出願番号:                      PCT/JP2018/043646
- (22) 国際出願日:                      2018年11月27日(27.11.2018)
- (25) 国際出願の言語:                      日本語
- (26) 国際公開の言語:                      日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2017-227737    2017年11月28日(28.11.2017) JP
- (71) 出願人: NTN株式会社(NTN CORPORATION)  
[JP/JP]; 〒5500003 大阪府大阪市西区京町堀  
1丁目3番17号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 伊藤 隆志 (ITO, Takashi); 〒5110867  
三重県桑名市陽だまりの丘5丁目105  
番NTN株式会社内 Mie (JP).
- (74) 代理人: 杉本 修司, 外 (SUGIMOTO, Shuji et  
al.); 〒5500002 大阪府大阪市西区江戸堀1丁目  
10番2号 肥後橋ニッタイビル Osaka (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保  
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,  
BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,  
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,  
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,  
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,  
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,

(54) Title: HYDROELECTRIC SYSTEM AND CONTROL METHOD

(54) 発明の名称: 水力発電システムおよび制御方法



3 Generator  
4 Control device  
5 Load circuit

(57) **Abstract:** A hydroelectric system is provided which can perform suitable output power control without prior measurement, and which, even when a stall state has occurred, allows recovery from the stall state to a normal power generating state by reducing or releasing the generator load, and which can generate a large amount of power and can prevent hunting of power control. This hydroelectric system is provided with a water wheel (1), a generator (3), and a control device (4). The control device (4) performs basic control with MPPT control, etc. The control device (4) determines a stall state of the water wheel (1) with a stall determination means (22), and, at the time of a stall state, reduces or releases the load power of the generator (3) by means of a load reducing/releasing means (23). In order to determine stalling, a stalling determination curve (A) which determines a stall state when the differential power has risen and/or the differential rotation speed has decreased, and a recovery determination curve (B) which determines a non-stall state when the differential power has decreased and/or the differential rotation speed has risen, and the area between the curves (a, b) is a stall



WO 2019/107375 A1

NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,  
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,  
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,  
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

---

boundary region (C) which constitutes a hysteresis region.

(57) 要約 : 事前測定を行うことなく適切な出力電力の制御が行え、かつ失速状態となっても、発電機の負荷を軽減または開放することで失速状態から正常な発電状態に復帰させ、大きな発電電力を得ることが可能となり、かつ電力制御のハンチングを防止することができる水力発電システムを提供する。水力発電システムは、水車(1)、発電機(3)、および制御装置(4)を備える。制御装置(4)は、MPPT制御等で基本制御を行う。制御装置(4)は、失速判定手段(22)で水車(1)の失速状態を判定し、失速状態時は、負荷軽減・開放手段(23)により発電機(3)の負荷電力を軽減または開放する。失速判定のために、差電力が上昇したときおよび/または差回転数が低下したときに失速状態と判定する失速判定曲線(a)と、差電力が低下したときおよび/または差回転数が上昇したときに非失速状態と判定する復帰判定曲線(b)とを設け、曲線(a,b)間はヒステリシス領域を構成する失速境界領域(C)とする。

## 明 細 書

**発明の名称**：水力発電システムおよび制御方法

### 関連出願

[0001] 本出願は、2017年11月28日出願の特願2017-227737の優先権を主張するものであり、その全体を参照により本願の一部をなすものとして引用する。

### 技術分野

[0002] この発明は、水力発電装置の失速状態を判定して正常状態に復帰させる機能を備えた水力発電システムおよび制御方法に関する。

### 背景技術

[0003] 水力発電装置は、流水が持つ運動エネルギーを発電に利用するシステムである。水力発電装置は、水の流れを受け回転する水車と、水車と連結され回転エネルギーを電気エネルギーに変換する発電機と、発電機の出力および水車を制御する制御装置とを、主な構成要素として備える。

[0004] 発電機より取り出す電力は流速により変化するため、前記制御装置は、流速、水車の回転速度、あるいは発電機の発電電圧を計測して、発電機より取り出す最適な電力を決定し、発電機の発電電力と最適値が一致するように制御する。

[0005] このためには、事前に水路に水力発電機設置して、流速、発電電力、および発電特性を計測して最適値を設定し、制御マップ等によってテーブル特性を作成する必要がある。そのため、水力発電システムの稼働までに、計測作業などのコストアップの要因が生じる。

[0006] 事前の計測、および最適値の設定作業を無くすために、山登り方等によるMPPT制御と呼ばれる最大電力点追従制御で水力発電を制御する方法が提案されている（例えば、特許文献1）。MPPT制御は、風力発電でも用いられている（例えば、特許文献2）。

### 先行技術文献

## 特許文献

[0007] 特許文献1：特開2016-185006号公報

特許文献2：特開2010-200533号公報

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0008] しかし、水車の回転数が低下し発電電力も低下してしまう失速状態に陥ることが有るため、MPPT制御を水力発電制御装置に適用することは困難である。

[0009] 前記特許文献2では、風力発電におけるMPPT制御ではあるが、失速に対処する制御が提案されている。すなわち、MPPT制御によって発電機の最適な動作点を探しにいく毎に、出力電圧の時間微分または出力電流の時間微分を算出して、前記動作点における出力電力と算出した出力電力の時間微分との関係が失速境界条件を満たすか否かによって失速を判定する。失速と判定されたときは、発電機の負荷を開放または軽減する。

[0010] しかし、発電機の負荷を開放または軽減することで、前記失速境界条件を満たさなくなったときに、負荷を元の値に戻すと、また直ぐに失速境界条件を満たすことになり、電力制限のオンオフの繰り返し状態となるハンチングが生じることがある。

[0011] この発明は、上記課題を解消するものであり、その目的は、事前測定を行うことなく適切な出力電力の制御が行え、かつ失速状態となっても、発電機の負荷を軽減または開放することで失速状態から正常な発電状態に復帰させ、大きな発電電力を得ることが可能となり、かつ電力制御のハンチングを防止することができる水力発電システムおよび制御方法を提供することである。

