

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3969061号

(P3969061)

(45) 発行日 平成19年8月29日(2007.8.29)

(24) 登録日 平成19年6月15日(2007.6.15)

(51) Int. Cl.

F I

FO2D 45/00 (2006.01)

FO2D 45/00 368Z

FO2P 5/15 (2006.01)

FO2D 45/00 312Q

FO2D 45/00 368T

FO2P 5/15 A

請求項の数 10 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2001-344645 (P2001-344645)
 (22) 出願日 平成13年11月9日(2001.11.9)
 (65) 公開番号 特開2003-148236 (P2003-148236A)
 (43) 公開日 平成15年5月21日(2003.5.21)
 審査請求日 平成15年6月27日(2003.6.27)

(73) 特許権者 000003997
 日産自動車株式会社
 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
 (74) 代理人 100075513
 弁理士 後藤 政喜
 (74) 代理人 100084537
 弁理士 松田 嘉夫
 (72) 発明者 星野 真人
 神奈川県横須賀市神奈川区宝町2番地 日
 産自動車株式会社内

審査官 小原 一郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内燃機関の点火時期制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

シリンダ内の燃焼ガスの燃焼開始時のシリンダ内容積と、
 前記シリンダ内燃焼ガスの所定割合の燃焼ガス質量と、
 所定運転条件の燃焼ガスに対する前記シリンダ内の燃焼ガスの燃焼のしやすさを示した
 反応確率と、

前記シリンダ内の燃焼ガスの燃焼速度と、を算出し、

これらに算出値に基づいて、シリンダ内容積が大きいほど燃焼期間が長く、所定割合の
 燃焼ガス質量が大きいほど燃焼期間が長く、反応確率が大きいほど燃焼期間が短く、燃焼
 ガスの燃焼速度が早いほど燃焼期間が短くなるよう燃焼ガスの燃焼期間を算出し、当該燃
 焼期間に基づいてMBTの得られる基本点火時期を算出することを特徴とする内燃機関の
 点火時期制御装置。

【請求項2】

前記燃焼期間は、シリンダ内容積と燃焼ガス質量とを掛けた値を反応確率と火炎核の反
 応面積と燃焼速度とを掛けた値で除した演算値に基づいて算出することを特徴とする請求
 項1に記載の点火時期制御装置。

【請求項3】

前記反応確率は、所定の残留ガス率における燃焼のしやすさを1とし、所定の残留ガス
 率より小さいほど1より大きな値で設定し、所定の残留ガス率より大きいほど1より小さ
 な値で設定することを特徴とする請求項1乃至2記載の内燃機関の点火時期制御装置。

10

20

【請求項 4】

前記反応確率は、所定の水温における燃焼のしやすさを 1 とし、所定の水温より高いほど 1 より大きな値で設定し、所定の水温より低いほど 1 より小さな値で設定することを特徴とする請求項 1 乃至 2 記載の内燃機関の点火時期制御装置。

【請求項 5】

前記反応確率は、所定の当量比における燃焼のしやすさを 1 とし、所定の当量比よりリッチ側、リーン側いずれにおいても 1 より小さな値で設定することを特徴とする請求項 1 乃至 2 記載の内燃機関の点火時期制御装置。

【請求項 6】

前記所定割合の燃焼ガス質量は、燃焼ガスの着火後燃焼圧力が最大となるまでに燃焼される燃焼ガス質量としたことを特徴とする請求項 1 乃至 5 記載の内燃機関の点火時期制御装置。

10

【請求項 7】

前記燃焼ガス質量割合を複数に分割し、それぞれの燃焼ガス質量割合に対応する燃焼期間を算出し、すべての燃焼期間を合計して燃焼期間を求めることを特徴とする請求項 6 に記載の内燃機関の点火時期制御装置。

【請求項 8】

前記燃焼ガス質量割合を、燃焼ガスの着火後火炎核形成に費やされる燃焼ガス質量と、該火炎核形成後から燃焼ガスの着火後燃焼圧力が最大となるまでに燃焼される燃焼ガス質量とに分割したことを特徴とする請求項 7 記載の内燃機関の点火時期制御装置。

20

【請求項 9】

前記シリンダ内の燃焼ガスの燃焼開始時の雰囲気温度と、前記シリンダ内の燃焼ガスの燃焼開始時の雰囲気圧力とを算出し、前記シリンダ内の燃焼ガスの燃焼速度は、燃焼ガスの所定温度、所定圧力における基本層流火炎速度から、前記雰囲気温度、雰囲気圧力とに基づいて算出することを特徴とする請求項 1 乃至 8 記載の内燃機関の点火時期制御装置。

【請求項 10】

吸入弁が閉じられた時の燃焼ガスの温度を算出し、該算出した温度に有効圧縮比に基づいて算出した温度上昇率を掛けることによって前記雰囲気温度を算出することを特徴とする請求項 9 記載の内燃機関の点火時期制御装置。

【発明の詳細な説明】

30

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、内燃機関における燃焼期間を算出し、燃焼期間に基づいて最小点火進角値となるように点火時期を制御する装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来技術として特開平 10 - 30535 号公報に開示の技術は、シリンダ内の圧力を測定することなく、シリンダ内での燃焼時間から最小点火進角値（以下、MBT と示す。）の得られる点火時期を演算するものである。

【0003】

40

【発明が解決しようとする課題】

この従来の技術においては、MBT 演算値を算出するにあたりシリンダ内総ガス質量（MASSC）と未燃ガス密度（ROU）を算出し、その後、MASSC / ROU を演算している。未燃ガス密度は、未燃ガス質量を未燃ガス体積で割って得られる値であるため未燃ガスの質量及び体積の変化に依存する。理論的には、これらの値を検出すれば未燃ガス質量を正確に求めることができるが、実際にはシリンダ内にて未燃ガス体積を推定することは困難であるため、上記公報にあっては充填効率 c に基づいて未燃ガス密度を算出している。しかしながら、質量に相当する充填効率 c のみの関数では、未燃ガス密度を正確に算出することはできず、運転条件により変化する未燃ガス体積分の補正を行うにしても困難であるという問題が残る。更に、MASSC、ROU とともに質量であり、質量同士を

