

(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 I

HO2P 6/08 (2006.01)

HO2P 27/06 (2006.01)

HO2P 6/02 371J

HO2P 7/63 303V

請求項の数 5 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2012-109721 (P2012-109721)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成24年5月11日 (2012.5.11)		セイコーエプソン株式会社
(62) 分割の表示	特願2010-120303 (P2010-120303) の分割		東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
原出願日	平成22年5月26日 (2010.5.26)	(74) 代理人	110000028 特許業務法人明成国際特許事務所
(65) 公開番号	特開2012-147675 (P2012-147675A)	(72) 発明者	竹内 啓佐敏
(43) 公開日	平成24年8月2日 (2012.8.2)		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
審査請求日	平成24年9月3日 (2012.9.3)		
		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、
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】

【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、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。これらのことは、モーターに共通する問題である。

【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。

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

10

20

30

40

50

ユ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。

10

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。

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】進角を進める態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)を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。

10

【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、パルス数が少なくなっている。

20

【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。

30

【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数である。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ュ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ュ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、様々なゲインの値におけるPWM駆動波形(デジタル)を示すものである。

40

50

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。

【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 1000 rpm となるように PWM の駆動電圧を調整した。

【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。

【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、一番な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。

【 0 0 2 4 】

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。

【 0 0 2 5 】

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ミ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ミ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ミ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ミッションは、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

【 0 0 2 6 】

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。

【 0 0 2 7 】

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

【 0 0 2 8 】

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、すなわち自動車であれば、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

【 0 0 2 9 】

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

【 0 0 3 0 】

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、CPU 405 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。

【0038】

CPU 405 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、CPU 405 には、制御テーブル 840 が接続されている。CPU 405 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。

【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 W 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。

【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 $DRVA1 \sim DRVA4$ 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。

【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 $S2$

から、駆動信号 $DRVA1 \sim DRVA4$ を生成する。すなわち、カウンタ 501 の出力 $S1$ のうち、 $EXOR$ 回路 511 の出力 $S2$ が L レベルの期間の信号を第 1、第 2 の駆動信号 $DRVA1$ 、 $DRVA2$ として出力し、出力 $S2$ が H レベルの期間の信号を第 3、第 4 の駆動信号 $DRVA3$ 、 $DRVA4$ 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 Eu 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 $DRVA1 \sim DRVA4$ 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 500 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 RI が H レベルに設定される。この結果、第 1、第 2 の駆動信号 $DRVA1$ 、 $DRVA2$ と、第 3、第 4 の駆動信号 $DRVA3$ 、 $DRVA4$ 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 500 の V 相用の回路 502、512、522 や、W 相用の回路 503、513、523 についても、同様の動作を実行する。

【0043】

図 17 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 492 と、電圧比較器 494、496 と、OR 回路 498 とを有している。電子可変抵抗器 492 の抵抗値 Rv は、CPU 405 によって設定される。電子可変抵抗器 492 の両端の電圧 $V1$ 、 $V2$ は、電圧比較器 494、496 の一方の入力端子に与えられている。電圧比較器 494、496 の他方の入力端子には、センサー出力 SSU 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 494、496 の出力信号 Sp 、 Sn は、OR 回路 498 に入力されている。OR 回路 498 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 Ex である。励磁区間信号 Ex は、CPU 405 に送られ、CPU 405 は、励磁区間信号 Ex の長さ、及び、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、励磁区間信号 Eu 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 Eu と Ex は同じ信号である。

【0044】

図 17 (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 492 の両端の電圧 $V1$ 、 $V2$ は、抵抗値 Rv 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 $V1$ 、 $V2$ は、電圧レンジの中央値 ($= VDD / 2$) からの差分が等しい値に設定される。センサー出力 SSU が第 1 の電圧 $V1$ よりも高い場合には第 1 の電圧比較器 494 の出力 Sp が H レベルとなり、一方、センサー出力 SSU が第 2 の電圧 $V2$ よりも低い場合には第 2 の電圧比較器 496 の出力 Sn が H レベルとなる。励磁区間信号 Ex 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 17 (B) の下部に示すように、励磁区間信号 Ex 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 405 が可変抵抗値 Rv を調整することによって行なわれる。

【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 460 (図 13) を例にとり説明する。符号化部 460 は、ADC 部 470 (図 13) から ADC 信号を受取、センサー出力値 Xu と正負符号信号 Pu を生成する。ここで、センサー出力値 Xu は、ADC 信号を $+127 \sim -128$ 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 Pu 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 Pu を H 、ADC 信号の値が 0 よりも大きい場合に正負符号信号 Pu を L としている。なお、正負符号信号 Pu の正負は、逆であってもよい。

【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 690 は、U 相駆動回路 690u ~ W 相駆動回路 690w を備えている。各駆動回路 690u ~ 690

10

20

30

40

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DRVA1~DRVA4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VS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VS+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VS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Iu1が付された矢印は、駆動信号DRVA1、DRVA2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Iu2が付された矢印は、駆動信号DRVA3、DRVA4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DRVA1とDRVA2とが同期し、駆動信号DRVA3とDRVA4とが同期している。駆動信号DRVA1とDRVA2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Iu1の方向)に電流が流れる。駆動信号DRVA3とDRVA4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Iu2の方向)に電流が流れる。なお、駆動信号DRVA1~DRVA4がオフの期間では、ハイインピーダンス(HiZ)である。

