

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4838817号

(P4838817)

(45) 発行日 平成23年12月14日 (2011.12.14)

(24) 登録日 平成23年10月7日 (2011.10.7)

(51) Int.Cl.

F I

G 0 5 B 19/404 (2006.01)

G 0 5 B 19/404

G

請求項の数 14 (全 32 頁)

(21) 出願番号	特願2008-1816 (P2008-1816)	(73) 特許権者	000006208
(22) 出願日	平成20年1月9日 (2008.1.9)		三菱重工業株式会社
(65) 公開番号	特開2009-163590 (P2009-163590A)		東京都港区港南二丁目16番5号
(43) 公開日	平成21年7月23日 (2009.7.23)	(74) 代理人	100078499
審査請求日	平成22年8月4日 (2010.8.4)		弁理士 光石 俊郎
		(74) 代理人	100074480
			弁理士 光石 忠敬
		(74) 代理人	100102945
			弁理士 田中 康幸
		(74) 代理人	100120673
			弁理士 松元 洋
		(72) 発明者	村田 直史
			兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号
			三菱重工業株式会社 高砂研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ロストモーション解消制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

モータで発生した力を、複数の歯車が噛み合って力を伝達する歯車機構により移動対象物である負荷に伝達して、前記負荷を移動させつつ前記負荷の位置を制御するために、

前記負荷の位置を示す負荷位置信号と位置指令との偏差を基にモータ速度指令を求め、前記モータの速度を検出して得たモータ検出速度信号と前記モータ速度指令との偏差を基にトルク指令を求め、このトルク指令を基に前記モータに供給する電流値を制御するフィードバック制御装置を備えた位置決め制御装置に適用するロストモーション解消制御装置であって、

前記負荷の移動位置を示すデータである軌道データを取り込み、現時点からみて予め設定した設定時間後の負荷位置を先読みして、前記設定時間後に前記モータの回転方向が反転するか否かを判断し、前記モータの回転方向が反転すると判断したら、モータ回転方向反転フラグを立てる読み出し装置と、

前記モータ速度指令を取り込みこのモータ速度指令の絶対値が予め決めた第1の判定値未満になったら速度減少フラグを立て、前記モータ速度指令の絶対値が予め決めた第1の判定値よりも値が大きい第2の判定値以上になったら速度増加フラグを立てる速度指令検出装置と、

前記読み出し装置が反転フラグを立て、且つ、前記速度指令検出装置が速度減少フラグを立てたときにノイズ信号出力信号を出力し、前記速度指令検出装置が速度増加フラグを立てたときにノイズ信号出力信号の出力を停止するノイズ信号出力・停止判断装置と、

10

20

前記ノイズ信号出力・停止判断装置がノイズ信号出力信号を出力したときに、ノイズ信号を出力して、このノイズ信号を、前記位置指令または前記モータ速度指令または前記トルク指令の何れかに加え、前記ノイズ信号出力・停止判断装置がノイズ信号出力信号の出力を停止したときに、ノイズ信号の出力を停止するノイズ信号発生装置と、

を備えたことを特徴とするロストモーション解消制御装置。

【請求項 2】

モータで発生した力を、複数の歯車が噛み合って力を伝達する歯車機構により移動対象物である負荷に伝達して、前記負荷を移動させつつ前記負荷の位置を制御するために、

前記負荷の位置を示す負荷位置信号と位置指令との偏差を基にモータ速度指令を求め、前記モータの速度を検出して得たモータ検出速度信号と前記モータ速度指令との偏差を基にトルク指令を求め、このトルク指令を基に前記モータに供給する電流値を制御するフィードバック制御装置を備えた位置決め制御装置に適用するロストモーション解消制御装置であって、

前記位置指令と前記負荷位置信号を取り込むと共に、前記位置指令を微分してモータ速度信号を求め、モータ速度信号が正で且つ位置指令から負荷位置信号を減算した値が予め設定した正の判定値よりも大きいとき、及び、モータ速度信号が負で且つ負荷位置信号から位置指令を減算した値が予め設定した正の判定値よりも大きいときに、ノイズ信号出力信号を出力し、ノイズ信号出力信号を出力した時点から予め決めた時間が経過したとき、または、ノイズ信号出力信号を出力した時点以降にモータ速度信号が予め設定した閾値速度を越えて大きくなったら、ノイズ信号出力信号の出力を停止するノイズ信号出力・停止判断装置と、

前記ノイズ信号出力・停止判断装置がノイズ信号出力信号を出力したときに、ノイズ信号を出力して、このノイズ信号を、前記位置指令または前記モータ速度指令または前記トルク指令の何れかに加え、前記ノイズ信号出力・停止判断装置がノイズ信号出力信号の出力を停止したときに、ノイズ信号の出力を停止するノイズ信号発生装置と、

を備えたことを特徴とするロストモーション解消制御装置。

【請求項 3】

請求項 2 において、

前記モータにモータ回転位置を検出するセンサを備え、このセンサから出力されるセンサ信号を、前記位置指令の代わりに用いることを特徴とするロストモーション解消制御装置。

【請求項 4】

モータで発生した力を、複数の歯車が噛み合って力を伝達する歯車機構により移動対象物である負荷に伝達して、前記負荷を移動させつつ前記負荷の位置を制御するために、

前記負荷の位置を示す負荷位置信号と位置指令との偏差を基にモータ速度指令を求め、前記モータの速度を検出して得たモータ検出速度信号と前記モータ速度指令との偏差を基にトルク指令を求め、このトルク指令を基に前記モータに供給する電流値を制御するフィードバック制御装置を備えた位置決め制御装置に適用するロストモーション解消制御装置であって、

前記負荷位置信号を微分して負荷速度信号を出力する微分器と、

前記モータ速度指令と前記負荷速度信号を取り込み、取り込んだ前記モータ速度指令からモータの回転・停止と回転しているときのモータの回転方向を検出すると共に、取り込んだ前記負荷速度信号から負荷の移動・停止と移動しているときの負荷の移動方向を検出し、モータの回転方向と負荷の移動方向が逆相であるとき、または、負荷が停止していてモータが回転しているときに、ノイズ信号出力信号を出力し、ノイズ信号出力信号を出力した時点から予め決めた時間が経過したとき、または、ノイズ信号出力信号を出力した時点以降にモータ速度指令が予め設定した閾値速度を越えて大きくなったら、ノイズ信号出力信号の出力を停止するノイズ信号出力・停止判断装置と、

前記ノイズ信号出力・停止判断装置がノイズ信号出力信号を出力したときに、ノイズ信号を出力して、このノイズ信号を、前記位置指令または前記モータ速度指令または前記ト

ルク指令の何れかに加え、前記ノイズ信号出力・停止判断装置がノイズ信号出力信号の出力を停止したときに、ノイズ信号の出力を停止するノイズ信号発生装置と、

を備えたことを特徴とするロストモーション解消制御装置。

【請求項 5】

請求項 4 において、

前記微分器の代わりに、前記負荷の負荷速度を検出するセンサを備え、このセンサから出力されるセンサ信号を、前記負荷速度信号の代わりに用いることを特徴とするロストモーション解消制御装置。

【請求項 6】

請求項 1 において、

前記負荷の速度である負荷速度信号 $s \theta_L$ を求めると共に前記負荷の加速度である負荷加速度信号 $s^2 \theta_L$ を求める速度・加速度作成手段を備え、

前記ノイズ信号発生装置は、

負荷の慣性モーメントを J_L 、負荷と摺動部との抵抗を C_L 、クーロン摩擦による外力を F としたときに、

$$|J_L \cdot s^2 \theta_L + C_L \cdot s \theta_L| < F$$

となった場合には前記ノイズ信号 N の振幅を予め設定した設定振幅値にし、

$$|J_L \cdot s^2 \theta_L + C_L \cdot s \theta_L| > F$$

となった場合には前記ノイズ信号 N の振幅を予め設定した設定振幅値よりも小さくすることを特徴とするロストモーション解消制御装置。

【請求項 7】

請求項 2 または請求項 3 において、

前記負荷の速度である負荷速度信号 $s \theta_L$ を求めると共に前記負荷の加速度である負荷加速度信号 $s^2 \theta_L$ を求める速度・加速度作成手段を備え、

前記ノイズ信号発生装置は、

負荷の慣性モーメントを J_L 、負荷と摺動部との抵抗を C_L 、クーロン摩擦による外力を F としたときに、

$$|J_L \cdot s^2 \theta_L + C_L \cdot s \theta_L| < F$$

となった場合には前記ノイズ信号 N の振幅を予め設定した設定振幅値にし、

$$|J_L \cdot s^2 \theta_L + C_L \cdot s \theta_L| > F$$

となった場合には前記ノイズ信号 N の振幅を予め設定した設定振幅値よりも小さくすることを特徴とするロストモーション解消制御装置。

【請求項 8】

請求項 4 または請求項 5 において、

前記負荷の加速度である負荷加速度信号 $s^2 \theta_L$ を求める加速度作成手段を備え、

前記ノイズ信号発生装置は、

負荷の慣性モーメントを J_L 、負荷と摺動部との抵抗を C_L 、クーロン摩擦による外力を F としたときに、

$$|J_L \cdot s^2 \theta_L + C_L \cdot s \theta_L| < F$$

となった場合には前記ノイズ信号 N の振幅を予め設定した設定振幅値にし、

$$|J_L \cdot s^2 \theta_L + C_L \cdot s \theta_L| > F$$

となった場合には前記ノイズ信号 N の振幅を予め設定した設定振幅値よりも小さくすることを特徴とするロストモーション解消制御装置。

【請求項 9】

請求項 1 乃至請求項 8 の何れか一項において、

前記ノイズ信号発生装置は、ノイズ信号の出力の際にはノイズ信号の振幅を漸増しつつ設定振幅にし、ノイズ信号の停止の際にはノイズ信号の振幅を漸減してから停止することを特徴とするロストモーション解消制御装置。

【請求項 10】

請求項 1 乃至請求項 9 の何れか一項において、

前記ノイズ信号発生装置が出力するノイズ信号は、繰り返し信号、またはパルス信号であることを特徴とするロストモーション解消制御装置。

【請求項 1 1】

モータで発生した力を、複数の歯車が噛み合って力を伝達する歯車機構により移動対象物である負荷に伝達して、前記負荷を移動させつつ前記負荷の位置を制御するために、

前記負荷の位置を示す負荷位置信号と位置指令との偏差を基にモータ速度指令を求め、前記モータの速度を検出して得たモータ検出速度信号と前記モータ速度指令との偏差を基にトルク指令を求め、このトルク指令を基に前記モータに供給する電流値を制御するフィードバック制御装置を備えた位置決め制御装置に適用するロストモーション解消制御装置であって、

10

前記位置指令と前記負荷位置信号を取り込むと共に、前記位置指令を微分してモータ速度信号を求め、モータ速度信号が正で且つ位置指令から負荷位置信号を減算した値が予め設定した正の判定値よりも大きいとき、及び、モータ速度信号が負で且つ負荷位置信号から位置指令を減算した値が予め設定した正の判定値よりも大きいときに、ノイズ信号出力信号を出力し、ノイズ信号出力信号を出力した時点から予め決めた時間が経過したとき、または、ノイズ信号出力信号を出力した時点以降にモータ速度信号が予め設定した閾値速度を越えて大きくなったら、ノイズ信号出力信号の出力を停止するノイズ信号出力・停止判断装置と、

前記モータ速度指令を取り込みこのモータ速度指令を基にモータの回転方向を判定し、前記ノイズ信号出力・停止判断装置がノイズ信号出力信号を出力し、且つ、モータの回転方向が正方向であると判定したときに、出力時点の振幅値が正でその後に時間の経過と共に振幅値が漸減して最後には振幅値が零となる鋸波状のノイズ信号を出力して、このノイズ信号を、前記位置指令または前記モータ速度指令または前記トルク指令の何れかに加え、前記ノイズ信号出力・停止判断装置がノイズ信号出力信号を出力し、且つ、モータの回転方向が負方向であると判定したときに、出力時点の振幅値が負でその後に時間の経過と共に振幅値が漸減して最後には振幅値が零となる鋸波状のノイズ信号を出力して、このノイズ信号を、前記位置指令または前記モータ速度指令または前記トルク指令の何れかに加え、前記ノイズ信号出力・停止判断装置がノイズ信号出力信号の出力を停止したときに、ノイズ信号の出力を停止するノイズ信号発生装置と、

20

を備えたことを特徴とするロストモーション解消制御装置。

30

【請求項 1 2】

請求項 1 1 において、

前記ノイズ信号発生装置は、モータ速度指令が負荷速度信号よりも大きいときに、前記鋸波状のノイズ信号を連続して出力することを特徴とするロストモーション解消制御装置。

【請求項 1 3】

モータで発生した力を、複数の歯車が噛み合って力を伝達する歯車機構により移動対象物である負荷に伝達して、前記負荷を移動させつつ前記負荷の位置を制御するために、

前記負荷の位置を示す負荷位置信号と位置指令との偏差を基にモータ速度指令を求め、前記モータの速度を検出して得たモータ検出速度信号と前記モータ速度指令との偏差を基にトルク指令を求め、このトルク指令を基に前記モータに供給する電流値を制御するフィードバック制御装置を備えた位置決め制御装置に適用するロストモーション解消制御装置であって、

40

前記負荷位置信号を微分して負荷速度信号を出力する微分器と、

前記モータ速度指令と前記負荷速度信号を取り込み、取り込んだ前記モータ速度指令からモータの回転・停止と回転しているときのモータの回転方向を検出すると共に、取り込んだ前記負荷速度信号から負荷の移動・停止と移動しているときの負荷の移動方向を検出し、モータの回転方向と負荷の移動方向が逆相であるとき、または、負荷が停止していてモータが回転しているときに、ノイズ信号出力信号を出力し、ノイズ信号出力信号を出力した時点から予め決めた時間が経過したとき、または、ノイズ信号出力信号を出力した時