50

除算することで求められる値は無次元となるので、これらの質量の値を個別に演算し、さらに除算することは演算の無駄であり、単に演算負荷の増加を招くことになる。

【0004】

そこで本発明の目的は、上記問題点を解決し、より正確に燃焼期間を算出し、M B Tの得られる内燃機関の点火時期制御装置を提供することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】

この目的のため本発明による内燃機関の点火時期制御装置は、請求項1に記載の如く、シリンダ内の燃焼ガスの燃焼開始時のシリンダ内容積と、前記シリンダ内燃焼ガスの所定割合の燃焼ガス質量と、所定運転条件の燃焼ガスに対する前記シリンダ内の燃焼ガスの燃焼のしやすさを示した反応確率と、前記シリンダ内の燃焼ガスの燃焼速度と、を算出し、これらに算出値に基づいて、シリンダ内容積が大きいほど燃焼期間が長く、所定割合の燃焼ガス質量が大きいほど燃焼期間が長く、反応確率が大きいほど燃焼期間が短く、燃焼ガスの燃焼速度が早いほど燃焼期間が短くなるよう燃焼ガスの燃焼期間を算出し、当該燃焼期間に基づいてM B Tの得られる基本点火時期を算出する。

10

【0006】

前記燃焼期間は、請求項2に記載の如く、シリンダ内容積と燃焼ガス質量とを掛けた値を反応確率と火炎核の反応面積と燃焼速度とを掛けた値で除した演算値に基づいて算出してもよい。

【0007】

前記反応確率は、請求項3に記載の如く、所定の残留ガス率における燃焼のしやすさを1とし、所定の残留ガス率より小さいほど1より大きな値で設定し、所定の残留ガス率より大きいほど1より小さな値で設定しても良い。

20

【0008】

前記反応確率は、請求項4に記載の如く、所定の水温における燃焼のしやすさを1とし、所定の水温より高いほど1より大きな値で設定し、所定の水温より低いほど1より小さな値で設定しても良い。

【0009】

前記反応確率は、請求項5に記載の如く、所定の当量比における燃焼のしやすさを1とし、所定の当量比よりリッチ側、リーン側いずれにおいても1より小さな値で設定しても良い。

30

【0010】

前記所定割合の燃焼ガス質量は、請求項6に記載の如く、燃焼ガスの着火後燃焼圧力が最大となるまでに燃焼される燃焼ガス質量としても良い。

【0011】

請求項7に記載の如く、前記燃焼ガス質量割合を複数に分割し、それぞれの燃焼ガス質量割合に対応する燃焼期間を算出し、すべての燃焼期間を合計して燃焼期間を求めても良い。

【0012】

請求項8に記載の如く、前記燃焼ガス質量割合を、燃焼ガスの着火後火炎核形成に費やされる燃焼ガス質量と、該火炎核形成後から燃焼ガスの着火後燃焼圧力が最大となるまでに燃焼される燃焼ガス質量とに分割しても良い。

40

【0013】

請求項9に記載の如く、前記シリンダ内の燃焼ガスの燃焼開始時の雰囲気温度と、前記シリンダ内の燃焼ガスの燃焼開始時の雰囲気圧力とを算出し、前記シリンダ内の燃焼ガスの燃焼速度は、燃焼ガスの所定温度、所定圧力における基本層流火炎速度から、前記雰囲気温度、雰囲気圧力とに基づいて算出しても良い。

【0014】

請求項10に記載の如く、吸入弁が閉じられた時の燃焼ガスの温度を算出し、該算出した温度に有効圧縮比に基づいて算出した温度上昇率を掛けることによって前記雰囲気温度を

50

算出しても良い。

【0015】

【発明の効果】

請求項1に記載の本発明においては、シリンダ内の燃焼ガスの燃焼開始時のシリンダ内容積と、所定割合の燃焼ガス質量と、燃焼ガスの燃焼のしやすさを示した反応確率と、燃焼ガスの燃焼速度とから燃焼期間を算出し、燃焼期間に基づいてMBTの得られる基本点火時期を算出している。シリンダ内の燃焼ガスの燃焼開始時のシリンダ内容積が大きいほど火炎核の拡大容積が大きくなるため燃焼期間が長くなり、その分MBTの得られる点火時期が進角側に移動される。又、燃焼ガス質量が大きくなるほど燃焼に要する時間が長くなり、その分MBTの得られる点火時期が進角側に移動される。一方、燃焼のしやすさを反

10

【0016】

尚、請求項2に記載の発明では、シリンダ内容積と燃焼ガス質量とを掛けた値を反応確率と火炎核の反応面積と燃焼速度とを掛けた値で除した算出することで容易に演算することができる。

20

【0017】

請求項3に記載の発明では、所定の残留ガス率における燃焼に対する反応確率を1とおき、当該所定の残留ガス率よりも残留ガス率が小さいほど燃焼しやすく燃焼期間も短くなり、当該所定の残留ガス率よりも残留ガス率が大きいほど燃焼しにくく燃焼期間も長くなることから、これらの燃焼期間の差異に基づいて反応確率を設定することで燃焼期間を正確に算出することができる。

【0018】

請求項4に記載の発明では、所定の水温における燃焼のしやすさに対する反応確率を1とおき、当該所定の水温よりも高いほど燃焼しやすく燃焼期間も短くなり、当該所定の水温よりも低いほど燃焼期間も長くなることから、これらの燃焼期間の差異に基づいて反応確率を設定することで燃焼期間を正確に算出することができる。

