

(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2004-308651  
(P2004-308651A)

(43) 公開日 平成16年11月4日(2004.11.4)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F02D 45/00

F02D 13/02

F I

F02D 45/00 368S

F02D 45/00 376B

F02D 13/02 G

テーマコード(参考)

3G084

3G092

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2004-83406 (P2004-83406)  
 (22) 出願日 平成16年3月22日(2004.3.22)  
 (31) 優先権主張番号 10314677.6  
 (32) 優先日 平成15年4月1日(2003.4.1)  
 (33) 優先権主張国 ドイツ(DE)

(71) 出願人 390023711  
 ローベルト ボツシュ ゲゼルシャフト  
 ミット ベシユレンクテル ハフツング  
 ROBERT BOSCH GMBH  
 ドイツ連邦共和国 シュツツガルト (番地なし)  
 Stuttgart, Germany  
 (74) 代理人 100061815  
 弁理士 矢野 敏雄  
 (74) 代理人 100114890  
 弁理士 アインゼル・フェリックス=ラインハルト  
 (74) 代理人 230100044  
 弁護士 ラインハルト・アインゼル

最終頁に続く

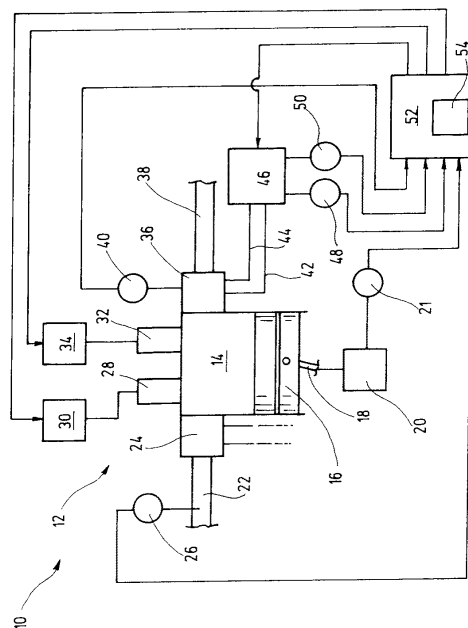
(54) 【発明の名称】 内燃機関の作動方法

(57) 【要約】

【課題】 エミッション放出を少なくし走行静穏性をいっそう高めながら、できるかぎり僅かな燃料消費で内燃機関を作動させる。

【解決手段】 内燃機関10において1つの動作サイクル終了後、アクチュエータにより操作される少なくとも1つの排気弁36を介して少なくとも1つの燃焼室14から燃焼ガスが排出され、その際、動作サイクル中に燃焼室14内に生じるガス圧力が測定される。本発明によれば排気弁36の現在の開放行程が求められ、この開放行程に影響を及ぼさず内燃機関10の現在の動作量が求められる。求められた排気弁36の現在の開放行程と求められた内燃機関10の現在の動作量とから、排気弁36の開放時点で燃焼室14内に生じている現在ガス圧力が少なくとも近似的に求められる。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

1つの動作サイクル終了後、アクチュエータにより操作される少なくとも1つの排気弁(36)を介して、燃焼排気ガスが少なくとも1つの燃焼室(14)から排出され、該動作サイクル中に燃焼室(14)内に生じるガス圧力が求められる形式の、内燃機関(10)の作動方法において、

排気弁(36)の現在の開放行程(hact)を求めるステップ(58)と、

該開放行程(hact)に作用を及ぼす内燃機関(10)の現在の動作量(tm, Toil, Poil, nmot, wao, pabg)を求めるステップ(63)と、

求められた排気弁(36)の現在の開放行程(hact)と、求められた内燃機関(10)の現在の動作量(tm, Toil, Poil, nmot, wao, pabg)とに基づき、排気弁(36)の開放時点で燃焼室(14)内に生じる現在ガス圧力(paoact)を少なくとも近似的に求めるステップ(70)とを有することを特徴とする、

内燃機関の作動方法。

## 【請求項 2】

内燃機関(10)の動作量(BG)に基づき、以降のある1つの動作サイクルのために燃焼室(14)内の予測ガス圧力(paopred)を求めるステップ(72)と、該動作サイクルの実行後、該動作サイクルのために求められた予測ガス圧力(paopred)を該動作サイクルのために求められた現在ガス圧力(paoact)と比較するステップ(76)と、該比較結果に依存して予測ガス圧力(paopred)を求める方式(func\_paopred)を整合するステップ(78)を有する、請求項1記載の方法。

## 【請求項 3】

内燃機関(10)の動作量(BG)に基づき、以降のある1つの動作サイクルのために燃焼室(14)内の予測ガス圧力(paopred)を求めるステップ(72)と、該動作サイクルの実行後、該動作サイクルのために求められた予測ガス圧力(paopred)を該動作サイクルのために求められた現在ガス圧力(paoact)と比較するステップ(76)と、該比較結果に依存して情報(INF)を送出するステップ(80)を有する、請求項1または2記載の方法。

