

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5510493号  
(P5510493)

(45) 発行日 平成26年6月4日(2014.6.4)

(24) 登録日 平成26年4月4日(2014.4.4)

(51) Int.Cl.

F 1

H02P 6/08 (2006.01)  
H02P 27/06 (2006.01)H02P 6/02 371J  
H02P 7/63 303V

請求項の数 5 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2012-109721 (P2012-109721)  
 (22) 出願日 平成24年5月11日 (2012.5.11)  
 (62) 分割の表示 特願2010-120303 (P2010-120303)  
     分割  
     原出願日 平成22年5月26日 (2010.5.26)  
 (65) 公開番号 特開2012-147675 (P2012-147675A)  
 (43) 公開日 平成24年8月2日 (2012.8.2)  
 審査請求日 平成24年9月3日 (2012.9.3)

(73) 特許権者 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3丁目3番5号 セイコ  
     ーエプソン株式会社内

審査官 櫻田 正紀

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】電気機械装置

(57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

電気機械装置であって、  
 独立結線された複数相の電磁コイルと、  
 前記電磁コイルに PWM 駆動信号を供給するための PWM 駆動回路と、  
 前記 PWM 駆動回路を制御する制御部と、  
 を備え、  
 前記制御部は、

前記電磁コイルに前記 PWM 駆動信号を供給する区間としての励磁区間を設定する第 1 の制御と、

前記 PWM 駆動信号のデューティ比を変更する第 2 の制御と、  
 を実行し、

前記制御部は、前記第 1 の制御において、前記励磁区間の中心の位相を、前記電磁コイルに生じる逆起電力の最大値が生じる位相の値よりも早める進角制御を行うとともに、前記第 2 の制御において、第 2 の制御による変更後の PWM 駆動信号のデューティ比を、正弦波を模擬する PWM 駆動波形のデューティ比、で割った値であるゲインが 100 % を越えるように前記デューティ比を増大させる、電気機械装置。

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載の電気機械装置において、  
 前記 PWM 駆動回路は 3 相駆動回路である、電気機械装置。

**【請求項 3】**

請求項 1 または 2 に記載の電気機械装置において、

前記進角制御における進角の大きさは、前記励磁区間の長さが短いほど大きく設定されている、電気機械装置。

**【請求項 4】**

請求項 1 から請求項 3 までのいずれか一項に記載の電気機械装置において、さらに、

前記制御部は、前記第 1 の制御において、前記電気機械装置が高速で動作するほど、前記励磁区間を狭める制御を行う、電気機械装置。

**【請求項 5】**

請求項 1 から請求項 4 までのいずれか一項に記載の電気機械装置において、

10

前記制御部は、前記電気機械装置の減速時には、減速度が大きいほど前記第 1 の制御において前記励磁区間を広める制御を行いつつ、エネルギーの回生を行う、電気機械装置。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、モーターや発電機などの電気機械装置の制御技術に関する。

**【背景技術】****【0002】**

モーターとしては、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。

**【先行技術文献】**

20

**【特許文献】****【0003】**

【特許文献 1】特開 2001 - 298982 号公報

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

従来のモーターでは、電磁コイルに印加する電圧を下げるとき、回転数 - トルク直線が低トルク側、低回転側に移動する。すなわち、回転数、出力トルクが低下する。したがって、モーターを高トルクや高回転で回転させるためには、電磁コイルに印加する電圧を高電圧に維持する必要があった。特にモーターを車両などの移動装置に用いる場合、モーターを高回転領域で回転させるために電磁コイルに高電圧を印加するため、モーターの消費電力が大きくなるという問題があった。また、モーターを移動装置に用い、減速時に回生ブレーキとして用いる場合には、過度なブレーキが掛かる場合があった。これらのこととは、モーターに共通する問題である。

30

**【0005】**

本発明は、上記課題の少なくとも 1 つを解決し、電気機械装置の効率的な制御を行うことを目的とする。

**【課題を解決するための手段】****【0006】**

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。

40

本発明の一形態によれば、電気機械装置が提供される。この電気機械装置は、独立結線された複数相の電磁コイルと、前記電磁コイルに PWM 駆動信号を供給するための PWM 駆動回路と、前記 PWM 駆動回路を制御する制御部と、を備え、前記制御部は、前記電磁コイルに前記 PWM 駆動信号を供給する区間としての励磁区間を設定する第 1 の制御と、前記 PWM 駆動信号のデューティ比を変更する第 2 の制御と、を実行し、前記制御部は、前記第 1 の制御において、前記励磁区間の中心の位相を、前記電磁コイルに生じる逆起電力の最大値が生じる位相の値よりも早める進角制御を行うとともに、前記第 2 の制御において、第 2 の制御による変更後の PWM 駆動信号のデューティ比を、正弦波を模擬する PWM 駆動波形のデューティ比、で割った値であるゲインが 100 % を越えるように前記デ

50

ューティ比を増大させる。この形態によれば、効率のよい位相で駆動するように励磁区間を進角し、かつ、その励磁区間ににおいて、ゲインを飽和させて100%を越えるゲインとするので、電気機械装置を効率的に制御することが可能となる。

#### 【0007】

##### [適用例1]

電気機械装置であって、独立結線された複数相の電磁コイルと、前記電磁コイルにPWM駆動信号を供給するためのPWM駆動回路と、前記PWM駆動回路を制御する制御部と、を備え、前記制御部は、前記電磁コイルに前記PWM駆動信号を供給する区間としての励磁区間を設定する第1の制御と、前記PWM駆動信号のデューティ比を変更する第2の制御と、を実行し、前記制御部は、前記第1の制御において、前記励磁区間の中心の位相を、前記電磁コイルに生じる逆起電力の最大値が生じる位相の値よりも早める進角制御を行うとともに、前記第2の制御において、正弦波を模擬するPWM駆動信号を生成する際のゲインを100%としたときに、100%を越えるゲインを実現するように前記デューティ比を増大させる、電気機械装置。

この実施例によれば、効率のよい位相で駆動するように励磁区間を進角し、かつ、その励磁区間ににおいて、ゲインを飽和させて100%を越えるゲインとするので、電気機械装置を効率的に制御することが可能となる。

##### [適用例2]

##### 適用例1に記載の電気機械装置において、

前記PWM駆動回路は3相駆動回路である、電気機械装置。

10

20

#### 【0008】

##### [適用例3]

適用例1または2に記載の電気機械装置において、前記進角制御における進角の大きさは、前記励磁区間の長さが短いほど大きく設定されている、電気機械装置。

本実施例によれば、励磁区間の長さが短いほど、進角を大きくしているので、効率がよく、高回転が可能である。

#### 【0009】

##### [適用例4]

適用例1から適用例3までのいずれか一つの適用例に記載の電気機械装置において、さらに、前記制御部は、前記第1の制御において、前記電気機械装置が高速で動作するほど、前記励磁区間を狭める制御を行う、電気機械装置。

30

一般に、高速動作のときは、大きなトルクよりも高回転が要求される。この適用例によれば、励磁区間を狭める制御を行うことにより、低トルク、高回転が可能となる。

#### 【0010】

##### [適用例5]

適用例1から適用例4までのいずれか一つの適用例に記載の電気機械装置において、前記制御部は、前記電気機械装置の減速時には、減速度が大きいほど前記第1の制御において前記励磁区間を広める制御を行いつつ、エネルギーの回生を行う、電気機械装置。

この適用例によれば、減速度が大きいほど、より多くのエネルギーの回生が可能となる。

40

#### 【0011】

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、電気機械装置の他、電気機械装置の制御方法等様々な形態で実現することができる。

##### 【図面の簡単な説明】

#### 【0012】

【図1】第1の実施例のモーターを示す説明図である。

【図2】ローターの構成を示す説明図である。

【図3】モーターの逆起電力波形及び制御波形駆動波形を示す説明図である。

【図4】デューティ比を変えたときのモーターの逆起電力波形及び制御波形駆動波形を示す説明図である。

50

【図5】ゲインを飽和させたときのモーターの逆起電力波形及び制御波形駆動波形を示す説明図である。

【図6】進角制御を行ったときのモーターの逆起電力波形及び制御波形駆動波形を示す説明図である。

【図7】進角と回転数の関係を示す説明図である。

【図8】進角と電流との関係を示す説明図である。

【図9】進角と回転数・電流の関係を示す説明図である。

【図10】T - N特性によるモーターの運転テーブルを示す説明図である。

【図11】ゲインが100%を越えた場合を含むT - N特性によるモーターの運転テーブルを示す説明図である。 10

【図12】本実施例のモーターの制御回路ブロックを示す説明図である。

【図13】PWM制御部の内部構成の一例を示す説明図である。

【図14】PWM部500(図13)の内部構成の一例を示すブロック図である。

【図15】モーター正転時のPWM部500の動作を示すタイミングチャートである。

【図16】モーター逆転時のPWM部500の動作を示すタイミングチャートである。

【図17】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。

【図18】符号化部の動作とタイミングチャートを示す説明図である。

【図19】三相駆動回路と電磁コイルを示す説明図である。

【図20】駆動信号のオンオフと電磁コイルの動作を示す説明図である。

【図21】各相の電磁コイルの接続を示す説明図である。 20

【図22】進角制御を行う場合におけるPWM制御部の他の構成を示す説明図である。

【図23】励磁区間設定部590の構成を示すブロック図である。

【図24】励磁区間設定部590の動作を示すタイミングチャートである。

【図25】進角を進める様について説明する説明図である。

【図26】励磁区間設定部590の動作を示すタイミングチャートである。

【図27】励磁区間設定部590の動作の他の例を示すタイミングチャートである。

【図28】第2の実施例を示す説明図である。

【図29】本発明の変形例によるモーターを利用した鉄道車両を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】 30

[第1の実施例]

図1は、第1の実施例のモーターを示す説明図である。モーター10は、略円筒状のステーター15が外側に配置され、略円筒状のローター20が内側に配置されたラジアルギャップ構造のインナーローター型モーターである。ステーター15は、ケーシング110の内周に沿って配列された複数の電磁コイル100を有している。ステーター15には、さらに、ローター20の位相を検出する位置センサーとしての磁気センサー300が、配置されている。磁気センサー300は、回路基板310の上に固定されており、回路基板310は、ケーシング110に固定されている。また、回路基板310は、コネクタ320により外部の制御回路と接続されている。

【0014】 40

ローター20は、中心に回転軸230を有し、その外周に永久磁石200を有している。回転軸230は、ケーシング110の軸受け240で支持されており、軸受け240は、非導電性材料で構成されている。本実施例では、ケーシング110の内側に、コイルバネ260を備えている。このコイルバネ260は、永久磁石200の位置決めを行っている。但し、コイルバネ260は省略可能である。

