

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5331370号
(P5331370)

(45) 発行日 平成25年10月30日(2013.10.30)

(24) 登録日 平成25年8月2日(2013.8.2)

(51) Int.Cl. F I
H O 2 P 8/38 (2006.01) H O 2 P 8/00 S

請求項の数 2 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2008-103830 (P2008-103830)	(73) 特許権者	000114215 ミネベア株式会社
(22) 出願日	平成20年4月11日(2008.4.11)		長野県北佐久郡御代田町大字御代田4106-73
(65) 公開番号	特開2009-261045 (P2009-261045A)	(74) 代理人	110000176 一色国際特許業務法人
(43) 公開日	平成21年11月5日(2009.11.5)	(72) 発明者	高田 和夫 東京都港区新橋5丁目36番11号 FD K株式会社内
審査請求日	平成23年1月17日(2011.1.17)	(72) 発明者	松井 隆之 東京都港区新橋5丁目36番11号 FD K株式会社内
		(72) 発明者	宮路 永 東京都港区新橋5丁目36番11号 FD K株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ステッピングモータの脱調状態検出方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

N相のステッピングモータを駆動するために各相のコイルに制御電流または電圧を通电する手段と、各相のコイルのそれぞれに誘起される逆起電圧を個別に測定する手段とを用い、ステッピングモータのロータにおける1ステップ歩進中の所定時点で、当該ステッピングモータの回転に影響を与えない程度の短い時間、各相のコイルの前記制御電流または電圧を各相順番に通電停止させるとともに、当該通電停止中のコイルの逆起電圧の測定結果に基づいて当該ステッピングモータの脱調状態を検出するための方法であって、

少なくとも一つの相のコイルにおいて、以下の(A)~(C)のいずれかに記載の脱調状態判定基準を満たすとともに、以下の(D)に記載の脱調状態判定基準を満たすことを特徴とするステッピングモータの脱調検出方法。

(A) 前記逆起電圧の測定値が所定値Va以下となること。

(B) 前記逆起電圧の測定値が所定回数(a回)以上連続して所定値Va以下なること。

(C) 前記逆起電圧が所定の測定機会(b回)のうちの所定回数(c回)以上で所定値Va以下となること。

(D) 連続する前後の測定機会における逆起電圧の変動値の絶対値が所定回数(d回)以上連続して所定値Vb以上となるとともに、当該連続中に前記逆起電圧が交互に増減した場合に脱調を検出すること。

【請求項2】

前記連続中における前記逆起電圧の変動値について、前後の変動値の絶対値の差分が所

定値 V_c 以下となることも前記脱調状態判定基準としたことを特徴とする請求項 1 に記載のステッピングモータにおける脱調状態検出方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明はステッピングモータの脱調を検出するための方法に関する。具体的には、N相のステッピングモータを駆動するために各相のコイルに制御電流または電圧を通電する手段と、各相のコイルのそれぞれに誘起される逆起電圧を個別に測定する手段とを用いて当該ステッピングモータの脱調状態を検出するための方法に関する。

【背景技術】

【0002】

図 1 にステッピングモータの電気回路の概略を示した。ここでは、A相とB相の2相励磁で駆動するバイポーラ型2相ステッピングモータを例示した。ステッピングモータ 1 は、周知のごとく、円周方向に沿って磁極 2 が交互に反転するように多極着磁された永久磁石を有するロータ 3 と、このロータ 3 の外周囲に配置されて2相以上の多相界磁を形成する2つ以上のステータヨークと、このステータヨークを励磁するコイル 4 とを備えている。そして、駆動回路 5 により、コイル 4 にパルス状の制御信号 (I_a 、 I_b) を通電することで、ロータ 3 が決められたステップ単位で回転する。そして、パルス信号の回数と周期によってロータの回転角度と回転速度を高精度に制御することができる。