## 【請求項 4】

現在ガス圧力(paoact)を式

## 【数 1】

$$paoact = -\frac{C1}{2 * C2} + \sqrt{\left(\frac{C1}{2 * C2}\right)^2 + \frac{hact - C0}{C2}}$$

を用いて求め、ここでC0, C1, C2は、排気弁(36)の開放行程(hact)に影響を及ぼす内燃機関(10)の動作量(tm, Toil, Poil, nmot, wao, pabg)に少なくとも部分的に依存する係数であり、hactは求められた開放行程である、請求項1から3のいずれか1項記載の方法。

## 【請求項 5】

現在ガス圧力(paoact)を式

$$paoact = C1 * (hact - C0) + C2 * (hact - C0)^2$$

を用いて求め、ここでC0, C1, C2は、排気弁(36)の開放行程(hact)に影響を及ぼす内燃機関(10)の動作量(tm, Toil, Poil, nmot, wao, pabg)に少なくとも部分的に依存する係数であり、hactは求められた開放行程である、請求項1から3のいずれか1項記載の方法。

## 【請求項 6】

前記係数C0, C1, C2のうち少なくとも1つの係数を、1次の項と2次の項をもつ多項式(func\_C0, func\_C1, func\_C2)により求めるステップ(60, 62)を有しており

10

20

30

40

50

、開放行程 (hact) に作用を及ぼす内燃機関 (10) の動作量 (tm, Toil, Poil, nmot, wao, pabg) を前記項に關与させる、請求項 4 または 5 記載の方法。

【請求項 7】

前記係数 C0, C1, C2 のうち少なくとも 1 つの係数を少なくとも 1 つの特性マップにより求め、該特性マップに内燃機関動作量を關与させる、請求項 4 から 6 のいずれか 1 項記載の方法。

【請求項 8】

前記動作量は、弁行程に決定的な作用を及ぼす排気弁 (36) のための制御装置 (46) の駆動制御時間 (tm)、クランクシャフト (20) の回転数 (nmot)、前記排気弁 (36) の開放時点における該クランクシャフト (20) の角度位置 (wao)、前記排気弁 (36) の開放時点における該排気弁 (36) の下流側の排気ガスの平均圧力 (pabg)、前記排気弁 (36) を操作する液圧流体の温度 (Toil)、該液圧流体の圧力 (Poil)、および / または燃焼室内に閉じ込められた動作ガスの質量を含む、請求項 1 から 7 のいずれか 1 項記載の方法。

10

【請求項 9】

排気弁 (36) の開放行程 (hact) を行程センサ (40) を用いて捕捉する、請求項 1 から 8 のいずれか 1 項記載の方法。

【請求項 10】

対応する閉鎖過程に必要とされる時間から排気弁の開放行程を求める、請求項 1 から 9 のいずれか 1 項記載の方法。

20

【請求項 11】

請求項 1 から 10 のいずれか 1 項記載の方法を実施するためにプログラミングされているコンピュータプログラム。

【請求項 12】

内燃機関 (10) の開ループおよび / または閉ループ制御装置 (52) のための電気的な記憶媒体 (40) において、請求項 11 記載のコンピュータプログラムが格納されていることを特徴とする記憶媒体。

【請求項 13】

内燃機関 (10) のための開ループおよび / または閉ループ制御装置 (52) において、請求項 1 から 10 のいずれか 1 項記載の方法で利用するためにプログラミングされていることを特徴とする開ループおよび / または閉ループ制御装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、1 つの動作サイクル終了後、アクチュエータにより操作される少なくとも 1 つの排気弁を介して、燃焼排気ガスが少なくとも 1 つの燃焼室から排出され、該動作サイクル中に燃焼室内に生じるガス圧力が求められる形式の、内燃機関の作動方法に関する。

【背景技術】

【0002】

冒頭で述べた形式の方法は市場において知られている。この方法によれば動作サイクル中、燃焼室に生じているガス圧がセンサたとえばピエゾ発信器によりダイレクトに捕捉される。これに対する代案として知られているのは、動作サイクル中に燃焼室内の平均圧力を、1 回のクランクシャフト回転におけるクランクシャフトの回転不均一性に基づき、つまりクランクシャフトの回転速度変動に基づき推定することである。燃焼室内の動作サイクル中のガス圧の情報を得ることによって、燃焼による相応のトルク寄与量もしくは燃焼の中心位置を求めることができる。また、燃焼室内のガス圧の情報から燃焼品質 (たとえば不完全燃焼、ミスファイアなど) の判定も行うことができる。これらすべてによって実現されるのは、エミッション放出を少なくし走行静穏性を高めながら、できるかぎり僅かな燃料消費で内燃機関を作動させることである。