50

点以降にモータ速度指令が予め設定した閾値速度を越えて大きくなったら、ノイズ信号出力信号の出力を停止するノイズ信号出力・停止判断装置と、

前記モータ速度指令を取り込みこのモータ速度指令を基にモータの回転方向を判定し、前記ノイズ信号出力・停止判断装置がノイズ信号出力信号を出力し、且つ、モータの回転方向が正方向であると判定したときに、出力時点の振幅値が正でその後に時間の経過と共に振幅値が漸減して最後には振幅値が零となる鋸波状のノイズ信号を出力して、このノイズ信号を、前記位置指令または前記モータ速度指令または前記トルク指令の何れかに加え、前記ノイズ信号出力・停止判断装置がノイズ信号出力信号を出力し、且つ、モータの回転方向が負方向であると判定したときに、出力時点の振幅値が負でその後に時間の経過と共に振幅値が漸減して最後には振幅値が零となる鋸波状のノイズ信号を出力して、このノイズ信号を、前記位置指令または前記モータ速度指令または前記トルク指令の何れかに加え、前記ノイズ信号出力・停止判断装置がノイズ信号出力信号の出力を停止したときに、ノイズ信号の出力を停止するノイズ信号発生装置と、

10

を備えたことを特徴とするロストモーション解消制御装置。

【請求項 14】

請求項 13 において、

前記ノイズ信号発生装置は、モータ速度指令が負荷速度信号よりも大きいときに、前記鋸波状のノイズ信号を連続して出力することを特徴とするロストモーション解消制御装置。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明は、ロストモーション解消制御装置に関し、位置決め制御装置におけるバックラッシュの影響を解消して正確な位置決めをすることができるよう工夫したものである。

【背景技術】

【0002】

工作機械等における位置決め機械では、電動機の駆動力を、ギア等の減速機により、駆動対象である負荷に伝達して、負荷を移動させている。この場合、負荷の位置を検出し、この負荷の位置が指令位置に一致するように、電動機の駆動をフィードバック制御している。

30

【0003】

図 16 は、工作機械のテーブルを位置制御する制御系を概念的に示すものである。

図 16 に示すように、負荷であるテーブル 1 は、ボールネジ駆動機構 2 のボールナット 2a に固定されており、このボールナット 2a にはボールネジ軸 2b が螺合している。モータ 3 の回転力は、減速機 4 を介してボールネジ軸 2b に伝達されるようになっている。

したがって、モータ 3 が回転駆動すると、この回転力は減速機 4 を介してボールネジ軸 2b に伝達され、この回転力はボールネジ駆動機構 2 により直線運動力に変換されて、テーブル 1 が往復移動する。

【0004】

また、テーブル（負荷）2 の位置は負荷位置検出センサ（図示省略）により検出されて、負荷位置を示す負荷位置信号 θ_L が出力される。またモータ 3 の回転速度はモータ回転速度検出センサ（図示省略）により検出されて、モータ回転速度を示すモータ検出速度信号 V_{MD} が出力される。

40

【0005】

フィードバック制御装置 10 は、位置制御部 11 と速度制御部 12 と電流制御部 13 を有している。

位置制御部 11 は、NC 装置 20 から送られてくる位置指令 θ_O と負荷位置信号 θ_L との偏差を求め、この偏差に位置ループゲインを乗算してモータ速度指令 V_{MO} を出力する。

速度制御部 12 は、モータ速度指令 V_{MO} とモータ検出速度信号 V_{MD} との偏差を求め、この偏差を P I 演算（比例積分演算）等してトルク指令 τ を出力する。

50

電流制御部 13 は、トルク指令 τ に応じた値の電流をモータ 3 に供給する。この場合、図示はしないが、最適電流値となるようにフィードバック制御する電流ループ制御系が形成されている。

【0006】

このように、モータ 3 の駆動力を減速機 4 により負荷 1 に伝達する、ギア駆動の場合は、噛み合っている一方の歯車の歯と、他方の歯車の歯の間は、歯面が両側同時に接触することがないように構成されている。この歯と歯の隙間をバックラッシュという。

【0007】

ここで、モータ 3 のモータ軸に連結された歯車と、負荷側に接続された歯車との関係を、図 17 を参照して説明する。なお図 17 では、歯車に備えた歯の一部のみを図示している。

10

また、モータ軸に連結された歯車を「モータ側歯車 G_M 」、負荷側に接続された歯車を「負荷側歯車 G_L 」として説明をする。

【0008】

図 17 (a) は、モータ側歯車 G_M の歯面と負荷側歯車 G_L の歯面とが接触し、モータ側歯車 G_M が右回転することにより負荷側歯車 G_L が左回転している状態を示している。

図 17 (b) は、モータ側歯車 G_M の歯面と負荷側歯車 G_L の歯面とが非接触となり、モータ側歯車 G_M が右回転から左回転に反転し、負荷側歯車 G_L は静止している状態を示している。

図 17 (c) は、左回転していったモータ側歯車 G_M の歯面が負荷側歯車 G_L の歯面に接触し、モータ側歯車 G_M が左回転することにより負荷側歯車 G_L が右回転する状態を示している。

20

【0009】

モータ側歯車 G_M と負荷側歯車 G_L との関係が、図 17 (a) の状態から図 17 (b) の状態へと反転推移する際に、すなわち歯面から歯面への接触面が切り替わる瞬間に、負荷側歯車 G_L が静止する静止区間が生じる。このとき負荷であるテーブル 1 の移動位置は目標位置に対して誤差を発生し、軌道追従精度が低下する。

【0010】

また、図 17 (b) の状態から図 17 (c) の状態に状況推移する瞬間では、回転していったモータ側歯車 G_M の歯面が静止している負荷側歯車 G_L の歯面に接触（衝突）していく。このような歯面への急激な衝突は制御の不安定を招きかねない。

30

【0011】

図 18 は、図 17 (a) ~ (b) の状態のときの、テーブルの位置とモータの位置を示している。即ち、実線はテーブル位置、点線はモータ位置を示しており、図 18 中の (a), (b), (c) の部分が、それぞれ、図 17 (a), (b), (c) の状態に対応している。

この図 18 から、テーブル位置がモータ位置に対して、追従精度が低下していることが分かる。

【0012】

よって、追従精度を向上させるために、速やかにバックラッシュによる空走の状態（ロストモーション）を解消する必要がある。

40

【0013】

バックラッシュによる空走の状態（ロストモーション）を解消するため、バックラッシュのクリアランス分を位置指令に追加する発明が多く出願されているが、それらの発明では、追加のタイミングをモータ速度 = 0 の時点としている。

【0014】

また、特許文献 1（特開平 10 - 254548 号公報）の技術では、交流信号を、フィードバック制御系における位置指令，速度指令，トルク指令のいずれかに加算することによって、機械系のロストモーションを吸収するようにしている。この特許文献 1 の技術では、交流信号を常時加算し続けると共に、トルク指令の大きさに依存して交流信号の振幅

50

を可変にしている。

【 0 0 1 5 】

【特許文献 1】特開平 1 0 - 2 5 4 5 4 8 号公報

【特許文献 2】特開昭 5 9 - 1 0 6 0 0 9 号公報

【特許文献 3】特開 2 0 0 1 - 1 9 5 1 0 9 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 6 】

前述したように、モータ速度が 0 の時に、バックラッシュのクリアランス分を位置指令に追加する従来技術があるが、送り速度や加速度によっては、必ずしもモータ速度 = 0 がロストモーション発生の瞬間ではないため、かかる従来技術ではロストモーションを解消できないことがある。

10

【 0 0 1 7 】

また、特許文献 1 の技術では、交流信号を常時出し続けているため、機械に摩耗が発生し、また、位置決め精度が却って劣化するなどの問題を引き起こすおそれがある。

【 0 0 1 8 】

本発明は、上記従来技術に鑑み、ロストモーションの発生を防止し、かつ機械的な摩耗の発生を防止することができる、ロストモーション解消制御装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

20

【 0 0 1 9 】

上記課題を解決する本発明の構成は、

モータで発生した力を、複数の歯車が噛み合って力を伝達する歯車機構により移動対象物である負荷に伝達して、前記負荷を移動させつつ前記負荷の位置を制御するために、

前記負荷の位置を示す負荷位置信号と位置指令との偏差を基にモータ速度指令を求め、前記モータの速度を検出して得たモータ検出速度信号と前記モータ速度指令との偏差を基にトルク指令を求め、このトルク指令を基に前記モータに供給する電流値を制御するフィードバック制御装置を備えた位置決め制御装置に適用するロストモーション解消制御装置であって、

前記負荷の移動位置を示すデータである軌道データを取り込み、現在時点からみて予め設定した設定時間後の負荷位置を先読みして、前記設定時間後に前記モータの回転方向が反転するか否かを判断し、前記モータの回転方向が反転すると判断したら、モータ回転方向反転フラグを立てる読み出し装置と、

30

前記モータ速度指令を取り込みこのモータ速度指令の絶対値が予め決めた第 1 の判定値未満になったら速度減少フラグを立て、前記モータ速度指令の絶対値が予め決めた第 1 の判定値よりも値が大きい第 2 の判定値以上になったら速度増加フラグを立てる速度指令検出装置と、

前記読み出し装置が反転フラグを立て、且つ、前記速度指令検出装置が速度減少フラグを立てたときにノイズ信号出力信号を出力し、前記速度指令検出装置が速度増加フラグを立てたときにノイズ信号出力信号の出力を停止するノイズ信号出力・停止判断装置と、

40

前記ノイズ信号出力・停止判断装置がノイズ信号出力信号を出力したときに、ノイズ信号を出力して、このノイズ信号を、前記位置指令または前記モータ速度指令または前記トルク指令の何れかに加え、前記ノイズ信号出力・停止判断装置がノイズ信号出力信号の出力を停止したときに、ノイズ信号の出力を停止するノイズ信号発生装置と、

を備えたことを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

この場合、ロストモーション解消制御装置。

前記負荷の速度である負荷速度信号 $s \theta_L$ を求めると共に前記負荷の加速度である負荷加速度信号 $s^2 \theta_L$ を求める速度・加速度作成手段を備え、

前記ノイズ信号発生装置は、

50

負荷の慣性モーメントを J_L 、負荷と摺動部との抵抗を C_L 、クーロン摩擦による外力を F としたときに、

$$|J_L \cdot s^2 \theta_L + C_L \cdot s \theta_L| < F$$

となった場合には前記ノイズ信号 N の振幅を予め設定した設定振幅値にし、

$$|J_L \cdot s^2 \theta_L + C_L \cdot s \theta_L| > F$$

となった場合には前記ノイズ信号 N の振幅を予め設定した設定振幅値よりも小さくすることを特徴としてもよい。

【0021】

また本発明の構成は、

モータで発生した力を、複数の歯車が噛み合っ力を伝達する歯車機構により移動対象物である負荷に伝達して、前記負荷を移動させつつ前記負荷の位置を制御するために、

前記負荷の位置を示す負荷位置信号と位置指令との偏差を基にモータ速度指令を求め、前記モータの速度を検出して得たモータ検出速度信号と前記モータ速度指令との偏差を基にトルク指令を求め、このトルク指令を基に前記モータに供給する電流値を制御するフィードバック制御装置を備えた位置決め制御装置に適用するロストモーション解消制御装置であって、

前記位置指令と前記負荷位置信号を取り込むと共に、前記位置指令を微分してモータ速度信号を求め、モータ速度信号が正で且つ位置指令から負荷位置信号を減算した値が予め設定した正の判定値よりも大きいとき、及び、モータ速度信号が負で且つ負荷位置信号から位置指令を減算した値が予め設定した正の判定値よりも大きいときに、ノイズ信号出力信号を出力し、ノイズ信号出力信号を出力した時点から予め決めた時間が経過したとき、または、ノイズ信号出力信号を出力した時点以降にモータ速度信号が予め設定した閾値速度を越えて大きくなったとき、ノイズ信号出力信号の出力を停止するノイズ信号出力・停止判断装置と、

前記ノイズ信号出力・停止判断装置がノイズ信号出力信号を出力したときに、ノイズ信号を出力して、このノイズ信号を、前記位置指令または前記モータ速度指令または前記トルク指令の何れかに加え、前記ノイズ信号出力・停止判断装置がノイズ信号出力信号の出力を停止したときに、ノイズ信号の出力を停止するノイズ信号発生装置と、

を備えたことを特徴とする。

【0022】

この場合、

前記モータにモータ回転位置を検出するセンサを備え、このセンサから出力されるセンサ信号を、前記位置指令の代わりに用いることを特徴としてもよい。

また、前記負荷の速度である負荷速度信号 $s \theta_L$ を求めると共に前記負荷の加速度である負荷加速度信号 $s^2 \theta_L$ を求める速度・加速度作成手段を備え、

前記ノイズ信号発生装置は、

負荷の慣性モーメントを J_L 、負荷と摺動部との抵抗を C_L 、クーロン摩擦による外力を F としたときに、

$$|J_L \cdot s^2 \theta_L + C_L \cdot s \theta_L| < F$$

となった場合には前記ノイズ信号 N の振幅を予め設定した設定振幅値にし、

$$|J_L \cdot s^2 \theta_L + C_L \cdot s \theta_L| > F$$

となった場合には前記ノイズ信号 N の振幅を予め設定した設定振幅値よりも小さくすることを特徴としてもよい。

【0023】

また本発明の構成は、

モータで発生した力を、複数の歯車が噛み合っ力を伝達する歯車機構により移動対象物である負荷に伝達して、前記負荷を移動させつつ前記負荷の位置を制御するために、

前記負荷の位置を示す負荷位置信号と位置指令との偏差を基にモータ速度指令を求め、前記モータの速度を検出して得たモータ検出速度信号と前記モータ速度指令との偏差を基にトルク指令を求め、このトルク指令を基に前記モータに供給する電流値を制御するフィ