【0015】

図2は、ローターの構成を示す説明図である。図2(A)は、回転軸230と平行な面で切った断面を示し、図2(B)は、回転軸230と垂直な平面で切った断面を示している。ローター20は、回転軸の周りに、6個の永久磁石を有している。各永久磁石200は、回転軸230の中心から外部に向かう径方向(放射方向)に沿って磁化されている。 50

また、永久磁石 200 と電磁コイル 100 とは、ローター 20 とステーター 15 の対向する円筒面に対向して配置されている。

#### 【0016】

図 3 は、モーターの逆起電力波形及び制御波形、駆動波形を示す説明図である。図 3 (A) は、モーター 10 の逆起電力波形を示している。図 3 (B) は、モーター 10 の駆動時に用いられる WC 制御波形の一例を示している。図 3 (C) は、WC 制御波形が図 3 (B) に示すときの、モーター 10 に印可される PWM 駆動波形 (アナログ) を示している。図 3 (D) は、WC 制御波形が図 3 (B) に示すときの、モーター 10 に印可される PWM 駆動波形 (デジタル) を模式的に示している。図 3 (A) に示すように、逆起電力波形は、ほぼ正弦波である。図 3 (B) の WC は、Window Comparator の略であり、WC 制御波形は、比較器を用いて定められた電磁コイル 100 (図 1) を励磁する期間 (窓) 示す信号波形である。WC 制御波形の活性期間の中心は、図 3 (A) に示す逆起電力波形が最大値を示す位相と同じである。図 3 (B) に示すように、図 3 (A) の逆起電力波形がほぼゼロになる位相では、WC 制御波形はゼロである。したがって、図 3 (C) に示すアナログの PWM 駆動波形は、図 3 (A) の逆起電力波形がほぼゼロになる位相でほぼゼロになっている。

#### 【0017】

図 3 (E) は、図 3 (B) に示す WC 制御波形の活性期間を狭めた波形を示している。図 3 (F) は、WC 制御波形が図 3 (E) に示すときの、モーター 10 に印可される PWM 駆動波形 (アナログ) を示している。図 3 (G) は、WC 制御波形が図 3 (E) に示すときの、モーター 10 に印可される PWM 駆動波形 (デジタル) を模式的に示している。図 3 (F) に示す PWM 駆動波形は、WC 制御波形が非活性のときには、ゼロとなっている。また、図 3 (D) と図 3 (F) を比較すれば明らかなように、WC 制御波形の活性期間が短いほど、パルスの数が少なくなっている。

#### 【0018】

図 4 は、デューティ比を変えたときのモーターの逆起電力波形及び制御波形、駆動波形を示す説明図である。図 4 (A) は、モーター 10 の逆起電力波形を示している。図 4 (B) は、モーター 10 の駆動時に用いられる WC 制御波形の一例を示している。図 4 (A)、(B) は、図 3 (A)、(B) と同じ図である。図 4 (C) は、WC 制御波形が図 4 (B) に示すときの、モーター 10 に印可される PWM 駆動波形 (アナログ) を示している。ここで、太線は、正弦波における PWM 駆動波形をゲイン = 100 として示し、細線は、正弦波のデューティ比よりもデューティ比を落としたときの PWM 駆動波形をゲイン < 100 % として示している。図 4 (D)、(E) は、それぞれ、図 4 (C) の太線、細線に対応した PWM 駆動波形 (デジタル) を示している。図 4 (D)、(E) を比較すれば分かるように、図 4 (D)、(E) とでは、活性期間を示すパルスの数は同じであるが、対応するパルスの幅は、図 4 (E) の方が細くなっている。なお、デューティ比を下げる場合、ある一定以上細いパルスについては、ゼロとして、パルスを無くしてもよい。図 4 (F) ~ (I) は、それぞれ、図 4 (B) ~ (E) に対応したもので、WC 制御波形の活性期間を、図 4 (B) ~ (E) の WC 制御波形の活性期間よりも短くしたものである。

#### 【0019】

図 5 は、ゲインを飽和させたときのモーターの逆起電力波形及び制御波形、駆動波形を示す説明図である。図 5 (A) は、モーター 10 の逆起電力波形を示している。図 5 (B) は、モーター 10 の駆動時に用いられる WC 制御波形の一例を示している。図 5 (A)、(B) は、図 3 (A)、(B) と同じ図である。ゲインとは、PWM 駆動の活性期間の長さを示す指標である。本実施例では、PWM 駆動波形が正弦波であるときにおける (PWM 駆動信号の活性期間) / WC 活性期間を、ゲイン 100 % としている。正弦波におけるデューティ比よりもディーティ比を下げた場合には、ゲインは 100 % より小さくなり、正弦波におけるデューティ比よりもディーティ比を上げた場合には、ゲインは 100 % を越える。ゲインが 100 % を越えた場合、飽和しながら矩形波形に近づく。図 5 (C) は、様々なゲインの値における PWM 駆動波形 (アナログ) を示すものである。図 5 (

D)は、ゲイン100%の時のPWM駆動波形(デジタル)を示し、図5(E)は、ゲイン100%超の時のPWM駆動波形(デジタル)を示している。図5(D)(E)を比較すれば分かるように、活性期間を示すパルスの数は同じであるが、対応するパルスの幅は、図5(E)の方が太くなっている。図5(F)は、図5(B)よりも、WC制御波形の活性期間を狭めた波形を示している。図5(G)は、WC制御波形が図5(E)に示すときの、モーター10に印可されるPWM駆動波形(アナログ)を示している。図5(G)において、太線は、ゲインが100%超である場合を示している。

#### 【0020】

図6は、進角制御を行ったときのモーターの逆起電力波形及び制御波形、駆動波形を示す説明図である。ここでは、WC制御の幅を図3(E)、図4(F)、図5(F)に示すように狭めている。図6(A)は、モーター10の逆起電力波形を示している。図6(B)は進角0°の時のWC制御波形(B-1)、PWM駆動波形(B-2)、電流波形(B-3)を示している。図6(C)、(D)は同様に、それぞれ進角10°、20°の場合のWC制御波形、PWM駆動波形、電流波形を示す。以上のように、モーター10の制御においては、WCの幅による制御(第1の制御)、デューティ比による制御(第2の制御)に加えて、進角による制御が可能である。

10

#### 【0021】

図7は、進角と回転数の関係を示す説明図である。図8は、進角と電流との関係を示す説明図である。図9は、進角と回転数・電流の関係を示す説明図である。図7、8は、図9に示すデータをグラフにしたものである。図7~9において、WC制御幅は、期間を100%(常時駆動)とし、6%、30%、80%の3段階とした。各WC制御幅において、PWMの駆動波形が正弦波となるように、デューティ比を調整した。また、各WC制御幅において、進角=0°のときにモーター10の回転数が1000rpmとなるようにPWMの駆動電圧を調整した。

20

#### 【0022】

図7から分かるように、進角を進めると、モーター10は、回転数が上がっていく。その回転数の上がり方は、WC制御幅が狭いほど、大きく上がる。この理由は、WC制御幅が狭い場合には、進角を進めると、その前後で駆動電力が掛かる位相がほとんど重ならず進むが、WC制御幅が広い場合には、進角を進めても、その前後で駆動電力が掛かる位相の大部分が重なっているため、進角を進めた効果が現れにくいから、と思われる。また、図8から分かるように、WC制御幅が狭い場合には、進角を進ませても、電流の増加率は少ない。一方、WC制御幅が広い場合には、進角を進ませた場合、電流は急激に増加する。したがって、WC制御幅を6%とし、進角を進ませると、電流をあまり増加させずに、モーター10の回転数を約30%増加させることができる。すなわちモーター10を高速回転させることが可能となる。

30

#### 【0023】

図10は、T-N特性によるモーターの運転テーブルを示す説明図である。右下がりの線は、トルクと回転数の関係を示すものである。これらの直線は、WC制御幅が100%から20%まで、20%刻みのT-N特性を示している。なお、一番だらかな右下がりの直線Xは、加速域か否かを区別するための線であり、T-N特性を示すものではない。WC制御幅が20%の線よりも左側の領域は、高速域である。すなわち、モーター10が電気自動車や電車などの移動体に用いられる場合、電気自動車や電車が高速で動作する場合に用いられる領域である。WC制御幅が20%の線よりも右側、かつ、WC制御幅が80%の線よりも左側の領域は、中速域である。WC制御幅が80%の線よりも右側の領域は、始動域(あるいは低速域)である。上記、高速域、中速域、始動域とは別に、直線Xよりも上の領域は加速域となる。例えば、WC制御幅が20%の線よりも左側であって、直線Xよりも上の領域は、高速であって、さらに加速するときの制御領域である。WC制御幅が80%の線よりも右側であって、直線Xよりも下の領域は、始動域である。一般に、この領域においてスピード0から発信し、電気自動車や電車のスピードが上がっていくと(回転数が上がっていくと)、加速域に遷移する。

40

50

**【0024】**

右上がりの線は、トルクと電流の関係を示すものである。T - N特性と同様に、WC制御幅が100%から20%まで、20%刻みで特性を示している。

**【0025】**

図10(B)は、高速域、中速域、始動域を切り換えるためのトルク変換操作レバー810を示す。このトルク変換操作レバー810は、オートマチックトランスマッション車におけるセレクトレバー、あるいはマニュアルマッション自動車におけるシフトノブ、に相当するものである。例えば、トルク変換操作レバー810をオートマチックトランスマッション車のセレクトレバーに対応させれば、始動の位置は、「L」ローレンジまたは「1」ファーストレーンジであり、中速の位置は、「S」セカンドレンジまたは「2」セカンドレンジであり、高速の位置は、「D」ドライブレンジに相当する。なお、オートマチックトランスマッションは、多段化が進んでいるので、中速の位置が「D」ドライブレンジであり、高速の位置を「OD」オーバードライブ(あるいはオーバートップ)である、と考えることも可能である。10

**【0026】**

図10(C)は、アクセルペダル820を示している。アクセルペダル820は、モーター10のデューティ比を制御する。すなわち、アクセルペダル820の開度が大きいとデューティ比(ゲイン)が大きくなり、トルクが増大する。図10(C)に示す例では、ゲインを100%としているが、100%超のゲインも可能である。

