

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4341266号
(P4341266)

(45) 発行日 平成21年10月7日(2009.10.7)

(24) 登録日 平成21年7月17日(2009.7.17)

(51) Int. Cl. F 1
H02P 6/08 (2006.01) H02P 6/02 371A

請求項の数 9 (全 19 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2003-71421 (P2003-71421) (22) 出願日 平成15年3月17日(2003.3.17) (65) 公開番号 特開2004-282911 (P2004-282911A) (43) 公開日 平成16年10月7日(2004.10.7) 審査請求日 平成18年3月8日(2006.3.8)</p> <p>前置審査</p>	<p>(73) 特許権者 000005821 パナソニック株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地 (74) 代理人 100097445 弁理士 岩橋 文雄 (74) 代理人 100109667 弁理士 内藤 浩樹 (74) 代理人 100109151 弁理士 永野 大介 (72) 発明者 浜岡 孝二 滋賀県草津市野路東二丁目3番1-2号 松下冷機株式会社内 (72) 発明者 田中 秀尚 滋賀県草津市野路東二丁目3番1-2号 松下冷機株式会社内</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
---	--

(54) 【発明の名称】 ブラシレスDCモータの駆動方法及びその装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

永久磁石を有する回転子と三相巻線を有する固定子からなるブラシレスDCモータと、前記三相巻線に電力を供給するインバータと、前記回転子の回転位置を検出する位置検出部と、低速では前記位置検出部の出力により通電角が120度以上150度未満の矩形波またはそれに準じる波形を所定周波数で出力して前記インバータを駆動する第1波形発生部と、高速ではデューティを一定として所定周波数のみを変化させる周波数設定部と、通電角が130度以上180度未満の矩形波またはそれに準じる波形を前記周波数設定部で決められた所定周波数で出力する第2波形発生部と、前記所定周波数の上限周波数を設定しその上限周波数以上の周波数の出力を禁止する周波数制限部と、前記上限周波数を前記第1波形発生部により出力する最大周波数により設定する上限周波数設定部とを有し、低速から高速への切替時の回転数以上で駆動することを可能としたブラシレスDCモータの駆動装置。

【請求項2】

低速では前記第1波形発生部の出力を、高速では前記第2波形発生部の出力をそれぞれ選択する切替判定部とを有し、低速から高速への切替時の回転数以上で駆動することを可能とした請求項1に記載のブラシレスDCモータの駆動装置。

【請求項3】

所定時間が経過した後前記周波数設定部からの駆動から前記第1波形発生部からの駆動に一時的に切り替えることにより上限周波数を設定しなおす上限周波数変更部とを有し、

低速から高速への切替時の回転数以上で駆動することを可能とした請求項 1 に記載のブラシレス DC モータの駆動装置。

【請求項 4】

前記インバータに供給される電圧を検出する電圧検出部と、前記上限周波数を前記電圧検出部により補正する上限周波数補正部とを有し、低速から高速への切替時の回転数以上で駆動することを可能とした請求項 1 に記載のブラシレス DC モータの駆動装置。

【請求項 5】

前記インバータの出力電圧を検出する出力電圧検出部と、前記上限周波数を前記出力電圧検出部の所定タイミングで得られた電圧値により補正する上限周波数補正部とを有し、低速から高速への切替時の回転数以上で駆動することを可能とした請求項 1 に記載のブラシレス DC モータの駆動装置。

10

【請求項 6】

前記インバータの出力電流を検出する電流検出部と、前記電流検出部で検出された出力電流の出力電圧に対する位相により前記周波数制限部の上限周波数を変更するようにした位相差検出部とからなり、低速から高速への切替時の回転数以上で駆動することを可能とした請求項 1 に記載のブラシレス DC モータの駆動装置。

【請求項 7】

前記インバータの出力電流を検出する電流検出部と、前記電流検出部で検出された出力電流の振幅により前記周波数制限部の上限周波数を変更するようにした振幅検出部とからなり、低速から高速への切替時の回転数以上で駆動することを可能とした請求項 1 に記載のブラシレス DC モータの駆動装置。

20

【請求項 8】

ブラシレス DC モータが、回転子の鉄心に永久磁石を埋め込んでなる回転子であり、かつ突極性を有する回転子を有した請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載のブラシレス DC モータの駆動装置。

【請求項 9】

ブラシレス DC モータが圧縮機を駆動するものである請求項 1 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載のブラシレス DC モータの駆動装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

30

【発明の属する技術分野】

本発明は、ブラシレス DC モータの駆動方法及びその装置に関し、更に詳細に言えば、永久磁石を有する回転子と三相巻線を有する固定子からなるブラシレス DC モータを、三相巻線に電力を供給するインバータにより駆動するための方法及びその装置に関するものであり、特に冷蔵庫やエアコンなどの圧縮機を駆動するのに最適なブラシレス DC モータの駆動方法及びその装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年の冷蔵庫は 350L 以上の大型機種が主力となり、それらの冷蔵庫は、高効率な圧縮機回転数可変のインバータ制御冷蔵庫が大半を占めている。これらの冷蔵庫用圧縮機では高効率化のために、永久磁石を有する回転子と三相巻線を有する固定子からなるブラシレス DC モータを一般的には採用している。また、圧縮機の中という高温、高圧、冷媒雰囲気、オイル雰囲気という環境下にブラシレス DC モータを設置するため、ブラシレス DC モータで通常使われるようなホール素子などの位置検出センサは使用できない。そのため一般的にはモータの逆起電圧から回転子の回転位置を検出する方法がよく用いられている。

40

【0003】

従来の技術は、例えば、特許文献 1 に示されている。その従来の技術を図面に従って説明する。図 10 は従来のブラシレス DC モータの駆動装置のブロック図である。

【0004】

50

図10において、101は商用電源であり、日本の場合周波数50Hzまたは60Hz、電圧100Vの交流電源である。

【0005】

102は商用電源101の交流電圧を直流電圧に変換する整流回路である。整流回路102はブリッジ接続された整流用ダイオード102a～102dと平滑用の電解コンデンサ102e、102fとからなり、図10に示す回路では倍電圧整流回路となり、商用電源101のAC100V入力から直流電圧280Vを得ることができる。

【0006】

103はインバータ回路であり、6個のスイッチ素子103a、103b、103c、103d、103e、103fを3相ブリッジ構成されている。また、各々のスイッチ素子103a、103b、103c、103d、103e、103fには各スイッチ素子103a、103b、103c、103d、103e、103fの逆方向に還流電流用のダイオードが入っているが本図では省略している。

10

【0007】

104はブラシレスDCモータであり、永久磁石を有する回転子104aと3相巻線を有した固定子104bとからなる。インバータ103により作られた3相交流電流が固定子104bの3相巻線に流れることにより、回転子104aを回転させることができる。回転子104aの回転運動はクランクシャフト(図示せず)により、往復運動に変更され、ピストン(図示せず)がシリンダ(図示せず)内を往復運動することにより、冷媒を圧縮する圧縮機の駆動を行う。

20

【0008】

105は逆起電圧検出回路であり、ブラシレスDCモータ104の永久磁石を有する回転子104aが回転することにより発生する逆起電圧から、回転子104aの回転相対位置を検出する。

