

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4298552号
(P4298552)

(45) 発行日 平成21年7月22日(2009.7.22)

(24) 登録日 平成21年4月24日(2009.4.24)

(51) Int.Cl. F I
FO2D 45/00 (2006.01) FO2D 45/00 368S
GO1L 23/22 (2006.01) GO1L 23/22

請求項の数 5 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2004-71237 (P2004-71237)	(73) 特許権者	000005326
(22) 出願日	平成16年3月12日(2004.3.12)		本田技研工業株式会社
(65) 公開番号	特開2005-256775 (P2005-256775A)		東京都港区南青山二丁目1番1号
(43) 公開日	平成17年9月22日(2005.9.22)	(74) 代理人	100081721
審査請求日	平成18年11月28日(2006.11.28)		弁理士 岡田 次生
		(74) 代理人	100105393
			弁理士 伏見 直哉
		(74) 代理人	100111969
			弁理士 平野 ゆかり
		(72) 発明者	大久保 桂
			埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
			社本田技術研究所内
		(72) 発明者	佐藤 正浩
			埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
			社本田技術研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 筒内圧検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

内燃機関の筒内圧の変化率に応じた信号を出力する筒内圧センサと、
 前記筒内圧センサの出力信号を補正する補正手段と、
 前記補正手段からの出力を積分して、筒内圧を算出する積分手段と、
前記算出された筒内圧を、第1のサイクルでサンプリングする手段と、
前記サンプリングした筒内圧に基づいて、前記第1のサイクルの長さによって該筒内
圧に蓄積されたドリフト量を算出するドリフト量算出手段と、
前記ドリフト量に基づいて、所定時間あたりの該ドリフト量の変化を示すドリフト変化
率を算出するドリフト変化率算出手段と、を備え、
前記所定時間の長さは、前記第1のサイクルの長さよりも短く、
前記算出されたドリフト変化率を前記補正手段にフィードバックし、該補正手段は、前
記所定時間の間隔で、前記筒内圧センサの出力信号から該ドリフト変化率を減じることに
より、該筒内圧センサの出力信号を補正する、
 筒内圧検出装置。

【請求項2】

前記ドリフト量算出手段によって今回算出されたドリフト量は、次回のドリフト量算出
まで保持されており、さらに、
前記ドリフト量を、前記所定時間の長さを持つ第2のサイクルでサンプリングするオー
バーサンプリング手段と、

前記オーバーサンプリングしたドリフト量を平均する手段と、を備え、

前記ドリフト変化率算出手段は、前記平均したドリフト量に基づいて、前記所定時間あたりのドリフト量の変化を示す前記ドリフト変化率を算出する、

請求項 1 に記載の筒内圧検出装置。

【請求項 3】

前記ドリフト量算出手段は、さらに、前記サンプリングした筒内圧から、所定の基準値を減算することにより、前記ドリフト量を算出する、請求項 1 または 2 に記載の筒内圧検出装置。

【請求項 4】

さらに、前記ドリフト変化率算出手段および前記補正手段の間に制御手段を備え、該制御手段は、前記ドリフト変化率をゼロに収束させるように、ドリフト補正項を算出し、前記補正手段は、前記筒内圧センサの出力信号を、前記ドリフト補正項で補正する、請求項 1 から 3 のいずれかに記載の筒内圧検出装置。

【請求項 5】

前記制御手段は、前記ドリフト変化率の前記ゼロへの収束速度を指定可能な応答指定型制御を用いて、前記ドリフト補正項を算出する、請求項 4 に記載の筒内圧検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、内燃機関の筒内圧を検出する装置に関し、より具体的には、検出される筒内圧のドリフトを補正して、より正確な筒内圧を検出する筒内圧検出装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、内燃機関のシリンダ（気筒）には、該シリンダ内の圧力（以下、筒内圧と呼ぶ）を検出する筒内圧センサが設けられる。該センサにより検出される筒内圧は、内燃機関の制御に用いられる。

【0003】

筒内圧センサとして、圧電素子を用いたセンサが知られている。このセンサは、筒内圧の変化率を検出する。図 2 2 に示されるように、筒内圧センサ 1 0 0 により検出された筒内圧の変化率は、典型的には積分回路 1 0 1 により積分される。該積分回路 1 0 1 の出力が、筒内圧として用いられる。

【0004】

圧電素子を用いた場合、一般に、筒内圧の変化と、筒内圧センサの出力との間の関係に、ヒステリシス特性が存在する。また、圧電素子の温度上昇に伴って、筒内圧センサの出力も上昇する。このような筒内圧センサを内燃機関に搭載すると、内燃機関から発生する熱に依存して、筒内圧センサの出力にバラツキが生じる。その結果、積分回路から出力される筒内圧の波形に、図 2 3 に示すような“ずれ”すなわちドリフトが生じるおそれがある。

【0005】

このようなドリフトが生じると、筒内圧を正確に検出することが困難となる。また、筒内圧センサの出力は、典型的に、その後のコンピュータ処理のためにアナログデジタル（A/D）変換される。筒内圧センサの出力にドリフト成分が含まれると、アナログ値である該筒内圧センサの出力と、該出力を A/D 変換した後のデジタル値との間に相関性が失われるおそれがある。

【0006】

以下の特許文献 1 には、このようなドリフトを補正する技術として、積分回路をリセットする手法が開示されている。図 2 4 を参照すると、各燃焼サイクルの所定のタイミングで、スイッチング素子 1 1 2 を閉じる。該素子を閉じると、コンデンサ 1 1 3 の前後の電位差が無くなり、よって演算増幅器 1 1 4 の出力が基準値にリセットされる。このリセット操作に応じて、ドリフトが除去される。

10

20

30

40

50

【特許文献1】特開平7-280686号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

図25には、上記のようなリセット操作を行った場合の、積分回路から出力される筒内圧波形が示されている。リセット操作は、時間 t_1 、 t_2 、 t_3 、 t_4 および t_5 において実施される。このようなリセット操作に起因する波形115が、筒内圧波形に重畳されていることがわかる。その結果、リセット操作の前後で、筒内圧波形に不連続な周波数特性が現れる。このような不連続な周波数特性により、筒内圧を用いたその後のコンピュータ処理に、不所望の周波数成分が混入される。これは、内燃機関の制御の精度を低下させる。また、このようなリセット操作を行っても、リセット操作とリセット操作の間、すなわち1燃焼サイクル中は、ドリフトが増大する。

10

【0008】

したがって、このようなリセット操作を行うことなく、検出される筒内圧にドリフトが現れないようにする手法が必要とされている。

【課題を解決するための手段】

【0009】

この発明の一つの側面によると、筒内圧検出装置は、内燃機関の筒内圧の変化率に応じた信号を出力する筒内圧センサと、該筒内圧センサの出力信号を補正する補正手段と、該補正手段からの出力を積分して、筒内圧を算出する積分手段と、該筒内圧に基づいて、該筒内圧に含まれるドリフトの変化率を算出するドリフト変化率算出手段と、を備える。該算出されたドリフト変化率は、補正手段にフィードバックされ、該補正手段は、該ドリフト変化率で、筒内圧センサの出力信号を補正する。

20

【0010】

この発明の一実施形態によると、上記のドリフト変化率算出手段は、さらに、上記の算出された筒内圧を、所定のサイクルでサンプリングする。該サンプリングした筒内圧に基づいて、ドリフト量を算出する。該ドリフト量に基づいて、上記ドリフト変化率を算出する。ドリフト量の算出は、該サンプリングした筒内圧から所定の基準値を減算することにより行うことができる。

【0011】

30

この発明の他の実施形態によると、上記のドリフト変化率算出手段は、さらに、上記の算出された筒内圧を、第1のサイクルでサンプリングする。該サンプリングした筒内圧に基づいて、ドリフト量を算出する。該ドリフト量を、第1のサイクルよりも短い第2のサイクルでサンプリングし、該ドリフト量のサンプル値を生成する。該ドリフト量のサンプル値を平均して、該第2のサイクルあたりのドリフト量を算出する。該第2のサイクルあたりのドリフト量に基づいて、上記ドリフト変化率を算出する。ドリフト量の算出は、該サンプリングした筒内圧から所定の基準値を減算することにより行うことができる。

