

(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2007-286895

(P2007-286895A)

(43) 公開日 平成19年11月1日(2007.11.1)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)
G05B 11/36 (2006.01) G05B 11/36 503C 5H004
G05B 13/02 (2006.01) G05B 13/02 B

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2006-113497 (P2006-113497)
 (22) 出願日 平成18年4月17日 (2006.4.17)

(71) 出願人 000006666
 株式会社山武
 東京都千代田区丸の内2丁目7番3号
 (74) 代理人 100064621
 弁理士 山川 政樹
 (74) 代理人 100098394
 弁理士 山川 茂樹
 (72) 発明者 平山 博文
 東京都千代田区丸の内2丁目7番3号 株式会社山武内
 Fターム(参考) 5H004 GA18 HA01 HB01 JA05 KB02
 KB04 KB06 KB19 KC48 LA03

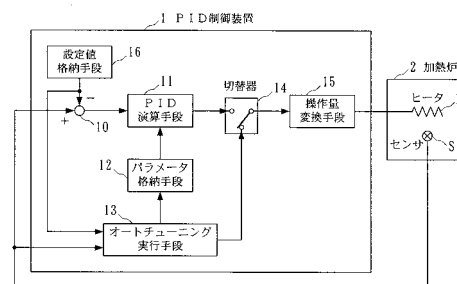
(54) 【発明の名称】 P I D制御装置

(57) 【要約】

【課題】 オートチューニングの終了時間を短縮する。

【解決手段】 オートチューニング実行手段13は、制御対象に一定振幅の操作量を出力する操作量出力手段と、操作量が変化したときから制御量が極大値又は極小値に達するまでの所要時間であるむだ時間、及び極大値又は極小値と制御の設定値との差である制御量の振幅を取得する取得手段と、むだ時間が1サイクル前の値と略一致し、かつむだ時間と同時に取得した制御量の振幅が1サイクル前の値と略一致した場合に、操作量出力手段にリミットサイクルを終了させる判定手段と、操作量がオンからオフに変化したときのむだ時間及び振幅と操作量がオフからオンに変化したときのむだ時間及び振幅に基づいて、P I Dパラメータを算出するP I Dパラメータ算出手段とを備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

制御対象に一定振幅の操作量を繰り返し出力するリミットサイクルを発生させて、この操作量の出力に応じた前記制御対象の応答に基づいて P I D パラメータを算出するオートチューニングの機能を備えた P I D 制御装置において、

前記オートチューニングの実行時に前記制御対象に一定振幅の操作量を出力する操作量出力手段と、

前記オートチューニングの実行時の制御量を観測して、前記操作量が増加したときから前記制御量が極大値又は極小値に達するまでの所要時間であるむだ時間、及び前記極大値又は極小値と制御の設定値との差である前記制御量の振幅を取得する取得手段と、

10

前記むだ時間が 1 サイクル前の値と略一致し、かつこのむだ時間と同時に取得した前記制御量の振幅が 1 サイクル前の値と略一致した場合に、前記操作量出力手段に前記リミットサイクルを終了させる判定手段と、

前記リミットサイクルが終了したときに、前記操作量がオンからオフに変化したときの前記むだ時間及び振幅と前記操作量がオフからオンに変化したときの前記むだ時間及び振幅に基づいて、P I D パラメータを算出する P I D パラメータ算出手段とを備えることを特徴とする P I D 制御装置。

【請求項 2】

請求項 1 記載の P I D 制御装置において、

前記取得手段は、前記オートチューニングの実行時に前記操作量が最初の値から変化した初回変化時と前記操作量が前記初回変化時と同極性の変化をした時の前記制御量の傾きを取得し、

20

前記判定手段は、前記制御量の傾きが 1 サイクル前の値と略一致した場合に、前記操作量出力手段に前記リミットサイクルを終了させることを特徴とする P I D 制御装置。

【請求項 3】

制御対象に一定振幅の操作量を繰り返し出力するリミットサイクルを発生させて、この操作量の出力に応じた前記制御対象の応答に基づいて P I D パラメータを算出するオートチューニングの機能を備えた P I D 制御装置において、

前記オートチューニングの実行時に前記制御対象に一定振幅の操作量を出力する操作量出力手段と、

30

前記オートチューニングの実行時の制御量を観測して、前記オートチューニングの実行時に前記操作量が最初の値から変化した初回変化時と前記操作量が前記初回変化時と同極性の変化をした時の前記制御量の傾き、前記操作量が増加したときから前記制御量が極大値又は極小値に達するまでの所要時間であるむだ時間、及び前記極大値又は極小値と制御の設定値との差である前記制御量の振幅を取得する取得手段と、

前記リミットサイクルが所定のサイクル数に達したときに、前記操作量出力手段に前記リミットサイクルを終了させる判定手段と、

前記リミットサイクルの終了時に取得した前記制御量の傾きと、前記操作量が過去に前記終了時と同極性の変化をしたときの前記むだ時間とから、前記終了時の後に現れるはずの前記制御量の振幅を推定する推定手段と、

