

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6158948号
(P6158948)

(45) 発行日 平成29年7月5日(2017.7.5)

(24) 登録日 平成29年6月16日(2017.6.16)

(51) Int.CI.

HO2P 6/08 (2016.01)

F 1

HO2P 6/08

請求項の数 22 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2015-549399 (P2015-549399)
 (86) (22) 出願日 平成25年11月19日 (2013.11.19)
 (65) 公表番号 特表2016-501509 (P2016-501509A)
 (43) 公表日 平成28年1月18日 (2016.1.18)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2013/070703
 (87) 國際公開番号 WO2014/099215
 (87) 國際公開日 平成26年6月26日 (2014.6.26)
 審査請求日 平成27年11月30日 (2015.11.30)
 (31) 優先権主張番号 13/718,549
 (32) 優先日 平成24年12月18日 (2012.12.18)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 501105602
 アレグロ・マイクロシステムズ・エルエル
 シー
 アメリカ合衆国マサチューセッツ州016
 06, ウスター, ノースイースト・カット
 オフ 115
 (74) 代理人 100140109
 弁理士 小野 新次郎
 (74) 代理人 100075270
 弁理士 小林 泰
 (74) 代理人 100101373
 弁理士 竹内 茂雄
 (74) 代理人 100118902
 弁理士 山本 修

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】電動機を駆動している間、電動機ジッタを低減するためのシステムおよび方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電動機を駆動する方法であって、
 電動機への電力を制御するために前記電動機に対するパルス幅変調駆動信号を生成するステップと、

前記パルス幅変調駆動信号の周波数を制御するための制御信号を生成するステップと、
 前記電動機の速度を監視するステップと、

前記電動機の速度に基づいて前記制御信号を調整するステップであって、それにより前記パルス幅変調駆動信号の周波数を前記電動機の位相の継続期間に関連する値に設定し、
 延いては前記駆動信号上の不完全パルスの発生を少なくするステップと、

前記制御信号が閾値を横切ると、前記パルス幅変調駆動信号をトグルすることによって
パルス幅変調駆動信号上にパルスを生成するステップをと、

前記電動機が位相をえる毎にサブ回路を交互に切り換えることによって、2つ以上の
 サブ回路によって交互にパルスを生成するステップと、
 を含む方法。

【請求項2】

前記パルスの幅を制御するために前記閾値が可変閾値である、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

個々の前記電動機の位相の間、2個から6個のパルスを前記パルス幅変調駆動信号上に
 生成することになる値に前記パルスの周波数を設定するステップをさらに含む、請求項1

又は 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記電動機の位相が終了するときにおける前記パルス幅変調駆動信号がアサートされることの発生を少なくすることによって、不完全パルスの発生を少なくする値に、前記周波数は設定される、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 5】

前記パルス幅変調駆動信号上にパルスを生成するための 1 つまたは複数の追加制御信号を生成するステップと、
10

前記電動機の位相が変化すると、前記パルス幅変調駆動信号上に前記パルスを生成するために使用される制御信号を交互に切り換えるステップと
をさらに含む、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 6】

前記周波数を設定するステップが、電流がコンデンサを充電する速度を制御するステップを含む、請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 7】

前記周波数を設定するステップが、前記制御信号が立ち上がり、かつ、立ち下がる速度を制御するために、1 つまたは複数のコンデンサを前記制御信号に選択的に結合するステップを含む、請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 8】

前記電動機の位相の継続期間を監視するステップが、前記電動機からの逆 E M F 信号、
20 磁界センサからの信号およびレゾルバからの信号のうちの 1 つから整流信号を受け取るステップを含む、請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 9】

前記磁界センサが、

ホール効果素子

磁気抵抗素子

磁気トランジスタ

のうちの 1 つまたは複数を備える、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記制御信号が三角波信号である、請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載の方法。
30

【請求項 11】

電動機を駆動するための装置であって、

制御信号に応答してパルス幅変調駆動信号上にパルスを生成するように構成された駆動信号発生回路と、

前記電動機から整流信号を受け取り、かつ、前記電動機の速度を監視するように結合された検出回路と、

前記パルス幅変調駆動信号の周波数が前記電動機の位相の継続期間に関連し、それにより前記パルス幅変調駆動信号上の不完全パルスの発生が少なくなるよう、前記監視された電動機の速度に応答して前記制御信号を動的に生成するように構成された制御信号発生回路と、
40

を備える装置において、

前記制御信号発生回路は、前記パルス幅変調駆動信号を生成する 2 つ以上のサブ回路を含み、前記電動機が位相を変える毎にサブ回路を交互に切り換えることによって、2 つ以上のサブ回路によって交互にパルスを生成するように構成されており、

前記駆動信号発生回路が、前記制御信号が閾値を横切ると、前記パルス幅変調駆動信号をトグルすることによって前記パルス幅変調駆動信号上に前記パルスを生成する、
装置。

【請求項 12】

前記閾値が前記パルス幅変調駆動信号上のパルスの幅を制御するための可変閾値である、
50 請求項 1 1 に記載の装置。

【請求項 1 3】

前記制御信号発生回路が、前記駆動信号上の不完全パルスの発生を少なくすることによって電動機ジッタを少なくする値に前記パルス幅変調駆動信号の周波数を設定するように構成される、請求項 1 1 又は 1 2 に記載の装置。

【請求項 1 4】

前記制御信号発生回路が、前記電動機の位相が変化するときの前記パルス幅変調駆動信号上でのパルスの発生を少なくするように、前記電動機の位相の継続期間に対応した値に前記パルスの周波数を設定するように構成される、請求項 1 1 ~ 1 3 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 1 5】

前記制御信号発生回路が、前記電動機の位相の継続期間の間に前記パルス幅変調駆動信号上に所定の数のパルスが生じるよう、前記パルス幅変調駆動信号の周波数を動的に設定するように構成される、請求項 1 1 ~ 1 4 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 1 6】

前記パルス幅変調駆動信号上に前記パルスを生成するための 1 つまたは複数の追加 PWM 発生器回路

をさらに備え、前記制御信号発生回路が、前記パルス幅変調駆動信号を生成するために使用される制御信号を交互に切り換えるように構成される、請求項 1 1 ~ 1 5 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 1 7】

前記パルス幅変調駆動信号を生成するために使用されていない前記制御信号をリセット状態に保持するように構成された切換え回路をさらに備える、請求項 1 6 に記載の装置。

【請求項 1 8】

前記制御信号発生回路が、電流がコンデンサを充電する速度を制御することによって前記周波数を設定するように構成される、請求項 1 1 ~ 1 7 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 1 9】

前記制御信号発生回路が、前記コンデンサに流入し、かつ、前記コンデンサから流出する電流の量を調整することによって前記周波数を設定するように構成される、請求項 1 8 に記載の装置。

【請求項 2 0】

前記整流信号が、

前記電動機からの逆 E M F 信号

磁界センサによって生成される信号

レゾルバによって生成される信号

のうちの 1 つである、請求項 1 1 ~ 1 9 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 2 1】

前記磁界センサが、

ホール効果素子

磁気抵抗素子

磁気トランジスタ

のうちの 1 つまたは複数を備える、請求項 2 0 に記載の装置。

【請求項 2 2】

前記制御信号が、三角波、ランプ信号および計算された信号のうちの 1 つである、請求項 1 1 ~ 2 1 のいずれか一項に記載の装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0 0 0 1】**

[0001] 本開示は、電動機を駆動するための回路、システムおよび方法に関し、より詳細には、電動機を駆動している間の電動機ジッタの低減に関する。

【背景技術】

10

20

30

40

50

【0002】

[0002] ブラシレスDC（BLDC：Brushless DC）電動機を正確に制御し、駆動し、かつ、調整するための回路は多くの用途で必要である。これらの回路は、しばしば、電動機への電力を制御するために使用されるパルス幅変調（PWM：Pulse-Width Modulated）駆動信号を生成する。

【0003】

[0003] 知られているように、BLDC電動機は複数のコイルを含むことができる。これらのコイルは、エネルギーが供給されると電動機を回転させる。しかしながら電動機を連続的に回転させるためには、電動機コントローラ回路は、これらのコイルのうちの1つまたは複数（すべてではなく）に一度ずつエネルギーを供給し、特定の順序でコイルにエネルギーを供給し、異なる間に前方向および後方向にコイルにエネルギーを供給し、等々を実施しなければならないことがある。コイルにエネルギーが供給される時間期間は、しばしば、電動機のいわゆる「位相」と呼ばれている。10

【0004】

[0004] コイルにエネルギーが供給されるシーケンスおよびタイミングは、BLDC電動機の設計によって決まる。一例として、特定のBLDC電動機は、電動機を回転させるために、連続的に、すなわちラウンドロビン方式でエネルギーを供給しなければならない3つのコイルを有することができる。このような電動機は3つの「位相」を有することができる。個々の位相では、3つのコイルのうちの異なる1つまたは複数にエネルギーが供給される。電動機が回転すると、位相が変化し、電動機ドライバは、電動機の回転を維持するために次の1つまたは複数のコイルにエネルギーを供給することができる。20

【0005】

[0005] 2009年9月15日に発行された米国特許第7590334号、2010年6月29日に発行された米国特許第7747146号、2011年10月12日に出願された米国特許出願第13/271723号、および2012年8月29日に出願された米国特許出願第13/595430号に、いくつかの知られている電動機駆動回路が記載されており、これらの各々は、参照により本明細書に組み込まれており、また、これらの各々は、本発明の譲受人に譲渡されている。

【0006】

[0006] 特定の電動機用途では、電動機ジッタ、すなわち電動機の仮定された周期信号の真の周期性からの望ましくない逸脱を最小にすることが望ましい。言い換えると、ジッタは、電動機速度または電動機速度を表す信号を、何げなく、または不意に変化させ、または変動させる傾向であってもよい。ジッタは様々な刺激によって生じ得る。例えばPWM駆動信号上の不完全パルス、すなわち短パルス（すなわち正規の継続期間より短いパルス）は、電動機に印加される電力の量を変動させることがあり、したがって電動機の速度を変動させことがある。30