10

20

30

40

50

ードバック制御装置を備えた位置決め制御装置に適用するロストモーション解消制御装置であって、

前記負荷位置信号を微分して負荷速度信号を出力する微分器と、

前記モータ速度指令と前記負荷速度信号を取り込み、取り込んだ前記モータ速度指令からモータの回転・停止と回転しているときのモータの回転方向を検出すると共に、取り込んだ前記負荷速度信号から負荷の移動・停止と移動しているときの負荷の移動方向を検出し、モータの回転方向と負荷の移動方向が逆相であるとき、または、負荷が停止していてモータが回転しているときに、ノイズ信号出力信号を出力し、ノイズ信号出力信号を出力した時点から予め決めた時間が経過したとき、または、ノイズ信号出力信号を出力した時点以降にモータ速度指令が予め設定した閾値速度を越えて大きくなったら、ノイズ信号出力信号の出力を停止するノイズ信号出力・停止判断装置と、

10

前記ノイズ信号出力・停止判断装置がノイズ信号出力信号を出力したときに、ノイズ信号を出力して、このノイズ信号を、前記位置指令または前記モータ速度指令または前記トルク指令の何れかに加え、前記ノイズ信号出力・停止判断装置がノイズ信号出力信号の出力を停止したときに、ノイズ信号の出力を停止するノイズ信号発生装置と、

を備えたことを特徴とする。

【0024】

この場合、

前記微分器の代わりに、前記負荷の負荷速度を検出するセンサを備え、このセンサから出力されるセンサ信号を、前記負荷速度信号の代わりに用いることを特徴としてもよい。

20

また前記負荷の加速度である負荷加速度信号 $s^2 \theta_L$ を求める加速度作成手段を備え、

前記ノイズ信号発生装置は、

負荷の慣性モーメントを J_L 、負荷と摺動部との抵抗を C_L 、クーロン摩擦による外力を F としたときに、

$$|J_L \cdot s^2 \theta_L + C_L \cdot s \theta_L| < F$$

となった場合には前記ノイズ信号 N の振幅を予め設定した設定振幅値にし、

$$|J_L \cdot s^2 \theta_L + C_L \cdot s \theta_L| > F$$

となった場合には前記ノイズ信号 N の振幅を予め設定した設定振幅値よりも小さくすることを特徴としてもよい。

【0025】

30

また本発明の構成は、

前記ノイズ信号発生装置は、ノイズ信号の出力の際にはノイズ信号の振幅を漸増しつつ設定振幅にし、ノイズ信号の停止の際にはノイズ信号の振幅を漸減してから停止することを特徴とする。

また、前記ノイズ信号発生装置が出力するノイズ信号は、繰り返し信号、またはパルス信号であることを特徴とする。

【0026】

また本発明の構成は、

モータで発生した力を、複数の歯車が噛み合って力を伝達する歯車機構により移動対象物である負荷に伝達して、前記負荷を移動させつつ前記負荷の位置を制御するために、

40

前記負荷の位置を示す負荷位置信号と位置指令との偏差を基にモータ速度指令を求め、前記モータの速度を検出して得たモータ検出速度信号と前記モータ速度指令との偏差を基にトルク指令を求め、このトルク指令を基に前記モータに供給する電流値を制御するフィードバック制御装置を備えた位置決め制御装置に適用するロストモーション解消制御装置であって、

前記位置指令と前記負荷位置信号を取り込むと共に、前記位置指令を微分してモータ速度信号を求め、モータ速度信号が正で且つ位置指令から負荷位置信号を減算した値が予め設定した正の判定値よりも大きいとき、及び、モータ速度信号が負で且つ負荷位置信号から位置指令を減算した値が予め設定した正の判定値よりも大きいときに、ノイズ信号出力信号を出力し、ノイズ信号出力信号を出力した時点から予め決めた時間が経過したとき、

50

または、ノイズ信号出力信号を出力した時点以降にモータ速度信号が予め設定した閾値速度を越えて大きくなったら、ノイズ信号出力信号の出力を停止するノイズ信号出力・停止判断装置と、

前記モータ速度指令を取り込みこのモータ速度指令を基にモータの回転方向を判定し、前記ノイズ信号出力・停止判断装置がノイズ信号出力信号を出力し、且つ、モータの回転方向が正方向であると判定したときに、出力時点の振幅値が正でその後に時間の経過と共に振幅値が漸減して最後には振幅値が零となる鋸波状のノイズ信号を出力して、このノイズ信号を、前記位置指令または前記モータ速度指令または前記トルク指令の何れかに加え、前記ノイズ信号出力・停止判断装置がノイズ信号出力信号を出力し、且つ、モータの回転方向が負方向であると判定したときに、出力時点の振幅値が負でその後に時間の経過と共に振幅値が漸減して最後には振幅値が零となる鋸波状のノイズ信号を出力して、このノイズ信号を、前記位置指令または前記モータ速度指令または前記トルク指令の何れかに加え、前記ノイズ信号出力・停止判断装置がノイズ信号出力信号の出力を停止したときに、ノイズ信号の出力を停止するノイズ信号発生装置と、

を備えたことを特徴とする。

【0027】

この場合、前記ノイズ信号発生装置は、モータ速度指令が負荷速度信号よりも大きいときに、前記鋸波状のノイズ信号を連続して出力することを特徴としてもよい。

【0028】

また本発明の構成は、

モータで発生した力を、複数の歯車が噛み合って力を伝達する歯車機構により移動対象物である負荷に伝達して、前記負荷を移動させつつ前記負荷の位置を制御するために、

前記負荷の位置を示す負荷位置信号と位置指令との偏差を基にモータ速度指令を求め、前記モータの速度を検出して得たモータ検出速度信号と前記モータ速度指令との偏差を基にトルク指令を求め、このトルク指令を基に前記モータに供給する電流値を制御するフィードバック制御装置を備えた位置決め制御装置に適用するロストモーション解消制御装置であって、

前記負荷位置信号を微分して負荷速度信号を出力する微分器と、

前記モータ速度指令と前記負荷速度信号を取り込み、取り込んだ前記モータ速度指令からモータの回転・停止と回転しているときのモータの回転方向を検出すると共に、取り込んだ前記負荷速度信号から負荷の移動・停止と移動しているときの負荷の移動方向を検出し、モータの回転方向と負荷の移動方向が逆相であるとき、または、負荷が停止していてモータが回転しているときに、ノイズ信号出力信号を出力し、ノイズ信号出力信号を出力した時点から予め決めた時間が経過したとき、または、ノイズ信号出力信号を出力した時点以降にモータ速度指令が予め設定した閾値速度を越えて大きくなったら、ノイズ信号出力信号の出力を停止するノイズ信号出力・停止判断装置と、

前記モータ速度指令を取り込みこのモータ速度指令を基にモータの回転方向を判定し、前記ノイズ信号出力・停止判断装置がノイズ信号出力信号を出力し、且つ、モータの回転方向が正方向であると判定したときに、出力時点の振幅値が正でその後に時間の経過と共に振幅値が漸減して最後には振幅値が零となる鋸波状のノイズ信号を出力して、このノイズ信号を、前記位置指令または前記モータ速度指令または前記トルク指令の何れかに加え、前記ノイズ信号出力・停止判断装置がノイズ信号出力信号を出力し、且つ、モータの回転方向が負方向であると判定したときに、出力時点の振幅値が負でその後に時間の経過と共に振幅値が漸減して最後には振幅値が零となる鋸波状のノイズ信号を出力して、このノイズ信号を、前記位置指令または前記モータ速度指令または前記トルク指令の何れかに加え、前記ノイズ信号出力・停止判断装置がノイズ信号出力信号の出力を停止したときに、ノイズ信号の出力を停止するノイズ信号発生装置と、

を備えたことを特徴とする。

【0029】

この場合、前記ノイズ信号発生装置は、モータ速度指令が負荷速度信号よりも大きいと

きに、前記鋸波状のノイズ信号を連続して出力することを特徴としてもよい。

【発明の効果】

【0030】

本発明によれば、バックラッシュの発生を、モータ速度とモータ回転方向から判断したり、モータと負荷の位置状態から判断したり、モータと負荷の速度状態から判断したりして、バックラッシュ発生時にノイズ信号を、フィードバック制御装置における位置指令または速度指令またはトルク指令に加えるようにしている。

このため、減速機等の歯車機械のバックラッシュによる不感帯やロストモーションなどの入力-出力軸間のヒステリシスを抑制することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

10

【0031】

以下に、本発明を実施するための最良の形態を、実施例に基づき詳細に説明する。

【実施例1】

【0032】

図1は、本発明の実施例1に係るロストモーション解消制御装置を備えた位置決め制御装置を示している。この位置決め制御装置は、フィードバック制御装置10とNC装置20とロストモーション解消制御装置100により構成されている。

フィードバック制御装置10及びNC装置20は、従来技術のものと同様である。また、テーブル(負荷)1, ボールネジ駆動機構2, モータ3, 減速機4も、従来技術のものと同様である。

20

【0033】

実施例1のロストモーション解消制御装置100は、モータ速度が低速になり、且つ、モータ回転方向が反転する状況であるときに、正弦波信号などのノイズ信号Nを、位置指令 θ_0 , モータ速度指令 V_M , トルク指令 τ の何れかに重畳させるようにしたものである。

【0034】

このロストモーション解消制御装置100は、読み出し装置101と、速度指令検出装置102と、ノイズ信号出力・停止判断装置103と、ノイズ信号発生装置104を有している。

【0035】

30

ここで、ロストモーション解消制御装置100の動作を、図1及び図2を参照して説明する。

【0036】

読み出し装置101は、NC装置20から、軌道データRを取り込む。軌道データRは、加工開始時点から時間の経過と共に位置が変化していく負荷(テーブル1)の移動位置を示すデータである。

更に、読み出し装置101は、軌道データRを参照しつつ、現在時点からみて予め決めた先読み設定時間 T_d [秒]後の負荷位置を先読みしている。

そして、現在時点からみて先読み設定時間 T_d [秒]後の負荷位置を基に、現在時点からみて先読み設定時間 T_d [秒]後において、モータ回転方向が反転すると判断したら、モータ回転方向反転フラグF1を立てる(出力する)。

40

なお、現在時点からみて先読み設定時間 T_d [秒]後において、モータ回転方向が反転しないと判断したときには、モータ回転方向反転フラグF1は立てない(出力しない)。

【0037】

速度指令検出装置102は、フィードバック制御装置10からモータ速度指令 V_{MO} を取り込み、モータ速度指令 V_{MO} の絶対値が、予め設定した第1の判定値 ε_s 未満になったときには、速度減少フラグF2を立てる(出力する)。

また、モータ速度指令 V_{MO} の絶対値が、予め設定した第2の判定値 ε_e 以上になったときには、速度増加フラグF3を立てる(出力する)。

なお第2の判定値 ε_e は第1の判定値 ε_s よりも大きくなっている。

50

【 0 0 3 8 】

ノイズ信号出力・停止判断装置 1 0 3 は、モータ回転方向反転フラグ F 1 が立ち、且つ、速度減少フラグ F 2 が立ったときに、ノイズ信号出力信号 O N を出力する。

一方、フラグ F 1 , F 2 が共に立っていないとき、または、速度減少フラグ F 2 が立った後に速度増加フラグ F 3 が立ったときには、ノイズ信号出力信号 O N の出力を停止する。

【 0 0 3 9 】

ノイズ信号発生装置 1 0 4 はノイズ信号 N を発生するものであり、ノイズ信号出力・停止判断装置 1 0 3 からノイズ信号出力信号 O N が送られてくると、ノイズ信号 N を出力する。このノイズ信号 N は、フィードバック制御装置 1 0 に備えた加算器 1 4 を介して、モータ速度指令 V_{MO} に加えられる。

一方、ノイズ信号発生装置 1 0 4 は、ノイズ信号出力・停止判断装置 1 0 3 からのノイズ信号出力信号 O N の出力が停止されると、ノイズ信号 N の出力を停止する。

ノイズ信号 N としては、例えば正弦波信号などの繰り返し信号や、パルス信号を用いることができる。

【 0 0 4 0 】

かかるロストモーション解消制御装置 1 0 0 は、モータ速度指令 V_{MO} が小さくなって（モータ 3 の回転速度が小さくなって）、且つ、モータ回転方向が反転する時点を含みこの時点の前後の限られた期間において、ノイズ信号 N をモータ速度指令 V_{MO} に加算している。

【 0 0 4 1 】

このようにノイズ信号 N がモータ速度指令 V_{MO} に加算されることにより、モータ 3 がノイズ信号 N により極めて微小に正転・反転動作する結果、バックラッシュによる不感帯やロストモーションなど、減速機 4 における入力 - 出力軸間のヒステリシスを抑制することができる。

【 0 0 4 2 】

また、モータ 3 の回転方向が反転する付近（モータ速度 0）でのみ局所的にノイズ信号 N を付与することで軌道追従精度の劣化を防ぐと共に、機器の摩耗，モータの発熱などハード面への悪影響を最小に抑えることができる。

つまり、ノイズ信号 N は、本来の位置決め制御に悪影響をもたらす可能性があるため、長時間にわたりノイズ信号 N を付与し続けることはせず、バックラッシュが問題となる状況でのみ使用することにより、軌道追従精度の劣化を防ぐと共に、機器の摩耗，モータの発熱などハード面への悪影響を最小に抑えることができるのである。

【 0 0 4 3 】

なお図 1 の例では、ノイズ信号 N を、モータ速度指令 V_{MO} に重畳しているが、位置指令 θ_0 やトルク指令 τ に、ノイズ信号 N を重畳するようにしてもよい。

【 0 0 4 4 】

更に、ノイズ信号発生装置 1 0 4 からノイズ信号 N を出力する際、及び、出力していたノイズ信号 N を停止する際に、ノイズ信号 N にテーパを付与するようにしてもよい。

つまりノイズ信号 N の出力の際には、ノイズ信号 N の振幅を漸増しつつ定格振幅にし、ノイズ信号 N の停止の際には、ノイズ信号の振幅を定格振幅から漸減してから停止するようにする。