### 課題を解決するための手段

[0012] 以下、便宜上理解を容易にするために、実施形態の符号を参照して説明する。

[0013] この発明の水力発電システムは、水力で回転する水車 1 と、この水車 1 の回転エネルギーを電気エネルギーに変換する発電機 3 と、この発電機 3 の負荷電力を調整して水車 1 の回転数を制御する制御装置 4 とを備えた水力発電システムであって、

前記制御装置 4 は、

前記発電機 3 の出力電力過去値および出力電力現在値を検出する電力過去現在値検出手段 16 と、

検出された前記出力電力過去値および前記出力電力現在値を記憶する電力過去現在値記憶手段 17 と、

前記発電機 3 の回転数過去値および回転数現在値を検出する回転数過去現在値検出手段 18 と、

検出された前記回転数過去値および前記回転数現在値を記憶する回転数過去現在値記憶手段 19 と、

前記出力電力過去値と前記出力電力現在値の差電力を演算する差電力演算手段 20 と、

前記出力回転数過去値と前記出力回転数現在値の差回転数を演算する差回転数演算手段 21 と、

前記差電力および前記差回転数から、前記水車の失速状態または非失速状態を判定する失速判定手段 22 と、

前記失速判定手段 22 により失速状態と判定されると、前記発電機 3 の負荷を軽減または開放する負荷軽減・開放手段 23 とを備え、

前記失速判定手段 22 が失速状態と判定する失速判定領域 A と前記失速判定手段 22 が非失速状態と判定する非失速判定領域 B とが、前記差電力と前記差回転数の関係を示す判定曲線 a, b によって区分され、前記判定曲線 a, b は、差電力が上昇したときおよび／または差回転数が低下したときに失速状態と判定するための失速判定曲線 a と差電力が低下したときおよび／または差回転数が上昇したときに非失速状態と判定するための復帰判定曲線 b とを含み、これら曲線 a, b 間にはヒステリシス領域として失速境界領域 C

が構成されている。

- [0014] この構成によると、前記制御装置 4 は、基本的には発電電力等を監視し、定められた制御規則に従って出力電力を制御することで水車 1 の回転数を制御する。この間、前記失速判定手段 2 2 により、前記前記差電力および前記差回転数から、水車 1 の失速状態または非失速状態を判定し、失速状態と判定されると、負荷軽減・開放手段 2 3 により、前記発電機 3 の負荷電力を軽減または開放する。このように水車 1 の失速が生じると、負荷電力を軽減し、または開放するため、失速状態から正常な発電状態に復帰させることができ、大きな発電電力を得ることが可能となる。失速状態の判定は、現在と過去の差電力および差回転数により行うため、適切な判定が行える。また、ヒステリシス領域として失速境界領域 C を設けたため、失速判定による電力制御のハンチングが防止される。前記回転数は単位時間当たりの回転数であり、換言すれば回転速度である。
- [0015] 前記制御装置 4 は、前記発電機 3 の出力変動対して最大電力動作点を追従制御する M P P T 制御手段 6 を備え、前記最大電力動作点を探しに行く毎に、前記失速判定手段 2 2 が前記水車 1 の失速状態または非失速状態を判定し、必要に応じて前記負荷軽減・開放手段 2 3 が前記発電機 3 の負荷を軽減または開放してもよい。
- [0016] 最大電力動作点を追従制御する M P P T 制御によると、水車 1 が設置される現地での流速や水車回転数の事前計測作業を省略しても効率の良い発電が行える。しかし、水力発電システムに M P P T 制御を適用すると、その制御だけでは、水車 1 の回転数が低下し、発電電力も低下してしまう失速状態になった場合に正常状態に復帰させることができないことがある。これにつき、この水力発電システムによると、前記失速状態を判定し、失速状態時は負荷電力を低減または停止させるため、失速状態からの復帰が行えて、失速による発電電力低減を大きく生じさせることなく、M P P T 制御による効率的な制御が行える。
- [0017] この発明の水力発電システムの制御方法は、水力で回転する水車 1 と、こ

の水車 1 の回転エネルギーを電気エネルギーに変える発電機 3 と、この発電機 3 の負荷電力を調整して水車 1 の回転数を制御する制御装置 4 とを備えた水力発電システムを制御する方法であって、

前記発電機 3 の出力電力の過去値と現在値との差電力を求める差電力演算過程 (S 6) と、

前記発電機 1 の回転数値の過去値と現在値との差回転数を求める差回転数演算過程 (S 5) と、

前記差電力と差回転数との関係が、予め定められた失速境界条件を満たすか否かによって失速状態または非失速状態を判定する失速判定過程 (S 6) と、

前記失速判定過程 (S 6) において失速状態であると判定されると、前記発電機 (3) の負荷を軽減または開放する負荷軽減・開放過程 (S 7) とを備え、

これら過程は、前記制御装置 4 の制御サイクル毎に繰り返され、

前記失速境界条件は前記差電力と前記差回転数の関係を示す判定曲線 a, b によって定められており、失速状態と判定される失速判定領域 A と非失速状態と判定される非失速判定領域 B とが、前記判定曲線 a, b によって区分され、前記判定曲線は、差電力が上昇したときおよび／または差回転数が低下したときに失速状態と判定する失速判定曲線 a と差電力が低下したときおよび／または差回転数が上昇したときに非失速状態と判定する復帰判定曲線 b とを含み、これら曲線 a, b 間にはヒステリシス領域として失速境界領域 C が構成されている。

[0018] この制御方法によると、前記水力発電システムにつき前述したと同様に、失速状態が生じても正常な発電状態に復帰させることができ、大きな発電電力を得ることが可能となる。また、ヒステリシス領域として失速境界領域 C を設けたため、失速判定による電力制御のハンチングが防止される。

