

【技術分類】 3 - 5 - 1 出力手段 / モーター / 電磁ステップモーター

【 F I 】 G04C3/14@J

【技術名称】 3 - 5 - 1 - 1 モーター構造

【技術内容】

アナログ水晶時計に組み込まれ、輪列を通して針を駆動する 2 電磁ステップモーターであって、コイルブロック・ステーター・ローターから構成される構造に関する技術である。

図 1 は、この技術の 2 極単相ステップ電磁モーターの概念図で、一体型ステーターによる構造例を示している。

コイルブロックは高透磁材を用いた磁心に概ね  $12 \sim 22 \mu\text{m}$  の極細線ワイヤを概ね  $2,000 \sim 10,000$  ターン巻いたものより構成されている。

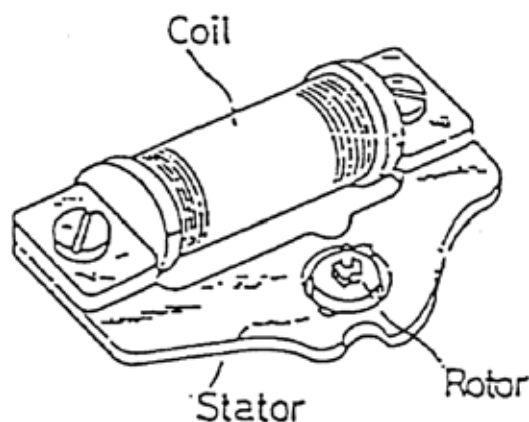
ステーターは、磁心とは異なった特性をもつ高透磁材を用いており、ローターが入る穴があり、その近傍にわずかな幅で接続された磁気回路が形成されている。この部分でコイルブロックに流された電流で発生する磁束により磁気飽和され、その両側に S 極と N 極が発生する。

ローターは、径方向に 2 極着磁された磁石と回転支軸により構成されている。支軸には歯車が構成されており、ローターの回転が輪列を介して指針に伝達される。ローター磁石の形状は概ね外形  $0.8 \sim 1.5\text{mm}$ 、厚み  $0.3 \sim 0.5\text{mm}$  が一般的である。

ステーターのローター磁石の入る穴の内周面にノッチが形成されており、このノッチの大きさによりローターのデティントトルクを制御できる。また、ノッチの角度を変えることにより、ローターの静的安定位置を制御できる。

ステーターとコイルブロックの磁心は、各々の両端にほぼ同一中心を持つ穴が形成されており、支持部材によりその両方の部材が案内され、上部よりねじ締めされることにより磁気導通がとられ磁気回路が形成される。

【図】図 1 概念図 - 1

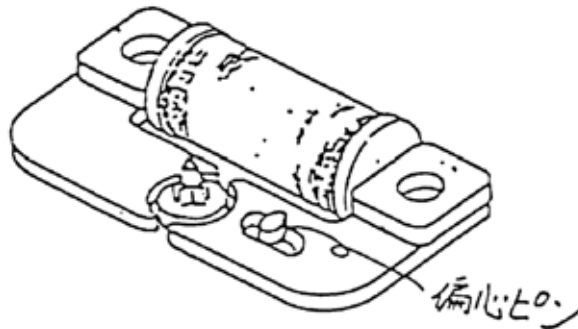


出典 1、「108 頁 図 - 1 一体型ステータを用いたモータ構造図」

図2は、二体型ステーターによる構成を示す概念図であり、基本的には一体型ステーター構造と同じであるが、左右のステーターのローター穴形状の偏心率によってディテントトルクを制御できる。

この技術は、低消費電力の適応制御駆動・固定パルスによる正回転駆動（高速駆動含む）・パルス制御による逆回転駆動（高速駆動含む）に応用が可能であり、小型、薄型のステップモーターが実現できる。

【図】図2 概念図



出典 1、「108 頁 図 - 2 二体型ステータを用いたモータ構造図」

【出典 / 参考資料】

出典 1 : 「時計用モータの現状と展望」, 「日本時計学会誌 No.150」, 「1994 年 9 月」, 「池西正孝、間中三郎（セイコー電子工業）著」, 「日本時計学会発行」, 107 - 117 頁

参考資料 1 : 「ステッピングモータの動磁場解析」, 「マイクロメカトロニクス Vol.42 No.3」, 「1998 年 9 月」, 「関野博一（セイコーエプソン）, 河瀬順洋、諏訪浩二（岐阜大学）著」, 「日本時計学会発行」, 54 - 60 頁

参考資料 2 : 「高速 2 極パルスモータの開発」, 「日本時計学会誌 No.163」, 「1997 年 12 月」, 「樋口晴彦、市川雅一（シチズン時計）著」, 「日本時計学会発行」, 13 - 20 頁

