



(57) 要約: 負荷の連結したモータを振動的とすることなく静かに、安全に制御ゲイン調整できるようにする。周波数応答計測時に応答 V を入力し機械定数 K_m を出力する機械定数同定器(121)と、ゲイン調整時に前記機械定数 K_m を入力し安定境界線 W を出力する安定境界線演算器(122)と、前記安定境界線 W を入力し調整曲線 U を出力する調整曲線演算器(123)と、前記調整曲線 U を入力し制御ゲイン初期値 K_{in} を出力する初期値設定器(124)と、前記調整曲線 U と制御ゲイン初期値 K_{in} を入力し補償量 K_f とフィードバック制御ゲイン K_{vj} を出力する制御ゲイン調整器(125)と、を備える。

明 細 書

モータ制御装置

技術分野

[0001] 本発明は、制御ゲインを調整し負荷の連結したモータの動作を制御するモータ制御装置に関する。

背景技術

[0002] 従来のモータ制御装置は、過渡時の位置追従偏差の誤差自乗面積である位置偏差評価関数を最小にし、且つ、定常時のトルク指令の誤差自乗面積が閾値を超えないような位置比例制御ゲインと速度比例制御ゲインを設定している(例えば、特許文献1参照)。

図5は、従来のモータ制御装置の一例を示すブロック図である。図5において、501はゲイン自動調整時目標値指令部、502は位置比例制御ゲイン、503は速度比例制御ゲイン、504はトルク制御部、505はエンコーダ、506はモータ、507はボールねじ機構、508は位置偏差評価関数演算部、509は位置偏差評価関数記憶部、510は評価関数最小ゲイン決定部、511はトルク指令評価関数演算部、512はトルク指令評価関数記憶部、513はトルク指令判定部である。

ゲイン自動調整時目標値指令部501は位置指令 X_r を出力する。位置比例制御ゲイン502は位置指令 X_r から位置データ X_f を減算した位置追従偏差 E_x と位置比例制御ゲイン設定値 K_p を入力し、位置追従偏差 E_x を位置比例制御ゲイン設定値 K_p 倍に増幅した信号である速度指令 V_r を出力する。

速度比例制御ゲイン503は速度指令 V_r から速度データ V_f を減算した速度追従偏差 E_v と速度比例制御ゲイン設定値 K_v を入力しトルク指令 T_{ref} を計算し、トルク制御部504およびトルク指令評価関数演算部511へ出力する。

トルク制御部504はトルク指令 T_{ref} とエンコーダパルスを入力し、位置データ X_f と速度データ V_f とを計算してフィードバックし、モータ電流 I_m をモータ506に出力する。

エンコーダ505はモータ506の位置を検出し前記エンコーダパルスとしてトルク制御部504へ出力する。

モータ506はモータ電流 I_m を入力し連結したボールねじ機構507を駆動する。

位置偏差評価関数演算部508は位置追従偏差 E_x を入力し過渡時の位置追従偏差 E_x の誤差自乗面積である位置偏差評価関数を位置偏差評価関数記憶部509へ出力する。

位置偏差評価関数記憶部509は前記位置偏差評価関数を入力しその入力信号を記憶し位置偏差評価関数記憶値として評価関数最小ゲイン決定部510へ出力する。

評価関数最小ゲイン決定部510は前記位置偏差評価関数記憶値を入力しその入力信号を最小とする制御ゲインの組合せである評価関数最小ゲインをトルク指令判定部513へ出力する。

トルク指令評価関数演算部511はトルク指令 T_{ref} を入力し定常時のトルク指令 T_{ref} の誤差自乗面積であるトルク指令評価関数をトルク指令評価関数記憶部512へ出力する。

トルク指令評価関数記憶部512は前記トルク指令評価関数を入力しその入力信号を記憶しトルク指令評価関数記憶値としてトルク指令判定部513へ出力する。

トルク指令判定部513は前記評価関数最小ゲインと前記トルク指令評価関数記憶値を入力し前記トルク指令評価関数記憶値が閾値を超えない場合、前記評価関数最小ゲインを位置比例制御ゲイン設定値 K_p として位置比例制御ゲイン502へ出力し、速度比例制御ゲイン設定値 K_v として速度比例制御ゲイン503へ出力する。

[0003] このように、従来のモータ制御装置は、過渡時の位置偏差の誤差自乗面積である位置偏差評価関数を最小にし、且つ、定常時のトルク指令の誤差自乗面積が閾値を超えないような位置比例制御ゲインと速度比例制御ゲインを設定するのである。

特許文献1:特開平6-208404号公報(第7頁、第1図)

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0004] 従来のモータ制御装置は、過渡時の位置偏差の誤差自乗面積である位置偏差評価関数を最小にし、且つ、定常時のトルク指令の誤差自乗面積が閾値を超えないような位置比例制御ゲインと速度比例制御ゲインを設定するため、制御系がオブザー

バ、フィルタ、むだ時間などを含み、制御対象を含む制御系が安定とする制御ゲインの安定領域が複雑な形状である場合に、モータに連結した負荷の動作が振動的となったり不安定となったりして、制御ゲイン調整ができないという問題があった。

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、制御ゲインの安定領域を算出するとともに制御ゲインを前記安定領域内で調整し、モータに連結した負荷の動作が振動的となったり不安定となったりすることなく、静かに、短時間に制御ゲイン調整することができるモータ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

[0005] 上記問題を解決するため、本発明は、次のように構成したのである。

請求項1記載の発明は、指令(V_r)と制御対象の応答(V)とが一致するように制御演算を行い外乱補償前トルク指令(T_α)を算出するフィードバック制御器と、前記外乱補償前トルク指令(T_α)から外乱推定値(T_d)を減算した値であるトルク指令(T_{ref})と前記応答(V)とに基づいて前記外乱推定値(T_d)を算出する外乱オブザーバと、周波数応答測定用信号(F_r)とトルク指令(T_{ref})とを入力し周波数応答測定時には前記周波数応答測定用信号(F_r)を、ゲイン調整時には前記トルク指令(T_{ref})を電流指令(I_r)として出力する入力信号切替器と、前記電流指令(I_r)に基づいて前記制御対象のモータにモータ電流(I_m)を流して駆動するトルク制御器と、前記応答(V)とトルク指令(T_{ref})とに基づいて振動抑制信号(V_s)を算出する振動抑制部とを備え、前記指令(V_r)に前記振動抑制信号(V_s)を加算するモータ制御装置において、前記応答(V)に基づいて前記フィードバック制御器のフィードバック制御ゲイン(K_{vj})と前記補正量(K_f)とを算出する制御ゲイン調整部を備えることを特徴とするものである。

[0006] また、請求項2記載の発明は、請求項1記載の発明において、前記周波数応答測定用信号(F_r)は、掃引正弦波信号であることを特徴とするものである。

また、請求項3記載の発明は、請求項1記載の発明において、前記周波数応答測定用信号(F_r)は、複数の周波数の正弦波で構成されていることを特徴とするものである。

[0007] また、請求項4記載の発明は、請求項1記載の発明において、前記制御ゲイン調整部は、周波数応答測定時に前記応答(V)に基づいて前記制御対象の機械定数を同

定する機械定数同定器と、前記機械定数に基づいて前記フィードバック制御器と前記制御対象を含む閉ループ系を安定とする前記フィードバック制御ゲインと前記補償量(K_f)の安定領域の外形線である安定境界線とを算出する安定境界線演算器と、前記安定境界線に基づいて前記制御対象の安定性を保ったまま前記閉ループ系の応答性と外乱抑制特性を高めるように前記フィードバック制御ゲインと前記補償量(K_f)を調整できる調整曲線を算出する調整曲線演算器と、前記調整曲線に基づいて制御ゲイン調整における前記フィードバック制御ゲイン(K_{vj})と前記補償量(K_f)の初期値である制御ゲイン初期値(K_{in})を算出する初期値設定器と、前記調整曲線と前記制御ゲイン初期値(K_{in})に基づいて前記フィードバック制御ゲイン(K_{vj})と前記補償量(K_f)とを調整する制御ゲイン調整器とで構成されることを特徴とするものである。

