

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5203823号
(P5203823)

(45) 発行日 平成25年6月5日(2013.6.5)

(24) 登録日 平成25年2月22日(2013.2.22)

(51) Int.Cl.

F I

G03G 15/16 (2006.01)
H02P 8/12 (2006.01)G03G 15/16
H02P 8/00 L

請求項の数 8 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2008-178369 (P2008-178369)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成20年7月8日(2008.7.8)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2010-19930 (P2010-19930A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成22年1月28日(2010.1.28)	(74) 代理人	100076428
審査請求日	平成23年7月8日(2011.7.8)		弁理士 大塚 康德
		(74) 代理人	100112508
			弁理士 高柳 司郎
		(74) 代理人	100115071
			弁理士 大塚 康弘
		(74) 代理人	100116894
			弁理士 木村 秀二
		(74) 代理人	100130409
			弁理士 下山 治
		(74) 代理人	100134175
			弁理士 永川 行光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像形成装置、画像形成装置の制御方法、プログラム及び記憶媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

パルスにより駆動するモータを制御するための制御手段を有する画像形成装置であって、前記制御手段は、

速度制御により前記モータを駆動するために生成された速度指令駆動パルスと、当該モータの速度を検出する検出手段により検出された検出速度情報とから、前記モータの速度偏差を算出する速度偏差算出手段と、

前記速度偏差を補正するための速度補正データを速度フィードフォワード制御指令として生成する速度補正データ生成手段と、

前記速度フィードフォワード制御指令により前記速度偏差を補正する速度偏差補正手段と、

10

前記モータを駆動するためにモータドライバに入力される電流値と、当該モータを駆動するために前記モータドライバに入力される速度指令駆動パルスとから、当該モータを駆動するためのトルクを算出するトルク算出手段と、

前記モータの回転により生じるトルクの変動を算出するトルク変動データ算出手段と、

前記トルクの変動を補正するためのトルク補正データをトルクフィードフォワード制御指令として生成するトルク補正データ生成手段と、

前記トルクフィードフォワード制御指令により前記トルクの変動を補正するトルク補正手段と、

前記速度フィードフォワード制御指令を用いて前記速度偏差補正手段によって前記速度

20

偏差が補正され、前記トルクフィードフォワード制御指令を用いて前記トルク補正手段によって前記トルクの変動が補正された状態で、当該トルクフィードフォワード制御指令により前記電流値を補正するトルクフィードバック制御手段と、

を備えることを特徴とする画像形成装置。

【請求項 2】

前記モータは、感光体を駆動するためのステッピングモータであることを特徴とする請求項 1 に記載に画像形成装置。

【請求項 3】

パルスにより駆動するモータを制御するための制御手段を有する画像形成装置であって、
、当該制御手段が、

速度制御により前記モータを駆動するために生成された速度指令駆動パルスと、当該モータの速度を検出する検出手段により検出された検出速度情報とから、前記モータの速度偏差を算出する速度偏差算出手段と、

前記速度偏差を補正するための速度補正データを生成する速度補正データ生成手段と、
トナー像を形成するためのベルト上に予め定められた基準間隔で形成されている複数のパターン画像を、当該ベルトの搬送に従い、画像読取手段が読み取ったパターン画像の間隔と、前記基準間隔とから、当該ベルトの搬送の 1 周分の厚みムラによる速度偏差を算出する算出手段と、

前記算出手段により算出された前記ベルトの搬送の 1 周分の厚みムラによる速度偏差を補正するための厚みムラ補正データを生成する厚みムラ補正データ生成手段と、

前記速度補正データ生成手段により生成された前記速度補正データと、前記厚みムラ補正データ生成手段により生成された前記厚みムラ補正データとから、前記速度偏差を補正するための速度フィードフォワード制御指令を生成する速度フィードフォワード制御指令生成手段と、

前記速度フィードフォワード制御指令により前記速度偏差を補正する速度偏差補正手段と、

前記速度フィードフォワード制御指令を用いて前記速度偏差補正手段により前記速度偏差が補正された状態で、前記厚みムラ補正データにより、前記モータを駆動するためにモータドライバに入力される電流値を補正して、当該モータの駆動トルクをフィードバック制御するトルクフィードバック制御手段と、

を備えることを特徴とする画像形成装置。

【請求項 4】

前記モータは、前記ベルトを駆動するためのステッピングモータであることを特徴とする請求項 3 に記載に画像形成装置。

【請求項 5】

パルスにより駆動するモータを制御するための制御手段を有する画像形成装置の制御方法であって、

前記制御手段の速度偏差算出手段が、速度制御により前記モータを駆動するために生成された速度指令駆動パルスと、当該モータの速度を検出する検出手段により検出された検出速度情報とから、前記モータの速度偏差を算出する速度偏差算出工程と、

前記制御手段の速度補正データ生成手段が、前記速度偏差を補正するための速度補正データを速度フィードフォワード制御指令として生成する速度補正データ生成工程と、

前記制御手段の速度偏差補正手段が、前記速度フィードフォワード制御指令により前記速度偏差を補正する速度偏差補正工程と、

前記制御手段のトルク算出手段が、前記モータを駆動するためにモータドライバに入力される電流値と、当該モータを駆動するために前記モータドライバに入力される速度指令駆動パルスとから、当該モータを駆動するためのトルクを算出するトルク算出工程と、

前記制御手段のトルク変動データ算出手段が、前記モータの回転により生じるトルクの変動を算出するトルク変動データ算出工程と、

前記制御手段のトルク補正データ生成手段が、前記トルクの変動を補正するためのトル

10

20

30

40

50

ク補正データをトルクフィードフォワード制御指令として生成するトルク補正データ生成工程と、

前記制御手段のトルク補正手段が、前記トルクフィードフォワード制御指令により前記トルクの変動を補正するトルク補正工程と、

前記制御手段のトルクフィードバック制御手段が、前記速度フィードフォワード制御指令を用いて前記速度偏差補正工程によって前記速度偏差が補正され、前記トルクフィードフォワード制御指令を用いて前記トルク補正工程によって前記トルクの変動が補正された状態で、当該トルクフィードフォワード制御指令により前記電流値を補正するトルクフィードバック制御工程と、

を有することを特徴とする画像形成装置の制御方法。

10

【請求項 6】

パルスにより駆動するモータを制御するための制御手段を有する画像形成装置の制御方法であって、

前記制御手段の速度偏差算出手段が、速度制御により前記モータを駆動するために生成された速度指令駆動パルスと、当該モータの速度を検出する検出手段により検出された検出速度情報とから、前記モータの速度偏差を算出する速度偏差算出工程と、

前記制御手段の速度補正データ生成手段が、前記速度偏差を補正するための速度補正データを生成する速度補正データ生成工程と、

前記制御手段の算出手段が、トナー像を形成するためのベルト上に予め定められた基準間隔で形成されている複数のパターン画像を、当該ベルトの搬送に従い、画像読取手段が読み取ったパターン画像の間隔と、前記基準間隔とから、当該ベルトの搬送の 1 周分の厚みムラによる速度偏差を算出する算出工程と、

20

前記制御手段の厚みムラ補正データ生成手段が、前記算出工程により算出された前記ベルトの搬送の 1 周分の厚みムラによる速度偏差を補正するための厚みムラ補正データを生成する厚みムラ補正データ生成工程と、

前記制御手段の速度フィードフォワード制御指令生成手段が、前記速度補正データ生成工程により生成された前記速度補正データと、前記厚みムラ補正データ生成工程により生成された前記厚みムラ補正データとから、前記速度偏差を補正するための速度フィードフォワード制御指令を生成する速度フィードフォワード制御指令生成工程と、

前記制御手段の速度偏差補正手段が、前記速度フィードフォワード制御指令により前記速度偏差を補正する速度偏差補正工程と、

30

前記制御手段のトルクフィードバック制御手段が、前記速度フィードフォワード制御指令を用いて前記速度偏差補正工程により前記速度偏差が補正された状態で、前記厚みムラ補正データにより、前記モータを駆動するためにモータドライバに入力される電流値を補正して、当該モータの駆動トルクをフィードバック制御するトルクフィードバック制御工程と、

を有することを特徴とする画像形成装置の制御方法。

【請求項 7】

請求項 5 または 6 に記載の画像形成装置の制御方法をコンピュータに実行させることを特徴とするプログラム。

40

【請求項 8】

請求項 7 に記載のプログラムを記憶したことを特徴とするコンピュータ可読の記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像形成技術に関する。

【背景技術】

【0002】

従来のカラー画像を形成するための画像形成装置の概略構成を図 15 (a)、(b) に

50

示す。図15(a)は画像形成部の機構的な構成を示し、図15(b)は画像形成装置の概略の制御構成を示す。画像形成部は、図15(a)に示すように、例えば、Y(黄)、M(マゼンダ)、C(シアン)、K(黒)の4色の画像をそれぞれ電子写真方式により形成することが可能な4組の画像形成ユニットから構成されている。例えば、Y(黄)の画像を形成する画像形成ユニットは、感光ドラム105、現像器106、クリーナ107、帯電器108、一次転写ローラ109、レーザ光学系110から成る。各画像形成ユニットは、対応する色の画像を中間転写ベルト101上にそれぞれ形成する。

【0003】

画像形成部の画像形成動作は、図15(b)に示すシステムコントローラ120によって制御される。画像読取装置121または画像処理装置122よりカラー画像データが供給されると、これがシステムコントローラ120を介して各色の画像形成ユニットに供給される。各画像形成ユニットにおける感光ドラムには、光の照射によって電気的特性が変化する光導電層が形成されている。各感光ドラムは、画像形成動作中に定速回転を行い、以下に示す処理(1)~(5)が各画像形成ユニットにおいて行われる。以下の説明では、Y(黄)の画像を形成する画像形成ユニット(Y用画像形成ユニット)を例に説明する。