【0003】

ところで、ステッピングモータは、その構造上、ステータとロータとに機械的な接触が無く長寿命であり、励磁状態では大きな静止トルクが得られる、といった特徴を有している反面、パルス信号の周期が短かったり、負荷が大きかったりすると、ロータが正常に回転できず、いわゆる脱調状態が発生する、という問題が存在する。ステッピングモータは、回転の角度や速度を高精度に制御する用途に使われることが多いことから、脱調状態となった際には、速やかにその状態を検出し、回転を止めたり、正常な回転状態に復帰させたりするなどのエラー処理を速やかに行う必要がある。そのため、脱調状態を検出し、その後のエラー処理を実行させるための回路やシステムが付帯している場合が多い。

【0004】

以下の各特許文献には、脱調状態におけるロータの回転挙動によりコイルに誘起される逆起電圧 (図 1: V_A 、 V_B) を測定することで脱調状態を検出する方法が記載されている。例えば、特許文献 1 には、N相ステッピングモータの少なくとも1相のコイルに誘起される逆起電圧の波形に基づいて脱調状態を検出している。また、特許文献 2 には、制御信号における各ステップ単位の期間内にモータの回転に影響しない程度の短い時間だけ信号を停止する期間を設け、その期間にコイルに誘起される逆起電圧を測定することで、脱調状態を高精度に検出できるようにした技術について記載されている。

【0005】

図 2 に特許文献 2 における脱調状態検出技術の概略を示した。この図では、2相ステッピングモータにおける制御信号波形 (制御電流波形) を示した。AB各相について、各ステップ期間 s_{tp} の所定のタイミング時点にロータの回転に影響しない程度の微少時間、制御信号を停止する期間 (停止期間) t が設けられている。この例では、電流値の符号が反転する時点 ($T_1 \sim T_6$) 前後にこの停止期間 t を設けており、この停止期間中に逆起電圧を測定することとしている。

【0006】

なお、上述した脱調状態の検出方法は、ステッピングモータの外付け回路として、あるいは、プログラムのアルゴリズムとしてICに組み込んだりコンピュータのソフトウェアとしてインストールしたりして実施される。そして、これら電気回路やIC、コンピュータにコイルからの逆起電圧の信号やその信号に相当するデータを入力し、脱調状態を検出した際には、その旨の脱調検出信号を出力させるようにしている。この検出信号が出力された後は、この信号に基づいて制御信号を発生する駆動回路をフィードバック制御するな

10

20

30

40

50

ど、適宜なエラー処理を実行すればよい。

【特許文献 1】特開 2 0 0 0 - 1 6 6 2 9 7 号公報

【特許文献 2】欧州特許公開公報 E P 1 4 6 0 7 5 7

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 7 】

本発明者らは、実際に従来 of 脱調検出方法について検証してみた。その結果、実際に脱調が発生する前に、回路が脱調であると判断してしまったり、実際に脱調しているのに脱調していないと判断してしまったりする確率が高かった。これは、モータが脱調すると実際は回転が停止するのではなく、小刻みに回転/停止を繰り返し、その回転/停止の状態が、モータ回転速度、負荷、およびステータヨークと多極着磁されたロータにおける各磁区との位置関係によって大きく変動するためである。したがって、脱調状態の兆候を示す逆起電圧の変動状態は多種多様であり、特許文献 1 に記載の技術のように、少なくとも 1 相以上の「所定の」コイルにおける逆起電圧の変動状態が所定の状態となることだけを条件として脱調の有無を判断することはできない。また、特許文献 2 に記載の技術のように、逆起電圧の測定方法のみを工夫しても十分な精度が得られない。

