(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3824327号
(P3824327)
(45)発行日　平成18年9月20日(2006.9.20)　(24)登録日　平成18年7月7日(2006.7.7)

(51)Int.Cl.　F I
H02P 6/20 (2006.01)　H02P 6/02 371B

請求項の数 11　(全 27 頁)

(21)出願番号	特願平9-524790
(86)(22)出願日	平成8年12月18日(1996.12.18)
(65)公表番号	特表2000-515356(P2000-515356A)
(43)公表日	平成12年11月14日(2000.11.14)
(86)国際出願番号	PCT/EP1996/005673
(87)国際公開番号	WO1997/025768
(87)国際公開日	平成9年7月17日(1997.7.17)
審査請求日	平成15年7月24日(2003.7.24)
(31)優先権主張番号	19600628.7
(32)優先日	平成8年1月10日(1996.1.10)
(33)優先権主張国	ドイツ(DE)

(73)特許権者
エーベーエムーパプスト　ザンクト　ゲオルゲン　ゲーエムベーハー　ウント　コー．カーゲー
ドイツ連邦共和国、D―７８１１２　ザンクト　ゲオルゲン、ヘルマン―パプスト―シュトラーセ　１
(74)代理人
弁理士　加藤　朝道
(72)発明者　ディーターレ、ローラント
ドイツ連邦共和国、D―７８１１２　ザンクト　ゲオルゲン、イム　ゼンゲト　２３

最終頁に続く

(54)【発明の名称】電子整流型ＤＣモータの起動方法およびこの方法を実施するためのモータ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

２パルス電子整流型ＤＣモータのスタート方法であって、該モータは好む方向（以下「フォワード方向」と称する）へ駆動するように構成されている形式のものにおいて、

２つの回転方向の一方（以下所望の回転方向と称する）へ、以下のステップ：

ａ）投入接続後、モータのロータを、スタートルーチンにより回転方向の一方と他方に交互に通電することによってロータの静止位置を中心にして強制振動させる、

ｂ）スタートルーチンの間、モータが起動したか否かを監視し、

ｃ）モータが起動したことが検出されたなら、該スタートルーチンを終了する、

によりスタートするよう構成されると共に、

前記ロータを強制振動させるステップは、フォワード方向とは反対にスタートする際、所望の回転方向とは反対方向での通電に対する第１時間と、所望の回転方向での通電に対する第２時間とを有するすくなくとも１つの通電サイクルを有し、

該スタートルーチンの間に実行され、順次継続する通電の各シーケンスにおいて、所望の回転方向とは反対方向での通電に対する第１時間は、所望の回転方向での通電に対する第２時間よりも短いこと、

を特徴とするスタート方法。

【請求項２】

該強制振動を形成するために順次実行されるスタートルーチンの通電サイクルにおいて、所望の回転方向とは反対方向での通電に対する第１時間に対する所望の回転方向での通電

に対する第２時間の比を所定の態様で変化させる、請求項１に記載の方法。
【請求項３】
請求項１又は２に記載の方法の各ステップを実施する制御プログラムを含む制御回路を有する電子整流型ＤＣモータ。
【請求項４】
リラクタンス補助トルク（Ｔrel）を有する２パルスモータとして構成されており、
該リラクタンス補助トルクは、当該モータに対して設定されたフォワード方向（１４）での駆動時には、モータの電磁駆動トルク（Ｔel）に対してほぼ逆相に経過する、請求項３に記載のモータ。
【請求項５】
２パルス電子整流型ＤＣモータのスタート方法であって、該モータはフォワード方向での駆動のために構成されている形式のものにおいて、
フォワード方向とは反対の回転方向へ、以下のステップ：
ａ）モータを投入接続後、第１の時間間隔の間、フォワード方向での駆動のために通電する、
ｂ）続いてフォワード方向とは反対方向の所望の回転方向での駆動に通電を切り替える、
ｃ）ステップｂ）の間、モータの起動を監視し、
ｄ）起動しなかったことが検出される場合、第１の時間間隔よりも長い第２の時間間隔の間、フォワード方向での駆動に通電を切り替える、
ｅ）該第２の時間間隔の経過後、モータの通電を新たに、フォワード方向とは反対方向の所望の回転方向での駆動に切り替える、
によりスタートすることを特徴とするスタート方法。
【請求項６】
請求項５の方法の各ステップを実施する制御プログラムを含む制御回路を有する電子整流型ＤＣモータ。
【請求項７】
２パルス電子整流型ＤＣモータのスタート方法であって、該モータはフォワード方向への駆動のために構成されている形式のものにおいて、
該フォワード方向と該フォワード方向反対の方向とからなる所望の回転方向へ、以下のステップ：
ａ）モータを所望の回転方向でスタートさせる、
ｂ）ステップａ）の間、起動を監視する、
ｃ）ステップｂ）の監視の際に起動しなかったことが検出される場合、続いて第１の所定時間の間、所望の回転方向とは反対の方向での駆動のためにモータの通電を切り替え、これによりモータを当該時間の間、所望の回転方向とは反対の方向に駆動する、
ｄ）前記第１の所定時間の経過後、モータの通電を新たに切り替え、これによりモータを新たに所望の回転方向で駆動し、
ｅ）ステップｄ）の間、起動を監視する、
によりスタートさせることを特徴とするスタート方法。
【請求項８】
所望の回転方向での駆動のための通電中、起動過程において整流の回数を計数するステップを更に有する、請求項７に記載の方法。
【請求項９】
請求項７又は８の方法の各ステップを実施する制御プログラムを含む制御回路を有する電子整流型ＤＣモータ。
【請求項１０】
電子整流型ＤＣモータの駆動方法において、該モータが、ロータ（１１）とステータ（１５）を有すると共に、作動時、所定のロータ位置（Ｋ）を規定するロータ位置信号（Ｈ）を生成するように構成されている形式のものにおいて、
ａ）ロータの回転時に、モータ（１０）のロータ（１１）が第１と第２の所定のロータ位

置の間を回転するのに必要な時間（Ｔ）に対する第１の値（Ｚ＿Ａ）を繰り返し求める、
ｂ）当該第１の値（Ｚ＿Ａ）から所定の第２の値（Ｋ１またはＫ２）を減算し、結果の値（Ｚ＿Ａ’）を中間記憶する、
ｃ）第１の所定のロータ位置（Ｋ）から始めて、前記結果の値（Ｚ＿Ａ’）に比例する時間を測定する、
ｄ）前記時間測定ステップ中に次の第２の所定のロータ位置（Ｋ）が生じた場合、該次の第２の所定のロータ位置（Ｋ）を用いて、前記モータの整流を制御する、
ｅ）前記時間測定ステップ中に次のロータ位置（Ｋ）が生じない場合、該時間測定ステップの終点を用いて、前記モータの整流を制御する、
ステップを有することを特徴とする方法。

【請求項１１】
請求項１０の方法の各ステップを実施する制御プログラムを含む制御回路を有する電子整流型ＤＣモータ。

【発明の詳細な説明】
技術分野
本発明は、電子整流型ＤＣモータの起動方法、およびこの方法を実施するためのモータに関する。

従来の技術
一方の回転方向（好む方向ないし正方向、以下「フォワード方向」と称する）の動作に対して最適化されており、従って反対方向（以下、「リバース方向」と称する）には全く回転できないか、または回転に困難を伴い、従ってリバース方向の回転は保証されない形式のモータが存在する。この種のモータは補助トルクによって動作し、この補助トルクはリバース方向の動作時には非常に望ましくない経過を有する。この補助トルクは通常、リラクタンス補助トルクとして構成される。しかし本発明の枠内では機械的に形成される補助トルクも可能である。
この種のモータを、主極間に補助極を設けることにより（ＤＥ３２３５７７４Ｃ２参照）両方の回転方向で起動可能であるように構成しても、この種のモータはその特殊な構造のためコストがかかり、実際上は使用されることはない。
従って本発明の課題は、電子整流型ＤＣモータの新たな駆動方法を提供することである。
本発明によればこの課題は、２パルス電子整流型ＤＣモータのスタート方法であって、該モータはフォワード方向へ駆動するように構成されている形式のものにおいて、
２つの回転方向の一方（以下所望の回転方向と称する）へ、以下のステップによりスタートする、
ａ）投入接続後、モータのロータを、スタートルーチンにより回転方向の一方と他方に交互に通電することによってロータの静止位置を中心にして強制振動させ、
ｂ）スタートルーチンの間、モータが起動したか否かを監視し、
ｃ）モータが起動したことが検出されたなら、スタートルーチンを終了する、ことによって解決される。
ロータを起動後に、その静止位置を中心にした強制振動状態に制御しておくことにより、このモータの構造形式でも両方向の回転が非常に確実に達成される。
ここでとくに有利には、強制振動は少なくともフォワード方向とは反対の起動時に、少なくとも１回の通電サイクルを有し、この通電サイクルは所望の回転方向とは反対方向での通電と、所望の回転方向での通電とを含む。その際、モータのロータは急激に往復運動し、所望の回転方向での起動のためにいわゆるスウィング（振動）を行う。このようにしてフォワード方向とは反対の回転も非常に確実に保証することができる。
起動を監視するために、スタートルーチンで行われるモータの通電中に、所望の回転方向で、モータに配属されたロータ位置センサの出力信号における信号変化の回数を計数すると有利である。このときとくに有利には信号変化の回数が所定の最小値を越えた場合にはスタートルーチンを省略する。次にモータを通常の整流モードに所望の回転方向での動作で切り替えることができる。

前記課題の別の解決手段は、次の電子整流型ＤＣモータの駆動方法によって得られる。この駆動方法は次のステップを有する。
ａ）ロータの回転時に、モータのロータが第１と第２の所定のロータ位置間を回転するのに必要な時間に対する値を検出し、
ｂ）この値から所定の第２の値を減算し、結果（差）を中間記憶し、
ｃ）第１の所定のロータ位置に続く所定のロータ位置から開始して、前記結果に比例する時間を測定し、
ｄ）この時間の経過後、モータで整流過程を行うのである。
これによって、ステータ電流がモータで投入されるときの回転角度を回転数の上昇と共に比較的に強く前へずらすことができる。すなわちいわゆる“進角点火”(Frühzündung)が達成され、このようにしてこの回転数に依存する“進角点火”が両方の回転方向で可能になり、両方の回転方向に対して最適化することができる。
上記課題を解決するために、本発明の第１の視点により、２パルス電子整流型ＤＣモータのスタート方法であって、該モータは好む方向（以下「フォワード方向」と称する）へ駆動するように構成されている形式のものを提供する。このスタート方法においては、２つの回転方向の一方（以下所望の回転方向と称する）へ、以下のステップ：
ａ）投入接続後、モータのロータを、スタートルーチンにより回転方向の一方と他方に交互に通電することによってロータの静止位置を中心にして強制振動させる、
ｂ）スタートルーチンの間、モータが起動したか否かを監視し、
ｃ）モータが起動したことが検出されたなら、該スタートルーチンを終了する、によりスタートすることを特徴とする（形態１・基本構成１）。
（２）上記形態（１）のスタート方法において、前記ロータを強制振動させるステップは、フォワード方向とは反対にスタートする際、所望の回転方向とは反対方向での通電に対する第１時間と、所望の回転方向での通電に対する第２時間とを有するすくなくとも１つの通電サイクルを有することが可能である（形態２）。
（３）上記形態（１）又は（２）のスタート方法において、該スタートルーチンの間に実行され、順次継続する通電の各シーケンスにおいて、所望の回転方向とは反対方向での通電に対する第１時間は、所望の回転方向での通電に対する第２時間よりも短いことが好ましい（形態３）。
（４）上記形態（１）～（３）において、該強制振動を形成するために順次実行されるスタートルーチンの通電サイクルにおいて、所望の回転方向とは反対方向での通電に対する第１時間に対する所望の回転方向での通電に対する第２時間の比を所定の態様で変化させることが可能である（形態４）。
（５）上記形態（１）～（４）のいずれか１つの方法の各ステップを実施する制御プログラムを含む制御回路を有する電子整流型ＤＣモータを構成することができる（形態５）。
（６）上記形態（５）のモータにおいて、リラクタンス補助トルクを有する２パルスモータとして構成されており、
該リラクタンス補助トルクは、当該モータに対して設定されたフォワード方向での駆動時には、モータの電磁駆動トルクに対してほぼ逆相に経過することが好ましい（形態６）。
（７）上記の課題を解決するために、本発明の第２の視点により、２パルス電子整流型ＤＣモータのスタート方法であって、該モータはフォワード方向での駆動のために構成されている形式のものを提供する。このスタート方法において、
フォワード方向とは反対の回転方向へ、以下のステップ：
ａ）モータを投入接続後、第１の時間間隔の間、フォワード方向での駆動のために通電する、
ｂ）続いてフォワード方向とは反対方向の所望の回転方向での駆動に通電を切り替える、
ｃ）ステップｂ）の間、モータの起動を監視し、
ｄ）起動しなかったことが検出される場合、第１の時間間隔よりも長い第２の時間間隔の間、フォワード方向での駆動に通電を切り替える、