【0009】

106は転流回路であり、逆起電圧検出回路105の出力信号によりロジカルな信号変換を行い、インバータ103のスイッチ素子103a、103b、103c、103d、103e、103fを駆動する信号を作り出す。

【0010】

107は同期駆動回路であり、インバータ103から強制的に所定周波数の出力を出し、ブラシレスDCモータ104を駆動するものであり、転流回路106で生成されるロジカルな信号と同等形状の信号を強制的に所定周波数で発生させるものである。

30

【0011】

108は負荷状態判定回路であり、圧縮機104が運転されている負荷状態を判定するものである。109は切替回路であり、負荷状態判定回路108の出力により、圧縮機104のブラシレスDCモータを転流回路106で駆動するか、同期駆動回路107で駆動するかを切り替える。110はドライブ回路であり、切替回路109からの出力信号により、インバータ103のスイッチ素子103a、103b、103c、103d、103e、103fを駆動する。

【0012】

以上の構成において、次に動作の説明を行う。

40

【0013】

負荷状態判定回路108で検出された負荷が、通常負荷の場合、転流回路106による駆動を行う。そして、逆起電圧検出回路105でブラシレスDCモータ104の回転子104aの相対位置を検出する。次に転流回路106で回転子104aの相対位置からインバータ103を駆動する転流パターンを作り出す。

【0014】

この転流パターンは切替回路109を通して、ドライブ回路110に供給され、インバータ103のスイッチ素子103a、103b、103c、103d、103e、103fを駆動する。この動作により、ブラシレスDCモータ104はその回転位置に合致した駆

50

動を行うこととなる。

【 0 0 1 5 】

次に、負荷が増加してきたときの動作について説明する。

【 0 0 1 6 】

ブラシレスDCモータ104の負荷が増加し、ブラシレスDCモータ104の特性により回転数が低下してくる。この状態を負荷状態判定回路108で高負荷状態であることを判定し、切替回路109の出力を同期駆動回路107からの信号に切り替える。

【 0 0 1 7 】

このように駆動することにより高負荷時の回転数低下を抑えようとするものである。

【 0 0 1 8 】

【特許文献1】

特開平9 - 88837号公報

【 0 0 1 9 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の構成では、次のような課題があった。

【 0 0 2 0 】

高負荷での回転数アップを目指しているものではあるものの、逆起電圧検出回路105の信号をベースにしているため、逆起電圧検出回路105の限界位相（進角で30度）を超える範囲では運転できない。また、通常の駆動波形である120°通電の矩形波駆動で動作させているので、ピーク電流が高くなり、過電流保護回路が働きやすくなる。以上のような理由により、ブラシレスDCモータ104の回転数を上げることのできる範囲が狭まってしまい、低回転数での効率を十分上げれないという課題があった。

【 0 0 2 1 】

本発明は、従来の課題を解決するものであり、ステータ巻線を大きく巻き込んでトルク（回転数）を落として、低速におけるモータ効率を大きく上げたまま、高速時のブラシレスDCモータの回転数は従来と同等を得られるブラシレスDCモータの駆動方法及びその装置を提供することを目的とする。

【 0 0 2 2 】

本発明の他の目的は、低速におけるモータ効率を最大限に活かしながら、高速性が確保できるブラシレスDCモータの駆動方法及びその装置を提供することである。

【 0 0 2 3 】

本発明の他の目的は、高回転/高負荷時においてもモータがブレイクダウンすることなく運転しつづけることができるブラシレスDCモータの駆動方法及びその装置を提供することである。

【 0 0 2 4 】

【課題を解決するための手段】

本発明の請求項1に記載の発明は、低速では通電角が120度以上150度以下の矩形波またはそれに準じる波形を出力し、高速では通電角が130度以上180度未満の矩形波・正弦波またはそれに準じる波形を所定周波数で出力するとともに、デューティを一定として所定周波数のみを変化させるようにしたものであり、低速においては高効率・低騒音な運転を実現するとともに、安定した高速性を確保でき尚且つ電流波形も正弦波に近づくので実効電流に対するピーク電流を抑えることが出来る。

また請求項1に記載の発明は、回転子の回転位置を検出する位置検出部を有し、低速においては位置検出部の位置検出によりインバータを駆動することにより低速での効率をより上げることが出来る。

また請求項1に記載の発明は、前記所定周波数の上限周波数を設定しその上限周波数以上の周波数の出力を禁止する周波数制限部を有し、上限周波数を設けることにより、より安定した高速運転が可能となる。

また請求項1に記載の発明は、上限周波数を前記第1波形発生部により出力する最大周波数により設定する上限周波数設定部を有し、運転状況に応じた最大周波数を設定するこ

10

20

30

40

50

とができ、より安定した最大限の高速運転をだすことができる。

さらに、低速から高速への切替時の回転数以上で駆動することを可能としたものである。

【0027】

また請求項2に記載の発明は、請求項1記載の発明において通電角が120度以上150度以下の矩形波またはそれに準じる波形を出力する第1波形発生部と、デューティを一定として所定周波数のみを変化させる周波数設定部と、通電角が130度以上180度未満の矩形波またはそれに準じる波形を前記周波数設定部で決められた所定周波数で出力する第2波形発生部と、低速では前記第1波形発生部の出力を、高速では前記第2波形発生部の出力をそれぞれ選択する切替判定部とを有することにより、低速においては高効率・低騒音な運転を実現するとともに、高速においては安定した高速性を確保でき尚且つ電流

10

波形も正弦波に近づくので実効電流に対するピーク電流を抑えることができる。

さらに、低速から高速への切替時の回転数以上で駆動することを可能としたものである。

【0031】

また請求項3に記載の発明は、請求項1記載の発明において所定時間が経過した後前記周波数設定部からの駆動から前記第1波形発生部からの駆動に一時的に切り替えることにより上限周波数を設定しなおす上限周波数変更部を有することにより、時間が経過して負荷状態が変化してもより最適な最高回転数で運転をすることができる。さらに、低速から高速への切替時の回転数以上で駆動することを可能としたものである。

【0032】

また請求項4に記載の発明は、請求項1記載の発明においてインバータに供給される電圧を検出する電圧検出部と、前記上限周波数を前記電圧検出部により補正する上限周波数補正部とを有することにより、電源電圧が変動した場合にも安定した高速回転数を維持することができる。

20

さらに、低速から高速への切替時の回転数以上で駆動することを可能としたものである。

【0033】

また請求項5に記載の発明は、請求項1記載の発明においてインバータの出力電圧を検出する出力電圧検出部と、前記上限周波数を前記出力電圧検出部の所定タイミングで得られた電圧値により補正する上限周波数補正部とを有することにより、新たな回路を追加することなく電源電圧を検出することにより、電源電圧が変動した場合にも安定した高速回転数を維持することができる。

30

さらに、低速から高速への切替時の回転数以上で駆動することを可能としたものである。

【0034】

また請求項6に記載の発明は、請求項1記載の発明においてインバータの出力電流を検出する電流検出部と、前記電流検出部で検出された出力電流の出力電圧に対する位相により前記周波数制限部の上限周波数を変更するようにした位相差検出部とを有することにより、常に負荷の状態を監視することができ、そのときの負荷にあわせた最適な高速運転を実現することができる。