10

【 0 0 0 8 】

そして、特許文献 2 に記載の方法に基づいて脱調の検出シミュレーションを行った。具体的には、図 1 に示したステッピングモータ 1 にギアボックスを組み合わせてアクチュエータを構成し、このアクチュエータの出力ギアにトルク負荷を加えていったときの逆起電圧 (V A , V B)、および出力ギアをロック、すなわち脱調状態での逆起電圧 (V A , V B) を測定し、特許文献 2 に記載の方法に基づくアルゴリズムを適用した場合の結果をシミュレーションした。なお出力ギアをロックする際には、ステータヨークと磁極 2 との位置関係を試験機会ごとにずらすなどして、種々の脱調状態を再現した。その結果、脱調検出トルクが実際に脱調状態となるトルクの 7 0 % 程度であり、ステッピングモータを最大トルクで使用することができないことが判明した。また、脱調状態の検出確率も 8 5 % であった。

20

【 0 0 0 9 】

以上の課題より、本発明は、コイルに誘起される逆起電圧に基づいてステッピングモータの脱調状態を検出する方法において、ステッピングモータを最大トルクで使用可能とするとともに、より精度良く脱調状態を検出することを目的としている。

30

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

本発明者らは、ステッピングモータの脱調をより精度良く検出するためには、最適な逆起電圧測定方法を採用するだけではなく、脱調状態における逆起電圧やその変動状態を詳しく解析する必要があると考え、脱調状態における逆起電圧について鋭意研究を重ねた。その結果、N 相ステッピングモータにおいて、各相の逆起電圧それぞれについて個別に解析し、何れか一つの相において脱調状態を示唆する兆候があれば、その兆候を検出した時点をもって脱調状態であると判断することが重要であることを知見した。また、脱調状態における逆起電圧の値や変動パターンは一律ではなく、種々の種類があることも知見できた。

40

【 0 0 1 1 】

本発明は、上記知見に基づきなされたもので、N 相のステッピングモータを駆動するために各相のコイルに制御電流または電圧を通電する手段と、各相のコイルのそれぞれに誘起される逆起電圧を個別に測定する手段とを用い、ステッピングモータのロータにおける 1 ステップ歩進中の所定時点で、当該ステッピングモータの回転に影響を与えない程度の短い時間、各相のコイルの前記制御電流または電圧を各相順番に通電停止させるとともに、当該通電停止中のコイルの逆起電圧の測定結果に基づいて当該ステッピングモータの脱調状態を検出するための方法であって、

少なくとも一つの相のコイルにおいて、以下の (A) ~ (C) のいずれかに記載の脱調

50

状態判定基準を満たすとともに、以下の（D）に記載の脱調状態判定基準を満たすことを特徴とするステッピングモータの脱調検出方法としている。

（A）前記逆起電圧の測定値が所定値 V_a 以下となること。

（B）前記逆起電圧の測定値が所定回数（ a 回）以上連続して所定値 V_a 以下なること。

（C）前記逆起電圧が所定の測定機会（ b 回）のうちの所定回数（ c 回）以上で所定値 V_a 以下となること。

（D）連続する前後の測定機会における逆起電圧の変動値の絶対値が所定回数（ d 回）以上連続して所定値 V_b 以上となるとともに、当該連続中に前記逆起電圧が交互に増減した場合に脱調を検出すること。

【0012】

また、上前記連続中における前記逆起電圧の変動値について、前後の変動値の絶対値の差分が所定値 V_c 以下となることも前記脱調状態判定基準としたステッピングモータにおける脱調状態検出方法とすることもできる。

【発明の効果】

【0014】

本発明のステッピングモータの脱調状態検出方法によれば、ステッピングモータを最大トルクで使用可能とするとともに、より精度良く脱調状態を検出することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

=== 逆起電圧の測定 ===

本発明の実施形態としては、本発明の方法に基づくアルゴリズムに従ってステッピングモータを制御したり、各相のコイルにおける逆起電圧を測定したりするとともに、当該測定結果に基づいて脱調状態の判定を行うプログラムを組み込んだICや当該プログラムをインストールしたコンピュータなどが挙げられる。そして、このICやコンピュータは、当該プログラムを実行することで、逆起電圧を測定し、その測定結果に基づいて脱調状態である、と判定したならば、その旨の信号を検出したときにその旨を出力する。また本発明では、図2に示したように、ステッピングモータを駆動するための制御電流波形において、1ステップ期間 stp 毎に信号停止期間を、A相とB相とで交互となるようにして設け、その期間内における逆起電圧を各相個別に測定することとしている。

