

(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2008-199783

(P2008-199783A)

(43) 公開日 平成20年8月28日(2008.8.28)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)	
<b>HO2P</b>	<b>9/00</b>	<b>(2006.01)</b>	HO2P	9/00	F	3H078	
<b>FO3D</b>	<b>7/04</b>	<b>(2006.01)</b>	FO3D	7/04	Z	5H560	
<b>HO2K</b>	<b>7/18</b>	<b>(2006.01)</b>	HO2K	7/18	A	5H590	
<b>HO2P</b>	<b>6/20</b>	<b>(2006.01)</b>	HO2P	6/02	371K	5H607	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2007-32146 (P2007-32146)  
 (22) 出願日 平成19年2月13日 (2007.2.13)

(71) 出願人 000002369  
 セイコーエプソン株式会社  
 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号  
 (74) 代理人 110000028  
 特許業務法人明成国際特許事務所  
 (72) 発明者 竹内 啓佐敏  
 長野県諏訪市大和三丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内  
 Fターム(参考) 3H078 AA02 AA26 BB02 CC22 CC52  
 CC73  
 5H560 BB04 BB12 DA02 DB20 DC20  
 EB01 JJ07 JJ19 RR07 SS02  
 TT15 XA12

最終頁に続く

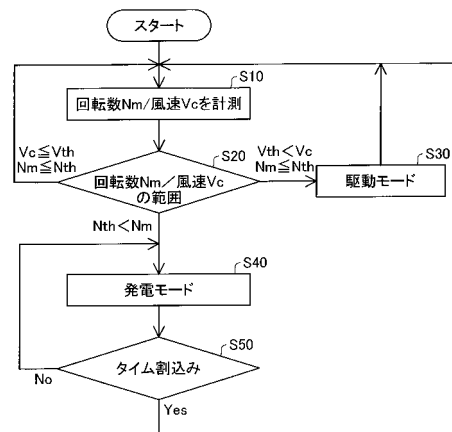
(54) 【発明の名称】 流体力を利用した発電装置

(57) 【要約】

【課題】 流体力が小さい場合にも発電を開始することのできる技術を提供する。

【解決手段】 発電装置(1000)は、流体から流体力を受けて回転する羽根(1200)と、発電電動機(100)と、流速測定部(1130)と、回転数測定部と、制御部(200)と、を備える。制御部(200)は、発電電動機の始動時において、流速と回転数とのうちの少なくとも一方が所定の低い範囲にある場合に、発電電動機を電動機として動作させて羽根の回転数を増加させた後に、発電電動機を発電機として動作させる。

【選択図】 図13



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

流体力を利用した発電装置であって、  
 流体から流体力を受けて回転する羽根と、  
 前記羽根に機械的に連結され、発電装置及び電動機として動作する発電電動機と、  
 前記流体の流速を測定する流速測定部と、前記発電装置の回転数を測定する回転数測定部と、のうちの少なくとも一方と、  
 前記流速測定部で測定された流速と前記回転数測定部で測定された回転数とのうちの少なくとも一方に基づいて前記発電電動機を制御する制御部と、  
 を備え、

10

前記制御部は、前記発電電動機の始動時において、前記流速と前記回転数とのうちの少なくとも一方が所定の低い範囲にある場合に、前記発電電動機を電動機として動作させて前記羽根の回転数を増加させた後に、前記発電電動機を発電機として動作させることを特徴とする発電装置。

## 【請求項 2】

請求項 1 記載の発電装置であって、  
 前記制御部は、前記発電電動機の始動時において、  
 ( i ) 前記回転数が所定の回転数閾値を超える場合には、前記発電電動機を発電装置として動作させ、  
 ( i i ) 前記回転数が前記回転数閾値以下で、かつ、前記流速が所定の流速閾値以下の場合には、前記発電電動機を始動させずに待機させ、  
 ( i i i ) 前記回転数が前記回転数閾値以下で、かつ、前記流速が前記流速閾値を超える場合には、前記発電電動機を電動機として動作させて前記羽根の回転数を増加させた後に、前記発電電動機を発電機として動作させる、  
 発電装置。

20

## 【請求項 3】

請求項 1 記載の発電装置であって、  
 前記制御部は、前記発電電動機の始動時において、  
 ( i ) 前記流速が第 1 の流速閾値以下の場合には、前記発電電動機を始動させずに待機し、  
 ( i i ) 前記流速が前記第 1 の流速閾値よりも大きい第 2 の流速閾値を超える場合には、前記発電電動機を発電装置として動作させ、  
 ( i i i ) 前記流速が前記第 1 と第 2 の流速閾値の間にある場合には、前記発電電動機を電動機として動作させて前記羽根の回転数を増加させた後に、前記発電電動機を発電機として動作させる、  
 発電装置。

30

## 【請求項 4】

請求項 1 記載の発電装置であって、  
 前記制御部は、前記発電電動機の始動時において、  
 ( i ) 前記回転数が第 1 の回転数閾値以下の場合には、前記発電電動機を始動させずに待機し、  
 ( i i ) 前記回転数が前記第 1 の回転数閾値よりも大きい第 2 の回転数閾値を超える場合には、前記発電電動機を発電装置として動作させ、  
 ( i i i ) 前記回転数が前記第 1 と第 2 の回転数閾値の間にある場合には、前記発電電動機を電動機として動作させて前記羽根の回転数を増加させた後に、前記発電電動機を発電機として動作させる、  
 発電装置。

40

## 【請求項 5】

請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の発電装置であって、さらに、  
 前記羽根と前記発電電動機との間に設けられて前記羽根と前記発電電動機とを機械的に

50

連結し、前記羽根の回転数よりも前記発電電動機の回転数を高くする変速機を備える、発電装置。

【請求項 6】

流体から流体力を受けて回転する羽根と、前記羽根に機械的に連結されて発電装置及び電動機として動作する発電電動機とを備えた発電装置の制御方法であって、

前記発電電動機の始動時において、前記流体の流速と前記発電装置の回転数とのうちの少なくとも一方が所定の低い範囲にある場合に、前記発電電動機を電動機として動作させて前記羽根の回転数を増加させた後に、前記発電電動機を発電機として動作させることを特徴とする制御方法。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

この発明は、流体力を利用した発電装置の制御技術に関する。

【背景技術】

【0002】

流体力を利用した発電装置は、例えばブラシレスモータ構造を利用して実現することが可能である。ブラシレスモータとしては、例えば下記の特許文献 1 に記載されたものが知られている。

【0003】

【特許文献 1】特開 2001 - 298982 号公報

20

【0004】

流体力を利用した発電装置としては、例えば、風力発電装置がある。風力発電装置では、発電電動機が羽根の回転を受けて回転し、この回転に応じて発電を行う。しかし、羽根と発電電動機との間の機械的な連結にはかなり大きな機械的損失がある。また、発電電動機にもかなり大きな鉄損がある。これらの損失のため、微風状態では発電電動機が回転を始めることができず、発電を行えないという問題があった。

【0005】

このような問題は、風力発電装置に限らず、一般に流体力を利用した発電装置に共通する問題点であった。

【発明の開示】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明は、流体力が小さい場合にも発電を開始することのできる技術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】

【0007】

本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の形態又は適用例として実現することが可能である。

【0008】

[形態 1] 流体力を利用した発電装置であって、

40

流体から流体力を受けて回転する羽根と、

前記羽根に機械的に連結され、発電装置及び電動機として動作する発電電動機と、

前記流体の流速を測定する流速測定部と、前記発電装置の回転数を測定する回転数測定部と、のうちの少なくとも一方と、

前記流速測定部で測定された流速と前記回転数測定部で測定された回転数とのうちの少なくとも一方に基づいて前記発電電動機を制御する制御部と、を備え、

前記制御部は、前記発電電動機の始動時において、前記流速と前記回転数とのうちの少なくとも一方が所定の低い範囲にある場合に、前記発電電動機を電動機として動作させて前記羽根の回転数を増加させた後に、前記発電電動機を発電機として動作させることを特