【技術分類】 3 - 5 - 1 出力手段 / モーター / 電磁ステップモーター

【 F I 】 G04C3/14@W

【技術名称】 3 - 5 - 1 - 2 回転検出

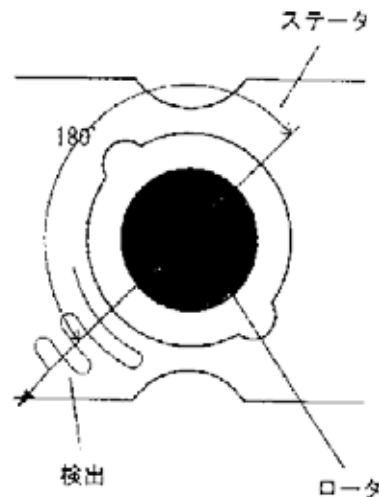
【技術内容】

より少ない電流でモーター駆動することを目的とした省エネルギー型の駆動方式であって、ローターが正常に回転したのか、回転できずに元の位置に戻ったのかを判別する技術である。

図 1 に、ローター停止時の減衰運動を示す。

ローターは 1 秒ごとに 180 度回転するが、その位置で直ちに停止することではなく、実際には 180 度の位置をある程度オーバーランし、しだいに振幅が小さくなり停止する。このときのローターの減衰振動はコイルへの磁束変化となり、電磁誘導によってコイルに電流が流れ、その電流値を検出することで正常に回転したのか、回転できずに元の位置に戻ったのかを判別することができる。

【図】 図 1 ローター停止時の減衰運動



出典 1、「26 頁 図 4 ローター停止時の減衰振動」

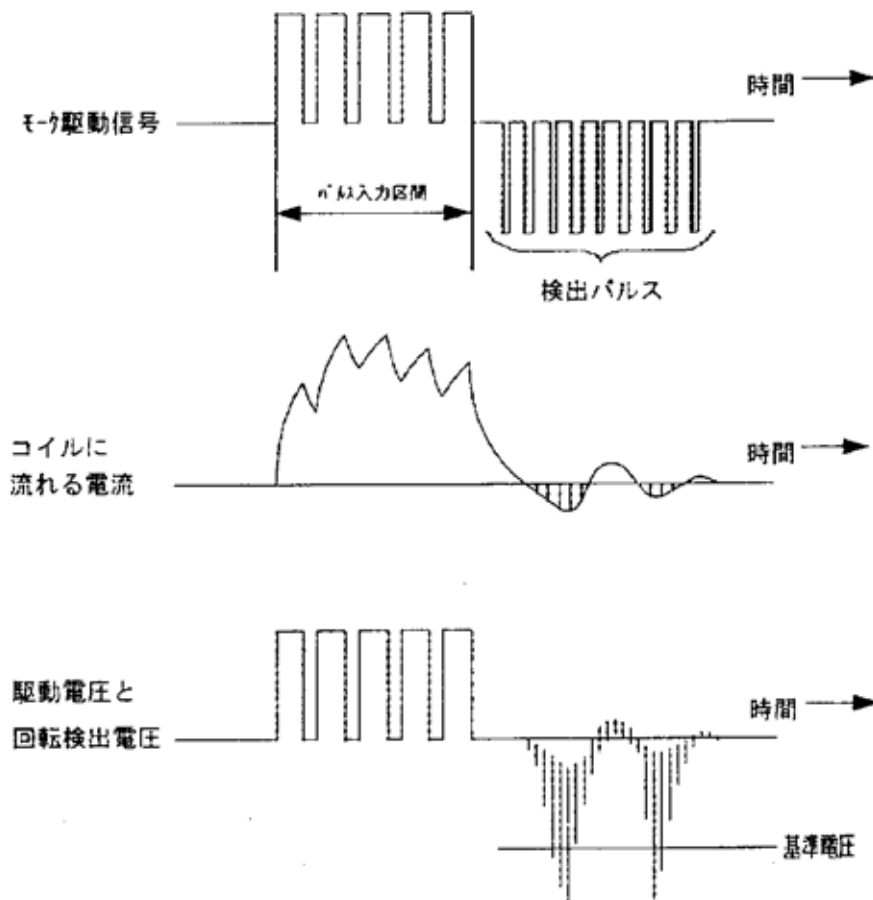
図 2 に、モーター駆動信号とコイルに流れる電流波形を示す。

駆動信号を出力した直後に回路とコイルを ON させる幅の狭い検出パルスを連続的に発生させることで電流波形の縦線部を増幅する。その時の増幅電圧値が基準電圧に達しているならば回転、達していなければ非回転と判断する。これは非回転時の増幅値は、回転時の増幅値と比較して低いレベルにあることを利用したものである。回転異常を検出したときには、直ちに確実に回転できる幅の広いパルス（補正駆動信号）を再度入力している。

この場合、ローター回転時の増幅電圧値と基準電圧の設定に注意が必要である。

仮にローターが正常回転した時の増幅電圧値が基準電圧より低いレベルにあったとすると、ローターは回転しているにもかかわらず非回転と判断され、常に補正駆動信号を出力することになる。この補正駆動信号は、ローターのトルクが十分に得られるよう幅の広いパルスに設定してあり、大きな電流が流れることになる。

【図】図2 モーター駆動信号とコイルに流れる電流波形



出典 1、「27 頁 図 5 回転検出方法」

【出典 / 参考資料】

出典 1:「薄型 AGS (自動巻発電ウォッチ) の開発」,「日本時計学会誌 No.158」,「1996 年 9 月」,「北原丈二 (セイコーエプソン著)」「日本時計学会発行」, 22 - 31 頁

