

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5641819号
(P5641819)

(45) 発行日 平成26年12月17日(2014.12.17)

(24) 登録日 平成26年11月7日(2014.11.7)

(51) Int.Cl.

F 1

G03G 15/01 (2006.01)
G03G 21/14 (2006.01)G03G 15/01 Y
G03G 21/00 372
G03G 15/01 111A

請求項の数 1 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2010-187169 (P2010-187169)
(22) 出願日	平成22年8月24日 (2010.8.24)
(65) 公開番号	特開2012-47800 (P2012-47800A)
(43) 公開日	平成24年3月8日 (2012.3.8)
審査請求日	平成25年8月26日 (2013.8.26)

(73) 特許権者	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(74) 代理人	100125254 弁理士 別役 重尚
(72) 発明者	美留町 隆 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ ヤノン株式会社内

審査官 松本 泰典

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像形成装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

D C モータにより回転駆動される第 1 の感光体と、
ステッピングモータにより回転駆動される、前記第 1 の感光体より外径が大きい第 2 の感光体と、

前記第 1 の感光体の回転速度を検出する第 1 の速度検出手段と、
前記第 2 の感光体の回転速度を検出する第 2 の速度検出手段と、
前記第 1 の速度検出手段の検出結果に基づき前記 D C モータを制御する第 1 の制御手段と、

前記第 2 の速度検出手段の検出結果に基づき前記ステッピングモータを制御する第 2 の制御手段とを備え、 10

前記第 2 の制御手段は、

前記ステッピングモータの各巻線の相電流を検出する相電流検出手段と、
前記相電流検出手段の検出結果から零クロスを検出する零クロス検知手段と、
前記ステッピングモータを駆動するための駆動制御パルス信号と前記零クロス検知手段により検出された零クロスから位相差を検出する位相差検知手段と、

前記駆動制御パルス信号から周期を検出する周期測定手段と、
前記位相差検知手段により検出された位相差と前記周期測定手段により検出された周期から補正值を求める設定手段とを備え、

前記ステッピングモータの巻線電流値が前記補正值と電流基準値とに応じた電流値とな

10

20

るよう^に制御すると共に、前記第2の速度検出手段の検出結果と速度指令信号との差分および前記補正值に基づき前記ステッピングモータを制御し、

前記第1の制御手段は、

前記第1の速度検出手段の検出結果と速度指令信号との差分及び前記補正值に基づき前記DCモータを制御することを特徴とする画像形成装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、DCモータにより回転駆動される第1の感光体と、ステッピングモータにより回転駆動される、第1の感光体より外径が大きい第2の感光体とを備えた画像形成装置に関する。 10

【背景技術】

【0002】

電子写真方式を用いたカラー画像形成装置では、各色の感光体ドラム表面にトナー（現像剤）像を形成し、感光体ドラム上の各色のトナー像を無担ベルト状の中間転写体を介して記録紙に転写する公知の電子写真プロセスにより画像形成が行われる。このような画像形成装置において、感光体ドラムを回転駆動させる駆動源は、一般的に、単一種類のモータ、例えば、ブラシレスDCモータのみ若しくはステッピングモータのみで構成されている。特に、回転安定性の面からアウターロータ型のブラシレスDCモータが採用されることが多い。その理由としては次のような点がある。 20

【0003】

(1) インナーロータ型モータに比べてロータ自身の慣性モーメントを大きくすることができます、所定の回転速度以上ではモータによる回転変動が負荷（感光体ドラム）側へ伝達され難い。

【0004】

(2) 負荷（感光体ドラム）側に回転変動が発生しても減速装置を介して減速比分に抑制され、かつ、ロータの慣性モーメントによるフライホイール効果により回転変動が抑制できる。

【0005】

(3) モータ駆動制御をPLL制御方式とすることで回転安定性を向上できる。 30

【0006】

このように、アウターロータ型のブラシレスDCモータは上記(1)～(3)の利点を備えるが、その反面、負荷トルクによりモータの起動時間及び停止時間が変動してしまう場合がある。この問題は、特に、複数の感光体ドラムをそれぞれ別々のブラシレスDCモータにより駆動する画像形成装置では、各感光体ドラム間での回転位相の変動を招くことになる。

【0007】

このような各感光体ドラム間での回転位相のずれに対する対策としては、例えば、基準となるトナーパッチを感光体ドラム上に形成し、中間転写ベルト上に転写した結果を光学センサにより読み取って、位相のずれを補正する方法がある。 40

【0008】

また、感光体ドラム軸での回転速度の安定を図るため、感光体ドラム軸上に回転速度検知手段を設けて、フィードバック制御を行う方法もある。この場合、モータ出力軸の回転安定性が求められるPLL制御方式でなく、モータ回転数を可変制御可能な制御方式が採用されている。

【0009】

このように、電子写真方式の画像形成装置では、画像の画質向上を目的とした各種手法が提案されているが、いずれも感光体ドラムの径が各色とも同じ径で構成されている場合に有効であった。

【0010】

10

20

30

40

50

近年、生産性の向上等を目的として、黒色用感光体ドラムとその他の色用感光体ドラム間で異なる径サイズを採用した画像形成装置が提案されている。このような画像形成装置では、感光体ドラムの駆動源を同一種類のモータで構成すると、減速機の減速比（例えば、減速段数等）を変更する必要が生じる。そのため、モータ側の回転速度範囲が大きく異なり、モータ側の回転変動による負荷（感光体ドラム）側への影響が顕著になったり、負荷変動によりモータ側に回転変動が生じるおそれがある。このような状況を改善するために、同一種類のモータ構成ではなく、複数種類のモータ構成にして画質向上を図る技術が提案されている（例えば、特許文献1参照）。

【0011】

特許文献1における静電式カラー画像形成装置では、オフセット印刷機並みのカラー画像の色安定性が求められる場合には、感光体ドラム間の位相関係を常に同じにする必要があるとしている。その結果、感光体ドラム間の位相を合わせるために、黒色用感光体ドラムをアウターロータ型モータで駆動し、黒色用以外の感光体ドラムをインナーロータ型モータで駆動して、モータ種を混在させている。

10

【0012】

また、特許文献1では、アウターロータ型モータであるブラシレスDCモータには「回転速度の安定化に寄与する」メリットがある反面、「回転起動時や停止時の回転角が負荷トルクによって変動し易い」デメリットがあるとしている。その結果、インナーロータ型モータのステッピングモータで黒色用以外の感光体ドラムを駆動する構成を採用し、位相合わせによる色ズレ抑制とその簡単化が提案されている。