**【0027】**

図10(D)は、ブレーキペダル830を示している。ブレーキペダルは、電気自動車や電車を制動する場合に用いられる。本実施例では、ブレーキペダル830とデューティ比(ゲイン)とを連動させている。すなわち、ブレーキペダル830へのブレーキ踏力が強い場合(高制動)の場合には、デューティ比を大きくし、より多くの運動エネルギーを電気エネルギーとして回生する。一方、ブレーキ踏力が弱い場合(低制動)の場合には、デューティ比を小さくし、運動エネルギーの回生量を少なくする。ブレーキ踏力が弱い場合の運動エネルギーの回生量を大きくすると、モーター10による回生制動が強く掛かりすぎるため、ドライバーに不快感を与える恐れがある。20

**【0028】**

なお、トルク変換操作レバー810によるWC制御幅を変化させることにより、制動時に、運動エネルギーの回生を行ってもよい。トルク変換操作レバー810が始動の位置にある場合には、WC制御幅を大きくして、運動エネルギーの回生量を大きくしてもよい。この場合、回生制動が大きくなる、すなわち自動車で言えば、強力なエンジンブレーキが掛かることになる。一方、トルク変換操作レバー810が高速の位置にある場合には、WC制御幅を小さくして、運動エネルギーの回生量を小さくしてもよい。この場合、回生制動があまりかからない。30

**【0029】**

図11は、ゲインが100%を越えた場合を含むT - N特性によるモーターの運転テーブルを示す説明図である。本実施例では、WC制御幅の期間において、PWM駆動波形が正弦波となるデューティ比であるときをゲイン100%としている。ゲイン100%超の状態とは、WC制御幅の期間において、デューティ比が、正弦波のデューティ比よりも大きい状態(飽和した状態)である。この場合のT - N特性を示すグラフは、右上方向に移動する。図11に示す直線Yは、デューティ比100%におけるT - N特性を示す。デューティ比は100%を越えることはできないので、直線Yよりも右上の領域は、動作出来ない領域である。ゲイン100%超の場合の動作点は、直線Yより左下方であり、そのときのWC制御幅に対応するT - N特性直線よりも右上方の領域に位置し、主として加速域に含まれる。40

**【0030】**

図12は、本実施例のモーターの制御回路ブロックを示す説明図である。ここでは、モーター10の各相がスター結線又はデルタ結線でない独立結線した3相モーターであると50

して説明する。制御回路ブロックは、PWM制御部400と、CPU405と、U相駆動回路690u～W相駆動回路690wを備える。PWM制御部400は、U相駆動制御部500u～W相駆動制御部500wを含んでいる。U相駆動回路690uは、U相駆動制御部500uからの制御信号を受けて、ブラシレスモーター10のU相電磁コイル100uを駆動する。ブラシレスモーター10は、U相センサー300uを含んでおり、このU相センサー300uからの位置信号を受けて、PWM制御部400は制御を行う。V相、W相の制御についても同様である。

#### 【0031】

図13は、PWM制御部の内部構成の一例を示す説明図である。PWM制御部400やCPU405は、回路基板310(図1)上に設けられていてもよく、コネクタ320(図1)により接続される外部回路に設けられていてもよい。PWM制御部400は、基本クロック生成回路410と、1/N分周器420と、PWM部500と、正逆方向指示値レジスタ440と、乗算器450、452、454と、符号化部460、462、464と、AD変換部470、472、474と、電圧指令値レジスタ480と、励磁区間設定部590とを備えている。なお、図12に示すブロック図のU相駆動制御部500uは、図13に示す説明図の乗算器450と、符号化部460と、AD変換部470と、PWM部500の内U相駆動に関する制御部と、を含んでいる。V相駆動制御部500v、W相駆動制御部500wについても同様である。

#### 【0032】

基本クロック生成回路410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回路を含んでいる。分周器420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CPU405によって分周器420に設定される。PWM部500は、クロック信号PCL、SDCと、乗算器450、452、454から供給される乗算値Mu、Mv、Mwと、正逆方向指示値レジスタ440から供給される正逆方向指示値RIと、符号化部460、462、464から供給される正負符号信号Pu、Pv、Pwと、励磁区間設定部590から供給される励磁区間信号Eu、Ev、Ewとに応じて、u、v、w各相の駆動信号を生成する。この動作については後述する。

#### 【0033】

正逆方向指示値レジスタ440内には、モーターの回転方向を示す正逆方向指示値RIがCPU405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ーが正転し、Hレベルのときに逆転する。

#### 【0034】

PWM部500に供給される他の信号の値Mu、Mv、Mw、Pu、Pv、Pw、Eu、Ev、Ewは以下のように決定される。なお、乗算器450と符号化部460とAD変換部470はU相用の回路であり、乗算器452と符号化部462とAD変換部472はV相用の回路であり、乗算器454と符号化部464とAD変換部474はW相用の回路である。なお、これらの回路群の動作は同じなので、以下ではU相用の回路の動作について主に説明する。

#### 【0035】

磁気センサーの出力SSUは、AD変換部470に供給される。このセンサー出力SSUのレンジは、例えばGND(接地電位)からVDD(電源電圧)までであり、その中位点(=VDD/2)が出力波形の中位点(正弦波の原点を通る点)である。AD変換部470は、このセンサー出力SSUをAD変換して、センサー出力のデジタル値を生成する。AD変換部470の出力のレンジは、例えばFFh～0h(語尾の" h "は16進数であることを示す)であり、中央値80hがセンサー波形の中位点に相当する。

#### 【0036】

符号化部460は、AD変換後のセンサー出力値のレンジを変換するとともに、センサー出力値の中位点の値を0に設定する。この結果、符号化部460で生成されるセンサー出力値Xuは、正側の所定の範囲(例えば+127～0)と負側の所定の範囲(例えば0

10

20

30

40

50

～128)の値を取る。但し、符号化部460から乗算器450に供給されるのは、センサー出力値 $X_u$ の絶対値であり、その正負符号は正負符号信号 $P_u$ としてPWM部500に供給される。

#### 【0037】

電圧指令値レジスタ480は、CPU405によって設定された電圧指令値 $Y_u$ を格納する。この電圧指令値 $Y_u$ は、後述する励磁区間信号 $E_u$ とともに、モーター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 $E_u$ を設定した場合には、 $Y_u = 0$ は印加電圧をゼロとすることを意味し、 $Y_u = 1.0$ は印加電圧を最大値とすることを意味する。乗算器450は、符号化部460から出力されたセンサー出力値 $X_u$ と、電圧指令値 $Y_u$ とを乗算して整数化し、その乗算値 $M_u$ をPWM部500に供給する。PWM部500の出力は、三相駆動回路690に入力され、電磁コイル100u～100wが駆動される。10

#### 【0038】

CPU405には、トルク変換操作レバー810、アクセルペダル820、ブレーキペダル830からの制御信号が入力されている。また、CPU405には、制御テーブル840が接続されている。CPU405は、トルク変換操作レバー810、アクセルペダル820、ブレーキペダル830からの制御信号(踏込量)に基づいて、制御テーブル840を参照し、励磁区間信号 $E_u$ の幅と進角量を決定し、励磁区間信号 $E_u$ を出力する。制御テーブル840は、励磁区間信号 $E_u$ の幅が狭いほど、励磁区間信号 $E_u$ の進角を進ませるように設定されていることが好ましい。なお、アクセルペダル820、ブレーキペダル830の踏込量と、励磁区間信号 $E_u$ の幅及び進角量の調整量との関係は、予め実験的または経験的に設定される。但し、励磁区間信号 $E_u$ の幅及び進角量のうちの一方のみを調整するように制御テーブル840を設定してもよい。20

#### 【0039】

図14は、PWM部500(図13)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501、502、503と、EXOR回路511、512、513と、駆動波形形成部521、522、523とを備えている。カウンタ501とEXOR回路511と駆動波形形成部521はU相用の回路であり、カウンタ502とEXOR回路512と駆動波形形成部522はV相用の回路であり、カウンタ503とEXOR回路513と駆動波形形成部523はV相用の回路である。これらは動作について、タイミングチャートを参照しながら説明する。30

#### 【0040】

図15は、モーター正転時のPWM部500の動作を示すタイミングチャートである。U相、V相、W相の動作は同じであるので、ここでは、U相を例にとり説明する。この図には、2つのクロック信号PCL, SDCと、正逆方向指示値RIと、励磁区間信号 $E_u$ と、乗算値 $M_u$ と、正負符号信号 $P_u$ と、カウンタ501内のカウント値CM1と、カウンタ501の出力S1と、EXOR回路511の出力S2と、駆動波形形成部521からの駆動信号DRVA1～DRVA4とが示されている。カウンタ501は、クロック信号SDCの1期間毎に、クロック信号PCLに同期してカウント値CM1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CM1の初期値は乗算値 $M_u$ に設定される。なお、図15では、図示の便宜上、乗算値 $M_u$ として負の値も描かれているが、カウンタ501で使用されるのはその絶対値 $|M_u|$ である。カウンタ501の出力S1は、カウント値CM1が0で無い場合にはHレベルに設定され、カウント値CM1が0になるとLレベルに立ち下がる。40

#### 【0041】

EXOR回路511は、正負符号信号 $P_u$ と正逆方向指示値RIとの排他的論理和を示す信号S2を出力する。モーター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511の出力S2は、正負符号信号 $P_u$ と同じ信号となる。駆動波形形成部521は、カウンタ501の出力S1と、EXOR回路511の出力S250

から、駆動信号D R V A 1 ~ D R V A 4 を生成する。すなわち、カウンタ5 0 1 の出力S 1 のうち、EXOR回路5 1 1 の出力S 2 がL レベルの期間の信号を第1、第2の駆動信号D R V A 1 、D R V A 2 として出力し、出力S 2 がH レベルの期間の信号を第3、第4の駆動信号D R V A 3 、D R V A 4 として出力する。なお、図15の右端部付近では、励磁区間信号E u がL レベルに立ち下がり、これによって非励磁区間N E P が設定されている。従って、この非励磁区間N E P では、いずれの駆動信号D R V A 1 ~ D R V A 4 も出力されず、ハイインピーダンス状態に維持される。

#### 【0042】

図16は、モーター逆転時のPWM部5 0 0 の動作を示すタイミングチャートである。モーター逆転時には、正逆方向指示値R I がH レベルに設定される。この結果、第1、第2の駆動信号D R V A 1 、D R V A 2 と、第3、第4の駆動信号D R V A 3 、D R V A 4 が図15に示す場合と入れ替わっており、この結果、モーターが逆転することが理解できる。なお、PWM部5 0 0 のV相用の回路5 0 2 , 5 1 2 , 5 2 2 や、W相用の回路5 0 3 、5 1 3 、5 2 3 についても、同様の動作を実行する。10