50

徴とする発電装置。

【0009】

この形態によれば、流速と前記回転数とのうちの少なくとも一方が所定の低い範囲にある場合に、発電電動機を電動機として動作させて羽根の回転数を増加させた後に発電機として動作させるので、流体力が小さいためにそのままでは発電を開始できない場合にも、発電を開始することが可能となる。

【0010】

[形態2] 形態1記載の発電装置であって、

前記制御部は、前記発電電動機の始動時において、

(i) 前記回転数が所定の回転数閾値を超える場合には、前記発電電動機を発電装置として動作させ、

(ii) 前記回転数が前記回転数閾値以下で、かつ、前記流速が所定の流速閾値以下の場合には、前記発電電動機を始動させずに待機させ、

(iii) 前記回転数が前記回転数閾値以下で、かつ、前記流速が前記流速閾値を超える場合には、前記発電電動機を電動機として動作させて前記羽根の回転数を増加させた後に、前記発電電動機を発電機として動作させる、  
発電装置。

10

【0011】

この形態によれば、測定された回転数の範囲に応じて、直ちに発電を行うモードと、発電を行わない待機するモードと、電動機で羽根を回転させた後に発電を行うモードと、の3つの適切な制御モードを選択することができる。

20

【0012】

[形態3] 形態1記載の発電装置であって、

前記制御部は、前記発電電動機の始動時において、

(i) 前記流速が第1の流速閾値以下の場合には、前記発電電動機を始動させずに待機し、

(ii) 前記流速が前記第1の流速閾値よりも大きい第2の流速閾値を超える場合には、前記発電電動機を発電装置として動作させ、

(iii) 前記流速が前記第1と第2の流速閾値の間にある場合には、前記発電電動機を電動機として動作させて前記羽根の回転数を増加させた後に、前記発電電動機を発電機として動作させる、  
発電装置。

30

【0013】

この形態によれば、測定された流速の範囲に応じて、直ちに発電を行うモードと、発電を行わない待機するモードと、電動機で羽根を回転させた後に発電を行うモードと、の3つの適切な制御モードを選択することができる。

【0014】

[形態4] 形態1記載の発電装置であって、

前記制御部は、前記発電電動機の始動時において、

(i) 前記回転数が第1の回転数閾値以下の場合には、前記発電電動機を始動させずに待機し、

(ii) 前記回転数が前記第1の回転数閾値よりも大きい第2の回転数閾値を超える場合には、前記発電電動機を発電装置として動作させ、

(iii) 前記回転数が前記第1と第2の回転数閾値の間にある場合には、前記発電電動機を電動機として動作させて前記羽根の回転数を増加させた後に、前記発電電動機を発電機として動作させる、  
発電装置。

40

【0015】

この形態によれば、測定された流速と回転数の範囲に応じて、直ちに発電を行うモードと、発電を行わない待機するモードと、電動機で羽根を回転させた後に発電を行うモード

50

と、の3つの適切な制御モードを選択することができる。

【0016】

[形態5] 形態1ないし4のいずれかに記載の発電装置であって、さらに、前記羽根と前記発電電動機との間に設けられて前記羽根と前記発電電動機とを機械的に連結し、前記羽根の回転数よりも前記発電電動機の回転数を高くする変速機を備える、発電装置。

【0017】

この形態では、変速機における機械的損失が大きく、特に静止時には静止摩擦等による回転が抑止されるので、電動機で羽根を回転させた後に発電を行うモードを利用する効果が特に顕著である。

【0018】

[形態6] 流体から流体力を受けて回転する羽根と、前記羽根に機械的に連結されて発電装置及び電動機として動作する発電電動機とを備えた発電装置の制御方法であって、前記発電電動機の始動時において、前記流体の流速と前記発電装置の回転数とのうちの少なくとも一方が所定の低い範囲にある場合に、前記発電電動機を電動機として動作させて前記羽根の回転数を増加させた後に、前記発電電動機を発電機として動作させることを特徴とする制御方法。

【0019】

なお、本発明は、種々の形態で実現することが可能であり、例えば、発電装置及びその制御方法等の形態で実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

次に、本発明の実施の形態を以下の順序で説明する。

A. 発電装置の装置構成と動作の概要：

B. 制御方法の各種実施例：

C. 変形例：

【0021】

A. 発電装置の構成と動作の概要：

図1は、本発明の一実施例としての風力発電装置の全体構成を示す概念図である。この風力発電装置1000は、羽根1200と、本体部1100とを備えている。本体部1100は、モータ本体100と、モータ本体100を制御する制御回路200と、を有している。モータ本体100の軸112は、変速機1120を介して羽根1200の軸121と機械的に連結されている。この変速機1120は、羽根1200の回転数よりもモータ本体100の回転数を高くするための機構である。本体部1100は、さらに、風速を測定するための風速計1130を有している。

【0022】

図2(A)～(C)は、モータ本体100の構成を示す断面図である。このモータ本体100は、ブラシレスモータとして構成されており、電動機としての機能と、発電機としての機能の両方を有する発電電動機である。なお、この発電電動機としては、駆動/発電の両効率に優れている電動ブラシレスモータが好ましく、また、その構造としては、鉄損失(コギング、渦電流)が無いに等しい構造が好ましい。

【0023】

このモータ本体100は、外形がそれぞれ略円盤状のステータ部10及びロータ部30を有している。ステータ部10(図2(C))には、回路基板120上に3相を構成する3組の電磁コイル11～13と、各相用の3つの磁気センサ40A～40Cとが設けられている。以下では、3組の電磁コイル11～13を「A相コイル11」、「B相コイル12」、「C相コイル13」と呼ぶ。また、磁気センサ40A～40Cを「A相センサ40A」、「B相センサ40B」、「C相センサ40C」と呼ぶ。

【0024】

ロータ部30(図2(B))には、4つの磁石32が設けられており、ロータ部30の

10

20

30

40

50

中心軸が回転軸 1 1 2 を構成している。これらの磁石 3 2 の磁化方向は図 2 ( B ) において紙面と垂直な方向であり、これは図 2 ( A ) における上下方向に相当する。

【 0 0 2 5 】

図 3 ( A ) ~ ( D ) は、モータの動作時における磁石列とコイル列の位置関係を示す説明図である。図 3 ( A ) に示すように、磁石 3 2 は一定の磁極ピッチ  $P_m$  で配置されており、隣接する磁石同士が逆方向に磁化されている。また、1つの相のコイル群を構成する2つコイルは、一定のピッチ  $P_c$  で配置されており、常に同じ方向に励磁される。隣接する相のコイル同士は、同相コイル間のピッチ  $P_c$  の  $1/3$  だけ離れている。同相コイル間のピッチ  $P_c$  は、磁極ピッチ  $P_m$  の2倍に等しい。磁極ピッチ  $P_m$  は、電気角  $\theta_e$  に相当する。なお、電気角の  $2\theta_e$  は、駆動信号の位相が  $2\theta_e$  だけ変化したときに移動する機械的な角度又は距離に対応づけられる。本実施例では、駆動信号の位相が  $2\theta_e$  だけ変化すると、ロータ部 3 0 が磁極ピッチ  $P_m$  の2倍だけ移動する。

10

【 0 0 2 6 】

図 3 ( A ) は、位相が  $0$  又は  $2\theta_e$  における状態を示している。また、図 3 ( B ) ~ ( D ) は、位相が  $\theta_e/2$ ,  $\theta_e$ ,  $3\theta_e/2$  の時点の状態をそれぞれ示している。なお、図 3 ( A ), ( C ) で A 相コイル 1 1 のハッチングが省略されているのは、これらのタイミングで A 相コイル 1 1 の駆動信号の極性が反転する (すなわち励磁方向が反転する) からである。

