

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3636344号

(P3636344)

(45) 発行日 平成17年4月6日(2005.4.6)

(24) 登録日 平成17年1月14日(2005.1.14)

(51) Int.Cl.⁷

H02P 6/06

F I

H02P 6/02 341B

請求項の数 6 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願平11-41469	(73) 特許権者	503361248
(22) 出願日	平成11年2月19日(1999.2.19)		富士電機デバイステクノロジー株式会社
(65) 公開番号	特開2000-245188(P2000-245188A)		東京都品川区大崎一丁目11番2号
(43) 公開日	平成12年9月8日(2000.9.8)	(74) 代理人	100075166
審査請求日	平成15年8月12日(2003.8.12)		弁理士 山口 巖
		(74) 代理人	100076853
			弁理士 駒田 喜英
		(74) 代理人	100085833
			弁理士 松崎 清
		(72) 発明者	滝沢 聡毅
			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
		審査官	尾家 英樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ブラシレスDCモータの制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

直流電圧源間に、複数のコンデンサを直列接続した直列回路と、4組の半導体スイッチを2相ブリッジ接続した2相ブリッジ回路とを並列接続し、前記直列回路の中間電位点および2相ブリッジ回路の各交流出力点にブラシレスDCモータを接続して給電しつつその制御を行なうに当たり、

前記ブラシレスDCモータの位置検出信号から生成される前記各半導体スイッチの導通角を、108°とするスイッチング信号でオン、オフ制御することを特徴とするブラシレスDCモータの制御方法。

【請求項2】

前記導通角108°のスイッチング信号を所定位相だけ進ませて、前記各半導体スイッチをオン、オフ制御することを特徴とする請求項1に記載のブラシレスDCモータの制御方法。

【請求項3】

直流電圧源間に、複数のコンデンサを直列接続した直列回路と、4組の半導体スイッチを2相ブリッジ接続した2相ブリッジ回路とを並列接続し、前記直列回路の中間電位点および2相ブリッジ回路の各交流出力点にブラシレスDCモータを接続して給電しつつその制御を行なうに当たり、

前記ブラシレスDCモータの速度指令値、検出値、または前記コンデンサの直流電圧指令値、検出値のいずれかが所定値になったときは、前記各半導体スイッチを、導通角120

10

20

°の内60°はパルス幅変調を行なう120°導通形スイッチング信号に基づきオン、オフ制御する第1の制御から、前記各半導体スイッチの導通角を、108°とするスイッチング信号でオン、オフ制御する第2の制御へと切り換えることを特徴とするブラシレスDCモータの制御方法。

【請求項4】

直流電圧源間に、複数のコンデンサを直列接続した直列回路と、4組の半導体スイッチを2相ブリッジ接続した2相ブリッジ回路とを並列接続し、前記直列回路の中間電位点および2相ブリッジ回路の各交流出力点にブラシレスDCモータを接続して給電しつつその制御を行なうに当たり、

前記ブラシレスDCモータの速度指令値、検出値、または前記コンデンサの直流電圧指令値、検出値のいずれかの値に応じ、前記各半導体スイッチを、導通角120°の内60°はパルス幅変調を行なう120°導通形スイッチング信号に基づきオン、オフ制御する第1の制御、前記120°導通形スイッチング信号とは導通角、パルス幅変調の導通率がともに異なるスイッチング信号に基づき、前記各半導体スイッチをオン、オフ制御する第2の制御、前記各半導体スイッチの導通角を、108°とするスイッチング信号でオン、オフ制御する第3の制御へと順次切り換えることを特徴とするブラシレスDCモータの制御方法。

10

【請求項5】

直流電圧源間に、複数のコンデンサを直列接続した直列回路と、4組の半導体スイッチを2相ブリッジ接続した2相ブリッジ回路とを並列接続し、前記直列回路の中間電位点および2相ブリッジ回路の各交流出力点にブラシレスDCモータを接続して給電しつつその制御を行なうに当たり、

前記ブラシレスDCモータの速度指令値、検出値、または前記コンデンサの直流電圧指令値、検出値のいずれかが所定値になったときは、前記各半導体スイッチの導通角を、108°とするスイッチング信号でオン、オフ制御する第1の制御から、前記各半導体スイッチの導通角を120°とするスイッチング信号に基づきオン、オフ制御する第2の制御へと切り換えることを特徴とするブラシレスDCモータの制御方法。

