

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-192519

(P2012-192519A)

(43) 公開日 平成24年10月11日(2012.10.11)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)
B 2 5 J 19/06 (2006.01)		B 2 5 J	19/06	3 C 2 6 9
G 0 5 B 19/18 (2006.01)		G 0 5 B	19/18	3 C 7 0 7

審査請求 有 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2012-157044 (P2012-157044)	(71) 出願人	000005197
(22) 出願日	平成24年7月13日 (2012.7.13)		株式会社不二越
(62) 分割の表示	特願2008-108423 (P2008-108423) の分割	(74) 代理人	100158355
原出願日	平成20年4月18日 (2008.4.18)		弁理士 岡島 明子
		(72) 発明者	蟹谷 清
			富山県富山市不二越本町一丁目1番1号
			株式会社不二越内
		Fターム(参考)	3C269 AB33 BB12 CC09 GG02 MN04
			MN29 PP15
			3C707 BS10 KS35 KS37 LV18 LV21
			MS23

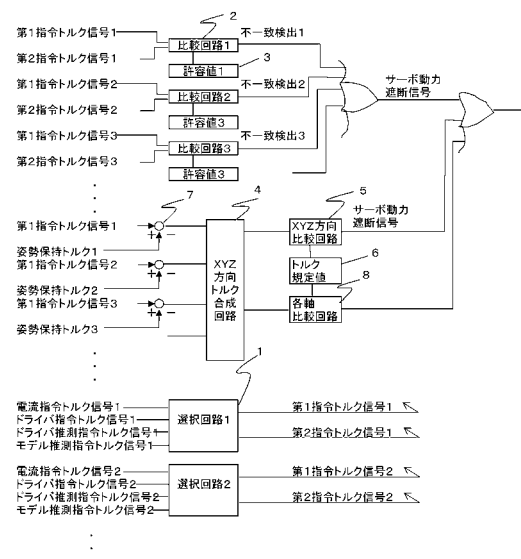
(54) 【発明の名称】 産業用ロボットの出力トルク制限回路

(57) 【要約】

【課題】 指令トルク信号から演算により求めた産業用ロボットのツール先端での出力トルクが許容値を超えたときに駆動部の動力を遮断することで安全を確保する、出力トルクの制限回路を与えることを目的とする。

【解決手段】 モータ駆動電流指令トルク信号と、サーボモータドライバ指令トルク信号と、サーボモータドライバ推測指令トルク信号と、ロボット制御部の内部モデル推測指令トルク信号の、4つの独立した指令トルク信号から選択回路1で選択した1つの指令トルク信号からXYZ方向トルク信号に、XYZトルク信号合成回路4で合成し、XYZ方向のトルク値をXYZ方向比較回路で比較し、トルク規定値6を超える場合にサーボ動力遮断信号を発生することを特徴とする出力トルクの制限回路とした。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

多軸で構成される産業用ロボットの各軸の、
モータ駆動電流をトルク合成回路で合成した電流指令トルク信号と、
サーボモータドライバのトルク指令部から取り出したドライバ指令トルク信号と、
サーボモータドライバのトルク指令モデル演算部で演算したドライバ推測指令トルク信号と、
ロボット制御部の内部モデル演算部で演算したモデル推測指令トルク信号の、
4つの独立した指令トルク信号から選択回路で選択した1つの指令トルク信号からX Y Z
の各方向にトルク信号を合成し、X Y Zの各方向のトルク信号のいずれかが出力トルク規定値を越えた場合に駆動回路を遮断することを特徴とする産業用ロボットの出力トルク制限回路。

10

【請求項 2】

指令トルク信号から、産業用ロボットの姿勢保持に必要なトルクを差し引いてから、X Y Zの各方向にトルク信号を合成することを特徴とする請求項 1 に記載の産業用ロボットの出力トルク制限回路。