【技術分類】 3 - 5 - 1 出力手段 / モーター / 電磁ステップモーター

【 F I 】 G04C3/14@U

【技術名称】 3 - 5 - 1 - 3 駆動制御

【技術内容】

電磁ステップモーターの駆動方式であって、必要最小限のエネルギーで駆動できるよう駆動パルス  
を制御する技術である。

図 1 は、この技術の概念図で、電磁ステップモーターの駆動パルスを表している。

P1 と呼ばれる長さの異なったパルスが複数種類設定されており、

(1) その中の最も短いパルス幅からスタートする。

(2) P1 で駆動後、ローターの回転検出を行い、非回転のときは速やかに補正パルス P2 で駆動する。

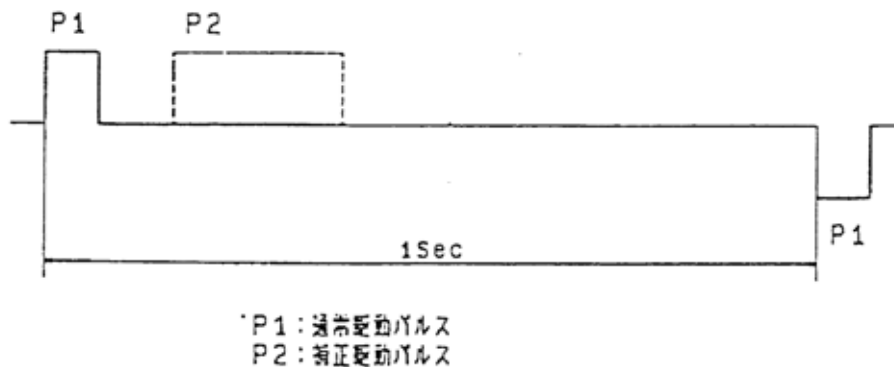
1 秒後の P1 パルス幅を非回転を検出した際のパルスより 1 段階分長くする。

(3) n 秒毎に P1 パルス幅を 1 段階分短くする。

以上の動作を繰り返すことにより、常に最小の電力でステップモーターを駆動でき低消費電力化が  
可能となった。

ローターの回転検出は、ローターの回転中に P1 が切れてもローターは慣性力で回り続け、コイルに  
誘起電流が発生する。この電流を観察することでパルスが切れた後のローターの回転状態を検知し、  
P1 でローターが回転できたかを判断している。

【図】図 1 概念図



出典 1、「110 頁 図 - 5 適応制御駆動パルスのタイミング例」

上記事例では、P1 パルスは単一であったが、ここを複数のパルス列で構成し、そのパルスのデュー  
ティを上下させる方式もあるが、この場合も、同上的方法でローターの回転を検知・判断している。

【出典 / 参考資料】

出典 1: 「時計用モータの現状と展望」, 「日本時計学会誌 No.150」, 「1994 年 9 月」, 「池西正孝、間中  
三郎 (セイコー電子工業) 著」, 「日本時計学会発行」, 107 - 117 頁

参考資料 1: 「薄型 AGS (自動巻発電ウオッチ) の開発」, 「日本時計学会誌 No.158」, 「1996 年 9 月」,  
「北原丈二 (セイコーエプソン) 著」, 「日本時計学会発行」, 22 - 31 頁

【技術分類】 3 - 5 - 1 出力手段 / モーター / 電磁ステップモーター

【 F I 】 G04C3/14@T

【技術名称】 3 - 5 - 1 - 4 正逆回転駆動

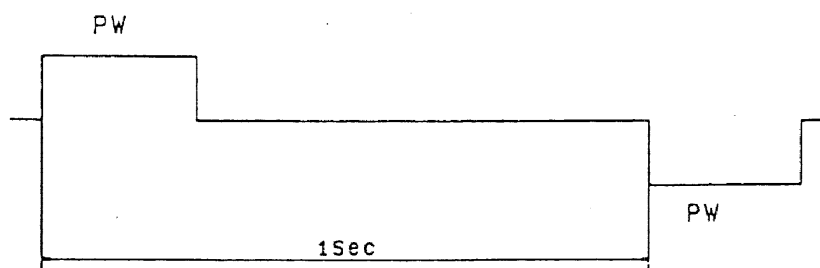
【技術内容】

駆動源としてステップ（間欠）的に回転するステップモーターを用いる方式であって、同一のステップモーターに対して与える駆動パルスの制御により、正回転と逆回転を可能にする技術である。

図 1 は、この技術の正転駆動パルスタイミング図であり、図 2 は、ローター正回転モデルである。

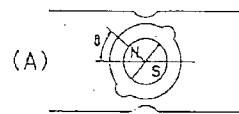
パルス PW をコイルに印加するとステーターが励磁され、ローターの磁極と反発しあいローターが正転方向に回転する。図 2（B）に示すとおり、ローターの磁極は磁気ポテンシャル最大点（ノッチ）を乗り越え、180 度回転した磁気ポテンシャルの最も低い安定静止位置図 2（C）に落ち着く。この動作の繰り返しで正転が継続される。

