

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4254355号
(P4254355)

(45) 発行日 平成21年4月15日(2009.4.15)

(24) 登録日 平成21年2月6日(2009.2.6)

| | |
|-----------------------------|----------------|
| (51) Int. Cl. | F I |
| FO2D 15/00 (2006.01) | FO2D 15/00 E |
| FO2B 1/12 (2006.01) | FO2B 1/12 |
| FO2D 13/02 (2006.01) | FO2D 13/02 D |
| FO2D 21/08 (2006.01) | FO2D 21/08 L |
| FO2D 41/02 (2006.01) | FO2D 41/02 351 |
| 請求項の数 5 (全 16 頁) 最終頁に続く | |

(21) 出願番号 特願2003-164170 (P2003-164170)
 (22) 出願日 平成15年6月9日(2003.6.9)
 (65) 公開番号 特開2005-2803 (P2005-2803A)
 (43) 公開日 平成17年1月6日(2005.1.6)
 審査請求日 平成17年10月17日(2005.10.17)

(73) 特許権者 000003207
 トヨタ自動車株式会社
 愛知県豊田市トヨタ町1番地
 (74) 代理人 100100549
 弁理士 川口 嘉之
 (74) 代理人 100090516
 弁理士 松倉 秀実
 (74) 代理人 100098268
 弁理士 永田 豊
 (74) 代理人 100085006
 弁理士 世良 和信
 (74) 代理人 100089244
 弁理士 遠山 勉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 予混合圧縮着火燃焼内燃機関の着火時期制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の気筒を有し、吸気行程中および/または圧縮行程中に、気筒内に燃料と吸気との予混合気形成され、該予混合気が燃焼に供される予混合圧縮着火燃焼を、少なくとも一部の運転領域で行う予混合圧縮着火燃焼内燃機関であって、

全ての気筒の吸気弁の閉弁時期を略同様に变化させる閉弁時期制御手段と、

各気筒での着火時期を推定する着火時期推定手段と、

を備えた予混合圧縮着火燃焼内燃機関において、

前記予混合圧縮着火燃焼が行われているときに、前記着火時期推定手段によって推定された着火時期が最も進角している気筒での着火時期が目標着火時期範囲内でない場合、該気筒での着火時期が該目標着火時期範囲内となるように、前記閉弁時期制御手段によって全ての気筒の吸気弁の閉弁時期を略同様に变化させることによって、全ての気筒での予混合気の実圧縮比を略同様に变化させることを特徴とする予混合圧縮着火燃焼内燃機関の着火時期制御方法。

10

【請求項2】

前記予混合圧縮着火燃焼が行われているときに、前記着火時期推定手段によって推定された着火時期が少なくとも1つの気筒において前記目標着火時期範囲よりも進角している場合、着火時期が最も進角している気筒での着火時期が前記目標着火時期範囲内となるように、前記閉弁時期制御手段によって全ての気筒の吸気弁の閉弁時期を略同様に遅角することを特徴とする請求項1記載の予混合圧縮着火燃焼内燃機関の着火時期制御方法。

20

【請求項 3】

前記予混合圧縮着火燃焼が行われているときに、前記着火時期推定手段によって推定された着火時期が全ての気筒において前記目標着火時期範囲よりも遅角している場合、着火時期が最も進角している気筒での着火時期が前記目標着火時期範囲内となるように、前記閉弁時期制御手段によって全ての気筒の吸気弁の閉弁時期を略同様に進角することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の予混合圧縮着火燃焼内燃機関の着火時期制御方法。

【請求項 4】

前記予混合圧縮着火燃焼が行われているときに、前記着火時期推定手段によって推定された着火時期の各気筒間でのばらつき幅が所定幅以下である場合、着火時期が最も進角している気筒での着火時期を前記目標着火時期範囲内とした後、着火時期が前記目標着火時期範囲よりも遅角している気筒での燃料噴射量を、前記目標着火時期範囲からの遅角量に基づいて気筒毎に増量することで、着火時期が前記目標着火時期範囲よりも遅角している気筒での着火時期を前記着火時期範囲内まで進角することを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の予混合圧縮着火燃焼内燃機関の着火時期制御方法。