30

【0019】

請求項5に記載の発明では、所定の当量比における燃焼のしやすさに対する反応確率を1とおき、当該所定の当量比よりもリッチ側、リーン側いずれに振れても燃焼期間が長くなることから、これらの燃焼期間の差異に基づいて反応確率を設定することで燃焼期間を正確に算出することができる。

【0020】

請求項6に記載の発明では、燃焼ガスの着火後燃焼圧力が最大となるまでに燃焼される燃焼ガス質量を所定割合の燃焼ガス質量とすることで、着火してから燃焼圧が最大となるまでに相当する期間が算出され、燃焼圧が最大となるタイミングを適宜設定することでMBTの得られる基本点火時期を演算することができる。

40

【0021】

請求項7に記載の発明では、燃焼ガス質量割合を複数に分割し、それぞれの燃焼ガス質量割合に対応する燃焼期間を算出することで、着火後からそれぞれの燃焼割合の燃焼状態に対応して燃焼期間を算出することができる。

【0022】

請求項8に記載の発明では、火炎核形成に費やされる燃焼ガス質量が燃焼する期間と、その後燃焼の拡大に費やされる燃焼ガス質量が燃焼する期間とを分割して算出することで、

50

温度、圧力に対する感度が高い火炎核形成段階の燃焼期間を個別に算出でき、より正確に燃焼期間を算出することができる。

【 0 0 2 3 】

請求項 9 に記載の発明では、基本層流火炎速度を雰囲気温度、雰囲気圧力に基づいた値で算出することができる。

【 0 0 2 4 】

請求項 1 0 に記載の発明では、雰囲気温度を吸気弁が閉じられた時の燃焼ガスの温度と有効圧縮比によって算出することができる。

【 0 0 2 5 】

【 発明の実施の形態 】

図 1 は、本発明のシステムを説明するための概略図であり、内燃機関 1 には吸気コレクタ 2 と、インジェクタ 3 を配置された吸気マニホールド 4 を介して吸気が導入され、内燃機関 1 からの排気は三元触媒 2 1 を備えた排気マニホールド 5 からマフラー 6 を介して大気中に排出される。

【 0 0 2 6 】

吸気コレクタ 2 にはエアクリーナ 7 によって浄化された空気が吸気ダクト 9 を通して供給される。吸気コレクタ 2 上流にはスロットル開度センサとスロットルモータを備えた電子制御スロットル 8 が備えられる。

【 0 0 2 7 】

フューエルタンク 1 0 内で蒸発した燃料ガスは、キャニスタ 1 1 に導入された後にキャニスタ 1 1 に導入された空気とともに吸気コレクタ 2 に送られる。さらに三元触媒 2 1 下流と吸気コレクタ 2 とを連通する E G R 通路 1 2 が設置され、排気の一部が吸気中に還流される。

【 0 0 2 8 】

内燃機関 1 にはクランク角の位置を検出するポジションセンサ 1 3 と冷却水温を検出する水温センサ 1 4 とカム位置を検出するフェーズセンサ 1 5 とが設置され、吸気ダクト 9 には吸気温センサを内蔵したエアフロメータ 1 6 が設けられる。エアフロメータ 1 6 に代わって、吸気マニホールド 4 の温度と圧力を検出するセンサを設け、これらに基づいて吸入空気量を演算するようにしてもよい。

【 0 0 2 9 】

排気マニホールド 5 には排気中の酸素濃度を検出する O 2 センサ 1 7 が設けられ、E G R 通路 1 2 の途中には E G R コントロールバルブ 1 8 が、またキャニスタ 1 1 から排出されたパーージェアを制御するキャニスタパーージェアコントロールバルブ 1 9 が設置される。

【 0 0 3 0 】

前記ポジションセンサ 1 3、水温センサ 1 4、フェーズセンサ 1 5、エアフロメータ 1 6 及びそれに内蔵された吸気温センサの出力信号は、コントロールユニット 2 0 に入力され、さらに O 2 センサ 1 7 の出力信号、図示しないバッテリーからの電圧信号も入力される。

【 0 0 3 1 】

コントロールユニット 2 0 はこれら入力データに基づき、点火時期制御信号をイグニッションコイルに出力し、空燃比制御信号を燃料噴射用のインジェクタ 3 に、C V T C バルブ制御信号を C V T C バルブ 2 2 に、キャニスタ制御信号をキャニスタパーージェアコントロールバルブ 1 9 に、さらに E G R 制御信号を E G R コントロールバルブ 1 8 に出力し、内燃機関 1 を適正な運転状態に維持する。なお、ここで C V T C バルブ 2 2 は吸気バルブの開閉時期を連続的に可変するバルブである。

【 0 0 3 2 】

このように構成されて、次にコントロールユニット 2 0 で行われる燃焼期間 B T (d e g) の演算について説明する。

【 0 0 3 3 】

図 2 に示すブロック図は燃焼期間の演算の概略を示すものである。基本点火時期演算部 3

10

20

30

40

50

0 は、前述した各センサ信号に基づいて M B T の得られる基本点火時期を演算し、この基本点火時期に応じて筒内ガスに着火するために点火時期制御演算部 4 0 がイングニッションコイルへの信号を演算し出力する。基本点火時期演算部 3 0 は、着火後燃焼を開始してから火炎核が形成される段階までに相当する期間を演算する火炎核形成段階燃焼期間演算部 3 1、火炎核の形成段階が終了してから燃焼圧が最大となる P m a x までに相当する期間を演算する急速燃焼段階燃焼期間演算部 3 2、火炎核形成段階燃焼期間演算部 3 1 と急速燃焼段階燃焼期間演算部 3 2 とで演算した期間に基づいて点火してから燃焼圧が最大となる P m a x までに相当する期間を演算する燃焼期間演算部 3 3、燃焼期間演算部 3 3 で演算した期間に基づいて M B T の得られる基本点火時期を演算する推定点火時期演算部 3 4 とからなる。