[0008] また、請求項5記載の発明は、請求項4記載の発明において、前記機械定数同定器は、前記制御対象の周波数応答を算出し前記周波数応答に基づいて前記機械定数を算出することを特徴とするものである。

[0009] また、請求項6記載の発明は、請求項4記載の発明において、前記安定境界線演算器は、前記機械定数に基づいて前記閉ループ系の等価単位フィードバック系を算出し、前記等価単位フィードバック系の位相余裕が正数の位相余裕設定値となるように前記安定境界線を算出することを特徴とするものである。

また、請求項7記載の発明は、請求項6記載の発明において、前記位相余裕設定値は、前記機械定数に不確定性がある場合前記不確定性を許容し前記閉ループ系が安定となるような値に設定することを特徴とするものである。

[0010] また、請求項8記載の発明は、請求項4記載の発明において、前記調整曲線演算器は、前記安定曲線が1つの場合、前記補償量(K_f)が零で、前記フィードバック制御ゲイン(K_{vj})が前記安定曲線の前記補償量(K_f)が零となる点である制御ゲイン最適値に向かって増加するような直線を前記調整曲線として出力し、前記安定曲線が2つの場合、2つの前記安定曲線の間を通り2つの前記安定曲線の交点である制御ゲイン最適値に向かう曲線を前記調整曲線として出力することを特徴とするものである。

[0011] また、請求項9記載の発明は、請求項8記載の発明において、前記初期値設定器

は、前記調整曲線の上の点で前記制御ゲイン最適値から設定値分離した点における前記フィードバック制御ゲイン(K_{vj})と前記補償量(K_f)を前記制御ゲイン初期値(K_{in})として出力することを特徴とするものである。

また、請求項10記載の発明は、請求項9記載の発明において、前記制御ゲイン調整器は、前記調整曲線に沿って前記制御ゲイン初期値(K_{in})から前記制御ゲイン最適値に向かって前記フィードバック制御ゲイン(K_{vj})と前記補償量(K_f)を増加させ出力することを特徴とするものである。

発明の効果

[0012] 請求項1乃至7記載の発明によると、制御ゲインの安定領域を算出し、制御ゲインをその安定領域内で調整できるので、制御対象を振動的とすることなく静かに、安全に、制御ゲイン調整でき、また自動で高い制御性能を実現できる。

また、請求項8乃至10記載の発明によると、制御ゲインは安定領域内で最も振動が起きにくい調整曲線上を、制御ゲイン最適値に近い制御ゲイン初期値から調整するので、制御対象を振動的とすることなく静かに、安全に、短時間に制御ゲイン調整でき、また自動で高い制御性能を実現できる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本発明の第1実施例のモータ制御装置の概要を示すブロック図

[図2]本発明の第1実施例を示す図1のモータ制御装置の等価単位フィードバック系を示す図

[図3]本発明の第1実施例を示すシミュレーションにおける開ループ系のボード線図とナイキスト線図を表す図

[図4]本発明の第1実施例を示すシミュレーションにおける安定境界線、調整曲線および制御ゲイン初期値を表す図

[図5]従来のモータ制御装置の一例を示すブロック図

符号の説明

[0014] 101 指令発生器

102 フィードバック制御器

103 入力信号切替器

- 104 トルク制御器
- 105 制御対象
- 106 応答検出器
- 107 外乱オブザーバ
- 108 周波数応答測定用信号発生器
- 110 振動抑制部
- 111 振動成分演算器
- 112 位相調整器
- 113 補償量調整器
- 120 制御ゲイン調整部
- 121 機械定数同定器
- 122 安定境界線演算器
- 123 調整曲線演算器
- 124 初期値設定器
- 125 制御ゲイン調整器
- 201 開ループ伝達関数
- 501 ゲイン自動調整時目標値指令部
- 502 位置比例制御ゲイン
- 503 速度比例制御ゲイン
- 504 トルク制御部
- 505 エンコーダ
- 506 モータ
- 507 ボールねじ機構
- 508 位置偏差評価関数演算部
- 509 位置偏差評価関数記憶部
- 510 評価関数最小ゲイン決定部
- 511 トルク指令評価関数演算部
- 512 トルク指令評価関数記憶部

513 トルク指令判定部

発明を実施するための最良の形態

[0015] 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。

実際のモータ制御装置には様々な機能や手段が内蔵されているが、図には本発明に係る機能や手段のみを記載し説明することとする。また、以下同一名称には極力同一符号を付け重複説明を省略する。

実施例 1

[0016] 図1は、本発明の第1実施例のモータ制御装置の概要を示すブロック図である。図1において、101は指令発生器、102はフィードバック制御器、103は入力信号切替器、104はトルク制御器、105は制御対象、106は応答検出器、107は外乱オブザーバ、108は周波数応答測定用信号発生器、110は振動抑制部、120は制御ゲイン調整部であり、111は振動成分演算器、112は位相調整器、113は補償量調整器、121は機械定数同定器、122は安定境界線演算器、123は調整曲線演算器、124は初期値設定器、125は制御ゲイン調整器である。

[0017] 制御対象105は負荷を連結したモータである。

指令発生器101は指令 V_r を出力する。

応答検出器106は、制御対象105の応答を検出し、応答 V を出力する。

周波数応答測定用信号発生器108は、周波数応答測定用信号 F_r を出力する。

フィードバック制御器102は、前記指令 V_r から応答 V を減算し振動抑制信号 V_s を加算した振動抑制追従偏差と、フィードバック制御ゲイン K_{vj} を入力し外乱補償前トルク指令 T_α を算出する。

入力信号切替器103は、前記外乱補償前トルク指令 T_α から外乱推定値 T_d を減算したトルク指令 T_{ref} と周波数応答測定用信号 F_r を入力し、ゲイン調整時にはトルク指令 T_{ref} を電流指令 I_r として、周波数応答計測時には周波数応答用入力信号 F_r を電流指令 I_r として、トルク制御器104に出力する。

トルク制御器104は、電流指令 I_r を入力して、制御対象105のモータにモータ電流 I_m を流して駆動する。

外乱オブザーバ107は、ゲイン調整時にトルク指令 T_{ref} と応答 V を入力し外乱推定

値 T_d を算出する。

- [0018] 振動抑制部110は、振動成分演算器111、位相調整器112、および補償量調整器113とで構成されており、ゲイン調整時に、トルク指令 T_{ref} と応答 V と補償量 K_f を入力し振動抑制信号 V_s を算出する。

振動成分演算器111は、トルク指令 T_{ref} と応答 V を入力し応答 V の振動成分を算出し、位相調整器112に出力する。

位相調整器112は、前記振動成分を入力しその入力信号の位相を調整して得られた位相調整振動成分を算出し、補償量調整器113に出力する。

補償量調整器113は前記位相調整振動成分と補償量 K_f を入力し前記位相調整振動成分に補償量 K_f を乗算した振動抑制信号 V_s を算出する。

- [0019] 制御ゲイン調整部120は、機械定数同定器121、安定境界線演算器122、調整曲線演算器123、初期値設定器124、および制御ゲイン調整器125とで構成されており、周波数応答計測時に、応答 V を入力し、ゲイン調整時に、補償量 K_f と前記フィードバック制御ゲインを算出する。