40

前記リミットサイクルが終了したときに、前記過去のむだ時間と前記推定した制御量の振幅と、前記操作量が前記終了時と逆極性の変化をしたときの前記むだ時間及び振幅に基づいて、P I D パラメータを算出する P I D パラメータ算出手段とを備えることを特徴とする P I D 制御装置。

【請求項 4】

請求項 3 記載の P I D 制御装置において、

前記推定手段は、前記リミットサイクルの終了時に取得した前記制御量の傾きから、前記終了時における前記制御量の接線を求め、前記終了時から前記過去のむだ時間分だけ経過したときの前記接線上の点の高さを求めて、この高さから所定の割合をかけた値を推定すべき前記制御量の振幅とすることを特徴とする P I D 制御装置。

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、プロセス制御技術に関するものであり、特に制御対象に一定振幅の操作量を繰り返し出力するリミットサイクルを発生させて、この操作量の出力に応じた制御対象の応答に基づいてPIDパラメータを算出するオートチューニングの機能を備えたPID制御装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来より、PID制御装置のPIDパラメータを適切な値に設定する技術としてオートチューニング機能が提案されている（例えば特許文献1、特許文献2参照）。 10

【0003】

【特許文献1】特開2004-13542号公報

【特許文献2】特許第2588202号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

オートチューニングによれば、制御対象の特性に合わせてPIDパラメータを最適な値に設定することができる。しかしながら、例えば電気炉などの温度制御のように制御対象の応答が遅い場合、オートチューニングを一度実行すると終了するまでに多大な時間を要するという問題点があった。特に、最近は省エネルギーが謳われ、電気炉などでも断熱性が高いために昇温は速いが降温が非常に遅い装置が増えてきており、オートチューニングの終了までに例えば数時間かかるため、オートチューニングが早く終了することが望まれていた。 20

【0005】

本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、オートチューニングの終了時間を短縮することができるPID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】

【0006】

本発明は、制御対象に一定振幅の操作量を繰り返し出力するリミットサイクルを発生させて、この操作量の出力に応じた前記制御対象の応答に基づいてPIDパラメータを算出するオートチューニングの機能を備えたPID制御装置において、前記オートチューニングの実行時に前記制御対象に一定振幅の操作量を出力する操作量出力手段と、前記オートチューニングの実行時の制御量を観測して、前記操作量が変化したときから前記制御量が極大値又は極小値に達するまでの所要時間であるむだ時間、及び前記極大値又は極小値と制御の設定値との差である前記制御量の振幅を取得する取得手段と、前記むだ時間が1サイクル前の値と略一致し、かつこのむだ時間と同時に取得した前記制御量の振幅が1サイクル前の値と略一致した場合に、前記操作量出力手段に前記リミットサイクルを終了させる判定手段と、前記リミットサイクルが終了したときに、前記操作量がオンからオフに変化したときの前記むだ時間及び振幅と前記操作量がオフからオンに変化したときの前記むだ時間及び振幅に基づいて、PIDパラメータを算出するPIDパラメータ算出手段とを備えるものである。 30 40

また、本発明のPID制御装置の1構成例において、前記取得手段は、前記オートチューニングの実行時に前記操作量が最初の値から変化した初回変化時と前記操作量が前記初回変化時と同極性の変化をした時の前記制御量の傾きを取得し、前記判定手段は、前記制御量の傾きが1サイクル前の値と略一致した場合に、前記操作量出力手段に前記リミットサイクルを終了させるものである。

【0007】

また、本発明のPID制御装置は、前記オートチューニングの実行時に前記制御対象に一定振幅の操作量を出力する操作量出力手段と、前記オートチューニングの実行時の制御 50

量を観測して、前記オートチューニングの実行時に前記操作量が最初の値から変化した初回変化時と前記操作量が前記初回変化時と同極性の変化をした時の前記制御量の傾き、前記操作量が変化したときから前記制御量が極大値又は極小値に達するまでの所要時間であるむだ時間、及び前記極大値又は極小値と制御の設定値との差である前記制御量の振幅を取得する取得手段と、前記リミットサイクルが所定のサイクル数に達したときに、前記操作量出力手段に前記リミットサイクルを終了させる判定手段と、前記リミットサイクルの終了時に取得した前記制御量の傾きと、前記操作量が過去に前記終了時と同極性の変化をしたときの前記むだ時間とから、前記終了時の後に現れるはずの前記制御量の振幅を推定する推定手段と、前記リミットサイクルが終了したときに、前記過去のむだ時間と前記推定した制御量の振幅と、前記操作量が前記終了時と逆極性の変化をしたときの前記むだ時間及び振幅に基づいて、PIDパラメータを算出するPIDパラメータ算出手段とを備えるものである。

