

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2007 年 2 月 15 日 (15.02.2007)

PCT

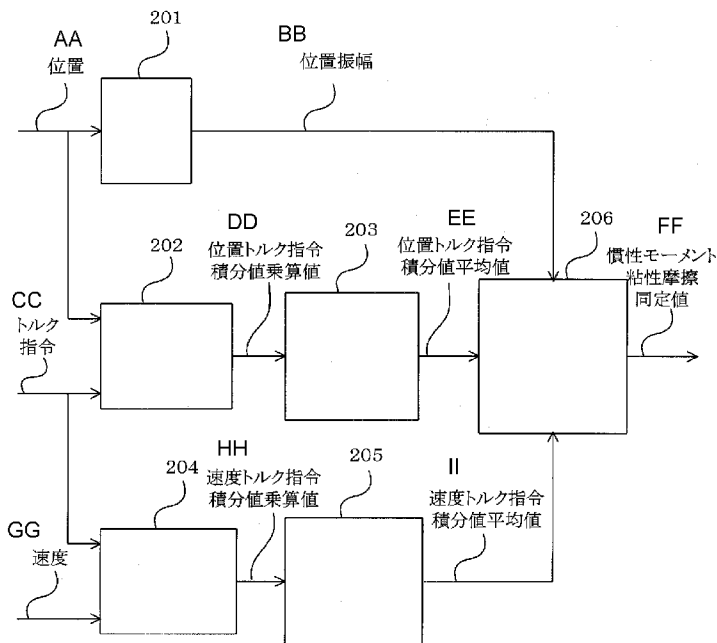
(10) 国際公開番号
WO 2007/018045 A1

- (51) 国際特許分類:
H02P 29/00 (2006.01) G05B 13/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2006/314894
- (22) 国際出願日: 2006 年 7 月 27 日 (27.07.2006)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2005-232248 2005 年 8 月 10 日 (10.08.2005) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社
安川電機 (KABUSHIKI KAISHA YASKAWA DENKI)
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 安藤 玄 (ANDOH,
Fukashi) [JP/JP]; 〒8060004 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石
2 番 1 号 Fukuoka (JP).
中村 裕司 (NAKAMURA, Hiroshi) [JP/JP]; 〒8060004
福岡県北九州市八幡西区黒崎城石 2 番 1 号 株式会
社安川電機内 Fukuoka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護
が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,
BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ,

[続葉有]

(54) Title: SYSTEM IDENTIFICATION DEVICE

(54) 発明の名称: システム同定装置



AA... POSITION
BB... POSITION AMPLITUDE
CC... TORQUE COMMAND
DD... POSITION TORQUE COMMAND INTEGRAL MULTIPLIED VALUE
EE... POSITION TORQUE COMMAND INTEGRAL AVERAGED VALUE
FF... INERTIAL MOMENT VISCOUS FRICTION IDENTIFIED VALUE
GG... VELOCITY
HH... VELOCITY TORQUE COMMAND INTEGRAL MULTIPLIED VALUE
II... VELOCITY TORQUE COMMAND INTEGRAL AVERAGED VALUE

(57) Abstract: Provided is a system identification device capable of identifying the inertial moment and the viscous friction of an electric motor exclusively with minute actions. The system identification device comprises a position amplitude operator for outputting a position amplitude, a position torque command integral multiplier for outputting a position torque command integral multiplied value, a position torque command integral average operator for inputting the position torque command integral multiplied value to output a position torque command integral averaged value, a velocity torque command integral multiplier for outputting a velocity torque command integral multiplied value, a velocity torque command integral average operator for inputting the velocity torque command integral multiplied value to output a velocity torque command integral averaged value, and a first inertial moment viscous friction operator for calculating an inertial moment viscous friction identified value from the position amplitude, the position torque integral averaged value and the velocity torque command integral averaged value.

(57) 要約: 微小動作のみで電動機の慣性モーメントと粘性摩擦を同定することができるシステム同定装置を提供する。位置振幅を出力する位置振幅演算器と、位置トルク指

[続葉有]

WO 2007/018045 A1



LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,

IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

令積分値乗算値を出力する位置トルク指令積分値乗算器と、位置トルク指令積分値乗算値を入力し位置トルク指令積分値平均値を出力する位置トルク指令積分値平均値演算器と、速度トルク指令積分値乗算値を出力する速度トルク指令積分値乗算器と、速度トルク指令積分値乗算値を入力し速度トルク指令積分値平均値を出力する速度トルク指令積分値平均値演算器と、位置振幅、位置トルク指令積分値平均値、速度トルク指令積分値平均値から慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出する第1慣性モーメント粘性摩擦演算器と、を備える。

明 細 書

システム同定装置

技術分野

[0001] 本発明は、電動機の慣性モーメントと粘性摩擦を同定するシステム同定装置に関する。

背景技術

[0002] 従来技術のシステム同定装置は、PI制御系指令トルクから等価IP制御系指令トルクを減算した信号の n 階時間積分値である指令トルク差 n 階積分値の定常値を積分器の積分時間で除算することにより制御対象の慣性モーメントを同定するものであった(例えば、特許文献1参照)。

[0003] 図8は、従来技術を示すシステム同定装置の構成図である。

図8において、801は第1混合器、802は比例増幅器、803は積分器、804は第2混合器、805は制御対象、806は制御対象クーロン摩擦、807は1次遅れフィルタ、808は n 階積分である。

以下、図8を用いて従来技術のシステム同定装置の構成および動作を説明する。

第1混合器801は、速度指令から速度を減算した信号を出力する。比例増幅器802は、第1混合器801の出力を入力し、その入力信号を増幅した信号を出力する。積分器803は、比例増幅器802の出力を入力し、その入力信号とその入力信号の1階時間積分値増幅値の加算値であるPI制御系指令トルクを出力する。第2混合器804は、前記PI制御系指令トルクと制御対象クーロン摩擦806の出力の加算値を出力する。制御対象805は、第2混合器804の出力を入力し、前記速度を出力する。制御対象クーロン摩擦806は、前記速度を入力し、絶対値が一定で符号がその入力信号の逆である信号を出力する。1次遅れフィルタ807は、前記PI制御系指令トルクを入力し、等価IP制御系指令トルクを出力する。 n 階積分808は、前記PI制御系指令トルクから前記等価IP制御系指令トルクを減算した信号を入力し、その入力信号 n 階時間積分値である指令トルク差 n 階積分値を出力する。

以上の構成により、一定符号の前記速度指令に対する前記指令トルク差 n 階積分

値の定常値を積分器803の積分時間で除算することにより制御対象805の慣性モーメントを同定するものであった。

特許文献1:特開平7-333084号公報(第8頁、第8(a)図)

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、従来技術のシステム同定装置は、一定符号の速度指令を用いるため、慣性モーメント同定のために十分大きな可動範囲を必要とし、可動範囲の限定された電動機の慣性モーメント同定ができないという問題があった。

[0005] 本発明はこのような問題点に鑑みてなされたものであり、任意の周期的速度指令または周期的位置指令を用いて、任意の線形制御則の速度制御系および位置制御系に対して、一定トルク外乱の影響を抑制し、トルク指令中の雑音の影響を抑制し、短時間に微小動作のみで電動機の慣性モーメントと粘性摩擦を同定することができるシステム同定装置を提供することを目的とする。さらに、簡単な演算のみで、任意の周期的速度指令または周期的位置指令を用いて、任意の線形制御則に対して、一定トルク外乱の影響を抑制し、短時間に微小動作のみで電動機の慣性モーメントと粘性摩擦を同定することができるシステム同定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

[0006] 上記問題を解決するため、請求項1に記載の発明は、速度指令を出力する速度指令発生器と、位置検出器が検出した電動機の位置を入力し速度を出力する微分器と、前記速度指令と前記速度を入力しトルク指令を出力する速度制御器と、前記トルク指令を入力し電動機電流により前記電動機を駆動するトルク制御器と、前記トルク指令、前記位置、前記速度を入力し前記電動機の慣性モーメントと粘性摩擦である慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出し出力する慣性モーメント粘性摩擦同定器と、を有するシステム同定装置において、

前記慣性モーメント粘性摩擦同定器は、前記位置を入力しその入力信号の基本周波数成分振幅である位置振幅を算出し出力する位置振幅演算器と、前記位置と前記トルク指令を入力し N を0を含む自然数とする場合に前記位置と前記トルク指令の N 階時間積分値の基本周波数成分乗算値である位置トルク指令積分値乗算値を算

出し出力する位置トルク指令積分値乗算器と、前記位置トルク指令積分値乗算値を入力しその入力信号の1周期間平均値である位置トルク指令積分値平均値を算出し出力する位置トルク指令積分値平均値演算器と、前記トルク指令と前記速度を入力し前記速度と前記トルク指令のN階時間積分値の基本周波数成分乗算値である速度トルク指令積分値乗算値を算出し出力する速度トルク指令積分値乗算器と、前記速度トルク指令積分値乗算値を入力しその入力信号の1周期間平均値である速度トルク指令積分値平均値を算出し出力する速度トルク指令積分値平均値演算器と、前記位置振幅、前記位置トルク指令積分値平均値、前記速度トルク指令積分値平均値を入力し前記慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出し出力する第1慣性モーメント粘性摩擦演算器と、から構成されたものであることを特徴としている。

- [0007] また、請求項2に記載の発明は、位置指令を出力する位置指令発生器と、位置検出器が検出した電動機の位置を入力し速度を出力する微分器と、前記位置指令と前記位置を入力し速度指令を出力する位置制御器と、前記速度指令と前記速度を入力しトルク指令を出力する速度制御器と、前記トルク指令を入力し電動機電流により前記電動機を駆動するトルク制御器と、前記トルク指令、前記位置、前記速度を入力し前記電動機の慣性モーメントと粘性摩擦である慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出し出力する慣性モーメント粘性摩擦同定器と、を有するシステム同定装置において、前記慣性モーメント粘性摩擦同定器は、
- 前記位置を入力しその入力信号の基本周波数成分振幅である位置振幅を算出し出力する位置振幅演算器と、前記位置と前記トルク指令を入力しNを0を含む自然数とする場合に前記位置と前記トルク指令のN階時間積分値の基本周波数成分乗算値である位置トルク指令積分値乗算値を算出し出力する位置トルク指令積分値乗算器と、前記位置トルク指令積分値乗算値を入力しその入力信号の1周期間平均値である位置トルク指令積分値平均値を算出し出力する位置トルク指令積分値平均値演算器と、前記トルク指令と前記速度を入力し前記速度と前記トルク指令のN階時間積分値の基本周波数成分乗算値である速度トルク指令積分値乗算値を算出し出力する速度トルク指令積分値乗算器と、前記速度トルク指令積分値乗算値を入力しその入力信号の1周期間平均値である速度トルク指令積分値平均値を算出し出力する速度