機械定数同定器121は、周波数応答計測時に、応答 V を入力し、制御対象105の機械定数を算出し、安定境界線演算器122に出力する。

具体的には、機械定数同定器121は応答 V に基づいて周波数応答(ボード線図)を算出し、その振幅図の溝とピークの起こる周波数より反共振周波数、共振周波数を算出し、前記溝と前記ピークの Q 値より反共振の減衰係数と共振の減衰係数を算出し、前記反共振周波数のなかで最も低いものより十分低い周波数における前記振幅図の値に基づいて制御対象105の慣性モーメントを算出し、前記反共振周波数、前記共振周波数、前記減衰係数、前記慣性モーメントを前記機械定数とする。

- [0020] 安定境界線演算器122は、ゲイン調整時に、前記機械定数を入力し、フィードバック制御器102、制御対象105、応答検出器106、外乱オブザーバ107を含む閉ループ系を臨界安定とするフィードバック制御ゲイン K_{vj} と補償量 K_f の組み合わせの曲線である安定境界線を算出し、調整曲線演算器123に出力する。

調整曲線演算器123は、ゲイン調整時に、前記安定境界線を入力し、前記安定境界線により囲まれた安定領域内で応答 V が振動的とならないようなフィードバック制御

ゲイン K_{vj} と補償量 K_f の組み合わせからなる調整曲線を算出し、初期値設定器124および制御ゲイン調整器125に出力する。

初期値設定器124は、ゲイン調整時に前記調整曲線を入力し、前記調整曲線の上にあり通常動作時に応答 V が最適となる点である最適制御ゲイン点に十分近い点を制御ゲイン初期値 K_{in} として算出し、制御ゲイン調整器125に出力する。

制御ゲイン調整器125は、ゲイン調整時に、前記調整曲線と制御ゲイン初期値 K_{in} を入力し、制御ゲイン初期値 K_{in} から前記調整曲線に沿って前記最適制御ゲイン点に向かって補償量 K_f とフィードバック制御ゲイン K_{vj} を変化させ、補償量 K_f を補償量調整器113に、フィードバック制御ゲイン K_{vj} をフィードバック制御器102に、出力する。

[0021] 周波数応答測定用信号 F_r は、モータ制御装置の周波数応答を測定できるものであればどのようなものでもよいが、掃引正弦波信号であることが好ましい。また、複数の周波数の正弦波で構成されたものであってもよい。周波数応答測定用信号 F_r を掃引正弦波信号とすることで、短時間で正確に制御対象105の周波数応答を測定することができる。また、周波数応答測定用信号 F_r を複数の周波数の正弦波で構成されたものとするので、短時間により正確に制御対象105の周波数応答を測定することができる。

[0022] 本発明が従来技術と異なる部分は、周波数応答計測時に応答を入力し機械定数 outputs する機械定数同定器121と、ゲイン調整時に前記機械定数を入力し安定境界線 outputs する安定境界線演算器122と、前記安定境界線を入力し調整曲線 outputs する調整曲線演算器123と、前記調整曲線を入力し制御ゲイン初期値 K_{in} outputs する初期値設定器124と、前記調整曲線と制御ゲイン初期値 K_{in} を入力し補償量 K_f とフィードバック制御ゲイン K_{vj} outputs する制御ゲイン調整器125と、を備える部分である。

[0023] 以下、制御ゲイン調整部120が補償量 K_f とフィードバック制御ゲイン K_{vj} を算出する仕組みの詳細を示す。

本実施例では、フィードバック制御器102を速度PI制御器と1次のローパスフィルタであるトルク指令フィルタの直列に結合したものとし、制御対象105はノッチフィルタ、

むだ時間、および3慣性メカを含むものとする。

また、指令 V_r を速度指令、応答 V をモータ速度(以下、「モータ速度 V 」とする。)とする。

速度PI制御器の伝達関数 $G_c(s)$ 、トルク指令フィルタの伝達関数 $G_t(s)$ 、ノッチフィルタの伝達関数 $G_n(s)$ 、3慣性メカの伝達関数 $G_p(s)$ 、および、バンドパスフィルタである位相調整器112の伝達関数 $G_b(s)$ は、それぞれ式(1)から式(5)で表される。

$$[0024] \quad G_c(s) = K_{vj} \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right) \quad (1)$$

ただし、 K_{vj} は速度比例制御ゲイン、 T_i は速度制御積分時定数である。

[0025] 速度比例制御ゲイン K_{vj} および速度制御積分時定数 T_i が、フィードバック制御ゲインであるが、速度比例制御ゲイン K_{vj} を決定すると速度制御積分時定数 T_i は従属的に決定されることは周知であるので、本実施例ではフィードバック制御ゲインとして、速度比例制御ゲイン K_{vj} を求める方法についてのみ説明している。

$$[0026] \quad G_t(s) = \frac{1}{\tau_f s + 1} \quad (2)$$

ただし、 τ_f はトルク指令フィルタ時定数である。

$$[0027] \quad G_n(s) = \frac{s^2 + \omega_n^2}{s^2 + 2\zeta_n \omega_n s + \omega_n^2} \quad (3)$$

ただし、 ω_n はノッチフィルタ周波数、 ζ_n はノッチフィルタの減衰係数である。

$$[0028] \quad G_p(s) = \frac{1}{Js} \cdot \frac{\omega_{r1}^2 \omega_{r2}^2}{\omega_{a1}^2 \omega_{a2}^2} \cdot \frac{s^2 + 2\zeta_{a1} \omega_{a1} s + \omega_{a1}^2}{s^2 + 2\zeta_{r1} \omega_{r1} s + \omega_{r1}^2} \cdot \frac{s^2 + 2\zeta_{a2} \omega_{a2} s + \omega_{a2}^2}{s^2 + 2\zeta_{r2} \omega_{r2} s + \omega_{r2}^2} \quad (4)$$

ただし、 J は3慣性メカの総慣性モーメント、 ω_{r1} は第1共振周波数、 ζ_{r1} は第1共振の減衰係数、 ω_{a1} は第1反共振周波数、 ζ_{a1} は第1反共振の減衰係数、 ω_{r2} は第2共振周波数、 ζ_{r2} は第2共振の減衰係数、 ω_{a2} は第2反共振周波数、 ζ_{a2} は第2反共振の減衰係数である。

$$[0029] \quad G_b(s) = \frac{\tau \cdot s}{(\tau \cdot s + 1)^2} \quad (5)$$

ただし、 τ はバンドパスフィルタ時定数である。

[0030] 外乱オブザーバ107は制御対象105の定数の正確に分からない部分と、重力外乱

やノイズなどによる外乱を推定する。外乱オブザーバ107の伝達関数は式(6)で表される。

$$[0031] \quad T_d^* = J_0 D^* = G_{vd}(s) V^* + G_{td}(s) T_{ref}^* \\ G_{vd}(s) = \frac{J_0 l_2 s}{s^2 + l_1 s + l_2}, \quad G_{td}(s) = -\frac{l_2}{s^2 + l_1 s + l_2} \quad (6)$$

ただし、 T_d^* は外乱推定値 T_d のラプラス変換、 J_0 は公称慣性モーメント、 D^* は正規化推定外乱 D のラプラス変換、 V^* はモータ速度 V のラプラス変換、 T_{ref}^* は制御対象105を構成するモータを駆動するトルクを発生させるためのトルク指令 T_{ref} のラプラス変換、 $G_{vd}(s)$ はモータ速度 V^* から外乱推定値 T_d^* までの伝達関数、 l_1 と l_2 は外乱オブザーバゲイン、 $G_{td}(s)$ はトルク指令 T_{ref}^* から外乱推定値 T_d^* までの伝達関数である。

[0032] 振動成分演算器111は、式(7)で表される速度オブザーバにより振動成分の取り除かれたモータ速度を算出し、モータ速度 V から振動成分の取り除かれたモータ速度を減算することによりモータ速度 V に含まれる振動成分を算出する。

$$[0033] \quad V_e^* = G_{tv}(s) T_{ref}^* + G_{vv}(s) V^* \\ G_{tv}(s) = \frac{1}{J_0(s+l)}, \quad G_{vv}(s) = \frac{l}{s+l} \quad (7)$$