10

【 0 0 3 4 】

ここで火炎核形成段階としての燃焼初期期間 B T 1 と急速燃焼段階としての燃焼主期間 B T 2 について図 3 と図 4 を用いて説明する。図 3 に示すように M B T 時のシリンダ内圧力 P が最大圧 P m a x となるクランク角を基準クランク角 P M A X (d e g) とすると、基準クランク角 P M A X は燃焼方式に拠らずほぼ一定で、基準クランク角 P M A X となる燃焼質量割合 R m a x (%) もほぼ一定割合となり、6 0 % 前後の燃焼質量割合となる。図 4 に示す燃焼質量割合 R はシリンダ内の燃料が点火時 (燃焼質量割合 0 %) から完全に燃焼するまで (燃焼質量割合 1 0 0 %) を百分率で示したもので、シリンダ内の燃料の燃焼量の割合を表す指標である。

【 0 0 3 5 】

20

ここで燃焼質量割合 0 % から最大圧 P m a x を発生する略 6 0 % までの燃焼期間は、燃焼ガス点火後、燃焼割合に殆ど変化が無く筒内圧力が余り変化しない期間である燃焼初期期間と、燃焼割合が急激に立上り筒内圧力が高くなる燃焼主期間とに分けて考えることができる。燃焼初期期間は、燃焼開始から火炎核が形成される段階であり、一般に火炎核が形成されるまでの燃焼質量割合は 2 % ~ 1 0 % である。この段階では、圧力・温度上昇が殆ど無いので燃焼速度が遅く、このため燃焼期間が長くなり圧力・温度の感度が大きくなる。したがって、シリンダの圧縮行程における圧力・温度上昇を正確に求めることにより燃焼初期期間 B T 1 を精度よく算出することができる。

【 0 0 3 6 】

一方、燃焼主期間は、燃焼によって温度が上昇し始めると、層流域に火炎が伝播し、燃焼速度が急速に速くなる。このために燃焼主期間は短く、圧力・温度に対する感度は鈍くなり、点火時期制御に対する影響は小さい。

30

【 0 0 3 7 】

本実施例では、燃焼質量割合 2 % までを燃焼初期期間 B T 1 として、それ以降を燃焼主期間 B T 2 と区別して演算し、点火から最大圧 P m a x となるまでの燃焼期間 B T に相当するクランク角を求めて基準クランク角 P M A X から差し引くことで点火時期 M B T C Y C L を求めることが可能となる。

【 0 0 3 8 】

図 5 から図 8 に示すフローチャートは図 2 に示したブロック図の各構成を算出するためのもので、図 5 に示すフローチャートでは上述した燃焼期間の算出に必要な各物理量を求める。まずステップ S 1 1 では、吸気バルブ閉時シリンダ内容積 V I V C を算出する。シリンダ内容積 V I V C は、吸気バルブが閉じた時点のピストン上面とシリンダ壁とに囲まれた容積でシリンダ位置を検出することで算出でき、次式のようにクランク角 I V C に応じた関数で表わされる。

40

【 0 0 3 9 】

【 数 1 】

$$VIVC[m^3] = f1(IVC[deg BTDC]) \quad (1)$$

50

【 0 0 4 0 】

次にステップS 1 2で、吸気バルブ閉時の筒内温度 $TINI [K]$ を算出する。筒内温度は、吸気コレクタ内温度、排気温度 $TEXH$ 、残留ガス率 $EGRREM$ 等と相関関係があり、次式のようにこれらの検出値に応じた関数で表わされるが、別途マップ形式で保有していてもよい。

【 0 0 4 1 】

【数 2】

$$TINI[K] = f2(TCOL[K], TEXH[K], EGRREM[\%]) \quad (2)$$

10

【 0 0 4 2 】

次にステップS 1 3で、燃焼ガスの燃えやすさを無次元の値で示した反応確率 $RPROBA$ を算出する。筒内での燃焼ガスの燃えやすさは、残留ガス率 $EGRREM$ 、水温 $TWK [K]$ 、当量比 $TFBYA$ 等に依存し以下の関数で表わすことができる。

【 0 0 4 3 】

【数 3】

$$RPROBA[\%] = f3(EGRREM[\%], TWK[K], TFBYA) \quad (3)$$

【 0 0 4 4 】

燃焼ガスは、残留ガス率 $EGRREM$ で言うと残留ガス率 $EGRREM$ が小さいほど燃えやすく、大きいほど燃え難くなる。水温 TWK は、水温 $TWK [K]$ が高くなるほど燃えやすく、低い時には燃え難い。当量比 $TFBYA$ で言うと本実施例では、等量比 $TFBYA$ が 1.0 の時が最も燃えやすく、それよりリッチ側、リーン側どちらに振れても燃え難くなる。エンジンによっては、最も燃えやすい等量比がリーン側に振れているものもあるが、これらの特性は実験によって予め定めておける。これらの特性を考慮して、所定の残留ガス率、水温、当量比における反応確率 $RPROBA$ を 100% として、これらの物理量の変化に対応して、例えば 70 ~ 100% の範囲で設定した反応確率をマップ上に持つように、実験で予め求めておくことができる。

20

【 0 0 4 5 】

次にステップS 1 4で、基準クランク角 $PMAX$ を算出する。前述したように MBT 時の基準クランク角 $PMAX$ は一定と見做してもよいが、エンジン回転数が高くなる進角側にシフトする傾向があるため、本実施例では次式のようにエンジン回転数に応じた関数で演算する。