トルク指令積分値平均値演算器と、前記位置振幅、前記位置トルク指令積分値平均値、前記速度トルク指令積分値平均値を入力し前記慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出し出力する第1慣性モーメント粘性摩擦演算器と、から構成されたものであることを特徴としている。

[0008] また、請求項3に記載の発明は、請求項1または2に記載のシステム同定装置において、前記位置トルク指令積分値乗算器および前記速度トルク指令積分値乗算器は、前記トルク指令のN階時間積分値を前記トルク指令の0階時間積分値とするものであることを特徴としている。

[0009] また、請求項4に記載の発明は、請求項1または2に記載のシステム同定装置において、前記位置トルク指令積分値乗算器および前記速度トルク指令積分値乗算器は、前記トルク指令のN階時間積分値を前記トルク指令の1階時間積分値とするものであることを特徴としている。

[0010] また、請求項5に記載の発明は、請求項1または2に記載のシステム同定装置において、前記位置振幅演算器は、フーリエ変換を用いて前記位置の基本周波数成分である位置基本周波数成分を算出しその振幅である前記位置振幅を算出し出力するものであり、前記位置トルク指令積分値乗算器は、フーリエ変換を用いて前記位置の基本周波数成分である位置基本周波数成分と前記トルク指令の基本周波数成分であるトルク指令基本周波数成分を算出し前記位置基本周波数成分と前記トルク指令基本周波数成分のN階時間積分値の乗算値である前記位置トルク指令積分値乗算値を算出し出力するものであり、前記速度トルク指令積分値乗算器は、フーリエ変換を用いて前記トルク指令の基本周波数成分であるトルク指令基本周波数成分と前記速度の基本周波数成分である速度基本周波数成分を算出し前記トルク指令基本周波数成分のN階時間積分値と前記速度基本周波数成分の乗算値である前記速度トルク指令積分値乗算値を算出し出力するものであることを特徴としている。

[0011] また、請求項6に記載の発明は、請求項1または2に記載のシステム同定装置において、前記位置振幅演算器は、バンドパスフィルタを用いて前記位置の基本周波数成分である位置基本周波数成分を算出しその振幅である前記位置振幅を算出し出

力するものであり、前記位置トルク指令積分値乗算器は、バンドパスフィルタを用いて前記位置の基本周波数成分である位置基本周波数成分と前記トルク指令の基本周波数成分であるトルク指令基本周波数成分を算出し前記位置基本周波数成分と前記トルク指令基本周波数成分のN階時間積分値の乗算値である前記位置トルク指令積分値乗算値を算出し出力するものであり、前記速度トルク指令積分値乗算器は、バンドパスフィルタを用いて前記トルク指令の基本周波数成分であるトルク指令基本周波数成分と前記速度の基本周波数成分である速度基本周波数成分を算出し前記トルク指令基本周波数成分のN階時間積分値と前記速度基本周波数成分の乗算値である前記速度トルク指令積分値乗算値を算出し出力するものであることを特徴としている。

[0012] また、請求項7に記載の発明は、速度指令を出力する速度指令発生器と、位置検出器が検出した電動機の位置を入力し速度を出力する微分器と、前記速度指令と前記速度を入力しトルク指令を出力する速度制御器と、前記トルク指令を入力し電動機電流により前記電動機を駆動するトルク制御器と、前記トルク指令、前記位置を入力し前記電動機の慣性モーメントと粘性摩擦である慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出し出力する慣性モーメント粘性摩擦同定器と、を有するシステム同定装置において、前記慣性モーメント粘性摩擦同定器は、前記位置を入力しその入力信号の基本周波数成分振幅である位置振幅を算出し出力する位置振幅演算器と、前記位置振幅と前記トルク指令を入力しフーリエ変換により前記トルク指令のフーリエ係数を算出し前記位置振幅と前記フーリエ係数を用いて前記慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出し出力する第2慣性モーメント粘性摩擦演算器と、から構成されたものであることを特徴としている。

[0013] また、請求項8に記載の発明は、位置指令を出力する位置指令発生器と、位置検出器が検出した電動機の位置を入力し速度を出力する微分器と、前記位置指令と前記位置を入力し速度指令を出力する位置制御器と、前記速度指令と前記速度を入力しトルク指令を出力する速度制御器と、前記トルク指令を入力し電動機電流により前記電動機を駆動するトルク制御器と、前記トルク指令、前記位置を入力し前記電動機の慣性モーメントと粘性摩擦である慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出し出力

する慣性モーメント粘性摩擦同定器と、を有するシステム同定装置において、前記慣性モーメント粘性摩擦同定器は、前記位置を入力しその入力信号の基本周波数成分振幅である位置振幅を算出し出力する位置振幅演算器と、前記位置振幅と前記トルク指令を入力しフーリエ変換により前記トルク指令のフーリエ係数を算出し前記位置振幅と前記フーリエ係数を用いて前記慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出し出力する第2慣性モーメント粘性摩擦演算器と、から構成されたものであることを特徴としている。

- [0014] また、請求項9に記載の発明は、請求項1に記載のシステム同定装置において、前記第1慣性モーメント粘性摩擦演算器は、前記速度指令の基本周波数を ω 、トルク指令基本周波数成分を T_{ref0} 、位置基本周波数成分を θ_0 、前記位置振幅を A とする場合、次式(1)と次式(2)により前記電動機の慣性モーメント J と粘性摩擦 D である前記慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出するものであることを特徴としている。

[数1]

$$J = -\frac{2\overline{T_{ref0}\theta_0}}{\omega^2 A^2} \quad (1)$$

[数2]

$$D = \frac{2\overline{T_{ref0}\dot{\theta}_0}}{\omega^2 A^2} \quad (2)$$

- [0015] また、請求項10に記載の発明は、請求項2に記載のシステム同定装置において、前記第1慣性モーメント粘性摩擦演算器は、前記位置指令の基本周波数を ω 、トルク指令基本周波数成分を T_{ref0} 、位置基本周波数成分を θ_0 、前記位置振幅を A とする場合、次式(1)と次式(2)により前記電動機の慣性モーメント J と粘性摩擦 D である前記慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出するものであることを特徴としている。

[数3]

$$J = -\frac{2\overline{T_{ref0}\theta_0}}{\omega^2 A^2} \quad (1)$$

[数4]

$$D = \frac{2\overline{T_{ref0}\dot{\theta}_0}}{\omega^2 A^2} \quad (2)$$

- [0016] また、請求項11に記載の発明は、請求項1に記載のシステム同定装置において、

前記第1慣性モーメント粘性摩擦演算器は、前記速度指令の基本周波数を ω 、トルク指令基本周波数成分を T_{ref0} 、位置基本周波数成分を θ_0 、前記位置振幅を A とする場合、次式(3)と次式(4)により、前記電動機の慣性モーメント J と粘性摩擦 D である前記慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出するものであることを特徴としている。

[数5]

$$J = \frac{2 \int T_{ref0} dt \dot{\theta}_0}{\omega^2 A^2} \quad (3)$$

[数6]

$$D = \frac{2 \int T_{ref0} dt \theta_0}{A^2} \quad (4)$$

[0017] また、請求項12に記載の発明は、請求項2に記載のシステム同定装置において、前記第1慣性モーメント粘性摩擦演算器は、前記位置指令の基本周波数を ω 、トルク指令基本周波数成分を T_{ref0} 、位置基本周波数成分を θ_0 、前記位置振幅を A とする場合、次式(3)と次式(4)により、前記電動機の慣性モーメント J と粘性摩擦 D である前記慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出するものであることを特徴としている。

[数7]

$$J = \frac{2 \int T_{ref0} dt \dot{\theta}_0}{\omega^2 A^2} \quad (3)$$

[数8]

$$D = \frac{2 \int T_{ref0} dt \theta_0}{A^2} \quad (4)$$

[0018] また、請求項13に記載の発明は、請求項7に記載のシステム同定装置において、前記第2慣性モーメント粘性摩擦演算器は、前記速度指令の基本周波数を ω 、前記位置振幅を A 、前記トルク指令の基本周波数余弦成分のフーリエ係数を a_0 、前記トルク指令の基本周波数正弦成分のフーリエ係数を b_0 とする場合、次式(5)と次式(6)により前記電動機の慣性モーメント J と粘性摩擦 D である前記慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出することを特徴としている。

[数9]

$$J = -\frac{a_0}{\omega^2 A} \quad (5)$$

[数10]

$$D = -\frac{b_0}{\omega A} \quad (6)$$

[0019] また、請求項14に記載の発明は、請求項8に記載のシステム同定装置において、前記第2慣性モーメント粘性摩擦演算器は、前記位置指令の基本周波数を ω 、前記位置振幅をA、前記トルク指令の基本周波数余弦成分のフーリエ係数を a_0 、前記トルク指令の基本周波数正弦成分のフーリエ係数を b_0 とする場合、次式(5)と次式(6)により前記電動機の慣性モーメントJと粘性摩擦Dである前記慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出することを特徴としている。

[数11]

$$J = -\frac{a_0}{\omega^2 A} \quad (5)$$

[数12]

$$D = -\frac{b_0}{\omega A} \quad (6)$$

発明の効果

[0020] 請求項1に記載の発明によると、任意の線形制御則の速度制御系において、一定トルク外乱の影響を抑制し、微小動作のみで電動機の慣性モーメントと粘性摩擦を同定することができる。

[0021] また、請求項2に記載の発明によると、任意の線形制御則の位置制御系において、一定トルク外乱の影響を抑制し、微小動作のみで電動機の慣性モーメントと粘性摩擦を同定することができる。

[0022] また、請求項3、9、10に記載の発明によると、任意の周期的速度指令または周期的位置指令を用いて、任意の線形制御則に対して、一定トルク外乱の影響を抑制し、微小動作のみで電動機の慣性モーメントと粘性摩擦を同定することができる。

[0023] また、請求項4、11、12に記載の発明によると、任意の周期的速度指令または周期的位置指令を用いて、任意の線形制御則に対して、一定トルク外乱の影響を抑制し、トルク指令中の雑音の影響を抑制し、微小動作のみで電動機の慣性モーメントと粘性摩擦を同定することができる。

[0024] また、請求項5、6に記載の発明によると、任意の周期的速度指令または周期的位

置指令を用いて、任意の線形制御則に対して、一定トルク外乱の影響を抑制し、短時間に微小動作のみで電動機の慣性モーメントと粘性摩擦を同定することができる。

- [0025] また、請求項7、8、13、14に記載の発明によると、簡単な演算のみで、任意の周期的速度指令または周期的位置指令を用いて、任意の線形制御則に対して、一定トルク外乱の影響を抑制し、短時間に微小動作のみで電動機の慣性モーメントと粘性摩擦を同定することができる。