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0007】**

[0007] 以上に鑑みて、電動機ジッタの発生を少なくすることができる電動機制御回路および関連する方法を提供することが望ましい。40

【課題を解決するための手段】**【0008】**

[0008] 本発明は、電動機ジッタの発生を少なくすることができる電動機制御回路および関連する方法を提供する。

【0009】

[0009] 一態様では、電動機を駆動するための方法は、電動機への電力を制御するためのパルス幅変調（PWM）駆動信号を生成するステップを含む。また、パルス幅変調駆動信号上のパルスの周波数を制御するための制御信号が同じく生成される。駆動信号上の不完全パルスの発生を少なくするために、電動機の位相の継続期間が監視され、また、パルス50

の周波数が電動機の位相の継続期間に関連する値に設定される。

【0010】

[0010]いくつかの実施形態では、上記方法は、以下の態様のうちの1つまたは複数を含むことができる。

【0011】

[0011]上記方法のいくつかの実施形態では、パルス幅変調駆動信号上にパルスを生成するための追加制御信号が生成され、電動機の位相が変化すると、パルスを生成するために使用される制御信号を切り換えることができる。

【0012】

[0012]上記方法のいくつかの実施形態では、駆動信号はパルス幅変調（P W M）信号である。 10

【0013】

[0013]いくつかの実施形態では、上記方法は、制御信号が閾値を横切ると、駆動信号をトグルすることによってパルス幅変調駆動信号上にパルスを生成するステップをさらに含む。

【0014】

[0014]上記方法のいくつかの実施形態では、閾値は、パルスの幅を制御するための可変閾値である。

【0015】

[0015]いくつかの実施形態では、上記方法は、電動機の個々の位相の間、約2個から約6個のパルスがパルス幅変調駆動信号上に生成される値にパルスの周波数を設定するステップをさらに含む。 20

【0016】

[0016]上記方法のいくつかの実施形態では、電動機の位相が終了するときにおけるパルス幅変調駆動信号がアサートされることの発生を少なくすることによって不完全パルスの発生を少なくする値に、周波数は設定される。

【0017】

[0017]いくつかの実施形態では、上記方法は、パルス幅変調駆動信号上にパルスを生成するために1つまたは複数の追加制御信号を生成するステップと、電動機の位相が変化すると、パルス幅変調駆動信号上にパルスを生成するために使用される制御信号を交互に切り換えるステップとをさらに含む。 30

【0018】

[0018]上記方法のいくつかの実施形態では、周波数を設定するステップは、電流がコンデンサを充電する速度を制御するステップを含む。

【0019】

[0019]上記方法のいくつかの実施形態では、周波数を設定するステップは、制御信号が立ち上がり、かつ、立ち下がる速度を制御するために、1つまたは複数のコンデンサを選択的に制御信号に結合するステップを含む。

【0020】

[0020]上記方法のいくつかの実施形態では、電動機の位相の継続期間を監視するステップは、電動機からの逆E M F信号、磁界センサからの信号およびレゾルバからの信号のうちの1つから整流信号（c o m m u n i t a t i o n s i g n a l）を受け取るステップを含む。 40

【0021】

[0021]上記方法いくつかの実施形態では、磁界センサは、ホール効果素子、磁気抵抗素子および磁気トランジスタのうちの1つまたは複数を備える。

【0022】

[0022]上記方法のいくつかの実施形態では、制御信号は三角波信号である。

【0023】

[0023]他の態様では、電動機を駆動するための装置は、制御信号に応答してパルス幅変 50

調駆動信号上にパルスを生成するように構成された駆動信号発生回路を備える。電動機から整流信号を受け取り、かつ、電動機の位相の継続期間を監視するように結合された検出回路も同じく含まれている。制御信号発生回路は、電動機の位相の継続期間に対応する値へのパルスの周波数、それにより駆動信号上の不完全パルスの発生が少なくなるよう、制御信号を動的に生成するように構成される。

【0024】

[0024]いくつかの実施形態では、上記装置は、以下の態様のうちの1つまたは複数を含むことができる。

【0025】

[0025]上記装置のいくつかの実施形態では、パルス幅変調駆動信号上にパルスを生成するための1つまたは複数の追加PWM発生器回路が含まれており、また、ドライバ信号発生器回路は、パルス幅変調駆動信号上にパルスを生成するために使用される制御信号を交互に切り換えるように構成される。10

【0026】

[0026]上記装置のいくつかの実施形態では、駆動信号はパルス幅変調(PWM)駆動信号である。

【0027】

[0027]上記装置のいくつかの実施形態では、駆動信号発生器回路は、制御信号が閾値を横切ると、パルス幅変調駆動信号をトグルすることによってパルス幅変調駆動信号上にパルスを生成する。20

【0028】

[0028]上記装置のいくつかの実施形態では、閾値は、PWM駆動信号上のパルスの幅を制御するための可変閾値である。

【0029】

[0029]上記装置のいくつかの実施形態では、制御信号発生回路は、駆動信号上の不完全パルスの発生を少なくすることによって電動機ジッタを少なくする値にPWM駆動信号の周波数を設定するように構成される。

【0030】

[0030]上記装置のいくつかの実施形態では、制御信号発生回路は、電動機の位相が変化すると、PWM駆動信号上で一度ずつ生じるパルスの発生を少なくする値にパルスの周波数を設定するように構成される。30

【0031】

[0031]上記装置のいくつかの実施形態では、制御信号発生回路は、電動機の位相の継続期間中、所定の数のパルスがPWM駆動信号上で生じるよう、PWM駆動信号の周波数を動的に設定するように構成される。

【0032】

[0032]いくつかの実施形態では、上記装置は、パルス幅変調駆動信号上にパルスを生成するための1つまたは複数の追加PWM発生器回路をさらに備え、ドライバ信号発生器回路は、PWM駆動信号を生成するために使用される制御信号を交互に切り換えるように構成される。40

【0033】

[0033]いくつかの実施形態では、上記装置は、PWM駆動信号を生成するために使用されていない制御信号をリセット状態に保持するように構成された切換え回路をさらに備える。

【0034】

[0034]上記装置のいくつかの実施形態では、PWM発生器回路は、電流がコンデンサを充電する速度を制御することによって周波数を設定するように構成される。

【0035】

[0035]上記装置のいくつかの実施形態では、PWM発生器回路は、コンデンサに流入し、かつ、コンデンサから流出する電流の量を制御することによって周波数を設定するよう50

に構成される。

【0036】

[0036]上記装置のいくつかの実施形態では、整流信号は、電動機からの逆 E M F 信号、磁界センサによって生成される信号およびレゾルバによって生成される信号のうちの 1 つである。

【0037】

[0037]上記装置のいくつかの実施形態では、磁界センサは、ホール効果素子、磁気抵抗素子および磁気トランジスタのうちの 1 つまたは複数を備える。

【0038】

[0038]上記装置のいくつかの実施形態では、制御信号は、三角波、ランプ信号および計算された信号のうちの 1 つである。 10

【図面の簡単な説明】

【0039】

【図 1】[0039]電動機を駆動するための電子回路の回路図である。

【図 2】[0040]電動機を駆動するための P W M 発生器回路の回路図である。

【図 3 A】[0041]電動機を駆動するための電子回路によって生成することができる一連の波形を示す図である。

【図 3 B】[0042]電動機を駆動するための電子回路によって生成することができる一連の波形を示す図である。

【図 4】[0043]電動機を駆動するための P W M 発生器回路の回路図である。 20

【図 5】[0044]電動機を駆動するためのプロセスの流れ図である。

【0040】

[0045]図面中の同様の数字は同様の要素を表している。回路図またはブロック図内のコネクタは、単一の配線、バス、またはブロック間の他のタイプの接続を表すことができる。単一のコネクタ線は、単一の配線への接続のタイプに限定するものと解釈してはならない。

【0041】

[0046]流れ図およびブロック図を含む図は、例示的目的のために提供されており、本開示の範囲を限定することは意図されていない。図は、特定の配置またはシーケンスで接続された特定のブロック番号を使用して線図および流れ図を描写しているが、これらは單なる例にすぎない。他の配置およびシーケンスも本開示の範囲内である。 30

【発明を実施するための形態】

【0042】

[0047]本発明を説明する前に、いくつかの前置きの概念および専門用語について説明する。本明細書において使用されているように、「磁界知覚素子」という用語は、磁界を知覚することができる様々な電子要素を記述するために使用されている。磁界知覚素子は、それらに限定されないが、例えばホール効果素子、磁気抵抗素子、磁気トランジスタまたはレゾルバであってもよい。

【0043】

[0048]当分野で知られているように、回転している電動機は発電機のように作用することができる。回転している電動機によって生成される起電力は、逆 E M F と呼ぶことができる。この逆 E M F によって生成される信号を測定して、電動機の位置および速度を決定することができる。例えば逆 E M F 信号の大きさは、電動機の速度に正比例させることができる。いくつかの実例では、これらの信号は、外部センサを必要とすることなく測定することができる。これらのいわゆる「センサなしシステム」では、逆 E M F 信号は、電動機から電動機ドライバ回路の入力へ直接帰還することができる。 40

【0044】

[0049]知られているように、異なるタイプのホール効果素子を使用して、電動機の位置および速度を測定することも可能である。これらのホール効果素子は、例えば平面ホール素子、垂直ホール素子および円形垂直ホール(C V H)素子を含む。同じく知られている 50

ように、異なるタイプの磁気抵抗素子が存在しており、例えばアンチモン化インジウム(I n S b)、巨大磁気抵抗(G M R)素子、異方性磁気抵抗素子(A M R)、トンネル磁気抵抗(T M R)素子および磁気トンネル接合(M T J)などの半導体磁気抵抗素子が存在している。磁界知覚素子は単一の素子であっても、または別法としては、様々な構成、例えば半ブリッジまたは全(ホイートストン)ブリッジで配置された複数の磁界知覚素子を含むことも可能である。デバイスのタイプおよび他の用途の要求事項に応じて、磁界知覚素子は、ケイ素(S i)またはゲルマニウム(G e)などのタイプ I V 半導体材料、またはヒ化ガリウム(G a A s)またはインジウム化合物、例えばヒ化インジウム(I n S b)のようなタイプ I I I - V 半導体材料、または他の化合物半導体材料 I n G a A s P 、もしくは高移動度材料、例えば G a N でできたデバイスであってもよい。

