

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号  
特許第4618890号  
(P4618890)

(45) 発行日 平成23年1月26日(2011.1.26)

(24) 登録日 平成22年11月5日(2010.11.5)

(51) Int.Cl.

F I

H O 2 P 6/16 (2006.01)

H O 2 P 6/02 3 7 1 N

請求項の数 12 (全 35 頁)

|               |                               |           |                         |
|---------------|-------------------------------|-----------|-------------------------|
| (21) 出願番号     | 特願2000-575211 (P2000-575211)  | (73) 特許権者 | 598144281               |
| (86) (22) 出願日 | 平成11年7月23日 (1999.7.23)        |           | エーベージェムパプスト ザンクト ゲオルゲン  |
| (65) 公表番号     | 特表2002-528029 (P2002-528029A) |           | ゲージェムペーハー ウント コー        |
| (43) 公表日      | 平成14年8月27日 (2002.8.27)        |           | . カーゲー                  |
| (86) 国際出願番号   | PCT/EP1999/005282             |           | ドイツ連邦共和国、D-7 8 1 1 2 ザン |
| (87) 国際公開番号   | W02000/021189                 |           | クト ゲオルゲン、ヘルマンパプスト       |
| (87) 国際公開日    | 平成12年4月13日 (2000.4.13)        |           | シュトラーク 1                |
| 審査請求日         | 平成18年7月11日 (2006.7.11)        | (74) 代理人  | 100080816               |
| (31) 優先権主張番号  | 198 45 626.3                  |           | 弁理士 加藤 朝道               |
| (32) 優先日      | 平成10年10月5日 (1998.10.5)        | (74) 代理人  | 100098648               |
| (33) 優先権主張国   | ドイツ (DE)                      |           | 弁理士 内田 深人               |
|               |                               | (74) 代理人  | 100080229               |
|               |                               |           | 弁理士 石田 康昌               |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子コミュテーション式モータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ステータと、ロータ(39)と、モータのコミュテーションを制御するのに用いる、プログラム制御されるマイクロプロセッサまたはマイクロコントローラ(11)(以下マイクロプロセッサと称する)とを有する電子コミュテーション式モータであって、

ロータは、モータ作動時、複数のコミュテーション角度領域を通過して回転し、該角度領域の各々においてロータが当該各角度領域を通過するとき1つのコミュテーションが行われ、

各コミュテーションの前に以下が実行される：

a) 当該コミュテーションが実行されるべき関連付けられた以降のコミュテーション角度領域と所与の角度関係を有する測定角度領域を通過するロータの回転、その際、ロータが該領域を通過して回転するのに必要な持続時間(t<sub>H</sub>)に関する測定角度領域データが検出される；

b) 前記持続時間(t<sub>H</sub>)から数値(t<sub>ZW</sub>)を減算することにより第1時間間隔(t<sub>TI</sub>)が計算される計算領域を通過するロータの回転、但し、該数値はコミュテーションの所望の進角時間の大きさによって決定される；

c) 前記第1時間間隔(t<sub>TI</sub>)に対応する時間が測定される時間測定ステップ、該ステップは前記関連付けられたコミュテーション角度領域に関連付けられたロータの所与の角度方向に開始する；

d) 前記時間測定ステップの終了の際にトリガされる割込ルーチン、該割込ルーチンは

10

20

、モータが定常状態で作動しているとき、前記関連付けられたコミュテーション角度領域の間に、時間進角されたコミュテーションを制御するよう作用する。

【請求項 2】

モータ制御割込ルーチンは、検出された持続時間に依存する第 1 時間間隔 ( $t\_TI$ ) が、ロータが所与の角度経路を通過するのに実際に必要とする時間より大きい場合、コミュテーションが作用を及ぼされることを阻止するプログラムステップを含む、

請求項 1 に記載のモータ。

【請求項 3】

所与のロータ位置においてロータ位置依存割込ルーチンをトリガする装置を更に含む、  
請求項 2 に記載のモータ。

10

【請求項 4】

前記持続時間 ( $t\_H$ ) を検出するために、ロータ位置依存割込ルーチンにより制御可能なタイマが設けられる、

請求項 3 に記載のモータ。

【請求項 5】

前記タイマは、前記モータ制御割込ルーチンをトリガするようにも構成されている、  
請求項 4 に記載のモータ。

【請求項 6】

前記タイマには、ロータ位置依存割込の間に、所与の第 1 計数値がロード可能であり、  
該第 1 計数値は、検出された持続時間に依存する第 1 時間間隔 ( $t\_TI$ ) に相応し、  
前記所与の第 1 計数値を計数した後、モータ制御割込が実行される、  
請求項 5 に記載のモータ。

20

【請求項 7】

ロータ位置依存割込は、モータ制御割込よりも高い優先度を有する、  
請求項 3 に記載のモータ。

【請求項 8】

作動時にタイマ値を生成する前記タイマには、モータ制御割込の間に、所与の計数値がロード可能であり、

当該ロード過程に続いて次のロータ位置依存割込まで計数を行うことにより、所与の計数値と次のロータ位置依存割込に達した際のタイマ値との差を形成することによって、これらの割込過程間の時間差を検出する、

30

請求項 4 に記載のモータ。

【請求項 9】

所与の計数値をロードするためにオートリロードレジスタを更に含む、

該オートリロードレジスタは、所与の第 1 計数値を記憶し、該計数値をモータ制御割込の間に所与の計数値としてタイマに供給する、

請求項 8 に記載のモータ。

【請求項 10】

ステータ (38) と、ロータ (39) と、モータ (M) のコミュテーションを制御するために用いる、プログラム制御されるマイクロプロセッサまたはマイクロコントローラ (11) (以下、マイクロプロセッサと称する) と、ロータ位置発生器 (40, 41) とを有する電子コミュテーション式モータであって、

40

前記ロータ位置発生器の出力信号は、マイクロプロセッサ (11) による評価のために、該マイクロプロセッサの割込能力のある入力端子に供給され、該マイクロプロセッサで処理され、

マイクロプロセッサの少なくとも 1 つの出力端子にて、ロータ位置発生器 (40, 41) の信号に対してシフト時間だけシフトされた制御信号 (OUT1, OUT2) をモータの時間進角されたコミュテーションのために送出し、

前記シフト時間の持続時間は回転数の所与の関数であり、

マイクロコントローラ (11) は割込能力のあるタイマ (CNT\_HL) を少なくとも

50

1つ有し、

該タイマによって、制御信号の出力として機能するマイクロプロセッサの少なくとも1つの出力を制御する、

ことを特徴とする電子コミュテーション式モータ。

【請求項11】

タイマ(CNT\_HL)には所与の状態の際に自動的に値(t\_AR)が後ロードされ、該タイマは新たにスタートされる、

請求項10記載の電子コミュテーション式モータ。

【請求項12】

マイクロプロセッサは、ロータ位置発生器(40, 41)の信号(HALL)の各変化の際に割込をトリガし、

当該モータにおいてはタイマ(CNT\_HL)と割込がホール長(HL)の測定に使用される、請求項10または11記載の電子コミュテーション式モータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【技術分野】

本発明は、電子コミュテーション式モータ、とりわけ「早期点火」を行う電子コミュテーション式モータに関する。早期点火とは、コミュテーション(転流ないし整流)を、通常は回転数に依存して早期の時点にシフトさせることと理解されたい。もちろん電気モータでは「点火」されるわけではないが、そのわかりやすさから実際には(自動車技術から借用された)この概念が好んで使用され、従って「点火角シフト」と称される。従ってこの概念を、これが科学的には完全に正しいわけではないにしても以下で使用する。

【0002】

【従来技術についての問題点】

早期点火を行う電子コミュテーション式モータは例えばDE-A 19700479.2(intern:D 201 i)から公知である。ここではコミュテーションの精度が多くの場合に対して十分ではなく、プログラムを設定されたタイムスキームにしたがって実行しなければならない。しかしこのことは面倒であり、プロセッサの計算能力が、多くの場合不満足にしか使用されない。コミュテーション過程はまた時間的にかなり変動する。このことはこのようなモータの騒音を高める。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

従って本発明の課題は、新たな電子コミュテーション式モータ、およびこのようなモータの駆動方法を提供することである。

【0004】

【解決手段】

この課題は本発明の第1側面によれば、請求項1記載の電子コミュテーション式モータによって解決される。このようなモータはとりわけ高回転数で比較的良好な効率により動作する。なぜなら、コミュテーションを回転数が上昇するとますます早期にシフトすることができるからである。割込ルーチンの使用によってコミュテーション過程を時間的に正確に制御することができ、ひいてはモータの回転が静粛になる。

【0005】

前記課題の別の解決手段は、請求項11記載の本発明の方法によって得られる。第1の時間の経過に続いてさらに第2の時間を測定することによって、この2つの時間と場合により補正係数を加算することにより非常に簡単に、モータの回転数に実質的に反比例する時間量が得られる。この時間量は後続のコミュテーション過程において、更新された時間量として第1の時間に対する新たな数値を計算するのに使用できる。

【0006】

ここで請求項17によればこの時間量は有利には、ロータ回転が第1および第2の時間の測定よりも後にあるコミュテーション過程に対して使用する。なぜならこの場合に特に静

10

20

30

40

50

肅なモータの回転が得られるからである。例えば時間量が  $0^\circ \text{ e } 1$  から  $180^\circ \text{ e } 1$  の回転角領域で測定されるなら、この時間量は 1 回転後でのコミュテーションの制御に対する基礎とすることができる。というのもこのコミュテーションはほぼ同じ角度領域  $0^\circ \text{ e } 1$  から  $180^\circ \text{ e } 1$  で行われるからである。

【0007】

特に有利には、少なくとも 1 つの時間的にクリティカルでない方法ステップをサブルーチンとして構成する。このサブルーチンはプログラム実行中に、そのための処理時間が使用可能であるとき呼び出される。このことにより、固定タイムスキームによるプログラムとは異なり、プロセッサのリソースを最適に使用することができる。なぜならこの方法手段では、プロセッサが丁度することがないときにサブルーチンが処理されるからである。

10

【0008】

ここに、本発明の実施の形態をまとめて示す。

(形態 1) ステータと、ロータと、モータのコミュテーションを制御するのに用いる、プログラム制御されるマイクロプロセッサまたはマイクロコントローラ（以下マイクロプロセッサと称する）とを有する電子コミュテーション式モータであって、

ロータは、モータ作動時、複数のコミュテーション角度領域を通過して回転し、該角度領域の各々においてロータが当該各角度領域を通過するとき 1 つのコミュテーションが行われ、

各コミュテーションの前に以下が実行される：

a) 当該コミュテーションが実行されるべき関連付けられた以降のコミュテーション角度領域と所与の角度関係を有する測定角度領域を通過するロータの回転、その際、ロータが該領域を通過して回転するのに必要な持続時間に関する測定角度領域データが検出される；

20

b) 前記持続時間から数値を減算することにより第 1 時間間隔が計算される計算領域を通過するロータの回転、但し、該数値はコミュテーションの所望の進角時間の大きさによって決定される；

c) 前記第 1 時間間隔に対応する時間が測定される時間測定ステップ、該ステップは前記関連付けられたコミュテーション角度領域に関連付けられたロータの所与の角度方向に開始する；

d) 前記時間測定ステップの終了の際にトリガされる割込ルーチン、該割込ルーチンは、モータが定常状態で作動しているとき、前記関連付けられたコミュテーション角度領域の間に、時間進角されたコミュテーションを制御するよう作用する。（第 1 の視点）。

30

(形態 2) 上記形態 1 のモータにおいて、モータ制御割込ルーチンは、検出された持続時間に依存する第 1 時間間隔が、ロータが所与の角度経路を通過するのに実際に必要とする時間より大きい場合、コミュテーションが作用を及ぼされることを阻止するプログラムステップを含むことが好ましい。

(形態 3) 上記形態 2 のモータにおいて、所与のロータ位置においてロータ位置依存割込ルーチンをトリガする装置を更に含むことが好ましい。

(形態 4) 上記形態 3 のモータにおいて、前記持続時間を検出するために、ロータ位置依存割込ルーチンにより制御可能なタイマが設けられることが好ましい。

40

(形態 5) 上記形態 4 のモータにおいて、前記タイマは、前記モータ制御割込ルーチンをトリガするようにも構成されていることが好ましい。

(形態 6) 上記形態 5 のモータにおいて、前記タイマには、ロータ位置依存割込の間に、所与の第 1 計数値がロード可能であり、該第 1 計数値は、検出された持続時間に依存する第 1 時間間隔に相応し、

前記所与の第 1 計数値を計数した後、モータ制御割込が実行される、ことが好ましい。

(形態 7) 上記形態 3 のモータにおいて、ロータ位置依存割込は、モータ制御割込よりも高い優先度を有することが好ましい。

(形態 8) 上記形態 4 のモータにおいて、作動時にタイマ値を生成する前記タイマには、モータ制御割込の間に、所与の計数値がロード可能であり、

50

当該ロード過程に続いて次のロータ位置依存割込まで計数を行うことにより、所与の計数値と次のロータ位置依存割込に達した際のタイマ値との差を形成することによって、これらの割込過程間の時間差を検出することが好ましい。

(形態 9) 上記形態 8 のモータにおいて、所与の計数値をロードするためにオートリロードレジスタを更に含み、

該オートリロードレジスタは、所与の第 1 計数値を記憶し、該計数値をモータ制御割込の間に所与の計数値としてタイマに供給することが好ましい。

(形態 10) 電子コミュテーション式モータを回転数に依存してコミュテーションするための方法であって、該モータはステータとロータとを有し、さらにモータのコミュテーションの制御に用いる、プログラム制御されるマイクロプロセッサまたはマイクロコントローラ(以下、マイクロプロセッサと称する)を有する形式のものである方法において、  
a) ロータの回転数に実質的に反比例する時間量を検出し; b) 該時間量から所定の計算規則に従って計数値を計算し; c) 所定の第 1 のロータ位置から始めて、前記計算された計数値に相応する第 1 の時間を測定し; d) 該第 1 の時間が経過した後、コミュテーションをトリガし; e) これに続いて所定の第 2 のロータ位置に達するまでの第 2 の時間を測定し; f) 第 1 の時間と第 2 の時間を加算し、その和を少なくとも 1 つの補正係数により補正し又は補正することなく、モータの回転数に実質的に反比例する時間量として使用することを特徴とする(第 2 の視点)。

(形態 11) 上記形態 10 の方法において、前記所定の計算規則は減算ステップを有し、該減算ステップでは、ロータの回転数に実質的に反比例する時間量から所定の時間を減算することが好ましい。

(形態 12) 上記形態 10 又は 11 の方法において、前記計算された計数値に相応する第 1 の時間が、所定の第 1 のロータ位置と所定の第 2 のロータ位置との時間間隔よりも大きい場合、当該 2 つのロータ位置間の時間間隔を直接検出し、モータの回転数に実質的に反比例する時間量として用いることが好ましい。

(形態 13) 上記形態 10 ~ 12 の方法において、モータの回転数に実質的に反比例する時間量を最小回転数に相応する所定の値と比較し、比較結果に相応する論理値を中間記憶し、当該論理値が所定の値である場合、第 1 の時間の経過後に行われるコミュテーションのトリガを抑圧することが好ましい。

(形態 14) 上記形態 10 ~ 13 の方法において、所定のロータ位置に達する際、ロータ位置に依存する割込を割込ルーチンにより実行し、当該割込ルーチンの開始時に、時間測定に用いるタイマを停止し、その瞬時値を変数に記憶することが好ましい。

(形態 15) 上記形態 14 の方法において、ロータ位置に依存する割込ルーチンでは、時間測定に用いるタイマに、その停止より時間的に後で、所定の計算規則に従って前もって計算された計数値をロードし、そしてスタートさせることが好ましい。

(形態 16) 上記形態 14 又は 15 の方法において、時間測定に用いるタイマの停止とそのスタートの間の時間間隔を補正係数として、モータの回転数に実質的に反比例する時間量を検出する際に使用することが好ましい。

