

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3832435号

(P3832435)

(45) 発行日 平成18年10月11日(2006.10.11)

(24) 登録日 平成18年7月28日(2006.7.28)

(51) Int. Cl.

F I

H O 2 P 8/12 (2006.01)

H O 2 P 8/00

B

G O 4 C 3/14 (2006.01)

G O 4 C 3/14

U

G O 4 C 3/14

W

請求項の数 7 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2003-6323 (P2003-6323)
 (22) 出願日 平成15年1月14日(2003.1.14)
 (62) 分割の表示 特願平9-25676の分割
 原出願日 平成9年2月7日(1997.2.7)
 (65) 公開番号 特開2003-219695 (P2003-219695A)
 (43) 公開日 平成15年7月31日(2003.7.31)
 審査請求日 平成16年1月22日(2004.1.22)

(73) 特許権者 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
 (74) 代理人 100095728
 弁理士 上柳 雅誉
 (74) 代理人 100107076
 弁理士 藤綱 英吉
 (74) 代理人 100107261
 弁理士 須澤 修
 (72) 発明者 原 辰男
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ
 ーエプソン株式会社内

審査官 川端 修

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ステッピングモーターの制御装置、その制御方法および計時装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

多極磁化されたロータと駆動コイルを備えたステータ内で回転駆動可能なステッピング
 モータの制御装置であって、

前記駆動コイルに対し前記ロータを駆動するための第1の駆動パルスを供給する第1の
 駆動手段と、

前記駆動コイルに供給された駆動パルスによって前記ロータが回転したか否かを検出する
 回転検出手段と、

前記ロータの回転が検出できなかったときに前記第1の駆動パルスより実効電力の大きな
 補助パルスを供給する補助パルス供給手段と、

第1の設定回数だけ連続して前記ロータが回転したときに前記第1の駆動パルスの実効
 電力を段階的に調整するレベル調整手段と、

前記補助パルスが供給された後に、第2の設定回数だけ、前記補助パルスが供給された
 直前の前記レベル調整手段によって調整された駆動パルスの実効電力より数段階だけ大きな
 実効電力の第2の駆動パルスを供給することを特徴とするステッピングモータの制御装置。

【請求項2】

請求項1において、前記第2の駆動手段は、前記駆動パルスのパルス幅を変更して実効
 電力を調整可能であることを特徴とするステッピングモータの制御装置。

【請求項3】

請求項 1 において、前記第 2 の駆動手段は、前記駆動パルスの電圧を変更して実効電力を可能であることを特徴とするステッピングモータの制御装置。

【請求項 4】

多極磁化されたロータと駆動コイルを備えたステータ内で回転駆動可能なステッピングモータの制御方法であって、

前記駆動コイルに対し前記ロータを駆動するための第 1 の駆動パルスを供給する第 1 の駆動工程と、

前記駆動コイルに供給された駆動パルスによって前記ロータが回転したか否かを検出する回転検出工程と、

前記ロータの回転が検出できなかったときに前記第 1 の駆動パルスより実効電力の大きな補助パルスを供給する補助工程と、

第 1 の設定回数だけ連続して前記ロータが回転したときに前記第 1 の駆動パルスの実効電力を段階的に低減するレベル調整工程と、

前記補助パルスが供給された後に第 2 の設定回数だけ、前記補助パルスが供給された直前の前記レベル調整工程において調整された前記第 1 の駆動パルスの実効電力より数段階大きな実効電力の第 2 の駆動パルスを供給する第 2 の駆動工程とを有することを特徴とするステッピングモータの制御方法。

【請求項 5】

請求項 4 において、前記第 2 の駆動工程は、前記駆動パルスのパルス幅を変更して実効電力を調整することを特徴とするステッピングモータの制御方法。

【請求項 6】

請求項 4 において、前記第 2 の駆動工程は、前記駆動パルスの電圧を変更して実効電力を調整することを特徴とするステッピングモータの制御方法。

【請求項 7】

請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載のステッピングモータの制御装置と、
前記駆動パルスにより時計針を運針するステッピングモータと、
複数の周波数のパルス信号を出力するパルス合成手段とを有することを特徴とする計時装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ステッピングモータの制御装置および制御方法に関し、特に、低消費電力の電子時計などに適した制御装置および制御方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

ステッピングモータは、パルスモータ、ステッピングモータ、階動モータあるいはデジタルモータなどとも称され、デジタル制御装置のアクチュエータとして多用されているパルス信号によって駆動されるモータである。近年、携帯に適した小型の電子装置あるいは情報機器が開発されており、これらのアクチュエータとして小型、軽量化されたステッピングモータが多く採用されている。このような電子装置の代表的なものが電子時計、時間スイッチ、クロノグラフといった計時装置である。図 7 にステッピングモータを用いた腕時計装置などの計時装置の一例を示してある。この計時装置 9 は、ステッピングモータ 10 と、このステッピングモータ 10 を駆動する制御装置 20 と、ステッピングモータ 10 の動きを伝達する輪列 50、および輪列 50 によって運針される秒針 61、分針 62 および時針 63 を備えている。ステッピングモータ 10 は、制御装置 20 から供給される駆動パルスによって磁力を発生する駆動コイル 11 と、この駆動コイル 11 によって励磁されるステータ 12 と、さらに、ステータ 12 の内部において励磁される磁界により回転するロータ 13 を備えており、ロータ 13 がディスク状の 2 極の永久磁石によって構成された P M 型（永久磁石回転型）のステッピングモータ 10 となっている。ステータ 12 には、駆動コイル 11 で発生した磁力によって異なった磁極がロータ 13 の回りのそれぞれの相（

極) 15 および 16 に発生するように磁気飽和部 17 が設けられている。また、ロータ 13 の回転方向を規定するために、ステータ 12 の内周の適当な位置には内ノッチ 18 が設けられており、コギングトルクを発生させてロータ 13 が適当な位置に停止するようにしている。

【0003】

ステッピングモータ 10 のロータ 13 の回転は、かなを介してロータ 13 に噛合された五番車 51、四番車 52、三番車 53、二番車 54、日の裏車 55 および筒車 56 からなる輪列 50 によって各針に伝達される。四番車 52 の軸には秒針 61 が接続され、二番車 54 には分針 62 が接続され、さらに、筒車 56 には時計針 63 が接続されており、ロータ 13 の回転に連動してこれらの各針によって時刻が表示される。輪列 50 には、さらに、年月日などの表示を行うための伝達系など(不図示)を接続することももちろん可能である。