ただし、 V_e^* は推定モータ速度 V_e のラプラス変換、 $G_{tv}(s)$ はトルク指令 T_{ref}^* から推定モータ速度 V_e^* までの伝達関数、 l は速度オブザーバゲイン、 $G_{vv}(s)$ はモータ速度 V^* から推定モータ速度 V_e^* までの伝達関数である。

[0034] 位相調整器112は、式(5)で表されるバンドパスフィルタで構成され、入力した前記振動成分の位相が指令 V_r の位相と合うように変化させた前記位相調整振動成分を算出する。

[0035] 図2は、本発明の第1実施例を示す図1のモータ制御装置の等価単位フィードバック系を示す図である。図2において、201は開ループ伝達関数である。

図2は、図1から制御ゲイン調整部120を除いた部分を単位フィードバック系に等価変換して得たものである。

開ループ伝達関数201は、むだ時間 T_L 、式(8)に示す第1有理伝達関数 $G_1(s)$ 、

および式(9)に示す第2有理伝達関数 $G_2(s)$ を用いて式(10)で表される。

$$[0036] \quad G_1(s) = \frac{G_c(s) \cdot G_t(s) \cdot G_n(s) \cdot G_p(s)}{1 + G_{id}(s) + K_f \cdot G_b(s) \cdot G_{lv}(s) \cdot G_c(s) \cdot G_t(s)} \quad (8)$$

ただし、 K_f は図1における補償量である。

$$[0037] \quad G_2(s) = \frac{G_{vd}(s) + K_f \cdot G_b(s) \cdot G_c(s) \cdot G_t(s) \cdot \{G_{vv}(s) - 1\}}{G_c(s) \cdot G_t(s)} \quad (9)$$

[0038] 安定境界線演算器122により前記安定境界線を算出するため、図2の開ループ伝達関数201を式(10)のように近似する。

$$[0039] \quad G_{ol}(s) = \frac{G_1(s) \cdot e^{-T_L \cdot s}}{1 + G_1(s) \cdot G_2(s) \cdot e^{-T_L \cdot s}} \quad (10)$$

$$\approx \frac{K_{vj} \cdot N_{olv}}{D_{ol0} + K_f \cdot K_{vj} \cdot D_{olv}}$$

ただし、 N_{olv} 、 D_{ol0} 、および D_{olv} は速度比例制御ゲイン K_{vj} と補償量 K_f に独立なラプラス変数 s の多項式であり、無理伝達関数から有理伝達関数への近似はパデ近似を用いる。

[0040] (K_{vj}, K_f) 平面における前記閉ループ系が安定となる安定領域は、前記単位フィードバック系において開ループ伝達関数201の位相余裕が正となる条件から求められる。

位相余裕の条件を求めるため式(10)に $s = j\omega$ を代入すると式(11)を得る。ただし、 j は虚数単位である。

$$[0041] \quad G_{ol}(j\omega) = K_{vj} \frac{N_r + jN_i}{(D_{0r} + K_f K_{vj} D_{vr}) + j(D_{0i} + K_f K_{vj} D_{vi})} \quad (11)$$

ただし、 N_r 、 N_i 、 D_{0r} 、 D_{vr} 、 D_{0i} 、および D_{vi} は速度比例制御ゲイン K_{vj} と補償量 K_f に独立な s に関する多項式である。

[0042] ゲイン交差周波数 ω_c において開ループ伝達関数201の振幅が1となるので式(12)が成り立つ。

$$[0043] \quad |G_{ol}(j\omega_c)| = K_{vj} \sqrt{\frac{N_r^2 + N_i^2}{(D_{vr}^2 + D_{vi}^2)K_f^2 K_{vj}^2 + 2K_f K_{vj}(D_{0r}D_{vr} + D_{0i}D_{vi}) + (D_{0r}^2 + D_{0i}^2)}} = 1 \quad (12)$$

[0044] 式(12)を変形して式(13)を得る。

$$[0045] \quad K_{vj} = \sqrt{\frac{K_{vj}^2 \cdot K_f^2 \cdot (D_{vr}^2 + D_{vi}^2) + 2 \cdot K_{vj} \cdot K_f \cdot (D_{0r} \cdot D_{vr} + D_{0i} \cdot D_{vi}) + (D_{0r}^2 + D_{0i}^2)}{N_r^2 + N_i^2}} \quad (13)$$

$K_{vj} \cdot K_f$ の値が決定されると式(13)を用いて K_{vj} を求めることができる。

[0046] 次に、開ループ伝達関数201の位相余裕が δ となる条件は式(14)で表される。

$$[0047] \quad \pi - \angle G_{ol}(j\omega_c) = \delta \quad (14)$$

[0048] ゲイン交差周波数 ω_c における開ループ伝達関数201の位相は式(15)で表される。

$$[0049] \quad \begin{aligned} \angle G_{ol}(j\omega_c) &= \tan^{-1} \frac{N_i \cdot (D_{0r} + K_f \cdot K_{vj} \cdot D_{vr}) - N_r \cdot (D_{0i} + K_f \cdot K_{vj} \cdot D_{vi})}{N_r \cdot (D_{0r} + K_f \cdot K_{vj} \cdot D_{vr}) + N_i \cdot (D_{0i} + K_f \cdot K_{vj} \cdot D_{vi})} \\ &= \tan^{-1} \frac{N_0 + K_f \cdot K_{vj} \cdot N_1}{D_0 + K_f \cdot K_{vj} \cdot D_1} \end{aligned} \quad (15)$$

$$N_0 = N_i \cdot D_{0r} - N_r \cdot D_{0i}, \quad N_1 = N_i \cdot D_{vr} - N_r \cdot D_{vi}$$

$$D_0 = N_r \cdot D_{0r} + N_i \cdot D_{0i}, \quad D_1 = N_r \cdot D_{vr} + N_i \cdot D_{vi}$$

[0050] 式(15)を式(14)に代入し $K_f \cdot K_{vj}$ に関して解くと式(16)を得る。

$$[0051] \quad K_f \cdot K_{vj} = -\frac{N_0 + D_0 \cdot \tan \delta}{N_1 + D_1 \cdot \tan \delta} \quad (16)$$

[0052] ゲイン交差周波数 ω_c を決定すると式(16)より $K_f \cdot K_{vj}$ が求められる。

$K_f \cdot K_{vj}$ の値を式(13)に代入すると K_{vj} が求められ、 $K_f \cdot K_{vj}$ を K_{vj} で除算することにより K_f が求められる。

このように、図1の開ループ系を位相余裕 δ で安定とする (K_{vj} 、 K_f) である前記安定境界線が求められる。

前記安定境界線が2つの曲線より成る場合、図1の開ループ系が安定でかつバンド幅が大きくなる (K_{vj} 、 K_f) の最適ゲイン組は前記2つの曲線の交点となる。

一方、前記安定境界線が1つの曲線より成る場合、前記最適ゲイン組は前記1つの曲線で $K_f = 0$ である点となる。

[0053] 調整曲線演算器123は、前記安定曲線が1つの場合、補償量 K_f が零で、前記フィードバック制御ゲインが前記安定曲線の補償量 K_f が零となる点である制御ゲイン最

適値に向かって増加するような直線を前記調整曲線として出力し、前記安定曲線が2つの場合、2つの前記安定曲線の間を通り2つの前記安定曲線の交点である制御ゲイン最適値に向かう曲線を前記調整曲線として出力する。

初期値設定器124は、前記調整曲線の上の点で前記制御ゲイン最適値から設定値分離した点における前記フィードバック制御ゲインと補償量 K_f を制御ゲイン初期値 K_{in} として出力する。