また、本発明のPID制御装置の1構成例において、前記推定手段は、前記リミットサイクルの終了時に取得した前記制御量の傾きから、前記終了時における前記制御量の接線を求め、前記終了時から前記過去のむだ時間分だけ経過したときの前記接線上の点の高さを求めて、この高さに所定の割合をかけた値を推定すべき前記制御量の振幅とするものである。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、オートチューニングの実行時に取得したむだ時間が1サイクル前の値と略一致し、かつこのむだ時間と同時に取得した制御量の振幅が1サイクル前の値と略一致した場合に、リミットサイクルを終了させて、操作量がオンからオフに変化したときのむだ時間及び振幅と操作量がオフからオンに変化したときのむだ時間及び振幅に基づいてPIDパラメータを算出するようにしたので、オートチューニングに要する時間を短縮することができる。

【0009】

また、本発明では、オートチューニングの実行時に取得した制御量の傾きが1サイクル前の値と略一致した場合に、リミットサイクルを終了させるようにしたので、オートチューニングに要する時間を更に短縮することができる。

【0010】

また、本発明では、リミットサイクルが所定のサイクル数に達したときにリミットサイクルを終了させて、リミットサイクルの終了時に取得した制御量の傾きと、操作量が過去に終了時と同極性の変化をしたときのむだ時間とから、終了時の後に現れるはずの制御量の振幅を推定し、過去のむだ時間と推定した制御量の振幅と、操作量が終了時と逆極性の変化をしたときのむだ時間及び振幅に基づいてPIDパラメータを算出するようにしたので、オートチューニングに要する時間を短縮することができる。

【0011】

また、本発明では、リミットサイクルの終了時に取得した制御量の傾きから、終了時における制御量の接線を求め、終了時から過去のむだ時間分だけ経過したときの接線上の点の高さを求めて、この高さに所定の割合をかけた値を推定すべき制御量の振幅とすることにより、この推定した振幅を用いて実用上問題のないPIDパラメータを算出することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

[第1の実施の形態]

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。図1は本発明の第1の実施の形態に係るPID制御装置の構成を示すブロック図である。PID制御装置1は、制御量PVと設定値SPとの偏差を算出する減算手段10と、偏差を零にすべく操作量MVを算出するPID演算手段11と、PID演算手段11で使用されるPIDパラメータを記憶するパラメータ格納手段12と、オートチューニングを行なうことで最適なPIDパ

ラメータをパラメータ格納手段 1 2 に記憶させるオートチューニング実行手段 1 3 と、通常の P I D 制御とオートチューニングのいずれかを選択する切替器 1 4 と、切替器 1 4 から出力された操作量を電気信号に変換して制御対象であるヒータ H に出力する操作量変換手段 1 5 と、外部から設定された制御の設定値 S P を記憶する設定値格納手段 1 6 とを備えている。

【 0 0 1 3 】

本実施の形態の P I D 制御装置 1 は、制御対象である加熱炉 2 内の温度を制御するものである。温度センサ S は、制御対象の制御量 P V (加熱炉 2 内の温度) を測定する。設定値格納手段 1 6 には、例えば P I D 制御装置 1 のオペレータによって設定値 S P (温度設定値) が設定されている。減算手段 1 0 は、制御量 P V と設定値 S P との偏差を算出し、P I D 演算手段 1 1 は、偏差を零にすべく P I D 制御演算を行って操作量 M V を算出する。通常の制御時において切替器 1 4 は、P I D 演算手段 1 1 の出力を選択している。操作量変換手段 1 5 は、P I D 演算手段 1 1 から切替器 1 4 を介して出力された操作量 M V を電気信号に変換してヒータ H に出力する。こうして、加熱炉 2 内の温度を温度設定値に一致させるようにヒータ H の加熱量が制御される。

10

【 0 0 1 4 】

次に、P I D 制御装置 1 のオートチューニング実行時の動作を図 2 ~ 図 4 を用いて説明する。図 2 はオートチューニング実行手段 1 3 の構成例を示すブロック図、図 3 は P I D 制御装置 1 のオートチューニング実行時の動作を示すフローチャート、図 4 はオートチューニング実行時にオートチューニング実行手段 1 3 が出力する操作量 M V とこの操作量 M V に応じた制御量 P V の変化の 1 例を示す波形図である。

20

【 0 0 1 5 】

オートチューニング実行手段 1 3 は、オートチューニングの実行時に制御対象に一定振幅の操作量 M V を繰り返し出力するリミットサイクルを発生させる操作量出力手段 1 3 0 と、オートチューニングの実行時に制御量 P V の傾き、むだ時間及び振幅を取得する取得手段 1 3 1 と、リミットサイクルの終了条件が成立したときにリミットサイクルを終了させる判定手段 (取得手段) 1 3 2 と、判定手段 1 3 2 が取得した制御量 P V の傾き、むだ時間及び振幅を記憶する記憶手段 1 3 3 と、リミットサイクルが終了したときに、記憶手段 1 3 3 に記憶されているむだ時間と振幅に基づいて P I D パラメータを算出する P I D パラメータ算出手段 1 3 4 とから構成される。