【0012】

この発明の一実施形態によると、筒内圧検出装置は、さらに、上記のドリフト変化率算出手段および上記補正手段の間に、制御手段を備える。該制御手段は、上記のドリフト変化率をゼロに収束させるように、ドリフト補正項を算出する。補正手段は、該ドリフト補正項で、筒内圧センサの出力信号を補正する。一実施形態では、制御手段は、ドリフト変化率のゼロへの収束速度を指定可能な応答指定型制御を用いて、該ドリフト補正項を算出する。

40

【発明の効果】

【0013】

この発明によると、リセット操作を行うことなくドリフト成分を除去することができるので、筒内圧波形に不連続な周波数特性が現れるのを防ぐことができる。

【0014】

この発明によると、所定の時間間隔で、筒内圧に含まれるドリフト成分をフィードバック

50

クし、該フィードバックしたドリフト成分を、筒内圧センサの出力から除去する。ドリフト成分を除去するよう補正された筒内圧センサの出力を用いることにより、筒内圧センサの出力と、該出力をA/D変換した後のデジタル値との間の相関性が維持される。ドリフト成分を除去するよう補正された筒内圧センサの出力を積分するので、該積分により得られる筒内圧においてドリフトが増大するのを回避することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

次に図面を参照してこの発明の実施の形態を説明する。図1は、この発明の実施形態に従う、内燃機関（以下、エンジンと呼ぶ）およびその制御装置の全体的な構成図である。

【0016】

電子制御ユニット（以下、「ECU」という）1は、車両の各部から送られてくるデータを受け入れる入力インターフェース1a、車両の各部の制御を行うための演算を実行するCPU1b、読み取り専用メモリ（ROM）およびランダムアクセスメモリ（RAM）を有するメモリ1c、および車両の各部に制御信号を送る出力インターフェース1dを備えている。メモリ1cのROMには、車両の各部の制御を行うためのプログラムおよび各種のデータが格納されている。この発明に従う筒内圧検出のためのプログラムは、該ROMに格納される。ROMは、EPROMのような書き換え可能なROMでもよい。RAMには、CPU1bによる演算のための作業領域が設けられる。車両の各部から送られてくるデータおよび車両の各部に送り出す制御信号は、RAMに一時的に記憶される。

【0017】

エンジン2は、たとえば4サイクルのエンジンである。エンジン2は、可変圧縮比機構を備えたものでもよい。

【0018】

エンジン2は、吸気弁3を介して吸気管4に連結され、排気弁5を介して排気管6に連結されている。吸気弁3および排気弁5は、連続可変動弁系でもよい。ECU1からの制御信号に従って燃料を噴射する燃料噴射弁7が、吸気管4に設けられている。代替的に、燃料噴射弁7は、燃焼室8に設けられてもよい。

【0019】

エンジン2は、吸気管4から吸入される空気と、燃料噴射弁7から噴射される燃料との混合気を、燃焼室8に吸入する。燃焼室8には、ECU1からの点火時期信号に従って火花を飛ばす点火プラグ9が設けられている。点火プラグ9によって発せられた火花により、混合気は燃焼する。

【0020】

筒内圧センサ15は、点火プラグ9のシリンダに接する部分に埋没されている。代替的に、燃料噴射弁7が燃焼室8に設けられる場合には、筒内圧センサ15を、該燃料噴射弁7のシリンダに接する部分に埋没させてもよい。筒内圧センサ15は、燃焼室8内の筒内圧の変化率に応じた信号を生成し、それを、ECU1に送る。

【0021】

エンジン2には、クランク角センサ17が設けられている。クランク角センサ17は、クランクシャフト11の回転に伴い、パルス信号であるCRK信号およびTDC信号をECU1に出力する。

【0022】

CRK信号は、所定のクランク角で出力されるパルス信号である。ECU1は、該CRK信号に応じ、エンジン2の回転数NEを算出する。TDC信号は、ピストン10のTDC位置に関連したクランク角度で出力されるパルス信号である。

【0023】

エンジン2の吸気管4には、スロットル弁18が設けられている。スロットル弁18の開度は、ECU1からの制御信号により制御される。スロットル弁18に連結されたスロットル弁開度センサ（TH）19は、スロットル弁18の開度に応じた信号を、ECU1に供給する。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 4 】

吸気管圧力 (P b) センサ 2 0 は、スロットル弁 1 8 の下流側に設けられている。 P b センサ 2 0 によって検出された吸気管圧力 P b は E C U 1 に送られる。

【 0 0 2 5 】

E C U 1 に向けて送られた信号は入力インターフェース 1 a に渡され、アナログデジタル (A / D) 変換される。 C P U 1 b は、該デジタル信号を、メモリ 1 c に格納されているプログラムに従って処理し、車両のアクチュエータに送るための制御信号を作り出す。出力インターフェース 1 d は、これらの制御信号を、燃料噴射弁 7、点火プラグ 9、スロットル弁 1 8、およびその他の機械要素のアクチュエータに送る。

【 0 0 2 6 】

図 2 は、筒内圧センサ 1 5 の取り付けの一例を示す図である。シリンダヘッド 2 1 のねじ孔 2 2 に点火プラグ 9 がねじ込まれている。シリンダヘッド 2 1 の点火プラグの取り付け座面 2 3 と、点火プラグ座金部 2 4 との間に、筒内圧センサのセンサ素子部 2 5 が、ワッシャ 2 6 と共に挟み込まれている。センサ素子部 2 5 は、圧電素子からなる。

【 0 0 2 7 】

センサ素子部 2 5 は、点火プラグ 9 の座金として締め付けられるので、該センサ素子部 2 5 には、所定の締め付け荷重が与えられる。燃焼室 8 内の圧力が変化すると、該センサ素子部 2 5 に印加される荷重が変化し、筒内圧センサ 1 5 は、該所定の締め付け荷重に対する荷重の変化を、筒内圧の変化として検出する。

【 0 0 2 8 】

図 3 を参照して、本願発明の原理を説明する。図 3 の (a) は、筒内圧センサ 1 5 の出力、すなわち筒内圧の変化率 V_{ps} を示す。

【 0 0 2 9 】

筒内圧センサの出力 V_{ps} には、ドリフト成分 dft が含まれており、式 (1) のように表すことができる。

【 0 0 3 0 】

$$V_{ps} = V_{ps}' + dft \quad (1)$$

筒内圧を検出するため、式 (2) に示されるように、筒内圧センサの出力 V_{ps} を積分する。積分により得られる筒内圧 P_{cyl} の波形が、図 3 の (b) に表されている。ライン 8 1 に示されるように、 dft に起因したドリフトが現れている。

【 数 1 】

$$P_{cyl} = \int V_{ps} = \int (V_{ps}' + \Delta dft) dt \quad (2)$$

【 0 0 3 1 】

本願発明では、図 3 の (b) 筒内圧波形に現れるドリフト 8 1 について、ドリフト変化率 P_{cyl_comp} を算出する。該ドリフト変化率 P_{cyl_comp} を、図 3 の (a) に示される、筒内圧の変化率 V_{ps} から減算する。こうして得られた、ドリフト補正済み筒内圧変化率 ($V_{ps} - P_{cyl_comp}$) を、式 (3) に示されるように積分する。

【 数 2 】

$$P_{cyl} = \int (V_{ps} - P_{cyl_comp}) dt \quad (3)$$

【 0 0 3 2 】

式 (3) に式 (1) を代入すると、式 (4) が得られる。

【 数 3 】

$$P_{cyl} = \int (V_{ps}' + \Delta dft - P_{cyl_comp}) dt \quad (4)$$

10

20

30

40

50

【 0 0 3 3 】

筒内圧センサの出力に含まれるドリフト成分 $d f t$ は、ドリフト変化率を表している。すなわち、ドリフト成分 $d f t$ は、筒内圧から算出されるドリフト変化率 $P c y l _ c o m p$ に等しい。したがって、式 (4) は、式 (5) のように表される。

