

(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2009-37377

(P2009-37377A)

(43) 公開日 平成21年2月19日(2009.2.19)

(51) Int.Cl.
G05B 19/05 (2006.01)F I
G O 5 B 19/05テーマコード (参考)
5 H 2 2 O

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2007-200425 (P2007-200425)
(22) 出願日 平成19年8月1日(2007.8.1)(71) 出願人 000167288
光洋電子工業株式会社
東京都小平市天神町1丁目171番地
(74) 代理人 100086737
弁理士 岡田 和秀
(72) 発明者 後藤 博光
東京都小平市天神町1丁目171番地 光
洋電子工業株式会社内
Fターム(参考) 5H220 AA01 BB09 CC07 HH03 JJ12
JJ53 LL06

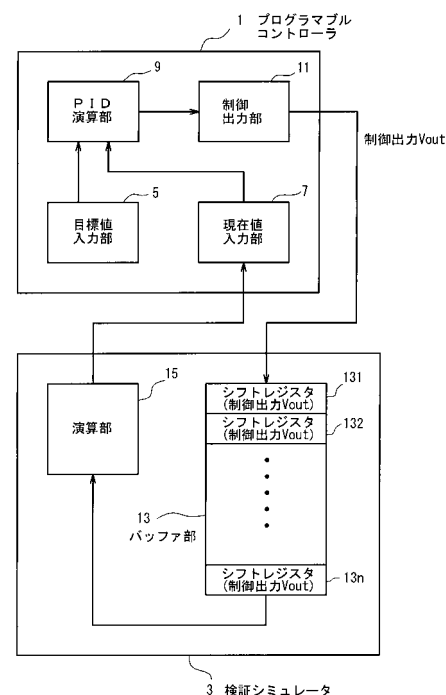
(54) 【発明の名称】 P I Dプロセス制御機能付きプログラマブルコントローラ用の検証シミュレータならびにそれを用いた検証システム

(57) 【要約】

【課題】プログラマブルコントローラのP I D演算動作の検証に要する時間の短縮化と、手間の削減化と、コストの低減化と、安全性の向上とを可能とする。

【解決手段】プログラマブルコントローラ1に対しそのP I Dプロセス制御機能の検証を行うため制御対象に代えて用いる検証シミュレータ3であって、制御出力を入力すると共に、制御対象の熱容量に対応した時間分遅らせて出力するバッファ部13と、このバッファ部13から出力される制御出力と上記制御対象の熱容量とに対応して現在値を演算してプログラマブルコントローラ1に入力する演算部15とを備える。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

目標値と制御対象からのフィードバック値である現在値との偏差に基づいて P I D 演算を行うと共にこの P I D 演算結果に対応した制御出力を制御対象に出力する P I D プロセス制御機能付きプログラマブルコントローラに対しその P I D プロセス制御機能の検証を行うため上記制御対象に代えて用いる検証シミュレータであって、

当該検証シミュレータは、

上記制御出力を入力すると共に、上記制御対象の熱容量に対応した時間分遅らせて出力するバッファ部と、

上記バッファ部から出力される制御出力と上記制御対象の熱容量とに対応して現在値を演算して上記プログラマブルコントローラに与える演算部と、

を備えたことを特徴とする検証シミュレータ。

【請求項 2】

上記バッファ部は、複数段のシフトレジスタが縦続接続されてなり、かつ、初段のシフトレジスタに入力した制御出力を次段以降のシフトレジスタに順次に単位時間ごとにシフトさせていき、終段のシフトレジスタから上記演算部に出力するよう構成されている、ことを特徴とする請求項 1 に記載の検証シミュレータ。