ｅ）該第２の時間間隔の経過後、モータの通電を新たに、フォワード方向とは反対方向の所望の回転方向での駆動に切り替える、によりスタートすることを特徴とする（形態７・基本構成２）。
（８）上記形態（７）の方法の各ステップを実施する制御プログラムを含む制御回路を有する電子整流型ＤＣモータを構成することができる（形態８）。
（９）上記の課題を解決するために、本発明の第３の視点により、２パルス電子整流型ＤＣモータのスタート方法であって、該モータはフォワード方向への駆動のために構成されている形式のものを提供する。このスタート方法において、
該フォワード方向と該フォワード方向反対の方向とからなる所望の回転方向へ、以下のステップ：
ａ）モータを所望の回転方向でスタートさせる、
ｂ）ステップａ）の間、起動を監視する、
ｃ）ステップｂ）の監視の際に起動しなかったことが検出される場合、続いて第１の所定時間の間、所望の回転方向とは反対の方向での駆動のためにモータの通電を切り替え、これによりモータを当該時間の間、所望の回転方向とは反対の方向に駆動する、
ｄ）前記第１の所定時間の経過後、モータの通電を新たに切り替え、これによりモータを新たに所望の回転方向で駆動し、
ｅ）ステップｄ）の間、起動を監視する、
によりスタートさせることを特徴とする（形態９・基本構成３）。
（１０）上記形態（９）のスタート方法において、所望の回転方向での駆動のための通電中、起動過程において整流の回数を計数するステップを更に有することが好ましい（形態１０）。
（１１）上記形態（１０）の方法の各ステップを実施する制御プログラムを含む制御回路を有する電子整流型ＤＣモータを構成することができる（形態１１）。
（１２）上記の課題を解決するために、本発明の第４の視点により、電子整流型ＤＣモータの駆動方法において、該モータが、ロータとステータを有すると共に、作動時、所定のロータ位置を規定するロータ位置信号を生成するように構成されている形式のものを提供する。この駆動方法において、
ａ）ロータの回転時に、モータのロータが第１と第２の所定のロータ位置の間を回転するのに必要な時間に対する第１の値を繰り返し求める、
ｂ）当該第１の値から所定の第２の値を減算し、結果の値を中間記憶する、
ｃ）第１の所定のロータ位置から始めて、前記結果の値に比例する時間を測定する、
ｄ）前記時間測定ステップ中に次の第２の所定のロータ位置が生じた場合、該次の第２の所定のロータ位置を用いて、前記モータの整流を制御する、
ｅ）前記時間測定ステップ中に次のロータ位置が生じない場合、該時間測定ステップの終点を用いて、前記モータの整流を制御する、
ステップを有することを特徴とする（形態１２・基本構成４）。
（１３）上記形態（１２）の方法の各ステップを実施する制御プログラムを含む制御回路を有する電子整流型ＤＣモータを構成することができる（形態１３）。
本発明のさらなる詳細および有利な構成は、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である。この実施例は決して本発明の限定として理解すべきものではない。
図１は、リラクタンス補助トルクを有する２パルス－二巻線外部ロータ型モータの基本構成図。
図２は、図１のモータにおいてこのモータがフォワード方向１４に回転する動作時に発生するトルクを説明するためのトルク線図。
図３は、図１に類似であるがこのモータがリバース方向４０に回転するときのトルク線図。
図４は、図３のモータでこれがリバース方向に起動するときに発生するトルクを説明するためのトルク線図。

図５は、リバース方向での起動時に発生し得る種々の問題点を説明するための概略図。
図６は、２パルスモータ、例えば図１または図３のモータの駆動回路の回路図。
図７は、図６の回路のモータ制御の時間経過を示す概略的フローチャート。
図８Ａと図８Ｂは、図６のモータでの起動過程経過を示すフローチャート。
図９は、図６のモータでの整流制御過程を示すフローチャート。
図１０は、図６のモータでの点火角シフトの経過を示すフローチャート。
図１１は、図５に類似の基本概略図であり、２パルスモータ、例えば図６のモータのスタート時過程を示す；これらの過程はリバース方向でのスタートに対して示されているが、フォワード方向でのスタートでも正確に同じように経過し、相違点はフォワード方向でのスタート時には起動が通常は直接行われることである。なぜならこのようなモータはフォワード方向に対して最適化されているからである。
図１２は、図６の構成でのスタートを説明するための概略図。
図１３、図１４および図１５は、図６の構成での点火角シフトを説明するための概略図。
図１６は、図８のフローチャートの変形図であり、異なるプログラムステップのみが示されている。
図１７は、図１６を説明するための概略図である。
本発明は理解するのが困難であり、従ってまず“物理的基本”を説明する。
燃焼機関は所定の方向にしか回転できないことは周知である。同じように所定の回転方向に最適化されており、反対方向には全く回転できないかまたは回転に困難が伴う電動機が存在する。とりわけ電子整流型モータの形式に対してはこのことが当てはまる。この形式のモータは現在一般的には“二相（two-phase）モータ”と称され、より正確には２パルスモータと称すべきである。なぜならこのモータではステータ巻線がロータの３６０°el（電気角）回転ごとに２つの電流パルスを受け取るからである。後の図２を参照、２つのパルス状トルクＴｅｌが示されており、これらは相応する電流パルスによって生じる。専門用語については、Dr.-Ing.Rolf Mueller著,“asr-digest fuer angewandte Antriebtechnik”,1977,pp27-31の基本論文を参照されたい。
この種のモータとしては単巻線モータとして、例えばＥＰ０８４１５６Ｂ１、図２，３および図９が、二巻線モータとしてＤＥ３０１０４３５Ｃ３がある。これらのモータは、円筒状の空隙を有し、内部ロータ型または外部ロータ型モータがあり、また扁平な空隙を有するモータとしてＤＥ２３２１０２２Ｃ２がある。これら個々のカテゴリー内でも非常に多数のサブバリエーションがある。しかしこれらすべての基本原理は同じであり、本発明者により文献asrに詳細に説明されている。本発明は、これらすべてのバリエーションに対して同じように適する。この種のモータは約１億の個数（現在までのところ）で製造されるから、特許文献の実施例についてのそれ以上の説明は不要である。この種のモータは現在実際にはコンピュータのファンを駆動するために使用される。
これらのモータは共通に所定の回転方向では確実にスタートする。この回転方向はフォワード方向と称することができる。このようなモータで両方向でスタートが可能になるよう試みがされた。例えばＤＥ３２３５７７４Ｃ２参照。しかし２つの回転方向での駆動に対して実際には常に、３または４パルスの電子整流型モータが使用された。文献asrの図４，５および６参照。
本発明を説明するために以下、円筒状の空隙を有する二巻線、２パルス外部ロータ型モータを基準にする。というのはその場合に本発明を最も簡単に理解できるからである。しかしこれは単なる“手掛かり”であり、本発明はすべての２パルスモータに同じように適することをはっきりと誤解のないように述べておく。本発明を、例えばＤＥ２３２１０２２Ｃ２に示されているような扁平な空隙を有するモータについても説明することは必要がないであろう。
図１は、２パルス・ブラシレス外部ロータ型モータ１０の典型例を示す。このモータは外部ロータ１１を有し、このロータにはマグネットリングが貫通しており、このマグネットリングの磁化はほぼ階段状に構成されている。すなわち、磁束密度は極領域でほぼ一定であり、極間領域（しばしばポールギャップとも称する）は、実際には通常はギャップは存

在しないのだが、狭い。
図１には、実質的に一定の磁束密度を有する箇所がＮ極に対してハッチングにより、Ｓ極に対してドットにより理解を容易にするため示されている。ロータ１１は例えば半径方向に磁化された、バリウムフェライト製の永久磁石部分またはいわゆるゴム磁石から形成されている。２つのポールギャップも同じように１２と１３に示されている。
図１は、２つの安定した静止位置にあるロータ１１を示し、ロータは無電流状態でこの静止位置を取ることができる。この静止位置は空隙および磁化の形状によって定められる。動作時にロータ１１は通常は矢印１４の方向に回転する。本発明により、確実な起動と最適の動作が反対方向でも可能である。
モータ１０のステータ１５は、上部ポール１６と下部ポール１７を有するダブルＴ型アンカーとして構成されている。２つともほぼ傘状の輪郭形状を有し、それぞれポールアーチ全体にしっかりと係合している。これらは２つの溝１８と１９を取り囲んでおり、これらの溝には２相巻線の２つの巻線２０と２１が配置されている。巻線２０の端子はａ１とｅ１によって示されており、巻線２１の端子はａ２とｅ２によって示されている。巻線２０と２１は同じ巻回数と同じ巻回特性を有する。すなわち、直流がａ１からｅ１へ流れるとき、ステータ１５は同じ直流がａ２からｅ２へ流れるときと同じように磁化される。通常は２つの巻線のワイヤは平行に巻回されており、いわゆる二本巻線の形状を有する（図１には示されていない）。
ロータ位置に依存するセンサ手段２５，ここではホールＩＣがステータ１５の巻線箇所に配置されており、この巻線箇所は溝１８（または択一的に溝１９）の開口部に相当する。すなわち、いわゆるニュートラルゾーンに相当する。（ポールギャップ１２または１３が溝開口部１８または１９に対向する箇所、すなわちセンサ２５に対向する箇所にある場合、モータ１０は電磁トルクを形成することができない。すなわち、モータはこの回転位置では、電磁的に形成可能なトルクのギャップを有する。）
ホールＩＣ２５は永久磁石１１の磁界によって制御され、ロータ位置に依存して信号を送出する。この信号はハイまたはローである。すなわちこの信号は、ロータ１１が回転するとき実質的に矩形信号であり、そのハイ部分とロー部分とはそれぞれ約１８０°elの長さである。これは後の図５ｂに示されている。（図示のモータ１０は２つのロータ極ＳとＮしか有しないので、機械的角度＝電気的角度である。４つのロータ極性を有するモータでは、１８０°mech＝３６０°elである。）
ステータ極１６上の空隙２６とステータ極１７上の空隙２７は特別に構成されている。溝１８から出発して回転方向１４で見て、空隙２６は約１０から１５°elの間に第１の箇所３０まで増加し、その箇所で最大に達する。そこから空隙２６は約１６５から１７０°elにわたってほぼ溝１９の開口部まで減少する。ここで空隙は最小値ｄ１に達する。空隙２７は図示のように、同じ経過を有する。この空隙形状は、前記のロータ１１の磁化形式と相まって、図２に示すように動作時にリラクタンストルクＴrelを発生させる。
ポールギャップ１２がホールＩＣ２５に対向するロータ位置は０°elと仮定される。すなわちこの位置でホールＩＣ２５はロータ１１が回転するときその出力信号を変化する。モータが無電流状態のときにロータ１１をこの位置０°elに手動で回転させると、ロータは回転方向１４に作用するリラクタンストルクＴrelによってさらに回転され、ポールギャップ１２が最大空隙箇所３０にほぼ対向するようになる。この位置はモータの安定スタート位置または静止位置であり、従って図２にはＳＳ１により示されている。この位置はここでは約３０°elであり、同じようにこの実施例では第２の安定スタート位置または静止位置ＳＳ２が約２１０°elにある。これも図２に示されている。すなわちモータ１０が遮断されるときモータはこれら２つの静止位置の片方に自動的に回転する。
モータが無電流状態のときにロータ１１をこのような静止位置から出発して矢印１４ａ方向に回転させるには、そのためにトルクをかけなければならない。すなわちリラクタンストルクＴrelが、空隙が最小である箇所ｄ１（ここではＴrelはゼロである）まで制動的に作用する。ロータ１１は場合によってはこの箇所に停止することができる。この箇所は約１５５°elまたは３３５°elにあり、従ってこの（不安定な）箇所は不安定静止位置ＩＳ