[0019] 前記制御装置 4 は、前記発電機 3 の出力変動に対して最大電力動作点を追従制御する M P P T 制御手段 6 を備え、前記追従制御で前記動作点を探しに

行く毎に、前記差電力演算過程（S6）、前記差回転数演算過程（S5）、前記失速判定過程（S7）、および必要に応じて前記負荷軽減・開放過程（S8）が繰り返されてもよい。

[0020] M P P T制御によると、現地での流速や水車回転数の事前計測作業を省略しても効率の良い発電が行える。しかし、その制御だけでは、失速状態になった場合に正常状態に復帰させることができないことがある。これにつき、この方法によると、前記失速状態を判定し、失速状態では負荷電力を低減または停止させるため、失速状態の復帰が行えて、失速による発電電力低減を大きく生じさせることなく、M P P T制御による効率的な制御が行える。

[0021] 請求の範囲および／または明細書および／または図面に開示された少なくとも2つの構成のどのような組合せも、本発明に含まれる。特に、請求の範囲の各請求項の2つ以上のどのような組合せも、本発明に含まれる。

### 図面の簡単な説明

[0022] この発明は、添付の図面を参考にした以下の好適な実施形態の説明から、より明瞭に理解されるであろう。しかしながら、実施形態および図面は単なる図示および説明のためのものであり、この発明の範囲を定めるために利用されるべきものではない。この発明の範囲は添付の請求の範囲によって定まる。添付図面において、複数の図面における同一の符号は、同一または相当する部分を示す。

[図1]この発明の一実施形態に係る水力発電システムの概略を示す説明図である。

[図2]図1の水力発電システムの概念構成を示すブロック図である。

[図3]失速判定領域と非失速判定領域の参考例となる失速閾値制御グラフである。

[図4]図1の水力発電システムで用いられる失速判定領域、非失速判定領域、および失速境界領域を示す失速閾値制御グラフである。

[図5]図1の水力発電システムが実行する制御方法の手順を示す流れ図である。

。



[図6]図1の水力発電システムで用いる水力発電機のための他の例の概略説明図である。

### 発明を実施するための形態

- [0023] この発明の一実施形態を図面と共に説明する。この水力発電システムは、水平軸型（プロペラ型）水力発電機の例である。水路（図示せず）を流れる水の運動エネルギーにより水車1が回転し、水車1の主軸2が発電機3を回転させる。発電機3は、例えば永久磁石を使用した三相同期発電機であり、主軸2にカップリング（図示せず）等で連結されている。主軸2と発電機3の間に、図6の例のように増速機25が設けられていてもよい。
- [0024] 発電機2に負荷を接続して出力を消費させると、水車1に発電機3からトルクがかかり、水車1の回転が制動される。負荷電力を重くすると水車3の回転速度は遅くなり、負荷電力を軽くすると水車3の回転速度は速くなる。発電機3の負荷として、制御装置4を介して負荷回路が接続される。制御装置4は、流速に応じて発電機3のトルクを増減させ、水車が最適な回転数で回転するように制御している。制御装置4には、DC/DCコンバータやインバータ等が使用される。負荷回路5は電気機器や負荷系統である。
- [0025] 図2は、制御装置4の具体例を示す。制御装置4は、発電機3の発電電力を負荷回路5に供給する主回路部6と、この主回路部6を制御する制御回路部7とを備え、さらに、発電電力を蓄えるバッテリー8を備えている。主回路部6は、バッテリー8と発電機3との間に順に介在した、整流器9、コンバータ10、電流計11、電圧計24、およびスイッチング手段12を有する。
- [0026] 整流器9は、発電機3の発電した三相交流の電力を直流に整流する機器であり、半導体スイッチング素子のハーフブリッジ回路で構成されている。コンバータ10は、例えば昇圧チョッパからなる。代わりに、コンバータ10は降圧チョッパとしてもよい。スイッチング手段12は、前記整流がなされた直流電力をオンオフしてバッテリー8に供給するか否かを切り換える手段である。スイッチング手段12は、半導体スイッチング素子であっても、有

接点スイッチであってもよい。スイッチング手段 12 は、ゲート回路 15 が出力する制御信号によってオンオフの切換が可能である。

[0027] バッテリー 8 と負荷回路 5 とは並列であり、発電機 3 の発電電力をバッテリー 8 へ充電しながら、負荷回路 5 に給電することができる。前記主回路部 6 は、発電機 3 の出力側にバッテリー 8 と負荷回路 5 とを並列に接続しているため、出力電圧は略一定になる。したがって、スイッチング手段 12 の開閉でコンバータ 10 の出力電流のデューティ比を調整することによって、発電機 3 の出力電力を調整することができる。

[0028] 制御回路部 7 は、コンピュータ等からなり、この例では、基本制御手段である M P P T 制御手段 13 で基本制御を行い、水車 1 の失速に対する制御を失速対応制御手段 14 で行う。M P P T 制御手段 13 および失速対応制御手段 14 は、いずれも、ゲート回路 15 の制御により前記スイッチング手段 12 を開閉制御することで、出力電力を調整する。なお、制御回路部 7 は、M P P T 制御手段 13 とは別の制御方法を採用する基本制御手段で基本制御を行うようにしてもよい。

[0029] M P P T 制御手段 13 は、発電機 3 の出力電力の変動に対して、発電機 3 の動作点が常に制御上の最大出力動作点を追従するように変化させることで、発電機 3 から最大の出力を取り出す制御を行う手段である。前記最大出力動作点は、M P P T 制御手段 13 でサンプリング毎に得られる動作点のうち、負荷回路 5 への出力最大となる動作点である。動作点の電力は、電流計 11 および電圧計 24 の測定値から検出される。