20

【請求項6】

直流電圧源間に、複数のコンデンサを直列接続した直列回路と、4組の半導体スイッチを2相ブリッジ接続した2相ブリッジ回路とを並列接続し、前記直列回路の中間電位点および2相ブリッジ回路の各交流出力点にブラシレスDCモータを接続して給電しつつその制御を行なうに当たり、

前記ブラシレスDCモータの速度指令値、検出値、または前記コンデンサの直流電圧指令値、検出値のいずれかの値に応じ、前記各半導体スイッチの導通角を108°とするスイッチング信号でオン、オフ制御する第1の制御、前記スイッチング信号とは導通角が異なるスイッチング信号に基づき、前記各半導体スイッチをオン、オフ制御する第2の制御、前記各半導体スイッチの導通角を120°とするスイッチング信号に基づきオン、オフ制御する第3の制御へと順次切り換えることを特徴とするブラシレスDCモータの制御方法。

30

【発明の詳細な説明】

40

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、インバータを介して駆動されるブラシレスDCモータの制御方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

図15は第1の従来例を示すブロック図、図16は第2の従来例を示すブロック図である。

これらの図において、1は交流電源、2は整流回路、3は直流電圧昇圧用のチョップ回路、4、5は直流電圧平滑用電解コンデンサ、6はトランジスタとダイオードを逆並列接続してなる半導体スイッチ4組(Ta~Td)よりなるインバータ回路、7はインバータ主

50

回路6から給電されるブラシレスDCモータ(M:単にモータともいう)である。

【0003】

また、モータの制御を行なう制御部として図15では、磁極センサからの信号またはインバータの出力電圧信号からモータの磁極位置を検出し、モータの60度(°)毎の磁極位置検出信号を出力する磁極位置検出回路9と、その検出信号にもとづき半導体スイッチへのスイッチング信号(Ta1~Td1信号)を作成する信号作成回路10、磁極位置検出回路9からの信号によりモータの速度を検出し、制御する速度検出・制御回路11、直流電圧指令演算回路12、直流中間電圧制御回路および入力電流制御回路を含む制御回路13等より構成する。

図16では、図15に加えて導通角120°の内の60°はパルス幅変調(PWM)を行なわせるための発振器18、およびPWM信号(Ta4~Td4信号)の信号作成回路19を備えている。なお、上記「導通角120°およびその内の60°」なる文言の各数値は理論値であるが、実際には多少の誤差(±2, 3度)を含むことを許容することとし、以下同様とする。

上記のような構成において、モータの速度指令値および60°毎の磁極位置検出信号にもとづく直流中間電圧値の制御、および各半導体スイッチTa~Tdへのスイッチング指令信号により、モータ7に所望の回転数と出力トルクとを与えることができる。

【0004】

図17に図15における半導体スイッチTa~Tdへのスイッチング信号例を示す。図17では、120°導通角形のスイッチングパターンとする例を示している。また、電流波形においては、時刻T4, T7付近でU相およびW相に大電流が流れるという特徴を有する。これは、モータ7に印加される電圧が3相不平衡であることに起因する。

図18に、図16における半導体スイッチTa~Tdへのスイッチング信号(Ta4~Td4)の例を示す。同図では、各半導体スイッチへは導通角120°の内の60°は、例えばオンデューティ75%のPWMを実施するスイッチングパターンとしており、この制御方法が基本となる。また、電流波形においては、時刻T3~T4間とT6~T7付近でPWM波形となり、他の区間(T2~T3やT5~T6等)に流れる電流と平均的にほぼ等しくなるという特徴を有する。これは、モータ7に印加される電圧が3相平衡であることに起因する。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

図16の方式において、モータの最高回転数を上げるためには、直流チョッパ回路3によって電解コンデンサ4, 5の直流電圧を高くすれば良いが、このときチョッパ回路内の半導体スイッチやインバータ主回路を構成する半導体スイッチTa~Tdの電圧定格が高くなり、小型化、低価格化の妨げとなる。また、図15の方式の場合は図16の場合に比べて高速運転が可能であるが、トルクリプルや効率に問題がある。

したがって、この発明の課題は、従来のものに比べて半導体スイッチの電圧定格を下げ、ブラシレスDCモータの高性能を運転を実現することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】

このような課題を解決するため、請求項1の発明では、直流電圧源間に、複数のコンデンサを直列接続した直列回路と、4組の半導体スイッチを2相ブリッジ接続した2相ブリッジ回路とを並列接続し、前記直列回路の中間電位点および2相ブリッジ回路の各交流出力点にブラシレスDCモータを接続して給電しつつその制御を行なうに当たり、前記ブラシレスDCモータの位置検出信号から生成される前記各半導体スイッチの導通角を、108°とするスイッチング信号でオン、オフ制御することの特徴とする。