１およびＩＳ２として示されている。
ＩＳ１から出発してロータ１１を手動で僅かに矢印１４の方向に回転すると、ロータは強い駆動力Ｔrelによって箇所ＳＳ２までさらに回転される。
ＳＳ１とＩＳ１との間の制動的トルクＴrelの振幅は比較的小さく、ＩＳ１とＳＳ２との間の駆動的トルクＴrelの振幅は大きい。
ホールＩＣ２５によって電流は２つの巻線２０と２１で次のように制御される。すなわち、０°elと１８０°elとの間では駆動電磁トルクＴel（このトルクは０°elと１８０°elの領域でギャップ３２および３３を有する）が形成され、同じように１８０°elと３６０°elとの間でも駆動電磁トルクＴel（このトルクは１８０°elと３６０°elでギャップ３３と３４を有する）が形成されるように制御される。これらのギャップ３２，３３，３４はＴrelの正の部分によって満たされている。従ってこの部分はプラス符号によってわかりやすく示されている。
箇所ＳＳ１またはＳＳ２からスタートする場合、駆動的トルクＴelは曲線３６または３６’に従って形成される。すなわち箇所ＳＳ１からスタートするときは図２にハッチングで示した領域３８の間、強力なトルクＴelが作用し、このトルクがモータ１－を確実に加速させ、起動させる。確実な起動はこの構造形式の重要な利点であるが、これは回転方向１４，すなわちフォワード方向に対してだけ当てはまる。
手掛かりとして、ポールギャップ１２（または１３）は常に比較的に大きな空隙２６または２７を有する箇所、すなわち例えば箇所３０を探すということができる。
ポールギャップ１２を箇所３０から矢印１４の方向へ回転すると、空隙２７は比較的に小さくなる。すなわち空隙はいわば緩やかな勾配で山を登る。従ってこの方向での起動に問題がない。
しかしこのことはリバース方向での起動に対しては当てはまらず、このことを以下、図３と図４に基づいて説明する。これらの図はリバース方向４０での起動の場合を示す。図１とは異なりここでは図３に示すようにポールギャップ１２が溝１９に対向するとき、回転角度０°el（電気角）とする。
電磁トルクＴelは図１および図２と同じである。しかしリラクタンストルクＴrelは今度は非常に不利な形状である。すなわち安定静止位置ＳＳ３は約１５０°elに、ＳＳ４は約３３０°elにあり、不安定静止位置ＩＳ３は約３０°elに、ＩＳ４は約２１０°elにある。
モータ１０はこの場合、ＳＳ３またはＳＳ４から起動しなければならない。すなわち、ＳＳ３からのスタートの際にはＴelは曲線４２に従って上昇するが、この駆動トルクは図４にハッチングで示し、４４の付された小さな領域の間だけ作用する。自明のようにこのエネルギー量４４は通常はＴrelの制動成分４６にうち勝つには不十分である。この制動成分はＳＳ３とＩＳ４との間にあり、マイナス符号が付してある。すなわちモータ１０はこの方向４０では起動できないか、またはたまにしか起動できず、しばしばリバース方向に一回振動するだけで静止する。このとき高い電流がステータ巻線に流れる。
０°el、１８０°el等々の領域ではこのモータで電磁トルクＴelを形成することが不可能であることがわかる。すなわちこれらの箇所では常にＴelのトルクギャップが存在し、このギャップの幅はとりわけロータ磁石１１の磁化形状に依存する。
別の手掛かりとして図５ａには、リラクタンストルクが山と谷の形状で示されている。
モータが箇所ＳＳ３（図４参照）からスタートすると、モータが第１の山５０の半分しか登れないことがある。すなわちモータは箇所５２で停止し、そこから再び往復運動する。このとき整流信号Ｋは形成されない。
しかしモータが箇所５４まで辿り着くこともある。この場合信号Ｋが形成される。すなわち整流が行われるが、起動は同様に不可能である。
またロータが第１の山５０を越え、第２の山５６に達し、そこの箇所５８まで辿り着くこともある。この場合は２つの整流信号Ｋが形成され、引き続きモータは例えば箇所５８で停止する。
同じようにロータが山５６を越え、山６０に到達し、そこの箇所６２で停止することもあ

る。この場合は全部で３つの整流信号Ｋが形成される。
経験的に、モータが５つの山５０，５６，６０等を越えると、すなわちＴrelの５つの制動成分４６を越えると、確実にリバース方向でスタートすることが示されている。従って所望の回転方向での連続回転、すなわち確実なスタートに対する基準として、４つより大の整流信号Ｋが連続して、モータの所望の回転方向での駆動時に形成されるという条件を使用する。
図６は、モータ１０を駆動するために使用される回路の構造を示す。このモータは単なる例であり、このような具体的な例無しでは本発明を理解するのが困難であることを再度述べておく。本発明は同じように、いずれの２パルスモータにも、例えばＤＥ２３２１０２２Ｃ２に示されたような扁平空隙を有するモータ、または内部ロータ型モータ、またはただ１つの巻線が全ブリッジ回路を介して給電される２パルスモータに対しても適する。ただ１つの特許出願の枠内でこれらすべてのバリエーションについては言及するに留まり実施例まで説明することができないことは自明である。
図６の回路は、例としてリセット（RESET）入力端子３を有する４ビットマイクロプロセッサ７０を使用する。図示されているのはマイクロプロセッサ17P103（ＮＥＣ製）であるが、本発明は同じように他のいずれのマイクロプロセッサまたはマイクロコントローラに対しても適する。前記のマイクロプロセッサタイプに対する端子は図６から明らかであるので、明細書中に繰り返さない。このマイクロプロセッサは種々の内部レジスタ、ＲＡＭおよびＲＯＭを有しており、ＲＯＭには以下説明するモータ１０の制御プログラムが記憶されている。
マイクロプロセッサ７０の入力端子１と２には８ＭＨｚのセラミック発振器７２が接続されている。この発振器はマイクロプロセッサ７０に対するクロック発生器として用いられ、その動作周波数を定める。この周波数はまた、以下に説明するプログラムループＳ１３０を通過するにどれだけの時間が必要であるかを定める。
ホールＩＣ２５は、負の端子がマイナス線路（ＧＮＤ）７４に接続されており、正の端子が例えば＋５Ｖの制御直流電圧のプラス線路７６に接続されている。これの出力端子７８はマイクロプロセッサ７０のポートＤ３（入力端子７）と接続されており、さらにプルアップ抵抗８０（例えば１０ｋ）を介してプラス線路７５と接続されている（ホールＩＣはオープンコレクタ出力端子を有する。ｋ＝ｋΩ）。
リセット入力端子３（/RESET）は抵抗８２（例えば１００ｋ）を介してプラス線路７６と接続されており、コンデンサ８４（例えば２．２μＦ）を介してマイナス線路７４と接続されている。
モータ１０が投入接続されるとコンデンサ８４が放電され、これによりリセット入力端子には信号LOWが印加され、この信号はパワーアップリセット（PU-Reset）として識別される。すなわちマイクロプロセッサ７０はこの場合に所定の初期化過程を実行する。この過程については後でプログラムループＳ１１２ないしはＳ１１２ａおよびＳ１１４に基づいて説明する。続いてコンデンサ８４は抵抗８２を介して充電され、マイクロプロセッサ７０は充電を入力端子３の電位HIGHにより識別し、モータ１０のスタートをレリースする。
ポートＢ０（入力端子１３）にはスイッチＳ１が図示のように接続されている。このスイッチによりモータ１０の回転方向をユーザが設定することができる。このスイッチは入力端子１３とマイナス線路７４との間に接続されており、入力端子１３とプラス線路７６との間には抵抗８６（例えば１０ｋ）が接続されている。スイッチＳ１が閉じられると、ポートＢ０に電位LOWが印加される。この電位LOWはしばしば“０”とも示される。この電位は所定の回転方向に相応する。Ｓ１が開放すると、ポートＢ０は電位HIGHを有する。この電位はしばしば“１”とも称される。この電位は反対の回転方向に相応する。ポートＢ０の信号はＤＩＲとして示されており、回転方向を定める。信号ＤＩＲは任意に形成することができ、例えばモータ１０の回転を制御する任意の電子回路により形成することができる。
ポートＤ０，Ｄ１．Ｄ２，Ｃ０，Ｃ３，Ｂ１およびＢ２は同じ抵抗Ｒ（例えば４７ｋ）によりプラス線路７６に接続されている。これらは空きポートであり、本発明の枠内では機

能を有しておらず、従って所定の電位に接続されており、これらが障害の原因となることはない。
ポートＣ１とＣ２はモータ１０の整流を制御する。ポートＣ１には抵抗９０（例えば４．７ｋ）を介してｎｐｎダーリントントランジスタ９２が接続されており、このトランジスタはフリーホイールダイオード９２’を有している。同じようにポートＣ２には抵抗９４（例えば４．７ｋ）を介してｎｐｎダーリントントランジスタ９６が接続されており、このトランジスタはフリーホイールダイオード９６’を有する。トランジスタ９２のコレクタは巻線２０の端子ｅ１に接続されており。トランジスタ９６のコレクタは巻線２１の端子ａ２に接続されている。端子ａ１，ｅ２（図１参照）はプラス線路１００と接続されている。このプラス線路には例えば＋１２Ｖ、＋２４Ｖ、＋４８Ｖ、＋６０Ｖ等の電位を印加することができる。すなわちこれはモータ１０の駆動電圧である。巻線２０，２１は有利には並行ワイヤによって巻回される。すなわちいわゆる“二本巻”（バイファイラー）である。２つのトランジスタ９２と９６のエミッタはマイナス線路７４と接続されている。トランジスタ９２，９６はマイクロプロセッサ７０により交互に投入接続される。しかし決して同時に投入接続されることはない。
マイクロプロセッサ７０の入力端子８はプラス線路７６と接続されており、入力端子１６はマイナス線路７４、すなわちアースと接続されている。入力端子８と１６との間にはコンデンサ１０２（例えば３３ｎＦ）が接続されており、このコンデンサはノイズパルスが入力端子８を介してマイクロプロセッサ７０に達するのを阻止する。
図７は、マイクロプロセッサ７０のＲＯＭに記憶されているプログラムの基本構成を示す。図７から図１０のプログラムに対する前置きとして、このプログラムはモータを両方の回転方向で駆動するために用いるものであり、例えばステップＳ２５８，２６０，２６２における僅かな相違を除いて、両方の回転方向に対して同じ構造を有している。すなわちプログラムは対称構造を有する。後で図１６と図１７で説明するように、非対称性の構造も可能であり、高速スタートを可能にする。
モータはフォワード方向１４では問題なしにスタートするから、第１のステップはこのプログラムでは信号ＤＩＲ（スイッチＳ１）により設定された回転方向でのスタート試行である。しかしこの第１のスタート試行はリバース方向４０でのスタートの際には失敗する。すなわちモータはスタートしないか、または散発的にしかスタートしない。従ってこのステップはリバース方向でのスタート時には、図１６および図１７に示されているように省略することができる。しかし障害とはならないので、両方の回転方向に対するプログラム設計の統一性の理由からこのステップをリバース方向４０に対して実行することもできる。このことによりリバース方向４０でのスタート過程は数ｍｓだけ遅延される。その他このステップには、モータ１０のロータ１１を少し動かすという利点があり、これにより例えば滑り支承部の支承摩擦がやや低減され、後の起動ステップが容易に経過する。
リバース方向４０でのスタートの際にプログラム経過に有利には、ロータをその安定静止位置（図４のＳＳ３またはＳＳ４）から図４に示したＩＳ３とＳＳ３との間の位置、またはＩＳ４とＳＳ４との間の位置にもたらす。すなわち、図４に例えばＣ、ＤまたはＥで示されたいずれかの位置にもたらす。ロータが位置Ｄからスタートするとき、ロータは駆動リラクタンストルクＴrelにより約３０°elの間、駆動される。そしてロータは駆動電磁トルクＴelにより約５０°elの間、駆動される。これによりロータは、リラクタンストルクＴrelの負の制動的成分４６を克服して回転し始めるのに十分な振動を獲得することができる。
モータがリバース方向４０でのスタート前に偶然に一度、不安定スタート位置ＩＳ３またはＩＳ４のいずれかにあれば、起動は最初の試行ですでに問題なしに行われる。なぜならこの場合、スタート条件が理想的だからである。
モータはまたリバース方向４０でのスタート時にまずその安定静止位置（ＳＳ３またはＳＳ４）から有利なスタート位置へもたらされる。このことは、ロータをプログラムによって高速に連続して往復回転させることによって行われる。これを制御強制振動と称することができる。この場合にモータ１０が直ちにスタートしなければ、有利には強制振動の振

幅を新たな試行ごとに大きくする。スタートされたロータを手で触ってみると、ロータの振動を感じることができ、この振動は急速に交互に異なる方向で強制回転することによって生じるものである。
この基本思想を実現するために種々異なる成功の見込みのあるストラテジーがある。以下に説明するプログラム構成によって、両方向での非常に確実なスタートが可能であり、このことは出願人の実験室での多くの研究によって示された。このプログラム構成は従って本発明の有利な実施例であり、決して唯一の実施形態ではない。
以下のフローチャートでは以下の省略記号が使用される。
ＤＩＲ…ポートＢ０での方向信号。
Ｈ＿Ｓ…プログラム内部での制御目的のためのレジスタ。
ＭＯＴ＿ＳＴ…モータのスタート時にセットされるレジスタ。プログラムがそのスタートルーチンにあることを指示する。
Ｈ…ホール信号、例えば図５ｂに示されている。
ホールセンサ２５の代わりに他のいずれかのロータ位置センサを使用することができる。例えば機械的スイッチ、またはいわゆるセンサレス原理による整流も使用できる。
ＤＩＲ＿Ｓ…方向信号に対するレジスタ。
Ｈ＿Ａ…最後（直前）に測定されたホール信号Ｈに対する内部記憶値。
Ｈ＿Ｅ…合成整流信号に対する内部記憶値、この値によりモータ１０は実際に整流され、この信号は特に回転数が高いとき信号Ｈに対して位相シフトされる。図１５ａ（信号Ｈ）と図１５ｂ（信号Ｈ＿Ｅ）参照。これらの信号は相互に位相がずれている。
Ｈ＿Ｅ＿Ｓ…レジスタであり、その内容がＨ＿Ｅの形成に使用される。このレジスタの内容はループＳ１３０を通る複数の通過の間に制御することができる。以降のステップＳ２５０，Ｓ２５２，Ｓ２６８参照。この内容が確定して初めて、この内容はプログラムによって設定された時点（以降のステップＳ２３２，Ｓ２３８およびＳ２６８参照）でＨ＿Ｅに引き渡される。これはモータの整流を最適に制御するためである。
ＳＷ…閾値。この閾値は例えばＳW1～ＳW14の種々の値ＳWnをとることができる。これらの値は場合により起動時に、モータがスタートするまで周期的に実行される。
ＩＷＺ…実際値カウンタ。このカウンタは２つの信号変化（切替）Ｋ（図５）間の時間Ｔを測定する。この時間は回転数の実際値、すなわち回転数実際値に対する尺度である。回転数が上昇すると共にこの時間Ｔは減少する。
Ｚ＿Ａ…先行する測定でＩＷＺで検出された値を中間記憶するレジスタ。
ＡＬＺ…起動カウンタ。このカウンタは起動時に信号Ｈ（図５）の信号変化Ｋの回数を計数する。ここで計数は所定の条件の下、すなわちＤＩＲ＿Ｓ＝ＤＩＲのときだけ行われる。
Ｃ…定数。
Ｋ１…フォワード回転１４の際の点火角シフトに対する定数。
Ｋ２…リバース駆動４０の際の点火角シフトに対する定数。
図７でプログラムは（ここでは図６に示したパワーアップＰＵリセット後）ステップＳ１１０に進み、ここでマイクロプロセッサ７０が初期化される。このステップは、後続のプログラムの経過に対して設定しなければならない変数および定数を定義するために用いる。
ステップＳ１１２で初期化の第１の部分が行われる。ここでは信号ＤＩＲ（ポートＢ０の）がレジスタＤＩＲ＿Ｓにロードされる。この信号は方向を指示するビットを含んでおり、このビットにより整流が動作する。これにより起動制御をスタートと共に直ちに正しい方向で開始することができるので有利である。
さらにステップＳ１１２でレジスタＭＯＴ＿ＳＴ（“モータ停止状態”）がセットされる。これによりＰＵリセット後直ちにスタートルーチンを開始することができる。さらに（可変）閾値ＳＷを定数、例えばＳＷ１＝４００ｍｓによりセットする。ここでこの時間は装置の内部時間単位で設定することができる。すなわちｍｓではなく、例えば８０μｓ単位で設定される。

