



MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,  
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)）

by a wind speed sensor (9) reaches a first threshold value  $V_{th1}$ , the control unit (10) causes the rotation suppression unit to initiate the suppression operation; after initiation of the suppression operation, if the wind speed measured by the wind speed sensor (9) continues at no greater than the second threshold value  $V_{th2}$  for more than a set time, the control unit (10) causes the rotation suppression unit (20) to cancel the suppression operation.

(57) 要約：風速が大きい状況下では風車の回転速度が過大になることを防ぐための抑制動作を行うことができ、その抑制動作を、風速が小さく安定した状況下で解除し得る風車制御装置を実現する。風車制御装置（2）は、風車（100）の回転を抑制する抑制動作と、抑制動作を解除とを行う回転抑制部（20）と、回転抑制部（20）を制御する制御部（10）とを有する。制御部（10）は、風速センサ（9）で計測される風速が第1閾値 $V_{th1}$ に達した場合に、回転抑制部（20）に抑制動作を開始させ、抑制動作の開始後、風速センサ（9）で計測される風速が一定時間を超えて第2閾値 $V_{th2}$ 以下で継続した場合に、回転抑制部（20）に抑制動作を解除させる。

## 明 細 書

**発明の名称：風力発電用の風車制御装置**

### 技術分野

[0001] 本発明は、風力発電システムにおける風車を制御する風車制御装置に関するものである。

### 背景技術

[0002] 特許文献１で開示される発電装置は、風力により回転することで駆動力を発生する風車と、風車の駆動力により作動して発電する発電機と、発電機の出側を出力状態と短絡状態とに切り替える短絡制動装置と、出力状態時における風車の回転速度と短絡状態時における風車の回転速度とに基づいて両状態時における風力の規模を認識する規模認識手段とを備える。この発電装置は、風車の回転速度に基づいて発電機を出力状態と短絡状態のいずれの状態に切替えるかを判断すると共に、判断結果に基づいて短絡制動装置を切替制御する。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献１：特開２００５－２６９７０３号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献１で開示される発電装置は、風車の回転速度を監視し、風車の回転速度が制動開始値以上となった場合には短絡制動装置を作動させてブレーキ（b r a k e）動作を行い、短絡制動装置の作動後、平均回転速度が制動解除値未満となった場合には短絡制動装置を停止させてブレーキ動作を解除する。しかし、特許文献１の発電装置は、短絡制動装置を停止させるか否か（即ち、ブレーキ動作を解除させるか否か）の判断を、風車の平均回転速度が制動解除値未満となったか否かに基づいて行うため、突風傾向が把握されにくいという問題がある。例えば、短絡制動装置の作動中に強い突風が発生

しても平均回転速度としては低い値になってしまう場合があり、このような事態が生じると、突風が発生する環境下であっても短絡制動装置を停止させてブレーキを解除してしまうことになる。

[0005] しかも、特許文献1の発電装置は、短絡制動中に風車に対してブレーキ力が加わるため、風車の回転により大きなトルク（*t o r q u e*）が必要となる。つまり、風の変化が風車に反映されにくくなるため、短絡制動中に突風傾向を正確に把握することはより一層困難になる。

[0006] 本発明は、上述した実情に鑑みてなされたものであり、風速が大きい状況下では風車の回転速度が過大になることを防ぐための抑制動作を行うことができ、その抑制動作を、風速が小さく安定した状況下で解除し得る風車制御装置を実現することを解決すべき課題としている。

### 課題を解決するための手段

[0007] 本発明は、

風車の回転力を変換して電力を生じさせる発電機と、風速を計測する風速センサとを備えた風力発電システムにおいて前記風車を制御する風車制御装置であって、

前記風車の回転を抑制する抑制動作と、前記抑制動作の解除とを行う回転抑制部と、

前記風速センサで計測される風速が第1閾値に達した場合には前記回転抑制部に前記抑制動作を開始させ、前記抑制動作の開始後、前記風速センサで計測される風速が一定時間を超えて第2閾値以下で継続した場合には前記回転抑制部に前記抑制動作を解除させる制御部と、  
を有する。

[0008] 本発明に係る風車制御装置は、風速が第1閾値に達する程度に大きくなった場合に風車の回転を迅速に抑制することができるため、風車において過回転が生じにくくなる。一方、抑制動作の開始後、風速センサ（*s e n s o r*）で計測される風速が一定時間を超えて第2閾値以下で継続した場合に抑制動作を解除することができる。つまり、風速が第2閾値を超えない状態が一

定時間を超えて継続するような安定した状況を確認した上で抑制動作を解除することができる。

[0009] このように、本発明の風車制御装置は、風速が大きい状況下では風車の回転速度が過大になることを防ぐための抑制動作を行うことができ、その抑制動作を、風速が小さく安定した状況下で解除することができる。

### 図面の簡単な説明

[0010] [図1]実施例1の風車制御装置を備えた風力発電システム（system）を概略的に示すブロック図（block diagram）である。

[図2]図1の風力発電システムの一部を具体化して示す回路図である。

[図3]機械ブレーキ部の構成を概念的に示す説明図である。

[図4]第1電気ブレーキ部及びその周辺の回路構成を簡略的に示す回路図である。

[図5]実施例1の風車制御装置で実行される回転抑制制御の流れを例示するフローチャート（flowchart）である。

[図6]実施例1の風車制御装置において風車を停止させる場合の一例を説明する説明図である。

[図7]実施例1の風車制御装置において風車を停止させる場合の別例1を説明する説明図である。

[図8]実施例1の風車制御装置において風車を停止させる場合の別例2を説明する説明図である。

### 発明を実施するための形態

[0011] 本発明における好ましい実施の形態を説明する。

本発明において、回転抑制部は、抑制動作として少なくとも風車の回転を強制的に停止させる停止動作を行う構成であってもよい。制御部は、風速センサで計測される風速が第1閾値に達した場合には回転抑制部に停止動作を行わせ、停止動作の開始後、風速センサで計測される風速が一定時間を超えて第2閾値以下で継続した場合には回転抑制部に停止動作を解除させるように機能してもよい。

[0012] このように、風速センサで計測される風速が第 1 閾値に達した場合には回転抑制部に停止動作を行わせることで、風速が大きい状況下で発電機を回転させ続けることに起因する機械的負担又は電氣的負担を低減することができる。

[0013] 本発明において、制御部は、抑制動作が開始したことに応じて時間計測を開始し、時間計測中に風速センサで計測される風速が第 2 閾値を超えた場合に、計測中の時間をリセット（reset）して時間計測をやり直す時間計測部を有していてもよい。そして、制御部は、抑制動作の開始後、時間計測部による計測時間が一定時間を超えた場合に回転抑制部に対して抑制動作を解除させる制御を行うように機能してもよい。

[0014] このように制御部が動作すれば、風速のピーク（peak）が第 2 閾値以下となる状態の継続時間を確実に測定することができ、この継続時間が一定時間を超えることを確実に確認した上で、抑制動作を解除することができる。

[0015] <実施例 1>

本発明を具体化した実施例 1 について、図面を参照しつつ説明する。

図 1、図 2 には、実施例 1 に係る風車制御装置 2 を用いた風力発電システム 1 を示している。図 1 の風力発電システム 1 は、主として、風車 100、発電機 3、風車制御装置 2、バッテリー（battery）60、回転速度センサ 7、風速センサ 9 などを備えている。この風力発電システム 1 は、風車 100 の回転時に発電機 3 で電力を発生させ、所望の出力に変換した上でバッテリー 60 の充電や、外部出力端子 62 からの出力を行う装置として構成されている。

[0016] 図 1、図 2 で示す風車 100 は、例えば、垂直軸型風車として構成されており、鉛直方向に延びる回転軸の周囲に複数の直線翼を一体回転可能に連結させた直線翼垂直軸風車などによって構成されている。図 3 のように、風車 100 は、所定方向（回転軸部 102 の軸方向である上下方向）に延びる複数の翼部 104 と棒状に構成されるとともに所定方向に延びる回転軸部 10

2とを備え、複数の翼部104が回転軸部102の上端部付近に連結された形で複数の翼部104と回転軸部102とが一体的に構成されている。回転軸部102は、例えば鉛直上下方向に延びるように図示しない軸受によって回転可能に保持されている。図3の例では、回転軸部102の下端部側の部分が発電機3における図示しない回転子と一体化され、回転軸部102と回転子とが一体的に回転する構成をなす。また、回転軸部102の下端寄りの所定位置には円板状の被作用部106が回転軸部102の周囲に張り出す形で回転軸部102と一体的に構成されている。被作用部106は、回転軸部102の軸方向を厚さ方向とし、外縁部が回転軸部102の回転軸線を中心とした円形形状をなしている。なお、ここで示す例はあくまで一例であり、公知の様々な風車を用いることができる。