20

【0013】

また、ステッピングモータの特性として、出力軸に負荷トルクが印加された場合に、固定子位置と回転子位置間での位置ずれ（一般的には同期電動機における負荷角として知られる）が発生する。この位置ずれの検出・補正に関しては中間転写ベルト状の基準位置検出の検出間隔により行う構成が提案されている（例えば、特許文献2参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0014】

【特許文献1】特開2007-47629号公報

【特許文献2】特開平08-234583号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0015】

しかしながら、複数の感光体ドラムや中間転写体の駆動源としてステッピングモータとブラシレスDCモータとを併用した場合、位置・速度検出用のエンコーダ分解能が低いときには、十分に検出周期を上げられず、検出・制御遅延を招いてしまうという課題がある。

【0016】

本発明は、上記課題に鑑みて成されたものであり、負荷変動時の速度制御の遅延を改善し、出力画像の位置ずれを抑制可能な画像形成装置を提供することである。

40

【課題を解決するための手段】

【0017】

上記目的を達成するために、本発明の画像形成装置は、DCモータにより回転駆動される第1の感光体と、ステッピングモータにより回転駆動される、前記第1の感光体より外径が大きい第2の感光体と、前記第1の感光体の回転速度を検出する第1の速度検出手段と、前記第2の感光体の回転速度を検出する第2の速度検出手段と、前記第1の速度検出手段の検出結果に基づき前記DCモータを制御する第1の制御手段と、前記第2の速度検出手段の検出結果に基づき前記ステッピングモータを制御する第2の制御手段とを備え、前記第2の制御手段は、前記ステッピングモータの各巻線の相電流を検出する相電流検出手段と、前記相電流検出手段の検出結果から零クロスを検出する零クロス検知手段と、前

50

記ステッピングモータを駆動するための駆動制御パルス信号と前記零クロス検知手段により検出された零クロスから位相差を検出する位相差検知手段と、前記駆動制御パルス信号から周期を検出する周期測定手段と、前記位相差検知手段により検出された位相差と前記周期測定手段により検出された周期から補正値を求める設定手段とを備え、前記ステッピングモータの巻線電流値が前記補正値と電流基準値とに応じた電流値となるように制御すると共に、前記第2の速度検出手段の検出結果と速度指令信号との差分および前記補正値に基づき前記ステッピングモータを制御し、前記第1の制御手段は、前記第1の速度検出手段の検出結果と速度指令信号との差分及び前記補正値に基づき前記DCモータを制御することを特徴とする。

【発明の効果】

10

【0018】

本発明によれば、ステッピングモータが負荷トルク変動に応じて入力電流が変化する特性を活かし、負荷トルク変動分に基づき、ブラシレスDCモータの駆動制御信号を補正するので、負荷変動時の速度制御の遅延を改善し、出力画像の位置ずれが抑制可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明の実施形態に係る画像形成装置における画像形成部の概略構成を示す図である。

【図2】図1の感光体ドラム101Y～101Kと中間転写ベルト駆動ローラ110の各駆動部の概略構成を示す図である。

20

【図3】(a)は図2のモータ制御器202の概略構成を示す図であり、(b)はモータ制御器202をハードロジックで構成した場合の内部回路ブロック図である。

【図4】発振制御器202gの出力信号の一例を示す図である。

【図5】(a)は図2のモータ制御器201Y,M,Cの概略構成を示す図であり、(b)はモータ制御器201Y,M,Cをハードロジックで構成した場合の内部回路ブロック図である。

【図6】(a)はモータ駆動回路202hの概略構成を示す図、(b)は位相差比検知回路300の概略構成を示す図である。

【図7】(a)はステッピングモータへの設定電流値を変化させた場合の周波数毎の最大トルク値の変化特性を示した図、(b)はモータ出力軸に負荷トルクを印加した場合の釣り合い位置の変化特性を示した図、(c)は位相差比の負荷トルクに対する関係を示す図である。

30

【図8】(a)は黒色用ドラムの負荷トルクとA,B相電流の零クロスが変化する様子を表した図、(b)は零クロス検知回路303a,303bの出力信号による位相差の状態例を示す図である。

【図9】負荷のトルク変動と、エンコーダの出力信号の駆動制御パルス信号CLKに対する実回転位置の偏差量と、A,B相電流の波形状態を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照して詳細に説明する。

40

【0021】

図1は、本発明の実施形態に係る画像形成装置における画像形成部の概略構成を示す図である。

【0022】

図1において、画像形成装置は、イエロー(Y)、マゼンダ(M)、シアン(C)、ブラック(K)の4色の画像形成部を備えたカラー画像形成装置である。画像形成部には、YMCK各色の静電潜像を形成するための複数の感光体ドラム101Y,101M,101C,101Kと、各感光体ドラムの表面に静電潜像を形成するためのレーザスキャナ100Y,100M,100C,100Kを備える。

【0023】

50

中間転写ベルト 111 は、各感光体ドラム 101 の表面に形成されたトナー像が順次重ねて転写される無端ベルト状の中間転写体である。中間転写ベルト駆動ローラ 110 は、中間転写ベルト 111 の一方を支持すると共に、中間転写ベルト 111 を回転駆動するためのものである。ローラ 122 は、中間転写ベルト 111 の他方を支持するローラである。二次転写ローラ 121 は、中間転写体上に形成されたトナー像を記録紙に一括して転写するためのものである。なお、各感光体ドラム 101 の周囲には、一次帯電器や現像器、転写帯電器、前露光ランプ、クリーニング装置等がそれぞれ配置されているが、図示例では省略されている。

【0024】

図 2 は、図 1 の感光体ドラム 101Y ~ 101K と中間転写ベルト駆動ローラ 110 の各駆動部の概略構成を示す図である。 10

【0025】

図 2 において、感光体ドラム 101Y, 101M, 101C, 101K の回転軸の一方には、回転速度変動を抑制するためのフライホイール 106Y, 106M, 106C, 106K が取り付けられている。感光体ドラム 101Y ~ 101K の回転軸の他方には、円周方向に等間隔にスリットが配置されたエンコーダホイール 103Y, 103M, 103C, 103K が取り付けられている。