[0030] 失速対応制御手段 14 は、電力過去現在値検出手段 16、電力過去現在値記憶手段 17、回転数過去現在値検出手段 18、回転数過去現在値記憶手段 19、差電力演算手段 20、差回転数演算手段 21、失速判定手段 22、および負荷軽減・開放手段 23 を有する。失速対応制御手段 14 は、一連の失速判定の処理を繰り返して行う。この実施形態では、M P P T 制御で前記動作点を探しに行く毎に、失速判定手段 22 による失速の判定、および必要に応じて前記負荷軽減・開放手段 23 による処理を行う。

- [0031] 電力過去現在値検出手段 16 は、前記発電機 3 の出力電力過去値および出力電力現在値を検出する。出力電力現在値は、前記一連の失速判定毎のサンプリング時、つまり、この例では前記 M P P T 制御で動作点を探しに行く毎にサンプリングを行ったうちの直近のサンプリング時の出力電力である。出力電力過去値は、例えば、直近のサンプリングの 1 回前のサンプリング時における出力電力である。出力電力過去値は、最近の複数回のサンプリングの出力電力の平均値としてもよい。前記サンプリングされる出力電力は、例えば前記電流計 11 で得られた電流に、電圧計 24 で得られた電圧を掛けた値とされる。前記電流計 11 で得られた電流に、バッテリー 8 の電圧となる一定の電圧を掛けた値としてもよい。電力計（図示せず）を設けて検出してもよい、電力過去現在値記憶手段 16 は、検出された前記発電機 3 の出力電力過去値および出力電力現在値を記憶する手段である。
- [0032] 回転数過去現在値検出手段 18 は、発電機 3 に備えられた回転検出器（図示せず）から、発電機 3 の回転数過去値および回転数現在値を検出する手段である。回転数過去値および回転数現在値は、出力電圧過去値、出力電圧現在値と同じく、直近のサンプリングおよびその 1 回前のサンプリング時における回転数であってもよい。回転数過去現在値記憶手段 19 は、検出された前記発電機 3 の回転数過去値および回転数現在値を記憶する手段である。
- [0033] 差電力演算手段 20 は、電力過去現在値記憶手段 19 に記憶された発電機 3 の出力電力過去値と出力電力現在値の差電力  $\Delta P$  を演算する手段である。差回転数演算手段 13 は、回転数過去現在値記憶手段 19 に記憶された発電機 3 の出力回転数過去値と出力回転数現在値の差回転数  $\Delta N$  を演算する手段である。
- [0034] 失速判定手段 22 は、前記差電力  $\Delta P$  および差回転数  $\Delta N$  より定められた失速境界条件を満たすか否かによって、失速状態であるか否かを判定する手段である。具体的には、図 4 に示すように、失速と判定する失速判定領域 A と非失速と判定する非失速判定領域 B とが、差電力  $\Delta P$  と差回転数  $\Delta N$  の関係を示す判定曲線 a, b によって区分されている。判定曲線 a, b は、図 3

の例のような1本の判定曲線dではない。失速判定曲線aは、差電力 $\Delta P$ が上昇したときおよび／または差回転数 $\Delta N$ が低下したときに失速と判定するために定められた曲線である。復帰判定曲線bは、差電力 $\Delta P$ が低下したときおよび／または差回転数 $\Delta N$ が上昇したときに非失速と判定するために定められた曲線である。両曲線a, b間がヒステリシス領域の失速境界領域Cとなる。

[0035] 負荷軽減・開放手段23は、失速判定手段22によって失速と判定されたときに、発電機3の負荷電力を軽減または開放する手段である。負荷軽減・開放手段23は、具体的には、ゲート回路15を介してスイッチング手段12の開閉によりコンバータ10のデューティを低減し、またはスイッチング手段12を開き続けることで、負荷電力の軽減または開放を行う。

[0036] 図5を参照して、上記構成の水力発電システムにおける失速対応制御の流れを説明する。同図は、図2の失速対応制御手段14が行う制御処理の流れを示す。同図の制御処理は、MPPT制御で動作点を探しに行く毎に繰り返される。

[0037] まず、回転数検出過程(S1)で発電機3の回転数過去値および回転数現在値の検出を行い、電力検出過程(S2)で発電機3の出力電力過去値および出力電力現在値の検出を行う。これらの検出された回転数過去値(前回値 $N_0$ )および回転数現在値( $N_1$ )、ならびに出力電力過去値(前回値 $P_0$ )および出力電力現在値( $P_1$ )は、それぞれ、回転数記憶過程(S3)および電力記憶過程(S4)で、回転数過去現在値記憶手段19および電力過去現在値記憶手段17に記憶される。記憶内容は、制御サイクル毎に更新される。

[0038] 記憶された回転数過去値(前回値 $N_0$ )と回転数現在値( $N_1$ )の差回転数 $\Delta N$ を、差回転数演算過程(S5)が演算する。すなわち、 $\Delta N = N_0 - N_1$ を演算する。記憶された出力電力過去値(前回値 $P_0$ )と出力電力現在値( $P_1$ )との差電力 $\Delta P$ を、差電力演算過程(S6)が演算する。すなわち、 $\Delta P = P_0 - P_1$ を演算する。