10

【0004】

(1)帯電：帯電器108が感光ドラム105の光半導体層を均一に帯電する。

【0005】

(2)レーザ露光：レーザ光学系110が、感光ドラム105に向けてレーザ光を照射し、感光ドラム105上に静電潜像を形成する。

20

【0006】

(3)現像：現像器106が、感光ドラム105上の静電潜像にトナーを付着する。

【0007】

(4)一次転写：一次転写ローラ109が、感光ドラム105上のトナー像を中間転写ベルト101に転写する。

【0008】

(5)クリーニング：中間転写ベルト101に転写しきれずに感光ドラム105上に残ったトナーをクリーナ107がクリーニングする。

【0009】

次に、処理(6)、(7)によって、中間転写ベルト101に転写されたトナー像を記録紙へ転写し定着する。

30

【0010】

(6)二次転写：二次転写器111が、中間転写ベルト101上のトナー像を記録紙に転写する。

【0011】

(7)定着：定着器112が記録紙に対して加熱及び加圧を行い、トナーを記録紙上に定着させ、記録紙を画像形成部の外に排出する。

【0012】

上述したように、中間転写ベルト101上には、各画像形成ユニットにてそれぞれ形成されたトナー像がタイミングを合わせて順に転写され、各トナー像が重なり合うようになっている。しかし、中間転写ベルト101の移動速度に変動が生じると、中間転写ベルト101に転写される各色のトナー像の転写位置が、本来の転写位置からずれてしまい、色ずれ(1次転写位置のずれ)や濃度ムラ等の画質の劣化が発生する。

40

【0013】

ここで、図15(a)に示すように、中間転写ベルト101は、駆動ローラ104の回転駆動に応じて図中矢印Aの方向に周回駆動され、駆動ローラ104には、駆動モータ(ステッピングモータ102)の駆動力が駆動ギア103を介して伝達される。

【0014】

次に、中間転写ベルト101の搬送速度について以下に説明する。

50

【 0 0 1 5 】

駆動ローラ 1 0 4 の半径を r 、中間転写ベルト 1 0 1 の厚さを $2 d 0$ とし、中間転写ベルト 1 0 1 の厚さ方向の中心までの厚みを $d 0$ とする。駆動ローラ 1 0 4 の角速度を ω とすると、中間転写ベルト 1 0 1 の搬送速度 $V b$ は式 (1) で求めることができる。

【 0 0 1 6 】

$$V b = (r + d 0) \times \omega \quad \cdots (1)$$

中間転写ベルト 1 0 1 の搬送速度 $V b$ を変動させる代表的な要因には、例えば、駆動ローラ 1 0 4 の偏心成分 Δr と、中間転写ベルト 1 0 1 の厚みムラ Δd (シームレスベルト製造時に発生) が挙げられる。また、駆動ギア 1 0 3 の偏心成分による駆動ローラ 1 0 4 の角速度変動分 $\Delta \omega$ も搬送速度 $V b$ の変動要因として考えられる。こうした変動要因を考慮すると、搬送速度 $V b$ は式 (2) で表される。

【 0 0 1 7 】

$$\begin{aligned} V b &= (r + \Delta r + \Delta d) \times (\omega + \Delta \omega) \\ &= r \omega + \Delta r \omega + \Delta d \omega + (r + \Delta r + \Delta d) \times \Delta \omega \quad \cdots (2) \end{aligned}$$

したがって、速度変動成分 $\Delta V b$ ($= V b - r \omega$) は式 (3) で表される。

【 0 0 1 8 】

$$\begin{aligned} \Delta V b &= \Delta r \omega + \Delta d \omega + \Delta \omega \times (r + \Delta r + \Delta d) \\ &= \Delta V r + \Delta V d + \Delta V \omega \quad \cdots (3) \end{aligned}$$

ただし、 $\Delta V r = \Delta r \omega$ 、 $\Delta V d = \Delta d \omega$ 、 $\Delta V \omega = \Delta \omega \times (r + \Delta r + \Delta d)$ とする。

【 0 0 1 9 】

ここで、 $\Delta V r$ は、駆動ローラ 1 0 4 の偏心成分 Δr に起因する速度変動分、 $\Delta V d$ は、中間転写ベルト 1 0 1 の厚みムラ Δd に起因する速度変動分、 $\Delta V \omega$ は、駆動ローラ 1 0 4 の角速度変動分 $\Delta \omega$ に起因する速度変動分である。

【 0 0 2 0 】

駆動ローラ 1 0 4 の中間転写ベルト 1 0 1 との上方接点位置 $P 0$ と Y (黄) の感光ドラム 1 0 5 の転写点 $P 1$ との間の距離を $D 1$ とする。他の各感光ドラムの転写点間 ($P 1 P 2$ 間、 $P 2 P 3$ 間、 $P 3 P 4$ 間) の距離を距離 $D 2$ 、 $D 3$ 、 $D 4$ とする。駆動ローラ 104 の周長が距離 $D 1$ に一致し、且つ、 $D 2 \sim D 4$ の合算値が、駆動ローラ 1 0 4 の周長の整数倍の長さとなるように、画像形成部の機械的構造を構成する。これにより、(3) 式の第一項である駆動ローラ 1 0 4 の偏心成分 Δr に起因する速度変動分 ($\Delta V r$) が一次転写時における色ずれへ及ぼす影響を低減することが可能である。

【 0 0 2 1 】

(3) 式の第二項である中間転写ベルト 1 0 1 の厚みムラ Δd に起因する速度変動分 ($\Delta V d$) に関しては、中間転写ベルト 1 0 1 に所定パターンの画像を所定間隔で複数形成する。その中間転写ベルト 1 0 1 に形成された個々の所定パターンを、中間転写ベルト 1 0 1 の周回ルートの 1 箇所を検出し、その各検出タイミングの時間差に基づいて中間転写ベルト 1 0 1 の厚みムラ Δd を検知する。これによって駆動ローラ 1 0 4 の回転速度を制御する手法、または各感光ドラムにおける光学系書き込み位置を制御する手法が提案されている (特許文献 1) 。

【 0 0 2 2 】

(3) 式の第三項である駆動ローラ 1 0 4 の角速度変動分 $\Delta \omega$ に起因する速度変動分 ($\Delta V \omega$) に関しては駆動ローラ 1 0 4 の軸上にエンコーダを設置し、エンコーダの検出信号に基づいて駆動ローラ 1 0 4 の駆動周波数を算出する。この駆動周波数を利用して駆動ローラ 1 0 4 の角速度変動を補正する手法が一般的に実施されている。

【 0 0 2 3 】

(3) 式の第一項、および、第三項に関する駆動ローラ 1 0 4 の偏心成分 Δr に起因する速度変動分 ($\Delta V r$) 及び駆動ローラ 1 0 4 の角速度変動分 $\Delta \omega$ に起因する速度変動分 ($\Delta V \omega$) の影響低減に関しては、以下の方法が提案されている。駆動伝達系の機械的構造を調整可能とし、かつ、駆動対象負荷の絶対角度・回転速度を検出可能として、それら

10

20

30

40

50

の値を元に駆動側では各負荷駆動の位相を合わせて制御を行う。これにより、色ずれ、濃度ムラを抑制する方法が提案されている（特許文献２）。

【００２４】

以上説明した速度変動成分は機械構成要素（偏心・厚み・ローラ径）によるものである。通常、モータによる駆動装置における速度変動要素としては、さらに、画像形成動作中に発生する外乱要因によるトルク変化による速度変動要素が加わることになる。

【００２５】

これらの負荷変動を誘発する外乱としては、複写媒体である用紙の通過、および、中間転写ベルト１０１用のクリーナ機構の脱着動作などが上げられる。これによるトルク変動は結果として中間転写ベルト１０１の搬送速度 V_b に瞬間的に速度変動が生じ、その結果、色ずれ、濃度ムラが生じることになる。

10

【００２６】

次に、駆動側となるパルスモータ（ステッピングモータ）は回転子位置を検出して制御回路にフィードバックする必要があるオープンループ制御で駆動することが可能なモータである。その指令値は入力パルスのパルス数、周期により位置、および速度制御が可能である。入力パルスに同期する動作はパルス入力毎に固定子側の各相（２相ステッピングモータの場合 A 、 A^* 、 B 、 B^* ）に流れる電流を順次切替えていくことで回転磁界が生成される。

【００２７】

図１３はステッピングモータの駆動回路構成を例示した図である。この回路において、 A 、 A^* 、 B 、 B^* の各相が順次励磁され、巻線電流が所定の電流値となるようにオン・オフ比率を制御することで定電流制御駆動が行われる。オン・オフ比率の制御にはPWM制御が用いられる。これにより、巻線電流の大きさに比例した回転磁界が発生する。このような制御を適用することでステッピングモータは、指令入力信号のパルス数を位置指令、パルス周期を速度指令として駆動される。このステッピングモータは、その構造上、永久磁石同期モータの分類に属するが、この永久磁石同期モータの発生するトルクとしては下記のようになる。

20

【００２８】

トルク＝永久磁石の磁束の大きさ×巻線電流の大きさ× $\sin(\text{位相差 } \varphi_d) \cdots (4)$

位相差 φ_d ：永久磁石による磁束とモータ巻線電流による磁束とのなす角（＝負荷角）

30

定電流制御により巻線電流が所定値に制御された場合、巻線電流により発生する磁束は固定値となる。そのため、図１４のようにモータ軸に接続された負荷により印加される負荷トルクに応じて、位相差 φ_d 、つまり、負荷角がモータの駆動により自動調整されて、モータトルクが負荷トルクと釣り合う位置で回転することになる。これは設定した電流値で発生する最大トルク以上の負荷が印加された場合には、モータは同期駆動ができない状態、一般に『脱調』と呼ばれる状態に陥り、駆動不能の状態になることを意味する。

【００２９】

このように、ステッピングモータは、位置検出手段が無くてもパルス数による位置決め駆動、パルス周期による速度制御が行えると云った利点を備えている。反面、取り付ける製品に必要な負荷トルクに対して、脱調をしないようにトルクマージンを設けてステッピングモータの発生できるトルクを設計する必要がある。

40

【００３０】

また、前述したように、負荷の変化により釣り合い位置が変化する、つまり、速度変動が発生することになり、駆動負荷の速度変動につながることもなる。トルクマージンを大きく採って動作させることは、負荷変動時の速度変動を抑制する利点を持っているが、逆にトルク余りによる速度変動・振動・騒音の発生と云った問題をも生じさせてしまう等の欠点要素の方が多い。