30

【 0 0 1 6 】

オートチューニング実行手段 1 3 は、例えばオペレータの指示に応じてオートチューニングを開始する。

操作量出力手段 1 3 0 は、オートチューニング実行時、センサ S によって測定された制御量 P V と設定値格納手段 1 6 に設定された設定値 S P とを比較し (図 3 ステップ S 1 0 0)、制御量 P V が設定値 S P 以下の場合、予め設定された操作量上限値 M V H (例えば 1 0 0 %) を操作量 M V として出力し (ステップ S 1 0 1)、制御量 P V が設定値 S P より大きい場合、予め設定された操作量下限値 M V L (例えば 0 %) を操作量 M V として出力する (ステップ S 1 0 2)。図 4 の例では、オートチューニングの開始時刻 t 1 において制御量 P V が設定値 S P 以下のため、操作量出力手段 1 3 0 は、操作量 M V = M V H を出力する。

40

【 0 0 1 7 】

オートチューニング実行時には切替器 1 4 は、オートチューニング実行手段 1 3 の出力を選択する。これにより、操作量出力手段 1 3 0 から出力された操作量 M V が切替器 1 4 を介して操作量変換手段 1 5 に出力される。

【 0 0 1 8 】

次に、判定手段 1 3 2 は、制御量 P V の傾きを求める傾き取得条件が成立したかどうかを判定する (ステップ S 1 0 3)。傾き取得条件は、オートチューニングの開始後に操作量 M V が最初の値 (図 4 の例では M V H) から変化した初回変化時と、操作量 M V が初回変化時と同極性の変化をしたときに成立する。図 4 の例では、オートチューニング開始後

50

の時刻 t_2 で操作量 MV が MVH から MVL (オンからオフ) に変化しているため、傾き取得条件が成立する。同様に、時刻 t_6 においても傾き取得条件が成立する。

取得手段 131 は、傾き取得条件が成立したときに制御量 PV の傾きを求め、求めた傾きの値を記憶手段 133 に格納する (ステップ $S104$)。

【0019】

また、判定手段 132 は、制御対象のむだ時間 L を求めるむだ時間取得条件、及び制御量 PV の振幅 A を求める振幅取得条件が成立したかどうかを判定する (ステップ $S105$)。むだ時間取得条件及び振幅取得条件は、制御量 PV が極大値又は極小値をとるときに成立する。ただし、オートチューニング開始後の最初の極値については、これらの条件が成立しないものとする。最初の極値を除外する理由は、最初の極値がパラメータ算出によって不適切な値の可能性があるからである。

10

取得手段 131 は、むだ時間取得条件及び振幅取得条件が成立したときに、むだ時間 L と制御量 PV の振幅 A とを求め、求めたむだ時間 L と振幅 A とを記憶手段 133 に格納する (ステップ $S106$)。

【0020】

図 4 の例では、時刻 t_3 において制御量 PV が極大値に達するため、取得手段 131 は、操作量 MV がオンからオフに移行した時刻 t_2 から制御量 PV が極大値に達した時刻 t_3 までの所要時間をむだ時間 L_1 として取得し、また時刻 t_3 における制御量 PV の振幅 A_1 を取得して、むだ時間 L_1 と振幅 A_1 とを記憶手段 133 に格納する。

【0021】

20

続いて、判定手段 132 は、リミットサイクル終了条件が成立したかどうかを判定する (ステップ $S107$)。リミットサイクル終了条件は、ステップ $S106$ で取得したむだ時間 L と 1 サイクル前に取得したむだ時間 L とが略一致し、かつステップ $S106$ で取得した振幅 A と 1 サイクル前に取得した振幅 A とが略一致したときに成立する。また、リミットサイクル終了条件は、ステップ $S104$ で取得した制御量 PV の傾きと 1 サイクル前に取得した制御量 PV の傾きとが略一致したときに成立する。なお、判定手段 132 は、ステップ $S106$ で取得したむだ時間と 1 サイクル前に取得したむだ時間との差の絶対値が所定の範囲内であるときにむだ時間が略一致したと判定し、ステップ $S106$ で取得した振幅と 1 サイクル前に取得した振幅との差の絶対値が所定の範囲内であるときに振幅が略一致したと判定し、ステップ $S104$ で取得した制御量 PV の傾きと 1 サイクル前に取得した制御量 PV の傾きとの差の絶対値が所定の範囲内であるときに傾きが略一致したと判定する。

30

【0022】

時刻 t_3 では制御量 PV の傾き、むだ時間 L 、振幅 A のいずれについても 1 つずつしか取得できていない。つまり、時刻 t_3 の時点では、信頼に足り得るむだ時間 L と振幅 A とが得られたかどうか定かではない。そこで、判定手段 132 は、ステップ $S107$ においてリミットサイクル終了条件が成立していないと判定し、次のサイクルに移るべくステップ $S100$ に戻る。こうして、リミットサイクル終了条件が成立するまでステップ $S100 \sim S107$ の処理が一定の周期毎に繰り返し実行される。