図面の簡単な説明

- [0026] [図1]第1実施例を適用するシステム同定装置のブロック図
[図2]第1実施例を示すシステム同定装置における慣性モーメント粘性摩擦同定器の詳細ブロック図
[図3]第2実施例を適用するシステム同定装置のブロック図
[図4]第2実施例を示すシステム同定装置において慣性モーメント真値を変化した場合のシミュレーション結果の説明図
[図5]第2実施例を示すシステム同定装置において粘性摩擦真値を変化した場合のシミュレーション結果の説明図
[図6]第2実施例を示すシステム同定装置において一定トルク外乱を変化した場合のシミュレーション結果の説明図
[図7]第4実施例を示すシステム同定装置における慣性モーメント粘性摩擦同定器の詳細ブロック図
[図8]従来技術を示すシステム同定装置の構成図

符号の説明

- [0027] 101 速度指令発生器
102 速度制御器
103 トルク制御器
104 電動機
105 位置検出器
106 微分器
107 慣性モーメント粘性摩擦同定器

- 201 位置振幅演算器
- 202 位置トルク指令積分値乗算器
- 203 位置トルク指令積分値平均値演算器
- 204 速度トルク指令積分値乗算器
- 205 速度トルク指令積分値平均値演算器
- 206 第1慣性モーメント粘性摩擦演算器
- 301 位置指令発生器
- 302 位置制御器
- 701 第2慣性モーメント粘性摩擦演算器
- 801 第1混合器
- 802 比例増幅器
- 803 積分器
- 804 第2混合器
- 805 制御対象
- 806 制御対象クーロン摩擦
- 807 1次遅れフィルタ
- 808 n階積分

発明を実施するための最良の形態

[0028] 以下、本発明の実施の形態について図を参照して説明する。

実施例 1

[0029] 図1は、第1実施例を適用するシステム同定装置のブロック図である。

図1において、101は速度指令発生器、102は速度制御器、103はトルク制御器、104は電動機、105は位置検出器、106は微分器、107は慣性モーメント粘性摩擦同定器である。

以下、図1を用いて本実施例を適用するシステム同定装置の構成を説明する。

速度指令発生器101は、速度指令を出力する。速度制御器102は、前記速度指令と速度を入力しトルク指令を出力する。トルク制御器103は、前記トルク指令を入力し、電動機電流を出力する。電動機104は、前記電動機電流により駆動され、その位

置は位置検出器105が検出し、出力する。微分器106は、前記位置を入力し、前記速度を出力する。慣性モーメント粘性摩擦同定器107は、前記トルク指令、前記位置、前記速度を入力し、電動機104の慣性モーメントと粘性摩擦である慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出し出力する。

[0030] 図2は、第1実施例を示すシステム同定装置における慣性モーメント粘性摩擦同定器の詳細ブロック図である。

図2において、201は位置振幅演算器、202は位置トルク指令積分値乗算器、203は位置トルク指令積分値平均値演算器、204は速度トルク指令積分値乗算器、205は速度トルク指令積分値平均値演算器、206は第1慣性モーメント粘性摩擦演算器である。

まず、図2を用いて本実施例を示す慣性モーメント粘性摩擦同定器107の詳細構成を説明する。

位置振幅演算器201は、位置を入力し、その入力信号の基本周波数成分振幅である位置振幅を算出し、出力する。位置トルク指令積分値乗算器202は、前記位置とトルク指令を入力し、前記位置と前記トルク指令の0階時間積分値の基本周波数成分乗算値である位置トルク指令積分値乗算値を算出し、出力する。位置トルク指令積分値平均値演算器203は、前記位置トルク指令積分値乗算値を入力し、その入力信号の1周期間平均値である位置トルク指令積分値平均値を算出し、出力する。速度トルク指令積分値乗算器204は、前記トルク指令と速度を入力し、前記速度と前記トルク指令の0階時間積分値の基本周波数成分乗算値である速度トルク指令積分値乗算値を算出し、出力する。速度トルク指令積分値平均値演算器205は、前記速度トルク指令積分値乗算値を入力し、その入力信号の1周期間平均値である速度トルク指令積分値平均値を算出し、出力する。第1慣性モーメント粘性摩擦演算器206は、前記位置振幅、前記位置トルク指令積分値平均値、前記速度トルク指令積分値平均値を入力し、電動機104の慣性モーメントと粘性摩擦である慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出し、出力する。

[0031] 次に、図1、2を用いて本実施例における慣性モーメント粘性摩擦同定器107の原理について説明する。

電動機104の慣性モーメントをJ、粘性摩擦をD、トルク指令をTref、一定トルク外乱をw、位置を θ とすると、トルク制御器103、電動機104、位置検出器105を含む開ループ系の運動方程式は式(7)で表される。

[0032] [数13]

$$J\ddot{\theta} + D\dot{\theta} = T_{ref} - w \quad (7)$$

[0033] 速度指令を周波数が ω である正弦波とすると、定常状態において、前記位置も周波数が ω の正弦波となり、式(8)で表される。

[0034] [数14]

$$\theta = A \cos \omega t \quad (8)$$

[0035] ただし、Aを位置振幅とした。

式(8)を式(7)に代入し、前記トルク指令について解くと式(9)を得る。

[0036] [数15]

$$\begin{aligned} T_{ref} &= J\ddot{\theta} + D\dot{\theta} + w \\ &= -\omega^2 AJ \cos \omega t - \omega AD \sin \omega t + w \end{aligned} \quad (9)$$

[0037] 位置トルク指令積分値乗算器202の出力する位置トルク指令積分値乗算値は、式(8)と式(9)により式(10)と表される。

[0038] [数16]

$$\begin{aligned} T_{ref}\theta &= -\omega^2 A^2 J \cos^2 \omega t - \omega A^2 D \cos \omega t \sin \omega t + wA \cos \omega t \\ &= -\omega^2 A^2 J \left(\frac{1}{2} \cos 2\omega t + \frac{1}{2} \right) - \omega A^2 D \frac{1}{2} \sin 2\omega t + wA \cos \omega t \end{aligned} \quad (10)$$

[0039] 式(10)の1周期間平均値である位置トルク指令積分値平均値を用いて、慣性モーメントJは式(11)で表される。

[0040] [数17]

$$J = -\frac{2T_{ref}\theta}{\omega^2 A^2} \quad (11)$$

[0041] また、速度トルク指令積分値乗算器204の出力する速度トルク指令積分値乗算値は、式(8)と式(9)より式(12)と表される。

[0042] [数18]

$$\begin{aligned} T_{ref}\dot{\theta} &= \omega^3 A^2 J \cos \omega t \sin \omega t + \omega^2 A^2 D \sin^2 \omega t - w\omega A \sin \omega t \\ &= \omega^3 A^2 J \frac{1}{2} \sin 2\omega t + \omega^2 A^2 D \left(-\frac{1}{2} \cos 2\omega t + \frac{1}{2} \right) - w\omega A \sin \omega t \end{aligned} \quad (12)$$

[0043] 式(12)の1周期間平均値である速度トルク指令積分値平均値を用いて、粘性摩擦Dは式(13)で表される。

[0044] [数19]

$$D = \frac{\overline{2T_{ref}\dot{\theta}}}{\omega^2 A^2} \quad (13)$$

[0045] 第1慣性モーメント粘性摩擦演算器206は、式(11)と式(13)を用いて、電動機104の慣性モーメントJと粘性摩擦Dである慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出できる。

式(11)と式(13)は、一定トルク外乱wを含まないので、一定トルク外乱wは、前記慣性モーメント粘性摩擦同定値に影響しない。

[0046] 次に、図1、2を用いて本実施例における慣性モーメント粘性摩擦同定器107の動作について説明する。

位置振幅演算器201は、フーリエ変換またはバンドパスフィルタを用いて、前記位置の基本周波数成分である位置基本周波数成分を算出し、その振幅である前記位置振幅を算出し、出力する。位置トルク指令積分値乗算器202は、フーリエ変換またはバンドパスフィルタを用いて、前記位置の基本周波数成分である位置基本周波数成分と前記トルク指令の0階時間積分値の基本周波数成分であるトルク指令積分値基本周波数成分を算出し、前記位置基本周波数成分と前記トルク指令積分値基本周波数成分の乗算値である前記位置トルク指令積分値乗算値を算出し出力する。速度トルク指令積分値乗算器204は、フーリエ変換またはバンドパスフィルタを用いて、前記トルク指令の0階時間積分値の基本周波数成分であるトルク指令積分値基本周波数成分と前記速度の基本周波数成分である速度基本周波数成分を算出し前記トルク指令積分値基本周波数成分と前記速度基本周波数成分の乗算値である前記速度トルク指令積分値乗算値を算出し出力する。第1慣性モーメント粘性摩擦演算器206は、式(11)と式(13)のトルク指令Trefをトルク指令基本周波数成分とし、位置θを前記位置基本周波数成分とすることにより、任意の周期的速度指令に対して、前記慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出することができる。

[0047] このように、本実施例に係るシステム同定装置は、位置振幅と位置トルク指令積分値平均値と速度トルク指令積分値平均値を用いるようにしているので、任意の線形制

御則の速度制御系において、一定トルク外乱の影響を抑制し、微小動作のみで電動機の慣性モーメントと粘性摩擦を同定することができる。

実施例 2

[0048] 図3は、第2実施例を適用するシステム同定装置のブロック図である。

図3において、102は速度制御器、103はトルク制御器、104は電動機、105は位置検出器、106は微分器、107は慣性モーメント粘性摩擦同定器、301は位置指令発生器、302は位置制御器である。

以下、図3を用いて本実施例を適用するシステム同定装置の構成を説明する。

位置指令発生器301は、位置指令を出力する。位置制御器302は、前記位置指令と位置を入力し、速度指令を出力する。速度制御器102は、前記速度指令と速度を入力し、トルク指令を出力する。トルク制御器103は、前記トルク指令を入力し、電動機電流を出力する。電動機104は、前記電動機電流により駆動され、その前記位置は、位置検出器105が検出し、出力する。微分器106は、前記位置を入力し、前記速度を出力する。慣性モーメント粘性摩擦同定器107は、前記トルク指令、前記位置、前記速度を入力し、電動機104の慣性モーメントと粘性摩擦である慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出し、出力する。

尚、本実施例の慣性モーメント粘性摩擦同定器107の構成は第1実施例と同じであるのでここでは説明を省略する。

[0049] 以下、本実施例のシミュレーション結果を示す。

本シミュレーションに用いた数値を式(14)に示す。

[0050] [数20]

$$\begin{aligned} J_m &= 0.116 \times 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^2, \quad J_l = 0.8164 \times 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^2, \quad J^* = J_m + J_l \\ D^* &= 0.001 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{s} / \text{rad}, \quad T_{rat} = 0.637 \text{ N} \cdot \text{m} \\ K_p &= 40 \text{ rad} / \text{s}, \quad K_v = 40(2\pi) \text{ rad} / \text{s}, \quad K_{vj} = K_v J_m \\ T &= 125 \times 10^{-6} \text{ s}, \quad u_0 = 0.01 \text{ rad}, \quad \omega = 1(2\pi) \text{ rad} / \text{s}, \quad w = 0 \text{ N} \cdot \text{m} \end{aligned} \quad (14)$$