この場合、テーパは、動作速度，温度，時間などの関数として与える。

このようにノイズ信号 N にテーパを付与することで、ノイズ信号 N の出力時 / 停止時に生じるモータ 3 への衝撃が抑えられるため、位置決め精度の悪化を防ぐことができる。

【実施例 2】

【 0 0 4 5 】

図 3 は、本発明の実施例 2 に係るロストモーション解消制御装置を備えた位置決め制御装置を示している。この位置決め制御装置は、フィードバック制御装置 1 0 と N C 装置 2 0 とロストモーション解消制御装置 2 0 0 により構成されている。

フィードバック制御装置 10 及び NC 装置 20 は、従来技術のものと同様である。また、テーブル（負荷）1，ボールネジ駆動機構 2，モータ 3，減速機 4 も、従来技術のものと同様である。

【0046】

実施例 2 のロストモーション解消制御装置 200 は、モータと負荷の位置状況を監視し、両者が低速動作となり、且つ、ロストモーション特有の動きをしていると判断した場合に、正弦波信号などのノイズ信号 N を、位置指令 θ_0 ，モータ速度指令 V_M ，トルク指令 τ の何れかに重畳させるようにしたものである。

【0047】

このロストモーション解消制御装置 200 は、ノイズ信号出力・停止判断装置 203 と、ノイズ信号発生装置 204 を有している。

10

【0048】

ノイズ信号出力・停止判断装置 203 は、モータ 3 の位置を指令する（モータ 3 の位置を示す）位置指令 θ_0 と、負荷の位置を示す負荷位置信号 θ_L を取り込む。

このノイズ信号出力・停止判断装置 203 は、位置指令 θ_0 を微分してモータ速度信号 $s\theta_0$ を求め、このモータ速度信号 $s\theta_0$ の正負を判定する。

また、ノイズ信号出力・停止判断装置 203 には、予め設定した正の値である判定値 ε が記憶されている。この判定値 ε としては、ロストモーションのない高速送り時における、モータ位置と負荷位置との差に応じた値、例えば、ロストモーションのない高速送り時における $\theta_0 - \theta_L$ の値としている。

20

【0049】

そして、ノイズ信号出力・停止判断装置 203 は、

(1) モータ速度信号 $s\theta_0$ が正のとき、つまりモータ 3 が正転駆動しているときには、

$$\theta_0 - \theta_L > \varepsilon$$

となっている場合、

(2) モータ速度信号 $s\theta_0$ が負のとき、つまりモータ 3 が反転駆動しているときには、

$$\theta_L - \theta_0 > \varepsilon$$

となっている場合、

には、ロストモーションが発生していると判断する。

【0050】

30

つまり、上記 (1) の状態のときには、モータが正転駆動した状態において、モータ位置が負荷位置に対して先行しており（負荷がモータに対して遅れて追従し）、しかも、両位置の差が設定値 ε よりも大きいので、ロストモーションが発生していると判断することができるのである。

また上記 (2) の状態のときには、モータが反転駆動した状態において、負荷位置がモータ位置に対して先行しており（モータが負荷に対して遅れて追従し）、しかも、両位置の差が設定値 ε よりも大きいので、ロストモーションが発生していると判断することができるのである。

【0051】

ノイズ信号出力・停止判断装置 203 は、上述したロストモーション判断手法により、ロストモーションが発生していると判断したときには、ノイズ信号出力信号 ON を出力し、ロストモーションが発生していないと判断したときには、ノイズ信号出力信号 ON の出力はしない。

40

【0052】

なお、ノイズ信号出力・停止判断装置 203 は、ノイズ信号出力信号 ON を出力した時点から予め決めた時間が経過するとノイズ信号出力信号 ON の出力を停止したり、ノイズ信号出力信号 ON を出力した時点以降にモータ速度信号 $s\theta_0$ が予め設定した閾値速度を越えて大きくなったらノイズ信号出力信号 ON の出力を停止したりする。

【0053】

ノイズ信号発生装置 204 はノイズ信号 N を発生するものであり、ノイズ信号出力・停

50

止判断装置 203 からノイズ信号出力信号 ON が送られてくると、ノイズ信号 N を出力する。このノイズ信号 N は、フィードバック制御装置 10 に備えた加算器 14 を介して、モータ速度指令 V_{MO} に加えられる。

一方、ノイズ信号発生装置 204 は、ノイズ信号出力・停止判断装置 203 からのノイズ信号出力信号 ON の出力が停止されると、ノイズ信号 N の出力を停止する。

ノイズ信号 N としては、例えば正弦波信号などの繰り返し信号や、パルス信号を用いることができる。

【0054】

かかるロストモーション解消制御装置 200 は、モータと負荷の位置状況を直接的に監視し、モータと負荷の動きがロストモーション特有の動きをしていると判断した場合に、ノイズ信号 N をモータ速度指令 V_M に加算している。

【0055】

このようにノイズ信号 N がモータ速度指令 V_{MO} に加算されることにより、モータ 3 がノイズ信号 N により極めて微小に正転・反転動作する結果、バックラッシュによる不感帯やロストモーションなど、減速機 4 における入力・出力軸間のヒステリシスを抑制することができる。

【0056】

また、実際にロストモーションが発生していると判断したときにのみ、ノイズ信号 N を付与することで軌道追従精度の劣化を防ぐと共に、機器の摩耗，モータの発熱などハード面への悪影響を最小に抑えることができる。

つまり、ノイズ信号 N は、本来の位置決め制御に悪影響をもたらす可能性があるため、長時間にわたりノイズ信号 N を付与し続けることはせず、バックラッシュが問題となる状況でのみ使用することにより、軌道追従精度の劣化を防ぐと共に、機器の摩耗，モータの発熱などハード面への悪影響を最小に抑えることができるのである。

【0057】

更に、従来の PID 制御技術では、テーブル位置のフィードバックが効いて初めてロストモーションが解消し始めるが、本実施例では、ロストモーションの発生を直接的に検出しているので、従来の PID 制御技術よりも早くロストモーションを解消させることが可能となる。

【0058】

また、ロストモーションは送り速度によってその発生タイミングが異なるため、実施例 1 のようにモータ速度指令を監視し、一律ルールに則るだけでは正確かつ効果的に補償できない場合がある。

本実施例では、モータと負荷動作の関係を直接監視することで、ロストモーションを解消するノイズ信号 N を出力しているため、適切にロストモーションの補償が可能となる。

【0059】

また上記例では、モータの位置を示す信号として位置指令 θ_0 を用いたが、モータ位置を検出するエンコーダ等をモータ 3 に取り付け、このエンコーダから出力されるモータ位置信号を、位置指令 θ_0 の代わりに用いることもできる。

【0060】

なお図 3 の例では、ノイズ信号 N を、モータ速度指令 V_{MO} に重畳しているが、位置指令 θ_0 やトルク指令 τ に、ノイズ信号 N を重畳するようにしてもよい。

【0061】

更に、ノイズ信号発生装置 204 からノイズ信号 N を出力する際、及び、出力していたノイズ信号 N を停止する際に、ノイズ信号 N にテーパを付与するようにしてもよい。

つまりノイズ信号 N の出力の際には、ノイズ信号 N の振幅を漸増しつつ定格振幅にし、ノイズ信号 N の停止の際には、ノイズ信号の振幅を定格振幅から漸減してから停止するようにする。

この場合、テーパは、動作速度，温度，時間などの関数として与える。

このようにノイズ信号 N にテーパを付与することで、ノイズ信号 N の出力時 / 停止時に

10

20

30

40

50

生じるモータ 3 への衝撃が抑えられるため、位置決め精度の悪化を防ぐことができる。

【実施例 3】

【0062】

図 4 は、本発明の実施例 3 に係るロストモーション解消制御装置を備えた位置決め制御装置を示している。この位置決め制御装置は、フィードバック制御装置 10 と NC 装置 20 とロストモーション解消制御装置 300 により構成されている。

フィードバック制御装置 10 及び NC 装置 20 は、従来技術のものと同様である。また、テーブル（負荷）1，ボールネジ駆動機構 2，モータ 3，減速機 4 も、従来技術のものと同様である。

【0063】

10

実施例 3 のロストモーション解消制御装置 300 は、モータと負荷の速度状況を監視し、両者の移動方向が同相か逆相か判断し、逆相移動を検知した場合に、正弦波信号などのノイズ信号 N を、位置指令 θ_0 ，モータ速度指令 V_M ，トルク指令 τ の何れかに重畳させるようにしたものである。

【0064】

このロストモーション解消制御装置 300 は、ノイズ信号出力・停止判断装置 303 と、ノイズ信号発生装置 304 と、微分器 305 を有している。

【0065】

微分器 305 は、負荷位置信号 θ_L を微分して、負荷の速度を示す負荷速度信号 $s\theta_L$ を出力する。

20

【0066】

ノイズ信号出力・停止判断装置 303 は、モータ 3 の速度を指令する（モータ 3 の速度を示す）モータ速度指令 V_{MO} と、負荷の速度を示す負荷速度信号 $s\theta_L$ を取り込む。

【0067】

また、ノイズ信号出力・停止判断装置 303 には、下表 1 に示す判断基準が設定されている。なお表 1 において、 α_M はモータの回転方向を判断する正の定数、 α_L は負荷の移動方向を判断する正の定数である。

また表 1 において、

$V_{MO} > \alpha_M$ であるときには、モータ 3 が正転回転している判断し、

$V_{MO} < -\alpha_M$ であるときには、モータ 3 が逆転回転していると判断し、

30

$|V_{MO}| < \alpha_M$ であるときには、モータ 3 が停止していると判断し、

$s\theta_L > \alpha_L$ であるときには、負荷（テーブル 1）が正方向移動している判断し、

$s\theta_L < -\alpha_L$ であるときには、負荷（テーブル 1）が負方向移動している判断し、

$|s\theta_L| < \alpha_L$ であるときには、負荷（テーブル 1）が停止していると判断する。

【0068】

【表 1】

モード	モータ速度指令	負荷速度信号	ノイズ信号出力・停止
1	$V_{MO} > \alpha_M$	$s\theta_L > \alpha_L$	OFF
2	$V_{MO} > \alpha_M$	$s\theta_L < -\alpha_L$	ON
3	$V_{MO} < -\alpha_M$	$s\theta_L > \alpha_L$	ON
4	$V_{MO} < -\alpha_M$	$s\theta_L < -\alpha_L$	OFF
5	$ V_{MO} < \alpha_M$	$s\theta_L > \alpha_L$	OFF
6	$ V_{MO} < \alpha_M$	$s\theta_L < -\alpha_L$	OFF
7	$V_{MO} > \alpha_M$	$ s\theta_L < \alpha_L$	ON
8	$V_{MO} > -\alpha_M$	$ s\theta_L < \alpha_L$	ON

【0069】

ノイズ信号出力・停止判断装置303は、各モードに応じて次のような判断をして、各判断に応じて、ノイズ信号出力信号ONの出力・停止をする。

(a) モード1, 4のときには、モータ回転方向と負荷移動方向が同相であると判断し、この場合にはロストモーションが発生していないと判断して、ノイズ信号出力信号ONは出力しない。

(b) モード5, 6のときには、モータ3が停止している状態で負荷が移動していると判断し、この場合にはロストモーションが発生していないと判断して、ノイズ信号出力信号ONは出力しない。

(c) モード2, 3のときには、モータ回転方向と負荷移動方向が逆相であると判断し、この場合にはロストモーションが発生していると判断して、ノイズ信号出力信号ONを出力する。

(d) モード7, 8のときには、モータ3が回転している状態で負荷が停止していると判断し、この場合にはロストモーションが発生していると判断して、ノイズ信号出力信号ONを出力する。

【 0 0 7 0 】

なお、ノイズ信号出力・停止判断装置 3 0 3 は、ノイズ信号出力信号 O_N を出力した時点から予め決めた時間が経過するとノイズ信号出力信号 O_N の出力を停止したり、ノイズ信号出力信号 O_N を出力した時点以降にモータ速度指令 V_{MO} が予め設定した閾値速度を越えて大きくなったらノイズ信号出力信号 O_N の出力を停止したりする。

【 0 0 7 1 】

ノイズ信号発生装置 3 0 4 はノイズ信号 N を発生するものであり、ノイズ信号出力・停止判断装置 3 0 3 からノイズ信号出力信号 O_N が送られてくると、ノイズ信号 N を出力する。このノイズ信号 N は、フィードバック制御装置 1 0 に備えた加算器 1 4 を介して、モータ速度指令 V_{MO} に加えられる。

10

一方、ノイズ信号発生装置 3 0 4 は、ノイズ信号出力・停止判断装置 3 0 3 からのノイズ信号出力信号 O_N の出力が停止されると、ノイズ信号 N の出力を停止する。

ノイズ信号 N としては、例えば正弦波信号などの繰り返し信号や、パルス信号を用いることができる。

【 0 0 7 2 】

かかるロストモーション解消制御装置 3 0 0 は、モータと負荷の速度状況を直接的に監視し、モータと負荷の速度から判断した状況がロストモーション特有の状況になっていると判断した場合に、ノイズ信号 N をモータ速度指令 V_M に加算している。

【 0 0 7 3 】

このようにノイズ信号 N がモータ速度指令 V_{MO} に加算されることにより、モータ 3 がノイズ信号 N により極めて微小に正転・反転動作する結果、バックラッシュによる不感帯やロストモーションなど、減速機 4 における入力 - 出力軸間のヒステリシスを抑制することができる。

20

【 0 0 7 4 】

また、実際にロストモーションが発生していると判断したときにのみ、ノイズ信号 N を付与することで軌道追従精度の劣化を防ぐと共に、機器の摩耗，モータの発熱などハード面への悪影響を最小に抑えることができる。

つまり、ノイズ信号 N は、本来の位置決め制御に悪影響をもたらす可能性があるため、長時間にわたりノイズ信号 N を付与し続けることはせず、バックラッシュが問題となる状況でのみ使用することより、軌道追従精度の劣化を防ぐと共に、機器の摩耗，モータの発熱などハード面への悪影響を最小に抑えることができるのである。