[0017] 図1、図2で示す発電機3は、風車100の回転力を変換して電力を生じさせる装置であり、例えば、三相交流発電機として構成され、風車100の回転と連動して回転する回転子と、固定子巻線3A, 3B, 3C(図4)が巻かれるとともに回転子に近接して配置される固定子とを備える。例えば、発電機3は、回転子が風車100の回転軸に連結されて回転軸部102(図3)と一体的に回転する構成をなし、回転子の回転時には各相の導電路74, 75, 76に三相交流が発生する構成をなす。

[0018] 図1のように、風車制御装置2は、制御部10、整流・昇圧部50、回転抑制部20、第2電気ブレーキ部30、降圧部40、検出部91, 92、回転速度センサ7、風速センサ9、各配線部などによって構成され、発電機3からの出力電力を制御するとともに風車100の回転を制御する装置として機能する。

[0019] 整流・昇圧部50は、発電機3に発電動作を行わせる場合には昇圧チョッパ(chopper)回路として作動し、発電機3を電動機として動作させる場合にはインバータ(inverter)として作動する回路である。

[0020] 図2のように、整流・昇圧部50は、発電機3の各相の導電路74, 75, 76にそれぞれ設けられたコイル(coil)L1, L2, L3、コイル

L 1 に接続される一対のスイッチ ( s w i t c h ) 素子 S a 1 , S b 1 、コイル L 2 に接続される一対のスイッチ素子 S a 2 , S b 2 、コイル L 3 に接続される一対の半導体スイッチ素子 S a 3 , S b 3 をそれぞれ備える。スイッチ素子 S a 1 , S b 1 , S a 2 , S b 2 , S a 3 , S b 3 は、例えば I G B T などの半導体スイッチ素子によって構成され、それぞれのゲート ( g a t e ) には、駆動部 1 4 からの駆動信号が個別に入力される。

[0021] このように構成される整流・昇圧部 5 0 は、発電制御時には、発電機 3 で発生する交流電圧を直流電圧に変換し且つ入力電力を昇圧して出力するように機能する。また、整流・昇圧部 5 0 は、アシスト ( a s s i s t ) 制御時には、供給される直流電力 (例えば外部電源 1 3 0 から供給される直流電力) を三相交流に変換し、発電機 3 に三相交流電力を供給することで発電機 3 を電動機として回転駆動するように機能する。なお、アシスト制御時の供給電力は、バッテリー 6 0 からの電力であってもよい。

[0022] 回転抑制部 2 0 は、風車 1 0 0 の回転を抑制する抑制動作 (回転速度を減速する減速動作) と、抑制動作の解除とを行う部分である。回転抑制部 2 0 は、第 1 電気ブレーキ部 2 1 と機械ブレーキ部 2 2 とによって構成されている。

[0023] 機械ブレーキ部 2 2 は、第 2 ブレーキ部の一例に相当し、風車 1 0 0 に対してブレーキ動作を行い得る装置である。図 3 にて概念的に示すように、機械ブレーキ部 2 2 は、ブレーキ動作部 2 4 と駆動回路 2 6 とを備える。ブレーキ動作部 2 4 は、例えば、逆作動型の空圧ブレーキとして構成され、風車 1 0 0 の一部として構成された被作用部 1 0 6 に作用する一対の接触部材 2 4 B と、これら接触部材 2 4 B を駆動するアクチュエータ ( a c t u a t o r ) 2 4 A とを備える。被作用部 1 0 6 は、例えば、風車 1 0 0 の回転軸部 1 0 2 に一体的に組み付けられた円板状のディスク ( d i s k ) として構成され、風車 1 0 0 に設けられた複数の翼部 1 0 4 と一体的に回転する構成をなしている。機械ブレーキ部 2 2 は、アクチュエータ 2 4 A によって接触部材 2 4 B を被作用部 1 0 6 に接近させて接触させることでブレーキ力を生じ

させる第2ブレーキ動作と、アクチュエータ24Aによって接触部材24Bを被作用部106から離間させてブレーキ力を解除する動作（第2ブレーキ動作の解除）とを行う装置である。

[0024] 駆動回路26は、制御部10から駆動指令が与えられた場合にアクチュエータ24Aを駆動し、一对の接触部材24Bを互いに接近させて被作用部106を挟み込ませるようにアクチュエータ24Aを動作させる。このように接触部材24Bが被作用部106に接触することで、これらの間で生じる摩擦力が風車100の回転を減速させる力（ブレーキ力）となる。また、駆動回路26は、制御部10から停止指令が与えられた場合、アクチュエータ24Aに対し、一对の接触部材24Bを退避位置（被作用部106に接触しない位置）で保持させる。上述した第2ブレーキ動作中に駆動回路26に停止指令が与えられた場合、駆動回路26は、被作用部106を挟み込んでいる一对の接触部材24Bを互いに離間させて被作用部106から離すようにアクチュエータ24Aを動作させる。このようにアクチュエータ24Aによって一对の接触部材24Bを被作用部106から離間させることで、接触部材24Bが被作用部106に接触して生じていた摩擦力が発生なくなり、風車100に対するブレーキ力が解除される。

[0025] 第1電気ブレーキ部21は、第1ブレーキ部の一例に相当し、発電機3に対する電氣的な制御を行い得る回路として構成されている。第1電気ブレーキ部21は、発電機3において風車100の回転力に逆らう力を生じさせる第1ブレーキ動作と、この第1ブレーキ動作の解除とを行い得る回路であり、具体的には例えば図4のような回路として構成される。

[0026] 図4の回路構成では、各巻線3A、3B、3Cにそれぞれ接続された各相の導電路74、75、76のそれぞれにおいて、整流・昇圧部50側に続く経路から分岐する形で分岐路21A、21B、21Cがそれぞれ設けられている。そして、各分岐路21A、21B、21Cには、抵抗部R1、R2、R3がそれぞれ介在している。また、各分岐路21A、21B、21Cは、接続路21Dによって互いに接続されている。分岐路21A、21B、21

Cでは、いずれかの分岐路から他の分岐路へと電流が流れる場合に抵抗にて電流が流れ、抵抗で電圧降下が発生するようになっている。また、分岐路21B、21Cには、それぞれを通電可能状態と通電遮断状態に切替えるスイッチSW1、SW2が設けられ、このスイッチSW1、SW2のオンオフが制御部10によって制御されるようになっている。制御部10は、後述する第1ブレーキ動作を行う場合、スイッチSW1、SW2をオン状態にする制御を行い、第1ブレーキ動作を行わない場合、スイッチSW1、SW2をオフ状態にする制御を行う。スイッチSW1、SW2がオン状態である場合、分岐路21A、21B、21Cの相互で電流が流れ、スイッチSW1、SW2がオフ状態である場合、分岐路21A、21B、21Cにおいて分岐路間では電流が流れない。制御部10がスイッチSW1、SW2をオン状態にした場合、導回路74、75、76を流れる電流が上昇するため、発電機3の回転子が回転する際の回転負荷を増大させることができ、その結果、発電機3の回転子と連動する風車100の回転にブレーキをかけることができる。本構成では、完全に短絡するのではなく、抵抗部を介して導回路間を電氣的に接続するため、短絡状態でブレーキを継続しすぎることによる過熱等を防ぐことができ、絶縁性能の維持等の面で有利である。また、回転速度によっては、短絡の場合よりも大きなトルクを発生させることができる。

[0027] 第2電気ブレーキ部30は、整流・昇圧部50から出力される出力電力の一部を消費するための部分である。この第2電気ブレーキ部30は、抵抗34、ダイオード(d i o d e)36、スイッチ素子32などを備える。スイッチ素子32は、例えばIGBTなどの半導体スイッチ素子によって構成され、駆動部15からの制御信号によってオンオフが制御される。

[0028] 第2電気ブレーキ部30は、導回路71と導回路72の間に抵抗34及びスイッチ素子32が直列に接続され、スイッチ素子32のオン動作に応じて抵抗34に電流を流し、整流・昇圧部50から出力される電力の一部を消費させるように機能する。スイッチ素子32のゲートには駆動部15から出力されるPWM信号が入力され、第2電気ブレーキ部30での消費電力量はP

WM信号のデューティ（duty）によって制御される。

[0029] コンデンサ（condenser）55は、導電路71と導電路72との間に接続されている。このコンデンサ55は、降圧部40に入力される入力電流を平滑化する機能を有する。

[0030] 降圧部40は、公知の降圧コンバータ（converter）として構成され、導電路71の通電をオンオフするスイッチ素子42と、ダイオード44と、コイル48と、コンデンサ46とを備える。スイッチ素子42は、例えばMOSFETなどによって構成され、駆動部16からのPWM信号に応じてオンオフする構成をなす。

[0031] バッテリ60は、例えば、公知の二次電池として構成されており、風力発電システム1を構成する様々な負荷を駆動するための電源として機能する。図示はしていないが、風力発電システム1には、バッテリ60からの電力に基づいて複数の電源電圧を生成する電源回路が設けられており、例えば制御部10には、電源回路で生成された電源電圧が印加される。バッテリ60の正側の端子と出力側導電路81との間には、スイッチ61が設けられ、制御部10によってスイッチ61のオンオフが制御される。