【００３１】

これらの現状に対して、製品にステッピングモータが実装された状態でトルクを測定する方法として、巻線電流または、巻線電流とエンコーダ情報からトルクを測定する方法が

50

ある（例えば、特許文献 3、特許文献 4）。

【0032】

また、負荷トルクの変動に対して脱調の回避や振動の低減を行うステッピングモータ制御装置として、エンコーダを用いることにより負荷トルクと関連があるロータとステータの位置関係から励磁タイミングを変化させるものがある。また、巻線電流値からロータとステータの位置関係を推定し励磁タイミングを変化させるものが実用化されている。また、巻線電流値とステッピングモータへの入力電流値との比率から巻線電流設定値を変更させるものが提案されている（特許文献 5）。

【特許文献 1】特開平 10 - 186787 号公報

【特許文献 2】特開 2003 - 29483 号公報

【特許文献 3】特開平 5 - 332857 号公報

【特許文献 4】特開 2001 - 255220 号公報

【特許文献 5】特開 2004 - 260978 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0033】

しかしながら、上述した特許文献 1 は、駆動対象負荷（画像形成装置におけるベルト）の速度変動を検出する手段の提案が主な内容であり、速度変動に対するフィードバック制御については詳細な説明が成されていない。また、特許文献 2 に示される画像形成装置においては、駆動系の偏心・位相合わせを、伝達系の機械的構造・調整で行う提案のため、コスト高な構成とならざるを得ない。

【0034】

また、特許文献 2 において駆動モータとしてパルスモータ（＝ステッピングモータ）を使用する場合に、速度変動に対するフィードバック制御については明示されていない。

【0035】

更に、特許文献 3 乃至 5 では、トルクの測定法、エンコーダによる負荷トルクの変動に対して脱調の回避や振動の低減を行う構成が開示されているが、フィードバック制御については詳細な説明が成されていない。

【0036】

本発明は、画像形成中の機械要素系の負荷変動、外乱による中間転写ベルトの搬送速度変動があっても良好な画質の画像を得ることが可能な画像形成装置の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0037】

上記の目的を達成する本発明にかかる画像形成装置は、パルスにより駆動するモータを制御するための制御手段を有する画像形成装置であって、前記制御手段は、

速度制御により前記モータを駆動するために生成された速度指令駆動パルスと、当該モータの速度を検出する検出手段により検出された検出速度情報とから、前記モータの速度偏差を算出する速度偏差算出手段と、

前記速度偏差を補正するための速度補正データを速度フィードフォワード制御指令として生成する速度補正データ生成手段と、

前記速度フィードフォワード制御指令により前記速度偏差を補正する速度偏差補正手段と、

前記モータを駆動するためにモータドライバに入力される電流値と、当該モータを駆動するために前記モータドライバに入力される速度指令駆動パルスとから、当該モータを駆動するためのトルクを算出するトルク算出手段と、

前記モータの回転により生じるトルクの変動を算出するトルク変動データ算出手段と、

前記トルクの変動を補正するためのトルク補正データをトルクフィードフォワード制御指令として生成するトルク補正データ生成手段と、

前記トルクフィードフォワード制御指令により前記トルクの変動を補正するトルク補正手段と、

10

20

30

40

50

前記速度フィードフォワード制御指令を用いて前記速度偏差補正手段によって前記速度偏差が補正され、前記トルクフィードフォワード制御指令を用いて前記トルク補正手段によって前記トルクの変動が補正された状態で、当該トルクフィードフォワード制御指令により前記電流値を補正するトルクフィードバック制御手段と、
を備えることを特徴とする。

【 0 0 3 8 】

あるいは、本発明にかかる画像形成装置は、パルスにより駆動するモータを制御するための制御手段を有する画像形成装置であって、当該制御手段が、

速度制御により前記モータを駆動するために生成された速度指令駆動パルスと、当該モータの速度を検出する検出手段により検出された検出速度情報とから、前記モータの速度偏差を算出する速度偏差算出手段と、

前記速度偏差を補正するための速度補正データを生成する速度補正データ生成手段と、
トナー像を形成するためのベルト上に予め定められた基準間隔で形成されている複数のパターン画像を、当該ベルトの搬送に従い、画像読取手段が読み取ったパターン画像の間隔と、前記基準間隔とから、当該ベルトの搬送の1周分の厚みムラによる速度偏差を算出する算出手段と、

前記算出手段により算出された前記ベルトの搬送の1周分の厚みムラによる速度偏差を補正するための厚みムラ補正データを生成する厚みムラ補正データ生成手段と、

前記速度補正データ生成手段により生成された前記速度補正データと、前記厚みムラ補正データ生成手段により生成された前記厚みムラ補正データとから、前記速度偏差を補正するための速度フィードフォワード制御指令を生成する速度フィードフォワード制御指令生成手段と、

前記速度フィードフォワード制御指令により前記速度偏差を補正する速度偏差補正手段と、

前記速度フィードフォワード制御指令を用いて前記速度偏差補正手段により前記速度偏差が補正された状態で、前記厚みムラ補正データにより、前記モータを駆動するためにモータドライバに入力される電流値を補正して、当該モータの駆動トルクをフィードバック制御するトルクフィードバック制御手段と、

を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 3 9 】

本発明によれば、画像形成中の機械要素系の負荷変動、外乱による中間転写ベルトの搬送速度変動があっても良好な画質の画像を得ることが可能になる。

【 0 0 4 0 】

あるいは、本発明によれば、速度検出と負荷トルクの検出により、機械的な取り付け誤差、形状誤差等の要因による速度変動はステッピングモータの速度指令としてフィードフォワード制御することができる。また、定常的な負荷トルク変動要因はモータ電流値へのフィードフォワード制御により、速度変動要素を補正することができる。

【 0 0 4 1 】

また、本発明によれば、突発的な負荷トルク変動要因に対して速度変化を検出することでモータ電流のフィードバック制御を行うことで、トルク変動に対して安定した速度制御が可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 4 2 】

以下、図面を参照して、本発明の好適な実施形態を例示的に詳しく説明する。ただし、この実施の形態に記載されている構成要素はあくまで例示であり、本発明の技術的範囲は、特許請求の範囲によって確定されるのであって、以下の個別の実施形態によって限定されるわけではない。

【 0 0 4 3 】

図1(a)、(b)は、実施形態にかかる画像形成装置の概略的な構成を示す図であり

10

20

30

40

50

、図15(a)、(b)の構成要素と同様の部分においては、同一の参照番号を用いることにより、説明を省略する。

【0044】

各感光ドラム(感光体)の回転軸周辺には、ドラムの回転位置・速度を検出するためのエンコーダ117(Y, M, C, K)と、エンコーダの基準位置を検出するためのホームポジションセンサ118(Y, M, C, K)と、が設けられている。

【0045】

中間転写ベルト101の駆動ローラ104の回転軸周辺には、感光ドラムと同様にエンコーダ113が設置されている。エンコーダ113は、駆動ローラ104の回転位置情報と、速度情報(角速度)を検出することが可能である。

10

【0046】

駆動ローラホームポジションセンサ114は、エンコーダ113と同様に駆動ローラ104の軸上に設置され、駆動ローラ104の基準位置を検出することにより、駆動ローラ104の1回転の回転周期のタイミングを検出する。

【0047】

ベルトホームポジションセンサ115は、中間転写ベルト101上に設けられた検出用マークを検出する。画像読取センサ116は、中間転写ベルト101の面上に形成されたトナー像、または所定パターン画像を検出することが可能である。

【0048】

図2は、本実施形態にかかる画像形成装置の制御ブロックを示す図である。画像形成装置はシステムコントローラ120によって統括的にコントロールされ、主に画像形成装置を構成する各ユニットの駆動、センサやエンコーダにより検出された情報の収集、収集した情報の解析の役割を主に担っている。システムコントローラ120の内部には、CPU201が搭載されている。CPU201は、システムコントローラ120に搭載されたROM202に格納されたプログラムによって、予め決められた画像形成シーケンスに関する様々なシーケンスを実行する。その際、一時的または恒久的に保存することが必要な書き換え可能なデータを格納するために、RAM203も搭載されている。

20

【0049】

ASIC301は、中間転写ベルト(ITB)101の位置・速度情報を検出して中間転写ベルト101を駆動するベルト系の制御と、感光ドラム105の位置・速度を検出して感光ドラム105駆動するドラム駆動系の制御とを行う。

30

【0050】

(ベルト駆動系)

ASIC301はベルト駆動系の制御として、AD変換器302、位置・速度検出用カウンタ303、ベルト駆動ローラ位置・速度情報変換部306、指令値位置・速度情報変換部307を有する。AD変換器302は、中間転写ベルト(ITB)101の上方に設けられている画像読取センサ116により読み取られたアナログ出力信号をAD変換する。

【0051】

位置・速度検出用カウンタ303は、駆動ローラ104の回転軸の位置、回転速度を検出するためのエンコーダ113の出力信号をカウントする。ベルト駆動ローラ位置・速度情報変換部306は、位置・速度検出用カウンタ303での計数値を、中間転写ベルト101を駆動する駆動ローラ104の位置・速度情報に変換する。指令値位置・速度情報変換部307は、ステッピングモータ102bを駆動するための駆動パルスのカウントするカウンタ305と、カウンタ305での計数値を位置・速度情報に変換する。

40

【0052】

(ドラム駆動系)

ASIC301はドラム駆動系の制御として、位置・速度検出用カウンタ310、カウンタ312、ドラム軸位置・速度情報変換部313、指令値位置・速度情報変換部314、入力電流検出部206a、AD変換器315、負荷角換算部316を有する。位置・速

50

度検出用カウンタ310は、感光ドラム105のドラム駆動軸の位置・速度を検出するためのエンコーダ117の出力信号をカウントする。ドラム軸位置・速度情報変換部313は、位置・速度検出用カウンタ310の計数値を、位置・速度情報に変換する。カウンタ312は、ステッピングモータ102aの駆動パルス（指令値情報）をカウントする指令値位置・速度情報変換部314は、カウンタ312の計数値を位置・速度情報に変換する。入力電流検出部206aは、ステッピングモータ102aの駆動回路（モータドライバ205a）への入力電流を検出するAD変換器315は、入力電流検出部206aにより検出された値をAD変換する。負荷角換算部316は、指令値位置・速度情報変換部314の出力とAD変換器315の出力とに基づきステッピングモータの負荷角換算（位相角の算出）を行う。