[0051] ただし、電動機104は電動機に剛体負荷を付けたものとし、 J_m は電動機慣性モーメント、 J_l は負荷慣性モーメント、 J^* は電動機104の慣性モーメント真値、 D^* は粘性摩擦真値、 T_{rat} は定格トルク、 T は制御周期、 w は一定トルク外乱とし、位置制御器302をゲインが K_p の比例制御、速度制御器102をゲインが K_{vj} の比例制御とし、位置

指令を周波数 ω 、振幅 u_0 の正弦波とした。

[0052] 図4は、第2実施例を示すシステム同定装置において慣性モーメント真値を変化した場合のシミュレーション結果の説明図であり、図4(a)は、負荷慣性モーメントを変化した場合に式(15)より算出した慣性モーメント同定誤差 e_J を、図4(b)は、前記負荷慣性モーメントを変化した場合に式(16)より算出した粘性摩擦同定誤差 e_D を示す。

[0053] [数21]

$$e_J = \frac{|J - J^*|}{J^*} \cdot 100\% \quad (15)$$

[0054] [数22]

$$e_D = \frac{|D - D^*|}{D^*} \cdot 100\% \quad (16)$$

[0055] ただし、 J は慣性モーメント同定値、 D は粘性摩擦同定値である。

図4において、前記負荷慣性モーメントの電動機慣性モーメント比 J_l/J_m を0%から10,000%まで変化した場合、前記慣性モーメント同定誤差は0.6%以下であり、前記粘性摩擦同定誤差は1%以下である。図4に示す前記慣性モーメント同定誤差が、前記負荷慣性モーメントが減少するにつれ増大しているのは、式(15)の分母が小さくなるからである。

[0056] 図5は、第2実施例を示すシステム同定装置において粘性摩擦真値を変化した場合のシミュレーション結果の説明図であり、図5(a)は、粘性摩擦を変化した場合に式(15)より算出した慣性モーメント同定誤差 e_J を、図5(b)は、前記粘性摩擦を変化した場合に式(16)より算出した粘性摩擦同定誤差 e_D を示す。図5(a)において、前記粘性摩擦を $0\text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{s} / \text{rad}$ から $0.01\text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{s} / \text{rad}$ まで変化した場合、前記慣性モーメント同定誤差は1%以下である。図5(b)において、前記粘性摩擦を $0.001\text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{s} / \text{rad}$ から $0.01\text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{s} / \text{rad}$ まで変化した場合、前記粘性摩擦同定誤差は0.06%以下である。前記粘性摩擦同定誤差が前記粘性摩擦が減少するにつれ増大しているのは式(16)の分母が零に近づくためである。

[0057] 図6は、第2実施例を示すシステム同定装置において一定トルク外乱を変化した場合のシミュレーション結果の説明図であり、図6(a)は、一定トルク外乱を変化した場合

合に式(15)より算出した慣性モーメント同定誤差 eJ を、図6(b)は前記一定トルク外乱を変化した場合に式(16)より算出した粘性摩擦同定誤差 eD を示す。

図6において、一定トルク外乱の定格トルク比 $w/Trat$ を0%から50%まで変化した場合、前記慣性モーメント同定誤差は0.07%以下であり、前記粘性摩擦同定誤差は0.07%以下である。

本シミュレーションにおいて、位置振幅は常に0.02rad(17bitエンコーダで417パルス)以下であった。

- [0058] このように、本実施例に係るシステム同定装置は、位置振幅、位置トルク指令積分値平均値、速度トルク指令積分値平均値を用いるようにしているので、任意の線形制御則の位置制御系において、一定トルク外乱の影響を抑制し、微小動作のみで電動機の慣性モーメントと粘性摩擦を同定することができる。

実施例 3

- [0059] 本実施例が第1実施例、第2実施例と異なる点は、本実施例は、位置トルク指令積分値乗算器202および速度トルク指令積分値乗算器204を、トルク指令の0階時間積分値に換えて前記トルク指令の1階時間積分値を用いる構成としている点である。それ以外の構成は、第1実施例、第2実施例と同じであるのでその説明を省略する。

- [0060] 先ず、本実施例の原理について図1、2、3を用いて説明する。

電動機104の慣性モーメントを J 、粘性摩擦を D 、トルク指令を T_{ref} 、一定トルク外乱を w 、位置を θ とすると、トルク制御器103、電動機104、位置検出器105を含む開ループ系の運動方程式は、第1実施例の式(7)で表される。前記速度指令または前記位置指令を周波数が ω である正弦波とすると、定常状態において、前記位置も周波数が ω の正弦波となり、第1実施例の式(8)で表される。式(8)を式(7)に代入し、前記トルク指令について解くと式(9)を得る。式(9)の1階時間積分値であるトルク指令積分値は、式(17)で表される。

- [0061] [数23]

$$\int T_{ref} dt = -\omega AJ \sin \omega t + AD \cos \omega t + wt \quad (17)$$

- [0062] 前記位置トルク指令積分値乗算値は、式(8)と式(17)を乗算することにより求められ式(18)と求められる。

[0063] [数24]

$$\begin{aligned} \int T_{ref} dt\theta &= -\omega A^2 J \cos \omega t \sin \omega t + A^2 D \cos^2 \omega t + A \omega t \cos \omega t \\ &= -\frac{\omega A^2 J}{2} \sin 2\omega t + A^2 D \left(\frac{1}{2} \cos 2\omega t + \frac{1}{2} \right) + A \omega t \cos \omega t \end{aligned} \quad (18)$$

[0064] 式(18)より第1実施例と同様に電動機104の粘性摩擦Dは式(19)と求められる。

[0065] [数25]

$$D = \frac{2 \int T_{ref} dt\theta}{A^2} \quad (19)$$

[0066] ただし、横線は1周期間平均値を示す。

また、前記速度トルク指令積分値乗算値は、式(8)と式(17)より式(20)で表される。

[0067] [数26]

$$\begin{aligned} \int T_{ref} dt\dot{\theta} &= \omega^2 A^2 J \sin^2 \omega t - \omega A^2 D \cos \omega t \sin \omega t - \omega A \omega t \sin \omega t \\ &= \omega^2 A^2 J \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos 2\omega t \right) - \omega A^2 D \frac{1}{2} \sin 2\omega t - \omega A \omega t \sin \omega t \end{aligned} \quad (20)$$

[0068] 式(20)の1周期間平均値を用いて、電動機104の慣性モーメントJは、式(21)と求められる。

[0069] [数27]

$$J = \frac{2 \int T_{ref} dt\dot{\theta}}{\omega^2 A^2} \quad (21)$$

[0070] 第1慣性モーメント粘性摩擦演算器206は、式(19)と式(21)を用いて電動機104の粘性摩擦Dと慣性モーメントJである慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出できる。式(19)と式(21)は一定トルク外乱wを含まないので、一定トルク外乱wは前記慣性モーメント粘性摩擦同定値に影響しない。前記トルク指令に雑音が含まれる場合、前記トルク指令積分値の波形は前記トルク指令に比べて滑らかであり、式(19)と式(21)を用いると前記雑音が前記慣性モーメント粘性摩擦同定値に与える影響を抑制することができる。

[0071] 次に、本実施例の動作について図1、2、3を用いて説明する。

位置振幅演算器201は、フーリエ変換またはバンドパスフィルタを用いて、前記位置の基本周波数成分である位置基本周波数成分を算出し、その振幅である前記位

置振幅を算出し、出力する。位置トルク指令積分値乗算器202は、フーリエ変換またはバンドパスフィルタを用いて、前記位置の基本周波数成分である位置基本周波数成分と前記トルク指令の1階時間積分値の基本周波数成分であるトルク指令積分値基本周波数成分を算出し、前記位置基本周波数成分と前記トルク指令積分値基本周波数成分の乗算値である前記位置トルク指令積分値乗算値を算出し、出力する。速度トルク指令積分値乗算器204は、フーリエ変換またはバンドパスフィルタを用いて、前記トルク指令の1階時間積分値の基本周波数成分であるトルク指令積分値基本周波数成分と前記速度の基本周波数成分である速度基本周波数成分を算出し、前記トルク指令積分値基本周波数成分と前記速度基本周波数成分の乗算値である前記速度トルク指令積分値乗算値を算出し、出力する。第1慣性モーメント粘性摩擦演算器206は、式(19)と式(21)のトルク指令 T_{ref} をトルク指令基本周波数成分とし、位置 θ を前記位置基本周波数成分とすることにより、任意の周期的速度指令または周期的位置指令に対して、前記慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出することができる。

[0072] また、 N を0を含む自然数とする場合、前記トルク指令の1階時間積分値に換えて前記トルク指令の N 階時間積分値を用いても、すなわち、位置トルク指令積分値乗算器202を、前記位置と前記トルク指令を入力し N を0を含む自然数とする場合に前記位置と前記トルク指令の N 階時間積分値の基本周波数成分乗算値である位置トルク指令積分値乗算値を算出し出力するようにし、速度トルク指令積分値乗算器204を、前記トルク指令と前記速度を入力し N を0を含む自然数とする場合に前記速度と前記トルク指令の N 階時間積分値の基本周波数成分乗算値である速度トルク指令積分値乗算値を算出し出力するように構成しても、本実施例と同様に、第1慣性モーメント粘性摩擦演算器206は、前記慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出することができる。

[0073] このように、本実施例に係るシステム同定装置は、位置振幅と位置トルク指令積分値平均値と速度トルク指令積分値平均値を用いるようにしているので、一定トルク外乱の影響を抑制し、トルク指令中の雑音の影響を抑制し、微小動作のみで電動機の慣性モーメントと粘性摩擦を同定することができる。

実施例 4

[0074] 図7は、第4実施例を示すシステム同定装置における慣性モーメント粘性摩擦同定器の詳細ブロック図である。

図7において、201は位置振幅演算器、701は第2慣性モーメント粘性摩擦演算器である。

本実施例が第1実施例、第2実施例、第3実施例と異なる点は、本実施例における慣性モーメント粘性摩擦同定器107は、前記位置を入力しその入力信号の基本周波数成分振幅である位置振幅を算出し出力する位置振幅演算器201と、前記位置振幅と前記トルク指令を入力しフーリエ変換により前記トルク指令のフーリエ係数を算出し前記位置振幅と前記フーリエ係数を用いて前記慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出し出力する第2慣性モーメント粘性摩擦演算器701と、から構成するようにしている点である。