【 数 4 】

$$P c y l = \int V p s' dt \quad (5)$$

【 0 0 3 4 】

このように、筒内圧センサの出力 $V p s$ から、ドリフト変化率 $P c y l _ c o m p$ を減算することにより得られる値 $V p s'$ を積分すれば、ドリフト成分を含まない筒内圧 $P c y l$ を得ることができる。ドリフト成分を含まない筒内圧 $P c y l$ の波形を、図 3 の (c) に示す。

10

【 0 0 3 5 】

図 3 の (b) のライン 8 1 に示すように、ドリフトは、ほぼ線形に変化する。ライン 8 1 に基づいて、ドリフト変化率 $P c y l _ c o m p$ を求めることができる。

【 0 0 3 6 】

以下に、本願発明に従う、いくつかの実施例を説明する。ドリフトおよび筒内圧についての「変化率」は、所定時間あたりの変化量を表している。以下の実施例では、時間は、クランク角度を用いて計時される。したがって、サンプリングおよび演算等の各処理は、クランク角度に同期するよう行われる。代替的に、他のパラメータを用いて、時間を計時してもよい。また、代替的に、タイマ等を設けて、各処理を所定の時間間隔で行うようにしてもよい。

20

【 実施例 1 】

【 0 0 3 7 】

図 4 は、本発明の第 1 の実施例に従う、筒内圧検出装置のブロック図である。筒内圧検出装置は、典型的には、E C U 1 内に実現される。示されるブロックにより実現される機能は、典型的には、コンピュータプログラムにより実現される。代替的に、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェアおよびこれらの組み合わせにより、これらの機能を実現してもよい (以下のブロック図についても同様である) 。筒内圧センサ 1 5 の出力は、アナログデジタル変換され、 $V p s$ として筒内圧検出装置に入力される。

30

【 0 0 3 8 】

補正装置 3 1 は、筒内圧センサ 1 5 の出力、すなわち筒内圧の変化率 $V p s$ から、ドリフト変化率 $P c y l _ c o m p$ を減算する (上記式 (3) を参照) 。積分装置 3 2 は、こうしてドリフト補正された筒内圧変化率 $V p s'$ を積分し、筒内圧 $P c y l$ を算出する (上記式 (5) を参照) 。ドリフト変化率算出装置 3 3 は、筒内圧 $P c y l$ に基づいて、ドリフト変化率 $P c y l _ c o m p$ を算出する。ドリフト変化率 $P c y l _ c o m p$ は、ドリフト補正項として、補正装置 3 1 にフィードバックされる。

【 0 0 3 9 】

このフィードバック操作は、所定の時間間隔で繰り返し行われる。したがって、所定の時間間隔ごとに、筒内圧センサの出力 $V p s$ から、ドリフト成分 $P c y l _ c o m p$ が除去される。ドリフト成分が除去された筒内圧センサの出力 $V p s'$ を積分するので、得られる筒内圧 $P c y l$ の波形に、ドリフトが現れることを抑制することができる。

40

【 0 0 4 0 】

この第 1 の実施例では、ドリフト変化率算出装置 3 3 による処理は、1 燃焼サイクルの長さに等しい $T n$ の周期で行われ、補正装置 3 1 および積分装置 3 2 による処理は、 $T n$ よりも短い $T k$ の周期で行われる。好ましくは、 $T k$ は、筒内圧センサの出力をアナログデジタル変換するサイクルの長さに一致するように決められる。こうすることにより、筒内圧センサの出力がデジタル値 $V p s$ として得られるたびに、該 $V p s$ をドリフト補正項 $P c y l _ c o m p$ で補正することができる。

50

【0041】

図5は、ドリフト変化率算出装置33の詳細なブロック図である。サンプリング回路35によるサンプリングは、 T_n の周期で行われる。サンプリング回路35は、各燃焼サイクルの所定のクランク（CRK）角度で、筒内圧 P_{cyl} をサンプリングする。好ましくは、吸気行程中の所定のクランク角度で、筒内圧 P_{cyl} をサンプリングする。該サンプリングにより得られた筒内圧サンプル P_{sample} は、次のサンプリングまでサンプリング回路35に保持される。図6に、筒内圧サンプル P_{sample} の波形を示す。

【0042】

ドリフト量算出回路36は、サンプリング回路35により筒内圧サンプル P_{sample} が生成されることに応じて、式(6)を実行し、ドリフト量 P_{drift} を算出する。

10

【0043】

ドリフト量 $P_{drift} = \text{筒内圧 } P_{sample} - \text{基準値} \quad (6)$

基準値は、ドリフトの影響がないときの筒内圧を示すように設定される。一例では、基準値として、サンプリング回路35によるサンプリングと同じタイミングでサンプリングされた、吸気管圧力センサ20の出力 P_b を用いる。吸気行程中は吸気バルブが開いているので、ドリフトの影響がなければ、筒内圧と吸気管圧力とはほぼ同じ圧力となる。すなわち、筒内圧 P_{cyl} から吸気管圧力 P_b を減算した値が、該燃焼サイクル中に蓄積されるドリフト量 P_{drift} を表す。

【0044】

図7に、ドリフト量 P_{drift} の一例を示す。第1の燃焼サイクルにおける吸気行程中の時間 t_1 にサンプリングされた筒内圧サンプル $P_{sample1}$ は、次の筒内圧サンプルが得られるまで、サンプリング回路35に保持される。時間 t_1 にサンプリングされた吸気管圧力 P_b との差が、該第1の燃焼サイクルについてのドリフト量 P_{drift1} である。同様に、第2の燃焼サイクルにおける吸気行程中の時間 t_2 にサンプリングされた筒内圧サンプル $P_{sample2}$ が、次の筒内圧サンプルが得られるまで、サンプリング回路35に保持される。時間 t_2 にサンプリングされた吸気管圧力 P_b との差が、該第2の燃焼サイクルについてのドリフト量 P_{drift2} である。こうして、燃焼サイクルごとに、ドリフト量 P_{drift} が算出される。

20

【0045】

図5に戻り、ドリフト変化率算出回路37は、式(7)を実行し、ドリフト変化率 P_{cyl_comp} を算出する。

30

【0046】

ドリフト変化率 $P_{cyl_comp} = \text{ドリフト量 } P_{drift} / \text{所定のサンプリング回数} \quad (7)$

ここで、所定のサンプリング回数 = 1 燃焼サイクル / T_k

前述したように、一実施例では、 T_k は、筒内圧センサの出力をアナログデジタル変換するサイクルの長さ等に等しい。こうして、時間 T_k ごとに得られる筒内圧センサの出力 V_{ps} を、時間 T_k あたりのドリフト変化率 P_{cyl_comp} で補正することができる。

【0047】

図8に、ドリフト変化率 P_{cyl_comp} を示す。時間 t_1 において、ドリフト量算出回路36がドリフト量 P_{drift} を算出する。該ドリフト量 P_{drift} を、所定のサンプリング回数で除算することにより、時間 T_k あたりのドリフト変化率 P_{cyl_comp} を算出することができる。こうして算出されたドリフト変化率 P_{cyl_comp} が、ドリフト補正項として、補正装置31(図4)にフィードバックされる。

40

【0048】

図9は、図5のサンプリング回路35のより詳細な動作を示す図である。図9の(a)は、積分装置32から出力される筒内圧 P_{cyl} を示す。

【0049】

サンプリング回路35は、アップカウンタを備える。アップカウンタの値 D_{cnt} が、図9の(b)に示されている。アップカウンタは、各燃焼サイクルの吸気行程中の開始時

50

点、すなわちクランク角度がゼロになった時に、ゼロにリセットされる。アップカウンタは、クランク角センサ 17 (図 1) からのクランク信号に従ってカウントする。

【 0 0 5 0 】

－実施例では、クランク信号は、クランク軸が 1 度回転するたびに出力される。1 燃焼サイクル中、クランク信号は 7 2 0 回出力される。よってアップカウンタは、各燃焼サイクルにおいて、0 から 7 2 0 までカウントする。

【 0 0 5 1 】

図 9 の (b) には、さらに、筒内圧 P_{cyl} をサンプリングすべきクランク角度 D_{sample} を示す波形が示されている。該クランク角度 D_{sample} の値は、予め決められている。サンプリング回路 3 5 は、アップカウンタの値 D_{cnt} と、該クランク角度 D_{sample} とを比較する。