10

【0053】

以上の2系統の構成により検出、変換された値はシステムコントローラ120に送信される。また、ASIC301は、ベルト駆動系及びドラム駆動系として、クロック生成器304、311をそれぞれ有する。クロック生成器304、311は、中間転写ベルト（ITB）101、および、感光ドラム105を回転駆動するためのステッピングモータ102a、ステッピングモータ102bを駆動するためのクロックを生成する。クロック生成器304、311は、CPU201により設定された値（速度指令、電流指令）に基づいてモータドライバ205b、モータドライバ205aに駆動クロックを出力する。これにより、モータドライバ205b、205aは駆動クロックの周波数に基づいてステッピングモータb、102aを駆動する。

20

【0054】

以上のような構成において、各ステッピングモータの速度制御、および、電流制御を説明する。

【0055】

（ドラム駆動系の制御）

図2、図3を参照して、ASIC301によるドラム駆動系の制御を説明する。

【0056】

（速度指令制御）

図3において、制御ブロック801は、ステッピングモータの速度指令を補正する速度指令制御ブロックを示す。CPU201は、速度偏差算出手段として機能する。CPU201は、速度制御によりステッピングモータを駆動するために生成された速度指令駆動パルスと、速度を検出する検出手段として機能するエンコーダ117により検出された検出速度情報と、に基づき速度偏差を算出する。CPU201は、速度指令駆動パルス350に基づき感光ドラム105を駆動するためのステッピングモータ102aを、予め設定された所定の駆動周波数 V_t により駆動するための制御を行う。カウンタ312によりカウントされた、ステッピングモータ102aの駆動パルス（指令値情報）は、指令値位置・速度情報変換部314により位置・速度情報に変換される。この変換結果は、速度指令駆動パルス350に対応する。速度指令駆動パルス350に基づきクロック生成器311は駆動クロックを生成し、モータドライバ205aは、駆動クロックの周波数に基づいてステッピングモータ102aを駆動する。

30

40

【0057】

位置・速度検出用カウンタ310は、感光ドラム105のドラム駆動軸の位置・速度を検出するためのエンコーダ117から出力されるパルス数（出力信号）をカウントする。位置・速度検出用カウンタ310はASIC301、もしくはCPU201のベースクロックに基づき動作し、エンコーダ117から出力されるパルス数（出力信号）を1パルスずつカウントするのに、十分に早い速度でカウントすることが可能である。

【0058】

位置・速度検出用カウンタ310はエンコーダ分解能（1パルスあたりの角度 deg/pls ）に基づき出力信号のカウントを行う。このカウント値（計数値）に基づき、ドラム軸位置・速度情報変換部313は感光ドラム105の駆動軸の位置検出を行い、ベース

50

クロックによる時間換算から速度検出を行う。位置・速度検出用カウンタ 3 1 0 の計数値は、ホームポジションセンサ 1 1 8 がエンコーダ 1 1 7 の基準位置（ホームポジション位置）を検出時にリセットされる。位置・速度検出用カウンタ 3 1 0 は、ホームポジション位置から位置・速度情報を生成するためのカウントを開始する。

【 0 0 5 9 】

ドラム軸位置・速度情報変換部 3 1 3 からの出力が感光ドラム 1 0 5 の駆動軸の検出位置情報、検出速度情報 3 5 1 となる。

【 0 0 6 0 】

C P U 2 0 1 はドラム軸位置・速度情報変換部 3 1 3 から出力される検出速度情報 3 5 1 と、ステッピングモータ 1 0 2 a の速度の目標値である速度指令駆動パルス 3 5 0 との偏差を求める。C P U 2 0 1 は、この偏差に基づき、感光ドラム 1 0 5 の回転駆動の 1 周期分における駆動ギアの偏心成分を抽出した速度偏差プロファイル 3 0 1 1 を生成する。速度偏差プロファイル 3 0 1 1 が示す正弦波状のプロファイルは、感光ドラム 1 0 5 の 1 回転分の速度ムラを模式的に示している。

【 0 0 6 1 】

C P U 2 0 1 は、速度偏差プロファイル 3 0 1 1 に対応する速度偏差データを納めた速度偏差データテーブルを R A M 2 0 3 に格納する。速度偏差データテーブルのデータ数は、エンコーダ分解能と等しく、感光ドラム 1 0 5 の速度ムラの周波数成分に対して十分速い周波数成分に対応したものである。

【 0 0 6 2 】

C P U 2 0 1 は、速度偏差を補正するための速度補正データを速度フィードフォワード制御指令として生成する速度補正データ生成手段として機能することが可能である。C P U 2 0 1 は、速度偏差プロファイル 3 0 1 1 をもとに、速度偏差成分を補正する速度補正プロファイル 3 0 2 1 を生成する。そして、C P U 2 0 1 は、速度補正プロファイル 3 0 2 1 に対応した、速度補正データを納めた速度補正データテーブルを R A M 2 0 3 に格納する。速度偏差プロファイル 3 0 1 1 と速度補正プロファイル 3 0 2 1 の Drum_Encoder_H P はエンコーダ 1 1 7 のホームポジション位置を示す。

【 0 0 6 3 】

C P U 2 0 1 は、速度偏差プロファイル 3 0 1 1 を相殺するように速度補正プロファイル 3 0 2 1 を求めることが可能である。この場合、C P U 2 0 1 は、速度フィードフォワード制御指令に基づき、速度偏差を補正する速度偏差補正手段として機能する。

【 0 0 6 4 】

（電流指令制御）

制御ブロック 9 0 1 は、ステッピングモータの電流指令を補正する電流指令制御ブロックを示す。

【 0 0 6 5 】

C P U 2 0 1 により生成された電流指令がモータドライバ 2 0 5 a に入力される。モータドライバ 2 0 5 a への入力電流（電流指令）は、駆動周波数 V_t でステッピングモータ 1 0 2 a が動作するよう駆動パルス信号に同期したものである。モータドライバ 2 0 5 a への入力電流は、入力電流検出部 2 0 6 a で検出され、A D 変換器 3 1 5 によりサンプリングされる。A D 変換器 3 1 5 でサンプリングされた値は負荷角換算部 3 1 6 に入力される。

【 0 0 6 6 】

また、カウンタ 3 1 2 によりカウントされた、ステッピングモータ 1 0 2 a の駆動パルス（指令値情報）は、指令値位置・速度情報変換部 3 1 4 により位置・速度情報に変換される。この変換結果は、速度指令駆動パルス 3 6 1 として負荷角換算部 3 1 6 に入力される。

【 0 0 6 7 】

C P U 2 0 1 はモータドライバ 2 0 5 a に入力される電流値と、モータドライバ 2 0 5 a に入力される速度指令駆動パルスとに基づき、ステッピングモータ 1 0 2 a を駆動する

10

20

30

40

50

ためのトルクを算出するトルク算出手段として機能する。

【 0 0 6 8 】

負荷角換算部 3 1 6 は、速度指令駆動パルス 3 6 1 と、A/D変換器 3 1 5 でサンプリングされたドライバ入力電流検出値 3 6 0 と、に基づきステッピングモータ 1 0 2 a の負荷角換算（位相角の算出）を行う。この換算結果に基づき、CPU 2 0 1 は、ドラムホームポジションからの負荷トルク変動プロファイル 3 0 3 1 を生成する。この場合、CPU 2 0 1 は、モータの回転により生じるトルクの変動を算出するトルク変動データ算出手段として機能する。そして、CPU 2 0 1 は、負荷トルク変動プロファイル 3 0 3 1 に対応した負荷トルク変動データを納めた負荷トルク変動データテーブルをRAM 2 0 3 に格納する。

10

【 0 0 6 9 】

CPU 2 0 1 は、RAM 2 0 3 の負荷トルク変動データテーブルに基づき、感光ドラムの駆動1周期分（1回転分）のトルク変動を補正するようにステッピングモータのトルク補正プロファイル 3 0 4 1 を生成する。CPU 2 0 1 は、トルクの変動を補正するためのトルク補正データをトルクフィードフォワード制御指令として生成するトルク補正データ生成手段として機能する。

【 0 0 7 0 】

そして、CPU 2 0 1 は、トルク補正プロファイル 3 0 4 1 に対応したトルク補正データを納めたトルク補正データテーブルをRAM 2 0 3 に格納する。負荷トルク変動プロファイル 3 0 3 1 とトルク補正プロファイル 3 0 4 1 のDrum_Encoder_HPはエンコーダ 1 1 7 のホームポジション位置を示す。

20

【 0 0 7 1 】

CPU 2 0 1 は、トルク補正プロファイル 3 0 4 1 を感光ドラム 1 0 5 の回転を制御するためのトルクフィードフォワード制御指令 3 5 3 として出力する。

【 0 0 7 2 】

CPU 2 0 1 は、トルクフィードフォワード制御指令 3 5 3 に基づき、トルクの変動を補正するトルク補正手段として機能する。

【 0 0 7 3 】

CPU 2 0 1 は、速度補正プロファイル 3 0 2 1 と、トルク補正プロファイル 3 0 4 1 とに基づき、ステッピングモータ 1 0 2 a のフィードフォワード制御を行う。フィードフォワード制御を行うことにより、機械的要因（ギア偏芯、軸偏芯）による速度偏差と、機械構成による定常的なトルク変動をキャンセルすることが可能になる。

30

【 0 0 7 4 】

（トルクフィードバック制御）

図 3 に示すトルクフィードバック制御ブロック 6 0 1 のノード 6 1 0 において、速度指令駆動パルス 3 5 0 と、検出速度情報 3 5 1 との偏差が求められる。ノード 6 2 0 において、速度フィードフォワード制御指令が、ノード 6 1 0 で求められた偏差に加算される。この加算結果に電流補正ゲイン K_p が乗算される。ノード 6 3 0 において、トルクフィードフォワード制御指令 3 5 3 が加算される。