#### 【0043】

図17は、励磁区間設定部5 9 0 の内部構成と動作を示す説明図である。励磁区間設定部5 9 0 は、電子可変抵抗器4 9 2 と、電圧比較器4 9 4 , 4 9 6 と、OR回路4 9 8 とを有している。電子可変抵抗器4 9 2 の抵抗値R v は、CPU4 0 5 によって設定される。電子可変抵抗器4 9 2 の両端の電圧V 1 , V 2 は、電圧比較器4 9 4 , 4 9 6 の一方の入力端子に与えられている。電圧比較器4 9 4 , 4 9 6 の他方の入力端子には、センサー出力S S U が供給されている。なお、図17ではV相、W相用の回路は図示の便宜上省略されている。電圧比較器4 9 4 , 4 9 6 の出力信号S p , S n は、OR回路4 9 8 に入力されている。OR回路4 9 8 の出力は、励磁区間と非励磁区間とを区別するための励磁区間信号E u x である。励磁区間信号E u x は、CPU4 0 5 に送られ、CPU4 0 5 は、励磁区間信号E u x の長さ、及び、トルク変換操作レバー8 1 0 、アクセルペダル8 2 0 、ブレーキペダル8 3 0 からの制御信号に基づいて、制御テーブル8 4 0 を参照し、励磁区間信号E u の進角を決定する(図13参照)。なお、進角を進めない場合には、励磁区間信号E u とE u x は同じ信号である。20

#### 【0044】

図17(B)は、励磁区間設定部5 9 0 の動作を示している。電子可変抵抗器4 9 2 の両端の電圧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、両端の電圧V 1 , V 2 は、電圧レンジの中央値(=V D D / 2 )からの差分が等しい値に設定される。センサー出力S S U 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4 9 4 の出力S p がH レベルとなり、一方、センサー出力S S U 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4 9 6 の出力S n がH レベルとなる。励磁区間信号E u x はこれらの出力信号S p , S n の論理和を取った信号である。従って、図17(B)の下部に示すように、励磁区間信号E u x は、励磁区間E P と非励磁区間N E P とを示す信号として使用することができる。励磁区間E P と非励磁区間N E P の設定は、CPU4 0 5 が可変抵抗値R v を調整することによって行なわれる。30

#### 【0045】

図18は、符号化部の動作とタイミングチャートを示す説明図である。ここでは、U相用の符号化部4 6 0 (図13)を例にとり説明する。符号化部4 6 0 は、ADC部4 7 0 (図13)からADC信号を受取、センサー出力値X u と正負符号信号P u を生成する。ここで、センサー出力値X u は、ADC信号を+1 2 7 ~ -1 2 8 にシフトし、その絶対値を取った値である。また、正負符号信号P u については、ADC信号の値が0よりも小さい場合に正負符号信号P u をH 、ADC信号の値が0よりも大きい場合に正負符号信号P u をL としている。なお、正負符号信号P u の正負は、逆であってもよい。40

#### 【0046】

図19は、三相駆動回路と電磁コイルを示す説明図である。三相駆動回路6 9 0 は、U相駆動回路6 9 0 u ~ W相駆動回路6 9 0 w を備えている。各駆動回路6 9 0 u ~ 6 9 0 w 50

wの構成は同じであるので、U相駆動回路690uを例にとり説明する。U相駆動回路690uは、H型ブリッジ回路であり、駆動信号D R V A 1～D R V A 4に応じてU相電磁コイル100uを駆動する。なお、本実施例では、電源側に繋がるトランジスタA1、A3のゲートには、レベルシフト回路695uが接続されている。レベルシフト回路695uは、トランジスタA1、A3におけるゲート電位を電源電位V Sよりも上げるために用いられる。トランジスタA1がオンしても、端子u1の電位は、ゲート電位 - トランジスタA1の閾値、までしか上がらない。そのため、ゲート電位がドレインの電位と同じであると、いわゆる閾値落ちが発生する。レベルシフト回路695uによりトランジスタA1のゲート電位を、電源電位V S + トランジスタA1の閾値、以上に上げれば、トランジスタA1のオン時に、端子u1の電位を電源電位V Sまで上昇させることが可能となる。なお、レベルシフト回路695uは無くてもよい。また、トランジスタA1としてPチャンネルのトランジスタを用いる場合には、レベルシフト回路695uは無くてもよい。トランジスタA3についても同様である。符号I u 1が付された矢印は、駆動信号D R V A 1、D R V A 2がオンしたときに電磁コイル100uに流れる電流の方向を示し、符号I u 2が付された矢印は、駆動信号D R V A 3、D R V A 4がオンしたときに電磁コイル100uに流れる電流の方向を示している。V相駆動回路690v、W相駆動回路690wについても同様である。10

#### 【0047】

図20は、駆動信号のオンオフと、電磁コイルの動作を示す説明図である。ここでは、U相を例にとり説明する。V相、W相についても同様である。図20(a)に示す例では、駆動信号D R V A 1とD R V A 2とが同期し、駆動信号D R V A 3とD R V A 4とが同期している。駆動信号D R V A 1とD R V A 2とがオンする期間では、電磁コイル100uは、正の方向(図19に示す符号I u 1の方向)に電流が流れる。駆動信号D R V A 3とD R V A 4とがオンする期間では、電磁コイル100uは、負の方向(図19に示す符号I u 2の方向)に電流が流れる。なお、駆動信号D R V A 1～D R V A 4がオフの期間では、ハイインピーダンス(H i Z)である。20

#### 【0048】

一方、図20(b)に示す例では、駆動信号D R V A 2は、駆動信号D R V A 1がオンする周期で常時オンであり、駆動信号D R V A 4は、駆動信号D R V A 3がオンする周期で常時オンである。この場合も同様に、駆動信号D R V A 1とD R V A 2の両方がオンする期間では、電磁コイル100uは、正の方向(図19に示す符号I u 1の方向)に電流が流れる。駆動信号D R V A 3とD R V A 4の両方がオンする期間では、電磁コイル100uは、負の方向(図19に示す符号I u 2の方向)に電流が流れる。ところで、このように、グランド側のトランジスタA2、A4を駆動する駆動信号D R V A 2、D R V A 4をその周期で常時オンとすると、トランジスタA1、A3がオフの期間でも、励磁された電磁コイル部から生じる誘導起電力による電流を流すことが可能となり、トルクを増大させることができるという効果がある。30

#### 【0049】

図21は、各相の電磁コイルの接続を示す説明図である。本実施例では、各相は、電磁コイル100u～100wを複数有している。各電磁コイル100u～100wは、各相において、直列に接続されている。直列に接続することにより、電流を少なくすることが可能となる。なお、各電磁コイル100u～100wは、並列に接続されていてよい。並列に接続することにより、各電磁コイル100u～100wに掛かる電圧を上げ、出力を大きくすることができる。40

#### 【0050】

図22は、進角制御を行う場合におけるPWM制御部の他の構成を示す説明図である。図22に示す構成は、図13に示す構成とほぼ同じであるが、後述するように励磁区間設定部590の内部の構成が異なる点、位置センサー300u～300wと励磁区間設定部590との間に電圧比較器585を備える点及び、クロック信号P C Lが励磁区間設定部590に入力されている点が異なる。50

**【0051】**

図23は、励磁区間設定部590の構成を示すブロック図である。この図23には、励磁区間設定部590の他に、磁気センサー300uと、電圧比較器585と、PLL回路510と、CPU405とが示されている。なお、ここでは、u相を例にとり説明するが、v相、w相についても同様である。励磁区間設定部590は、制御部592と、第1カウンタ部594と、第2カウンタ部596と、カウンタ値記憶部598と、2つの演算値記憶部600, 602とを備えている。励磁区間設定部590は、さらに、2つの乗算回路604, 605と、演算回路606と、2つの演算結果記憶部608, 610と、比較回路612とを備えている。PLL回路510は、励磁区間設定部590内で使用されるクロック信号PCLを生成する。制御部592は、このクロック信号PCLをカウンタ部594, 596に供給するとともに、カウンタ値記憶部598や演算結果記憶部608, 610に適切な保持タイミング(ラッチタイミング)を供給する。これらは以下のように動作する。なお、はじめに、進角を進めない態様について説明し、次に、進角を進める態様について説明する。

**【0052】**

図24は、励磁区間設定部590の動作を示すタイミングチャートである。まず、電圧比較器585は、磁気センサー300uからの信号SSU(アナログ)を基準信号(図示せず)と比較して、デジタル信号である電圧比較器信号SCを生成する。この基準信号のレベルは、センサー信号SSUがとりうるレベルの中央値に設定されていることが好ましい。第1カウンタ部594は、制御部592から供給されるクロック信号PCLに基づき、電圧比較器信号SCがハイレベルを示している期間におけるクロック数をカウントする。すなわち、第1カウンタ部594は、電圧比較器信号SCがローレベルからハイレベルになったタイミングでカウントを開始し、電圧比較器信号SCがローレベルを示したタイミングで、そのときのカウンタ値Ni(iは周期の番号)をカウンタ値記憶部598に記憶させる。第1カウンタ部594は、その後、次の周期において電圧比較器信号SCが再びハイレベルを示したタイミングで、内部のカウンタ値Niを0にリセットし、電圧比較器信号SCがハイレベルを示している期間におけるクロック数をカウンタ値N(i+1)として再びカウントする。そして、第1カウンタ部594は、電圧比較器信号SCがローレベルを示したタイミングで、そのときのカウンタ値N(i+1)をカウンタ値記憶部598に上書きする。

**【0053】**

第1の演算値記憶部600(図23)は、CPU220により設定された演算値STを記憶する。図23および図24の例では、演算値ST=0.2である。演算回路606は、演算値ST記憶部600に記憶された演算値STを1から減算し、得られた演算結果(演算値ED=1-ST)を第2の演算値記憶部602に記憶させる。第1の乗算回路604は、カウンタ値記憶部598に記憶されたカウンタ値Niと、第1の演算値記憶部600に記憶された演算値STと、を掛け合わせ、得られた演算結果(=Ni×ST)を第1の演算結果記憶部608に記憶させる。第2の乗算回路605は、カウンタ値記憶部598に記憶されたカウンタ値Niと、第2の演算値記憶部602に記憶された演算値EDと、を掛け合わせ、得られた演算結果(=Ni×ED)を第2の演算結果記憶部610に記憶させる。