[0032] 回転速度センサ7は、風車100の回転速度を検出する検出部の一例に相当する。この回転速度センサ7は、風車100の回転軸部102の回転速度を検出し得るセンサであればよく、公知の様々な回転速度センサを用いることができる。制御部10は、回転速度センサ7からの出力値を取得して風車100の回転速度を把握する。

[0033] 風速センサ9は、公知の風速センサによって構成され、風車100の近傍の風速を計測するように機能する。この風速センサ9は、風車100の所定位置（例えば回転翼以外の部位）に取り付けられ、風速センサ9が取り付けられた位置の風速を示す値を出力する。制御部10は、風速センサ9からの出力値（検出値）を取得して、風車付近の風速を把握する。なお、回転速度センサ7は、風車100の回転速度を示す値として例えば風車の回転数 $N$ （min<sup>-1</sup>）を検出し得る。

[0034] 制御部10は、例えば、マイクロコンピュータ（microcomputer）などからなる制御回路12と、ROM、RAMなどからなる記憶部18と、制御信号を出力する複数の駆動部14, 15, 16などを備えている。制御部10には、回転速度センサ7や風速センサ9からの出力値以外にも、様々な検出値が入力される。例えば、図1で示す検出部91は、電流センサ及び電圧センサを備え、整流・昇圧部50から出力される出力電流及び出力電圧が検出部91によって検出され、制御部10に入力される。検出部92は、電流センサ及び電圧センサを備え、降圧部40から出力される出力電流及び出力電圧が検出部92によって検出され、制御部10に入力される。

[0035] 風力発電システム1の出力端子62は、例えば、蓄電池システム120の入力端子122に接続可能とされている。即ち、風力発電システム1で発生した電力が、出力端子62を介して外部の蓄電池システム120に供給し得るように構成されている。なお、図1、図2の例では、風力発電システム1で生じた電力を蓄電池システム120に供給する例を示したが、系統連系のための構成を付加し、商用電源系統に接続してもよい。

[0036] このように構成される風力発電システム1は、風車100が風力を受けて回転し且つ制御部10が発電制御を実行しているときには、発電機3の発電によって得られた電力を変換して出力する。但し、風速センサ9によって検出される風速が所定閾値を超える場合には、後述する回転抑制制御を行い、風車100の回転を減速させる。

[0037] ここで、風車制御装置2の動作について説明する。

制御部10は、例えば、所定の運転開始条件を満たす場合（例えば、回転速度センサ7によって検出される風車100の回転速度が所定の発電開始回転速度以上である場合）、図5のような流れで制御を行う。図5の制御が開始された場合、風速センサ9で計測される風速が第1閾値 $V_{th1}$ （安全運転の限界風速）未満となっている間は、ステップS1でNoとなる判断が繰り返され、この期間は、制御部10によって通常が発電制御が行われる。

[0038] 制御部10は、通常が発電制御を行う場合、各スイッチ素子 $S_{a1}$ ,  $S_b$

1, S a 2, S b 2, S a 3, S b 3 に対し制御信号を出力し、整流・昇圧部 5 0 を三相昇圧チョッパ回路として動作させる。

[0039] 本構成では、例えば回転速度（回転数）と目標値とが予め対応付けられており、このように回転速度と目標値とを対応付けた対応データ（d a t a）が記憶部 1 8 に記憶されている。このような対応データが存在するため、回転速度センサ 7 によって回転速度が定まれば対応データを参照してその回転速度（回転数）に対応付けられた目標値を決めることができる。また、各回転速度に対応する各目標値は、各回転速度のときの最大電力値であり、回転速度（回転数）の三乗に比例するように設定されている。

[0040] 制御部 1 0 は、整流・昇圧部 5 0 を三相昇圧チョッパ回路として動作させる場合、回転速度センサ 7 で検出された風車 1 0 0 の回転速度（回転数）と、記憶部 1 8 に記憶された回転速度毎の目標値（各回転速度に対応する最大電力値）とに基づき、整流・昇圧部 5 0 からの出力電力が、風車 1 0 0 の回転速度（回転数）に対応する最大電力値となるように M P P T（Maximum Power Point Tracking）制御を行う。具体的には、制御部 1 0 は、検出部 9 1 で検出される出力電流及び出力電圧によって決定する出力電力が目標値（最大電力値）となるように整流・昇圧部 5 0 に与える PWM 信号のデューティを調整しながらフィードバック（f e e d b a c k）制御を繰り返す。

[0041] 一方、図 5 の制御の開始後、風速センサ 9 で計測される風速が上記第 1 閾値  $V_{th1}$  以上になった場合（図 5 のステップ S 1 で Y e s の場合）、制御部 1 0 は、風車 1 0 0 の回転を抑制して風車 1 0 0 を停止させる。具体的には、制御部 1 0 が回転抑制部 2 0 を制御して回転抑制部 2 0 に停止動作を行わせる。なお、この例では、「風速センサ 9 で計測される風速が上記第 1 閾値  $V_{th1}$  以上になった時」が所定のブレーキ開始条件の成立時である。

[0042] 制御部 1 0 は、ステップ S 2 の制御を行う場合、第 1 電気ブレーキ部 2 1（第 1 ブレーキ部）に上述した第 1 ブレーキ動作を行わせ、第 1 電気ブレーキ部 2 1 による第 1 ブレーキ動作の開始後に、機械ブレーキ部 2 2（第 2 ブレーキ部）に上述した第 2 ブレーキ動作を行わせる。

[0043] 具体的には、風速センサ 9 で計測される風速が上記第 1 閾値  $V_{th1}$  以上になったとき、機械ブレーキ部 22 に第 2 ブレーキ動作を行わせないように停止させたまま第 1 電気ブレーキ部 21 に第 1 ブレーキ動作を行わせる。そして、このように第 1 電気ブレーキ部 21 が第 1 ブレーキ動作を継続している間に所定の切替条件が成立した場合、第 1 電気ブレーキ部 21 の第 1 ブレーキ動作を維持したまま又は第 1 ブレーキ動作を停止させた後、機械ブレーキ部 22 に第 2 ブレーキ動作を行わせる。そして、このように第 2 ブレーキ動作を開始した場合、少なくとも回転速度センサ 7 によって検出される風車 100 の回転速度が 0 となるまで第 2 ブレーキ動作を継続し、望ましくは、後述するステップ S 7 において通常回転動作が再開されるまで第 2 ブレーキ動作を継続する。

[0044] 上述した「所定の切替条件」とは、「回転速度センサ 7（検出部）が検出する回転速度が所定の下限速度以下となったこと」「回転速度センサ 7（検出部）が検出する回転速度が所定の上限速度を超えたこと」「第 1 ブレーキ動作の開始後、一定時間  $T_a$  が経過したこと」のいずれかの条件が満たされた場合である。

[0045] つまり、制御部 10 は、風速センサ 9 で計測される風速が上記第 1 閾値  $V_{th1}$  以上になったこと（所定のブレーキ開始条件が成立したこと）に応じてステップ S 2 の処理を実行し第 1 電気ブレーキ部 21（第 1 ブレーキ部）に第 1 ブレーキ動作を開始させた後、第 1 ブレーキ動作の継続中に、少なくとも回転速度センサ 7（検出部）が検出する回転速度が所定の下限速度  $V_b$  以下となった場合には、第 1 ブレーキ動作を維持したまま又は第 1 ブレーキ動作を停止させた後、機械ブレーキ部 22（第 2 ブレーキ部）に第 2 ブレーキ動作を行わせる。

[0046] また、制御部 10 は、風速センサ 9 で計測される風速が上記第 1 閾値  $V_{th1}$  以上になったこと（所定のブレーキ開始条件が成立したこと）に応じてステップ S 2 の処理を実行し第 1 電気ブレーキ部 21（第 1 ブレーキ部）に第 1 ブレーキ動作を開始させた後、第 1 ブレーキ動作の継続中に、少なくと

も回転速度センサ 7（検出部）が検出する回転速度が所定の上限速度  $V_a$  を超えた場合には、第 1 ブレーキ動作を維持したまま又は第 1 ブレーキ動作を停止させた後、機械ブレーキ部 22（第 2 ブレーキ部）に第 2 ブレーキ動作を行わせる。

[0047] また、制御部 10 は、風速センサ 9 で計測される風速が上記第 1 閾値  $V_{th1}$  以上になったこと（所定のブレーキ開始条件が成立したこと）に応じてステップ S2 の処理を実行し第 1 電気ブレーキ部 21（第 1 ブレーキ部）に第 1 ブレーキ動作を開始させた後、第 1 ブレーキ動作の継続中に、少なくとも第 1 ブレーキ動作の開始から一定時間  $T_a$  が経過した場合には、第 1 ブレーキ動作を維持したまま又は第 1 ブレーキ動作を停止させた後、機械ブレーキ部 22（第 2 ブレーキ部）に第 2 ブレーキ動作を行わせる。なお、一定時間  $T_a$  は、例えば、数秒程度であってもよく、数十秒程度であってもよい。或いは、数分程度であってもよい。

