

(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2010-94021

(P2010-94021A)

(43) 公開日 平成22年4月22日(2010.4.22)

(51) Int.Cl.		F I			テーマコード (参考)
H02P 6/08	(2006.01)	H02P 6/02	371H		5H505
H02P 6/18	(2006.01)	H02P 6/02	371S		5H560
H02P 21/00	(2006.01)	H02P 5/408	C		
H02P 27/04	(2006.01)	H02P 5/408	D		

審査請求 有 請求項の数 2 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2009-273482 (P2009-273482)	(71) 出願人	000002853
(22) 出願日	平成21年12月1日 (2009.12.1)		ダイキン工業株式会社
(62) 分割の表示	特願2002-298321 (P2002-298321) の分割		大阪府大阪市北区中崎西2丁目4番12号 梅田センタービル
原出願日	平成14年10月11日 (2002.10.11)	(74) 代理人	100088672
			弁理士 吉竹 英俊
		(74) 代理人	100088845
			弁理士 有田 貴弘
		(74) 代理人	100103229
			弁理士 福市 朋弘
		(72) 発明者	谷口 智勇
			滋賀県草津市岡本町字大谷1000番地の 2 ダイキン工業株式会社滋賀製作所内

最終頁に続く

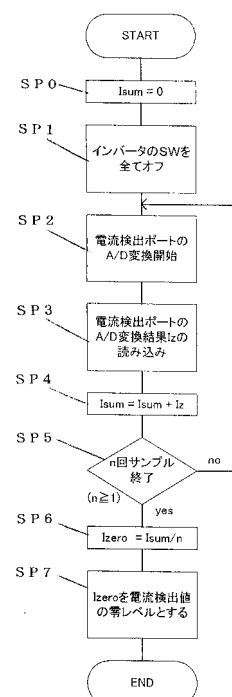
(54) 【発明の名称】 モータ駆動方法およびその装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 特別にバラツキの少ない回路を採用しなくても、零レベルの変化の影響を排除して精度の高いロータ位置の検出を達成する。

【解決手段】 モータ電流の検出値を補正するために、モータを駆動しない期間中に、インバータの上アームのスイッチングトランジスタを全てオフにしてかつインバータの下アームのスイッチングトランジスタを全てオンにするか又は、インバータの上アームのスイッチングトランジスタを全てオンにしてかつインバータの下アームのスイッチングトランジスタを全てオフにして、インバータから零ベクトルを出力して、モータ電流を検出する検出手段からの出力を零レベルとして検出する。

【選択図】 図9



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

検出手段（４）を用いてインバータ（２）からモータ（３）に供給されるモータ電圧およびモータ電流を検出し、検出したモータ電圧、モータ電流、および予め設定したモータモデルを用いてモータ（３）の回転子の磁極位置を検出し、検出した磁極位置を基準としてインバータ（２）を制御するモータ駆動方法において、
前記モータ電流の検出値を補正するために、前記モータを駆動しない期間中に、前記インバータの上アームのスイッチングトランジスタを全てオフにしてかつ前記インバータの下アームのスイッチングトランジスタを全てオンにするか又は、前記インバータの上アームのスイッチングトランジスタを全てオンにしてかつ前記インバータの下アームのスイッチングトランジスタを全てオフにして、前記インバータ（２）から零ベクトルを出力して、前記モータ電流を検出する検出手段（４）からの出力を零レベルとして検出することを特徴とするモータ駆動方法。

10

【請求項 2】

検出手段（４）を用いてインバータ（２）からモータ（３）に供給されるモータ電圧およびモータ電流を検出し、検出したモータ電圧、モータ電流、および予め設定したモータモデルを用いてモータ（３）の回転子の磁極位置を検出し、検出した磁極位置を基準としてインバータ（２）を制御するモータ駆動装置において、
前記モータ電流の検出値を補正するために、前記モータを駆動しない期間中に、前記インバータの上アームのスイッチングトランジスタを全てオフにしてかつ前記インバータの下アームのスイッチングトランジスタを全てオンにするか又は、前記インバータの上アームのスイッチングトランジスタを全てオンにしてかつ前記インバータの下アームのスイッチングトランジスタを全てオフにして、前記インバータ（２）から零ベクトルを出力して、前記モータ電流を検出する検出手段（４）からの出力を零レベルとして検出する零レベル検出手段（５）を含むことを特徴とするモータ駆動装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、インバータからモータに供給されるモータ電圧およびモータ電流を検出手段を用いて検出し、検出したモータ電圧、モータ電流、および予め設定したモータモデルを用いてモータの回転子の磁極位置を検出し、検出した磁極位置を基準としてインバータを制御するモータ駆動方法およびその装置に関する。

30

【背景技術】

【0002】

近年、省エネ性を向上させる為に、高効率、高精度なインバータモータ制御が家電製品にも求められるようになってきており、モータにはリラクタンストルクを利用できる埋込磁石型ＤＣモータが多く用いられている。

【0003】

そして、ＤＣモータの制御にはロータ位置（回転子の磁極位置）の検出が不可欠であるが、圧縮機内部等の様に非常に過酷な環境下では位置センサを用いることは困難である。

40

【0004】

そこで、従来は、１２０度通電波形によりモータを駆動し、モータ端子に現れる誘起電圧を利用する位置検出が一般的に行われてきた。

【0005】

しかし、この手法ではリラクタンストルクを有効に利用できる電流位相にてモータを駆動することができないという問題点、および１８０度通電の正弦波にてモータを駆動することができないという問題点があった。

【0006】

そこで、この問題を解決する為に、モータに流れる電流と印加する電圧を検出し、マイコン内のモータモデルを用いて位置を計算により得る方法が使われるようになってきた。

50

したがって、高効率な運転の為には、精度の高いロータ位置の検出が必要であり、すなわち精度の高い電流と電圧の検出が必要である。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかし、PWMインバータの電流検出においては、検出回路の零レベルが固体バラツキおよび温度により大きく変化することが知られており、この零レベルの変化の影響を受けて電流検出に誤差を生じ、モータの制御性能を低下させる要因となっている。

【0008】

また、零レベルの変化を小さくする為にバラツキの少ない回路を選定することも考えられるが、この場合には検出回路のコストが高くなり、コストダウンの要求が強い家電製品に適用することが困難であるという問題がある。

【0009】

この発明は上記の問題点に鑑みてなされたものであり、特別にバラツキの少ない回路を採用しなくても、零レベルの変化の影響を排除して精度の高いロータ位置の検出を達成することができるモータ駆動方法およびその装置を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0010】

請求項1のモータ駆動方法は、検出手段を用いてインバータからモータに供給されるモータ電圧およびモータ電流を検出し、検出したモータ電圧、モータ電流、および予め設定したモータモデルを用いてモータの回転子の磁極位置を検出し、検出した磁極位置を基準としてインバータを制御するに当たって、前記モータ電流の検出値を補正するために、前記モータを駆動しない期間中に、前記インバータの上アームのスイッチングトランジスタを全てオフにしてかつ前記インバータの下アームのスイッチングトランジスタを全てオンにするか又は前記インバータの上アームのスイッチングトランジスタを全てオンにしてかつ前記インバータの下アームのスイッチングトランジスタを全てオフにして、前記インバータから零ベクトルを出力して、前記モータ電流を検出する検出手段からの出力を零レベルとして検出する方法である。