**【0054】**

第2カウンタ部596は、制御部592から供給されるクロック信号PCLに基づき、電圧比較器信号SCがハイレベルを示したタイミングからクロック数のカウントを開始し、ローレベルを示したタイミングでカウントを終了する。そして、カウンタを0にリセットすると共に、電圧比較器信号SCがローレベルを示したタイミングからのクロック数のカウントを開始し、ハイレベルを示したタイミングでカウントを終了する。これらのカウンタ値Mは、比較回路612に順次入力される。

**【0055】**

比較回路612は、励磁区間信号Euを生成して出力するウインドウコンパレータであ

10

20

30

40

50

る。すなわち、第1の演算結果記憶部608に記憶された演算結果(=Ni × ST)と、第2カウンタ部596から順次入力される第2カウンタ値Mと、を比較し、これらが一致したタイミングで励磁区間信号Euをハイレベルにする。そして、第2の演算結果記憶部610に記憶された演算結果(=Ni × ED)と、第2カウンタ部596から順次入力される第2カウンタ値Mと、を比較し、これらが一致したタイミングで励磁区間信号Euをローレベルにする。電圧比較器信号SCがローレベルを示している期間においても、上記と同様の手法で励磁区間信号Euを出力する。

#### 【0056】

図25は、進角を進める態様について説明する説明図である。図23に示した例との違いは、演算値記憶部602に記憶される演算値EDの値が、演算値STとは独立した値として設定されている点だけであり、他の構成は同じである。10

#### 【0057】

図26は、励磁区間設定部590の動作を示すタイミングチャートである。図24に示した例との違いは、演算値EDの値がCPU220によって0.6に設定されている点と、演算値EDを0.6に設定したことにより、励磁区間信号Euの励磁区間EPの中心位置が、電圧比較器信号SCのハイレベル信号期間の中心位置よりも時間的に早い位置となっている点だけであり、他の動作は同じである。

#### 【0058】

図27は、励磁区間設定部590の動作の他の例を示すタイミングチャートである。図26との違いは、演算値STが0.4に設定され、演算値EDが0.8に設定されている点と、励磁区間信号Euの励磁区間EPの中心位置が、電圧比較器信号SCのハイレベル信号期間の中心位置よりも時間的に遅い位置となっている点だけであり、他の動作は図26と同じである。20

#### 【0059】

以上のように、演算値STの値と、演算値EDの値と、をCPU405によって任意に設定すれば、励磁区間EPの位相(時間的な幅と時間的な位置)を任意に設定することが可能となる。CPU405は、例えば、トルク変換操作レバー810、アクセルペダル820、ブレーキペダル830からの制御信号に基づいて、制御テーブル840を参照し、演算値STの値および演算値EDの値を設定することが好ましい。そうすれば、第1と第2のPWM信号PWM1,2の位相を進めなくとも、励磁区間EPの時間的位置を進めるだけで、第1と第2の駆動信号DRV A1,2の位相を進める進角制御を行うことができる。また、進角制御と同様に、遅角制御も実現することが可能である。30

#### 【0060】

以上、本実施例によれば、CPU405は、電磁コイル100(100u~100w)に生じる逆起電力の最大値が生じる位相を中心として、電磁コイル100を励磁する励磁区間信号Eu~Ewを設定する第1のトルク制御と、電磁コイル100を駆動する駆動信号のデューティ比を変更する第2のトルク制御と、を実行し、CPU405は、第1のトルク制御において、励磁区間信号Eu~Ewの中心の位相の値を、電磁コイル100に生じる逆起電力の最大値が生じる位相の値よりも早める進角制御を行うとともに、第2のトルク制御において、正弦波におけるゲインを100%として、100%を超えるゲインとなるように前記デューティ比を変更するので、効率の良いモーターの制御が可能となる。40

#### 【0061】

本実施例では、進角制御における進角の大きさは、励磁区間信号Eu~Ewの長さが短いほど大きく設定されており、励磁区間信号Eu~Ewの長さが短い期間で、モーター10の高回転が可能である。

#### 【0062】

本実施例では、CPU405は、モーターが高速で回転する場合には、第1のトルク制御において励磁区間信号Eu~Ewを狭める制御を行うので、低トルク、高回転が可能となる。また、CPU405は、モーターの始動時には、第1のトルク制御において励磁区間信号Eu~Ewを広める制御を行うので、高トルクによる始動が可能となる。さらに、50

CPU405は、加速時には、第1のトルク制御において励磁区間信号E<sub>u</sub>～E<sub>w</sub>を広める制御を行うので、高トルクにより加速が容易となる。CPU405は、制御を行うための制御テーブル840を有するので、励磁区間信号E<sub>u</sub>～E<sub>w</sub>の幅や進角の量を容易に設定することが可能となる。

#### 【0063】

##### [第2の実施例]

図28は、第2の実施例を示す説明図である。第2の実施例では、モーター10(図示せず)からの回生制御を行う。第2の実施例では、回生制御部700と、U相充電切替部710u～710wと、蓄電部800と、を備える。回生制御部700は、U相回生制御回路700u～W相回生制御回路700wを含んでいる。U相回生制御回路700u～W相回生制御回路700wの構成は同じであるので、U相回生制御回路700uを例にとり説明する。U相回生制御回路700uは、U相電磁コイル100uに対して駆動回路690uと並列に接続されている。U回生制御部700uは、インバーターハーフブリッジ回路720uと、バッファーハーフブリッジ回路730uと、ダイオードで構成される整流回路740u～743uと、スイッチングトランジスタ750u、760uと、抵抗752u、762uと、を備えている。

#### 【0064】

励磁区間信号E<sub>u</sub>がオンとなり、ブレーキペダル830が踏まれた場合、U相充電切替部710uがオン(=1=H)になる。このとき、ブレーキペダル830の踏力が大きいほど、すなわち減速度が大きいほど、励磁区間信号E<sub>u</sub>のオン期間を長くしてもよい。U相充電切替部710uがオンになると、インバーターハーフブリッジ回路720uの出力がLとなり、スイッチングトランジスタ750uがオン状態になる。一方、バッファーハーフブリッジ回路730uの出力はHとなるため、スイッチングトランジスタ760uがオフ状態になる。そうすると、モーターは、スイッチングトランジスタ750uを介して、U相電磁コイル100uで発生した電力を回生して、蓄電部800を充電することが可能である。逆に、U相充電切替部710uがオフ(=0=L)になると、バッファーハーフブリッジ回路730uによってスイッチングトランジスタ760uがオン状態になる。一方、インバーターハーフブリッジ回路720uの出力がHとなり、スイッチングトランジスタ750uがオフ状態になる。この場合は、蓄電部800からU相電磁コイル100uに電流を供給することが可能である。

#### 【0065】

本実施例では、ブレーキペダル830が踏まれた場合、CPU405は、U相充電切替部710uをオンにしているが、アクセルペダルの踏力が抜かれ、エンジンブレーキを要求された場合に、U相充電切替部710uをオンにし、回生制動及び運動エネルギーの回生を行ってもよい。

#### 【0066】

CPU405は、モーターの減速時には、減速度が大きいほど第1のトルク制御において励磁区間信号E<sub>u</sub>を広める制御を行って、エネルギーの回生を行なうことにより、回生エネルギーを大きくするとともに、減速度が小さいときには、励磁区間信号E<sub>u</sub>を狭める制御を行って、急激な減速による不快感の発生を抑制できる。

#### [変形例]

本発明によるモーターは、移動体やロボット用のモーターとしても利用可能である。図29は、本発明の変形例によるモーターを利用した鉄道車両を示す説明図である。この鉄道車両1500は、モーター1510と、車輪1520とを有している。このモーター1510は、車輪1520を駆動する。さらに、モーター1510は、鉄道車両1500の制動時には発電機として利用され、電力が回生される。このモーター1510としては、上述した各種のブラシレスモーターを利用することができます。

#### 【0067】

以上、いくつかの実施例に基づいて本発明の実施の形態について説明してきたが、上記した発明の実施の形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定するものではない。本発明は、その趣旨並びに特許請求の範囲を逸脱することなく、変更、

10

20

30

40

50

改良されるとともに、本発明にはその等価物が含まれることはもちろんである。

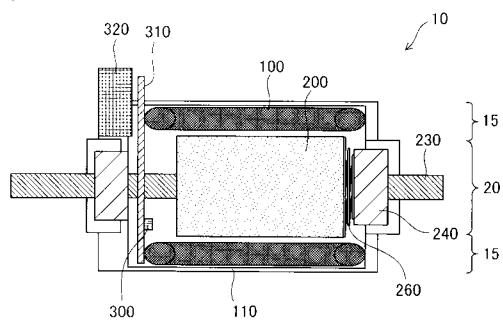
【符号の説明】

【0068】

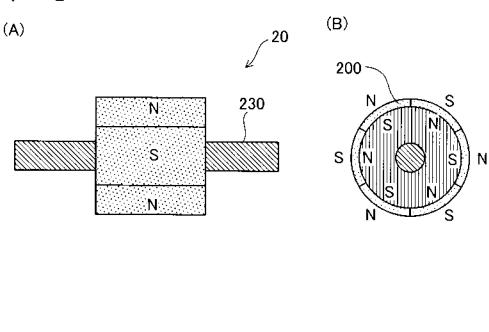
10 ... ブラシレスモーター（モーター）	
15 ... ステーター	
20 ... ローター	
100、100u ~ 100w ... 電磁コイル	
110 ... ケーシング	
200 ... 永久磁石	
230 ... 回転軸	10
260 ... コイルバネ	
300 ... 磁気センサー	
310 ... 回路基板	
320 ... コネクタ	
405 ... CPU	
410 ... 基本クロック生成回路	
420 ... 分周器	
440 ... 正逆方向指示値レジスタ	
450 ... 乗算器	
452 ... 乗算器	20
454 ... 乗算器	
460 ... 符号化部	
462 ... 符号化部	
464 ... 符号化部	
480 ... 電圧指令値レジスタ	
492 ... 電子可変抵抗器	
494 ... 第1の電圧比較器	
496 ... 第2の電圧比較器	
521 ~ 523 ... 駆動波形形成部	
585 ... 電圧比較器	30
590 ... 励磁区間設定部	
592 ... 制御部	
594 ... 第1カウンタ部	
596 ... 第2カウンタ部	
598 ... カウンタ値記憶部	
600 ... 第1の演算値記憶部	
602 ... 第2の演算値記憶部	
604 ... 第1の乗算回路	
605 ... 第2の乗算回路	
606 ... 演算回路	40
608 ... 第1の演算結果記憶部	
610 ... 第2の演算結果記憶部	
612 ... 比較回路	
690 ... 三相駆動回路	
690u ... 駆動回路	
695u ... レベルシフト回路	
700 ... 回生制御部	
720u ... インバータ回路	
730u ... バッファー回路	
740u ... 整流回路	50