【請求項 3】

請求項 1 ないし 2 に記載の出力トルク制限回路において、前記電流指令トルク信号と、前記ドライバ指令トルク信号と、前記ドライバ推測指令トルク信号と、前記モデル推測指令トルク信号の、4つの独立した指令トルク信号から選択回路で選択した2つの指令トルク信号の間で、設定した許容値以上の不一致を検出した場合に駆動回路を遮断する出力制限回路を有することを特徴とする産業用ロボットの出力トルク制限回路。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、サーボモータにより各関節軸が駆動されるようにされた産業用ロボットにおける、出力トルク制限回路に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、サーボモータにより各関節軸が駆動されるようにされた産業用ロボットにおける、出力トルクを制限する技術については、非特許文献 1 に開示されているように、力センサを産業用ロボットの手首先端と作業ツールとの間に配置し、組み付け作業時出力トルクを制限するものであり、許容トルクを越えた場合やあるいは指令トルクと力センサで検出したトルクとが一致しない場合にサーボモータの動力を遮断して安全を確保するものでも示唆するものでも無かった。

30

【0003】

これに対して、本出願人が出願した未公開の特許文献 1 では、力センサからのトルク信号と指令トルク信号とを比較することで、その力センサからのトルク信号の確実性を確保する手法を開示している。一方、特許文献 1 で記載している、力センサからのトルク信号の確実性を検証するための指令トルク信号は、相互に独立な信号であり、これらの信号を相互に比較することにより、力センサからのトルク信号を用いること無しに出力トルクを制限することが可能となることを意味する。

40

【非特許文献 1】ロボット工学ハンドブック、日本ロボット学会、1990年、p. 394

【非特許文献 2】「ACサーボシステムの理論と設計の実際」、総合電子出版社、1990年、p. 74 ~ 81・86 ~ 87

【特許文献 1】特願 2008 - 039959 号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

50

本発明が解決しようとする課題は、前述した着眼点から、力センサからのトルク信号を用いることなく、指令トルク信号から演算により求めた産業用ロボットのツール先端での出力トルクが許容値を超えたときに駆動部の動力を遮断することで安全を確保する、出力トルクの制限の解決法を与えるものである。

【 0 0 0 5 】

更に、演算に用いた指令トルク信号が正しいかどうかを、独立な別の指令トルクと比較することで検証することにより、出力トルクが許容値を超えないことを確実にする、出力トルクの制限の解決法を与えるものである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

前述した課題を解決するために、請求項 1 に記載の発明では、多軸で構成される産業用ロボットの各軸の、モータ駆動電流をトルク合成回路で合成した電流指令トルク信号と、サーボモータドライバのトルク指令部から取り出したドライバ指令トルク信号と、サーボモータドライバのトルク指令モデル演算部で演算したドライバ推測指令トルク信号と、ロボット制御部の内部モデル演算部で演算したモデル推測指令トルク信号の、4つの独立した指令トルク信号から選択回路 1 で選択した 1 つの指令トルク信号から X Y Z の各方向にトルク信号を合成し、X Y Z の各方向のトルク信号のいずれかが出力トルク規定値を越えた場合に駆動回路を遮断することを特徴とする産業用ロボットの出力トルク制限回路とした。

【 0 0 0 7 】

請求項 2 に記載の発明では、請求項 1 に記載の回路で、指令トルク信号から、産業用ロボットの姿勢保持に必要なトルクを差し引いてから、X Y Z の各方向にトルク信号を合成することを特徴とする回路とした。

【 0 0 0 8 】

請求項 3 に記載の発明では、請求項 1 ないし 2 に記載の出力トルク制限回路において、電流指令トルク信号と、ドライバ指令トルク信号と、ドライバ推測指令トルク信号と、モデル推測指令トルク信号の、4つの独立した指令トルク信号から選択回路で選択した 2 つの指令トルク信号の間で、設定した許容値以上の不一致を検出した場合に駆動回路を遮断する出力制限回路を有することを特徴とする産業用ロボットの出力トルク制限回路とした。

【発明の効果】

【 0 0 0 9 】

以上述べたように、本発明の請求項 1 においては、多軸で構成される産業用ロボットの各軸の指令トルク信号から X Y Z の各方向にトルク信号を合成し、X Y Z の各方向のトルク信号のいずれかが出力トルク規定値を越えた場合、あるいは X Y Z 方向のトルク信号を合成したトルク信号が出力トルク値を超えた場合に、駆動回路を遮断することで、出力トルクの制限を可能とするという効果を奏するものとなった。