10

【 0 0 5 2 】

図 9 の (c) に示されるように、アップカウンタの値 D_{cnt} がクランク角度 D_{sample} に一致した時、所定値 (たとえば、1) を持つサンプル信号 T_{sample} を出力する。アップカウンタの値 D_{cnt} が所定値 D_{sample} に一致しない時は、ゼロ値を持つサンプル信号 T_{sample} が生成される。

【 0 0 5 3 】

図 9 の (d) に示すように、所定値を持つサンプル信号 T_{sample} が出力されることに応じて、サンプリング回路 3 5 は筒内圧 P_{cyl} をサンプリングし、筒内圧サンプル P_{sample} を得る。ゼロ値を持つサンプル信号 T_{sample} が出力されている間は、該筒内圧サンプル P_{sample} がサンプリング回路 3 5 に保持される。前述したように、燃焼サイクルの長さに等しい T_n の周期で、筒内圧サンプル P_{sample} は生成される。

20

【 実施例 2 】

【 0 0 5 4 】

図 1 0 は、図 4 に示されるドリフト変化率算出装置 3 3 についての代替形態を示す。サンプリング回路 3 5 およびドリフト量算出回路 3 6 は、図 5 に示されるものと同じである。図 5 に示されるドリフト変化率算出装置と異なる点は、ドリフト量 P_{dft} からドリフト変化率 P_{cyl_comp} を算出する手法である。

【 0 0 5 5 】

30

第 2 の実施例によると、オーバーサンプリング、移動平均、および微分という一連の操作により、ドリフト変化率 P_{cyl_comp} を算出する。この手法について、図 1 1 を参照して説明する。

【 0 0 5 6 】

図 1 1 の (a) には、各燃焼サイクルにおいて (すなわち、 T_n の周期で) ドリフト量算出回路 3 6 により算出されたドリフト量 P_{dft} の波形が示されている。オーバーサンプリング回路 4 1 は、 T_k の周期で、ドリフト量 P_{dft} をオーバーサンプリングする。

【 0 0 5 7 】

1 燃焼サイクルにおけるサンプリング回数 m は、(1 燃焼サイクル / T_k) である。図 1 1 の (a) には、 $m = 6$ の例が示されている。

40

【 0 0 5 8 】

移動平均回路 4 2 は、オーバーサンプリングによってサンプル値が得られるたびに、式 (8) に従い、サンプル $P_{dft}(k - (m - 1)) \sim P_{dft}(k)$ を平均する。こうして、時間 T_k あたりのドリフト量 P_{dft} を算出する。

【 数 5 】

$$\Delta P_{dft}(k) = \frac{P_{dft}(k - (m - 1)) + P_{dft}(k - (m - 2)) + \dots + P_{dft}(k - 1) + P_{dft}(k)}{m} \quad (8)$$

50

【0059】

こうして得られるドリフト量 $P_{df t}$ は、図11の(b)に示されるようなラインで表される。該ドリフト量 $P_{df t}$ は、時間 T_k あたりに蓄積されるドリフト量を示す。したがって、図11の(b)に示されるラインの傾きを求めることにより、すなわち該ドリフト量 $P_{df t}$ を微分することにより、ドリフト変化率 P_{cyl_comp} を算出することができる。

【0060】

一例として、 $m = 6$ の時に時間 t_1 で算出されるドリフト変化率 P_{cyl_comp} が示されている。該ドリフト変化率 P_{cyl_comp} は、 $P_{df t}(k-5) \sim P_{df t}(k)$ を移動平均することにより得た $P_{df t}$ を微分することにより、算出される。こうして、 T_k の周期でドリフト変化率 P_{cyl_comp} を算出すると、図11の(c)に示されるような波形が得られる。算出されたドリフト変化率 P_{cyl_comp} は、ドリフト補正項として、補正装置31(図4)にフィードバックされる。

10

【0061】

前述したように、 T_k は、筒内圧センサの出力をアナログデジタル変換するサイクルの長さに等しい。こうして、 T_k の周期で得られる筒内圧センサの出力 V_{ps} を、時間 T_k あたりのドリフト変化率 P_{cyl_comp} で補正することができる。

【0062】

上記の実施形態では、オーバーサンプリングされたサンプル値の平均に、移動平均法を用いた。代替的に、他のフィルタリング(たとえば、ローパスフィルタ)を用いてもよい。

20

【実施例3】

【0063】

図12は、本願発明の第3の実施例に従う、筒内圧検出装置を示す。図4に示される筒内圧検出装置と異なる点は、補正装置31およびドリフト変化率算出装置33との間に、コントローラ51が設けられることである。ドリフト変化率算出装置33は、第1の実施例に従う図5に示されるものでもよく、また、第2の実施例に従う図10に示されるものでもよい。

【0064】

コントローラ51は、ドリフト変化率算出装置33から受け取ったドリフト変化率 P_{cyl_comp} が目標値 $P_{cyl_comp_cmd}$ (この実施例では、ゼロ)に収束するように、ドリフト補正項 $P_{cyl_comp_SLD}$ を算出する。該ドリフト補正項 $P_{cyl_comp_SLD}$ が、制御入力として補正装置31に入力される。補正装置31は、筒内圧センサの出力 V_{ps} にドリフト補正項 $P_{cyl_comp_SLD}$ を加算する。積分装置32は、こうしてドリフト補正された筒内圧センサの出力 V_{ps}' を積分し、筒内圧 P_{cyl} を算出する。

30

【0065】

この第3の実施例では、コントローラ51は、燃焼サイクルの長さに等しい T_n の周期で応答指定型制御を実施し、ドリフト変化率 P_{cyl_comp} を収束させる。代替的に、ドリフト変化率 P_{cyl_comp} が T_k の周期で算出される第2の実施例では、応答指定型制御を、 T_k の周期で実施してもよい。

40

【0066】

応答指定型制御は、制御量(ここでは、ドリフト変化率 P_{cyl_comp})の目標値への収束速度を指定することができる制御である。応答指定型制御によれば、ドリフト変化率 P_{cyl_comp} を、オーバーシュートを生じさせることなく、所望の速度でゼロに収束させることができる。この実施例では、応答指定型制御として、簡易型のスライディングモード制御を用いる。

【0067】

図13は、コントローラ51のさらに詳細なブロック図である。応答指定型制御を実施するため、切り換え関数設定部52は、式(9)に示されるような切り換え関数を設定

50

する。Encは、式(10)に示されるように、ドリフト変化率Pcyl_compと目標値Pcyl_comp_cmdとの間の偏差を示す。

【0068】

$$(k) = Enc(k) + POLE \cdot Enc(k-1) \quad (9)$$

$$Enc(k) = Pcyl_comp(k) - Pcyl_comp_cmd(k) \quad (10)$$

POLEは、切換関数の応答指定パラメータであり、ドリフト変化率Pcyl_compの収束速度を規定する。POLEは、好ましくは、 $-1 < POLE < 0$ を満たすよう設定される。

【0069】

切換関数 $(k) = 0$ とした式は等価入力系と呼ばれ、ドリフト変化率の収束特性を規定する。 $(k) = 0$ とすると、式(9)は、式(11)のように表されることができる。

【0070】

$$Enc(k) = -POLE \cdot Enc(k-1) \quad (11)$$

ここで、図14を参照して、切り換え関数について説明する。縦軸がEnc(k)および横軸がEnc(k-1)の位相平面上に、式(11)が、線61で表現されている。この線61を切換線と呼ぶ。Enc(k-1)およびEnc(k)の組合せからなる状態量(Enc(k-1), Enc(k))の初期値が、点62で表されているとする。応答指定型制御は、点62で表される状態量を、切換線61上に載せて該切換線61上に拘束するよう動作する。

【0071】

応答指定型制御によると、状態量62を切換線61上に保持することにより、該状態量を、外乱等の影響されることなく、極めて安定的に位相平面上の原点0に収束させることができる。言い換えると、状態量(Enc(k-1), Enc(k))を、式(11)に示される入力の無い安定系に拘束することにより、外乱に対してロバストに、偏差Encをゼロに収束させることができる。

【0072】

この実施例では、切換関数に関する位相空間が2次元であるので、切換線は直線61で表される。位相空間が3次元である場合には、切換線は平面で表され、位相空間が4次元以上になると、切換線は超平面となる。