7 5 0 u ...スイッチングトランジスタ	
7 5 2 u ...抵抗	
7 6 0 u ...スイッチングトランジスタ	
8 0 0 ...蓄電部	
8 1 0 ...トルク変換操作レバー	
8 2 0 ...アクセルペダル	
8 3 0 ...ブレーキペダル	
8 4 0 ...制御テーブル	
1 5 0 0 ...鉄道車両	
1 5 1 0 ...モーター	10
1 5 2 0 ...車輪	
A 1 ~ A 3 ...トランジスタ	
C M 1 ...カウント値	
D R V A 1 ~ D R V A 4 ...駆動信号	
E P ...励磁区間	
E u ...励磁区間信号	
I u 1 ...符号	
I u 2 ...符号	
M u ...乗算値	
N E P ...非励磁区間	20
P C L ...クロック信号	
P u ...正負符号信号	
R I ...正逆方向指示値	
R v ...可変抵抗値	
S 1 、 S 2 ...出力	
S D C ...クロック信号	
S n ...出力	
S p ...出力信号	
S S U ...センサー出力	
u 1 ...端子	30
V 1 , V 2 ...電圧	
V S ...電源電位	
X u ...センサー出力値	
Y u ...電圧指令値	

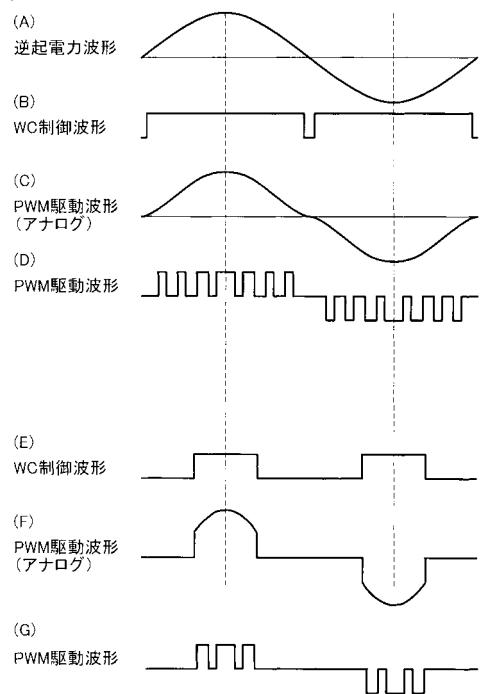
【図1】



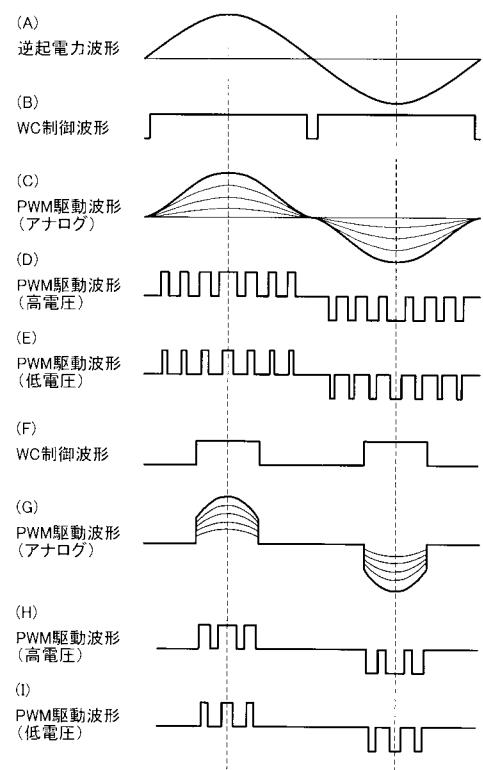
【図2】



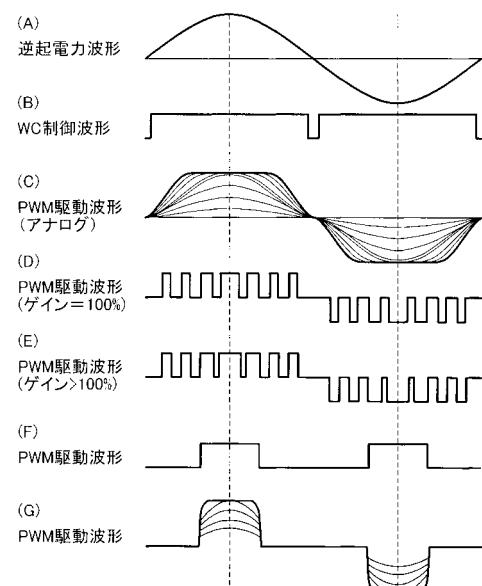
【図3】



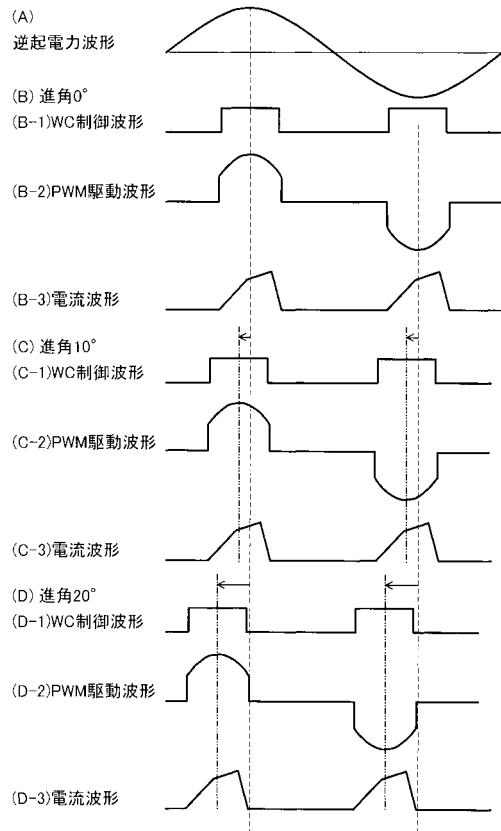
【図4】



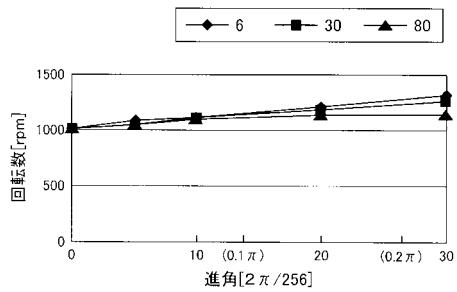
【図5】



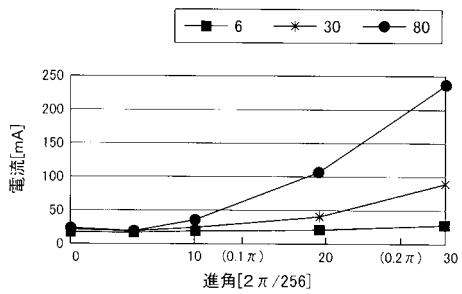
【図6】



【図7】



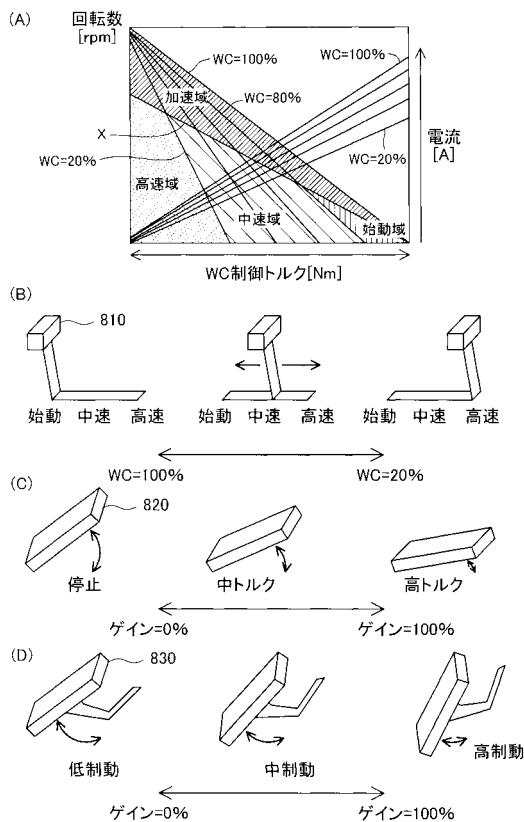
【図8】



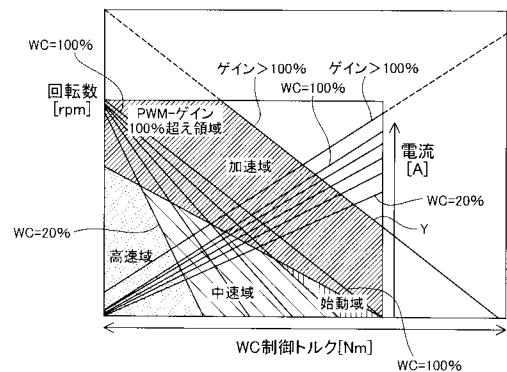
【図9】

PWM値	WC制御部	進角値	回転数	電流
PWM-ゲイン	WC比	Ph	N	I <sub>p</sub>
[%]	[%]	[2π/256]	[r/min]	[mA]
100	6	0	1000	16.0
		5	1070	17.5
		10	1100	18.0
		20	1200	21.0
		30	1300	27.5
100	30	0	1000	18.0
		5	1040	19.2
		10	1100	22.5
		20	1170	40.0
		30	1250	87.0
100	80	0	1000	22.0
		5	1040	19.5
		10	1100	36.0
		20	1140	104.0
		30	1140	235.0