【0016】

=== 正常に回転しているときの逆起電圧特性 ===

ここで、まず、2相ステッピングモータを例に挙げて、ロータが正常に回転しているときに各相のコイルに誘起される逆起電圧の値の変化を測定した。当該測定に際しては、上述したようにステッピングモータとギアボックスを用いてアクチュエータを構成し、このアクチュエータの出力ギアに回転を維持できる最大の負荷を掛けた場合（負荷時）と、負荷を掛けない場合（無負荷時）とにおけるAB各相それぞれの逆起電圧を測定した。図3に当該測定結果を（A）～（C）のグラフにして示した。なお、各グラフにおける V_a で示した逆起電圧は、ロータが回転しているときの逆起電圧の最低値であり、脱調の検出基準となる閾値である。

【0017】

図3の各グラフが示すように、モータが回転しているときのA相（10a、11a）とB相（10b、11b）、および負荷時（10a、10b）と無負荷時（11a、11b）の逆起電圧の変動パターンには規則性が無く、例えば、閾値 V_a が測定される測定条件が、（A）（B）ではB相の負荷時（10b）であり、（C）ではA相の無負荷時（11a）である。また、連続する前後の測定機会における逆起電圧の増減について、（B）におけるB相の負荷時（10b）や（C）におけるA相の無負荷時（11a）のように交互に増減して規則性がある場合と、その他の逆起電圧特性のように規則性がない場合とがある。

【0018】

=== 脱調時の逆起電圧特性 ===

10

20

30

40

50

次に、アクチュエータの出力ギアをロックしてステッピングモータを脱調させ、その脱調時における逆起電圧を測定した。その結果、モータが脱調しているときのA相とB相それぞれの逆起電圧の変動パターンには、様々な種類があることが判明した。当該類型の一例を図4(A)～(D)のグラフにして示した。ここでは、A相とB相の逆起電圧(12a、12b)がともに閾値 V_a 以下で変動し、かつ逆起電圧が測定機会ごとに交互に増減する場合(A)、A相とB相の一方の逆起電圧(12a)が V_a 以下で変動し、かつその逆起電圧が前後の測定機会ごとに交互に増減する場合(B)、A相とB相の逆起電圧(12a、12b)がともに V_a 以上となる場合で、かつ逆起電圧が測定機会ごとに交互に増減する場合(C)、A相とB相の一方の逆起電圧(12a)が V_a 以下で変動するが、測定機会ごとの逆起電圧に増減の規則性がない場合(D)を例示している。そして、脱調時の特徴として挙げられるのは、逆起電圧の変動値が、正常に回転しているときのそれより大きいことである。

10

【0019】

この図4に示したような変動パターンが測定されれば脱調の可能性があり、と言えるが、これらの変動パターンから、正確に脱調を検出するためには、その変動パターン中に潜在するより具体的な脱調状態判定基準を規定する必要がある。そこで、さまざまな変動パターンについてより詳細に解析した結果、いくつかの脱調状態判定基準を規定することができた。

【0020】

以下の(1)～(5)にその脱調状態判定基準の例を挙げた。また、脱調状態判定基準(1)～(5)についての説明をそれぞれ図5(A)～(E)に示した。

20

(1) 何れかの相において、逆起電圧 V が連続して所定回数(a 回)以上閾値 V_a 以下となること：図5(A)(符号13)

(2) 何れかの相において、所定の測定機会(b 回、符号14)で、逆起電圧 V が所定回数(c 回)以上閾値 V_a 以下となること：図5(B)(符号15)