【0023】

40

次に、時刻 t_5 において制御量 PV が極小値に達するため、取得手段 131 は、操作量 MV が MVL から MVH (オフからオン) に移行した時刻 t_4 から制御量 PV が極小値に達した時刻 t_5 までの所要時間をむだ時間 L_2 として取得し、また時刻 t_5 における制御量 PV の振幅 A_2 を取得して、むだ時間 L_2 と振幅 A_2 とを記憶手段 133 に格納する (ステップ $S106$)。時刻 t_5 で得られるむだ時間 L_2 と振幅 A_2 とは一般に安定しているため、リミットサイクルの測定結果として採用することが可能である。時刻 t_5 の時点では、1 サイクル前のむだ時間 L 及び振幅 A が取得できておらず、制御量 PV の傾きも時刻 t_2 で求めた値だけなので、リミットサイクル終了条件は成立しない。

【0024】

時刻 t_6 に達すると、操作量 MV がオンからオフに移行するため、傾き取得条件が成立

50

する。取得手段131は、時刻 t_6 における制御量 PV の傾きを求め、求めた傾きの値を記憶手段133に格納する(ステップS104)。判定手段132は、時刻 t_6 で取得した制御量 PV の傾きと1サイクル前の時刻 t_2 で取得した制御量 PV の傾きとを比較して、リミットサイクル終了条件が成立するかどうかを判定するが(ステップS107)、ここでは仮に傾きが一致しないものとする。

【0025】

次に、時刻 t_7 において制御量 PV が極大値に達するため、取得手段131は、操作量 MV がオンからオフに移行した時刻 t_6 から制御量 PV が極大値に達した時刻 t_7 までの所要時間をむだ時間 L_3 として取得し、また時刻 t_7 における制御量 PV の振幅 A_3 を取得して、むだ時間 L_3 と振幅 A_3 とを記憶手段133に格納する(ステップS106)。そして、判定手段132は、時刻 t_7 で取得したむだ時間 L_3 と1サイクル前の時刻 t_3 で取得したむだ時間 L_1 とが略一致し、かつ時刻 t_7 で取得した振幅 A_3 と時刻 t_3 で取得した振幅 A_1 とが略一致した場合、リミットサイクル終了条件が成立したと判定し(ステップS107においてYES)、操作量出力手段130とPIDパラメータ算出手段134に対してリミットサイクルの終了を指示する。

10

【0026】

PIDパラメータ算出手段134は、リミットサイクルが終了した場合、記憶手段133に格納されているむだ時間 L_1 又は L_3 と、むだ時間 L_2 と、振幅 A_1 又は A_3 と、振幅 A_2 とを用いてPIDパラメータを算出し、このPIDパラメータをパラメータ格納手段12に格納する(ステップS108)。PIDパラメータとしては、ゲインと積分時間と微分時間とがある。以上でオートチューニングが終了する。

20

ステップS107においてむだ時間 L_1 と L_3 とが略一致して振幅 A_1 と A_3 とが略一致した場合には、むだ時間 L_1 と L_3 のうちどちらかを用いればよく、同様に振幅 A_1 と A_3 のうちどちらかを用いればよい。むだ時間 L と振幅 A からPIDパラメータを算出する方法は、例えば上記の特許文献2に開示されている。

【0027】

むだ時間 L_1 と L_3 とが略一致し、かつ振幅 A_1 と A_3 とが略一致するということは、制御応答が安定しているということであり、信頼に足り得る測定結果が得られたということである。つまり、時刻 t_7 以降のリミットサイクルを実行したとしても、同じ結果が得られることになり、これ以上のリミットサイクルを繰り返してもむだな時間を浪費するだけである。そこで、本実施の形態では、時刻 t_7 でリミットサイクル終了条件が成立した時点でリミットサイクルを終了し、それまでのリミットサイクルで得られた測定結果を用いてPIDパラメータを算出することで、オートチューニングに要する時間を短縮することができる。したがって、例えば2.5サイクルや3サイクルのリミットサイクルのサイクル数が予め指定されている場合でも、明らかに再現性の高いむだ時間 L と振幅 A とが得られた時点で、以降のリミットサイクルを省略してオートチューニングを終了することができる。時刻 t_7 でリミットサイクルを終了した場合には、最短で2サイクル弱でオートチューニングを終了できることになる。

30

【0028】

また、時刻 t_6 で取得した制御量 PV の傾きと1サイクル前の時刻 t_2 で取得した制御量 PV の傾きとが略一致した場合には、時刻 t_7 においてむだ時間 L_3 と振幅 A_3 とを求め、求めた傾きの値を記憶手段133に格納する(ステップS104)。判定手段132は、時刻 t_6 で取得した制御量 PV の傾きと時刻 t_2 で取得した制御量 PV の傾きとを比較して、リミットサイクル終了条件が成立するかどうかを判定するが(ステップS107においてYES)、操作量出力手段130とPIDパラメータ算出手段134に対してリミットサイクルの終了を指示する。この場合、PIDパラメータ算出手段134は、むだ時間 L_1 、 L_2 と振幅 A_1 、 A_2 とを用いてPIDパラメータを算出することになる。