10

【0004】

この計時装置 9 では、ステッピングモータ 10 の回転によって時刻を表示するために、ステッピングモータ 10 には基準となる周波数の信号をカウント(計時)して定期的に駆動パルスが供給される。ステッピングモータ 10 を制御する本例の制御装置 20 は、水晶振動子などの基準発振源 21 を用いて基準周波数の基準パルスやパルス幅やタイミングの異なるパルス信号を発生するパルス合成回路 22 と、パルス合成回路 22 から供給された種々のパルス信号に基づきステッピングモータ 10 を制御する制御回路 23 を備えている。さらに、制御回路 23 は、後述する駆動回路を制御する駆動制御回路 24 と、回転検出などを行う検出回路 25 を備えている。駆動制御回路 24 は、駆動回路を介して駆動コイル 11 に対しステッピングモータ 10 の駆動用ロータ 13 を駆動するための駆動パルスを供給する駆動パルス供給部 24a と、駆動パルスに続いて駆動用ロータ 13 の回転検出用に誘導電圧を誘起する回転検出パルスを出力するための回転検出パルス供給部 24b と、駆動用ロータ 13 が回転しなかったときに駆動パルスより実効電力の大きな補助パルスを出力するための補助パルス供給部 24c と、補助パルスに続いて消磁用に補助パルスと極性の異なる消磁パルスを出力するための消磁パルス供給部 24d と、さらに、駆動パルスの実効電力を調整するためのレベル調整部 24e を備えている。また、検出回路 25 は、回転検出パルスによって得られた回転検出用の誘導電圧を設定値と比較して回転の有無を検出し、その結果を駆動制御回路 24 にフィードバックできるようになっている。

20

30

【0005】

駆動制御回路 24 の制御の基にステッピングモータ 10 に様々な駆動パルスを供給する駆動回路 30 は、直列に接続された n チャンネル MOS 33a と p チャンネル MOS 32a、および n チャンネル MOS 33b と p チャンネル MOS 32b によって構成されたブリッジ回路を備えており、これらによって電池 41 からステッピングモータ 10 に供給される電力を制御できるようになっている。さらに、p チャンネル MOS 32a および 32b とそれぞれ並列に接続された回転検出用抵抗 35a および 35b と、これらの抵抗 35a および 35b にチョッパパルスを供給するためのサンプリング用の p チャンネル MOS 34a および 34b を備えている。従って、これらの MOS 32a、32b、33a、33b、34a および 34b の各ゲート電極に駆動制御回路 24 の各パルス供給部 24a ~ 24e からそれぞれのタイミングで極性およびパルス幅の異なる制御パルスを印加することにより、駆動コイル 11 に極性の異なる駆動パルスを供給したり、あるいは、ロータ 13 の回転検出用のパルスを供給することができる。

40

【0006】

図 8 に、制御装置 20 の動きをフローチャートに纏めて示してある。まず、ステップ ST1 で計時用の基準パルスをカウントして 1 秒を計測する。1 秒が経過すると、ステップ ST2 において駆動パルス供給部 24a の制御によって駆動パルス P1 を出力する。続いて、ステップ ST3 で回転検出用パルス供給部 24b の制御によって回転検出用パルス SP2 を出力し、得られた電圧を検出回路 25 で設定値と比較してロータ 13 の回転を確認する。回転が確認できない場合は、補助パルスを用いて確実にロータ 13 を回転させるサブ

50

ルーチンを実効する。このサブルーチンにおいては、まず、ステップ S T 4 において、補助パルス供給部 2 4 c の制御の基に実効電力の大きな補助パルス P 2 を供給してロータ 1 3 を確実に回転させる。補助パルス P 2 が出力されるとステップ S T 5 において消磁パルス供給部 2 4 d の制御の基に消磁パルス P E を出力する。次いで、レベル調整部 2 4 e において、次に出力される駆動パルス P 1 の実効電力を 1 段階アップする。そして、これらのステップを行うとメインルーチンに戻り、以下のプロセスを実効する。

【 0 0 0 7 】

ステップ S T 3 において、ロータ 1 3 の回転が確認された場合は、上記のサブルーチンを行わずステップ S T 7 においてカウンタ n を加算する。そして、ステップ S T 8 において、カウンタ n の値が第 1 の設定値 N 0 に達していない場合はステップ S T 1 に戻って上記の工程を繰り返す。カウンタ n の値が第 1 の設定値 N 0 に達している場合は、一定の実効電力の駆動パルス P 1 によってロータ 1 3 が第 1 の設定値 N 0 回だけ連続して回転したことになるので、ステップ S T 9 においてレベル調整部 2 4 を用いて次の駆動パルス P 1 の実効電力を 1 段階下げる。そして、ステップ S T 1 0 においてカウンタ n を零クリアして次のサイクルに備える。

【 0 0 0 8 】

図 9 にステッピングモータ 1 0 を回転駆動するために駆動コイル 1 1 に一方の極性の磁界を励起する p チャンネル M O S 3 3 a、n チャンネル M O S 3 2 a およびサンプリング用の p チャンネル M O S 3 4 a の各ゲート G P 1、G N 1 および G S 1 と、逆方向の磁界を励起するための p チャンネル M O S 3 3 b、n チャンネル M O S 3 2 b およびサンプリング用の p チャンネル M O S 3 4 b の各ゲート G P 2、G N 2 および G S 2 に供給される制御信号をタイミングチャートを用いて示してある。このステッピングモータの制御装置 2 0 は、計時装置 9 のステッピングモータ 1 0 を制御するために 1 秒ごとの運針を行うようになっており、駆動回路 3 0 にはサイクリックに 1 連の制御信号が供給される。まず、時刻 t 1 に、例えばパルス幅 W 1 0 の駆動パルス P 1 を出力するための制御信号が駆動制御回路 2 4 の駆動パルス供給部 2 4 a から駆動極側の n チャンネル M O S 3 2 a のゲート G N 1 および p チャンネル M O S 3 3 a のゲート G P 1 に供給される。駆動パルス P 1 に続いて、時刻 t 2 にロータ 1 3 の回転検出を行う回転検出用のパルス S P 2 を出力するための制御パルスが駆動制御回路 2 4 の回転検出パルス供給部 2 4 b から駆動極側の p チャンネル M O S 3 3 a のゲート G P 1 およびサンプリング用の M O S 3 4 a のゲート G S 1 に供給される。この回転検出パルス S P 2 は、デューティが 1 / 2 程度のチョップパルスであり、ロータ 1 3 が回転したときに駆動コイル 1 1 に励起される誘導電流を回転検出用抵抗 3 5 a の出力電圧として得られるようにしている。そして、回転検出用抵抗 3 5 a の電圧が検出回路 2 5 で設定値と比較され、ロータ 1 3 が回転したか否かが判るようになっている。

【 0 0 0 9 】

回転検出パルス S P 2 によって励起される誘導電圧が設定値に達しない場合は、ロータ 1 3 が回転しなかったものと判断され、ステップ S T 4 において時刻 t 3 に補助パルス P 2 を出力するための制御信号が駆動制御回路 2 4 の補助パルス供給部 2 4 c から駆動極側の n チャンネル M O S 3 2 a のゲート G N 1 および p チャンネル M O S 3 3 a のゲート G P 1 に供給される。補助パルス P 2 は、ロータ 1 3 が必ず回転する程度のエネルギーをもった駆動パルス P 1 よりも実効電力の大きなパルス幅 W 2 0 の駆動用のパルスである。補助パルス P 2 が出力されると、これに続いて時刻 t 4 にステップ S T 5 において消磁用のパルス P E を出力するための制御パルスが駆動制御回路 2 4 の消磁パルス供給部 2 4 d から逆極側の n チャンネル M O S 3 2 b のゲート G N 2 および p チャンネル M O S 3 3 b のゲート G P 2 に供給される。この消磁パルス P E は、実効電力の大きな補助パルス P 2 によって発生したステータ 1 2 および駆動コイル 1 1 の残留磁束を低減するためのものであり、補助パルス P 2 とは逆極となるパルスを提供することによって実現している。消磁パルス P E を供給することによりステッピングモータ 1 0 を 1 ステップアングル回転駆動する一連のサイクルは終了する。