20

【0048】

一方、図20(b)に示す例では、駆動信号DRVA2は、駆動信号DRVA1がオンする周期で常時オンであり、駆動信号DRVA4は、駆動信号DRVA3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DRVA1とDRVA2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Iu1の方向)に電流が流れる。駆動信号DRVA3とDRVA4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Iu2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DRVA2、DRVA4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もよい。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可能である。

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PCLが励磁区間設定部590に入力されている点が異なる。

50

【 0 0 5 1 】

図 2 3 は、励磁区間設定部 5 9 0 の構成を示すブロック図である。この図 2 3 には、励磁区設定部 5 9 0 の他に、磁気センサー 3 0 0 u と、電圧比較器 5 8 5 と、P L L 回路 5 1 0 と、C P U 4 0 5 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 5 9 0 は、制御部 5 9 2 と、第 1 カウンタ部 5 9 4 と、第 2 カウンタ部 5 9 6 と、カウンタ値記憶部 5 9 8 と、2 つの演算値記憶部 6 0 0 , 6 0 2 とを備えている。励磁区間設定部 5 9 0 は、さらに、2 つの乗算回路 6 0 4 , 6 0 5 と、演算回路 6 0 6 と、2 つの演算結果記憶部 6 0 8 , 6 1 0 と、比較回路 6 1 2 とを備えている。P L L 回路 5 1 0 は、励磁区間設定部 5 9 0 内で使用されるクロック信号 P C L を生成する。制御部 5 9 2 は、このクロック信号 P C L をカウンタ部 5 9 4 , 5 9 6 に供給するとともに、カウンタ値記憶部 5 9 8 や演算結果記憶部 6 0 8 , 6 1 0 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。

10

【 0 0 5 2 】

図 2 4 は、励磁区間設定部 5 9 0 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 5 8 5 は、磁気センサー 3 0 0 u からの信号 S S U (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 S C を生成する。この基準信号のレベルは、センサー信号 S S U 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 5 9 4 は、制御部 5 9 2 から供給されるクロック信号 P C L に基づき、電圧比較器信号 S C 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 5 9 4 は、電圧比較器信号 S C 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 S C 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 (i は周期の番号) をカウンタ値記憶部 5 9 8 に記憶させる。第 1 カウンタ部 5 9 4 は、その後、次の周期において電圧比較器信号 S C 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 N_i を 0 にリセットし、電圧比較器信号 S C 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 5 9 4 は、電圧比較器信号 S C 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 5 9 8 に上書きする。

20

30

【 0 0 5 3 】

第 1 の演算値記憶部 6 0 0 (図 2 3) は、C P U 2 2 0 により設定された演算値 S T を記憶する。図 2 3 および図 2 4 の例では、演算値 $S T = 0.2$ である。演算回路 6 0 6 は、演算値 S T 記憶部 6 0 0 に記憶された演算値 S T を 1 から減算し、得られた演算結果 (演算値 $E D = 1 - S T$) を第 2 の演算値記憶部 6 0 2 に記憶させる。第 1 の乗算回路 6 0 4 は、カウンタ値記憶部 5 9 8 に記憶されたカウンタ値 N_i と、第 1 の演算値記憶部 6 0 0 に記憶された演算値 S T と、を掛け合わせ、得られた演算結果 ($= N_i \times S T$) を第 1 の演算結果記憶部 6 0 8 に記憶させる。第 2 の乗算回路 6 0 5 は、カウンタ値記憶部 5 9 8 に記憶されたカウンタ値 N_i と、第 2 の演算値記憶部 6 0 2 に記憶された演算値 E D と、を掛け合わせ、得られた演算結果 ($= N_i \times E D$) を第 2 の演算結果記憶部 6 1 0 に記憶させる。

40

【 0 0 5 4 】

第 2 カウンタ部 5 9 6 は、制御部 5 9 2 から供給されるクロック信号 P C L に基づき、電圧比較器信号 S C 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 S C 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 6 1 2 に順次入力される。

【 0 0 5 5 】

比較回路 6 1 2 は、励磁区間信号 E u を生成して出力するウインドウコンパレータであ

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(=N_i×S_T)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E_u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(=N_i×E_D)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E_uをローレベルにする。電圧比較器信号S_C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E_u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E_Dの値が、演算値S_T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E_Dの値がCPU220によって0.6に設定されている点と、演算値E_Dを0.6に設定したことにより、励磁区間信号E_uの励磁区間E_Pの中心位置が、電圧比較器信号S_C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S_Tが0.4に設定され、演算値E_Dが0.8に設定されている点と、励磁区間信号E_uの励磁区間E_Pの中心位置が、電圧比較器信号S_C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S_Tの値と、演算値E_Dの値と、をCPU405によって任意に設定すれば、励磁区間E_P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S_Tの値および演算値E_D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E_P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E_u~E_w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E_u~E_w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%を越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E_u~E_wの長さが短いほど大きく設定されており、励磁区間信号E_u~E_w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E_u~E_w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E_u~E_w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_u~E_w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_u~E_w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710_u~710_w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700_u~W相回生制御回路700_wを含んでいる。U相回生制御回路700_u~W相回生制御回路700_wの構成は同じであるので、U相回生制御回路700_uを例にとり説明する。U相回生制御回路700_uは、U相電磁コイル100_uに対して駆動回路690_uと並列に接続されている。U回生制御部700_uは、インバーター回路720_uと、バッファ回路730_uと、ダイオードで構成される整流回路740_u~743_uと、スイッチングトランジスタ750_u、760_uと、抵抗752_u、762_uと、を備えている。