さらに、低速から高速への切替時の回転数以上で駆動することを可能としたものである。

40

【0036】

また請求項7に記載の発明は、請求項1記載の発明においてインバータの出力電流を検出する電流検出部と、前記電流検出部で検出された出力電流の振幅により前記周波数制限部の上限周波数を変更するようにした振幅検出部とを有することにより、出力電流の振幅値を検出し最適な高速運転を行うことができる。

さらに、低速から高速への切替時の回転数以上で駆動することを可能としたものである。

【0038】

また請求項8に記載の発明は、請求項1から請求項7に記載の発明において、ブラシレスDCモータが、回転子の鉄心に永久磁石を埋め込んでなる回転子であり、かつ突極性を

50

有する回転子を有したものであり、永久磁石のマグネットトルクの他に突極性によるリラクタンストルクを使うことにより、低速時の効率アップは当然のこと、高速時の高速性もさらに得られることになる。

【0039】

また請求項9に記載の発明は、請求項1から請求項8に記載の発明において、ブラシレスDCモータが圧縮機を駆動するものであり、圧縮機において高効率・低騒音を実現できる極めて重要な用途のひとつである。

【0040】

【発明の実施の形態】

以下、本発明による冷蔵庫の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

10

【0041】

(実施の形態1)

図1は、本発明の実施の形態1によるブラシレスDCモータの駆動装置のブロック図である。

【0042】

図1において、1は商用電源であり、日本の場合周波数50Hzまたは60Hz、電圧100Vの交流電源である。

【0043】

2は商用電源1の交流電圧を直流電圧に変換する整流回路である。整流回路2はブリッジ接続された整流用ダイオード2a~2dと平滑用の電解コンデンサ2e、2fとからなり、図1に示す回路では倍電圧整流回路となり、商用電源1のAC100V入力から直流電圧280Vを得ることができる。ここでは倍電圧整流としたが、全波整流や直流電圧可変式のチョッパ回路や倍電圧整流/全波整流の切替方式でもよい。

20

【0044】

3はインバータ回路であり、6個のスイッチ素子3a、3b、3c、3d、3e、3fを3相ブリッジ構成されている。また、各々のスイッチ素子3a、3b、3c、3d、3e、3fには各スイッチ素子3a、3b、3c、3d、3e、3fの逆方向に還流電流用のダイオードが入っているが本図では省略している。

【0045】

4はブラシレスDCモータであり、永久磁石を有する回転子4aと3相巻線を有した固定子4bとからなる。インバータ3により作られた3相交流電流が固定子4bの3相巻線に流れることにより、回転子4aを回転させることができる。回転子4aの回転運動はクラックシャフト(図示せず)により、往復運動に変更され、ピストン(図示せず)がシリンダ(図示せず)内を往復運動することにより、冷媒を圧縮する圧縮機の駆動を行う。

30

【0046】

5は位置検知部であり、ブラシレスDCモータ4の回転子4aが回転することにより、固定子4bの3相巻線に発生する誘起電圧を検出し、回転子4aの相対的な回転位置を検出するものである。

【0047】

6は第1波形発生部であり、位置検出部5の位置検出信号をもとにインバータ3のスイッチ素子3a、3b、3c、3d、3e、3fを駆動する信号を作り出す。この駆動する信号は矩形波通電を基本として行っており、通電角が120度以上150度以下の矩形波を作り出している。また、ここでは矩形波以外でもそれに準じる波形として立ち上がり/立ち下がり若干の傾斜を持たせた台形波であってもよい。

40

【0048】

第1波形発生部6ではさらに回転数を一定に保つためにPWM制御のデューティの制御も行っている。回転位置に従って、最適なデューティで運転させることができるため最も効率的な運転が可能となる。

【0049】

7は回転数検出部であり、位置検知部5の出力信号からブラシレスDCモータ4の回転数

50

を検出する。この回転数の検出は位置検知部 5 の出力信号の一定時間カウントまたは周期測定などによって実現可能である。

【 0 0 5 0 】

8 は周波数設定部であり、出力のデューティを一定にしたまま出力する周波数のみを変化させていく。9 は周波数制限部であり、周波数設定部 8 からの周波数が上限周波数を超えることのないように制限している。

【 0 0 5 1 】

1 0 は第 2 波形発生部であり、周波数設定部 9 の出力信号をもとにインバータ 3 のスイッチ素子 3 a、3 b、3 c、3 d、3 e、3 f を駆動する信号を作り出す。この駆動する信号は通電角が 1 3 0 度以上 1 8 0 度未満の矩形波を作り出している。また、ここでは矩形波以外でも正弦波や歪波などのそれに準じる波形であってもよい。またここでは最大デューティで運転しており、9 0 ~ 1 0 0 % の一定のデューティで運転している。さらに、低速から高速への切替時の回転数以上で駆動することを可能としたものである。

10

【 0 0 5 2 】

1 1 は切替判定部であり、回転数検出部 7 で検出された回転数により低速 / 高速を判断し、インバータ 3 を動作させる波形を第 1 波形発生部 6 か第 2 波形発生部 1 0 かを切り替えるものである。具体的には回転数が低速の場合、第 1 波形発生部 6 からの信号を選択し、回転数が高速の場合、第 2 波形発生部 1 0 からの信号を選択してインバータ 3 を動作させる。

【 0 0 5 3 】

ここで回転数が低速か高速かの判定は回転数検出部 7 からの実際の回転数としたが、設定回転数やデューティを判断してもよい。デューティは最大デューティ（一般的には 1 0 0 % ）で位置検知による回転数が最大となるため、この条件で信号を切り替えることも可能である。

20

【 0 0 5 4 】

1 2 はドライブ部であり、切替回路 1 1 からの出力信号により、インバータ 3 のスイッチ素子 3 a、3 b、3 c、3 d、3 e、3 f を駆動する。この駆動によりインバータ 3 から最適な交流出力がブラシレス DC モータ 4 に印加することができるので回転子 4 a を回転させることができる。

【 0 0 5 5 】

1 3 は上限周波数設定部であり、第 1 波形発生部 6 から駆動されているときの最大回転数（デューティ 1 0 0 % の時）をもとに上限周波数を設定する。本実施例では上限回転数を最大回転数の 1 . 5 倍に設定するものとする。例えば最大回転数が 5 0 r / s であった場合、上限周波数は 7 5 r / s とする。この上限周波数設定部で設定された上限周波数は周波数制限部 9 の周波数の制限に利用する。

30

【 0 0 5 6 】

この上限周波数の設定は、次のように行う。周波数設定部 8 と第 2 波形発生部 1 0 による駆動を行っているときはブラシレス DC モータ 4 は同期モータとして運転しており、通常の位置検知による状態よりも電流位相が進角し、いわゆる弱め磁束制御のような形で高速回転ができるものである。しかしこの進角が大きくなるとモータは同期を外れて脱調してしまう。この脱調をおこす回転数より上限周波数が低くなるように予め設定しておく。

40

【 0 0 5 7 】

1 4 は上限周波数変更部であり、切替判定部 1 1 により第 2 波形発生部 1 0 による駆動が所定時間（例えば 3 0 分間）継続した場合、強制的に切替判定部を第 1 波形発生部 6 に切り替え、上限周波数設定部 1 3 による上限周波数を再設定する。