10

【請求項 5】

前記予混合圧縮着火燃焼内燃機関は、
排気の一部を再循環排気として気筒毎に導入する排気再循環手段と、
予混合気の再循環排気率を気筒毎に調整する再循環排気率制御手段と、を更に備え、
前記予混合圧縮着火燃焼が行われているときに、前記着火時期推定手段によって推定された着火時期の各気筒間でのばらつき幅が前記所定幅より大きいときは、前記再循環排気率制御手段によって、着火時期が前記目標着火時期範囲内でない気筒の予混合気の再循環排気率を調整することで、前記ばらつき幅を前記所定幅以下とすることを特徴とする請求項 2 から 4 のいずれかに記載の予混合圧縮着火燃焼内燃機関の着火時期制御方法。

20

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、予混合圧縮着火燃焼内燃機関に関し、特に、予混合圧縮着火燃焼内燃機関の着火時期制御方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

多気筒内燃機関においては、該内燃機関の運転状態が所定運転状態にあるときに、各気筒間での機関回転速度のばらつきを検出し、このばらつき幅が小さくなるように気筒毎の燃料噴射量の補正量を設定すると共に、内燃機関の運転状態が所定運転状態から離れた場合、冷却水温の上昇量に応じて前記補正量を再設定する技術が知られている（例えば、特許文献 1 参照。）。

30

【0003】

また、多気筒圧縮着火内燃機関においては、各気筒の筒内圧力から実際の着火時期を推定し、この推定された着火時期が目標着火時期となるように燃料噴射時期を調整する技術が知られている（例えば、特許文献 2 参照。）。

【0004】

一方、内燃機関において、吸気行程中および/または圧縮行程中に気筒内へ燃料を噴射することで、該燃料と吸気（空気）との予混合気を形成し、該予混合気を燃焼に供することによって、NOx や煙の排出が抑制される予混合圧縮着火燃焼内燃機関の開発が進められている。

40

【0005】

【特許文献 1】

特開 2000 - 170576 号公報

【特許文献 2】

特開平 11 - 125141 号公報

【特許文献 3】

50

特開 2000 - 291466 号公報

【特許文献 4】

特開 2002 - 089344 号公報

【特許文献 5】

特開 2002 - 221071 号公報

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

予混合圧縮着火燃焼での着火時期は、気筒内の温度や空燃比分布、気筒内に供給される吸入空気量や EGR ガス量等の影響を受け易い。このため、多気筒内燃機関において予混合圧縮着火燃焼を行った場合、従来の圧縮着火燃焼よりも、1 サイクルにおける着火時期が気筒毎に異なった時期となり易い、つまり着火時期の各気筒間でのばらつきが生じ易い。その結果、機関回転速度の変動が大きくなり、振動や騒音、燃費の悪化を招く虞がある。

10

【0007】

また、従来の多気筒内燃機関における機関回転速度の変動は、各気筒での燃料噴射量を補正し、トルクを増減することによって補正することが出来た。しかしながら、予混合圧縮着火燃焼内燃機関においては、着火時期が圧縮上死点近傍よりも早くなる、いわゆる過早着火が生じているときに気筒内への燃料噴射量を増量すると着火時期が更に早くなり、従来とは逆にトルクは減少する。このため、従来のような燃料噴射量の補正によるトルクの増減によって機関回転速度の変動を補正することは困難である。

【0008】

20

また、予混合圧縮着火燃焼内燃機関では、気筒内に予混合気を形成するために噴射される燃料の噴射時期と着火時期との間隔は、従来の圧縮着火内燃機関での燃料噴射時期と着火時期との間隔よりも大きいいため、従来のような燃料噴射時期の調整によって着火時期を調整することは困難である。

【0009】

本発明は、予混合圧縮着火燃焼を行う多気筒内燃機関において、各気筒での着火時期をより好適な時期とすることが可能な技術を提供することを課題とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記課題を解決するために以下の手段を採用した。

30

即ち、本発明は、複数の気筒を有する予混合圧縮着火燃焼内燃機関において、予混合圧縮着火燃焼が行われているときに、着火時期が最も進角している気筒での着火時期が目標着火時期範囲内でない場合、全ての気筒の吸気弁の閉弁時期を略同様に变化させることで、全ての気筒での予混合気の実圧縮比を略同様に变化させるものである。

