

(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2016-19304
(P2016-19304A)

(43) 公開日 平成28年2月1日(2016.2.1)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO2P 29/00 (2016.01)	HO2P 5/00	5H004
GO5B 13/02 (2006.01)	GO5B 13/02	5H501

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2014-138759 (P2014-138759)
(22) 出願日 平成26年7月4日 (2014.7.4)

(71) 出願人 502129933
株式会社日立産機システム
東京都千代田区神田練塀町3番地
(74) 代理人 110001689
青稜特許業務法人
(72) 発明者 上井 雄介
東京都千代田区神田練塀町3番地 株式会
社日立産機システム内
(72) 発明者 高野 裕理
東京都千代田区神田練塀町3番地 株式会
社日立産機システム内
(72) 発明者 杉浦 正樹
東京都千代田区神田練塀町3番地 株式会
社日立産機システム内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電動機制御装置及びそれに用いる制御パラメータ自動調整方法

(57) 【要約】

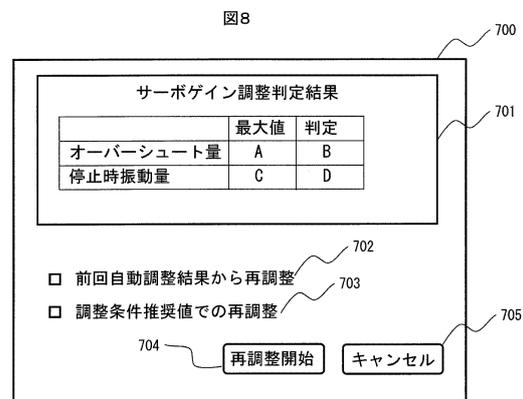
【課題】

従来、自動調整で適正な制御パラメータを得た場合でも、電動機を複数回動作させると機械特性が変化する場合がある。機械特性が変化してユーザが設定する許容値範囲を超える場合は、許容値範囲内となるよう何度も自動調整を繰り返す必要がある。また、調整条件を変更する必要があり、経験者でないと難しい場合がある。

【解決手段】

電動機制御装置の制御パラメータ自動調整方法であって、自動調整した後、制御パラメータを用いて電動機を繰り返し動作させ、運転特性データが許容値範囲内であるかを判定する電動機動作確認運転を行い、許容値範囲を超える場合、先に保存した運転特性データから、機械特性が変化しても許容値範囲を超えにくくなる制御パラメータを探索し再設定を行う第1の再調整、または、機械特性が変化しても許容値範囲を超えにくくなるように調整条件を変更し再度自動調整を行う第2の再調整を行う。

【選択図】 図8



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

電動機制御装置の制御パラメータ自動調整方法であって、
複数の制御パラメータに対して電動機を動作させて運転特性データを測定し、該複数の制御パラメータに対する複数の運転特性データを保存し、適正とする制御パラメータを調整する自動調整を行い、
前記自動調整後、前記制御パラメータを用いて電動機を繰り返し動作させ、運転特性データが許容値範囲内であるかを判定する電動機動作確認運転を行い、
許容値範囲を超える場合、前記保存した複数の運転特性データから、機械特性が変化しても許容値範囲を超えにくくなるような運転特性データに対応する制御パラメータを探索し、再設定を行う第 1 の再調整、または、
機械特性が変化しても許容値範囲を超えにくくなるように許容値条件を変更し、再度自動調整を行う第 2 の再調整を行うことを特徴とする電動機制御装置の制御パラメータ自動調整方法。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の電動機制御装置の制御パラメータ自動調整方法であって、
前記電動機動作確認運転の結果である許容値範囲内であるか否かを表示し、
前記第 1 の再調整と第 2 の再調整をユーザが選択するための選択画面を表示することを特徴とする電動機制御装置の制御パラメータ自動調整方法。

20

【請求項 3】

請求項 1 または 2 のいずれか 1 項に記載の電動機制御装置の制御パラメータ自動調整方法であって、
前記機械特性が変化しても許容値範囲を超えにくくなるような運転特性データとは、前記自動調整時の許容値よりも小さい許容値を新しい許容値範囲として、その範囲内である運転特性データであり、
前記機械特性が変化しても許容値範囲を超えにくくなるような許容値条件とは、前記自動調整時の許容値よりも小さい許容値であることを特徴とする電動機制御装置の制御パラメータ自動調整方法。

【請求項 4】

電動機制御装置の制御パラメータ自動調整方法であって、
運転特性データが許容値範囲内となるように制御パラメータを調整して制御パラメータを自動調整した後、該制御パラメータを用いて電動機を複数回動作させ、運転特性データが許容値範囲内であるかを判定する電動機動作確認運転を行い、許容値範囲内であるか否かを表示することを特徴とする電動機制御装置の制御パラメータ自動調整方法。

30

【請求項 5】

請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の電動機制御装置の制御パラメータ自動調整方法であって、
前記運転特性データは、振動振幅量またはオーバーシュート量であることを特徴とする電動機制御装置の制御パラメータ自動調整方法。

【請求項 6】

電動機制御装置であって、
電動機の位置検出値を出力する位置検出器からの信号を入力して電動機の世界検出値を出力する速度検出器と、
位置指令値と前記位置検出値との位置偏差に応じて速度指令値を出力する位置制御器と、
速度指令値と前記速度検出値との速度偏差に応じてトルク電流指令値を出力する速度制御器と、
前記電動機に供給されるトルク電流検出値を検出する電流検出器と、
前記電動機を駆動する電力変換器と、
前記トルク電流指令値と前記トルク電流検出値に応じて前記電力変換器の出力電流を調整する電流制御器と、

40

50

前記位置検出値、速度検出値、トルク電流検出値を測定するデータ測定部と、
 前記位置検出値を入力値とし、前記位置指令値を生成し、前記位置制御器及び前記速度制御器に設定する制御パラメータを出力し、該制御パラメータを自動調整するパラメータチューニング部と、
 前記電動機動作毎の制御パラメータ、及び、運転特性データを保存する調整結果管理装置を有しており、
 前記パラメータチューニング部は、複数の制御パラメータに対して、前記電動機を動作させて運転特性データを前記データ測定部で測定し、該複数の制御パラメータに対する複数の運転特性データを前記調整結果管理装置に保存し、適正とする制御パラメータを調整する自動調整を行い、前記自動調整した後、前記制御パラメータを用いて電動機を繰り返し動作させ、運転特性データが許容値範囲内であるかを判定する電動機動作確認運転を行い、
 許容値範囲を超える場合、前記保存した複数の運転特性データから、機械特性が変化しても許容値範囲を超えにくくなるような運転特性データに対応する制御パラメータを探索し、再設定を行う第1の再調整、または、機械特性が変化しても許容値範囲を超えにくくなるように許容値条件を変更し、再度自動調整を行う第2の再調整を行うことを特徴とする電動機制御装置。

10

【請求項7】

請求項6に記載の電動機制御装置であって、
 前記調整結果管理装置は、前記電動機動作確認運転の結果である許容値範囲内であるか否かを表示し、前記第1の再調整と第2の再調整をユーザが選択するための選択画面を表示することを特徴とする電動機制御装置。

20

【請求項8】

請求項6または7のいずれか1項に記載の電動機制御装置であって、
 前記機械特性が変化しても許容値範囲を超えにくくなるような運転特性データとは、前記自動調整時の許容値よりも小さい許容値を新しい許容値範囲として、その範囲内である運転特性データであり、
 前記機械特性が変化しても許容値範囲を超えにくくなるような許容値条件とは、前記自動調整時の許容値よりも小さい許容値であることを特徴とする電動機制御装置。

30

【請求項9】

請求項6から8のいずれか1項に記載の電動機制御装置であって、
 前記運転特性データは、振動振幅量またはオーバーシュート量であることを特徴とする電動機制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電動機制御装置の制御パラメータ自動調整機能に関する。

【背景技術】

【0002】

本技術分野の背景技術として、特開2007-135344号公報（特許文献1）がある。特許文献1には、「短時間に適正なフィードバックおよび/またはフィードフォワードの制御パラメータを得ることのできる自動調整法および装置を提供すること」を課題とし、「フィードバック制御パラメータの調整に際しては、連続的に変化する調整運転用の位置指令パターンを生成し、この位置指令パターンを位置制御器の位置指令として与え、位置偏差波形の振動振幅が所定値を超えない範囲内で、位置制御器および速度制御器の応答周波数を増加させ、最大の加速レートを自動設定する。一方、フィードフォワード制御パラメータの調整に際しては、複数の位置指令パターンに対して、複数の運転動作を行い、オーバーシュート量が所定値を超えないように、位置フィードフォワード制御器の制御パラメータを調整する。」と記載されている。

40

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2007-135344号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献1では、位置検出値の振動振幅量及びオーバーシュート量がユーザの設定する許容値範囲内で、適正な制御パラメータを得るまで、自動調整を繰り返す調整法および装置が記載されている。しかし、自動調整を繰り返し、適正な制御パラメータを得た場合においても、電動機を複数回動作させると、位置検出値の振動振幅量やオーバーシュート量などの機械特性が変化しやすい場合がある。よって、機械特性が変化することにより、ユーザが設定する許容値範囲を超えてしまう場合は、ユーザが設定する許容値範囲内となるよう、何度も自動調整を繰り返す必要がある。また、自動調整を繰り返すときは、自動調整する際にユーザが設定する位置検出値の振動振幅量及びオーバーシュート量といった調整条件を変更する必要がある、調整条件を変更する判断が経験者でないと難しい場合がある。