【 0 0 1 0 】

本発明の請求項 2 においては、多軸で構成される産業用ロボットの各軸の指令トルク信号から産業用ロボットの姿勢保持に必要なトルクを差し引いた後、X Y Z の各方向にトルク信号を合成し、X Y Z の各方向のトルク信号のいずれかが出力トルク規定値を越えた場合、あるいは X Y Z 方向のトルク信号を合成したトルク信号が出力トルク値を超えた場合に、駆動回路を遮断することで、より正確に出力トルクの制限を可能とするという効果を奏するものとなった。

【 0 0 1 1 】

請求項 3 に記載の発明では、多軸で構成される産業用ロボットの各軸指令トルク信号から合成した X Y Z 方向のトルク値が出力トルク規定値を超えた場合に駆動回路を遮断すると同時に、各軸指令トルク信号が正しいか否かを、相互に独立な指令トルク信号と相互に比較することで確認することにより、より信頼性の高い出力トルクの制限を可能とするという効果を奏するものとなった。

10

20

30

40

50

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

本発明の実施の形態の一例を、図を参照して説明する。各図面において、図1は出力トルクの制限回路部、図2はサーボモータ駆動電流を合成するトルク合成回路部、図3はサーボモータを駆動するサーボドライバのドライバ指令トルク信号部、図4はサーボドライバのモデル演算部、図5はロボット制御部の内部モデル演算部、図6は力センサの信号からXYZ各方向のトルク信号を合成する実施例を説明するために用いる3軸の垂直多関節ロボットのモデルを説明する図である。

【0013】

図1の選択回路1には、サーボモータの駆動電流をトルク合成回路で合成した電流指令トルク信号、サーボドライバのドライバ指令トルク信号、サーボドライバのモデル演算部から出力されるドライバ推測指令トルク信号及び内部モデル演算部で演算されるモデル推測指令トルク信号の4つの指令トルク信号が入力される。この4つの信号はそれぞれ独立な信号であり、選択回路1で2つの信号が選択される。選択された信号をそれぞれ、第1指令トルク信号、第2指令トルク信号とする。

10

【0014】

図1の比較回路2には、上記の第1指令トルク信号と第2指令トルク信号とが入力となり、あらかじめ設定された許容値範囲にあるかが比較される。比較の結果、許容値範囲を外れる場合には、不一致検出として、サーボ動力遮断信号を出力する。比較回路2はロボットの軸数分準備され、各軸の不一致検出がOR回路で接続されて、どれか一つの軸で不一致が検出されるとサーボ動力遮断信号の出力となる。

20

【0015】

さらに図1のXYZ方向トルク合成回路4には、産業用ロボットの各軸の第1指令トルク信号が入力となり、XYZ各方向のトルクに合成される。XYZ各方向のトルクは、XYZ各方向比較回路5に入力され、XYZ方向比較回路5では、あらかじめ設定されたトルク規定値6（例えば150Nm）とXYZ各方向別にあるいはXYZ方向を合成した値と比較され、比較の結果、トルク既定値6を超える場合には、サーボ動力遮断の信号の出力となる。

【0016】

垂直多関節構造のアームを有するロボットでは、アーム自体の質量や負荷の質量に働く重力に抗して姿勢を保持するための姿勢保持トルクが必要となる。この姿勢保持トルクを差し引いたトルクがアーム先端に出力されるトルクとなる。そこで、さらに図1には、第1指令トルク信号から姿勢保持トルクを減算する減算回路7を配置し、減算回路7の出力をXYZ方向トルク合成回路4に入力する。

30

【0017】

こうして、第1指令トルク信号から、XYZ各方向の出力トルクを求め、出力トルクが既定値を超えないようにすると共に、第1指令トルク信号と第2指令トルク信号とを比較することで、第1指令トルク信号そのものが正しいかどうかを検証することで、その回路動作の信頼性を保証できるものとなる。

【0018】

40

図1の各軸比較回路8では、第1指令トルク信号から姿勢保持トルクを減算した実出力トルクが、各軸毎に、あらかじめ設定されたトルク規定値6（例えば150Nm）と比較され、比較の結果、トルク既定値6を超える場合には、サーボ動力遮断の信号の出力となる。