【0026】

駆動モータ 102Y, 102M, 102C, 102K の駆動軸は、各駆動モータの回転数を所定の回転数へと減速変換するための減速機 104Y, 104M, 104C, 104K を介して、感光体ドラム 101Y ~ 101K の回転軸に接続されている。 20

【0027】

中間転写ベルト駆動ローラ 110 の回転軸はエンコーダホイール 103B を通して減速機 104B に接続され、さらに減速機 104 は駆動モータ 112 の駆動軸に接続されている。減速機 104Y ~ 104B は、例えば、ハスバ歯車を組み合わせて構成されるが、その他の歯車やベルト等で構成された減速機であってもよい。

【0028】

エンコーダホイール 103Y ~ 103B の近傍には、光学センサであるエンコーダセンサ 105Y, 105M, 105C, 105K, 105B が設置されている。これらエンコーダセンサ 105Y ~ 105B が、エンコーダホイール 103Y ~ 103B に設けられたスリットを光学的に読み取ることで、感光体ドラム 101Y ~ 101K 及び中間転写ベルト駆動ローラ 110 の各駆動軸の軸速度を検出する。本実施形態では、エンコーダホイールと光学センサとを用いた一般的なロータリエンコーダで軸速度検出を行う構成としているが、回転体の軸速度を検出できる装置（タコジェネレータ、レゾルバ等）であれば、これに限定されるものではない。 30

【0029】

黒色用の感光体ドラム（以下「黒色用ドラム」とも呼ぶ）101K の外径は、黒色以外のカラー用の感光体ドラム（以下「カラー用ドラム」とも呼ぶ）の外径よりも大きく（例えば 84）設定されている。一方、カラー用ドラム 101Y, 101M, 101C の外径は、いずれも同一径（例えば 30）に設定されている。黒色用ドラムの外径をカラー用ドラムの外径よりも大きくする理由は、一般的にモノクロプリントの頻度が高いことから、黒色用ドラムの周長を長くすることで、感光ドラムの長寿命化を図るためである。 40

【0030】

また、黒色用ドラム側の減速機 104K とカラー用ドラム側の減速機 104Y, 104M, 104C は、いずれも同一モデルの減速機を用いる。同一モデルの減速機を用いるのは、同一の減速比とすると共に、同一部材を使用することにより、ドラム間で歯車誤差による回転変動の発生周期を同じにするためである。

【0031】

カラー用ドラム（第 1 の感光体）の駆動モータ 102Y, 102M, 102C（第 1 のモータ）と、中間転写ベルト駆動ローラ 110 を回転駆動するための駆動モータ 112（ 50

第3のモータ)はアウターロータ型モータのブラシレスDCモータとする。一方、黒色用ドラム(第2の感光体)の駆動モータ102K(第2のモータ)はインナーロータ型モータのステッピングモータとする。

【0032】

ブラシレスDCモータは、回転子磁極数が8~12であり、低速側ではモータ巻線コイルにより生成される回転磁束で発生するトルクムラをアウターロータ自身の慣性モーメントによるフライホイール効果により補填できないため、回転安定性も得られない。慣性モーメントによる回転エネルギーは速度の2乗で発生するため、速度低下分を慣性モーメントの増加で補う場合には、巨大なロータが必要となる。つまり、ブラシレスDCモータでは、ロータサイズと磁極数により決定される所定の高速回転領域以上でないと回転安定性が得られない。そのため、低速回転領域での安定した回転を実現するには、ロータサイズアップ又は磁極数アップ又はスロット数アップが必要となり、コストが増加するおそれがある。

【0033】

ステッピングモータはハイブリッド型と呼ばれ、磁性鋼板で構成される回転子歯がN極とS極側で、歯ピッチの1/2分ずらすことで、見かけ上の極数が回転子歯数で決定される。これにより、巻線側磁束の切替に同期して回転子がステップ状に駆動され、低速回転領域でも回転子が巻線側磁束に追従する動作となる。このように、ステッピングモータは、数rpmの低回転領域でも駆動制御が可能な特徴を備えている。また、ステッピングモータは、入力されるパルス信号の周波数に応じて回転速度が制御され、また励磁電流値を調節することにより出力トルクを可変可能にする。

【0034】

しかしながら、ステッピングモータでは、回転子がステップ状に駆動されるので、それによる回転変動とそれによる振動が発生する。また、ステッピングモータは、ブラシレスDCモータに対して電力効率が1/2~1/3以下となり、エネルギー損失が大きい。

【0035】

黒色用ドラム101Kの外径をカラー用ドラム101Y,M,Cの外径より大きくしているので、モータ軸の慣性モーメントは、外径の小さいカラー用ドラム101Y,M,Cに比べて、黒色用ドラム101Kの方が大きい。従って、黒色用ドラム101Kをステッピングモータで駆動する場合、ステッピングモータの回転変動に伴う振動伝達は、慣性モーメントと摩擦抵抗によるローパスフィルタ効果により低減される。一方、カラー用ドラム101Y,M,Cをステッピングモータで駆動する場合は、エネルギー損失が単純に3倍となり、フライホイール効果も小さい。以上のような理由から、カラー用ドラムの駆動源をブラシレスDCモータとする。一方、電力効率と回転安定度を比較考量し、減速機による画質への影響因子を除くために、黒色用ドラムの駆動源を低速駆動が可能なステッピングモータとする。

【0036】

中間転写ベルト111との当接面での周速を一致させるために、黒色用ドラムの駆動モータ102Kとカラー用ドラムの駆動モータ102Y,102M,102Cの速度設定比は、ドラム径の比(30/84)に一致させる。例えば、ブラシレスDCモータの目標回転速度を1807rpmとする場合、ステッピングモータの目標回転速度は645rpmとする。

【0037】

図2の制御部200は、駆動モータ102Y,102M,102Cを制御するモータ制御器201Y,201M,201Cと、駆動モータ102Kを制御するモータ制御器202と、駆動モータ112を制御するモータ制御器202とを備える。各駆動モータ102Y,102M,102C,102K,112は、各エンコーダセンサにより検出されたパルス信号に基づいて、モータ制御器201Y,201M,201C,201B,202にて所定回転速度となるように制御される。

【0038】

10

20

30

40

50

次に、ステッピングモータによる黒色用ドラム 101K のドラム軸の等速制御について図 3 (a)、図 3 (b)、図 4 を用いて説明する。なお、速度制御に関するフィードバック制御方法に関しては、公知の PID 制御により行う構成としていることから、本実施形では、回路構成についてのみ説明する。