10

20

30

40

50

【0010】

時刻 t_1 から 1 秒経過した時刻 t_{11} からステッピングモータ 10 をさらに 1 ステップアングル回転するための次のサイクルが開始される。このサイクルでは、前のサイクルと反対側の MOS 32b、33b および 34b が駆動極側になる。先のサイクルと同様に、まず、時刻 t_{11} に駆動パルス P1 が出力されるが、前回のサイクルで補助パルス P2 が出力されているので、レベル調整部 24e によって実効電力が 1 段階上昇した駆動パルス P1 が選択されており、例えば、前のサイクルの駆動パルスより広いパルス幅 W_{11} の駆動パルス P1 が時刻 t_{11} に出力される。さらに、時刻 t_{12} に回転検出用のパルス SP2 が出力され、これによってロータ 13 の回転が検出されないと、さらに、時刻 t_{13} に補助パルス P2 が出力され、これに続いて時刻 t_{14} に消磁パルス PE が出力される。

10

【0011】

次の時刻 t_{21} に開始されたサイクルでは、時刻 t_{21} にさらに幅の広いパルス幅 W_{12} の駆動パルス P1 が出力される。この実効電力が上昇した駆動パルス P1 によってロータ 13 が回転したことが時刻 t_{22} に出力された回転検出用パルス SP2 によって検出されるとサイクルは終了する。パルス幅 W_{12} の駆動パルス P1 によって連続して所定の回数 N_0 だけロータ 13 が回転すると、次の時刻 t_{31} から開始されるサイクルでは、実効電力が 1 段下がった、例えば、パルス幅 W_{11} の駆動パルス P1 が出力される。

【0012】

このように、レベル調整部 24e によって駆動パルス P1 としてはロータ 13 を連続して回転駆動できる低い実効電力を備えたものが選択されるようになっており、低消費電力で正確な運針を行い、小型で薄く、寿命の長い計時装置を提供できるようになっている。

20

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

近年、腕時計装置などの計時装置は、さらに小型化するために電池スペースは小さくなり、その一方で長寿命化が図られている。このため、ステッピングモータで消費される電力をいっそう低減することが要求されている。また、計時装置内にユーザの腕の動きなどを捉えて発電を行える発電装置を内蔵し、電池なしでも駆動できる腕時計装置などが開発されている。このような自己発電型の計時装置では、放置されている間などの発電が行われない状態でも長時間継続して動作することが要求されるので、ステッピングモータの消費電力を低減することは重要な課題の 1 つである。

30

【0014】

ステッピングモータを駆動するための駆動パルスの電力は上述したような制御装置あるいは制御方法を採用することによって低減されている。しかしながら、発明者らがさらに詳しく検討したところによると、ほぼ最低限のトルクの駆動パルスによって回転していたステッピングモータが若干のトルク不足によってロータが回転せず補助パルスが出たケースにおいて、次のサイクルで 1 段階だけ実効電力の大きな駆動パルスが供給されてもトルク不足になるケースが多いことが判った。従って、いったん補助パルスが出力されるとトルク不足の状態が連続して発生し、1 段階のレベルアップではたりず一気に 2 ~ 3 段階レベルアップされた駆動パルスが出力されてしまうケースが多い。このような現象は、運針ミスによって駆動パルスに続いて補助パルスが出力されたときに輪列の歯車に加わるトルクが大きく変動するので、歯車のシャフトと軸受けの位置関係が微小に変動したり、歯車同士の噛み合い位置が変動するなどの原因によって噛み合い負荷が大きくなる場合があると考えられる。補助パルスが出力されていったん 2 ~ 3 段階レベルアップした駆動パルスになってしまうと、その後、複数回、例えば N_0 回連続して駆動できると駆動パルス P1 の実効電力は 1 段階下がり、さらに N_0 回連続して駆動できるとようやく元の実効電力の駆動パルスに戻るようになる。さらに、この間に噛み合い負荷が大きくなるケースがあると再び駆動パルス P1 の実効電力は 1 ~ 2 段階あるいはそれ以上に上昇してしまう。従って、連続してロータが回転して輪列の状態が補助パルスが出力される前の状態に復帰し、回転に必要なトルクが低くなった状態でも駆動パルス P1 の実効電力は必要な最低限の電力より多少、例えば、1 あるいは 2 段階程度、さらにそれ以上に大きな値のまま

40

50

になる。

【 0 0 1 5 】

また、補助パルス P 2 が出力される原因を検討すると、その多くは輪列の噛み合い負荷が偶然に増加したことによるケースが多いと考えられる。すなわち、ステッピングモータ 10 の動力を時計などに伝達する輪列 5 0 は、複数のギアが組み合わされているので、これらのギアの製造公差あるいは組み立て公差などに起因して周期的に噛み合い負荷が増加するケースがある。上述した制御方法では、1 ステップアングルでも噛み合い負荷が増加すると補助パルス P 2 が出力されるので駆動パルス P 1 の実効電力は 1 段階上昇してしまい、例えば、輪列が稼働する適当な周期の中で 2 ステップアングル分だけ噛み合い負荷が大きくなる状態があるとすると、このときに駆動パルス P 1 の実効電力は 2 段階上昇してしま 10

う。さらに、上記のように補助パルスのトルクによって輪列の状態に変動すると、さらに数ステップはトルクが大きな状態が続くことがある。従って、従来の制御装置あるいは制御方法では、ロータを回転するために必要な最低限のトルクを供給できる実効電力の駆動パルスが供給できる制御方式を採用しているにもかかわらず、実際には、それより数段高いエネルギーの駆動パルスが常時供給されていることが多い。

【 0 0 1 6 】

そこで、本発明においては、このような補助パルスあるいは組み立て公差などに起因する輪列の噛み合い具合によって効率の悪くなるタイミングが発生する場合でも、他の効率の良いタイミングはできるだけ低い実効電力の駆動パルスを供給することにより、ステッピングモータの駆動電力をさらに低下することが可能な制御装置および制御方法を提供す 20

ることを目的としている。そして、小型で長寿命の計時装置や、自己発電型で長時間放置しておいても継続して計時のできる計時装置を実現できる制御方法および制御装置を提供することも本発明の目的の 1 つである。