【0019】

図2のサーボモータ動力線に配置されたサーボモータ駆動電流検出回路10で検出されたサーボモータ駆動電流をトルク合成回路11で合成して電流指令トルク信号を作り出す。この指令トルク信号を図1の選択回路の入力とする。サーボモータ駆動電流検出の方法及び駆動電流をトルク合成する方法については、非特許文献2に記載されている。

【0020】

50

図 3 にはサーボドライバのトルク指令部を記載する。このトルク指令についても非特許文献 2 に記載されている。サーボドライバのドライバ指令トルク信号を、図 1 の選択回路の入力とする。

【 0 0 2 1 】

図 4 にはサーボドライバのトルク指令部をモデル化したトルク指令モデル演算部を記載する。図 3 のサーボドライバの位置制御部及び速度制御部をモデル化した演算回路であり、指令位置信号とサーボモータに取り付けられた位置検出器からの現在位置信号とを入力として、演算により、サーボドライバの指令トルク信号を推測するドライバ推測指令トルク信号を出力するものである。このドライバ推測指令トルク信号を図 1 の選択回路の入力とする。

10

【 0 0 2 2 】

図 5 には、ロボット制御部 1 2 に配置した内部モデル演算部 1 4 で演算した推測指令トルクを図 1 の選択回路の入力とする。内部モデル演算部 1 4 の演算については、図 6 に基づいて以下に説明する。この内部モデル演算部 1 4 は、ロボット制御部 1 2 に配置したが、同じ演算を行うものであれば、ロボット制御部とは別に設けても良い。

【 0 0 2 3 】

図 6 に簡単化のために垂直多関節構造 3 軸のロボットモデルを記載する。3 軸より多軸の 6 軸あるいは 7 軸のロボットにも順次数式を拡張することで適用可能であるが、数式が煩雑となるため、本願発明の作用を最も効果的に説明できる 3 軸の構造を例に、以下では説明を行う。

20

【 0 0 2 4 】

ロボットの動作軸は、ロボット接地面に垂直な軸（Z 軸）回りに回転する第 1 軸（ θ_1 ）、その先に X 軸回りに、Y Z 平面で回転する第 2 軸（ θ_2 ）、アーム長 L_2 だけ隔たった位置に、同じく Y Z 平面で回転する第 3 軸（ θ_3 ）、アーム長 L_3 だけ隔たった位置に負荷 W_L が取り付けられている。この 3 軸の構成により、X Y Z の空間位置に負荷 W_L を移動することができる。第 2 軸及び第 3 軸のアームには自身の質量 W_2 及び W_3 がそれぞれ図 6 に図示するように L_{21} 及び L_{31} の距離の位置を重心位置として配置されている。第 1 軸は接地面に垂直な軸の回りに回転するため、重力による姿勢保持トルクは必要とされないが、第 2 軸は、自身の質量 W_2 に加え、第 3 軸の質量 W_3 と負荷の質量 W_L を保持する、姿勢保持トルクが必要となり、第 2 軸の出力トルクは、これらの姿勢保持トルクを差し引いたトルクとなる。第 3 軸は、自身の質量 W_3 と負荷の質量 W_L とを保持する、姿勢保持トルクが必要となり、第 3 軸の出力トルクは、これらの姿勢保持トルクを差し引いたトルクとなる。各軸の角度位置をそれぞれラジアン単位で θ_1 、 θ_2 、 θ_3 とする。 θ_2 及び θ_3 については、接地面に平行な線となる角度で表記する。数式を短く表記するため、 $\cos \theta_1$ を C_1 、 $\sin \theta_3$ を S_3 のように簡易表記する。

30

【 0 0 2 5 】

まず、図 6 の負荷 W_L の位置（ X_L 、 Y_L 、 Z_L ）は、それぞれ次の式（1）乃至（3）となる。

【 0 0 2 6 】

【 数 1 】

40

$$X_L = C_1 \cdot (L_2 \cdot C_2 + L_3 \cdot C_3) \quad (1)$$

$$Y_L = S_1 \cdot (L_2 \cdot C_2 + L_3 \cdot C_3) \quad (2)$$

$$Z_L = L_2 \cdot S_2 + L_3 \cdot S_3 \quad (3)$$

【 0 0 2 7 】

また、各関節軸の指令トルク信号を T_1 、 T_2 、 T_3 と表記すると、第 1 軸の X Y Z 合成トルク（ T_{1X} 、 T_{1Y} 、 T_{1Z} ）は、それぞれ次の式（4）乃至（6）となる。

