

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-336895

(P2004-336895A)

(43) 公開日 平成16年11月25日(2004.11.25)

(51) Int.Cl.⁷

H02P 6/12

F I

H02P 6/02 371P

テーマコード (参考)

5H560

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2003-129864 (P2003-129864)

(22) 出願日 平成15年5月8日(2003.5.8)

(71) 出願人 503361248

富士電機デバイステクノロジー株式会社
東京都品川区大崎一丁目1番2号

(74) 代理人 100091281

弁理士 森田 雄一

(72) 発明者 田久保 拡

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

Fターム(参考) 5H560 AA02 AA10 BB04 BB12 DA02
DC12 EB01 EC02 JJ02 JJ11
RR10 XA12

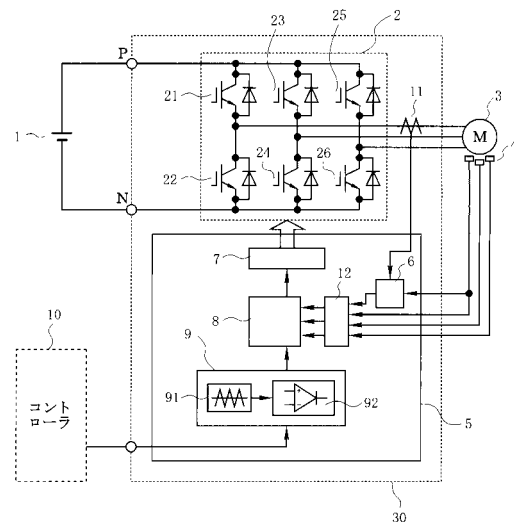
(54) 【発明の名称】 ブラシレスモータの駆動装置

(57) 【要約】

【課題】 比較的簡単な構成によりインバータ出力電圧とモータ逆起電圧との間の位相ずれを解消し、インバータのスイッチング素子に過電流が流れるのを防止して過電流トリップや効率低下を回避する。

【解決手段】 電流検出器11によりモータ電流を検出し、その立ち上がり電流と立ち下がり電流値との差分値を求める。位相シフト回路12は、前記差分値に応じて磁極位置検出信号の位相をシフトし、インバータ2の出力電圧の位相をモータ逆起電圧の位相とほぼ一致させることにより、両電圧の位相差に起因して流れる過大なモータ電流を回避する。

【選択図】 図1



- | | |
|---------------------|---------------|
| 1 : 直流電源 | 9 : PWM回路 |
| 2 : インバータ | 91 : キャリア発生回路 |
| 21~26 : 半導体スイッチング素子 | 92 : コンパレータ |
| 3 : ブラシレスモータ | 10 : コントローラ |
| 4 : 磁極位置検出器 | 11 : 電流検出器 |
| 5 : 制御回路 | 12 : 位相シフト回路 |
| 6 : 電流サンプリング回路 | |
| 7 : ドライブ回路 | |
| 8 : タイミング回路 | |

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ブラシレスモータを駆動するインバータと、このインバータを制御する制御回路とを備え、前記制御回路が、ブラシレスモータの回転子の磁極位置に応じた駆動信号により前記インバータの半導体スイッチング素子に対するオンオフ信号を出力するブラシレスモータの駆動装置において、

前記制御回路は、

前記磁極位置に応じてインバータを流れる電流の立上がり電流値及び立下がり電流値を検出する手段と、

これらの両電流値を比較演算してインバータを流れる電流の波形を制御する手段と、

を備えたことを特徴とするブラシレスモータの駆動装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 記載のブラシレスモータの駆動装置において、

インバータを流れる電流の波形を制御する手段は、

インバータの出力電圧の位相を制御する手段であることを特徴とするブラシレスモータの駆動装置。

【請求項 3】

請求項 2 記載のブラシレスモータの駆動装置において、

インバータの出力電圧の位相を制御する手段は、

インバータを流れる電流の立上がり電流値及び立下がり電流値がほぼ等しくなるように、

前記磁極位置の検出信号の位相を調整する手段を有することを特徴とするブラシレスモータの駆動装置。

20

【請求項 4】

請求項 1、2 または 3 記載のブラシレスモータの駆動装置において、

インバータを流れる電流として、インバータからモータに流れるモータ電流を検出する手段を備えたことを特徴とするブラシレスモータの駆動装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ブラシレスモータをインバータにより駆動する駆動装置において、インバータを構成する半導体スイッチング素子に過電流が流れるのを防止するようにした制御回路に特徴を有する駆動装置に関するものである。