10

【0005】

本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、経験者でなくとも、機械特性の変化により、ユーザが設定する許容値範囲を超えるかを判定し、許容値範囲を超える場合には、許容値範囲を超えにくくなるような制御パラメータを自動調整する手段を提供することにより、制御パラメータを簡単に調整することを目的としている。

20

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するために、例えば特許請求の範囲に記載の構成を採用する。本願は上記課題を解決する手段を複数含んでいるが、その一例を挙げるならば、電動機制御装置の制御パラメータ自動調整方法であって、複数の制御パラメータに対して電動機を動作させて運転特性データを測定し、該複数の制御パラメータに対する複数の運転特性データを保存し、適正とする制御パラメータを調整する自動調整を行い、自動調整した後、制御パラメータを用いて電動機を繰り返し動作させ、運転特性データが許容値範囲内であるかを判定する電動機動作確認運転を行い、許容値範囲を超える場合、保存した複数の運転特性データから、機械特性が変化しても許容値範囲を超えにくくなるような運転特性データに対応する制御パラメータを探索し、再設定を行う第1の再調整、または、機械特性が変化しても許容値範囲を超えにくくなるように許容値条件を変更し、再度自動調整を行う第2の再調整を行う構成とする。

30

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、電動機の制御パラメータ自動調整終了後の、機械特性の変化による許容値範囲を超えるかの判定を簡単に確認することができる。また、機械特性が変化しても許容値範囲を超えにくくなる電動機の制御パラメータを簡単に設定することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明を適用した実施例における電動機制御装置の制御ブロック図である。

【図2】本実施例における位置指令生成部及び制御パラメータ調整部を示す制御ブロック図である。

【図3】本実施例における電動機動作時の位置指令波形及び位置検出波形及び位置偏差波形及び電動機停止信号波形の説明図である。

【図4】本実施例における電動機自動調整アルゴリズムの説明フローチャートである。

【図5】本実施例における電動機複数回動作時のデータを保存するデータテーブルである。

50

【図 6】本実施例における調整結果管理装置の画面である。

【図 7】本実施例における電動機動作確認運転の処理フローチャートである。

【図 8】本実施例における電動機動作確認運転の結果表示及び再調整に関する表示画面例である。

【図 9】本実施例における再調整詳細判定の処理フローチャートである。

【図 10】本実施例における前回運転結果再調整のフローチャートである。

【図 11】本実施例における調整条件推奨値での再調整運転処理のフローチャートである。

【図 12】本実施例における電動機制御装置の全体のシステム構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

本発明を適用した実施例では、制御パラメータの自動調整機能により電動機制御装置の制御パラメータを自動調整後、電動機を同じ条件で複数回動作させ機械特性を取得し、機械特性の変化によりユーザの許容値範囲を超えるかの判定を行う。そして、機械特性の変化によりユーザの許容値範囲外である場合、先に取得した電動機制御装置の自動調整時の調整結果、機械特性が変化しにくくなる制御パラメータの探索、及び再設定を行う第 1 の再調整と、機械特性の変化により、ユーザの許容値範囲を超えにくくなるよう電動機制御装置の自動調整機能に対し、調整条件を自動で設定し再度自動調整を行う第 2 の再調整を有する。

【0010】

以下、電動機の自動調整法及び装置について説明し、機械特性の変化により、ユーザの許容値範囲内であるかを判定する電動機動作確認運転の実施例を示す。また、電動機動作確認運転から、機械特性の変化によりユーザが設定する許容値範囲を超える場合に自動調整するための第 1 の再調整、及び第 2 の再調整について実施例を示す。

【実施例】

【0011】

本実施例では、制御パラメータの自動調整機能により電動機制御装置の制御パラメータを自動調整する際に取得する情報量を調整結果管理装置に保存し、機械特性の変化により、ユーザの許容値範囲内であるかを判定する電動機動作確認運転の実施例を示す。そして、電動機動作確認運転から、機械特性の変化によりユーザが設定する許容値範囲を超える場合に自動調整するための第 1 の再調整、及び第 2 の再調整について実施例を示す。

【0012】

ここで、本実施例で示す情報量とは、運転データ、運転特性データ、制御パラメータである。なお、運転データは、電動機に関する位置データ、速度データ、電流データである。また、運転特性データとは、電動機動作の特徴となる情報である。本実施例では、運転特性データは、後述する位置決め整定時間、オーバーシュート量、電動機停止時振動量であるが、これに限ったものではない。例えば、電動機駆動が終了した後、電動機停止中の振動量も運転特性データとなる。

【0013】

まず初めに、電動機制御装置を用いて制御パラメータを自動調整する例を示す。図 1 は本実施例による電動機制御装置の自動調整法を示す制御ブロック図である。

【0014】

図 1 において、1 は電動機、2 は電動機 1 により駆動される駆動対象負荷、3 は電動機 1 と駆動対象負荷 2 を連結する連結軸、4 は電動機 1 を駆動する電力変換器である。5 は電動機 1 に取り付けられ、電動機 1 の位置検出値 M を出力する位置検出器、6 は位置指令値 M^* と電動機 1 の位置検出値 M との位置偏差 ΔM に応じて速度指令値 M^* を出力する位置制御器である。

【0015】

7 は位置検出器 5 の出力する位置検出値 M を入力して、電動機 1 の速度検出値 M を出力する速度検出器である。8 は速度指令値 M^* と電動機 1 の速度検出値 M との速度偏差 ΔM

10

20

30

40

50

。に応じてトルク電流指令値 I_q^* を出力する速度制御器である。

【0016】

9は電動機1に供給されるトルク電流検出値 I_q を検出する電流検出器、10はトルク電流指令値 I_q^* と電動機1に供給されるトルク電流検出値 I_q に応じて電力変換器4の出力電流を調整する電流制御器である。11は位置検出値 θ_M 、速度検出値 ω_M 、トルク電流検出値 I_q を測定するデータ測定部である。

【0017】

12は位置指令 θ_M^* を生成し、位置制御器6および速度制御器8に関する制御パラメータを自動調整するパラメータチューニング部である。このパラメータチューニング部は位置指令値 θ_M^* と電動機1の位置検出値 θ_M との位置偏差 e を入力値とし、位置制御器6、及び、速度制御器8に設定する制御パラメータを出力する。

10

【0018】

13は、電動機動作毎の制御パラメータ、及び、運転データ、及び、運転特性データを保存する調整結果管理装置である。

【0019】

これらの構成を具備することで、駆動対象負荷を所望の位置まで様々な条件で駆動させ、また、駆動状態を動作毎に把握し、保存することが可能となっている。

【0020】

図2は、図1におけるパラメータチューニング部12のブロック図である。121は、予めユーザが登録した複数の位置指令パターンを順次、位置指令 θ_M^* として生成する位置指令生成部である。122は、位置偏差 e を入力として、自動で制御パラメータGainを最適な制御パラメータに調整する制御パラメータ調整部である。

20

【0021】

本実施例における電動機の自動調整は、位置指令生成部121から複数の位置指令パターン1～Nの全てに対して、実際に電動機を動作させ、全ての位置指令パターンに関して後述するオーバーシュート量 p_{ovsh} が許容値を超えない範囲を満たし、且つ、後述する位置決め整定時間 $time_{inp}$ を短縮するよう制御パラメータを自動調整することを目的とする。

【0022】

図3は位置指令生成部121から出力される位置指令パターン1を位置指令波形とした場合、電動機動作時の位置検出波形、位置指令波形と位置検出波形の偏差である位置偏差波形、電動機停止信号、及び、電動機動作の特徴となる運転特性データである。

30

【0023】

図3において、波形200は、位置指令波形であり、図2の位置指令生成部121から出力される位置指令値 $posref$ により生成された位置指令パターン1～Nの代表例である。例えば、位置指令パターン1の位置指令波形が波形200であったとする。

【0024】

波形201は、波形200に示す位置指令波形により電動機を動作させた際、実際の電動機の位置データとして位置検出器5が出力する位置検出値 $posfb$ である。

【0025】

波形202は位置指令値 $posref$ と位置検出値 $posfb$ の偏差値となる位置偏差値 $posref - posfb$ である。

40

【0026】

波形203は、位置偏差値 $posref - posfb$ の絶対値である位置偏差絶対値 $|posref - posfb|$ が位置決め幅 p_{inp} の範囲内であるかを判定する電動機停止信号PINPである。位置偏差絶対値 $|posref - posfb|$ が位置決め幅 p_{inp} より大きいとき、位置偏差絶対値は位置決め幅の範囲外であるため電動機停止信号PINP=OFFを出力する信号である。また、位置偏差絶対値 $|posref - posfb|$ が位置決め幅 p_{inp} 以下のとき、位置偏差絶対値が位置決め幅の範囲内であるため、電動機停止信号PINP=ONを出力する信号である。

【0027】

50

位置決め整定時間 $time_inp$ は、位置指令値 $posref$ が電動機停止の目標位置に到達してから、電動機停止信号 $PINP=ON$ を安定して出力するまでの時間である。位置決め整定時間 $time_inp$ は電動機の停止時間に対する指標であり、位置決め整定時間 $time_inp$ が短いほど、電動機が動作を開始してから停止するまでの時間が短くなる。一般的に、電動機動作では、位置決め整定時間 $time_inp$ は短いほうが良いとされている。

【0028】

オーバーシュート量 p_ovsh は、電動機停止の目標地点からどれだけ行き過ぎているかを表す値である。一般的に、オーバーシュート量 p_ovsh は0より大きい値を出力した場合、電動機は停止の目標位置より行き過ぎたことを表しており、できるだけ小さな値であることが望ましいとされている。

【0029】

電動機停止時振動量 p_udovsh は、電動機停止時の振動検出量であり、電動機動作時から電動機停止時のオーバーシュート量、アンダーシュート量により算出される。一般的に電動機停止振動量 p_udovsh は、小さな値であることが望ましいとされている。