【請求項 3】

上記演算部は、現在値を PV 、制御出力を $Vout$ 、時間を t 、熱容量を CR とすると

、
現在値 PV を増加させる場合は $PV = Vout \times [1 - \varepsilon^{(-t/CR)}]$

現在値 PV を減少させる場合は $PV = Vout \times [\varepsilon^{(-t/CR)}]$

の式で現在値を演算することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の検証シミュレータ。

【請求項 4】

目標値と制御対象からのフィードバック値である現在値との偏差に基づいて P I D 演算を行うと共にこの P I D 演算結果に対応した制御出力を制御対象に出力する、P I D プロセス制御機能付きプログラマブルコントローラと、請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の検証シミュレータとを備えた、ことを特徴とする検証システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、目標値と制御対象からのフィードバック値である現在値との偏差に基づいて P I D 演算を行うと共に、この P I D 演算結果に対応した制御出力を制御対象に出力する P I D プロセス制御機能付きプログラマブルコントローラ（プログラマブルロジックコントローラとも称する）に対し、その P I D プロセス制御機能の検証を行うため上記制御対象に代えて用いる検証シミュレータに関するものである。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 にも開示されているように、プログラマブルコントローラは、制御対象をシーケンス制御するための基本命令と、四則演算や比較等の簡単な応用命令を実行することができる。

【0003】

一方、P I D プロセス制御命令を備えて P I D プロセス制御を行うのに用いることができるプログラマブルコントローラも開発されている。

【0004】

図 3 を参照して P I D プロセス制御を実行する機能を備えたプログラマブルコントローラ 1 は、目標値入力部 5 からの目標値と現在値入力部 7 からの現在値（制御対象 21 からのフィードバック値）との偏差に基づいて P I D 演算部 9 で P I D 演算を行うと共にこの P I D 演算結果を制御出力部 11 から制御出力として出力し、D A 変換部 17 で D A 変換して制御対象 21 に出力する。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 5 】

制御対象 2 1 として例えば電気炉を挙げると、電気炉は内部にヒータ 2 3 を備え、このヒータ 2 3 と電源 2 5 との間にスイッチ制御部 2 7 を介挿すると共に、電気炉内に温度センサ 2 9 を配置している。

【 0 0 0 6 】

そして、スイッチ制御部 2 7 を P I D 制御してヒータ 2 3 への供給電力を調節して電気炉内温度を目標値（目標温度）に制御して電気炉内の被加熱物 3 1 を加熱する場合、温度センサ 2 9 で電気炉内現在値（現在温度）を計測し、その計測した現在値をプログラマブルコントローラ 1 では A D 変換部 1 9 で A D 変換して現在値入力部 7 に与える。

【 0 0 0 7 】

このプログラマブルコントローラは、図示はしないが、例えばビルディングブロックタイプとして、電源ユニットと、C P U ユニットと、D A 変換ユニットと、A D 変換ユニットとを備えて構成し、C P U ユニットでは、C P U、プログラムメモリ、データメモリ等を備え、その C P U にて P I D 演算を行うと共に、そのデジタル値である P I D 演算結果を D A 変換ユニットで D A 変換し、制御対象からの現在値は A D 変換ユニットで A D 変換するようにしてもよい。

【 0 0 0 8 】

上記 P I D プロセス制御は比例動作（P）、積分動作（I）、微分動作（D）を組み合わせて制御対象のプロセスを制御するものであり、比例動作でハンチングのない滑らかな制御を行い、積分動作でオフセットを自動的に修正し、微分動作で外乱に対する応答を早くすることができる。

【 0 0 0 9 】

以上の構成を備えた電気炉制御のためのプログラマブルコントローラを設計製造した後、ユーザにそのプログラマブルコントローラを納品する前に、そのプログラマブルコントローラがその電気炉を制御対象として適切に P I D プロセス制御を行うか否かの検証を実施することが必要である。

【 0 0 1 0 】

検証を実施する準備として、ユーザが使用する可能性がある電気炉を想定したアプリケーションを製作する必要がある。

【 0 0 1 1 】

そのため、上記検証には時間がかかる。また、アプリケーションを動作させて検証を行う環境作りにも相当な手間とコストとがかかることに加えて、アプリケーションを動作させるには場合によっては検証上の安全性が損なわれることがある。

【特許文献 1】特開平 9 - 1 6 2 2 5 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 2 】