10

【0064】

励磁区間信号E_u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710_u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_uのオン期間を長くしてもよい。U相充電切替部710_uがオンになると、インバーター回路720_uの出力がLとなり、スイッチングトランジスタ750_uがオン状態になる。一方、バッファ回路730_uの出力はHとなるため、スイッチングトランジスタ760_u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750_uを介して、U相電磁コイル100_u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710_uがオフ(=0=L)になると、バッファ回路730_uによってスイッチングトランジスタ760_uがオン状態になる。一方、インバーター回路720_uの出力がHとなり、スイッチングトランジスタ750_u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100_uに電流を供給することが可能である。

20

【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710_u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710_u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。

30

【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_u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_u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]

40

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る。

【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、

50

改良され得るとともに、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。

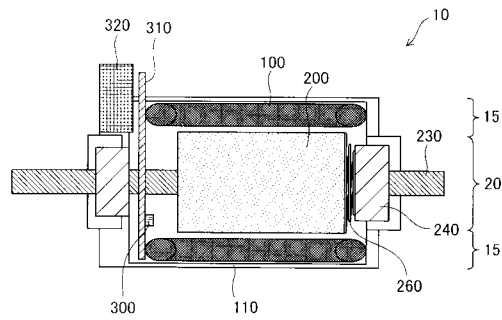
【符号の説明】

【 0 0 6 8 】

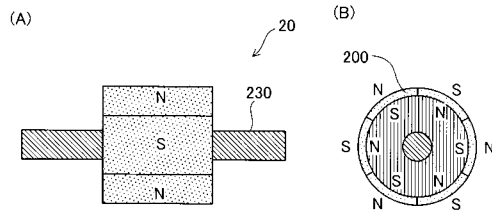
1 0 ...	ブラシレスモーター（モーター）	
1 5 ...	ステーター	
2 0 ...	ローター	
1 0 0、1 0 0 u ~ 1 0 0 w ...	電磁コイル	
1 1 0 ...	ケーシング	
2 0 0 ...	永久磁石	
2 3 0 ...	回転軸	10
2 6 0 ...	コイルバネ	
3 0 0 ...	磁気センサー	
3 1 0 ...	回路基板	
3 2 0 ...	コネクタ	
4 0 5 ...	C P U	
4 1 0 ...	基本クロック生成回路	
4 2 0 ...	分周器	
4 4 0 ...	正逆方向指示値レジスタ	
4 5 0 ...	乗算器	
4 5 2 ...	乗算器	20
4 5 4 ...	乗算器	
4 6 0 ...	符号化部	
4 6 2 ...	符号化部	
4 6 4 ...	符号化部	
4 8 0 ...	電圧指令値レジスタ	
4 9 2 ...	電子可変抵抗器	
4 9 4 ...	第 1 の電圧比較器	
4 9 6 ...	第 2 の電圧比較器	
5 2 1 ~ 5 2 3 ...	駆動波形形成部	
5 8 5 ...	電圧比較器	30
5 9 0 ...	励磁区間設定部	
5 9 2 ...	制御部	
5 9 4 ...	第 1 カウンタ部	
5 9 6 ...	第 2 カウンタ部	
5 9 8 ...	カウンタ値記憶部	
6 0 0 ...	第 1 の演算値記憶部	
6 0 2 ...	第 2 の演算値記憶部	
6 0 4 ...	第 1 の乗算回路	
6 0 5 ...	第 2 の乗算回路	
6 0 6 ...	演算回路	40
6 0 8 ...	第 1 の演算結果記憶部	
6 1 0 ...	第 2 の演算結果記憶部	
6 1 2 ...	比較回路	
6 9 0 ...	三相駆動回路	
6 9 0 u ...	駆動回路	
6 9 5 u ...	レベルシフト回路	
7 0 0 ...	回生制御部	
7 2 0 u ...	インバーター回路	
7 3 0 u ...	バッファ回路	
7 4 0 u ...	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	