【 0 0 2 8 】

【数 2】

$$T1X = -C1 \cdot T1 / \sqrt{(XL2 + YL2)} \quad (4)$$

$$T1Y = -S1 \cdot T1 / \sqrt{(XL2 + YL2)} \quad (5)$$

$$T1Z = 0 \quad (6)$$

【0029】

また、第2軸のXYZ合成トルク(T2X、T2Y、T2Z)は、それぞれ次の式(7)乃至(9)となる。

【0030】

【数 3】

$$T2X = -C1 \cdot T2 \cdot ZL / (XL2 + YL2 + ZL2) \quad (7)$$

$$T2Y = S1 \cdot T2 \cdot ZL / (XL2 + YL2 + ZL2) \quad (8)$$

$$T2Z = T2 \cdot \sqrt{(XL2 + YL2)} / (XL2 + YL2 + ZL2) \quad (9)$$

【0031】

また、第3軸のXYZ合成トルク(T3X、T3Y、T3Z)は、それぞれ次の式(10)乃至(12)となる。

【0032】

【数 4】

$$T3X = -C1 \cdot T3 \cdot S3 / L3 \quad (10)$$

$$T3Y = S1 \cdot T3 \cdot S3 / L3 \quad (11)$$

$$T3Z = T3 \cdot C3 / L3 \quad (12)$$

【0033】

また、第1軸から第3軸のXYZ合成トルクを合成したトルク(TX、TY、TZ)は、それぞれ次の式(13)乃至(15)となる。

【0034】

【数 5】

$$TX = T1X + T2X + T3X \quad (13)$$

$$TY = T1Y + T2Y + T3Y \quad (14)$$

$$TZ = T1Z + T2Z + T3Z \quad (15)$$

【0035】

これら式(13)から(15)により、前述した図1において、XYZのいずれかの方向について、トルク規定値6を超えるか否かを、XYZ方向比較回路5により比較し、超える場合にはXYZ方向比較回路5はサーボ動力遮断信号を出力する。あるいは、XYZ方向のトルクを合成したトルクTAを次の式(16)により演算し、このトルクTAがトルク規定値6を超えるか否かを、XYZ方向比較回路5により判定するようにしても良い。

【0036】

【数 6】

$$TA = \sqrt{(TX^2 + TY^2 + TZ^2)} \quad (16)$$

【0037】

また、第2軸の質量重心位置(X2L、Y2L、Z2L)及び第3軸の質量重心位置は、(X3L、Y3L、Z3L)は、前述した式(1)乃至(3)と同様にして、次の式(17)乃至(22)となる。

【0038】

【数 7】

$$X2L = C1 \cdot L21 \cdot C2 \quad (17)$$

$$Y2L = S1 \cdot L21 \cdot C2 \quad (18)$$

$$Z2L = L21 \cdot S2 \quad (19)$$

$$X3L = C1 \cdot (L2 \cdot C2 + L31 \cdot C3) \quad (20)$$

$$Y3L = S1 \cdot (L2 \cdot C2 + L31 \cdot C3) \quad (21)$$

$$Z3L = L2 \cdot S2 + L31 \cdot S3 \quad (22)$$

10

20

30

40

50

【 0 0 3 9 】

また、第 2 軸の姿勢保持トルク T_{2H} は、第 2 軸の質量 W_2 、第 3 軸の質量 W_3 および負荷の質量 W_L のそれぞれを保持するトルクの和となり、次の式 (2 3) となる。

【 0 0 4 0 】

【 数 8 】

$$T_{2H} = W_2 \cdot \sqrt{(X_{2L}^2 + Y_{2L}^2)} + W_3 \cdot \sqrt{(X_{3L}^2 + Y_{3L}^2)} + W_L \cdot \sqrt{(X_{L}^2 + Y_{L}^2)} \quad (23)$$

【 0 0 4 1 】

また、第 3 軸の姿勢保持トルク T_{3H} は、第 3 軸の質量 W_3 および負荷の質量 W_L のそれぞれを保持するトルクの和となり、次の式 (2 4) となる。