【図】図 1 正転駆動パルスタイミング図

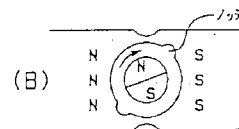


出典 1、「111 頁 図 - 6 正回転駆動パルスのタイミング例」

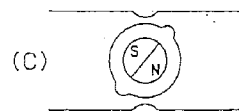
【図】図2 ローター正回転モデル



磁路に対して、ある安定静止位置を保っている。



パルス P w によって正回転。



パルス P w によって 180° 正回転終了し、

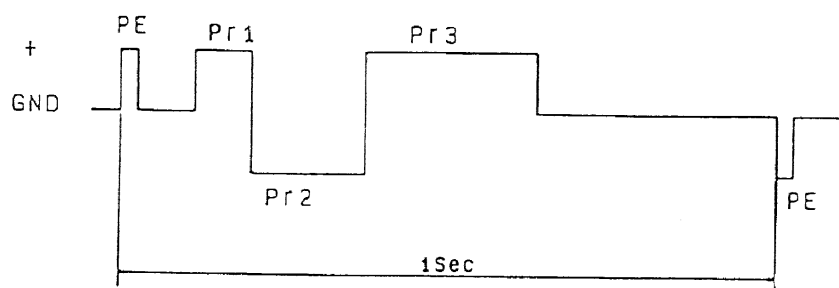
磁路に対して、安定静止位置に静止。

出典 1、「112 頁 図 - 7 ロータ回転モデル」

図3は、この技術の逆転駆動パルスタイミング図であり、図4は、ローター逆回転モデルである。逆転駆動は、正回転駆動しかできない単相ステップモーターに対しパルス制御によって逆回転駆動を可能にした。

PE パルスは、ステーターのわずかな幅で接続してある部分を飽和させるためのパルスである。Pr1 パルスを印加するとステーターが励磁され、ローターの磁極と反発しあいローターが正回転を始める。

【図】図3 逆転駆動パルスタイミング図



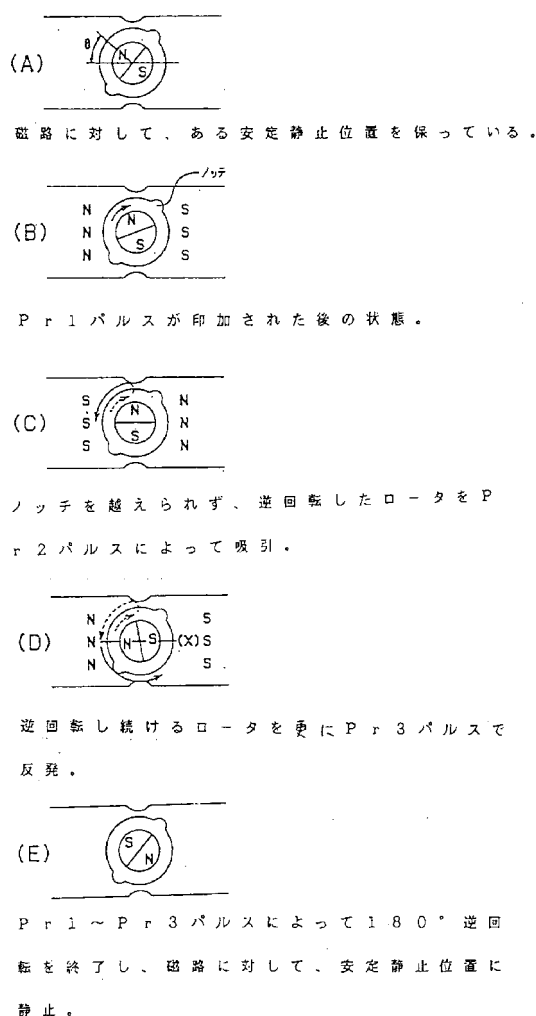
PE : 消磁パルス  
Pr1 ~ Pr3 : 駆動パルス

出典 1、「114 頁 図 - 12 逆回転駆動パルスのタイミング例」

図 4 (B) は、Pr1 パルスが短いためローターの磁極は磁気ポテンシャル最大点（ノッチ）を超えられず反対方向に回転する。

さらに、Pr2 パルスが印加されるとローターの磁極と吸引しあいローターの回転が加速される。ローターの磁極が図 4 (D) の X 軸を通過した後、Pr3 パルスを印加すると、ローターの磁極と反発しあいローターがさらに回転を続ける。Pr3 パルスが切れると、ローターは磁気ポテンシャルの最も低い安定静止位置図 4 (E) に静止する。これによって 180 度逆回転したことになる。この動作の繰り返りで逆転が継続する。

【図】図 4 ローター逆回転モデル



出典 1、「115 頁 図 - 13 ローター回転モデル」

当該技術の実現に当たっては以下の配慮が必要となる。

- ・逆回転駆動において、Pr3 のパルス幅により最低駆動動作電圧と最高駆動動作電圧が大きく変化するので、安定した逆回転駆動をするために Pr3 パルス幅の設定に配慮が必要である。