上記請求項1の発明においては、前記導通角108°のスイッチング信号を所定位相だけ進ませて、前記各半導体スイッチをオン、オフ制御することができる(請求項2の発明)。

【0007】

請求項 3 の発明では、直流電圧源間に、複数のコンデンサを直列接続した直列回路と、4 組の半導体スイッチを 2 相ブリッジ接続した 2 相ブリッジ回路とを並列接続し、前記直列回路の中間電位点および 2 相ブリッジ回路の各交流出力点にブラシレス DC モータを接続して給電しつつその制御を行なうに当たり、

前記ブラシレス DC モータの速度指令値、検出値、または前記コンデンサの直流電圧指令値、検出値のいずれかが所定値になったときは、前記各半導体スイッチを、導通角 120° の内 60° はパルス幅変調を行なう 120° 導通形スイッチング信号に基づきオン、オフ制御する第 1 の制御から、前記各半導体スイッチの導通角を、 108° とするスイッチング信号でオン、オフ制御する第 2 の制御へと切り換えることを特徴とする。

【0008】

請求項 4 の発明では、直流電圧源間に、複数のコンデンサを直列接続した直列回路と、4 組の半導体スイッチを 2 相ブリッジ接続した 2 相ブリッジ回路とを並列接続し、前記直列回路の中間電位点および 2 相ブリッジ回路の各交流出力点にブラシレス DC モータを接続して給電しつつその制御を行なうに当たり、

前記ブラシレス DC モータの速度指令値、検出値、または前記コンデンサの直流電圧指令値、検出値のいずれかの値に応じ、前記各半導体スイッチを、導通角 120° の内 60° はパルス幅変調を行なう 120° 導通形スイッチング信号に基づきオン、オフ制御する第 1 の制御、前記 120° 導通形スイッチング信号とは導通角、パルス幅変調の導通率がともに異なるスイッチング信号に基づき、前記各半導体スイッチをオン、オフ制御する第 2 の制御、前記各半導体スイッチの導通角を、 108° とするスイッチング信号でオン、オフ制御する第 3 の制御へと順次切り換えることを特徴とする。

【0009】

請求項 5 の発明では、直流電圧源間に、複数のコンデンサを直列接続した直列回路と、4 組の半導体スイッチを 2 相ブリッジ接続した 2 相ブリッジ回路とを並列接続し、前記直列回路の中間電位点および 2 相ブリッジ回路の各交流出力点にブラシレス DC モータを接続して給電しつつその制御を行なうに当たり、

前記ブラシレス DC モータの速度指令値、検出値、または前記コンデンサの直流電圧指令値、検出値のいずれかが所定値になったときは、前記各半導体スイッチの導通角を、 108° とするスイッチング信号でオン、オフ制御する第 1 の制御から、前記各半導体スイッチの導通角を 120° とするスイッチング信号に基づきオン、オフ制御する第 2 の制御へと切り換えることを特徴とする。

【0010】

請求項 6 の発明では、直流電圧源間に、複数のコンデンサを直列接続した直列回路と、4 組の半導体スイッチを 2 相ブリッジ接続した 2 相ブリッジ回路とを並列接続し、前記直列回路の中間電位点および 2 相ブリッジ回路の各交流出力点にブラシレス DC モータを接続して給電しつつその制御を行なうに当たり、

前記ブラシレス DC モータの速度指令値、検出値、または前記コンデンサの直流電圧指令値、検出値のいずれかの値に応じ、前記各半導体スイッチの導通角を 108° とするスイッチング信号でオン、オフ制御する第 1 の制御、前記スイッチング信号とは導通角が異なるスイッチング信号に基づき、前記各半導体スイッチをオン、オフ制御する第 2 の制御、前記各半導体スイッチの導通角を 120° とするスイッチング信号に基づきオン、オフ制御する第 3 の制御へと順次切り換えることを特徴とする。

【0011】

【発明の実施の形態】

図 1 はこの発明の第 1 の実施の形態を示すブロック図である。

これは、図 15 に示す回路に対し、速度検出値または速度指令値 (n) から次の (1) 式および (2) 式の演算をして 12° および 48° 相当の時間データを演算する時間データ演算回路 14 と信号作成回路 15 とを付加した点が特徴である。

$$12^\circ \text{ 時間データ} = 1 / (\text{速度検出値または速度指令値}) * (12 / 360) = 1 / 30n \quad \dots (1)$$