【0030】

本実施例で示す、電動機制御装置における制御パラメータの自動調整法では、オーバーシュート量 p_ovsh 、及び電動機停止時振動量 p_udovsh が予めユーザが設定する許容値の範囲内であり、且つ、位置決め整定時間 $time_inp$ が短くなるよう自動調整されるが、これに限ったことではない。

【0031】

例えば、電動機を繰り返し動作させる毎に、予め電動機制御装置に設定された複数の制御パラメータの組合せにより制御パラメータを調整し、位置決め整定時間 $time_inp$ を短縮するよう自動調整を実施してもよい。

【0032】

図4は、図1、図2に示す電動機制御装置の自動調整法を用いた、電動機の自動調整手順を示すフローチャートである。本実施例での位置指令波形は、図3に示した波形200とし位置指令生成部121から出力される。位置指令生成部121から波形200を出力することで、後述する処理403にて実際に電動機を動作させ制御パラメータの自動調整を実施する。

【0033】

なお、位置指令生成部121から位置指令パターン1～Nを出力する場合についても同様である。この場合、位置指令パターン1に対し処理403を実施後、位置指令パターン2に対し処理403を連続して実施する。以降、位置指令パターンNまで処理403を連続して実施すればよい。

【0034】

図4において、自動調整機能及び装置の調整手順は、まず電動機の自動調整法を実施するため、処理400で制御パラメータの自動調整法を開始し、処理401へ移動する。

【0035】

処理401では、電動機を動作させるための位置指令パターンを位置指令生成部121から出力させるため、位置指令パターン1を設定する。また、電動機動作時にユーザが指定する許容値範囲を指定する。ここでは、ユーザが指定する許容値範囲の情報量は許容オーバーシュート量 P_ovsh_set 、許容電動機停止振動量 p_udovsh_set とする。ユーザが指定した許容オーバーシュート量 P_ovsh_set 、許容電動機停止振動量 p_udovsh_set を設定し、処理402へ移動する。処理402では、制御パラメータの自動調整回数を示す制御パラメータ調整回数 $DriveCnt$ を初期化し、処理403へ移動する。

【0036】

処理403では、位置指令生成部121から出力された位置指令パターンによって実際に電動機を動作させ、運転データとして、電動機動作中、及び、電動機停止中の位置指令波形、位置検出波形、位置偏差波形、電動機停止信号 $PINP$ を測定する。また、運転特性データとして、位置決め整定時間 $time_inp$ 、オーバーシュート量 P_ovsh 、電動機停止時振動

10

20

30

40

50

量p_udovshを測定する。このように、運転データ、及び、運転特性データを測定し、電動機動作時の制御パラメータを保存後、処理404へ移動する。

【0037】

処理404では実際に制御パラメータの自動調整回数を測定するため、制御パラメータ調整回数DriveCntをカウントアップし、処理405へ移動する。

【0038】

処理405では、処理403にて電動機を動作させた際の各情報量をデータテーブルTable[m][n]へ保存する。データテーブルTable[m][n]は各情報量を保存する配列を表す。すなわち、電動機動作により得られた情報量1は、後述する情報量1データテーブル列Table[1][DriveCnt]に、情報量2は後述する情報量2データテーブル列Table[2][DriveCnt]に保存する。以降、情報量3、情報量4、...と実施し、情報量Mの場合は情報量Mデータテーブル列Table[M][DriveCnt]に保存する。詳細は図5を用いて後述する。処理405にて、情報量1から情報量Mまでの情報量をデータテーブルTable[m][DriveCnt]に保存後、処理406へ移動する。

10

【0039】

処理406では、自動調整機能により、次に処理403で電動機を動作させる際の制御パラメータを設定し、処理407へ移動する。

【0040】

処理407では電動機の自動調整機能を終了するかを判定する。処理407にて自動調整終了と判定しなかった場合、処理403へ移動し、制御パラメータの自動調整を続ける。

20

【0041】

処理407にて自動調整終了と判定した場合、処理408に移動する。

【0042】

処理408では自動調整法により制御パラメータを調整した中から、自動調整機能が適正とする制御パラメータを電動機制御装置に設定する。適正な制御パラメータを設定後、処理409へ移動する。

【0043】

処理409では自動調整時の制御パラメータを調整した回数を示す自動調整カウント値TuningCntに制御パラメータ調整回数DriveCntを保存する。保存後、処理410へ移動し、電動機の制御パラメータ自動調整を終了する。

30

【0044】

ここで、処理407での電動機の自動調整終了判定方法は、位置決め整定時間time_inpが予めユーザが設定する許容値t_in以内であったため終了としても良い。例えば、所望の位置まで要する時間が、予めユーザが設定する許容値t_in秒以内である場合、適正な制御パラメータであると判定し、制御パラメータの自動調整を終了する。

【0045】

ただし、電動機の自動調整手順は図4のフローチャートが示す手順に限ったことではない。例えば、電動機の運転回数がある規定値を超えたため終了でもよく、自動調整法の終了条件は問わない。

40

【0046】

次に制御パラメータの自動調整法によって得た情報量を保存する調整結果管理装置について説明する。

【0047】

図5は電動機動作に関する情報量の数がm個、制御パラメータ自動調整回数がn回である情報量を表すデータテーブルTable[m][n]であり、制御パラメータ自動調整時の情報量はデータテーブルTable[m][n]に保存される。

【0048】

500は、データテーブルラベル番号LbInoであり、データテーブル列番号を表す。本実施例によれば、データテーブルラベル番号LbInoは、制御パラメータ調整回数となる。

50

制御パラメータ調整回数 1 回目の場合、データテーブルラベル番号LbINo=1となり、制御パラメータ調整回数n回目の場合、データテーブルラベル番号LbINo=nとなる。

【0049】

501は、情報量1のデータテーブル列 Table[1][n]である。本実施例によれば、制御パラメータ調整回数 1 回目の電動機動作時に得た情報量 1 のデータはTable[1][1]に保存され、制御パラメータ調整回数 2 回目の電動機動作時に得た情報量 1 のデータはTable[1][2]に保存される。

【0050】

502も501と同様に情報量2のデータをデータテーブルTable[2][1]、Table[2][2]へ順番に保存する。同様に、503は情報量3のデータテーブル列 Table[3][n]、504は情報量Mのデータテーブル列Table[M][n]である。

10

【0051】

本実施例では、情報量1はオーバーシュート量p_ovsh、情報量2は電動機停止時振動量p_udovsh、情報量3は位置決め整定時間time_inp、情報量4は制御パラメータとして説明する。

【0052】

図6は、調整結果管理装置に保存された電動機情報量のデータテーブルTable[m][n]の表示画面、及び、後述する電動機動作確認運転に関する操作ボタンの表示画面例である。

【0053】

図6において、550は画面であり、グラフ551は、データテーブルTable[m][n]に保存された情報量を調整結果管理装置に表示したグラフである。横軸を制御パラメータ調整回数とし、縦軸を情報量1で表示したグラフである。本実施例では、横軸は制御パラメータ調整回数であり、各々の調整回数に対応した、情報量1であるオーバーシュート量P_ovshがグラフ551にプロットされる。つまり、制御パラメータ調整回数が1の場合、オーバーシュート量保存データ Table[1][1]の値がプロットされる。制御パラメータ調整回数が2の場合、オーバーシュート量保存データ Table[1][2]の値が、グラフ551にプロットされている。

20

【0054】

ボタン552はユーザが重視する情報量を選択するボタンである。ユーザが重視する情報量を選択すると、それに応じた情報量がグラフ551の縦軸となる。例えば、ユーザが位置決め整定時間time_inpを重視する場合、ボタン552でユーザによって位置決め整定時間time_inpが選択されることにより、グラフ551の縦軸を位置決め整定時間time_inpに変更する。つまり、制御パラメータ調整回数が1の場合、位置決め整定時間保存データ Table[3][1]の値がプロットされる。制御パラメータ調整回数が2の場合、位置決め整定時間保存データ Table[3][2]の値が、グラフ551にプロットされる。

30

【0055】

ボタン553は、ユーザにより選択されることにより、後述する電動機動作確認運転を実施し、電動機の機械特性が変化しやすいかを判定する。ボタン554は、ユーザにより選択されることにより、後述する電動機動作確認運転を終了する。

【0056】

図6に示す調整結果管理装置を具備することで、駆動対象負荷を所望の位置まで様々な条件で駆動させた際の情報量を保存し、表示する。また、電動機動作確認運転を実施することにより、機械特性の変化によりユーザが設定する許容値を超えやすいかを判定する。

40

【0057】

これにより、電動機動作確認運転の判定により、電動機が機械特性の変化によりユーザが設定する許容値を超えやすいかという情報を、ユーザに簡単に提供することが可能となる。

【0058】

次に、電動機動作確認運転について説明する。電動機動作確認運転は、まず自動調整を繰り返して設定された適正な制御パラメータを用いて電動機動作運転を繰り返し運転する

50

。電動機動作運転を繰り返し運転する毎、電動機の情報量を取得し、情報量からオーバーシュート量 p_{ovsh_set} 、及び電動機停止時振動量 p_{udovsh_set} が、ユーザが設定する許容値範囲を超えるか判定する。判定処理は、ユーザがボタン554で電動機動作確認運転を終了するまで判定処理を実行する機能である。すなわち、電動機動作確認運転は、自動調整時に運転した運転パターン、および運転条件により、図6のボタン554でユーザが停止するまで電動機動作を繰り返す。電動機動作を繰り返し運転した場合に、電動機動作が、機械特性の変化によりユーザが指定した許容値範囲を超えずに運転するかを判定する機能である。