【 0 0 2 7 】

図 4 は、モータの正転時のセンサ出力と駆動信号の例を示す説明図である。図 4 ( A ) は、各相のセンサ出力  $S S A \sim S S C$  を示している。なお、センサ 4 0 A ~ 4 0 C としては、アナログ出力を有するホール IC センサを利用することができる。3つのセンサ出力  $S S A$ ,  $S S B$ ,  $S S C$  は、位相が順次  $2\theta_e/3$  ずつずれたきれいな3相信号を構成している。

20

【 0 0 2 8 】

図 4 ( B ) は、これらの3相のセンサ出力  $S S A \sim S S C$  を利用した PWM 制御でそれぞれ生成される3相の駆動信号の例を示している。A 相の駆動信号  $D R V A 1$ ,  $D R V A 2$  は、A 相センサ出力  $S S A$  と相似形状の実効電圧を有する。なお、A 相の第1の駆動信号  $D R V A 1$  は、センサ出力  $S S A$  が正のときにのみパルスが発生する信号であり、第2の駆動信号  $D R V A 2$  はセンサ出力  $S S A$  が正のときにのみパルスが発生する信号であるが、図 4 ( B ) ではこれらを合わせて記載している。また、便宜上、第2の駆動信号  $D R V A 2$  を負側のパルスとして描いている。他の相も同様である。

30

【 0 0 2 9 】

図 5 は、制御回路 2 0 0 の構成を示すブロック図である。制御回路 2 0 0 は、駆動 / 発電切替回路 3 0 0 と、制御信号生成回路 5 0 0 と、回転数決定部 6 0 0 と、CPU 7 0 0 とを備えている。駆動 / 発電切替回路 3 0 0 は、ドライバ回路 3 1 0 と、整流回路 3 2 0 と、スイッチ回路 3 3 0 と、蓄電部 3 4 0 と、を有している。ドライバ回路 3 1 0 は、モータ本体 1 0 0 のコイル 1 1 ~ 1 3 を駆動するための Hブリッジ回路である。なお、各ドライバ回路の High 側 (電源に近い側) のトランジスタの制御端子の前にはレベルシフト回路を設けることが好ましいが、ここでは図示を省略している。整流回路 3 2 0 は、モータ本体 1 0 0 が発電機として機能する際に、モータ本体 1 0 0 から供給される回生電流を整流するための回路である。スイッチ回路 3 3 0 は、整流回路 3 2 0 で整流された電流を蓄電部 3 4 0 に供給するか否か、すなわち、回生 / 蓄電動作を行うか否かを切り換えるためのものである。制御信号生成回路 5 0 0 は、モータ本体 1 0 0 を駆動するための駆動信号  $D R V A 1$ ,  $D R V A 2$  と、スイッチ回路 3 3 0 に供給する切替信号  $E_{arec}$  とを生成する。なお、図 5 では、図示の便宜上、A 相の信号のみを示しているが、他の相の信号も同様に生成される。

40

【 0 0 3 0 】

回転数決定部 6 0 0 は、モータ本体 1 0 0 の位置センサ 4 0 A の出力  $S S A$  に基づいて、モータ本体 1 0 0 の回転数  $N_m$  を決定する。なお、他のセンサ (例えばエンコーダ) の

50

信号に基づいて回転数を決定することも可能である。CPU700は、この回転数Nmと、流速計1130から与えられる流速Vcとに基づき、制御信号生成回路500に指令を与えることによって駆動モードと発電モードの切り換えを実行する。この切り換え方法についてはさらに後述する。CPU700は、さらに、制御回路200内の各種のレジスタに値を設定したり、制御回路200内の他の回路要素に指令値を指示したりする機能を有している。

#### 【0031】

図6は、ドライバ回路310とコイル11～13と整流回路320とスイッチ回路330の構成を示している。なお、ドライバ回路310と整流回路320とスイッチ回路330の符号の末尾には、A相、B相、C相を区別するための符号A、B、Cが付与されている。各相の回路は同じ構成を有しているので、以下では主にA相の構成と動作のみを説明する。

10

#### 【0032】

ドライバ回路310Aは、H型ブリッジ回路を構成しており、駆動信号DRVA1、DRVA2に応じてA相コイル11を駆動する。整流回路320Aは、コイル11とスイッチ回路330Aとの間に設けられている。スイッチ回路330Aは、蓄電部340と接続されている。スイッチ回路330Aの各トランジスタには、切替信号Earecが供給されている。モータ本体100が発電機として機能する場合には、切替信号EarecがHレベルとなってスイッチ回路330Aが接続状態となり、整流回路320Aで整流された回生電流が蓄電部340に供給されて蓄電される。一方、モータ本体100が電動機として機能する場合には、切替信号EarecがLレベルとなってスイッチ回路330Aが非接続状態となり、モータ本体100が駆動信号DRVA1、DRVA2に応じて回転する。

20

#### 【0033】

図7は、制御信号回路500(図5)の内部構成と動作を示す説明図である。なお、ここでも図示の便宜上、A相の信号のみを示しているが、他の相の信号も同様に生成される。

#### 【0034】

制御信号生成回路500は、基本クロック生成回路510と、1/N分周器520と、PWM部530と、正逆方向指示値レジスタ540と、乗算器550と、符号化部560と、電圧指令値レジスタ580と、励磁区間設定部590とを備えている。

30

#### 【0035】

基本クロック生成回路510は、所定の周波数を有するクロック信号PCLを発生する回路であり、例えばPLL回路で構成される。分周器520は、このクロック信号PCLの1/Nの周波数を有するクロック信号SDCを発生する。Nの値は所定の一定値に設定される。このNの値は、予めCPU700によって分周器520に設定される。PWM部530は、クロック信号PCL、SDCと、乗算器550から供給される乗算値Maと、正逆方向指示値レジスタ540から供給される正逆方向指示値RIと、符号化部560から供給される正負符号信号Paと、励磁区間設定部590から供給される励磁区間信号Eadrvとに応じて、A相駆動信号DRVA1、DRVA2(図4(B))を生成する。この動作については後述する。

40

#### 【0036】

正逆方向指示値レジスタ540内には、モータの回転方向を示す値RIがCPU700によって設定される。本実施例では、正逆方向指示値RIがLレベルのときにモータが正転し、Hレベルのときに逆転する。但し、モータに逆転を行わせる必要が無い場合には、正逆方向指示値レジスタ540は省略可能である。PWM部530に供給される他の信号Ma、Pa、Eadrvは以下のように決定される。

#### 【0037】

磁気センサ40Aの出力SSAは、符号化部560に供給される。符号化部560は、センサ出力SSAのレンジを変換するとともに、センサ出力の中位点の値を0に設定する。この結果、符号化部560で生成されるセンサ出力値Xaは、正側の所定の範囲(例え

50

ば + 1 2 7 ~ 0 ) と負側の所定の範囲 ( 例えば 0 ~ - 1 2 7 ) の値を取る。但し、符号化部 5 6 0 から乗算器 5 5 0 に供給されるのは、センサ出力値  $X_a$  の絶対値であり、その正負符号は正負符号信号  $P_a$  として P W M 部 5 3 0 に供給される。

【 0 0 3 8 】

電圧指令値レジスタ 5 8 0 は、C P U 7 0 0 によって設定された電圧指令値  $Y_a$  を格納する。この電圧指令値  $Y_a$  は、後述する励磁区間信号  $E_{adv}$  とともに、モータの印加電圧を設定する値として機能するものであり、例えば 0 ~ 1 . 0 の値を取る。仮に、非励磁区間を設けずに全区間を励磁区間とするように励磁区間信号  $E_{adv}$  を設定した場合には、 $Y_a = 0$  は印加電圧をゼロとすることを意味し、 $Y_a = 1 . 0$  は印加電圧を最大値とすることを意味する。乗算器 5 5 0 は、符号化部 5 6 0 から出力されたセンサ出力値  $X_a$  と、電