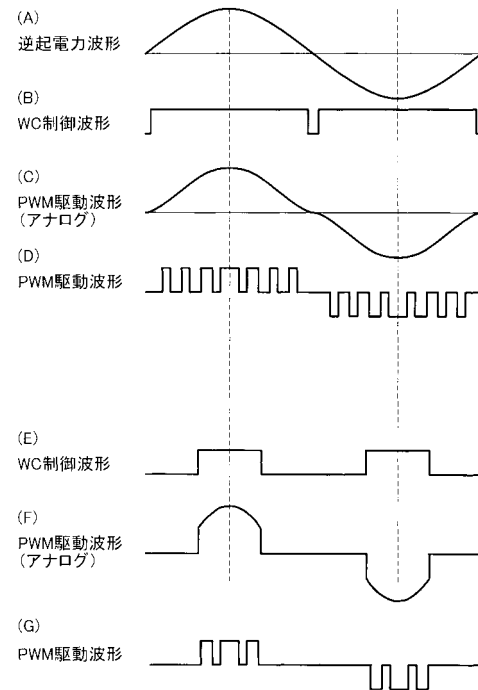
【図 1】



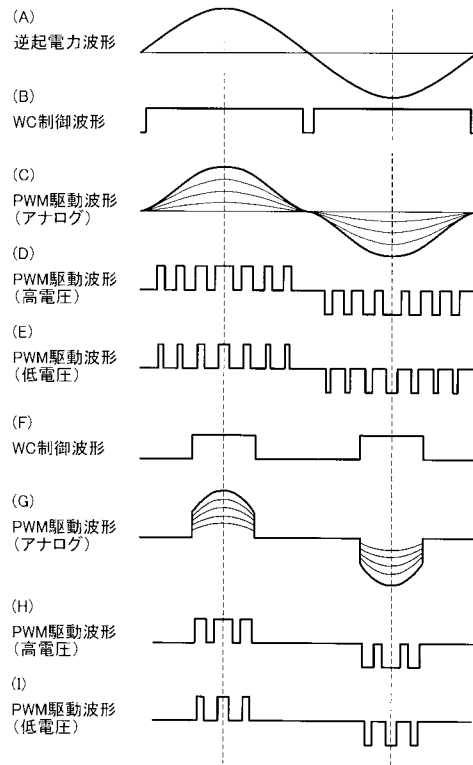
【図 2】



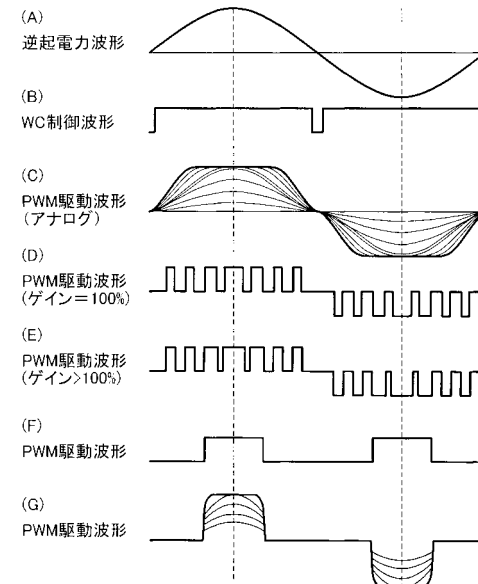
【図 3】



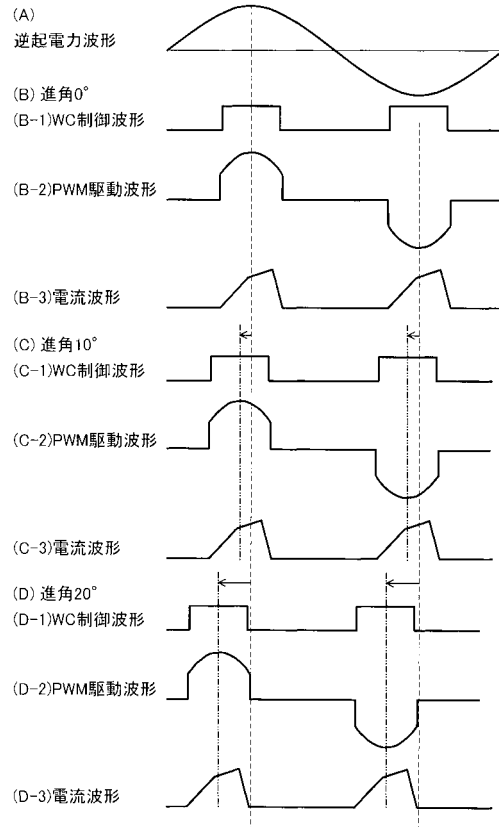
【図 4】



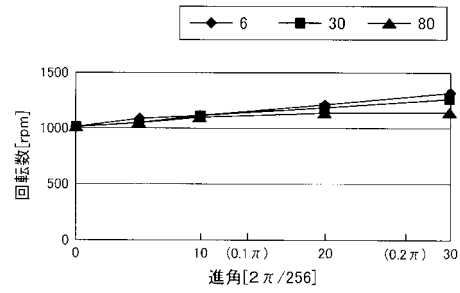
【図 5】



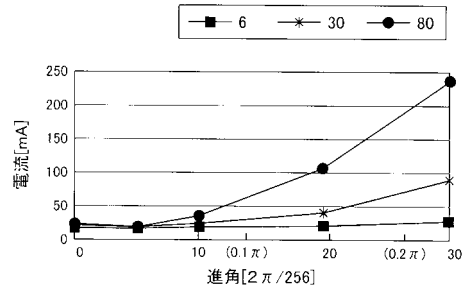
【図 6】