10

【 0 0 4 5 】

[0050]本明細書において使用されているように、「磁界センサ」という用語は、磁界知覚素子を含む回路を記述するために使用されている。磁界センサは、それらに限定されないが、電流を運ぶ導体によって運ばれる電流によって生成される磁界を知覚する電流センサ、強磁性対象の近接を知覚する磁気スイッチ、強磁性物品、例えば輪形磁石の磁気領域の通過を知覚する回転検出器、および磁界の磁界密度を知覚する磁界センサを始めとする様々な用途に使用されている。

【 0 0 4 6 】

[0051]本明細書において使用されているように、「信号」という用語は、常に変化し得るアナログまたはデジタルの電子特性を記述するために使用されている。それとは対照的に、本明細書において使用されているように、「値」という用語は、静的状態を維持する傾向があるデジタル電子値、または刻々と変化する傾向があるデジタル電子値を記述するために使用されている。しかしながら信号および値という用語は、交換可能に使用することができる。

20

【 0 0 4 7 】

[0052]本明細書において使用されているように、「要求」または「要求信号」という用語は、電動機に印加される電力の量を制御する任意のアナログまたはデジタルの電子信号を記述するために使用されている。例えば要求信号が変化すると、電動機に印加される電力の量も同じく変化することになる。

【 0 0 4 8 】

30

[0053]本明細書において使用されているように、「ソフトウェア」および「ファームウェア」という用語は、揮発性または不揮発性のコンピュータ可読記憶媒体(ハードドライブまたはメモリなど)に記憶されたコンピュータ可読命令を意味することができる。コンピュータ可読命令は、R O M 、 R A M 、またはシリコンチップ上に含まれている他のタイプのメモリに記憶することができる。シリコンチップは、一実施形態では、メモリを含んでいるか、またはメモリにアクセスする磁界センサ回路であってもよい。いくつかの実施形態では、コンピュータ可読命令は、製造中にプログラムすることができるシリコンチップ上溶融 R O M メモリに記憶することができる。「コンピュータ可読」として記述されているが、命令は、従来のラップトップコンピュータまたはデスクトップコンピュータによってアクセスまたは実行する必要はない。そうではなく、コンピュータ可読命令は、命令を読み出し、かつ、実行することができる任意のタイプのプロセッサまたは回路によってアクセスまたは実施することができる。

40

【 0 0 4 9 】

[0054]コンピュータ可読命令は、プロセッサまたは回路によって実行されると、そのプロセッサまたは回路に、以下で説明される操作および / または処理を実施させることができる。また、「ソフトウェア」および「ファームウェア」という用語は、マイクロコード、機械コード、スクリプト、またはコンピュータ可読記憶媒体に記憶することができ、かつ、プロセッサまたは回路によって実行することができる任意のタイプのコンピュータ可読命令などの他のタイプの命令セットを意味することも可能である。

【 0 0 5 0 】

50

[0055] 図 1 を参照すると、電動機 1 4 に結合され、かつ、逆 E M F モジュール 1 6 に結合された例示的電子回路 1 2 を含む電動機駆動構造 1 0 が示されている。いくつかの実施形態では、電子回路 1 2 は、シリコンチップまたは他の電子回路材料であってもよい。チップは、全体として、または部分的に、以下で説明されるシステムおよび方法を実施する集積回路機構を有するシリコンダイを含むことができる。ダイは、リードフレーム上に置くことができ、また、外部回路機構とインターフェースする 1 つまたは複数のピンを有するパッケージによってカプセル封じすることができるが、広く使用されている他の電子ダイパッケージング技法も同じく可能であり、当業者に知られている。他の実施形態では、電子回路 1 2 は、ソフトウェアとして、他のタイプの回路機構（例えば F P G A 、離散構成要素、等々）として、またはソフトウェアおよび回路機構の組合せとして実施することができる。さらに、説明されるシステムおよび方法は、全体として、もしくは部分的に電子回路によって実施することができ、または全体として、もしくは部分的に、マイクロコード、ファームウェア、ソフトウェア、等々などのコンピュータ可読命令を実行するプロセッサによって実施することができる。後者の実施形態では、命令は、コンピュータ可読揮発性または不揮発性メモリおよび / またはコンピュータ可読記憶媒体（すなわち R A M 、 R O M 、フラッシュメモリ、 C D 媒体、 D V D 媒体、等々）に記憶することができ、また、プロセッサによって実行されると、そのプロセッサに、電動機 1 4 の速度を制御するための特定の操作を実施させることができる。10

【 0 0 5 1 】

[0056] 図 1 に示されている実施形態は、電子回路 1 2 の中に統合されたモジュールとして逆 E M F 回路機構を表現している。逆 E M F モジュール 1 6 は、電動機 1 4 の巻線から逆 E M F 信号を受け取るように構成されたレシーバまたは他の回路であってもよい。しかしながら電子回路 1 2 の実施形態では、逆 E M F モジュール 1 6 は、個別のダイ、モジュール、パッケージまたは構成要素であってもよい。言い換えると、逆 E M F モジュール 1 6 は、電動機 1 4 の位置および速度を検出するために使用される個別のセンサまたは構成要素であってもよい。この技術のこのような実施形態では、電動機 1 4 の巻線からの逆 E M F 信号は、電動機 1 4 から個別の逆 E M F モジュール 1 6 に直接結合することができる。他の実施形態では、電動機 1 4 から逆 E M F を受け取る回路機構は、電子回路 1 2 の中、電動機 1 4 の中、または個別のダイ、モジュール、パッケージもしくは構成要素の中に組み込むことができる。20

【 0 0 5 2 】

[0057] システムの実施形態では、逆 E M F モジュール 1 6 は、電動機 1 4 の速度または位置を測定することができる他のセンサまたは回路に置き換えることができ、これらのセンサまたは回路には、それらに限定されないが、磁界センサのアレイ、1 つもしくは複数のレゾルバ、または電動機 1 4 の位置、周波数または速度を測定することができる任意の他のデバイスもしくはセンサを含む。磁界センサ、レゾルバまたは他のデバイスおよびセンサは、電子回路 1 2 の中に統合するか、または電子回路 1 2 に結合することができる個別のダイ、モジュール、パッケージまたは構成要素にすることができる。簡潔にするために、ブロック 1 6 は、単純に逆 E M F モジュール 1 6 と呼ぶことができる。30

【 0 0 5 3 】

[0058] 安定化電圧ピン（ V R E G ）であるピン 1 2 a は、電子回路 1 2 の外部の電圧調整器または他のタイプの電源（図示せず）から安定化電圧を受け取るように結合される。安定化電圧または別法として安定化電流は、逆 E M F モジュール 1 6 および電子回路 1 2 内の回路機構の一部またはすべてに提供される。他の実施形態では、集積回路ダイは、図 1 の回路 1 0 と同じダイの上に電圧調整器回路を含むことができる。このような場合、 V r e g ピン 1 2 a は、まさにその設計および電圧要求事項に応じて、最後のダイまたはパッケージから除去することができる。40

【 0 0 5 4 】

[0059] 周波数基準ピン（ F R E F ）であるピン 1 2 b は、電子回路 1 2 の外部から周波数基準信号 1 8 を受け取るように結合される。例えば電子回路 1 2 がプリンタの中に取り50

付けられ、また、電動機 14 がプリンタ内の電動機である場合、周波数基準信号 18 は、プリンタ内の他の回路機構（図示せず）によって供給することができ、また、例えば電動機 14 の所望の最終速度を表すことができる。異なる時間に、プリンタは、異なる電動機速度を要求することができる。例えばプリンタの高品質印字出力モードには、場合によっては比較的より遅い電動機速度が必要であり、一方、並品質印字出力モードには、場合によっては比較的より速い電動機速度が必要である。したがって周波数基準信号 18 は可変信号であってもよく、また、外部回路機構の要求事項に応じて変更することができる。一実施形態では、周波数基準信号 18 は、電動機 14 の所望の最終速度を表すことができ、また、速度制御信号と呼ぶことができる。

【0055】

10

[0060]周波数基準信号 18 は、アナログ信号、デジタル信号、方形波、正弦波、パルス幅変調信号、または所望の電動機速度を表すことができる任意のタイプの信号であってもよい。一実施形態では、周波数基準信号 18 は、所望の電動機速度を表す周波数で発振する正弦波または方形波であってもよい。以下により詳細に説明されるように、電子回路 12 の機能は、周波数基準信号 18 と同期させることができる。他の実施形態では、周波数基準信号は、電圧入力または電流入力であってもよい。このような場合、入力信号の周波数から電圧または電流に変換するために必要な回路機構は不要である。他の実施形態では、周波数基準信号は、例えばデジタル - アナログ変換器によって電圧信号に変換することができるデジタル語であってもよい。

【0056】

20

[0061]ピン 12c は、電動機 14 から逆 E M F 信号を受け取り、かつ、それらを逆 E M F モジュール 16 に供給するように結合されたバスとして示されている。これらの信号は、電動機 14 の巻線によって生成される逆起電力であってもよい。このような構造では、ピン 12c によって受け取られる逆 E M F 信号を使用して、電動機 14 の位置および周波数または速度を表すことができる。

【0057】

30

[0062]単一のピン 12c として示されているが、電子回路 12 は、逆 E M F モジュール 16 から信号を受け取るための複数の入力ピンを含むことができる。電動機 14 が例えば 3 つの巻線を含んでいる場合、電子回路 12 は、個々の巻線から逆 E M F 信号を受け取るために、巻線毎に 1 つずつ、3 つの入力ピンを有することができる。他の実施形態では、入力ピンは、電動機巻線のサブセットから逆 E M F 信号を受け取るように結合することができる。例えば電動機が 6 つの巻線を有している場合、合計 3 つの入力ピンに対して、すべての他の巻線に結合された入力ピンを存在させることができる。逆 E M F 信号は電動機 14 の巻線によって生成されるため、入力ピン 12c によって受け取られる逆 E M F 信号を使用して、電動機 14 の位置および速度を決定することができる。