【0073】

応答指定パラメータPOLEは、可変に設定することができる。応答指定パラメータPOLEを調整することにより、偏差Encの収束速度を指定することができる。

【0074】

図15を参照すると、参照番号65、66および67は、応答指定パラメータPOLEが、それぞれ、-1、-0.8、-0.5の場合の偏差Encの収束速度を示す。応答指定パラメータPOLEの絶対値が小さくなるにつれ、偏差Encの収束速度は速くなる。

【0075】

図13に戻り、到達則算出部53は、式(12)に示されるように、切換関数の比例項により表される到達則入力Urchを算出する。到達則入力Urchは、状態量を切り換え線上に載せるための入力である。適応則算出部54は、式(13)に示されるように、切換関数の積算項で表される適応則入力Uadpを算出する。適応則入力Uadpは、定常偏差を抑制しつつ、状態量を切換線に載せるための入力である。KrchおよびKadpは、フィードバックゲインであり、それぞれ、シミュレーション等によって予め定められる。加算器55は、式(14)に示されるように、到達則入力Urchと適応則入力Uadpとを加算する。こうして、制御入力Pcyl_comp_SLDが算出される。

。

10

20

30

40

【数6】

$$Urch = -Krch \cdot \sigma(k) \quad (12)$$

$$Uadp = -Kadp \cdot \sum_{i=0}^k \sigma(i) \quad (13)$$

$$Pcyl_comp_SLD = Urch + Uadp \quad (14)$$

【0076】

10

図16および図17を参照して、応答指定型制御を用いた場合の効果について説明する。図16の(a)は、前述した第1または第2の実施例において、ドリフト変化率算出装置33により算出されるドリフト変化率Pcyl_compの波形を示す。図16の(b)は、図16の(a)に示されるドリフト変化率Pcyl_compを積分した波形を示す。符号71~74に示されるように、ドリフト変化率の演算サイクル間にわたって、波形に不連続さが生じる。これは、ドリフト量Pdf tを燃焼サイクルごとに算出することに起因する。すなわち、時間Tnにわたって、算出されるドリフト変化率Pcyl_compが一定であることに起因する。このようなドリフト変化率Pcyl_compで筒内圧センサの出力Vpsを補正すると、積分装置32から出力される筒内圧の波形に、図16(b)に示されるような不連続性が現れるおそれがある。これは、筒内圧波形の周波数分解などの処理において好ましくない。応答指定型制御を用いれば、このような不連続さを解消することができる。

20

【0077】

図17の(a)は、コントローラ51によりドリフト補正項として算出されるPcyl_comp_SLDを示す。図17の(b)は、図17の(a)に示されるドリフト補正項Pcyl_comp_SLDを積分した波形を示す。応答指定型制御により、ドリフト補正項Pcyl_comp_SLDが、漸近的にゼロになるように算出されるので、ドリフト補正項Pcyl_comp_SLDを積分した値が、連続した波形として得られる。ドリフト補正項Pcyl_comp_SLDの積分値が不連続性を持たないので、筒内圧波形に、不所望の不連続性が現れることを回避することができる。

30

【0078】

図18は、第3の実施例に従う、筒内圧を検出するプロセスのフローチャートを示す。ドリフト変化率Pcyl_compを算出する処理は、第1の実施例(図5を参照)に従う。このプロセスは、Tkの周期で実施される。

【0079】

ステップS1において、筒内圧センサ15の出力Vpsを読み込む(すなわち、筒内圧センサ15の出力をサンプリングして、デジタル値Vpsを得る)。ステップS2において、ドリフト補正項Pcyl_comp_SLDにより補正した筒内圧センサの出力Vps'を積分して、筒内圧Pcylを算出する。

【0080】

40

ステップS3において、アップカウンタ(図9を参照)の値Dcntが、筒内圧をサンプリングすべきクランク角度Dsamp l eに達したかどうかを判断する。ステップS3の答えがNoならば、筒内圧をサンプリングすべき時が到来していないので、このルーチンを抜ける。

【0081】

ステップS3の答えがYesならば、ステップS4に進み、筒内圧Pcylをサンプリングして、ドリフト変化率Pcyl_compを算出する。ステップS4において、簡易型の応答指定型制御を実施し、ドリフト補正項Pcyl_comp_SLDを算出する。

【0082】

図19は、ステップS2の処理のフローチャートを示す。ステップS11において、筒

50

内圧センサの出力 V_{ps} に、ドリフト補正項 $P_{cyl_comp_SLD}$ を加算し、ドリフト補正された筒内圧センサの出力 V_{ps}' を算出する。

【0083】

ステップ S12 において、現在の周期 T_k が、実際、どのくらいの時間（秒）であるかを計算する。前述したように、この実施例では、クランク角度を用いて計時される。たとえば、“ T_k の周期で”行われる処理は、“クランク角度が D （たとえば、 0.25 度）進むたびに”行われる。クランク角度の周期 D に対応する時間的な長さは、実際には、エンジン回転数に従って変化する。したがって、各サイクルにおいて、検出されたエンジン回転数に基づいて周期 T_k の実際の時間長を算出し、該時間長に基づいて筒内圧を算出するのが好ましい。

10

【0084】

今回検出されたエンジン回転数 $NE(k)$ が、1 分間あたりのクランク軸の回転数を示すとすると、1 秒あたりのクランク軸の回転数は、 $(NE(k)/60)$ である。一方、1 燃焼サイクルに対応するクランク角度は 720 であり、かつ、 D のクランク角度ごとに、筒内圧センサの出力 V_{ps} がサンプリングされるとすると、クランク軸の 1 回転あたりのサンプリング回数は、 $360/D$ である。

【0085】

したがって、筒内圧センサの出力 V_{ps} をサンプリングする周波数 H (Hz) は、式 (15) で表される。

【0086】

$$H = (NE(k) \times 360 / D) / 60 = (6 \times NE(k)) / D \quad (15)$$

20

したがって、周期 T_k の、今回のサイクルにおける実際の時間長 $T_k(k)$ は、式 (16) により算出される。ここで、 $T_k(k)$ の単位は、秒である。

【0087】

$$T_k(k) = 1 / H = D / (6 \times NE(k)) \quad (16)$$

ステップ S13 および S14 は、筒内圧 P_{cyl} の積分処理を示す。ステップ S13 において、周期 $T_k(k)$ あたりの筒内圧 P_{cyl} の変化量 P_{cyl} を算出する。筒内圧センサの出力 V_{ps} のサンプリング周期は $T_k(k)$ であるので、周期 $T_k(k)$ あたりの筒内圧 P_{cyl} の変化量 P_{cyl} は、式 (17) のように算出される。周期 T_k の実際の時間長を用いることにより、筒内圧の変化量 P_{cyl} を、より正確に算出することができる。

30

【0088】

$$P_{cyl}(k) = V_{ps}'(k) \times T_k(k) \quad (17)$$

ステップ S14 において、ステップ S13 で算出された、周期 $T_k(k)$ あたりの筒内圧の変化量 $P_{cyl}(k)$ を、筒内圧の前回値 $P_{cyl}(k-1)$ に加算することにより、筒内圧の今回値 $P_{cyl}(k)$ を算出する。

【0089】

代替的に、筒内圧のサンプリングを、クランク角度に同期させずに、所定の時間間隔で行うことができる。このような場合には、ステップ S12 による処理は不要とされる。また、他のパラメータに同期するよう筒内圧をサンプリングすることもできるが、この場合にも、周期 T_k の実際の時間長を考慮して、筒内圧の変化量 P_{cyl} を算出するのが好ましい。

40

【0090】

図 20 は、ステップ S3 の処理のフローチャートを示す。ステップ S21 において、筒内圧 P_{cyl} をサンプリングし、筒内圧サンプル P_{sample} を得る。また、吸気管圧力センサからの出力 P_b をサンプリングする。ステップ S22 において、筒内圧サンプル P_{sample} と、吸気管圧力 P_b との差を、ドリフト量 P_{dft} として算出する。