【図 7】



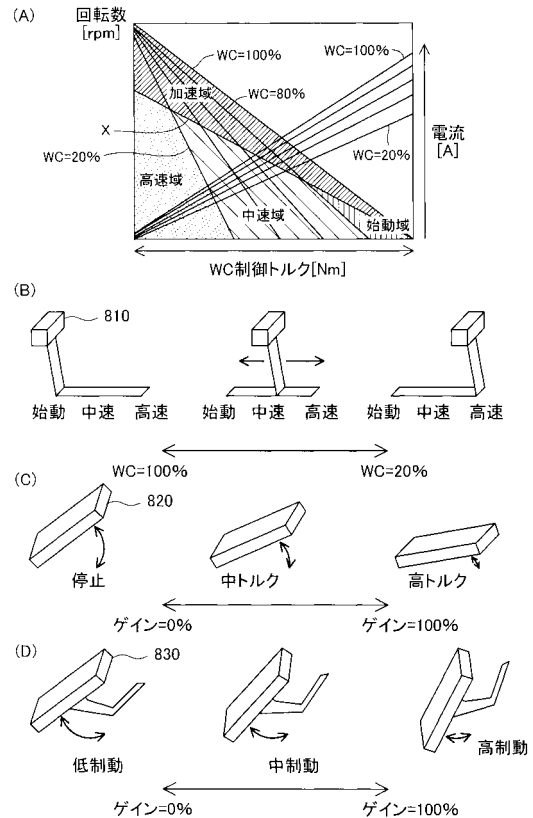
【図 8】



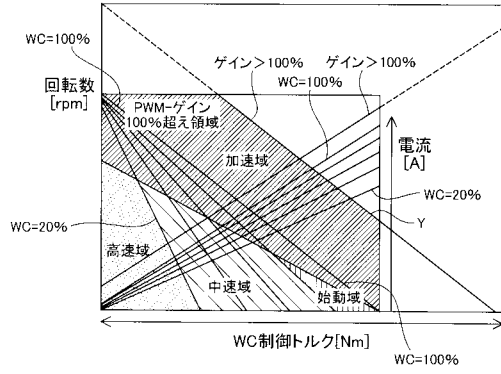
【図 9】

PWM値	WC制御部	進角値	回転数	電流
PWM-ゲイン	WC比	Ph	N	Ip
[%]	[%]	[2π/256]	[rpm]	[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
100	80	0	1000	22.0
		5	1040	19.5
		10	1100	36.0
		20	1140	104.0
		30	1140	235.0