- [0039] 失速判定過程（S7）では、演算された差回転数 $\Delta N$ と差電力 $\Delta$ が、予め定められた失速境界条件を満たすか否かによって失速であるか否かを、失速判定手段22で判定する。
- [0040] 失速していないと判定された場合は、制御処理を終了する。失速と判定された場合は、負荷軽減・開放過程（S8）で、負荷軽減・開放手段23によって、ゲート回路15を介してスイッチング手段12を開く時間を長くし、または開き続けさせることで、発電機3の負荷電力を低減しまたは開放する。
- [0041] 水力発電システムで制御装置4によるMPPT制御で最大電力点に追従していると、水車1が失速状態に陥ることが有り、発電電力の大幅な低下を招くこととなる。これに対して、上記のように、失速状態を制御装置4にて判定し、負荷電力を低減または開放することで、正常な発電状態とすることが出来る。これにより、大きな発電電力を得ることが可能となる。
- [0042] 上記のように失速状態を判定する場合に、図3のように失速判定領域Aと非失速と判定する非失速判定領域Bとが1本の判定曲線dで区分されていると、失速と判定して負荷電力を低減または開放し、非失速状態となった後、水流の流速等は大きな変化がないため、再び失速し、失速判定のオンオフの繰り返し状態となるハンチングを生じることがある。
- [0043] これに対して、この実施形態では、前記失速境界条件として、図4のように、失速と判定する失速判定領域Aと非失速と判定する非失速判定領域Bとが、差電力と差回転数の関係を示す2本の判定曲線a, bによって区分されている。すなわち、前記判定曲線は、差電力が上昇したときおよび／または差回転数が低下したときに失速状態と判定する失速判定曲線aと差電力が低下したときおよび／または差回転数が上昇したときに非失速状態と判定する復帰判定曲線bとを含む。これら曲線間にはヒステリシス領域として失速境界領域Cが構成されている。
- [0044] 失速判定曲線aで判定するか、復帰判定曲線bで判定するかは、前回の判定（前回の制御サイクル）において、非失速状態と失速状態のいずれであっ

たかをフラグ等を用いて記憶しておき、前回は非失速状態であったときは失速判定曲線 a を用いて判定し、前回は失速状態であったときは復帰判定曲線 b を用いて判定する。

[0045] 失速判定曲線 a を超えて失速判定領域 A に入って一旦失速と判定された場合、前記負荷電力の低減または開放で前記失速判定曲線 a を再び超えて失速境界領域 C に入っても、失速判定状態を維持し、復帰判定曲線 b を超えて非失速判定領域 B に入ると、非失速状態であると判定する。そのため、失速判定のハンチングが防止され、制御が安定する。

[0046] 以上のとおり、図面を参照しながら好適な実施形態を説明したが、本発明の趣旨を逸脱しない範囲内で、種々の追加、変更または削除が可能である。したがって、そのようなものも本発明の範囲内に含まれる。

### 符号の説明

- [0047] 1 …水車  
3 …発電機  
4 …制御装置  
1 6 …電力過去現在値検出手段  
1 7 …電力過去現在値記憶手段  
1 8 …回転数過去現在値検出手段  
1 9 …回転数過去現在値記憶手段  
2 0 …差電力演算手段  
2 1 …差回転数演算手段  
2 2 …失速判定手段  
2 3 …負荷軽減・開放手段

## 請求の範囲

### [請求項1]

水力で回転する水車と、  
この水車の回転エネルギーを電気エネルギーに変換する発電機と、  
この発電機の負荷電力を調整して水車の回転数を制御する制御装置  
とを備えた水力発電システムであって、  
前記制御装置は、  
前記発電機の実出力電力過去値および出力電力現在値を検出する電  
力過去現在値検出手段と、  
検出された前記出力電力過去値および前記出力電力現在値を記憶  
する電力過去現在値記憶手段と、  
前記発電機の回転数過去値および回転数現在値を検出する回転数  
過去現在値検出手段と、  
検出された前記回転数過去値および前記回転数現在値を記憶する  
回転数過去現在値記憶手段と、  
前記出力電力過去値と前記出力電力現在値の差電力を演算する差  
電力演算手段と、  
前記出力回転数過去値と前記出力回転数現在値の差回転数を演算  
する差回転数演算手段と、  
前記差電力および前記差回転数から、前記水車の失速状態または  
非失速状態を判定する失速判定手段と、  
前記失速判定手段により失速状態と判定されると、前記発電機の  
負荷を軽減または開放する負荷軽減・開放手段とを備え、  
前記失速判定手段が失速状態と判定する失速判定領域と前記失速判  
定手段が非失速状態と判定する非失速判定領域とが、前記差電力と前  
記差回転数の関係を示す判定曲線によって区分され、前記判定曲線は  
、差電力が上昇したときに失速状態と判定するための失速判定曲線と  
差電力が低下したときに非失速状態と判定するための復帰判定曲線と  
を含み、これら曲線間にはヒステリシス領域として失速境界領域が構

成されている、

水力発電システム。

[請求項2] 請求項1に記載の水力発電システムにおいて、前記制御装置は、前記発電機の出力変動対して最大電力動作点を追従制御するM P P T制御手段を備え、前記最大電力動作点を探しに行く毎に、前記失速判定手段が前記水車の失速状態または非失速状態を判定し、必要に応じて前記負荷軽減・開放手段が前記発電機の負荷を軽減または開放する水力発電システム。

[請求項3] 水力で回転する水車と、  
この水車の回転エネルギーを電気エネルギーに変える発電機と、  
この発電機の負荷電力を調整して水車の回転数を制御する制御装置とを備えた水力発電システムを制御する方法であって、  
前記発電機の出力電力の過去値と現在値との差電力を求める差電力演算過程と、  
前記発電機の回転数値の過去値と現在値との差回転数を求める差回転数演算過程と、  
前記差電力と差回転数との関係が、予め定められた失速境界条件を満たすか否かによって失速状態または非失速状態を判定する失速判定過程と、  
前記失速判定過程において失速状態であると判定されると、前記発電機の負荷を軽減または開放する負荷軽減・開放過程とを備え、  
これら過程は、前記制御装置の制御サイクル毎に繰り返され、  
前記失速境界条件は前記差電力と前記差回転数の関係を示す判定曲線によって定められており、失速状態と判定される失速判定領域と非失速状態と判定される非失速判定領域とが、前記判定曲線によって区分され、前記判定曲線は、差電力が上昇したときに失速状態と判定する失速判定曲線と差電力が低下したときに非失速状態と判定する復帰判定曲線とを含み、これら曲線間にはヒステリシス領域として失速境