(3) 何れかの相において、連続する前後の測定機会における逆起電圧の差(変動値の絶対値) V が、所定測定機会(d 回)以上連続して所定の閾値 V_b 以上であること：図5(C)(符号16)

(4) (3)に加え、(3)における連続中(d 回の測定機会)についての逆起電圧が交互に増減すること：図5(D)

30

(5) (3)と(4)に加え、(4)における前後の増減の差分(変動値の絶対値 V の変動値の絶対値) V が所定の閾値 V_c 以下であること：図5(E)

なお、閾値 V_b や V_c は、上記アクチュエータの出力ギアをロックし、基準(3)や(5)の変動パターンを伴って脱調させたときの逆起電圧の測定値から求めればよい。

【0021】

=== 脱調検出時のトルクと脱調検出確率 ===

次に、上記アクチュエータにおける脱調状態が上記脱調状態判定基準(1)～(5)に基づいて検出できるかどうかを実際に試験した。なお、当該試験では、上記(1)～(5)の脱調状態判定基準を単独で採用した場合(実施例1～5)に加え、(2)と(4)の何れかを脱調状態判定基準として採用した場合(実施例6)と(2)と(5)の何れかを脱調状態判定基準として満たした場合(実施例7)についても検討した。また、上記回数に関わる条件 a 回～ d 回は、それぞれ $a = 3$ 、 $b = 8$ 、 $c = 3$ 、 $d = 4$ とした。

40

【0022】

以下の表1に当該試験の結果を示した。

【表 1】

試験	脱調状態判定基準	試験方法1	試験方法2
		脱調検出時トルク (%)	脱調検出率 (%)
実施例1	いずれかの相において、逆起電圧Vが連続して3回以上閾値Va以下となること	100	90
実施例2	いずれかの相において、連続する8回の測定機会、逆起電圧Vが3回以上閾値Va以下となること	100	93
実施例3	いずれかの相において、変動値の絶対値 ΔV が、4回以上連続して所定の閾値Vb以上であること	100	50
実施例4	実施例3に加え、当該実施例3における連続4回の測定機会についての逆起電圧が交互に増減すること	100	70
実施例5	実施例3と4に加え、実施例4における変動値の絶対値 ΔV の変動値の絶対値 $\Delta \Delta V$ が(3回連続して)所定の閾値Vc以下であること	100	75
実施例6	実施例2または実施例4の基準のいずれかを満足すること	100	98
実施例7	実施例2または実施例5の基準のいずれかを満足すること	100	100

10

20

30

【 0 0 2 3 】

この表 1 において、試験方法 1 は、上記アクチュエータの出力ギアに負荷を掛けていき、脱調状態となった時点におけるトルク値を 100% としたときに、実際に各実施例の脱調状態判定基準によって脱調を検出した時点におけるトルク値の割合を示している。そして、全ての実施例で 100%、すなわち、実際に脱調したときの負荷が掛かった時点で正確に脱調を検出した。したがって、上記各実施例の脱調状態判定基準に基づく脱調状態検出方法を採用することでステッピングモータを最大トルクで使用することができる。

40

【 0 0 2 4 】

試験方法 2 では、出力ギアをロックして脱調状態にした際、各実施例の脱調状態判定基準のそれぞれについて、実際に脱調が検出されたときの確率を調べた。なお、出力ギアをロックする際には、ステータヨークと磁極との位置関係を試験機会ごとにずらすなどして、種々の脱調状態を再現した。そして、実施例 1 と 2 において 90% 以上の確率で脱調を検出することができた。実施例 3 ~ 5 では、それぞれ、50%、70%、75% の確率で脱調を検出することができた。これは、(1) と (2) の脱調状態判定基準で脱調を検出できなくても他の脱調状態判定基準で脱調を検出できることを示しており、実際に (2) と (4) の何れか一方の脱調状態判定基準を満たした際に脱調と判定する実施例 6 では 9