30

【0002】

【従来の技術】

空気調和装置（エアコン）や冷蔵庫、洗濯機等の電動機を応用した家電製品においては、近年、省エネルギーの観点から、従来の誘導電動機よりも効率の高いブラシレスモータ（特に、回転子（界磁）に永久磁石を使用したブラシレスモータ）をインバータと組み合わせて用いることが一般的になっている。

【0003】

図 4 は、この種のブラシレスモータの従来の駆動装置 30 A を示すブロック図である。

40

図 4 において、1 は直流電源、2 は三相の電圧形インバータ、21～26 は三相フルブリッジ接続され、かつ逆並列接続された還流ダイオードを有する IGBT 等の半導体スイッチング素子、3 はインバータ 2 の各相出力端子に接続された三相のブラシレスモータ、4 はブラシレスモータ 3 の回転子の磁極位置を検出するホールセンサ等の磁極位置検出器である。

【0004】

5 A はインバータ 2 の制御回路であり、外部のコントローラ 10 に接続された PWM 回路 9 と、タイミング回路 8 と、ドライブ回路 7 とを備えている。ここで、前記 PWM 回路 9 は、キャリア発生回路 91 と、このキャリア発生回路 91 から出力されるキャリアと出力電圧指令とを比較して PWM 信号を出力するコンパレータ 92 とからなる。

50

【0005】

上記コントローラ10は、インバータ2の運転・停止指令や出力電圧指令、動作周波数指令等を制御回路5Aに出力する。また、タイミング回路8は、PWM信号から回転子の磁極位置に応じたタイミングの駆動信号を生成して出力し、ドライブ回路7は、前記駆動信号に基づいてインバータ2の各相上下アームのスイッチング素子21～26をオンオフするためのゲートパルスを出力する。

【0006】

周知のように、ブラシレスモータ3を駆動するためには、回転子の回転に応じて発生する逆起電圧に同期させてインバータ2を駆動する必要がある。この逆起電圧の位相はブラシレスモータ3の回転子の磁極位置に時間的に比例した波形になるため、その磁極位置に応じてインバータ2の出力電圧を適切に制御することにより、ブラシレスモータ3を所望の回転数に制御することができる。

【0007】

図4の従来技術では、回転子の周囲に配置された磁極位置検出器4が回転子磁極の回転に伴う磁束の変化信号をデジタル信号として検出し、この磁極位置検出信号に基づいてスイッチング素子21～26を電気角120°ごとにオンさせるようにタイミング回路8及びドライブ回路7が動作する。なお、この種のブラシレスモータ3の駆動方法は公知であるため、詳述を省略する。

【0008】

次に、図5は、モータ制御時における各部の電圧・電流波形のタイミングチャートであり、ブラシレスモータ3の各相の磁極位置検出信号（U相位置信号、V相位置信号、W相位置信号）にタイミングを合わせて、U、V、W、X、Y、Z相駆動信号を作成している。ここで、U、V、W相駆動信号は、インバータ2の上アームのスイッチング素子21、23、25の駆動信号であり、X、Y、Z相駆動信号は、下アームのスイッチング素子22、24、26の駆動信号であるものとする。

【0009】

図5では、上アーム側のU、V、W相のスイッチング素子21、23、25を電気角120°期間ずつオンさせ、下アーム側のX、Y、Z相のスイッチング素子22、24、26を電気角120°期間ずつオンさせているが、下アーム側のみスイッチングさせる、または上下アームの両方をスイッチングさせても同等のモータ制御が可能である。

【0010】

一方、ホールセンサ等の磁極位置検出器を用いずに、インバータの出力線間電圧から磁極位置を検出し、この位置情報に基づいてインバータを制御する方法も知られている。この方法は、検出した線間電圧を相電圧に変換し、ある基準電圧との大小関係を比較演算して磁極位置を検出するものであり、例えば、後述する特許文献1には、インバータの出力側に接続した磁極位置検出回路の出力信号に基づき、ブリッジ接続されたスイッチング素子を電気角120°ごとに点弧してブラシレスモータを駆動する技術が開示されている。