40

【発明の開示】

50

**【発明が解決しようとする課題】****【0003】**

本発明の課題は冒頭で述べた形式の方法において、内燃機関をさらに静かに走行させかつ安価に構成できるようにすることである。

**【課題を解決するための手段】****【0004】**

本発明によればこの課題は、排気弁の現在の開放行程を求めるステップと、該開放行程に作用を及ぼす内燃機関の現在の動作量を求めるステップと、求められた排気弁の現在の開放行程と、求められた内燃機関の現在の動作量とに基づき、排気弁の開放時点に燃焼室内に生じる現在ガス圧力を少なくとも近似的に求めるステップとを有することにより解決される。

10

**【発明を実施するための最良の形態】****【0005】**

本発明の方法を適用すれば、動作サイクル中に燃焼室内に生じるガス圧力をダイレクトに測定することがもはや不要となる。したがって、かなり煩雑であるそれ相応のセンサの組み込みやかなり高価であるそれ相応のセンサを省くことができる。これに従い内燃機関の製造にあたりコストが節約される。さらにこの場合、本発明による方法を用いて求められた現在ガス圧力の値は非常に精確であり、どのような場合でもクランクシャフトの回転不均一性に基づく推定により得られる精度よりも精確である。

**【0006】**

その際、本発明は以下のことを利用している。すなわちアクチュエータたとえば液圧シリンダにより操作される排気弁すなわちカムシャフトによっても制御されない排気弁の場合、この排気弁の開放行程およびそれに対し反作用する燃焼室内のガス圧力が互いに結合される。たしかにたとえば液圧で操作される排気弁の開放行程は内燃機関の他の動作量によっても影響を受ける。しかしそれらが本発明で提案されるように既知であるかまたは求められるのであれば、それらを考慮することができる。したがって排気弁開放時点における燃焼室内の現在ガス圧力を、現在の開放行程から高い精度で求めることができる。

20

**【0007】**

そして求められた現在のガス圧力が実際のガス圧力と良好に一致しているならば、1つの動作サイクル中の燃焼時に形成されるシリンダ固有のトルクをきわめて精確に求めることができ、これによって内燃機関の精確な開ループ制御および閉ループ制御が全体的に簡単になる。このようにして殊に燃料消費、有害物質放出および走行静穏性を改善できる。

30

**【0008】**

従属請求項には本発明の有利な実施形態が示されている。

**【0009】**

殊に有利であるのは、内燃機関動作量に基づき以降のある1つの動作サイクルについて燃焼室内の予測ガス圧力を求め、その動作サイクルの実行後、その動作サイクルについて求められた予測ガス圧力をその動作サイクルについて求められた現在ガス圧力と比較し、この比較結果に依存して予測ガス圧力を求める方法を整合することである。以降のある1つの動作サイクル中に燃焼室内に生じるガス圧力の推定は、たとえば液圧で操作される排気弁の駆動制御のための適切な駆動制御パラメータを求めるために必要である。本発明による方法によればこの予測ガス圧力の推定が精確になり、ひいては排気弁の駆動制御の精度が改善される。

40

**【0010】**

また、以下のようにすることも可能である。すなわち、内燃機関動作量に基づき以降のある1つの動作サイクルについて燃焼室内の予測ガス圧力を求め、その動作サイクルの実行後、その動作サイクルについて求められた予測ガス圧力をその動作サイクルについて求められた現在ガス圧力と比較し、この比較結果に依存して情報を送出することである。その際にたとえば考えられるのは、予測ガス圧力と現在ガス圧力との差が所定の量を超えていればエラーメモリへのエントリを行うこと、あるいは内燃機関のユーザへ信号を送るこ

50

とである。このようにしてエラー状態たとえばミスファイヤを識別したりもしくはユーザに通報したりすることができる。

【0011】

現在ガス圧力を求めるために簡単にプログラミングできる可能性として以下の式が挙げられる：

【0012】

【数1】

$$p_{aoact} = -\frac{C1}{2 * C2} + \sqrt{\left(\frac{C1}{2 * C2}\right)^2 + \frac{hact - C0}{C2}}$$

10

ここでC0, C1, C2は、排気弁の開放行程に影響を及ぼす内燃機関動作量に少なくとも部分的に依存する係数であり、hactは求められた開放行程である。平方根関数はプログラム技術的にたとえば表形式ですなわち特性曲線として表すことができるし、あるいは近似式に従いたたとえば多項式としての近似に従い表すことができる。

【0013】

有利な簡単化として本発明によれば、上述の一般式が近似的に2次の多項式により表される。その理由は、上述の関係は一般的な適用事例においては高い精度で2次の近似が可能だからである。この場合、現在ガス圧力を求めるための簡略化された式は以下の通りとなる：