【0011】

より詳しくは、本発明に係る予混合圧縮着火燃焼内燃機関の着火時期制御方法は、複数の気筒を有し、吸気行程中および/または圧縮行程中に、気筒内に燃料と吸気との予混合気が形成され、該予混合気が燃焼に供される予混合圧縮着火燃焼を、少なくとも一部の運転領域で行う予混合圧縮着火燃焼内燃機関であって、

40

全ての気筒の吸気弁の閉弁時期を略同様に变化させる閉弁時期制御手段と、各気筒での着火時期を推定する着火時期推定手段と、

を備えた予混合圧縮着火燃焼内燃機関において、

予混合圧縮着火燃焼が行われているときに、着火時期推定手段によって推定された着火時期が最も進角している気筒での着火時期が目標着火時期範囲内でない場合、該気筒での着火時期が該目標着火時期範囲内となるように、閉弁時期制御手段によって全ての気筒の吸気弁の閉弁時期を略同様に变化させることで、全ての気筒での予混合気の実圧縮比を略同様に变化させることを特徴とする。

【0012】

ここで、目標着火時期範囲とは、目標とする着火時期の範囲であって、圧縮上死点近傍の範囲としても良い。

50

【 0 0 1 3 】

予混合圧縮着火燃焼内燃機関においては、予混合圧縮着火燃焼が行われているときに、吸気弁の閉弁時期が変化すると、気筒内の吸入空気量が変化するため、圧縮行程における予混合気の実際の圧縮比である実圧縮比も変化する。そして、予混合気の実圧縮比が変化すると着火時期も変化する。本発明においては、吸気弁の閉弁時期を変化させるときは、全ての気筒の吸気弁の閉弁時期が略同様に变化するため、全ての気筒での着火時期が略同様に变化する。

【 0 0 1 4 】

本発明によれば、全ての気筒の吸気弁の閉弁時期を略同様に变化させることで、全ての気筒での着火時期を略同様に变化させ、少なくとも着火時期が最も進角している気筒での着火時期を目標着火時期範囲内とすることが出来る。

10

【 0 0 1 5 】

本発明においては、予混合圧縮着火燃焼が行われているときに、着火時期が少なくとも1つの気筒において目標着火時期範囲よりも進角している場合、着火時期が最も進角している気筒での着火時期が目標着火時期範囲内となるように全ての気筒の吸気弁の閉弁時期を略同様に遅角しても良い。

【 0 0 1 6 】

吸気弁の閉弁時期を、吸気行程下死点以降であって、慣性効果によって吸入空気が気筒内に流入することがない時期以降まで遅角すると、気筒内の吸入空気が流出するため、該気筒の予混合気の実圧縮比が低下し、着火時期が遅角する。

20

【 0 0 1 7 】

上記のような制御によれば、少なくとも着火時期が最も進角している気筒での着火時期を目標着火時期範囲内とすることが出来る。また、全ての気筒での着火時期が略同様に变化するため、着火時期が最も進角している気筒以外の気筒での着火時期を目標着火時期範囲以降とすることが出来る。即ち、全ての気筒において過早着火の発生を防止することが出来る。

【 0 0 1 8 】

本発明においては、予混合圧縮着火燃焼が行われているときに、着火時期が全ての気筒において目標着火時期範囲よりも遅角している場合、着火時期が最も進角している気筒での着火時期が前記目標着火時期範囲内となるように、全ての気筒での吸気弁の閉弁時期を略同様に進角しても良い。

30

【 0 0 1 9 】

吸気弁の閉弁時期が、吸気行程下死点より遅く、気筒内の吸入空気が流出する時期であるときに、吸気弁の閉弁時期を吸気行程下死点の方へ進角すると、気筒内から流出する吸入空気量が減少するため、予混合気の実圧縮比が低下し、着火時期が進角する。

【 0 0 2 0 】

上記のような制御によれば、少なくとも着火時期が最も進角している気筒での着火時期を目標着火時期範囲内とすることが出来る。また、全ての気筒での着火時期が略同様に变化するため、着火時期が最も進角している気筒以外の気筒での着火時期を目標着火時期範囲内、もしくは目標着火時期範囲により近い時期のいずれかとすることが出来る。即ち、全ての気筒において過早着火の発生を防止しつつ、着火時期をより好適な時期とすることが出来る。