【 0 0 7 5 】

40

ノード 6 5 0 において、負荷トルク変動プロファイル 3 0 3 1 とトルクフィードフォワード制御指令 3 5 3 との偏差が求められ、この偏差にトルク補正ゲイン K_{tp} が乗算される。

【 0 0 7 6 】

ノード 6 4 0 において、トルク補正ゲイン K_{tp} の乗算結果と、ノード 6 3 0 におけるトルクフィードフォワード制御指令 3 5 3 の加算結果と、が乗算され、トルクフィードバック制御指令 6 6 0 が生成される。

【 0 0 7 7 】

速度フィードフォワード制御指令を用いて速度偏差を補正し、トルクフィードフォワード制御指令に基づき、トルクの変動を補正した状態で、トルクフィードバック制御ブロッ

50

ク 6 0 1 の制御が実行される。C P U 2 0 1 は、トルクフィードフォワード制御指令に基づき、モータドライバ 2 0 5 a に入力される電流値を補正するトルクフィードバック制御手段として機能する。

【 0 0 7 8 】

トルクフィードフォワード制御指令 3 5 3 と、負荷角換算部 3 1 6 にて逐次検出されているトルク検出値との差分に対して、補正比例ゲイン k_{tp} を乗じた値をトルクフィードバック制御指令に反映する。これにより突発的なトルク変動に対する追従制御を行うことができる。

【 0 0 7 9 】

以上のようにフィードフォワード制御とフィードバック制御とを組み合わせることにより、負荷変動に対して応答性のよい速度制御が可能になる。

10

【 0 0 8 0 】

(ベルト駆動系の制御)

A S I C 3 0 1 によるベルト駆動系の制御を図 4、図 5 を参照して説明する。

【 0 0 8 1 】

図 5 において、制御ブロック 8 1 2 は、ステッピングモータの速度指令を補正する速度指令制御ブロックを示す。基本的な速度補正制御は、感光ドラム 1 0 5 の駆動において行った手順とほぼ同じである。C P U 2 0 1 は、速度指令駆動パルス 5 5 0 と、駆動ローラ 1 0 4 の回転に関する検出速度情報 5 5 1 との偏差に基づき、中間転写ベルト 1 0 1 の 1 周分のベルト駆動ローラの速度偏差を示す速度偏差プロファイル 5 1 1 を求める。C P U 2 0 1 は、速度偏差プロファイル 5 1 1 に対応する速度偏差データを納めた速度偏差データテーブルを R A M 2 0 3 に格納する。C P U 2 0 1 は、速度偏差プロファイル 5 1 1 をもとに、速度偏差成分を補正する速度補正プロファイル 5 1 2 を生成する。そして、C P U 2 0 1 は、速度補正プロファイル 5 1 2 に対応した、速度補正データを納めた速度補正データテーブルを R A M 2 0 3 に格納する。速度偏差プロファイル 5 1 1 と、速度補正プロファイル 5 1 2 の I T B _ H P は、エンコーダ 1 1 3 のホームポジション位置を示す。C P U 2 0 1 は、速度偏差プロファイル 5 1 1 を相殺するように速度補正プロファイル 5 1 2 を求めることが可能である。

20

【 0 0 8 2 】

速度補正プロファイル 5 1 2 と、エンコーダデータの入力と、に基づいてステッピングモータ 1 0 2 b の駆動が補正される。この状態において、C P U 2 0 1 は、エンコーダデータが予め設定された所定範囲内かどうかを判断し、所定範囲外である場合には、再度、速度補正プロファイルを取得し直す。所定範囲内であれば、駆動ローラ 1 0 4 の角速度が安定していると判断し、中間転写ベルト (I T B) 1 0 1 上に図 4 に示すような複数のパターン画像 (N 、 $N + 1$ 、 $N + 2$ 、 $N + 3 \cdots$) を形成する。パターン画像 (N 、 $N + 1$ 、 $N + 2$ 、 $N + 3 \cdots$) は感光ドラム 1 0 5 上に形成されたトナー像を中間転写ベルト 1 0 1 に転写することにより形成される。

30

【 0 0 8 3 】

図 4 (a) は中間転写ベルト 1 0 1 上に形成されるパターン画像 (N 、 $N + 1$ 、 $N + 2$ 、 $N + 3 \cdots$) を示す。パターン画像 (N 、 $N + 1$ 、 $N + 2$ 、 $N + 3 \cdots$) は、距離 L で等間隔の矩形状に形成される。

40

【 0 0 8 4 】

図 4 (b) は、中間転写ベルト 1 0 1 の上方に配置された画像読取センサ 1 1 6 により矩形パターンを検出したときの検出波形を示す。中間転写ベルト 1 0 1 の速度を V_t とすると、パターンの検出周期は $L / V_t = T_0$ となる。中間転写ベルト 1 0 1 の搬送方向の速度に変動が生じない場合、各パターンの検出周期は T_0 で一定となる。しかしながら、中間転写ベルトの搬送方向の速度が変動すると、例えば、パターン $N + 1$ と $N + 2$ の間のように、検出周期は $T_0 - \Delta t_1$ となり、基準周期 T_0 に対して、 Δt_1 短縮された周期となる。

【 0 0 8 5 】

50

ΔT を入力間隔時間変動、 ΔV をベルト速度変動とすると、 $L / (T_0 \pm \Delta T) = V t \pm \Delta V$ の関係が成り立つ。

【 0 0 8 6 】

パターン間の周期 ($T_0 \pm \Delta T$) は、A S I C 3 0 1 のタイマーカウント値として取得することができる。ここで取得されたパターン間の周期 ($T_0 \pm \Delta T$) が図 5 のパッチ間隔データ入力 5 6 0 となる。基準間隔指令値 5 6 1 は、基準となる周期 T_0 に対応した指令値である。パッチ間隔データ入力 5 6 0 と、基準間隔指令値 5 6 1 との偏差 ($\pm \Delta T$) に基づき、C P U 2 0 1 は、中間転写ベルト 1 0 1 の厚みムラ成分を抽出した中間転写ベルト 1 0 1 の 1 周分の厚みムラによる速度偏差プロファイル 5 2 3 を求める。そして、C P U 2 0 1 は、速度偏差プロファイル 5 2 3 に対応した、速度偏差データを納めた速度補正データテーブルを R A M 2 0 3 に格納する。速度補正データテーブルのデータ数は、形成されたパターン数 (N 、 $N + 1$ 、 $N + 2$ 、 $N + 3$ 、 $\dots$) と等しく、中間転写ベルト 1 0 1 の厚みムラ周波数成分に対して十分速い周波数成分であることが条件となる。速度偏差プロファイル 5 2 3 が示す正弦波状のプロファイルは、中間転写ベルトの 1 周分の速度ムラを模式的に示している。そして C P U 2 0 1 は、速度偏差プロファイル 5 2 3 に基づいて厚みムラを補正する厚みムラ補正プロファイル 5 2 4 を生成する。この場合、C P U 2 0 1 は、算出された中間転写ベルト 1 0 1 の搬送の 1 周分の厚みムラによる速度偏差を補正するための厚みムラ補正データを生成する厚みムラ補正データ生成手段として機能する。速度偏差プロファイル 5 2 3 と、厚みムラ補正プロファイル 5 2 4 の I T B _ H P は、エンコーダ 1 1 3 のホームポジション位置を示す。

【 0 0 8 7 】

C P U 2 0 1 は、速度補正データと、厚みムラ補正データと、に基づき、速度偏差を補正するための速度フィードフォワード制御指令を生成する速度フィードフォワード制御指令生成手段として機能する。C P U 2 0 1 は、速度補正プロファイル 5 1 2 のデータに厚みムラ補正プロファイル 5 2 4 のデータを乗じることにより、モータ駆動周波数を算出する。これが速度フィードフォワード制御指令値 5 3 0 となる。そして、C P U 2 0 1 は、速度偏差補正手段として機能して、速度フィードフォワード制御指令に基づき、速度偏差を補正する。

【 0 0 8 8 】

なお、中間転写ベルト 1 0 1 の速度抽出手法は、上述の手法に限定するものではなく、例えば、予めベルトの厚みムラを計測器等により測定しておき、その測定結果に基づきプロファイルを算出することも可能である。また、中間転写ベルト上に形成するパターンをトナー像として形成するのではなく、例えば、ベルト自体に予めマーキングしておき、そのマークを検出してもよい。

【 0 0 8 9 】

(トルクフィードバック制御)

C P U 2 0 1 は、トルクフィードバック制御手段として機能し、速度フィードフォワード制御指令を用いて速度偏差が補正された状態で、検出速度情報 5 5 1 に基づき、モータドライバ 2 0 5 b に入力される電流値を補正する。モータドライバ 2 0 5 b に入力される電流値の補正により、ステッピングモータ 1 0 2 b の駆動トルクのフィードバック制御が実行される。

【 0 0 9 0 】

図 5 に示すフィードバック制御ブロック 6 1 1 のノード 6 7 0 において、速度指令駆動パルス 5 5 0 と、検出速度情報 5 5 1 との偏差が求められる。ノード 6 7 5 において、速度フィードフォワード制御指令がノード 6 7 0 で求められた偏差に加算される。この加算結果に電流補正ゲイン K_p が乗算される。ノード 6 8 0 において、パッチ間隔データ入力 5 6 0 と、基準間隔指令値 5 6 1 との偏差に基づき、C P U 2 0 1 は、中間転写ベルト 1 0 1 の厚みムラ成分を抽出した中間転写ベルトの 1 周分の厚みムラによる速度偏差プロファイル 5 2 3 を求める。速度偏差プロファイル 5 2 3 にトルク補正ゲイン K_{tp} が乗算される。

【 0 0 9 1 】

ノード 6 9 0 において、トルク補正ゲイン K_{tp} の乗算結果と、電流補正ゲイン k_p の乗算結果と、が乗算され、トルクフィードバック制御指令 6 9 5 が生成される。

【 0 0 9 2 】

(負荷角換算)