本発明の目的は、プログラマブルコントローラの P I D 演算動作の検証に要する時間の短縮化と、手間の削減化と、コストの低減化と、検証上の安全性向上とを可能とすることである。

【 0 0 1 3 】

この目的を解決する為の課題としては、ユーザが使用するアプリケーションと同等の動作を持たせることが可能なアプリケーションソフトウェアを作成することができ、また、ユーザが使用するアプリケーションが構成する P I D の制御対象物は多品種存在しそれぞれ動きが異なっても、その多品種の動きをどのようにしてアプリケーションソフトに組み込むかが課題になる。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 4 】

本発明に係る検証シミュレータは、目標値と制御対象からのフィードバック値である現在値との偏差に基づいて P I D 演算を行うと共にこの P I D 演算結果に対応した制御出力

10

20

30

40

50

を制御対象に出力するPIDプロセス制御機能付きプログラマブルコントローラに対しそのPIDプロセス制御機能の検証を行うため上記制御対象に代えて用いる検証シミュレータであって、上記制御出力を入力すると共に、上記制御対象の熱容量に対応した時間分遅らせて出力するバッファ部と、上記バッファ部から出力される制御出力と上記制御対象の熱容量とに対応して現在値を演算して上記プログラマブルコントローラに与える演算部と、を備えたことを特徴とするものである。

【0015】

本発明によると、プログラマブルコントローラから目標値と現在値との偏差に対応したPID演算結果である制御出力が検証シミュレータに入力されると、検証シミュレータでは、入力された制御出力を、バッファ部で制御対象の熱容量に対応した応答遅れの後に演算部で演算させるので、演算部からプログラマブルコントローラに入力される現在値を実際の制御対象を用いて検証したと同様に变化させることができる。そのため、本発明では、ユーザが使用する可能性がある多品種の制御対象に対し、そのプログラマブルコントローラが持つPID演算機能が適切に機能するか否かの検証を検証シミュレータで行うことが可能となり、従来のように上記検証を実施するに際してユーザが使用する電気炉を想定したアプリケーションを製作する必要がなくなり、また、アプリケーションを動作させて検証を行う環境作りも特に必要としなくなり、さらに検証上の安全性も確保することができる。

10

【0016】

好ましい態様の1つは、上記バッファ部は、複数段のシフトレジスタが縦続接続されており、かつ、初段のシフトレジスタに入力した制御出力を次段以降のシフトレジスタに順次に単位時間ごとにシフトさせていき、終段のシフトレジスタから上記演算部に出力するよう構成されていることである。

20

【0017】

好ましい態様の1つは、上記現在値演算部は、現在値をPV、制御出力をVout、時間をt、熱容量をCRとすると、現在値PVを増加させる場合は $PV = Vout \times [1 - e^{(-t/CR)}]$ 、現在値PVを減少させる場合は $PV = Vout \times [e^{(-t/CR)}]$ の式で現在値を演算することである。

【0018】

本発明に係る検証システムは、目標値と制御対象からのフィードバック値である現在値との偏差に基づいてPID演算を行うと共にこのPID演算結果に対応した制御出力を制御対象に出力する、PIDプロセス制御機能付きプログラマブルコントローラと、上記本発明の検証シミュレータとを備えた、ことを特徴とするものである。

30

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、プログラマブルコントローラのPID演算動作の検証を短時間で手間少なく、コスト安価に、かつ安全性を確保して実施することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下、添付した図面を参照して、本発明の実施の形態に係る検証シミュレータを説明すると、図1は、プログラマブルコントローラと、実施の形態の検証シミュレータと、を備えた検証システムを示す。図1に示す検証システムは、プログラマブルコントローラ1と、検証シミュレータ3とから構成されている。

40

【0021】

プログラマブルコントローラ1は、目標値入力部5、現在値入力部7、PID演算部9、制御出力部11を備える。目標値入力部5はユーザにより設定される。制御対象が例えば電気炉であれば、目標値は電気炉内の目的温度である。現在値入力部7は、制御対象である電気炉内の現在温度である。PID演算部9は、目標値と現在値との偏差からPID演算を行うと共に、そのPID演算結果を制御出力部11に与える。制御出力部11はそのPID演算結果に対応した制御出力を検証シミュレータ3に出力する。この場合、検証