20

$$p_{aoact} = C1 * (hact - C0) + C2 * (hact - C0)^2$$

この式のもつ利点は、格別簡単にプログラミング可能なことであり、対応するプログラム個所が非常に僅かな計算時間しか必要としないことである。この式中に現れる新しい係数も、ここではわかりやすくするためやはりC0, C1, C2と称する。さらに実現可能であり同様に有利であるのは、新たな係数を最初に挙げた式の係数に依存して表したり計算したりすることである。このような関係も非常に簡単にプログラミング可能であり、最初に挙げた係数が既知であり、および/または簡単に計算できるのであれば、殊に有利に利用することができる。

【0014】

30

このための実施形態によれば、係数C0, C1, C2のうち少なくとも1つが1次の項と2次の項をもつ多項式として求められ、開放行程に影響を及ぼす内燃機関動作量をそれらの項に関連させる。これも簡単にプログラミング可能であり、僅かな記憶場所しか必要としない。場合によっては、係数C2を負の値をもつ定数によって簡単に表すこともできる。

択一的または付加的に、係数C0, C1, C2のうち少なくとも1つの係数が少なくとも1つの特性マップにより求められ、この特性マップに内燃機関動作量を関連させる。係数C0, C1, C2をこのようにして非常に高い精度で内燃機関の任意の動作状態について求めることができる。

【0015】

本発明による方法の格別良好な結果が達成されるのは、動作量に以下のものが含まれる場合である。すなわち弁行程に決定的な作用を及ぼす排気弁制御装置の駆動制御時間、クランクシャフト回転数、排気弁開放時点でのクランクシャフト角度、排気弁開放時点での排気弁下流側の排気ガス平均圧力、排気弁を操作する液圧流体の温度、この液圧流体の圧力、燃焼室内に封じ込まれた動作ガスの質量が含まれる場合である。この場合、本発明による方法の結果は、燃焼室内のガス圧力を排気弁開放行程から求める際にいっそう多くの内燃機関動作量を考慮すればするほど、いっそう精度が高まる。

40

【0016】

この方法の精度に対する要求が非常に高い場合、付加的に燃焼室内のガスの質量も別の動作量として本発明によるガス圧力計算に算入するのが有利である。このようにすればガス温度の影響も考慮される。ガス温度の変わりにガス質量を利用することは格別に有利な

50

解決策である。その理由は、一般的な事例において内燃機関の制御に関連してガス質量がいずれにせよ求められるからであり、あるいはそうでないにしても他の既知の量から簡単に計算できるからである。

**【0017】**

さらに本発明によれば、排気弁の開放行程が行程センサにより捕捉される。この種のセンサはかなり簡単に設置することができる。それというのもこのようなセンサは燃焼室内にまたは燃焼室のところにじかに配置するのではなく、たとえば排気弁のタペットの近くに配置すればよいからである。そのような場所では温度の負荷も僅かであり、したがって比較的安価なセンサを使用することができる。行程センサを使用すれば開放行程が高い精度で得られ、その結果、現在ガス圧力を求める際の精度もよくなる。

10

**【0018】**

とはいえ排気弁の開放行程を、対応する閉鎖過程に必要とされる時間から求めることもできる。この時間自体は、排気弁の閉鎖過程を始動するアクチュエータの駆動制御開始時点と、たとえば排気弁が弁座に当たったときに発する固体中伝播音響により検出可能な閉鎖過程の終了時点とから求めることができる。多気筒内燃機関であってもこの音響を、単一のセンサたとえばいずれにせよ設けられているロックセンサにより捕捉することができる。したがって本発明による方法のこの実施形態によればコストが節約される。

**【0019】**

前述の課題は、これまで説明した形式の方法を実行するためにプログラミングされているコンピュータプログラムによっても解決される。前述の課題は、上述の形式のコンピュータプログラムが格納されている電氣的記憶媒体によっても解決される。さらに前述の課題は、上述の形式の方法において利用するためにプログラミングされた内燃機関のための開ループ/閉ループ制御装置によっても解決される。

20

**【0020】**

次に、図面を参照しながら本発明の有利な実施例について詳しく説明する。

**【実施例1】****【0021】**

図1には、内燃機関が全体として参照符号10により示されている。ここでは内燃機関は、図1には示されていない自動車を駆動するために用いられる。内燃機関10はここでは多シリンダ型4サイクルエンジンであり、ここでは複数のシリンダのうち1つだけしか示されておらず、それには参照符号12が付されている。

30

**【0022】**

シリンダ12には燃焼室14が含まれており、これはたとえば往復運動するピストン16によって区切られる。コネクティングロッド18を介してピストンは、ここではシンボリックにしか描かれていないクランクシャフト20に対して働き、その角度位置がセンサ21により捕捉される。燃焼空気は、吸気ダクト22および液圧で操作される吸気弁24を介して燃焼室14に到達する。吸気ダクト22を介して燃焼室14に流れ込む外気の量は、センサ26により捕捉される。これは加熱フィルム空気質量測定器であって、これはHFMセンサとも呼ばれる。