10

【 0 0 4 2 】

【 数 9 】

$$T_{3H} = W_3 \cdot C_3 \cdot L_{31} + W_L \cdot C_3 \cdot L_3 \quad (24)$$

【 0 0 4 3 】

また、図 1 に示す減算回路 7 の動作は次の通りとなる。すなはち、式 (7) 乃至 (9) の T_2 に換えて、 $T_2' = T_2 - T_{2H}$ 、式 (1 0) 乃至 (1 2) の T_3 に換えて、 $T_3' = T_3 - T_{3H}$ をそれぞれ代入することにより、指令トルク信号から姿勢保持トルクを差し引いた、 $X Y Z$ 方向の出力トルクを求めることができる。

【 0 0 4 4 】

また、第 1 軸乃至第 3 軸の各関節軸の角度を 2 階微分した加速度をそれぞれ α_1 、 α_2 、 α_3 と置くと、各関節軸の指令演算トルク T_{1E} 、 T_{2E} と T_{3E} はそれぞれ次の式 (2 5) 乃至 (2 7) となる。

20

【 0 0 4 5 】

【 数 1 0 】

$$T_{1E} = \alpha_1 \cdot (W_2 \cdot L_{21} \cdot C_2 + W_3 \cdot \sqrt{(X_{3L}^2 + Y_{3L}^2)} + W_L \cdot \sqrt{(X_{L}^2 + Y_{L}^2)}) \quad (25)$$

$$T_{2E} = \alpha_2 \cdot (W_2 \cdot L_{21} + W_3 \cdot \sqrt{(X_{3L}^2 + Y_{3L}^2 + Z_{3L}^2)} + W_L \cdot \sqrt{(X_{L}^2 + Y_{L}^2 + Z_{L}^2)}) + T_{2H} \quad (26)$$

$$T_{3E} = \alpha_3 \cdot (W_3 \cdot L_{31} + W_L \cdot L_3) + T_{3H} \quad (27)$$

【 0 0 4 6 】

30

この式 (2 5) 乃至 (2 7) の演算を、図 5 に示すロボット制御部 1 2 の内部モデル演算部 1 4 において行い、得られた指令演算トルク T_{1E} 、 T_{2E} 、 T_{3E} を図 1 に示すモデル推測指令信号として用いる。モータ駆動電流を合成した指令トルク信号や、サーボドライバのトルク指令を用いる場合と比較して、内部モデル演算部で、内部モデルに基づいて演算する場合には、演算分量は増加するが、駆動部に存在する粘性抵抗分に起因する誤差を除外することが可能となる。また、式 (2 5) 乃至 (2 7) の内部モデル演算は、ロボット制御部 1 2 とは独立した演算部を設けて行っても良い。

【 0 0 4 7 】

上記の実施例では、数式表現を簡単にして、本願発明の内容をより具体的に説明するために垂直多関節構造の 3 軸ロボットで説明したが、一般的な 6 軸構成のロボットや冗長軸を有する 7 軸ロボットの場合にも、数式表現は長くなるが、同じ考え方で適用できることは言うまでもない。また、垂直多関節構造に限定されるものでなく、直動型の軸構成や水平多関節構造のロボットにも、より簡単な演算式で適用可能である。

40

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 4 8 】

多軸構成を有する産業用ロボットの出力トルク制限回路において、出力トルクが許容値を超えた場合には動力を遮断して、出力トルクを制限することが可能となる。本願発明の利用は、作業者と産業用ロボットと一緒に作業をする場合に、ロボットの出力トルクが 150 Nm 以下であれば、作業者とロボットとを安全柵で仕切る必要がなくなり、作業者とロボットとの共存環境下での作業が可能となり、作業スペースはより小さくすることが可