30

【 0 0 7 5 】

また、ロストモーションは送り速度によってその発生タイミングが異なるため、実施例 1 のようにモータ速度指令を監視し、一律ルールに則るだけでは正確かつ効果的に補償できない場合がある。

本実施例では、モータと負荷の速度の関係を直接監視することで、ロストモーションを解消するノイズ信号 N を出力しているため、適切にロストモーションの補償が可能となる。

【 0 0 7 6 】

また上記例では、モータの速度を示す信号として、負荷位置信号 θ_L を一階微分した負荷速度信号 $s \theta_L$ を用いているが、負荷に負荷速度を検出するセンサ（例えばレゾルバ）を備え、このセンサから出力されるセンサ信号を、負荷速度信号 $s \theta_L$ の代わりに用いることもできる。

40

【 0 0 7 7 】

なお図 4 の例では、ノイズ信号 N を、モータ速度指令 V_{MO} に重畳しているが、位置指令 θ_O やトルク指令 τ に、ノイズ信号 N を重畳するようにしてもよい。

【 0 0 7 8 】

更に、ノイズ信号発生装置 3 0 4 からノイズ信号 N を出力する際、及び、出力していたノイズ信号 N を停止する際に、ノイズ信号 N にテーパを付与するようにしてもよい。

つまりノイズ信号 N の出力の際には、ノイズ信号 N の振幅を漸増しつつ定格振幅にし、

50

ノイズ信号Nの停止の際には、ノイズ信号の振幅を定格振幅から漸減してから停止するようにする。

この場合、テーパは、動作速度、温度、時間などの関数として与える。

このようにノイズ信号Nにテーパを付与することで、ノイズ信号Nの出力時/停止時に生じるモータ3への衝撃が抑えられるため、位置決め精度の悪化を防ぐことができる。

【実施例4】

【0079】

図5は本発明の実施例4にかかるロストモーション解消制御装置100aを備えた位置決め装置を示している。このロストモーション解消制御装置100aは、図1に示す実施例1のロストモーション解消制御装置100を改良したものである。

10

したがって、実施例1と異なる部分のみを説明し、実施例1と同一部分には同一符号を付し、重複する説明は省略する。

【0080】

実施例4のロストモーション解消制御装置100aでは、負荷の慣性モーメント、クーロン摩擦、粘性抵抗の要素から、ロストモーションの発生状況を判断し、ノイズ信号発生装置104から発生するノイズ信号Nの振幅を調整することができるようにしたものである。

【0081】

このロストモーション解消制御装置100aは、2つの微分器105、106を有している。微分器105は負荷位置信号 θ_L を微分して、負荷の速度を示す負荷速度信号 $s\theta_L$ を出力し、微分器106は負荷速度信号 $s\theta_L$ を微分して、負荷の加速度を示す負荷加速度信号 $s^2\theta_L$ を出力する。

20

【0082】

負荷速度信号 $s\theta_L$ と負荷加速度信号 $s^2\theta_L$ は、ノイズ信号発生装置104に入力される。ノイズ信号発生装置104がノイズ信号Nを出力するタイミングは実施例1と同じであるが、実施例4では、このノイズ信号Nの振幅を調整するものである。

【0083】

ここでノイズ信号Nの振幅を調整するための基礎となる原理を説明しておく。

ロストモーションとは、モータと負荷の歯のかみ合い状態から、モータが逆転して、逆の歯に噛み合うまでの間の状態であり、この状態をいかに早く終わらせるかがポイントとなる。

30

【0084】

ここで、負荷の運動と摩擦の関係に着目する。

もしも摩擦が負荷の慣性力よりも大きければ、負荷はロストモーション状態において静止し、モータが動いて歯が噛み合わない限りはロストモーション状態が続く。この状態は、例えば図17(b)において、負荷側歯車 G_L が摩擦力により静止し、モータ側歯車 G_M が右回転から左回転に反転してきて左回転している状態に対応する(この状態を「状態イ」と称する)。

このように、運動量に比べてクーロン摩擦が大きい場合には、負荷はモータから駆動力を与えないと動かないので、減速機の歯面は常に接触している状態であり、バックラッシュのクリアランス分だけロストモーションが発生する。

40

この場合にはロストモーションの発生期間は長い。

【0085】

逆に負荷の慣性力が摩擦を上回る場合、負荷は慣性で動き続けて自身でモータとの歯と噛み合う。この状態は、例えば図17(b)において、負荷側歯車 G_L が慣性力により左回転しつづけ、モータ側歯車 G_M が右回転から左回転に反転してきて左回転している状態に対応する(この状態を「状態ロ」と称する)。

このように運動量が大きい場合には、負荷は自身の慣性で動くため、減速機の歯面は巨視的には浮いているような状態となっている。よってロストモーションはバックラッシュのクリアランス分よりも小さくなる。

50

この場合には、ロストモーションの発生期間は短い。

【0086】

このように負荷の慣性力と摩擦力の大きさの関係に応じて、ロストモーションが終わる時間が変わるので、これらを考慮した補償が必要である。

そこで、摩擦力が慣性力よりも大きい場合においてはノイズ信号Nを大きく与え、摩擦力が慣性力よりも小さい場合にはノイズ信号Nを小さく与えることで、過不足なく補償を実施できるようにした。

【0087】

モータ側の歯と負荷側の歯が噛み合っていない状態の負荷側の運動方程式の一例を示すと、以下ようになる。なお、 J_L は負荷の慣性モーメント、 C_L は負荷と摺動部との減衰などの抵抗、 F はクーロン摩擦など抵抗となる外力である。いずれも公称値を求めておき、事前に値を決める。

$$J_L \cdot s^2 \theta_L + C_L \cdot s \theta_L = F$$

【0088】

上記知見に鑑み、ノイズ信号発生装置104は、出力するノイズ信号Nの振幅を次のようにして調整する。

【0089】

$$|J_L \cdot s^2 \theta_L + C_L \cdot s \theta_L| < F$$

となった場合には摩擦力が運動量に打ち勝っている状態、つまり上記「状態イ」にあたる。したがってこのときには、ノイズ信号Nの振幅を大きく（予め設定した設定振幅値に）する。

【0090】

$$|J_L \cdot s^2 \theta_L + C_L \cdot s \theta_L| > F$$

となった場合には負荷は慣性で動き続ける状態、つまり上記「状態ロ」にあたるため、上記「状態イ」のときに比べて、モータ側の歯と負荷側の歯は早く噛み合う。したがってこのときには、ノイズ信号Nの振幅を抑制（設定振幅値よりも小さく）する。

【0091】

「状態ロ」のときにノイズ信号Nの振幅を抑制するために、例えば、ノイズ信号発生装置104内には図6に示す特性（横軸がノイズNの振幅 A_0 で、縦軸が $\Gamma (= |J_L \cdot s^2 \theta_L + C_L \cdot s \theta_L|)$ ）が記憶されている。図6において、 $\Gamma = F$ のときのノイズ振幅を A_{01} としている。

そして、

$\Gamma < F$ のときには、 $A_0 = A_{01}$ とし、

$\Gamma > F$ のときには、 $A_0 = (F A_{01}) / \Gamma$ としている。

【0092】

なお、上記例では、 $\Gamma > F$ のときにノイズ信号Nの振幅を反比例的に減少させているが、右肩下がりの線形特性となってもよい。

【0093】

実施例4では、運動量とクーロン摩擦との関係によってロストモーションの大きさが異なるので、これを計算し、ロストモーションの大きさに応じてノイズ信号の振幅を変えている。

従来技術では、軌道精度に悪影響をもたらす恐れがあるため十分に補正信号の振幅を大きくできなかったが、本実施例では、必要なときに十分な振幅をもったノイズ信号Nを与えることができ、ロストモーションを迅速に解消することができる。

【0094】

なお、上記例では、負荷位置信号 θ_L を微分した得た負荷加速度信号 $s^2 \theta_L$ を用いているが、負荷の加速度を検出可能なセンサから出力される加速度信号を用いるようにしてもよい。

【0095】

更に、ノイズ信号発生装置104からノイズ信号Nを出力する際、及び、出力していた

10

20

30

40

50

ノイズ信号Nを停止する際に、ノイズ信号Nにテーパを付与するようにしてもよい。

つまりノイズ信号Nの出力の際には、ノイズ信号Nの振幅を漸増しつつ設定振幅にし、ノイズ信号Nの停止の際には、ノイズ信号の振幅を漸減してから停止するようにする。

この場合、テーパは、動作速度、温度、時間などの関数として与える。

このようにノイズ信号Nにテーパを付与することで、ノイズ信号Nの出力時/停止時に生じるモータ3への衝撃が抑えられるため、位置決め精度の悪化を防ぐことができる。

【実施例5】

【0096】

図7は本発明の実施例5にかかるロストモーション解消制御装置200aを備えた位置決め装置を示している。このロストモーション解消制御装置200aは、図3に示す実施例2のロストモーション解消制御装置200を改良したものである。

したがって、実施例2と異なる部分のみを説明し、実施例2と同一部分には同一符号を付し、重複する説明は省略する。

【0097】

実施例5のロストモーション解消制御装置200aでは、実施例4と同様に、負荷の慣性モーメント、クーロン摩擦、粘性抵抗の要素から、ロストモーションの発生状況を判断し、ノイズ信号発生装置204から発生するノイズ信号Nの振幅を調整することができるようにしたものである。

【0098】

このロストモーション解消制御装置200aは、2つの微分器205、206を有している。微分器205は負荷位置信号 θ_L を微分して、負荷の速度を示す負荷速度信号 $s\theta_L$ を出力し、微分器206は負荷速度信号 $s\theta_L$ を微分して、負荷の加速度を示す負荷加速度信号 $s^2\theta_L$ を出力する。

【0099】

負荷速度信号 $s\theta_L$ と負荷加速度信号 $s^2\theta_L$ は、ノイズ信号発生装置204に入力される。ノイズ信号発生装置204がノイズ信号Nを出力するタイミングは実施例2と同じであるが、実施例5では、このノイズ信号Nの振幅を調整するものである。

【0100】

実施例4のノイズ信号発生装置104と同様に、本実施例のノイズ信号発生装置204は、出力するノイズ信号Nの振幅を次のようにして調整する。

【0101】

$$|J_L \cdot s^2\theta_L + C_L \cdot s\theta_L| < F$$

となった場合には摩擦力が運動量に打ち勝っている状態になっているので、ノイズ信号Nの振幅を大きくする。

【0102】

$$|J_L \cdot s^2\theta_L + C_L \cdot s\theta_L| > F$$

となった場合には負荷は慣性で動き続ける状態になっているので、ノイズ信号Nの振幅を抑制する。抑制の手法は、実施例4と同様である。

【0103】

なお、上記例では、負荷位置信号 θ_L を微分した得た負荷加速度信号 $s^2\theta_L$ を用いているが、負荷の加速度を検出可能なセンサから出力される加速度信号を用いるようにしてもよい。

【0104】

更に、ノイズ信号発生装置204からノイズ信号Nを出力する際、及び、出力していたノイズ信号Nを停止する際に、ノイズ信号Nにテーパを付与するようにしてもよい。

つまりノイズ信号Nの出力の際には、ノイズ信号Nの振幅を漸増しつつ設定振幅にし、ノイズ信号Nの停止の際には、ノイズ信号の振幅を設定振幅から漸減してから停止するようにする。

この場合、テーパは、動作速度、温度、時間などの関数として与える。

このようにノイズ信号Nにテーパを付与することで、ノイズ信号Nの出力時/停止時に

10

20

30

40

50

生じるモータ 3 への衝撃が抑えられるため、位置決め精度の悪化を防ぐことができる。

【 0 1 0 5 】

更に、ノイズ信号発生装置 2 0 4 からノイズ信号 N を出力する際、及び、出力していたノイズ信号 N を停止する際に、ノイズ信号 N にテーパを付与するようにしてもよい。

つまりノイズ信号 N の出力の際には、ノイズ信号 N の振幅を漸増しつつ設定振幅にし、ノイズ信号 N の停止の際には、ノイズ信号の振幅を漸減してから停止するようにする。

この場合、テーパは、動作速度、温度、時間などの関数として与える。

このようにノイズ信号 N にテーパを付与することで、ノイズ信号 N の出力時 / 停止時に生じるモータ 3 への衝撃が抑えられるため、位置決め精度の悪化を防ぐことができる。

【実施例 6】

10

【 0 1 0 6 】

図 8 は本発明の実施例 6 にかかるロストモーション解消制御装置 3 0 0 a を備えた位置決め装置を示している。このロストモーション解消制御装置 3 0 0 a は、図 4 に示す実施例 3 のロストモーション解消制御装置 3 0 0 を改良したものである。

したがって、実施例 3 と異なる部分のみを説明し、実施例 3 と同一部分には同一符号を付し、重複する説明は省略する。

【 0 1 0 7 】

実施例 6 のロストモーション解消制御装置 3 0 0 a では、実施例 4 と同様に、負荷の慣性モーメント、クーロン摩擦、粘性抵抗の要素から、ロストモーションの発生状況を判断し、ノイズ信号発生装置 3 0 4 から発生するノイズ信号 N の振幅を調整することができるようにしたものである。

20

【 0 1 0 8 】

このロストモーション解消制御装置 3 0 0 a は、微分器 3 0 6 を有している。微分器 3 0 6 は負荷速度信号 $s \theta_L$ を微分して、負荷の加速度を示す負荷加速度信号 $s^2 \theta_L$ を出力する。

【 0 1 0 9 】

負荷速度信号 $s \theta_L$ と負荷加速度信号 $s^2 \theta_L$ は、ノイズ信号発生装置 3 0 4 に入力される。ノイズ信号発生装置 3 0 4 がノイズ信号 N を出力するタイミングは実施例 3 と同じであるが、実施例 6 では、このノイズ信号 N の振幅を調整するものである。