[0048] このように、制御部 10 は、風速センサ 9 で計測される風速が第 1 閾値  $V_{th1}$  以上になった場合に、第 1 電気ブレーキ部 21 と機械ブレーキ部 22 を時間差で動作させて風車 100 の回転を停止させる。

[0049] 制御部 10 は、ステップ S2 の処理を行った後、回転速度センサ 7 によって検出される風車 100 の回転速度が 0 となった場合には、第 2 ブレーキ動作を継続したまま時間計測を開始する（ステップ S3）。そして、制御部 10 は、ステップ S3 で時間計測を開始した後、ステップ S4 において風速センサ 9 で計測される風速が第 2 閾値  $V_{th2}$  以上であるか否かを判断し、風速センサ 9 で計測される風速が第 2 閾値  $V_{th2}$  以上である場合（ステップ S4 で Yes の場合）、ステップ S5 において計測中の時間をリセットし、再び時間計測を開始する。つまり、ステップ S5 の処理が実行される度に、それまでの計測時間が破棄され、ステップ S5 の処理が実行された時を開始時点として新たに時間計測がなされることになる。なお、第 2 閾値  $V_{th2}$ （運転再開風速）は、第 1 閾値  $V_{th1}$ （安全運転の限界風速）よりも小さい値である。

[0050] 一方、制御部 10 は、ステップ S 4 において風速センサ 9 で計測される風速が第 2 閾値  $V_{th2}$  以上でないと判断した場合（ステップ S 4 で No の場合）、ステップ S 6 において、現在計測中の時間（即ち、ステップ S 3 又はステップ S 5 のいずれか直近で実行された処理を開始時点として計測されている時間）が予め定められた一定時間  $T_b$  を超えたか否かを判断する。制御部 10 は、ステップ S 6 において現在計測中の時間（計測時間）が一定時間  $T_b$  を超えていないと判断した場合（ステップ S 6 で No の場合）、ステップ S 4 以降の処理を再び行い、ステップ S 6 において現在計測中の時間（計測時間）が一定時間  $T_b$  を超えていると判断した場合（ステップ S 6 で Yes の場合）、ステップ S 7 において風車 100 の通常回転を再開する。制御部 10 は、ステップ S 7 の処理を行う場合、第 1 電気ブレーキ部 21 及び機械ブレーキ部 22 のいずれにもブレーキ動作を行わせないように解除し、風車 100 を回転可能な状態とする。なお、一定時間  $T_b$  は、例えば、ある程度長い時間（1 時間程度、或いは数時間程度）であってもよく、数十分程度、或いは数分程度であってもよい。

[0051] 本構成では、ステップ S 3、S 4、S 5 の処理を実行する制御部 10 が時間計測部の一例に相当し、上記抑制動作が開始したこと（具体的には、風車 100 の回転が停止したこと）に応じて時間計測を開始し、時間計測中に風速センサ 9 で計測される風速が第 2 閾値  $V_{th2}$  を超えた場合に、計測中の時間をリセットして時間計測をやり直すように機能する。そして、制御部 10 は、抑制動作の開始後、このような時間計測部による計測時間が一定時間  $T_b$  を超えた場合に回転抑制部 20 に対して抑制動作を解除させる制御を行う。

[0052] なお、制御部 10 は、ステップ S 7 でブレーキ動作を解除した場合、所定の終了条件が成立するまでの間、発電機 3 を電動機として動作させて風車 100 の回転をアシストするように制御を行ってもよい。

[0053] 以上のように、制御部 10 は、風速センサ 9 で計測される風速が第 1 閾値  $V_{th1}$  に達した場合に回転抑制部 20 に抑制動作（具体的には、風車 100

0の回転を強制的に停止させる停止動作)を開始させ、抑制動作の開始後、風速センサ9で計測される風速が一定時間 $T_b$ を超えて第2閾値 $V_{th2}$ 以下で継続した場合には、回転抑制部20に上記抑制動作(停止動作)を解除させるように動作する。

[0054] 次に、風車制御装置2の効果を例示する。

風車制御装置2は、風速が第1閾値 $V_{th1}$ に達する程度に大きくなった場合に風車100の回転を迅速に抑制することができるため、風車100において過回転が生じにくくなる。一方、抑制動作の開始後、風速センサ9で計測される風速が一定時間を超えて第2閾値 $V_{th2}$ 以下で継続した場合に抑制動作を解除することができる。つまり、風速が第2閾値 $V_{th2}$ を超えない状態が一定時間を超えて継続するような安定した状況を確認した上で抑制動作を解除することができる。

[0055] このように、風車制御装置2は、風速が大きい状況下では風車100の回転速度が過大になることを防ぐための抑制動作を行うことができ、その抑制動作を、風速が小さく安定した状況下で解除することができる。

[0056] また、回転抑制部20は、抑制動作として、少なくとも風車100の回転を強制的に停止させる停止動作を行う構成をなす。制御部10は、風速センサ9で計測される風速が第1閾値 $V_{th1}$ に達した場合には回転抑制部20に停止動作を行わせ、停止動作の開始後、風速センサ9で計測される風速が一定時間を超えて第2閾値 $V_{th2}$ 以下で継続した場合に、回転抑制部20に対し停止動作を解除させる制御を行う。

[0057] このように、風速センサ9で計測される風速が第1閾値 $V_{th1}$ に達した場合に回転抑制部20を停止動作させることで、風速が大きい状況下で発電機3を回転させ続けることに起因する機械的負担又は電氣的負担を確実に低減することができる。

[0058] また、制御部10は、抑制動作が開始したことに応じて時間計測を開始し、時間計測中に風速センサ9で計測される風速が第2閾値 $V_{th2}$ を超えた場合に、計測中の時間をリセットして時間計測をやり直すように動作する時

間計測部を備える。そして、制御部 10 は、抑制動作の開始後、時間計測部による計測時間が一定時間を超えた場合に回転抑制部 20 に対して抑制動作を解除させる制御を行う。

[0059] 制御部 10 がこのように動作すれば、風速のピークが第 2 閾値  $V_{th2}$  以下となる状態の継続時間を確実に測定することができ、この継続時間が一定時間を超えることを確実に確認した上で、抑制動作を解除することができる。

[0060] 本構成の風車制御装置 2 は、電氣的な制御によって第 1 ブレーキ動作を行い、発電機 3 において風車 100 の回転力に逆らう力を生じさせた後、機械的な制御によって第 2 ブレーキ動作を行い、接触部材 24B の接触によるブレーキ力を生じさせる。このように、先に行われる第 1 ブレーキ動作では、発電機 3 に対する電氣的な制御によってブレーキ力を発生させるため、ブレーキ動作を迅速かつ正確に行いやすい。そして、電氣的な制御によって第 1 ブレーキ動作を行った後、機械的な制御によって第 2 ブレーキ動作を行うことで、風車 100 の回転速度をより確実に低減することができる。また、2 つのブレーキ部をいずれも機械的なブレーキとするのではなく、一方のブレーキ部については、発電機 3 に対する電氣的な制御によってブレーキ力を発生させる構成とすることができるため、構成の簡素化を図ることができる。

[0061] このように、本構成によれば、ブレーキ動作を迅速かつ正確に行い易い風力発電用の風車制御装置 2 を、より簡易に実現することができる。

[0062] 本構成の風車制御装置 2 は、風車 100 の回転速度を検出する回転速度センサ 7（検出部）を備えており、制御部 10 は、所定のブレーキ開始条件の成立に応じて第 1 電気ブレーキ部 21（第 1 ブレーキ部）に第 1 ブレーキ動作を行わせた後、少なくとも回転速度センサ 7（検出部）が検出する回転速度が所定の下限速度  $V_b$  以下となった場合に機械ブレーキ部 22（第 2 ブレーキ部）に第 2 ブレーキ動作を行わせる。

[0063] このように構成された風車制御装置 2 は、ブレーキ開始条件の成立後の初期段階において、発電機 3 に対する電氣的な制御によってブレーキ力を発生

させることができるため、回転力が大きい段階での回転体に対する接触を抑えることができ、衝撃や摩耗を低減することができる。特に、ブレーキ開始条件の成立から風車100の回転速度が所定の下限速度 $V_b$ 以下になるまでの間、急激な制動による衝撃を緩和し、各部品に生じる負担を低減しながら回転速度を抑制することができる。一方で、風車100の回転速度が下限速度 $V_b$ に達した場合には、機械的なブレーキ動作（第2ブレーキ動作）を行うことで、より迅速かつ確実に風車100の回転速度を低減することができる。例えば、図6の例では、時間 $t_1$ でブレーキ条件が成立し、その直後の時間 $t_2$ で第1ブレーキ動作（電気ブレーキ）を開始した後、風車100の回転速度が早く低下して時間 $t_3$ で下限速度 $V_b$ に達した例を示している。このような場合、本構成では、時間 $t_3$ から第2ブレーキ動作（機械ブレーキ）を開始することができ、回転速度が低下した状態で第2ブレーキ動作が開始されるため、ブレーキ時の衝撃等を効果的に抑制することができる。なお、この場合、図6のように、第1ブレーキ動作と第2ブレーキ動作を併用してもよく、第1ブレーキ動作を停止させて第2ブレーキ動作を行ってもよい。第1ブレーキ動作と第2ブレーキ動作を併用する場合、第1ブレーキ動作の開始から所定時間経過した場合には第1ブレーキ動作を解除することが望ましい。