【0039】

図 3 (a) は、図 2 のモータ制御器 202 の概略構成を示す図であり、図 3 (b) は、図 3 (a) に示すモータ制御器 202 をハードロジックで構成した場合の内部回路ブロック図である。

【0040】

図 3 (a)において、モータ制御器 202 (第 2 の制御手段) は、速度検出部 202b と、PI (比例積分) 制御器 202c と、積分器 202d と、発振制御器 202g と、モータ駆動回路 202h と、位相差比検知回路 (推定手段) 300 を備える。

【0041】

ステッピングモータは、周知のように、指令パルスの周波数で速度制御を行うことができ、また、パルス数に応じた位置制御を行うことができる。よって、黒色用ドラム 101K のドラム軸の速度制御は、公知のフィードバック制御で行われ、最終的な出力形態として駆動パルスが周波数変調であるか、パルス幅変調であるかの違いとなっている。具体的には、次のような形式で速度制御が行われる。

【0042】

(a - 1) エンコーダセンサ 105K により検出された信号が速度検出部 202b (第 2 の軸速度検出手段) へ入力される。

【0043】

(a - 2) 画像形成装置の全体動作を制御する制御部 (不図示) からの設定された速度指令信号 202a と速度検出部 202b から入力された信号との比較演算が行われ、その結果が PI 制御器 202c に入力される。そして、設定された比例ゲインと積分ゲインに基づいて誤差増幅される。

【0044】

(a - 3) PI 制御器 202c からの出力信号を積分器 202d により積分して位置偏差分を加味する。

【0045】

(a - 4) 積分器 202d からの出力信号に基づき、発振制御器 202g が所定周波数のパルス信号を生成する。

【0046】

(a - 5) 発振制御器 202g からのパルス信号に基づき、モータ駆動回路 202h が駆動モータ 102K の回転速度を制御する。

【0047】

図 3 (b)において、PI 制御器 202c は、前段の速度偏差の減算結果を元に、比例ゲイン Kp を乗じる比例項と、1サンプル遅延素子 ($1/z$) による偏差の積算項に積分ゲイン Ki を乗じた積分項とを加算出力する構成である。積分器 202d は、PI 制御器 202c の積分項と同様であり、PI 制御器 202c の出力を再度積算する構成としている。なお、これらは所定のサンプリング間隔で読み込まれる検出速度を元に演算処理が行われる。

【0048】

図 4 は、発振制御器 202g の出力信号の一例を示す図である。

【0049】

発振制御器 202g は、後述する PWM 制御部 201e が固定周期でパルス幅を変化させるのに対し、周期を変化させる点が異なる。発振制御器 202g では、所定のサンプリング間隔で速度検出が行われる。そして、誤差増幅された周波数操作値 (図 4 の Fref ~ dw1 ~ dw2) を一旦ラッチ (202g - 1) し、その値を比較器 (202g - 4) にて周期データとしてカウンタ (202g - 3) でのカウント値比較を行う。カウント値

10

20

30

40

50

が設定値と等しくなると、比較出力を H i (図 4 の Comp1_out) とし、カウンタ (202g-3) をリセットすると共に、ラッチ (202g-1) でのデータ更新を行う。同様に、シフト回路 (202g-2) により、周期データの 1/2 をパルス幅データとして比較器 (202g-5) にセットすることで、カウンタ値が一致すると比較出力を H i (図 4 の Comp2_out) として、パルス幅期間が決定される。これらの比較器出力 (Comp1_out / Comp2_out) は、後段の FF 回路 (202g-6) に入力されてパルス波形 (図 4 の CLK_out) として出力される。なお、ここで生成された駆動パルス (CLK_out) が後述するステッピングモータのドライバ IC に出力されることで、モータ速度の制御が行われることになる。一方、電流量の制御は、位相差比検知回路 300 の出力に基づき行われる。

10

【0050】

次に、ブラシレス DC モータによるカラー用ドラム 101Y, M, C のドラム軸の等速制御について図 5 (a) 及び図 5 (b) を用いて説明する。

【0051】

図 5 (a) は、図 2 のモータ制御器 201Y, M, C の概略構成を示す図であり、図 5 (b) は、図 5 (a) に示すモータ制御器 201Y, M, C をハードロジックで構成した場合の内部回路ブロック図である。

【0052】

図 5 (a)において、モータ制御器 201Y, M, C (第 1 の制御手段) は、速度検出部 201b と、PI (比例積分) 制御器 201c と、積分器 201d と、PWM 制御器 201e と、モータ駆動回路 201f を備える。なお、モータ制御器 201B も同様の構成とする。

20

【0053】

ブラシレス DC モータの速度制御では、供給する電圧量を可変させ、モータ巻線コイルに流れる電流量を調整し、モータ巻線コイルで発生する磁束量を制御する。そのため、一般的には、直流電圧源をスイッチング手段による断続する時間比で電圧量制御を行うパルス幅変調制御 (以下、「PWM 制御」とよぶ) が行われる。本実施形態でも、この PWM 制御駆動による速度制御を行なう構成としている。具体的には、ステッピングモータの場合とほぼ同様に、次のような形式で速度制御が行われる。

【0054】

30

(b-1) エンコーダセンサ 105Y, M, C により検出された信号が速度検出部 201b (第 1 の軸速度検出手段) へ入力される。

【0055】

(b-2) 画像形成装置の全体動作を制御する制御部 (不図示) からの設定された速度指令信号 201a と速度検出部 201b から入力された信号との比較演算が行われ、その結果が PI 制御器 201c に入力される。そして、設定された比例ゲインと積分ゲインに基づいて誤差増幅される。

【0056】

(b-3) PI 制御器 201c からの出力信号を積分器 201d により積分して位置偏差分を加味する。

40

【0057】

(b-4) 積分器 201d からの出力信号に基づき、PWM 制御部 201e が PWM 信号を生成する。

【0058】

(b-5) PWM 制御部 201e で生成された PWM 信号に基づき、モータ駆動回路 201f が駆動モータ 102Y, M, C の回転速度を制御する。

【0059】

図 3 (b) に示すステッピングモータのモータ制御器 202 との違いは、最終段が PWM 出力となっている点と、速度誤差増幅段 (上述 (b-2)) において、位相差比検知回路 300 の出力を、微分要素として重畠する構成としている点が異なる。例えば、ドラム