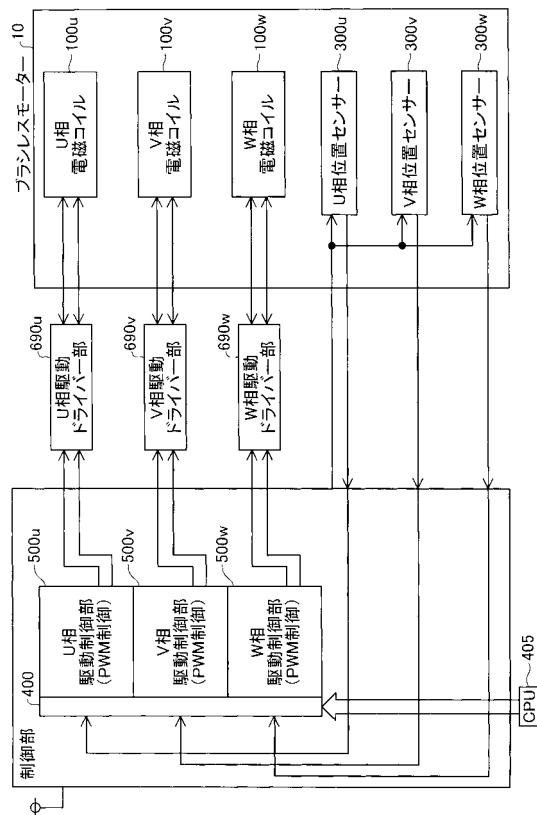
【図10】



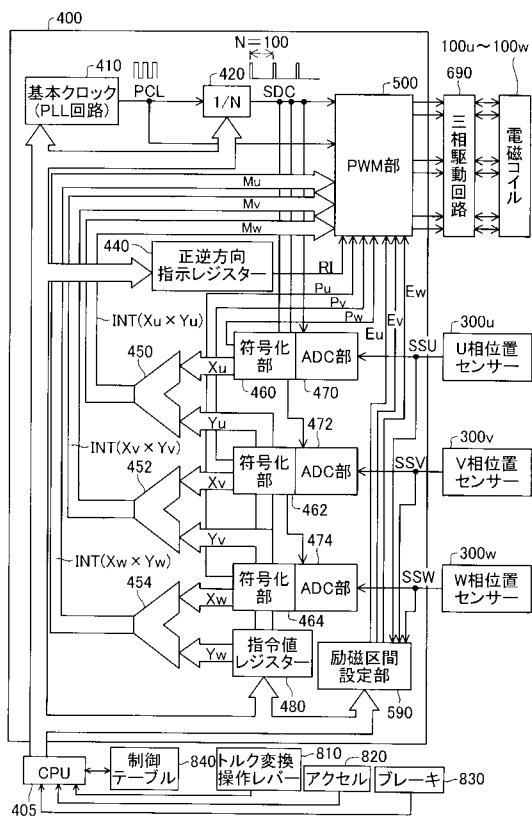
【図11】



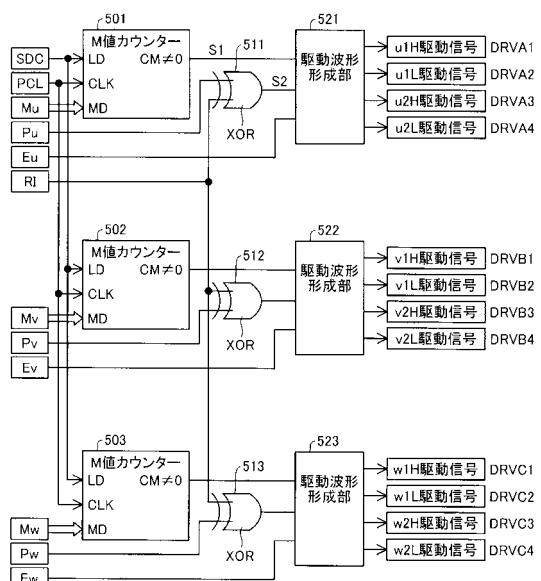
【図12】



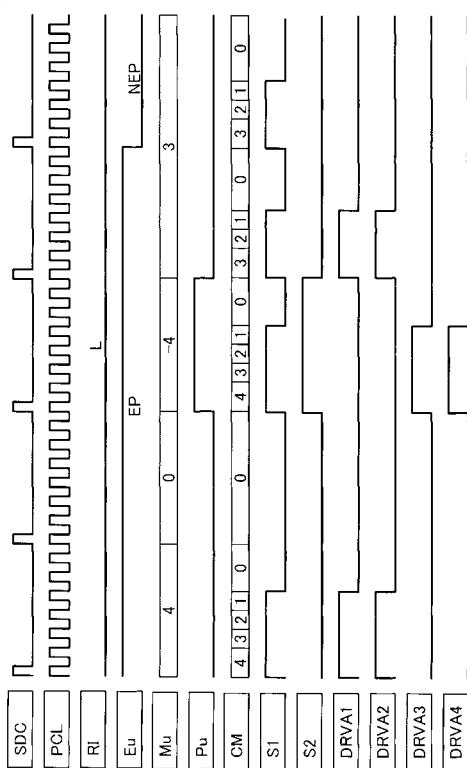
【図13】



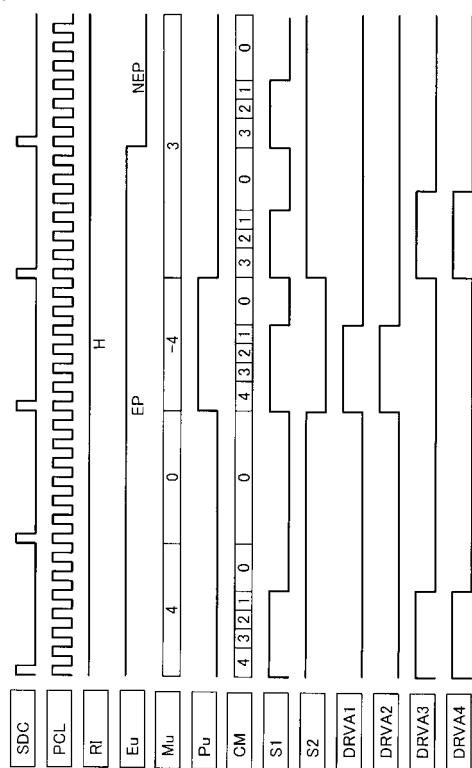
【図14】



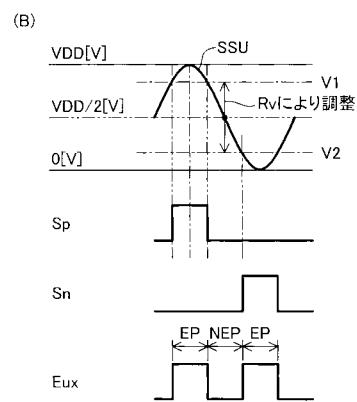
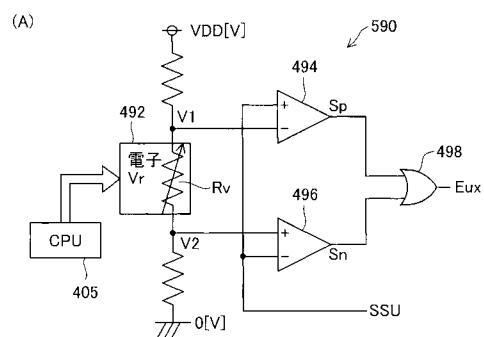
【図 1 5】



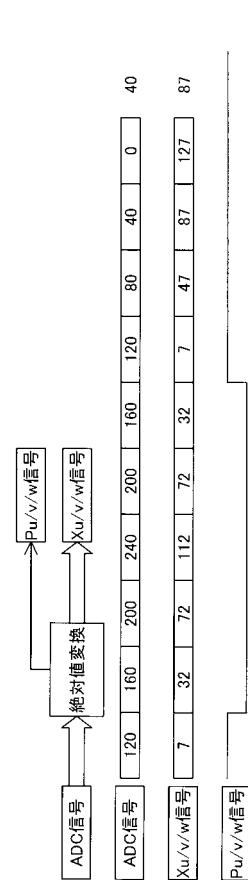
【図 1 6】



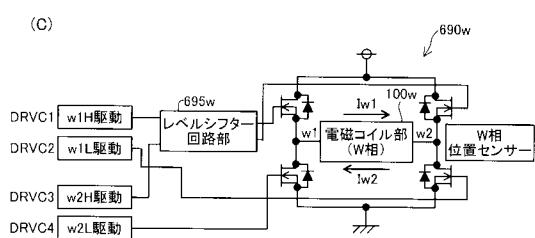
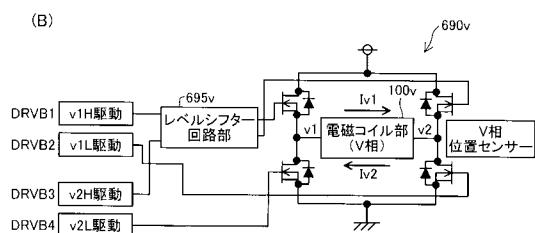
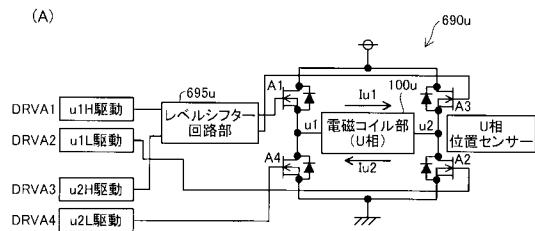
【図 1 7】



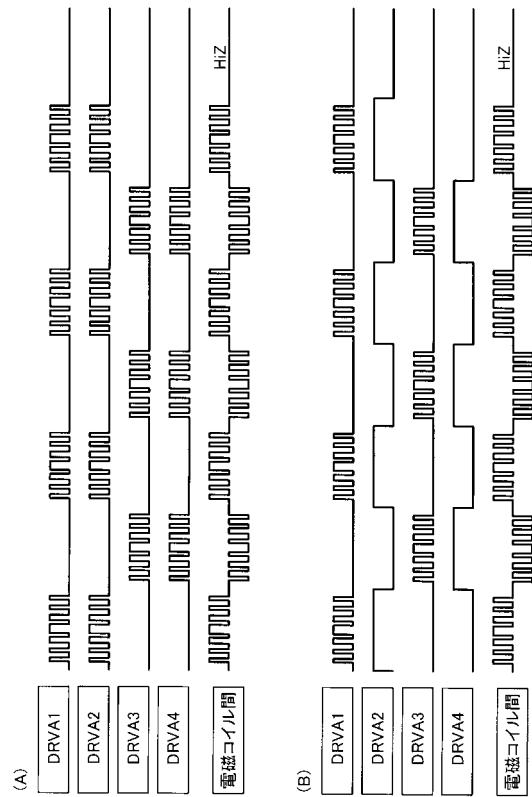
【図 1 8】



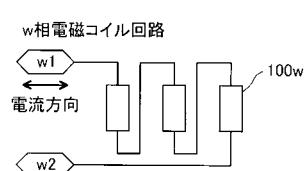
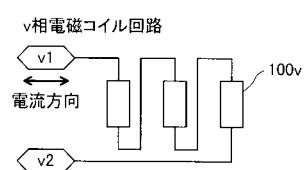
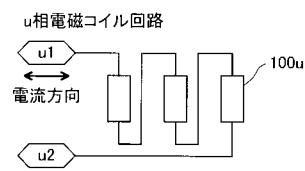
【図19】