【0011】

請求項2のモータ駆動装置は、検出手段を用いてインバータからモータに供給されるモータ電圧およびモータ電流を検出し、検出したモータ電圧、モータ電流、および予め設定したモータモデルを用いてモータの回転子の磁極位置を検出し、検出した磁極位置を基準としてインバータを制御するものにおいて、前記モータ電流の検出値を補正するために、前記モータを駆動しない期間中に、前記インバータの上アームのスイッチングトランジスタを全てオフにしてかつ前記インバータの下アームのスイッチングトランジスタを全てオンにするか又は前記インバータの上アームのスイッチングトランジスタを全てオンにしてかつ前記インバータの下アームのスイッチングトランジスタを全てオフにして、前記インバータから零ベクトルを出力して、前記モータ電流を検出する検出手段からの出力を零レベルとして検出する零レベル検出手段を含むものである。

【発明の効果】

【0012】

請求項1の発明は、モータを積極的に運転していない状態においても零レベルを精度よく検出することができ、ひいてはモータの回転子の磁極位置を精度よく検出することができるという特有の効果を奏する。

【0013】

請求項2の発明は、モータを積極的に運転していない状態においても零レベルを精度よく検出することができ、ひいてはモータの回転子の磁極位置を精度よく検出することができるという特有の効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0014】

- 【図 1】この発明のモータ駆動装置の一実施形態を示す概略図である。
- 【図 2】3 相インバータの構成を示す概略図である。
- 【図 3】インバータ出力電圧ベクトルを説明する図である。
- 【図 4】正弦波電圧出力とインバータ出力電圧ベクトルの組み合わせを示す図である。
- 【図 5】インバータ出力電圧ベクトル V_4 における電流経路の例を説明する図である。
- 【図 6】 $r e 0$ におけるインバータ出力電圧ベクトルと D C リンク電流の一例を示す図である。
- 【図 7】ゲイン誤差による検出電流のばらつきを説明する図である。
- 【図 8】オフセット誤差による検出電流のばらつきを説明する図である。
- 【図 9】この発明のモータ駆動方法の一実施形態の要部を説明するフローチャートである 10
- 。
- 【図 10】この発明のモータ駆動方法の他の実施形態の要部を説明するフローチャートである。
- 【図 11】この発明のモータ駆動方法のさらに他の実施形態の要部を説明するフローチャートである。
- 【図 12】インバータ出力電圧ベクトル V_7 における A / D 変換処理とキャリア割り込み処理を説明する図である。
- 【図 13】この発明のモータ駆動方法のさらに他の実施形態の要部を説明するフローチャートである。
- 【図 14】この発明のモータ駆動方法のさらに他の実施形態の要部を説明するフローチャートである。 20
- 【図 15】変調率が高い時のインバータ出力電圧ベクトルと D C リンク電流を説明する図である。
- 【図 16】零ベクトルが存在しない例を示す図である。
- 【図 17】この発明のモータ駆動方法のさらに他の実施形態の要部を説明するフローチャートである。
- 【図 18】この発明のモータ駆動方法のさらに他の実施形態の要部を説明するフローチャートである。
- 【図 19】電流零における検出回路出力の温度特性を説明する図である。
- 【図 20】零ベクトルの拡大例を示す図である。 30
- 【図 21】ゲート信号、インバータ出力電圧ベクトル、および D C リンク電流の関係を説明する図である。
- 【図 22】上下アームのスイッチングトランジスタのオフによる零ベクトルの挿入を説明する図である。
- 【図 23】この発明のモータ駆動方法のさらに他の実施形態の要部の一部を説明するフローチャートである。
- 【図 24】この発明のモータ駆動方法のさらに他の実施形態の要部の残部を説明するフローチャートである。
- 【図 25】オフセット量の検出電流への影響を説明する図である。
- 【図 26】 $+\Delta I$ 相当のオフセットが存在する時の検出電流を示す図である。 40
- 【図 27】 $-\Delta I$ 相当のオフセットが存在する時の検出電流を示す図である。
- 【発明を実施するための形態】
- 【0015】
- 以下、添付図面を参照して、この発明のモータ駆動方法およびその装置の実施の形態を詳細に説明する。
- 【0016】
- 図 1 はこの発明のモータ駆動装置の一実施形態を示す概略図である。
- 【0017】
- このモータ駆動装置は、直流電源 1 の出力端子間に 3 相インバータ 2 を接続し、3 相インバータ 2 の 3 相出力をモータ 3 に供給している。そして、直流電源 1 と 3 相インバータ 50

2との間に電流検出回路4を接続し、電流検出値および図示しない電圧検出値を入力とし、モータモデルを用いてモータの回転子の磁極位置を検出し、検出した磁極位置を基準として従来公知の処理を行って制御信号を出力する制御回路5と、制御信号を入力として、3相インバータ2のスイッチングトランジスタを制御するゲートドライブ信号を出力するゲートドライブ回路6とを設けている。

【0018】

次いで、このモータ駆動装置の作用を説明する。

【0019】

図2に示す三相PWMインバータは、U、V、Wの各相のスイッチングトランジスタが上下で相補的にON、OFFを繰返し、その時比率を変化させることで平均的にモータ端子に任意の周波数と振幅の交流電圧を与えている。表1に示すように、U、V、W相のスイッチング状態の組合せは8種類存在し、それぞれの組合せを電圧ベクトルV0～V7と定義している。

【0020】

【表1】

SW状態			ベクトル
U相	V相	W相	
0	0	0	V0
0	0	1	V1
0	1	0	V2
0	1	1	V3
1	0	0	V4
1	0	1	V5
1	1	0	V6
1	1	1	V7

SW状態0: 上アームOFF、下アームON

SW状態1: 上アームON、下アームOFF

【0021】

ここで、0～7の数字は、各相のスイッチング状態を上アームがONの時に"1"、下アームがONの時に"0"としてU、V、Wの順に並べ、2進数として読んだ値を10進

数表記したものである。これらのベクトルをベクトル図上に示すと、図 3 のようになる。この中で、ベクトル V_0 とベクトル V_7 については、モータ端子間の電位差が全て 0 になっており、モータ 3 にとっては同一のベクトルであると考えられる。そこで、以下では、ベクトル V_0 とベクトル V_7 を零ベクトルと表現する。

【0022】

図 4 は、正弦波電圧出力 {図 4 中 (a) 参照} とその時の電圧ベクトルの組合せ {図 4 中 (b) 参照} を示しており、 re_0 の期間では、ベクトル V_4 とベクトル V_6 及び零ベクトルの比率を変化させることで、正弦波電圧の出力を行っている。 $re_1 \sim re_5$ についても同様に、2つの電圧ベクトルと零ベクトルの組合せにより正弦波電圧の出力を行っている。図 5 はベクトル V_4 のときに 3 相インバータ 2 を流れる電流の経路を示している。図 5 において、DC リンクの電流 I_{dc} は U 相からモータ巻線へ流れ込み、V、W 相を通して再び DC リンクへ戻っているため、DC リンク電流 I_{dc} と U 相電流 I_u とが同じ電流値であることが分かる。同様にベクトル V_6 における電流経路を考えると、 re_0 において DC リンクに現れる電流は $(I_u + I_v)$ すなわち $-I_w$ となる。 re_0 の期間に現れる I_{dc} の様子を図 6 に示す。

【0023】

このように、零ベクトル以外の状態では直流電圧部とモータ 3 とは何れかのスイッチングトランジスタにより導通しており、モータ 3 を流れる電流が DC リンク部に現れる。DC リンク電流 I_{dc} に現れるモータ電流の相は、ベクトルによって決まっており、その関係は表 2 のようになる。