[0064] また、制御部10は、ブレーキ開始条件の成立に応じて第1電気ブレーキ部21（第1ブレーキ部）に第1ブレーキ動作を行わせた後、少なくとも回転速度センサ7（検出部）が検出する回転速度が所定の上限速度 $V_a$ を超えた場合に機械ブレーキ部22（第2ブレーキ部）に第2ブレーキ動作を行わせる。

[0065] このように構成された風車制御装置2は、ブレーキ開始条件の成立後の初期段階では、発電機3に対する電氣的な制御によって第1ブレーキ動作を迅速かつ正確に行うとともに、この第1ブレーキ動作中に回転が加速して回転速度が上限速度 $V_a$ を超える事態が生じた場合には、機械ブレーキ部22（第2ブレーキ部）による機械的な制動によって風車100の回転速度を確実に

に低減することができる。例えば、図7の例では、時間  $t_1$  でブレーキ条件が成立し、その直後の時間  $t_2$  で第1ブレーキ動作（電気ブレーキ）を開始した後、風車100の回転速度が低下せずに時間  $t_4$  で上限速度  $V_a$  に達した例を示している。このような場合、本構成では、時間  $t_4$  から第2ブレーキ動作（機械ブレーキ）を開始することができるため、より強力なブレーキによって回転速度を低下させることができる。なお、この場合、図7のように、第1ブレーキ動作と第2ブレーキ動作を併用してもよく、第1ブレーキ動作を停止させて第2ブレーキ動作を行ってもよい。第1ブレーキ動作と第2ブレーキ動作を併用する場合、第1ブレーキ動作の開始から所定時間経過した場合には第1ブレーキ動作を解除することが望ましい。

[0066] また、制御部10は、ブレーキ開始条件の成立に応じて第1電気ブレーキ部21（第1ブレーキ部）に第1ブレーキ動作を行わせた後、少なくとも一定時間  $T_a$  が経過した場合に第1ブレーキ動作を停止させて機械ブレーキ部22（第2ブレーキ部）に第2ブレーキ動作を行わせる。

[0067] このように構成された風車制御装置2は、ブレーキ開始条件の成立後の初期段階では、発電機3に対する電氣的な制御によって第1ブレーキ動作を迅速かつ正確に行い、一定時間  $T_a$  が経過した場合には第1ブレーキ動作を停止させて電氣的な制御に起因する発熱を抑えつつ、機械ブレーキ部22（第2ブレーキ部）に第2ブレーキ動作を行わせてブレーキを継続することができる。例えば、図8の例では、時間  $t_1$  でブレーキ条件が成立し、その直後の時間  $t_2$  で第1ブレーキ動作（電気ブレーキ）を開始した後、風車100の回転速度が上限速度  $V_a$  や下限速度  $V_b$  に達することなく一定時間  $T_a$  が経過した例を示している。このような場合、本構成では、時間  $t_5$  から第2ブレーキ動作（機械ブレーキ）に切り替えることができるため、電気ブレーキが継続しすぎることを回避することができ、電気ブレーキに起因する発熱の増大を抑えることができる。

[0068] <他の実施例>

本発明は上記記述及び図面によって説明した実施例に限定されるものでは

なく、例えば次のような実施例も本発明の技術的範囲に含まれる。

(1) 実施例1は、風車100として垂直軸型風車を例示したが、水平軸型風車であってもよい。発電機3の回転子に対して直接又は間接的に駆動力を与え得る風車であれば、公知のあらゆる種類の風車に適用することができる。

(2) 実施例1では、図3において機械ブレーキ部22(第2ブレーキ部)の一例を示したが、第2ブレーキ部は、風車100に対して機械的な接触によってブレーキ力を与え得る構成であればよく、回転体に対してブレーキ力を与える機能を備えた公知の様々な機械ブレーキを用いることができる。例えば、特開2011-256723号公報で開示されるような機械式ブレーキを用いてもよい。また、風車100及びこれに連動する部材に対する機械ブレーキ部22の接触部位は、実施例1の被作用部106の位置に限定されない。例えば、機械ブレーキ部22の接触部材(アクチュエータによって駆動される部材)は、風車100と連動する連動部材(例えば、歯車伝動などによって風車100と連動する部材)を被作用部とし、この連動部材(被作用部)に接触部材を接触させつつブレーキ力を生じさせるように第2ブレーキ動作を行う構成であってもよい。

(3) 実施例1では、図4において第1電気ブレーキ部21(第1ブレーキ部)の一例を示したが、第1ブレーキ部は、電氣的な制御によって発電機の回転にブレーキ力を生じさせ得る構成であれば、公知の様々な電気ブレーキを用いることができる。また、図4の例では、抵抗部R1, R2, R3を用いたが、これらを省略して短絡させるようにしてもよい。

(4) 実施例1では、回転抑制部20による抑制動作の一例として、風車100の回転を完全に停止させる停止動作を例示したが、完全に停止せずに非常に遅い速度で回転するような状態で回転を抑制してもよい。