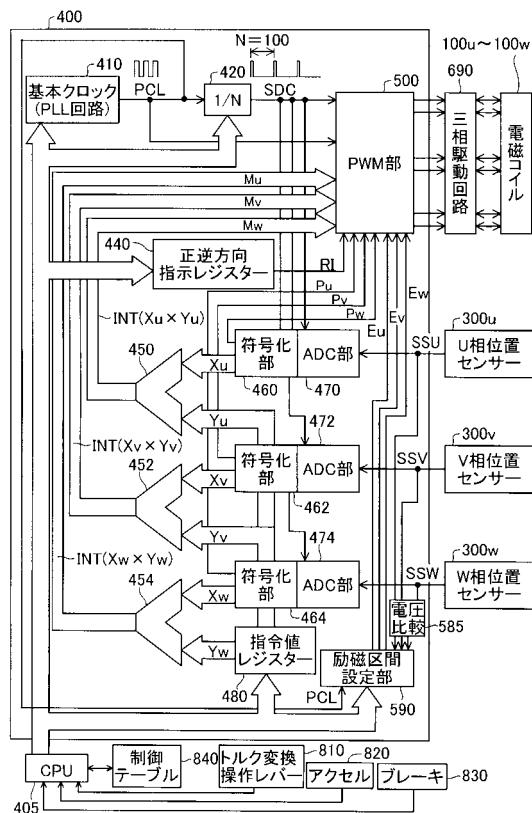
【図20】



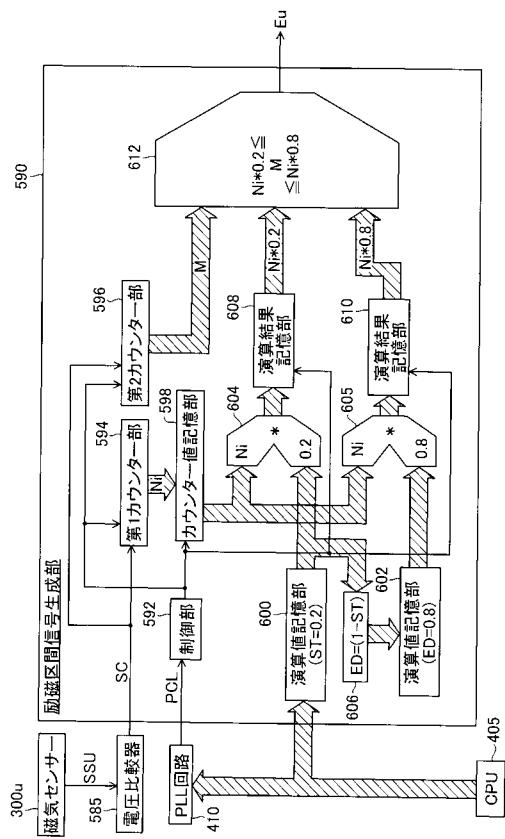
【図21】



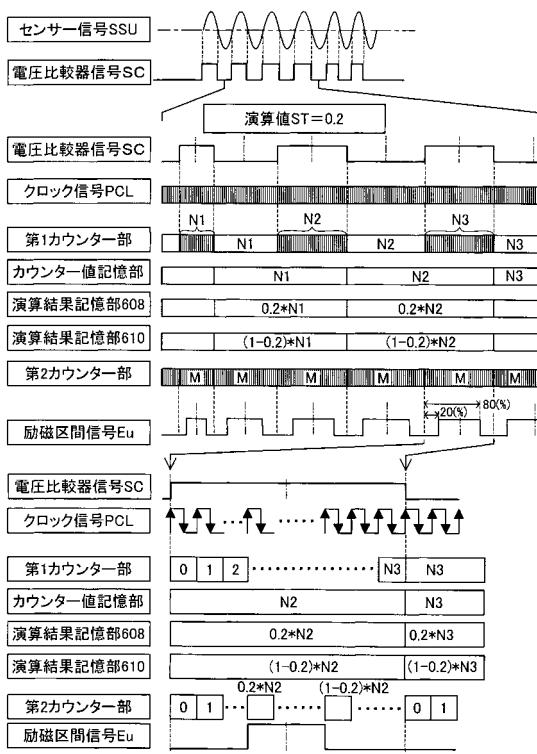
【図22】



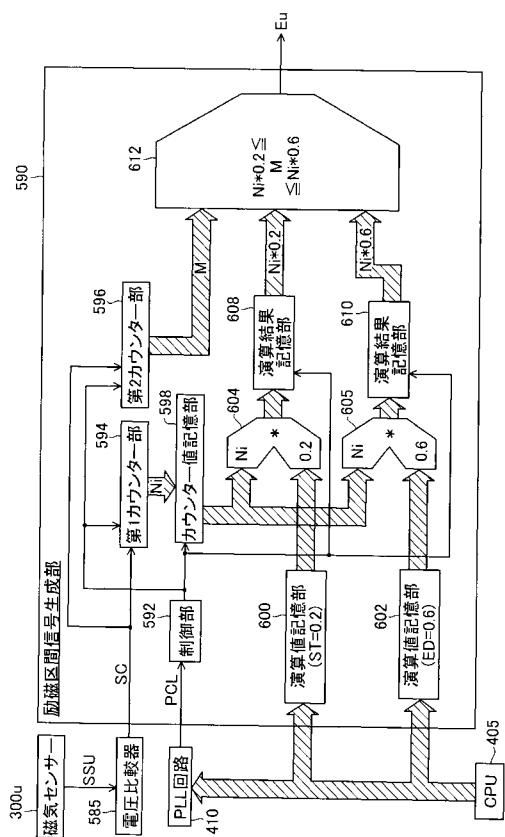
【図23】



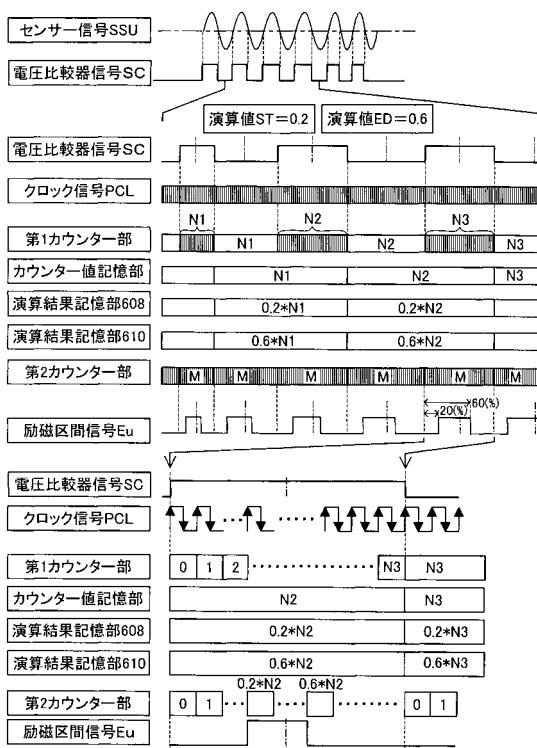
【図24】



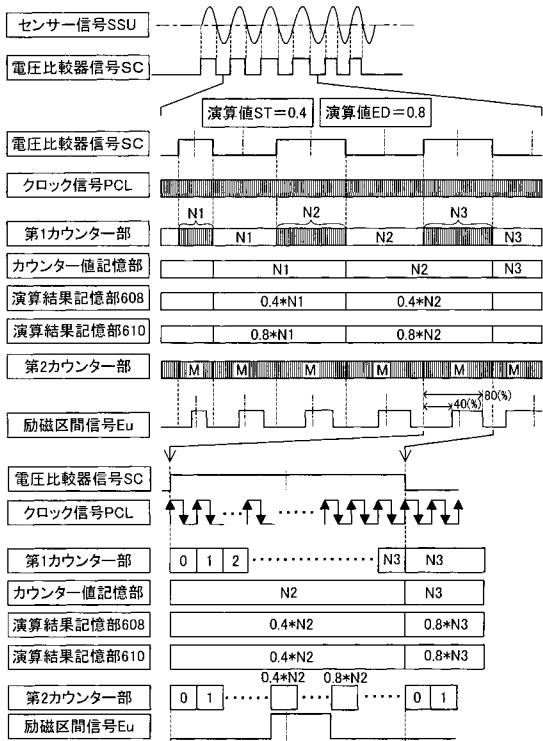
【図25】



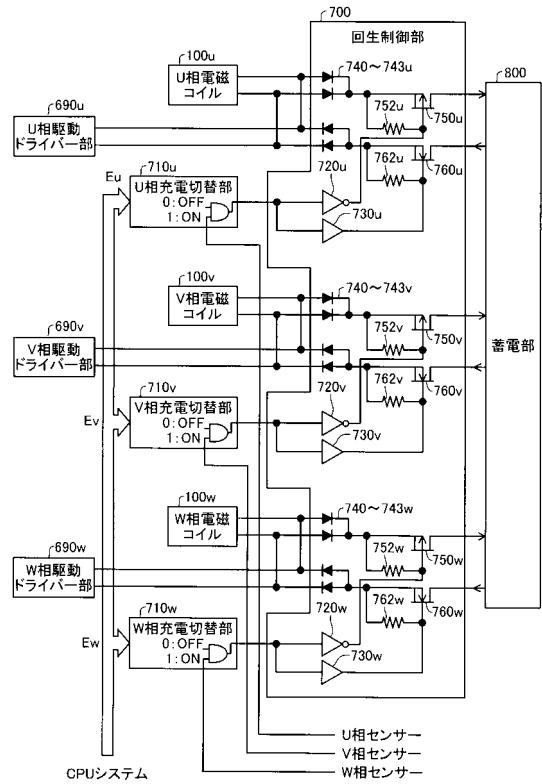
【図26】



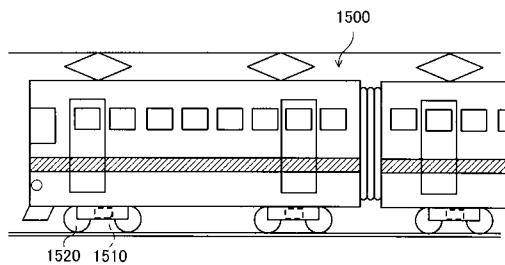
【図27】



【図28】



【図29】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2004-180410(JP,A)  
特開2009-178016(JP,A)  
特開2009-293907(JP,A)  
特開2009-060777(JP,A)  
特開2009-189225(JP,A)  
特開2008-131704(JP,A)  
特開2004-058800(JP,A)  
特開2009-303298(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P 6/08  
H02P 27/06