【0011】

上述のように、従来では回転子の磁極位置検出信号のタイミングでブラシレスモータを駆動しているが、以下に述べるような問題がある。

すなわち、図4における磁極位置検出器4の取付位置のずれや、特許文献1におけるインバータの出力電圧検出回路内のフィルタ時定数による周波数特性に起因して、磁極位置を正確に検出できない場合がある。

このような場合、ブラシレスモータの逆起電圧位相とインバータの出力電圧位相、すなわちモータ電流位相とがずれてしまうおそれがあった。

【0012】

図6は、磁極位置検出信号（ここではU相位置信号を示している）、モータ逆起電圧（同じくU相逆起電圧）波形、逆起電圧位相、位相ずれ（進み、遅れ）がある場合のインバータ出力電圧位相のタイミングチャートを示している。

本来的には、図6（c）に示した逆起電圧位相の電気角0～2π[rad]と概ね一致す

るように、インバータ出力電圧を生じさせてモータを駆動する必要がある。しかしながら、前述したような原因により、図6(d)の如くインバータ出力電圧の位相が逆起電圧位相に対して ϕ_1 進んだり、(e)の如く ϕ_2 遅れてしまう場合がある。

【0013】

ここで、図7は、インバータ出力電圧とモータ逆起電圧との間に位相ずれが生じていない場合、図8はインバータ出力電圧位相が逆起電圧位相に対して進みの状態、図9はインバータ出力電圧位相が逆起電圧位相に対して遅れの状態における、モータ電流、インバータ出力電圧、モータ逆起電圧の波形をそれぞれ示している。

図7のように位相が一致している場合に比べて図8や図9のように位相ずれがあると、モータ電流の立ち上がり部分及び立ち下がり部分で電流値が増加してしまう。その理由としては、モータ電流はインバータ出力電圧とモータ逆起電圧との差によって流れるものであるが、インバータ出力電圧の位相が進み、または遅れることにより、図8や図9に示す如くインバータ出力電圧とモータ逆起電圧との電圧差が一時的に大きくなることによる。

10

【0014】

このように、インバータ出力電圧とモータ逆起電圧との間に位相ずれが生じた状態では、インバータのスイッチング素子の電流が増加するため過電流トリップが生じたり、電流増加により損失が大きくなって効率が低下するという問題があった。また、位相ずれが甚だしい場合にはインバータとモータとの同期が外れてモータが脱調し、停止してしまうという問題もあった。

【0015】

上述した位相ずれに伴う問題点を解決するため、従来から種々の先行技術が提供されている。

20

例えば、特許文献2には、マイクロコンピュータ等により、回転子角速度及びd軸電圧から求めた位相補正量を徐々に変化させて最適な補正量を記憶し、この補正量を用いて位相角を補正することによりインバータ出力電圧の位相ずれを補正する技術が開示されている。

【0016】

一方、後述の特許文献3には、同期モータにおいて、磁極位置検出器を用いずに、いわゆる位置センサレスで回転子の電気角を検出するようにした電気角検出装置が記載されている。この従来技術では、同期モータへの印加電圧に応じて流れる電流変化率（立ち上がり時間及び立ち下がり時間）の変動に基づいて電気角がどの区間にあるかを特定するものである。

30

更に、特許文献4には、ブラシレスモータ等の駆動制御装置において、モータの励磁電流が切り替わる二つの相（電流が立ち上がる相と立ち下がる相）の電流変化率を一致させることにより、他相の電流変動を防止して過渡的なトルク変動を生じないようにする技術が記載されている。

【0017】

【特許文献1】

特開2001-54296号公報（[0060]～[0068]、図1、図2等）

【特許文献2】

特開平10-262398号公報（[0032]～[0042]、図5～図8等）

40

【特許文献3】

特開平11-55988号公報（[0011]～[0027]、図5等）

【特許文献4】

特開平11-356083号公報（[0025]～[0034]、図6、図9等）

【0018】

【発明が解決しようとする課題】

前記特許文献2の従来技術によれば、位相ずれ補正が一応可能であるが、マイクロコンピュータのソフトウェアが複雑化したり、制御装置をハードウェアで構成した場合には適用が難しいという問題がある。