【 0 0 5 8 】

1 5 は電圧検出部であり、整流回路 2 の出力電圧（直流電圧）を検出する。この電圧検出部 1 5 の出力を受けて、上限周波数補正部 1 6 にて上限周波数を補正するべく出力を送出し、上限周波数設定部 1 3 の上限周波数を補正する。ここでは電圧が標準より高ければ上限周波数を上げ、標準より低ければ上限周波数を下げるように補正を行う。

50

【0059】

17は以上の機能を実現するための、マイクロコンピュータである。これらの機能はマイクロコンピュータのプログラムによって実現可能である。

【0060】

次に図1における動作について、図1～図6を用いて説明する。

【0061】

まず、低速時の動作について説明する。図2は本発明の実施の形態1における低速時のインバータ駆動のタイミング図である。ブラシレスDCモータ4の回転数が低い場合、位置検知部5の出力により動作する第1波形発生部6からの信号により駆動され、図2に示すような動作となる。

10

【0062】

図2において、Uはスイッチ素子3aの駆動信号、Vはスイッチ素子3cの駆動信号、Wはスイッチ素子3eの駆動信号、Xはスイッチ素子3bの駆動信号、Yはスイッチ素子3dの駆動信号、Zはスイッチ素子3fの駆動信号であり、 $I_u \cdot I_v \cdot I_w$ は固定子4bの各巻線のU相、V相、W相の電流を示す。

【0063】

位置検知部5の信号に従って、120度ずつの区間で順次転流を行っている。また上アームの駆動信号U、V、WにはPWM制御によるデューティ制御を行っている。このとき、電流波形は図2に示すようにのこぎり波の形状の波形となる。

【0064】

この時は、位置検知部5の出力により最適なタイミングで転流を行っているので最も効率よくブラシレスDCモータが駆動できることとなる。

20

【0065】

次に、最適な通電角について図3を用いて説明する。図3は本発明の実施の形態1における低速時の通電角＝効率特性図である。図3は、実線がモータ効率、破線が回路効率、一点鎖線が総合効率（モータ効率×回路効率）を示す。

【0066】

図3に示すように、通電角を120度より大きくすると、モータ効率は向上する。これは通電角が広がることにより、モータ電流の実効値が下がり（即ち力率が上がり）、モータの銅損が減少しモータ効率が上がることによるものである。

30

【0067】

しかしながら、回路ではスイッチング回数が増加し、スイッチングロスが増加することにより、回路効率は低下する。したがって、最も総合効率のよい点が現れる。本実施例においては、130度が最も効率の高くなるポイントであるということがいえる。

【0068】

次に、高速時の動作について説明する。図4は本発明の実施の形態1における高速時のインバータ駆動のタイミング図である。ブラシレスDCモータ4の回転数が高い場合、周波数設定部8の出力により動作する第2波形発生部10からの信号により駆動され、図4に示すような動作となる。

【0069】

図4における記号は図2と同一であるため、符号の説明は省略する。各駆動信号は周波数設定部8の出力にしたがって、所定周波数を出力するように転流を行うが、このとき導電角は130度以上180度未満が望ましい。これは図4では導電角が150度で示しているが、導電角を上げることによって各相の電流波形は擬似的に正弦波に近いものとなる。

40

【0070】

デューティを一定として周波数を上げていくことにより、従来に比べ大幅に回転数を上げることができる。この回転数が上がった状態ではブラシレスDCモータ4は同期モータとして運転しており、周波数があがるにしたがって電流はどんどん上がってくる。ここで、導電角を130度以上180度未満にすることにより、ピーク電流値が小さくすることができ、より高い電流まで過電流保護がかからずに動作させることができる。

50

【0071】

次に、実際の切替動作について説明する。図5は本発明の実施の形態1における回転数＝デューティ特性図を示す。

【0072】

図5において、回転数50r/s以下の場合には第1波形発生部6により駆動される。デューティは回転数により自動的にフィードバック制御により最も効率のよくなるポイントに調整される。

【0073】

50r/sにおいて、デューティ100%となり、第1波形発生部6による駆動はそれ以上回転させることのできない限界に到達する。この状態において上限周波数設定部13ではこの50r/sをベースにその1.5倍の75r/sを上限周波数として設定する。周波数設定部8からの出力信号が75r/sを超えると周波数制限部9がこの上限周波数75r/sにしたがって、これ以上の周波数を出すのを防止する。50r/sから75r/sの間においてはデューティはそのまま回転数のみを上げている。

10

【0074】

次に上限周波数変更部14の動作について説明する。冷蔵庫などの圧縮機に本装置を使用した場合、トルクを落とした高効率なモータを使うことができ、庫内温度が安定している低速回転数が必要なときは高効率の運転ができ、庫内温度が高く高速回転数が必要なときは簡単に回転数を上げることができるので本技術の応用としては最適である。このように冷蔵庫などの圧縮機に本装置を使用した場合、負荷トルクが急激に変化することは少なく比較的長い時間がかかって負荷トルクが変化する。このとき上限周波数を変える必要が生じる。

20

【0075】

図6は本発明の実施の形態1における回転数とデューティのタイミング図を示す。

【0076】

図6において、時刻t0においてブラシレスDCモータ4は起動する。ここでは回転数指令が80r/sが指示されたものとする。ブラシレスDCモータ4にインバータ3が電力を供給し、デューティを上げていくと同時に、位置検知部5と第1波形発生部6によるフィードバックによる駆動で順次回転数もアップしていく。

【0077】

時刻t1においてデューティは最大の100%となり、位置検知部5と第1波形発生部6によるフィードバックによる駆動ではこれ以上回転数を上げられなくなる。このときブラシレスDCモータ4の回転数は50r/sであり、この回転数をもとに上限周波数設定部13で上限周波数を1.5倍の75r/sと設定する。

30

【0078】

次に切替判定部11にて、周波数設定部8と第2波形発生部10による駆動に切り替える。その後デューティは100%一定で、周波数設定部8により周波数を上げていくことにより、ブラシレスDCモータ4の回転数を上げていく。時刻t2において、回転数指令は80r/sが指示されてはいるが、上限周波数設定部13で決められた上限周波数は75r/sであるので、周波数制限部9により回転数は75r/sに制限される。

40

【0079】

次に、時刻t3(時間t3-t2は一例として30分)においては、冷蔵庫などの圧縮機に使用した場合、負荷状態が変わっている可能性があるため最高回転数の確認を行う。これは上限周波数変更部14が所定時間(本実施例の場合は30分)たったことを検出して、切替判定部11を第1波形発生回路6からの駆動に切り替える。すると回転数が下がり、通常第1波形発生回路6から動作させられる最大の回転数が回転数検出部7から測定できることになる。

【0080】

本実施の形態においては、時刻t2における負荷状態に比べて、時刻t3における負荷状態は軽くなっており、最大回転数が上昇して55r/sとなっている。この結果、上限周

50

波数設定部 13 で上限周波数は再設定されるが、1.5 倍の 82.5 r/s が上限周波数として設定される。

【0081】

その後、同様に切替判定部 11 を周波数設定部 8 と第 2 波形発生部 10 とからの駆動に切り替えることにより、回転数を再びアップさせる。このとき指令回転数 80 r/s に対して上限周波数は 82.5 r/s であるため所望とする 80 r/s で運転を継続することとなる。このようにして負荷の変動に対して、一定時間ごとに負荷状態を再度検出して上限周波数を補正を行うことにより、負荷状態に応じた最適な運転が実現できる。