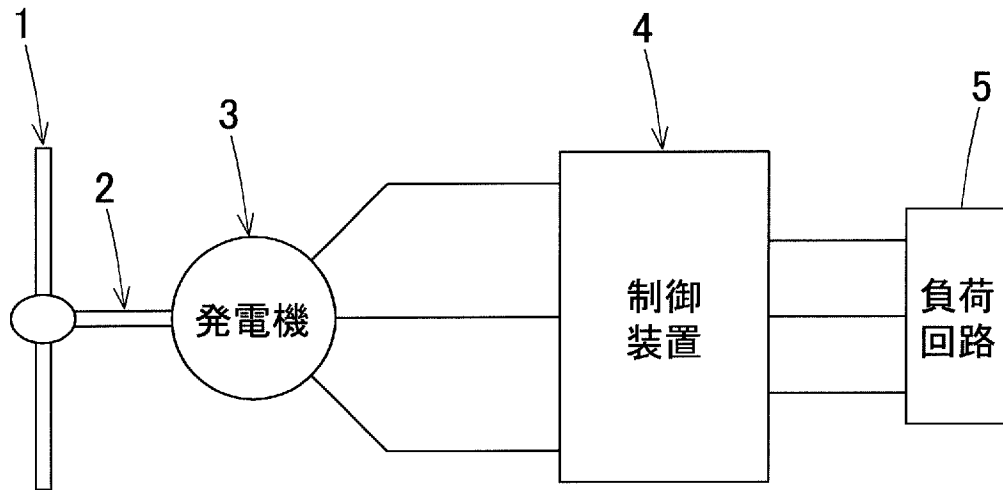
界領域が構成されている、

水力発電システムの制御方法。

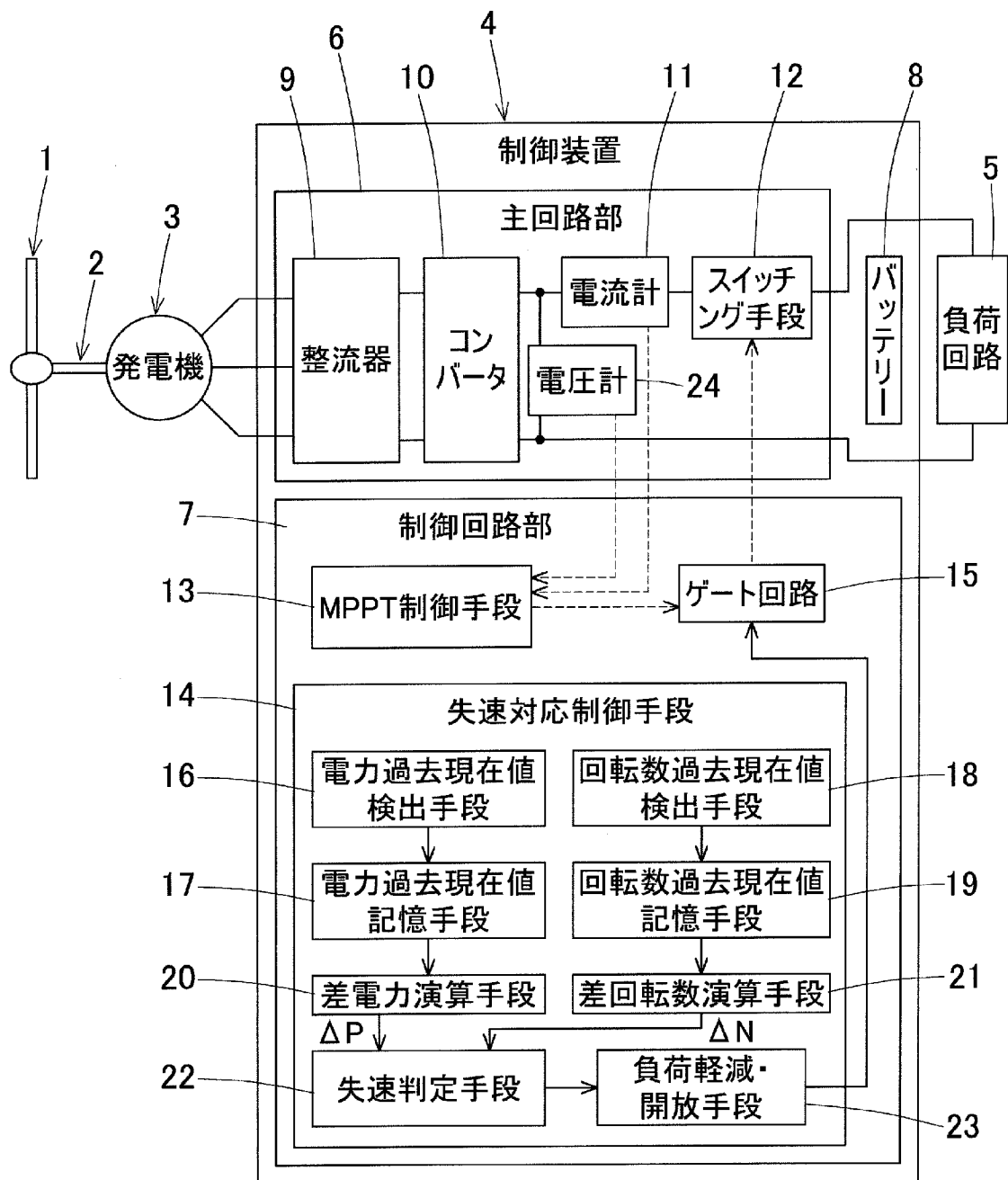
[請求項4]

請求項3に記載の水力発電システムの制御方法において、前記制御装置は、前記発電機の出力量変動に対して最大電力動作点を追従制御するMPPT制御手段を備え、前記追従制御で前記動作点を探しに行く毎に、前記差電力演算過程、前記差回転数演算過程、前記失速判定過程、および必要に応じて前記負荷軽減・開放過程が繰り返される水力発電システムの制御方法。