ステップＳ１１４でレジスタＺ＿Ａ（カウンタ-旧）は、いわゆる点火角の調整が正しく動作することができるようその最大値に調整される。点火角および点火角シフトの概念についてはさらに図１０で説明する。
さらに値Ｈが問い合わされる。すなわちセンサ２５からのロータ位置信号とその相補値Ｈ＿Ｋｏｍｐｌが形成される。レジスタＨ＿ＥとＨ＿Ａはこの相補値に調整される。これにより整流Ｋ、すなわち信号Ｈの変化があたかも生じたかの如く作用し、点火角のシフトが直ちになされる。さらにカウンタＩＷＺが０にリセットされる。
引き続いてプログラムはステップＳ１１６へ移行する。このステップはすでにメインプログラムの一部である。そこではレジスタＭＯＴ＿ＳＴが問い合わされる。これがセットされていれば（Ｓ１１２参照）、プログラムはステップＳ１１８へ移行する。すなわちスタートルーチンないしは起動制御である。これについては図８Ａと図８Ｂに基づいて後で説明する。引き続きプログラムはこの場合直接ステップＳ１２０、すなわち整流へ移行する。これについては後で図９に基づいて説明する。このとき場合により１つまたは複数のＮＯＰ命令Ｓ１３６を設けることもできる。これの目的も後で説明する。
スタートルーチン（Ｓ１１８）が成功であれば、すなわちモータ１０が起動すれば、レジスタＭＯＴ＿ＳＴがリセットされる、すなわちＭＯＴ＿ＳＴ＝０となり、次のプログラム経過では図７の右分岐が実行される。
図７の右分岐はＳ１２４で回転数制御（これは１９９５年１２月４日のドイツ特許出願１９５４５１０９．０の対象である。）を含むことができる。しかし多くの場合、回転数制御は不必要であり、この場合はこのステップを省略することができる。
ステップＳ１２６では点火角シフトが行われる。これについては後で図１０に基づいて説明する。点火角シフトは合成信号Ｈ＿Ｅ（ホール代替）を形成し、この信号によってモータ１０の整流が、回転数が比較的に高いとき作動する。調整された回転方向に応じて、Ｈ＿Ｅは種々異なる制御規則に従って形成することができる。これについても後で説明する。
ステップＳ１２８でカウンタＩＷＺが値１だけ高められる。すなわち、プログラムループＳ１３０の通過数がＩＷＺで計数される。
ステップＳ１３２で、カウンタＩＷＺのオーバフローがあるかないかが問い合わされる。このようなオーバフローは、モータ１０が（もはや）回転していないことを意味する。なぜならすでに述べたように、ＩＷＺは信号Ｈの２つの変化Ｋの間の時間Ｔ（図５）を測定するからである。そしてステップＳ１２６でカウンタＩＷＺが各信号変化Ｋのときにゼロにリセットされる（このカウンタのリセット）。図１０のステップＳ２５６参照。すなわちステップＳ１３２でオーバフローが検出されると、ステップＳ１３４でレジスタＭＯＴ＿ＳＴが再びセットされる。これはスタートルーチン（Ｓ１１８）を新たに作動するためである。
ステップＳ１２０で、信号Ｈ＿Ｅにより制御されて整流が行われる（図９）。引き続きプログラムはＳ１３０を介してステップＳ１１６に戻る。すなわちこれは無限ループである。このループは場合により周期的リセット過程によって中断される。これについては欧州特許出願９４１１８７２８．８号参照。
ループＳ１３０の完全な通過は有利には一定の時間で行われる。このことは場合によりＮＯＰ命令によって達成される。このＮＯＰ命令の１つがＳ１３６に象徴的に示されている。これは時間だけを必要とする内部命令であるが何の作用も及ぼさない。従って図７の左分岐を介するループＳ１３０の通過は右分岐の通過と同じ時間だけかかる。この時間は例えば両方の場合とも８０μｓである。これにより、ループ通過の数をカウンタＩＷＺで計数することによって時間測定が可能である。このようにしてモータの回転数の実際値を非常に容易に、しかも付加的手段なしで測定することができる。実際には、図７の右側部分の通過が同じ経路で常に同じ時間だけ継続することがとくに重要である。一方、このことはスタートルーチンＳ１１８では望ましいことではあるが、さほど重要ではない。
図８Ａと図８Ｂは、図７のステップＳ１１８による起動制御（スタートルーチン）を示す。図３から図５で説明したように、２パルスモータの場合はリバース方向での確実な起動

は不可能である。なぜならそのようなモータでは構造形式がどうであれ、フォワード方向での起動に対して最適化されているからである。図８のスタートルーチンにより両回転方向での確実なスタートが可能になる。
ステップＳ１４０はメインプログラムからのジャンプ箇所である。すなわち図７のステップＳ１１６に続く。まず最初にＳ１４２でＩＷＺが（前もって設定された）変数ＳＷより大きいか否かが検査される。これが否の場合、Ｓ１４４でＤＩＲ＿Ｓ＝ＤＩＲがセットされる。すなわちポートＢ０（図６）の信号ＤＩＲが、モータ１０が（ステップＳ１２０で）電流を設定された方向でトルクが形成されるよう受け取るために回転方向を定める。これはモータ１０の該当する巻線２０または２１が電流ｉ１またはｉ２（図６）を受け取ることによって行われる。これについては後で図９に基づき説明する。このことによってモータ１０は電磁トルクMelを、マイクロプロセッサ７０（図６）のポートＢ０に設定された所望の回転方向で受け取る。
ＩＷＺが変数ＳＷより大きければ（ステップＳ１４６）、このことは実際にはモータが回転していないことを意味し、ＤＩＲ＿ＳはポートＢ０の信号ＤＩＲの相補値ＤＩＲ－Ｋｏｍｐｌ．をとる。すなわち例えばＢ０＝１であれば、ＤＩＲ＿Ｓはステップ Ｓ１４６で“０”にセットされる。このことはモータが（ステップＳ１２０）で、ポートＢ０に調整された所望の回転方向とは反対方向への回転のための電流を受け取ることを意味する。この措置の意味は、ロータ１１に対し現在の静止位置の領域で制御された強制振動を形成することであり、以下図１１と図１２に基づいて説明する。
ステップＳ１５０で（Ｓ１４４またはＳ１４６に続いて）信号Ｈが問い合わされる。これは図５ｂに示されており、ホールＩＣ２５の（真の）出力信号である。この信号がハイであれば、Ｓ１５２に続く。ここではＨ＿Ａ、すなわちＨの古い値が問い合わされる。この古い値は初期化の際に、すなわちスタートの前にＳ１１４で設定され、信号Ｈが変化するごとに更新（アップデート）される。
Ｈ＝１でありかつＨ＿Ａ＝０であれば、このことは信号変化Ｋ（図５）が生じたことを意味し、従ってステップＳ１５４でＨ＿Ａが新たな値“１”に更新され、同じようにＨ＿Ｅも更新される。なぜなら起動時にはＨ＿Ａの値とＨ＿Ｅの値とは一致するからである。レジスタＨ＿ＡとＨ＿Ｅは、信号Ｈの変化に一度だけしか応答しないことを確実にする。この（スタート時の）変化は整流Ｋを意味する。これについては後で図９に基づき説明する。
全く同じようにＨ＝０の際にＳ１５６で、信号Ｈが“１”から“０”に変化したか否かが検出され、変化した場合にはステップＳ１５８でレジスタＨ＿Ａが“０”にセットされ、レジスタＨ＿Ｅも同じようにセットされる。ステップＳ１５０，Ｓ１５２，Ｓ１５６は２進ツリーとして構成されており、モータのスタート時に信号変化Ｋを識別するために用いる。信号Ｈ＿ＡとＨ＿Ｅは次の変化まで記憶されたままである。
Ｓ１５２での応答が“１”またはＳ１５６での応答が“０”であれば、プログラムは直接ステップＳ１６４へ移行する。このステップについては後で説明する。
ステップＳ１５４，Ｓ１５８に続いてステップＳ１６０で、レジスタＤＩＲ＿ＳがＤＩＲを有しているか否かが検査される。これについてはステップＳ１４４とＳ１４６参照。念のため：ＤＩＲ＿Ｓ＝ＤＩＲは、モータ１０が所望の回転方向でちょうどスタートを試行していること、すなわち相応の電流を巻線２０または２１で受け取ることを意味する。ＤＩＲ＿Ｓ≠ＤＩＲ（Ｓ１４６）は、モータ１０が所望の回転方向とは反対の回転方向に対する電流を受け取ることを意味し、従ってこの瞬間には“間違った”回転方向に駆動される。
ＤＩＲ＿Ｓ≠ＤＩＲであれば、モータは“間違った”回転方向で駆動されており、スタート試行は成功しない。従ってステップＳ１６２で起動カウンタＡＬＺが０にリセットされる。（このカウンタは、図５に示した信号変化Ｋを計数するが、これは常にＤＩＲ＿Ｓ＝ＤＩＲの条件の下でだけである。すなわちモータが所望の回転方向に対する電流を常に受け取る場合だけである。モータが強制振動を形成するため所望の回転方向とは反対の回転に対する電流を受け取るときはいつでもＡＬＺは０にリセットされる。）Ｓ１６２に続い

てプログラムは直接、ステップＳ１６４へジャンプし、ここでＩＷＺが１だけ高められる。
レジスタＤＩＲ＿Ｓが、ポートＢ０の信号ＤＩＲと同じ内容を有していれば、プログラムはステップＳ１６６へ移行する。ここではＩＷＺが０にリセットされる。すなわちホール信号Ｈが変化し、従って図５ｂに従い時間Ｔの測定が終了され、信号変化Ｋから新たにすなわちＩＷＺ＝０で開始される。（スタートルーチンの間、信号変化Ｋはステップ Ｓ１２０でのモータ電流の整流に相当する。）
その後ステップＳ１６８で起動カウンタＡＬＺが値１だけ高められる。これについては図５参照。この図はリバース方向４０でのスタートを示している。ロータ１１が回転位置５４にあるとき、ＡＬＺは値１を有する。ロータが回転位置６２にあるときＡＬＺは値３を有する。（このことはもちろん、フォワード方向１４でのスタートに対しても当てはまる。）
続いてＡＬＺがステップＳ１７０で問い合わされる。ＡＬＺ＞４は図５によれば、ロータ１１が（象徴的な意味で）“山”５０，５６，６０etc.の５つを専らＤＩＲ＿Ｓ＝ＤＩＲである時間の間で越えたことを意味する。すなわち、この状態の間に５つの信号変化Ｋが計数されたが、ＤＩＲ＿Ｓ≠ＤＩＲであった時間の間には信号変化Ｋは生じなかった。このことはモータ１０がスタートし、従ってＳ１７２で変数ＳＷが新たに予セットされた、すなわちＳＷに対する新たな初期値が該当するレジスタにロードされたことを意味し、これによりモータ１０が後で静止状態になるとき（例えばモータが手により停止される）、起動制御は再び最初から、すなわちＳＷ１から動作することができる。このことはまたステップＳ１１２の変数ＳＷでも同じである。モータ１０はこの場合回転しているから、Ｓ１７４でレジスタＭＯＴ＿ＳＴが０にリセットされる。これによりステップＳ１１６（図７）でスタートルーチン（Ｓ１１８）はもはや新たにスタートされない。
ステップＳ１６４にはスタートルーチンの経過中にどこからでも到達することができる。ここでＩＷＺが１だけ高められる。続いてＩＷＺは場合により（スタート試行の場合）ステップＳ１７１で定数値Ｃと比較される。この定数値Ｃは例えば４００ｍｓの時間に相当する。しかしこれはマイクロプロセッサ７０の内部時間単位、すなわち無限ループＳ１３０（図７）の通過数に相当する。
ＩＷＺが値Ｃより小さければ、プログラムは分岐Ｓ１７５を介して直接、起動制御の終了、すなわちＳ１８４までジャンプする。（分岐Ｓ１７５は前に説明し理由からＮＯＰ命令を含むことができる。しかしこれはスタートルーチンではあまり重要でない。）
ＩＷＺが値Ｃより大きければ、このことはモータ１０がスタートせず、むしろ（ステップＳ１４６により）－値ＳＷ２から－所望の方向とは反対の方向に回転していることを意味する。これはいわば“スタートのために起動を迎えに行く”ためであり、モータをユーザによって調整された回転方向ＤＩＲに再び切り替えなければならない。ここでステップＳ１７３でカウンタＩＷＺは０にリセットされ、ステップＳ１７６で変数ＳＷnが予測的に、次に低い値ＳＷn+1に調整される。
変数ＳＷがＳ１７６で最低許容値、例えばＳＷ14に調整されれば、これがステップＳ１８０で識別され、ステップＳ１８２で補正される。そしてＳＷに対して再び初期値（Ｓ１１２参照）、例えばＳＷ1が使用される。このことが必要なのは起動試行時に、モータが所望の方向で起動することを試行する時間が常に、モータが起動時に“間違った”回転方向で回転する時間よりも大きくなるようにしなければならないからである。
図９は、ステップＳ１９０で始まる整流（図７のＳ１２０）の経過を示す。ステップＳ１９２でレジスタＭＯＴ＿ＳＴがセットされているか否かが検査される。すなわちモータ１０がスタートルーチンにあるか、またはすでに回転しているかが検査される。
図９のプログラム部分への移行がスタートルーチン（図８）からでなければ、すなわちＭＯＴ＿ＳＴ＝０であれば、ステップＳ１９６で安全のため信号ＤＩＲ＿Ｓが補正される。すなわちＤＩＲ＿Ｓ＝ＤＩＲになり、ポートＢ０に設定されている回転方向命令ＤＩＲが内部レジスタＤＩＲ＿Ｓに引き渡される。これによりモータ１０は所望の回転方向でさらに回転する。このことはループＳ１３０（図７）の各通過の際に検査され、有利な安全手