50

軸側に速度制御用に設けられたエンコーダの分解能が720 PPR、ギア比1/10、ステッピングモータのステップ角1.8度とした場合でも、ステップ角：エンコーダ分解能比は約2.8倍となる。その結果、ドラム軸での速度検出1回するうちに約3回分トルク検出による補正ができる。これにより、ベルト間との周速差によるトルク変動を速度検出周期より早く検出でき、そのトルク変動分も含めた速度変動を抑制することが可能となる。

【0060】

本実施形態では、黒色用ドラム101Kを駆動するステッピングモータ102Kの駆動時の巻線電流値からトルク推定を行い、その結果に基づき、ブラシレスDCモータの速度制御回路における比例制御量を補正する構成としている。これにより、負荷軸側での速度検出周期（黒色用ドラムでは約800Hz）に対して、ステッピングモータのパルス周期は約2.5倍の2000Hz（ギア比による）程度のトルク推定が可能となる。このトルク推定の役割としては、感光体ドラムと中間転写ベルト間の周速差によるトルク変動を検出するものである。中間転写ベルトの周速の変化は、各感光体ドラム間の周速差に影響する。そこで、ドラム外径が一番大きく、ベルト周速差によるトルク変化が検出しやすい黒色用ドラム101Kの駆動回路部に、トルク推定を行うための位相差比検知回路300を設けている。これにより、負荷軸のみでの速度検出時の検出時間よりもベルト間周速差によるトルク変動の検出時間を短縮することができ、負荷変動に伴う速度変化の抑制が可能となる。

【0061】

次に、トルク推定部である位相差比検知回路300について図6(a)及び図6(b)を参照して説明する。

【0062】

図6(a)は、モータ駆動回路202hの概略構成を示す図である。図6(b)は、位相差比検知回路300の概略構成を示す図である。

【0063】

図6(a)において、モータ駆動回路202hは、定電流制御方式によるステッピングモータのドライバICであって、一般的な定電流制御駆動回路である。定電流制御方式の場合、2相ステッピングモータのA,Bの各相のモータ巻線コイルに流れる巻線電流値を電流設定端子（ここでは“Vref”）にて設定した所定の電流量となるように制御が行われる。具体的には、A,B各相のモータ巻線コイルは、半導体スイッチ素子（ここではMOS-FET）で構成されるHブリッジに接続される。A相の巻線に流れる電流をA相電流検出抵抗201h-aで検出し、B相の巻線に流れる電流をB相電流検出抵抗201h-bで検出して、これらの電流値が所定値となるように各半導体スイッチ素子のオン・オフ比が決定される。これが、いわゆる定電流PWM制御と呼ばれる制御である。通常、ユーザが負荷トルクに応じた定電流設定を、電流設定端子Vrefに対して一つの設定値を使用するか、若しくは複数の設定値を切り替えて使用する構成としている。

【0064】

図6(b)において、位相差比検知回路300は、CLKエッジ検知回路301、コンパレータ302a,302b、零クロス検知回路303a,303b、論理回路304、周期測定回路305、位相差検知回路306、電流補正回路307を備える。コンパレータ302a,302bは、所定の抵抗を介してA相電流検出抵抗201h-a、B相電流検出抵抗201h-bに接続されている。電流補正回路307の出力は、図6(a)に示すドライバICの電流設定端子Vrefに接続されている。

【0065】

図6(b)に示す位相差比検知回路300では、図6(a)に示したモータ駆動回路202hに使用されている電流検出抵抗201h-a,201h-bで電流検出が行われる。また、電流検出回路以外（図中の点線内）は、FPGA（プログラミング可能なゲートアレイ）を用いたハード回路にて構成される。位相差比検知回路300内の各種検知回路301~306は、基本的には、FPGAの基本CLKを用いたカウンタ構成による周

10

20

30

40

50

期及び位相カウンタとしている。なお、零クロス検知回路 303a, 303b が位相差比検知回路内に設けられているが、電流検出抵抗での検出値を外部比較器にいれた零クロス検知回路として、その検出結果 (Hi / Low) を入力する構成としてもよい。

【0066】

次に、ステッピングモータの定常状態における電流の変化と負荷トルク、及び釣り合い位置のずれ角について説明する。

【0067】

一般的に、モータの定常状態における電流と負荷トルクの関係は比例関係にある。ステッピングモータの場合、巻線電流値の制御により最大出力トルクが決定されるだけであり、実際にはその最大トルク範囲内で出力軸に印加される負荷トルクに応じて釣り合い位置が変化する。これらの特性を図 7(a) 及び図 7(b) に示す。
10

【0068】

図 7(a) は、ステッピングモータへの設定電流値を変化させた場合の周波数毎の最大トルク値の変化特性を示した図である。図 7(a)において、駆動周波数が高くなるほど最大トルク値が減少するのは、モータ自身の発電特性によるものである。

【0069】

図 7(b) は、モータ出力軸に負荷トルクを印加した場合の釣り合い位置の変化特性を示した図である。ステッピングモータは、図示のような特性を持つことから釣り合い位置のずれ角が検出できれば、モータ出力軸に印加される負荷トルクを検出することができる。
20

【0070】

次に、ステッピングモータの釣り合い位置のずれ角を相電流から検出する位相差比検出方法について説明する。

【0071】

ここでいう位相差とは、図 8(b) に示すように、駆動制御パルスの立ち上がりエッジ基準（立下がりエッジの場合もあり、IC の電気角切替動作の基点となる信号を意味する）から B 相電流の零クロスまでの期間を示している。このように定義した位相差と、そのときの駆動制御パルス間周期（立ち上がりエッジ - 立ち上がりエッジ間周期）とから求められる位相差比 (= 位相差 / 駆動制御パルス周期) を縦軸、モータ軸に印加されている負荷トルクを横軸にとったグラフが図 7(c) となる。ここで位相差比としているのは、周期計測用のカウンタ値同士の比とすることで無次元化するためでもある。また、図 7(c) に示す位相差比の特性は、駆動制御パルス間周期 (= モータ回転数) に比例して発生する逆起電圧による電流抑制分も換算して補正したものである。なお、駆動中のモータにおいては、一般的に次式に示す関係性を持つことが知られている。
30

【0072】

$$I \times R - L \times dI/dt = V_{in} - e_m$$

上式において、 V_{in} : 入力電圧、 e_m : 逆起電圧、 R : 巻線抵抗、 I : 巻線電流、 L : 巻線インダクタンスであり、モータ速度変化による電流変化分を次式として扱う。