【0059】

図7は、電動機動作確認運転の処理フローチャートであり、図6のボタン553が選択され、電動機動作確認運転が開始された場合について示している。

10

【0060】

図7において、まず電動機の確認運転を実施するため、処理600で電動機動作確認運転を開始し、処理601へ移動する。処理601では、電動機を動作させるための位置指令パターンを位置指令生成部121から出力させるため、位置指令パターン1を設定し、処理602へ移動する。処理602では、再運転回数を示す再運転カウント値 $ReDriveCnt$ を初期化し、処理603へ移動する。

【0061】

処理603では、位置指令生成部121から出力された位置指令パターンによって実際に電動機を動作させ、運転データと、運転特性データとして、位置決め整定時間 $time_inp$ 、オーバーシュート量 P_{ovsh} 、電動機停止時振動量 p_{udovsh} を測定する。このように、運転データ、及び、運転特性データを測定し、電動機動作時の制御パラメータを保存後、処理604へ移動する。

20

【0062】

処理604では、再運転カウント値 $ReDriveCnt$ をカウントアップし、処理605へ移動する。処理605では、処理603にて電動機を動作させた際、オーバーシュート量 p_{ovsh} が許容オーバーシュート量 p_{ovsh_set} の範囲内かを判定する。オーバーシュート量 p_{ovsh} が許容オーバーシュート量 p_{ovsh_set} の範囲内であった場合、ユーザが所望する機械特性を満たすため、処理606へ移動する。オーバーシュート量 p_{ovsh} が許容オーバーシュート量 p_{ovsh_set} の範囲外であった場合、ユーザが所望する機械特性を満たしていないことになる。この場合、機械特性を満たさなかったとして、処理607へ移動する。

30

【0063】

処理607では、オーバーシュート量 p_{ovsh} が変化することにより、ユーザが指定する許容範囲外となる場合があると判定するため、オーバーシュート割れ信号 $P_{ovshflg}=ON$ し処理606へ移動する。

【0064】

処理606では、処理603にて電動機を動作させた際、電動機停止振動量 p_{udovsh} が許容電動機停止振動量 p_{udovsh_set} の範囲内かを判定する。電動機停止振動量 p_{udovsh} が許容電動機停止振動量 p_{udovsh_set} の範囲内であった場合、ユーザが所望する機械特性を満たすため、処理608へ移動する。電動機停止振動量 p_{udovsh} が許容電動機停止振動量 p_{udovsh_set} の範囲外であった場合、ユーザが所望する機械特性を満たしていないことになる。この場合、機械特性を満たさなかったとして、処理609へ移動する。

40

【0065】

処理609では、電動機停止振動量 p_{udovsh} が変化することにより、ユーザが指定する許容範囲外となる場合があると判定するため、電動機停止振動量割れ信号 $P_{udovshflg}=ON$ し処理608へ移動する。

【0066】

処理608では電動機動作確認運転を終了するかを判定する。本実施例では、電動機動作運転の停止はユーザが停止したいタイミングで図6に示すボタン554を入力すると電動機動作運転を停止する。ユーザがボタン554を入力すると、処理610へ移

50

動し、電動機動作確認運転を終了する。なお、電動機動作運転の停止は、ボタン 5 5 4 ではなく、あらかじめ設定した回数で停止するようにしても良い。

【 0 0 6 7 】

以上、図 7 に示すように、電動機動作確認運転では、まず自動調整で設定した適正な制御パラメータ、運転パターン、運転条件で電動機を繰り返し運転し、その後、機械特性の変化によりユーザが設定した許容値範囲を超えるかを判定する機能である。

【 0 0 6 8 】

図 8 は、図 7 に示す電動機動作確認運転の結果の表示、及び機械特性が変化しやすい電動機であった場合の再調整に関する表示画面例である。

【 0 0 6 9 】

図 8 において、画面 7 0 0 は電動機動作確認運転で得たデータを表示する画面の例である。表 7 0 1 は、電動機動作確認運転でオーバーシュート量 p_{ovsh} が許容値を超えたか、及び電動機停止振動量 p_{udovsh} が許容値を超えたかを表示する画面の例である。

【 0 0 7 0 】

本実施例では、電動機動作確認運転で、オーバーシュート量 p_{ovsh} が許容値を超え、且つ電動機停止振動量 p_{udovsh} も許容値を超えた場合について示す。この場合、表 7 0 1 の A には、電動機動作確認運転で複数回測定したオーバーシュート量 p_{ovsh} の最大値を表示する。表 7 0 1 の B は、オーバーシュート量 p_{ovsh} が許容値を超えた場合、つまりオーバーシュート量信号割れ $p_{ovsh_flg}=ON$ の場合、NGを表示する。なお、オーバーシュート量 p_{ovsh} が許容値を超えていない場合、つまりオーバーシュート量信号割れ $p_{ovsh_flg}=OFF$ の場合、OKを表示する。

【 0 0 7 1 】

同様に、表 7 0 1 の C には、電動機動作確認運転で複数回測定した電動機停止振動量 p_{udovsh} の最大値を表示する。表 7 0 1 の D は、電動機停止振動量 p_{udovsh} が許容値を超えた場合、つまり電動機停止時振動量信号割れ $p_{udovsh_flg}=ON$ の場合、NGを表示する。なお、電動機停止振動量 p_{udovsh} が許容値を超えていない場合、つまり電動機停止時振動量信号割れ $p_{udovsh_flg}=OFF$ の場合、OKを表示する。

【 0 0 7 2 】

ボタン 7 0 2、7 0 3 は、表 7 0 1 の B でオーバーシュート量 p_{ovsh} が許容値を超えたと判定を表示した場合、又は電動機停止時振動量 p_{udovsh} が許容値を超えたと判定を表示した場合に、ユーザが再調整を実施する手段を選択する機能である。

【 0 0 7 3 】

ボタン 7 0 2 を選択した場合、図 9、及び図 1 0 で後述する手段を用いて、図 5 で示した自動調整運転結果を保存したデータテーブル $Table[m][n]$ の中から、機械特性がより変化しにくくなる制御パラメータを探索し、設定するモードを選択したことになる。

【 0 0 7 4 】

ボタン 7 0 3 を選択した場合、図 7 に示す電動機動作確認運転の結果を元に、図 9、図 1 1 で後述する手段を用いて自動調整時の調整条件である、許容オーバーシュート量 p_{ovsh_set} 、許容電動機停止時振動量 p_{udovsh_set} を自動で変更した後、適正な制御パラメータを得るまで、再度自動調整を繰り返すモードを選択したことになる。

【 0 0 7 5 】

なお、ボタン 7 0 2 を選択した場合、ボタン 7 0 3 は解除され、ボタン 7 0 3 を選択した場合、ボタン 7 0 2 は解除されるため、ボタン 7 0 2 とボタン 7 0 3 は同時に選択されることはない。

【 0 0 7 6 】

ボタン 7 0 4 は、ボタン 7 0 2、又はボタン 7 0 3 で選択された再調整手段を実行するボタンであり、ボタン 7 0 5 は、電動機動作確認運転の結果から、再調整する必要がないと判断した場合、電動機動作確認を終了するボタンである。

【 0 0 7 7 】

このように、図 8 に示す電動機動作確認運転結果表示装置を具備することで、電動機の

10

20

30

40

50

動作が機械特性により変化し、ユーザが所望する許容値範囲内であることを確認することが出来る。これにより、ユーザに対し電動機が機械特性の変化により、ユーザが設定する許容値を超えるかの判定を提供し、機械特性の変化により、ユーザが設定する許容値を超えやすい場合には、ユーザが設定する許容値を超えにくくなるよう自動で制御パラメータを再設定、又は自動で調整条件を変更し再調整することが可能となる。

【0078】

次に、電動機の制御パラメータ再調整方法について説明する。まず、図5で示した自動調整運転結果データテーブルから、機械特性がより変化しにくくなるよう再調整する方法について示すため、ボタン702が選択された状態でボタン704が選択された場合について説明する。その場合には、機械特性の変化により、ユーザが設定する許容値を超えにくくなるような制御パラメータを、図5で示した自動調整運転結果データテーブルから探索し、設定するため、図9にて再調整詳細判定処理を実施する。

10

【0079】

図9は再調整詳細判定の処理フローである。図9において、まず、再調整詳細判定処理を実施するため、処理800で再調整詳細判定処理を開始し、処理801へ移動する。

【0080】

処理801では、図7で電動機動作確認運転した際、オーバーシュート割れ信号P_ovsh_flg=ONであったかを判定する。オーバーシュート割れ信号P_ovsh_flgは、電動機動作確認運転時、1回以上オーバーシュート量p_ovshが、許容オーバーシュート量p_ovsh_setを超えた場合ONとなる信号である。

20

【0081】

オーバーシュート割れ信号P_ovsh_flg=ONであった場合、電動機動作確認運転ではオーバーシュート量が許容値の範囲外であることが、機械特性の影響を受けやすいことを示している。この場合、処理802へ移動する。

【0082】

処理802では、オーバーシュート割れ信号P_ovsh_flg=ONであるため、電動機動作確認運転時に、1回以上オーバーシュート割れが発生している。つまり、許容オーバーシュート量p_ovsh_setで制御パラメータを自動調整すると、電動機の機械特性の変化により許容値範囲外となる場合があることを示している。この場合、自動調整の際に設定する許容オーバーシュート量p_ovsh_setは、図4で設定した許容値より小さく設定される必要がある。よって、再設定用許容オーバーシュート量P_ovsh_rtyはユーザが設定した許容オーバーシュート量p_ovsh_setから1カウント減算した値を設定し、処理804へ移動する。なお、ここでは、減算量は1カウントとしているが、減算量は問わない。例えば、表701のAで表示する電動機動作確認運転で複数回測定したオーバーシュート量p_ovshの最大値から許容オーバーシュート量p_ovsh_setを減算した値が、許容オーバーシュート量p_ovsh_setより行き過ぎた値となるため、この値の分だけ減算してもよい。