**【0023】**

燃料はインジェクタ28によって燃焼室14にダイレクトに到達する。燃料は燃料システム30から供給される。燃焼室14内に存在する燃料空気混合物は点火プラグ32により着火され、この点火プラグ32は点火システム34により給電される。燃焼時に燃焼室14内に発生する燃焼排気ガスは、液圧で操作される排気弁36を介して排気ダクト38へ導かれる。その際、図1には示されていない排気弁36の弁部材の開放行程ないしは開放変位量が行程センサないしは変位センサ40により捕捉される。したがって内燃機関10は、弁24と弁36の制御のためにカムシャフトを有していない。

40

**【0024】**

排気弁36の液圧式操作は液圧管路42および44によって行われ、これらの管路によって排気弁36もしくはそれに付属する液圧式アクチュエータ(図示せず)が液圧制御装

50

置 4 6 と結ばれている。液圧制御装置の重要な要素は迅速に切り替わる液圧弁（図示せず）であり、これによって排気弁 3 6 の開閉過程が制御される。センサ 4 8 および 5 0 によって、排気弁 3 6 を制御する液圧流体の温度と圧力が測定される。吸気弁 2 4 も同じように操作される。

【 0 0 2 5 】

この場合、システムの実装にあたり、個々の部材またはサブシステムを図 1 に示した構成とは異なるようにまとめることもできる。たとえば図面に示されているユニット 3 6 および 4 6 を完全にまたは部分的に一体構造にして 1 つのコンポーネントとして統合してもよい。

【 0 0 2 6 】

内燃機関 1 0 の動作は、開ループ / 閉ループ制御装置 5 2 により開ループ制御もしくは閉ループ制御される。この制御装置はたとえば H F M センサ 2 6 、 クランクシャフト 2 0 の位置発生器 2 1 、 行程センサ 4 0 、 温度センサ 4 8 ならびに圧力センサ 5 0 から入力信号を受け取る。この制御装置はたとえば燃料システム 3 0 、 点火システム 3 4 および排気弁 3 6 の液圧制御装置 4 6 を制御する。

【 0 0 2 7 】

この目的で開ループ / 閉ループ制御装置 5 2 は入力信号に基づき別の動作量も計算し、たとえばクランクシャフト 2 0 の回転数  $nmot$  , 排気ダクト 3 8 内の排気ガス圧力  $pabg$  なども計算する。

【 0 0 2 8 】

図 1 に示されている内燃機関 1 0 の場合、吸気弁 2 4 の開放行程も排気弁 3 6 の開放行程も内燃機関 1 0 の個々の動作点に合わせてそのつど整合することができる。この目的で、望ましい目標行程  $hsol$  が液圧制御装置 4 6 内の電磁切換弁の駆動制御時間  $tm$  に換算される。

【 0 0 2 9 】

この換算にあたり、行程を決定する調整過程の実質的な影響量ならびにこの調整過程時に有効となる力が考慮される。この影響量として内燃機関 1 0 もしくは液圧制御装置 4 6 の動作量が挙げられ、たとえば温度センサ 4 8 により捕捉される液圧流体の温度  $Toil$  , 圧力センサ 5 0 により捕捉される同じ液圧流体の圧力  $Poil$  , 位置発生器 2 1 により捕捉されるクランクシャフト 2 0 の回転数  $nmot$  , ならびに開放過程の開始時に燃焼室 1 4 内に生じるガス圧力に起因して排気弁 3 6 にはたらく力が挙げられる。これはやはりクランクシャフト 2 0 の回転数  $nmot$  , 排気弁 3 6 の開放時点におけるクランクシャフト位置  $wao$  , この開放時点に生じる排気ガス圧力  $pabg$  , ならびにこの開放時点に燃焼室 1 4 内に生じるガス圧  $pao$  から求められる。

【 0 0 3 0 】

駆動制御時間  $tm$  を決定しなければならない時点では、排気弁 3 6 の開放過程の開始時に生じる燃焼室 1 4 内のガス圧力は未知であるので、対応するガス圧力  $paopre$  が予測もしくは推定される。その際、この推定は該当する動作サイクルに対して設定される内燃機関 1 0 の動作量から出発し、これはたとえば空気質量、残留ガス量、燃料量、場合によっては点火角度、ならびにその他のパラメータなどである。空気質量はたとえば H F M センサ 2 6 によって測定される。このようにして以下の式 1 により表される関係が得られる：

$$tm = func\_tm(h, Toil, Poil, nmot, wao, pabg, pao) \quad (1)$$

ただし  $h = hsol$  ,  $pao = paopred$

内燃機関 1 0 の動作を開ループ / 閉ループ制御する際に非常に重要であるのは、現在のガス圧力つまり 1 つの動作サイクル終了時に燃焼室 1 4 内に生じる実際のガス圧力を把握していることである。1 つの動作サイクル終了時に燃焼室 1 4 内に生じている現在ガス圧力を求める目的で、式 1 により表された関係が駆動制御時間  $tm$  と行程  $h$  の対応に関して逆にされる。その結果、以下の式 2 が得られる：

$$h = func\_hub(tm, Toil, Poil, nmot, wao, pabg, pao) \quad (2)$$

関数  $func\_hub$  により一般的に、駆動制御時間  $tm$  および動作量  $Toil$  ,  $Poil$  ,  $nmot$  ,  $wao$  等