10

20

30

40

50

48° 時間データ = $1 / (\text{速度検出値または速度指令値}) * (48 / 360) = 2 / 15n$
 ... (2)

【0012】

信号作成回路 15 では、上記時間データ演算回路 14 からの出力と、信号作成回路 10 からのスイッチング信号 T a 1 ~ T d 1 とにもとづき 108° 導通形のスイッチング信号 T a 2 ~ T d 2 を作成する。なお、 12° および 48° 相当の時間だけ信号の立ち上がり、立ち下りを遅らせる具体的な回路としては、例えばカウンタを用いることができる。

図 2 に図 1 の場合の各信号のタイムチャートを示す。信号 T a 2 は時刻 T 3 において、また信号 T c 2 は時刻 T 6 において、それぞれ信号 T a 1, T c 1 の立ち上がりに対して 12° 分の時間遅れて立ち上がり、信号 T b 2, T d 2 はそれぞれ時刻 T 6, T 3 に対して 48° 分の時間後に立ち下がるようにしている。また、モータに流れる電流も、第 1 の従来例に対して i_u, i_w のピーク電流値が低減していることが分かる。

10

【0013】

図 3 はこの発明の第 2 の実施の形態を示す構成図である。制御部分のみを示しており、図 1 に対し位相シフト量演算回路 16 および信号作成回路 17 を付加して構成される。位相シフト量演算回路 16 は、上記 108° 導通形のスイッチング信号 T a 2 ~ T d 2 を進相させる位相 ($\Delta\theta$) 量相当の時間データ (Δt) を得るため、速度検出・制御回路 11 からの速度検出データまたは速度指令データ (n') にもとづき、次の (3) 式の如き演算を行なう。

$$\Delta t = \Delta\theta / 360 n' \quad \dots (3)$$

20

信号作成回路 17 は位相シフト量演算回路 16 からの出力にもとづき、信号作成回路 15 からの 108° 導通形のスイッチング信号 T a 2 ~ T d 2 を、 $\Delta\theta$ だけ進相させる。

【0014】

図 4 に図 3 の場合の各信号のタイムチャートを示す。

すなわち、 $\Delta\theta$ だけ進相させるのは通常はできないので、例えば T a 3 信号の立ち上がりは、時刻 T 2 から $(72^\circ - \Delta\theta)$ 相当の時間データ分遅らせることで、また、T a 3 信号の立ち下りは、時刻 T 4 から $(60^\circ - \Delta\theta)$ 相当の時間データ分遅らせることでそれぞれ対応するようにしており、これは他の信号 T b, T c, T d についても同様である。

【0015】

30

図 5 はこの発明の第 3 の実施の形態を示す構成図である。制御部分のみを示しており、図 1 に対し発振器 18, 信号作成回路 19, 20 および比較器 21 を付加して構成される。発振器 18, 信号作成回路 19 は図 16 に示す第 2 の従来例と同じく、各半導体スイッチに対し、導通角 120° の内 60° はパルス幅変調を行なう 120° 導通形スイッチング信号 T a 4 ~ T d 4 を作成する。信号作成回路 20 はスイッチを内蔵し、信号作成回路 15 からの信号 T a 2 ~ T d 2 と信号作成回路 19 からの信号 T a 4 ~ T d 4 を切り換えて出力し、比較器 21 は速度検出データまたは速度指令データと、予め設定された切り換え速度データとを比較し、信号作成回路 20 内のスイッチを切り換えるための信号を作成する。

図 6 は図 5 の動作説明図である。同図には、切り換え速度 n_1 を境に、半導体スイッチ T a へのスイッチング信号 T a 5 が、導通角 120° の内 60° はパルス幅変調を行なう 120° 導通形のものから、 108° 導通形のものと切り換わる様子が示されている。これは他の信号 T b, T c, T d についても同様である。

40

【0016】

図 7 はこの発明の第 4 の実施の形態を示す構成図である。制御部分のみを示しており、第 2 の従来例に対しオンデューティ (on duty) 演算回路 22, 導通角演算回路 23 および信号作成回路 24 を付加して構成される。

オン duty 演算回路 22 および導通角演算回路 23 は、速度検出データまたは速度指令データにもとづき、信号 T a 4 ~ T d 4 を出力している期間のオンデューティ (導通率) および導通角を演算し、信号作成回路 24 は導通率および導通角に応じたスイッチング信