## 符号の説明

- [0069]    1…風力発電システム  
          2…風車制御装置

3…発電機

9…風速センサ

10…制御部（時間計測部）

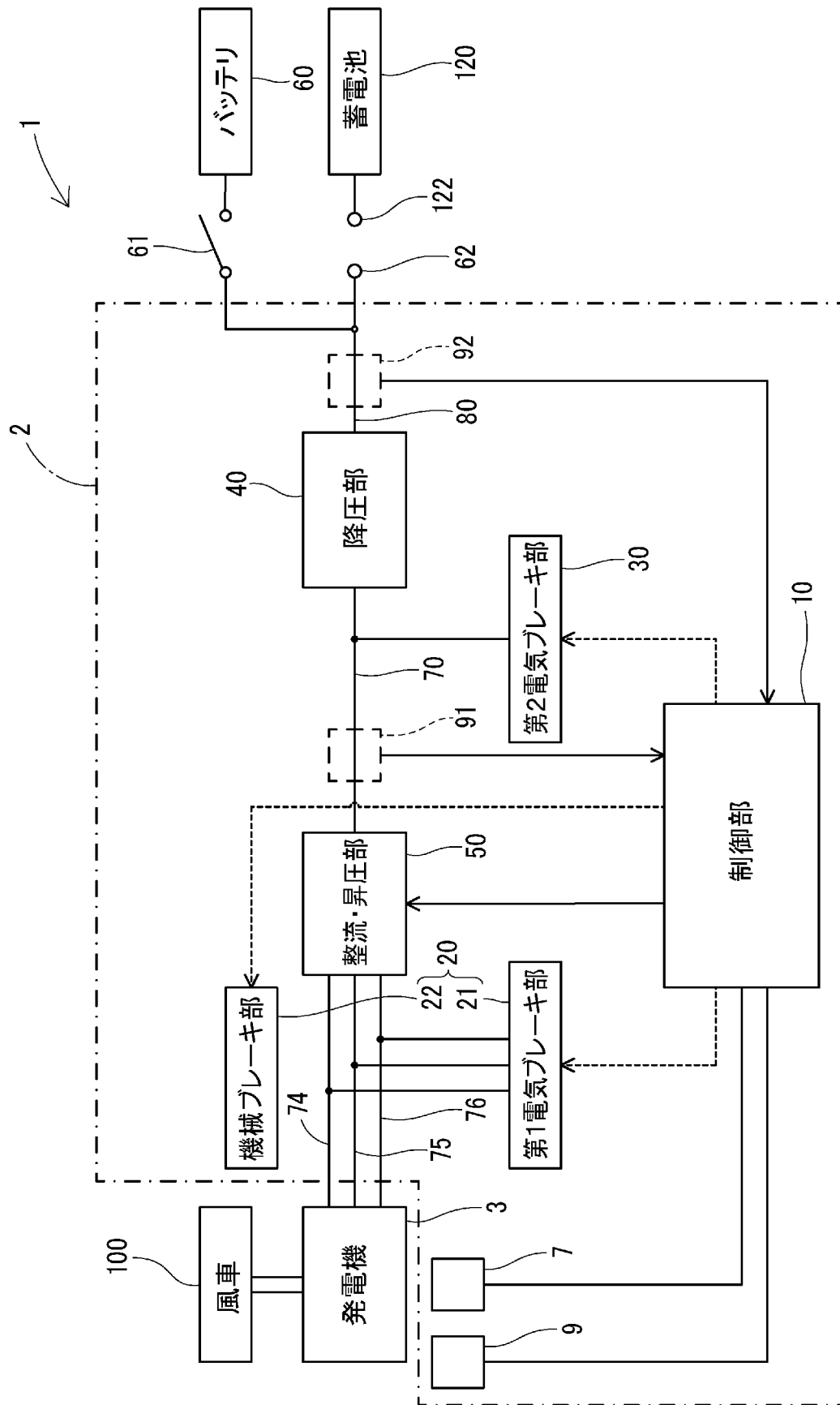
20…回転抑制部

100…風車

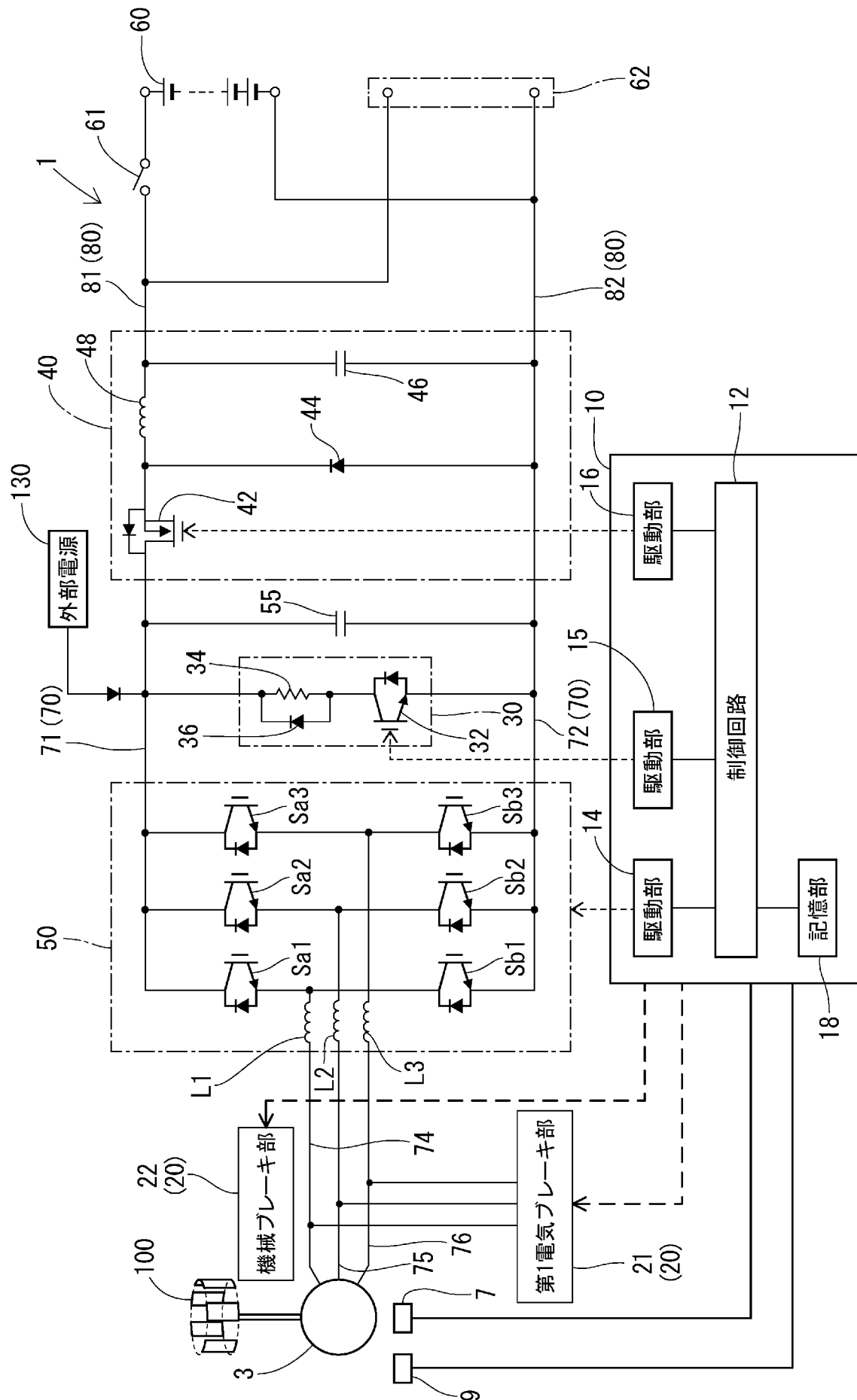
## 請求の範囲

- [請求項1] 風車の回転力を変換して電力を生じさせる発電機と、風速を計測する風速センサとを備えた風力発電システムにおいて前記風車を制御する風車制御装置であって、
- 前記風車の回転を抑制する抑制動作と、前記抑制動作の解除とを行う回転抑制部と、
- 前記風速センサで計測される風速が第1 閾値に達した場合には前記回転抑制部に前記抑制動作を開始させ、前記抑制動作の開始後、前記風速センサで計測される風速が一定時間を超えて第2 閾値以下で継続した場合には前記回転抑制部に前記抑制動作を解除させる制御部と、を有する風車制御装置。
- [請求項2] 前記回転抑制部は、前記抑制動作として少なくとも前記風車の回転を強制的に停止させる停止動作を行う構成であり、
- 前記制御部は、前記風速センサで計測される風速が前記第1 閾値に達した場合には前記回転抑制部に前記停止動作を行わせ、前記停止動作の開始後、前記風速センサで計測される風速が前記一定時間を超えて前記第2 閾値以下で継続した場合には前記回転抑制部に前記停止動作を解除させる請求項1 に記載の風車制御装置。
- [請求項3] 前記制御部は、前記抑制動作が開始したことに応じて時間計測を開始し、時間計測中に前記風速センサで計測される風速が前記第2 閾値を超えた場合に、計測中の時間をリセットして時間計測をやり直す時間計測部を有し、前記抑制動作の開始後、前記時間計測部による計測時間が前記一定時間を超えた場合に前記回転抑制部に対して前記抑制動作を解除させる制御を行う請求項1 又は請求項2 に記載の風車制御装置。

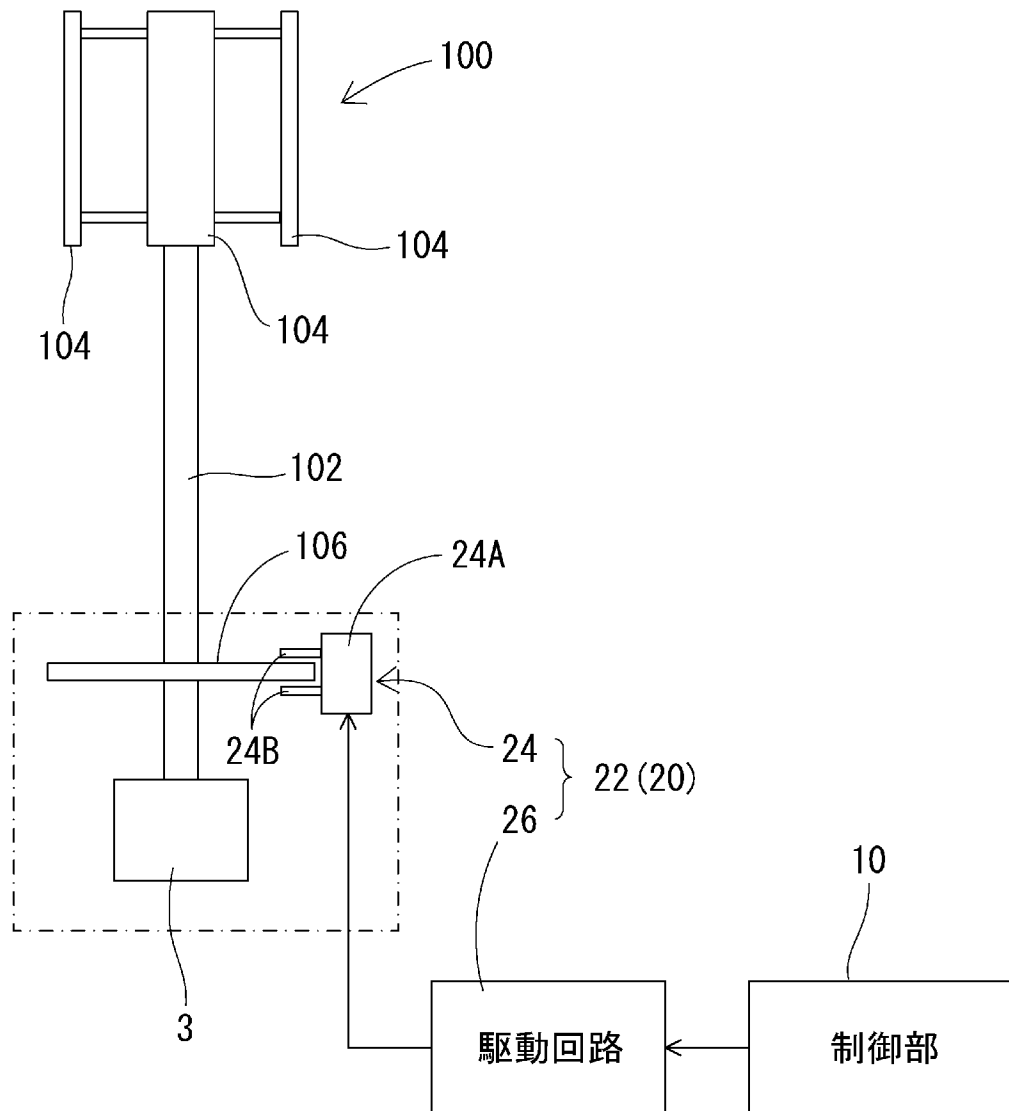
[図1]