【 0 0 1 7 】

【課題を解決するための手段】

このため、本発明においては、駆動パルスに続いて補助パルスが供給されたことによって噛み合い負荷が増加した場合でもロータが数ステップ回転する間に元の状態に復帰してトルクが低くなることが多いこと、および、歯車の公差などに起因して噛み合い負荷が大きくなってしまうのも 1 あるいは数ステップに限定されることが多いことに着目し、供給されたときに駆動パルスの実効電力を一様に上昇するのではなく、補助パルスから所定の 30

期間内だけ実効電力が多少大きな駆動パルスを供給し、その後は先に設定された低い実効電力の駆動パルスを供給できるようにしている。すなわち、本発明の、多極磁化されたロータと駆動コイルを備えたステータ内で回転駆動可能なステッピングモータの制御装置であって、前記駆動コイルに対し前記ロータを駆動するための第 1 の駆動パルスを供給する第 1 の駆動手段と、前記駆動コイルに供給された駆動パルスによって前記ロータが回転したか否かを検出する回転検出手段と、前記ロータの回転が検出できなかったときに前記第 1 の駆動パルスより実効電力の大きな補助パルスを供給する補助パルス供給手段と、第 1 の設定回数だけ連続して前記ロータが回転したときに前記第 1 の駆動パルスの実効電力を段階的に調整するレベル調整手段と、前記補助パルスが供給された後に、第 2 の設定回数 40

だけ、前記補助パルスが供給された直前の前記レベル調整手段によって調整された駆動パルスの実効電力より数段階だけ大きな実効電力の第 2 の駆動パルスを供給するようにしている。この第 2 の駆動パルスはパルス幅を変更したり、あるいは、駆動パルスの電圧を変更することによって駆動パルスの実効電力を制御することができる。

【 0 0 1 8 】

多極磁化されたロータと駆動コイルを備えたステータ内で回転駆動可能なステッピングモータの制御方法であって、前記駆動コイルに対し前記ロータを駆動するための第 1 の駆動パルスを供給する第 1 の駆動工程と、前記駆動コイルに供給された駆動パルスによって前記ロータが回転したか否かを検出する回転検出工程と、前記ロータの回転が検出できなかったときに前記第 1 の駆動パルスより実効電力の大きな補助パルスを供給する補助工程と、第 1 の設定回数だけ連続して前記ロータが回転したときに前記第 1 の駆動パルスの実 50

効電力を段階的に低減するレベル調整工程と、前記補助パルスが供給された後に第２の設定回数だけ、前記補助パルスが供給された直前の前記レベル調整工程において調整された前記第１の駆動パルスの実効電力より数段階大きな実効電力の第２の駆動パルスを供給する第２の駆動工程とを有するようにしている。

【００１９】

このような第２の駆動手段あるいは第２の駆動工程を設けることにより、連続してロータを回転した実績に基づき実効電力が低くなった第１の駆動パルスの実効電力を上げずに、何らかの原因によって輪列の噛み合い負荷などが増加し、短時間だけ実効電力の大きな駆動パルスが必要とされる状況に対応することができる。従って、小さな実効電力の駆動パルスで運針できるタイミングでは、必要最小限のエネルギーに設定された第１の駆動パルスを供給することができるのでステッピングモータで消費される電力をさらに低減することが可能になる。一方、負荷が大きくなるステップアングルでは補助パルスに続いて実効電力の大きな第２の駆動パルスが出力されるので、消費電力の大幅な増加に繋がる補助パルスを連続して出力ような事態も防止することができる。

10

【００２２】

このように、低消費電力でステッピングモータを確実に回転することができる本発明の制御装置と、駆動パルスにより時計針を運針するステッピングモータと、複数の周波数のパルス信号を出力するパルス合成手段とを備えた計時装置を実現することにより、精度が高く、さらに、消費電力が非常に小さな小型で長寿命の計時装置を提供することができる。また、発電装置を内蔵した計時装置に本発明の制御方法あるいは制御装置を採用することにより長時間放置しても運針を継続して行える計時装置を実現することができる。

20

【００２３】

また、本発明のステッピングモータの制御方法は、論理回路や、マイクロプロセッサの制御用プログラムなどとしてコンピュータに読み取り可能な媒体に記憶された状態で提供することができ、計時装置にかぎらず低消費電力で精度の高いモータ駆動の要求される装置に適用することができる。

【００２４】

【発明の実施の形態】

〔第１の実施の形態〕

以下に図面を参照しながら本発明をさらに詳細に説明する。図１に、本発明の第１の実施の形態に係る計時装置１の概略構成を示してある。本例の計時装置１は、ステッピングモータ１０を制御装置２０によって駆動し、ステッピングモータ１０の動きを輪列５０を介して秒針６１、分針６２および時計針６３に伝達して運針を行うようになっている。ステッピングモータ１０および輪列５０、さらに、制御装置２０の主な構成は図７に基づき説明したものと同様につき、共通する部分には同じ符号を付して以下では詳細な説明を省略する。

30

【００２５】

本例の計時装置１の制御装置２０に採用されている制御回路２３も駆動制御回路２４と検出回路２５を備えている。本例の駆動制御回路２４は、駆動回路３０を介して駆動コイル１１に駆動パルスＰ１を供給する第１の駆動パルス供給部２４ａと、駆動パルスに続いて回転検出用のパルスＳＰ２を供給する回転検出パルス供給部２４ｂと、駆動パルスより実効電力の大きな補助パルスＰ２を供給する補助パルス供給部２４ｃと、補助パルスに続いて消磁パルスＰＥを供給する消磁パルス供給部２４ｄと、駆動パルスＰ１の実効電力を制御できるレベル調整部２４ｅと、さらに、第１の駆動パルス供給部２４ａから供給される駆動パルスＰ１より実効電力の大きな第２の駆動パルスＰ１１を供給できる第２の駆動パルス供給部２４ｆを備えている。この第２の駆動パルス供給部２４ｆは、第１の駆動パルスＰ１よりも実効電力が数段階大きな第２の駆動パルスＰ１１を補助パルスＰ２から所定の第２の設定回数（本例においてはＭ０回のサイクル）だけ連続して供給するようになっている。

40

【００２６】

50

また、本例の計時装置 1 は、電池 4 1 から出力された電力を昇降圧回路 4 9 を介して制御装置 2 0 の駆動回路 3 0 に供給できるようになっている。本例の昇降圧回路 4 9 は、複数のコンデンサ 4 9 a、4 9 b および 4 9 c を用いて多段階の昇圧および降圧ができるようになっており、制御装置 2 0 の駆動制御回路 2 4 から制御信号 1 1 によって駆動回路 3 0 に供給する電圧を調整することができる。また、昇降圧回路 4 9 の出力電圧はモニタ回路 1 2 によって駆動制御回路 2 4 にも供給されており、これによって出力電圧をモニタすることができる。従って、第 1 の駆動パルス P 1 および第 2 の駆動パルス P 1 1 の実効電力は、レベル調整部 2 4 e が昇降圧回路 4 9 を制御することによって設定することが可能である。このように、本例の計時装置 1 においては、パルス幅と電圧によって第 1 の駆動パルス P 1 および第 2 の駆動パルス P 1 1 の実効電力を制御できるので、きめの細かい駆動電力の制御が可能であり、ロータ 1 3 を回転するのに適した電力の駆動パルスを供給して省電力化を図っている。