【0058】

[0063]開始ピン（S T A R T）であるピン 12d は、電子回路 12 の外部から制御信号を受け取るように結合される。この制御信号は、電子回路 12 の機能を開始および停止させることができ、したがって電動機 14 を始動および停止させることができる。

【0059】

40

[0064]接地ピン（G N D）であるピン 12e は、電子回路 12 のための電源接地を提供している。

【0060】

[0065]電動機駆動信号ピン（それぞれ S C、S B、S A）であるピン 12g、12h、12i は、電動機 14 に P W M 駆動信号 20、22 および 24 を提供するように結合されている。

【0061】

[0066]上部電源ピン（V D D）であるピン 12j は、電子回路 12 の外部から上部電源電圧を受け取るように結合される。

【0062】

50

[0067]逆EMFモジュール16が1つまたは複数の磁界センサに置き換える場合、磁界センサ内の磁界知覚素子は、電動機14の軸が回転すると、電動機14内の磁石の磁界、詳細には可変磁界を知覚するように配置することができる。特定の一実施形態では、電動機14に対して、電動機の軸の回転軸の周りに120度隔てた位置に3つの磁界知覚素子すなわち磁界センサを配置することができる。他の実施形態では、電動機14に対して、回転軸の周りに60度隔てた位置に6つの磁界センサを配置することができる。6つの極対が存在する場合、磁界センサからの信号の周波数(Hz単位)は、電動機14の1分当たりの回転数より約10倍高くなる。一般に、磁界センサは、磁界センサからの信号の周波数が電動機14の速度に比例するように配置することができる。この既知の比例性を使用して、磁界センサからの信号の周波数を電動機14の速度を表す信号に変換することができる。したがって任意の所望の数の磁界センサを使用することができる。10

【0063】

[0068]いくつかの実施形態では、磁界センサは、ホール効果に基づくセンサであってもよいが、他の実施形態は、巨大磁気抵抗(GMR)、線形スピナブルプ、磁気トンネル接合(MTJ)、異方性磁気抵抗(AMR)または他の磁界センサを利用することができる。磁界を表す電子信号を生成することができる変換器の使用は、磁界センサまたは変換器の動作範囲が本発明の動作をもたらすのに適切であることを条件として、この用途に適用することができる。

【0064】

[0069]この技術の様々な実施形態では、逆EMFモジュール16は、デジタル信号に変換することができる、デジタルフィルタ28によって受け取られる位置信号26を生成する。他の実施形態では、位置信号26は、アナログフィルタ(図示せず)によってフィルタリングすることができ、また、デジタル信号に変換しなくてもよい。位置信号26は一般的にはアナログ信号であり、それぞれ電動機14の軸の回転角を表す。位置信号26は整流信号と呼ぶことができる。整流信号は、電動機14の速度、位置および/もしくは周波数、または電動機14の速度を調整するために使用することができる電動機14の任意の他の属性を監視するために使用することができる任意の信号であってもよい。20

【0065】

[0070]デジタル信号への変換は図1には示されていないが、位置信号26は、それらがデジタルフィルタ28に到達する前に、またはデジタルフィルタ28内でデジタル信号に変換することができることが仮定されている。デジタルフィルタ28は、フィルタリングされた信号30および32を生成するように構成されており、これらは位置信号26を表している。フィルタリングされた信号30および32は、例えば多重ビットデジタル信号であってもよい。また、フィルタリングされた信号30および32は、電動機14の軸の回転角を表すことも可能である。30

【0066】

[0071]制御信号発生器34は、信号30を受け取り、かつ、PWM信号36を生成するように結合されている。PWM信号36は、電動機14の速度を制御するために使用することができる信号であってもよい。パルス幅変調(PWM)コントローラ38は、PWM信号36を受け取り、かつ、PWM信号36を使用してPWM駆動信号40上にパルスを生成することができる。PWM信号36、PWMコントローラ38およびPWM駆動信号40については、以下でより詳細に説明される。40

【0067】

[0072]駆動制御モジュール42は、PWM駆動信号40を受け取り、かつ、それを使用して1つまたは複数の駆動信号42a、42bおよび42cを生成することができる。ゲートドライバ回路44は、駆動信号42a～42cを受け取るように結合されており、また、FET46、48、50、52、54および56のゲートを駆動するように構成されている。

【0068】

[0073]3つの高電位側電界効果トランジスタ(FET)46、48および50、ならび50

に 3 つの低電位側 F E T 5 2、5 4 および 5 6 は、パルス幅変調を使用して飽和状態で動作し、したがって少ししか電力を消費しない。

【 0 0 6 9 】

[0074] F E T 5 4 ~ 6 4 の配置は、電動機 1 4 内の巻線 6 4、6 6 および 6 8 の各々の端部に結合される 3 つの駆動信号 5 8、6 0 および 6 2 を生成するように構成されている。一実施形態では、巻線 6 4、6 6 および 6 8 のもう一方の端部は、電動機 1 4 の速度および位置を制御するために、F E T 5 4 ~ 6 4 が巻線を介していざれかの方向に電流を駆動することができるよう、まとめて結合することができる。

【 0 0 7 0 】

[0075] クロック回路 6 7 は、電子回路 1 2 内の一部またはすべての部分および回路にクロック信号 3 8 a を提供している。他の実施形態では外部クロックを使用することも可能であり、このような場合、パッケージ上のピン、すなわちダイ上の回路への入力が必要になる。

【 0 0 7 1 】

[0076] また、電子回路 1 2 は、周波数基準信号 1 8 を受け取る周波数カウンタ 6 9 を含むことも可能である。周波数カウンタ 6 9 は、周波数基準信号 1 8 の周波数を表すデジタルカウント信号 7 0 を生成することができる。一実施形態では、カウント信号 7 0 は、周波数基準信号 1 8 の 1 サイクルの間に生じる、クロック回路 6 7 からのクロックパルスの数であってもよい。

【 0 0 7 2 】

[0077] カウント - 周波数モジュール 7 2 は、デジタルカウント信号 7 0 を受け取り、デジタルカウント信号 7 0 を周波数信号 7 4 に変換することができる。周波数 - アナログモジュール 7 6 は、次に、周波数信号 7 4 をアナログ電圧信号 7 8 に変換することができる。一実施形態では、アナログ電圧信号 7 8 のより高い電圧を周波数基準信号 1 8 のより高い周波数に対応させることができ、また、アナログ電圧信号 7 8 のより低い電圧を周波数基準信号 1 8 のより低い周波数に対応させることができる。しかしながらこの逆もまた真であり、すなわちアナログ電圧信号 7 8 のより低い電圧を周波数基準信号 1 8 のより高い周波数に対応させることができ、また、その逆についても同様である。

【 0 0 7 3 】

[0078] 上で説明したように、アナログ電圧信号 7 8 は、周波数カウンタ 6 9 に供給される周波数基準信号 1 8 に基づいて生成される。しかしながら、電動機 1 4 の速度が固定されると、周波数信号 8 2 は周波数基準信号 1 8 にほぼ等しくすることができる。したがって一実施形態では、周波数基準信号 1 8 の代わりに周波数信号 8 2 を周波数カウンタ 6 9 に供給することも可能である。このような実施形態では、アナログ電圧信号 7 8 は、外部周波数基準信号 1 8 に基づいてではなく、周波数信号 8 2 に基づいて（すなわち電動機 1 4 の現在の周波数に基づいて）生成することができる。

【 0 0 7 4 】

[0079] アナログ電圧信号 7 8 は制御信号発生器 3 4 に結合することができ、以下で説明されるように P W M 駆動信号 3 6 を生成するために制御信号発生器 3 4 によって使用される。また、アナログ電圧信号 7 8 として説明されているが、信号 7 8 は、アナログ信号、デジタル信号、P W M 信号、等々を含む任意のタイプの適切な信号であってもよい。

【 0 0 7 5 】

[0080] 一実施形態では、電子回路 1 2 は F G ブロック 8 0 を含むことも可能である。F G ブロック 8 0 は、フィルタリングされた信号 3 2 を受け取り、かつ、電動機 1 4 の現在の周波数（例えば速度）を表す周波数信号 8 2 を生成する周波数発生器であってもよい。上で言及したように、フィルタリングされた信号 3 2 は、電動機 1 4 から受け取られる逆 E M F 信号のフィルタリングされたバージョンであってもよい。F G ブロック 8 0 は、周波数信号 8 2 がフィルタリングされた信号 3 2 の周波数を表し、したがって電動機 1 4 の周波数を表すよう、フィルタリングされた信号 3 2 を処理し、またはカウントすることができる。周波数信号 8 2 は、アナログ信号、デジタル信号、または電動機 1 4 の速度を

10

20

30

40

50

調整するために使用することができる任意のタイプの信号であってもよい。

【0076】

[0081]位相差プロセッサ 84 は、周波数信号 82 および周波数基準信号 18 を受け取り、かつ、電動機 14 の周波数と周波数基準信号 18 の間の位相差を表す信号 86 を生成する。閉ループコントローラ 88 は、信号 86 を受け取り、かつ、要求信号 90 を生成する。要求信号 90 は、電動機 14 に印加される電力の量を表すことができる。閉ループコントローラ 88 は、電動機 14 と基準周波数 18 の間の位相差を表す信号 86 に基づいて電動機の速度を調整するために、信号 90 を提供することができる。一実施形態では、閉ループコントローラ 88 は、位相固定、速度固定、周波数固定または任意の他の閉ループ調整スキームを起動することによって電動機の速度を調整することができる。他の実施形態では、電動機の速度を調整する開ループコントローラまたは任意の他の方法を使用することができる。一例では、米国特許出願第 13 / 595430 号（2012 年 8 月 20 日に出願され、参照によりその全体が本明細書に組み込まれている）に記載されているような速度調整スキームを使用することができる。10