【0091】

ステップ S23 において、ドリフト量 P_{dft} を、所定のサンプリング回数で除算し、

50

ドリフト変化率 P_{cyl_comp} を算出する。この実施例では、式 (15) を参照して前述したように、1 燃焼サイクルに対応するクランク角度は 720 度であり、 T_k に対応するクランク角度は D であるので、所定のサンプリング回数は、式 (7) より、 $720/D$ である。

【0092】

図 21 は、ステップ S4 の処理のフローチャートを示す。ステップ S31 において、ドリフト変化率の前回値 $P_{cyl_comp}(k-1)$ と、その目標値 $P_{cyl_comp_cmd}$ との偏差 $E_{nc}(k-1)$ を算出する。ステップ S32 において、ドリフト変化率の今回値 $P_{cyl_comp}(k)$ と、その目標値 $P_{cyl_comp_cmd}$ との偏差 $E_{nc}(k)$ を算出する。

10

【0093】

ステップ S33 において、上記の式 (9) に従い、切り換え関数 を算出する。ステップ S34 において、上記の式 (12) に従い、到達則入力 U_{rch} を算出する。

【0094】

ステップ S35 において、切り換え関数の積算値の前回値 $G(k-1)$ に、切り換え関数 (k) を加算して、切り換え関数の積算値の今回値 $G(k)$ を算出する。ステップ S36 において、上記の式 (13) に従い、適応則入力 U_{adp} を算出する。ステップ S37 において、上記の式 (14) に従い、補正装置 31 への制御入力、すなわちドリフト補正項 $P_{cyl_comp_SLD}$ を算出する。

【0095】

代替的に、応答指定型制御とは異なる制御手法、たとえばバックステッピング法、または最適制御などを用いて、ドリフト補正項 $P_{cyl_comp_SLD}$ を算出してもよい。

20

【0096】

本発明は、汎用の (例えば、船外機等の) 内燃機関に適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0097】