【 0 1 1 0 】

30

実施例 4 のノイズ信号発生装置 1 0 4 と同様に、本実施例のノイズ信号発生装置 3 0 4 は、出力するノイズ信号 N の振幅を次のようにして調整する。

【 0 1 1 1 】

$$| J_L \cdot s^2 \theta_L + C_L \cdot s \theta_L | < F$$

となった場合には摩擦力が運動量に打ち勝っている状態になっているので、ノイズ信号 N の振幅を大きくする。

【 0 1 1 2 】

$$| J_L \cdot s^2 \theta_L + C_L \cdot s \theta_L | > F$$

となった場合には負荷は慣性で動き続ける状態になっているので、ノイズ信号 N の振幅を抑制する。抑制の手法は、実施例 4 と同様である。

40

【 0 1 1 3 】

なお、上記例では、負荷位置信号 θ_L を微分した得た負荷加速度信号 $s^2 \theta_L$ を用いているが、負荷の加速度を検出可能なセンサから出力される加速度信号を用いるようにしてもよい。

【 0 1 1 4 】

更に、ノイズ信号発生装置 3 0 4 からノイズ信号 N を出力する際、及び、出力していたノイズ信号 N を停止する際に、ノイズ信号 N にテーパを付与するようにしてもよい。

つまりノイズ信号 N の出力の際には、ノイズ信号 N の振幅を漸増しつつ設定振幅にし、ノイズ信号 N の停止の際には、ノイズ信号の振幅を漸減してから停止するようにする。

この場合、テーパは、動作速度、温度、時間などの関数として与える。

50

このようにノイズ信号 N にテーパを付与することで、ノイズ信号 N の出力時 / 停止時に生じるモータ 3 への衝撃が抑えられるため、位置決め精度の悪化を防ぐことができる。

【実施例 7】

【0115】

図 9 は本発明の実施例 7 にかかるロストモーション解消制御装置 200b を備えた位置決め装置を示している。このロストモーション解消制御装置 200b は、図 3 に示す実施例 2 のロストモーション解消制御装置 200 を改良したものである。

したがって、実施例 2 と異なる部分のみを説明し、実施例 2 と同一部分には同一符号を付し、重複する説明は省略する。

【0116】

10

実施例 7 のロストモーション解消制御装置 200b では、ノイズ信号発生装置 204b に、ノイズ信号出力・停止判断装置 203 からノイズ信号出力信号 ON が送られてくると共に、位置制御部 11 からモータ速度指令 V_{MO} が送られてくる。

【0117】

ノイズ信号発生装置 204b は、鋸波状のノイズ信号 N_b (図 11(a), (b) 参照) を出力する。この鋸波状のノイズ信号 N_b を出力するタイミングは、実施例 2 においてノイズ信号発生装置 204 がノイズ信号 N を出力するタイミングと同じである。

【0118】

ここで、ノイズ信号発生装置 204b において、鋸波状のノイズ信号 N_b を生成して出力する手順を、フローチャートである図 10 を参照して説明する。

20

【0119】

ステップ 1 では、ロストモーションの発生を検出したかどうか、つまり、ノイズ信号出力信号 ON がノイズ信号発生装置 204b に入力されたかどうかを判定する。

【0120】

ロストモーションの発生を検出したとき、つまり、ノイズ信号出力信号 ON がノイズ信号発生装置 204b に入力されたときには、ステップ 2 にて、モータ 3 の回転方向を、モータ速度指令 V_{MO} を基に判定する。

【0121】

モータ 3 の回転方向が正方向であるときには、ステップ 3 にて、以下の式を用いてノイズ信号 N_b を求める。

30

$$N_b = N_o (1 - L \int dt)$$

ただし、 N_o と L は予め決めた定数である。

【0122】

上式にて求めたノイズ信号 N_b は、ステップ 4 にて、リミット処理がされてノイズ信号 N_b の値が時間の経過と共に漸減してきて零になったら、それ以降はノイズ信号 N_b の値が負値にならないように値を零に保持する。

そして、ステップ 5 にて、図 11(a) に示すような鋸波状のノイズ N_b を出力する。

【0123】

ステップ 2 にてモータ 3 の回転方向が負方向であると判定したときには、ステップ 6 にて、以下の式を用いてノイズ信号 N_b を求める。

40

$$N_b = -N_o (1 - L \int dt)$$

ただし、 N_o と L は予め決めた定数である。

【0124】

上式にて求めたノイズ信号 N_b は、ステップ 7 にて、リミット処理がされてノイズ信号 N_b の値が時間の経過と共に漸増してきて零になったら、それ以降はノイズ信号 N_b の値が正值にならないように値を零に保持する。

そして、ステップ 8 にて、図 11(b) に示すような鋸波状のノイズ N_b を出力する。

【0125】

ステップ 2 にてモータ 3 の回転方向が零になっている (静止している) と判定したときには、ステップ 9 にて、ノイズ信号 N_b の値を 0 にし、更に、ステップ 10, 11 にて直

50

前までのノイズ信号 N_b の値が零でないときには積分値をリセットして、ノイズ信号 N_b の値を零として、最終的にステップ 12 にて、値が零となっているノイズ信号 N_b を出力する（ノイズ信号の出力を停止する）。

【0126】

ステップ 1 にてロストモーションが発生していないと判定したときには、ステップ 13, 14 にて直前までのノイズ信号 N_b の値が零でないときには積分値をリセットして、ノイズ信号 N_b の値を零として、最終的にステップ 15 にて、値が零となっているノイズ信号 N_b を出力する（ノイズ信号の出力を停止する）。

【0127】

本実施例によれば、鋸波状のノイズ信号 N_b をロストモーション発生瞬間に加算することで、バックラッシュによる不感帯やロストモーションなどの入力 - 出力軸間のヒステリシスを抑制することができる。

【0128】

更に、ノイズ信号 N_b は、出力する瞬間でその値が最も大きく、その後時間の経過と共にその値が漸減する振幅特性となっている。

このため、ノイズ信号 N_b の出力により減速機の歯を急にかみ合わせることができる。その後は、ノイズ信号 N_b のテーパ部分によりノイズ信号 N_b の値を単調減少させて歯をなじませることで、噛み合いでの衝撃で生じた振動を即座に減衰させることができる。

【0129】

なお図 9 の例では、ノイズ信号 N_b を、モータ速度指令 V_{MO} に重畳しているが、位置指令 θ_o やトルク指令 τ に、ノイズ信号 N_b を重畳するようにしてもよい。

【0130】

また、実施例 4, 5 に示した技術を追加することもできる。

つまり、負荷の慣性モーメント、クーロン摩擦、粘性抵抗の要素から、ロストモーションの発生状況を判断し、下記の運動方程式から、摩擦力と慣性力との関係を求める。

$$J_L \cdot s^2 \theta_L + C_L \cdot s \theta_L = F$$

そして、摩擦力が慣性力よりも大きい場合においてはノイズ信号 N_b の初期値 N_o を大きく与え、摩擦力が慣性力よりも小さい場合にはノイズ信号 N_b の初期値 N_o を小さく与えることで、過不足なく補償を実施することもできる。

【実施例 8】

【0131】

図 12 は本発明の実施例 8 にかかるロストモーション解消制御装置 200c を備えた位置決め装置を示している。このロストモーション解消制御装置 200c は、図 9 に示す実施例 7 のロストモーション解消制御装置 200b を改良したものである。

したがって、実施例 7 と異なる部分のみを説明し、実施例 7 と同一部分には同一符号を付し、重複する説明は省略する。

【0132】

実施例 7 では、ロストモーションを検出したときに単一のノイズ信号 N_b を出力しているが、この実施例 8 では、ロストモーションが発生した後、ロストモーションが収束するまで、ノイズ信号 N_b を繰り返し連続して出力するものである。

つまり、図 13 に示すように、モータ速度が負荷速度よりも大きいときに、ノイズ信号 N_b を繰り返し連続して出力するものである。

これは、ロストモーション発生時点においては、常にモータが負荷よりも先行しているため、その条件を満たす場合のみ補償するのである。

逆に負荷がモータよりも先行している場合は、ロストモーションと無関係の軌道誤差なので、常備されるフィドフォワードやフィードバック機構にて補正すればよい。

【0133】

そこで、実施例 8 では、微分器 205 を備え、微分器 205 は負荷位置信号 θ_L を微分して、負荷速度信号 $s \theta_L$ を出力する。

ノイズ信号発生装置 204c は、負荷速度を示す負荷速度信号 $s \theta_L$ と、モータ速度を

10

20

30

40

50

示すモータ速度指令 V_{MO} を取り込む。

そして、ノイズ信号 N_b の初期値 N_o を次のようにして求める。

【 0 1 3 4 】

(i) モータ速度指令 V_{MO} が、負荷速度信号 s_{θ_L} よりも大きいとき。

$$N_o = (V_{MO} - s_{\theta_L}) \times K$$

ただし K は任意の正数である。

(ii) モータ速度指令 $V_{MO} > 0$ 、且つ、負荷速度信号 $s_{\theta_L} < 0$ 、のとき。

$$N_o = 0$$

(iii) モータ速度指令 $V_{MO} < 0$ 、且つ、負荷速度信号 $s_{\theta_L} > 0$ 、のとき。

$$N_o = 0$$

10

【 0 1 3 5 】

なおノイズ信号 N_b の傾きを作る計算は、実施例 7 と同じである。

そして、上記 (i) のとき、つまりモータ速度指令 V_{MO} が、負荷速度信号 s_{θ_L} よりも大きい状態が継続しているときには、

$$N_o = (V_{MO} - s_{\theta_L}) \times K$$

となっているノイズ信号 N_b を、連続して出力する。

【 0 1 3 6 】

本実施例によれば、鋸波状のノイズ信号 N_b をロストモーション発生の瞬間に加算することで、バックラッシュによる不感帯やロストモーションなどの入力 - 出力軸間のヒステリシスを抑制することができる。

20

【 0 1 3 7 】

更に、ノイズ信号 N_b は、出力する瞬間でその値が最も大きく、その後時間の経過と共にその値が漸減する振幅特性となっている。

このため、ノイズ信号 N_b の出力によりに減速機の歯を急にかみ合わせることができる。その後は、ノイズ信号 N_b のテーパ部分によりノイズ信号 N_b の値を単調減少させて歯をなじませることで、噛み合いでの衝撃で生じた振動を即座に減衰させることができる。

【 0 1 3 8 】

また、ロストモーションが収束するまでノイズ信号 N_b を繰り返し指令し続けることで、バックラッシュのクリアランスや歯当たりの状態に依存せずロストモーションの抑制が可能となる。

30

【実施例 9】

【 0 1 3 9 】

図 1 4 は本発明の実施例 9 にかかるロストモーション解消制御装置 3 0 0 b を備えた位置決め装置を示している。このロストモーション解消制御装置 3 0 0 b は、図 4 に示す実施例 3 のロストモーション解消制御装置 3 0 0 を改良したものである。

したがって、実施例 3 と異なる部分のみを説明し、実施例 3 と同一部分には同一符号を付し、重複する説明は省略する。

【 0 1 4 0 】

実施例 9 のロストモーション解消制御装置 3 0 0 b では、ノイズ信号発生装置 3 0 4 b に、ノイズ信号出力・停止判断装置 3 0 3 からノイズ信号出力信号 ON が送られてくると共に、位置制御部 1 1 からモータ速度指令 V_{MO} が送られてくる。

40

【 0 1 4 1 】

ノイズ信号発生装置 3 0 4 b は、鋸波状のノイズ信号 N_b (図 1 1 (a) , (b) 参照) を出力する。この鋸波状のノイズ信号 N_b を出力するタイミングは、実施例 3 においてノイズ信号発生装置 3 0 4 がノイズ信号 N を出力するタイミングと同じである。

【 0 1 4 2 】

ノイズ信号発生装置 3 0 4 b が鋸波状のノイズ信号 N_b を生成して出力する手順は、図 9 に示す実施例 7 のノイズ信号発生装置 2 0 4 b における動作と同様である。

【 0 1 4 3 】

本実施例によれば、鋸波状のノイズ信号 N_b をロストモーション発生の瞬間に加算する

50

ことで、バックラッシュによる不感帯やロストモーションなどの入力 - 出力軸間のヒステリシスを抑制することができる。

【 0 1 4 4 】

更に、ノイズ信号 N_b は、出力する瞬間でその値が最も大きく、その後時間の経過と共にその値が漸減する振幅特性となっている。

このため、ノイズ信号 N_b の出力によりに減速機の歯を急にかみ合わせることができる。その後は、ノイズ信号 N_b のテーパ部分によりノイズ信号 N_b の値を単調減少させて歯をなじませることで、噛み合いでの衝撃で生じた振動を即座に減衰させることができる。

【 0 1 4 5 】

なお図 1 4 の例では、ノイズ信号 N_b を、モータ速度指令 V_{MO} に重畳しているが、位置指令 θ_o やトルク指令 τ に、ノイズ信号 N_b を重畳するようにしてもよい。

10

【 0 1 4 6 】

また、実施例 4 , 5 に示した技術を追加することもでき。

つまり、負荷の慣性モーメント、クーロン摩擦、粘性抵抗の要素から、ロストモーションの発生状況を判断し、下記の運動方程式から、摩擦力と慣性力との関係を求める。

$$J_L \cdot s^2 \theta_L + C_L \cdot s \theta_L = F$$

そして、摩擦力が慣性力よりも大きい場合においてはノイズ信号 N_b の初期値 N_o を大きく与え、摩擦力が慣性力よりも小さい場合にはノイズ信号 N_b の初期値 N_o を小さく与えることで、過不足なく補償を実施することもできる。

【実施例 1 0】

20

【 0 1 4 7 】

図 1 5 は本発明の実施例 1 0 にかかるロストモーション解消制御装置 3 0 0 c を備えた位置決め装置を示している。このロストモーション解消制御装置 3 0 0 c は、図 1 4 に示す実施例 9 のロストモーション解消制御装置 3 0 0 b を改良したものである。