50

また、特許文献 3 または 4 の従来技術は、モータの電流変化率に着目して回転子の電気角を検出したりトルク変動を防止しているが、インバータ出力電圧とモータ逆起電圧との間の位相ずれ解消を直接の目的とするものではない。

【0019】

そこで本発明は、比較的簡単な構成によりインバータ出力電圧とモータ逆起電圧との間の位相ずれを解消し、インバータのスイッチング素子に過電流が流れるのを未然に防止して過電流トリップや効率低下を回避することができるブラシレスモータの駆動装置を提供しようとするものである。

【0020】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、請求項 1 記載の発明は、ブラシレスモータを駆動するインバータと、このインバータを制御する制御回路とを備え、前記制御回路が、ブラシレスモータの回転子の磁極位置に応じた駆動信号により前記インバータの半導体スイッチング素子に対するオンオフ信号を出力するブラシレスモータの駆動装置において、前記制御回路は、前記磁極位置に応じてインバータを流れる電流の立上がり電流値及び立下がり電流値を検出する手段と、これらの両電流値を比較演算してインバータを流れる電流の波形を制御する手段と、を備えたものである。

10

【0021】

請求項 2 記載の発明は、請求項 1 において、インバータを流れる電流の波形を制御する手段が、インバータの出力電圧の位相を制御する手段であることを特徴とする。

20

【0022】

請求項 3 記載の発明は、請求項 2 において、インバータの出力電圧の位相を制御する手段は、インバータを流れる電流の立上がり電流値及び立下がり電流値がほぼ等しくなるように、前記磁極位置の検出信号の位相を調整する手段を有するものである。

【0023】

請求項 4 記載の発明は、請求項 1, 2 または 3 において、インバータを流れる電流として、インバータからモータに流れるモータ電流を検出する手段を備えたものである。

【0024】

【発明の実施の形態】

以下、図に沿って本発明の実施形態を説明する。まず、図 1 はこの実施形態の構成を示すブロック図であり、図 4 と同一の構成要素には同一の参照符号を付してある。

図 1 において、30 は三相のブラシレスモータ 3 の駆動装置であり、インバータ 2 とその制御回路 5 とを備えている。インバータ 2 の構成は図 4 と同様であり、直流電源 1 とブラシレスモータ 3 との間に三相フルブリッジ接続された半導体スイッチング素子 21 ~ 26 を有している。

制御回路 5 は、図 4 と同様に PWM 回路 9、タイミング回路 8、ドライブ回路 7 を備え、PWM 回路 9 はキャリア発生回路 91 及びコンパレータ 92 から構成されている。

【0025】

ここで、本実施形態では、インバータ 2 の一相の出力線に電流検出器 11 が接続され、その出力信号が電流サンプリング回路 6 に入力されている。

電流サンプリング回路 6 には、一相の磁極位置検出器 4 による磁極位置検出信号も入力されており、電流サンプリング回路 6 の出力信号は三相すべての磁極位置検出器 4 による磁極位置検出信号と共に位相シフト回路 12 に入力されている。そして、位相シフト回路 12 の出力信号がタイミング回路 8 に入力されている。

40

【0026】

図 2 は、電流サンプリング回路 6 の動作を示すタイミングチャートである。

電流サンプリング回路 6 は、磁極位置検出信号（後述するタイミング回路 8 から出力される駆動信号の元になる信号であり、駆動信号と同期する信号）に基づいて、ブラシレスモ

50

ータ 3 に流れるモータ電流（インバータ 2 の出力電流）の立上がり及び立下がりのタイミングを検出し、これらのタイミングで立上がり電流値及び立下がり電流値をサンプリングすると共に、その差分値 Δi を算出する。