【図 1】この発明の一実施例に従う、エンジンおよびその制御装置を概略的に示す図。

【図 2】この発明の一実施例に従う、筒内圧センサの取り付けを示す図。

【図 3】この発明の一実施例に従う、(a) 筒内圧センサの出力、(b) ドリフトを含む筒内圧波形、および (c) ドリフトが除去された筒内圧波形を示す図。

30

【図 4】この発明の一実施例に従う、筒内圧検出装置のブロック図。

【図 5】この発明の一実施例に従う、ドリフト変化率算出装置のブロック図。

【図 6】この発明の一実施例に従う、筒内圧サンプル P_{sample} の波形を示す図。

【図 7】この発明の一実施例に従う、ドリフト量 P_{dft} を示す図。

【図 8】この発明の一実施例に従う、ドリフト変化量 P_{cyl_comp} を示す図。

【図 9】この発明の一実施例に従う、筒内圧 P_{cyl} をサンプリングする手法を示す図。

【図 10】この発明の他の実施例に従う、ドリフト変化率算出装置のブロック図。

【図 11】この発明の他の実施例に従う、ドリフト変化量 P_{cyl_comp} を示す図。

【図 12】この発明の他の実施例に従う、筒内圧検出装置のブロック図。

40

【図 13】この発明の他の実施例に従う、コントローラのブロック図。

【図 14】この発明の他の実施例に従う、応答指定型制御の切換関数を示す図。

【図 15】この発明の他の実施例に従う、応答指定型制御の応答指定パラメータを示す図。

【図 16】応答指定型制御を用いない場合のドリフト変化率の不連続性を示す図。

【図 17】この発明の他の実施例に従う、応答指定型制御を用いる場合のドリフト変化率の連続性を示す図。

【図 18】この発明の一実施例に従う、筒内圧を検出するメインルーチンのフローチャート。

【図 19】この発明の一実施例に従う、筒内圧 P_{cyl} を算出する処理のフローチャート

50

。 【図20】この発明の一実施例に従う、ドリフト変化率 P_{cyl_comp} を算出する処理のフローチャート。

【図21】この発明の一実施例に従う、ドリフト補正項 $P_{cyl_comp_SLD}$ を算出する処理のフローチャート。

【図22】従来技術に従う、筒内圧センサの出力を積分する回路。

【図23】筒内圧のドリフトを示す図。

【図24】従来技術に従う、リセット手段を備える、筒内圧センサの出力を積分する回路

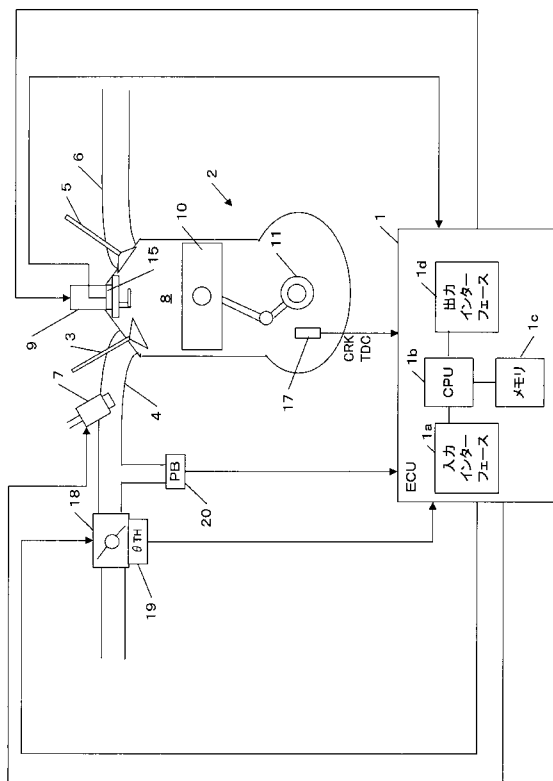
。 【図25】従来技術に従う、リセット操作による筒内圧波形への影響を示す図。

【符号の説明】

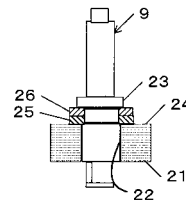
【0098】

- 1 ECU
- 2 エンジン
- 8 燃焼室
- 15 筒内圧センサ

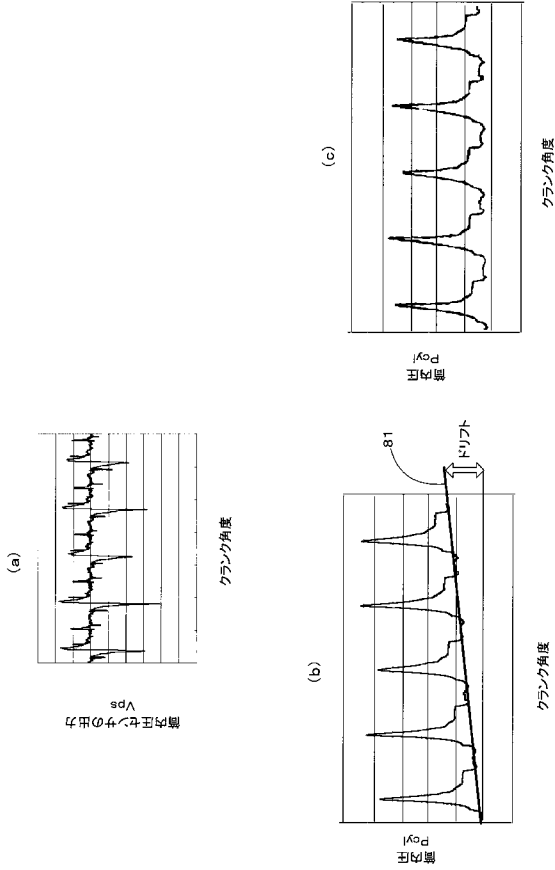
【図1】



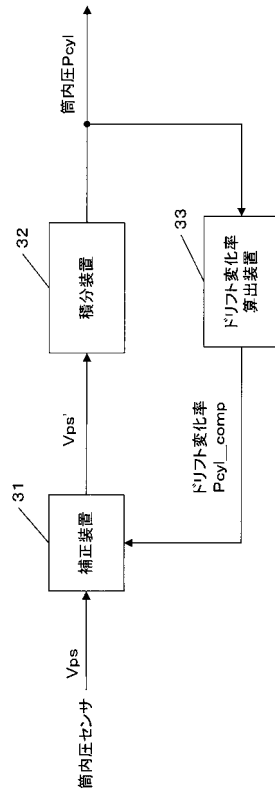
【図2】



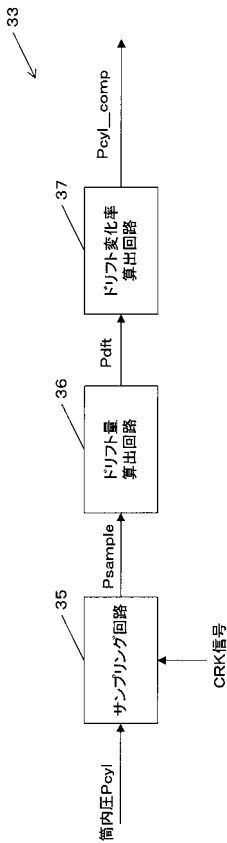
【図3】