[0075] 以下、本発明の原理および動作について図1、3、7を用いて説明する。

位置振幅演算器201は、フーリエ変換を用いて式(22)に示す位置基本周波数成分を算出する。

[0076] [数28]

$$\theta_0 = A \cos \omega t \quad (22)$$

[0077] ただし、Aは前記位置振幅、 ω は前記速度指令または前記位置指令の基本周波数である。

第2慣性モーメント粘性摩擦演算器701はフーリエ変換を用いて式(23)に示すトルク指令基本周波数成分を算出する。

[0078] [数29]

$$T_{ref0} = a_0 \cos \omega t + b_0 \sin \omega t \quad (23)$$

[0079] ただし、 a_0 と b_0 はフーリエ係数である。

式(22)と式(23)より式(24)を得る。

[0080] [数30]

$$\begin{aligned} T_{ref0} \theta_0 &= a_0 A \cos^2 \omega t + b_0 A \cos \omega t \sin \omega t \\ &= a_0 A \left(\frac{1}{2} \cos 2\omega t + \frac{1}{2} \right) + b_0 A \frac{1}{2} \sin 2\omega t \end{aligned} \quad (24)$$

[0081] 式(24)の1周期間平均値をとると式(25)を得る。

[0082] [数31]

$$\overline{T_{ref0}\theta_0} = \frac{a_0 A}{2} \quad (25)$$

[0083] 式(25)を用いて第1実施例の式(11)と同様に、図1または図3において電動機104の慣性モーメントJは式(26)と求められる。

[0084] [数32]

$$J = -\frac{a_0}{\omega^2 A} \quad (26)$$

[0085] 式(22)と式(23)より式(27)を得る。

[0086] [数33]

$$\begin{aligned} T_{ref0}\dot{\theta}_0 &= -a_0 \omega A \cos \omega t \sin \omega t - b_0 \omega A \sin^2 \omega t \\ &= -a_0 \omega A \frac{1}{2} \sin 2\omega t - b_0 \omega A \left(-\frac{1}{2} \cos 2\omega t + \frac{1}{2} \right) \end{aligned} \quad (27)$$

[0087] 式(27)の1週期間平均値をとると式(28)を得る。

[0088] [数34]

$$\overline{T_{ref0}\dot{\theta}_0} = -\frac{b_0 \omega A}{2} \quad (28)$$

[0089] 式(28)を用いて式(13)と同様に、電動機104の粘性摩擦Dは式(29)と求められる。

[0090] [数35]

$$D = -\frac{b_0}{\omega A} \quad (29)$$

[0091] 第2慣性モーメント粘性摩擦演算器701は、式(26)と式(29)を用いて、電動機104の慣性モーメントJと粘性摩擦Dである慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出することができる。式(26)と式(29)は、一定トルク外乱wを含まないので、一定トルク外乱wは、前記慣性モーメント粘性摩擦同定値に影響を与えない。

[0092] このように、本実施例に係るシステム同定装置は、位置振幅とトルク指令基本周波数成分のフーリエ係数を用いるようにしているため、任意の周期的速度指令または周期的位置指令を用いて簡単な演算のみで、任意の線形制御則に対して、一定トルク外乱の影響を抑制しながら短時間の微小動作のみで電動機の慣性モーメントと粘性摩擦を同定することができる。

産業上の利用可能性

[0093] 位置振幅、位置トルク指令積分値平均値、速度トルク指令積分値平均値を用いることによって、微小動作のみで電動機の慣性モーメントと粘性摩擦を同定することができるので、チップマウンタなどの一般産業用装置に広く適用が可能である。

請求の範囲

- [1] 速度指令を出力する速度指令発生器と、
位置検出器が検出した電動機の位置を入力し速度を出力する微分器と、
前記速度指令と前記速度を入力しトルク指令を出力する速度制御器と、
前記トルク指令を入力し電動機電流により前記電動機を駆動するトルク制御器と、
前記トルク指令、前記位置、前記速度を入力し前記電動機の慣性モーメントと粘性摩擦である慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出し出力する慣性モーメント粘性摩擦同定器と、を有するシステム同定装置において、
前記慣性モーメント粘性摩擦同定器は、
前記位置を入力しその入力信号の基本周波数成分振幅である位置振幅を算出し出力する位置振幅演算器と、
前記位置と前記トルク指令を入力し N を0を含む自然数とする場合に前記位置と前記トルク指令の N 階時間積分値の基本周波数成分乗算値である位置トルク指令積分値乗算値を算出し出力する位置トルク指令積分値乗算器と、
前記位置トルク指令積分値乗算値を入力しその入力信号の1周期間平均値である位置トルク指令積分値平均値を算出し出力する位置トルク指令積分値平均値演算器と、
前記トルク指令と前記速度を入力し前記速度と前記トルク指令の N 階時間積分値の基本周波数成分乗算値である速度トルク指令積分値乗算値を算出し出力する速度トルク指令積分値乗算器と、
前記速度トルク指令積分値乗算値を入力しその入力信号の1周期間平均値である速度トルク指令積分値平均値を算出し出力する速度トルク指令積分値平均値演算器と、
前記位置振幅、前記位置トルク指令積分値平均値、前記速度トルク指令積分値平均値を入力し前記慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出し出力する第1慣性モーメント粘性摩擦演算器と、から構成されたものであることを特徴とするシステム同定装置。
- [2] 位置指令を出力する位置指令発生器と、

位置検出器が検出した電動機の位置を入力し速度を出力する微分器と、
前記位置指令と前記位置を入力し速度指令を出力する位置制御器と、
前記速度指令と前記速度を入力しトルク指令を出力する速度制御器と、
前記トルク指令を入力し電動機電流により前記電動機を駆動するトルク制御器と、
前記トルク指令、前記位置、前記速度を入力し前記電動機の慣性モーメントと粘性摩擦である慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出し出力する慣性モーメント粘性摩擦同定器と、を有するシステム同定装置において、

前記慣性モーメント粘性摩擦同定器は、
前記位置を入力しその入力信号の基本周波数成分振幅である位置振幅を算出し出力する位置振幅演算器と、

前記位置と前記トルク指令を入力し N を 0 を含む自然数とする場合に前記位置と前記トルク指令の N 階時間積分値の基本周波数成分乗算値である位置トルク指令積分値乗算値を算出し出力する位置トルク指令積分値乗算器と、

前記位置トルク指令積分値乗算値を入力しその入力信号の 1 周期間平均値である位置トルク指令積分値平均値を算出し出力する位置トルク指令積分値平均値演算器と、

前記トルク指令と前記速度を入力し前記速度と前記トルク指令の N 階時間積分値の基本周波数成分乗算値である速度トルク指令積分値乗算値を算出し出力する速度トルク指令積分値乗算器と、

前記速度トルク指令積分値乗算値を入力しその入力信号の 1 周期間平均値である速度トルク指令積分値平均値を算出し出力する速度トルク指令積分値平均値演算器と、

前記位置振幅、前記位置トルク指令積分値平均値、前記速度トルク指令積分値平均値を入力し前記慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出し出力する第 1 慣性モーメント粘性摩擦演算器と、から構成されたものであることを特徴とするシステム同定装置。

- [3] 前記位置トルク指令積分値乗算器および前記速度トルク指令積分値乗算器は、
前記トルク指令の N 階時間積分値を前記トルク指令の 0 階時間積分値とするもので

あることを特徴とする請求項1または2に記載のシステム同定装置。

- [4] 前記位置トルク指令積分値乗算器および前記速度トルク指令積分値乗算器は、
前記トルク指令のN階時間積分値を前記トルク指令の1階時間積分値とするものであることを特徴とする請求項1または2に記載のシステム同定装置。

- [5] 前記位置振幅演算器は、
フーリエ変換を用いて前記位置の基本周波数成分である位置基本周波数成分を算出しその振幅である前記位置振幅を算出し出力するものであり、
前記位置トルク指令積分値乗算器は、
フーリエ変換を用いて前記位置の基本周波数成分である位置基本周波数成分と前記トルク指令の基本周波数成分であるトルク指令基本周波数成分を算出し前記位置基本周波数成分と前記トルク指令基本周波数成分のN階時間積分値の乗算値である前記位置トルク指令積分値乗算値を算出し出力するものであり、
前記速度トルク指令積分値乗算器は、
フーリエ変換を用いて前記トルク指令の基本周波数成分であるトルク指令基本周波数成分と前記速度の基本周波数成分である速度基本周波数成分を算出し前記トルク指令基本周波数成分のN階時間積分値と前記速度基本周波数成分の乗算値である前記速度トルク指令積分値乗算値を算出し出力するものであることを特徴とする請求項1または2に記載のシステム同定装置。

- [6] 前記位置振幅演算器は、
バンドパスフィルタを用いて前記位置の基本周波数成分である位置基本周波数成分を算出しその振幅である前記位置振幅を算出し出力するものであり、
前記位置トルク指令積分値乗算器は、
バンドパスフィルタを用いて前記位置の基本周波数成分である位置基本周波数成分と前記トルク指令の基本周波数成分であるトルク指令基本周波数成分を算出し前記位置基本周波数成分と前記トルク指令基本周波数成分のN階時間積分値の乗算値である前記位置トルク指令積分値乗算値を算出し出力するものであり、
前記速度トルク指令積分値乗算器は、
バンドパスフィルタを用いて前記トルク指令の基本周波数成分であるトルク指令基

本周波数成分と前記速度の基本周波数成分である速度基本周波数成分を算出し前記トルク指令基本周波数成分のN階時間積分値と前記速度基本周波数成分の乗算値である前記速度トルク指令積分値乗算値を算出し出力するものであることを特徴とする請求項1または2に記載のシステム同定装置。

- [7] 速度指令を出力する速度指令発生器と、
位置検出器が検出した電動機の位置を入力し速度を出力する微分器と、
前記速度指令と前記速度を入力しトルク指令を出力する速度制御器と、
前記トルク指令を入力し電動機電流により前記電動機を駆動するトルク制御器と、
前記トルク指令、前記位置を入力し前記電動機の慣性モーメントと粘性摩擦である慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出し出力する慣性モーメント粘性摩擦同定器と、
を有するシステム同定装置において、
前記慣性モーメント粘性摩擦同定器は、
前記位置を入力しその入力信号の基本周波数成分振幅である位置振幅を算出し出力する位置振幅演算器と、
前記位置振幅と前記トルク指令を入力しフーリエ変換により前記トルク指令のフーリエ係数を算出し前記位置振幅と前記フーリエ係数を用いて前記慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出し出力する第2慣性モーメント粘性摩擦演算器と、から構成されたものであることを特徴とするシステム同定装置。
- [8] 位置指令を出力する位置指令発生器と、
位置検出器が検出した電動機の位置を入力し速度を出力する微分器と、
前記位置指令と前記位置を入力し速度指令を出力する位置制御器と、
前記速度指令と前記速度を入力しトルク指令を出力する速度制御器と、
前記トルク指令を入力し電動機電流により前記電動機を駆動するトルク制御器と、
前記トルク指令、前記位置を入力し前記電動機の慣性モーメントと粘性摩擦である慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出し出力する慣性モーメント粘性摩擦同定器と、
を有するシステム同定装置において、
前記慣性モーメント粘性摩擦同定器は、
前記位置を入力しその入力信号の基本周波数成分振幅である位置振幅を算出し