段である。
ステップＳ１９８で信号Ｈ＿Ｅが問い合わされる。この信号はＳ１５４とＳ１５８の経過時に定義され、モータが回転しているときに図１０により形成される。この信号は整流制御のための合成信号である。
Ｈ＿Ｅ＝１であれば、ステップＳ２００でＤＩＲ＿Ｓ＝０または＝１であるかが検査される。ＤＩＲ＿Ｓ＝１であれば、プログラムはステップＳ２０２へ移行し、そこでマイクロプロセッサ７０のポートＣ１がハイにされる。これによりトランジスタ９２が導通され、巻線２０は電流ｉ1を受け取る。ＤＩＲ＿Ｓ＝０であれば、ステップＳ２０４でポートＣ２＝１にされる。これによりトランジスタ９６が導通され、巻線２１が電流ｉ2を受け取る。その際２つの巻線の他方はそれぞれ無電流である。すなわちＳ２０２でポートＣ２＝０であり、Ｓ２０４ではポートＣ１＝０である。
ステップＳ１９８でＨ＿Ｅ＝０であれば、ステップＳ２０６で同じようにＤＩＲ＿Ｓ＝０または１であるかが検査される。ＤＩＲ＿Ｓ＝１であれば、ステップＳ２０４が実行され、ＤＩＲ＿Ｓ＝０であればステップＳ２０２が実行される。両方のステップともすでに説明した。
プログラムは合成信号Ｈ＿Ｅにより整流制御のために作動する。そして調整された回転方向ＤＩＲ（ステップＳ２００，Ｓ２０６）に依存しないでこの信号は巻線２０，２１を流れる電流を制御し、これにより所望の電流印加、そして所望の回転方向が得られる。マイクロプロセッサ７０のポートＣ１とＣ２の値はそれぞれ、ループＳ１３０の次の通過まで記憶されたままである。
Ｓ２０２，２０４に続いて、ステップＳ２１０が実行される。すなわち整流が終了され、図７によりプログラムはループＳ１３０（図７）を介してステップＳ１１６に戻る。
図７と図８の作用
初期化（Ｓ１１２）の際にモータ１０の投入接続後、マイクロプロセッサ７０のレジスタＭＯＴ＿ＳＴがセットされ、変数ＳＷが例えばまず値ＳＷ1＝Ｃ（Ｓ１７１）にセットされる。従ってプログラムは図７のステップＳ１１６で左分岐に進む。すなわちスタートルーチンＳ１１８へ進む。このスタートルーチンの構成は図８Ａと８Ｂに示されている。このルーチンではループＳ１３０の各通過の際にステップＳ１４２でＩＷＺが値ＳＷνにすでに達しているか否かが検査される。
続いて図８Ａで中央部分が、ステップＳ１５０，１５２，１５６で回転位置信号Ｈ（図５）の変化Ｋが検出された場合だけ実行される。
信号変化Ｋは所望の回転方向（Ｓ１６０、左側への矢印）での駆動の際だけ作用し、スタートルーチンでＩＷＺを０にリセットし（Ｓ１６６）、ＡＬＺを１だけ高め（Ｓ１６８）、起動が行われた否か、すなわち５つの信号変化Ｋが所望の回転方向での駆動の際に発生したか否かを検査する（Ｓ１７０）。
所望の回転方向とは反対の方向の駆動の際の信号変化Ｋは、スタートルーチンでＩＷＺの０へのリセットを行わない。なぜならこの場合ステップＳ１６０での応答がＮＯであり、ステップＳ１６２でカウンタＡＬＺがリセットされる。
信号変化Ｋが所望の回転方向での駆動の際に検出されなければ、ステップＳ１７１（図８Ｂ）で、ＩＷＺがすでに値Ｃに達しているか否かが検査される。次いで場合により、Ｓ１７３，１７６，１８０および１８２で説明した過程が実行される。すなわち時間Ｃ（例えば４００ｍｓ）以内に所望の回転方向での駆動の際に信号変化Ｋが検出されなければ（このことはステップＳ１６６でカウンタＩＷＺを０にリセットすることとなる）、このことはモータがまだ回転せず、制御強制振動のフェーズにあることを示す。従ってスタートルーチンＳ１１８（図７）を相応に変形しなければならない。これは次の試行時に強制振動の振幅を大きくし、起動のチャンスを改善するためである。このことは新たな値ＳＷn+1の使用によって行われる。
スタートルーチンの際にＳ１４２で、ＩＷＺが調整された閾値ＳＷνに達していることが検出されると、例えばＳＷ1＝＝４００ｍｓ（続いてＳＷ2＝３８０ｍｓ、ＳＷ3＝３６０ｍｓ、etc.）、このことは例えば

ａ）モータの投入接続時から、値ＳＷによって設定された時間内に所望の方向での駆動の際に整流が行われなかったか、または
ｂ）最後の整流Ｋから時間ＳＷν内に新たな整流が生じなかった、
ことを意味し、従ってモータ１１は例えば図１１の箇所Ａに“止まってしまい”、それ以上回転することができない。
この場合ステップＳ１４６で回転方向信号ＤＩＲ＿Ｓが反転される。すなわちモータ１０は時点ＩＷＺ＝ＳＷνから、“間違った”回転方向で回転するという命令を受け取る。このことはすでに説明したように強制振動に作用する。
起動直後に例えばＳＷ1＝Ｃであれば、すなわち前に述べた理由からこのようなリバースなしでの起動が試行され、この過程の終了時にモータが起動していなければ、ステップＳ１７３でＩＷＺが０にリセットされ、閾値ＳＷがＳＷ2に調整される（Ｓ１７６）。これは図１２ｂに示されている。
モータはこの場合次のサイクル（例えば３８０ｍｓの新たな監視値ＳＷ2により）で所望の回転方向に駆動される（Ｓ１４２，１４４）。このときモータは例えば箇所Ｋでの整流の下で再び箇所Ａに達する（図１１）。そして残りの２０ｍｓでモータは（Ｓ１４６）ＩＷＺ＝Ｃまで（Ｓ１７１）反対方向に駆動される。これは図１１にライン２１２により示されている。このときモータは例えば箇所Ｃまで達する。この箇所Ｃは図１１でＳＳ３より角度γだけ左にある。
これによって“モータは起動を取りに行く”、すなわち次のスタート試行の際にモータはこの付加的角度領域γ（図１１）の間、電流を受け取り、その結果所望の方向に対する電磁トルクＴelを受け取り、場合により図１１のライン２１３では制動的なリラクタンストルク４６の障害にうち勝つことができる。
まだそうでなければ、次の試行で変数ＳＷνがさらに小さな値、例えばＳＷ3＝３６０ｍｓにセットされる。これによりモータは戻り走行の際に４０ｍｓの長さで電流を受け取る。このときも箇所Ｋで整流が行われるがＩＷＺはリセットされない。なぜなら、ＤＩＲ＿Ｓ≠ＤＩＲだからであり（Ｓ１６０）、従ってステップＳ１６６には達しないからである。従ってロータ１１は回転位置Ｄ（図１１）まで達し、その結果次のスタート試行の際に比較的に大きな回転角度δの間、所望の回転方向に対する電流を受け取り、より確実に起動する。
回転位置Ｃ、Ｄは図４にも示されている。すなわち、スタート位置ＳＳ３はこの（次第に振幅の大きくなる）強制振動によって次第に左方向に、例えば１５０°elから１３０°el、そして１１０°el、etc.にずらされ、最終的にほとんど不安定なスタート位置ＩＳ３に達する。このスタート位置からはどのような場合でも確実な起動が可能である。
実際にはこのことによって、リバース方向でのスタート時にモータ１０が直接起動することは非常にまれになる。しかし大部分の場合、前記の強制振動によってまず短く往復運動し、それから起動する。このことはロータがこのときに制動された場合でも、例えばファンの場合にロータ１１を手で保持した場合でも当てはまる。
図５ａに示すように、モータ１０が位置ＳＳ３（図５ａの左）から通常のように起動し、回転位置６２まで達したとき、すなわち完全に３６０°el回転した時、“停止する”こともある。なぜならモータは十分な“スウィング（振動）”を得ていないからである。
ＳＳ3からＳＳ４へ回転するとき、スタートルーチンによって信号変化Ｋが検出される（ステップＳ１５０，１５２，１５６）。そしてこれはＳ１６６でＩＷＺのリセットにつながり、Ｓ１６８でカウンタＡＬＺが値１だけ高められ、Ｓ１６４でカウンタＩＷＺが０から１へ高められる（リセットの前に）。そして図９で、Ｓ１５４またはＳ１５８からの値Ｈ＿Ｅによる相応の整流に至る。値ＳＷ（Ｓ１１２から）はここでは変化しない。なぜならプログラムは経路Ｓ１７５（図８Ｂ）を介してステップＳ１７３，Ｓ１７６，Ｓ１８０，Ｓ１８２を通過するからである。
同じことがロータ１１の引き続くＳＳ４からＳＳ３への回転に対しても当てはまる（図５ａ）。ここでは新たに、信号変化Ｋの際に、電流の整流がモータ１０で行われ、ＩＷＺはあらたに０にリセットされ、ＡＬＺはステップＳ１６８で値２に高められる。

ロータ位置ＳＳ３（図５ａの右）に続いてロータ１１はこの例では回転位置６２まで回転する。これによって新たに整流Ｋが行われる。すなわちＳ１６６で新たにカウンタＩＷＺが０にリセットされ、Ｓ１６８でカウンタＡＬＺが値３に高められる。しかしロータ１１は箇所６２（図５ａ）で“止まっている”から、それ以上は回転できない。この場合、ループＳ１３０（図７）を常時循環通過し、これによってカウンタＩＷＺは最終的にステップＳ１４２で調整された値ＳＷに達する。すなわちＳＷ1の場合例えば値４００ｍｓに達し、引き続きステップＳ１７１（図８Ｂ）で値Ｃに達する。この値はこの場合同じ４００ｍｓとすることができる。

これによってＳ１７３でカウンタＩＷＺは０にリセットされ、値ＳＷ1（４００ｍｓ）はＳ１７６で次に低い値ＳＷ2（３８０ｍｓ）により置換される。次に新たなスタート試行が前に説明したように行われる。すなわちモータ１０が３８０ｍｓの間（ステップＳ１４２）、所望の回転方向に対する電流を受け取り、モータがこの３８０ｍｓの間にスタートしなければ、すなわちこの時間内に信号変化Ｋが生じなければ、モータは（Ｓ１４６）引き続く２０ｍｓの間、所望の回転方向とは反対の方向に対する電流を受け取る。これによって自動的に強制振動が再び開始される。このとき、信号変化Ｋによって箇所６２（図５Ａ）から出発し、所望の回転方向とは反対の回転の間に自動的に（ステップＳ１６０，１６２により）、カウンタＡＬＺは０にリセットされ、次にモータが所望の回転方向でスタートするときに新たに計数を開始する。さらにこの信号変化Ｋにより、所望の回転方向とは反対の回転の際にも整流が行われる（Ｓ１５０，１５２，１５６）。

ロータ１１がＤＩＲ＿Ｓ＝ＤＩＲ（Ｓ１６０）のときに、すなわち所望の方向で信号Ｈの５つの変化Ｋを発生すれば、起動カウンタＡＬＺは値５に達し、ステップＳ１７０，１７２，１７４でスタートルーチンは終了し、ＭＯＴ＿ＳＴ＝０がセットされる。