(形態 17) 上記形態 10 ~ 16 の方法において、所定の第 1 ロータ位置から測定され、計算された計数値に相応する第 1 の時間を、該第 1 の時間の実際の測定が行われる時点よりもほぼロータ 1 回転前の時点で検出された、ロータの回転数に実質的に反比例する時間量から計算することが好ましい。

(形態 18) 上記形態 10 ~ 17 の方法において、時間的にクリティカルでない少なくとも 1 つの方法ステップをサブルーチンとして構成し、該サブルーチンは、プロセッサ時間が使用可能であるときプログラム経過に呼び出されることが好ましい。

(形態 19) 上記形態 18 の方法において、モータの回転数に実質的に反比例する時間量の計算と、第 1 の時間の測定の基礎となる計数値の計算とを前記のようなサブルーチンで行うことが好ましい。

(形態 20) 上記形態 10 ~ 19 の方法において、計算に必要な少なくとも 1 つのパラメータを、モータに配属された不揮発性メモリからマイクロプロセッサの RAM にロー

10

20

30

40

50

ドすることが好ましい。

(形態 2 1) 上記形態 2 0 の方法において、不揮発性メモリにはバスが配属されており、該バスを介して少なくとも 1 つのパラメータが不揮発性メモリで変更可能であることが好ましい。

(形態 2 2) ステータとロータと、モータのコミュテーションの制御に用いる、プログラム制御されるマイクロプロセッサまたはマイクロコントローラ(以下、マイクロプロセッサと称する)とを有する電子コミュテーション式モータにおいて、少なくとも 1 つの所定のロータ位置で、タイマが所定のスタート値によりスタートし、該タイマは、スタート値に依存する時間の経過後、割込をマイクロプロセッサのプログラムにおいてトリガし、当該割込中にモータのコミュテーションが行われることを特徴とする(第 3 の視点)。

(形態 2 3) 上記形態 2 2 のモータにおいて、タイマのスタート値は回転数に依存する時間の関数であり、当該時間は、ロータがコミュテーションに先行する時間領域において所定の回転角度だけ回転するのに要した時間であることが好ましい。

(形態 2 4) 上記形態 2 3 のモータにおいて、スタート値を計算するために、所定の時間を回転数に依存する時間から減算することが好ましい。

(形態 2 5) 電子コミュテーション式モータにおける回転数に依存する量を検出する方法であって、該モータは、ステータと、永久磁石ロータと、該ロータにより制御される電流磁気(galvanomagnetisch)型センサと、マイクロプロセッサまたはマイクロコントローラ(以下、マイクロプロセッサと称する)と、該マイクロプロセッサに配属された制御プログラムと、タイマとを有する形式のものである方法において、a)電流磁気型センサの出力信号を矩形信号に変換し;b)該矩形信号の所定の信号変化をマイクロプロセッサにより検出し、制御プログラムによりそれぞれロータ位置に依存する割込に変換し;c)ロータ位置に依存する割込の際に、タイマの第 1 の計数状態を保持し;d)後続のロータ位置に依存する割込の際に、タイマの第 2 の計数状態を保持し;e)前記 2 つの計数状態の差から回転数に依存する量として、ロータが所定の回転角度を回転通過するのに必要とする時間に相応する値を検出することを特徴とする(第 4 の視点)。

(形態 2 6) ステータと、ロータと、モータのコミュテーションを制御するために用いる、プログラム制御されるマイクロプロセッサまたはマイクロコントローラ(以下、マイクロプロセッサと称する)と、ロータ位置発生器とを有する電子コミュテーション式モータであって、前記ロータ位置発生器の出力信号は、マイクロプロセッサによる評価のために、該マイクロプロセッサの割込能力のある入力端子に供給され、該マイクロプロセッサで処理され、マイクロプロセッサの少なくとも 1 つの出力端子にて、ロータ位置発生器の信号に対してシフト時間だけシフトされた制御信号をモータのコミュテーションのために送出し、前記シフト時間の持続時間は回転数の所定の関数であることを特徴とする電子コミュテーション式モータ(第 5 の視点)。

(形態 2 7) 上記形態 2 6 の電子コミュテーション式モータにおいて、マイクロコントローラは割込能力のあるタイマを少なくとも 1 つ有し、該タイマによって、制御信号の出力として機能するマイクロプロセッサの少なくとも 1 つの出力を制御することが好ましい。

(形態 2 8) 上記形態 2 7 の電子コミュテーション式モータにおいて、タイマには所定の状態の際に自動的に値が後ロードされ、該タイマは新たにスタートされることが好ましい。

(形態 2 9) 上記形態 2 6 又は 2 7 の電子コミュテーション式モータにおいて、マイクロプロセッサは、ロータ位置発生器の信号の各変化の際に割込をトリガし、当該モータにおいてはタイマと割込がホール長の測定に使用されることが好ましい。

(形態 3 0) ステータと、ロータと、モータのコミュテーションを制御するのに用いる、プログラム制御されるマイクロプロセッサまたはマイクロコントローラ(以下マイクロプロセッサと称する)とを有する電子コミュテーション式モータであって、ロータの回転数に実質的に反比例する時間量を検出するための装置と、前記時間量に依存する時間を計算するための装置と、モータ制御割込ルーチンを所定のロータ位置からの時間間隔でト

10

20

30

40

50

リガするための装置とを有し、前記時間間隔は、検出された時間量に依存する時間に相応し、前記モータ制御割込ルーチンは、モータのコミュテーションに作用を及ぼす（Bewirken）プログラムステップを含むことを特徴とする電子コミュテーション式モータ。

（形態３１） 上記形態３０のモータにおいて、モータ制御割込ルーチンは、検出された時間量に依存する時間が、モータが実際に所定の角度経路を通過するのに必要な時間より大きい場合、コミュテーションへ作用を及ぼすことを阻止するプログラムステップを含むことが好ましい。

（形態３２） 上記形態３１のモータにおいて、ロータ位置に依存する割込ルーチンを所定のロータ位置でトリガする装置を有することが好ましい。

（形態３３） 上記形態３２のモータにおいて、ロータの回転数に実質的に反比例する時間量を検出するために、ロータ位置に依存する割込ルーチンにより制御可能なタイマが設けられていることが好ましい。

（形態３４） 上記形態３３のモータにおいて、タイマはモータ制御割込ルーチンをトリガするようにも構成されていることが好ましい。

（形態３５） 上記形態３４のモータにおいて、タイマには、ロータ位置に依存する割込の間に第１の所定の計数値がロード可能であり、該計数値は、検出された時間量に依存する時間間隔に相応し、前記第１の所定の計数値を計数した後、モータ制御割込が作用を及ぼすことが好ましい。

（形態３６） 上記形態３０～３５のモータにおいて、ロータ位置に依存する割込はモータ制御割込よりも高い優先度を有することが好ましい。

（形態３７） 上記形態３３～３６のモータにおいて、タイマには、モータ制御割込の間に所定の計数値がロード可能であり、当該ロード過程に続いてロータ位置に依存する次の割込まで計数が行われ、これにより所定の計数値と、ロータ位置に依存する次の割込に達した際の計数状態との差を形成することによって、当該割込過程間の時間間隔が検出されることが好ましい。

（形態３８） 上記形態３７のモータにおいて、前記所定の計数値をロードするためにオートリロードレジスタが設けられており、該オートリロードレジスタは第１の所定の計数値を記憶し、タイマにモータ制御割込の間に所定の計数値として供給することが好ましい。

本発明のさらなる詳細および有利な改善形態は以下の説明および図面に示された実施例、並びに従属請求項から明らかとなる。しかし実施例は本発明の限定として理解すべきではない。

【０００９】

電子コミュテーション式モータ（ＥＣＭ）の概観

図１は、本発明の電子コミュテーション式モータ（ＥＣＭ）の有利な実施例の概略図である。このモータは、マイクロコントローラ（μＣ）１１ないしマイクロプロセッサによって制御される。実施例で使用されるμＣ１１（ＣＯＰ８４２ＣＪ）の端子が図２に例として示されている。

【００１０】

μＣ１１で実行されるプログラムは機能マネージャによって構造化される。この機能マネージャについては後で図１７と図１８に基づき説明する。

【００１１】

μＣ１１は機能“ＣＴＬ　ＥＥＰＲＯＭ”２４を介して不揮発性メモリ、ここではＥＥＰＲＯＭ２６にアクセスし、このメモリからμＣは動作パラメータをＲＡＭ２５にロードする。μＣはまた動作パラメータをＲＡＭ２５およびＥＥＰＲＯＭ２６に記憶することができる。μＣ１１は通信機能ＣＯＭＭ２８とバスインタフェース３０を介してデータを送受信することができる。受信されたデータをμＣはモータ制御のために使用し、またはＲＡＭ２５またはＥＥＰＲＯＭ２６に記憶することができる。ＥＥＰＲＯＭ２６とバスインタフェース３０は図１６に示されている。

【００１２】

簡単な例として図 1 には、ただ 1 つの相巻線 38 を有する電子コミュテーション式モータが示されている。このようなモータは例えば DE 2346380C に開示されている。この相巻線 38 の通電はトランジスタ段 (ユニット) 36 により行われる。μC 11 の出力 OUT 1 と OUT 2 は、Hブリッジ 37 として接続された npn 型トランジスタ 141, 142, 143, 144 を制御する。OUT 1 が HIGH に、かつ OUT 2 が LOW にセットされているか、またはその反対であるかに応じて、電流は固定子巻線 38 を通って一方または他方の方向に流れる。もちろん本発明は同じように、いずれの形式の電子コミュテーション式モータにも、例えば 3 相モータ等にも適するものである。これは単なる実施例である。

#### 【0013】

コミュテーションは電子的に行われる。このために永久磁石ロータ 39 の位置がホールセンサ 40 を介して検出され、電子ホール回路 41 (これについては図 3 で詳細に説明する) を介して信号 HALL に処理され、駆動機能部 (ユニット) AF 42 にさらに供給される。この駆動機能部はホール割込ルーチン HIR (図 8, 9)、タイマ割込ルーチン TIR (図 11)、点火角計算ルーチン ZWR (図 10)、およびタイマ CNT\_HL を有する。タイマ CNT\_HL はこの実施例では、使用される μC 11 の構成部材であるが、別個の構成部材とすることもできる。タイマは時間を高精度に測定するために使用し、μC 11 の命令によって制御可能である。

#### 【0014】

駆動機能部 42 は、トランジスタ段 36 の正確なコミュテーションと、例えばトランジスタ段 36 が過負荷される際の確実な駆動を行う。点火角シフトが行われない場合のコミュテーションが図 4 に示されている。点火角シフトを行う場合のコミュテーションは図 6 から図 14 (B) および図 23 に示されている。

#### 【0015】

回転数制御器 RGL 43 は実施例ではモータ回転数を制御する。(もちろんモータ M は回転数制御器 43 なしでも駆動することができる。) 回転数制御は例えばパルス幅変調発生器 (PWM 発生器) 34 により、またはブロック制御 (Blocksteuerung) を介して行うことができる。ブロック制御は 60 に破線によって示されている。ブロック制御については例として DE 4441372.6 (intern:D183i) を参照されたい。この刊行物はこのようなブロック制御の例を示している。

#### 【0016】

PWM 発生器 34 は三角波発生器 35, 制御電圧形成部 45 およびコンパレータ 120 を有し、図 15 に詳細に示されている。本発明はもちろん、回転数制御を行わない ECM でも適用することができる。

#### 【0017】

電流制限部 “ $I < I_{max}$ ” 44 は、電流がただ 1 つの相巻線 38 で過度に大きくなる場合に、出力段 36 の通電を緩和する。これは例えばモータの始動時である。電流制限部 44 は図 15 に詳細に示されている。

#### 【0018】

本明細書の終わりに、実施例の個々の図面で使用される電子構成素子に対する有利な値が示されるので、これを参照されたい。

#### 【0019】

図 2 は、実施例で使用される National Semiconductors 社の COP 842CJ 型マイクロコントローラ (μC) 11 のピン配列を示す。μC 11 内の説明はこのメーカーの説明に相応し、外側のそれぞれの線路の説明は専ら本明細書で使用される符号である。位置を表すために左上に四分円のマークが付されており、これ以降の図面にも示される。

#### 【0020】

図 3 は、ホール回路 41 に対する構成部材の詳細な回路図である。このホール回路はホールセンサ 40 の信号を処理する。さらにクロック入力端子 CK0 と CK1 の接続およびリセット入力端子 RES の接続が示されている。その他の構成部材は図 3 には示されてい

10

20

30

40

50



い。

【0021】

水晶発振子97が $\mu C11$ の端子CK0とCK1(図3参照)に接続されている。この水晶発振子は例えば10MHzのクロック周波数を設定する。リセット入力端子Res(図3)はコンデンサ99を介してアースと、また抵抗101を介して+Vccと接続されている。これら2つの構成素子は通常のようにスイッチオン時にパワーアップリセットを形成する。

【0022】

ホール発生器40は電流供給のために抵抗106を介して+Vccおよびアース100と接続されている。その出力信号uHはコンパレータ110の2つの入力端子に供給され、コンパレータのVcc入力端子にはる波コンデンサ110が配属されている。コンパレータ108の出力端子はフィードバック抵抗112を介してコンパレータ108の非反転入力端子と、またいわゆるプルアップ抵抗114を介して+Vccと接続されている。さらにコンパレータ108の出力端子は $\mu C11$ のポートHALL(図3)に直接接続されている。これによりこのポートで、ロータマグネット39(図2)により制御される矩形信号HALLが得られる。

【0023】

ホールセンサ40の信号およびコミュテーション

図4は、信号HALL(図3)と、「点火角シフト」が使用されない場合の所属のコミュテーションの線図である。点火角シフトが使用されないので、コミュテーションは信号HALLにより直接制御される。

【0024】

信号HALLは、理想的な場合、 $180^\circ$  e1のロータ回転の間、値HALL=0を有し、引き続く $180^\circ$  e1の回転の間、値HALL=1を有する。HALL=1からHALL=0への各変化、またはその反対の各変化は $\mu C11$ での割込過程に作用する(作用を及ぼす)。この割込過程は図4のHALL-INTの欄にYによって示されている。

【0025】

2つのホール変化間の時間、例えば時点t\_\_Oとt\_\_Eとの間の時間を以下、ホール長HLまたはホール時間t\_\_Hと称し、図4には実際ホール長HLとして示されている。ホール長はモータの回転数に対する尺度である。これが短ければ短いほど、ロータ39(図1)の回転数は高い。(実際値とは、モータで測定された瞬時値である。)

【0026】

固定子巻線の通電はこの実施例では $\mu C11$ の出力信号OUT1とOUT2によって制御される(図1と図2)。これらの信号は図4に低回転数の場合の例として示されており、図23にも示されている。

【0027】

OUT1が1(HIGH)であり、OUT2が0(LOW)であれば、電流は(図1)プラス電圧UNからトランジスタ144, 固定子巻線38, トランジスタ141および測定抵抗140を介してアースへ流れる。

【0028】

これに対してOUT1が0であり、OUT2が1であれば、電流(図1)はプラス電圧UNからトランジスタ142を介して、固定子巻線を反対方向に通じ、トランジスタ143と測定抵抗140を介してアースへ流れる。固定子巻線38はこの場合、反対に通電される。

【0029】

点火角シフトが行われない場合、信号HALLが変化する個所で、すなわちHALL割込Yにおいて2つの値OUT1とOUT2が $\mu C11$ によって短時間ゼロにされる。これは例えば50 $\mu s$ であり、4つ全てのトランジスタ141~144が短時間阻止され、ブリッジ37での短絡が回避される。このことは図4に示されている。

【0030】

図 4 でのコミュテーションに対する単純なホール割込が後の図 2 2 に示されている。

#### 【 0 0 3 1 】

##### 回転数とホール長との関係

ホール長  $H L$  が図 4 に示されている。回転数  $n$  との関係を以下に示す。この関係はロータ 3 9 の極数  $P$  の関数である。

#### 【 0 0 3 2 】

ホール長  $H L'$  を秒で測定すれば、

$$H L' = T / P \quad ( 1 )$$

が成り立つ。ここで

$T$  = ロータ回転の持続時間 ( 秒 )