出力する位置振幅演算器と、

前記位置振幅と前記トルク指令を入力しフーリエ変換により前記トルク指令のフーリエ係数を算出し前記位置振幅と前記フーリエ係数を用いて前記慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出し出力する第2慣性モーメント粘性摩擦演算器と、から構成されたものであることを特徴とするシステム同定装置。

[9] 前記第1慣性モーメント粘性摩擦演算器は、

前記速度指令の基本周波数を ω 、トルク指令基本周波数成分を T_{ref0} 、位置基本周波数成分を θ_0 、前記位置振幅を A とする場合、次式(1)と次式(2)により前記電動機の慣性モーメント J と粘性摩擦 D である前記慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出するものであることを特徴とする請求項1に記載のシステム同定装置。

[数1]

$$J = -\frac{2T_{ref0}\theta_0}{\omega^2 A^2} \quad (1)$$

[数2]

$$D = \frac{2T_{ref0}\dot{\theta}_0}{\omega^2 A^2} \quad (2)$$

[10] 前記第1慣性モーメント粘性摩擦演算器は、

前記位置指令の基本周波数を ω 、トルク指令基本周波数成分を T_{ref0} 、位置基本周波数成分を θ_0 、前記位置振幅を A とする場合、次式(1)と次式(2)により前記電動機の慣性モーメント J と粘性摩擦 D である前記慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出するものであることを特徴とする請求項2に記載のシステム同定装置。

[数3]

$$J = -\frac{2T_{ref0}\theta_0}{\omega^2 A^2} \quad (1)$$

[数4]

$$D = \frac{2T_{ref0}\dot{\theta}_0}{\omega^2 A^2} \quad (2)$$

[11] 前記第1慣性モーメント粘性摩擦演算器は、

前記速度指令の基本周波数を ω 、トルク指令基本周波数成分を T_{ref0} 、位置基本周波数成分を θ_0 、前記位置振幅を A とする場合、次式(3)と次式(4)により、前記電

動機の慣性モーメントJと粘性摩擦Dである前記慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出するものであることを特徴とする請求項1に記載のシステム同定装置。

[数5]

$$J = \frac{2 \int T_{ref0} d\dot{\theta}_0}{\omega^2 A^2} \quad (3)$$

[数6]

$$D = \frac{2 \int T_{ref0} d\theta_0}{A^2} \quad (4)$$

[12] 前記第1慣性モーメント粘性摩擦演算器は、

前記位置指令の基本周波数を ω 、トルク指令基本周波数成分を T_{ref0} 、位置基本周波数成分を θ_0 、前記位置振幅をAとする場合、次式(3)と次式(4)により、前記電動機の慣性モーメントJと粘性摩擦Dである前記慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出するものであることを特徴とする請求項2に記載のシステム同定装置。

[数7]

$$J = \frac{2 \int T_{ref0} d\dot{\theta}_0}{\omega^2 A^2} \quad (3)$$

[数8]

$$D = \frac{2 \int T_{ref0} d\theta_0}{A^2} \quad (4)$$

[13] 前記第2慣性モーメント粘性摩擦演算器は、

前記速度指令の基本周波数を ω 、前記位置振幅をA、前記トルク指令の基本周波数余弦成分のフーリエ係数を a_0 、前記トルク指令の基本周波数正弦成分のフーリエ係数を b_0 とする場合、次式(5)と次式(6)により前記電動機の慣性モーメントJと粘性摩擦Dである前記慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出することを特徴とする請求項7に記載のシステム同定装置。

[数9]

$$J = -\frac{a_0}{\omega^2 A} \quad (5)$$

[数10]

$$D = -\frac{b_0}{\omega A} \quad (6)$$

[14] 前記第2慣性モーメント粘性摩擦演算器は、

前記位置指令の基本周波数を ω 、前記位置振幅を A 、前記トルク指令の基本周波数余弦成分のフーリエ係数を a_0 、前記トルク指令の基本周波数正弦成分のフーリエ係数を b_0 とする場合、次式(5)と次式(6)により前記電動機の慣性モーメント J と粘性摩擦 D である前記慣性モーメント粘性摩擦同定値を算出することを特徴とする請求項8に記載のシステム同定装置。

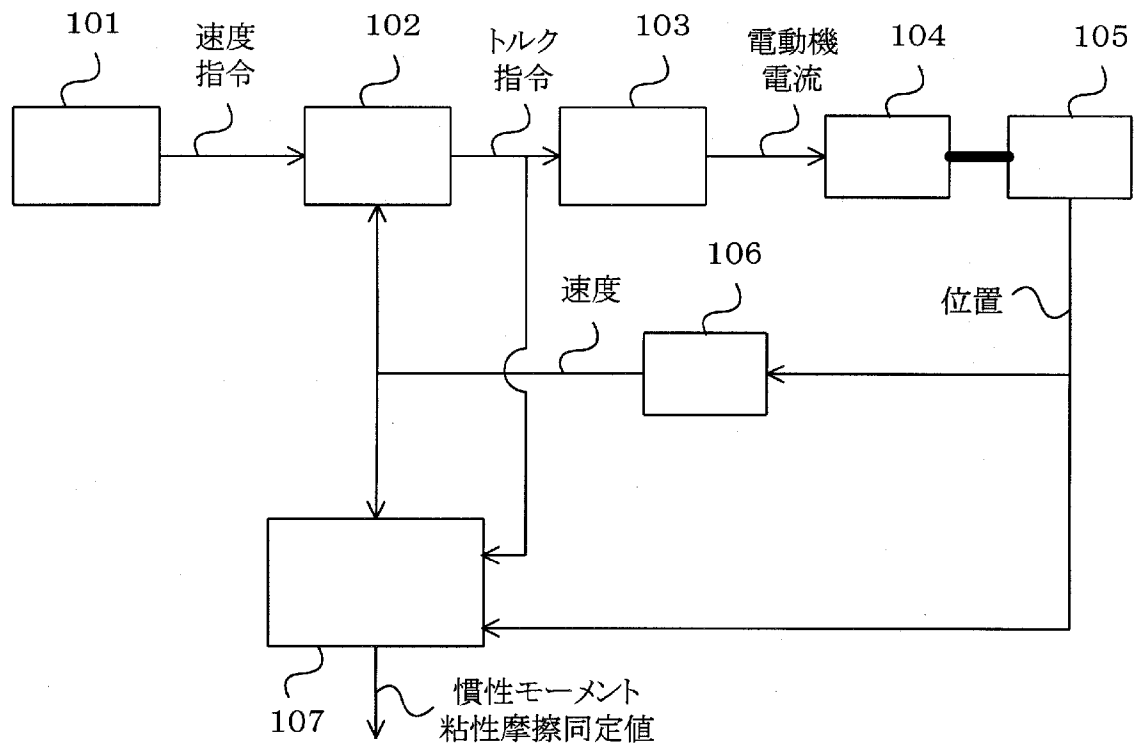
[数11]

$$J = -\frac{a_0}{\omega^2 A} \quad (5)$$

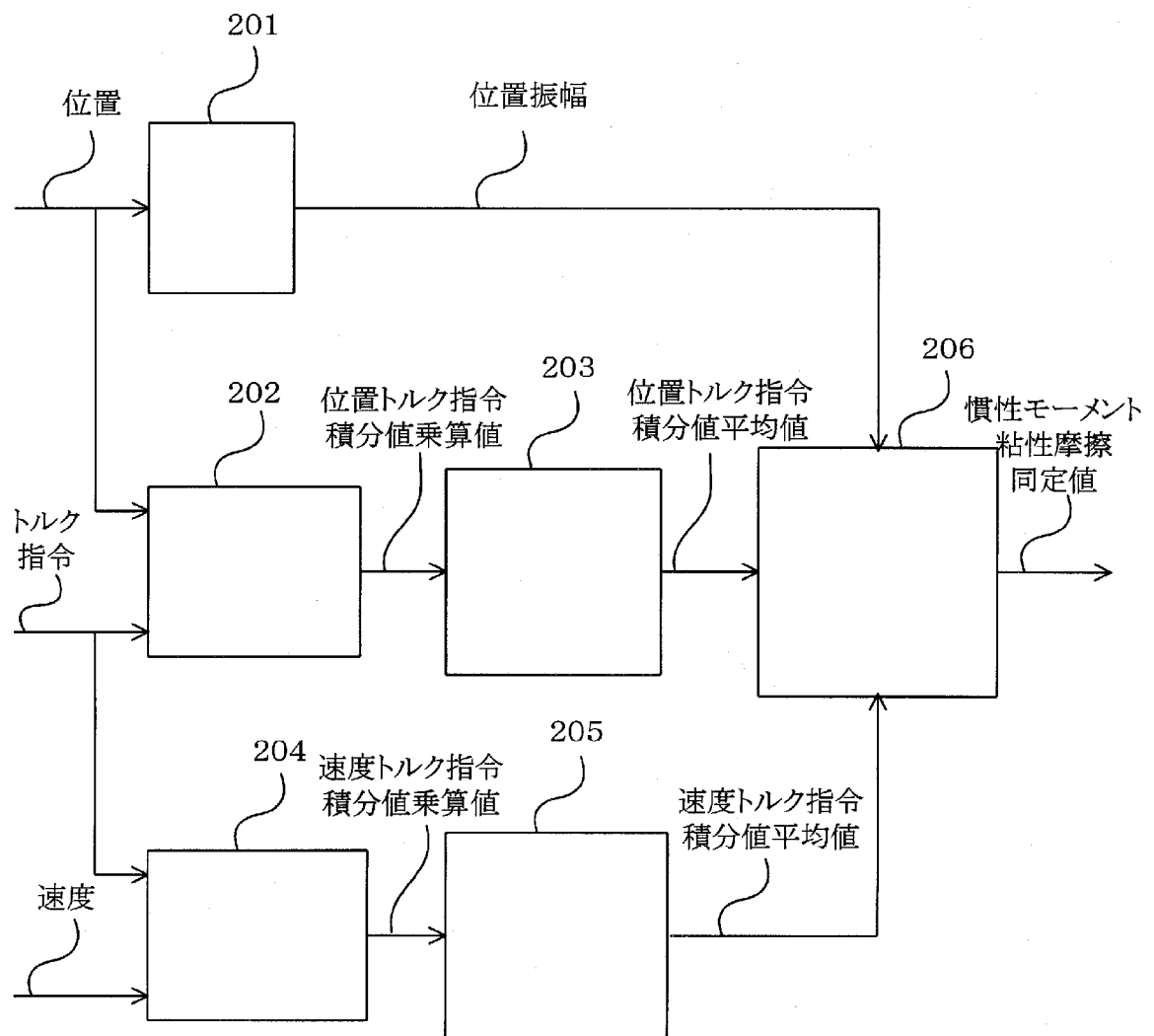
[数12]