このように、前記調整曲線を設定することにより、図1の閉ループ系を振動的にさせることなく、静かに安全に(K_{vj} 、 K_f)を前記最適ゲイン組に調整することができる。

制御ゲイン調整器125は、制御ゲイン初期値 K_{in} より前記調整曲線に沿って前記安定境界線の交点である前記最適ゲイン組に向かって制御ゲイン組(K_{vj} 、 K_f)を調整する。制御ゲイン組(K_{vj} 、 K_f)を前記調整曲線に沿って前記最適ゲイン組に近づけ、応答 V が発振しない範囲で K_{vj} が最も高い値となる制御ゲイン組(K_{vj} 、 K_f)をその最適値とする。

補償量調整器113は、前記位相調整振動成分に補償量 K_f を乗算し振動抑制信号 V_s を算出する。

本発明のゲイン調整において、前記制御ゲイン初期値より前記最適ゲイン組に向かって前記調整曲線に沿って(K_{vj} 、 K_f)を調整することにより、前記閉ループ系を振動的とすることなく短時間に、静かに、安全に前記最適ゲイン組に調整できる。

[0054] 本実施例ではフィードバック制御器102が速度PI制御器である場合を示したが、速度P制御器、速度I-P制御器、位置P速度PI制御器、位置P速度I-P制御器、位置PID制御器など任意の制御器の場合にも同様に適用可能である。

また、前記トルク指令フィルタ、ノッチフィルタ、外乱オブザーバ、むだ時間の有無や数などによらず同様に適用可能である。

[0055] また、本発明は制御対象105が剛体メカと任意の多慣性メカに対して本実施例と同様に適用可能である。

[0056] また、式(13)と式(16)の次数を下げるため、 $G_n(s) \cdot G_p(s)$ を式(17)のように近似し、同様に前記安定境界線を求め、それに基づいて(K_{vj} 、 K_f)を自動調整することができる。

$$[0057] \quad G_n(s) \cdot G_p(s) \approx \frac{1}{Js} \frac{\omega_{r1}^2 s^2 + 2\zeta_{a1}\omega_{a1}s + \omega_{a1}^2}{\omega_{a1}^2 s^2 + 2\zeta_{r1}\omega_{r1}s + \omega_{r1}^2} \quad (17)$$

[0058] 以下、本実施例のシミュレーション結果を示す。シミュレーションに用いた数値は次のとおりである。

$$J = 1.51 \times 10^{-4} [\text{kg} \cdot \text{m}^2],$$

$$\omega_{r1} = 295 \times 2 \times \pi [\text{rad/s}], \zeta_{r1} = 0.16,$$

$$\omega_{a1} = 128 \times 2 \times \pi [\text{rad/s}], \zeta_{a1} = 0.16,$$

$$\omega_{r2} = 1340 \times 2 \times \pi [\text{rad/s}], \zeta_{r2} = 0.05,$$

$$\omega_{a2} = 906 \times 2 \times \pi [\text{rad/s}], \zeta_{a2} = 0.05, n_d = 10,$$

$$s_0 = 50 \times 2 \times \pi [\text{rad/s}], l_1 = 6.28 \times 10^2,$$

$$l_2 = 9.87 \times 10^4, K_v = 60 \times 2 \times \pi [\text{s}^{-1}],$$

$$J_0 = 1.51 \times 10^{-4} [\text{kg} \cdot \text{m}^2],$$

$$K_{vj} = K_v \times J = 0.0569 [\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{s/rad}], T_i = 4/K_v = 0.0085 [\text{s}], \tau_f = 1/(4 \times K_v) = 0.44 \times 10^{-3} [\text{s}],$$

$$\omega_n = \omega_{r2} = 1340 \times 2 \times \pi [\text{rad/s}], \zeta_n = 0.7,$$

$$T_{rat} = 0.637 [\text{N} \cdot \text{m}], T = 125 \times 10^{-6} [\text{s}],$$

$$T_t = 250 \times 10^{-6} [\text{s}]$$

ただし、 n_d は式(10)で用いるパデ近似の次数、 s_0 は速度オブザーバの極、 l_1 、 l_2 は極が s_0 となるような外乱オブザーバゲイン、 K_v は正規化速度比例制御ゲイン、 T_{rat} は定格トルク、 T は制御周期、 T_L はむだ時間である。公称慣性モーメント J_0 は外乱オブザーバ107と振動成分演算器111に用いる慣性モーメント値である。

[0059] 速度比例制御ゲイン K_{vj} 、速度制御積分時定数 T_i およびトルク指令フィルタ時定数 τ_f は、上記のように正規化速度比例制御ゲイン K_v を用いて従属的に設定する。

本シミュレーションに用いたモデルは前述のように図1において、フィードバック制御器102を式(1)に示す速度PI制御器と式(2)のトルク指令フィルタとし、トルク制御器104は式(3)のノッチフィルタとし、制御対象105は式(4)とし、振動成分演算器111は式(7)の速度オブザーバにより算出した速度推定値 V^* を応答 V より減算して前記振動成分を算出する構成とし、位相調整器112は式(5)のバンドパスフィルタとし、外

乱オブザーバ107は式(6)とした。ただし、制御対象105を表す式(4)以外は制御周期 T の離散時間表現とし、トルク指令 T_{ref} は定格トルク T_{rat} で飽和するようにした。

[0060] 図3は、本発明の第1実施例を示すシミュレーションにおける開ループ系のボード線図とナイキスト線図を表す図である。

図3(a)は、図2の開ループ伝達関数201のボード線図である。図3(a)において、実線は式(3)と式(4)の3慣性系モデルに基づいたボード線図であり、一点鎖線は式(17)の2慣性近似モデルに基づいたボード線図である。

図3(a)より、第2反共振周波数 ω_{a2} の周辺以外では、前記3慣性系モデルに基づいたボード線図は前記2慣性近似モデルに基づいたボード線図とほぼ一致している。

図3(a)中、a、b、cはそれぞれ振幅が1となる周波数であり、位相余裕が最も小さい周波数はc点であることが位相図より分かる。

図3(b)は前記開ループ系のナイキスト線図である。図3(b)において、実線は前記3慣性系モデルに基づいたナイキスト線図であり、一点鎖線は前記2慣性近似モデルに基づいたナイキスト線図であり、破線は単位円である。

図3(b)中a、b、cはそれぞれナイキスト線図が前記単位円と交差する点を示し、図3(a)のa、b、cにそれぞれ対応している。図3(b)よりc点が最も第2象限に近く図2の単位フィードバック系の安定性に最も影響を与えることが分かる。

[0061] 正規化速度比例制御ゲイン K_v を変化させると、図3(a)の位相図はほとんど変化せず、振幅図のみが正規化速度比例制御ゲイン K_v の変化量にほぼ比例して変化する。

正規化速度比例制御ゲイン K_v を増加させたときに発生する振動の周波数は、前記位相図が -180 度となる周波数である位相交差周波数とほぼ一致する。

安定境界線演算器122は、まず、適当な値を速度比例制御ゲイン K_v に設定して図3(a)のボード線図を描き、前記位相交差周波数を求め、振動抑制部110により抑制する抑制振動周波数 ω_v とする。

次に、前記位相交差周波数において振幅が1より少し小さい値となるような正規化速度比例制御ゲイン K_v の値を求める。

バンドパスフィルタ時定数 τ 、外乱オブザーバゲイン l_1, l_2 、およびオブザーバゲイン l をそれぞれ次のように設定する。

$$l_1 = \omega_v / 2, l_2 = \omega_v / 2, l = \omega_v / 2, \tau = 2 / \omega_v$$

以上の設定値に基づいて安定境界線演算器122は前記安定境界線を算出する。

安定境界線演算器122は、前記機械定数に基づいてフィードバック制御器102と制御対象105を含む閉ループ系の等価単位フィードバック系を算出し、前記等価単位フィードバック系の位相余裕が正数の位相余裕設定値となるように前記安定境界線を算出する。