【0024】

【表 2】

出力電圧 ベクトル	DC リンク 電流 (I_{dc})
V_0	0
V_1	I_w
V_2	I_v
V_3	$-I_u$
V_4	I_u
V_5	$-I_v$
V_6	$-I_w$
V_7	0

【0025】

したがって、異なる相電流が得られる2つのベクトルにおいてDCリンク電流 I_{dc} を検出することで、モータ3に流れる全ての電流を知ることが出来る。零ベクトルについては、モータ端子が全て短絡された状態となることから、DCリンク電流 I_{dc} は0となる。

【0026】

図7は電流検出回路に含まれる直線性誤差を説明する図、図8はオフセットによる誤差を説明する図である。本発明は、オフセットによる誤差を補正し、検出電流の正しい零レベルを得るものである。

【0027】

図9はこの発明のモータ駆動方法の一実施形態の要部を説明するフローチャートである。

10

【0028】

ステップSP0において、 I_{sum} の値を0に初期化し、ステップSP1において、3相インバータ2の全てのスイッチングトランジスタをオフにし、ステップSP2において、電流検出ポートのA/D変換を開始し、ステップSP3において、電流検出ポートのA/D変換結果 I_z を読み込み、ステップSP4において、 I_{sum} を I_z だけ増加させ、ステップSP5において、 n 回のサンプルが終了したか否かを判定する。ただし、 n は1以上の整数である。

【0029】

そして、 n 回のサンプルが終了したと判定されるまでは、再びステップSP2の処理を行う。

20

【0030】

また、 n 回のサンプルが終了したと判定された場合には、ステップSP6において、 I_{sum} を n で除算して I_{zero} を算出し、ステップSP7において、 I_{zero} を電流検出値の零レベルとし、そのまま一連の処理を終了する。

【0031】

以上から分かるように、3相インバータ2およびモータ3が停止している状態においては、理論的にはDCリンク電流 I_{dc} が0である為、検出したレベルを零レベルとすることができる。また、ノイズの影響が懸念される場合には、複数回検出した値を平均化して零レベルを求めることが好ましい。ここで、インバータの停止状態とは、全てのSWがOFFしている状態のことである。

30

【0032】

図10はこの発明のモータ駆動方法の他の実施形態の要部を説明するフローチャートである。

【0033】

ステップSP0において、 I_{sum} の値を0に初期化し、ステップSP1において、3相インバータ2の下アームのスイッチングトランジスタを全てオンにし（電圧ベクトル V_0 を出力し）、ステップSP2において、電流検出ポートのA/D変換を開始し、ステップSP3において、電流検出ポートのA/D変換結果 I_z を読み込み、ステップSP4において、 I_{sum} を I_z だけ増加させ、ステップSP5において、 n 回のサンプルが終了したか否かを判定する。ただし、 n は1以上の整数である。

40

【0034】

そして、 n 回のサンプルが終了したと判定されるまでは、再びステップSP2の処理を行う。

【0035】

また、 n 回のサンプルが終了したと判定された場合には、ステップSP6において、 I_{sum} を n で除算して I_{zero} を算出し、ステップSP7において、 I_{zero} を電流検出値の零レベルとし、そのまま一連の処理を終了する。

【0036】

以上から分かるように、3相インバータ2は停止しているが、外部よりモータ3にトル

50

クが与えられることでモータ3が回転している場合には、直流部電圧VDCの値によってはモータ3からの回生電流が流れてDCリンク電流Idcが0とならないことがある。このような状態が起こり得ると考えられるときには、DCリンク電流Idcが必ず0となるようにインバータ出力を零ベクトルV0とし、この状態を保持して検出したレベルを零レベルとすることができる。また、ノイズの影響が懸念される場合には、複数回検出した値を平均化して零レベルを求めることが好ましい。

【0037】

図11はこの発明のモータ駆動方法のさらに他の実施形態の要部を説明するフローチャートである。

【0038】

ステップSP1において、モータ3の運転処理を行い、ステップSP2において、零ベクトルV7における電流検出ポートのA/D変換結果Izを読み込み、ステップSP3において、IsumをIzだけ増加させ、ステップSP4において、n回のサンプルが終了したか否かを判定する。ただし、nは1以上の整数である。

【0039】

そして、n回のサンプルが終了したと判定された場合には、ステップSP5において、Isumをnで除算してIzeroを算出し、その後、Isumの値を0に初期化し、ステップSP6において、Izeroを電流検出値の零レベルとする。

【0040】

また、n回のサンプルが終了していないと判定された場合、またはステップSP6の処理が行われた場合には、ステップSP7において、次の電流検出のタイミングを設定し、そのまま一連の処理を終了する。

【0041】

以上から分かるように、インバータ駆動中においては、キャリア周期毎に繰返し現れる零ベクトルの期間中に検出を行い、この値を零レベルとする。図12に検出を行うタイミングの一例を示す。また、ノイズの影響が懸念される場合には、複数回検出した値を平均化して零レベルを求めることが好ましい。

【0042】

図13はこの発明のモータ駆動方法のさらに他の実施形態の要部を説明するフローチャートである。

【0043】

ステップSP1において、モータ3の運転処理を行い、ステップSP2において、零ベクトルV7の持続時間がA/Dサンプルに必要な時間以上であるか否かを判定する。

【0044】

そして、零ベクトルV7の持続時間がA/Dサンプルに必要な時間以上であると判定された場合には、ステップSP3において、零ベクトルV7における電流A/D変換結果Izを読み込み、ステップSP4において、IsumをIzだけ増加させ、ステップSP5において、n回のサンプルが終了したか否かを判定する。ただし、nは1以上の整数である。

【0045】

そして、n回のサンプルが終了したと判定された場合には、ステップSP6において、Isumをnで除算してIzeroを算出し、その後、Isumの値を0に初期化し、ステップSP7において、Izeroを電流検出値の零レベルとする。

【0046】

また、零ベクトルV7の持続時間がA/Dサンプルに必要な時間未満であると判定された場合、n回のサンプルが終了していないと判定された場合、またはステップSP7の処理が行われた場合には、ステップSP8において、次の電流検出のタイミングを設定し、そのまま一連の処理を終了する。

【0047】

したがって、零レベルを正確に検出することができる。また、ノイズの影響が懸念され

10

20

30

40

50

る場合には、複数回検出した値を平均化して零レベルを求めることが好ましい。

【0048】

図14はこの発明のモータ駆動方法のさらに他の実施形態の要部を説明するフローチャートである。

【0049】

ステップSP1において、モータ3の運転処理を行い、ステップSP2において、零ベクトルにおける電流A/D変換結果I_zを読み込み、ステップSP3において、I_{sum}をI_zだけ増加させ、ステップSP4において、n回のサンプルが終了したか否かを判定する。ただし、nは1以上の整数である。

【0050】

そして、n回のサンプルが終了したと判定された場合には、ステップSP5において、I_{sum}をnで除算してI_{zero}を算出し、その後、I_{sum}の値を0に初期化し、ステップSP6において、I_{zero}を電流検出値の零レベルとする。

【0051】

また、n回のサンプルが終了していないと判定された場合、またはステップSP6の処理が行われた場合には、ステップSP7において、次の零ベクトルの持続時間がA/Dサンプルに必要な時間以上であるか否かを判定する。

【0052】

そして、零ベクトルの持続時間がA/Dサンプルに必要な時間未満であると判定された場合には、ステップSP8において、挿入する零ベクトルを選択し、ステップSP9において、零ベクトルの挿入を要求する。