50

シミュレータ 3 からプログラマブルコントローラ 1 の現在値入力部 7 に与えられる現在値はデジタルデータであり、また、プログラマブルコントローラ 1 から検証シミュレータ 3 に与えられる制御出力もデジタルデータである。

【0022】

検証シミュレータ 3 は、マイクロコンピュータで構成することができるものであり、プログラマブルコントローラ 1 から入力されてくる制御出力を図 3 で示す実際の制御対象 2 の熱容量に対応した時間分遅らせて出力するバッファ部 13 と、このバッファ部 13 から出力される制御出力と制御対象の熱容量とに対応して現在値を演算してプログラマブルコントローラ 1 に制御対象の現在値として与える演算部 15 と、を備えている。

【0023】

バッファ部 13 は、一例として、例えば縦続接続された n 個のシフトレジスタ 131, 132, ..., 13n で構成される。各シフトレジスタ 131, 132, ..., 13n はそれぞれ記憶素子で構成されている。このシフトレジスタ 131, 132, ..., 13n は初段のシフトレジスタ 131 に入力した制御出力を次段以降のシフトレジスタ 132, ..., 13n に順次に単位時間 t ごとにシフトさせていき、終段のシフトレジスタ 13n から演算部 15 に出力するよう構成されている。

【0024】

図 1 で示す各段のシフトレジスタ 131, 132, ..., 13n にはプログラマブルコントローラ 1 から時間 $n \times t$ 前、 $(n - 1) \times t$ 前、..., t 前に出力された制御出力 1, 2, ..., n が記憶保持されていることになる。したがって、バッファ部 13 から演算部 15 には時間 $n \times t$ 前の制御出力 V_{out} が与えられることになる。

【0025】

演算部 15 は、現在値を PV 、制御出力を V_{out} 、時間を t 、熱容量を CR とすると、現在値 PV を増加させる場合は $PV = V_{out} \times [1 - \varepsilon^{(-t/CR)}]$ の式 (1) で、現在値 PV を減少させる場合は $PV = V_{out} \times [\varepsilon^{(-t/CR)}]$ の式 (2) で、それぞれ、現在値を演算するようになっている。

【0026】

制御対象である例えば電気炉ではプログラマブルコントローラ 1 から制御出力 V_{out} が与えられても即座に応答して電気炉内の現在値 PV が目標値になるのではなくその熱容量により遅れて現在値 PV が増加または減少してくる。すなわち、制御出力 V_{out} が大きくなると現在値 PV は増加し、その増加割合は制御出力 V_{out} の大きさに対応した上昇カーブを示し、制御出力 V_{out} が小さくなると現在値 PV は減少し、その減少割合は制御出力 V_{out} の大きさに対応した下降カーブを示す。

【0027】

この上昇、下降カーブは、制御対象である電気炉の熱容量をコンデンサと抵抗との直列充放電回路とみなし、その直列充放電回路におけるその充放電時定数 CR により定まるものと仮定できる。この場合、現在値 PV が目標値より低い場合では現在値 PV を増加させるため制御出力 V_{out} が大きくなり、これによって現在値 PV が増加する上昇カーブになり、現在値 PV が目標値より高い場合では現在値 PV を減少させるため制御出力 V_{out} が小さくなり、これによって、現在値 PV が減少する下降カーブになるが、そのカーブは上記熱容量に対応して応答遅れして変化する。