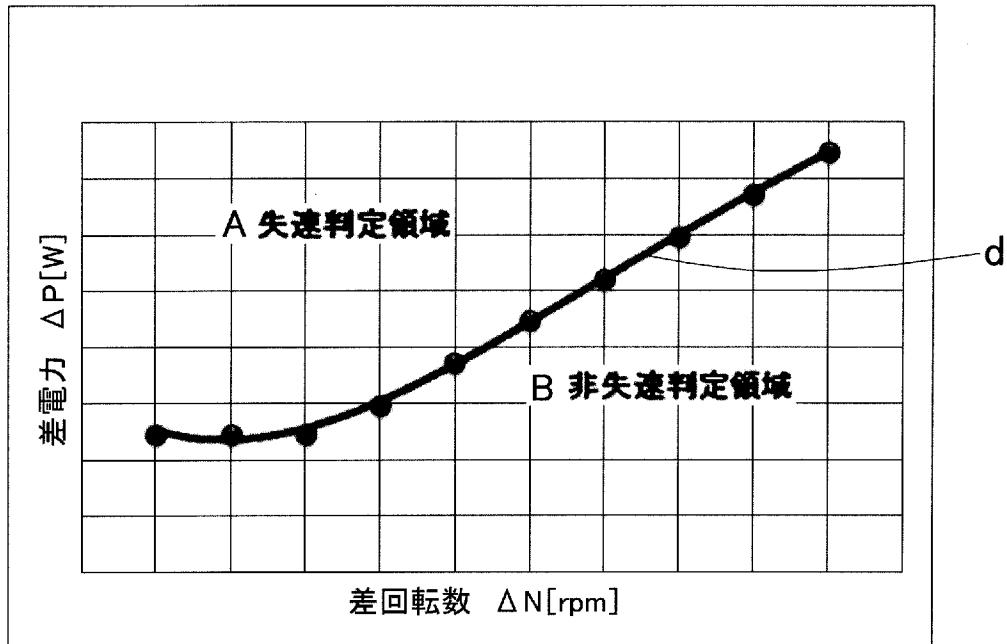
[図1]



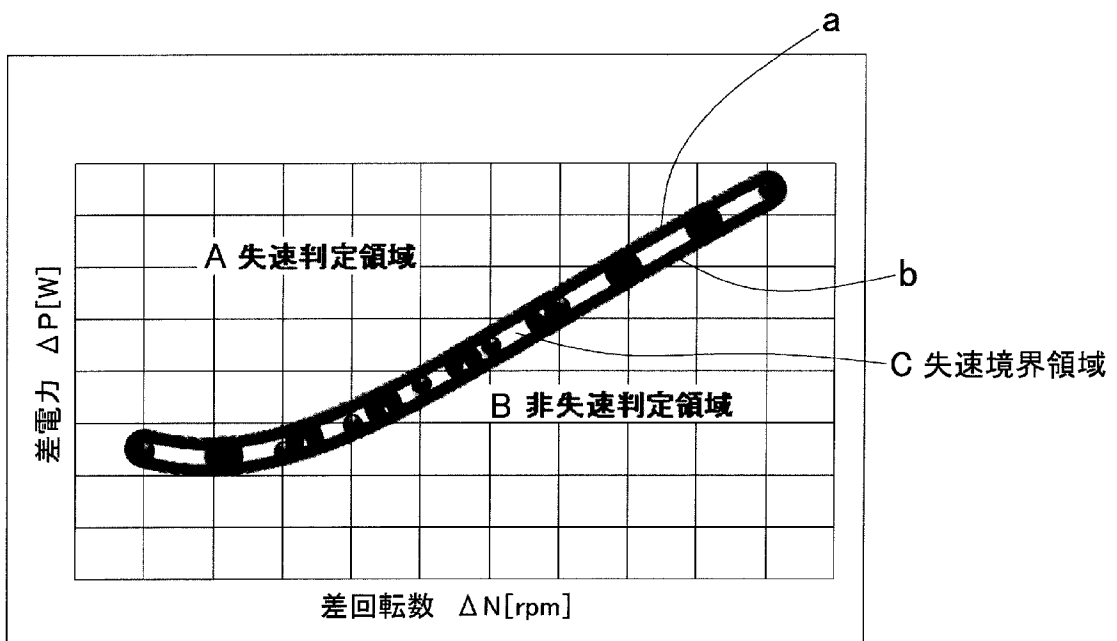
[図2]