10

【0027】

図 2 に、本例の計時装置 1 に採用されているステッピングモータの制御方法の概略をフローチャートを用いて示してある。このフローチャートにおいても、先に図 8 に基づき説明した制御方法と同様のステップには同じ符号を付してあり、以下では詳しい説明を省略する。まず、ステップ S T 1 で運針用に 1 秒を計測する。本例の制御装置 2 0 においては、次にステップ S T 1 1 において、第 2 の駆動パルス P 1 1 のカウンタ m の値が第 2 の設定回数 M 0 に達しているか否かを判断する。カウンタ m の値が第 2 の設定回数 M 0 に達している場合は、ステップ S T 2 に移行して第 1 の駆動パルス供給部 2 4 a の制御に基づき従来と同様に駆動パルス P 1 を出力する。

20

【0028】

一方、カウンタ m が第 2 の設定回数 M 0 以下である場合は、ステップ S T 1 2 に移行して第 1 の駆動パルス P 1 に代わり、第 2 の駆動パルス供給部 2 4 f の制御に基づき実効電力の大きな第 2 の駆動パルス P 1 1 を出力する。そして、ステップ S T 1 3 においてカウンタ m を加算する。補助パルス P 2 が出力されるタイミングは、組み立て公差などの原因によって輪列の噛み合い具合が乱れて効率の悪い状態になっている場合が多い。さらに、このような原因による噛み合い負荷が増加するステップアングルは 1 ステップあるいは長くても数ステップに限定されているケースが殆どである。また、補助パルス P 2 が出力されたことによって輪列の状態が代わって噛み合い負荷が増加した状態になっても、ロータが数ステップ回転することによってもとの噛み合い負荷の低い状態に復帰することが多い。このため、本例のように、補助パルス P 2 に続いて実効電力が多少大きな第 2 の駆動パルス P 1 1 を適当なステップアングル分だけ出力することによって噛み合い負荷が増加する期間を乗り切ることが可能であり、その後は、先に供給されていた実効電力の小さな第 1 の駆動パルス P 1 で通常通りの運針を行うことができる。

30

【0029】

第 1 または第 2 の駆動パルス P 1 または P 1 1 が出力された後は、ステップ S T 3 において回転検出用パルス供給部 2 4 b によって検出用パルス S P 2 が供給され、検出回路 2 5 でロータ 1 3 の回転が正常に行われたか否かが確認される。そして、ロータ 1 3 が回転していない場合はステップ S T 4 で補助パルス供給部 2 4 c によって補助パルス P 2 が出力され、これに続いてステップ S T 5 で消磁パルス供給部 2 4 d によって消磁パルス P E が出力される。さらに、ステップ S T 6 で駆動パルスの実効電力を 1 段階レベルアップする。その後、本例の制御装置 2 0 において、ステップ S T 1 5 で第 2 の駆動パルス P 1 1 を出力するためのカウンタ m を初期化して次のサイクルでは第 2 の駆動パルス P 1 1 が出力されるようにしている。

40

【0030】

一方、ステップ S T 3 においてロータ 1 3 の回転が確認されると、ステップ S T 7 において第 1 の駆動パルス P 1 のカウンタ n がアップされる。そして、ステップ S T 8 で、第 1 の駆動パルス P 1 の実効電力を低減するための第 1 の設定回数 N 0 と比較される。カウンタ n が第 1 の設定回数 N 0 に到達しているときはステップ S T 9 で第 1 の駆動パルス P 1

50

の実効電力が１段階下げられ、ステップＳＴ１０においてカウンタｎが初期化される。

【００３１】

図３に、タイミングチャートを用いて本例の制御装置からステッピングモータ１０に駆動パルスなどが供給される一例を示してある。図３には、先に説明した図９と同様に、駆動コイル１１にある方向の磁界（駆動極側）を励起するｐチャンネルＭＯＳ３３ａ、ｎチャンネルＭＯＳ３２ａおよびサンプリング用のｐチャンネルＭＯＳ３４ａの各ゲートＧＰ１、ＧＮ１およびＧＳ１と、駆動極側に対して反対となる逆方向の磁界を励起するためのｐチャンネルＭＯＳ３３ｂ、ｎチャンネルＭＯＳ３２ｂおよびサンプリング用のｐチャンネルＭＯＳ３４ｂの各ゲートＧＰ２、ＧＮ２およびＧＳ２に供給される制御信号を用いて示してあり、図８と共通する部分については同じ符号を付して説明を省略する。

10

【００３２】

まず、上記のフローチャートのステップＳＴ１において時間が経過すると、前のサイクルでは補助パルスＰ２が出力されておらず、また、カウンタｍの値が第２の設定回数Ｍ０に達しているので、時刻ｔ４１に電圧Ｖ１０の第１の駆動パルスＰ１が出力され、最初のサイクルが開始される。次に時刻ｔ４２にステップＳＴ３において回転検出用パルスＳＰ２が出力され、回転が検出されないと時刻ｔ４３にステップＳＴ４で補助パルスＰ２が出力される。補助パルスＰ２が出力されると、時刻ｔ４４にステップＳＴ５で消磁パルスＰＥが出力され１つのサイクルを終了する。

【００３３】

時刻ｔ４１から１秒が経過すると次のサイクルが開始される。前のサイクルで補助パルスＰ２が出力されているので、カウンタｍは零クリアされている。このため、このサイクルでは、ステップＳＴ１１においてカウンタｍが第２の設定回数Ｍ０に達していないので、時刻ｔ５１にステップＳＴ１２で第１の駆動パルスＰ１よりレベルアップされた、すなわち、実効電力の大きな第２の駆動パルスＰ１１が出力される。本例の計時装置１においては、昇降圧回路４９によって電圧を制御できるようになっているので、第２の駆動パルスＰ１１として電圧Ｖ１０より高い電圧Ｖ１１の駆動パルスが時刻ｔ５１に出力される。なお、昇降圧回路４９から出力される電圧を制御することによって駆動回路３０からステッピングモータ１０に供給されるパルスの電圧が決定されるが、以下では、簡単のためタイミングチャートに示された制御用のパルスの電圧で駆動パルスの電圧を示してある。

20

【００３４】

第２の駆動パルスＰ１１に続いて時刻ｔ５２にステップＳＴ３で回転検出用のパルスＳＰ２が供給され、ロータ１３の回転が確認される。同様に次のサイクルにおいても時刻ｔ６１に第２の駆動パルスＰ１１が出力され、次の時刻ｔ６２に回転検出用のパルスＳＰ２が出力される。さらに、次のサイクルにおいても時刻ｔ７１に第２の駆動パルスＰ１１が出力され、次の時刻ｔ７２に回転検出用のパルスＳＰ２が出力される。本例の計時装置１においては、第２の設定回数Ｍ０を例えば３に設定してあり、時刻ｔ８１から始まる次のサイクルにおいては、第２の駆動パルスＰ１１のカウンタｍが３になる。従って、時刻ｔ８１から始まる次のサイクルにおいては、ステップＳＴ１１からステップＳＴ２に移行し、補助パルスＰ２（時刻ｔ４３）が供給される前のサイクルより実効電力が１ランクアップした電圧Ｖ１０'の第１の駆動パルスＰ１が時刻ｔ８１に出力される。