10

【 0 0 3 9 】

図 7 ( B ) ~ ( E ) は、乗算値  $M_a$  が種々の値を取る場合における P W M 部 5 3 0 の動作を示している。ここでは、全期間が励磁区間であり非励磁区間が無いものと仮定している。P W M 部 5 3 0 は、クロック信号  $S D C$  の 1 周期の間に、デューティが  $M_a / N$  であるパルスを生じさせる回路である。すなわち、図 7 ( B ) ~ ( E ) に示すように、乗算値  $M_a$  が増加するに従って、A 相駆動信号  $D R V A 1$  ,  $D R V A 2$  のパルスのデューティが増加する。なお、第 1 の駆動信号  $D R V A 1$  は、センサ出力  $S S A$  が正のときにのみパルスを生じさせる信号であり、第 2 の駆動信号  $D R V A 2$  はセンサ出力  $S S A$  が正のときにのみパルスを生じさせる信号であるが、図 7 ( B ) ~ ( E ) ではこれらを合わせて記載し

20

【 0 0 4 0 】

図 8 ( A ) ~ ( C ) は、センサ出力の波形と P W M 部 5 3 0 で生成される駆動信号の波形の対応関係を示す説明図である。図中、「 $H i z$ 」は電磁コイルを未励磁状態としたハイインピーダンス状態を意味している。図 7 で説明したように、A 相駆動信号  $D R V A 1$  ,  $D R V A 2$  はセンサ出力  $S S A$  のアナログ波形を利用した P W M 制御によって生成される。従って、これらの A 相駆動信号  $D R V A 1$  ,  $D R V A 2$  を用いて、各コイルに、センサ出力  $S S A$  の変化と対応するレベル変化を示す実効電圧を供給することが可能である。

【 0 0 4 1 】

P W M 部 5 3 0 は、さらに、励磁区間設定部 5 9 0 から供給される励磁区間信号  $E_{adv}$  で示される励磁区間のみ駆動信号を出力し、励磁区間以外の区間 ( 非励磁区間 ) では駆動信号を出力しないように構成されている。図 8 ( C ) は、励磁区間信号  $E_{adv}$  によって励磁区間  $E P$  と非励磁区間  $N E P$  を設定した場合の駆動信号波形を示している。励磁区間  $E P$  では図 8 ( B ) の駆動信号パルスがそのまま発生し、非励磁区間  $N E P$  では駆動信号パルスが発生しない。このように、励磁区間  $E P$  と非励磁区間  $N E P$  を設定するようにすれば、センサ出力の中位点近傍 ( これは逆起電力波形の中位点近傍に相当する ) においてコイルを電圧を印加しないので、モータの効率をさらに向上させることが可能である。なお、励磁区間  $E P$  は、センサ出力波形 ( これは逆起電力波形にほぼ等しい ) のピークを中心とする対称な区間に設定されることが好ましく、非励磁区間  $N E P$  は、センサ出力波形の中位点 ( 中心点 ) を中心とする対称な区間に設定されることが好ましい。

30

40

【 0 0 4 2 】

なお、前述したように、電圧指令値  $Y_a$  を 1 未満の値に設定すれば、乗算値  $M_a$  が電圧指令値  $Y_a$  に比例して小さくなる。従って、電圧指令値  $Y_a$  によっても、実効的な印加電圧を調整することが可能である。

【 0 0 4 3 】

上述の説明から理解できるように、本実施例のモータでは、電圧指令値  $Y_a$  と、励磁区間信号  $E_{adv}$  との両方を利用して印加電圧を調整することが可能である。望ましい印加電圧と、電圧指令値  $Y_a$  及び励磁区間信号  $E_{adv}$  との関係は、予め制御回路 2 0 0 ( 図 5 ) 内のメモリにテーブルとして格納されていることが望ましい。こうすれば、制御回路 2 0 0 が、外部から望ましい印加電圧の目標値を受信したときに、C P U 7 0 0 がその目標値

50

に応じて、電圧指令値  $Y_a$  と、励磁区間信号  $E_{adv}$  の設定値とを制御信号生成回路 500 に設定することが可能である。なお、印加電圧の調整には、電圧指令値  $Y_a$  と、励磁区間信号  $E_{adv}$  の両方を利用する必要はなく、いずれか一方のみを利用するようにしてもよい。

#### 【0044】

図9は、PWM部530(図7)の内部構成の一例を示すブロック図である。PWM部530は、カウンタ531と、EXOR回路533と、駆動波形形成部535とを備えている。これらは以下のように動作する。

#### 【0045】

図10は、モータ正転時のPWM部530の動作を示すタイミングチャートである。この図には、2つのクロック信号  $PC_L$  ,  $SD_C$  と、正逆方向指示値  $RI$  と、励磁区間信号  $E_{adv}$  と、乗算値  $Ma$  と、正負符号信号  $Pa$  と、カウンタ531内のカウント値  $CM_1$  と、カウンタ531の出力  $S_1$  と、EXOR回路533の出力  $S_2$  と、駆動波形形成部535の出力信号  $DRVA_1$  ,  $DRVA_2$  とが示されている。カウンタ531は、クロック信号  $SD_C$  の1期間毎に、クロック信号  $PC_L$  に同期してカウント値  $CM_1$  を0までダウンカウントする動作を繰り返す。カウント値  $CM_1$  の初期値は乗算値  $Ma$  に設定される。なお、図10では、図示の便宜上、乗算値  $Ma$  として負の値も描かれているが、カウンタ531で使用されるのはその絶対値  $|Ma|$  である。カウンタ531の出力  $S_1$  は、カウント値  $CM_1$  が0で無い場合にはHレベルに設定され、カウント値  $CM_1$  が0になるとLレベルに立ち下がる。

#### 【0046】

EXOR回路533は、正負符号信号  $Pa$  と正逆方向指示値  $RI$  との排他的論理和を示す信号  $S_2$  を出力する。モータが正転する場合には、正逆方向指示値  $RI$  がLレベルである。従って、EXOR回路533の出力  $S_2$  は、正負符号信号  $Pa$  と同じ信号となる。駆動波形形成部535は、カウンタ531の出力  $S_1$  と、EXOR回路533の出力  $S_2$  から、駆動信号  $DRVA_1$  ,  $DRVA_2$  を生成する。すなわち、カウンタ531の出力  $S_1$  のうち、EXOR回路533の出力  $S_2$  がLレベルの期間の信号を第1の駆動信号  $DRVA_1$  として出力し、出力  $S_2$  がHレベルの期間の信号を第2の駆動信号  $DRVA_2$  として出力する。なお、図10の右端部付近では、励磁区間信号  $E_{adv}$  がLレベルに立ち下がり、これによって非励磁区間  $NEP$  が設定されている。従って、この非励磁区間  $NEP$  では、いずれの駆動信号  $DRVA_1$  ,  $DRVA_2$  も出力されず、ハイインピーダンス状態に維持される。

#### 【0047】

図11は、励磁区間設定部590の内部構成と動作を示す説明図である。励磁区間設定部590は、電子可変抵抗器592と、電圧比較器594, 596と、OR回路598と、切替スイッチ599とを有している。電子可変抵抗器592の抵抗値  $R_v$  は、CPU700によって設定される。電子可変抵抗器592の両端の電圧  $V_1$  ,  $V_2$  は、電圧比較器594, 596の一方の入力端子に与えられている。電圧比較器594, 596の他方の入力端子には、センサ出力  $SSA$  が供給されている。電圧比較器594, 596の出力信号  $Sp$  ,  $Sn$  は、OR回路598に入力されている。OR回路598の出力  $Ea$  は、切替スイッチ599に供給される。切替スイッチ599は、CPU700から与えられる選択信号  $SEL$  に応じて、OR回路598の出力  $Ea$  を、励磁区間信号  $E_{adv}$  又は切替信号  $E_{arec}$  として出力する。励磁区間信号  $E_{adv}$  は、PWM部530(図7(A))に供給され、図8に示したように励磁区間  $EP$  を規定するために使用される。一方、切替信号  $E_{arec}$  は、スイッチ回路330(図5)に供給され、整流された回生電流を蓄電するために使用される。なお、選択信号  $SEL$  のレベルは、モータの回転数  $N_m$  と流速  $V_c$  とのうちの少なくとも一方に基づいて設定される。この点については後述する。