$P$  = ロータ 3 9 の極数である。

#### 【 0 0 3 3 】

回転数を回転数 / 分で測定すれば、

$$H L' = 60 / ( n \times P ) \quad ( 2 )$$

が成り立つ。ここで

$n$  = 毎分の回転数、

$P$  = ロータ 3 9 の極数である。

#### 【 0 0 3 4 】

ホール長  $H L$  はこの実施例では  $\mu s$  で存在し、 $H L'$  は秒であるから、 $H L'$  を  $H L$  に再正規化する。

$$H L = 1000000 H L' \quad ( 3 )$$

$P = 4$ 、すなわち 4 極に対しては

$$H L = 15000000 / n \quad ( 4 )$$

反対に  $P = 4$  であれば

$$n = 15000000 / H L \quad ( 5 )$$

ここで

$n$  = 毎分の回転数、

$H L$  =  $\mu s$  でのホール長である。

#### 【 0 0 3 5 】

$n = 2870 \text{ min}^{-1}$  の回転数は、例えば 4 極ロータの場合、

$H L = 15000000 / 2870 = 5226 \mu s$  のホール長  $H L$  に相当する。プロセッサ内部の 16 進表現ではこれは  $0 \times 146A$  である ( 16 進は先行桁の  $0 \times$  によって示される )。

#### 【 0 0 3 6 】

##### 点火角シフト

図 1 のモータでは、ロータ位置センサ 4 0 がステータのポールギャップ、すなわち  $0^\circ$  e 1 に配置されており、信号  $H A L L$  の変化は  $0^\circ$  e 1、 $180^\circ$  e 1、 $360^\circ$  e 1 等で形成される。これが図 4 に例として示されている。ホール発生器のこのような構成については、例として  $DE - A19700479.2$  ( Intern:D201i )、図 1、部分 ( ないし部材 ) 2 5 を参照されたい。

#### 【 0 0 3 7 】

しかしモータが高速回転する際には、出力および効率の最適化が必要であり、電流の固定子巻線 3 8 におけるコミュテーションをホール信号の変化前に実行すべきである。すなわち図 4 では時間的に  $t_{\_0}$  と  $t_{\_E}$  の前で実行すべきである。このことは早期点火または進角点火と称することができる。このためにロータ位置センサ 4 0 をモータ 3 9 のステータに対して相対的にずらすことも可能であろう。しかしモータは通常、両方向に回転すべきであり、早期点火は両方向で回転数の上昇と共に増大すべきであるので、このようなことは役立たない。

#### 【 0 0 3 8 】

従って点火角シフトは電子的に制御される。このためにすでに説明した 16 ビットタイマ

10

20

30

40

50

CNT\_HL (図1) が使用される。タイマCNT\_HLには各ホール割込Yの際に(前に説明した)スタート値t\_TIがロードされ、続いて値0に達するまでカウントダウンされる。ゼロに達するとタイマCNT\_HLは $\mu C11$ でいわゆるタイマ割込をトリガし、タイマには自動的にいわゆるオートリロードレジスタAR(同様に $\mu C11$ 内にある)の内容t\_ARが後ロード(追ロード)され、新たにスタートする。図11のS302を参照。

#### 【0039】

ホール割込Yの際にタイマCNT\_HLは、コミュテーションを実行すべき時点でゼロに達し、これにより割込をトリガするように調整される。このタイマ割込が図5に $T_N$ 、 $T_{N+1}$ 等によって示されており、ホール割込は $H_N$ 、 $H_{N+1}$ 等によって示されている。

10

#### 【0040】

タイマの動作は使用される $\mu C$ によって設定される。この $\mu C$ はタイマを含んでいる。ここでは場合により、タイマを $\mu C$ のレジスタを介してコンフィギュレーションすることもできる。可能なコンフィギュレーションは例えば0に達した際の割込のトリガ、または0に達した際のタイマの自動再ロードである。

#### 【0041】

付加的にここではタイマCNT\_HLを有利にはホール長HL(図4)の測定に使用することができる。これは図5に $t_{H_N}$ により示されている。

#### 【0042】

図5は、タイマスタート値 $t_{TI}$ の計算を示す。示されているのは信号HALL、ホール割込 $H_{N-1}$ 、 $H_N$ 等、タイマ割込 $T_{N-1}$ 、 $T_N$ 等、ホール長 $t_{H_{N-1}}$ 、 $t_{H_N}$ 等である。信号HALLは $\mu C11$ の入力端Hall(図2)に印加される。またホール長 $t_{H_{N-1}}$ 、 $t_{H_N}$ 等は実施例では、4極ロータ39が1/4回転、すなわち $180^\circ$  e1に必要な時間を表す。

20

#### 【0043】

ホール長HLとホール時間 $t_H$ の概念は以下、同義に使用する。ホール時間 $t_{H_{N+1}}$ はそれぞれホール割込 $H_N$ 後にこれを含まず始まり、後続のホール割込 $H_{N+1}$ によりこれを含んで終了する。ホール割込およびタイマ割込には、これが生じるホール時間に従って番号が付される。つまりホール時間 $t_{H_N}$ にはタイマ割り込み $T_N$ と、- この時間の終了時に - ホール割込 $H_N$ が所属する。

30

#### 【0044】

信号HALLの下に図5ではタイマCNT\_HLの値がプロットされている。それぞれの値の間でタイマCNT\_HLはカウンタダウンする。例えば $t_{TI}$ から0までの時間310と、 $t_{TI}$ から $t_E$ までの時間312である。

#### 【0045】

ホール時間 $t_{H_{N+2}}$ に対するタイマスタート値 $t_{TI}$ は、この実施例ではホール長 $t_{H_N}$ から計算される。このことは300に象徴的に示されており、ホール時間 $t_{H_{N+1}}$ の間に値 $t_{TI}$ が次式に従って計算される：

$$t_{TI} := t_{H_N} - t_{ZW} \quad (6)$$

すなわち、ホール長 $t_{H_N}$ から(一定の)点火角時間 $t_{ZW}$ が減算される。同じようにホール時間 $t_{H_{N+3}}$ に対する $t_{TI}$ はホール長 $t_{H_{N+1}}$ から計算される。このことは301に象徴的に示されている。

40

#### 【0046】

このようにして時点 $T_N$ 、 $T_{N+1}$ 、 $T_{N+2}$ 等でコミュテーションされる。 $T_N$ は時間 $t_{ZW}$ だけ $H_N$ より早い時点にある。すなわちコミュテーションは進まされる。同様に $T_{N+1}$ は $H_{N+1}$ より早期にある。時点 $T_N$ 、 $T_{N+1}$ 等は上に向けた矢印によって示されている。

#### 【0047】

次に図19から図21に基づいて、4極ロータ39においてどのように非常に有利に、例えばコミュテーション時点 $T_{N+4}$ を時間的に先行するホール長 $t_{H_N}$ により決定することができ、これによりモータの特に静粛な回転が得られるのかを説明する。この変形は図5

50

に 304 によって示されており、一点鎖線 306, 308 により象徴されている。6 極ロータの場合は同様に、コミュテーション時点  $T_{N+6}$  がホール長  $t_{H_N}$  によって定められる。

#### 【0048】

図 6 と図 7 は、ホール長  $t_H$  をタイマ  $CNT\_HL$  により測定する際に発生し得る 2 つの可能な場合を示す。

#### 【0049】

示されているのは、 $\mu C 11$  の入力端  $Hall$  (図 2) に印加される信号  $HALL$ 、ホール割込  $H_N$  と  $H_{N+1}$ 、タイマ割込  $T_{N+1}$  (図 7) であり、図 7A の時間軸にはタイマ  $CNT\_HL$  のスタート値  $t_B$  とストップ値  $t_E$  が示されている。これらの値は、次のホール時間  $t_{H_{N+2}}$  中に初めて実行されるホール長  $t_{H_{N+1}}$  の計算の際に使用される。 $t_B$  は (前に説明した) ホール割込  $H_N$  の際のタイマ  $CNT\_HL$  のスタート値  $t_{TI}$  に相当し、 $t_E$  はホール割込  $H_{N+1}$  の際のタイマ  $CNT\_HL$  のストップ値に相当する。

#### 【0050】

2 つの場合が発生し得る。

#### 【0051】

第 1 の場合 (図 6) は、モータが強く加速し、ホール割込  $H_{N+1}$  が、タイマ  $CNT\_HL$  が値 0 に達する前に発生する場合である。この場合、ホール割込  $H_{N+1}$  によりトリガされるホール割込ルーチンでタイマ  $CNT\_HL$  のストップ値が  $t_E$  に記憶され (図 8A の S202)、モータがコミュテーションされ、タイマ  $CNT\_HL$  およびオートリロードレジスタ  $AR$  に新たにホール長  $t_{H_{N-1}}$  から計算された値 (図 5) がロードされ、タイマ  $CNT\_HL$  が新たにスタートされる (図 9B の S238)。従って図 6 ではホール時間  $t_{H_{N+1}}$  の間にタイマ割込  $T_{N+1}$  は発生しない。

#### 【0052】

ホール長  $t_{H_{N+1}}$  はこの場合、次式に従い計算される

$$t_{H_{N+1}} := t_B - t_E + t_{CORR} \quad (7)$$

ここで  $t_{CORR}$  は、図 10 の S258 で詳細に説明する補正值であり、図 6B に示されている。

#### 【0053】

第 2 の場合 (図 7A) では、タイマ  $CNT\_HL$  がホール割込  $H_{N+1}$  の発生前に 0 に達する。ゼロに達すると、図 11 に示したタイマ割込  $T_{N+1}$  がトリガされる。タイマ  $CNT\_HL$  にはタイマ割込  $T_{N+1}$  の時に自動的にオートリロードレジスタ  $AR$  (図 1) から値  $t_{AR}$  がリロードされ、新たにスタートされる。図 11 の S302 参照。 $t_B$  はここで  $t_{TI}$  と同じ値を有しており、従って  $t_{AR}$  に相応する。

#### 【0054】

このことを図 7B が示す。 $H_N$  の直後の時点から  $T_{N+1}$  までの時間でタイマ  $CNT\_HL$  は  $t_B$  から 0 にカウントダウンし、値 0 でタイマ割込  $T_{N+1}$  をトリガする。この割込の開始時にタイマ  $CNT\_HL$  には新たに  $t_B$  がロードされ、図 11、S302 参照、そして  $H_{N+1}$  までの時間で新たにカウントダウンする。しかしこの場合、値 0 には達せず、値  $t_E$  に達するだけである。ホール割込  $H_{N+1}$  の際にタイマ  $CNT\_HL$  には新たに値  $t_{B'}$  がロードされ、全てのプロシージャが繰り返される。

#### 【0055】

タイマ割込  $T_{N+1}$  の発生により呼び出されたタイマ割込ルーチンでは、点火角シフトが投入されている限り、コミュテーションが実行される。図 11、S318, S320, S322 参照。そしてフラグ  $KD$  (コミュテーション実行) が 1 にセットされる。図 11, S324 参照。

#### 【0056】

これに続くホール割込  $H_{N+1}$  の際に、タイマ  $CNT\_HL$  は新たにストップされ、その終了時間  $t_E$  が記憶される。図 8A、S202 参照。ホール長  $t_{H_{N+1}}$  (図 7) はセットされたフラグ  $KD$  (図 10, S252) に基づいて、図 10 のステップ S254 と S2

10

20

30

40

50

5 8で次のように計算される：

$$t\_1 := t\_B - t\_E \quad (8)$$

$$t\_H_{N+1} = t\_B + t\_1 + t\_CORR \quad (9)$$

【0057】

ここでは $t\_1$ が図7に示すように、タイマ割込 $T_{N+1}$ とホール割込 $H_{N+1}$ との間の時間である。ホール長 $t\_H_{N+1}$ を計算するために、値 $t\_1$ に値 $t\_B$ を加算しなければならない。なぜなら、タイマCNT\_HLはホール割込 $H_N$ とタイマ割込 $T_{N+1}$ との間でこの値をゼロまでカウントダウンしているからである。さらに場合により例えば $40\mu s$ である補正值 $t\_CORR$ を加算する。これは図7Bに示されており、後で図10、S258でさらに詳細に説明する。ホール割込 $H_{N+1}$ と回転数計算(図10のS274)の後、フラグKDをリセットしなければならない(KD:=0, 図10のS272参照)。

10

【0058】

#### 図7についての数値例

$H_N$ ではタイマCNT\_HLが例えば(前に図5のステップ303で計算された)値 $t\_TI = t\_B = 9800$ にセットされる。従って $t\_B$ は計算の際に値 $9800\mu s$ を有する。 $T_{N+1}$ では、タイマCNT\_HLが値0に達すると、タイマ割込が発生し、新たに $9800$ がロードされ、スタートされる(図11のS302)。 $H_{N+1}$ では、タイマCNT\_HLが値 $t\_E = 9640$ に達する。値 $t\_CORR$ は $40\mu s$ である。次に式(8)と(9)に従い

$$t\_1 := 9800 - 9640 = 160\mu s$$

20

$$t\_H_{N+1} := 9800 + 160 + 40 = 10000\mu s$$

従ってホール長 $t\_H_{N+1}$ はこの例では $10000\mu s$ の長さであり、 $n\_i = 15000000 / t\_H_{N+1} = 15000000 / 10000 = 1500$ 回転/分の回転数(式5; 4極ロータ)に相当する。

【0059】

続いて $H_{N+1}$ の直後に、タイマCNT\_HLに新たな値 $t\_B'$ がロードされる。この値は(前に計算された)値 $t\_TI'$ に相当する。図5のステップ300参照。

【0060】

図8Aと図9Bは、有利なホール割込ルーチンの有利な実施形態のフローチャートを示す。すなわちロータ位置に依存する割込ルーチンのフローチャートである。この割込ルーチンは所定のロータ位置に達する際にトリガされ、ホール長 $t\_H_N$ の検出を行う。さらにコミューションがタイマ割込ルーチンで実行されなかった場合にはコミューションも実行する。後に説明するレジスタおよび変数全ては実施例では16ビットの大きさである。

30

【0061】

S302でタイマCNT\_HLがストップされ、タイマCNT\_HLのストップ時間が $t\_E$ に記憶される。

【0062】

後続のステップS204~S208では、 $\mu C11$ で次のホール割込に対するエッジが調整される。このためにS204で、 $HALL = 1$ であるか否かが検査される。1である場合S206で、次のホール割込でトリガされるべきエッジが下降エッジ(HIGH LOW)にセットされる。それ以外の場合はS208で、エッジが上昇エッジ(LOW HIGH)にセットされる。

40

【0063】

次のS210ではフラグDE(回転数到達)に基づいて2つの場合が区別される：

- ・DE=1であれば、タイマ割込が発生しないか、またはタイマ割込が発生し、かつ点火角シフトが投入されている。両者とも、後で詳細に説明するようにモータがその回転数に達した徴候である。

- ・DE=0であれば、点火角シフトが遮断されており(SZW=0)、かつタイマ割込が発生した。このことは後で説明するように、点火角シフトが投入される最小回転数 $n\_m$

50

i nにまだ達していない徴候である。

【 0 0 6 4 】

D E = 0 の場合に対してはコミュテーションが実行され、タイマ C N T \_ H L が固定値 t \_ m a x ( 最大ホール長 ) にセットされる。この固定値は最小回転数 n \_ m i n に相当する。例えば最小回転数が 3 0 0 回転 / 分であれば、式 ( 4 ) に従い

$$t\_max = 15000000 / 300 = 50000 \mu s$$

である。

【 0 0 6 5 】

このために S 3 1 2 で O U T 1 と O U T 2 が 0 にセットされる。

【 0 0 6 6 】

S 2 1 4 ではオートリロードレジスタ A R とカウンタ C N T \_ H L が t \_ m a x ( 例えば 5 0 0 0 0 ) にセットされる。タイマ C N T \_ H L はこの実施例では 1  $\mu$  s の分解能で動作する。C N T \_ H L を 5 0 0 0 0  $\mu$  s の長さにセットすることは、3 0 0 回転 / 分の回転数に相当する。これに基づきタイマ C N T \_ H L がスタートされる。