【0053】

また、零ベクトルの持続時間がA/Dサンプルに必要な時間以上であると判定された場合、またはステップSP9の処理が行われた場合には、ステップSP10において、次の電流検出のタイミングを設定し、そのまま一連の処理を終了する。

【0054】

さらに説明する。

【0055】

PWMインバータでは、出力電圧が大きくなると零ベクトルの時間が短くなり（図15参照）、変調率が最大となるときにはその時間は0になる（図16参照）。一方、A/D変換器のホールドに必要な時間以下では、正しいA/D変換結果を得ることは出来ない。したがって、零レベルを検出するのに十分な時間の零ベクトルが全く現れない場合には、強制的に零ベクトルを挿入して零レベルの検出を行うことができる。

【0056】

また、ステップSP8における挿入すべき零ベクトルの選択は、表3に示すように、出力電圧ベクトルに対応して行うことが好ましく、変化させるべきスイッチングトランジスタの数を必要最小限にすることができ、ノイズの発生を少なくするとともに、スイッチング損失を少なくすることができる。

【0057】

10

20

30

【表 3】

出力電圧 ベクトル	選択する 零ベクトル
V1	V0
V2	V0
V3	V7
V4	V0
V5	V7
V6	V7

10

20

【0058】

図17はこの発明のモータ駆動方法のさらに他の実施形態の要部を説明するフローチャートである。

【0059】

ステップSP1において、モータ3の運転処理を行い、ステップSP2において、零ベクトルの持続時間がA/Dサンプルに必要な時間以上であるか否かを判定する。

【0060】

そして、零ベクトルの持続時間がA/Dサンプルに必要な時間以上であると判定された場合には、ステップSP3において、零ベクトルにおける電流A/D変換結果I_zを読み込み、ステップSP4において、I_{sum}をI_zだけ増加させ、ステップSP5において、頻度を規定するパラメータIを0にリセットし、ステップSP6において、n回のサンプルが終了したか否かを判定する。ただし、nは1以上の整数である。

30

【0061】

そして、n回のサンプルが終了したと判定された場合には、ステップSP7において、I_{sum}をnで除算してI_{zero}を算出し、その後、I_{sum}の値を0に初期化し、ステップSP8において、I_{zero}を電流検出値の零レベルとする。

【0062】

また、ステップSP2において零ベクトルの持続時間がA/Dサンプルに必要な時間未満であると判定された場合には、ステップSP9において、パラメータIを1だけインクリメントし、ステップSP10において、パラメータIがk以上であるか否かを判定する。ただし、kは1以上の整数である。

40

【0063】

そして、パラメータIがk以上であると判定された場合には、ステップSP11において、挿入する零ベクトルを選択し、ステップSP12において、零ベクトルの挿入を要求する。

【0064】

また、n回のサンプルが終了していないと判定された場合、パラメータIがk未満であ

50

ると判定された場合、ステップ S P 8 の処理が行われた場合、またはステップ S P 1 2 の処理が行われた場合には、ステップ S P 1 3 において、次回の電流検出のタイミングを設定し、そのまま一連の処理を終了する。

【0065】

この実施形態は、頻繁に零ベクトルを挿入すると、電圧利用率の低下および制御性能の低下を引き起こす可能性がある場合に好適なものであり、強制的な零ベクトルの挿入を必要最小限に止めることができる。

【0066】

図 18 はこの発明のモータ駆動方法のさらに他の実施形態の要部を説明するフローチャートである。

【0067】

ステップ S P 1 において、モータ 3 の運転処理を行い、ステップ S P 2 において、周囲温度（3 相インバータなどの周囲温度） T_a を検出し、ステップ S P 3 において、零ベクトルの持続時間が A / D サンプルに必要な時間以上であるか否かを判定する。

【0068】

そして、零ベクトルの持続時間が A / D サンプルに必要な時間以上であると判定された場合には、ステップ S P 4 において、零ベクトルにおける電流 A / D 変換結果 I_z を読み込み、ステップ S P 5 において、 I_{sum} を I_z だけ増加させ、ステップ S P 6 において、 n 回のサンプルが終了したか否かを判定する。ただし、 n は 1 以上の整数である。

【0069】

そして、 n 回のサンプルが終了したと判定された場合には、ステップ S P 7 において、 I_{sum} を n で除算して I_{zero} を算出し、その後、 I_{sum} の値を 0 に初期化し、ステップ S P 8 において、 I_{zero} を電流検出値の零レベルとし、ステップ S P 9 において、検出した周囲温度 T_a を過去の周囲温度 T_{a0} に代入し、ステップ S P 10 において、 n 回のサンプルが終了したことを示すフラグ $f\# \quad I_z$ を 1 にセットする。

【0070】

また、ステップ S P 3 において零ベクトルの持続時間が A / D サンプルに必要な時間未満であると判定された場合には、ステップ S P 11 において、今回検出した周囲温度 T_a と過去の周囲温度 T_{a0} との差の絶対値が所定の温度差 ΔT_{max} 以上であるか否かを判定する。

【0071】

そして、今回検出した周囲温度 T_a と過去の周囲温度 T_{a0} との差の絶対値が所定の温度差 ΔT_{max} 以上であると判定された場合には、ステップ S P 12 において、フラグ $f\# \quad I_z$ を 0 にセットする。

【0072】

また、今回検出した周囲温度 T_a と過去の周囲温度 T_{a0} との差の絶対値が所定の温度差 ΔT_{max} 未満であると判定された場合、またはステップ S P 12 の処理が行われた場合には、ステップ S P 13 において、フラグ $f\# \quad I_z$ が 0 か否かを判定する。

【0073】

そして、フラグ $f\# \quad I_z$ が 0 であると判定された場合には、ステップ S P 14 において、挿入する零ベクトルを選択し、ステップ S P 15 において、零ベクトルの挿入を要求する。

【0074】

また、 n 回のサンプルが終了していないと判定された場合、フラグ $f\# \quad I_z$ が 0 でないと判定された場合、ステップ S P 10 の処理が行われた場合、またはステップ S P 15 の処理が行われた場合には、ステップ S P 16 において、次回の電流検出のタイミングを設定し、そのまま一連の処理を終了する。

【0075】

さらに説明する。

インバータ停止中に零レベルの補正を行っている場合、インバータ駆動中に検出回路のオ

10

20

30

40

50

フセット量が変化する要因は主に温度によるものである。したがって、回路の温度変化を直接見ることが出来る場合には、温度変化によるオフセット量の変化が電流誤差の許容範囲を超えそうだと判断された時に零ベクトルの挿入と零レベルの補正を行えばよい。回路の温度変化を直接見ることが出来ない場合には、周囲温度、インバータ出力電流、インバータ出力電力等から回路の温度変化を推測して零ベクトルの挿入と零レベルの補正を行うことができる。

【0076】

具体的には、電流零における検出回路出力 V_0 の温度特性が図 19 に示すように与えられるのであるから、最大の変化量を示す特性に基づいて、許容誤差に対応する所定の温度差 ΔT_{max} を得ることができ、この温度差 ΔT_{max} を用いて零ベクトルの挿入と零レベルの補正とを行うべきか否かを判定することができる。

10

【0077】

また、一つの零ベクトルの持続時間では A/D 変換に不十分であっても、近接する零ベクトルを一箇所に集めることで十分な時間を得られる場合には、変調率を変えることなく、零ベクトル期間の拡張を達成することが可能である（図 20 参照）。