10

20

30

40

50

に対し結果として生じる弁行程 $h$ の依存性が表される。この関係は、エンジン試験台において種々の動作条件のもとでテストすることにより実験的に求めることができる。その際に特にガス圧力 $p_{ao}$ に対する行程 $h$ の依存性を評価する場合に判明したのは、この関係を非常に良好な近似において2次多項式によって表せることである。

#### 【0031】

このことは図2に示した特性曲線からよくわかる。この図には、角度 $w_{ao}$ が一定であり動作量 $P_{oil}$ ,  $T_{oil}$ ,  $n_{mot}$ ,  $p_{abg}$ の値が一定のときの駆動制御時間 $t_m$ の3つの値に対するガス圧力 $p_{ao}$ の関数として、弁行程 $h$ が書き込まれている。これらの特性曲線は負の勾配で僅かに湾曲しながらほぼ直線的に伸びており、これらは $p_{ao}$ における2次の項により小さい負の係数とともに表すことができる。2次の近似の結果、式3が得られる：

$$h = C_0 + C_1 * p_{ao} + C_2 * p_{ao}^2 \quad (3)$$

ただし

$$C_0 = \text{func\_}C_0(t_m, T_{oil}, p_{oil}, n_{mot}, w_{ao}, p_{abg}) \quad (4)$$

$$C_1 = \text{func\_}C_1(t_m, T_{oil}, p_{oil}, n_{mot}, w_{ao}, p_{abg}) \quad (5)$$

$$C_2 = \text{func\_}C_2(t_m, T_{oil}, p_{oil}, n_{mot}, w_{ao}, p_{abg}) \quad (6)$$

特別な事例では係数 $C_2$ は、内燃機関の現在の動作量に僅かに依存する。この場合、係数 $C_2$ を良好な近似において、負の値をもつ定数とすることができる。一般に関数 $\text{func\_}C_0$ ,  $\text{func\_}C_1$ ,  $\text{func\_}C_2$ をやはり十分に良好な近似において、1次の項と2次の項をもつ多項式によって表すことができる。多項式を簡単にするために有利であるのは、排気弁36が開放されるとき crankshaft 20 の角度 $w_{ao}$ に対する依存性を、角度 $w_{ao}$ における燃焼室容積 $V_{br}$ に対する依存性によって記述することである。Crankshaft 20 の角度に関連づけた燃焼室容積の変化速度も、多項式の簡略化に適している。両方の関数は簡単なやり方で、たとえば角度 $w_{ao}$ に依存する特性曲線としてまたは多項式として表すことができ計算することができる。

#### 【0032】

2次の多項式(上述の式3)を、求められた排気弁36の現在の行程 $h_{act}$ と対応する現在ガス圧力 $p_{aoact}$ にあてはめると、以下の式7が得られる：

$$h_{act} = C_0 + C_1 * p_{aoact} + C_2 * p_{aoact}^2 \quad (7)$$

現在ガス圧力 $p_{aoact}$ による2次のこの多項式の解は次式となる：

#### 【0033】

#### 【数2】

$$p_{aoact} = -\frac{C_1}{2 * C_2} + \sqrt{\left(\frac{C_1}{2 * C_2}\right)^2 + \frac{h_{act} - C_0}{C_2}} \quad (8)$$

#### 【0034】

排気弁36の現在の行程 $h_{act}$ と、係数 $C_0$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ を算出するための内燃機関10の種々の動作量とが既知であれば、式8に基づきシリンダ12の1つの動作サイクルの終了時における現在ガス圧力 $p_{aoact}$ を求めることができる。次にこれに対応する方法について図3を参照しながら詳しく説明する。この方法はコンピュータプログラムとして、開ループ/閉ループ制御装置52の記憶装置54内に格納されている。

#### 【0035】

開始ブロック56に続きブロック58において、目下の動作サイクルにおける排気弁36の現在の開放行程 $h_{act}$ が求められる。この目的で行程センサ40の信号が用いられる。機能ブロック60, 61, 62において係数 $C_0$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ が求められる。これは上述のように実験を通して求められた多項式 $\text{func\_}C_0$ ,  $\text{func\_}C_1$ ,  $\text{func\_}C_2$ により行ってもよいし、たとえば特性マップを用いて行うこともできる。その際に機能ブロック60~62はCrankshaft 20 の位置発生器21、HFMセンサ26、行程センサ40、温度センサ48、圧力センサ50および場合によってはさらに別のセンサのデータを利用し、これらの