【 0 0 6 7 】

S 2 1 6 でフラグ D E ( 0 であった ) が 1 にセットされ、S 2 1 8 ~ S 2 2 2 でコミュテーションが実行される。S 2 1 8 で H A L L = 1 であれば、S 2 2 0 で O U T 1 が H I G H に、それ以外の場合は S 2 2 2 で O U T 2 が H I G H にセットされる。S 2 1 2 でのポート O U T 1 と O U T 2 のスイッチオフと、S 2 2 0 ないし S 2 2 2 での O U T 1 ないし O U T 2 のスイッチオンとの間で実行されるプログラムステップ S 2 1 4 ~ S 2 1 8 のためにプログラムは所定の時間を必要とする。従って十分なコミュテーションギャップ ( 図 2 3 : t \_ G ) が維持される。これは例えば 5 0  $\mu$  s である。

【 0 0 6 8 】

そして S 2 2 4 でホール割込を去る。

【 0 0 6 9 】

S 2 1 0 で D E = 1 であった場合には、S 2 3 0 でホール長 t \_ H と新たなタイマ値 t \_ T I の計算が点火角シフトのために要求される。メインプログラムは機能マネージャによって形成されており、これについては図 1 7 で詳細に説明する。機能マネージャによって、フラグのセットによりルーチンが要求され、フラグのリセットにより要求が解除されるようになる。計算を要求するために S 2 3 0 でフラグ F C T \_ Z W V が 1 にセットされる。

【 0 0 7 0 】

S 2 3 0 に対する可能な他の実施例では、計算をホール割込ルーチン ( 図 8 ) で直接実行する。このことは S 2 3 2 によって示されている。計算が S 2 3 2 で実行されれば、ホール時間 t \_ H<sub>N</sub> ( 例えば t \_ H<sub>5</sub> ) に所属するタイマ割込時間 t \_ T I の計算に対してホール時間 t \_ H<sub>N-1</sub> ( 例えば t \_ H<sub>4</sub> ) を使用することができる。S 2 3 0 が使用されれば、ホール時間 t \_ H<sub>N-2</sub> ( 例えば t \_ H<sub>3</sub> ) が使用されるか、またはさらに早期のホール時間が図 1 9 から図 2 1 に示すように使用される。計算がホール割込 ( S 2 3 2 ) で実行されれば、S 2 3 0 は省略される。後の説明は S 2 3 2 のない実施例に関するものである。

【 0 0 7 1 】

S 2 3 4 ( 図 9 B ) では、フラグ K D = 1 であるか否かが検査される ( K D = コミュテーション実行 ) 。 K D = 1 である場合には、ホール割込に所属するホール時間内でタイマ割込が発生しており ( 図 7 A に H<sub>N+1</sub> について示したように ) 、かつ点火角シフトが投入されている。この場合、コミュテーションはすでにタイマ割込 ( 図 7 A の T<sub>N+1</sub> ) で実行されており、直接 S 2 3 8 へジャンプする。

【 0 0 7 2 】

S 2 3 4 で K D = 0 であれば、ホール割込に所属するホール時間内にタイマ割込が発生していない。すなわち図 6 の状況である。コミュテーションギャップ ( 図 2 3 の t \_ G ) が S 2 3 6 で 2 つのポート O U T 1 と O U T 2 のゼロへのセットによりスタートされる。すなわち固定子巻線 3 8 ( 図 1 ) には短時間エネルギーが供給されない。しかしタイマ割込

10

20

30

40

50

が発生したが、点火角シフトが非アクティブであるためこの割込ではコミューションされなかった場合については、 $DE = 0$  に対する  $S210$  の下の分岐でこれが考慮される (図 8 A)。

【0073】

$S238$  では、オートリロードレジスタ  $AR$  とタイマ  $CNT\_HL$  に、後で説明する点火角計算 (図 10 または図 21) で計算された値  $t\_TI$  がロードされ、タイマ  $CNT\_HL$  がスタートする。

【0074】

$S240$  では、点火角シフトがフラグ  $SZW := 1$  のセットによりアクティブにセットされる。なぜならこの場合は、例えば回転数 300 回転 / 分という、必要な回転数に達しているからである。

10

【0075】

$S242$  では再び、フラグ  $KD$  (コミューション実行) に基づいて、コミューションがすでに行われたか否かが検査される。行われていない場合 ( $KD = 0$ )、 $S244$  で信号  $HALL$  に基づいて、 $S246$  で  $OUT1$  が  $HIGH$  にセットされたか、または  $S248$  で  $OUT2$  が  $HIGH$  にセットされたかが検査される。コミューションギャップ (図 23 の  $t\_G$ ) はここでは、ポート  $OUT1$  および  $OUT2$  のスイッチオフ ( $S236$ ) と、ステップ  $S238$  から  $S244$  でのスイッチオンとの間で形成される。

【0076】

$S250$  でホール割込ルーチンを去る。

20

【0077】

図 10 は、点火角計算のための例としてのルーチンのフローチャートを示す。この点火角計算は、最小回転数に達する際に各ホール割込ルーチン (図 8) で、要求ビット  $FC\_T\_Z\_W\_V$  (図 17) のセットにより要求される。図 8 A の  $S230$  参照。点火角計算は、比較的の優先度の高いタスクが要求されないとき、機能マネージャ 190 (図 17) により呼び出される。従っていつこの計算が行われるかを正確に言うことはできない。従って点火角計算が実行される時点  $B_N$  (例えば図 13 A と図 14 B) は正確には設定されず、例としての時点が示されている。

【0078】

ホール長  $t\_H$  の計算は常に先行のホール時間に対して当てはまることに注意すべきである。例えばホール時間  $t\_H_N$  の間に、ホール長  $t\_H_{N-1}$  が計算される。

30

【0079】

$S252$  ではフラグ  $KD$  に基づいて、タイマ割込 (例えば図 7 の  $T_{N+1}$ ) でコミューションが実行されたか否かが検査される。図 9 B の  $S234$  参照。肯定の場合 ( $KD = 1$ )  $S254$  に従い、図 7 に示し、その記述されているようにホール長  $t\_H$  がスタート時間  $t\_B$  と時間  $t\_1$  から得られる。この時間  $t\_1$  は  $t\_B$  と  $t\_E$  の差である。否定の場合 ( $KD = 0$ )  $S256$  に従い、ホール長  $t\_H$  は  $t\_B$  と  $t\_E$  の差から得られる。図 6 参照。

【0080】

$S258$  ではホール長  $t\_H$  に対して補正時間  $t\_CORR$  が加算される。このことは、タイマ  $CNT\_HL$  をホール割込 (図 8 A と図 9 B) の開始時に  $S202$  で停止し、その後  $S232$  で初めてスタートさせることにより行われる。それまでにホール割込ルーチンは、 $t\_CORR$  (例えば  $40 \mu s$ ) として加算される所定の時間が、 $S258$  で正確なホール長  $t\_H$  を得るために必要である。

40

【0081】

$S260$  で瞬時のホール長  $t\_H$  が実際ホール値  $t\_i$  に記憶される。これにより瞬時の実際ホール値が他の全てのプログラム部分 (例えば制御) で瞬時の回転数に対する尺度として使用される。

【0082】

$S262$  でタイマ  $CNT\_HL$  の瞬時スタート時間が  $t\_B$  に記憶される。これによりこ

50

の時間を  $t\_T I$  の計算のために次のホール時間で使用することができる。

【 0 0 8 3 】

回転数の検査が行われる。なぜなら例えば 3 0 0 回転 / 分である所定の最小回転数から点火角シフトを実行すべきだからである。このために S 2 6 4 で、 $t\_H > t\_S Z W$  であるかが比較される。 $t\_S Z W$  (例えば 4 9 6 6 4  $\mu s$  であり、これは  $0 \times C 2 0 0$  に相当する) は点火角シフトを実行すべき時までの最大ホール長である。 $t\_H$  が  $t\_S Z W$  より大きければ、モータは過度に緩慢であり、S 2 6 6 で  $S Z W := 0$  により点火角シフトが遮断される。

【 0 0 8 4 】

S 2 6 8 でコミュニケーション時点  $t\_T I$ 、すなわちタイマ割込をトリガすべき時点が計算される。このために S 2 6 8 で値  $t\_Z W$ 、すなわちコミュニケーション時点を早期にシフトすべき時間が減算される。この時間は例えば 2 0 0  $\mu s$  である。この値は一定でも良いが、モータパラメータに依存する値でも良い。バス 3 0 (図 1 6) を介してこの値  $t\_Z W$  は外部から変更できる。 $t\_Z W = 0$  であれば、点火角シフトは遮断される。

【 0 0 8 5 】

次に点火角計算ルーチンが処理される。要求ビット  $F C T\_Z W V$  (図 1 7) が S 2 7 0 で 0 にセットされ、S 2 7 2 でフラグ  $K D$  が再び 0 にセットされる。これにより後続のホール時間を使用することができ、S 2 7 4 でモータ制御の要求ビット  $F C T\_R G L$  (図 1 7) がセットされ、これによりモータ制御が要求される。

【 0 0 8 6 】

従って図 1 0 の点火角計算ルーチンの主たるタスクは、先行するホール長の持続時間の検出 (S 2 5 8)、後続のホール時間に対するコミュニケーション時点の計算 (S 2 6 8)、および制御の要求 (S 2 7 4) である。

【 0 0 8 7 】

図 1 1 は、例としてのタイマ割込に対するフローチャートを示す。このタイマ割込はモータ制御に使用され、先行するホール割込で初期化され、スタートされたタイマ  $C N T\_H L$  が、次のホール割込のトリガされる前に 0 にカウントダウンした場合にトリガされる。図 7 A と図 7 B 参照。

【 0 0 8 8 】

値 0 に達するとタイマ  $C N T\_H L$  に S 3 0 2 で、オートリロードレジスタ  $A R$  の値  $t\_A R$  がロードされ、新たにスタートされる。なぜならタイマは同時にホール長  $t\_H L$  の計算にも使用されるからである。このステップは  $\mu C 1 1$  により、0 に達したときこのカウンタに対して自動的に実行されるものであり、明瞭にするためにこのフローチャートに取り入れた。

【 0 0 8 9 】

S 3 0 4 ではフラグ  $S Z W$  に基づいて、点火角シフトがアクティブであるか否かが検査される。これがアクティブでなければ、モータは最小回転数よりも緩慢に回転している。このことが明らかとなるのは、タイマ割込が行われた時に点火角シフトがアクティブでない場合、ホール割込ルーチンの S 2 1 4 でオートリロードレジスタ  $A R$  とタイマ  $C N T\_H L$  が最小回転数  $n\_m i n$  に相当する最大ホール長  $t\_m a x$  にセットされるからである。それにもかかわらずタイマ割込 (図 7 の  $T_{N+1}$ ) がホール割込 (図 7 の  $H_{N+1}$ ) の前に生じると、最小回転数  $n\_m i n$  には達せず、フラグ  $D E$  (回転数に到達) が 0 にセットされ、S 3 0 8 でタイマ割込ルーチンを去る。

【 0 0 9 0 】

点火角シフトがアクティブである場合 ( $S Z W = 1$ )、S 3 0 4 から S 3 1 0 へジャンプする。ここでは 2 つのポート  $O U T 1$  と  $O U T 2$  がコミュニケーションギャップの開始時に 0 にセットされる。

【 0 0 9 1 】

ステップ S 3 1 2 から S 3 1 6 は、十分な長さのコミュニケーションギャップ (図 2 3 の  $t\_G$ ) を生じさせるプログラムループを形成する。このために S 3 1 2 でタイマ  $D E L$

10

20

30

40

50



CNTに遅延値  $t\_DEL$  が配属される。これは例えば数5である。S314でカウンタ  $DEL\_CNT$  は1だけ減分され、S316で  $DEL\_CNT$  がすでに値0に達しているか否か、すなわち遅延ループが完全に処理されたか否かが検査される。

【0092】

否定の場合、再びS314へリターンジャンプし、ループが継続される。ループを通過するのに例えば  $10\mu s$  必要であれば、上に述べた値により  $50\mu s$  の遅延が得られ、その間、ポートOUT1とOUT2は両方とも出力信号が0である。このことはコミュニケーションギャップ  $t\_G$  に作用を及ぼす。

【0093】

続いて通常のように、すでに図8AのS218からS224で説明したようにコミュニケーションが行われる。S318でホール値  $HALL = 1$  であれば、S320でOUT1がHIGHにセットされ、それ以外の場合S322でOUT2がHIGHにセットされる。従ってコミュニケーションは点火角シフトにより、タイマ割込で、すなわちホール割込の前に実行される。これは図7ではホール割込  $H_{N+1}$  の前の時点  $T_{N+1}$  である。

【0094】

S324ではフラグKD（コミュニケーション実行）が1にセットされ、これによりホール割込と点火角計算ルーチンをこれが識別することができ、これに基づいてホール割込ルーチンをS326で去る。

【0095】

図12は例として本発明のモータが起動する際の信号  $HALL$ 、ホール割込  $H_N$  およびタイマ割込  $T_N$  の時点を示す。ホール時間  $t\_H_N$  はそれぞれホール割込  $H_{N-1}$  と  $H_N$  の間の時間であり、次第に短くなる。なぜならモータが加速するからである。各ホール時間中にタイマ割込は発生しない。この例では  $t\_H_2$  および後続のホール時間で点火角計算が実行されるが、モータの加速に基づきこの例ではタイマ割込  $T_1$ 、 $T_{10}$  および  $T_{11}$  しか発生しない。なぜなら回転数は  $t\_H_8$  から初めてある程度一定になるからである。

【0096】

図13(A)と14(B)には図12の経過が拡大して示されており、付加的説明も付されている。

【0097】

図13(A)と14(B)は本発明のモータがスタートする際の時間的経過を例として示す。この経過はホール割込、点火角計算およびタイマ割込との関連を明らかにする。

【0098】

図13(A)と14(B)では以下の変数を使用される：

|             |                          |
|-------------|--------------------------|
| DE :        | フラグ “ 回転数到達 ”            |
| KD :        | フラグ “ コミュテーション実行 ”       |
| SZW :       | フラグ “ スタート点火角シフト ”       |
| $t\_AR$ :   | オートリロードレジスタARの値 ( 図1 )   |
| $CNT\_HL$ : | タイマ割込およびホール長計算のためのタイマ    |
| $t\_E$ :    | ストップ時間 ( 終了の時点 )         |
| $t\_H$ :    | ホール長 ( ホール時間 )           |
| $t\_B$ :    | スタート時間 ( 開始の時点 )         |
| OUT1 :      | モータ通電のための $\mu C11$ のポート |
| OUT2 :      | モータ通電のための $\mu C11$ のポート |

【0099】

$\mu C11$  の入力側における信号  $HALL$  がプロットされている。ホール長  $t\_H$  はこれを取り囲むホール割込間にそれぞれあり、例えば  $t\_H_2 = 40ms$  は  $H_1$  と  $H_2$  の間に、 $t\_H_3 = 35ms$  は  $H_2$  と  $H_3$  の間にある。ホール割込はそれぞれ  $H_N$  により、タイマ割込は  $T_N$  により、そして点火角計算の実行は  $B_N$  により示されている。ここでNは所属するホール割込  $t\_H_N$  の指数である。

【0100】

10

20

30

40

50

信号 HALL の下にはいくつかの重要な変数がある。これらの変数は  $\mu C 11$  で実行されるプログラムに使用される。時間の表示はスペースの理由から ms で示されているが、プログラム内部では  $\mu s$  時間で処理される。モータのスタート時に、複数の変数は初期化される (列 INIT)。t<sub>TI</sub> と t<sub>B</sub> は 50 ms により初期化される。これは 300 回転 / 分の回転数に相応し、この回転数から初めてこの実施例では点火角シフトが投入される。DE と KD は 0 にセットされる。なぜなら所要の回転数に始めは達していないからである。そして SZW も 0 により初期化される。なぜなら点火角シフトが遮断されているからである。