30

【0083】

オーバーシュート割れ信号P_ovsh_flg=OFFであった場合、電動機動作確認運転ではオーバーシュート量が全て許容値の範囲内であり、機械特性の変化に影響なく動作することを示している。この場合、処理803へ移動する。処理803では、オーバーシュート量が全て許容値の範囲内であるため、再設定用許容オーバーシュート量P_ovsh_rtyは、ユーザが設定した許容オーバーシュート量P_ovshから変更する必要がない。よって、再設定用許容オーバーシュート量P_ovsh_rtyを許容オーバーシュート量P_ovsh_setに設定し、処理804へ移動する。

40

【0084】

処理804では、図7で電動機動作確認運転した際、電動機停止時振動量割れ信号P_udovsh_flg=ONであったかを判定する。電動機停止時振動量割れ信号P_udovsh_flgは、電動機動作確認運転時、1回以上電動機停止時振動量p_udovshが、許容電動機停止時振動量p_udovsh_setを超えた場合ONとなる信号である。

【0085】

50

電動機停止時振動量割れ信号P_udovshflg=ONであった場合、電動機動作確認運転では電動機停止時振動量が許容値の範囲外であることが、機械特性の影響を受けやすいことを示している。この場合、処理 8 0 5 へ移動する。

【 0 0 8 6 】

処理 8 0 5 では、電動機停止時振動量割れ信号P_udovshflg=ONであるため、電動機動作確認運転時に、1回以上電動機停止時振動量割れが発生している。つまり、許容電動機停止時振動量で制御パラメータを自動調整すると、電動機の機械特性の変化により許容値範囲外となる場合があることを示している。この場合、自動調整する際に設定する許容電動機停止時振動量は、図 4 で設定した許容値より小さく設定される必要がある。よって、再設定用許容電動機停止時振動量P_udovsh_rtyはユーザが設定した許容電動機停止時振動量P_udovsh_setから1カウント減算した値を設定し、処理 8 0 7 へ移動する。なお、ここでは、減算量は1カウントとしているが、減算量は問わない。例えば、表 7 0 1 のCで表示する電動機動作確認運転で複数回測定した電動機停止時振動量P_udovshの最大値から許容電動機停止時振動量P_udovsh_setを減算した値が、許容電動機停止時振動量P_udovsh_setより行き過ぎた値となるため、この値の分だけ減算してもよい。

10

【 0 0 8 7 】

電動機停止時振動量割れ信号P_udovshflg=OFFであった場合、電動機動作確認運転では電動機停止時振動量が全て許容値の範囲内であり、機械特性の変化に影響なく動作することを示している。この場合、処理 8 0 6 へ移動し、制御パラメータ調整の再設定時に使用する、再設定用許容電動機停止時振動量P_udovsh_rtyをユーザが設定した許容電動機停止時振動量P_udovsh_setとして、処理 8 0 7 へ移動する。

20

【 0 0 8 8 】

処理 8 0 7 では、図 5 で示した自動調整運転結果データテーブルから再調整を実施するか、又は調整条件推奨値である許容オーバーシュート量P_ovsh_rty、及び許容電動機停止時振動量P_udovsh_rtyを用いて電動機制御装置の再調整を実施するかを判定する。

【 0 0 8 9 】

ボタン 7 0 2 が選択されている場合、図 5 で示した自動調整運転結果を保存したデータテーブルTable[m][n]の中から、機械特性がより変化しにくくなる制御パラメータを探索し、設定を実施するため処理 8 0 8 へ移動し、前回自動調整結果の再調整処理（第 1 の再調整処理）へ遷移する。以降の処理の詳細は図 1 0 で後述する。

30

【 0 0 9 0 】

ボタン 7 0 3 が選択されている場合、処理 8 0 9 へ移動し、調整条件推奨値での再調整処理（第 2 の再調整処理）へ遷移する。以降の処理の詳細は図 1 1 で後述する。

【 0 0 9 1 】

以上のように、図 9 により、図 4 で自動調整した制御パラメータでの電動機動作が、機械特性の変化によりユーザが設定した許容値を超えるかを判定する。そして、ユーザが設定した許容値を超えやすい場合、制御パラメータを再調整するための自動調整条件をユーザが変更することなく、自動で自動調整条件を設定することを提供する。

【 0 0 9 2 】

図 1 0 は、図 9 の処理 8 0 8 以降の処理であり、図 9 で設定した自動調整条件を用いて、図 5 で示した自動調整運転結果を保存したデータテーブルTable[m][n]の中から、機械特性の変化によりユーザが設定する許容値を超えにくくなる制御パラメータを探索し、設定を実施する手順である。

40

【 0 0 9 3 】

図 1 0 において、前回運転結果再調整手順は、まず、前回運転結果再調整法を実施するため、処理 9 0 0 で前回運転結果再調整法を開始し、処理 9 0 1 へ移動する。処理 9 0 1 では、判定中のデータテーブルTable[m][n]の列を示す再調整カウント値ResetCnt、及び、データテーブルTable[m][n]の中から最適と判定された列を示す再調整用最適運転回数DataNoを初期化し、処理 9 0 2 へ移動する。

【 0 0 9 4 】

50

処理 9 0 2 は、データテーブルTable[m][n]全てについて判定を実施したかを判定する処理である。判定処理は、データテーブルTable[m][0]からデータテーブルTable[m][TuningCnt]の範囲で、前回自動調整結果の再調整値として最適であるかを判定するため、判定処理は再調整カウント値ResetCntが自動調整カウント値TuningCnt以内で実行され続ける。処理 9 0 2 で、再調整カウント値ResetCntが自動調整カウント値TuningCnt以内であった場合、再調整カウント値ResetCntのデータテーブルにTable[][ResetCnt]について評価するため、処理 9 0 3 へ移動する。

【 0 0 9 5 】

処理 9 0 3 では、判定中の列を示す再調整カウント値ResetCntのデータテーブルTable[1][ResetCnt]に保存されたオーバーシュート量が再設定用許容オーバーシュート量P_ovsh_rty以下であるかを判定する。データテーブルTable[1][ResetCnt]に保存されたオーバーシュート量が再設定用許容オーバーシュート量P_ovsh_rty以下であった場合、再調整カウント値ResetCntの列に保存されたデータテーブルはユーザが所望する制御パラメータでありうる。この場合、次の判定処理を実施するため、処理 9 0 4 へ移動する。データテーブルTable[1][ResetCnt]に保存されたオーバーシュート量が再設定用許容オーバーシュート量P_ovsh_rtyより大きい場合、再調整カウント値ResetCntの列に保存されたデータテーブルはユーザが所望する制御パラメータではない。この場合、再調整カウント値ResetCntをカウントアップし、次のデータテーブルについて判定するため、処理 9 0 7 へ移動する。

【 0 0 9 6 】

処理 9 0 4 では、判定中の列を示す再調整カウント値ResetCntのデータテーブルTable[2][ResetCnt]に保存された電動機停止時振動量が再設定用許容電動機停止時振動量P_upovsh_rty以下であるかを判定する。データテーブルTable[2][ResetCnt]に保存された電動機停止時振動量が再設定用許容電動機停止時振動量P_upovsh_rty以下であった場合、再調整カウント値ResetCntの列に保存されたデータテーブルはユーザが所望する制御パラメータでありうる。この場合、次の判定処理を実施するため、処理 9 0 5 へ移動する。データテーブルTable[2][ResetCnt]に保存された電動機停止時振動量が再設定用許容電動機停止時振動量P_upovsh_rtyより大きい場合、再調整カウント値ResetCntの列に保存されたデータテーブルはユーザが所望する制御パラメータではない。この場合、再調整カウント値ResetCntをカウントアップし、次のデータテーブルについて判定するため、処理 9 0 7 へ移動する。

【 0 0 9 7 】

処理 9 0 5 では、判定中の列を示す再調整カウント値ResetCntのデータテーブルTable[3][ResetCnt]に保存された位置決め整定時間が、現在判定した中で最も小さな値であるかを判定する。データテーブルTable[3][DataNo]に保存された位置決め整定時間は、現在判定した中で最も小さな位置決め整定時間を保存している。これに対し、現在判定中の再調整カウント値ResetCntに保存されたデータテーブルTable[3][ResetCnt]と比較する。データテーブルTable[3][ResetCnt]に保存された位置決め整定時間が、現在判定した中で最も小さな位置決め整定時間を保存したデータテーブルTable[3][DataNo]以下であった場合、現在判定した中で最も小さな位置決め整定時間を保有するデータテーブルはデータテーブルTable[3][ResetCnt]となる。この場合、再調整用最適運転回数値DataNoを現在の再調整カウント値ResetCntの値に更新するため、処理 9 0 6 へ移動する。データテーブルTable[3][ResetCnt]に保存された位置決め整定時間が、現在判定した中で最も小さな位置決め整定時間を保存したデータテーブルTable[3][DataNo]より大きい場合、現在判定した中で最も小さな位置決め整定時間を保有するデータテーブルはデータテーブルTable[3][DataNo]となる。この場合、再調整用最適運転回数値DataNoは更新する必要がないため、再調整カウント値ResetCntをカウントアップし、次のデータテーブルについて判定するため、処理 9 0 7 へ移動する。