前記位相余裕設定値は、前記機械定数に不確定性がある場合前記不確定性を許容し前記閉ループ系が安定となるような値に設定する。

[0062] 図4は、本発明の第1実施例を示すシミュレーションにおける安定境界線、調整曲線および制御ゲイン初期値を表す図である。図4において、実線は安定境界線、破線は調整曲線、 x は制御ゲイン初期値、 $\square$ は安定領域を示す。

本シミュレーションでは位相余裕 δ を0度とした。

図4に示すように、安定境界線演算器122は前記安定境界線を出力し、調整曲線演算器123は前記調整曲線を出力し、初期値設定器124は制御ゲイン初期値 K_{in} を設定し、制御ゲイン調整器125は制御ゲイン初期値 K_{in} より前記調整曲線に沿って前記安定境界線の交点である前記最適ゲイン組に向かって制御ゲイン組 (K_{vj} 、 K_f) を調整する。

[0063] 機械定数同定器121の出力する機械定数に不正確さがある場合、位相余裕 δ を0度より大きな値に設定することで、図4の前記安定領域が狭まり、前記機械定数の不正確さを許容することができ、図1の閉ループ系を振動的とすることなく静かに、安全にゲイン調整できる。

[0064] また、制御対象105が任意の多慣性系の場合、図1の閉ループ系が外乱オブザーバを含まない場合、ノッチフィルタやローパスフィルタの有無や個数に関わらず、またフィードバック制御器102の制御則に関わらず、本発明は本実施例と同様に適用可能である。

すなわち、フィードバック制御器が速度P制御、速度I-P制御、位置P速度P制御、

位置P速度PI制御、位置P速度I-P制御、位置PID制御などの場合にも本発明は本実施例と同様に適用可能である。

- [0065] このように、制御対象の機械定数に基づいて制御ゲインの安定領域を算出する構成をしているので、制御対象を振動的とすることなく静かに、安全に制御ゲイン調整でき、また自動で高い制御性能を実現できる。

産業上の利用可能性

- [0066] 負荷の連結したモータを振動的とすることなく静かに、安全に制御ゲイン調整できるので、半導体製造装置、液晶パネル製造装置、工作機械、産業用ロボットなど一般産業用装置に広く適用できる。

請求の範囲

- [1] 指令(V_r)と制御対象の応答(V)とが一致するように制御演算を行い外乱補償前トルク指令(T_α)を算出するフィードバック制御器と、
前記外乱補償前トルク指令(T_α)から外乱推定値(T_d)を減算した値であるトルク指令(T_{ref})と前記応答(V)とに基づいて前記外乱推定値(T_d)を算出する外乱オブザーバと、
周波数応答測定用信号(F_r)とトルク指令(T_{ref})とを入力し周波数応答測定時には前記周波数応答測定用信号(F_r)を、ゲイン調整時には前記トルク指令(T_{ref})を電流指令(I_r)として出力する入力信号切替器と、
前記電流指令(I_r)に基づいて前記制御対象のモータにモータ電流(I_m)を流して駆動するトルク制御器と、
前記応答(V)とトルク指令(T_{ref})とに基づいて振動抑制信号(V_s)を算出する振動抑制部とを備え、前記指令(V_r)に前記振動抑制信号(V_s)を加算するモータ制御装置において、
前記応答(V)に基づいて前記フィードバック制御器のフィードバック制御ゲイン(K_{vj})と前記補正量(K_f)とを算出する制御ゲイン調整部を備えることを特徴とするモータ制御装置。
- [2] 前記周波数応答測定用信号(F_r)は、掃引正弦波信号であることを特徴とする請求項1に記載のモータ制御装置。
- [3] 前記周波数応答測定用信号(F_r)は、複数の周波数の正弦波で構成されていることを特徴とする請求項1に記載のモータ制御装置。
- [4] 前記制御ゲイン調整部は、周波数応答測定時に前記応答(V)に基づいて前記制御対象の機械定数を同定する機械定数同定器と、
前記機械定数に基づいて前記フィードバック制御器と前記制御対象を含む閉ループ系を安定とする前記フィードバック制御ゲインと前記補償量(K_f)の安定領域の外形線である安定境界線とを算出する安定境界線演算器と、
前記安定境界線に基づいて前記制御対象の安定性を保ったまま前記閉ループ系の応答性と外乱抑制特性を高めるように前記フィードバック制御ゲインと前記補償量(K)

)を調整できる調整曲線を算出する調整曲線演算器と、

前記調整曲線に基づいて制御ゲイン調整における前記フィードバック制御ゲイン(K_v)と前記補償量(K_f)の初期値である制御ゲイン初期値(K_{in})を算出する初期値設定器と、

前記調整曲線と前記制御ゲイン初期値(K_{in})に基づいて前記フィードバック制御ゲイン(K_v)と前記補償量(K_f)とを調整する制御ゲイン調整器とで構成されることを特徴とする請求項1に記載のモータ制御装置。

[5] 前記機械定数同定器は、前記制御対象の周波数応答を算出し前記周波数応答に基づいて前記機械定数を算出することを特徴とする請求項4に記載のモータ制御装置。

[6] 前記安定境界線演算器は、前記機械定数に基づいて前記閉ループ系の等価単位フィードバック系を算出し、前記等価単位フィードバック系の位相余裕が正数の位相余裕設定値となるように前記安定境界線を算出することを特徴とする請求項4に記載のモータ制御装置。

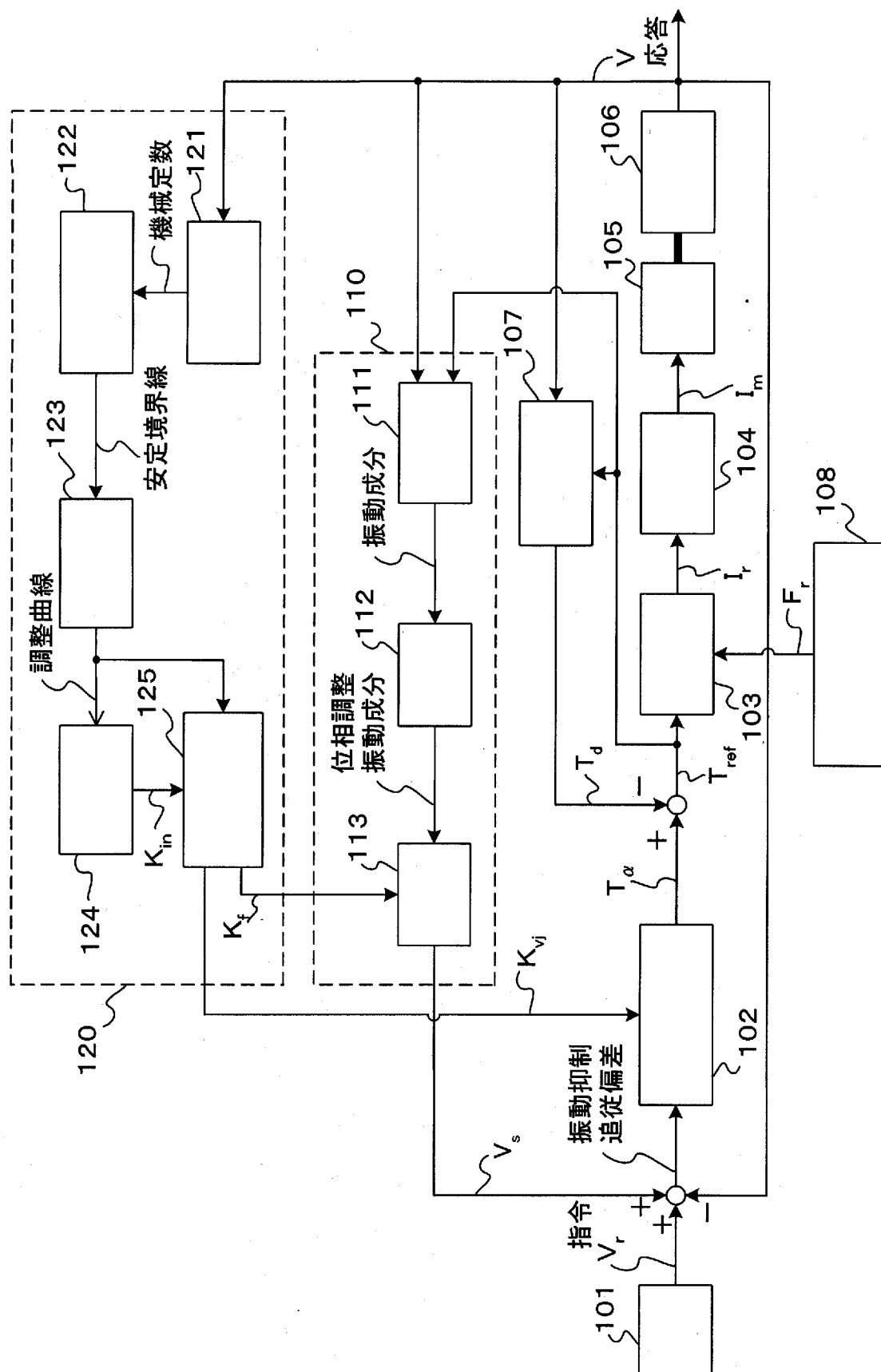
[7] 前記位相余裕設定値は、前記機械定数に不確定性がある場合前記不確定性を許容し前記閉ループ系が安定となるような値に設定することを特徴とする請求項6に記載のモータ制御装置。