ＡＬＺ＜５である限り、起動はスタートルーチンＳ１１８により常時監視される。そしてモータが起動しない場合にはスタートルーチンが繰り返される。

ロータ１１がスタート時にブロックされ、回転できない場合に過熱を回避するため、いわゆるブロック保護手段を設けることができる。すなわちモータ１０の熱的負荷が過度に高くなると、モータが例えば１０または２０秒間遮断され、それから初めて起動試行が繰り返される。相応する構成は、１９９５年１２月８日出願のドイツ特許出願第１９５４７２１６．０号の対象である。

スタートルーチンＳ１１８の持続中、起動は次のようにして監視される。すなわち（可変）時間ＳＷ内でまたは（一定）時間Ｃ内で整流が生じたか否かを検出し、かつこの整流がＤＩＲ＿Ｄ＝ＤＩＲの間の生じたのか、またはＤＩＲ＿Ｓ≠ＤＩＲである間に生じたのかを検出することによって監視される。起動ルーチンは、ＡＬＺ＝５（Ｓ１７０）としてモータ１０が確実に起動したと仮定することのできる基準が存在するときに初めて遮断される。

普通に回転するモータが外部の影響によってブロックされると、ＩＷＺのオーバフローが発生し（図７：Ｓ１３２）、このことによって自動的にステップＳ１３４でスタートルーチンが再び投入接続される。すなわちレジスタＭＯＴ＿ＳＴが再びセットされ、すでに詳しく説明したスタート過程が繰り返される。すなわち図７で再び、フローチャートの左分岐Ｓ１１８を通過する。

とりわけ図７の右分岐（Ｓ１２４，１２６，１２８，１３２）とステップＳ１２０の通過は全体で常に同じ時間を必要とするようにすることが重要であり、このことはこの通過時にどの経路が実行されるかには関係ない。一方、スタートルーチンＳ１１８に対しては時間が同じであることは望ましいことではあるが必ずしも必要ではない。なぜならこのルーチンはモータのスタート後、数秒間だけ作用し、従ってスタートルーチンＳ１１８におけるループＳ１３０の正確な通過時間はモータが連続的に回転する場合に対してさほど重要ではないからである。連続的に回転する場合にはこの通過時間がプログラムの内部測定過程に使用される。図１０のＳ１５４，２６０，２６２参照。

点火角シフト

図１のモータでは、ロータ位置検出センサ２５がポールギャップに配置されている。すな

わち図１では０°elに配置されており、ホール信号Ｈの変化Ｋは０°el、１８０°el、３６０°el,etc.で形成される。
しかしモータが高速に回転するときには、出力および効率を最適化するために、ロータ位置センサ２５を回転方向（図１の１４）に対して数度だけずらす必要がある。これは例えば図１に２５’により示された箇所である。このようにすれば内燃機関と同じように、進角点火
(Frühzündung)
について話すことができる。なぜなら電流ｉ1とｉ2（図６）をこれによって僅かに早期に投入接続することができるからである。このことはとくに回転数が高いときに有利であり、このときに出力と効率が改善される。（もちろんこのようなモータではなにも“点火”されない。）
しかしロータ位置センサ２５を箇所２５’にずらすことは、回転方向が逆の場合（図３の４０）遅角点火を意味する。すなわちモータ１０はリバース方向での駆動時に出力と効率が低下することとなる。さらに、モータをリバース方向４０では全く起動できないということもある。
この理由から２つのロータ位置センサを使用しなければならないこととなり、第１のセンサをフォワード方向での駆動に対して、第２のセンサをリバース方向の駆動に対して使用する。しかしこのことはコストの理由から不可能である。さらに起動に対してはロータ位置センサ２５が、図１に示された０°elまたは１８０°elのようにニュートラルゾーンにあることが望ましい。なぜなら進角点火は回転数が高い場合に初めて意味を持つのであり、静止状態では場合により起動を困難にしたり、不可能にしたりする。
本発明の適用においては、ただ１つのロータ位置センサ２５で十分であり、このセンサの信号Ｈが電気的にシフトされ、モータ１０の回転方向および回転数に適合される。従って整流に対しては信号Ｈ＿Ｅを使用する。すなわち前記の基準（回転方向および回転数）に適合する代替信号を使用する。角度シフトされた合成整流信号Ｈ＿Ｅのこの形成形式は、電子整流型モータのすべての形式に対して適し、２パルスモータに限定されるものではない。
点火角シフトＺＷＫＶに対するプログラム部分（図７のＳ１２６）が図１０に示されている。このプログラム部分はステップＳ２３０でスタートする。ステップＳ２３２でＩＷＺの計数状態が値Ｚ＿Ａ’と比較される。この値はループ１３０の先行する通過時にＳ２６０またはＳ２６２で算出されている。
ＩＷＺがＺ＿Ａ’の値を上回っていれば、プログラムはステップＳ２３４へ進む。ここではレジスタＨ＿Ｓ（ホールスタート）が問い合わされる。このレジスタは合成ホール信号Ｈ＿Ｅの状態を信号Ｈの変化に応じて制御する。レジスタＨ＿Ｅが１であれば、このことはモータ１０の回転数が、点火角シフトを開始するのに十分に高いことを意味する。所定の回転数n_g以下では点火角シフトは行われない（ステップＳ２６８，２７０，２７２）。
Ｈ＿Ｓ＝１であれば、レジスタは（問い合わせに）続いてステップＳ２３６でリセットされる。すなわちＨ＿Ｓ＝０である。これにより次のループＳ１３０（図７）の通過時に信号変化識別を処理することができる。すなわちステップＳ２４４，２４６および２４８である。
ステップＳ２３８で、Ｈ＿Ｅの値がＨ＿Ｅ＿Ｓの値に等しくされる。この値の形成については後で説明する。すなわちこのループＳ１３０（図７）の通過時にモータ１０の整流が、Ｓ２３８で（値Ｈ＿Ｅ＿Ｓにより）形成された信号Ｈ＿Ｅにより、場合により信号ＤＩＲにより変形されて実行される。図９のステップＳ１９８，２００および２０６参照。
ステップＳ２３８の後、プログラムはステップＳ２４０へ進む。すなわち点火角シフトの終了へ進む。なぜなら点火角シフトはステップＳ２３８で作用しているからである。
ステップＳ２３４でＨ＿Ｓ＝０であれば、プログラムはＳ２４４へ進む。Ｓ２３２での応答がＮＯの場合も同じである。Ｓ２４４で信号Ｈがどのような値を有しているか検査される。

ステップＳ２４４には２進ツリーの形態で２つのステップＳ２４６とＳ２４８が従う。これらのステップは図８Ａのステップ１５０，１５２および１５６と同じである。従ってそこの説明を参照されたい。（但し、ステップＳ１５０、１５２，１５６はスタートルーチンの間だけ作用し、ステップＳ２４４，２４６，２４８はモータの通常の回転時だけ作用する。）ステップＳ２４４，２４６，２４８は信号Ｈの変化の識別に用いる。この変化は図５にＫによって示されている。信号Ｈの変化が検出されなければ、プログラムはステップＳ２４０、すなわち点火角シフトの終了へ進む。

２進ツリーＳ２４４，２４６，２４８が信号Ｈの変化を識別すれば、Ｈが０から１へ変化している場合、ステップＳ２５０が続く。Ｓ２５０で新たな信号ＨがレジスタＨ＿Ａに記憶される。すなわちＨ＿Ａ＝１が記憶される。これは次の信号Ｈの変化の際にこの変化を新たに識別できるようにするためである。レジスタＨ＿ＥはＨの相補値をとる。すなわちステップＳ２５０でＨ＿Ｅ＿Ｓ＝０である。この記憶された値は場合によりステップＳ２３８で使用される。同じことが後続のステップＳ２６８でも生じる。ここではＨ＿Ｅ＿Ｓが相補値形成によって再び値Ｈに変換される。

信号Ｈが１から０へ変化したなら、ステップＳ２５２で同様の変化が行われる。すなわちＨ＿Ａ＝０かつＨ＿Ｅ＿Ｓ＝１である。この信号Ｈ＿Ｅ＿Ｓも場合によりＳ２３８またはＳ２６８で使用される。

信号Ｈが変化すると（この変化は図５にＫにより示されており、ステップＳ２４４，２４６，２４８で検出される）、時間Ｔの測定は終了する。この測定はカウンタＩＷＺで行われる。従ってステップＳ２５４でＩＷＺの内容がＺ＿Ａに再（更新）ロードされ、続いてカウンタＩＷＺがステップＳ２５６で０にリセットされる。これによってＴの新たな測定（図５）を開始することができる。従ってＺ＿Ａはちょうど経過した回転数測定に対する測定値Ｔを含む。すなわち回転数が高ければ高いほど値Ｔが小さくなる。（ＩＷＺのリセットはステップＳ１６６またはＳ１７３でスタートルーチンの場合だけ行われる。）

ステップＳ２５８で外部から設定された回転方向信号ＤＩＲが問い合わされる。この回転方向信号はポートＢ０（図６）にデジタル信号として外部制御部から供給することができる。設定された回転方向に応じて、プログラムはステップＳ２６０またはＳ２６２へ進む。

例として、Ｓ２６０はフォワード回転に関するものであり、Ｓ２６２はリバース駆動に関するものである。両方の場合ともＺ＿Ａのカウンタ状態から定数が減算される。この定数はフォワード駆動の場合は値Ｋ１であり、リバース駆動の場合は値Ｋ２である。結果は新たな値としてＺ＿Ａ’に記憶される。（この値Ｚ＿Ａ’は後続してステップＳ２３２でカウンタＩＷＺの内容と比較される。）

このことによって方向および回転数に依存する点火角シフトが行われる。なぜなら信号ＤＩＲの状態に応じて値Ｚ＿Ａから定数Ｋ１またはＫ２が減算されて、Ｚ＿Ａ’が得られるからである。

回転数が低いときＴは長く（図５）、従ってレジスタＺ＿Ａの値は大きい。従ってＺ＿Ａは回転数が低いときＫ１またはＫ２を減算してもほとんど変化しない。すなわちこの場合、Ｚ＿Ａ’はＺ＿Ａほどは重要でない。これは図１３に回転数１０００ｒｐｍに対する例で示されている。

回転数が高いときＴは短い。すなわちレジスタＺ＿Ａの値は小さい。従ってＺ＿Ａ’は回転数が高いときはＫ１またはＫ２が減算されると大きく変化する。すなわち値Ｚ＿Ａ’は、回転数が高いとき値Ｚ＿Ａから大きく異なる。このことは図１４に、回転数５０００ｒｐｍに対する例として示されている。図１３と図１４の比較によりグラフィカルに回転数の依存性がわかる。

このようにして点火角のシフトは回転数の線形関数となる。なぜなら値Ｚ＿Ａはモータが１８０°elの角度だけ回転するのに必要な時間に相当するからである。その結果例えば図１３では、進角点火は約６°であるが、図１４では３０°elとなり、実際には進角点火は５０００ｒｐｍの場合、約１２～１５°elである。すなわち図１３と図１４の図示は見やすくするためやや誇張してある。

定数Ｋ１とＫ２を回転数領域に依存するようにすることもできる。例えば０から１０００回転／minに対してはＫ１＝ａとし、１０００から２０００回転／minに対してはＫ１＝ｂとすることができる。このようにして所望の場合には、点火角シフトを回転数領域全体にわたってさらに最適化することができる。しかしここに示した解決手段が実際には最高の結果をもたらすことが示された。

動作時に信号Ｈの変化Ｋ（図５）が、ステップＳ２３２（ＩＷＺ＞Ｚ＿Ａ’）の条件が満たされる前に発生することがある。このことは例えばモータの加速度が大きいときに生じる。すなわち投入接続後の過渡的運転時、またはホール信号Ｈの非対称性の結果として、またはノイズパルスによって生じる。図１および図３からわかるように、信号Ｈの対称性はロータ１１の磁化が対称であることによって生じる。そしてこの磁化が例えば磁性材料の欠陥によって非対称であれば、信号Ｈも非対称になる。このことも本発明のプログラムは考慮している。

この場合、ステップＳ２３８で新たな信号Ｈ＿Ｅ（値Ｈ＿Ｅ＿Ｓを有する）を形成することができない。なぜなら、ステップＳ２３２で応答ＹＥＳが発生せず、応答ＮＯが発生するだけだからである。このことにより、信号Ｈの変化Ｋの際にステップＳ２５４，２５６…２６６へと進む。すなわち整流自体は行われない。なぜならＨ＿Ｅに対する値が無いからである。

この場合、（先行する）ステップＳ２７２からレジスタＨ＿Ｓ＝１であれば、プログラムは信号Ｈの変化Ｋの際にステップＳ２６６からステップＳ２６８へ進み、そこでこの場合は信号Ｈ＿Ｅに対してＨ＿Ｅ＿Ｓの相補値が使用される。この値は値Ｈと同じである。ステップＳ２５０と２５２参照。すなわちモータはこの場合、センサ２５の“オリジナル信号”Ｈによって整流され、従って点火角のシフトは行われない。

この手段がとられなければ、この特別の場合では全く整流は行われないこととなる。すなわちモータは自動的に制動される。ステップＳ２６６が必要なのは、ここでステップＳ２６８まで到達し、モータの整流を、最適時点ではないにしても保証するためである。