【 0 0 9 8 】

処理 9 0 6 では、再調整用最適運転回数値DataNoを現在の再調整カウント値ResetCntの値に更新して、次のデータテーブルについて判定するため、処理 9 0 7 へ移動する。処理

10

20

30

40

50

907では、次のデータテーブルについて判定するため、再調整カウント値ResetCntをカウントアップした後、処理902へ移動し、判定処理を続ける。

【0099】

処理902で、再調整カウント値ResetCntが自動調整カウント値TuningCntより大きくなった場合、データテーブルについて全て判定を実施したとして処理を終了し、処理908へ移動する。処理908は、再調整用最適運転回数値DataNoに保存されたデータテーブルTable[4][DataNo]の制御パラメータを電動機制御装置に再設定し、処理909へ移動し、前回自動調整結果再調整手順を終了する。

【0100】

以上、図9及び図10に示すように、オーバーシュート割れ信号P_ovshflg=ONの場合、電動機動作確認運転前に調整した自動調整での制御パラメータでは、機械特性の変化によりオーバーシュート量p_ovshが大きくなり、ユーザが設定する許容オーバーシュート量p_ovsh_setを超える場合がある。この場合、ユーザが許容値範囲として設定した許容オーバーシュート量p_ovsh_setより小さい、再設定用許容オーバーシュート量P_ovsh_rtyを自動調整の新しい許容値範囲とすることで、機械特性の変化があっても、ユーザの許容値を超えにくい制御パラメータを探索することとなる。

10

【0101】

同様に、電動機停止時振動量割れ信号P_udovshflg=ONの場合、電動機動作確認運転前に調整した自動調整での制御パラメータでは、機械特性の変化により電動機停止時振動量p_udovshが大きくなり、ユーザが設定する許容値範囲として設定した許容電動機停止時振動量p_udovsh_setを超えることがある。この場合、ユーザが許容値範囲として設定した許容電動機停止時振動量p_udovsh_setより小さい、再設定用許容電動機停止時振動量P_udovsh_rtyを自動調整の新しい許容値範囲とすることで、機械特性の変化があっても、ユーザの許容値を超えにくい制御パラメータを探索することとなる。

20

【0102】

すなわち、再設定用許容オーバーシュート量P_ovsh_rty、再設定用許容電動機停止時振動量P_udovsh_rtyを再調整用の許容値範囲とし、図5で示す自動調整時データテーブルTable[m][n]から位置決め整定時間time_inpが最も短い制御パラメータを探索し、設定する。

【0103】

次に、機械特性がより変化しにくくなるよう自動調整の条件を自動で再設定し、制御パラメータの自動調整を再度行う手段について説明する。

30

【0104】

図8のボタン703が選択された状態でボタン704が選択された場合、機械特性がより変化しにくくなるよう、図9で示した手順で自動調整の条件を自動で再設定し、図9の処理807でボタン703が選択されていることにより、適正な制御パラメータを得るまで、再度自動調整を実施するため処理809へ移動し、調整条件推奨値での再調整処理へ遷移する。図9の処理809以降の調整条件推奨値での再調整運転処理を、図11に示す。

【0105】

図11は、図4と同様に図1、図2に示す電動機制御装置の自動調整法を用いて、電動機の自動調整手順を示すフローチャートである。本実施例での位置指令波形は、図3に示した波形200とし位置指令生成部121から出力される。図2に示す位置指令生成部121から波形200を出力することで、後述する処理1003にて実際に電動機を動作させ制御パラメータの自動調整を実施する。

40

【0106】

なお、位置指令生成部121から位置指令パターン1～Nを出力する場合についても同様である。この場合、位置指令パターン1に対し処理1003を実施後、位置指令パターン2に対し処理1003を連続して実施する。以降、位置指令パターンNまで処理1003を連続して実施すればよい。

50

【0107】

図11において、自動調整機能及び装置の調整手順は、まず電動機の自動調整法を実施するため、処理1000で制御パラメータの自動調整法を開始し、処理1001へ移動する。処理1001では、電動機を動作させるための位置指令パターンを位置指令生成部121から出力させるため、位置指令パターン1を設定する。また、電動機動作時のオーバーシュート量 p_{ovsh} 、及び電動機停止時振動量 p_{udovsh} の許容値として、図9で設定した再設定用許容オーバーシュート量 P_{ovsh_rty} 、及び再設定用許容電動機停止時振動量 P_{udovsh_rty} を新しい許容値として設定する。設定後、処理1002へ移動する。処理1002では、制御パラメータの自動調整回数を示す制御パラメータ調整回数 $DriveCnt$ を初期化し、処理1003へ移動する。

10

【0108】

処理1003では、位置指令生成部121から出力された位置指令パターンによって実際に電動機を動作させ、運転データと、運転特性データとして、位置決め整定時間 $time_{inp}$ 、オーバーシュート量 P_{ovsh} 、電動機停止時振動量 p_{udovsh} を測定する。このように、運転データ、及び、運転特性データを測定し、電動機動作時の制御パラメータを保存後、処理1004へ移動する。

【0109】

処理1004では実際に制御パラメータの自動調整回数を測定するため、制御パラメータ調整回数 $DriveCnt$ をカウントアップし、処理1005へ移動する。処理1005では、処理1003にて電動機を動作させた際の各情報量をデータテーブル $Table[m][n]$ へ保存する。つまり、電動機動作により得られた情報量1は、後述する情報量1データテーブル列 $Table[1][DriveCnt]$ に、情報量2は後述する情報量2データテーブル列 $Table[2][DriveCnt]$ に保存する。以降、情報量3、情報量4、...と実施し、情報量Mの場合は情報量Mデータテーブル列 $Table[M][DriveCnt]$ に保存する。

20

【0110】

処理1005にて、情報量1から情報量Mまでの情報量をデータテーブル $Table[m][DriveCnt]$ に保存後、処理1006へ移動する。処理1006では、自動調整機能により、次に処理1003で電動機を動作させる際の制御パラメータを設定し、処理1007へ移動する。

【0111】

処理1007では電動機の自動調整機能を終了するかを判定する。処理1007にて自動調整終了と判定しなかった場合、処理1003へ移動し、制御パラメータの自動調整を続ける。

30

【0112】

処理1007にて自動調整終了と判定した場合、処理1008に移動する。処理1008では自動調整法により制御パラメータを調整した中から、自動調整機能が適正とする制御パラメータを電動機制御装置に設定する。適正な制御パラメータを設定後、処理1009へ移動し、電動機の制御パラメータ自動調整を終了する。

【0113】

ここで、処理1007での電動機の自動調整終了判定方法は、位置決め整定時間 $time_{inp}$ が予めユーザが設定する許容値 t_{in} 以内であったため終了としても良い。例えば、所望の位置まで要する時間が、予めユーザが設定する許容値 t_{in} 秒以内である場合、適正な制御パラメータであると判定し、制御パラメータの自動調整を終了する。ただし、電動機の自動調整手順は図11のフローチャートが示す手順に限ったことではない。例えば、電動機の運転回数がある規定値を超えたため終了でもよく、自動調整法の終了条件は問わない。

40

【0114】

なお、処理1009で制御パラメータ自動調整を終了後は、図6を表示して、ユーザが確認し、必要に応じて再トライする。

【0115】

50

以上、図9及び図11に示すように、オーバーシュート割れ信号P_ovshflg=ONの場合、電動機動作確認運転前に調整した自動調整での制御パラメータでは、機械特性の変化によりオーバーシュート量p_ovshが大きくなり、ユーザが設定する許容オーバーシュート量p_ovsh_setを超える場合がある。この場合、ユーザが許容値範囲として設定した許容オーバーシュート量p_ovsh_setより小さい、再設定用許容オーバーシュート量P_ovsh_rtyを自動調整の新しい許容値範囲とすることで、機械特性の変化があっても、ユーザの許容値を超えにくい制御パラメータを探索することとなる。

【0116】

同様に、電動機停止時振動量割れ信号P_udovshflg=ONの場合、電動機動作確認運転前に調整した自動調整での制御パラメータでは、機械特性の変化により電動機停止時振動量p_udovshが大きくなり、ユーザが設定する許容値範囲として設定した許容電動機停止時振動量p_udovsh_setを超えることがある。この場合、ユーザが許容値範囲として設定した許容電動機停止時振動量p_udovsh_setより小さい、再設定用許容電動機停止時振動量P_udovsh_rtyを自動調整の新しい許容値範囲とすることで、機械特性の変化があっても、ユーザの許容値を超えにくい制御パラメータを探索することとなる。

【0117】

再設定用許容オーバーシュート量P_ovsh_rty、再設定用許容電動機停止時振動量P_udovsh_rtyを新しい許容値範囲として、同様の運転パターンで自動調整を実行することにより、電動機が機械特性の変化しやすくともユーザの許容値範囲内となるよう制御パラメータを自動調整する。

【0118】

以上のように、本実施例は、電動機制御装置の制御パラメータ自動調整方法であって、複数の制御パラメータに対して電動機を動作させて運転特性データを測定し、該複数の制御パラメータに対する複数の運転特性データを保存し、適正とする制御パラメータを調整する自動調整を行い、自動調整後、制御パラメータを用いて電動機を繰り返し動作させ、運転特性データが許容値範囲内であるかを判定する電動機動作確認運転を行い、許容値範囲を超える場合、保存した複数の運転特性データから、機械特性が変化しても許容値範囲を超えにくくなるような運転特性データに対応する制御パラメータを探索し、再設定を行う第1の再調整、または、機械特性が変化しても許容値範囲を超えにくくなるように許容値条件を変更し、再度自動調整を行う第2の再調整を行う構成とする。