したがって、実施例 9 と異なる部分のみを説明し、実施例 9 と同一部分には同一符号を付し、重複する説明は省略する。

【 0 1 4 8 】

実施例 9 では、ロストモーションを検出したときに単一のノイズ信号 N_b を出力しているが、この実施例 1 0 では、ロストモーションが発生した後、ロストモーションが収束するまで、ノイズ信号 N_b を繰り返し連続して出力するものである。

30

つまり、図 1 3 に示すように、モータ速度が負荷速度よりも大きいときに、ノイズ信号 N_b を繰り返し連続して出力するものである。

これは、ロストモーション発生時点においては、常にモータが負荷よりも先行しているため、その条件を満たす場合のみ補償するのである。

逆に負荷がモータよりも先行している場合は、ロストモーションと無関係の軌道誤差なので、常備されるフィドフォワードやフィードバック機構にて補正すればよい。

【 0 1 4 9 】

そこで、実施例 1 0 では、ノイズ信号発生装置 3 0 4 c に、負荷速度を示す負荷速度信号 $s \theta_L$ と、モータ速度を示すモータ速度指令 V_{MO} を取り込む。

そして、ノイズ信号 N_b の初期値 N_o を次のようにして求める。

40

【 0 1 5 0 】

(vi) モータ速度指令 V_{MO} が、負荷速度信号 $s \theta_L$ よりも大きいとき。

$$N_o = (V_{MO} - s \theta_L) \times K$$

ただし K は任意の正数である。

(v) モータ速度指令 $V_{MO} > 0$ 、且つ、負荷速度信号 $s \theta_L < 0$ 、のとき。

$$N_o = 0$$

(vi) モータ速度指令 $V_{MO} < 0$ 、且つ、負荷速度信号 $s \theta_L > 0$ 、のとき。

$$N_o = 0$$

【 0 1 5 1 】

なおノイズ信号 N_b の傾きを作る計算は、実施例 7 と同じである。

50

そして、上記 (vi) のとき、つまりモータ速度指令 V_{MO} が、負荷速度信号 s_{θ_L} よりも大きい状態が継続しているときには、

$$N_o = (V_{MO} - s_{\theta_L}) \times K$$

となっているノイズ信号 N_b を、連続して出力する。

【0152】

本実施例によれば、鋸波状のノイズ信号 N_b をロストモーション発生の瞬間に加算することで、バックラッシュによる不感帯やロストモーションなどの入力 - 出力軸間のヒステリシスを抑制することができる。

【0153】

更に、ノイズ信号 N_b は、出力する瞬間でその値が最も大きく、その後時間の経過と共にその値が漸減する振幅特性となっている。

10

このため、ノイズ信号 N_b の出力により減速機の歯を急にかみ合わせることができる。その後は、ノイズ信号 N_b のテーパ部分によりノイズ信号 N_b の値を単調減少させて歯をなじませることで、噛み合いでの衝撃で生じた振動を即座に減衰させることができる。

【0154】

また、ロストモーションが収束するまでノイズ信号 N_b を繰り返し指令し続けることで、バックラッシュのクリアランスや歯当たりの状態に依存せずロストモーションの抑制が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0155】

20

【図1】本発明の実施例1に係るロストモーション解消制御装置を備えた位置決め制御装置を示すブロック構成図。

【図2】実施例1に係るロストモーション解消制御装置の動作状態を示す説明図。

【図3】本発明の実施例2に係るロストモーション解消制御装置を備えた位置決め制御装置を示すブロック構成図。

【図4】本発明の実施例3に係るロストモーション解消制御装置を備えた位置決め制御装置を示すブロック構成図。

【図5】本発明の実施例4に係るロストモーション解消制御装置を備えた位置決め制御装置を示すブロック構成図。

【図6】ノイズ信号 N の振幅特性を示す特性図。

30

【図7】本発明の実施例5に係るロストモーション解消制御装置を備えた位置決め制御装置を示すブロック構成図。

【図8】本発明の実施例6に係るロストモーション解消制御装置を備えた位置決め制御装置を示すブロック構成図。

【図9】本発明の実施例7に係るロストモーション解消制御装置を備えた位置決め制御装置を示すブロック構成図。

【図10】鋸波状のノイズ信号を生成して出力する手順を示すフローチャート。

【図11】鋸波状のノイズ信号を示す波形図。

【図12】本発明の実施例8に係るロストモーション解消制御装置を備えた位置決め制御装置を示すブロック構成図。

40

【図13】モータ速度と負荷速度の関係と、鋸波状ノイズの出力状態を示す特性図。

【図14】本発明の実施例9に係るロストモーション解消制御装置を備えた位置決め制御装置を示すブロック構成図。

【図15】本発明の実施例10に係るロストモーション解消制御装置を備えた位置決め制御装置を示すブロック構成図。

【図16】工作機械のテーブルを位置制御する制御系を示す概念図。

【図17】モータのモータ軸に連結された歯車と、負荷側に接続された歯車との関係を示す説明図。

【図18】テーブルの位置とモータの位置を示す特性図。

【符号の説明】

50

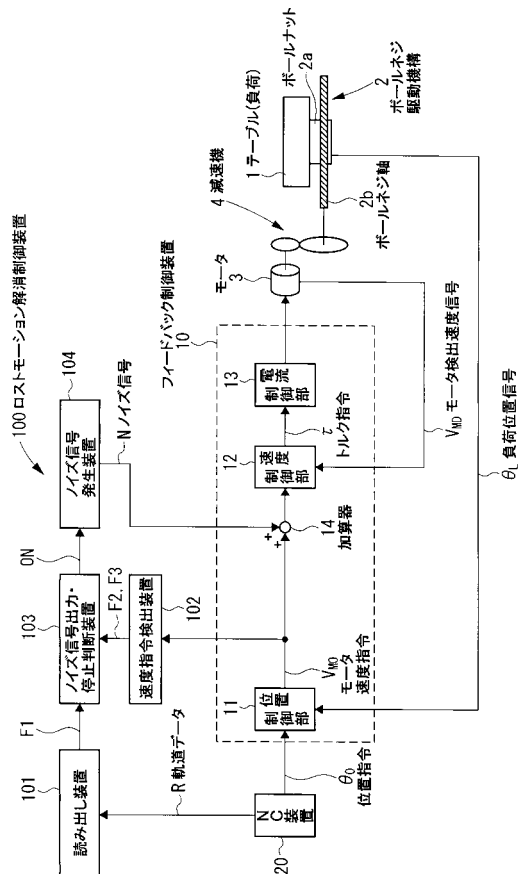
【 0 1 5 6 】

- 1 テーブル
- 2 ボールネジ駆動機構
- 3 モータ
- 4 減速機
- 10 フィードバック制御装置
- 11 位置制御部
- 12 速度制御部
- 13 電流制御部
- 20 NC装置
- 100 ロストモーション解消制御装置
- 101 読み出し装置
- 102 速度指令検出装置
- 103 ノイズ信号出力・停止判断装置
- 104 ノイズ信号発生装置
- 200, 200a, 200b ロストモーション解消制御装置
- 203 ノイズ信号出力・停止判断装置
- 204 ノイズ信号発生装置
- 300, 300a, 300b ロストモーション解消制御装置
- 303 ノイズ信号出力・停止判断装置
- 304 ノイズ信号発生装置