30

【 0 0 4 6 】

【数 4】

$$\theta PMAX[deg ATDC] = f4(NRPM) \quad (4)$$

【 0 0 4 7 】

ステップS 1 5で、点火無駄時間 $IGNDEAD$ を算出する。この点火無駄時間 $IGNDEAD$ は、コントローラで指令値を出力してから点火されるまでの時間で、エンジン回転数が大きくなる程無駄時間が大きくなるためこれを考慮するようにしたもので、下記関数で表わされる。

40

【 0 0 4 8 】

【数 5】

$$IGNDEAD[deg] = f5(IGNDEAD[\mu s], NRPM[RPM]) \quad (5)$$

【 0 0 4 9 】

50

次に燃焼初期期間 B T 1 の算出フローチャートを図 6 に示す。

【 0 0 5 0 】

まずステップ S 2 1 で燃焼開始時のシリンダ内容積 V_0 を求める。燃焼開始時のシリンダ内容積 V_0 は前行程時の点火時期 M B T C Y C L (d e g B T D C) から求めることができ、前記シリンダ内容積 V I V C と同様、クランク角に応じた関数で表わされる。

【 0 0 5 1 】

【数 6】

$$V_0[m^3] = f6(MBTCYCL[deg BTDC]) \quad (6)$$

10

【 0 0 5 2 】

具体的には前行程時の点火時期 M B T C Y C L (d e g B T D C) からピストン位置を算出し、ピストン位置とシリンダのボア径からピストン上面とシリンダ壁に囲まれた容積を算出し、これと燃焼室容積から燃焼開始時シリンダ内容積 V_0 を求める。続いてステップ S 2 2 では燃焼開始時の有効圧縮比 E_c を算出する。有効圧縮比 E_c は燃焼開始時シリンダ内容積 V_0 を吸気バルブ閉時 (圧縮開始時) のシリンダ内容積 V I V C ($m m^3$) で除して求められ、下記式で表わされる。

【 0 0 5 3 】

【数 7】

$$Ec[-] = f7(V_0[m^3]/VIVC[m^3]) \quad (7)$$

20

【 0 0 5 4 】

ステップ S 2 3 では吸気バルブ閉時から燃焼開始時までのシリンダ内の温度上昇率 T_c を燃焼開始時の有効圧縮比 E_c から算出する。吸気バルブ閉時から燃焼開始時までのシリンダ内は断熱圧縮であると考えることができ、温度上昇率 T_c は、燃焼ガスの定圧比熱 / 定容比熱を k として、下記式の様に表わすことができる。

【 0 0 5 5 】

【数 8】

$$Tc[-] = f8(Ec^{k-1}[-]) \quad (8)$$

30

【 0 0 5 6 】

係数 k は、空気の場合 $k = 1.4$ であり、燃焼ガスも空気同様 $k = 1.4$ で近似できるが、実験等で適宜最適な値を設定してもよい。

【 0 0 5 7 】

そしてステップ S 2 4 では、燃焼開始時のシリンダ内の雰囲気温度 T_s (K) がシリンダ内の温度上昇率 T_c に前記ステップ S 1 2 で算出した吸気バルブ閉時シリンダ内雰囲気温度 T I N I (K) を乗じて算出される。

【 0 0 5 8 】

次にステップ S 2 5 で、層流燃焼速度 S L 1 ($m / s e c$) を算出する。層流火炎速度 S L ($m / s e c$) は一般に以下の式によって表わされることが分かっている。

【 0 0 5 9 】

【数 9】

$$SL[m/sec] = SL_0[m/sec] \times (T[K] \times T_0[K])^{2.18} \times (P[Pa]/P_0[Pa])^{-0.16} \quad (9)$$

40

【 0 0 6 0 】

S L 0 ($m / s e c$) : 温度 T_0 [K]、圧力 P_0 [P a] 時の層流火炎速度

T_0 [K] : 基準温度 P_0 [P a] : 基準圧力

50

T_s [K] : 雰囲気温度

P_0 [P a] : 雰囲気圧力

ここで常用域である 2 b a r 以上では上記式の圧力の項の値は小さくなるので、圧力感度を一定値として基準温度に対する層流火炎速度 $S L_0$ (m / s e c) を算出しても良く、基準温度等は実験で予め算出しておく。例えば基準温度 5 5 0 (K) の時、層流火炎速度が 1 . 0 (m / s e c) であった場合、前記ステップ S 2 4 で算出した雰囲気温度 T_s (K) を用いて近似的に下記式で求めることができる。

【 0 0 6 1 】

【 数 1 0 】

$$SL1[m/sec]=1.0[m/sec]\times(Ts[K]/550[K])^{2.18} \quad (10)$$

10

【 0 0 6 2 】

続くステップ S 2 6 では内燃機関 1 の回転速度 N (d e g) からシリンダ内の乱流域での乱れ強さ $S T 1$ が算出される。

【 0 0 6 3 】

乱れ強さ $S T 1$ の具体的な算出方法は、回転速度 N からシリンダ内の圧縮速度 (m / s e c) を求め、さらに吸気流路の形状と吸気バルブの作動状態と吸気ポートの圧力から決まる燃焼室内への吸気流速 (m / s e c) と、燃料の圧力と燃料噴射時間と燃料噴射タイミングから定まるペネトレーション強さ (m / s e c) とから決定され、エンジン回転数に

20

【 0 0 6 4 】

【 数 1 1 】

$$ST1 = f9(NRPM) \quad (11)$$

【 0 0 6 5 】

尚、テーブルデータで持ってもよい。

【 0 0 6 6 】

ステップ S 2 7 で層流燃焼速度 $S 1$ と乱れ強さ $S T 1$ とから燃焼速度 $F 1$ (m / s e c)