この技術は、秒針がメロディーに同期して正逆転するメロディー時計に応用でき、視覚的な面白さを向上させる効果もある。また、クロノグラフやアラーム時計にも応用できアラーム時刻のセット時間の短縮、クロノグラフの正逆帰零での帰零時間の短縮といった操作性向上の効果もある。



【出典／参考資料】

出典 1：「時計用モータの現状と展望」、『日本時計学会誌 No.150』、『1994 年 9 月』、『池西正孝、間中三郎（セイコー電子工業）著』、『日本時計学会発行』、107 - 117 頁

参考資料 1：「メロディに同期して運針するアナログクォーツの開発」、『日本時計学会誌 No.131』、『1989 年 12 月』、『池西正孝、猿渡朋澄（セイコー電子工業）著』、『日本時計学会発行』、14 - 22 頁

参考資料 2：「パーペチュアルカレンダーウォッチの開発」、『日本時計学会誌 No.133』、『1990 年 6 月』、『佐瀬正弘、武藤健男、菅野文雄（シチズン時計）著』、『日本時計学会発行』、36 - 52 頁

参考資料 3：「アナログ多機能クォーツの開発 2 - キャリバー 5T・7T 回路システム - 』、『日本時計学会誌 No.134』、『1990 年 9 月』、『川口孝、鈴木裕、矢部宏（セイコーエプソン）著』、『日本時計学会発行』、11 - 22 頁

参考資料 4：「セイコークォーツ Cal.2M21A の技術内容」、『国際時計通信 354 号』、『1989 年 10 月』、『セイコー電子工業著』、『国際時計通信社発行』、358 - 362 頁

参考資料 5：「正逆転モータを使用した長周期・高荷重ねじり振り子」、『日本時計学会誌 No.147』、『1993 年 12 月』、『占部卓男（精工舎）著』、『日本時計学会発行』、13 - 25 頁

【応用分野】 3 - 3 - 4 出力手段／機械式表示／多針

【技術分類】 3 - 5 - 1 出力手段 / モーター / 電磁ステップモーター

【 F I 】 G04C3/14@T

【技術名称】 3 - 5 - 1 - 5 高速回転駆動

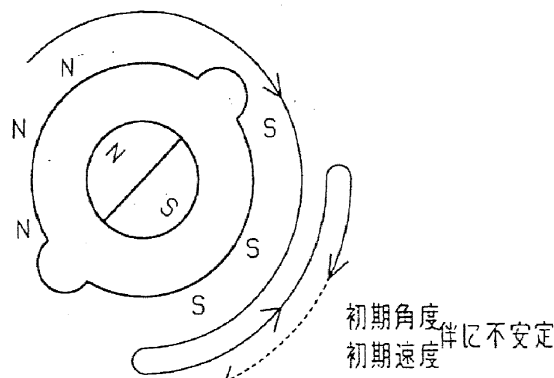
【技術内容】

駆動源としてステップ（間欠）的に回転するステップモーターを用いる方式であって、駆動パルスの制御によって高速回転を可能にする技術である。

図 1 は、1 秒間に 64 回（64Hz）パルス出力した正転高速回転駆動時のローター回転運動をモデル化したものである。

64Hz 駆動の場合、パルスとパルスの間隔が 15.6msec と非常に短い。従って、1Hz 駆動に比べ制動区間が約 1 / 100 の 9.6msec と極端に短くなる。ローターが安定静止する前にパルスが印加されるため、ローターの運動状態が一定にならず不安定な駆動となったり、運針ミスが発生することもある。この現象を防ぐには、ローターの回転エネルギーをできるだけ早く収束させることにより正転高速回転駆動が実現できる。

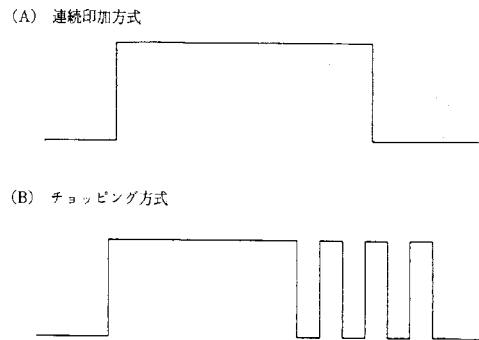
【図】 図 1 正転高速回転駆動ローターモデル図



出典 1、「113 頁 図 - 9 64Hz 正転駆動モデル図」

図 2 は、2 つのパルス形態を示す。(A) はごく一般的な駆動パルスであり、(B) は駆動パルスに間欠的なパルスを付加している。この間欠的なパルスは、ローターの回転エネルギーを早く収束させる役目をもっている。よって、間欠的なパルスにより正転高速回転の際の安定駆動が得られる。

【図】図2 正転高速回転駆動パルスモデル



出典 1、「114 頁 図 - 11 正転駆動パルス形状モデル」

逆回転駆動における高速回転駆動は、正回転駆動と同様に駆動パルスが切れたのち、いかにローターの回転エネルギーを早く収束させることができるかがポイントである。この場合にも駆動パルスに間欠的パルスを付加することで、正転と同様に安定した高速逆回転駆動が可能となる。