#### 【0101】

第 1 のホール割込 H<sub>0</sub> でオートリロードレジスタ AR とタイマ CNT<sub>HL</sub> に初めて 50 ms がロードされ、タイマ CNT<sub>HL</sub> がスタートされる。ホール長 t<sub>H1</sub> は 60 ms であるから、タイマ割込 T<sub>1</sub> はホール割込 H<sub>1</sub> の前に発生する。

10

#### 【0102】

点火角シフトは遮断されているから (SZW = 0)、タイマ割込ルーチンではただ 1 つ値 DE が 0 にセットされる (図 11 の S306)。これはホール割込に、モータがまだ最小回転数 n<sub>min</sub> に達していないことを指示する。なぜならホール長 t<sub>H1</sub> が最小回転数 n<sub>min</sub> に相当する最大ホール長 t<sub>max</sub> より大きいからである。タイマ CNT<sub>HL</sub> には自動的に 50 ms のオートリロード値 t<sub>AR</sub> がロードされ、スタートする。

#### 【0103】

ホール割込 H<sub>1</sub> によりホール割込ルーチン (図 8) が呼び出される。40 ms のストップ時間 t<sub>E</sub> が確保される。このストップ時間は、タイマ CNT<sub>HL</sub> が新たに 50 ms にセットされたタイマ割込 T<sub>1</sub> とホール割込 H<sub>1</sub> との間で 10 ms が経過したことにより生じる。DE = 0 であるから、コミュテーションが時点 H<sub>1</sub> で実行され、t<sub>AR</sub> と CNT<sub>HL</sub> に 50 ms がロードされ、タイマ CNT<sub>HL</sub> がスタートされる。DE は 1 にセットされる。計算は要求されない。

20

#### 【0104】

ホール長 t<sub>H2</sub> の間にモータは初めて平均として 300 回転 / 分の最小回転数に達する。従ってタイマ CNT<sub>HL</sub> がゼロにカウントダウンする前にホール割込 H<sub>2</sub> がトリガされる。従ってタイマ割込 T<sub>2</sub> は発生しない。

#### 【0105】

ホール変化 H<sub>2</sub> の際のホール割込ルーチンでは、タイマ CNT<sub>HL</sub> の 10 ms のストップ時間 t<sub>E</sub> が確保される。DE は、ホール長 t<sub>H2</sub> の間にタイマ割込が発生しなかったことからその値 DE = 1 を保持している。このことによりホール割込ルーチンは、300 回転 / 分の回転数を上回ったことを識別する。ホール割込ルーチンでは点火角計算ルーチン (図 10) が要求され、点火角シフトが SZW := 1 によりアクティブ化される。ホール長 t<sub>H2</sub> 内ではまだコミュテーションされていないから (KD = 0)、コミュテーションがホール割込ルーチン中に時点 H<sub>2</sub> で実行される。オートリロードレジスタ AR とタイマ CNT<sub>HL</sub> には、モータのスタート時に 50 に初期化された値 t<sub>TI</sub> がロードされる。なぜならまだ点火角計算が実行されていないからである。そしてタイマ CNT<sub>HL</sub> は新たにスタートする。

30

40

#### 【0106】

ホール長 t<sub>H3</sub> の間に点火角シフトの計算が初めて実行される。タイマ割込は発生していないから (KD = 0)、ホール長 t<sub>H3</sub> の間に計算されるホール長 t<sub>H2</sub> は、t<sub>B</sub> = 50 ms と t<sub>E</sub> = 40 ms から生じる。ここから点火角シフト時間が t<sub>ZW</sub> = 0.2 ms の場合は、39.8 ms のタイマ割込時間が生じる。ホール時間 t<sub>H3</sub> のタイマスタート時間は t<sub>B</sub> に確保される。

#### 【0107】

ホール割込 H<sub>3</sub> までのホール割込ルーチンは、ホール割込 H<sub>2</sub> までのホール割込ルーチンと同様に経過する。なぜならモータはさらに加速し、ホール割込はタイマ CNT<sub>HL</sub> が値 0 に達する前に発生するからである。従ってこのホール時間にはタイマ割込は発生しない

50

。このことは同様にホール割込  $H_4$ 、 $H_5$ 、 $H_6$ 、および  $H_7$  でも生じる。点火角計算ルーチン  $B_4$ 、 $B_5$ 、 $B_6$ 、および  $B_7$  も同様にそれぞれのホール時間で呼び出される。

【0108】

ホール時間  $t\_H_8$  でモータは最終的に 1500 回転 / 分の目標回転数に達する。この回転数は 10 ms のホール長に相当する。この実施例では、ホール時間  $t\_H_N$  に対するタイマ割込時間  $t\_TI$  は常にホール時間  $t\_H_{N-1}$  の間にホール長  $t\_H_{N-2}$  から計算されるから、2つのホール時間の“遅れ”が存在する。すなわちタイマ  $CNT\_HL$  が正しいタイマ割込時間  $t\_TI$  によりスタートされる第1のホール時間は  $t\_H_{10}$  である。なぜならホール時間  $t\_H_8$  は 10 ms の第1のホール時間であったからであり、 $t\_H_8$  のホール時間のホール長計算からの結果は  $t\_H_{10}$  で初めて使用されるからである。

10

【0109】

ホール時間  $t\_H_{10}$  の間に、点火角計算  $B_{10}$  が再度実行される。オートリロードレジスタ  $AR$  とタイマ  $CNT\_HL$  に対するスタート値  $t\_TI$  は  $H_9$  へのホール割込ルーチンの間は 9.8 ms であった。

【0110】

従ってホール割込  $H_9$  後の 9.8 ms でタイマ割込  $T_{10}$  をトリガしなければならない。タイマ  $CNT\_HL$  には自動的に値  $t\_AR$  (9.8 ms) がロードされ、新たにスタートされる。点火角シフトは投入される ( $SZW = 1$ )。その結果タイマ割込 ( $T_{10}$ ) でコミューションされる。フラグ  $KD$  は 1 にセットされ、これにより  $H_{10}$  での以降のホール割込ルーチンと点火角計算に対し、コミューションが行われたことを指示する。

20

【0111】

ホール割込  $H_{10}$  でのホール割込ルーチンでは、タイマ  $CNT\_HL$  のストップ値が  $t\_E$  に確保され、点火角計算ルーチンが要求され、オートリロードレジスタ  $AR$  とタイマ  $CNT\_HL$  がロードされ、タイマ  $CNT\_HL$  がスタートされる。コミューションはすでにタイマ割込ルーチンでタイマ割込  $T_{10}$  の時点で行われているから、それ以上コミューションされない。

【0112】

後続のホール時間  $t\_H_{11}$  等は、モータの実際回転数または目標回転数が変化しない限り  $t\_H_{10}$  と同様に経過する。

【0113】

30

#### モータの制御

図15はモータの制御および駆動に重要な回路部分を示す。先行図面と同じ部材または同じに作用する部材には同じ参照符号が付してあり、通常は再度説明しない。

【0114】

$\mu C 11$  の端子割り当ては図3に示されている。 $\mu C 11$  の出力端子  $OUT 1$  と  $OUT 2$  はHブリッジ回路37として接続された  $n p n$  トランジスタ 141, 142, 143 および 144 を制御する。

【0115】

$\mu C 11$  の出力端子  $RGL$  は抵抗 123 を介してコンデンサ 124 に接続されている。 $RGL$  が  $HIGH$  にセットされると、コンデンサ 124 は充電され、 $RGL$  が  $LOW$  になるとコンデンサは放電され、 $RGL$  が  $TRISTATE$  (トリステート) であると、コンデンサ 124 は  $RGL$  から遮断され、その電圧を維持する。下でさらに説明する電流制限部 44 がなければ、点 125 をコンパレータ 120 の非反転入力端子 (+) と直接接続することができる。

40

【0116】

$n p n$  トランジスタ 150 が非導通であれば、すなわち電流制限部 44 が非アクティブであれば、抵抗 126 を介して比較的小さなコンデンサ 127 にコンデンサ 124 と同じ電圧が調整される。従って  $\mu C 11$  の出力端子  $RGL$  を介してコンパレータ 120 の非反転入力端子 (+) における電圧を制御することができる。

【0117】

50

コンパレータ 120 の反転入力端子 ( - ) には、三角波発振器 35 により形成された三角信号が印加される。三角波発振器 35 はコンパレータ 130 を有する。コンパレータ 130 の出力端子 P3 から正帰還結合抵抗 132 がその非反転入力端子 ( + ) に接続されており、同様にコンパレータ 130 の出力端子 P3 から負帰還結合抵抗 131 がコンパレータ 130 の反転入力端子に接続されている。コンデンサ 135 がコンパレータ 130 の反転入力端子とアース 100 との間に接続されている。コンパレータ 130 の出力端子はさらに抵抗 133 を介して + Vcc と接続されている。コンパレータ 130 の非反転入力端子は 2 つの抵抗 134 と 136 を介して + Vcc ないしアース 100 と接続されている。

【 0118 】

三角波発生器 35 の作用と  $\mu C11$  の出力 RGL を  $\mu C11$  により制御することについては DE19836882.8 (Intern:D216) を参照されたい。

10

【 0119 】

コンパレータ 120 の反転入力端子における三角信号の電圧がコンパレータ 120 の非反転入力端子における基準信号の電圧よりも低いと、コンパレータ 120 の出力端子 OFF は HIGH であり、下方のトランジスタ 141 ないし 143 は論理 AND 素子 147 ないし 148 を介して OUT1 ないし OUT2 によりスイッチオン・オフすることができる。三角信号の電圧が基準信号より上にあれば、コンパレータ 120 の出力 OFF は LOW であり、従って固定子巻線 38 に通電することはできない。

【 0120 】

コンデンサ 124 の電圧、およびひいてはコンデンサ 127 の電圧を介していわゆるデューティ比が調整される。デューティ比は、コンパレータ 120 の出力が三角信号の期間中に HIGH である持続時間と全体期間との比である。このデューティ比は 0 % から 100 % の間とすることができる。モータ回転数が例えば過度に高ければ、コンデンサ 124 は RGL を介して放電され、これによりデューティ比は縮小される。これは全体的にパルス幅変調 ( PWM ) と称される。プルアップ抵抗 128 は、コンパレータ 120 のオープンコレクタ出力端子 OFF を HIGH の際に + Vcc に引き上げるのに用いる。

20

【 0121 】

スイッチオンの際にモータを始動することができるようにするため、コンデンサ 124 は初期化の際に所定の持続時間、RGL を介して充電される。これによりコンデンサ 127 における電圧はコンパレータ 120 とひいてはブリッジ 37 をスイッチオンするに必要な最小値に達する。

30

【 0122 】

電流制限部 44 は次のようにして実現される。すなわち電流が固定子巻線 38 で測定抵抗 140 を介してアース 100 に流れることによって実現される。抵抗 140 を流れる電流が高めれば高いほど、その抵抗での電圧も高く、従って点 129 の電位も高い。

【 0123 】

149 の電位が所定の値に達すると、トランジスタ 150 が導通し、コンデンサ 127 の電圧が低減され、これによりコンパレータ 120 の出力端子におけるデューティ比が縮小する。抵抗 126 は、大きなコンデンサ 124 が電流制限の際に同じように放電し、これが電流制限を促進するのを阻止する。なぜなら、小さいコンデンサ 127 はより急速に放電することができるからである。電流制限の作用が終了すると、比較的にな小さなコンデンサ 127 は大きなコンデンサ 124 によって再び充電され、その電圧におかれる。従って抵抗 126 とコンデンサ 127 は、電流制限部 44 が制御よりも高い優先度を有するように作用する。

40

【 0124 】

電流制限部 44 は、抵抗 151 と、アースに対するコンデンサ 152 とからなるフィルタ素子を有する。このフィルタ素子は npn トランジスタ 150 により作用するものであり、このトランジスタはそのベースでの電圧が十分に高いときコンパレータ 120 の非反転入力端子 ( + ) をアース 100 に引き込む。その後方には、抵抗 153 と 155 , およびコンデンサ 154 からなる波素子が配置されている。

50

## 【 0 1 2 5 】

電流制限部の他の形態については D E 1 9 8 2 6 4 5 8 . 5 ( Intern:D215 ) を参照されたい。この電流制限部はコンパレータにより形成することができ、プログラム制御することができる。

## 【 0 1 2 6 】

E E P R O M 機能

図 1 6 は、E E P R O M 2 6 およびバスインタフェース 3 0 に関する回路の一部を示す。 $\mu$  C 1 1 のピン配置は図 3 に示されている。先行図面と同じ部材または同じに作用する部材には同じ参照符号が付してある。E E P R O M 2 6 は例えばタイプ “ 2-Wire Serial CMOS EEPROM AT24C01A ” ( A T M E L ) である。

10

## 【 0 1 2 7 】

E E P R O M 2 6 はそのデータ入力端 S D A に  $\mu$  C 1 1 の信号 E S D A ( 図 2 ) を受け取り、その入力端 S C L に信号 E S C L を受け取る。2 つの線路は抵抗 1 7 2 , 1 7 3 を介して + V c c と接続されている。

## 【 0 1 2 8 】

E E P R O M 2 6 の書き込み保護入力端 W P は  $\mu$  C 1 1 のピン C S ( チップセレクト ) と接続されている。C S が H I G H であれば、E E P R O M 2 6 は書き込み保護され、C S は L O W であれば、データを E E P R O M 2 6 に書き込むことができる。E E P R O M 2 6 の端子 V S S , A 0 , A 1 および A 2 はアース 1 0 0 と接続されており、E E P R O M 2 6 の端子 V C C は + V c c と接続されている。

20

## 【 0 1 2 9 】

従って線路 E S D A と E S C L は、 $\mu$  C 1 1 と E E P R O M 2 6 との間のシリアルバスである。このバスはここでは I I C バスとしてドライブされる。

## 【 0 1 3 0 】

通常 E E P R O M 2 6 は工場一度、バスインタフェース 3 0 を介してプログラミングされる。しかし再プログラミングはいつでも可能である。あるいはモータはバス 3 0 がなくても駆動することができる。その場合 E E P R O M 2 6 は、モータを使用する前に公知の装置によってプログラミングされる。

## 【 0 1 3 1 】

バスインタフェース 3 0 は I I C バスと共に動作する。バスは端子 1 6 0 を備えるデータ線路 D A T A を有し、この線路は抵抗 1 6 2 を介して  $\mu$  C 1 1 の端子 S D A に接続されている。端子 S D A からは抵抗 1 6 5 が + V c c に、またコンデンサ 1 6 7 がアース 1 0 0 に接続されている。さらに端子 S D A は p n p トランジスタ 1 6 8 のエミッタと接続されており、そのコレクタはアース 1 0 0 と、そのベースは抵抗 1 6 9 を介して  $\mu$  C 1 1 の端子 N 1 6 と接続されている。

30

## 【 0 1 3 2 】

さらにバスインタフェース 3 0 は、端子 1 6 1 を備えるクロック線路 C L O C K を有する。このクロック線路は抵抗 1 6 3 を介して  $\mu$  C 1 1 の端子 S C L に接続されている。 $\mu$  C 1 1 の端子 S C L からは抵抗 1 6 4 が + V c c に、コンデンサ 1 6 6 がアース 1 0 0 に接続されている。

40

## 【 0 1 3 3 】

p n p トランジスタ 1 6 8 を有する回路は、 $\mu$  C 1 1 の出力端 N 1 6 と入力端 S D A とを I I C バスの双方向線路 D A T A に接続するために用いる。

## 【 0 1 3 4 】

E E P R O M 2 6 , バスインタフェース 3 0 およびそのプログラミングについてのそれ以上の説明は D E 1 9 8 2 6 4 5 8 . 5 ( intern:D215 ) を参照されたい。