$$D = -\frac{b_0}{\omega A} \quad (6)$$

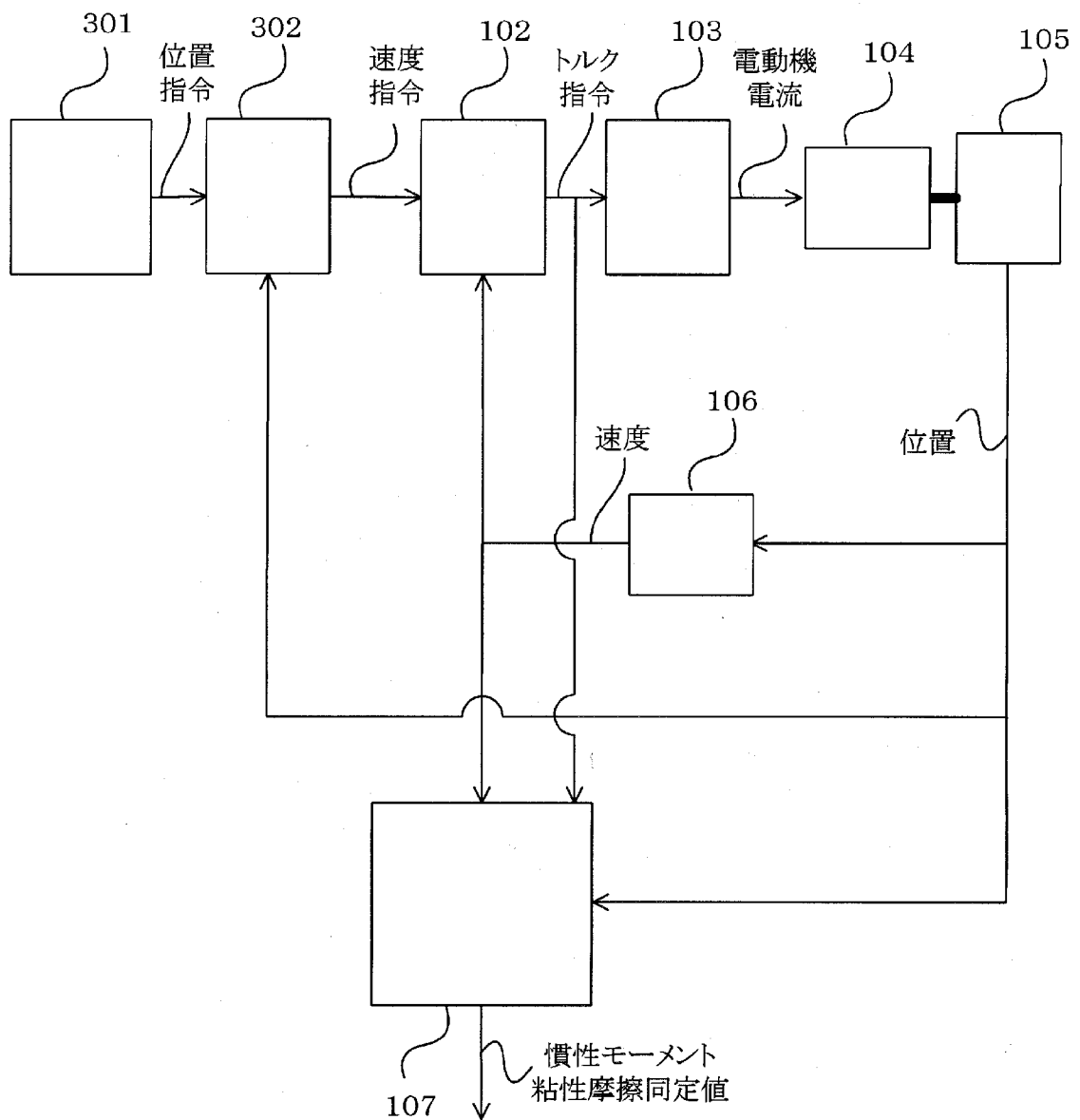
[図1]



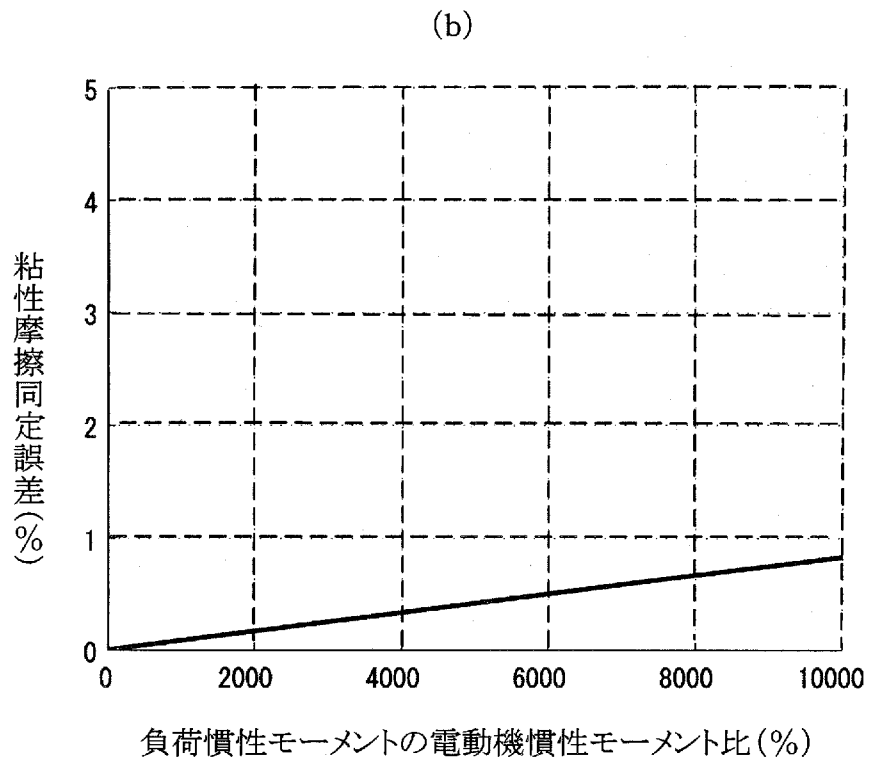
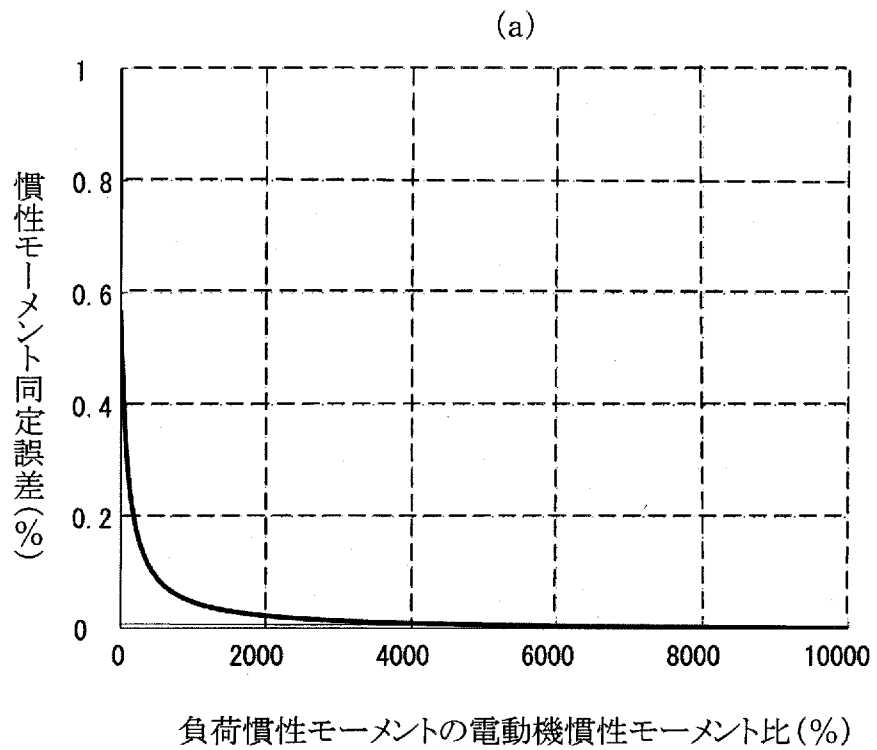
[図2]



[図3]

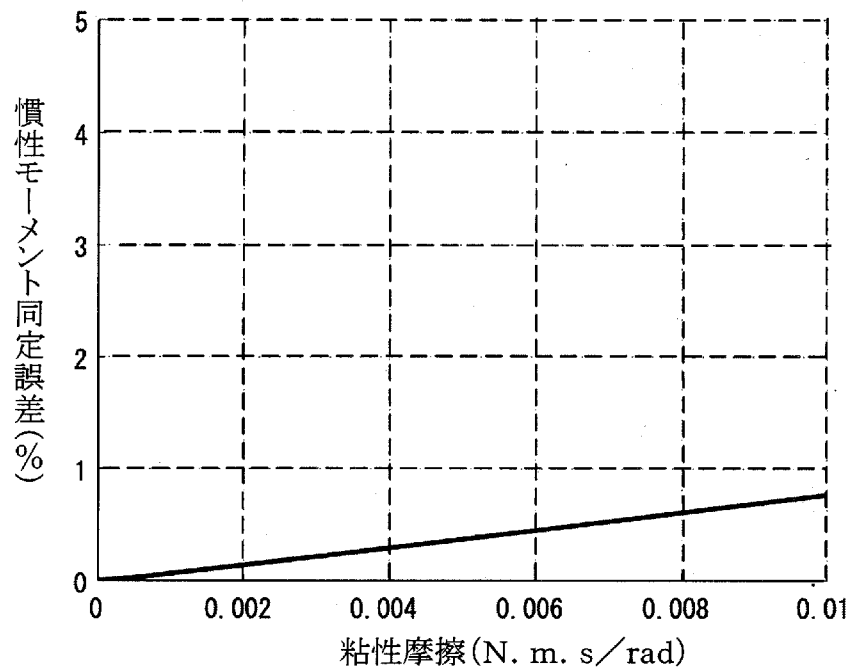


[図4]