50

8%の確率で脱調を検出でき、(2)と(5)の何れか一方の脱調状態判定基準を満たした際に脱調と判定する実施例7では100%の確率で脱調を検出することができた。

【0025】

=== その他の脱調状態判定基準について ===

脱調状態判定基準(1)や(2)では逆起電圧が閾値 V_a 以下となる回数を複数回以上としているが、閾値 V_a 以下となった時点をもって脱調であると判断してもよい。また、複数の脱調状態判定基準の組み合わせは、実施例6,7の組み合わせに限らない。適宜に組み合わせることで脱調検出確率を100%に近づけることが期待できる。もちろん、全て基準の何れかが満たされた時点で脱調を検出するようにしてもよい。また、複数の基準の何れかが満たされた時点をもって脱調を検出することは、実際に脱調が発生してから、それを検出するまでの時間を短縮することができる、という利点もある。

10

【0026】

なお本発明は、何れかの相における逆起電圧が脱調状態判定基準を満たせば脱調であると判断できるため、上記実施例にて示した2相ステップモータに限らず、N相のステップモータに適用することが可能である。また、逆起電圧を測定するタイミングは、各相のコイルに通電する制御電流の正負が反転する時点(図2: $T_1 \sim T_6$)に限らず、モータの回転に影響を与えない短い期間 t であれば、1ステップ期間 s_{tp} 内の適宜な時点としてよい。

【図面の簡単な説明】

【0027】

20

【図1】2相ステップモータの電気回路図である。

【図2】本発明の脱調状態検出方法における逆起電圧の測定方法の概略図である。

【図3】上記ステップモータが正常に回転しているときの各相の逆起電圧の変化を示す図である。

【図4】上記ステップモータが脱調しているときの各相の逆起電圧の変化を示す図である。

【図5】上記脱調状態の判定基準を説明するための図である。

【符号の説明】

【0028】

1 ステッピングモータ

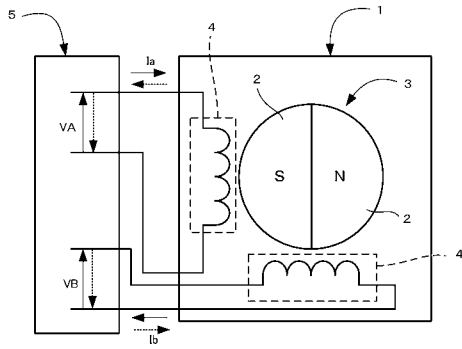
3 ロータ

4 コイル

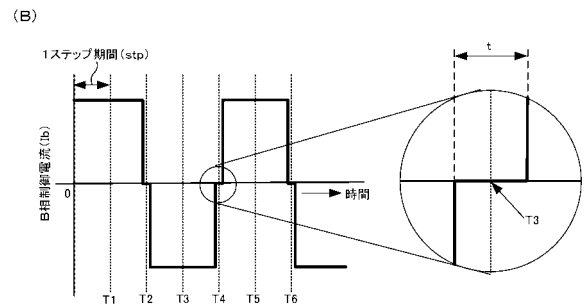
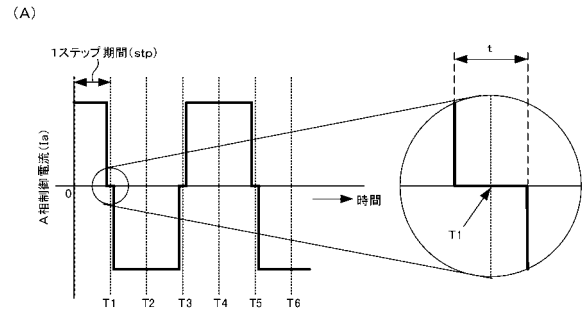
10a、10b、11a、11b、12a、12b 逆起電圧の変化