次に、本実施形態で使用するステッピングモータの駆動回路における負荷角換算に関して説明する。図 6 に示すように、ステッピングモータの駆動回路は、トルクフィードバック制御指令値に基づきトルク制御を行う定電流制御回路 2 0 2 と、入力電流検出回路 2 6 0 a で構成される。ドラム用のステッピングモータ駆動回路とベルト用のステッピングモータ駆動回路はそれぞれ同じ構成である。ドラム用の駆動回路には、図 2 に示すように入力電流検出部 2 0 6 a に接続され、A S I C 3 0 1 内へデジタルデータとして取り込むための A D 変換器 3 1 5 が設けられる。ドラム用の駆動回路には更に、A S I C 3 0 1 内に設けられた駆動パルス生成用のクロック生成器 3 1 1、および、その生成された駆動パルスの周期検出を行うためのカウンタ 3 1 2 が接続された負荷角換算部 3 1 6 が設けられる。負荷角換算部 3 1 6 は、ステッピングモータ 1 0 2 b に対する位置、および、速度指令値とドライバへの入力電流値に基づき負荷角を演算するための回路である。

10

【 0 0 9 3 】

画像形成装置の制御装置等の上位装置 (A S I C 301 内のクロック生成器 3 1 1) から入力される駆動パルス信号に従い、相励磁パターン生成回路 3 0 0 はステッピングモータの巻線の励磁順序を決定する相励磁パルス信号 (A 、 A * 、 B 、 B *) を生成する。

20

【 0 0 9 4 】

相励磁パターン生成回路 3 0 0 からの相励磁パルス信号に応じて選択された巻線に対して、各巻線に流れる電流 i_a 、 i_a^* 、 i_b 、 i_b^* は、A / A * 電流検出回路 2 0 1 A、B / B * 電流検出回路 2 0 1 B により検出される。そして、トルク制御部 2 0 2 C で設定される定電流指令値に基づいた電流値になるように P W M 制御回路 2 0 2 A、P W M 制御回路 2 0 2 B により O N / O F F が決定され、半導体スイッチ素子群 (Q 1 ~ Q 4) が駆動される。

【 0 0 9 5 】

定電流制御回路 2 0 2 により駆動されたステッピングモータのトルク特性図の一例を図 7、図 8 に示す。図 7 はトルクを一定とした場合に、入力電流と駆動周波数の関係を示した図である。図 8 は速度を一定とした場合に、トルクと入力電流の関係を示した図である。

30

【 0 0 9 6 】

図 7 に示すように、駆動周波数と入力電流の関係では定電流領域 (駆動周波数 : 低) と定電圧領域 (駆動周波数 : 高) において傾きが変わっている。これはモータ回転子の永久磁石の磁束による誘起電圧の影響のためである。しかし、図 8 に示すようにトルクと入力電流の関係は駆動周波数により変化はするが、駆動周波数が一定の場合にはそれぞれ線形性をもった特性を有している。つまり、この各周波数毎の影響度を考慮した補正ができればよい。このために、入力電流検出部 2 0 6 a と、その検出値 (アナログ量) を A S I C 3 0 1 に取り込むための A D 変換器 3 1 5 とともに、駆動パルス周期を検出するクロック生成器 3 1 1 がステッピングモータの駆動回路に接続する構成としている。それらからの入力された値に基づきトルクに対する入力電流の関係から周波数要因を加味するために、単位時間当たりの電流量 [単位 : A / s] に変換する構成とする。

40

【 0 0 9 7 】

駆動パルス周期を検出するクロック生成器 3 1 1 は、例えば、駆動パルスの周波数よりも十分に速い周波数 (ここでは不図示の A S I C 3 0 1 用 C L K) で動作するタイマカウンタを用いて構成する。タイマカウンタは図 9 に示すように、駆動パルスの立ち上がり、もしくは立ち下がりエッジを基点として、パルス周期のカウントを行う。

【 0 0 9 8 】

入力電流検出部 2 0 6 a で検出される電流は A D 変換器 3 1 5 により A S I C 3 0 1 の駆動クロックを分周した任意の周期でサンプリングされる。しかし、駆動パルス周期カウ

50

タの駆動パルスに同期してサンプリングしても構わない。ただし、駆動パルスに同期してサンプリングを行う場合などで、極端にサンプリング周期が長くなる場合には電流変動分が加味されないことになるため、サンプリング時間は短い方が望ましい。そのようなサンプリング周期が長くなることによる検出精度の低下を考慮する場合には、入力電流検出部 206a のアナログ回路部を実効値を検出とする構成とし、サンプリング周期が長くなった場合でも短時間での電流変動分を加味出来る構成としてもよい。例えば図 10 に示すように入力電流検出部 206a の出力値は電流変化の実効値として出力され、さらにクロック生成器 311 の値をアナログ値に変換し、入力電流検出部 206a の出力と比較する比較器を用いることで A/D 変換器を構成とすることも出来る。

【0099】

10

モータトルクと入力電流の関係は(4)式と、以下のモータ巻線への供給電流計算式から把握は可能である。

【0100】

$$V = Ri + L \cdot di/dt + e\omega \cdots (5)$$

(R: 巻線抵抗、L: 巻線インダクタンス、 $e\omega$: 速度起電力)

より実際的には実測したモータ特性に基づき、最大負荷角時の電流値から決定する方が、モータ諸要素の影響も考慮することができる。以下、実測結果に基づく例を説明する。

【0101】

モータ発生トルクは、(4)式で表されることになるが、巻線電流の振幅固定で、位相を変化させた場合の速度とトルクの特性を測定したものが図 11 である。図 11 において、必要駆動速度(回転数: rpm)を縦軸にとり、必要負荷トルクを横軸にとると、必要速度におけるモータ動作時の位相 = 負荷角の変化範囲が負荷トルクに応じてどのように変化するか解る。負荷トルク変動時を考慮した際に、必要速度が確保できる位相の最大値が、最大負荷角として抽出される。

20

【0102】

次に、図 11 に示した回転数とトルクの間接関係、入力電流とトルクの関係で示すと図 12 のようになる。図 12 において、前述のようにして抽出した最大負荷時の入力電流が抽出される。ここで、必要速度でのトルク変動に基づく入力電流を抽出すると、図 8 に示すように、速度一定時ではトルクと電流が線形変化となる。

【0103】

30

これらの特性図から得た値を元に駆動速度最大値、必要負荷トルク値における負荷角を設定すれば、前述した構成による周波数補正による入力電流値より、駆動範囲内での負荷角変化が検出可能となる。

【0104】

以上、示した構成によれば、ステッピングモータにおいて、位置検出部を用いることなく、負荷トルクを検出することが可能になり、ステッピングモータにおいて、DC モータと同様に負荷トルクの検出が行えることになる。ステッピングモータの特徴であるオープンループ制御で位置・速度制御が行える利点とをあわせることで、トルク変化データの位置毎のプロファイル生成が行えることになる。

【0105】

40

これにより、回転速度補正、および、トルク補正制御を画像形成の動作中において継続することにより、濃度ムラ、及び色ずれを低減し、画像形成装置の高画質化を図ることができる。

【0106】

なお、ここではステッピングモータが定電流領域で動作することを前提に説明してきた。この他、定電圧領域で動作させても負荷変動に対する追従性をあげる手段として速度補正プロファイルに基づいて、電源電圧補正プロファイルを作成する構成とすることで、より広範な速度範囲での制御性を確保することができる。

【0107】

また、位置・速度検出部の構成を簡略化し、基準位置のみの検出としても、モータ駆動

50

パルスによる位置指令値による基準位置からの相対位置の把握は可能である。このため、負荷角変動の記録を、機械基準位置と指令値による相対位置で行うことで、定常時の負荷変動分のフィードフォワード制御と、逐次負荷変動のフィードバック制御とすることも可能である。

【0108】

本実施形態によれば、画像形成中の機械要素系の負荷変動、外乱による中間転写ベルトの搬送速度変動があっても良好な画質の画像を得ることが可能になる。

【0109】

あるいは、本実施形態によれば、速度検出と負荷トルクの検出により、機械的な取り付け誤差、形状誤差等の要因による速度変動はステッピングモータの速度指令としてフィードフォワード制御することができる。また、定常的な負荷トルク変動要因はモータ電流値へのフィードフォワード制御により、速度変動要素を補正することができる。

10

【0110】

また、突発的な負荷トルク変動要因に対して速度変化を検出することでモータ電流のフィードバック制御を行うことで、トルク変動に対して安定した速度制御が可能になる。

【0111】

(他の実施形態)

なお、本発明の目的は、前述した実施形態の機能を実現するソフトウェアのプログラムコードを記録したコンピュータ可読の記憶媒体を、システムあるいは装置に供給することによっても、達成されることは言うまでもない。また、システムあるいは装置のコンピュータ(またはCPUやMPU)が記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出し実行することによっても、達成されることは言うまでもない。

20

【0112】

この場合、記憶媒体から読出されたプログラムコード自体が前述した実施形態の機能を実現することになり、そのプログラムコードを記憶した記憶媒体は本発明を構成することになる。

【0113】

プログラムコードを供給するための記憶媒体としては、例えば、フレキシブルディスク、ハードディスク、光ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、CD-R、不揮発性のメモ리카ード、ROMなどを用いることができる。

30

【0114】

また、コンピュータが読出したプログラムコードを実行することにより、前述した実施形態の機能が実現される。また、プログラムコードの指示に基づき、コンピュータ上で稼働しているOS(オペレーティングシステム)などが実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって前述した実施形態が実現される場合も含まれることは言うまでもない。