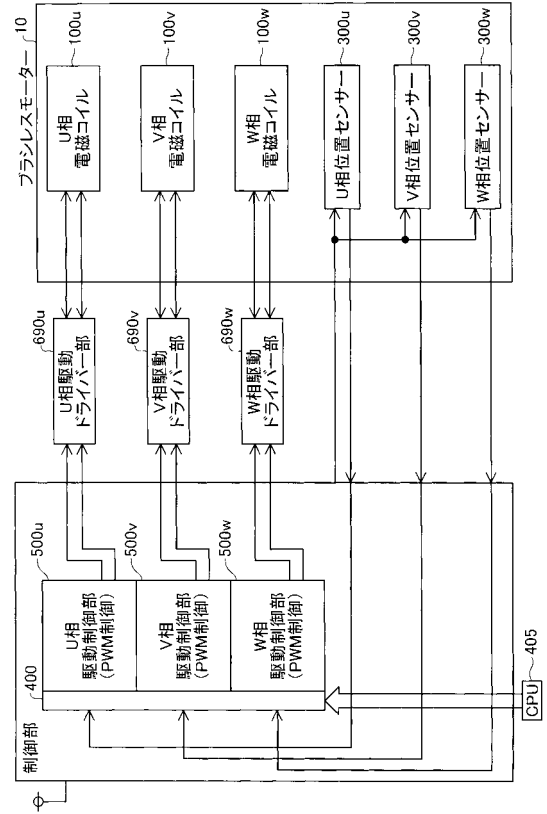
【図 10】



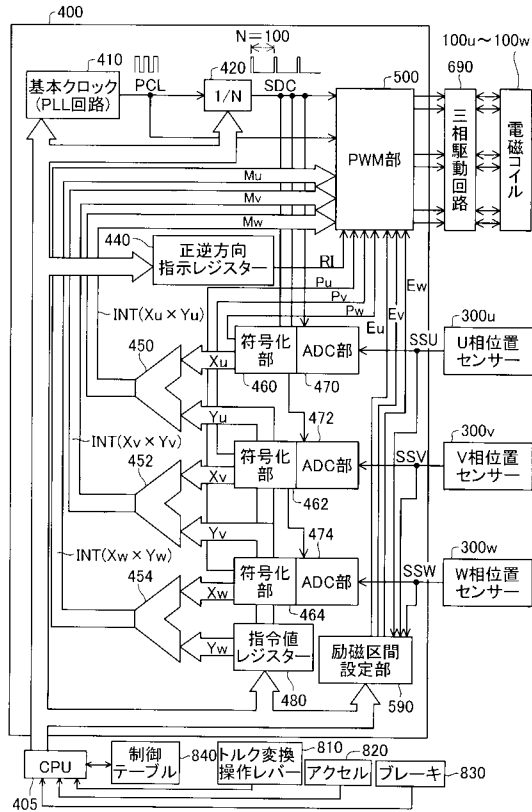
【図 1 1】



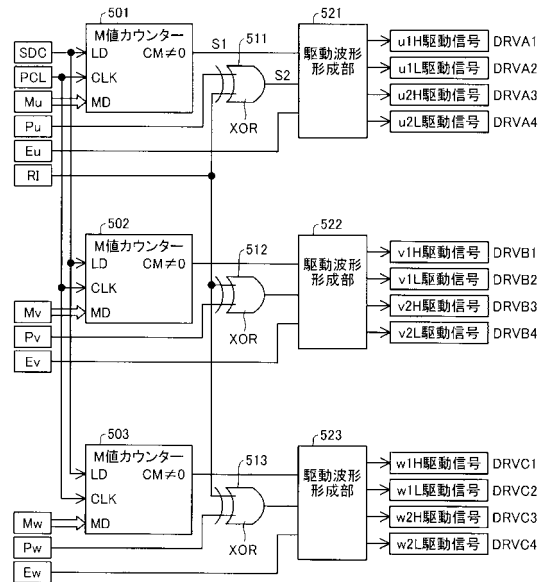
【図 1 2】



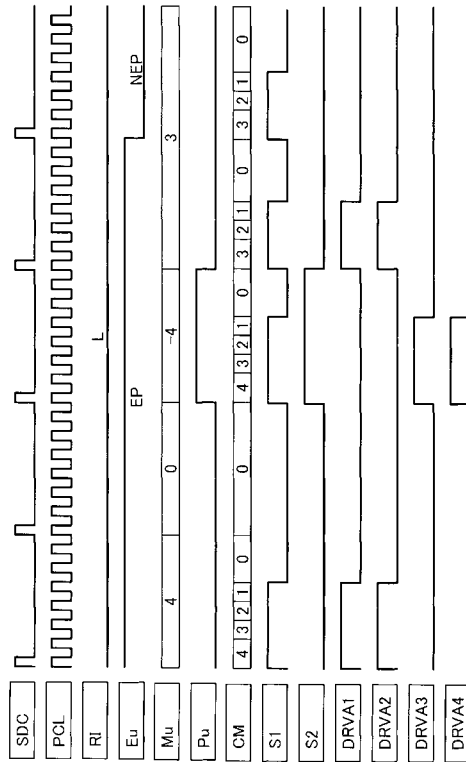
【図 1 3】



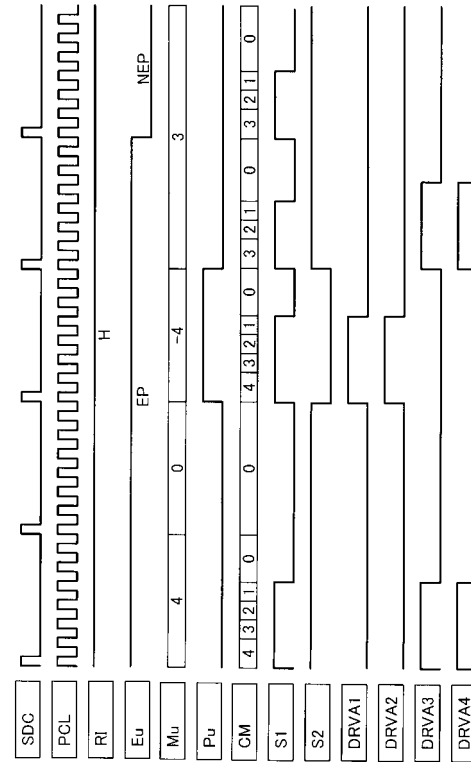
【図 1 4】



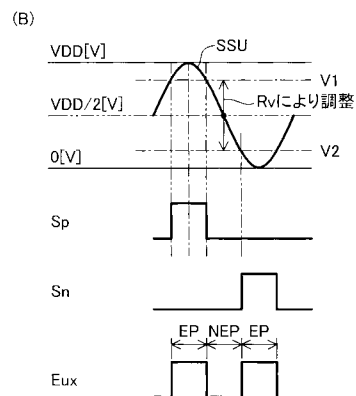
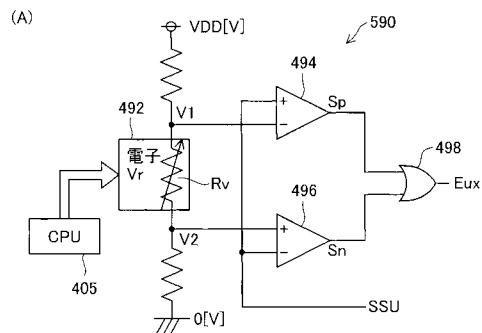
【図 15】