【0077】

[0082]次に図 2 を参照すると、PWM 発生器回路 200 は、制御信号発生器 34（図 1）と同じか、または同様であってもよい制御信号発生器の一例を提供している。一実施形態では、PWM 発生器回路 200 は、電動機 14 の状態または位相を受け取るための入力 202 を含むことができる（すなわち入力 202 は、電動機 14 の速度および / または位置を表すフィルタリングされた信号 30 を受け取ることができる）。また、PWM 発生器回路 200 は、図 1 の要求信号 90 などの要求信号を受け取るための要求入力 204 を含むことも可能である。言及したように、要求信号 90 は、電動機 14 に印加される電力の量を表すことができる。また、PWM 発生器回路 200 は周波数入力 206 を含むことも可能である。周波数入力 206 は、電動機 14 の所望の最終速度を表す信号 78 などの信号を受け取ることができる。20

【0078】

[0083]また、制御信号発生器 200 は、パルス幅変調出力信号 210 を提供することができる出力 208 を含むことも可能である。

【0079】

[0084]図には 2 つのサブ回路 212 および 214 を有する制御信号発生器 200 が示されている。図に示されている実施形態では、サブ回路 212 および 214 は同様の要素を含んでおり、また、同様の出力を提供している。しかしながらこれは要求事項ではなく、サブ回路 212 および 214 は、それらが適切なパルス幅変調出力信号を提供する限り、異なる設計を含むことも可能である。30

【0080】

[0085]電動機状態セレクタ回路 216 は、リセット信号 217 および 218 を介して、サブ回路 212 および 214 のうちのどちらを動作状態にし、また、どちらをリセット状態にするかを制御することができる。一実施形態では、電動機状態セレクタ回路 216 は、サブ回路 212 が動作状態にある間、サブ回路 214 をリセット状態に保持して、サブ回路 214 が出力信号を生成しないようにすることができ、また、その逆についても同様である。電動機状態セレクタ回路 216 は、電動機 14 が位相を変える毎に、リセット状態にするサブ回路と動作状態にするサブ回路を交互に切り換えることができる。例えば電動機 14 の交互位相の間、サブ回路 212 を動作状態にし、一方、サブ回路 214 をリセット状態に保持することができ、また、電動機 14 の奇数位相の間、サブ回路 212 をリセット状態に保持することができ、一方、サブ回路 214 を動作状態にすることができる。40

【0081】

[0086]図には示されていないが、制御信号発生器 200 は、追加パルス幅変調出力信号を生成する追加サブ回路を含むことができる。このような実施形態では、電動機状態セレクタ回路 216 は、1 つのサブ回路を一度ずつイネーブルすることができ、また、スケジ50

ユールにしたがって個々のサブ回路をイネーブルすることができる。例えばサブ回路は、電動機 1 4 の位相が変化すると、交互スキーム、回転スキームまたはラウンドロビンスキームでイネーブルすることができる。

【 0 0 8 2 】

[0087] 説明を分かり易くするために、サブ回路 2 1 2 の要素および動作について説明する。しかしながら、サブ回路 2 1 4 または同様の構成要素を有する追加サブ回路も同様の方法で動作させることができることを理解されたい。

【 0 0 8 3 】

[0088] サブ回路 2 1 2 は、電流源 2 2 0 および 2 2 2 を備えることができる。これらの電流源は、一実施形態では電流制御電流源であってもよい。例えば電流源 2 2 0 によって駆動される電流は電流信号 2 2 4 によって制御することができ、また、電流源 2 2 2 によって駆動される電流は電流信号 2 2 6 によって制御することができる。電流制御電流源の一例は BJTトランジスタである。しかしながら他のタイプの電流制御電流源を使用することも可能である。さらに、電流源 2 2 0 および 2 2 2 は、必ずしも電流制御である必要はない。それらは電圧制御電流源であっても、または当分野で知られている任意の他の適切な手段によって制御される電流源であってもよい。

10

【 0 0 8 4 】

[0089] 一実施形態では、電流源 2 2 0 および 2 2 2 は、コンデンサを充電または放電させることができる任意の他の回路に置き換えることができる。例えば電流源 2 2 0 および 2 2 2 は、それぞれ抵抗および電圧源に置き換えることができる。電圧源によって生成される電圧は、この抵抗の両端間の電圧を制御することができる。抵抗の両端間の電圧を制御することにより、抵抗を流れる電流の割合を制御することができ、したがってコンデンサ 2 2 8 の充電または放電速度を制御することができる。このような実施形態では、電圧調整器の電圧を制御する帰還コントローラなどの追加回路機構を使用して、コンデンサ 2 2 8 の一定の充電または放電速度を維持することができる。

20

【 0 0 8 5 】

[0090] また、サブ回路 2 1 2 は、コンデンサ 2 2 8 および電界効果トランジスタ (FET) 2 3 0 を含むことも可能である。FET 2 3 0 はスイッチとして作用させることができ、したがって FET 2 3 0 が開くと、電流源 2 2 0 はコンデンサ 2 2 8 を充電することができ、また、FET 2 3 0 が閉じると、電流シンク 2 2 2 は、コンデンサ 2 2 8 を放電させることができる。

30

【 0 0 8 6 】

[0091] コンデンサ 2 2 8 が充電および放電すると、制御信号 2 3 2 が立ち上がり、かつ、立ち下がることになる。いくつかの実施形態では、制御信号 2 3 2 は、以下で説明される三角波を形成することができる。他の実施形態では、制御信号 2 3 2 は、正弦波、鋸波、ランプ、または引き続いて PWM 信号を生成するために使用することができる任意の他の形状を形成することができる。いくつかの実施形態では、コンデンサの代わりに波形発生器（図示せず）を使用して制御信号 2 3 2 を生成することができる。波形発生器は、デジタル波形発生器、アナログ波形発生器、等々であってもよい。

【 0 0 8 7 】

40

[0092] また、サブ回路 2 1 2 は、制御信号 2 3 2 および要求信号 2 3 6 を受け取ることができると比較器 2 3 4 を備えることも可能である。比較器はこの 2 つの信号を比較し、制御信号 2 3 2 の方が要求信号 2 3 6 より高い場合、高い出力を生成し、また、制御信号 2 3 2 の方が要求信号 2 3 6 より低い場合、低い出力を生成することができる。制御信号 2 3 2 と要求信号 2 3 6 を比較することにより、サブ回路 2 1 2 は、要求信号 2 3 6 に対応するパルス幅を有するパルス幅変調出力信号 2 3 8 を生成することができる。

【 0 0 8 8 】

[0093] また、サブ回路 2 1 2 は、比較器 2 4 0、比較器 2 4 2 およびフリップフロップ 2 4 4 を備えることも可能である。図に示されているように、比較器 2 4 0 は、入力として低電圧基準信号 2 4 6 および制御信号 2 3 2 を受け取ることができる。比較器 2 4 0 の

50

出力はフリップフロップ244の入力に供給することができる。比較器242は、入力として高電圧基準信号248および制御信号232を受け取ることができる。比較器242の出力もフリップフロップ244の入力に供給することができる。フリップフロップ244の出力はFET230のゲートに結合されており、したがってフリップフロップ244の出力は、FET230の開閉を制御することができる。

【0089】

[0094] ORゲート251および253はリセット信号217を受け取るように結合されており、したがって電動機状態セレクタ216は、リセット信号217をアサートすることによってサブ回路212をリセット状態に置くことができる。XORゲート260は、PWM信号238と256とを結合して出力信号210を生成することができる。 10

【0090】

[0095]動作中、FET230のゲートを制御することにより、比較器240および242ならびにフリップフロップ244は、発振器を生成するように作用することができる。例えばコンデンサ228を充電する場合、FET230は開かれることになる。コンデンサ228の両端間の電圧が高電圧閾値248より高くなると、比較器242は、フリップフロップ244に供給されるその出力をアサートすることになる。これは、FET230が閉じるよう、フリップフロップ244に引き続いてその出力をトグルさせることができる。

【0091】

[0096] FET230が閉じると、コンデンサ228は放電を開始し、信号232の電圧レベルが降下する。この電圧232が低電圧閾値246未満に降下すると、比較器240はその出力をアサートすることになる。これは、フリップフロップ244にもう一度その出力をトグルさせてスイッチ230を閉じることができ、それによりコンデンサ228はもう一度充電を開始することができる。このサイクルは、サブ回路212はリセット状態にない場合は、いつでも継続することができる。 20

【0092】

[0097]コンデンサ228を充電する速度、したがってパルス幅変調信号の周波数は、電流源220によってコンデンサ228に供給される電流の大きさ、および電流シンク222によってコンデンサ228から吸い込まれる電流の大きさによって制御される。 30

【0093】

[0098]これらの電流を制御するために、PWM発生器回路200は電流制御モジュール250を含むことができる。電流制御モジュール250は、タイミング入力206から信号78（すなわち電動機14の周波数を表す信号）を受け取ることができる。信号78は、電動機14の現在の速度または周波数を表すアナログ信号またはデジタル信号であつてもよい。例えば電動機14の速度が速い場合、信号78の値を大きくすることができる。それとは逆に電動機14の速度が遅い場合、信号78の値を小さくすることができる。

【0094】

[0099]信号78の値に基づいて、したがって電動機の周波数に基づいて、電流制御モジュール250は、電流源220によって供給される電流の大きさを制御するための出力信号224、および電流シンク222によって吸い込まれる電流の大きさを制御するため出力信号226を生成することができる。コンデンサ228を充電する速度を制御すること、したがって制御信号232の周波数を制御することにより、PWM発生器回路200は、比較器240および242ならびにフリップフロップ244によって生じる発振速度を制御することによってPWM駆動信号238の周波数および周期を制御することができる。例えばコンデンサ228が比較的速く充電および放電すると、比較器240および242は速くトリップし、比較器234はより速くトグルし、したがって出力信号238の周波数が高くなる。コンデンサ228が比較的ゆっくり充電および放電すると、比較器240および242はよりゆっくりトリップし、比較器234の出力はよりゆっくりトグルし、したがって出力信号238の周波数がより低くなる。 40