【0082】

次に、商用電源 1 が電圧変動した場合について説明する。一般的な家庭においては宅内の電源インピーダンスや他の機器の ON/OFF 状態により、商用電源 1 のコンセント部の電源電圧が変化することがしばしばある。

【0083】

商用電源 1 の電源電圧が変動するのに伴い、整流回路 2 の直流電圧出力も電源電圧の変動に比例して変化する。この直流電圧出力の変化を電圧検出部 15 で検出する。この検出結果をもとに、上限周波数補正部 16 で補正すべき値を決定し、上限周波数設定部 13 で設定される上限周波数を補正する。

【0084】

ブラシレス DC モータの最大回転数は、一般的にもよく知られている通り、整流回路 2 の直流電圧出力に比例して変化する。したがって直流電圧が 10% 下がれば上限周波数も 10% 下げ、逆に直流電圧が 10% 上がれば上限周波数も 10% 上げるように補正を行えば、入力電圧が電圧変動を起こしても脱調することなく回りつづけるブラシレス DC モータの駆動装置を提供することができる。

【0085】

次に、ブラシレス DC モータ 4 の構造について説明を行う。図 7 は、本発明の実施の形態 1 によるブラシレス DC モータの回転子の構造図である。

【0086】

20 は回転子コアであり、0.35 mm から 0.5 mm 程度の薄い珪素鋼板を打ち抜いたものを、積み重ねたものである。

【0087】

21 a、21 b、21 c、21 d は 4 枚のマグネットであり、逆円弧状に回転子コア 20 に埋め込まれている。このマグネットは通常フェライト系がよく用いられるが、ネオジなどの希土類の磁石が使われる場合は平板構造のものが使われることもある。

【0088】

このような構造の回転子において、回転子中央からマグネットの中央に向かう軸を d 軸、回転子中央からマグネットの間に向かう軸を q 軸とすると、それぞれの軸方向のインダクタンス L_d 、 L_q は逆突極性を有し、異なるものとなる。つまりこれは、モータとしては、マグネットの磁束によるトルク（マグネットトルク）以外に、逆突極性を利用したトルク（リラクタンストルク）を有効に使えることとなる。したがってモータとしてよりトルクが有効的に利用できることとなる。この結果、モータとしては高効率なモータとなる。

【0089】

また、本実施の形態の制御を使用すると周波数設定部 8 と第 2 波形発生部 10 による駆動を行っているとき、電流は進み位相で運転するので、このリラクタンストルクが大きく利用されるようになるので、逆突極性がないモータに比べてより高回転数まで運転することができる。

【0090】

以上の様に本実施の形態 1 のブラシレス DC モータの駆動方法は、永久磁石を有する回転子 4 a と三相巻線を有する固定子 4 b からなるブラシレス DC モータ 4 と、前記三相巻線に電力を供給するインバータ 3 と、低速では通電角が 120 度以上 150 度以下の矩形波またはそれに準じる波形を出力し、高速では通電角が 130 度以上 180 度未満の矩形波

10

20

30

40

50

・正弦波またはそれに準じる波形を所定周波数で出力するとともに、デューティを一定として所定周波数のみを変化させるようにしたものであるので、低速においては高効率・低騒音な運転を実現するとともに、安定した高速性を確保でき尚且つ電流波形も正弦波に近づくので実効電流に対するピーク電流を抑えることが出来る。

【 0 0 9 1 】

低速においては、通電角が 1 2 0 度以上 1 5 0 度以下の矩形波またはそれに準じる波形（例えば台形波など）を出力することにより、実効電流が下がることによる銅損の低減や回路のオンロスの減少と、回路のスイッチングロスの増加とがつりあう最もロスの低い状態での運転が可能となり、最も効率的な運転が可能となる。一般的には正弦波による駆動がモータの効率がよいとの評価はあるものの通電角が 1 8 0 度となるため、回路のスイッチングロスが増加するため、回路を含んだ総合効率としては本実施例によるものが良くなる。

10

【 0 0 9 2 】

また、高速においては、通電角が 1 3 0 度以上 1 8 0 度未満の矩形波・正弦波またはそれに準じる波形（例えば台形波など）を出力すると、出力の電圧波形が矩形波であっても、電流波形は擬似的な正弦波電流となり、従来より電流ピーク値が小さくなるため、より安定した高速運転を得ることができる。

【 0 0 9 3 】

また、ブラシレス DC モータ 4 が、回転子 4 a の鉄心に永久磁石 2 1 a ~ 2 1 d を埋め込んでなる回転子 4 a であり、かつ突極性を有する回転子 4 a を有したものであり、永久磁石のマグネットトルクの他に突極性によるリラクタンストルクを使うことにより、低速時の効率アップは当然のこと、高速時の高速性もさらに得られることになる。

20

【 0 0 9 4 】

永久磁石にネオジなどの希土類磁石を採用してマグネットトルクの割合を多くしたり、インダクタンス L_d 、 L_q の差を大きくしてリラクタンストルクの割合を多くしたりすると、最適な通電角を変えることにより効率をベストにあわせることができる。

【 0 0 9 5 】

また、ブラシレス DC モータ 4 が圧縮機を駆動するものであり、圧縮機において高効率・低騒音を実現できる極めて重要な用途のひとつである。特に巻線の巻込み量を増やしたトルクダウンした（即ち最高回転数を落とした）モータが利用できるのも、低回転数時のデューティが従来より大きくできるので、モータの騒音、特にキャリア音（PWM 制御の周波数に相当、例えば 3 k H z）が低減できる。

30

【 0 0 9 6 】

通電角が 1 2 0 度以上 1 5 0 度以下の矩形波またはそれに準じる波形を出力する第 1 波形発生部 6 と、デューティを一定として所定周波数のみを変化させる周波数設定部 8 と、通電角が 1 3 0 度以上 1 8 0 度未満の矩形波またはそれに準じる波形を前記周波数設定部 8 で決められた所定周波数で出力する第 2 波形発生部 1 0 と、低速では前記第 1 波形発生部 6 の出力を、高速では前記第 2 波形発生部 1 0 の出力をそれぞれ選択する切替判定部 1 1 とを有することにより、低速においては高効率・低騒音な運転を実現するとともに、高速においては安定した高速性を確保でき尚且つ電流波形も正弦波に近づくので実効電流に対するピーク電流を抑えることが出来る。

40

【 0 0 9 7 】

また、回転子の回転位置を検出する位置検出部 5 を有し、低速においては位置検出部 5 の位置検出によりインバータ 3 を駆動することにより、回転子 4 a の回転位置タイミングが最適になり、低速での効率をより上げることが出来る。

【 0 0 9 8 】

また、前記所定周波数の上限周波数を設定しその上限周波数以上の周波数の出力を禁止する周波数制限部 9 を有し、上限周波数を設けることによりより安定した高速運転が可能となる。

【 0 0 9 9 】

50

このように、上限周波数を設けることにより、出せる能力以上の回転は行わないようにできるので、脱調などによって、冷蔵庫などの冷却システムの冷却が予期せず停止してしまい冷えなくなること防止できる。