【0119】

また、電動機動作確認運転の結果である許容値範囲内であるか否かを表示し、第1の再調整と第2の再調整をユーザが選択するための選択画面を表示する。

【0120】

また、電動機制御装置の制御パラメータ自動調整方法であって、運転特性データが許容値範囲内となるように制御パラメータを調整して制御パラメータを自動調整した後、該制御パラメータを用いて電動機を複数回動作させ、運転特性データが許容値範囲内であるかを判定する電動機動作確認運転を行い、許容値範囲内であるか否かを表示する。

【0121】

また、電動機制御装置であって、電動機の位置検出値を出力する位置検出器からの信号を入力して電動機の世界検出値を出力する速度検出器と、位置指令値と前記位置検出値との位置偏差に応じて速度指令値を出力する位置制御器と、速度指令値と前記速度検出値との速度偏差に応じてトルク電流指令値を出力する速度制御器と、前記電動機に供給されるトルク電流検出値を検出する電流検出器と、前記電動機を駆動する電力変換器と、前記トルク電流指令値と前記トルク電流検出値に応じて前記電力変換器の出力電流を調整する電流制御器と、前記位置検出値、速度検出値、トルク電流検出値を測定するデータ測定部と、前記位置検出値を入力値とし、前記位置指令値を生成し、前記位置制御器及び前記速度制御器に設定する制御パラメータを出力し、該制御パラメータを自動調整するパラメータチューニング部と、前記電動機動作毎の制御パラメータ、及び、運転特性データを保存する調整結果管理装置を有しており、前記パラメータチューニング部は、複数の制御パラメ

10

20

30

40

50

ータに対して、前記電動機を動作させて運転特性データを前記データ測定部で測定し、該複数の制御パラメータに対する複数の運転特性データを前記調整結果管理装置に保存し、適正とする制御パラメータを調整する自動調整を行い、前記自動調整した後、前記制御パラメータを用いて電動機を繰り返し動作させ、運転特性データが許容値範囲内であることを判定する電動機動作確認運転を行い、許容値範囲を超える場合、前記保存した複数の運転特性データから、機械特性が変化しても許容値範囲を超えにくくなるような運転特性データに対応する制御パラメータを探索し、再設定を行う第1の再調整、または、機械特性が変化しても許容値範囲を超えにくくなるように許容値条件を変更し、再度自動調整を行う第2の再調整を行う構成とする。

【0122】

また、前記調整結果管理装置は、前記電動機動作確認運転の結果である許容値範囲内であるか否かを表示し、前記第1の再調整と第2の再調整をユーザが選択するための選択画面を表示する。

【0123】

図12は、本実施例における電動機制御装置の全体のシステム構成図である。図12において、1101はボールネジユニット、1102は電動機、1103は電動機1102の位置検出器、1105は負荷1104を搭載するスライダ、1100はサーボアンプ（電動機制御装置）、1106は電動機1102の位置検出信号をサーボアンプ1100に伝送するケーブルである。また、1107は、サーボアンプ1100から電動機1102に駆動電力を供給するケーブル、1108は、サーボアンプに電源を供給するケーブルである。1109は、自動調整機能、及び、調整結果管理装置を搭載するパソコン、1110はパソコン1109からの調整条件、及び、121位置指令生成部で生成される位置指令により電動機を動作させる際の電動機動作時の運転データをサーボアンプ1100に伝送する為の通信ケーブルである。

【0124】

なお、本実施例は電動機制御対象として、回転系の電動機、直動系の電動機に共通する実施例である。

【0125】

また、本実施例は電動機の自動調整時、電動機を複数回動作させる際、位置指令生成部121から出力された位置指令パターン1～Nを位置指令値として記載しているが、電動機を複数回動作させる手段は問わない。つまり、電動機制御装置に外部から入力される位置指令生成装置を取り付け、位置指令パターンを入力してもよい。

【0126】

また、電動機を複数回動作させる際、電動機制御装置の制御パラメータ調整方法は自動調整、手動調整を問わない。つまり、電動機を動作させる毎に制御パラメータを調整し、情報量が必要であれば保存してもよい。

【0127】

以上のように、本実施例によれば、電動機の制御パラメータ自動調整終了後の、機械特性の変化によるユーザが設定する許容値範囲を超えるかの判定を簡単に確認することができる。また、機械特性が変化してもユーザが設定する許容値範囲を超えにくくなる電動機の制御パラメータを簡単に設定することができる。

【0128】

本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、実施例の構成の一部について、他の構成の追加、削除、置換をすることも可能である。

【符号の説明】

【0129】

1...電動機、2...駆動対象負荷、3...連結軸、4...電力変換器、5...位置検出器、6...位置制御器、7...速度検出器、8...速度制御器、9...電流検出器、10...電流制御器

10

20

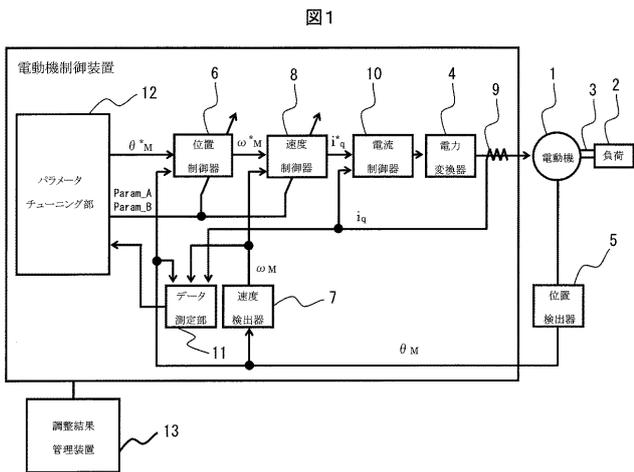
30

40

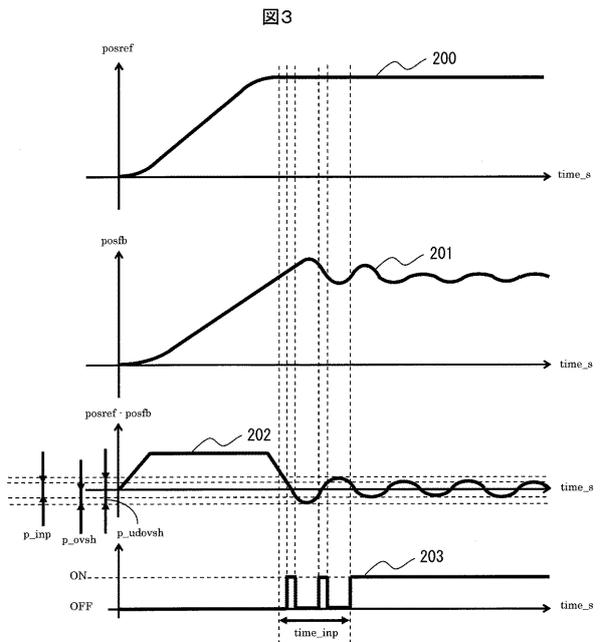
50

、
 1 1 ... データ測定部、 1 2 ... パラメータチューニング部、 1 3 ... 調整結果管理装置、
 1 2 1 ... 位置指令生成部、 1 2 2 ... 制御パラメータ調整部、 θ_M^* ... 位置指令値、
 θ_M ... 位置検出値、 ω_M^* ... 速度指令値、 ω_M ... 速度検出値、 i_q^* ... トルク電流指令値、
 i_q ... トルク電流検出値