【0073】

$$\text{動作時電流 : 静止時電流} = (V_{in} - e_m) / R : V_{in} / R$$

ここで、 $e_m > 1$ 、 $R = 0$. 数 となるので、次式のように簡略化することができ、速度毎の逆起電圧が測定できていれば、次式に基づく速度補正比が得られる。
40

【0074】

$$\text{動作時電流 / 静止時電流} = -e_m / R$$

上式では、逆起電圧が不明な場合でも、モータの動作範囲が、逆起電圧の影響が少なく、定電流駆動が可能な速度領域であれば、速度補正比は、各速度での位相差比に基づく傾き量からトルク減衰量と同等に扱える。つまり、静止時電流の位相差比 PH_R0 と、所定速度での動作時電流の位相差比 PH_R1 との比 (= PH_R0 / PH_R1) がトルク減衰量として扱える。

【0075】

10

20

30

40

50

また、モータの動作範囲が広く、逆起電圧の影響が大きい速度領域では、速度毎の逆起電圧が測定できていれば、定電流駆動が可能な速度領域での上記電流の速度補正比と併せて、定電圧領域での次式で表される速度補正比を乗じる。これにより、より広範囲での補正が可能となる。

【0076】

$$\text{速度}(n) / \text{速度}(n-1) = -\text{em}(n) / \text{em}(n-1)$$

以上のようにして、補正された位相差比の負荷トルクに対する関係は、図7(c)に示すように、略線形な逆比例の関係である。さらに、図7(a)に示すように、巻線電流の設定値により、出力トルクが変化することは、図7(b)に示す変位(ずれ角)も変化することになる。これは、前述の速度比による場合と同様に、巻線電流値により補正することで、略負荷トルクに対する位相差比の変化は同じ関係とすることが可能となる。10

【0077】

次に、位相差比検知回路300の動作について説明する。

【0078】

図8(a)は、黒色用ドラムの負荷トルク(T_{rq})とA, B相電流($P_H - A_I$, $P_H - B_I$)の零クロスが変化する様子を表した図である。図8(b)は、零クロス検知回路303a, 303b(零クロス検知手段)の出力信号による位相差の状態例を示す図である。

【0079】

まず、駆動制御パルス信号CLKの立ち上がりエッジをCLKエッジ検知回路301にて検出すると、その出力信号により周期測定回路305及び位相差検知回路306のカウンタがリセットされる。周期測定回路305及び位相差検知回路306は、FPGAの基準CLK単位(ここでは40MHz)でカウントする構成となっている。20

【0080】

周期測定回路305は、次の駆動制御パルス信号CLKの立ち上がりエッジを検出するまでカウントをつづけ、立ち上がりエッジが検出されると、その時点での周期カウンタ値CLK_prdをレジスタに保持し、カウンタをリセットする。位相差検知回路306も同様に、零クロス検知回路303a, 303bでの検出結果の論理和を論理回路304で演算する(図8(a)のIZero)。そして、立ち上がりエッジ検出時には、位相差カウンタ値(図8(a)のPh_cont)をレジスタに保持し、カウンタをリセットする30。

【0081】

次に、周期測定回路305及び位相差検知回路306の各レジスタに保持された周期カウンタ値CLK_prdと位相差カウンタ値Ph_contが電流補正回路307に出力される。電流補正回路307では、周期カウンタ値CLK_prdと位相差カウンタ値Ph_contが入力されて、速度比、電流比に基づいた補正演算が行われる。すなわち、位相差比とトルクの関係が、図7(c)に示した特性関係になるように、次の処理が行われる。

【0082】

(1) 駆動制御パルス信号CLKの周期カウントから周波数を算出(逆数演算)する40。

【0083】

(2) (1)の演算結果と位相差カウンタから位相差比を算出する。

【0084】

(3) モータの動作範囲が広い場合には、ある速度以上の範囲において、モータ逆起電圧特性からテーブル若しくは速度補正比により近似的に補正值を算出する。

【0085】

(4) 図6(a)のドライバIC(モータ駆動回路202h)の電流設定端子Vrefへの補正值として出力する。

【0086】

上記処理を行うことにより、ステッピングモータの定電流制御値を負荷トルクに応じて補正することが可能となる。

【0087】

ここで、上記(1)～(3)の処理により負荷のトルク変動を検出した結果と、モータ軸にエンコーダを取り付けて駆動制御パルス信号CLKに対する実回転位置の偏差量(遅れ側を“+”とする)を測定した結果とを比較したものを図9に示す。

【0088】

図9では、エンコーダによる偏差量にほぼ比例した値が、相電流の零クロス位相比から検出できていることが分かる。実際処理に際しては、相電流は、スイッチングによる定電流PWM制御が行われているので、ノイズ成分が多くなることから、適宜ローパスフィルタ処理が行われる。このように、ステッピングモータの1ステップ角毎にトルクに相当する位相差比が検出可能となる。10

【0089】

上記実施形態によれば、ステッピングモータの出力軸でのトルク検出を行うことで、1ステップ角の分解能でトルクに比例した位相差比検出ができる。

【0090】

また、減速機構及びドラム駆動軸でのねじれ要因等による検出遅延要因を排除でき、エンコーダ分解能よりもステッピングモータ駆動CLKの周波数分解能を上げることで、トルク変化による速度変動に対しても制御応答性を改善できる。

【0091】

また、ドラムと中間転写体ベルト間で発生する周速差要因によるトルク変化は、各ドラム対中間転写体ベルトとして相互影響するため、ステッピングモータでのトルク変動分をブラシレスDCモータ側の速度制御に対しても重畠する。これにより、速度制御の応答性改善が可能となり、負荷変動による速度誤差・位置誤差を抑制することで画像の向上が図れる。20