【0078】

さらに、相補 PWM インバータでは、上下アームの短絡を防止する為に、スイッチングトランジスタの切り替わり時には上下共に OFF 状態とするデッドタイム期間が存在する（図 21 中のデッドタイム t_d を参照）。そして、ゲート信号の状態にて零ベクトルを出力すると、必ず 2 回のデッドタイム期間を伴う為、強制的な零ベクトルの挿入時におけるインバータ出力電圧の変動が大きくなる。そこで、少しでもインバータ出力電圧の変動を抑える為に次のようなゲート駆動を行うことが好ましい。

20

【0079】

図 22 は W 相のスイッチングトランジスタを上下アーム共に OFF とすることで、インバータ出力電圧がベクトルから零ベクトルに変わる様子を示す図である。このように、モータを流れている電流の方向が分かっているときには、ある相のスイッチングトランジスタを上下アーム共に OFF とすることで零ベクトルを発生させることができ、この期間を検出に必要な時間とすることでインバータ出力電圧の変動を最小限に抑えることが可能になる。モータ電流の方向と上下のスイッチングトランジスタを OFF とする相の選択方法を表 4 に示す。

30

【0080】

【表 4】

電圧ベクトル	出力電流の方向	零ベクトルの出力方法
V1	U相:ー、V相:ー、W相:＋	W相上OFF
	U相:ー、V相:＋、W相:ー	V0
	U相:ー、V相:＋、W相:＋	W相上OFF
	U相:＋、V相:ー、W相:ー	V0
	U相:＋、V相:ー、W相:＋	W相上OFF
	U相:＋、V相:＋、W相:ー	V0
V2	U相:ー、V相:ー、W相:＋	V0
	U相:ー、V相:＋、W相:ー	V相上OFF
	U相:ー、V相:＋、W相:＋	V相上OFF
	U相:＋、V相:ー、W相:ー	V0
	U相:＋、V相:ー、W相:＋	V0
	U相:＋、V相:＋、W相:ー	V相上OFF
V3	U相:ー、V相:ー、W相:＋	U相下OFF
	U相:ー、V相:＋、W相:ー	U相下OFF
	U相:ー、V相:＋、W相:＋	U相下OFF
	U相:＋、V相:ー、W相:ー	V7
	U相:＋、V相:ー、W相:＋	V7
	U相:＋、V相:＋、W相:ー	V7
V4	U相:ー、V相:ー、W相:＋	V0
	U相:ー、V相:＋、W相:ー	V0
	U相:ー、V相:＋、W相:＋	V0
	U相:＋、V相:ー、W相:ー	U相上OFF
	U相:＋、V相:ー、W相:＋	U相上OFF
	U相:＋、V相:＋、W相:ー	U相上OFF
V5	U相:ー、V相:ー、W相:＋	V相下OFF
	U相:ー、V相:＋、W相:ー	V7
	U相:ー、V相:＋、W相:＋	V7
	U相:＋、V相:ー、W相:ー	V相下OFF
	U相:＋、V相:ー、W相:＋	V相下OFF
	U相:＋、V相:＋、W相:ー	V7
V6	U相:ー、V相:ー、W相:＋	V7
	U相:ー、V相:＋、W相:ー	W相下OFF
	U相:ー、V相:＋、W相:＋	V7
	U相:＋、V相:ー、W相:ー	W相下OFF
	U相:＋、V相:ー、W相:＋	V7
	U相:＋、V相:＋、W相:ー	W相下OFF

図 2 3 および図 2 4 はこの発明のモータ駆動方法のさらに他の実施形態の要部を説明するフローチャートである。

【0082】

ステップ S P 1 において、D C リンクの電流を検出し、ステップ S P 2 において、モータの運転処理を行い、ステップ S P 3 において、各相の電流振幅 $I_{u \# amp}$ 、 $I_{v \# amp}$ 、 $I_{W \# amp}$ を演算し、ステップ S P 4 において、インバータ出力電圧ベクトルの組み合わせが変化したか否かを判定する。

【0083】

そして、インバータ出力電圧ベクトルの組み合わせが変化すると判定された場合には、ステップ S P 5 において、 re_0 から re_1 に変化したか否かを判定し、 re_0 から re_1 には変化していないと判定された場合には、ステップ S P 7 において、 re_1 から re_2 に変化したか否かを判定し、 re_1 から re_2 には変化していないと判定された場合には、ステップ S P 9 において、 re_2 から re_3 に変化したか否かを判定し、 re_2 から re_3 には変化していないと判定された場合には、ステップ S P 11 において、 re_3 から re_4 に変化したか否かを判定し、 re_3 から re_4 には変化していないと判定された場合には、ステップ S P 13 において、 re_4 から re_5 に変化したか否かを判定し、 re_4 から re_5 には変化していないと判定された場合には、ステップ S P 15 において、 re_5 から re_0 に変化したか否かを判定する。

【0084】

ステップ S P 5 において re_0 から re_1 に変化すると判定された場合には、ステップ S P 6 において、 $\Delta I = \{ (I_{u \# amp} - I_{u \# amp \# old}) + (I_{v \# amp \# old} - I_{v \# amp}) \} / 2$ の演算を行って ΔI を算出する。

【0085】

ステップ S P 7 において re_1 から re_2 に変化すると判定された場合には、ステップ S P 8 において、 $\Delta I = \{ (I_{u \# amp} - I_{u \# amp \# old}) + (I_{W \# amp \# old} - I_{W \# amp}) \} / 2$ の演算を行って ΔI を算出する。

【0086】

ステップ S P 9 において re_2 から re_3 に変化すると判定された場合には、ステップ S P 10 において、 $\Delta I = \{ (I_{v \# amp} - I_{v \# amp \# old}) + (I_{W \# amp \# old} - I_{W \# amp}) \} / 2$ の演算を行って ΔI を算出する。

【0087】

ステップ S P 11 において re_3 から re_4 に変化すると判定された場合には、ステップ S P 12 において、 $\Delta I = \{ (I_{v \# amp} - I_{v \# amp \# old}) + (I_{u \# amp \# old} - I_{u \# amp}) \} / 2$ の演算を行って ΔI を算出する。

【0088】

ステップ S P 13 において、 re_4 から re_5 に変化すると判定された場合には、ステップ S P 14 において、 $\Delta I = \{ (I_{W \# amp} - I_{W \# amp \# old}) + (I_{u \# amp \# old} - I_{u \# amp}) \} / 2$ の演算を行って ΔI を算出する。

【0089】

ステップ S P 15 において、 re_5 から re_0 に変化すると判定された場合には、ステップ S P 16 において、 $\Delta I = \{ (I_{W \# amp} - I_{W \# amp \# old}) + (I_{v \# amp \# old} - I_{v \# amp}) \} / 2$ の演算を行って ΔI を算出する。

【0090】

そして、ステップ S P 6 の処理、ステップ S P 8 の処理、ステップ S P 10 の処理、ステップ S P 12 の処理、ステップ S P 14 の処理、またはステップ S P 16 の処理が行われた場合には、ステップ S P 17 において、電流検出値の零レベルに ΔI を加算する。

【0091】

また、ステップ S P 4 においてインバータ出力電圧ベクトルの組み合わせが変化していないと判定された場合、ステップ S P 15 において、 re_5 から re_0 には変化していないと判定された場合、またはステップ S P 17 の処理が行われた場合には、ステップ S P

18において、演算された各相の電流振幅 $I_{u\#amp}$ 、 $I_{v\#amp}$ 、 $I_{W\#amp}$ をそれぞれ過去の各相の電流振幅 $I_{u\#amp\#old}$ 、 $I_{v\#amp\#old}$ 、 $I_{W\#amp\#old}$ とし、そのまま一連の処理を終了する。