50

号T a 6～T d 6を作成する。

【0017】

図8はモータの速度がステップ的に変化したときの信号T a 6の例を示す。すなわち、低速時には導通角 120° 、 $\text{onduty}75\%$ のスイッチング信号とし、中速時には導通角 114° 、 $\text{onduty}87.5\%$ のスイッチング信号とし、高速時には導通角 108° 、 $\text{onduty}100\%$ のスイッチング信号とした例を示している。

図9に速度と導通角、 onduty との関係例を示す。

すなわち、或る設定した速度 $n1$ から $n2$ の間は、 onduty を x 、導通角を y として、次式の如き関係を満たすようにするものである。

$$y = 90 + 45 / (4x - 1.5) \quad \dots (4)$$

10

【0018】

図10はこの発明の第5の実施の形態を示す構成図で、図1の制御部分に信号作成回路25および比較器26を付加して構成される。

信号作成回路25はスイッチを内蔵しており、モータの速度に応じて信号作成回路10からの信号T a 1～T d 1と信号作成回路15からの信号T a 2～T d 2を切り換えて出力し、比較器21は速度検出データまたは速度指令データと、予め設定された切り換え速度データとを比較し、信号作成回路25内のスイッチを切り換えるための信号を作成する。

図11は図10の動作説明図である。同図には、切り換え速度 $n3$ を境に、半導体スイッチT aへのスイッチング信号T a 7が、 108° 導通形のものから、 120° 導通形のものへと切り換わる様子が示されている。これは他の信号T b, T c, T dについても同様である。

20

【0019】

図12はこの発明の第6の実施の形態を示す構成図で、図1の制御部分に導通角演算回路27および信号作成回路28を付加して構成される。

すなわち、導通角演算回路27は速度検出データまたは速度指令データにもとづき導通角を演算し、信号作成回路28はその演算された導通角に応じたスイッチング信号T a 8～T d 8を作成する。

図13はモータの速度がステップ的に変化したときの信号T a 8の例を示す。

つまり、低速時には導通角 108° のスイッチング信号とし、中速時には導通角 114° のスイッチング信号とし、高速時には導通角 120° のスイッチング信号とする例を示す。これは他の信号T b, T c, T dについても同様である。

30

【0020】

図14は速度と導通角の関係説明図である。これは、速度 $n5 \sim n6$ の間では導通角を $108^\circ \sim 120^\circ$ として運転する例を示している。

以上では、制御の切り換えに当たって速度指令値、検出値を利用するようにしたが、コンデンサ4, 5の直流電圧指令値、検出値を用いても良いのは勿論である。

【0021】

【発明の効果】

第1の発明によれば、第2の従来例に対して電圧利用率が向上するため、同一の半導体スイッチを使用する場合はモータの高速運転が可能となり、また、モータの最高回転数を同じとすれば、半導体スイッチの電圧定格を低減することができる。また、第1の従来例に対しては、モータに流れる低次高調波が低減するため、モータのトルクリプルの低減や効率の向上が図れる。第2の発明によれば、第1の発明に比べてモータに流れる低次高調波が低減し、モータのトルクリプルの低減や効率の向上が図れる。

40

【0022】

第3の発明によれば、第1の発明に対しモータの低速運転時には第2の従来例と同様の運転方式としているため、モータ低速運転時のトルクリプルの低減や効率の向上が図れる。

第4の発明によれば、第3の発明に対し制御方式の切り換わりによる急激な加減速運転がなくなるため、ショックの少ない円滑なモータの運転が可能になる。

【0023】

50

第5の発明によれば、第1の従来例に対してモータの低速運転時には第1の発明と同様の運転を行なうため、低速運転時におけるモータのトルクリプルの低減や効率の向上が図れる。

第6の発明によれば、第5の発明に対して制御方式の切り換わりによる急激な加減速運転がなくなるため、ショックの少ない円滑なモータの運転が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1の実施の形態を示す構成図である。