当該技術の実現に当たっては以下の配慮が必要となる。

- (1) 高速駆動時のローターは過渡振動中に次の駆動パルスが出力されると誤作動をする可能性があるため、コイルの起磁力を大きくし、1 駆動あたりのパルス幅を短くすることにより、大きな力で速くローターを回転さ、減衰させて安定した高速駆動を行う配慮が必要である。
- (2) 輪列及び針の慣性モーメントを小さくすることと、ローターの減衰振動に対して臨界制動が加わるような駆動パルスの選択が必要である。

この技術は、秒針がメロディーに同期して正逆転で高速に運針するメロディー時計に応用でき、視覚的な面白さを向上させる効果もある。また、クロノグラフやアラーム時計にも応用できアラーム時刻のセット時間の短縮、クロノグラフの高速運針、正逆高速帰零での帰零時間の短縮といった操作性向上の効果もある。

#### 【出典 / 参考資料】

出典 1:「時計用モータの現状と展望」,「日本時計学会誌 No.150」,「1994 年 9 月」,「池西正孝、間中三郎（セイコー電子工業）著」,「日本時計学会発行」, 107 - 117 頁

参考資料 1:「1 / 100 秒計測を可能にしたアナログクォーツストップウォッチについて」,「日本時計学会誌 No.117」,「1986 年 12 月」,「小田切博之、清野喜彦（セイコー電子工業）著」,「日本時計学会発行」, 30 - 39 頁

参考資料 2:「アナログ多機能クォーツの開発 - キャリバー5T・7T 回路システム - 」,「日本時計学会誌 No.134」,「1990 年 9 月」,「川口孝、鈴木裕、矢部宏（セイコーエプソン）著」,「日本時計学会発行」, 11 - 22 頁

参考資料 3:「新 KINETIC システム Auto Relay の開発」,「マイクロメカトロニクス Vol.44 No.1」,「1999 年 9 月」,「藤沢照彦、小島博之（セイコーエプソン）著」,「日本時計学会発行」, 43 - 50 頁

参考資料 4:「大出力 2 極扁平モータの試作」,「日本時計学会誌 No.154」,「1995 年 9 月」,「宮内則雄（シチズン時計）著」,「日本時計学会発行」, 26 - 34 頁

参考資料 5:「セイコーのアナログクォーツ・ストップウォッチ Cal.8A 系の技術内容」,「国際時計通

信 307 号」,「1985 年 11 月」,「セイコー電子工業著」,「国際時計通信社発行」, 413 - 418 頁  
参考資料 6 :「高速 2 極パルスモータの開発」,「日本時計学会誌 No.163」,「1997 年 12 月」,「樋口晴彦、市川雅一（シチズン時計）著」,「日本時計学会発行」, 13 - 20 頁

【応用分野】 3 - 3 - 4 出力手段 / 機械式表示 / 多針

【技術分類】 3 - 5 - 1 出力手段 / モーター / 電磁ステップモーター

【 F I 】 G04C3/14@T,W

【技術名称】 3 - 5 - 1 - 6 自励回転駆動

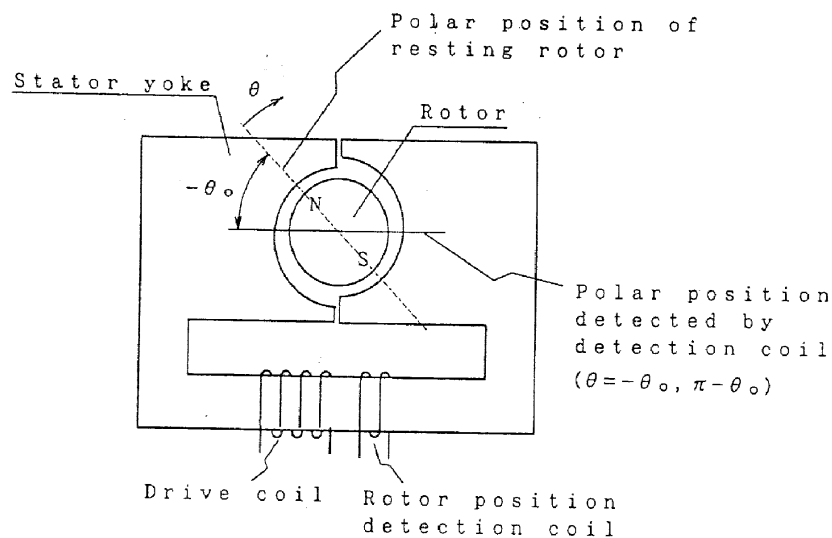
【技術内容】

アナログクォーツに用いる電磁ステップモーターの高速駆動を実現する方式であって、ローターの位置を検出するために駆動コイルと同軸に巻かれたタイミング検出用のコイルにより駆動時の誘起電流を検出して高速回転をさせる技術である。