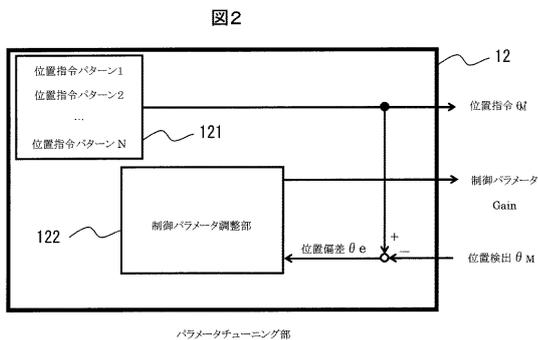
【 図 1 】



【 図 3 】

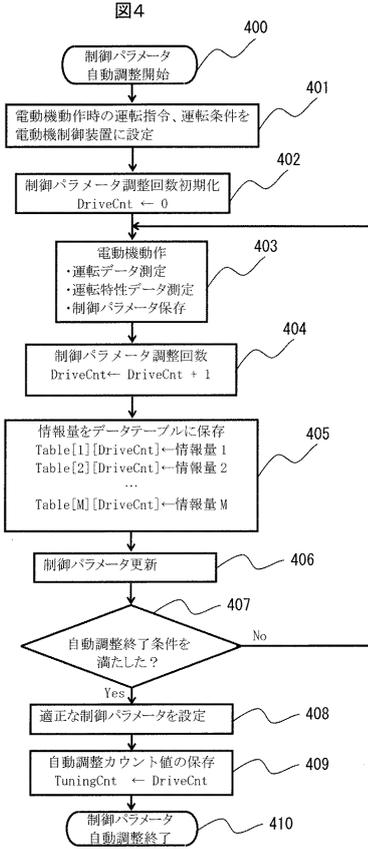


【 図 2 】



パラメータチューニング部

【 図 4 】

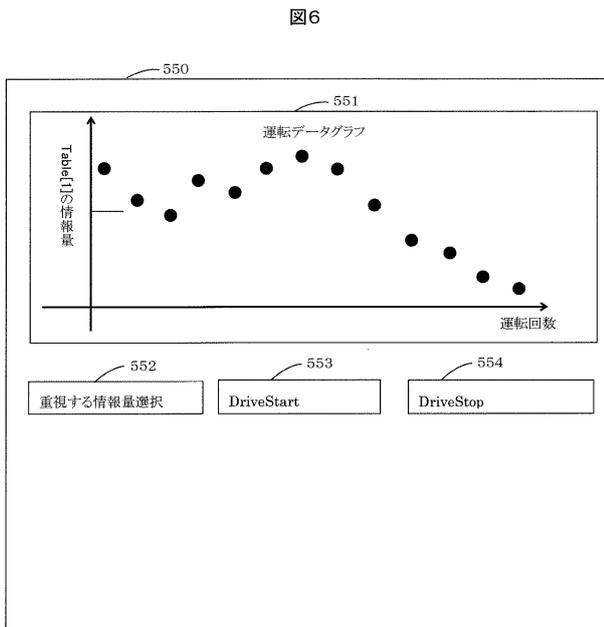


【 図 5 】

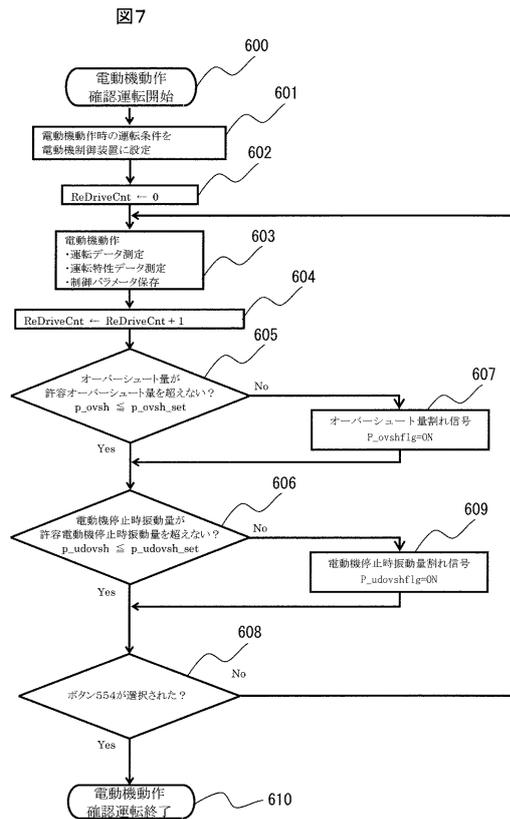
図5

500	501	502	503	...	504
LblNo	Table[1][]	Table[2][]	Table[3][]	...	Table[M][]
1	Table[1][1]	Table[2][1]	Table[3][1]	...	Table[M][1]
2	Table[1][2]	Table[2][2]	Table[3][2]	...	Table[M][2]
3	Table[1][3]	Table[2][3]	Table[3][3]	...	Table[M][3]
...
N	Table[1][n]	Table[2][n]	Table[3][n]	...	Table[M][n]

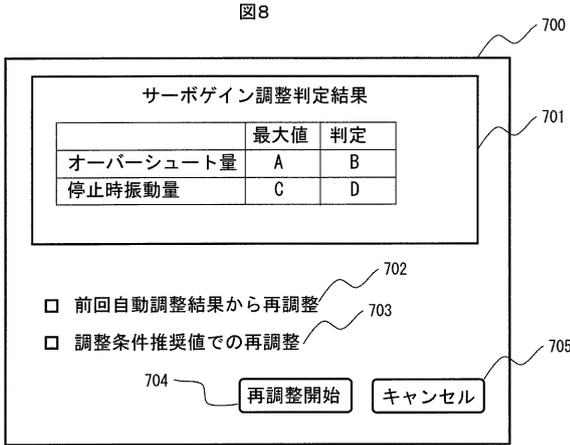
【 図 6 】



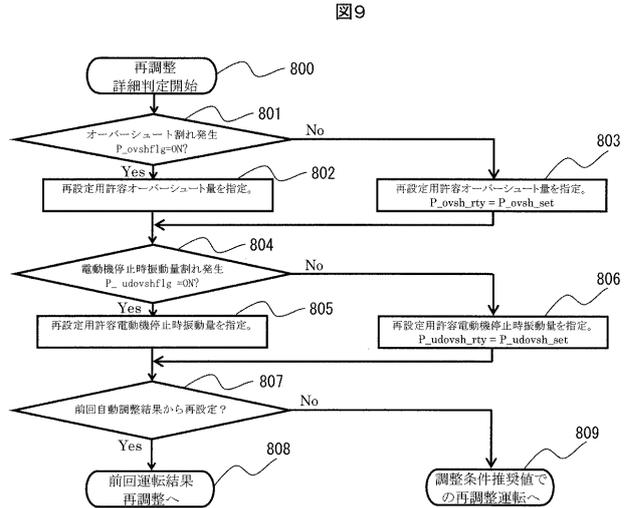
【 図 7 】



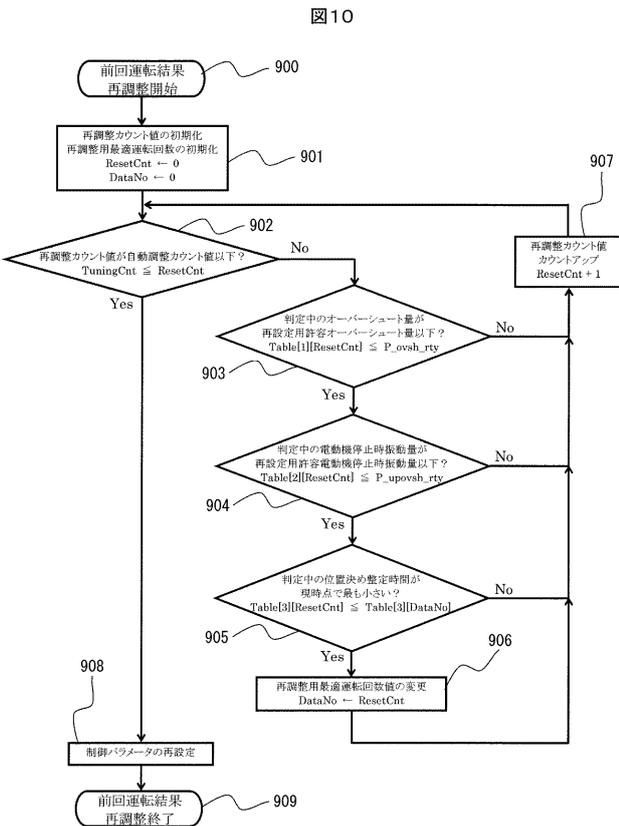
【図8】



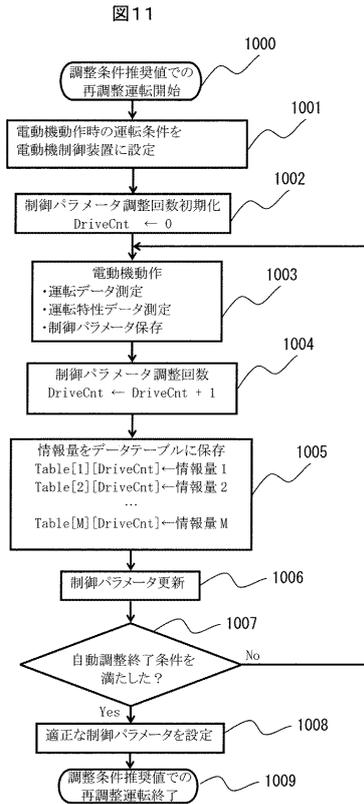
【図9】



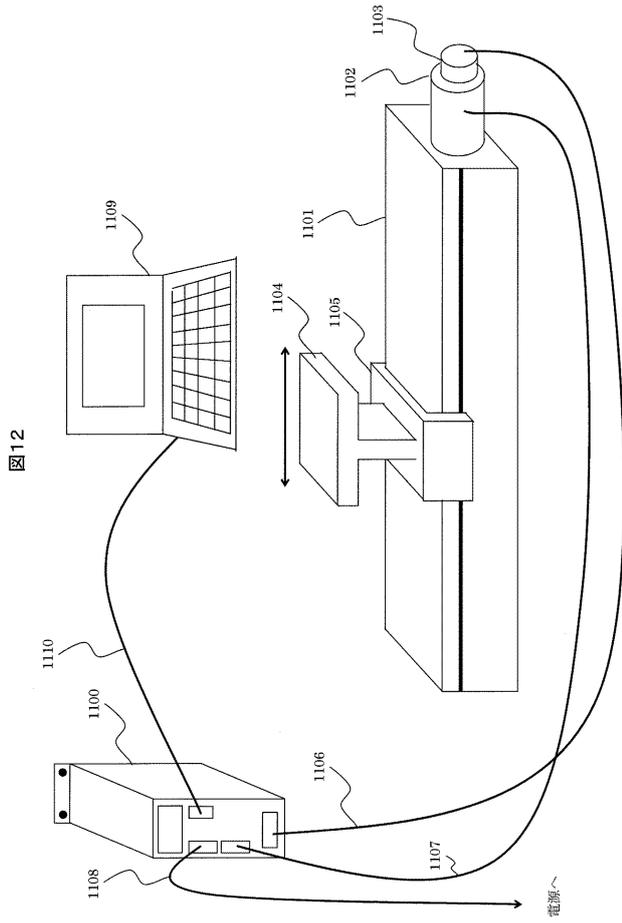
【図10】



【図11】



【 図 1 2 】



フロントページの続き

(72)発明者 高田 英人

東京都千代田区神田練堀町3番地 株式会社日立産機システム内

Fターム(参考) 5H004 GA27 HA07 KB01 KB39 KC48

5H501 BB09 GG01 GG03 GG05 GG11 JJ03 LL01 LL22 LL34