40

【0029】

このように、本実施の形態では、制御量 PV の傾きの一致をリミットサイクルの終了条

50

件とすることにより、オートチューニングに要する時間を更に短縮することができる。時刻 t_6 でリミットサイクルを終了した場合には、最短で 1.5 サイクルでオートチューニングを終了できることになる。実行すべきリミットサイクルのサイクル数として最初から 1.5 サイクルが指定されている場合とサイクル数は結果的に同じになるが、1.5 サイクルでは確実に再現性のある測定結果が得られるとは限らないため、安全のため 2.5 サイクルもしくは 3 サイクルを指定するのが一般的である。このような指定を行った場合に、1.5 ~ 2 サイクルで安定した測定結果が得られていることが明らかな場合、それ以降のむだなりミットサイクルを繰り返すことなく、最小限のサイクル数でオートチューニングを終了することが可能である。

【0030】

10

本実施の形態では、オートチューニングに要する時間を短縮することで調整工数を大幅に減らすことができ、また従来のオートチューニングの時間と同じ時間で PID パラメータの値を変更した実験回数を増やすことができるため、制御品質の向上を図ることができる。

【0031】

[第2の実施の形態]

次に、本発明の第2の実施の形態について説明する。本実施の形態においても PID 制御装置 1 の全体構成は第1の実施の形態と同様であるので、図1の符号を用いて説明する。図5はオートチューニング実行手段13の構成例を示すブロック図、図6はPID制御装置1のオートチューニング実行時の動作を示すフローチャート、図7はオートチューニング実行時にオートチューニング実行手段13が出力する操作量 MV とこの操作量 MV に応じた制御量 PV の変化の1例を示す波形図である。

20

本実施の形態のオートチューニング実行手段13は、第1の実施の形態の構成に対して、制御量 PV の振幅を推定する推定手段135を追加したものである。

【0032】

次に、本実施の形態のPID制御装置1のオートチューニング実行時の動作を説明する。図6のステップ $S200 \sim S206$ の動作は、それぞれ第1の実施の形態で説明したステップ $S100 \sim S106$ の動作と同じである。

続いて、判定手段132は、リミットサイクル終了条件が成立したかどうかを判定する(ステップ $S207$)。本実施の形態のリミットサイクル終了条件は、リミットサイクルのサイクル数が 1.5 サイクルに達したときに成立する。したがって、図7の例では時刻 t_6 に達したときにリミットサイクル終了条件が成立する。

30

【0033】

推定手段135は、リミットサイクル終了条件が成立した場合、時刻 t_6 で取得した制御量 PV の傾きと時刻 t_3 で取得したむだ時間 L_1 とから、時刻 t_6 の後に現れるはずの制御量 PV の振幅 A_3 を推定し、推定した振幅 A_3 を記憶手段133に格納する(ステップ $S208$)。

本実施の形態では、時刻 t_3 で取得した制御量 PV の振幅 A_1 を、信頼に足り得る値かどうか定かでない値としている。これに対して、時刻 t_3 で取得したむだ時間 L_1 については、信頼に足り得る値であるとしている。むだ時間 L_1 が信頼に足り得る値である理由は、オートチューニング開始時に制御量 PV が制御可能な範囲内であれば、制御量 PV がどのような過渡状態であってもむだ時間を測定できるからである。

40

【0034】

時刻 t_3 でむだ時間 L_1 を正しく測定することができれば、むだ時間 L_1 と同様に、操作量 MV がオンからオフに移行した時刻 t_6 から制御量 PV が極大値に達した時刻 t_7 までの所要時間であるむだ時間 L_3 は、むだ時間 L_1 と同じ値となる。したがって、むだ時間 L_3 や振幅 A_3 を測定しなくても、むだ時間 L_1 を用いることで制御量 PV の振幅 A_3 を高い精度で推定することが可能である。

【0035】

制御量 PV の振幅 A_3 を推定するには、時刻 t_6 で取得した制御量 PV の傾きから、図

50

7に示すように時刻 t_6 の時点で制御量 PV の波形と接する接線 C を計算する。このとき、時刻 t_6 から L_1 時間後には制御量 PV の上昇が終わって下降に移行しているはずなので、時刻 t_6 からむだ時間 L_1 が経過したときの接線 C 上の点の高さ H (設定値 SP との差)を計算すれば、この高さ H よりも小さい値が制御量 PV の振幅 A_3 になることが分かる。振幅 A_3 は制御対象の応答特性によっても異なるが、高さ H の80~90%の値となる場合が一般的であり、例えば振幅 A_3 を高さ H の80%として決めて計算しても、実用的なPIDパラメータを求めるにあたって、この値で問題ないことが経験的に分かっている。こうして、推定手段135は、制御量 PV の振幅 A_3 を推定することができる。

【0036】

PIDパラメータ算出手段134は、推定手段135による振幅 A_3 の推定後に、記憶手段133に格納されているむだ時間 L_1 、 L_2 と振幅 A_2 、 A_3 とを用いてPIDパラメータを算出し、このPIDパラメータをパラメータ格納手段12に格納する(ステップS209)。