30

が、下記演算式によって演算される。

【 0 0 6 7 】

【 数 1 2 】

$$F1[m/sec]=SL1[m/sec]\times ST1 \quad (12)$$

【 0 0 6 8 】

ステップ S 2 8 では、シリンダ内燃焼ガスの 2 % の燃焼ガス質量を下記演算式で算出する。

【 0 0 6 9 】

40

【 数 1 3 】

$$BRI = f10(fuel[Pa],t[t])\times 2\% \quad (13)$$

【 0 0 7 0 】

すなわち、燃圧 $f u e l$ とパルス幅 t から筒内に噴射される燃焼ガス質量を算出し、その 2 % を $B R 1$ として演算する。

【 0 0 7 1 】

ステップ S 2 9 で燃焼初期期間 $B T 1$ が、機関回転速度 N (単位を r p m から d e g に変換するために $3 6 0 / 6 0 = 6$ を掛ける) と燃焼質量割合 $R 1$ とシリンダ内容積 V_0 とを

50

乗じたものを、反応確率 P と反応面積 A 1 と燃焼速度 F 1 とを乗じたもので除した下記演算式で演算される。

【 0 0 7 2 】

【 数 1 4 】

$$BT1 = \frac{(NRPM[RPM] \times 6) \times (BR1[\%] \times V_0[m^3])}{(RPROBA[\%] \times AF1[m^2] \times F1[m/sec])} \quad (14)$$

【 0 0 7 3 】

なお、A F 1 は火炎核の反応面積で火炎核はほぼ同じ大きさとみなすことができるため、固定値としている。 10

【 0 0 7 4 】

図 7 は燃焼主期間 B T 2 を算出するためのフローチャートを示す。

【 0 0 7 5 】

まずステップ S 3 1 で乱れ強さ S T 2 を算出する。前記乱れ強さ S T 1 と同様にエンジン回転数に応じた関数で下記のように表すことができる。

【 0 0 7 6 】

【 数 1 5 】

$$ST2 = f11(NRPM) \quad (15) \quad 20$$

【 0 0 7 7 】

なお、S T 1 と同様にテーブルデータで持ってもよい。続くステップ S 3 2 で燃焼速度 F 2 を層流燃焼速度 S L 2 と前述の乱れ強さ S T 2 から下記演算式により演算される。

【 0 0 7 8 】

【 数 1 6 】

$$F2[m/sec] = SL2[m/sec] \times ST2 \quad (16) \quad 30$$

【 0 0 7 9 】

ここで前述したように層流域に火炎が伝播し、燃焼速度が急速に速くなった後は、圧力、温度に対する感度は鈍くなるため層流燃焼速度 S L 2 は予め実験によって求めた固定値として定めることができる。

【 0 0 8 0 】

ステップ S 3 3 では、ステップ S 2 8 同様シリンダ内燃焼ガスの 2 ~ 6 0 % の燃焼ガス質量を下記演算式で算出する。

【 0 0 8 1 】

【 数 1 8 】

$$BR2 = f12(\text{fuel}[Pa], t[t]) \times 58[\%] \quad (18) \quad 40$$

【 0 0 8 2 】

ステップ S 3 4 で燃焼主期間 B T 2 (d e g) は機関回転速度 N (d e g) と燃焼質量割合 R 2 (例えば、燃焼質量割合 6 0 % 時、つまりシリンダ内最大圧力時の燃焼質量割合) とその時のシリンダ内容積 V 2 とを乗じたものを、反応確率 P と反応面積 A 2 と燃焼速度 F 2 とを乗じたもので除した下記演算式で演算される。

【 0 0 8 3 】

【 数 1 7 】

$$BT2 = \frac{(NRPM[RPM] \times 6) \times (BR2[\%] \times V_2[m^3])}{(RPROBA[\%] \times AF2[m^2] \times F2[m/sec])} \quad (17)$$

【0084】

ここで AF2 は、火炎核の成長過程における平均の反応面積で、AF1 同様、実験により固定値として置ける。また、V₂ は火炎核形成後のシリンダ容積で BT2 の期間の振れ幅が小さいため、一定値とみなして固定値としている。BT1 を基に V₀ からの変化量を算出して V₂ を求めてもよい。ここで反応面積 A2 は固定値で、燃焼時の火炎表面積であり、実験等によりあらかじめ計測しておくものである。またシリンダ内容積 V₂ も固定値である。

10

【0085】

図8は、燃焼初期期間 BT1 と燃焼主期間 BT2 から MBT 時の点火時期 MBTCYCL を求めるフローチャートである。

【0086】

ステップ S41 で、燃焼初期期間 BT1 と燃焼主期間 BT2 とを加算し、この値に点火無駄時間 IGNDEAD をさらに加算した上で、シリンダ内最大圧力 Pmax 時の基準クランク角 pmax を減算することで MBT 時の点火時期 MBTCYCL (deg) を算出する。ここで点火無駄時間 IGNDEAD (deg) は目標点火時間に対する実点火時間の遅れであり、機関回転速度 N によって 100 μm ~ 500 μm の範囲で変化する。

20

【0087】

ステップ S42 で MBT 時の点火時期 MBTCYCL をイグニッションコイルに出力し、点火を制御する。

【0088】

以上説明したように本実施の形態における点火時期制御装置においては、CVTCバルブ22の吸気バルブが閉じられた時点のシリンダ内容積 VIVC と筒内温度 TIN1 がステップ S11、S12 で算出される。そして燃焼ガスの燃焼のしやすさを所定条件における燃焼状態を1とした場合における比で示した反応確率 RPROBA がステップ S13 で算出される。

【0089】

燃焼速度は、筒内における雰囲気温度、燃焼速度の他に残留ガス率 EGREM、水温 TWK、当量比に依存し、燃焼速度がこれらの値により変化する状態を実験で予め求めマップ化して保有しておくことができる。勿論、これらの因子に依存した相関関係を関数式でもつことも可能である。