【0100】

また、上限周波数を前記第1波形発生部6により出力する最大周波数により設定する上限周波数設定部13を有し、運転状況に応じた最大周波数を設定することができ、より安定した最大限の高速運転をだすことができる。

【0101】

また、所定時間が経過した後前記周波数設定部8からの駆動から前記位置検知部5からの駆動に一時的に切り替えることにより上限周波数を設定しなおす上限周波数変更部を有することにより、時間が経過して負荷状態が変化してもより最適な最高回転数で運転をすることができる。

10

【0102】

圧縮機の制御などにおいては、負荷が瞬時的に変わることは少なく、冷却システムの状態によってゆっくり変化するので、この方法は非常に有効である。

【0103】

また、インバータ3に供給される電圧を検出する電圧検出部15と、前記上限周波数を前記電圧検出部15により補正する上限周波数補正部16とを有することにより、電源電圧が変動した場合にも安定した高速回転数を維持することが出来る。つまり電源電圧が変化した場合でも、停止することなく運転を継続することができる。

20

【0104】

(実施の形態2)

次に本発明による実施の形態2について図8を用いて説明する。図8は本発明の実施の形態2によるブラシレスDCモータの駆動装置のブロック図である。

【0105】

図8において、図1で説明したものと同一構成のものは、同一符号を付与して詳しい説明は省略する。

【0106】

30は出力電圧検出部であり、ブラシレスDCモータ4の固定子4bの巻線のW相につながれている。所定のタイミングで出力電圧を検出するものである。この検出された出力電圧は上限周波数補正部16に送られる。

30

【0107】

以上のように構成されたブラシレスDCモータの駆動装置について、次にその動作について説明する。

【0108】

出力電圧検出部30はW相の出力端子に接続されており、インバータ3のスイッチ素子3eがオンした時、このW相の電圧は整流回路2の出力電圧そのものが出てくる。実際には立ち上がり時にはチャタリングなどがあり、スイッチ素子3eがオンした所定時間(十分にチャタリングがなくなる時間)経過後に、出力電圧を検出すると、インバータ3の直流電圧値が検出できることとなる。

40

【0109】

この出力電圧検出部30の出力を受けて、上限周波数補正部16にて上限周波数を補正するべく出力を送出し、上限周波数設定部13の上限周波数を補正する。ここでは電圧が標準より高ければ上限周波数を上げ、標準より低ければ上限周波数を下げるように補正を行う。

【0110】

これにより、入力電圧が変動した場合は、出力電圧を所定のタイミングで検出することによりその変動を検出できるので最適な補正を行うことができる。

【0111】

以上の様に本実施の形態2のブラシレスDCモータの駆動装置は、インバータ3の出力電

50

圧を検出する出力電圧検出部 30 と、前記上限周波数を前記出力電圧検出部 30 の所定タイミングで得られた電圧値により補正する上限周波数補正部 16 とを有することにより、新たな回路を追加することなく電源電圧を検出することにより、電源電圧が変動した場合にも安定した高速回転数を維持することが出来る。

【0112】

また、位置検出部 5 の回路をそのまま利用できるのもので、新たな回路を設けることなく実現可能であり、小型・低コストの駆動装置を提供することができる。

【0113】

(実施の形態 3)

次に本発明による実施の形態 3 について図 9 を用いて説明する。図 9 は本発明の実施の形態 3 によるブラシレス DC モータの駆動装置のブロック図である。

10

【0114】

図 9 において、図 1 で説明したものと同一構成のものは、同一符号を付与して詳しい説明は省略する。

【0115】

40 は整流回路 2 とインバータ 3 との間に設けられたシャント抵抗である。41 はシャント抵抗 40 の両端電圧からシャント抵抗 40 を流れる電流を検出する電流検出部である。

【0116】

42 は位相差検出部であり、電流検出部 41 で検出された電流と出力電圧との位相差を検出し、位相差が予め設定された所定値（例えば $50^\circ \sim 60^\circ$ ）を超えるとその結果を周波数制限部 9 に送出し、出力周波数を制限する。

20

【0117】

43 は振幅検出部であり、電流検出部 41 で検出された電流の振幅を検出して、振幅が所定値（例えば 3 A）を超えるとその結果を周波数制限部 9 に送出し、出力周波数を制限する。

【0118】

以上のように構成されたブラシレス DC モータの駆動装置について、次にその動作について説明する。

【0119】

シャント抵抗 40 を電流が流れることにより、シャント抵抗 40 の両端には電圧が発生する。この電圧を電流検出部 41 に入力して、電流を検出する。

30

【0120】

次に、電流検出部 41 の電流と出力電圧の位相差を位相差検出部 42 で検出する。低速において効率の高い運転をしているとき、磁石埋め込み型のモータではこの位相差は $5^\circ \sim 15^\circ$ 程度となる。さらに高速においては、位置検出部 5 を用いて駆動する最大回転数から実際の回転数が離れてくるほどこの位相差は進むことになる。

【0121】

この位相差がどんどん進み 60° を超えると脱調する可能性が出てくる。したがって脱調する直前に回転数を上げるのを止めるために、 55° を超えると回転数をそれ以上上げないように、周波数制限部 9 で周波数を制限する。

40

【0122】

次に、電流検出部 41 の電流の振幅を振幅検出部 43 で検出する。トルクが一定の場合、位置検出部 5 で駆動しているときは、電流値はほぼ一定であるが、周波数設定部 8 による駆動に切り替わると回転数が上がるにつれて、電流値がどんどん増加していく。この電流が所定値を超えるとモータは保護回路（図示せず）により停止してしまうので、この停止する前に回転数の上昇を止める必要がある。そこで振幅検出部 43 で検出した振幅値が所定値を超えると回転数をそれ以上上げないように、周波数制限部 9 で周波数を制限する。

【0123】

このように電流の位相差や振幅により、回転数に制限を設けることにより、そのときの負荷量にあった最適な高速運転が得ることができる。

50

【 0 1 2 4 】

以上の様に本実施の形態 3 のブラシレス DC モータの駆動装置は、インバータ 3 の出力電流を検出する電流検出部 4 1 と、前記電流検出部 4 1 で検出された出力電流の出力電圧に対する位相により前記周波数制限部 9 の上限周波数を変更するようにした位相差検出部 4 2 とを有することにより、常に負荷の状態を監視することができ、そのときの負荷にあわせた最適な高速運転を実現することができる。

【 0 1 2 5 】

また、位置検出部 5 と、インバータ 3 の出力電流を検出する電流検出部 4 1 と、前記電流検出部 4 1 で検出された出力電流の出力電圧に対する位相により前記周波数制限部 9 の上限周波数を変更するようにした位相差検出部 4 2 とを有することにより、低速における最高の効率を得るとともに、常に負荷の状態を監視することができ、そのときの負荷にあわせた最適な高速運転を実現することができる。

10

【 0 1 2 6 】

また、インバータ 3 の出力電流を検出する電流検出部 4 1 と、前記電流検出部 4 1 で検出された出力電流の振幅により前記周波数制限部 9 の上限周波数を変更するようにした振幅検出部 4 3 とを有することにより、出力電流の振幅値を検出し最適な高速運転を行うことができる。