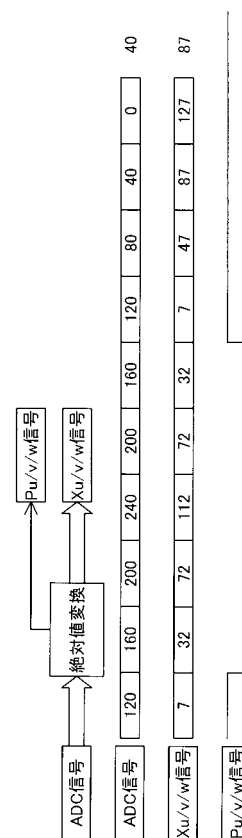
【図 16】



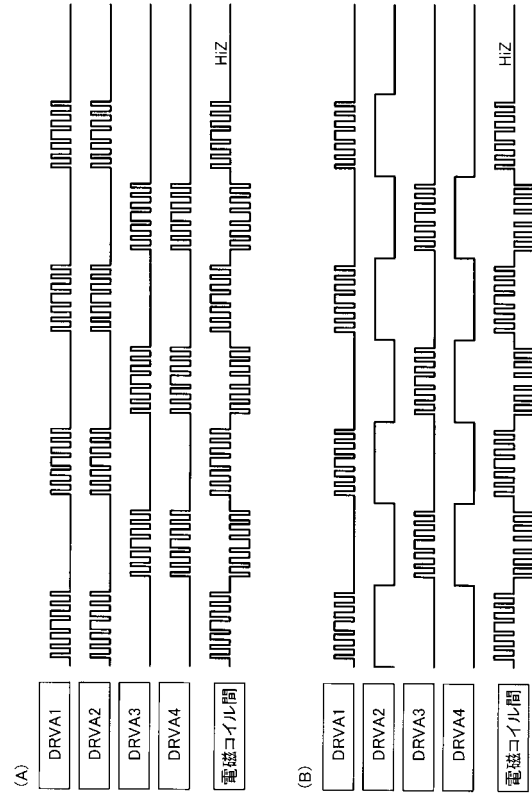
【図 17】



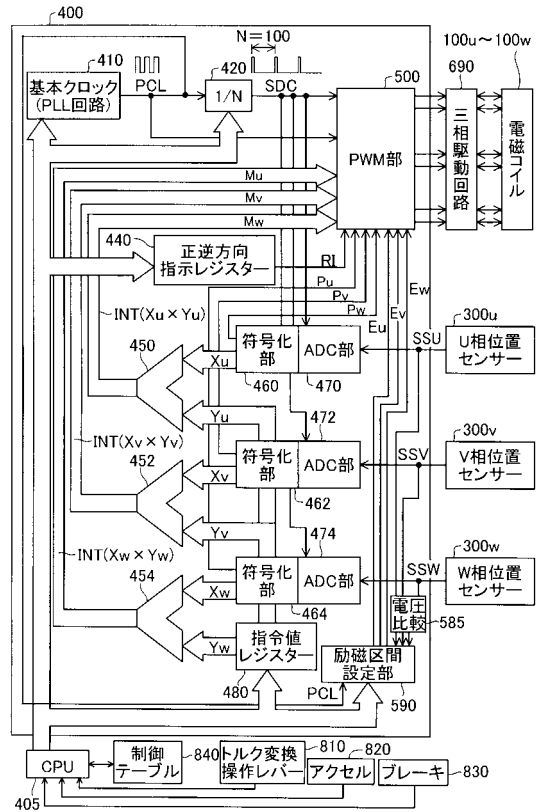
【図 18】



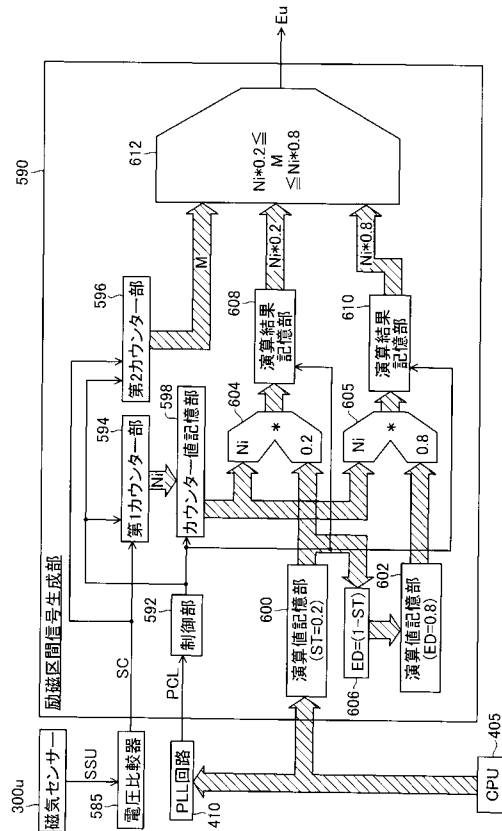
【 図 2 0 】



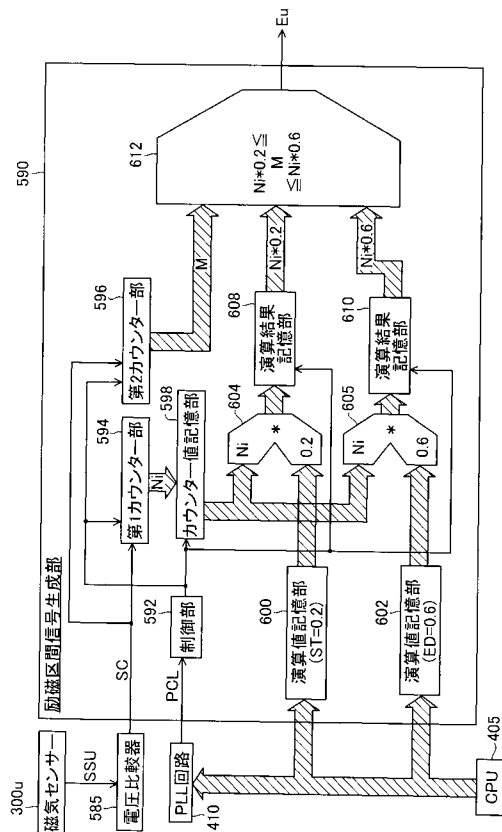
【 図 2 2 】



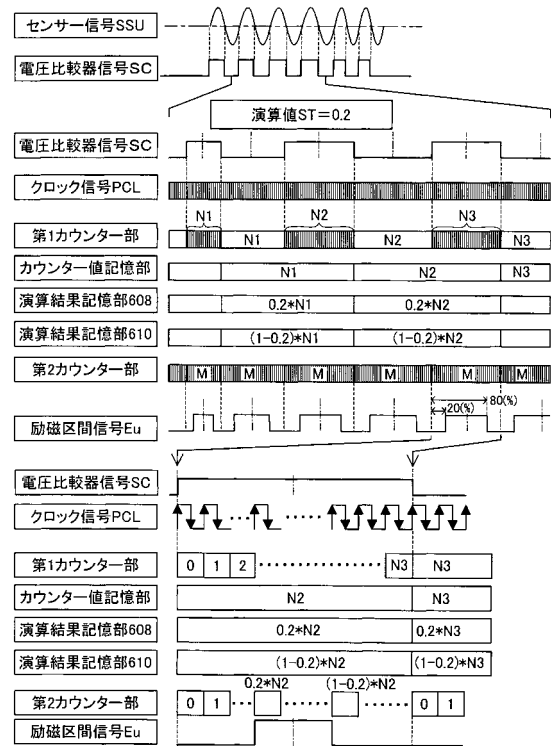