【0092】

さらに説明する。

【0093】

DCリンクからモータ電流検出を行う場合、通常一つの回路を用いて、異なる2つの電圧ベクトルにおける電流を検出することで2つの相電流を得、残る1相については検出した2相より計算できる。このことから、直接読み取れる2つの相電流には同じオフセット量が含まれており、残る1相の電流は計算によりオフセット量が相殺されることが分かる。その様子を図25に示す。

10

【0094】

したがって、同一の相電流において、検出値から直接読み取った時と計算により得られた時の交流電流振幅の変化量を求めることで、検出回路のオフセット量を得て検出電流の零レベルの補正を行うことが可能となる。

【0095】

図26は検出回路に $+\Delta I$ 相当のオフセット誤差を生じたときに検出電流に現れる誤差を示している。また、図27は検出回路に $-\Delta I$ 相当のオフセット誤差を生じたときに検出電流に現れる誤差を示している。

【0096】

20

なお、以上には、零レベルを検出する処理を主として説明し、検出電流の補正、補正後の電流値を用いる回転子の磁極位置検出、磁極位置を基準とするインバータ制御演算などについては詳細な説明を省略している。これは、後者の処理が公知だからである。

【0097】

もちろん、上記の各実施形態の処理をハードウェアにより達成することができる。

【0098】

また、検出回路の増幅器に入力電圧オフセットの大きなオペアンプを使える等、検出回路を安価に構成できる。さらに、電流検出精度の向上により、インバータ、モータ制御の性能を向上させることができる。

【0099】

30

〈作用〉

請求項1のモータ駆動方法であれば、検出手段を用いてインバータからモータに供給されるモータ電圧およびモータ電流を検出し、検出したモータ電圧、モータ電流、および予め設定したモータモデルを用いてモータの回転子の磁極位置を検出し、検出した磁極位置を基準としてインバータを制御するに当たって、前記モータ電流の検出値を補正するために、前記モータを駆動しない期間中に、前記インバータから零ベクトルを出力して、前記モータ電流を検出する検出手段からの出力を零レベルとして検出するのであるから、モータを積極的に運転していない状態においても零レベルを精度よく検出することができ、ひいてはモータの回転子の磁極位置を精度よく検出することができる。

【0100】

40

したがって、零レベルを精度よく検出することができ、ひいてはモータの回転子の磁極位置を精度よく検出し、モータの高効率な運転を達成することができる。

【0101】

請求項2のモータ駆動装置であれば、検出手段を用いてインバータからモータに供給されるモータ電圧およびモータ電流を検出し、検出したモータ電圧、モータ電流、および予め設定したモータモデルを用いてモータの回転子の磁極位置を検出し、検出した磁極位置を基準としてインバータを制御するに当たって、前記モータ電流の検出値を補正するために、零レベル検出手段によって、前記モータを駆動しない期間中に、前記インバータから零ベクトルを出力して、前記モータ電流を検出する検出手段からの出力を零レベルとして検出することができる。

50

【0102】

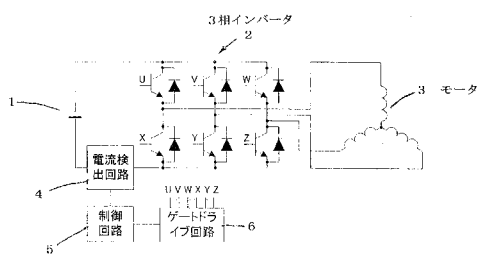
したがって、モータを積極的に運転していない状態においても零レベルを精度よく検出することができ、ひいてはモータの回転子の磁極位置を精度よく検出することができる。