【 0 1 2 7 】

また、位置検出部 5 と、インバータ 3 の出力電流を検出する電流検出部 4 1 と、前記電流検出部 4 1 で検出された出力電流の振幅により前記周波数制限部 9 の上限周波数を変更するようにした振幅検出部 4 3 とを有することにより、低速における最高の効率を得るとともに、常に負荷の状態を監視することができ、そのときの負荷にあわせた最適な高速運転を実現することができる。

20

【 0 1 2 8 】

【 発明の効果 】

以上説明したように本発明の請求項 1 に記載の発明は、低速では通電角が 1 2 0 度以上 1 5 0 度以下の矩形波またはそれに準じる波形を出力し、高速では通電角が 1 3 0 度以上 1 8 0 度未満の矩形波・正弦波またはそれに準じる波形を所定周波数で出力するとともに、デューティを一定として所定周波数のみを変化させるようにしたものであり、低速においては高効率・低騒音な運転を実現するとともに、安定した高速性を確保でき尚且つ電流波形も正弦波に近づくので実効電流に対するピーク電流を抑えることが出来る。

30

また請求項 1 に記載の発明は、回転子の回転位置を検出する位置検出部を有し、低速においては位置検出部の位置検出によりインバータを駆動することにより低速での効率をより上げることが出来る。

また請求項 1 に記載の発明は、前記所定周波数の上限周波数を設定しその上限周波数以上の周波数の出力を禁止する周波数制限部を有し、上限周波数を設けることにより、より安定した高速運転が可能となる。

また請求項 1 に記載の発明は、上限周波数を前記第 1 波形発生部により出力する最大周波数により設定する上限周波数設定部を有し、運転状況に応じた最大周波数を設定することができ、より安定した最大限の高速運転をだすことができる。

40

【 0 1 3 1 】

また請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 に記載の発明において通電角が 1 2 0 度以上 1 5 0 度以下の矩形波またはそれに準じる波形を出力する第 1 波形発生部と、デューティを一定として所定周波数のみを変化させる周波数設定部と、通電角が 1 3 0 度以上 1 8 0 度未満の矩形波またはそれに準じる波形を前記周波数設定部で決められた所定周波数で出力する第 2 波形発生部と、低速では前記第 1 波形発生部の出力を、高速では前記第 2 波形発生部の出力をそれぞれ選択する切替判定部とを有することにより、低速においては高効率・低騒音な運転を実現するとともに、高速においては安定した高速性を確保でき尚且つ電流波形も正弦波に近づくので実効電流に対するピーク電流を抑えることが出来る。

【 0 1 3 5 】

50

また請求項3に記載の発明は、請求項1記載の発明において所定時間が経過した後前記周波数設定部からの駆動から前記第1波形発生部からの駆動に一時的に切り替えることにより上限周波数を設定しなおす上限周波数変更部を有することにより、時間が経過して負荷状態が変化してもより最適な最高回転数で運転をすることができる。

【0136】

また請求項4に記載の発明は、請求項1記載の発明においてインバータに供給される電圧を検出する電圧検出部と、前記上限周波数を前記電圧検出部により補正する上限周波数補正部とを有することにより、電源電圧が変動した場合にも安定した高速回転数を維持することができる。

【0137】

また請求項5に記載の発明は、請求項1記載の発明においてインバータの出力電圧を検出する出力電圧検出部と、前記上限周波数を前記出力電圧検出部の所定タイミングで得られた電圧値により補正する上限周波数補正部とを有することにより、新たな回路を追加することなく電源電圧を検出することにより、電源電圧が変動した場合にも安定した高速回転数を維持することができる。

【0138】

また請求項6に記載の発明は、請求項1記載の発明においてインバータの出力電流を検出する電流検出部と、前記電流検出部で検出された出力電流の出力電圧に対する位相により前記周波数制限部の上限周波数を変更するようにした位相差検出部とを有することにより、常に負荷の状態を監視することができ、そのときの負荷にあわせた最適な高速運転を実現することができる。

【0140】

また請求項7に記載の発明は、請求項1記載の発明においてインバータの出力電流を検出する電流検出部と、前記電流検出部で検出された出力電流の振幅により前記周波数制限部の上限周波数を変更するようにした振幅検出部とを有することにより、出力電流の振幅値を検出し最適な高速運転を行うことができる。

【0142】

また請求項8に記載の発明は、請求項1から請求項7に記載の発明において、ブラシレスDCモータが、回転子の鉄心に永久磁石を埋め込んでなる回転子であり、かつ突極性を有する回転子を有したものであり、永久磁石のマグネットトルクの他に突極性によるリラクタンストルクを使うことにより、低速時の効率アップは当然のこと、高速時の高速性もさらに得られることになる。

【0143】

また請求項9に記載の発明は、請求項1から請求項8に記載の発明において、ブラシレスDCモータが圧縮機を駆動するものであり、圧縮機において高効率・低騒音を実現できる極めて重要な用途のひとつである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1によるブラシレスDCモータの駆動装置のブロック図