## 【 0 1 3 5 】

バスインタフェース 3 0 により、E E P R O M 2 6 内の値を変更することができる。従って点火角によるコミュテーションを投入すべき最小回転数  $n\_min$  を、E E P R O M で値  $t\_SZW$  をセットすることにより変更でき、従ってモータの設定 ( コンフィグレーション

50

ョン)を変更することができる。同様に例えば点火角時間  $t_{ZW}$  も変更できる。

【0136】

#### 機能マネージャ

図17は、 $\mu C11$ で実行される全体プログラムの可能な実施形態によるフローチャートを示す。ファンのスイッチオン後、 $\mu C11$ で内部リセットがトリガされる。S600で $\mu C11$ の初期化が行われる。例えばパラメータがEEPROM26から $\mu C11$ のRAMに伝送される。

【0137】

初期化の後、すでに述べた機能マネージャ190へジャンプする。この機能マネージャはS602でスタートする。この機能マネージャは個々のサブプログラムを制御し、それらの優先度を定める。

10

【0138】

まず最初に時間的にクリティカルで各ループ実行の際に処理しなければならない機能が処理される。これにはS602でのコミュニケーション機能COMMが所属する。なぜならIICバス(図16)は例えば2kのボー速度の場合、各250 $\mu s$ 毎に検査しなければならないからである。

【0139】

図18は例としての機能レジスタ195を示し、このレジスタには別の機能のために1ビットがリザーブされている。

【0140】

20

この実施例では機能レジスタ195は1バイトの大きさであり、最下位ビット(LSB)から始まって下に説明する要求可能な機能に対して次の要求ビットが定義されている：

- ・ビット1：点火角計算ルーチンに対するFCT\_ZWV、
- ・ビット2：任意の形式の制御ルーチンに対するFCT\_RGL。

【0141】

残りのビットは、必要に応じて機能マネージャ190に追加することのできる付加的な要求可能機能のためにリザーブされている。

【0142】

所定の要求可能な機能が別の機能または割込ルーチンによって要求されると、要求すべき機能のビットが1にセットされる。次回、機能マネージャ190がループ実行の際に比較的に優先度の高い別の要求可能な機能呼び出さなければ、この機能が実行される。

30

【0143】

要求された機能が処理されれば、これはそのビット(図18)を再び0にセットする。例えばFCT\_RGL := 0。

【0144】

図17ではS602の後、所定の順序で最も重要な要求可能機能から始まって、それらの要求ビットがセットされているか否かがそれぞれ検査される。これが機能の場合はその機能が実行され、これに基づいて再び機能マネージャ190の開始S602へジャンプする。機能レジスタ195の検査順序は要求可能な機能の優先度を設定する。このような機能が機能マネージャにおいて高ければ高いほど、その優先度は高い。

40

【0145】

呼び出される機能の処理時間は、それを常に実行される機能(ここではS602)と割込ルーチンとに加算したときに、IICバス40の2つの問い合わせ間の最大許容時間を上回ってはならない。ボー速度が2kである上記例で最大許容時間が250 $\mu s$ である場合、S610とS614で呼び出される機能に対する最大処理時間は約100 $\mu s$ である。

【0146】

S610で、点火角シフトに対する要求ビットFCT\_ZWVがセットされているか否か、すなわち値1を有するか否かが検査される。セットされている場合、S612の後にジャンプし、点火角計算ルーチン(図10または図21)が実行される。終了の前に点火角計算ルーチンはその要求ビットFCT\_ZWVをリセットし、S274で要求ビットFC

50

T \_ R G L のセットにより制御ルーチンを要求する。

【 0 1 4 7 】

S 6 1 0 で F C T \_ Z W V がセットされていなければ、S 6 1 4 で F C T \_ R G L がセットされているか否かが検査される。セットされていれば、S 6 1 8 でモータ回転数の制御のための制御ルーチンが呼び出される。

【 0 1 4 8 】

S 6 1 0 でも S 6 1 4 でも検査されるビットがセットされていなければ、再び S 6 0 2 にジャンプし、機能マネージャ 1 9 0 の各ループ実行の際に実行される機能が新たに呼び出される。

【 0 1 4 9 】

図 1 7 は 6 2 0 に象徴的にホール割込を示す。このホール割込は最高優先度 L 1 ( レベル 1 ) を有している。ホール割込がこの高い優先度を有するのは、ホール信号の正確な検出がモータ 3 9 の静粛な回転に対して非常に重要だからである。ホール割込は、矢印 6 2 1 により象徴的に示すように機能マネージャ 1 9 0 の全てのプロセスを中断する。

【 0 1 5 0 】

ホール割込の下には 6 2 2 にタイマ割込が示されている。このタイマ割込はこれより低い優先度 L 2 を有し、矢印 6 2 3 により示すように自分より下位のプロセスを全て中断する。正確なコミュニケーションは同様にモータの静粛な回転に対して非常に重要だからである。従ってタイマ割込 6 2 2 は 2 番目に高い優先度を有する。

【 0 1 5 1 】

ホール割込とタイマ割込が同時に要求される場合には、これらはその優先度の順序に従って処理される。

【 0 1 5 2 】

機能 C O M M は次に低い優先度 L 3 を有する。なぜなら、コミュニケーションの際にバス 3 0 を介してデータが失われてはならないからである。

【 0 1 5 3 】

機能 Z W V は次に低い優先度 L 4 を有する。この機能は S 2 3 0 で要求することができ、図 1 0 ( または図 2 1 ) に示されている。

【 0 1 5 4 】

最低位の優先度を有するのは機能 R G L ( S 6 1 4 ) である。なぜならモータの回転数はその機械的慣性のため通常は緩慢に変化するからであり、従って制御機能は通常、時間的にクリティカルでない。しかしステップ S 6 1 0 と S 6 1 4 の順序、従ってそれらの優先度を入れ替えることもできる。

【 0 1 5 5 】

このようにしてモータ 3 9 の種々異なる “ 必要性 ” が所定の階層に配属され、 $\mu C 1 1$  のリソースがモータの駆動のために理想的に使用される。

【 0 1 5 6 】

ロータ 3 9 の磁化エラーを考慮した点火角シフト

図 1 9 は、4 極アウタロータ 3 9 を示す。このロータは半径方向に磁化されたポール 5 3 4 , 5 3 5 , 5 3 6 , 5 3 7 を有し、これらのポールは図示のように ( 象徴的に示した ) 移行 ( 境界 ) 領域 5 3 0 ~ 5 3 3 により相互に分離されている。例としていわゆる台形上の磁化が前提とされている。図 2 0 A 参照。

【 0 1 5 7 】

磁化材料の不均質性と磁化装置における不可避の誤差 ( 図示せず ) のため磁束密度の経過はとりわけ移行領域 5 3 0 ~ 5 3 3 で正確には規定されず、ロータ毎にやや異なる。

【 0 1 5 8 】

ロータ 3 9 が矢印 5 4 0 の方向にホール発生器 4 0 の前を通過して回転すると仮定すると、ホール発生器 4 0 でホール電圧  $u_H$  が得られる。このホール電圧の経過は図 2 0 A に分かり易くするため誇張して図示されている。このホール電圧  $u_H$  の部分 5 3 4 ' がロータポール 5 3 4 ( N 極 ) により形成されたものであり、やや短い。すなわちこのホール電圧

10

20

30

40

50

のゼロ通過は  $0^\circ \text{ e } 1$  とほぼ  $170^\circ \text{ e } 1$  である。しかし所望の角度は  $0^\circ \text{ e } 1$  と正確に  $180^\circ \text{ e } 1$  である。

【0159】

ホール電圧の部分 535' はロータポール 535 により生成される。この部分は  $170^\circ \text{ e } 1$  で始まり、ほぼ  $370^\circ \text{ e } 1$  で終了する。すなわち過度に長い。

【0160】

部分 536' はロータポール 536 により生成され、ほぼ  $370^\circ \text{ e } 1$  からほぼ  $550^\circ \text{ e } 1$  に伸びている。すなわち正しい長さを有するが、位相位置は精確でない。

【0161】

部分 537' はロータポール 537 により生成され、ほぼ  $550^\circ \text{ e } 1$  から  $720^\circ \text{ e } 1$  に伸びている。すなわち過度に短い。 $720^\circ \text{ e } 1$  はこのモータでは再び  $0^\circ \text{ e } 1$  に相当する。なぜならロータ 39 が完全に 1 回転するからである。そして電圧経過は図 20A の 534' A に示すように繰り返される。

10

【0162】

図 20B は所属の信号 HALL を示す。この信号は今説明した磁化エラーを反映するものである。すなわちその第 1 部分 534" は過度に短く、第 2 部分 535" は過度に長く、第 3 部分 536" は位相がずれており、第 4 部分 537" は過度に短い。角度  $720^\circ \text{ e } 1$  の後、部分 534" A が始まるが、この部分は回転数が一定の場合、部分 534" に相当する。

【0163】

20

部分 534" と 537" は回転数が過度に高いことと間違えられ、部分 535" は回転数が過度に低いことと間違えられる。

【0164】

部分 534" を、部分 536" に対する時間  $t\_TI$  の計算に使用すれば、前の実施例で説明したように部分 536" では過度に早期にコミュテーションされる。

【0165】

部分 535" を、部分 537" に対する時間  $t\_TI$  の計算に使用すれば、そこでは過度に遅くコミュテーションされる。

【0166】

このことはモータの不規則な回転につながり、モータノイズが上昇する。

30

【0167】

従って本発明によれば有利には、信号 HALL の部分のホール長が、1 ロータ回転後の部分に対する時間  $t\_TI$  の計算に使用される。これは図 5 に参照符号 304, 306, 308 により 4 極ロータに対して象徴的に例として示されている。例えば図 20B では部分 534" のホール長  $t\_H_N$  は、部分 534" A に対する時間を計算するのに使用される。これは象徴的に例として 542, 544, 546 で示されている。そうすればこのようなエラーは発生しない。なぜなら回転数が一定の場合、例えば部分 534" と部分 534" A は等しく、従ってエラーが加算されることはないからである。

【0168】

図 21 は、点火角シフトによるコミュテーションに対して相応に変更された点火角計算ルーチンを示す。ここでは前記のように有利にはロータ 39 の磁化エラーの補償が行われる。すでに図 10 に現れた全ての部材は同じ参照符号を有しており、従って再度説明しない。読者はその説明を参照されたい。

40

【0169】

ステップ 268' で、タイマスタート値  $t\_TI$  の直接計算 (図 10 の S268 参照) の代わりに、2 つの変数  $t\_4$  と  $t\_3$  が付加的に使用され、計算されたタイマスタート値  $t\_TI$  を中間記憶する。後続のホール時間  $t\_H_N$  に対して使用されるタイマスタート値  $t\_TI$  にはホール長  $t\_H_{N-4}$  から計算されたタイマスタート値  $t\_4$  が配属される。

【0170】

50



続いて計算されたタイマスタート値がシフトされ、これによりこのタイマスタート値は次の点火角計算に対する正しい変数となる。ホール長  $t\_H_{N-3}$  から計算された値  $t\_3$  は  $t\_4$  の後にシフトされ、瞬時の点火角計算で計算されたタイマスタート値 ( $t\_H - t\_ZW$ ) は  $t\_3$  に記憶される (ここで  $t\_H$  はホール長  $t\_H_{N-2}$  である)。

【0171】

さらにステップ S 2 6 7 が新たに挿入される。メモリ変数  $t\_4$  と  $t\_3$  は点火角シフトの遮断の際に ( $S 2 6 6 : S Z W := 0$ )、値 5 0 0 0 0 にセットされ、これによりこの変数は一義的な状態を有する。

【0172】

図 2 2 は、点火角シフトが行われない場合の本発明のコミュテーションに対するホール割込ルーチンの例を示す。これは図 4 に示されたものと同様のものである。各ホール割込の際 (図 4 の Y) に、ちょうど実行中のプログラムは中断され、 $\mu C 1 1$  のいわゆる環境 (例えばスタックポインタおよびレジスタ) が記憶され、この割込に所属する割込ルーチンが呼び出される。割込ルーチンが処理されると、このルーチンは命令 R E T I (Return From Interrupt) を出力する。これに基づき  $\mu C 1 1$  の環境が、割込前と同じように再び形成され、中断されたプログラムがさらに処理される。

【0173】

この実施例ではホール長 H L (図 4) の測定に対して同様に 1 6 ビットタイマ C N T  $\_H L$  が使用される。このタイマは所定のスタート値から始まって連続的にカウントダウンし、0 に達すると計数を継続する場合には再びその最大値にジャンプする。このようにしてリングカウンタのように動作する。このタイマはまた  $\mu C 1 1$  の構成部材でもある。ホール長 H L はここでは回転数制御に対して使用することができる。

【0174】

S 7 0 2 で実際ホール長 H L (図 4 参照) が検出される。実際タイマ値  $t\_E$  (図 4) がタイマ C N T  $\_H L$  から読み出され、記憶された「古い」タイマ値  $t\_O$  の減算により (図 4: 先行するタイマ割込 Y の時点) ホール長 H L が計算される。このために  $t\_E - t\_O$  が計算され、結果から二重補数 (Zweierkomplement) が形成される。このようにしてタイマがその最大値の半分以上をさらに経過しない場合には常に正しい計数差が得られる。

【0175】

これに基づき瞬時のタイマ値  $t\_E$  が  $t\_O$  に記憶される (S 7 0 2)。この実施例で使用されたタイマ C N T  $\_H L$  の分解能は  $1 \mu s$  であり、従ってホール長 H L は  $\mu s$  単位で存在する。

【0176】

例えば  $t\_O = 4 5 0 0 0$  で  $t\_E = 3 5 0 0 0$  であれば、ホール長  $H L = (4 5 0 0 0 - 3 5 0 0 0) = 1 0 0 0 0$  が得られ、これは  $1 0 0 0 0 \mu s$  に相当する。

【0177】

次のステップではコムミュテーションが実行される。S 7 0 4 で H A L L = 1 (H I G H) が否かが検査される。H A L L = 1 であれば S 7 1 0 で O U T 2 が L O W にセットされる。今や O U T 1 と O U T 2 が L O W であるから、S 7 1 2 で時間的なコムミュテーションギャップが挿入される。これはコムミュテーションの際にブリッジ回路 3 7 での短絡を回避するためである。コムミュテーションギャップは例えば  $5 0 \mu s$  の持続時間を有する。S 7 1 4 で O U T 1 が H I G H にセットされる。S 7 1 6 では続いて  $\mu C 1 1$  のポート H A L L が、これがどちらのエッジでホール割込 H A L L  $\_I N T$  をトリガすべしであるかがコンフィギュレートされる。このエッジは、H I G H から L O W への移行時 (下降エッジ)、または L O W から H I G H への移行時 (上昇エッジ) に割込をトリガするように調整できる。分岐 S 7 1 0 から S 7 1 6 でホール信号は H I G H であるから、ポート H A L L は下降エッジ、すなわち H I G H から L O W への移行時の割込に調整しなければならない。これにより次のホール変化の際に再びホール割込がトリガされる。このことは S 7 1 6 で行われる。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 7 8 】

S 7 0 4 で H A L L = 0 ( L O W ) であれば、S 7 2 0 , S 7 2 2 , S 7 2 4 で同様に反対のコミュテーションが行われ、S 7 2 6 で H A L L \_ I N T が反対にセットされる。S 7 3 0 で図 2 0 に従いホール割込ルーチンを取る。

## 【 0 1 7 9 】

図 2 3 は  $n > 300$  回転 / 分の場合、例えば 2000 回転 / 分の場合のコミュテーション経過を概略的に示す。従ってこの場合は点火角シフトが行われる。

## 【 0 1 8 0 】

図 2 3 A にはロータ位置信号 H A L L が示されている。この信号はそれぞれ位置  $H_N$ 、 $H_{N+1}$ 、 $H_{N+2}$  でロータ位置に依存する割込 ( 図 8 ) をトリガする。すなわちホール割込は図 4 の Y で出力される。