10

【0037】

図7に示した波形は実際に制御量 PV を測定した結果であるが、高さ H の80%の値を振幅 A_3 として採用しても、PIDのパラメータを求めるにあたって実用上の問題が無いことが分かる。図7の例の場合、制御対象の応答特性 $G(s)$ が式(1)の伝達関数式で表されるとすると、制御量 PV のレンジ=0~600、設定値 $SP=300$ 、制御対象のゲイン $G=2$ 、制御対象の時定数 $T_1=60$ 秒、 $T_2=2$ 秒、むだ時間 $L=3$ 秒の場合、従来のオートチューニング機能でPIDパラメータを求めると、比例帯=57.6%、積分時間=29秒、微分時間=7秒となった。

20

$$G(s) = (Ge^{-Ls}) / \{ (1 + T_1s)(1 + T_2s) \} \quad \dots (1)$$

【0038】

これに対して、本実施の形態のPID制御装置1によりPIDパラメータを求めた場合には、比例帯=55.0%、積分時間=29秒、微分時間=7秒となり、PID演算の実用上問題のない値を得ることができた。この程度の誤差の場合、PIDによる制御結果は実用上の差が無い。

【0039】

以上のように、本実施の形態では、リミットサイクルを1.5サイクルで自動的に終了し、1.5サイクルより後の時刻 t_7 で現れるはずの制御量 PV の振幅 A_3 を推定して、PIDパラメータを算出するので、オートチューニングに要する時間を更に短縮することができる。実行すべきリミットサイクルのサイクル数として最初から1.5サイクルが指定されている場合とサイクル数は結果的に同じになるが、最初の1サイクル目で取得する制御量 PV の振幅 A_1 が信頼に足り得る値かどうか定かではないため、安全のため2.5サイクルもしくは3サイクルを指定するのが一般的である。これに対して、本実施の形態では、信頼に足り得る値と考えられるむだ時間 L_1 と時刻 t_6 の制御量 PV の傾きとを用いて振幅 A_3 を推定するので、振幅 A_1 が信頼に足り得る値か否かに関係なく、最小限のサイクル数でオートチューニングを終了することが可能である。

30

【0040】

本実施の形態では、オートチューニングに要する時間を短縮することで調整工数を大幅に減らすことができ、また従来のオートチューニングの時間と同じ時間でPIDパラメータの値を変更した実験回数を増やすことができるため、制御品質の向上を図ることができる。

40

【0041】

なお、本実施の形態では、振幅 A_3 を推定する際に高さ H にかける割合を80%としたが、制御対象の応答特性が極端な場合などに応じて、この割合を80%から適宜設定変更できるようにしても良い。

また、予め制御量 PV の代表的な応答波形を推定手段135に登録しておき、推定手段135が時刻 t_6 の制御量 PV の傾きに当てはまる制御量 PV の波形を検索して、検索した波形から制御量 PV の振幅 A_3 を推定するようにしてもよい。

50

また、振幅 A 3 の推定が困難と判断した場合（例えばノイズなどの影響でむだ時間 L 1 の測定に失敗した場合）、推定をあきらめて振幅 A 3 の実測を行ってもよい。

【 0 0 4 2 】

また、第 1、第 2 の実施の形態において、オートチューニングの進捗状況を表示し、さらに P I D パラメータが算出できた時点で、P I D パラメータが決定した旨を知らせる表示を行うようにしてもよい。

なお、第 1、第 2 の実施の形態では、オートチューニングの開始時の操作量 M V が M V H（オン）から始まっているが、制御量 P V と設定値 S P との関係によっては M V L（オフ）から始まることは言うまでもない。

【 0 0 4 3 】

第 1、第 2 の実施の形態で説明した P I D 制御装置は、C P U、記憶装置及びインタフェースを備えたコンピュータと、これらのハードウェア資源を制御するプログラムによって実現することができる。C P U は、記憶装置に格納されたプログラムに従って第 1、第 2 の実施の形態で説明した処理を実行する。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 4 4 】

本発明は、オートチューニング機能を備えた P I D 制御装置に適用することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 5 】

【 図 1 】 本発明の第 1 の実施の形態に係る P I D 制御装置の構成を示すブロック図である。 20

【 図 2 】 図 1 の P I D 制御装置のオートチューニング実行手段の構成例を示すブロック図である。

【 図 3 】 図 1 の P I D 制御装置のオートチューニング実行時の動作を示すフローチャートである。

【 図 4 】 本発明の第 1 の実施の形態においてオートチューニング実行時にオートチューニング実行手段が出力する操作量とこの操作量に応じた制御量の変化の 1 例を示す波形図である。