30

【0090】

次に、MBT で点火した場合、燃焼ガスの圧力のピーク値である規準クランク角 PMAX は略一定であり、エンジン高回転側で進角側にシフトする傾向があるためステップ S14 の如く算出する。

【0091】

ステップ S21 ~ S24 によって、シリンダ内容積 V₀、有効圧縮比 Ec から吸気バルブが閉じられた時点の筒内温度 TIN1 からの温度上昇率を算出し、燃焼ガスが点火される時点の雰囲気温度 Ts が算出される。算出した雰囲気温度 Ts に基づいて、層流燃焼速度 SL1 をステップ S25 で算出する。

40

【0092】

燃焼速度は層流燃焼速度が早いほど早くなる傾向にあるため、筒内の乱流速度も燃焼速度に大きく依存する。乱流速度は吸気ポート形状等に左右され、一般にエンジン回転数が高くなるほど速くなる。このためこれを乱れ強さ ST1 としてステップ S26 で算出し、ステップ S27 で層流燃焼速度と掛け合わせて燃焼速度 F1 を算出する。

【0093】

本実施の形態では、層流燃焼速度 SL1 と乱れ強さを掛け合わせているが、実施形態によ

50

っては特開平10-30535号公報に記載されているように足し算によって求めるようにしてもよい。

【0094】

そして点火してから火炎核が形成されるまでの燃焼期間BT1をステップS28で算出する。火炎核の形成には、燃焼ガス質量の内2%の燃焼によってなされることがわかっているため、ステップS27で燃焼ガス質量の2%を算出して用いる。火炎核形成段階では、点火時点のシリンダ内容積が大きいほど形成に時間が長くなるためこれを分子とし、反応確率RPROBAが大きいほど時間が短く、燃焼速度が早いほど時間が短くなるため、これらを分母とした演算式を用いて演算することにより、正確且つ容易に火炎核形成段階の燃焼時間を求めることができる。

10

【0095】

火炎核が形成された後は、燃焼ガスが急速に燃焼される急速燃焼段階となり火炎核は急速に成長する。圧力がピークとなる60%の燃焼ガスが燃焼される期間がステップS31～ステップS34で演算される。ここでも火炎核の成長時点のシリンダ内容積が大きいほど形成に時間が長くなるためこれを分子とし、反応確率RPROBAが大きいほど時間が短く、燃焼速度が早いほど時間が短くなるため、これらを分母とした演算式を用いて演算することにより、正確且つ容易に火炎核成長段階の燃焼時間を求めることができる。

【0096】

以上の如く算出した火炎核形成段階の燃焼初期期間と火炎核成長段階の燃焼主期間とをステップS41で足すことにより燃焼ガス質量60%の燃焼に必要な期間を算出することができる。そして点火無駄時間とシリンダ内最大圧力となる基準クランク角PMAXを考慮してMBT点火時期を算出し、ステップS42でイグニッションコイルに出力指令を出すことができる。

20

【0097】

本実施の形態によれば、燃焼期間を算出する際に、圧力・温度に対する燃焼期間の感度が大きい火炎核形成段階と、圧力・温度に対する燃焼期間の感度が鈍くなる主燃焼期間とに分けて演算することで、燃焼期間をより正確に演算することができる。この際、分子に燃焼ガス質量、シリンダ容積、分母に反応面積、燃焼速度といった演算式を用いており、同一次元の単位が分子、分母に用いられることが無いので無駄な演算をすることなく正確に算出できる。

30

【0098】

又、燃焼状態を無次元の反応確率で置き換えて演算に用いており、当該反応確率は実験等で容易に求めることができるため正確な燃焼期間を算出することができる。又、本実施の形態では、吸入バルブのタイミングを適宜可変にできるCVTCバルブ制御システムへ適用した例を示したが、吸入バルブが閉じた時点のシリンダ内容積が変化しても容易にMBTを算出することができるため、バルブ開閉に電磁石を用い、バルブタイミングを任意に変化させることができるいわゆるEMVへの適用も行える。

【0099】

本実施形態では図9に示すように燃焼質量割合から燃焼期間を求めるにあたり、燃焼期間BTを燃焼初期期間BT1（燃焼質量割合2%まで）と燃焼主期間BT2（燃焼質量割合2%から60%まで）とに分けて演算し、点火時期MBTCYCLを求めたが（図10）、さらに細分化してもよく（図11）、または細分化を行った上で、燃焼期間（燃焼質量割合）をたとえば、燃焼初期期間BT1と燃焼主期間BT2とで分けて加算するようにしてもよい（図12）。細分化して燃焼期間を求めることによって、燃焼期間の算出精度は向上できる。

40

【0100】

本発明は、上記した実施形態に限定されるものではなく、本発明の技術的思想の範囲内でさまざまな変更がなしうことは明白である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の内燃機関のシステム図である。

50

- 【図2】同じく燃焼期間の算出方法を説明するブロック図である。
- 【図3】同じく燃焼期間のシリンダ内圧力の変化を説明する図である。
- 【図4】同じく燃焼質量割合の変化を説明する図である。
- 【図5】同じく燃焼期間の算出に用いる物理量の算出を説明するフローチャートである。
- 【図6】同じく燃焼初期期間の算出を説明するフローチャートである。
- 【図7】同じく燃焼主期間の算出を説明するフローチャートである。
- 【図8】同じく点火時期MBTCYCLの算出を説明するフローチャートである。
- 【図9】同じく燃焼期間の算出方法の概念を説明する図である。
- 【図10】他の燃焼期間の算出方法の概念を説明する図である。
- 【図11】他の燃焼期間の算出方法の概念を説明する図である。
- 【図12】他の燃焼期間の算出方法の概念を説明する図である。