Ｓ２６６でレジスタＨ＿Ｓ＝０であれば、ステップＳ２７０でＺ＿Ａの内容、すなわち時間Ｔ（図５）が固定値と比較される。この固定値は所定の限界回転数n_gに相当する。すなわち回転数がn_gに達しているか否かが検査される。点火角のシフトはこの限界回転数、例えば１０００回転／minから初めて作用する。この限界回転数に達しなければ、プログラムはこの場合もステップＳ２６８へ進む。ここではすでに説明したように、オリジナル信号Ｈが整流に対して使用される。このオリジナル信号はＨ＿Ｅ＿Ｓの相補値に相当する。

限界回転数n_gに達していれば、ステップＳ２７２でレジスタＨ＿Ｓがセットされ、ステップＳ２５０，２５２からの情報Ｈ＿Ｅ＿Ｓはこの通過時にはもはや変化されない。すなわちこれまでの信号Ｈ＿Ｅが保持され、従って図９のステップでは何も変化しない。ステップＳ２６０またはＳ２６２で計算された値Ｚ＿Ａ’を経過して初めて（このことはすでに説明したようにステップＳ２３２で検査される）、（ステップＳ２３８によって）これまでの信号Ｈ＿Ｅが値Ｈ＿Ｅ＿Ｓを有する新たな信号によって置換される。この値Ｈ＿Ｅ＿Ｓは前にＳ２５０またはＳ２５２で計算されている。このことによって、この算出された値Ｚ＿Ａ’の経過後にＳ２３８によって整流に対する新たな信号Ｈ＿Ｅが形成される。この信号は図１５ｂにより、Ｈの相補値を表す。従って信号Ｈ＿Ｅは時間的に対応する信号Ｈに先行する。すなわちモータ１０の該当する巻線での電流の投入接続は時間的にやや早期に行われる。すなわち“進角点火”される。ここで進角点火の角度は回転方向（信号ＤＩＲ；定数Ｋ１またはＫ２）および回転数（信号Ｚ＿Ａ’）に依存する。

図１５ｂからわかるように、Ｚ＿Ａ’の持続中において信号Ｈの値とＨ＿Ｅの値とは一致する。しかしＺ＿Ａ’の経過後には一致しない。なぜならステップＳ２３８によって信号Ｈ＿Ｅは変化し、Ｈの相補値に調整されるからである。この新たな信号Ｈ＿Ｅは、Ｓ２３８またはＳ２６８で新たに変化されるまで記憶されたままである。これはモータ１０で電流の整流を行うためである。

点火角シフトの作用

これについては図１５を参照する。限界回転数n_gより下ではシフトは行われない。すなわちステップＳ２６８でこの場合は、上に述べたようにＨ＿Ｅ＝Ｈがセットされる。
n_gより上ではステップＳ２７２でレジスタＨ＿Ｓがセットされ、信号Ｈの新たな変化の際にステップＳ２５４で値Ｚ＿Ａが決定される。この値は回転数に反比例する。この値から回転方向に応じて（Ｓ２５８）定数Ｋ１（Ｓ２６０）またはＫ２（Ｓ２６２）が減算される。
値ＩＷＺがＺ＿Ａ’より大きい（Ｓ２３２）場合のループ通過Ｓ１３０（図７）では、ステップＳ２３８で値Ｈ＿Ｅ＿Ｓ（Ｓ２５０またはＳ２５２から）が出力され、同じ制御ループ（ステップＳ１２０）で相応の“進角点火”により整流が行われる。
図１５では時点ｔ１で信号Ｈが１から０へ変化し、従ってカウンタＩＷＺの値がこの時点ｔ１から測定される。そしてこの値が値Ｚ＿Ａ’に達したとき、（回転数が回転数n_gより上にある場合に対して）ステップＳ２３８でＨ＿Ｅ＝１が（ステップＳ２５２から）出力される。
図１５の時点ｔ２で信号Ｈが０から１へ変化する。この時点ｔ２からカウンタＩＷＺの値が測定され、ＩＷＺが値Ｚ＿Ａ’に達するとき、Ｓ２３８で値Ｈ＿Ｅ＝０が（Ｓ２５０から）出力され、相応の早期整流、すなわち“進角点火”が行われる。
このようにして所定限界回転数n_gより上では整流が信号Ｈ＿Ｅにより進角点火される。すなわち、図１のセンサ２５が回転数の上昇と共に回転方向１４とは反対の方向にますますシフトされることとなり（２５’に示したように）、図３ではその回転方向４０とは反対に、すなわちリバース方向とは反対にシフトされる。
図１６と図１７は本発明の変形実施例を示す。この変形実施例では、モータの投入接続後、リバース方向でのスタートがフォワード方向でのスタートとはやや異なって経過する。相違点は図７の初期過程である。すなわちそこのステップＳ１１２とＳ１１４である。
図７ではステップＳ１１２で、両方の回転方向に対する変数ＳＷが値ＳＷ1によって改善される。このことはすでに説明したように、起動時に僅かな遅延となる。この遅延が図１６と図１７の変形実施例では回避されている。
図１６によればステップＳ１２２ａで、ポートＢ０で調整された値ＤＩＲ（所望の回転方向に対して）がレジスタＤＩＲ＿Ｓにロードされ、レジスタＭＯＴ＿ＳＴがセットされる。これは図７のステップＳ１１２と同じである。
続いてステップＳ２８０で、調整された回転方向ＤＩＲが問い合わされる。モータがフォワード方向に回転すべきであるなら（ＤＩＲ＝０）、ステップＳ２８２で変数ＳＷが値ＳＷ１によりプリセットされる。この値は図１２ａによれば定数Ｃ（Ｓ１７１参照）に相当する。これは図７のステップＳ１２２と全く同じである。そしてカウンタＩＷＺが０にリセットされる。次のステップＳ１１４と後続のプログラム全部は図７と同じである。従ってこれについては図７とその説明を参照されたい。ＤＩＲ＝０に対するプログラム経過も、図７ですでに詳細に説明した経過と同じである。
ステップＳ２８０で、ＤＩＲ＝１が検出されると、すなわちモータがリバース方向で回転すべきであると、ステップＳ２８４で変数ＳＷが値ＳＷ2によってプリセットされる。この値は図１２ｂによれば定数Ｃよりもやや小さい。定数Ｃは例えば値４００ｍｓ、ＳＷ2は値３８０ｍｓとすることができる。ステップＳ２８４においてはカウンタＩＷＺも値ＳＷ2にプリセットされる、すなわち同じように３８０ｍｓにプリセットされる。続いてプログラムはこの場合も、ステップＳ１１４へさらに進む。
説明のために図１７を参照する。ロータ１１の静止位置としてスタート位置ＳＳ３が前提とされ、リバース方向（図３の矢印４０）でのスタートが所望されるとする。
この場合、図１６のステップＳ２８４でカウンタＩＷＺが投入接続後にすでに値ＳＷ2を有しているから、ステップＳ１４２（図８Ａ）で投入接続後に直ちに応答ＹＥＳが形成され、プログラムは直接ステップＳ１４６へ移行する。ここでは調整された信号ＤＩＲの相補値ＤＩＲ－Ｋｏｍｐｌ．がレジスタＤＩＲ＿Ｓへロードされ、これにより後続のモータ電流制御の際（図７のＳ１２０；図９）にモータ１０は直ちに所望の回転方向とは反対の方向に通電される。このことはステップＳ１７１（図８Ｂ）でカウンタＩＷＺが値Ｃに達

するまで行われる。これは図１２ｂの持続時間ｅに相当し、例えば２０ｍｓである。
この２０ｍｓの間に図１７ではロータ１１がスタート後に静止位置ＳＳ３から（象徴的）経路２９０に沿って角度位置Ｅまで回転する。この位置は図４にも示されており、この回転は所望の回転方向とは反対の方向に行われる。すなわちこの実施例ではモータのフォワード方向に行われる。
位置ＥにおいてステップＳ１７１で、ＩＷＺのカウンタ状態がＣよりも大きければ、その結果Ｓ１７３（図８Ｂ）でカウンタＩＷＺは０にリセットされ、Ｓ１７６でＳＷ2はＳＷ3によって置換される。引き続きプログラムは次のループＳ１３０通過の際にステップＳ１４２（図８Ａ）に達する。ここでの応答はＮＯであり、今度はＳ１４４で（正しい）ＤＩＲ値がレジスタＤＩＲ＿Ｓへロードされる。これにより以降はステップＳ１２０（図７）又は図９でモータ１０は所望の方向（＝リバース方向）に切り替えられ、ロータ１１はリバース方向に駆動される。すなわち図１７では（象徴的）経路２９２に沿って駆動される。このとき箇所Ｋで整流が行われる。
ロータ１１は今度、回転位置Ｅから角度εの間、起動することができるから、ロータは（象徴的）“山”４６、すなわち図４の制動的リラクタンストルク４６をさらに良好に克服することができる。これによりリバース方向での起動を、図１７に示すように改善することができる。
起動が失敗すれば、図７に示されるようにさらなる経過が実行される。すなわち次回にロータ１１は（値ＳＷ3の際に、図１２ｃ参照）例えば４０ｍｓの間、所望の回転方向とは反対の方向に駆動され、さらに良好に起動を達成することができる。すなわち図１７では角度εがより大きくなる。
モータ１０により駆動すべき対象物の形態に応じて、リバース方向でのスタートに対してステップＳ２８４で（ＳＷ2に代り）値ＳＷ3またはＳＷ4を変数ＳＷとＩＷＺに対する初期値として用いることができる。これは十分に大きな振幅ε（図１７）を強制信号の最初の部分で得るためである。所望であれば、ステップＳ１７２（図８Ａ）で変数ＳＷを調整された回転方向に相応してプリセットすることができる。しかし図８Ａの解決手段が有利である。なぜならモータは場合により、ユーザによって反転され、その場合値ＳＷ1によるスタートがいずれの場合でも両回転方向での確実な起動を保証するからである。
その他の改善および変形も本発明の枠内で多様に可能である。