10

## 【 0 1 8 1 】

ホール割込  $H_N$  から始まってタイマ C N T \_ H L により時間  $t\_T I$  が測定される。この時間は式 ( 6 ) にしたがって値  $t\_H N$  と  $t\_Z W$  から計算されたものである。値  $t\_Z W$  はすでに述べたようにバス 3 0 を介して変更することができる。

## 【 0 1 8 2 】

時点  $T_{N+1}$  でタイマ C N T \_ H L は値 0 に達し、図 1 1 に従いモータ制御割込ルーチン、すなわちタイマ割込をトリガする。

## 【 0 1 8 3 】

図 1 1 の S 3 1 0 に従い、時点  $T_{N+1}$  で O U T 2 ( 図 2 1 B ) と O U T 1 ( 図 2 1 C ) の両方がゼロにされる。すなわち巻線 3 8 は電流供給から分離され、コミュテーションギャップ  $t\_G$  の後、( プログラムステップ S 3 1 2 , S 3 1 4 , S 3 1 6 により作用され ) S 3 2 2 で信号 O U T 1 が H I G H にセットされる。なぜなら H A L L = 1 だからである。一方、O U T 2 はステップ S 3 1 0 で記憶されたように L O W に留まる。O U T 1 = H I G H の意味するのは、図 1 のトランジスタ 1 4 1 と 1 4 4 が導通することである。

20

## 【 0 1 8 4 】

同じように時点  $T_{N+2}$  で、図 1 1 のルーチンのステップ S 3 1 0 により 2 つの信号 O U T 1 と O U T 2 が L O W にセットされる。そして引き続きコミュテーションギャップ  $t\_G$  の後、値 O U T 2 が H I G H にセットされる。なぜなら H A L L = 0 だからである。図 1 1 のステップ S 3 1 8 , S 3 2 2 参照。これに対し O U T 1 はステップ S 3 1 0 で記憶された値 L O W に留まる。このようにして図 1 のトランジスタ 1 4 2 と 1 4 3 が導通する。

30

## 【 0 1 8 5 】

図 2 4 は下部に信号 H A L L を、上部にただ一つの固定子巻線 3 8 の電流  $i\_M$  を示す。図 2 4 では点火角シフトが遮断される。すなわち  $t\_Z W = 0$  である。コミュテーションの後、時点  $H_N$  ( 信号 H A L L の変化 ) で電流  $i\_M$  が緩慢に変化することがわかる。従ってこの電流はこの場合小さな振幅にしか達せず、すなわちモータ M の形成する出力は低い。

## 【 0 1 8 6 】

図 2 5 も下部に信号 H A L L を、上部に電流  $i\_M$  ( 図 1 ) を示す。しかしこの場合は早期のコミュテーション ( 早期点火 ) が行われる。すなわち電流  $i\_M$  は時間  $t\_Z W$  だけホール変化  $H_N$  より進んでコミュテーションされる。電流  $i\_M$  はコミュテーションの後、直ちに非常に迅速に変化し、図 2 4 の場合よりも格段に大きな振幅に達することが明りょうである。すなわちモータ M はこの場合、比較的に大きな出力を形成し、従って比較的の高い回転数に達することができる。コミュテーションは図 2 5 の場合、信号 H A L L の変化より約  $15^\circ$  e l 進んでいる。

40

## 【 0 1 8 7 】

使用された構成部材の値に対する典型的な例を表で示す：

コンデンサ：

1 3 5

1 . 5 n F

1 2 7 , 1 5 2

1 0 n F

50

|                               |                           |    |
|-------------------------------|---------------------------|----|
| 9 9 , 1 1 0 , 1 6 6 , 1 6 7   | 3 3 n F                   |    |
| 1 5 4                         | 1 0 0 n F                 |    |
| タンタルコンデンサ                     | 3 . 3 $\mu$ F             |    |
| 抵抗 :                          |                           |    |
| 1 4 0                         | 3                         |    |
| 1 6 2 , 1 6 3                 | 4 7                       |    |
| 1 5 3 , 1 5 5                 | 1 k                       |    |
| 1 3 3 , 1 3 6                 | 2 . 2 k                   |    |
| 1 0 6                         | 3 . 3 k                   |    |
| 1 6 4 , 1 6 5                 | 4 . 7 k                   | 10 |
| 1 2 3 , 1 3 1 , 1 3 2         | 1 0 k                     |    |
| 1 7 2 , 1 7 3                 | 2 2 k                     |    |
| 1 1 4 , 1 2 6                 | 3 3 k                     |    |
| 1 3 4                         | 4 7 k                     |    |
| 1 0 1 , 1 1 2 , 1 2 8 , 1 6 9 | 1 0 0 k                   |    |
| n p n トランジスタ 1 5 0            | B C 8 4 6                 |    |
| p n p トランジスタ 1 6 8            | B C 8 5 6 B               |    |
| コンパレータ 1 0 8 , 1 2 0 , 1 3 0  | L M 2 9 0 1 D             |    |
| ホールセンサ 4 0                    | H W 1 0 1 A               |    |
| E E P R O M 2 6               | 2-Wire Serial CMOS EEPROM | 20 |
| A T 2 4 C 0 1 ( A T E M E L ) |                           |    |
| マイクロコントローラ 1 1                | C O P 8 4 2 C J           |    |
| ( Nat. Semicond. )            |                           |    |

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】 図 1 は、本発明の実施例の例としての概観図である。

【図 2】 図 2 は、 $\mu$  C C O P 8 4 2 C J のピン配列図である。

【図 3】 図 3 は、ホール信号を処理するための構成部材を示す回路図である。

【図 4】 図 4 は、点火角シフトを行わない際のホール信号とコミュテーションの線図である。

【図 5】 図 5 は、信号 H A L L から導出された値に基づき（早期）コミュテーション時点  $T_N$  の計算を行うことを説明するための概略図である。 30

【図 6】 図 6 A と図 6 B は、タイマ割込が行われないときのホール長の計算を示す線図である。

【図 7】 図 7 A と図 7 B は、タイマ割込が存在する際のホール長の計算を示す線図である。

【図 8】 図 8 ( A ) は図 9 ( B ) と共に、点火角シフトによるホール割込ルーチンのフローチャートである。

【図 9】 図 9 ( B ) は、図 8 A に続き、点火角シフトによるホール割込ルーチンのフローチャートである。

【図 10】 図 10 は、点火角計算ルーチンのフローチャートである。 40

【図 11】 図 11 は、点火角計算によるタイマ割込ルーチンのフローチャートである。

【図 12】 図 12 は、モータ起動時のホール信号の線図である。

【図 13】 図 13 ( A ) は図 14 ( B ) と共に、ホール信号と、駆動機能の所属の変数とを示す図である。

【図 14】 図 14 ( B ) は、図 13 ( A ) に続き、ホール信号と、駆動機能の所属の変数とを示す図である。

【図 15】 図 15 は、電子コミュテーション式モータの制御と駆動に重要な部分を示す回路図である。

【図 16】 図 16 は、E E P R O M の制御と、バス 3 0 を介したデータ接続に重要な部分を示す回路図である。 50

【図 17】 図 17 は、機能マネージャの有利な実施例の概略図である。

【図 18】 図 18 は、機能マネージャで使用される機能レジスタの概略図である。

【図 19】 図 19 は、4 極アウトロータの永久磁石の概略図である。

【図 20】 図 20 A と B は、図 19 のアウトロータの磁化エラーの作用を説明するための概略図である。

【図 21】 図 21 は、図 10 と同様の、しかし有利な形態に変形された点火角計算のフローチャートである。

【図 22】 図 22 は、図 4 に示したようなコミュテーションに対するホール割込ルーチンのフローチャートである。

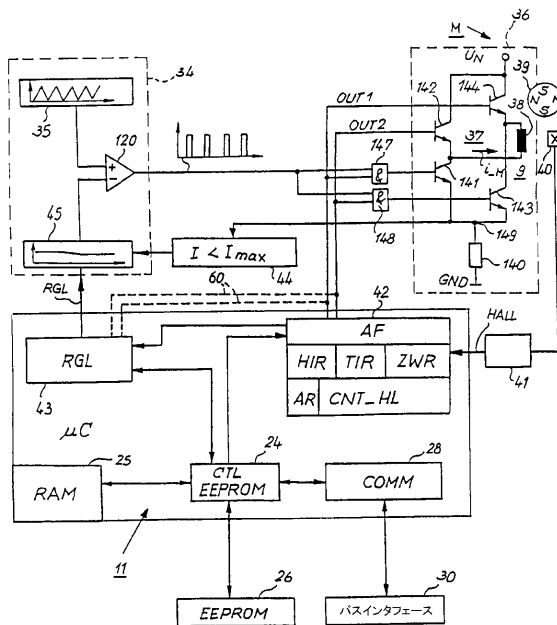
【図 23】 図 23 は、コミュテーション時点が電子的に早期にシフトされた場合に対するコミュテーション経過の概略図である。

【図 24】 図 24 は、信号 HALL とモータ巻線の電流  $i_M$  の時間経過を示す線図であり、ここではコミュテーション時点の早期方向へのシフトを行わない。

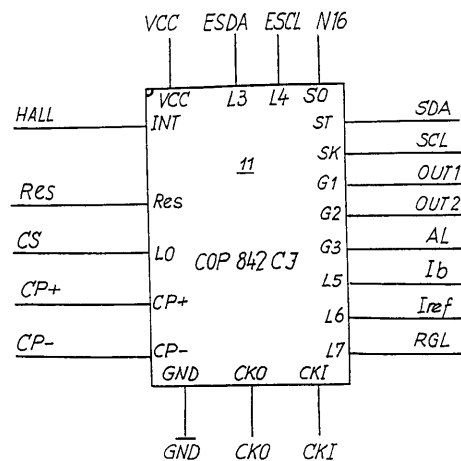
【図 25】 図 25 は、信号 HALL とモータ巻線の電流  $i_M$  の時間経過を示す線図であり、ここではコミュテーション時点の早期方向へのシフトを行う。