#### 【0048】

図11(B)は、励磁区間設定部590の動作を示している。電子可変抵抗器592の両端電圧  $V_1$  ,  $V_2$  は、抵抗値  $R_v$  を調整することによって変更される。具体的には、両

10

20

30

40

50

端電圧  $V_1$  ,  $V_2$  は、電圧レンジの中央値 ( $= V_{DD} / 2$ ) からの差分が等しい値に設定される。センサ出力  $SSA$  が第 1 の電圧  $V_1$  よりも高い場合には第 1 の電圧比較器 594 の出力  $Sp$  が H レベルとなり、一方、センサ出力  $SSA$  が第 2 の電圧  $V_2$  よりも低い場合には第 2 の電圧比較器 596 の出力  $Sn$  が H レベルとなる。OR 回路 598 の出力信号  $Ea$  は、これらの出力信号  $Sp$  ,  $Sn$  の論理和を取った信号である。従って、図 11 (B) の下部に示すように、励磁区間信号  $Eadv$  は、励磁区間  $EP$  と非励磁区間  $NEP$  とを示す信号として使用することができる。励磁区間  $EP$  と非励磁区間  $NEP$  の設定は、CPU 700 が可変抵抗値  $Rv$  を調整することによって行なわれる。

#### 【0049】

図 12 は、回生時のセンサ出力と回生電力の例を示す説明図である。図 12 (A) は、各相のセンサ出力  $SSA \sim SSC$  を示しており、また、励磁区間設定部 590 に設定された両端電圧  $V_1$  ,  $V_2$  の値が示されている。図 12 (B) は、これらの両端電圧  $V_1$  ,  $V_2$  の設定に応じて回生される回生電力を示している。これらの 3 相分の回生電力信号を合成したものが、蓄電部 340 (図 6) に供給される。なお、蓄電部 340 としては、2 次電池や大容量キャパシタなどを利用可能である。

10

#### 【0050】

#### B. 制御方法の各種実施例：

図 13 は、制御回路 200 (図 5) による発電装置の制御方法の第 1 実施例を示すフローチャートである。ステップ S10 では、回転数  $Nm$  と風速  $Vc$  とが計測される。ステップ S20 では、回転数  $Nm$  と風速  $Vc$  の範囲が所定の閾値  $Nth$  ,  $Vth$  とそれぞれ比較されて、以下の 3 つの場合に分けて制御が実行される。

20

#### 【0051】

(1-1)  $Nm > Nth$ 、かつ、 $Vc > Vth$  である場合：

この場合には、制御回路 200 はモータ本体 100 を発電機としても電動機としても動作させず、待機する。この理由は、風速  $Vc$  が小さく、モータ本体 100 の回転数  $Nm$  も小さいので、有効な発電を行えない可能性が高いためである。

#### 【0052】

(1-2)  $Nth < Nm$  である場合：

この場合には、風速  $Vc$  の大きさに拘わらず、ステップ S40 の発電モードに直ちに移行し、制御回路 200 がモータ本体 100 を発電機として動作させる。この理由は、モータの回転数  $Nm$  が十分に大きい場合には、有効な発電を行えるからである。なお、この場合に風速  $Vc$  を判定条件に入れていない理由は、モータの回転数  $Nm$  が十分に大きい場合には風速  $Vc$  も十分に大きいのが普通だからである。

30

#### 【0053】

(1-3)  $Nm > Nth$ 、かつ、 $Vth < Vc$  である場合：

この場合には、ステップ S30 の駆動モードに移行し、制御回路 200 がモータ本体 100 を電動機として動作させて羽根 1200 の回転数を増加させ、その後、再度ステップ S10 , S20 を経由してステップ S40 に移行し、モータ本体 100 を発電機として動作させる。このように制御を行う理由は、モータの回転数  $Nm$  がほとんど回転していないが風速  $Vc$  が十分に大きい場合には、発電装置内の静止摩擦等によって羽根 1200 の回転が妨げられていると考えられるからである。従って、この場合には、モータ本体 100 を電動機として用いて羽根 1200 に十分な回転を行わせた後には、有効な発電を行うことが可能となる。なお、ステップ S30 の後に、ステップ S10 , S20 をスキップして直接ステップ S40 に移行してもよい。

40

#### 【0054】

なお、ステップ S20 において、直ちに発電モードに移行するか否かの判定条件として、風速  $Vc$  を含む条件 (例えば、「回転数  $Nm$  と風速  $Vc$  の両方がそれぞれの閾値  $Nth$  ,  $Vth$  を超えているか否か」という条件) を採用してもよい。このとき、例えば、回転数  $Nm$  と風速  $Vc$  の一方がその閾値を超えているが、他方がその閾値を超えていない場合には、上記 (1-3) と同様に、まずモータ本体 100 を電動機として動作させて羽根を回転

50

させた後に、モータ本体 100 を発電機として動作させるようにしてもよい。

【0055】

ステップ S40 において発電が開始されると、ステップ S50 において CPU700 にタイム割り込みが入るまで待機する。そして、タイム割り込みがあった後に、ステップ S10 に戻り、上述の制御を繰り返す。

【0056】

このように、図 13 に示した第 1 実施例の制御方法では、モータの回転数  $N_m$  と風速  $V_c$  との両方に基づいて、待機と、駆動モードと、発電モードとのいずれかを選択するので、有効な発電を行うことが可能である。特に、風速  $V_c$  が風速閾値  $V_{th}$  よりも大きい回転数  $N_m$  が回転数閾値  $N_{th}$  よりも小さい場合には、発電モードに移行する前に駆動モード  
10

【0057】

なお、回転数閾値  $N_{th}$  は、0 としてもよい。例えば、回転数  $N_m$  が 0 でない場合には上記 (1-1) 又は (1-3) の制御を行い、回転数  $N_m$  が 0 に等しい場合には上記 (1-2) の制御を行うようにしてもよい。一方、風速閾値  $V_{th}$  は 0 でない値とすることが好ましい。この理由は、風速閾値  $V_{th}$  を 0 よりも大きな所定の値に設定すれば、上記 (1-3) の制御において有効な発電を行う可能性が高まるからである。なお、これらの閾値  $N_{th}$  ,  $V_{th}$  は経験的又は実験的に決定される。

【0058】

図 14 は、発電装置の制御方法の第 2 実施例を示すフローチャートである。この手順は、制御モードの選択の判定において風速のみを使用し、回転数を使用しない点が図 13 の  
20

【0059】

(2-1)  $V_c = V_{th1}$  である場合：

この場合には、制御回路 200 はモータ本体 100 を発電機としても電動機としても動作させず、待機する。

【0060】

(2-2)  $V_{th2} < V_c$  である場合：

この場合には、ステップ S40 の発電モードに移行し、制御回路 200 がモータ本体 100 を発電機として動作させる。  
30

【0061】

(2-3)  $V_{th1} < V_c < V_{th2}$  である場合：

この場合には、ステップ S30 の駆動モードに移行し、制御回路 200 がモータ本体 100 を電動機として動作させて羽根 1200 の回転数を増加させた後に、ステップ S40  
40

【0062】

この第 2 実施例の制御方法によれば、風速  $V_c$  に応じて有効な発電を行うことが可能である。なお、第 1 の閾値  $V_{th1}$  は、第 2 の閾値  $V_{th2}$  よりも小さく、0 に等しくてもよい。この第 2 実施例では、回転数  $N_m$  を使用しないので、回転数決定部 600 (図 5) は省略可能である。  
40