10

20

30

40

50

データは目下の動作サイクルのためにブロック 6 3 において準備される。

【 0 0 3 6 】

これに応じてブロック 6 4 ~ 6 8 において係数 C0, C1, C2 が得られる。求められた現在の行程 hact ならびに係数 C0, C1, C2 は機能ブロック 7 0 に供給され、そこにおいて上述の式 8 に従い排気弁 3 6 の開放時点における燃焼室 1 4 内の現在ガス圧力 paoact が求められる。平方根関数を計算するために、たとえばこの関数を特性曲線として表形式で表現したものあるいは多項式として表現したものをを用いることができる。

【 0 0 3 7 】

現在の動作サイクルの前にブロック 7 2 において、内燃機関動作量 BG に基づき機能ブロック 7 4 によって現在の動作サイクルについてガス圧力 paopred ( ブロック 7 2 ) が予測されている。動作量 BG としてはたとえば点火角度、噴射燃料量、排気弁開放時点、空気質量などが上げられる。ブロック 7 6 において、予測されたガス圧力 paopred と求められた現在ガス圧力 paoact との差 d が形成される。ブロック 7 8 においてこの差 d に従って、ブロック 7 4 におけるガス圧力 paopred の予測に利用した関数 func\_paopred が整合される。さらにこの差 d に従いブロック 8 0 において、情報 INF の送出行われる。差 d が所定の値を超えたとき、これをたとえばエラーメモリへのエントリとしてもよいし、そのときに警告信号が含まれるようにしてもよい。この方法はブロック 8 2 において終了する。

10

【 0 0 3 8 】

択一的な実施例によれば、paoact の計算のために式 8 の代わりに paoact と hact の関係の 2 次の近似が用いられ、これは以下の式 9 のようになる：

20

$$paoact = C1*(hact-C0) + C2*(hact-C0)^2 \quad (9)$$

この場合、図 3 に示した既述の実施例と実質的に同じように実行処理を行うことができるが、相違点として挙げられるのは paoact が機能ブロック 7 0 において式 9 に従って求められることである。

【 0 0 3 9 】

別の択一的な実施例によれば、排気弁 3 6 の現在の行程 hact が行程センサによって求められるのではなく、排気弁 3 6 の閉鎖過程に必要とされる時間から求められる。この場合、閉鎖過程の開始を良好な近似において、液圧制御装置 4 6 における切替弁の開放時点と同一視することができる。さらに閉鎖過程の終了をたとえば、排気弁 3 6 の弁部材が対応する弁座に当たったときに引き起こされる音響によって検知することができる。

30

【 0 0 4 0 】

行程を求めるために必要とされる別の量たとえば上述の切替弁の遅れ時間や排気弁の閉鎖速度などを、実験を通して測定により求めることができる。対応する値をたとえば特性曲線として表形式で、動作量 Poil, Toil に依存して開ループ / 閉ループ制御装置 5 2 の記憶装置 5 4 内に格納することができる。

【 0 0 4 1 】

さらにここで述べておくと、求められた現在ガス圧力 paoact に基づき予測ガス圧力 paopred の算出を整合できるだけでなく、求められた現在ガス圧力 paoact が依存するその他の量の制御たとえば点火角度の制御なども整合したり改善したりすることができる。これによって内燃機関を、ドライバが望む出力、燃料消費、排気ガス品質および / または走行静穏性に関して最適に制御することができる。

40

【 0 0 4 2 】

上述の実施例の場合、吸気弁および排気弁は、液圧による補助エネルギー ( 圧力 ) によって動作する電気液圧式の弁アクチュエータによって動かされる。この場合、力の流束の制御は迅速に切り替えられる液圧弁により電氣的に行われる。とはいえ本発明の択一的な実施形態によれば、弁行程が個別に完全に可変に調節されるのであれば、エンジン弁アクチュエータを別の方式に従い作動させることもできる。たとえば液圧による補助エネルギーの代わりに電氣的または空気圧式の補助エネルギーを用いることもできる。完全に可変のエンジン弁制御の利用を排気弁に限ることもでき、この場合、吸気弁はたとえば従来ど

50

おりカムシャフトにより調整される。さらに本発明の択一的な実施形態によれば、自己着火型の内燃機関および/または吸気ダクト内で燃料供給の行われる構成を前提としてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0043】