【図面の簡単な説明】

【0115】

【図1】本発明の実施形態にかかる画像形成装置の概略的な構成を示す図である。

【図2】本発明の実施形態にかかる画像形成装置の制御ブロックを示す図である。

40

【図3】制御指令(速度フィードフォワード制御指令、トルクフィードフォワード制御指令、トルクフィードバック制御指令)の生成プロセスを説明する図である。

【図4】中間転写ベルト上に形成される所定パターンと、所定パターンを画像読取センサが検出したときの検出信号を例示する図である。

【図5】制御指令(速度フィードフォワード制御指令、トルクフィードバック制御指令)の生成プロセスを説明する図である。

【図6】本発明の実施形態に係るステッピングモータ駆動回路の基本構成を示す図である。

【図7】定電流制御時のステッピングモータの入力電流-速度特性を示す図である。

【図8】定電流制御時のステッピングモータの入力電流-トルク特性を示す図である。

50

【図 9】駆動パルス周期検出をカウンタで構成した場合の動作を示す図である

【図 10】駆動パルス周期検出カウンタ動作と、パルスエッジでの入力電流のサンプリング例を示す図である。

【図 11】位置基準励磁による定電流制御時のトルク - 速度 - 位相特性を示す図である。

【図 12】位置基準励磁による定電流制御時のトルク - 入力電流 - 位相特性を示す図である。

【図 13】従来のステッピングモータの駆動回路構成を例示した図である。

【図 14】ステッピングモータの負荷角を説明する図である。

【図 15】従来のカラー画像形成装置の概略構成を示す図である。

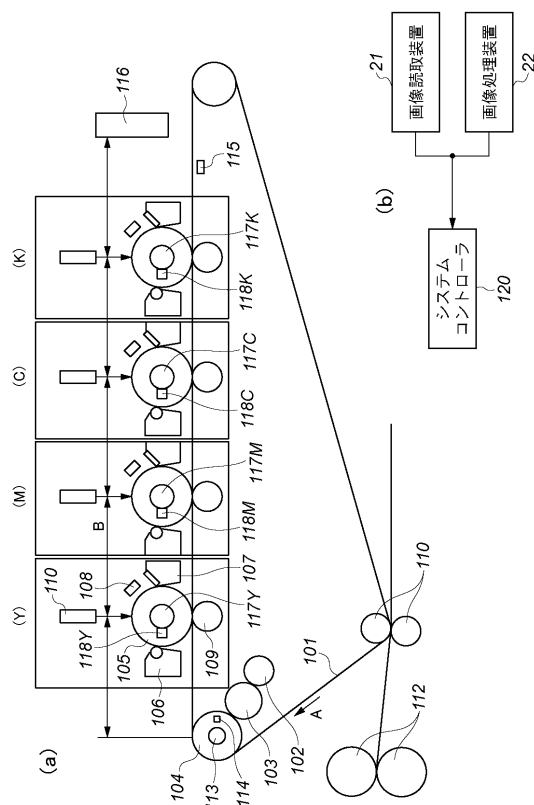
【符号の説明】

【 0 1 1 6 】

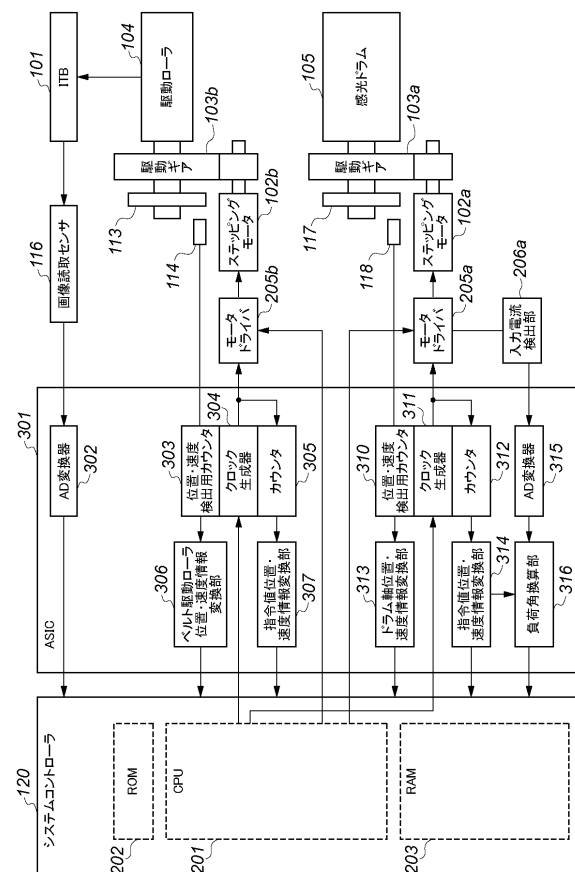
- 1 0 1 中間転写ベルト
- 1 0 2 a ステッピングモータ
- 1 0 2 b ステッピングモータ
- 1 0 3 駆動ギア
- 1 0 4 駆動ローラ
- 1 0 5 感光ドラム
- 1 1 3 エンコーダ
- 1 1 6 画像読取センサ