【0063】

図 15 は、発電装置の制御方法の第 3 実施例を示すフローチャートである。この手順は、制御モードの選択の判定において風速の代わりに回転数を使用した点が図 14 の手順と異なるだけである。すなわち、ステップ S10b では回転数  $N_m$  が計測され、ステップ S20b  
50

【0064】

(3-1)  $N_m = N_{th1}$  である場合：

この場合には、制御回路 200 はモータ本体 100 を発電機としても電動機としても動作させず、待機する。

【0065】

(3-2)  $N_{mth2} < N_m$  である場合：

この場合には、ステップ S40 の発電モードに移行し、制御回路 200 がモータ本体 100 を発電機として動作させる。

【0066】

(3-3)  $N_{th1} < N_m$   $N_{mth2}$  である場合：

この場合には、ステップ S30 の駆動モードに移行し、制御回路 200 がモータ本体 100 を電動機として動作させて羽根 1200 の回転数を増加させ、その後、再度ステップ S10b, S20b を経由してステップ S40 に移行し、モータ本体 100 を発電機として動作させる。なお、ステップ S30 の後に、ステップ S10b, S20b をスキップして直接ステップ S40 に移行してもよい。

10

【0067】

この第3実施例の制御方法によれば、回転数  $N_m$  に応じて有効な発電を行うことが可能である。なお、第1の閾値  $N_{th1}$  は、第2の閾値  $N_{th2}$  よりも小さく、0 に等しくてもよい。この第3実施例では、風速  $V_c$  を使用しないので、風速計 1130 (図1) は省略可能である。

【0068】

以上の第1～第3実施例から理解できるように、発電電動機の始動時において、流速  $V_c$  と回転数  $N_m$  とのうちの少なくとも一方が所定の低い範囲にある場合に、まず発電電動機を電動機として動作させて羽根の回転数を増加させた後に、発電電動機を発電機として動作させることが好ましい。こうすれば、流速が小さく機械的損失等によって羽根が十分な回転数に達しない場合にも、羽根を回転させて発電を開始することが可能となる。

20

【0069】

C. 変形例：

なお、この発明は上記の実施例や実施形態に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様において実施することが可能であり、例えば次のような変形も可能である。

【0070】

30

C1. 変形例1：

本発明は、風力発電装置に限らず、一般に、流体力を利用した発電装置に適用可能である。例えば、水力発電装置は、図1に示した構成において羽根 1200 を水車に置き換え、風速計 1130 を流量計に置き換えれば良い。なお、本明細書において、「羽根」(vane) という用語は、流体力を回転力に変換するための部材を意味しており、水車の羽根なども含む広い意味を有している。また、「流速計」という用語は、風速計や流量計のように流速に比例した量を測定するものを意味する。

【0071】

C2. 変形例2：

上記実施例では、発電電動機をブラシレスモータによって実現していたが、他の種類のモータによって発電電動機を実現してもよい。但し、ブラシレスモータを利用すれば、効率の良い発電電動機を実現することができる。この意味では、特に、鉄心(コア)の無いブラシレスモータを利用することが好ましい。

40

【図面の簡単な説明】

【0072】

【図1】本発明の一実施例としての風力発電装置の全体構成を示す概念図である。

【図2】モータ本体の構成を示す断面図である。

【図3】モータの動作時における磁石列とコイル列の位置関係を示す説明図である。

【図4】モータの正転時のセンサ出力と駆動信号の例を示す説明図である。

【図5】制御回路の構成を示すブロック図である。

50

【図 6】ドライバ回路とコイルと整流回路とスイッチ回路の構成を示すブロック図である。

【図 7】制御信号生成回路の内部構成と動作を示す説明図である。

【図 8】センサ出力波形と駆動信号波形の対応関係を示す説明図である。

【図 9】PWM部の内部構成を示すブロック図である。

【図 10】モータ正転時のPWM部の動作を示すタイミングチャートである。

【図 11】励磁区間設定部の内部構成と動作を示す説明図である。

【図 12】回生時のセンサ出力と回生電力の例を示す説明図である。

【図 13】発電装置の制御方法の第1実施例を示すフローチャートである。

【図 14】発電装置の制御方法の第2実施例を示すフローチャートである。

【図 15】発電装置の制御方法の第3実施例を示すフローチャートである。

【符号の説明】

【0073】

10 ... ステータ部

11 ~ 13 ... 電磁コイル

30 ... ロータ部

32 ... 磁石

40A ~ 40C ... 磁気センサ (位置センサ)