30

40

【００３５】

このように、本例の計時装置１に採用されている制御装置２０においては、ロータ１３を駆動するための負荷が高くなって補助パルスＰ２が出力される状態になった後に、従来であれば駆動パルス（本例においては第１の駆動パルス）Ｐ１の実効電力を１段階ずつ上げて対応していたのに対し、第１の駆動パルスＰ１の実効電力を１ランクだけアップした後に、その第１の駆動パルスＰ１の実効電力よりも１段階またはそれ以上大きな実効電力の第２の駆動パルスＰ１１を供給して負荷が高くなった状態に対処するようにしている。先に説明したように、ロータ１３の負荷が増す主な原因は輪列の噛み合い負荷が微小な製造上のばらつきや組み立て上のばらつきによって増加することに起因しているケースがほとんどである。さらに、その後もロータ１３の負荷が大きな状態が継続する原因は、公差に

50

よって噛み合い負荷が増加した状態が続くことがあることと、駆動トルクの大きな補助パルスが供給されることによって輪列の噛み合い状態が低トルクの駆動パルスのおかげから若干変動してしまうことによるものが殆どである。このため、周期的に発生すること多いが、ロータが数ステップ継続して回転することによって元のトルクで回る状態に復帰するので、負荷が増加するために大きな実効電力のパルスが必要となるステップアングルの数は少ない。従って、本例のように補助パルス P 2 に続いて通常供給される実効電力の駆動パルス P 1 よりも実効電力が多少大きい駆動パルス P 1 1 を供給することによって負荷が増えたステップアングルを回転ミスなく駆動することができる。さらに、トルクの非常に大きな補助パルスを連続して供給せずに済むので、消費電力を低減できると同時に輪列の状態を早期に復帰させることができる。そして、噛み合い負荷が増加するステップアングルを経過した後は、実効電力が最小限に絞られた駆動パルス P 1 を供給してロータ 1 3 を駆動することができる。従って、従来のように、実際に必要とされるエネルギーの 1 あるいは 2 段階程度あるいはそれ以上に大きな実効電力の駆動パルスが常時供給されるような事態を避けることができ、ステッピングモータで消費される電力をさらに低減することが可能となる。

10

【 0 0 3 6 】

〔第 2 の実施の形態〕

図 4 に、本発明の第 2 の実施の形態に係る計時装置 1 の概略構成を示してある。本例の計時装置 1 は、図 1 に基づき説明した計時装置とほぼ同じ構成につき、共通する部分については同じ符号を付して以下では詳細な説明は省略する。本例の計時装置 1 に採用されている制御回路 2 3 は、駆動パルス P 1 を供給する駆動パルス供給部 2 4 a と、ロータ 1 3 の回転検出用パルス S P 2 を供給する回転検出用パルス供給部 2 4 b と、補助パルス P 2 を供給する補助パルス供給部 2 4 c を備えている。

20

【 0 0 3 7 】

本例の駆動制御回路 2 4 の補助パルス供給部 2 4 c は、上述した従来の回路と同様に検出回路 2 5 でロータ 1 3 が回転しないと判定された場合に実効電力の大きな補助パルス P 2 を供給するようになっている。また、補助パルス P 2 に続いて出力される消磁パルス P E を制御する本例の消磁パルス供給部 2 4 d は、消磁パルス P E を従来よりも遅いタイミングで次の駆動パルス P 1 の直前に出力するようになっており、これによって次の駆動パルス P 1 の実質的な実効電力を高めてロータ 1 3 を回転するのに十分なエネルギーを与えられるようにしている。従って、駆動パルス P 1 のエネルギーを増やさずに補助パルス P 2 に続くサイクルでは実質的な実効電力の大きな駆動パルスを供給することができ、回転不良の原因となった噛み合い負荷の増加するステップアングルを乗り切ることができる。また、補助パルス P 2 が連続して供給されるのを防止できるので、輪列の噛み合い状態を早期に噛み合い負荷の低い元の状態に復帰させることができる。従って、本例のステッピングモータ 1 0 の制御回路 2 0 においては、噛み合い公差や軸ずれなどによって負荷が増加したステップアングルを乗り切れば噛み合い負荷の少ない状態に合わせて実効電力がほぼ限界まで低下された駆動パルス P 1 を用いてステッピングモータ 1 0 を駆動できるようになっている。このため、従来のように限界値の数段回上の実効電力の駆動パルス P 1 が供給される機会が大幅に減少し、ステッピングモータを駆動する際の消費電力をさらに低減することができる。

30

40

【 0 0 3 8 】

図 5 に、本例の計時装置 1 に採用されているステッピングモータの制御方法の概略をフローチャートを用いて示してある。このフローチャートにおいても、先に説明した制御方法と同様のステップには同じ符号を付してあり、共通する部分については以下では詳しい説明を省略する。まず、ステップ S T 1 で運針用に 1 秒を計測し、1 秒が経過するとステップ S T 2 において駆動パルス P 1 を出力する。これに続いてステップ S T 3 に回転検出用のパルス S P 2 を出力し、ロータ 1 3 が回転したか否かを検出する。回転が検出されなかったときは、補助パルス P 2 を供給するサブルーチンを実効する。このサブルーチンにおいては、ステップ S T 4 で実効電力の大きな補助パルス P 2 を出力し、次に消磁パルス P

50

Eを出力し、さらに、駆動パルスP1の実効電力を通常通り1ランクアップする。本例においては、消磁パルス供給部24dにおいて消磁パルスPEを出力するタイミングを遅らせるようにしており、ステップST21において時間経過を計測し、次のサイクルが始まる直前、すなわち、次の駆動パルスP1が出力される直前にステップST5において消磁パルスPEを出力するようにしている。補助パルスP2が出力された後に消磁パルスPEが出力されるとメインルーチンに戻ってステップST7に移行する。このように、本例の制御方法では、補助パルスP2が出力された後に駆動パルスP1の実効電力を1ランクアップすると共に、消磁パルスPEの電力を用いて大きな力で回転駆動させ、再び補助パルスP2が出力されて駆動パルスP1の実効電力が連続して2ランクあるいはそれ以上に増加するような事態を防止している。

10

【0039】

一方、ステップST3においてロータ13の回転が検出された場合は、補助パルスP2を出力するサブルーチンは実行されず、ステップST7においてカウンタnをアップし、ステップST8において第1の設定回数N0と比較する。そして、設定回数N0にカウンタnが達している場合はステップST9において駆動パルスP1の実効電力をさらに1段階低減して省電力化を図り、ステップST10でカウンタnを初期化する。