30

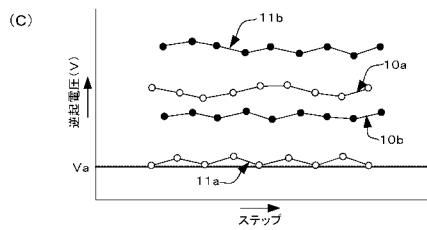
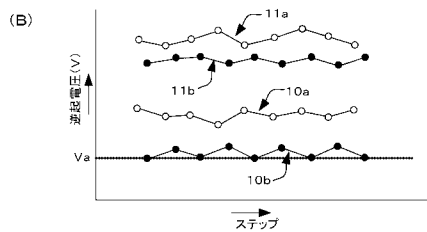
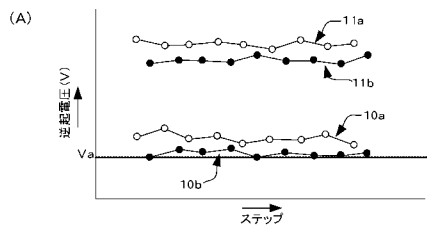
【図1】



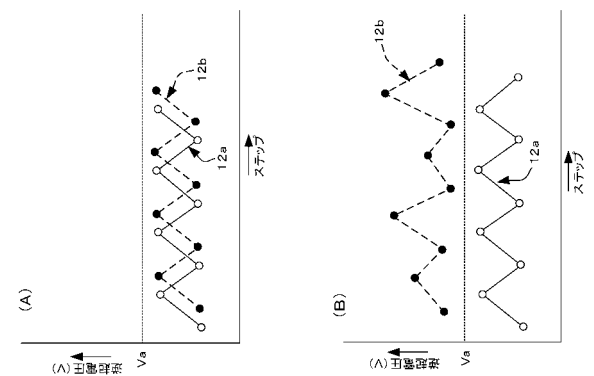
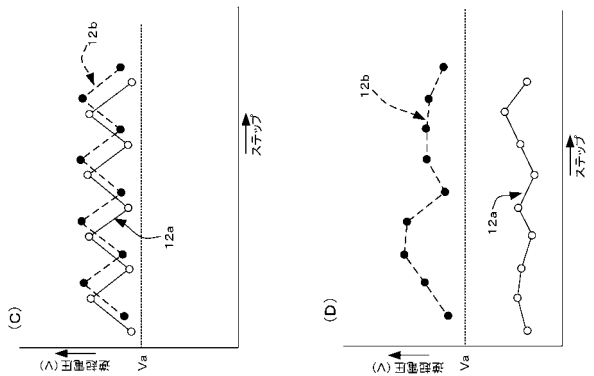
【図2】



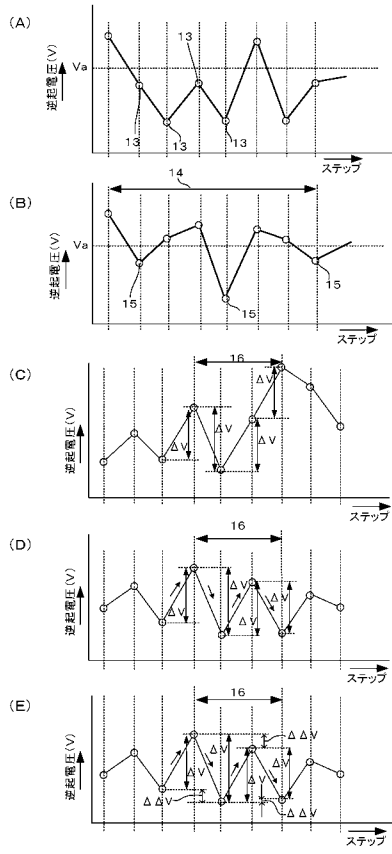
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

審査官 田村 耕作

- (56)参考文献 特開平8 - 98597 (JP, A)
欧州特許出願公開第1460757 (EP, A1)
特開2002 - 365379 (JP, A)
特開平7 - 131997 (JP, A)
特開平2 - 184296 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02P 8/00