【図2】図1の動作説明図である。

【図3】この発明の第2の実施の形態を示す構成図である。

【図4】図3の動作説明図である。

10

【図5】この発明の第3の実施の形態を示す構成図である。

【図6】図5の動作説明図である。

【図7】この発明の第4の実施の形態を示す構成図である。

【図8】図7の動作説明図である。

【図9】図8における速度と導通角，オン duty の関係説明図である。

【図10】この発明の第5の実施の形態を示す構成図である。

【図11】図10の動作説明図である。

【図12】この発明の第6の実施の形態を示す構成図である。

【図13】図12の動作説明図である。

【図14】図13における速度と導通角の関係説明図である。

20

【図15】第1の従来例を示すブロック図である。

【図16】第2の従来例を示すブロック図である。

【図17】図15の動作説明図である。

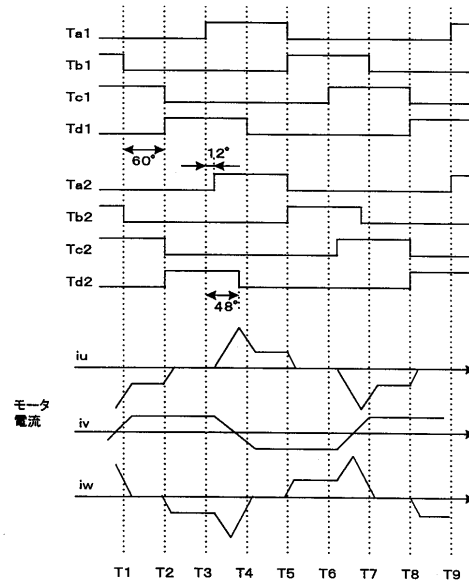
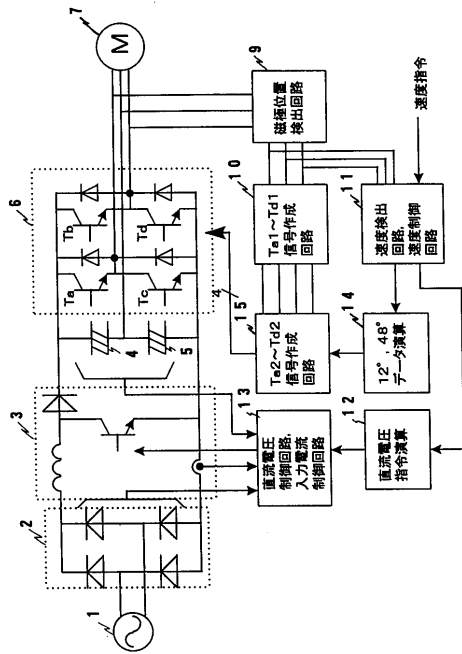
【図18】図16の動作説明図である。

【符号の説明】

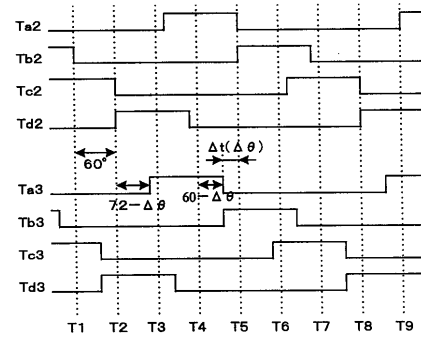
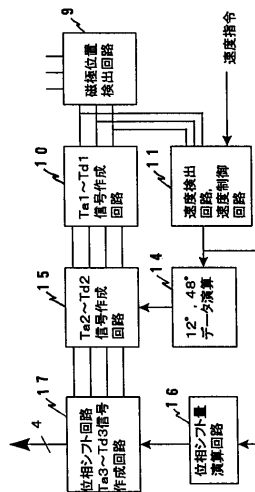
1…電源、2…整流回路、3…チョッパ回路、4，5…電解コンデンサ、6…インバータ回路、7…ブラシレスDCモータ（M）、9…磁極位置検出回路、10，15，17，19，20，24，25，28…信号作成回路、11…速度検出・制御回路、12…直流電圧指令演算回路、13…制御回路、14…時間データ演算回路、16…位相シフト量演算回路、18…発振器、21，26…比較器、22…オン duty 演算回路、23，27…導通角演算回路。