【0027】

モータ電流をサンプリングするタイミングは、上述のごとく一相分の磁極位置検出信号に基づいて決められるが、基本的には、磁極位置検出信号に同期したインバータ 2 の半導体スイッチング素子の駆動信号（例えば、図 5 における U 相位置信号に同期した U 相駆動信号）の立上がりエッジ及び立下がりエッジでモータ電流をサンプリングする。そして、それぞれの電流値を立上がり電流値、立下がり電流値としてその差分値 Δi （＝立下がり電流値－立上がり電流値）を算出し、この差分値を位相シフト回路 12 に出力する。

10

【0028】

なお、電流の立上がりにはある程度の時間（転流期間）を要するため、この転流期間をマスクさせて立上がり電流値をサンプリングするとよい。この結果、図 2 に示すように、駆動信号の立上がりエッジと立上がりサンプリング点とは僅かにずれることになる。

【0029】

位相シフト回路 12 は、電流差分値 Δi に応じてインバータ 2 の出力電圧位相を調整し、この出力電圧とモータ 3 の逆起電圧との間の位相差をなくして電流差分値 Δi がほぼ 0 となるようにするためのものであり、具体的な動作としては、電流差分値 Δi に応じて磁極位置検出信号の位相を進み方向または遅れ方向にシフトさせてタイミング回路 8 に出力する。

20

【0030】

図 3 は、位相シフト回路 12 の動作を示すもので、電流差分値 Δi と磁極位置検出信号の位相補正量 ϕ との関係を示している。

前述した図 9 から明らかなように、 Δi （＝立下がり電流値－立上がり電流値） > 0 の場合にはインバータ 2 の出力電圧位相がモータ逆起電圧よりも遅れているので、図 3 に示す如く、出力電圧位相を進めるように位相補正量 ϕ を正方向に増加させる。また、図 8 から明らかなように、 $\Delta i < 0$ の場合にはインバータ 2 の出力電圧位相がモータ逆起電圧よりも進んでいるので、出力電圧位相を遅らせるように位相補正量 ϕ を負方向に増加させる。

【0031】

このようにして、位相シフト回路 12 により進み位相または遅れ位相に補正された各相の磁極位置検出信号に従って、タイミング回路 8 が進み位相または遅れ位相に補正された駆動信号を出力し、これらの駆動信号に基づいてドライブ回路 7 がインバータ 2 の各相上下アームのスイッチング素子に対するゲートパルスを出力する。

30

この結果、インバータ出力電圧及びモータ逆起電圧の位相は図 7 に示したようにほぼ一致することになり、立上がり電流値と立下がり電流値とがほぼ等しくなってその差分値 Δi もほぼ 0 となる。

【0032】

すなわち、本実施形態によれば、図 8 や図 9 に示したようなモータ電流の立上がり部分や立下がり部分における過電流の発生を防止することができ、スイッチング素子の破壊や無用な過電流トリップ、損失による効率の低下、脱調等を生じるおそれがない。

40

【0033】

なお、電流差分値 Δi は（立上がり電流値－立下がり電流値）として求めても良く、その場合には前述した場合分けの際の不等式（ $\Delta i > 0$ や $\Delta i < 0$ ）における Δi を $-\Delta i$ に置き換えれば良い。

また、上記実施形態では一相分のモータ電流をサンプリングしているが、三相各相のモータ電流をサンプリングし、各相ごとに位相補正を行っても良い。更に、モータ電流ではなくインバータ 2 の直流回路部の電流をサンプリングしてもよい。

【0034】

また、各スイッチング素子に個別にシャント抵抗などの電流検出器を設けて各アーム電流の立上がり部分及び立下がり部分を検出することも可能である。

50

駆動信号のタイミングを生成するためには、ホールセンサ等の磁極位置検出器 4 を用いる以外に、インバータ 2 の出力線間電圧を検出する方法も本発明の技術的範囲に属するものである。

【0035】

なお、本実施形態では、インバータ出力電圧の位相角の設定を立上がり電流値及び立下がり電流値をほぼ等しくする、すなわち図 7 に示したように電流－電圧位相を合わせることとしている。しかしながら、突極性を有するブラシレスモータにおいては、モータ電流位相を逆起電圧位相に対して進めることにより、リラクタンストルクを生じさせてモータ効率及び出力トルクを向上させることができるため、モータ電流と電圧との位相差に応じた立上がり電流値と立下がり電流値との差分値になるように、インバータ出力電圧の位相を調整してもよい。