【図１】

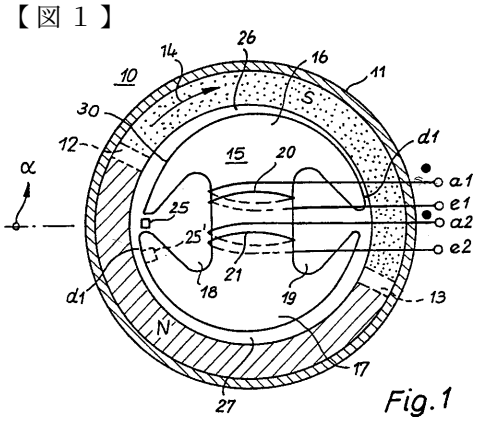

Fig.1

【図２】

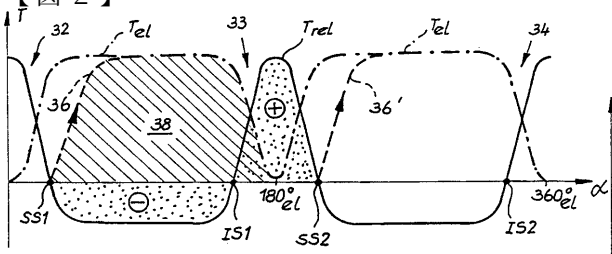

Fig.2

【図３】

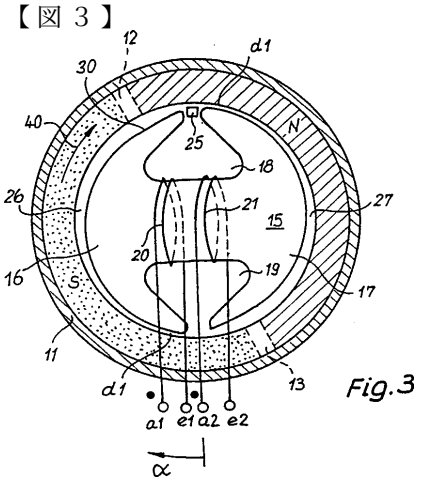

Fig.3

【図４】

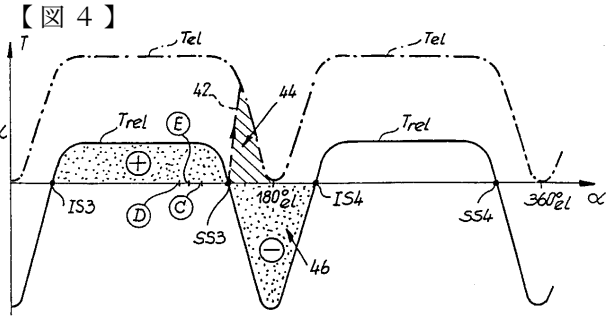

Fig.4

【図５】

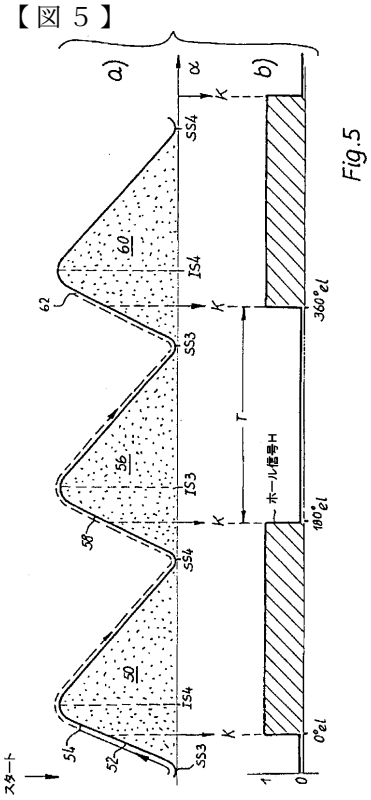

Fig.5

【図６】

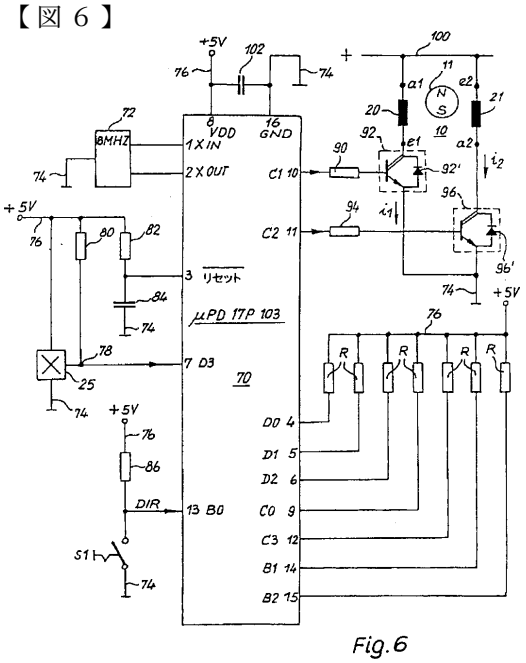

Fig.6

【図７】

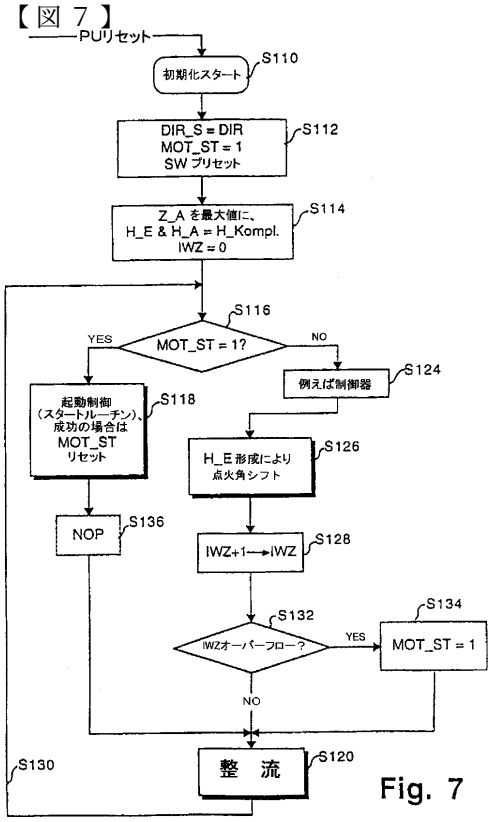

Fig. 7

【図８Ａ】

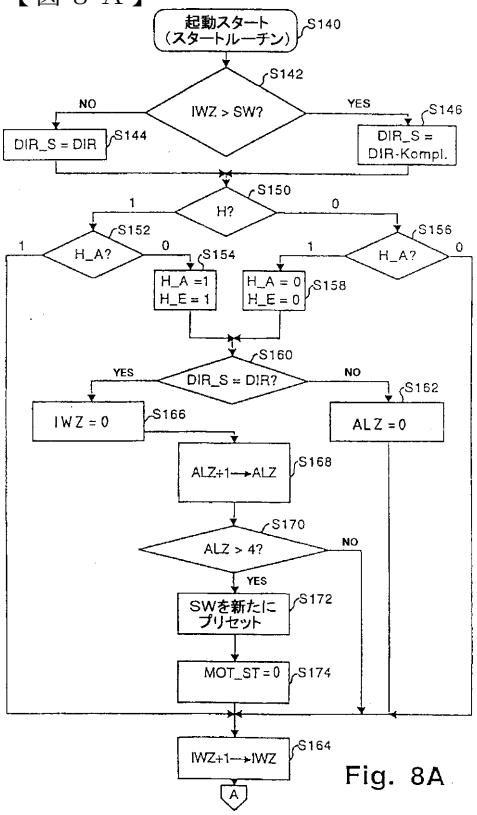

Fig. 8A

【図８Ｂ】

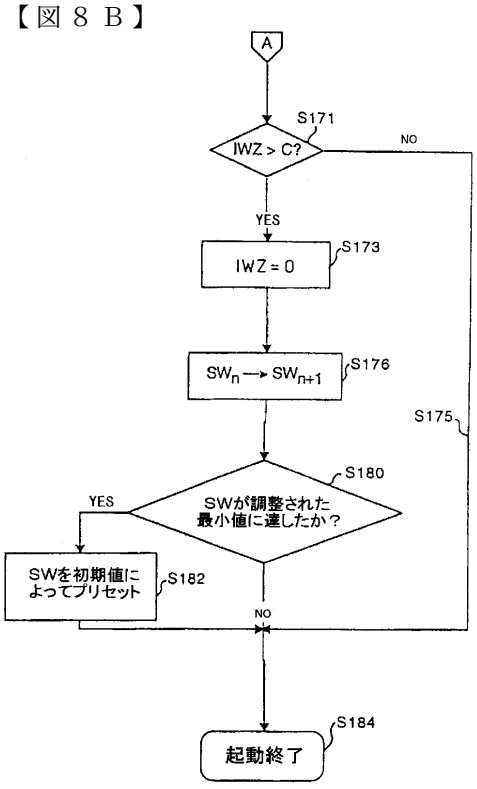

Fig. 8B

【図９】

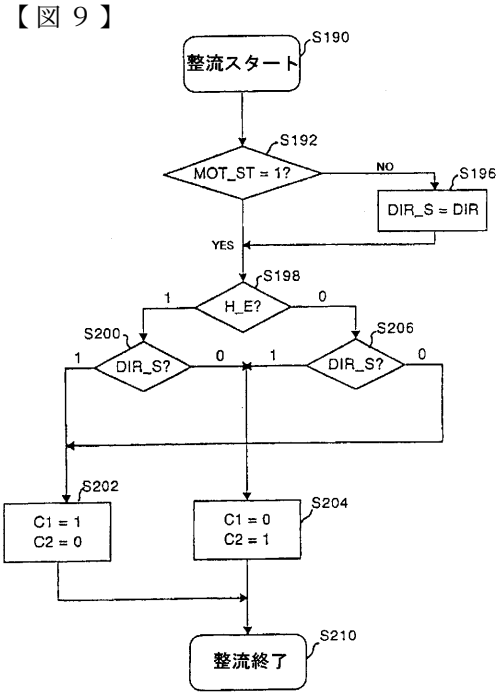

Fig. 9

【図１０】

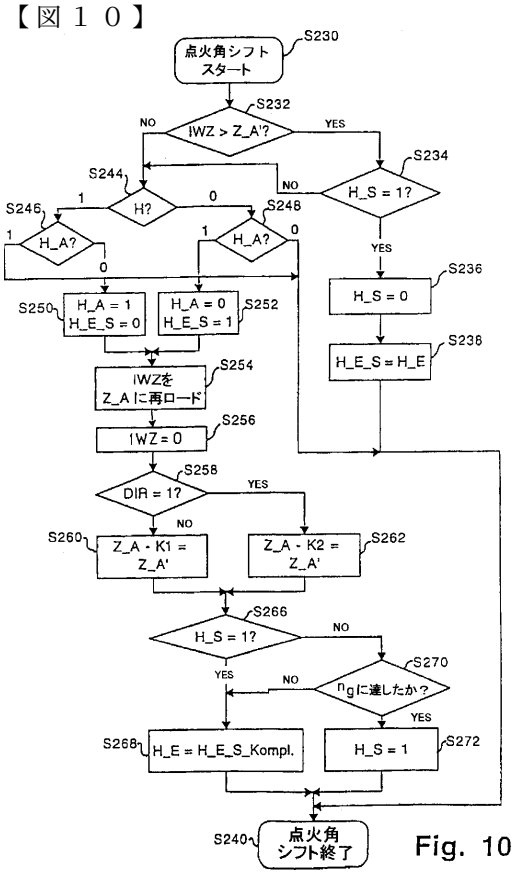

Fig. 10

【図１１】

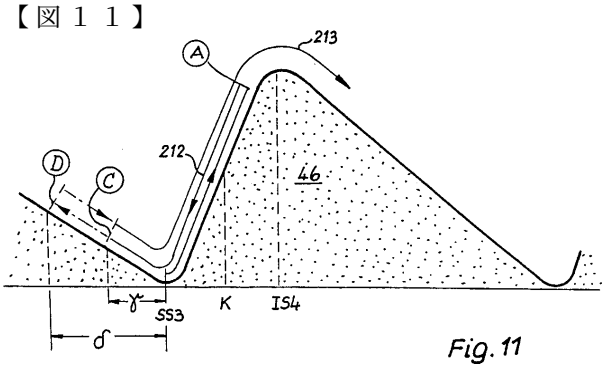

Fig. 11

【図１２】

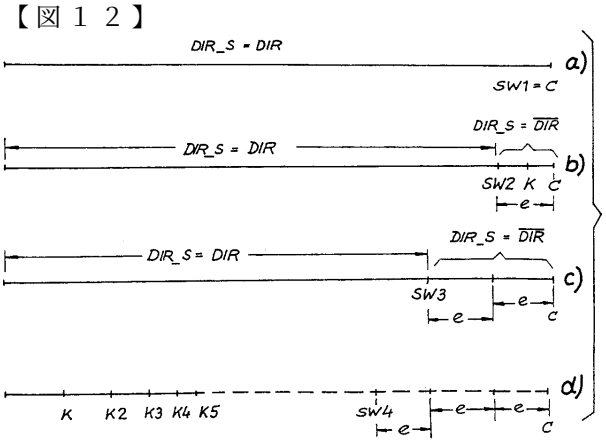

Fig.12

【図１３】

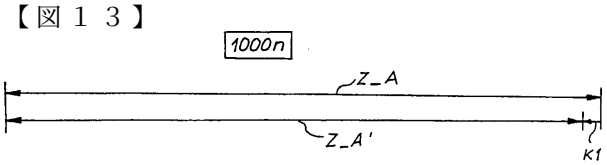

Fig.13

【図１４】

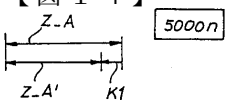

Fig. 14

【図１５】

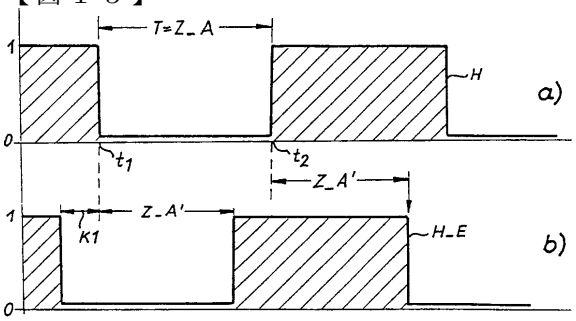

Fig. 15

【図１６】

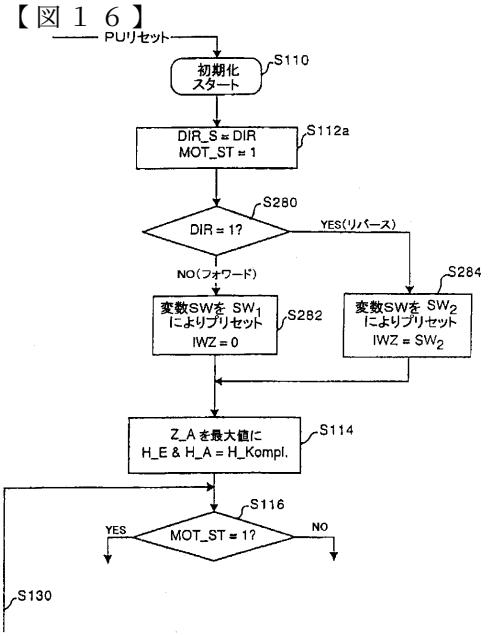

Fig. 16

【図１７】

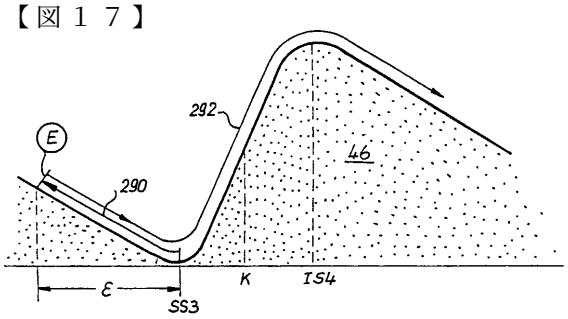

Fig. 17

フロントページの続き

(72)発明者　カルヴァート、アルノ
ドイツ連邦共和国、D－７８６２８　ロットヴァイル、グロースホーフェンシュトラーセ　１０
(72)発明者　ラッペンエッカー、ヘルマン
ドイツ連邦共和国、D－７８１４７　フェーレンバッハ、クランケンハオスシュトラーセ　２６

審査官　天坂　康種

(56)参考文献　特開昭５０－１４４０２２（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－１６１０９２（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
H02P　6/20