図 1 はこの技術の概略平面図である。

このモーターには、ローターの磁極位置を検出する目的で、駆動用コイル以外にローター位置検出用コイルを磁心に巻回されている。このローター位置検出用コイルは、ローターの永久磁石の磁極位置 -  $\theta_0$  と  $\pi - \theta_0$  を検出する。このローター位置検出コイルの検出する磁極位置にローターが回転してきたときに駆動電流の方向を切り換えてローターを駆動すると、磁石の極性とステーターの穴部に発生する磁極の同期がとれ、自励的に高速回転する。

【図】図 1 概略平面図

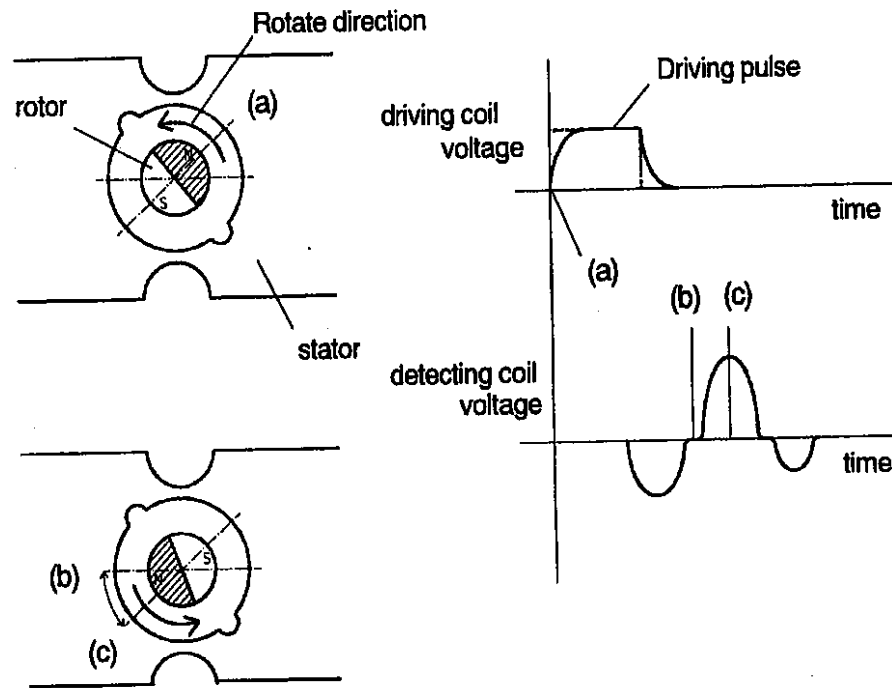


出典 1、「28 頁 Fig.2 Big Power Bipolar Flat Motor」

図 2 は、この技術のローター駆動状態とそれに伴った誘起電流を示す概念図である。

駆動パルス出力前の状態では、ローターのコギングトルクにより (a) の位置で静止している。駆動パルスが出力されるとローターは回転を始め、検出用コイルにはローターの回転によって電流が誘起される。ローター (b) の位置を通過したとき誘起電流はゼロとなり、さらに回転すると逆極性の電流が発生する。次の駆動パルスを出力するタイミングは、ローターの回転角度が  $135^\circ \sim 180^\circ$  の間であり、励磁状態での停止位置と非励磁状態における次の停止位置の間をローターが通過したタイミングを検出して駆動することにより安定した高速回転が得られる。

【図】図2 概念図



出典 2、「49 頁 Fig.8 Motion of Rotor & Current Wave」

当該技術の実現に当たっては以下の配慮が必要となる。

- (1) 外部からの交流磁界などの影響を押えるために、検出判定電圧をある一定レベル以上に設定する必要がある。
- (2) タイミング検出において、駆動用コイルと検出用コイルの相互インダクタンスの影響も考慮する必要がある。
- (3) 同一モーターで通常の運針も行っているため、通常駆動時のモーター特性と自励駆動時の両立に配慮が必要である。

この技術は、腕時計の振動アラームモーターに応用でき、偏心錘のついたローターを安定的に高速で回転することができる。また、パワーセーブ機能の時刻復帰モーターにも応用されており、復帰の所要時間短縮の効果もある。その他、クロノグラフなどの高速帰零にも応用が可能な技術である。

#### 【出典 / 参考資料】

- 出典 1:「大出力 2 極扁平モータの試作」,「日本時計学会誌 No.154」,「1995 年 9 月」,「宮内則雄(シチズン時計) 著」,「日本時計学会発行」, 26 - 34 頁
- 出典 2:「新 KINETIC システム Auto Relay の開発」,「マイクロメカトロニクス Vol.44 No.1」,「1999 年 9 月」,「藤沢照彦、小島博之(セイコーエプソン) 著」,「日本時計学会発行」, 43 - 50 頁

【技術分類】 3 - 5 - 1 出力手段 / モーター / 電磁ステップモーター

【 F I 】 G04C3/14@U

【技術名称】 3 - 5 - 1 - 7 ローパワー化

#### 【技術内容】

アナログクォーツの運針用の電磁ステップモーターにおいて、必要最小限のエネルギーで駆動するために駆動パルスを制御する方式であって、駆動パルスの形を変えることで、よりローパワー化する技術である。