[8] 前記調整曲線演算器は、前記安定曲線が1つの場合、前記補償量(K_f)が零で、前記フィードバック制御ゲイン(K_v)が前記安定曲線の前記補償量(K_f)が零となる点である制御ゲイン最適値に向かって増加するような直線を前記調整曲線として出力し、前記安定曲線が2つの場合、2つの前記安定曲線の間を通り2つの前記安定曲線の交点である制御ゲイン最適値に向かう曲線を前記調整曲線として出力することを特徴とする請求項4に記載のモータ制御装置。

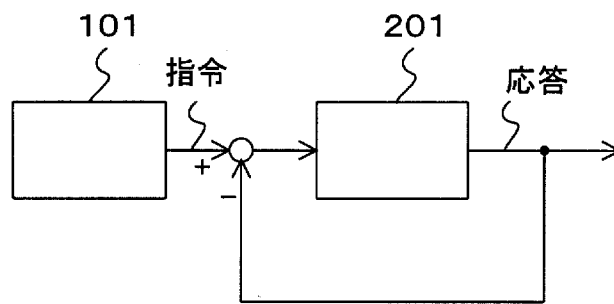
[9] 前記初期値設定器は、前記調整曲線の上の点で前記制御ゲイン最適値から設定値分離した点における前記フィードバック制御ゲイン(K_v)と前記補償量(K_f)を前記制御ゲイン初期値(K_{in})として出力することを特徴とする請求項8に記載のモータ制御装置。

[10] 前記制御ゲイン調整器は、前記調整曲線に沿って前記制御ゲイン初期値(K_{in})か

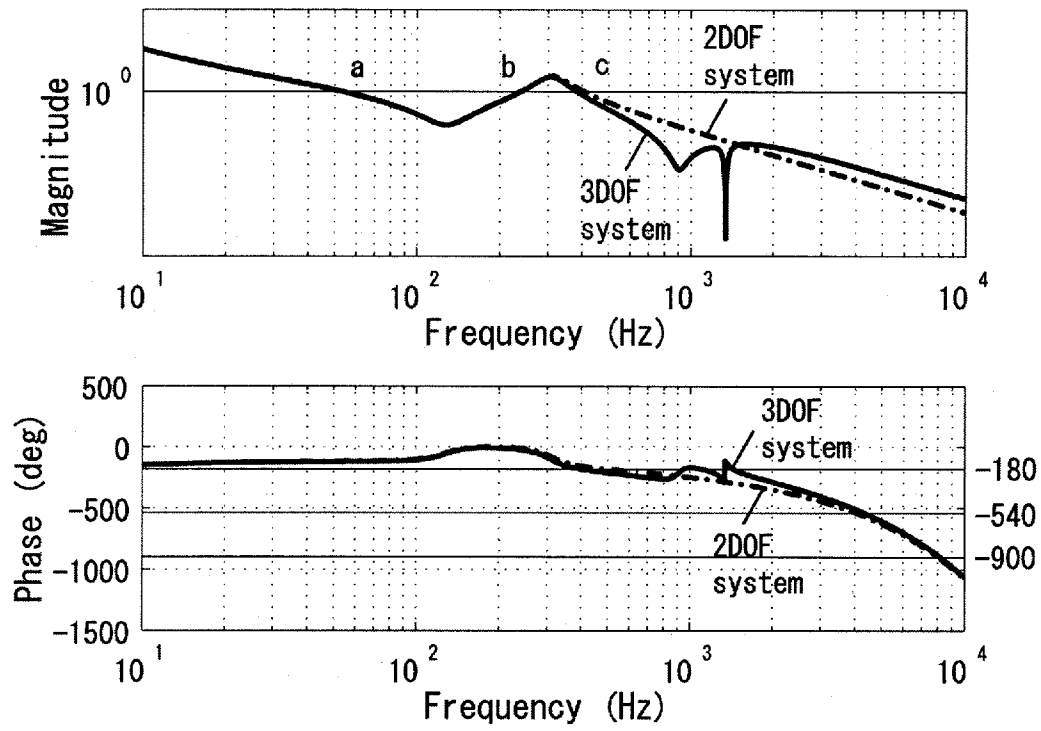
ら前記制御ゲイン最適値に向かって前記フィードバック制御ゲイン(K_{vj})と前記補償量(K_f)を増加させ出力することを特徴とする請求項9に記載のモータ制御装置。



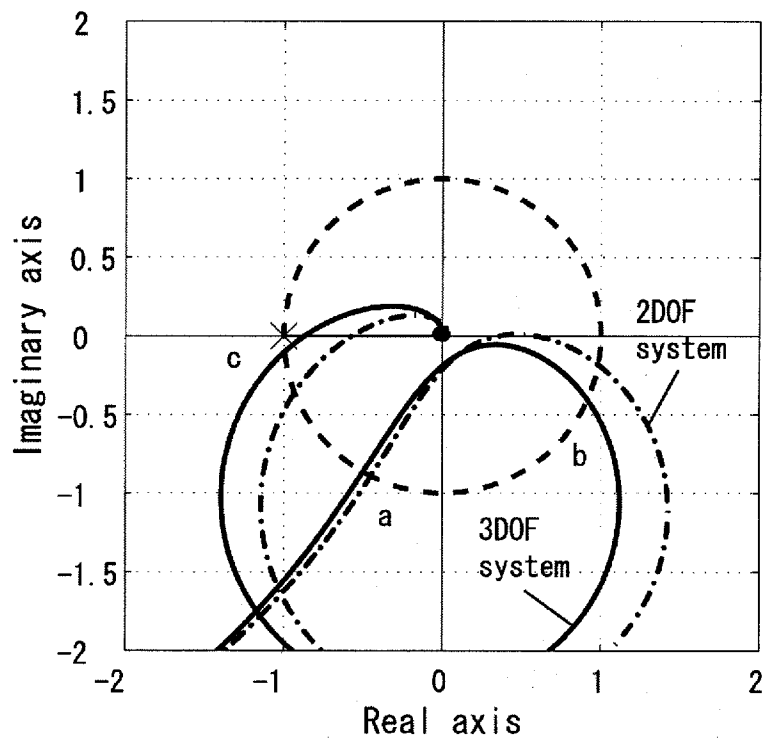
[図2]