【図 23】



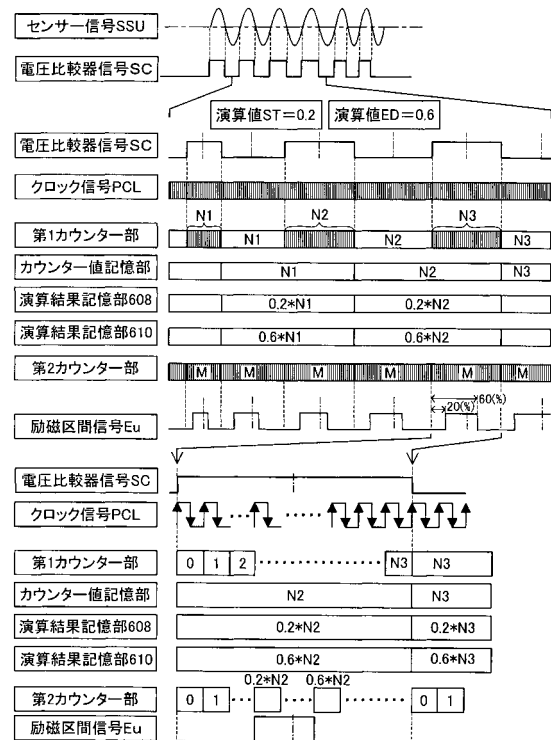
【図 25】



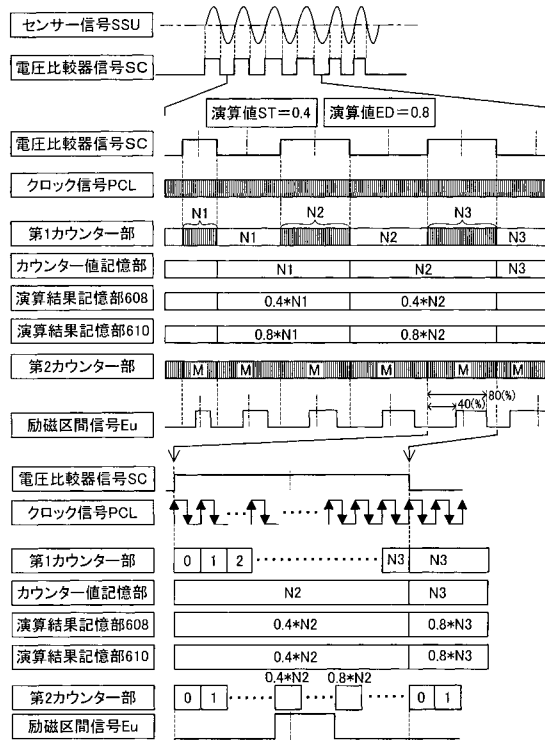
【図 24】



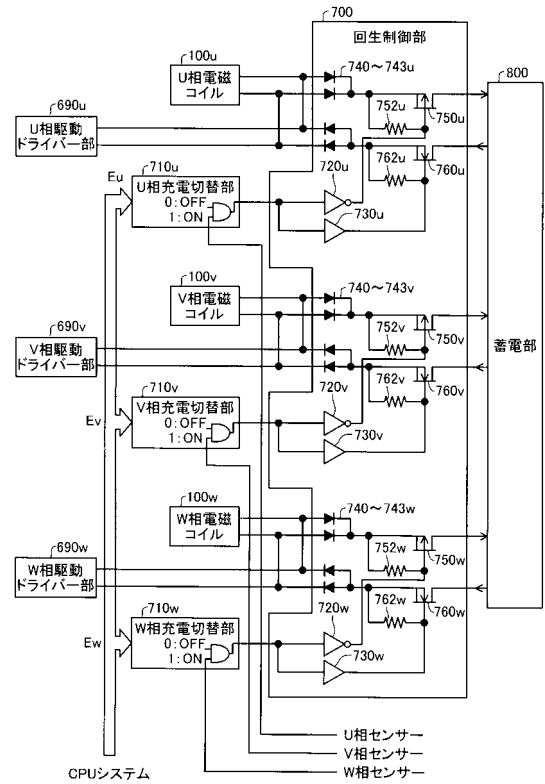
【図 26】



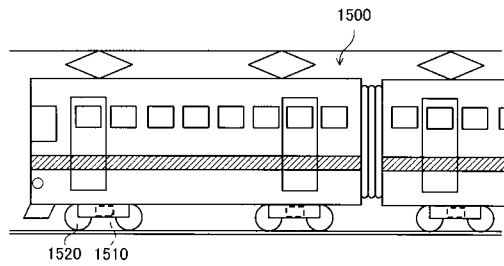
【図 27】



【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