【 図 5 】 本発明の第 2 の実施の形態に係る P I D 制御装置のオートチューニング実行手段の構成例を示すブロック図である。 30

【 図 6 】 本発明の第 2 の実施の形態に係る P I D 制御装置のオートチューニング実行時の動作を示すフローチャートである。

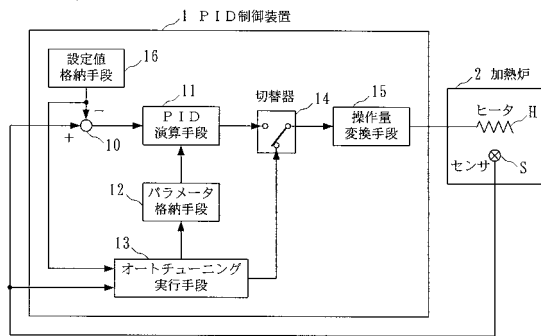
【 図 7 】 本発明の第 2 の実施の形態においてオートチューニング実行時にオートチューニング実行手段が出力する操作量とこの操作量に応じた制御量の変化の 1 例を示す波形図である。

【 符号の説明 】

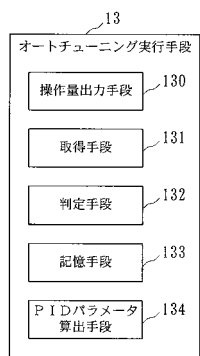
【 0 0 4 6 】

1 ... P I D 制御装置、 2 ... 加熱炉、 1 0 ... 減算手段、 1 1 ... P I D 演算手段、 1 2 ... パラメータ格納手段、 1 3 ... オートチューニング実行手段、 1 4 ... 切替器、 1 5 ... 操作量変換手段、 1 6 ... 設定値格納手段、 1 3 0 ... 操作量出力手段、 1 3 1 ... 取得手段、 1 3 2 ... 判定手段、 1 3 3 ... 記憶手段、 1 3 4 ... P I D パラメータ算出手段、 1 3 5 ... 推定手段。 40

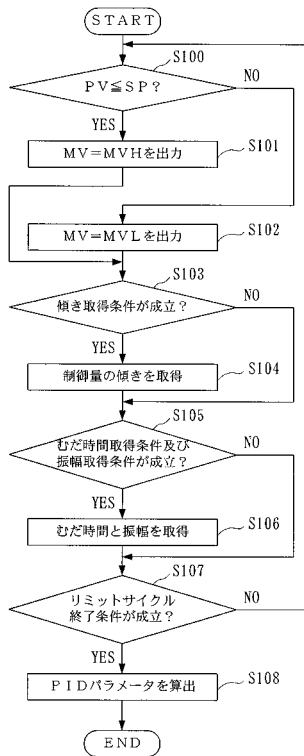
【 図 1 】



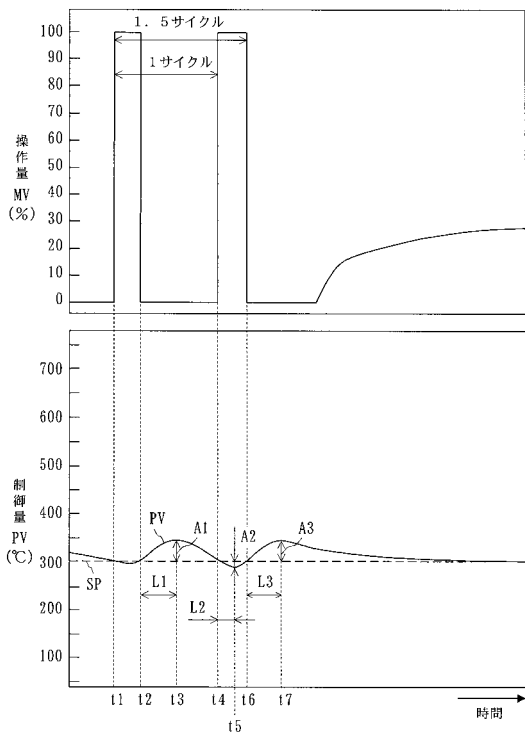
【 図 2 】



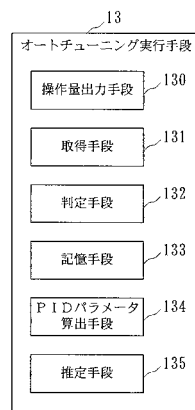
【 図 3 】



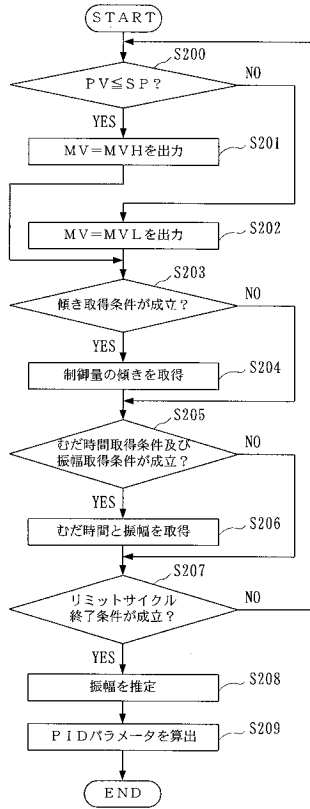
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】