[図3]

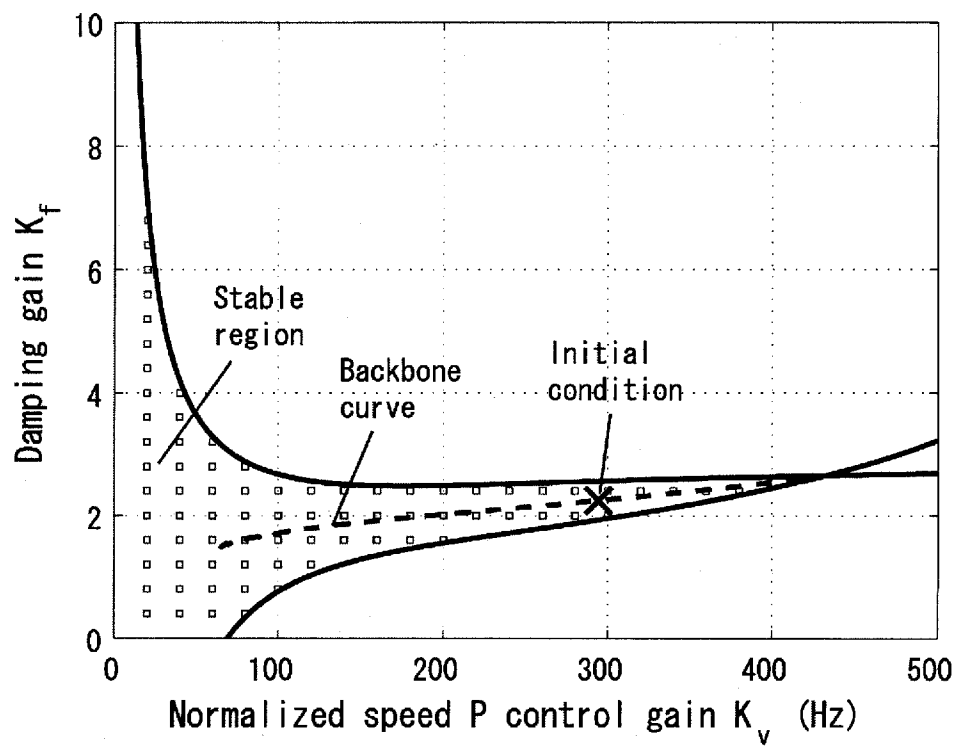


(a)

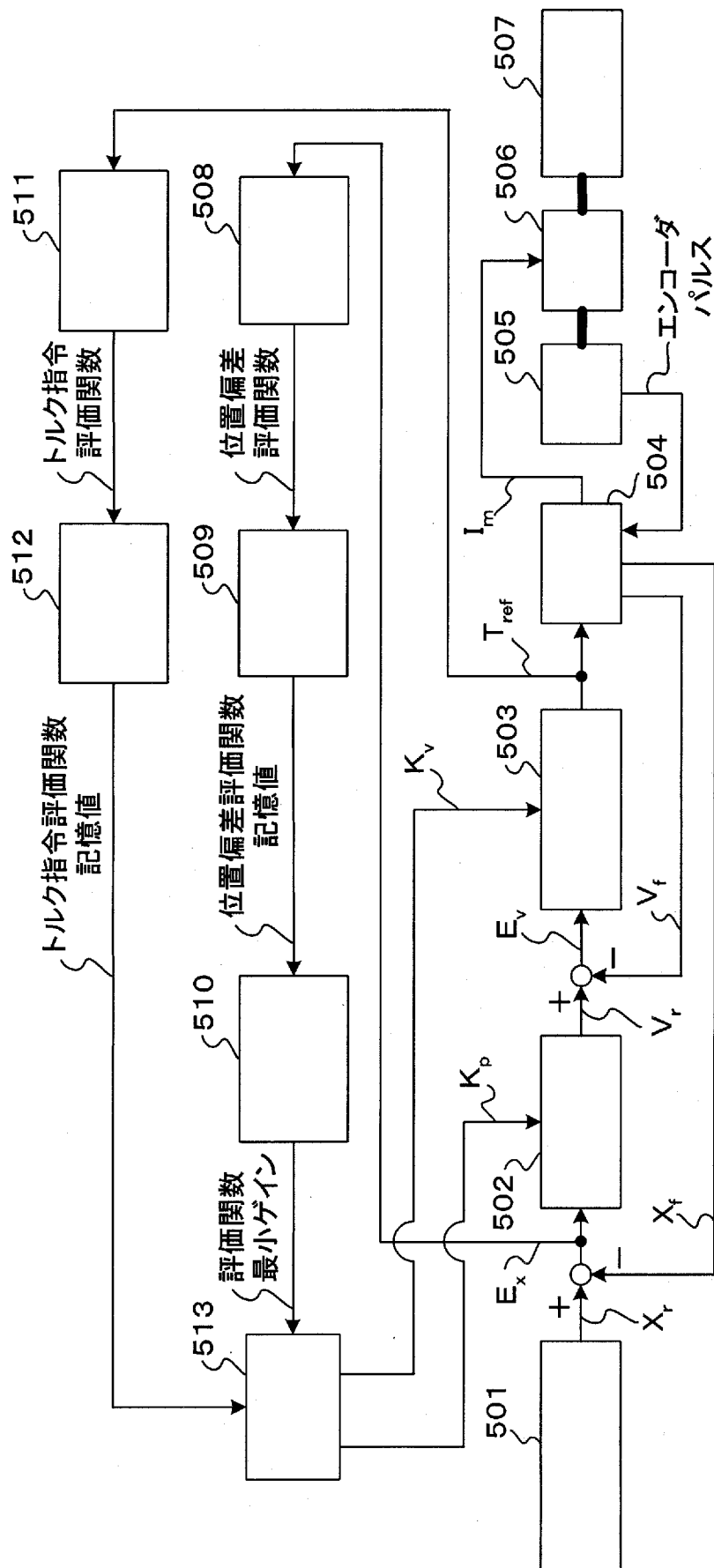


(b)

[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/062469

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02P29/00 (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

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	1996-2008
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2008	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2008

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

WPI

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2000/062412 A1 (Mitsubishi Electric Corp.), 19 October, 2000 (19.10.00), Page 7, line 20 to page 15, line 20; Figs. 1 to 9 (Family: none)	1-10
Y	WO 2005/093939 A1 (Yaskawa Electric Corp.), 06 October, 2005 (06.10.05), Par. Nos. [0060] to [0073]; Fig. 1 & US 2007/0210731 A1 & US 7345443 B & DE 112005000681 T & KR 10-2006-0127233 A & CN 1938934 A	1-10

☐ 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
02 September, 2008 (02.09.08)

Date of mailing of the international search report
16 September, 2008 (16.09.08)

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

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

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 8 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 8 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 8 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）

WPI

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
Y	WO 2000/062412 A1（三菱電機株式会社）2000.10.19, 第7頁20行から第15頁20行、第1図から第9図（ファミリーなし）	1 - 1 0
Y	WO 2005/093939 A1（株式会社安川電機）2005.10.06, 段落【0060】から【0073】、【図1】 & US 2007/0210731 A1 & US 7345443 B & DE 112005000681 T & KR 10-2006-0127233 A & CN 1938934 A	1 - 1 0

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

0 2 . 0 9 . 2 0 0 8

国際調査報告の発送日

1 6 . 0 9 . 2 0 0 8

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100-8915

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）

牧 初

3 V

4 4 1 4

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 5 8