30

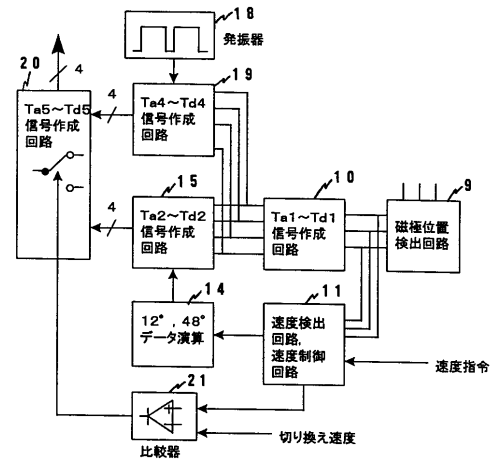
【 図 2 】



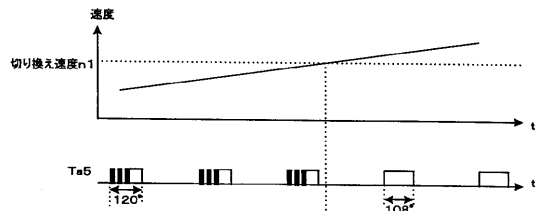
【图 4】



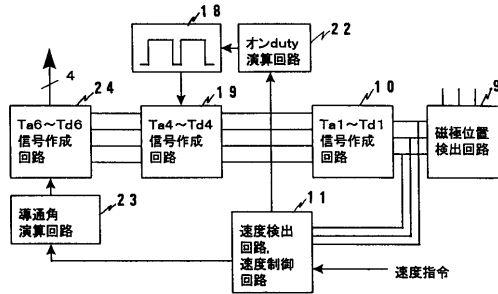
【図 5】



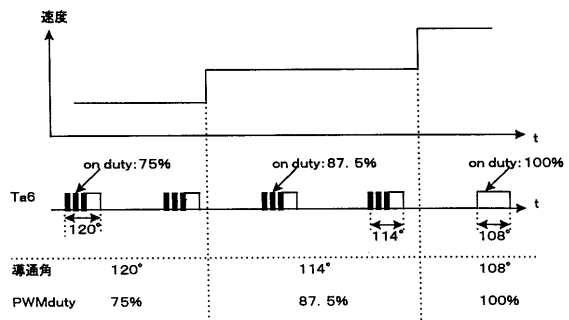
【図 6】



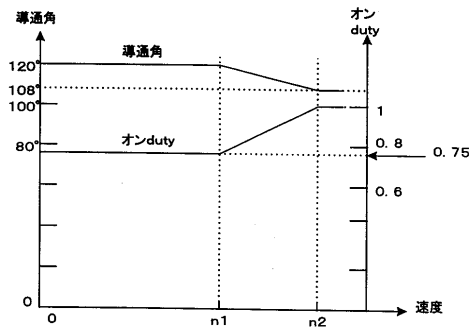
【図 7】



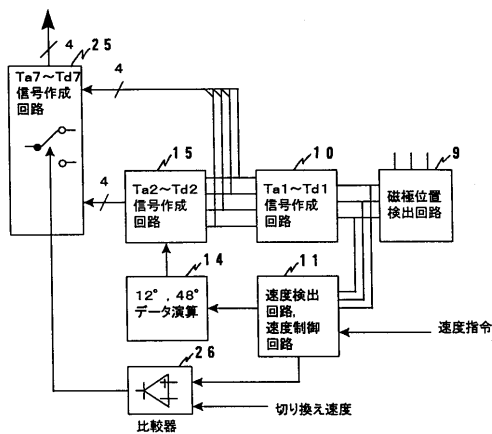
【図 8】



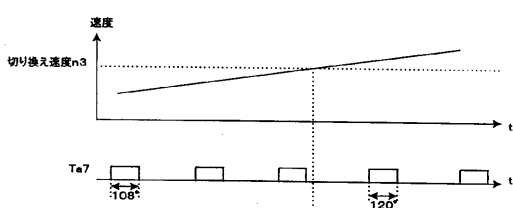
【図 9】



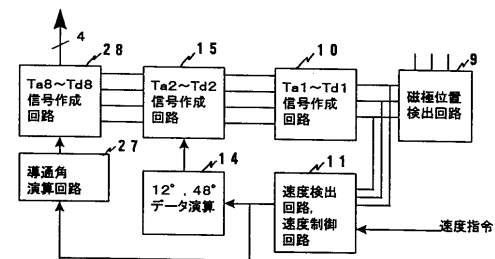
【図 10】



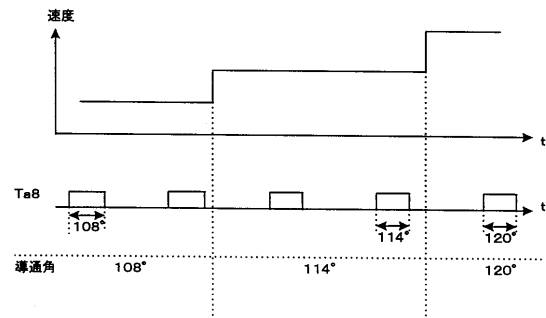
【図 11】



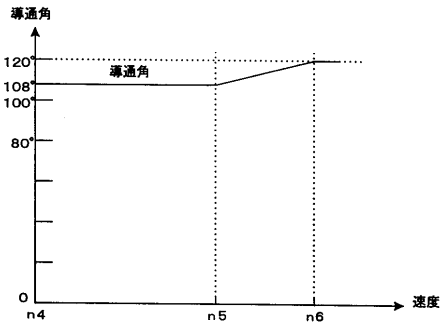