100 ... モータ本体

112 ... 回転軸

112 ... 軸

120 ... 回路基板

200 ... 制御回路

300 ... 駆動 / 発電切替回路

310 ... ドライバ回路

320 ... 整流回路

330 ... スイッチ回路

340 ... 蓄電部

500 ... 制御信号生成回路

510 ... 基本クロック生成回路

520 ... 分周器

530 ... PWM部

531 ... カウンタ

533 ... EXOR回路

535 ... 駆動波形形成部

540 ... レジスタ

550 ... 乗算器

560 ... 符号化部

580 ... レジスタ

590 ... 励磁区間設定部

592 ... 電子可変抵抗器

594, 596 ... 電圧比較器

598 ... OR回路

599 ... 切替スイッチ

600 ... 回転数決定部

700 ... CPU

1000 ... 風力発電装置

1100 ... 本体部

1120 ... 変速機

1130 ... 風速計

10

20

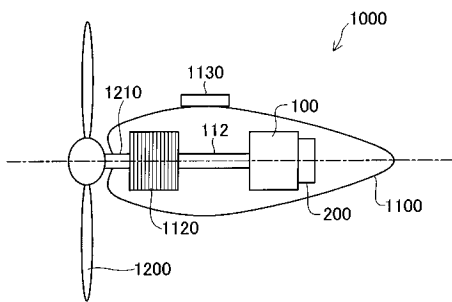
30

40

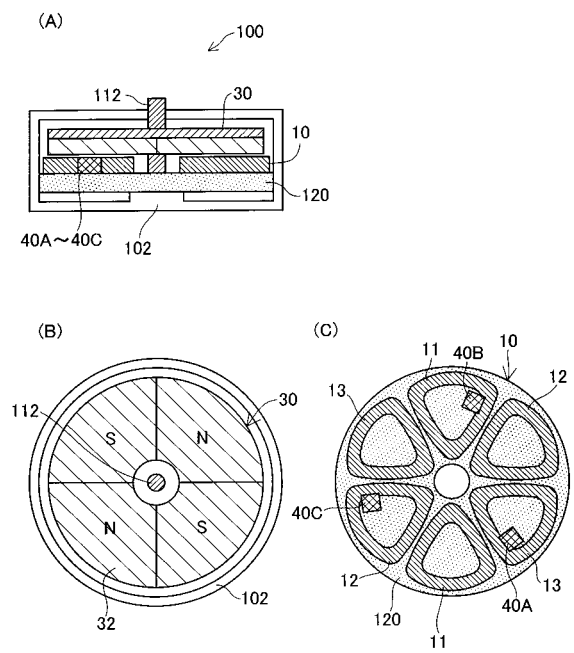
50

1 2 0 0 ... 羽根  
1 2 1 0 ... 回転軸

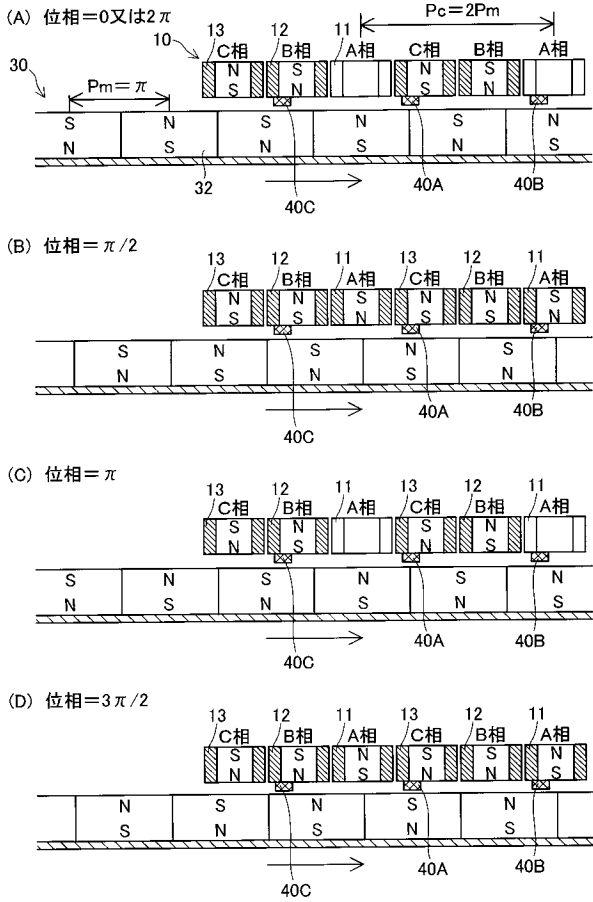
【 図 1 】



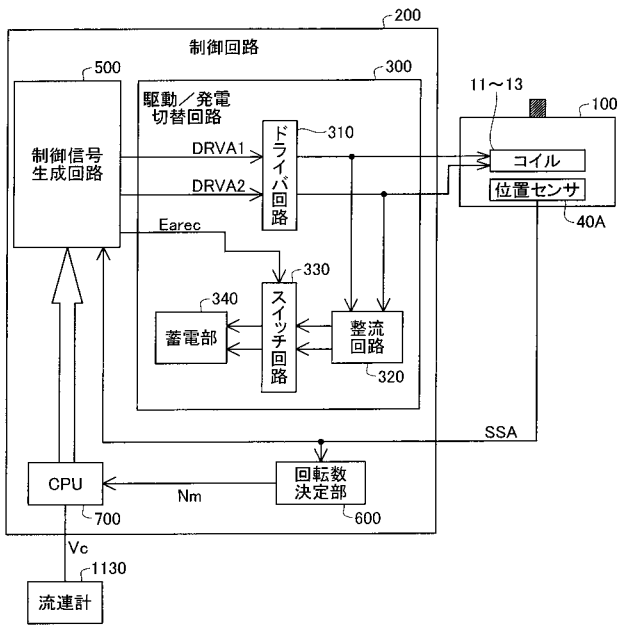
【 図 2 】



【図3】

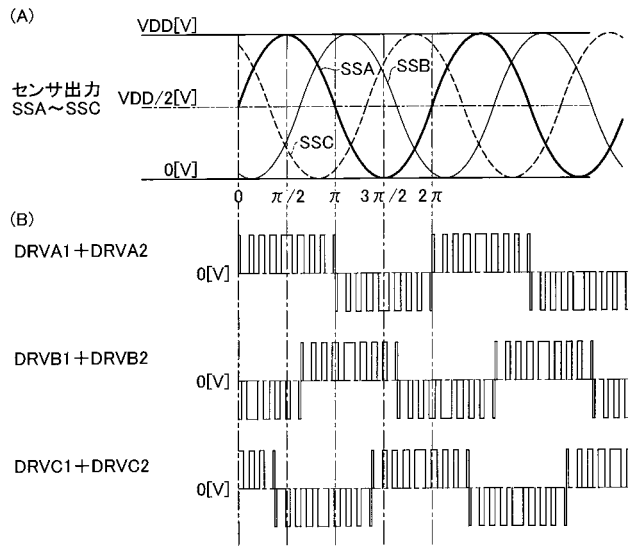


【図5】

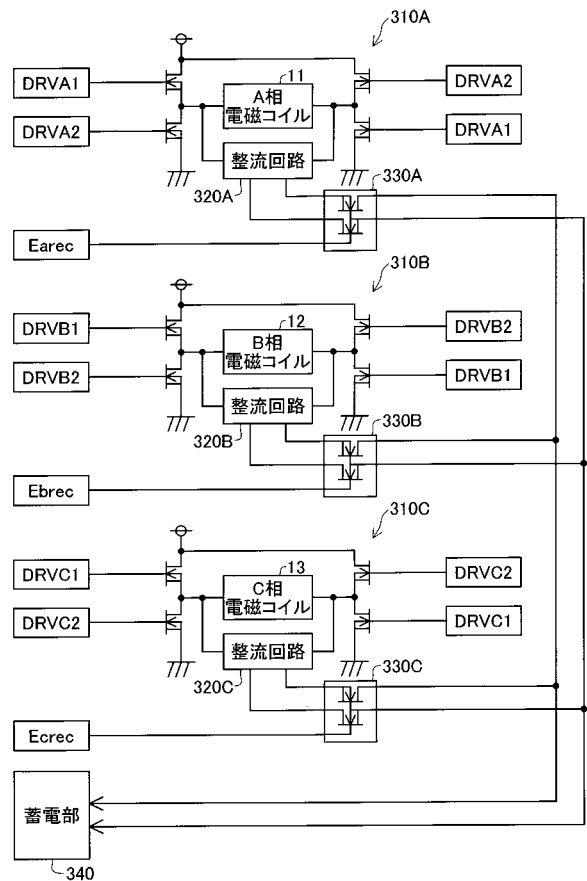


【図4】

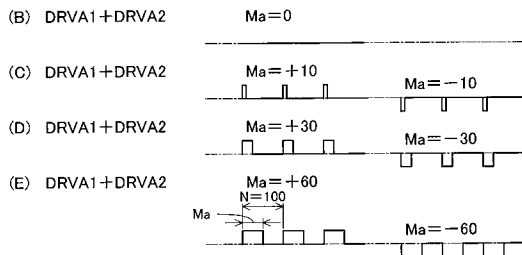
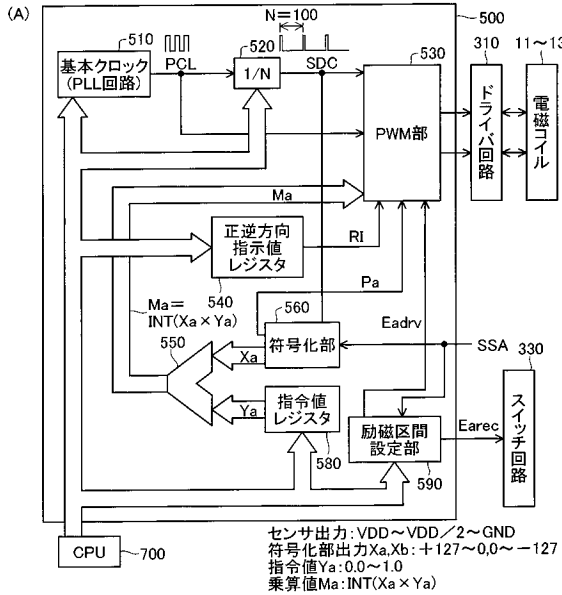
正転時