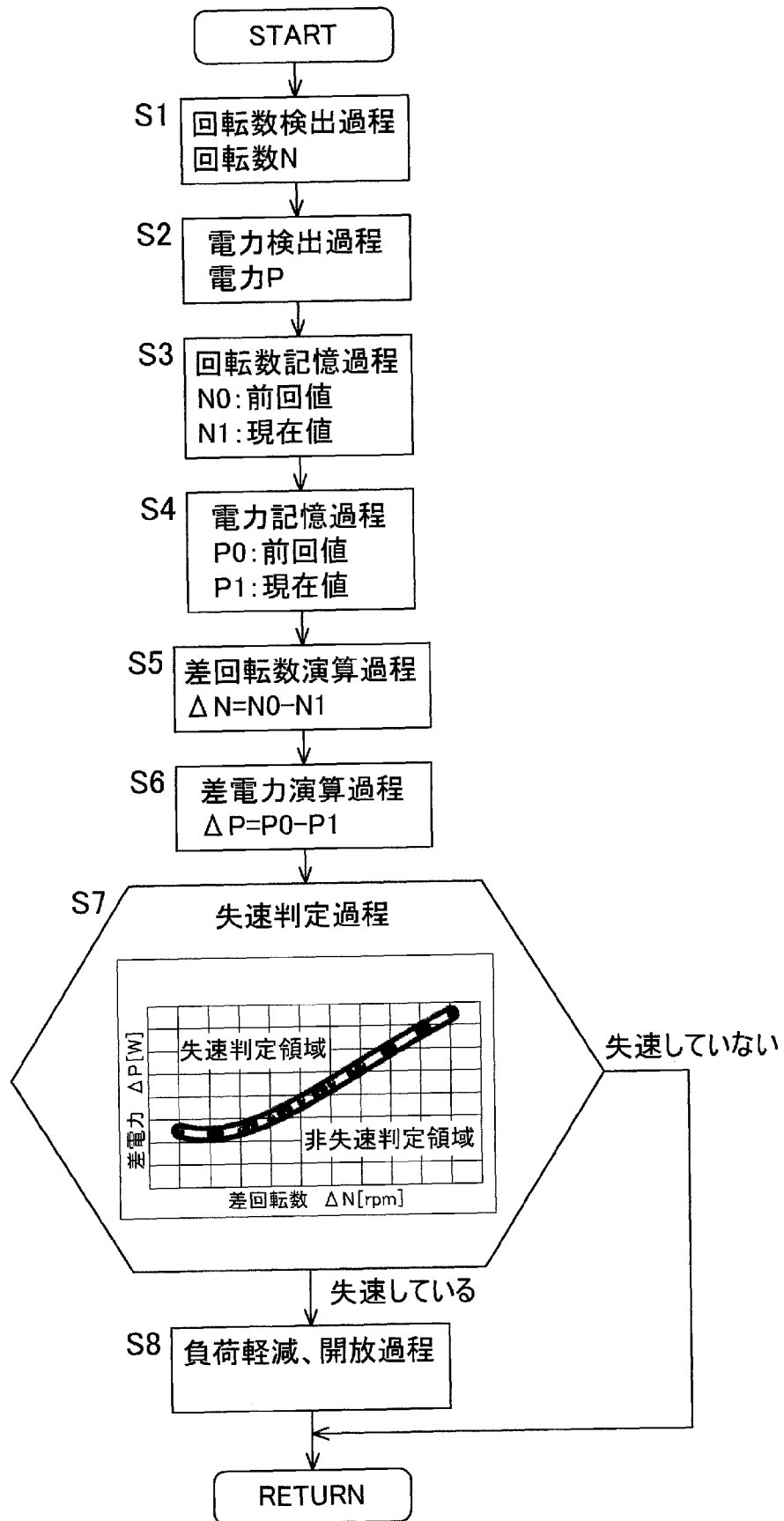
[図3]



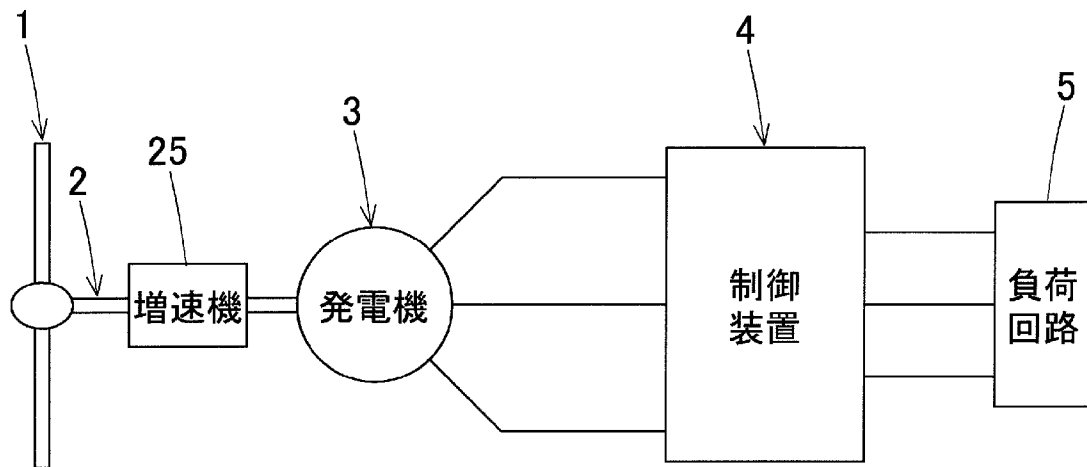
[図4]



[図5]



[図6]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2018/043646

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

Int.Cl. H02P9/04 (2006.01) i, H02P9/10 (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)

Int.Cl. H02P9/04, H02P9/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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.
A	白坂 尊, 小型風力発電システムにおける失速時制御法, Master's Thesis/修士論文, 三重大学, 2008, non-official translation (SHIRASAKA, Takashi, "The stall control method for the Small Scale Wind Power Generation System", MIE UNIVERSITY)	1-4
A	JP 2006-34038 A (TOYO ELECTRIC MANUFACTURING CO., LTD.) 02 February 2006, entire text, all drawings (Family: none)	1-4

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

"I" 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  
20 February 2019 (20.02.2019)

Date of mailing of the international search report  
05 March 2019 (05.03.2019)

Name and mailing address of the ISA/  
Japan Patent Office  
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,  
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer  
  
Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2018/043646

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2003-239843 A (TOYO ELECTRIC MANUFACTURING CO., LTD.) 27 August 2003, entire text, all drawings (Family: none)	1-4
A	JP 2002-62942 A (SANYO ELECTRONIC INDUSTRIES CO., LTD.) 28 February 2002, entire text, all drawings (Family: none)	1-4



A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H02P9/04(2006.01)i, H02P9/10(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（IPC））

Int.Cl. H02P9/04, H02P9/10

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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
A	白坂 尊, 小型風力発電システムにおける失速時制御法, Master's Thesis/修士論文, 三重大学, 2008	1-4
A	JP 2006-34038 A (東洋電機製造株式会社) 2006.02.02, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-4

☑ 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

20.02.2019

国際調査報告の発送日

05.03.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/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）

▲桑▼原 恭雄

電話番号 03-3581-1101 内線 3357

3V

4484

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
A	JP 2003-239843 A (東洋電機製造株式会社) 2003.08.27, 全文、全図 (ファミリーなし)	1 - 4
A	JP 2002-62942 A (山陽電子工業株式会社) 2002.02.28, 全文、全図 (ファミリーなし)	1 - 4