10

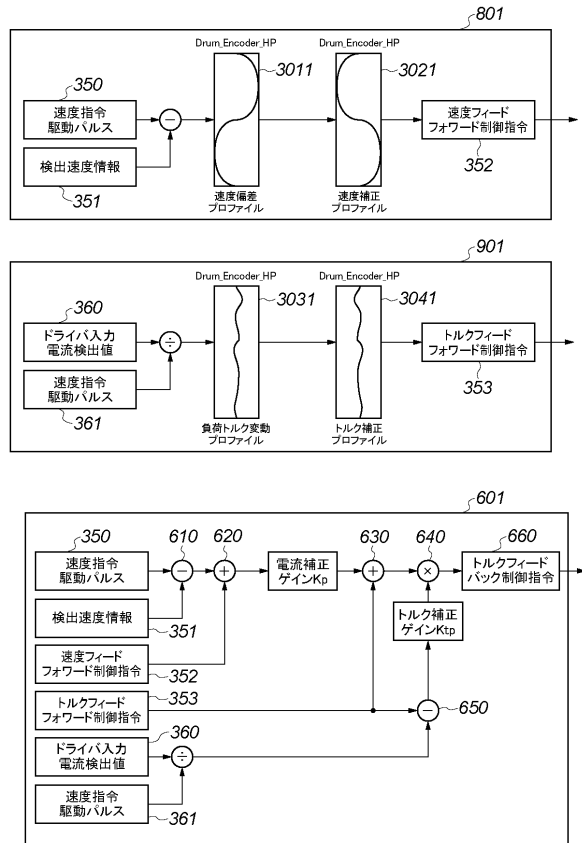
【図 1】



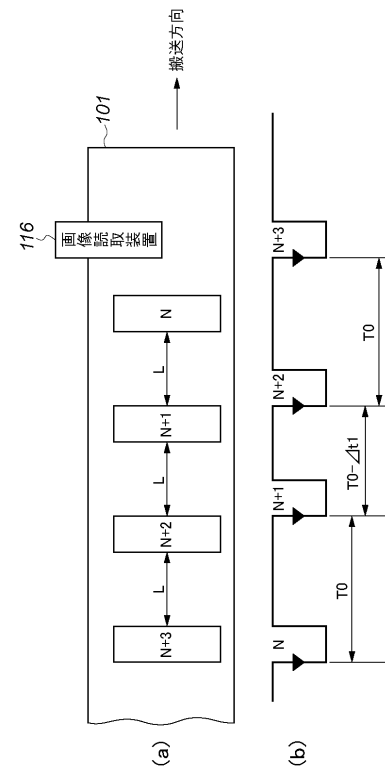
【図 2】



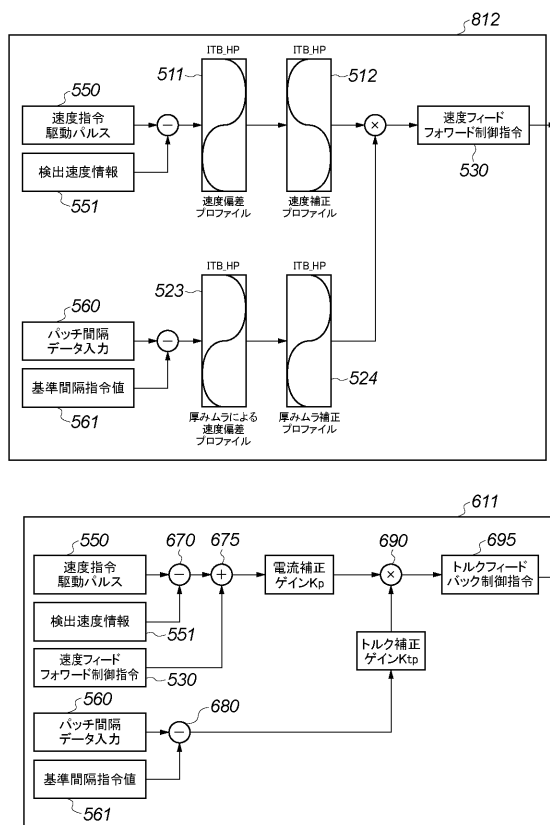
【図 3】



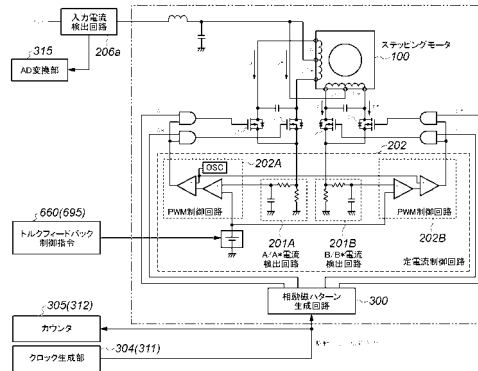
【図 4】



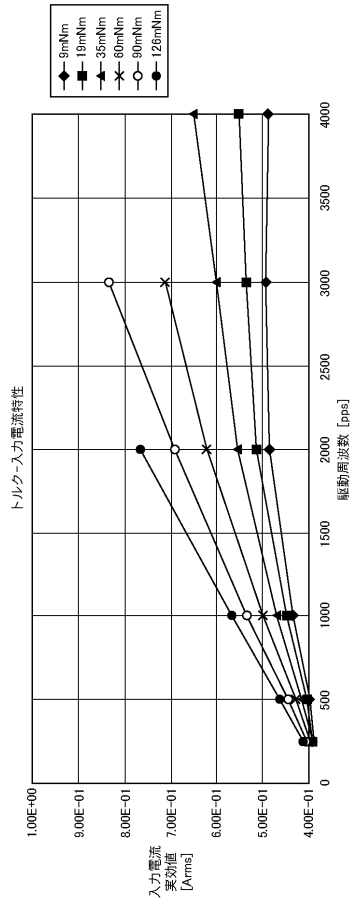
【図 5】



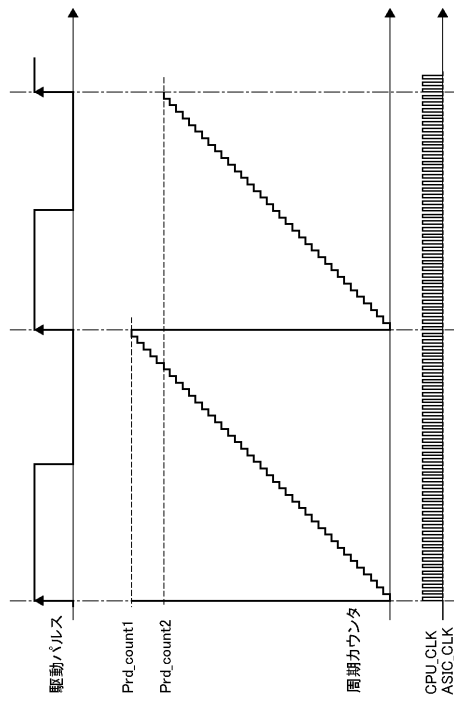
【図 6】



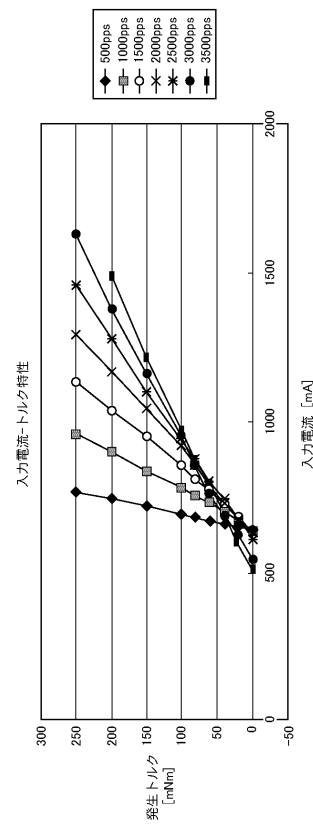
【図 7】



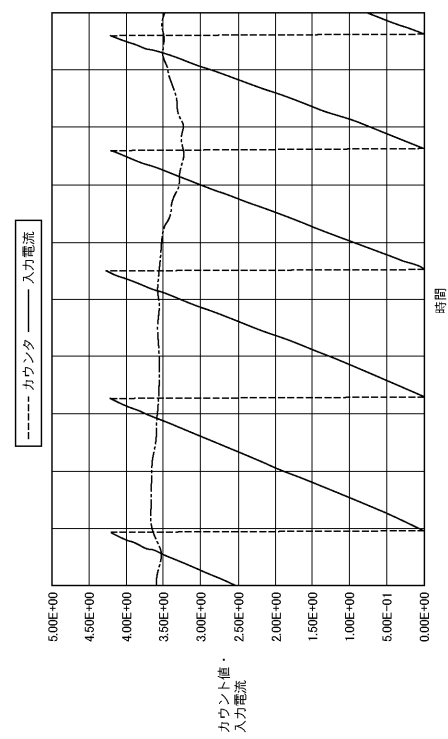
【図 9】



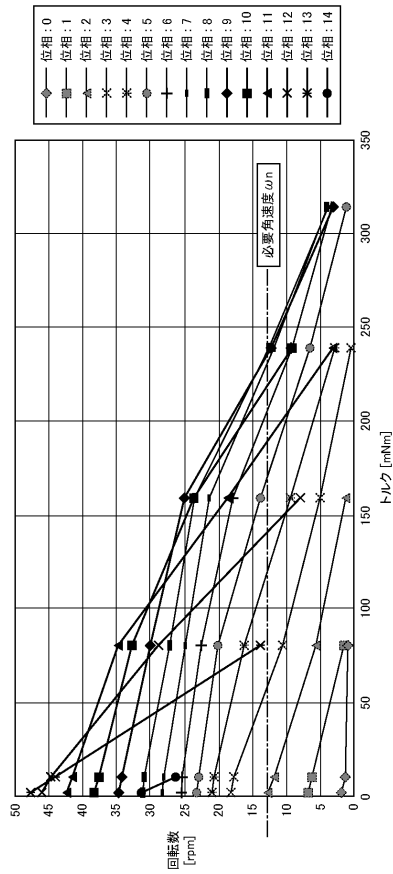
【図 8】



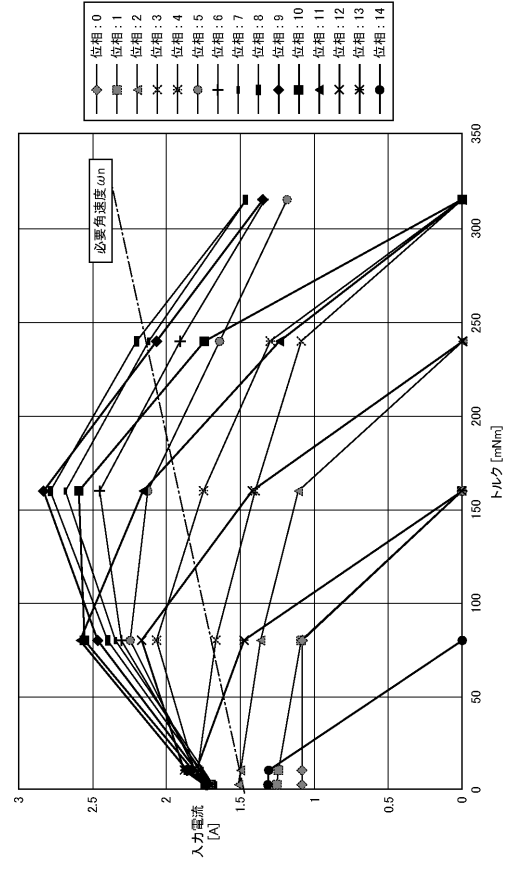
【図 10】



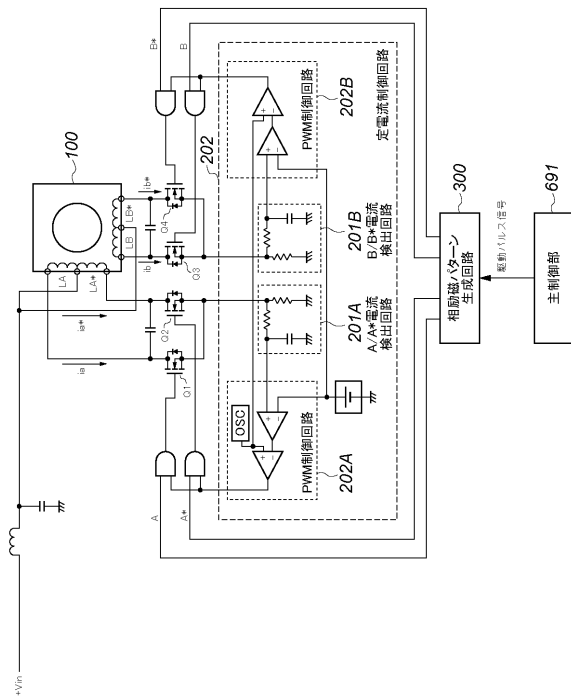
【図 1 1】



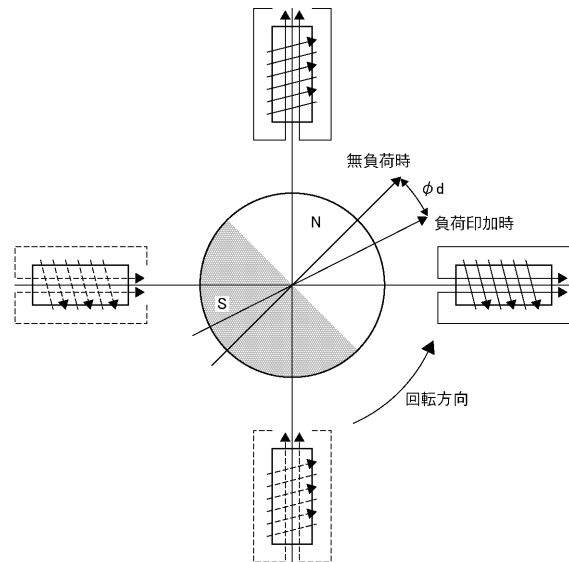
【図 1 2】



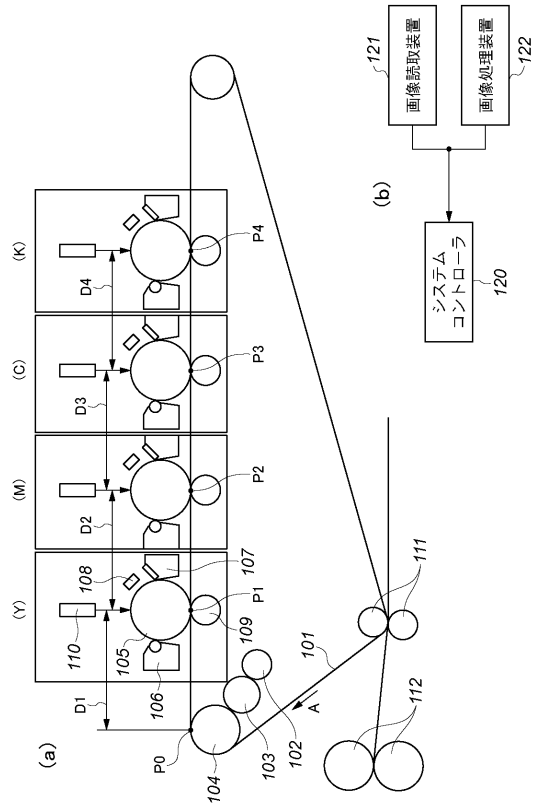
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 15】



フロントページの続き

(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 下村 輝秋

(56)参考文献 特開2002-252993(JP,A)
特開2006-126654(JP,A)
特開平11-341852(JP,A)
特開2004-109744(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G03G 15/16
H02P 8/12