【図2】本発明の実施の形態1における低速時のインバータ駆動のタイミング図

【図3】本発明の実施の形態1における低速時の通電角 = 効率特性図

【図4】本発明の実施の形態1における高速時のインバータ駆動のタイミング図

【図5】本発明の実施の形態1における回転数 = デューティ特性図

【図6】本発明の実施の形態1における回転数とデューティのタイミング図

【図7】本発明の実施の形態1によるブラシレスDCモータの回転子の構造図

【図8】本発明の実施の形態2によるブラシレスDCモータの駆動装置のブロック図

【図9】本発明の実施の形態3によるブラシレスDCモータの駆動装置のブロック図

【図10】従来のブラシレスDCモータの駆動装置のブロック図

【符号の説明】

1 商用電源

2 整流回路

10

20

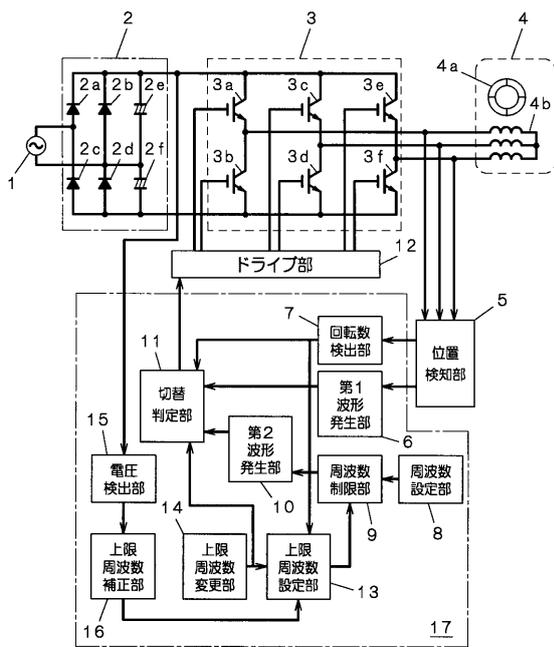
30

40

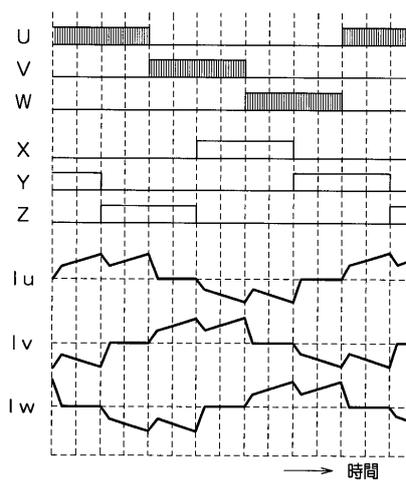
50

- 3 インバータ
- 4 ブラシレスDCモータ

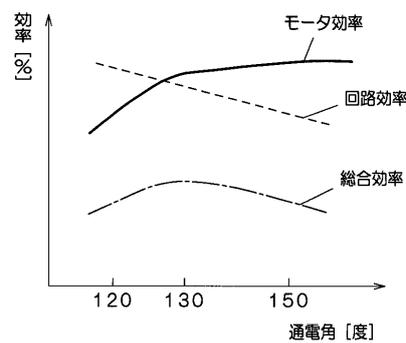
【図1】



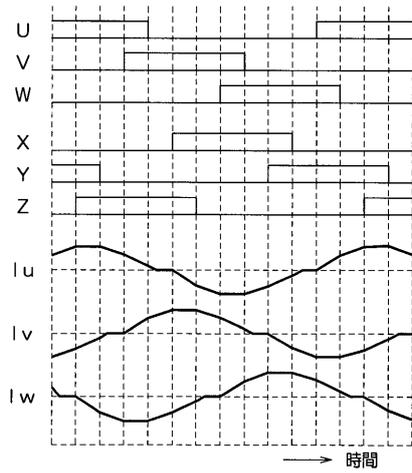
【図2】



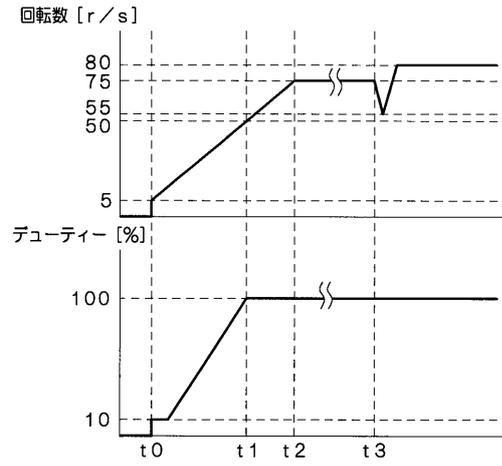
【図3】



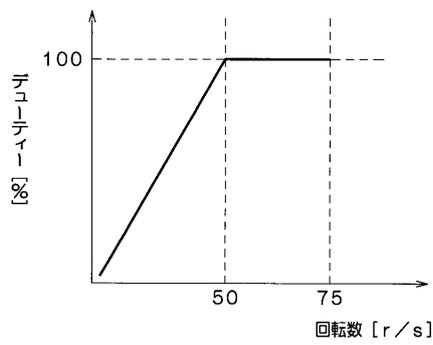
【図4】



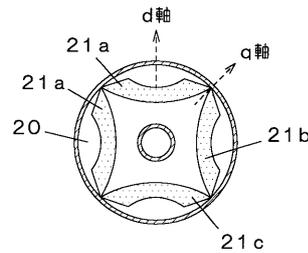
【図6】



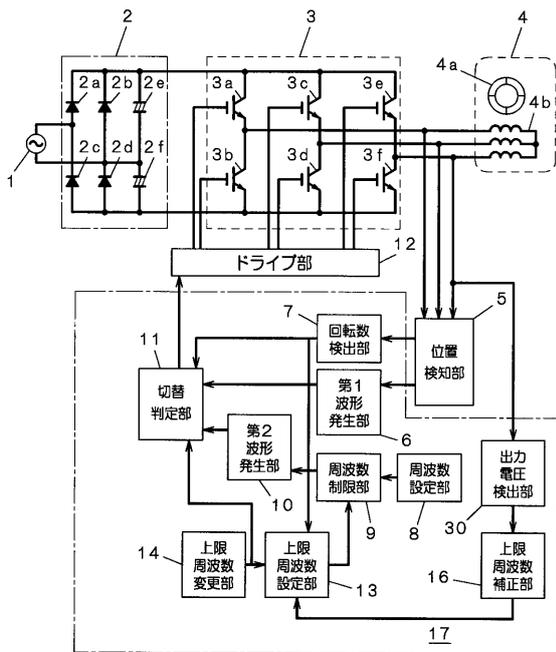
【図5】



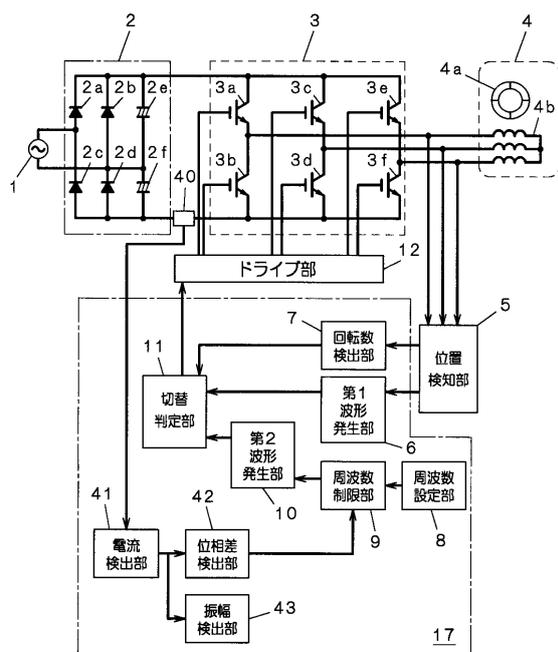
【図7】



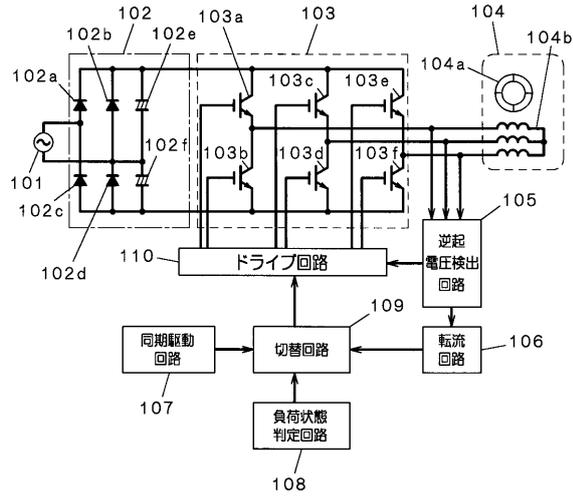
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 大内山 智則

滋賀県草津市野路東二丁目3番1-2号 松下冷機株式会社内

審査官 山村 和人

(56)参考文献 特開2000-184776(JP,A)

特開平10-174445(JP,A)

特開平09-065675(JP,A)

特開昭63-178787(JP,A)

特開平09-088837(JP,A)

特開平04-183292(JP,A)

特開2002-330599(JP,A)

特開2000-078880(JP,A)

特開平11-332287(JP,A)

特開2000-192888(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P 6/00-6/24

H02P 23/00-27/16