【符号の説明】

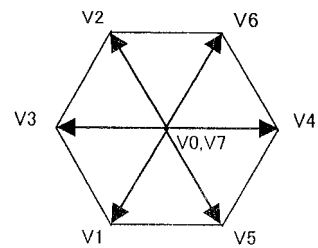
【0103】

- 2 3相インバータ 3 モータ
4 電流検出回路 5 制御回路

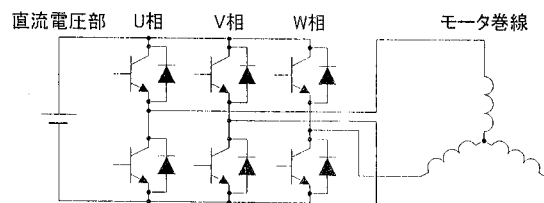
【図1】



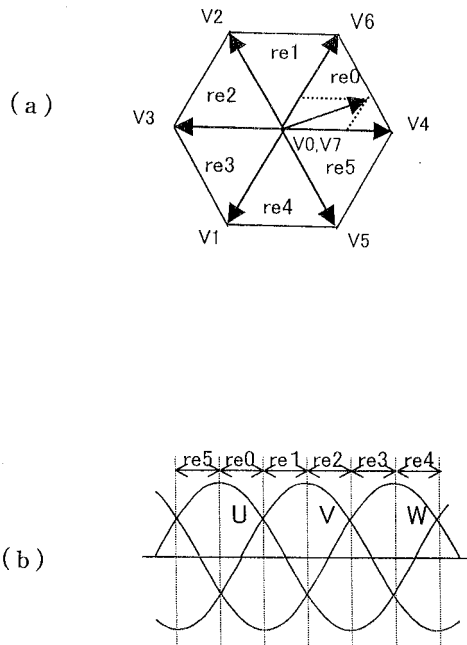
【図3】



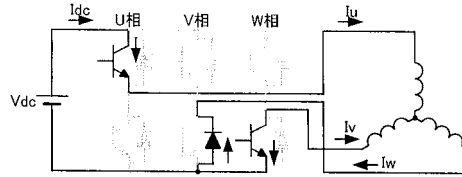
【図2】



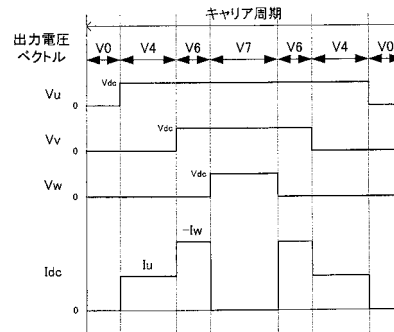
【図 4】



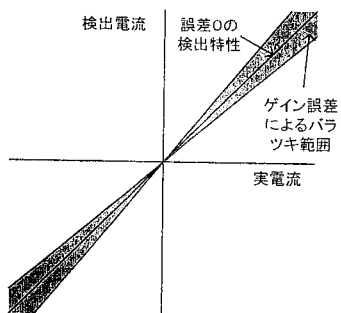
【図 5】



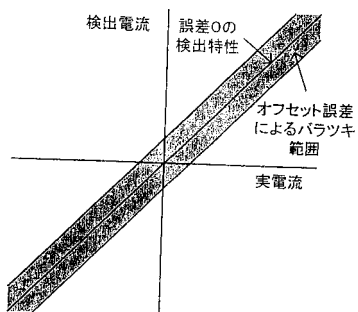
【図 6】



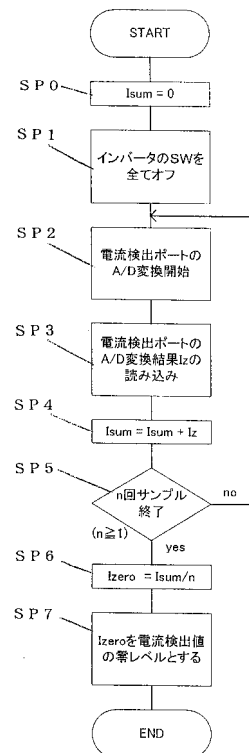
【図 7】



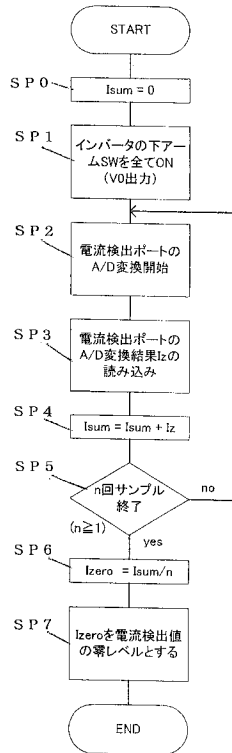
【図 8】



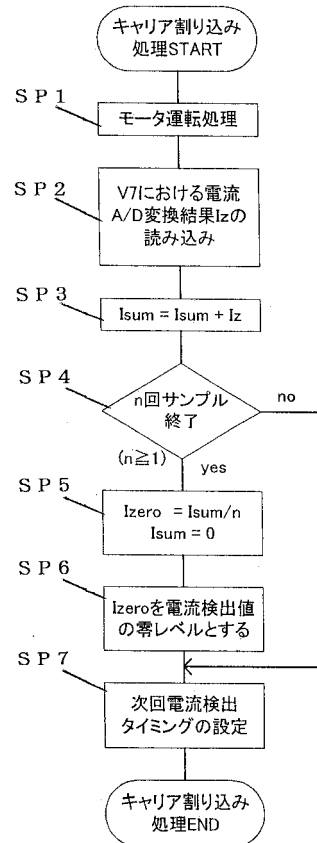
【図 9】



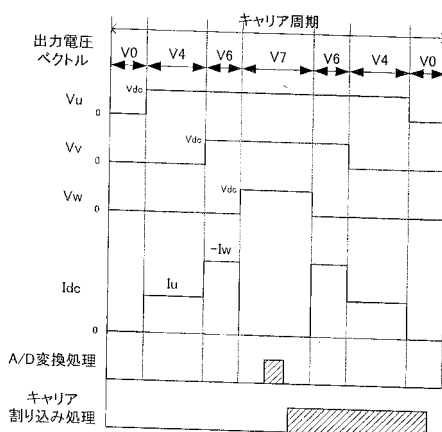
【図 10】



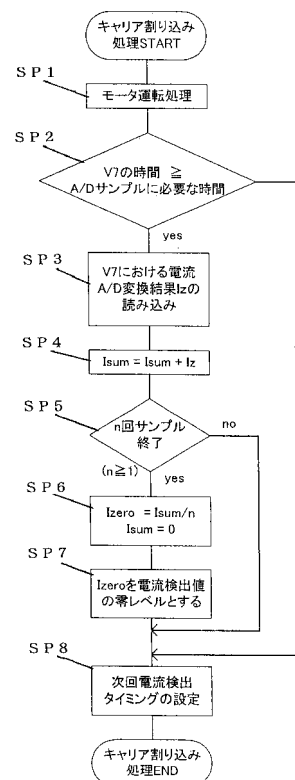
【図 11】



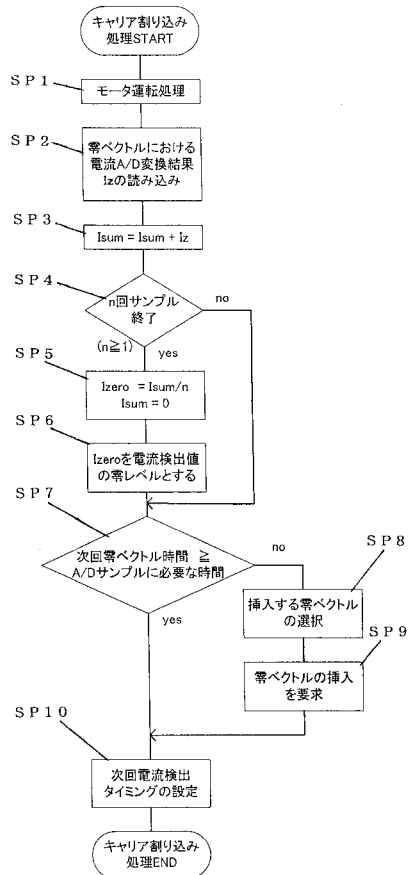
【図 12】



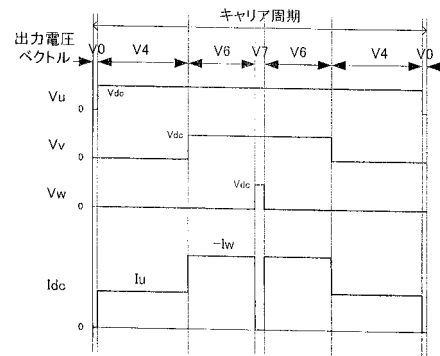
【図 13】



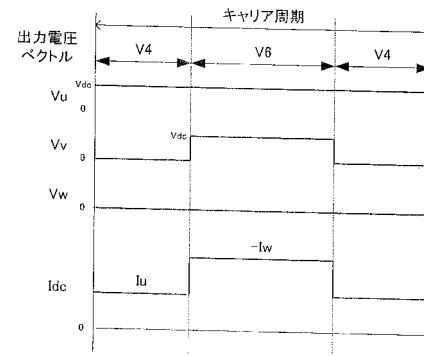
【図 14】



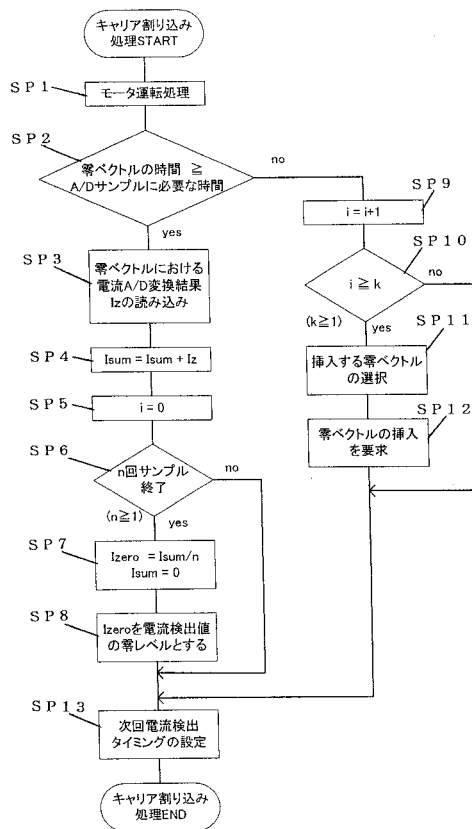