図 1 は、一般的な矩形波駆動信号の消費電力図で、電源電圧による消費電力の変化を示している。

駆動電圧に応じてパルスの幅  $P_n$  を調整しており、低電圧域では長く、高電圧域では短くしているが高電圧になるほど消費電力が高くなっている。この原因は、以下に記す電磁モーターの運動方程式で表すことができる。トルクを一定とした場合、角速度が大きくなると電流が大きくなるが、これは電磁ブレーキの影響によるものである。電圧の上昇に伴いパルス幅  $P_n$  が短くなり、ローターの角速度が大きくなるためである。

$$T = A ( \quad ) \cdot I - z \cdot$$

T: トルク

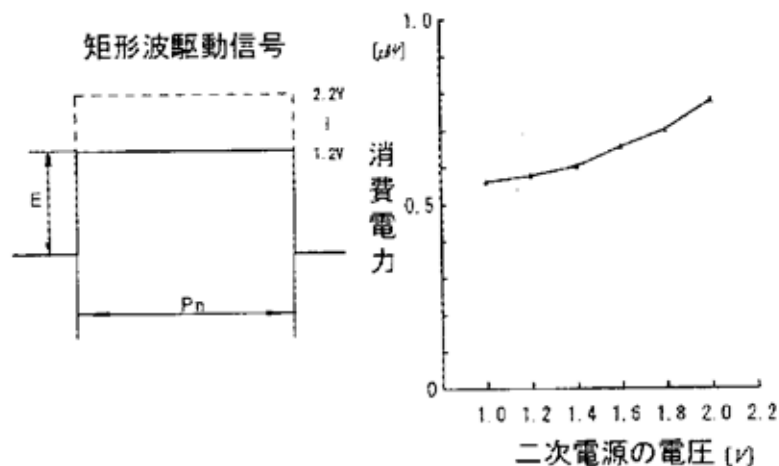
A ( ): 力係数

I: 電流

z: 機械インピーダンス

: 角速度

【図】 図 1 矩形波駆動信号の消費電力図

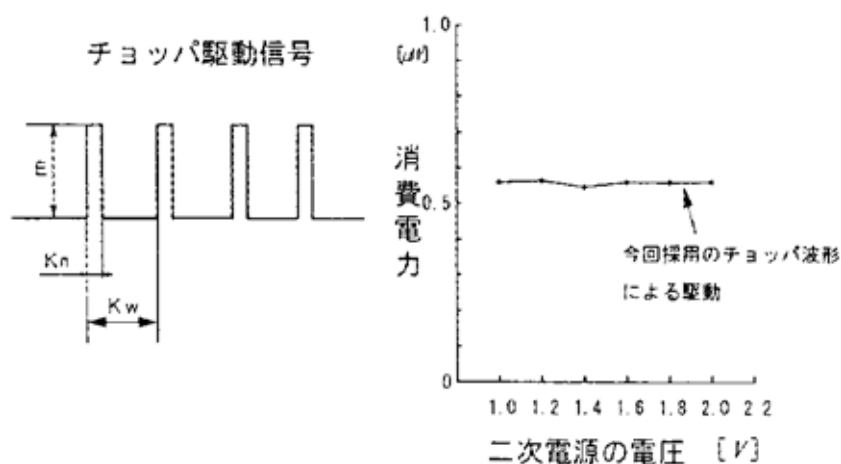


出典 1、「23 頁 図 1 Cal.5M の消費電力電圧特性」

図 2 は、チョッパー駆動の消費電力図で、同じく電源電圧による消費電力の変化を示している。チョッパー駆動とは、駆動信号印加期間中の電圧信号を ON・OFF し、間欠パルスで駆動させるものである。パルスの制御手段は  $K_w$  を変えずに  $K_n$  の幅を変動させるものであり、電圧変動に対してパルスのトータル長さを一定に保っている。これによってローターの回転速度は電圧変動に影響されず一定となり、消費電力も一定になる。

課題としては、渦電流損失の増大と、回転検出性能の低下がある。渦電流損失は、磁束の変化が高周波になることによるもので、磁気経路の部材を積層することで損失を低減できる。回転検出の低下はローター回転速度が一定になることに起因する。回転可否を判定する基準電圧は電源電圧に依存するので、電源電圧が上昇しても検出電圧値が変わらず回転と判断できないことである。これに対しては、ステーターの形状を工夫することで高い検出電圧値を得ることができ対応可能である。

【図】図2 チョッパー駆動の消費電力図



出典 1、「24 頁 図2 Cal.5M のチョッパ駆動の効果」

この技術は、二次電池用いた充電式の時計で特に有効になる。二次電源の電圧は充電量によって変動があるので、この技術を用いることで充電量が変化してもモーターの消費電力を一定にできる。持続時間の確保が重要な充電式の時計では大きな効果である。

#### 【出典 / 参考資料】

出典 1:「薄型 AGS (自動巻発電ウォッチ) の開発」,「日本時計学会誌 No.158」,「1996 年 9 月」,「北原文二 (セイコーエプソン) 著」,「日本時計学会発行」, 22 - 31 頁