【0040】

図6に、タイミングチャートを用いて本例の制御装置からステッピングモータ10に駆動パルスなどが供給される一例を示してある。図6も先に説明した図3と同様に、駆動回路30を構成するpチャンネルMOS33a、nチャンネルMOS32aおよびサンプリング用のpチャンネルMOS34aの各ゲートGP1、GN1およびGS1、さらに、pチャンネルMOS33b、nチャンネルMOS32bおよびサンプリング用のpチャンネルMOS34bの各ゲートGP2、GN2およびGS2に供給される制御信号を用いて示してあり、上述した部分と共通するものについては同じ符号を付して説明を省略する。

20

【0041】

時刻t91に最初のサイクルが開始されると、まず、電圧V10の駆動パルスP1が駆動極側から出力され、これに続いて時刻t92に回転検出用のパルスSP2が出力される。そして、輪列の噛み合い公差などに起因してロータ13が回転しない場合は、時刻t93に実効電力の大きな補助パルスP2が駆動極側から出力される。次いで、本例の制御方法においては、次のサイクルが開始される時刻t101の直前に当たる時刻t94に消磁用のパルスPEが逆極側から出力される。消磁用パルスPEが出力されるとすぐに次のサイクルが開始され、時刻t101に前のサイクルの逆極側に相当する駆動極側で次の駆動パルスP1が出力される。このため、消磁パルスPEと駆動パルスP1によってロータ13を駆動するパルスが構成される状態となり実質的な実効電力が増大し、補助パルスP2が出力されることによって噛み合い負荷が増加したアングルでもロータ13を回転させることができる。

30

【0042】

時刻t102に回転検出用パルスSP2が出力され、回転が検出されると、次のサイクルでは時刻t111に補助パルスP2が時刻t93で出力される前より1ランクアップした駆動パルス、すなわち、電圧V10'の駆動パルスP1が出力される。このように、本例の制御装置および制御方法においては、噛み合い負荷が一時的に増加するために補助パルスP2を用いないとロータ13が回転できない状態となったときに、これに続く駆動パルスP1の実効電力を連続的に複数段階増加させることなく噛み合い負荷の高いタイミングを乗り切って精度の高い運針を行うことができる。

40

【0043】

以上のように、本例の計時装置1は、補助パルスP2が出力された後に、実効電力の大きな第2の駆動パルスP11を出力したり、あるいは、消磁パルスPEを出力するタイミングを次の駆動パルスP1に近づけるようにして実質的に実効電力の高い駆動パルスを供給できるようにしている。このため、噛み合い公差などに起因する非常に短い間だけステッピングモータ10にかかる負荷の増加に対し、駆動パルスP1の実効電力を必要以上に上

50

げずに対応することができる。従って、噛み合い公差などが元の状態に戻ってステッピングモータ10にかかる負荷も減ると、先に設定した実効電力より1ランクアップした程度の小さな駆動パルスP1が出力される。このため、従来においては、噛み合い公差や、その後の補助パルスが出力されたことによる軸ずれなどに起因する殆ど瞬間的な負荷の上昇によって駆動パルスP1の実効電力が数段階上昇してしまい結果的に必要最小限の実効電力よりも大きな駆動パルスによってステッピングモータが駆動されていたのに対し、本発明では瞬間的な負荷の上昇に対応できると共に負荷が通常に戻った場合には必要最小限の実効電力の駆動パルスを供給することができる。従って、ステッピングモータで消費される電力を従来よりもさらに低減することが可能となり、小型で長寿命の計時装置を実現したり、また、自己発電型の計時装置において長時間放置されても継続的に稼働する計時装置を提供することができる。また、本発明は腕時計装置などの計時装置に限らず、クロノグラフなどの多機能時計やその他の発電装置およびステッピングモータを内蔵した装置においても本発明を提供できることはもちろんである。

10

【0044】

なお、上記において説明したそれぞれの駆動パルスP1、補助パルスP2、および回転検出パルスSP2などの波形は例示であり、計時装置に採用されたステッピングモータ10の特性などに合わせて設定できることはもちろんである。また、上記の例では、計時装置に好適な2相のステッピングモータを例に本発明を説明しているが、3相以上のステッピングモータに対しても本発明を同様に適用できることはもちろんである。また、各相に共通した制御を行う代わりに、各相毎の適したパルス幅およびタイミングで駆動パルスを供給することも可能である。また、ステッピングモータの駆動方式は、1相励磁に限らず、2相励磁あるいは1 - 2相励磁であっても良いことはもちろんである。

20

【0045】

【発明の効果】

以上に説明したように、本発明の制御方法および制御装置はステッピングモータが所定の実効電力の駆動パルスによって連続して動いた場合に駆動パルスの実効電力を徐々に減らしながら低消費電力でステッピングモータを駆動できるものである。さらに、本発明によってステッピングモータの動力を伝達するための輪列の噛み合いの公差や、その後の強制的に回転させるためのトルクの大きな補助パルスの影響によって瞬間的に負荷が増えても、継続的に供給される駆動パルスの実効電力そのものは増加させずに対応することができるので、ほぼ限界まで低減された実効電力の駆動パルスによってステッピングモータを駆動することができる。従って、本発明により、従来にも増して低消費電力でステッピングモータを駆動することが可能となり、今後の小型で長寿命を目指した計時装置や、発電装置を内蔵して電池が不要の計時装置に好適な制御装置および制御方法を提供することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施の形態に係るステッピングモータと発電装置を格納した計時装置の概略構成を示す図である。