【0028】

図 2 を参照して動作を説明する。図 2 (a) は制御出力 V_{out} の変化、図 2 (b) は実際の制御対象を用いた場合の PID プロセス制御による現在値 PV の変化、図 2 (c) は実施の形態の検証シミュレータ 3 においてバッファ部 13 が無く、プログラマブルコントローラ 1 からの制御出力 V_{out} を検証シミュレータ 3 の演算部 15 で演算した場合の PID プロセス制御による現在値 PV の変化、図 2 (d) は実施の形態の検証シミュレータ 3 においてバッファ部 13 により制御出力 V_{out} を実際の制御対象と同等の応答遅れ条件で遅れさせて、検証シミュレータ 3 の演算部 15 で演算した場合の PID プロセス制御による現在値 PV の変化、をそれぞれ示す。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 9 】

図 2 (b) で示す実際の制御対象を用いた P I D プロセス制御による現在値 P V の変化と比較しながら図 2 (a) と図 2 (d) とを中心に説明する。図 2 (c) は図 2 (d) との比較のために示しており、特に説明しない。

【 0 0 3 0 】

まず、図 2 (a) で示すようにプログラマブルコントローラ 1 からの制御出力 V o u t が時刻 t 0 で大きく変化する。この制御出力 V o u t は検証シミュレータ 3 のバッファ部 1 3 内のシフトレジスタ 1 3 n に入力される。

【 0 0 3 1 】

この制御出力 V o u t はバッファ部 1 3 内の n 個のシフトレジスタ 1 3 1 , 1 3 2 , ... , 1 3 n 内を順次に単位時間 t ごとにクロックでシフトされていって演算部 1 5 に入力されるから、演算部 1 5 に入力されるまでには時間 t × n を要することになる。

10

【 0 0 3 2 】

すなわち、時刻 t 0 でプログラマブルコントローラ 1 から与えられた制御出力 V o u t は、その時刻 t 0 から時間 t × n 経過後の時刻 t 1 で演算部 1 5 に入力されて上記式 1 で演算され、その演算結果が現在値 P V としてプログラマブルコントローラ 1 に入力される。

【 0 0 3 3 】

次に、この制御出力 V o u t は時刻 t n までは立ち下らないので、時刻 t n になるまでは、時刻 t 1 から順次に単位時間 t だけ経過ごとにバッファ部 1 3 からの制御出力 V o u t が入力され演算部 1 5 で演算された現在値 P V がプログラマブルコントローラ 1 に入力される。この場合、上記式 (1) から現在値 P V は図 2 (d) で示すような充放電時定数 C R により定まるカーブで上昇していく。

20

【 0 0 3 4 】

次に、図 2 (a) で示すように制御出力 V o u t が時刻 t n で立ち下ると、図 2 (b) で示すように実際の現在値 P V は時間 t × n 応答遅れして立ち下ってくる。すなわち、実施の形態では、その制御出力 V o u t は、検証シミュレータ 3 のバッファ部 1 3 により時間 t × n だけ応答遅れして演算部 1 5 に入力されてから式 (2) で演算されるので、その現在値 P V は図 2 (d) で示すように立ち下ってくる。

【 0 0 3 5 】

30

以上から、図 2 (b) で示す実際の制御対象による現在値 P V の上昇、下降カーブの形状に比較してバッファ部 1 3 で制御出力 V o u t を応答遅れさせないと図 2 (c) で示すような上昇、下降カーブとなり、図 2 (b) と一致しない。これに対して、実施の形態の検証シミュレータ 3 のバッファ部 1 3 で制御出力 V o u t を応答遅れさせた場合では、図 2 (a) の制御出力 V o u t に対して現在値 P V は図 2 (d) で示すように実際の制御対象の図 2 (b) と一致した上昇、下降カーブとなる。

【 0 0 3 6 】

以上から実施の形態では、検証シミュレータ 3 のバッファ部 1 3 により、プログラマブルコントローラ 1 からの制御出力を制御対象の熱容量に対応した時間分遅らせてから演算部 1 5 に入力するので、プログラマブルコントローラ 1 の P I D 演算動作が所要の設計通りであるか否かの検証を実施するに際して、ユーザが使用する可能性がある多品種の制御対象を想定したアプリケーションを製作する必要がなくなり、また、アプリケーションを動作させて検証を行う環境作りも特に必要としなくなり、さらに検証上の安全性も確保することができる。