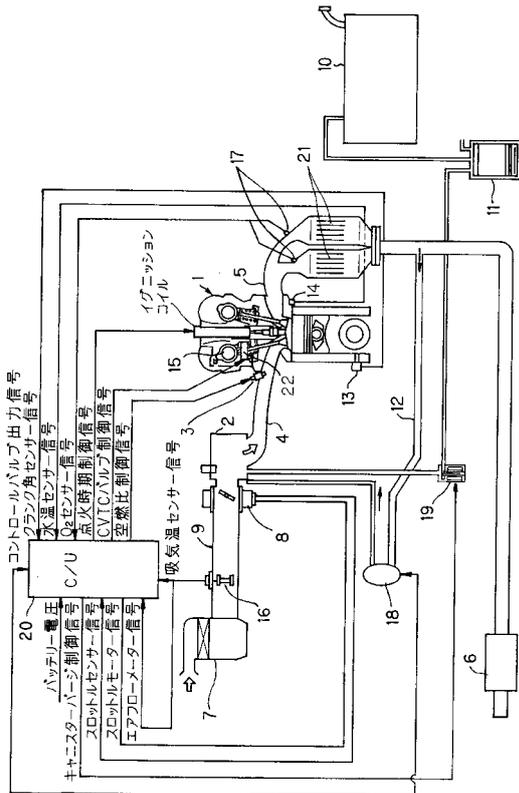
10

【符号の説明】

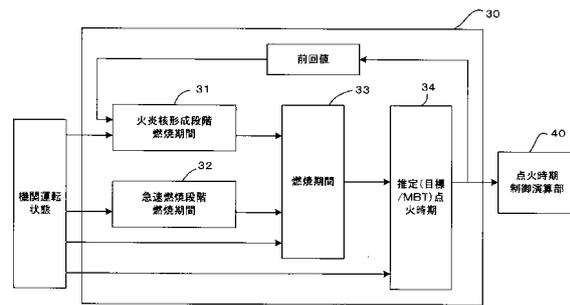
- 1 内燃機関
- 2 吸気コレクタ
- 3 インジェクタ
- 4 吸気マニホールド
- 5 排気マニホールド
- 6 マフラ
- 7 エアクリーナ
- 8 電子制御スロットル
- 9 吸気ダクト
- 20 コントロールユニット

20

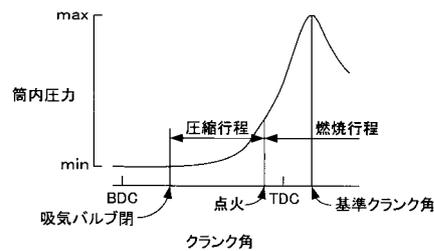
【図1】



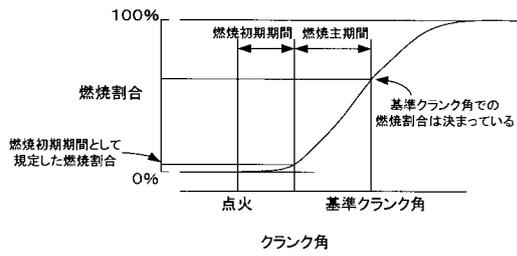
【図2】



【図3】



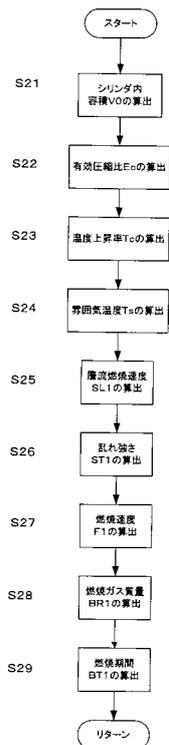
【 図 4 】



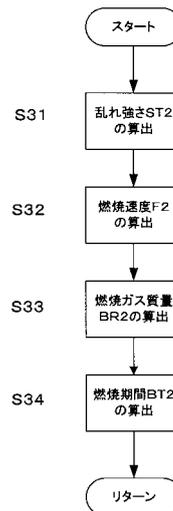
【 図 5 】



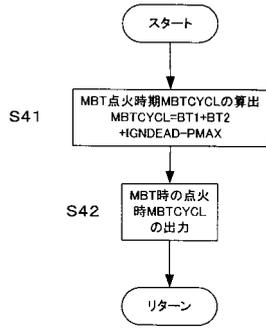
【 図 6 】



【 図 7 】



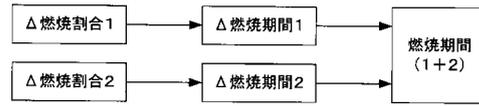
【 図 8 】



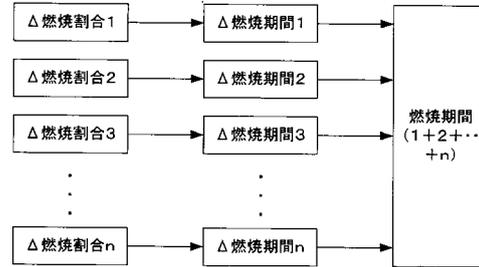
【 図 9 】



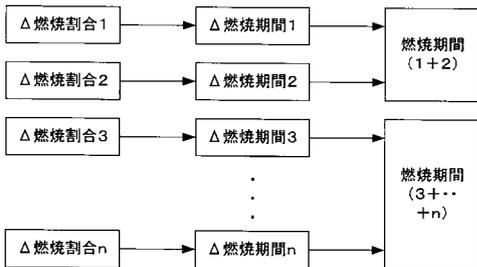
【 図 10 】



【 図 11 】



【 図 12 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平10-030535(JP,A)
特開平10-339203(JP,A)
特開2001-221105(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02D 45/00
F02P 5/15