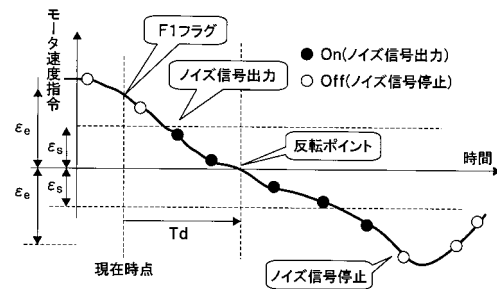
10

20

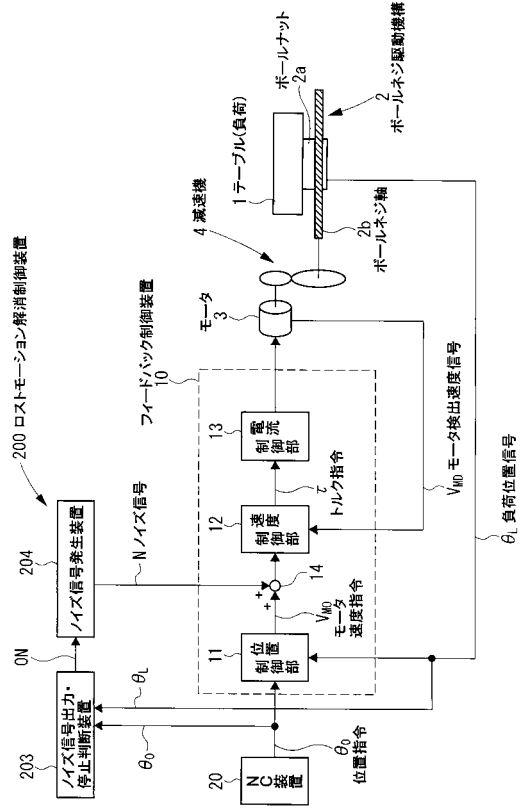
【 図 1 】



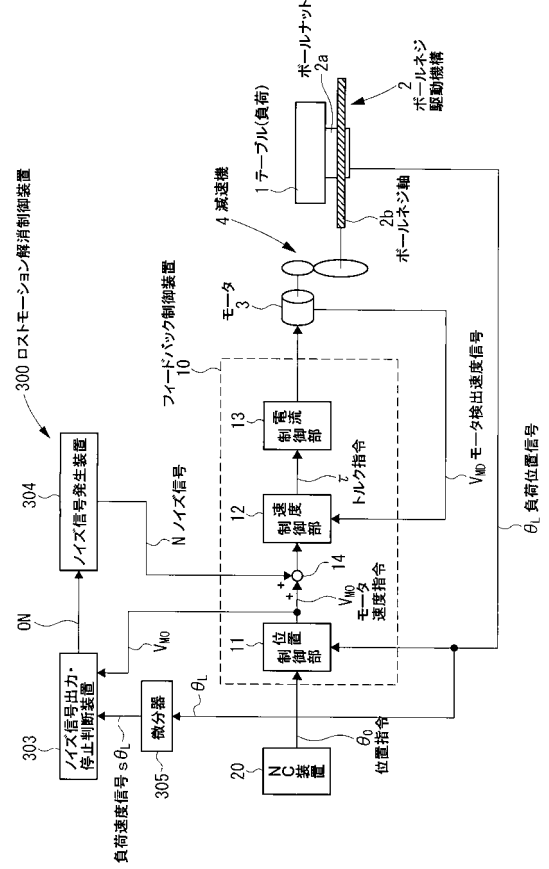
【 図 2 】



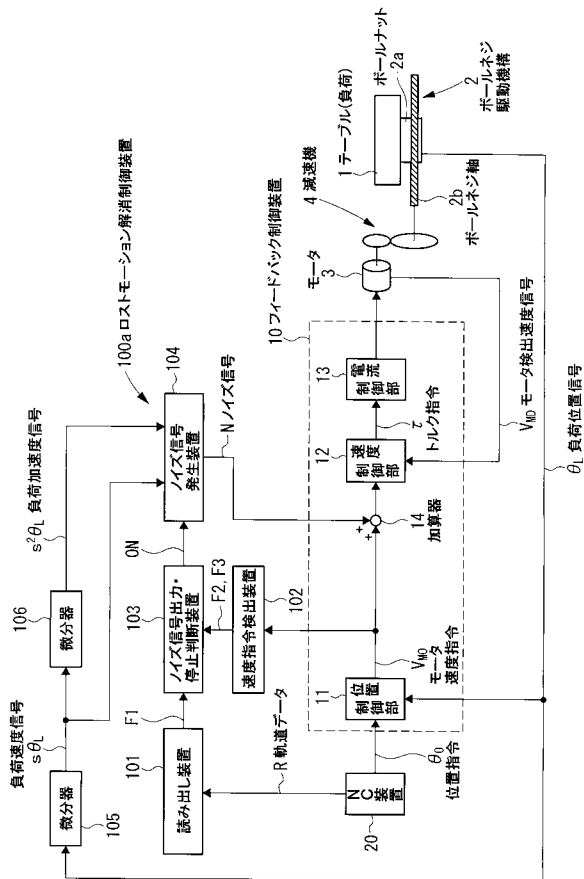
【図 3】



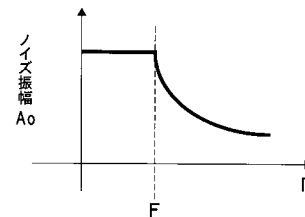
【図 4】



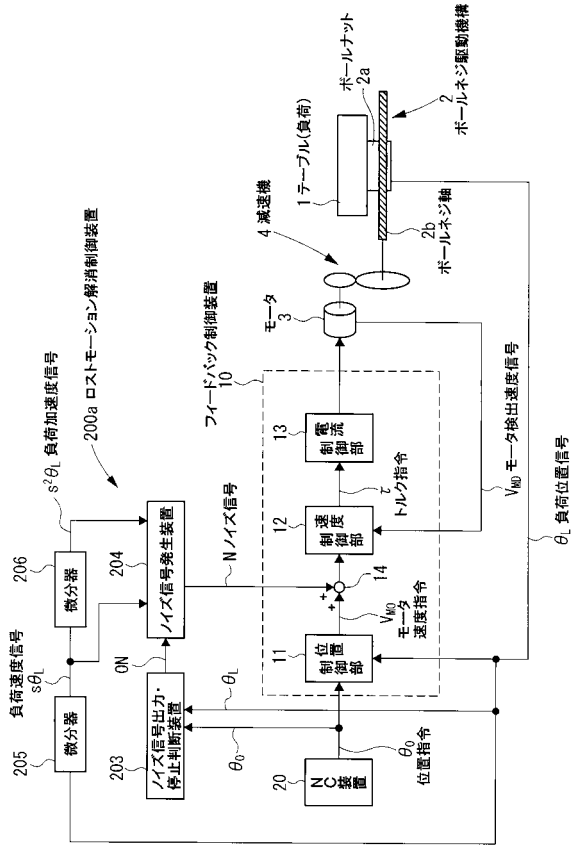
【図 5】



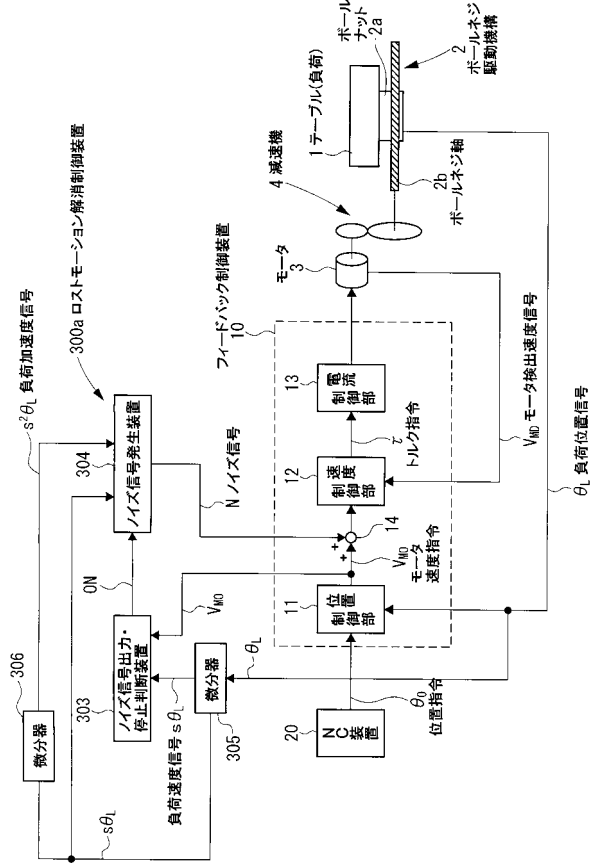
【図 6】



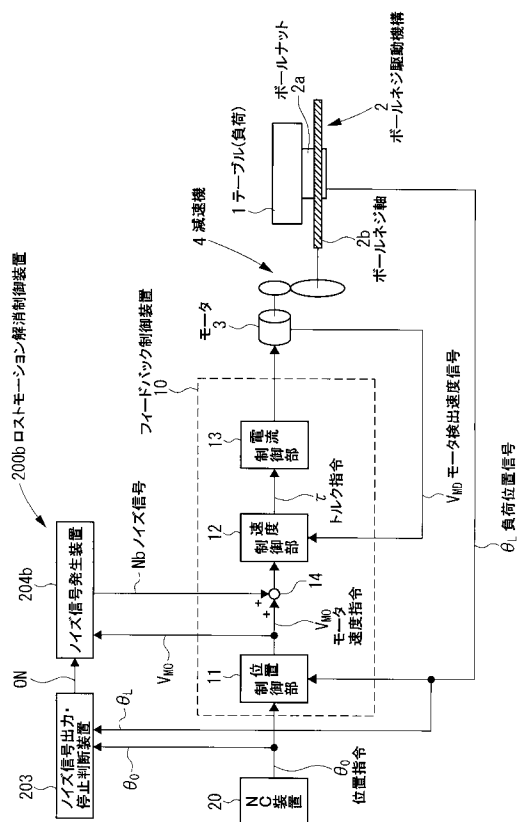
【図7】



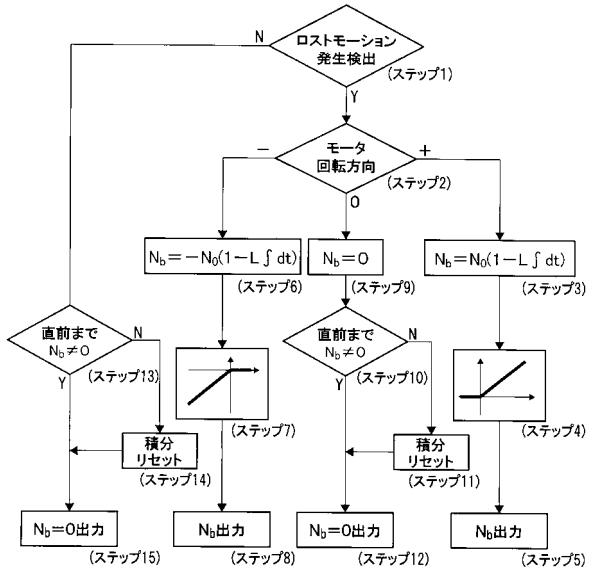
【図8】



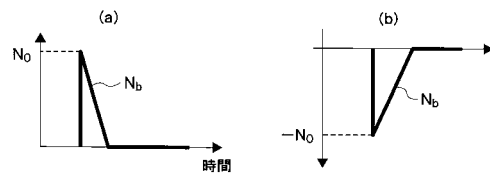
【図9】



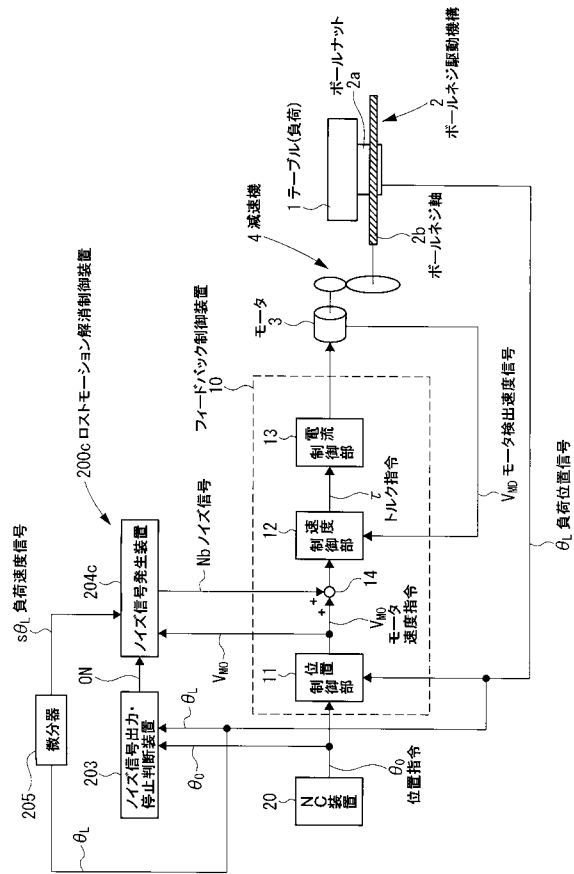
【図10】



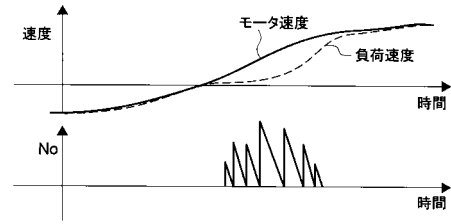
【図11】



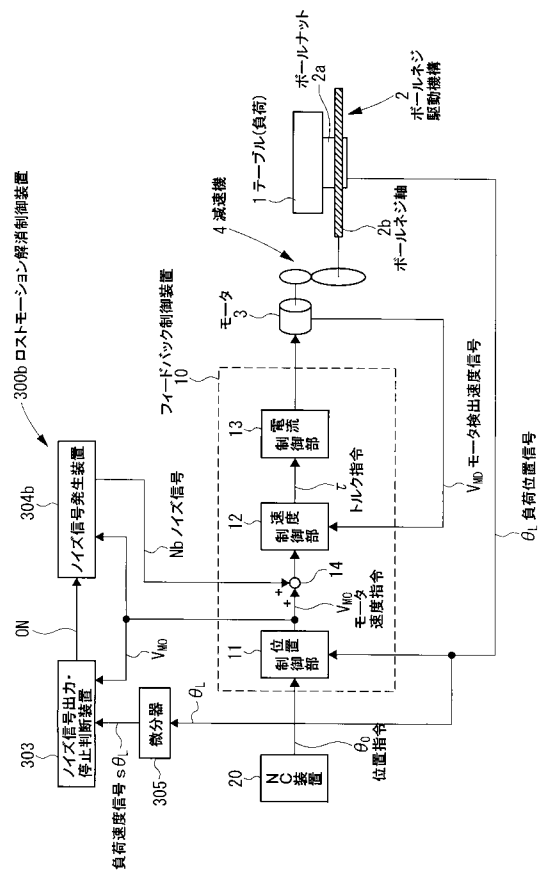
【図 12】



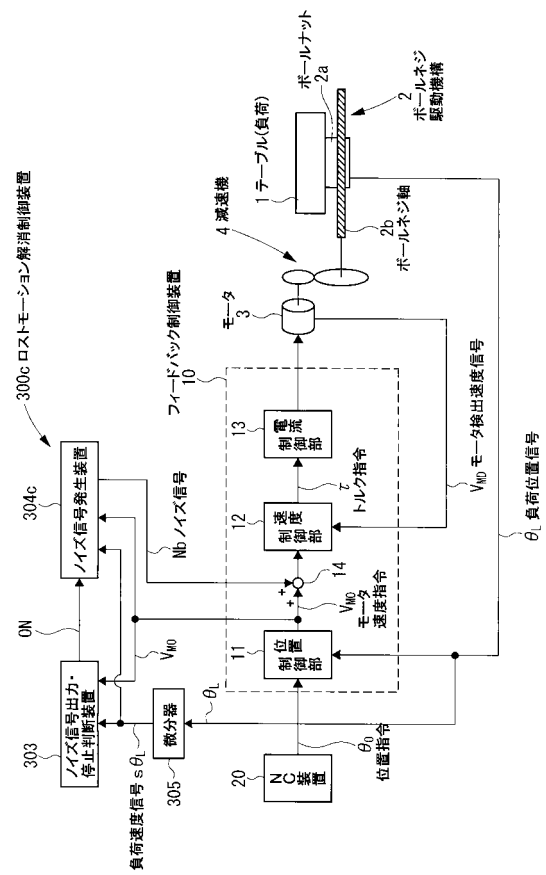
【図 13】



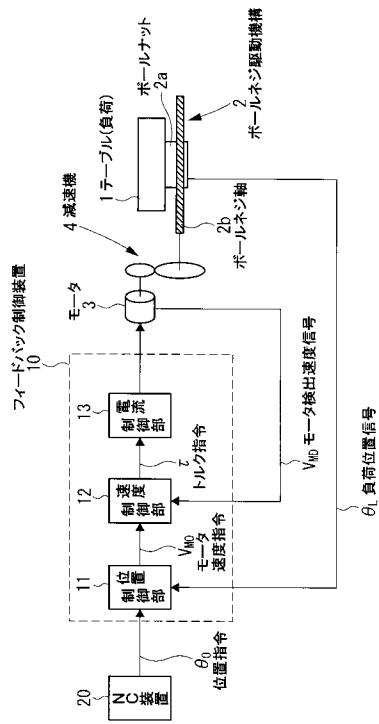
【図 14】



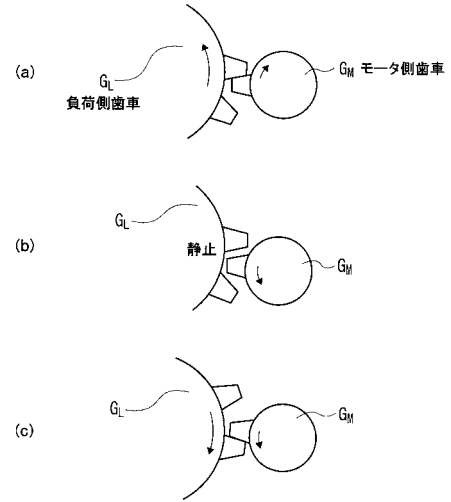
【図 15】



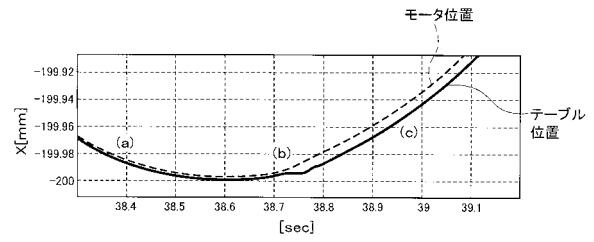
【図 16】



【図 17】



【図 18】



フロントページの続き

- (72)発明者 山本 英明
滋賀県栗東市六地藏 1 3 0 番地 三菱重工業株式会社工作機械事業本部内
- (72)発明者 竹内 克佳
兵庫県高砂市荒井町新浜 2 丁目 1 番 1 号 三菱重工業株式会社 高砂研究所内
- (72)発明者 広江 隆治
兵庫県高砂市荒井町新浜 2 丁目 1 番 1 号 三菱重工業株式会社 高砂研究所内
- (72)発明者 倉本 博久
滋賀県栗東市六地藏 1 3 0 番地 三菱重工業株式会社工作機械事業本部内

審査官 松浦 陽

- (56)参考文献 特開平 0 5 - 0 1 1 8 2 4 (J P , A)
特開 2 0 0 4 - 2 3 4 3 2 7 (J P , A)
特開平 1 0 - 2 5 4 5 4 8 (J P , A)
特開 2 0 0 2 - 2 5 8 9 2 2 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 2 5 0 6 1 4 (J P , A)
特開 2 0 0 6 - 1 9 5 6 6 4 (J P , A)
特開平 0 7 - 2 6 6 1 9 0 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 1 7 5 3 1 3 (J P , A)
特開平 0 6 - 0 5 5 4 1 2 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 2 0 2 1 3 6 (J P , A)
特開昭 5 9 - 1 0 3 0 0 9 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 1 9 5 1 0 9 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 5 B	1 9 / 1 8	-	1 9 / 4 6
B 2 3 Q	1 5 / 0 0	-	1 5 / 2 8
B 2 5 J	1 / 0 0	-	2 1 / 0 2