【図 12】



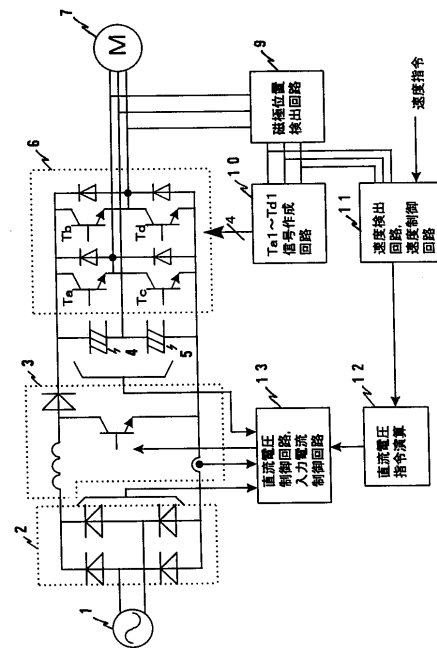
【図 13】



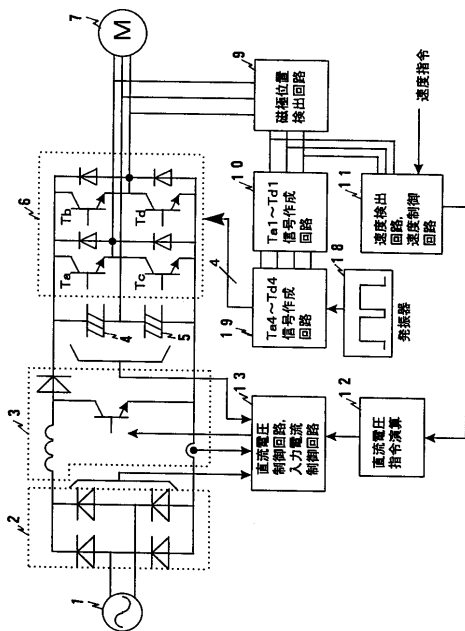
【図 14】



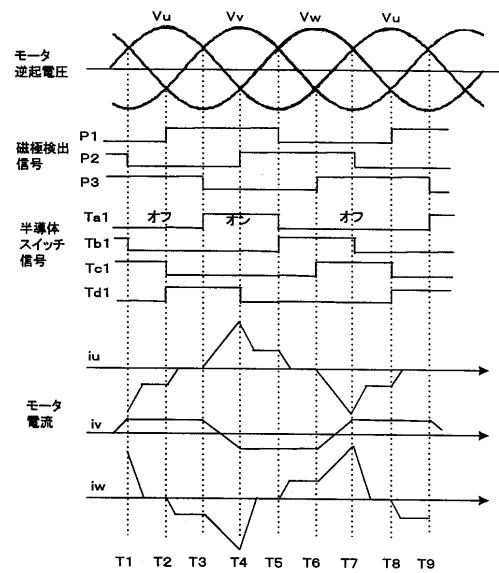
【図 15】



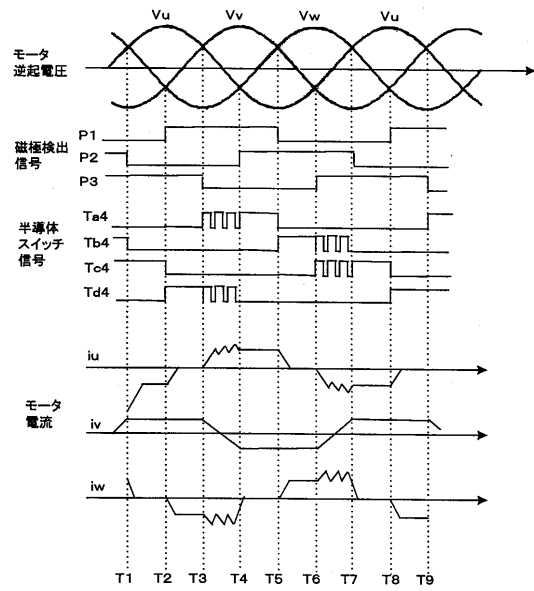
【図 16】



【図 17】



【図 18】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平11-004590 (JP, A)
特開平09-191683 (JP, A)
特開平09-182457 (JP, A)
特開平11-196582 (JP, A)
特開平10-174477 (JP, A)
特開平07-274582 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)
H02P 6/00-6/24