【図 15】



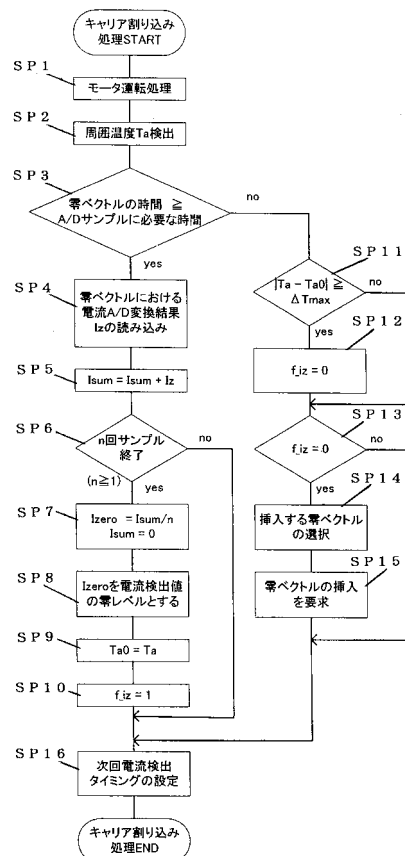
【図 16】



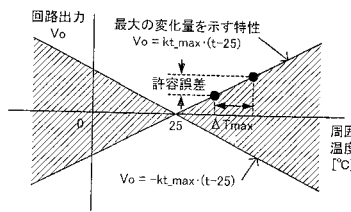
【図 17】



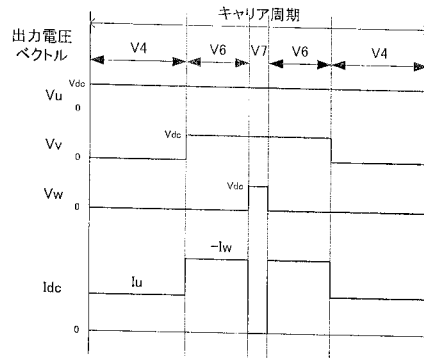
【図 18】



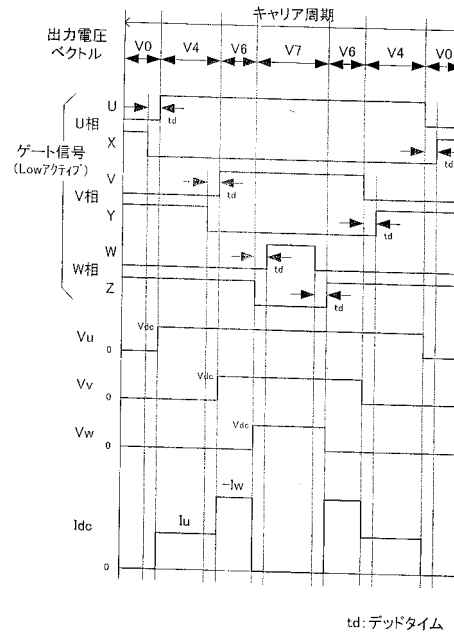
【図 19】



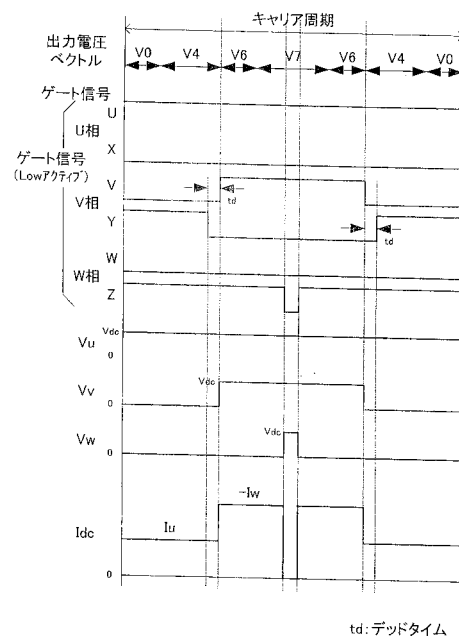
【図 20】



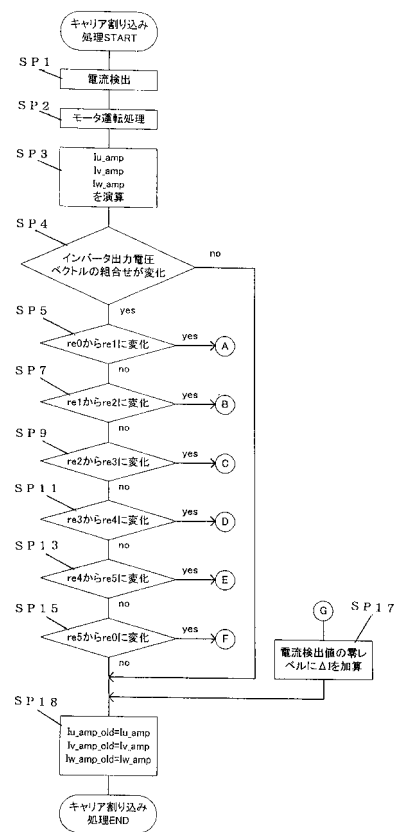
【図 21】



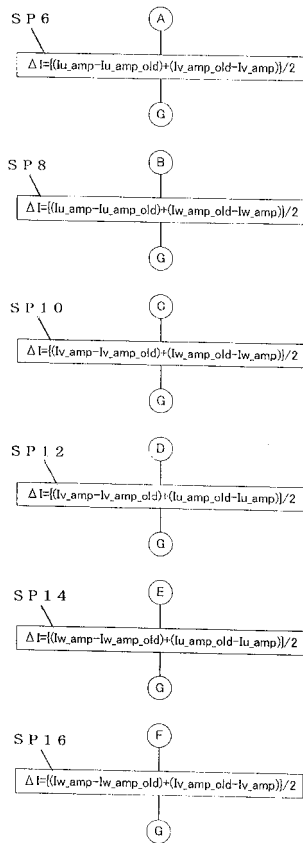
【図 22】



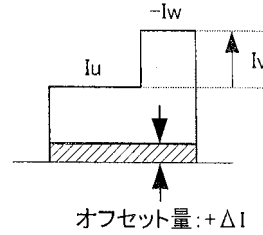
【図 23】



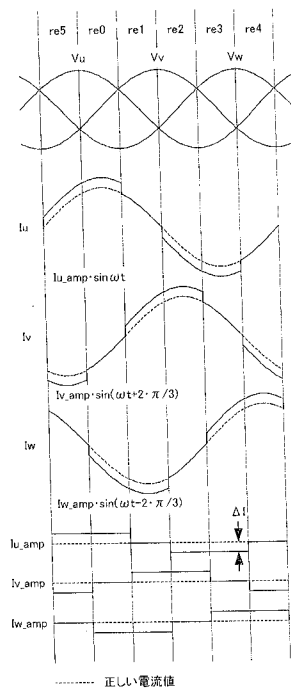
【図 24】



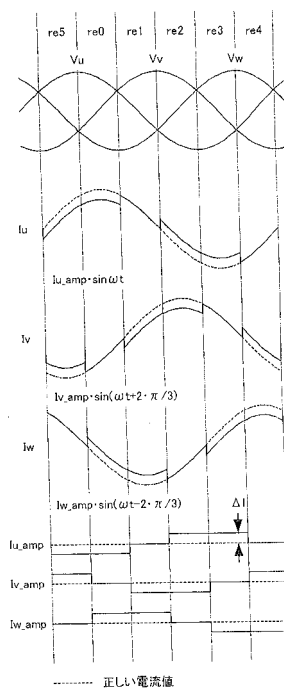
【図 25】



【図 26】



【図 27】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5H505 CC01 DD03 DD08 EE41 EE49 GG04 HA08 HB02 JJ02 JJ04
JJ08 JJ16 JJ25 KK04 LL22 LL24 LL41 LL43 MM12 MM14
MM17
5H560 BB04 BB07 BB12 DA14 DC05 DC12 DC13 EB01 EC01 JJ16
JJ19 RR03 SS01 TT20 UA02 XA02 XA12 XA13 XB04