10

【0036】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、インバータを流れる電流、例えばモータ電流の立ち上がり電流値及び立下がり電流値がほぼ等しくなるようにインバータの出力電圧位相を調整することにより、スイッチング素子の過電流を防止し、過電流トリップや脱調を生じさせることなく、高効率でモータを駆動することができる。

特に本発明では、従来の制御回路に電流検出器や電流サンプリング回路、位相シフト回路等の比較的簡単な回路を付加するだけで実現可能であるため、コストの低減にも寄与する。

20

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の実施形態を示すブロック図である。

【図 2】 図 1 における電流サンプリング回路の動作を示すタイミングチャートである。

【図 3】 図 1 における位相シフト回路の動作説明図である。

【図 4】 従来技術を示すブロック図である。

【図 5】 従来技術のモータ制御時における各部の電圧・電流波形を示すタイミングチャートである。

【図 6】 従来技術における磁極位置検出信号、モータ逆起電圧波形、逆起電圧位相、インバータ出力電圧位相のタイミングチャートである。

【図 7】 従来技術におけるモータ電流、インバータ出力電圧、モータ逆起電圧の波形図である。

30

【図 8】 従来技術におけるモータ電流、インバータ出力電圧、モータ逆起電圧の波形図である。

【図 9】 従来技術におけるモータ電流、インバータ出力電圧、モータ逆起電圧の波形図である。

【符号の説明】

1：直流電源

2：インバータ

21～26：半導体スイッチング素子

3：ブラシレスモータ

4：磁極位置検出器

5：制御回路

6：電流サンプリング回路

7：ドライブ回路

8：タイミング回路

9：PWM回路

91：キャリア発生回路

92：コンパレータ

10：コントローラ

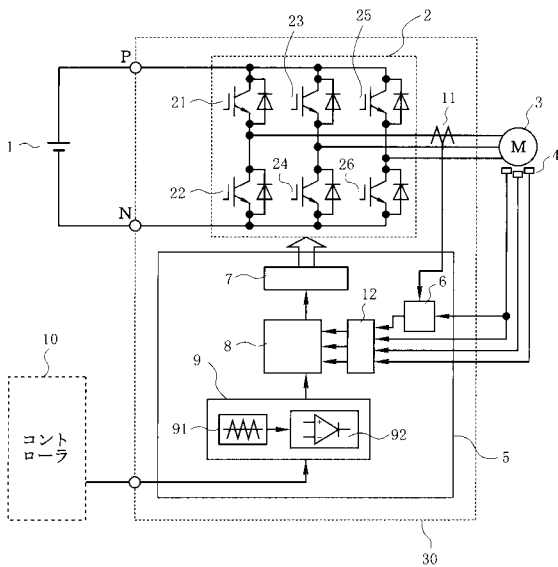
11：電流検出器

40

50

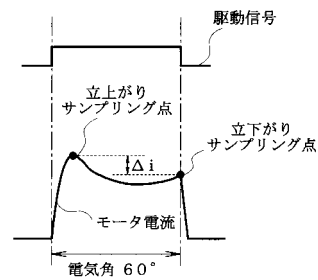
- 12 : 位相シフト回路
30 : 駆動装置

【図 1】

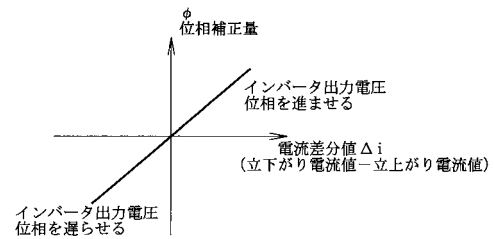


- | | |
|-----------------------|---------------|
| 1 : 直流電源 | 9 : PWM回路 |
| 2 : インバータ | 91 : キャリア発生回路 |
| 21 ~ 26 : 半導体スイッチング素子 | 92 : コンパレータ |
| 3 : ブラシレスモータ | 10 : コントローラ |
| 4 : 磁極位置検出器 | 11 : 電流検出器 |
| 5 : 制御回路 | 12 : 位相シフト回路 |
| 6 : 電流サンプリング回路 | |
| 7 : ドライブ回路 | |
| 8 : タイミング回路 | |