【0095】

50

[00100]他の実施形態では、コンデンサ228および／またはコンデンサ252は、制御信号232（または254）の周波数を制御するために、並列に接続された複数のコンデンサに置き換えることができる。複数のコンデンサ内の個々のコンデンサは、MOSFET（図示せず）などのスイッチングデバイスに結合することができる。スイッチングデバイスは、信号232（または254）を選択的に複数のコンデンサ内の個々のコンデンサまたは複数のコンデンサに結合することができる。この実施形態では、コンデンサは、信号232（または254）から見た総キャパシタンスを変化させ、したがって信号232（または254）の立上り時間、立下り時間および／または周波数を制御するために、スイッチングデバイスによって回路に接続し、かつ、回路から切り離すことができる。この方法で総キャパシタンスを変化させることにより、コンデンサの充電および放電速度を制御することができる。例えば比較的大きいキャパシタンスは、コンデンサを比較的ゆっくり充電することができ、また、比較的小さいキャパシタンスは、コンデンサを比較的速く充電することができる。実施形態では、コンデンサは、並列、直列または並列接続および直列接続の組合せで結合することができる。10

【0096】

[00101]したがって電流制御モジュール250は、PWM駆動信号238の周波数が電動機14の位相の周波数に対応するか、または電動機14の位相の周波数に基づくよう、PWM駆動信号238の周波数を修正することができる。例えば電流制御モジュール250は、PWM駆動信号238の周期の継続期間が電動機の位相の周期の継続期間の倍数になるよう、すなわち電動機の単一の位相の間に多重PWMパルスが生じるよう、PWM駆動信号238の周波数を修正することができる。様々な実施形態では、出力信号238上で生じるPWMパルスの数は、電動機14のすべての位相に対して、1つ、2つ、3つ、4つまたは5つのパルスにすることができる。他の実施形態では、電動機位相毎のPWMパルスの数は、任意の所望の数にすることができる。20

【0097】

[00102]一実施形態では、電流制御モジュール250は、電流シンク222によって吸い込まれる電流が電流源220によって供給される電流の大きさの2倍になるようにその出力を設定することができる。このような実施形態では、電流源220をターンオフする必要なくコンデンサ228を充電し、かつ、放電させることができる。例えばFET230が開くと、電流源220はコンデンサ228を充電することができる。FET230が閉じると、電流シンク222によって吸い込まれる電流は、電流源220によって供給される電流の2倍であるため、電流シンク222はコンデンサ232を放電させることができ、また、それと同時に電流源220から電流を吸い込むことができる。30

【0098】

[00103]PWM駆動信号238上のパルスの周波数を修正することにより、電流制御モジュール250は、PWM駆動信号238上の短パルスの発生を最少にすることができます。上で説明したように、電動機状態セレクタ回路216は、サブ回路212が動作している間、サブ回路214をリセット状態に保持することができ、また、その逆についても同様である。電動機14の位相が変化すると、電動機状態セレクタ回路216は、サブ回路212をリセット状態に置くことができる。PWM駆動信号238上のパルスの間にサブ回路212がリセット状態に置かれると、PWM駆動信号238のパルスが不完全、すなわち短くなることになる。40

【0099】

[00104]次に図3Aを参照すると、一連のグラフが示されている。個々のグラフでは、横軸は時間を表しており、また、縦軸は電圧を表している。一実施形態では、グラフ300、302および304は、サブ回路212に関連させることができる。グラフ300は、制御信号232（すなわちコンデンサ228の両端間の電圧）を表すことができ、グラフ302はリセット信号217を表すことができ、また、グラフ304は、サブ回路212のPWM駆動信号238を表すことができる。また、高電圧閾値248、低電圧閾値246および要求信号236が同じく示されている。50

【0100】

[00105] 時間 T 0 で F E T 2 3 0 が開き、コンデンサ 2 2 8 が充電を開始する。これにより、時間 T 0 と T 2 の間のグラフ 3 0 0 の立上り傾斜によって示されているように制御信号 2 3 2 が大きくなる。時間 T 1 で制御信号 2 3 2 (グラフ 3 0 0) が要求閾値 2 3 6 を横切ると、P W M 駆動信号 2 3 8 (グラフ 3 0 6) がトグルすることになる。時間 T 2 で制御信号 2 3 2 が高電圧閾値 2 4 8 に到達するか、または横切ると、F E T 2 3 0 が閉じて、時間 T 2 と T 4 の間のグラフ 3 0 0 の立下り傾斜によって示されているようにコンデンサが放電を開始する。コンデンサの両端間の電圧が要求信号 2 3 6 に到達するか、または横切ると、時間 T 3 で示されているように P W M 駆動信号 2 3 8 がもう一度トグルすることになる。時間 T 4 で、ノード 2 3 2 の電圧が低電圧閾値 2 4 6 に到達するか、または横切ると、F E T 2 3 0 がもう一度開いて、上記サイクルを繰り返すことができる。10

【0101】

[00106] リセット信号 2 1 7 は、電動機 1 4 の位相に対応させることができる。言い換えると、リセット信号 2 1 7 のアサートが解除されると、時間 T 0 で電動機 1 4 の特定の位相を開始することができ、また、リセット信号 2 1 7 がアサートされると、時間 T 5 で終了することができる。図 3 A に示されているように、時間 T 5 でリセット信号 2 1 7 をアサートする際に、出力信号 2 3 8 はパルスの中間に存在していない。これは、グラフ 3 0 0 が時間 T 5 で P W M 駆動信号 2 3 8 上のパルスをトリガしないようにコンデンサ 2 2 8 の充電および放電速度を設定することによって、すなわちグラフ 3 0 0 が立ち上がり、かつ、立ち下がる速さの程度を制御することによって達成することができる。上で言及したように、コンデンサ 2 2 8 の充電および放電速度は、電流制御モジュール 2 5 0 によって制御することができる。20

【0102】

[00107] 電動機 1 4 の位相の継続期間に対応するようにグラフ 3 0 0 の周波数を設定すると、P W M 駆動信号 2 3 8 上の不完全パルス（すなわち短パルス）の発生を少なくするように作用することができる。例えば P W M 駆動信号 2 3 8 上のパルスの間にリセット信号 2 1 7 がアサートされると、リセット信号 2 1 7 は、パルスに直ちにアサートを解除させることができ、したがってパルスの長さを短くすることができる。不完全パルスは、それが電動機 1 4 へ流れると電動機ジッタの原因になることがあるため、多くの実例において不完全パルスは望ましくない。リセット信号 2 1 7 がアサートされるとパルスが生じないよう、電動機 1 4 の位相に対応するように制御信号 2 3 2 の周波数を設定することにより、P W M 駆動信号 2 3 8 上の不完全パルスの発生を少なくすることができる。30

【0103】

[00108] 一実施形態では、制御信号 2 3 2 の周波数または周期は、電動機 1 4 の位相の継続期間の倍数にすることができる。例えば図 3 A に示されているように、信号 2 3 2 の周波数は、リセット信号 2 1 7 のサイクル毎にほぼ 2 サイクルが制御信号 2 3 2 上で生じるように設定される。しかしながらこの周波数は、制御信号 2 3 2 の周波数または周期が電動機 1 4 の継続期間の任意の倍数になるように設定することも可能である。いくつかの実施形態では、電動機 1 4 の位相の間に生じる制御信号 2 3 2 のサイクル数は整数であってもよい。他の実施形態では、電動機 1 4 の位相の間に生じる制御信号 2 3 2 のサイクル数は、分数すなわち非整数であってもよい。例えば様々な実施形態では、電動機 1 4 のすべての位相に対して、1 / 7 サイクル、1 / 3 サイクル、1 / 2 サイクル、1 サイクル、2 サイクル、3 サイクル、4 サイクル、5 サイクル、6 サイクル、等々のグラフ 3 0 0 を存在させることができる。40

【0104】

[00109] 一実施形態では、電動機 1 4 の位相の継続期間が変化しても、制御信号 2 3 2 のサイクル数は同じサイクル数に維持することができる。例えば信号 3 0 0 のサイクル数は、電動機位相毎に 2 サイクルであると仮定する。電動機 1 4 の速度が速くなると、電動機位相の継続期間はより短くなる。この場合、電流制御モジュール 2 5 0 は、コンデンサがより速く充電および放電され、制御信号 2 3 2 の周波数が高くなり、また、電動機位相50

毎のサイクル数が 2 サイクルを維持するよう、コンデンサが充電および放電される速度を修正することができる。電動機 14 の位相の変化する継続期間に対応するよう、制御信号 232 の周波数を修正することにより、PWM発生器回路 200 は、PWM駆動信号 238 上の不完全パルスの発生を少なくすることができる。

【0105】

[00110]また、図 3A は、サブ回路 214 に関連させることができる 3 つのグラフ 306、308 および 310 を同じく含む。例えばグラフ 306 は、コンデンサ 252 の両端間の電圧（すなわち制御信号 254）を表すことができる。グラフ 308 はリセット信号 218 を表すことができる。また、グラフ 310 は PWM 駆動信号 256 を表すことができる。

10

【0106】

[00111]図 3A のリセット信号 217 および 218 は、電動機 14 の位相を表すことができる。例えばリセット信号 217（グラフ 302）のアサートが解除されている T0 と T5 の間の時間は、電動機 14 の第 1 の位相を表すことができ、また、リセット信号 218 のアサートが解除されている（グラフ 306）T5 と T6 の間の時間は、電動機 14 の第 2 の位相を表すことができる。リセット信号 218 がもう一度アサートされ、かつ、リセット信号 217 のアサートがもう一度解除される T6 と T7 の間の時間は、電動機 14 の第 3 の位相を表すことができる。一実施形態では、電動機 14 は、電動機 14 が回転すると繰り返すことができる、1つ、2つ、3つ、4つ、6つ、8つまたは任意の数の位相を有することができる。