【図2】 図1に示す制御装置の制御方法を示すフローチャートである。

【図3】 図1に示す制御装置の動きを示すタイミングチャートである。

40

【図4】 本発明の第2の実施の形態に係るステッピングモータと発電装置を格納した計時装置の概略構成を示す図である。

【図5】 図4に示す制御装置の制御方法を示すフローチャートである。

【図6】 図4に示す制御装置の動きを示すタイミングチャートである。

【図7】 従来の計時装置の概略構成を示す図である。

【図8】 図7に示す制御装置の制御方法を示すフローチャートである。

【図9】 図7に示す計時装置に採用されている制御装置の動きを示すタイミングチャートである。

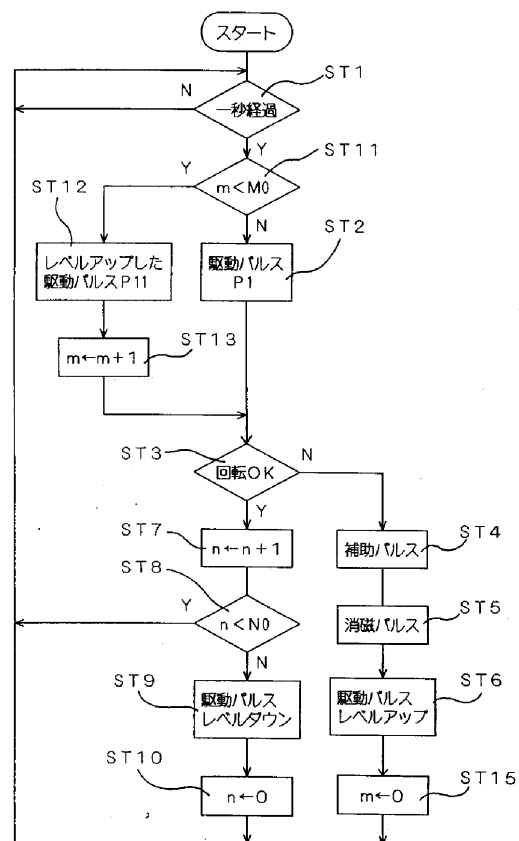
【符号の説明】

1、9・・・計時装置

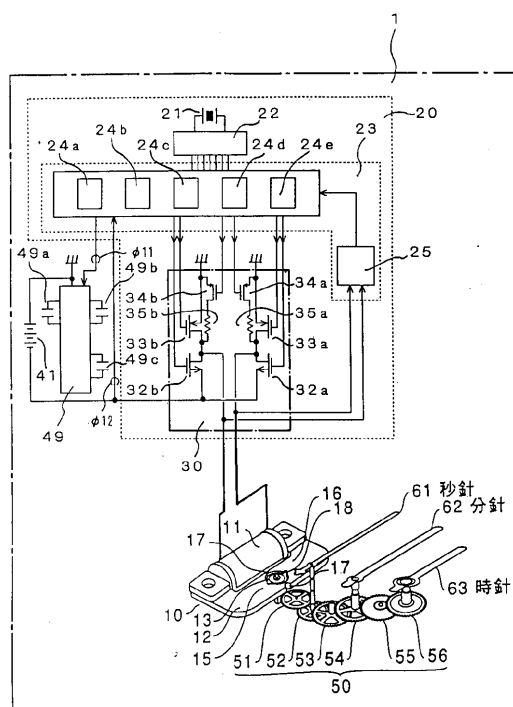
50

1 0 . . . ステッピングモータ	
1 1 . . . 駆動コイル	
1 2 . . . 駆動用ステータ	
1 3 . . . 駆動用ロータ	
2 0 . . . 制御装置	
2 1 . . . 水晶振動子	
2 2 . . . パルス合成回路	
2 3 . . . 制御回路	
2 4 . . . 駆動制御回路	
2 4 a . . . 第 1 の駆動パルス供給部	10
2 4 b . . . 回転検出用パルス供給部	
2 4 c . . . 補助パルス供給部	
2 4 d . . . 消磁パルス供給部	
2 4 e . . . レベル調整部	
2 4 f . . . 第 2 の駆動パルス供給部	
2 5 . . . 検出回路	
3 0 . . . 駆動回路	
4 1 . . . 電池	
4 9 . . . 昇降圧回路	
5 0 . . . 輪列	20
5 1 . . . 五番車	
5 2 . . . 四番車	
5 3 . . . 三番車	
5 4 . . . 二番車	
5 5 . . . 日の裏車	
5 6 . . . 筒車	
6 1 . . . 秒針	
6 2 . . . 分針	
6 3 . . . 時針	

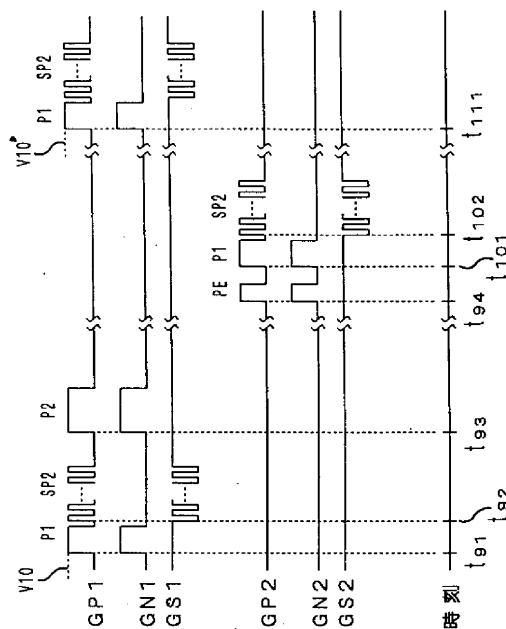
【圖 2】



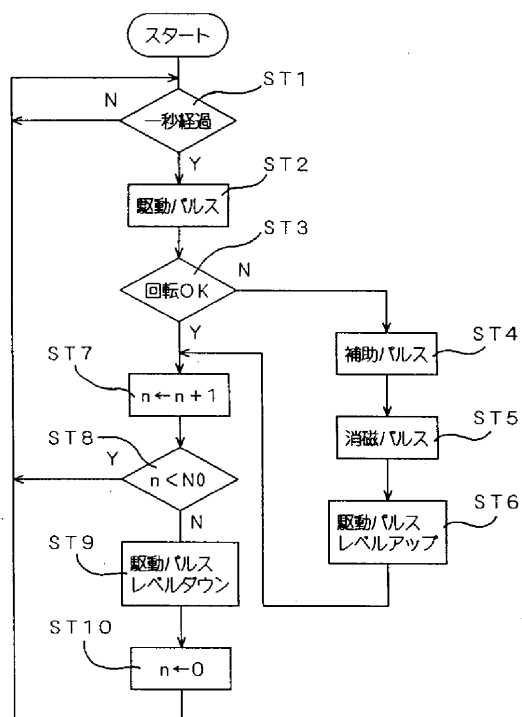
【 図 4 】



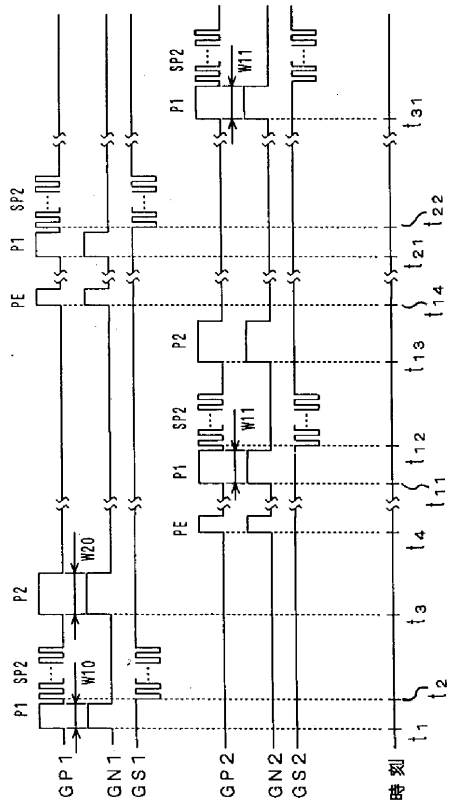
【 図 6 】



【 図 8 】



【図 9】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特公昭63-018149(JP,B1)
特公昭63-033109(JP,B1)
特開平05-090928(JP,A)
特開平08-019295(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P 8/12

G04C 3/14