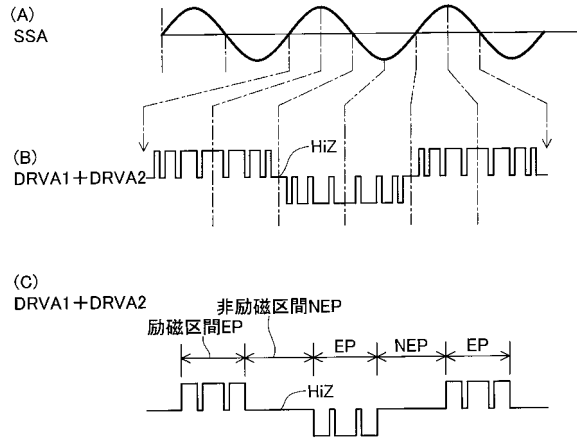
【図6】



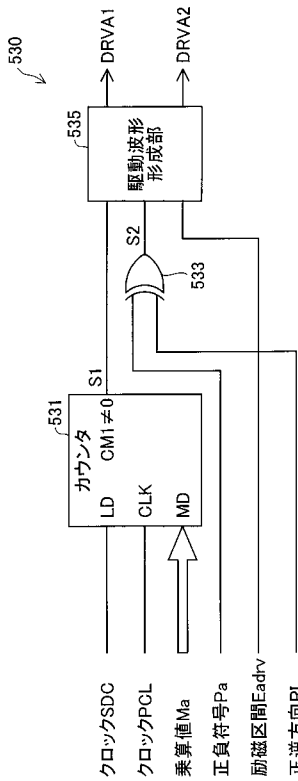
【 図 7 】



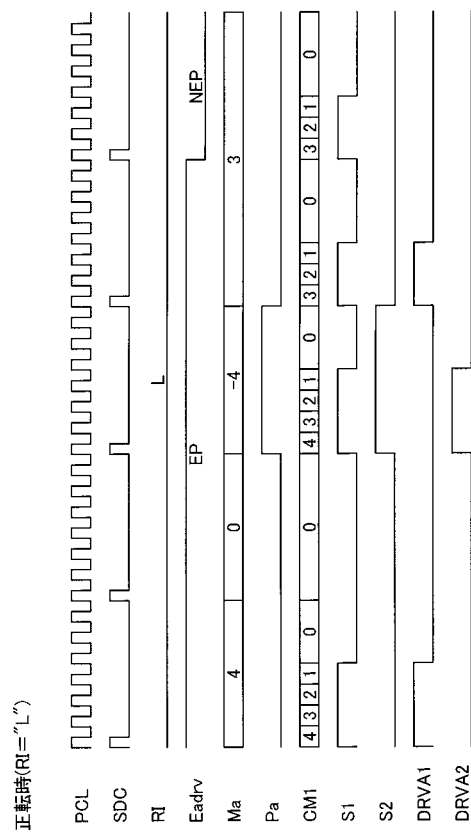
【 図 8 】



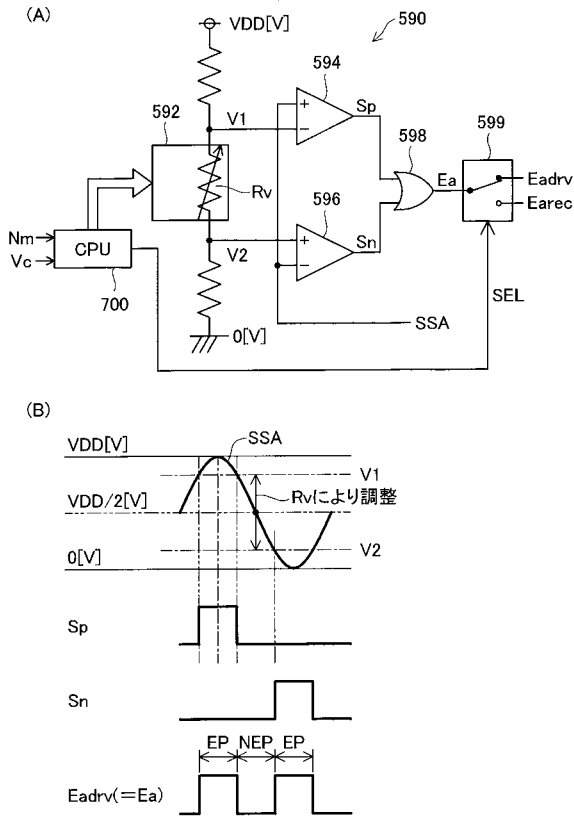
【 図 9 】



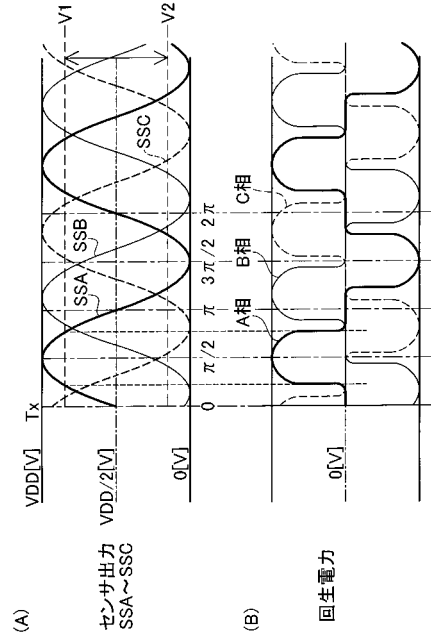
【 図 10 】



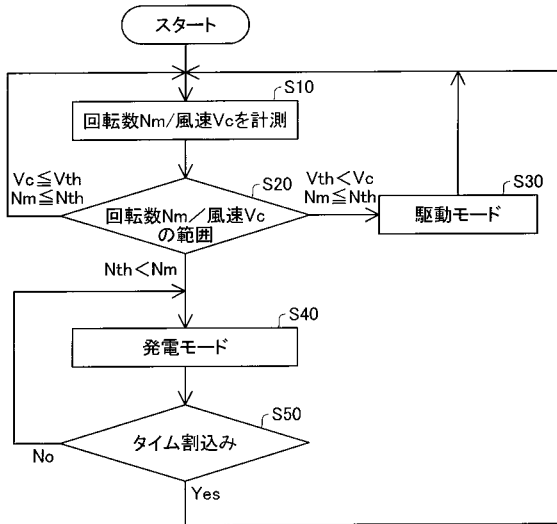
【 図 1 1 】



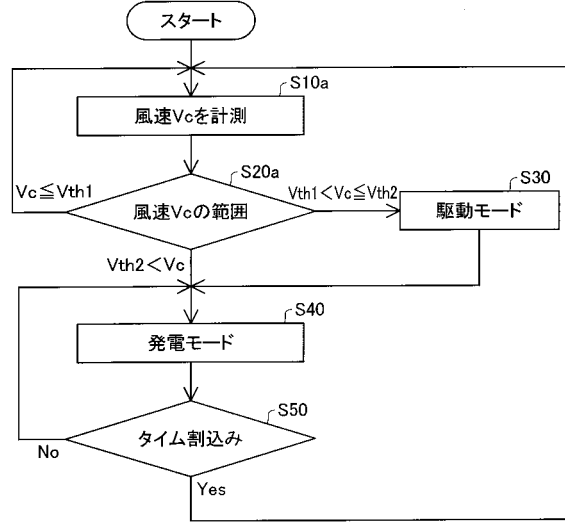
【 図 1 2 】



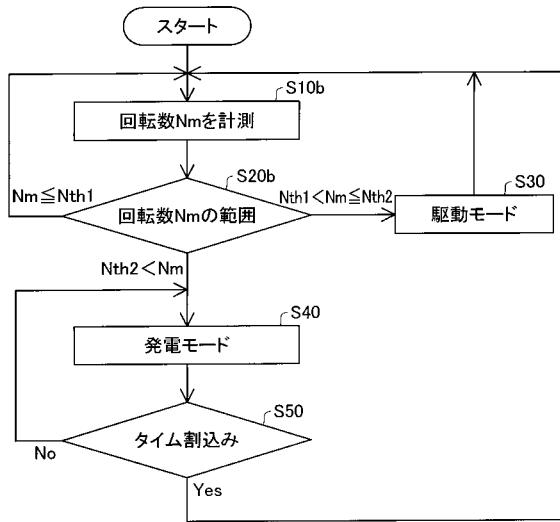
【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



---

フロントページの続き

Fターム(参考) 5H590 AA01 AA28 CA14 CC02 CD01 CE05 EA10 EB02 FB03 HA12  
HA27 JA02  
5H607 BB02 BB09 BB13 BB26 FF26