【符号の説明】

【0092】

101Y, 101M, 101C, 101K 感光体ドラム

102Y, 102M, 102C, 102K, 112 駆動モータ

105Y, 105M, 105C, 105K, 105B エンコーダセンサ30

111 中間転写ベルト

201Y, 201M, 201C, 201B, 202 モータ制御器

202g 発振制御器

202h モータ駆動回路

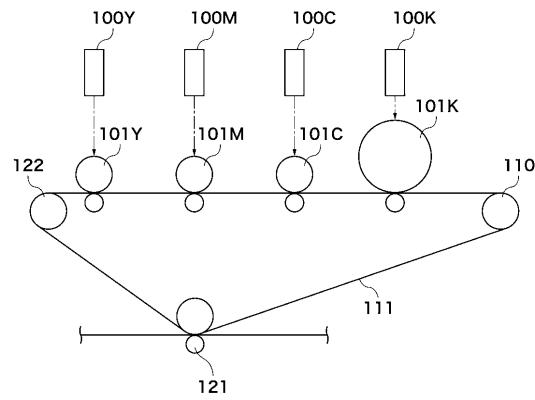
300 位相差比検知回路

305 周期測定回路

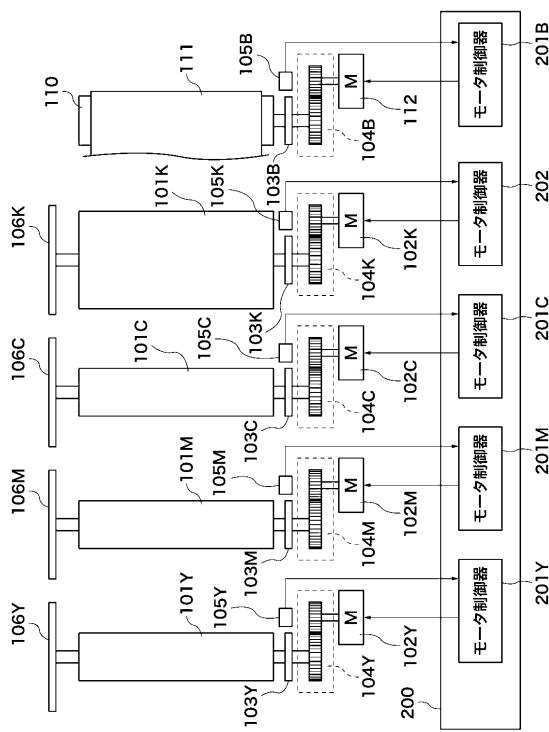
306 位相差検知回路

307 電流補正回路

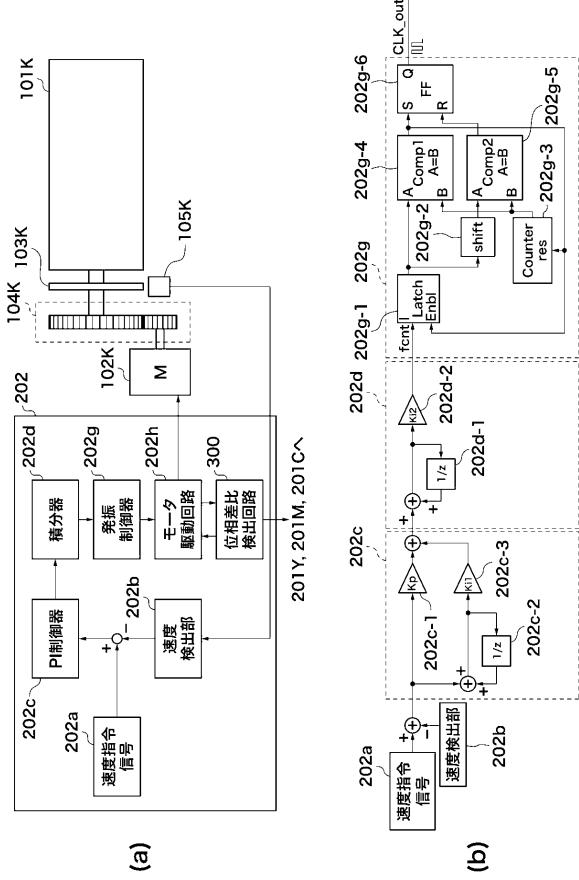
【図1】



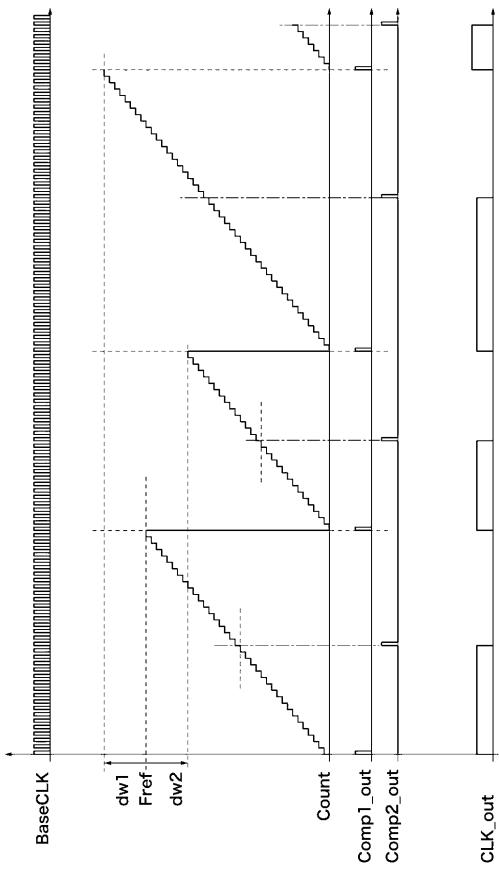
【図2】



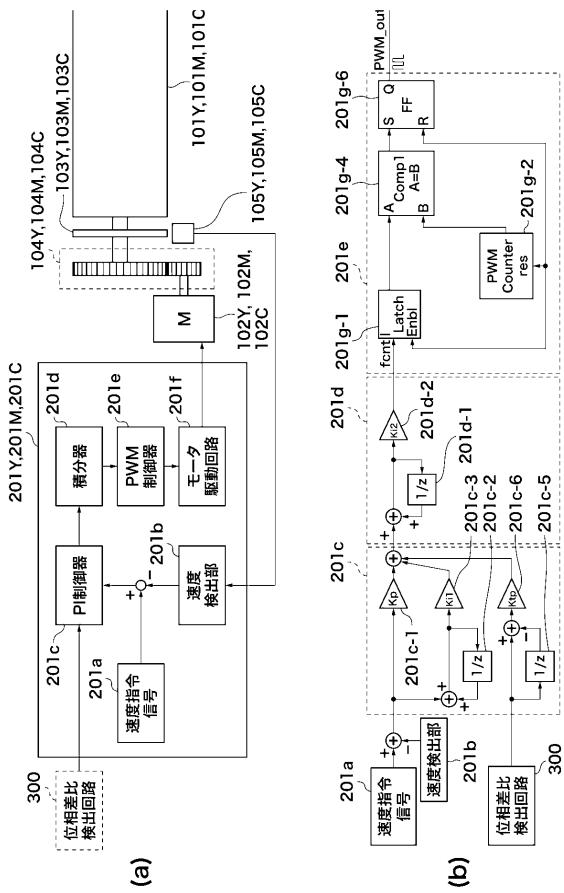
【図3】



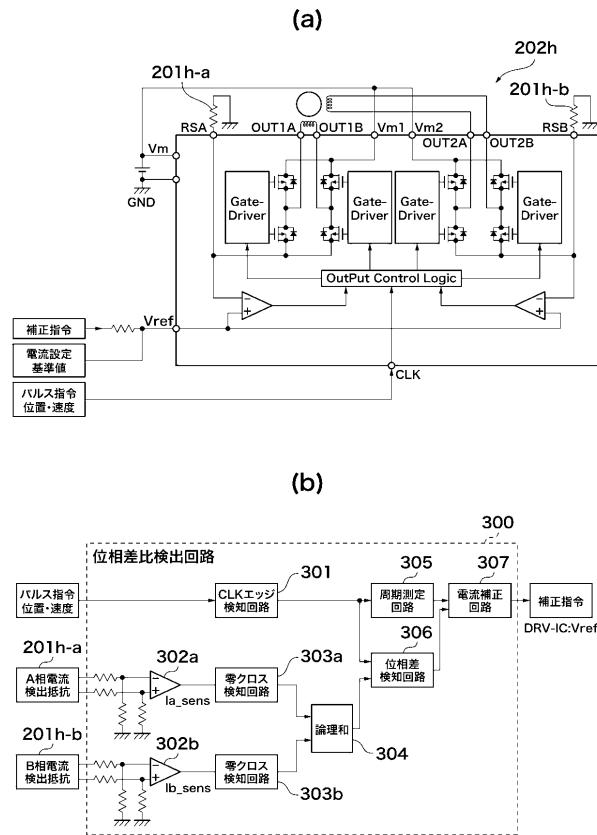