50

能となる。

【図面の簡単な説明】

【0049】

【図1】本発明の実施の形態の一例である出力トルク制限回路の説明図である。

【図2】本発明の実施の形態の一例であるサーボモータの駆動電流を合成して電流指令トルク信号を作成する制御部の説明図である。

【図3】本発明の実施の形態の一例であるサーボドライバのトルク指令をドライバ指令トルク信号とする制御部の説明図である。

【図4】本発明の実施の形態の一例であるサーボドライバのモデル演算部の説明図である。

10

【図5】本発明の実施の形態の一例であるロボット制御部の内部モデル演算部の説明図である。

【図6】本発明の実施の形態の一例である垂直多関節構造の機構モデルの説明図である。

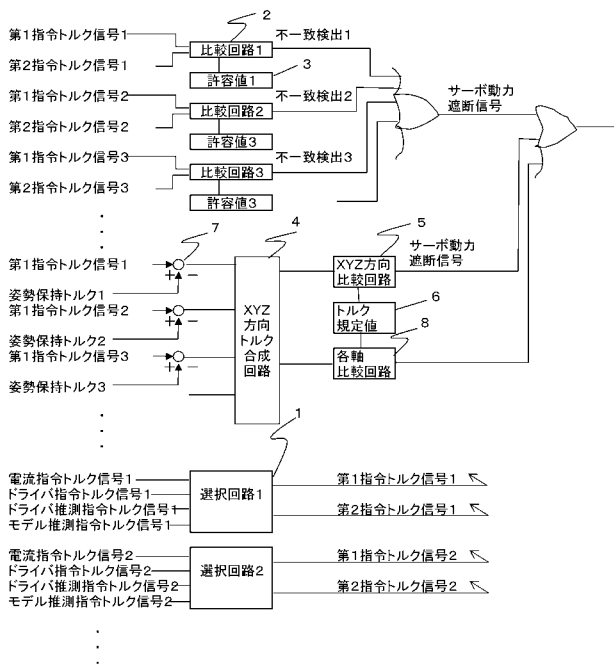
【符号の説明】

【0050】

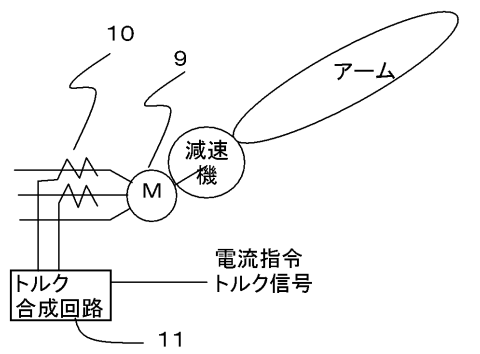
- | | |
|----|-----------------|
| 1 | 選択回路 |
| 2 | 比較回路 |
| 3 | 許容値 |
| 4 | X Y Z 方向トルク合成回路 |
| 5 | X Y Z 方向比較回路 |
| 6 | トルク規定値 |
| 7 | 減算回路 |
| 8 | 各軸比較回路 |
| 9 | サーボモータ |
| 10 | 電流検出回路力センサ |
| 11 | トルク合成回路 |
| 12 | ロボット制御部 |
| 13 | サーボモータドライバ |
| 14 | 内部モデル演算部 |

20

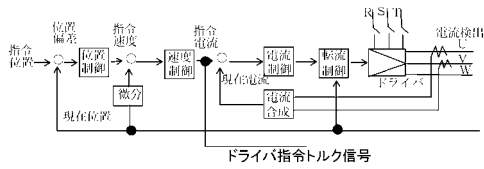
【図 1】



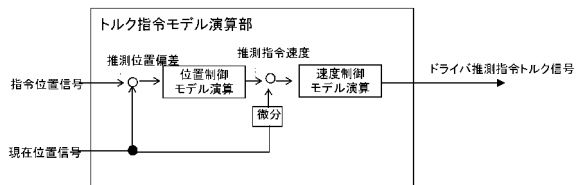
【図 2】



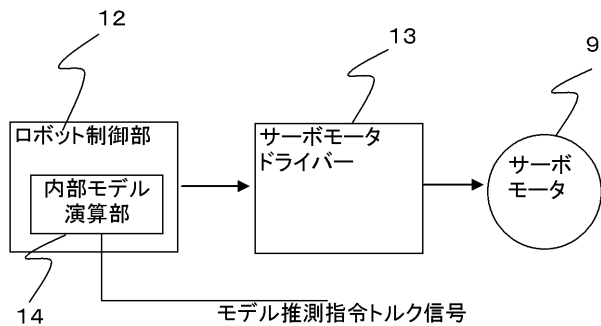
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【図 6】