40

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 7 】

【 図 1 】 図 1 は本発明の実施の形態に係る検証システムの構成を示す図である。

【 図 2 】 図 2 は図 1 の検証システムの動作説明に供する図である。

【 図 3 】 図 3 は P I D プロセス制御システムの構成を示す図である。

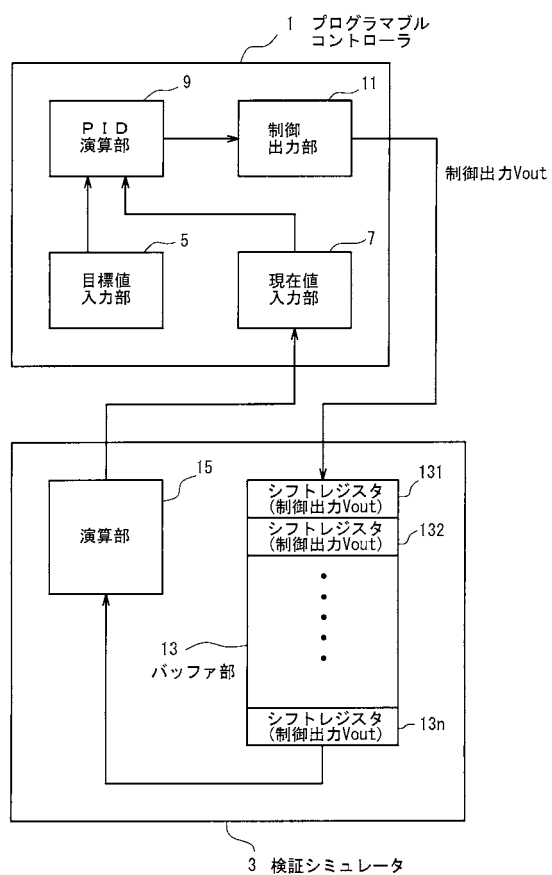
【 符号の説明 】

50

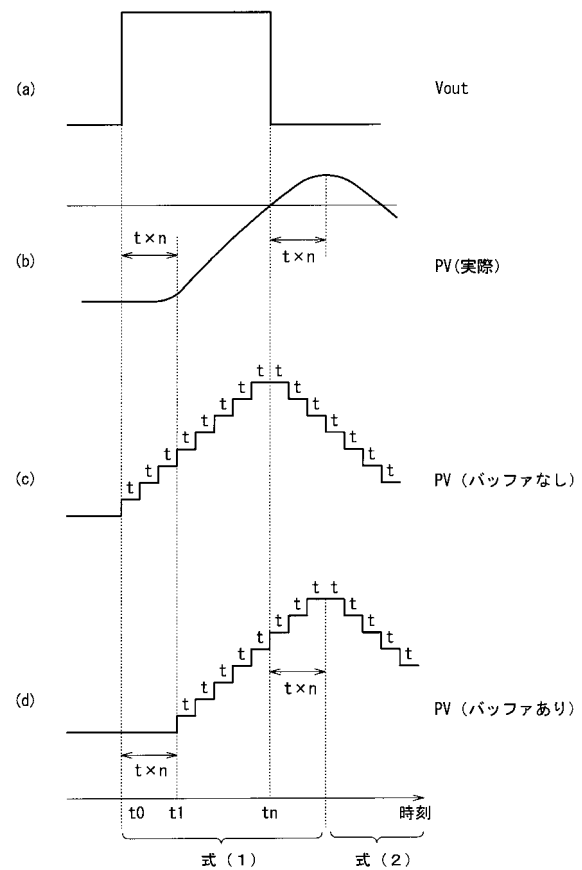
【 0 0 3 8 】

- 1 プログラマブルコントローラ
 - 5 目標値入力部
 - 7 現在値入力部
 - 9 P I D 演算部
 - 11 制御出力部
- 3 検証シミュレータ
 - 13 バッファ部
 - 15 演算部

【 図 1 】



【 図 2 】



【図 3】