20

【0107】

[00112]上で言及したように、電動機状態セレクタ回路 216 は、電動機 14 の位相に基づいて、動作しているサブ回路とリセット状態にあるサブ回路を交互に切り換えるか、または循環させることができる。図 3A に示されているように、電動機の第 1 の位相の間は、時間 T0 と T5 の間の PWM 駆動信号 238 上のパルスによって示されているようにサブ回路 212 が動作しており、サブ回路 214 はリセット状態にある。電動機の第 2 の位相の間は、PWM 駆動信号 256 上のパルスによって示されているようにサブ回路 212 はリセットにあり、サブ回路 214 が動作している。電動機の第 3 の位相の間は、時間 T6 と T7 の間の PWM 駆動信号 238 上のパルスによって示されているようにサブ回路 212 がもう一度動作し、サブ回路 214 はもう一度リセット状態に置かれる。

30

【0108】

[00113] PWM 発生器回路 200 が PWM 駆動信号を生成する複数のサブ回路を有している場合、PWM 発生器回路 200 は、電動機 14 の位相が変化すると、リセット状態に置くサブ回路をこれらのサブ回路の間で交互に切り換えるか、または循環させることができる。図 3A には、2 つのサブ回路（すなわちサブ回路 212 および 214）によって生成されるグラフが示されている。しかしながら PWM 発生器回路 200 がもっと多くのサブ回路を有している場合、PWM 発生器回路 200 は、任意の適切な方法または順序でサブ回路をイネーブルおよびディセーブルすることができる。一実施形態では、PWM 発生器回路 200 は、交互方式、ラウンドロビン方式、等々でサブ回路をイネーブルすることができます。

40

【0109】

[00114] PWM 駆動信号 238 および 256（および任意の追加サブ回路によって生成される任意の PWM 駆動信号）は、結合して、グラフ 312 によって示されているように不完全パルスを全く含まない PWM ドライバ信号 210 を生成することができる。例えばグラフ 312 は、PWM 駆動信号を結合して結合 PWM 駆動信号 210（図 2）を生成する X OR ゲート 260 の出力である PWM 駆動信号 210 を表すことができる。

【0110】

[00115]図 3B は、図 3A に示されている波形 300、302、306、308 および 312 と同じまたは同様の波形を示したものである。しかしながら電動機位相のタイミングは、図 3B では若干変化している。電動機 14 が回転し、かつ、調整されると、電動機

50

の位相の継続期間を若干変化させることができ、したがって電動機の位相の継続期間を変化させることができる。継続期間のこの変化は図3Bに示されている。例えば時間T0' と T1' の間の電動機の位相は、制御信号232の2つのPWMサイクルより若干長くすることができ、時間T1' と T2' の間の電動機の位相は、制御信号232の2つのPWMサイクルに等しくすることができ、また、時間T2' と T3' の間の電動機の位相は、制御信号232の2つのPWMサイクルより若干短くすることができる。

【0111】

[00116]電動機14がその最終速度で調整されている場合、電動機位相の継続期間は比較的不变にすることができるが、図3Bに示されているように若干変化させることも可能である。この変化が存在している場合、PWM出力信号210を生成するために使用される信号を切り換えることが場合によっては望ましい。
10

【0112】

[00117]例えば時間T0' と T1' の間の電動機位相の間、PWM出力信号210上のパルスは制御信号232によって生成することができる。しかしながら図3Bに示されているように、電動機14の位相が変化する時間T1' では、制御信号232は立ち上がることができる。しかしながら制御信号254は、時間T1'まではリセット状態にあり(上で説明したように)、また、時間T1'では、いつでも制御信号254を使用することができる。(言い換えると、制御信号254を生成する回路機構をリセット状態にすることができる)。したがって一実施形態では、PWM発生器回路200は、時間T1'でリセットから制御信号254を取ることができ、したがってそれを使用して、電動機14の第2の位相の間にPWM出力信号210上にパルスを生成することができる。したがってPWM発生器回路200は、電動機14の位相の継続期間が変化しても、電動機14の第2の位相の間に生じるパルスの数を正確に制御することができる。
20

【0113】

[00118]同様に、時間T2' で電動機14は第3の電動機位相に入ることができる。時間T2' の前に制御信号254を使用してPWM出力信号210上にパルスを生成することができ、また、制御信号232をリセット状態にしていつでも使用することができる。したがって時間T2' で電動機は制御信号254をリセット状態に置くことができ、また、リセットから制御信号232を取ることができ、したがって制御信号232を使用して、時間T2' と T3' の間にPWM出力信号210上にパルスを生成することができる。
30

【0114】

[00119]同様に、時間T3' で電動機14は第4の電動機位相に入ることができる。時間T3' の前に制御信号232を使用してPWM出力信号210上にパルスを生成することができ、また、制御信号254をリセット状態にしていつでも使用することができる。電動機位相の継続期間の変化のため、制御信号254は、電動機14が第4の位相に入る時間T3' で立ち下がることができる。したがって時間T3' で電動機は制御信号254をリセット状態に置くことができ、また、リセットから制御信号232を取ることができ、したがって制御信号232を使用して、時間T2' と T3' の間にPWM出力信号210上にパルスを生成することができる。

【0115】

[00120]次に図4を参照すると、PWM発生器回路34(図1)と同じであるか、または類似していてもよいPWM発生器回路400の一実施形態が示されている。PWM発生器回路200とは対照的に、制御信号発生回路400は、PWM駆動信号402を生成するためのハードウェアの量を少なくしている。例えば図2のPWM発生器回路200は、第1のPWM信号238および第2のPWM信号256を生成するために、コンデンサ、電流源、比較器、等々を含む冗長サブ回路214および214を使用している。これらの信号238および256は、次に、PWM出力信号210を生成するためにXORゲート260によって結合される。
40

【0116】

[00121] PWM駆動信号402を生成するために冗長サブ回路を使用する代わりに、P

50

WM発生器回路400は、PWM出力信号402を生成するための複数のコンデンサ（すなわち図4のC1およびC2）および一連のスイッチを使用することができる電流制御モジュール404を使用している。電動機14の位相は変化すると、PWM発生器回路400はスイッチを開閉し、それにより電動機14のいくつかの位相の間、PWM出力信号402を生成するためにコンデンサC1が充電および放電され、また、PWM出力信号402を生成するために、電動機14の交互位相でコンデンサC2が充電および放電される。PWM発生器回路400は、他方のコンデンサが使用されている間、一方のコンデンサC1またはC2を効果的にリセット状態に保持することができ、また、必要に応じてそれらを切り換えることができる。これによりPWM発生器回路400は、電動機14の位相が変化すると使用することができる「準備完了」コンデンサを維持することができる。

10

【0117】

[00122]また、PWM発生器回路400は電動機状態セレクタ回路410を含むことも可能であり、この電動機状態セレクタ回路410は、電動機14の位相に基づいてリセット信号414およびリセット信号416を生成することができる。リセット信号414およびリセット信号416は、スイッチSW1、SW2、SW3、SW4およびSW5を制御することができる。これらのスイッチが開閉すると、電流源406、408および409は、発振グラフを生成するためにコンデンサC1およびC2に電流を供給し、かつ、コンデンサC1およびC2から電流を吸い込むことになる。

【0118】

[00123]一実施形態では、コンデンサC1およびC2を使用してそれらを切り換え、それによりPWM出力信号402を生成するために、PWM発生器回路400は、以下のような切換えシーケンスを使用することができる。

20

【0119】

- ・電動機14の第1の位相の間、信号Reset1はロー状態で開始することができ、また、信号Reset2はハイ状態で開始することができる。これらの状態の間、スイッチSW2、SW3、SW4およびSW5は、コンデンサC2が電流源406および408から開放され、かつ、電流シンク409によって放電されるように構成され、また、コンデンサC1が電流源406および408によって充電および放電されるように構成される。

【0120】

30

- ・コンデンサC1の電圧がvhigh信号より高い場合、フリップフロップ418の出力がトグルしてスイッチSW1を閉じ、それによりコンデンサC1が放電する。

【0121】

- ・コンデンサC1の電圧がvlow信号より低い場合、フリップフロップ418の出力がトグルしてスイッチSW1を開き、それにより電流源406によってコンデンサC1が充電される。

【0122】

- ・電動機14の位相が変化すると、電動機状態セレクタ410は、信号Reset1をハイ状態に置き、かつ、信号Reset2をロー状態に置く。これらの状態にある間、スイッチSW2、SW3、SW4およびSW5は、コンデンサC1を開放して放電させ、一方、電流源406および408によるコンデンサC2の充電および放電を許容するように構成される。

40

【0123】

- ・コンデンサC2の電圧がvhight信号より高い場合、フリップフロップ418の出力がトグルしてSW1を閉じ、それによりコンデンサC2が放電する。

【0124】

- ・コンデンサC2の電圧がvlow信号より低い場合、フリップフロップ418の出力がトグルしてスイッチSW1を開き、それにより電流源406によってコンデンサC2が充電される。

【0125】

50

・電動機 1 4 の位相が引き続いて変化すると、上で説明したサイクルを継続することができる。

【 0 1 2 6 】

[00124]次に図 5 を参照すると、流れ図は、電動機を駆動するためのプロセス 5 0 0 を示している。プロセス 5 0 0 は、全体として、または部分的に、電子回路 1 0 0 などの電子回路によって実施することができる。また、プロセス 5 0 0 は、全体として、または部分的に、他の回路によって、ソフトウェアによって、回路およびソフトウェアの組合せによって、または当分野における任意の他の適切な手段によって実施することも可能である。

【 0 1 2 7 】

[00125]ボックス 5 0 2 によって示されているように、プロセス 5 0 0 は、P W M 駆動信号 2 3 8 、 P W M 駆動信号 2 5 6 、 P W M 駆動信号 2 1 0 、等々などの P W M 駆動信号を生成することができる。また、プロセス 5 0 0 は、ボックス 5 0 4 によって示されているように、 P W M 駆動信号の周波数を制御するための 1 つまたは複数の制御信号を生成することも可能である。プロセスの実施形態では、制御信号は、 1 つまたは複数のサブ回路によって生成することができ、また、プロセス 5 0 0 は、 P W M 駆動信号の周波数を制御するために使用されるサブ回路を交互に切り換えることができる。プロセス 5 0 0 は、複数のサブ回路を交互に切り換えることができ、また、ラウンドロビンなどのスケジューリングスキーム、または電動機 1 4 を駆動するための任意の他のスキームを使用することができる。一実施形態では、プロセス 5 0 0 は、電動機 1 4 の位相が変化すると、ボックス 5 0 6 によって示されているように、 P W M 駆動信号の周波数を制御するサブ回路を切り換えることができる。