【図1】 燃焼室および液圧で操作される排気弁を備えた内燃機関を示す図である。

【図2】 排気弁の種々の駆動制御時間において図1の排気弁の行程を図1の燃焼室内のガス圧力に関して示すダイアグラムである。

【図3】 図1の内燃機関の作動方法を示すフローチャートである。

【符号の説明】

10

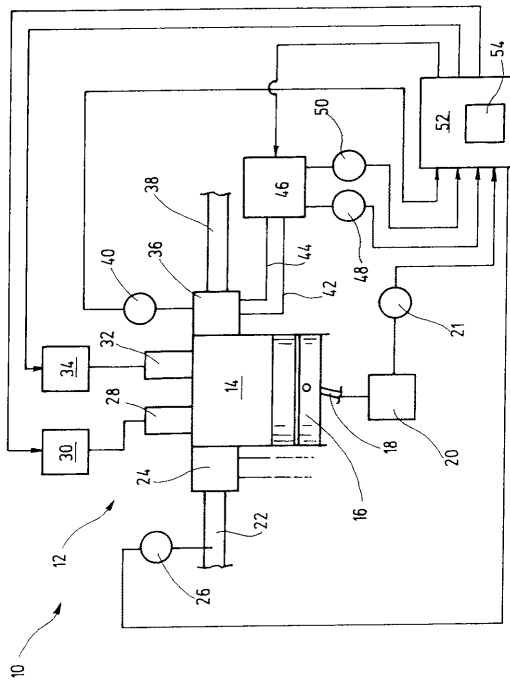
【0044】

- 10 内燃機関
- 12 シリンダ
- 14 燃焼室
- 16 ピストン
- 18 コネクティングロッド
- 20 クランクシャフト
- 21 センサ
- 22 吸気ダクト
- 24 吸気弁
- 26 HFMセンサ
- 28 インジェクタ
- 30 燃料システム
- 32 点火プラグ
- 34 点火システム
- 36 排気弁
- 38 排気ダクト
- 40 行程センサ
- 42, 44 液圧管路
- 46 液圧制御装置
- 48 温度センサ
- 50 圧力センサ
- 52 開ループ/閉ループ制御装置
- 54 記憶装置

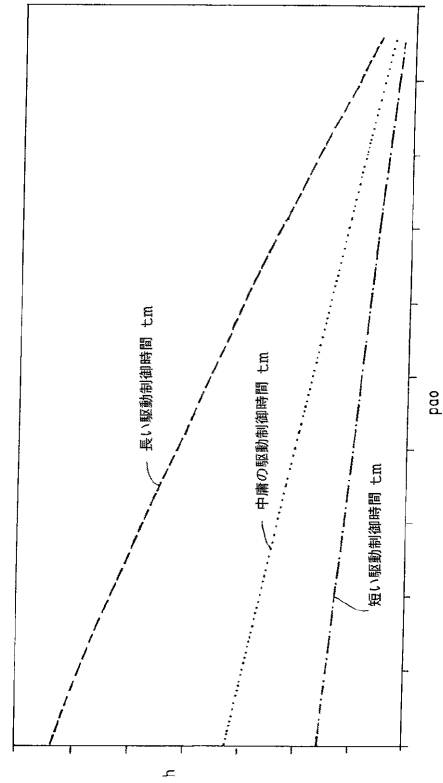
20

30

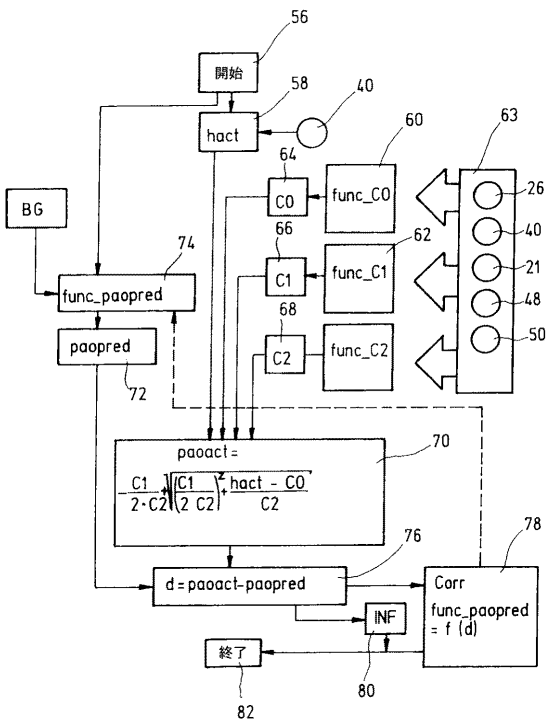
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 ユルゲン シーマン

ドイツ連邦共和国 マルクグレーニンゲン アイヒェンヴェーク 9

Fターム(参考) 3G084 BA03 BA04 BA13 BA17 BA23 DA02 DA10 DA13 EB02 EB06  
EC04 FA00 FA07 FA13 FA33 FA35 FA38  
3G092 AA06 AA11 DA02 DA06 DG05 FA15 FA24 FA50 HA01Z HA13Z  
HB01Z HC09Z HE01Z HE03Z