【図4】



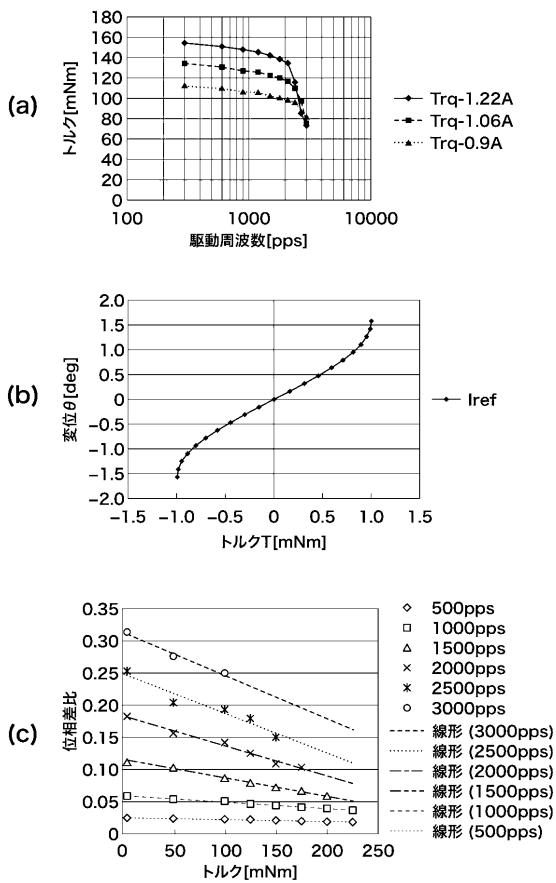
【図5】



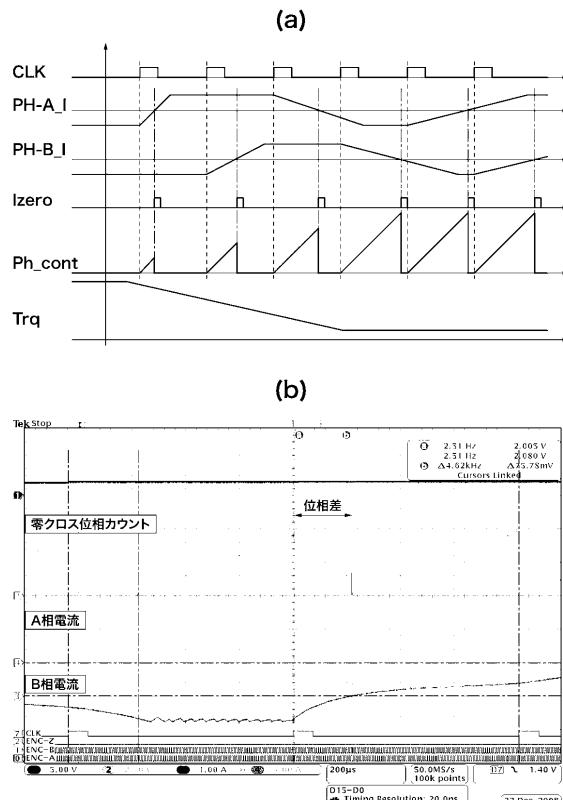
【図6】



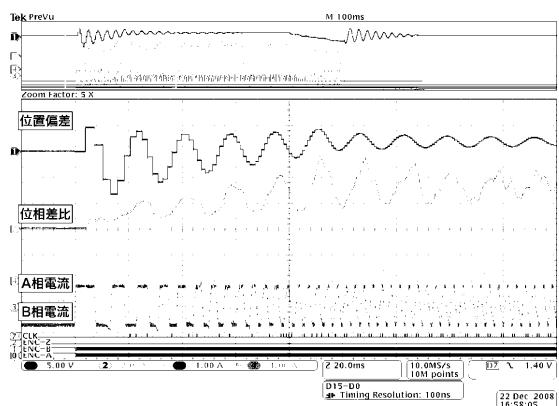
【 四 7 】



【 四 8 】



【図9】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2008-257203(JP,A)
特開2009-258424(JP,A)
特開2004-260978(JP,A)
特開平10-186952(JP,A)
特開2009-065806(JP,A)
特開2010-049208(JP,A)
特開2011-232645(JP,A)
特開2011-147236(JP,A)
特開2012-014055(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 03 G 15 / 01
G 03 G 21 / 14
G 03 G 15 / 00
G 03 G 21 / 00