[図2]

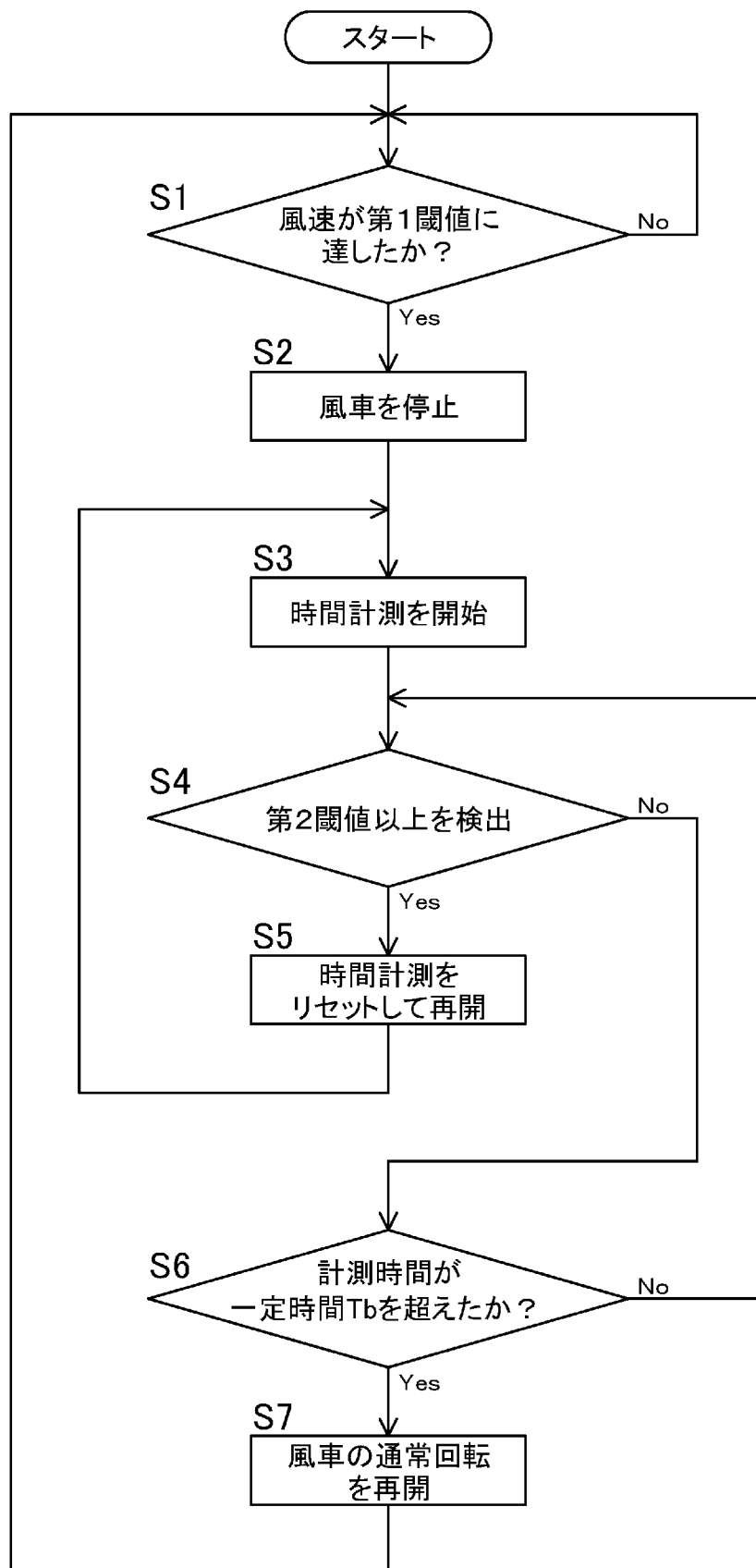


[図3]