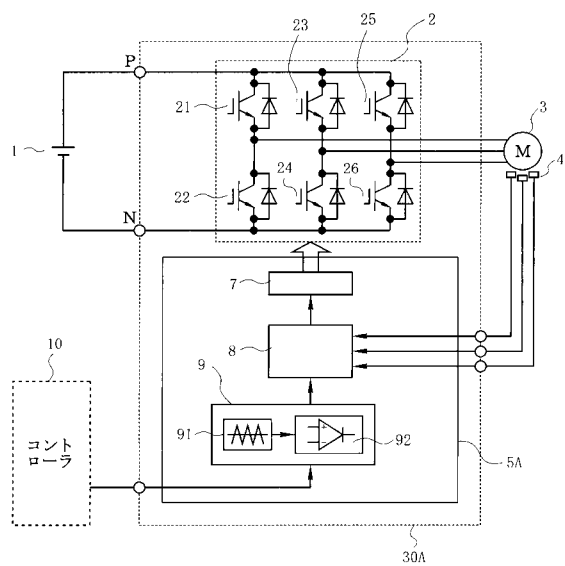
【図 2】



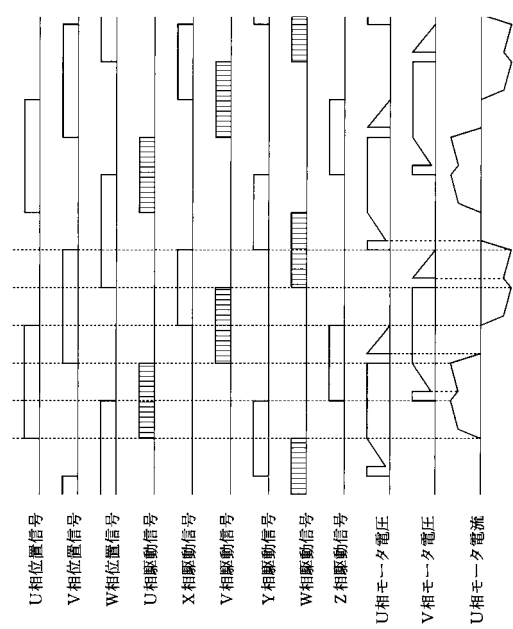
【図 3】



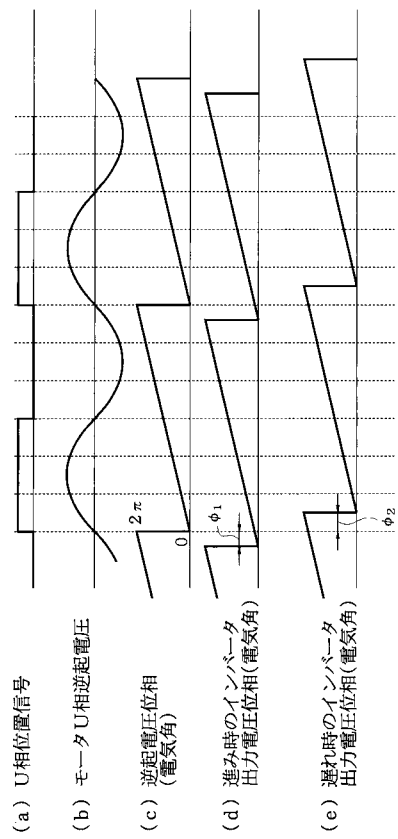
【図 4】



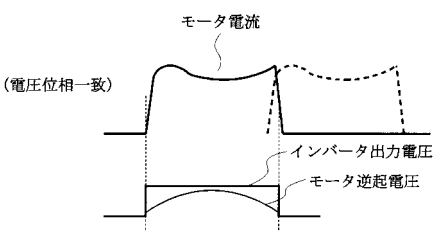
【図 5】



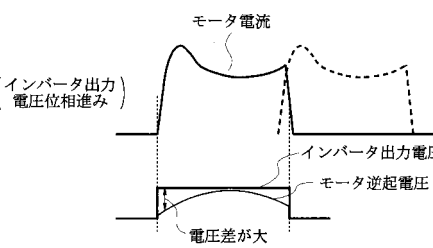
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【図 9】