10

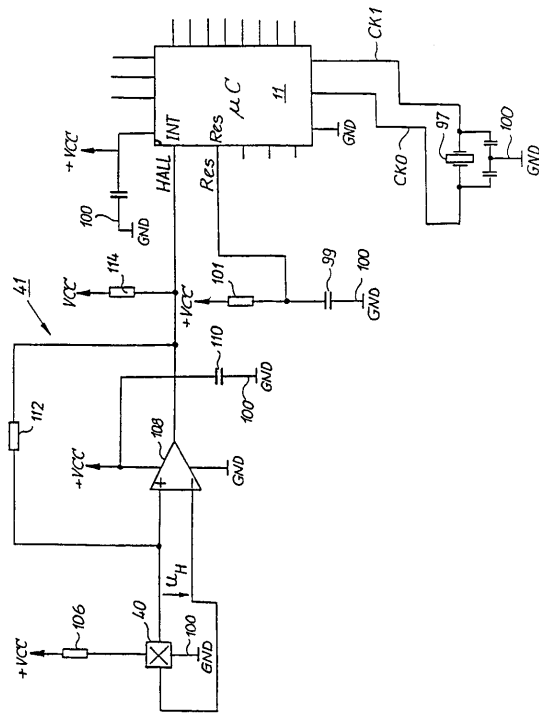
【図 1】



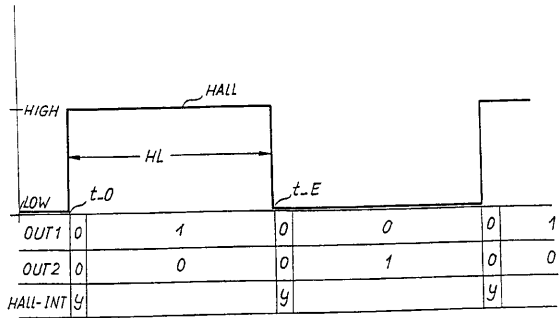
【図 2】



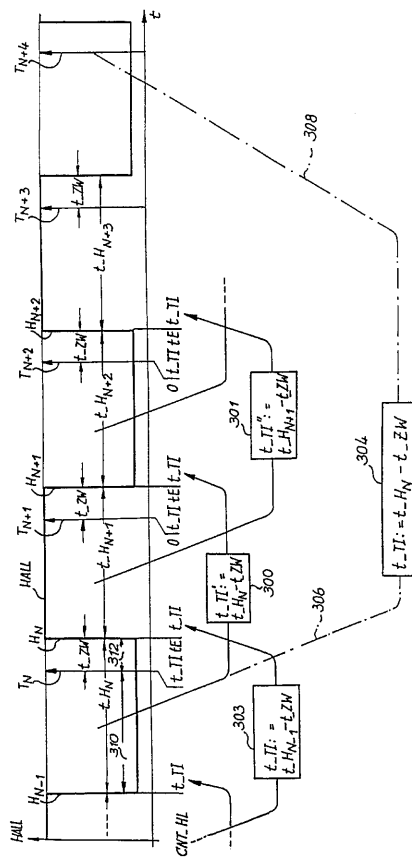
【図 3】



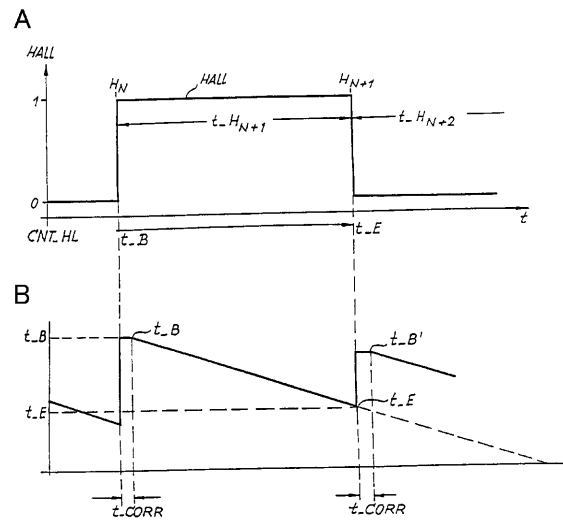
【図 4】



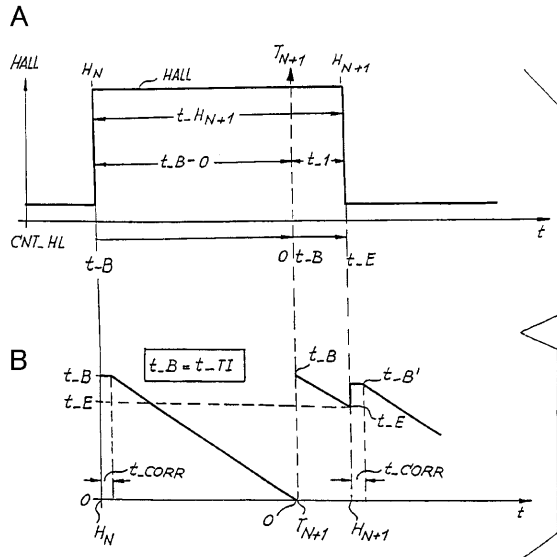
【図 5】



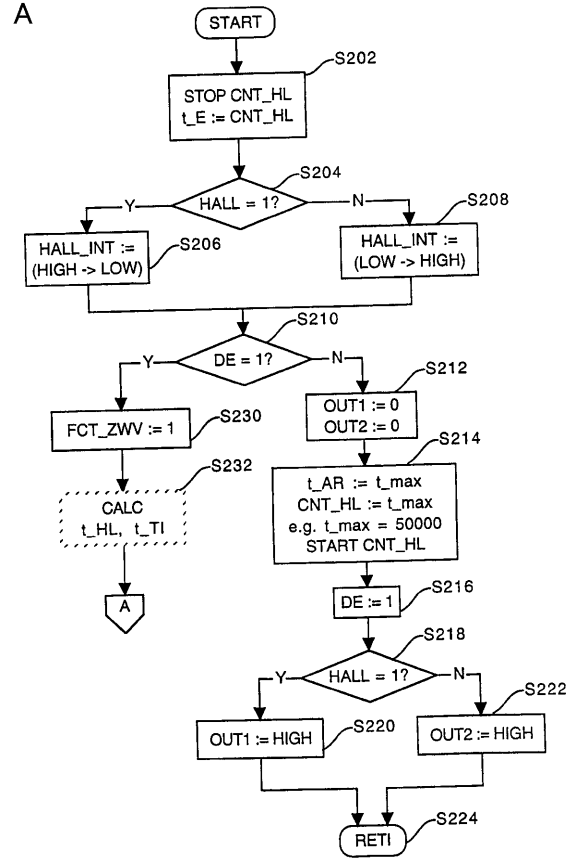
【図 6】



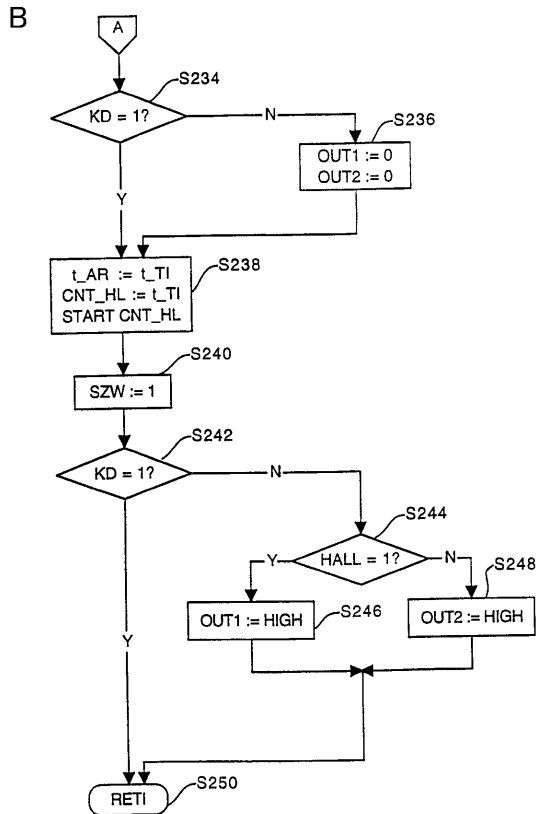
【図 7】



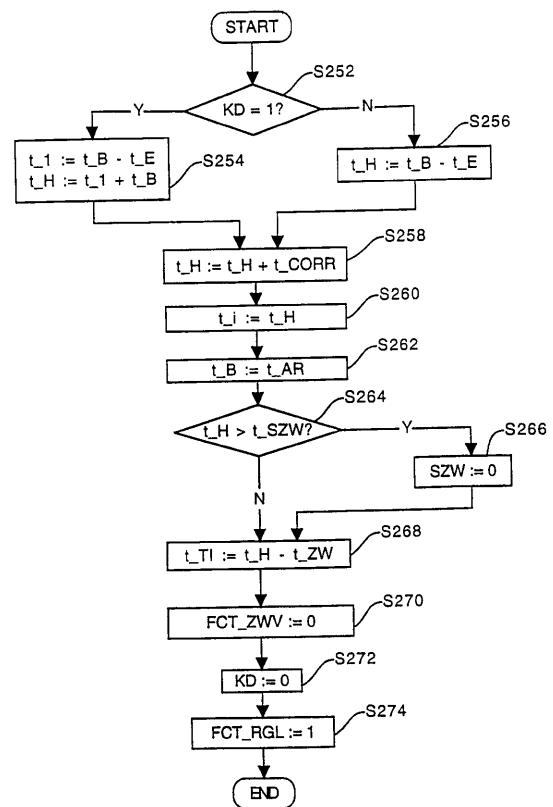
【図 8】



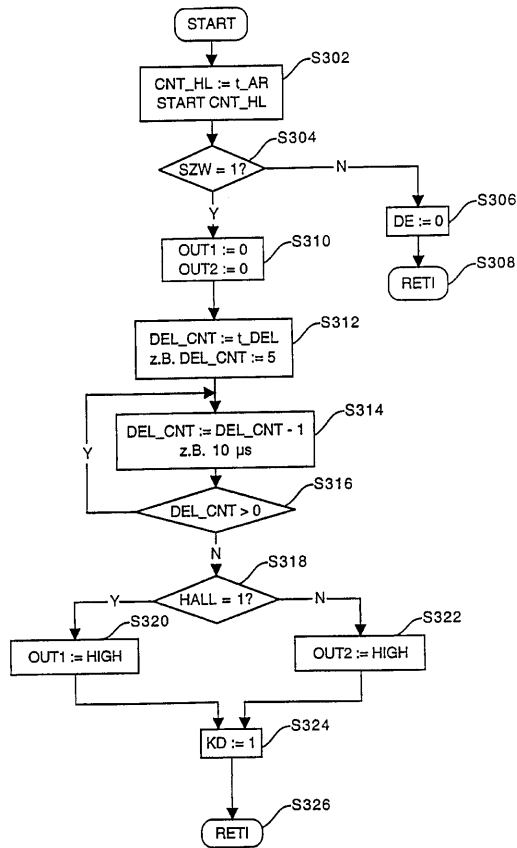
【図 9】



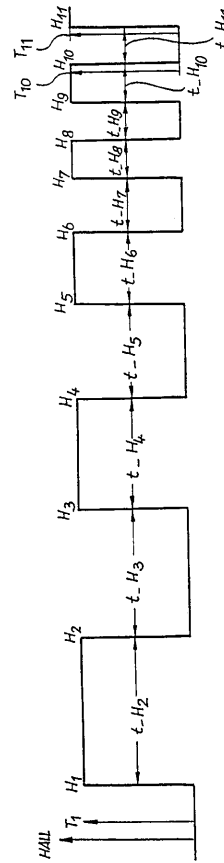
【図 10】



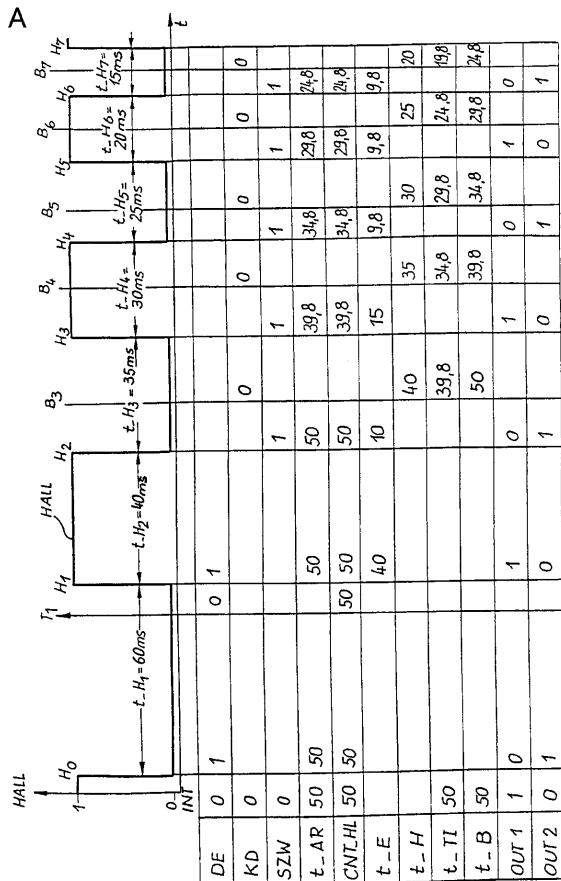
【 図 1 1 】



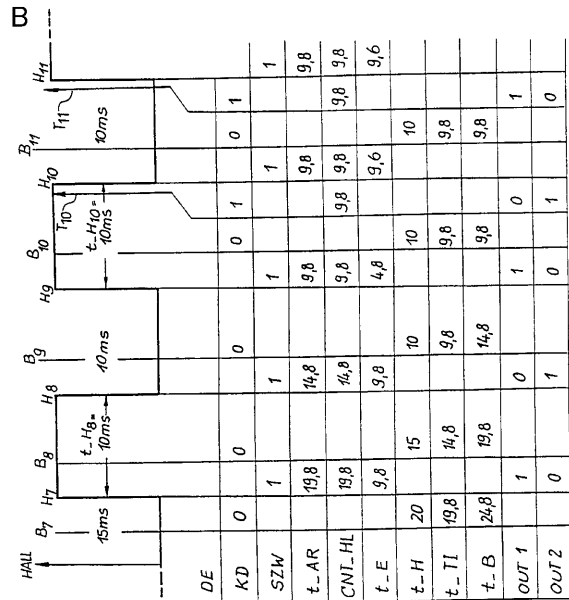
【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



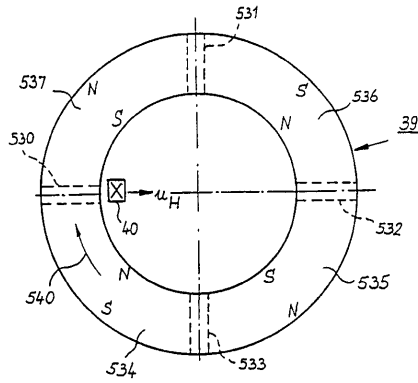
【 図 1 4 】



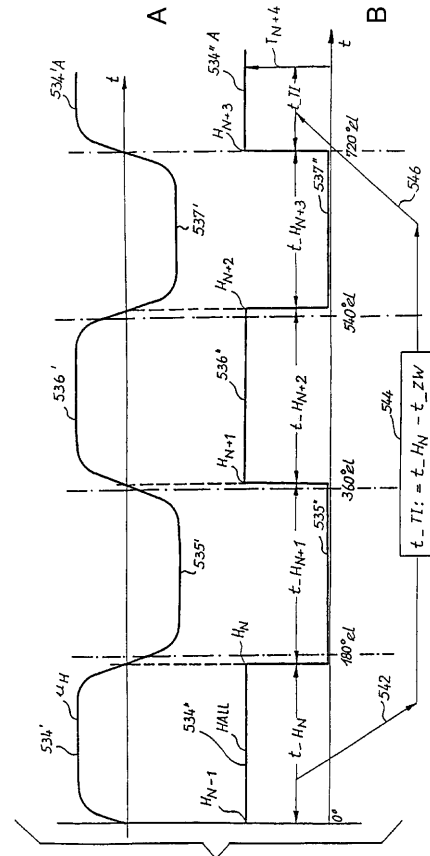




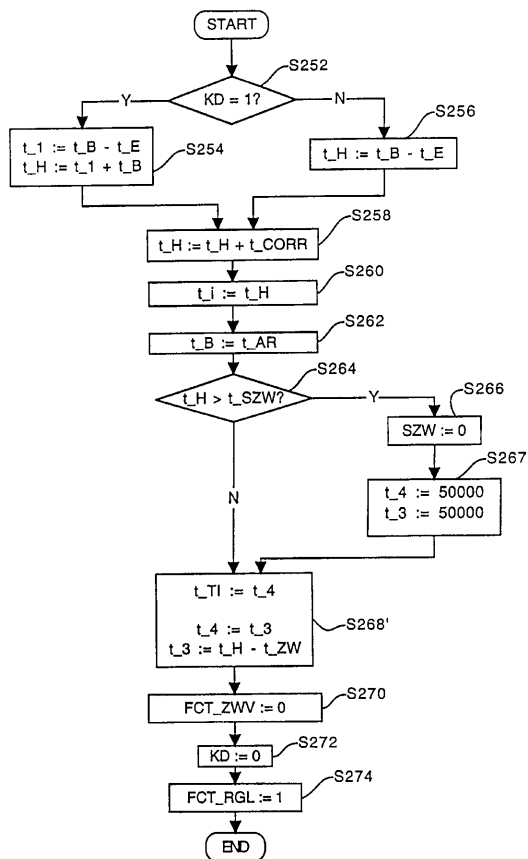
【図 19】



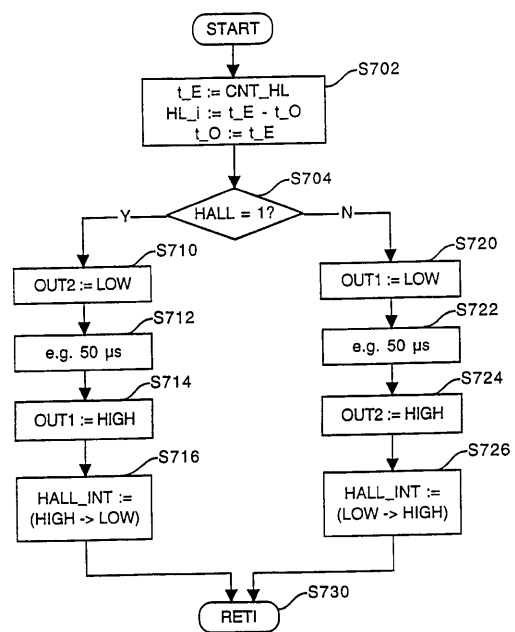
【図 20】



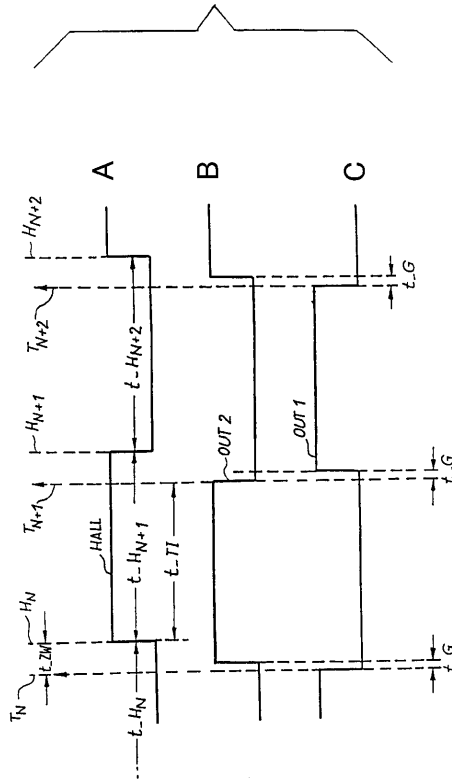
【図 21】



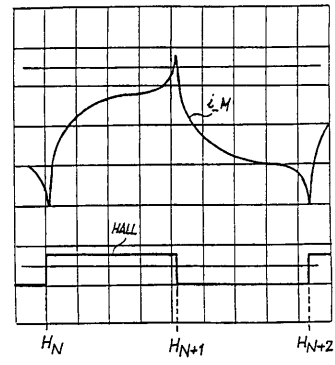
【図 22】



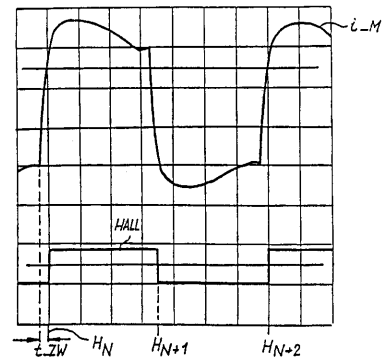
【図 23】



【図 24】



【図 25】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 ドッフナー、トーマス  
ドイツ連邦共和国 D - 7 8 1 3 6 ショナッハ コンラート - アデナウアー - シュトラーセ 1  
7
- (72)発明者 ホルンバーガー、イェルク  
ドイツ連邦共和国 D - 7 2 2 8 0 ドルンシュテッテン ノッテンタール 1
- (72)発明者 イエスケ、フランク  
ドイツ連邦共和国 D - 7 8 1 1 2 ザンクト ゲオルゲン フリートリッヒ - エバート - シュト  
ラーセ 1 3
- (72)発明者 ラッペンエッカー、ハーマン  
ドイツ連邦共和国 D - 7 8 1 4 7 フェーレンバッハ クランケンハウスシュトラーセ 2 6
- (72)発明者 カルヴァート、アルノ  
ドイツ連邦共和国 D - 7 8 6 2 8 ロットヴァイル グロスホーフェンシュトラーセ 1 0

審査官 天坂 康種

- (56)参考文献 特開平 0 7 - 1 8 4 3 8 4 ( J P , A )  
特開平 0 8 - 2 2 3 9 7 3 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H02P 6/16

H02P 6/18