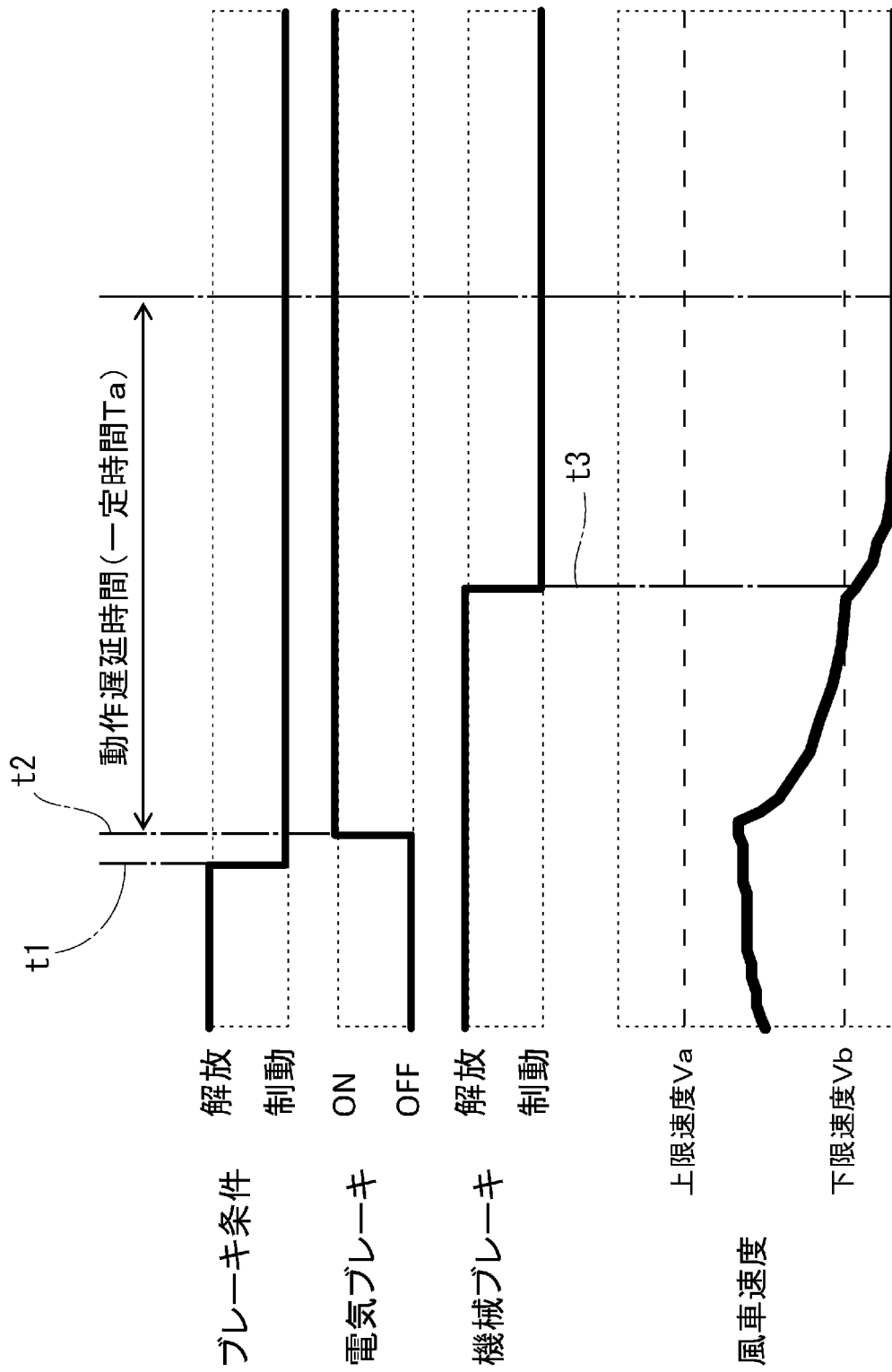




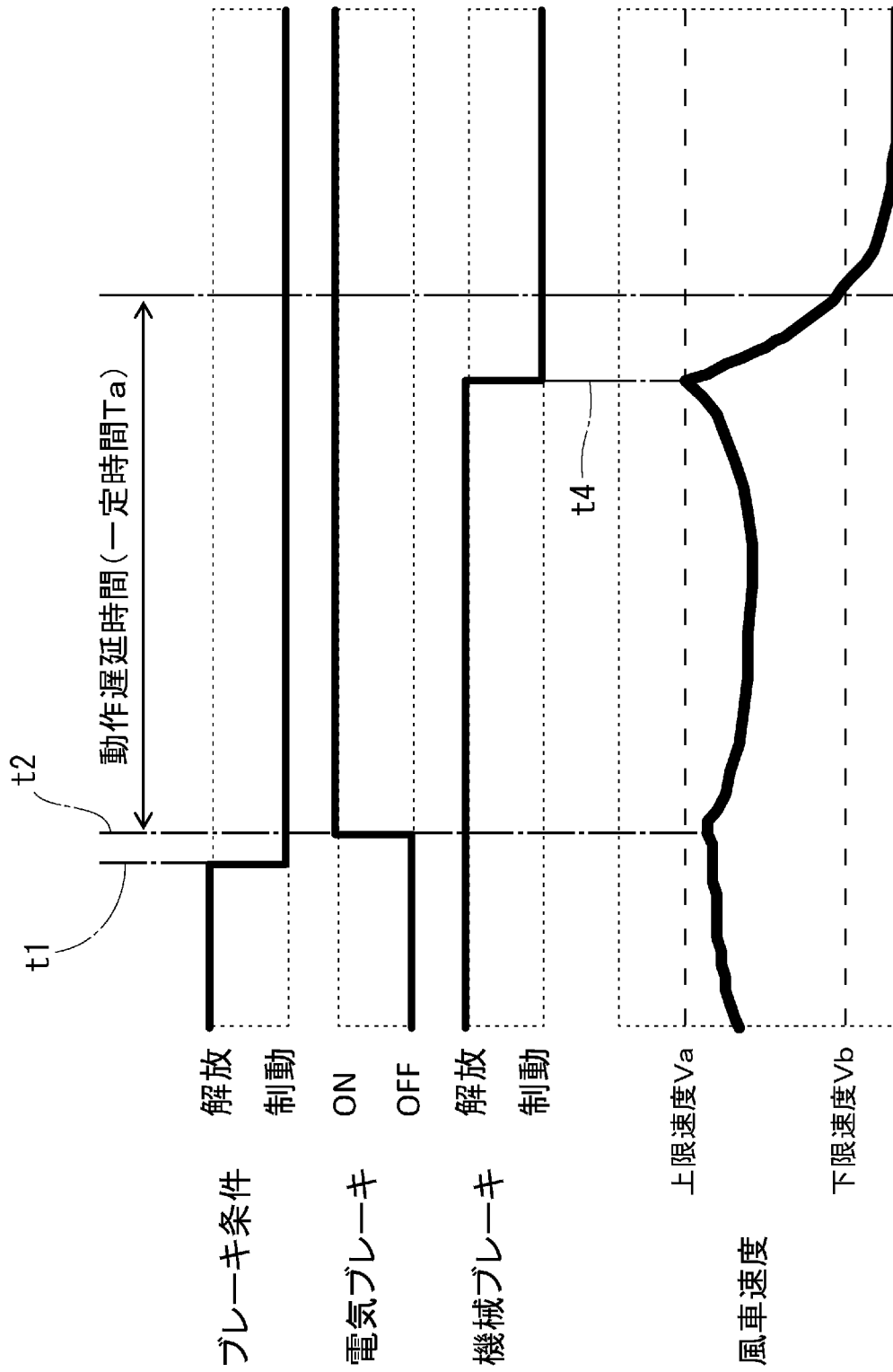
[図5]



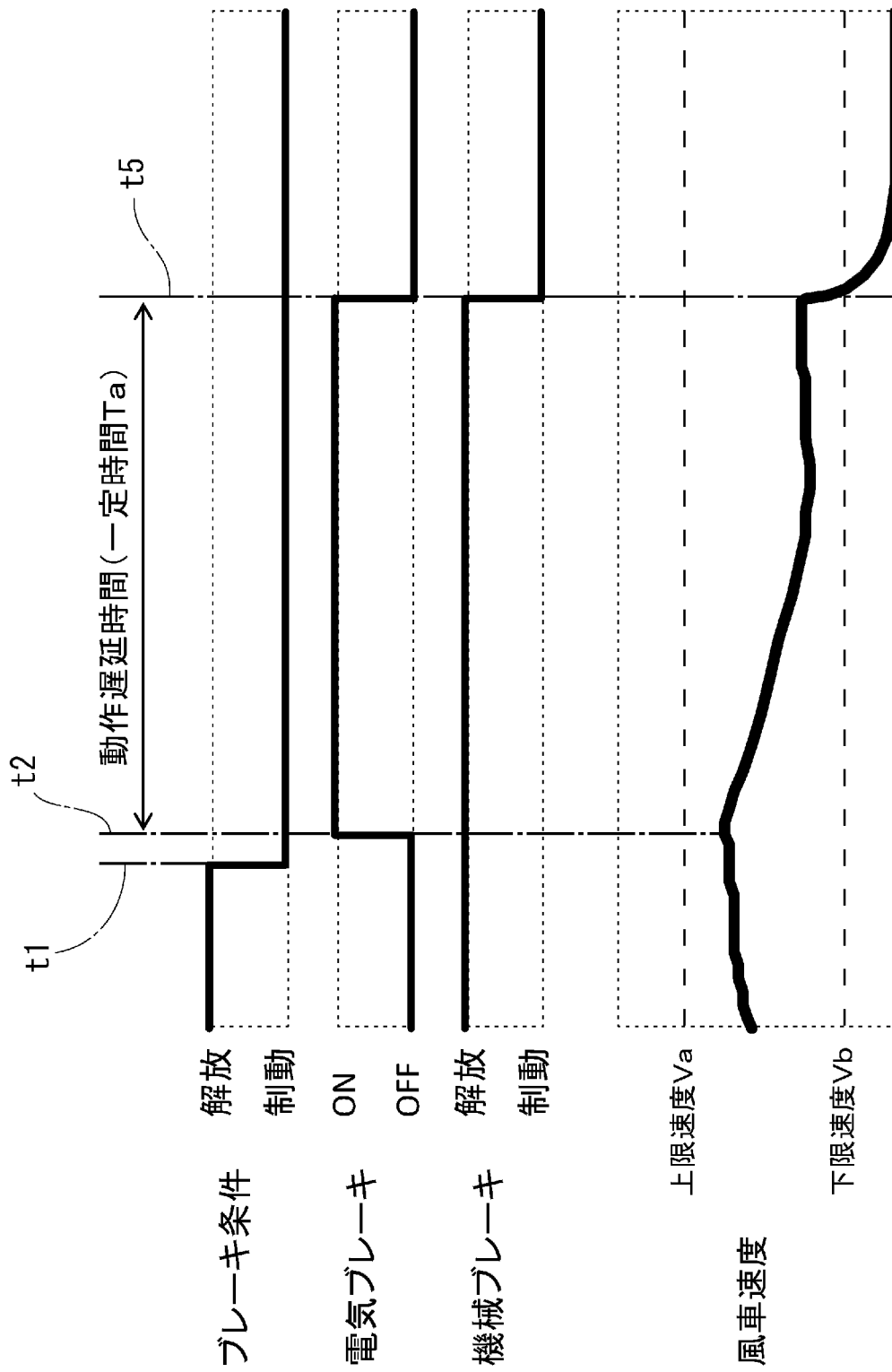
[図6]



[図7]



[図8]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/036956

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. F03D7/04 (2006.01) i, F03D7/06 (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. F03D7/04, F03D7/06

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 | 1971-2017 |
| Registered utility model specifications of Japan         | 1996-2017 |
| Published registered utility model applications of Japan | 1994-2017 |

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         | JP 2014-202190 A (RIAM-COMPACT CO., LTD.) 27 October 2014, paragraphs [0053]-[0055], [0062], fig. 8 (Family: none)    | 1-3                   |
| Y         | JP 2004-301116 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 28 October 2004, paragraph [0048] & US 2004/0183307 A1, paragraph [0069] | 1-3                   |

☐ 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  
19 December 2017 (19.12.2017)

Date of mailing of the international search report  
09 January 2018 (09.01.2018)

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

Authorized officer

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F03D7/04(2006.01)i, F03D7/06(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. F03D7/04, F03D7/06

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 | 1971-2017年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2017年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2017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<br>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<br>請求項の番号 |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Y               | JP 2014-202190 A（株式会社リアムコンパクト）<br>2014. 10. 27, 段落[0053]-[0055], [0062], 図 8<br>(ファミリーなし) | 1-3            |
| Y               | JP 2004-301116 A（三菱電機株式会社）<br>2004. 10. 28, 段落[0048]<br>& US 2004/0183307 A1, 段落[0069]    | 1-3            |

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                                | 「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     |
| 「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                        | 「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                     |
| 「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） | 「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 |
| 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献                                     | 「&」 同一パテントファミリー文献                                                   |
| 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願                                  |                                                                     |

国際調査を完了した日

19. 12. 2017

国際調査報告の発送日

09. 01. 2018

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）

富永 達朗

30

6209

電話番号 03-3581-1101 内線 3358