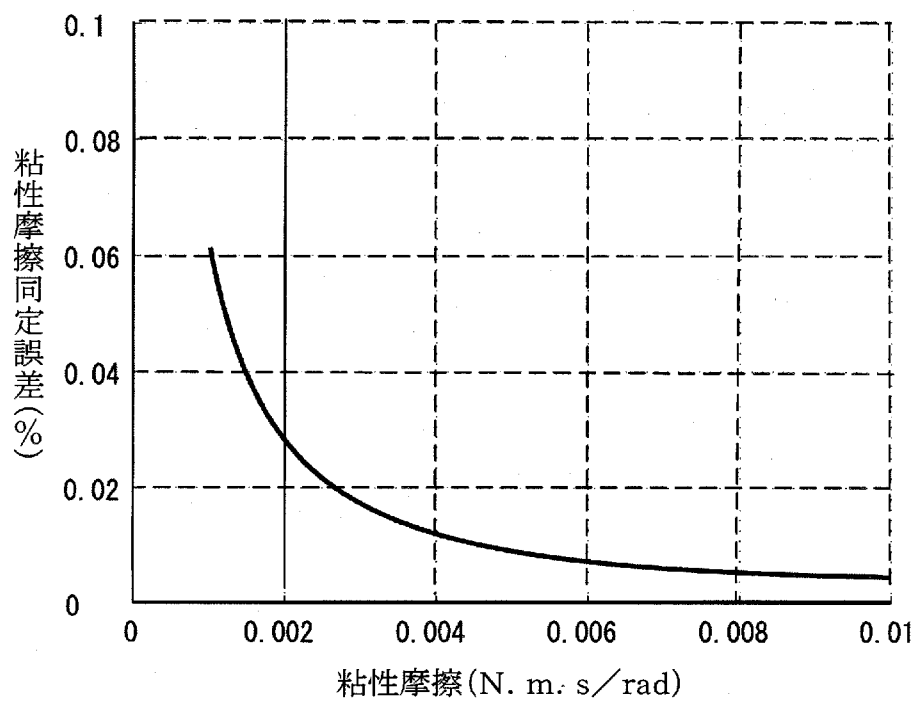


[図5]

(a)

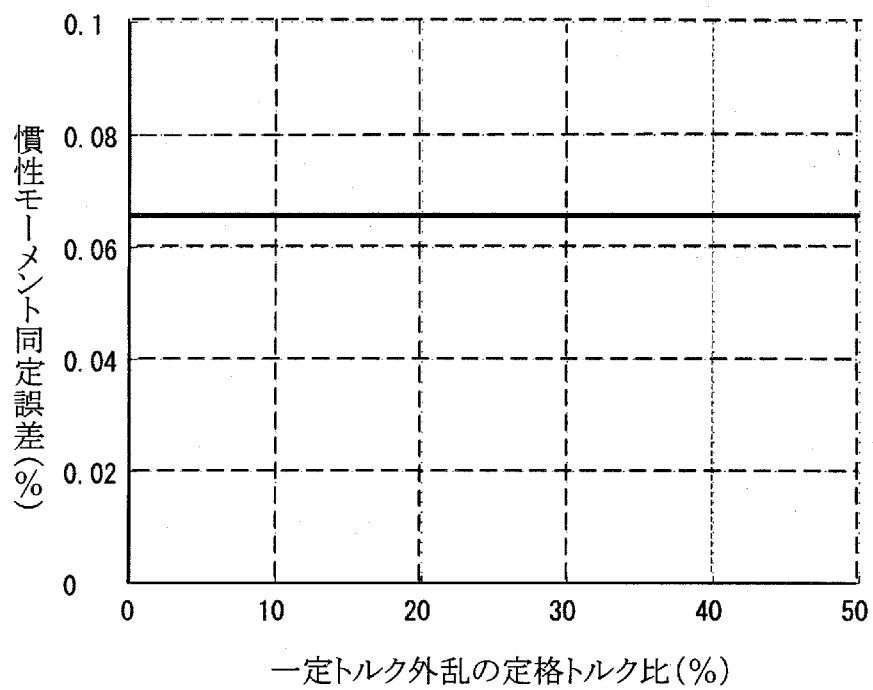


(b)

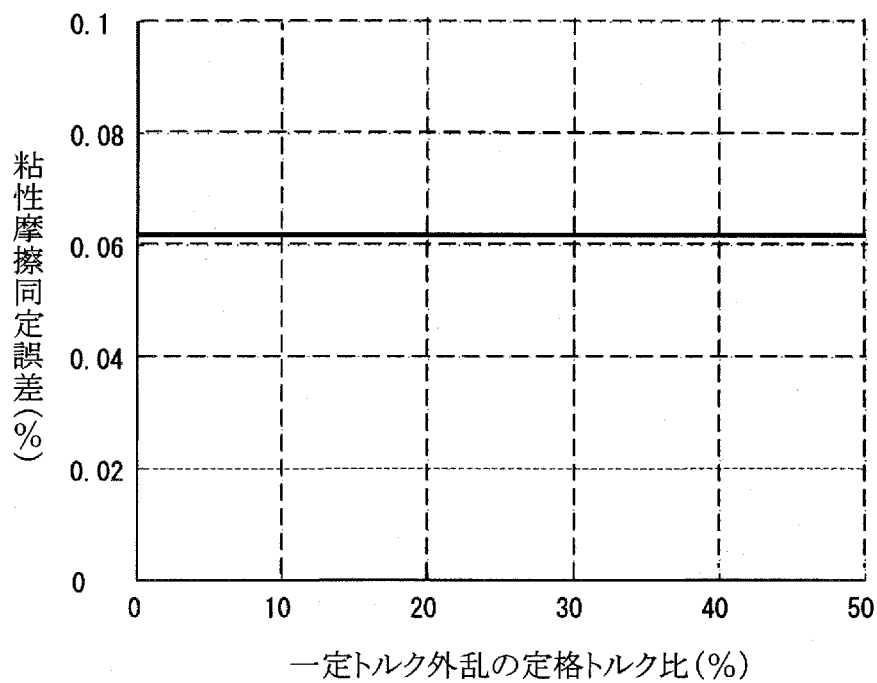


[図6]

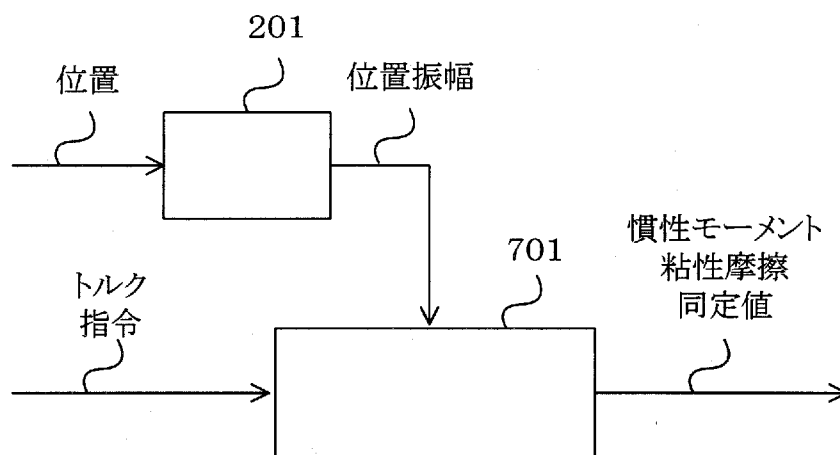
(a)



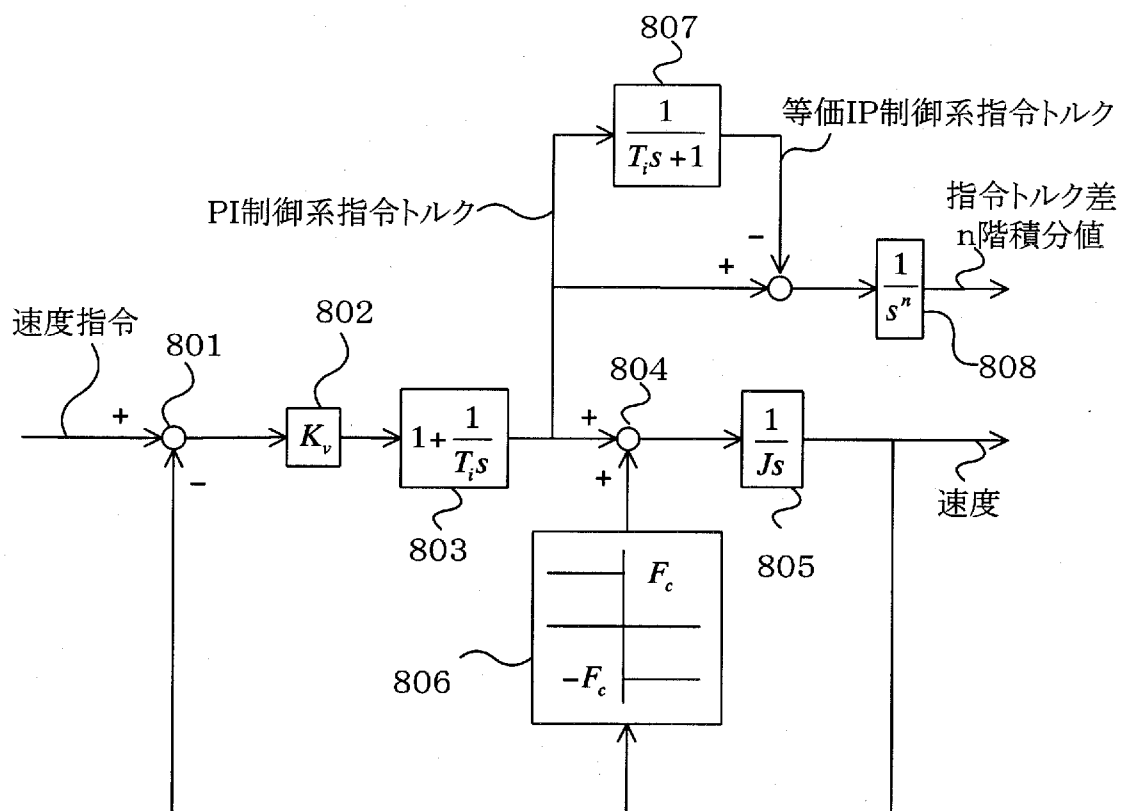
(b)



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/314894

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02P29/00(2006.01) i, G05B13/02(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02P29/00, G05B13/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2006
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2006	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2006

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 7-333084 A (Yasukawa Electric Corp.), 22 December, 1995 (22.12.95), Full text (Family: none)	1-14
A	JP 2005-86841 A (Yasukawa Electric Corp.), 31 March, 2005 (31.03.05), Full text & WO 2005/025045 A1 full text	1-14

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
11 August, 2006 (11.08.06)

Date of mailing of the international search report
22 August, 2006 (22.08.06)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
 Int.Cl. H02P29/00(2006.01)i, G05B13/02(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02P29/00, G05B13/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2－1 9 9 6年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1－2 0 0 6年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6－2 0 0 6年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4－2 0 0 6年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 7－3 3 3 0 8 4 A（株式会社安川電機） 2 2. 1 2. 1 9 9 5, 全文（ファミリーなし）	1-14
A	J P 2 0 0 5－8 6 8 4 1 A（株式会社安川電機） 3 1. 0 3. 2 0 0 5, 全文 & W O 2 0 0 5 / 0 2 5 0 4 5 A 1, 全文	1-14

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 1. 0 8. 2 0 0 6

国際調査報告の発送日

2 2. 0 8. 2 0 0 6

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
 郵便番号 1 0 0－8 9 1 5
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

梶本 直樹

3 V

9 8 1 9

電話番号 0 3－3 5 8 1－1 1 0 1 内線 3 3 5 8