10

【 0 1 2 8 】

[00126]また、プロセス 5 0 0 は、ボックス 5 0 8 によって示されているように、電動機の位相の継続期間を監視することも可能である。継続期間を監視するために、プロセスは、ボックス 5 1 0 によって示されているように電動機 1 4 から逆 E M F 信号を受け取ることができ、かつ / またはボックス 5 1 2 によって示されているように、センサ（すなわち磁界センサ、レゾルバ、等々）から信号を受け取ることができる。

【 0 1 2 9 】

[00127]また、プロセス 5 0 0 は、ボックス 5 1 4 によって示されているように、電動機の位相の継続期間に対応するように P W M 駆動信号の周波数を設定することも可能である。一実施形態では、プロセス 5 0 0 は、回路またはソフトウェアを使用して周波数を直接計算することによって、または上で説明したように発振制御信号を提供することによって周波数を設定することができる。周波数は、電動機 1 4 の位相毎に P W M 駆動信号上に単一のパルスまたは複数のパルスが生じるように設定することができる。一実施形態では、電動機 1 4 の位相の間に P W M 駆動信号上に生じるパルスの数は固定数であってもよい。いくつかの実施形態では、電動機 1 4 の位相の間に P W M 駆動信号上に生じるパルスの数は整数であってもよい。他の実施形態では、電動機 1 4 の位相の間に P W M 駆動信号上に生じるパルスの数は、可変数および / または非整数であってもよく、また、電動機の位相、電動機に印加される電力の量、電動機の所望の周波数、等々に応答して変更することも可能である。

20

30

【 0 1 3 0 】

[00128]上で説明したように、 P W M 出力信号上の不完全パルスの発生を少なくするために、リセット信号がアサートされている間、または電動機 1 4 の位相が変化している時間ポイントでは、パルスが生じないようにパルスの周波数を設定することができる。上で説明したように周波数を制御し、また、短パルスの発生を少なくすることにより、電動機ジッタを少なくすることができる。例えば従来の電動機ドライバは、高精度電動機を制御する場合、 3 % ~ 6 % の電動機ジッタをもたらすことがある。しかしながら本発明の実施形態を使用することにより、高精度電動機を制御する場合の電動機ジッタを、 3 % 以下、 2 % 以下、 1 % 以下、等々に少なくすることができる。本発明の実施形態は、他のタイプ

40

50

の電動機（例えば非精度電動機）と共に使用される場合も同じく電動機ジッタを少なくすることができる。

【 0 1 3 1 】

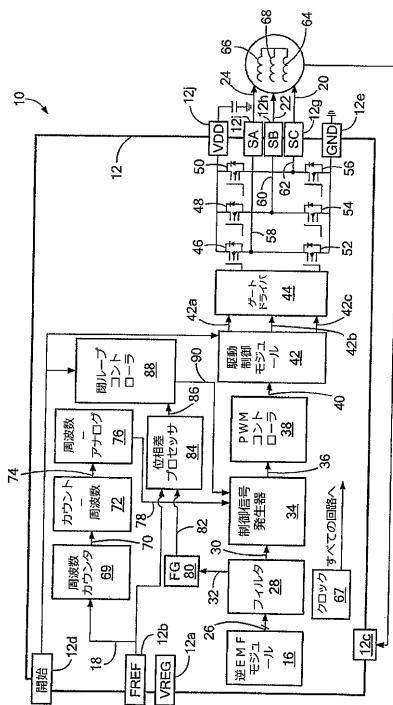
[00129]以上の説明では、特定の信号は、デジタル信号またはアナログ信号として説明されているが、これには制限は意図されていないことは当業者には認識されよう。様々な実施形態では、上で説明したデジタル信号は等価アナログ信号に置き換えることができ、また、その逆についても同様である。同様に、デジタル信号またはアナログ信号を受け取り、または生成するものとして上で説明した構成要素は、アナログ信号、デジタル信号または他のタイプの信号を受け取り、または生成する等価構成要素に置き換えることができる。

10

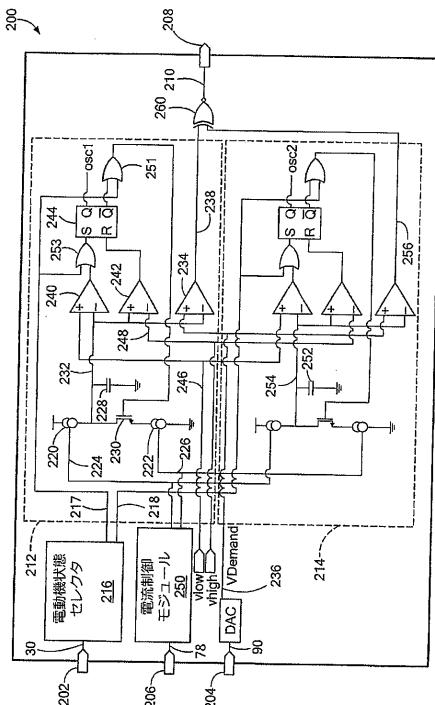
【 0 1 3 2 】

[00130]以上、本特許の主題である様々な概念、構造および技法を実例で説明する役割を果たしている様々な実施形態について説明したが、これらの概念、構造および技法を組み込んだ他の実施形態を使用することも可能であることは、当業者には明らかになったことと思われる。したがって本特許の範囲は、説明されている実施形態に限定してはならず、そうではなく、本特許の範囲は、特許請求の範囲の精神および範囲によってのみ制限されるものとする。

(1)



【 2 】



【図3A】

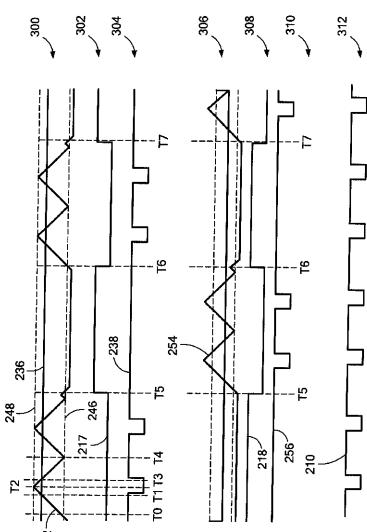
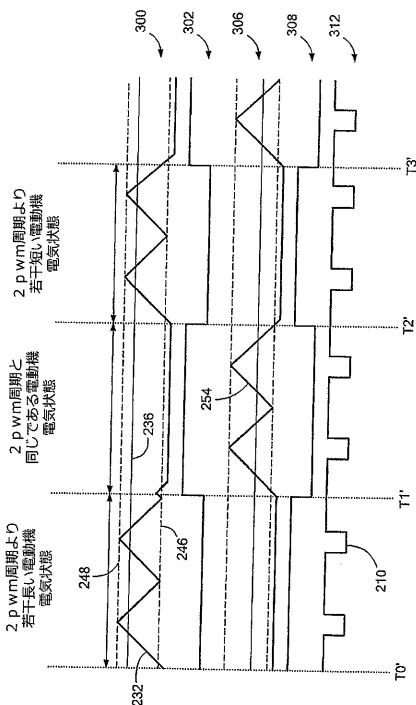
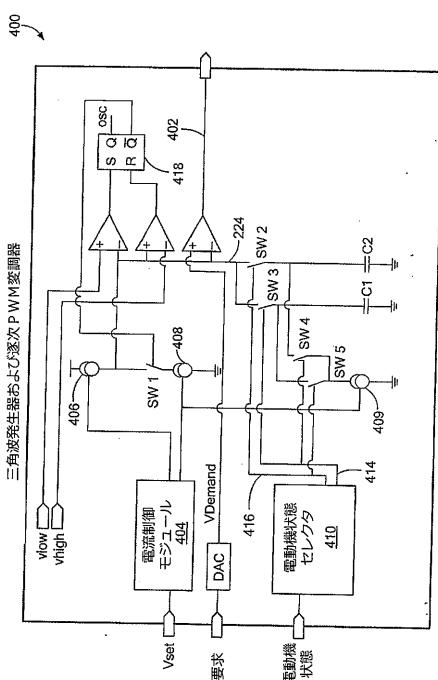


FIG. 3A

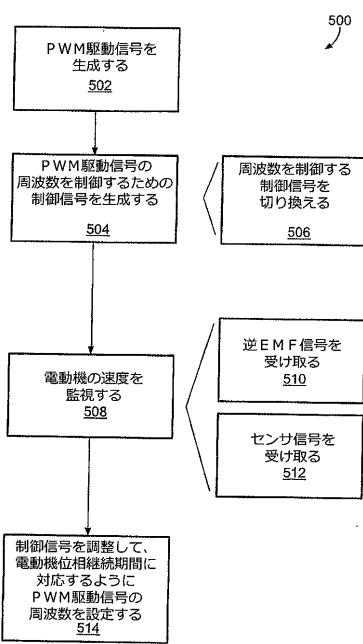
【図3B】



【 図 4 】



【図5】



フロントページの続き

(74)代理人 100147991

弁理士 鳥居 健一

(72)発明者 アルコーン, ウィリアム・ボイド

アメリカ合衆国マサチューセッツ州 01505, ボイルストン, ウッドランド・ドライブ 2

(72)発明者 エング, チー・キオン

アメリカ合衆国マサチューセッツ州 01720, アクトン, メイン・ストリート 705

(72)発明者 テイラー, ウィリアム・ピー

アメリカ合衆国ニューハンプシャー州 03031, アマースト, ハイランド・ドライブ 1

審査官 森山 拓哉

(56)参考文献 特開2010-035283(JP, A)

特開平08-331856(JP, A)

特開2006-081322(JP, A)

特開2008-236932(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P 6/00 - 6/34