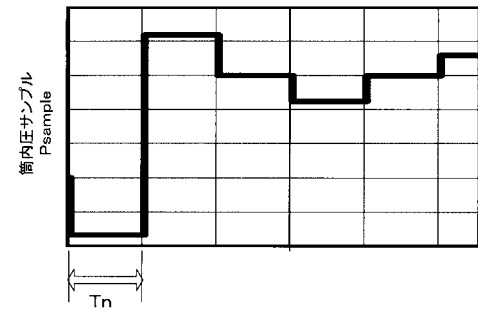
【図4】



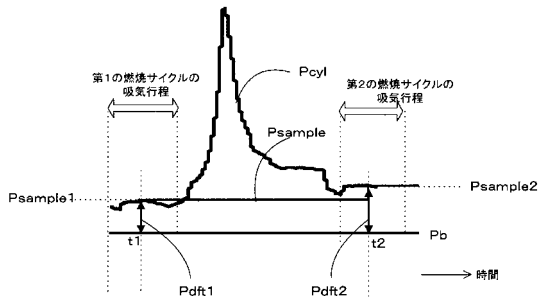
【図5】



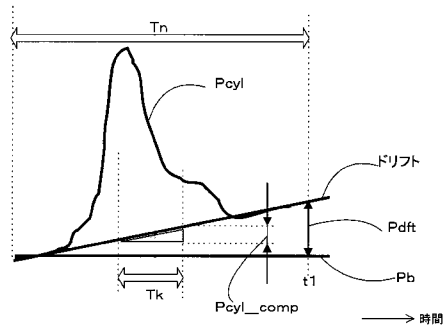
【図6】



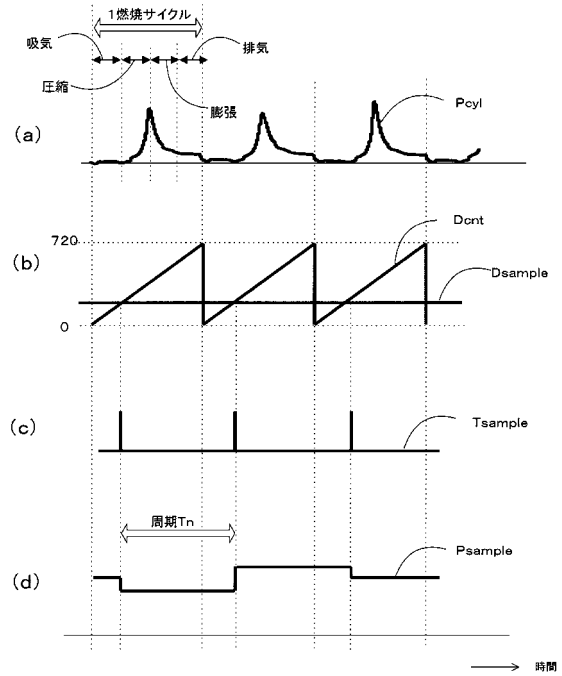
【図7】



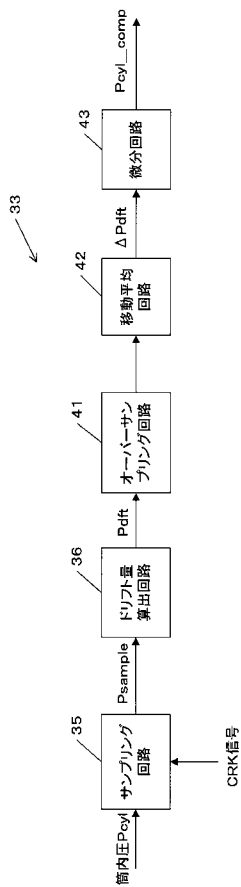
【図8】



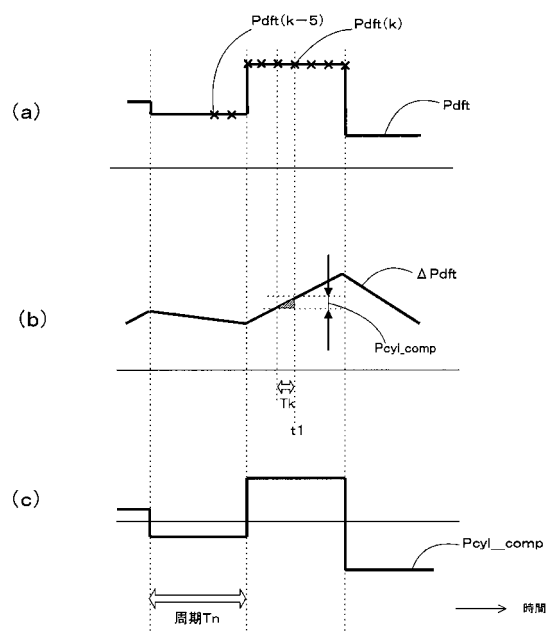
【図9】



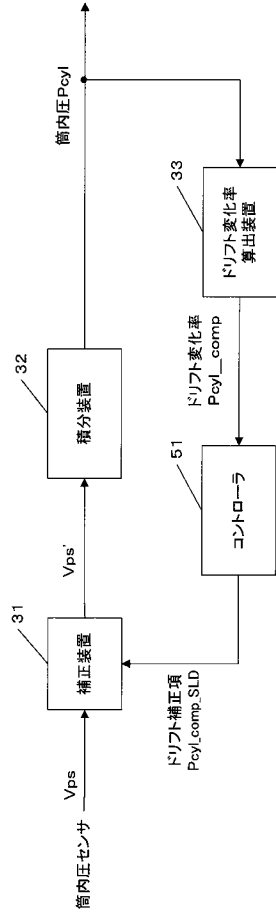
【図10】



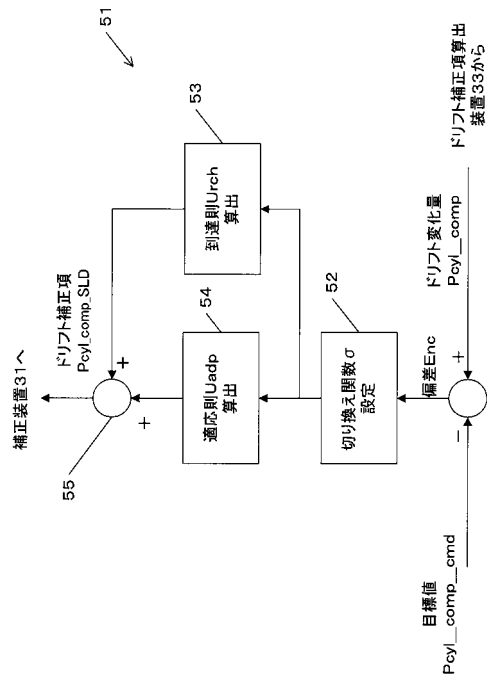
【図11】



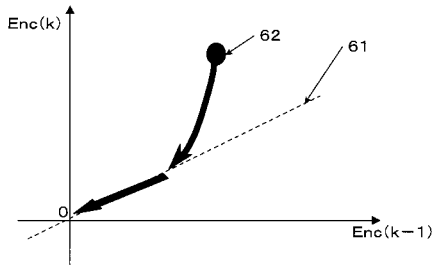
【図12】



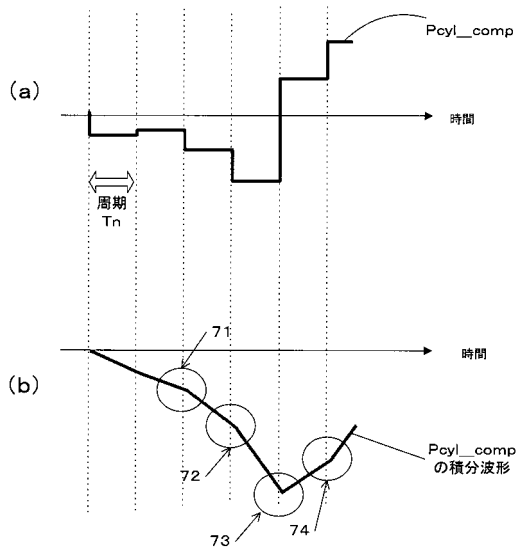
【図13】



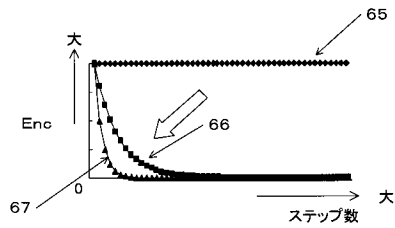
【図14】



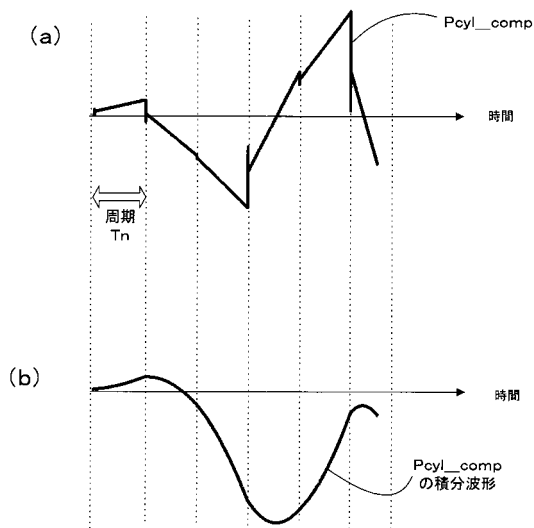
【図16】



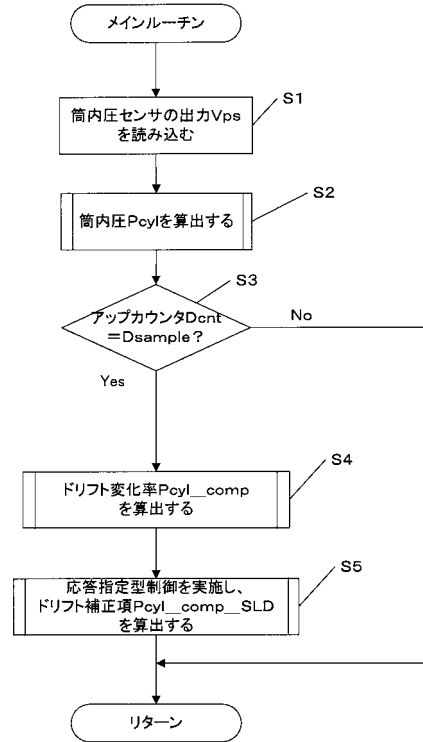
【図15】



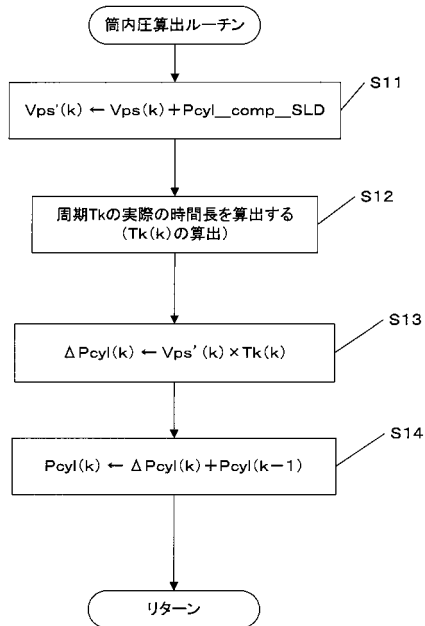
【図17】



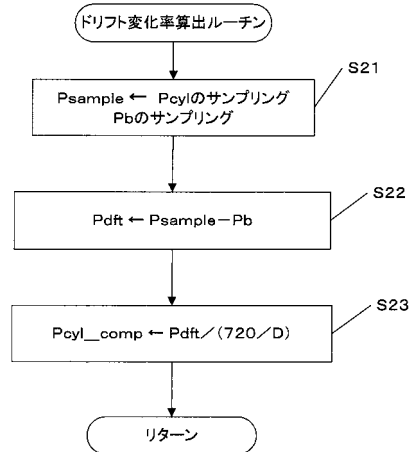
【図18】



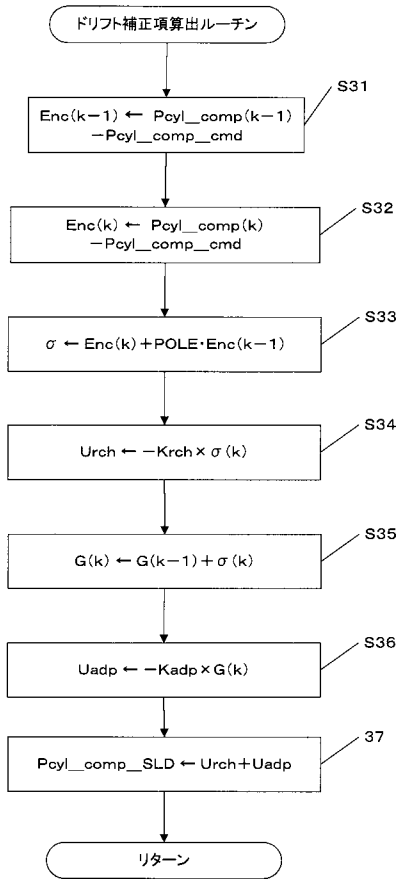
【図19】



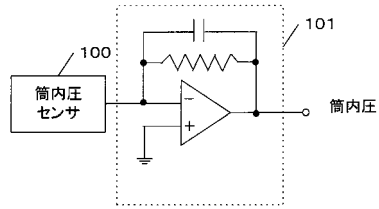
【図20】



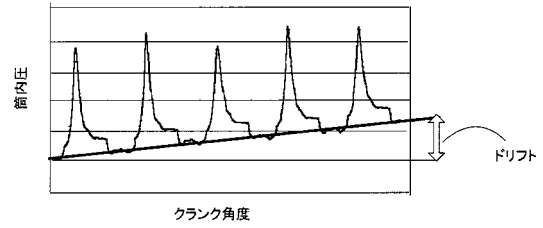
【図 2 1】



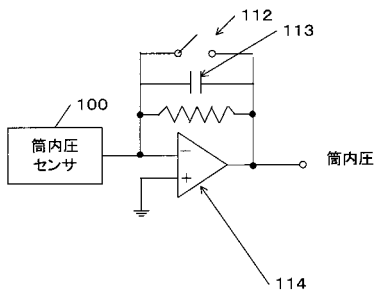
【図 2 2】



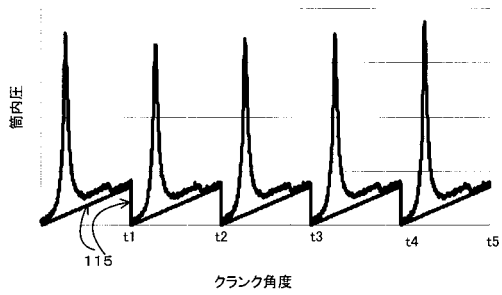
【図 2 3】



【図 2 4】



【図 2 5】



フロントページの続き

- (72)発明者 篠崎 広一郎
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
- (72)発明者 長島 慶一
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
- (72)発明者 安井 裕司
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

審査官 畔津 圭介

- (56)参考文献 実開昭63-125147(JP,U)
特開昭60-111935(JP,A)
実開昭62-091232(JP,U)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------|
| F02D | 45/00 |
| G01L | 23/22 |