40

【 0 0 2 1 】

本発明においては、予混合圧縮着火燃焼が行われているときに、着火時期の各気筒間でのばらつき幅が所定幅以下である場合、上記のような吸気弁の制御によって着火時期が最も進角している気筒での着火時期を目標着火時期範囲内とした後、着火時期が前記目標着火時期範囲よりも遅角している気筒での燃料噴射量を、目標着火時期範囲からの遅角量に基づいて気筒毎に増量することで、着火時期が前記目標着火時期範囲よりも遅角している気筒での着火時期を目標着火時期範囲内まで進角しても良い。

【 0 0 2 2 】

50

ここで、着火時期の各気筒間でのばらつき幅とは、各気筒での1サイクルにおける着火時期の各気筒間でのばらつき幅のことである(以下、単に着火時期のばらつき幅と称する)。

【0023】

予混合圧縮着火燃焼が行われているときに、気筒内への燃料噴射量を増量すると、予混合気空燃比が低下し着火時期が進角する。しかしながら、燃料噴射量を多量に増量すると、内燃機関の運転状態への影響が大きくなり過ぎたり、排気特性や燃費の悪化を招いたりする虞がある。ここで、所定幅とは、着火時期のばらつき幅が該所定幅以下であれば、上記のような吸気弁の閉弁時期の制御によって、着火時期が最も進角している気筒での着火時期を目標着火時期範囲内とした後、更に、着火時期が目標着火時期範囲よりも遅角して

10

【0024】

上記のような制御によれば、着火時期が最も進角している気筒だけでなく、全ての気筒での着火時期をより好適な時期とすることが出来る。また、各気筒内への燃料噴射量の調整のみによって、各気筒での着火時期を目標着火時期範囲内とする場合と比べて、内燃機関の運転状態への影響や排気特性、燃費の悪化を抑制することが出来る。また、吸気弁の閉弁時期を気筒毎に別々に制御することによって全ての気筒での着火時期を目標着火時期範囲内とする場合と比べて、より簡単な制御で全ての気筒での着火時期をより好適な時期と

20

【0025】

また、本発明に係る予混合圧縮着火燃焼内燃機関が、排気の一部を再循環排気(以下、EGRガスと称する)として気筒毎に導入する排気再循環手段と、予混合気の再循環排気率を気筒毎に調整する再循環排気率制御手段と、を更に備えている場合、予混合圧縮着火燃焼が行われているときに、着火時期のばらつき幅が所定幅より大きいときは、再循環排気率制御手段によって、着火時期が目標着火時期範囲内でない気筒の予混合気の再循環排気率を調整することで、着火時期のばらつき幅を所定幅以下としても良い。

【0026】

ここで、再循環排気率とは、気体(ここでは予混合気)中におけるEGRガス量の割合のことである(以下、EGR率と称する)。

30

【0027】

予混合圧縮着火燃焼内燃機関においては、予混合圧縮着火燃焼が行われているときに、予混合気のEGR率が高くなると着火時期は遅くなり、予混合気のEGR率が低くなると着火時期は早くなる。また、予混合気のEGR率を変化させた場合の内燃機関の運転状態や排気特性、燃費への影響は、燃料噴射量を増量する場合と比べて小さい。そのため、予混合気のEGR率を調整することによって、着火時期をより大きく変化させることが出来る。

【0028】

本発明によれば、着火時期のばらつき幅が大きい場合であっても、該ばらつき幅を所定幅以下とすることが出来る。そして、着火時期のばらつき幅が所定幅以下となれば、上記のような、吸気弁の閉弁時期と燃料噴射量の制御によって、全ての気筒での着火時期を目標着火時期範囲内とすることが出来る。即ち、着火時期のばらつき幅が大きい場合であっても、全ての気筒での着火時期をより好適な時期とすることが出来る。

40

【0029】

また、本発明に係る予混合圧縮着火燃焼内燃機関の着火時期制御方法では、複数の気筒を有し、吸気行程中および/または圧縮行程中に、気筒内に燃料と吸気との予混合気形成され、該予混合気が燃焼に供される予混合圧縮着火燃焼を、少なくとも一部の運転領域で行う予混合圧縮着火燃焼内燃機関であって、排気の一部をEGRガスとして気筒毎に導入する排気再循環手段と、

50

予混合気の EGR 率を気筒毎に調整する再循環排気率制御手段と、各気筒での着火時期を推定する着火時期推定手段と、を備えた、予混合圧縮着火燃焼内燃機関において、予混合圧縮着火燃焼が行われているときに、着火時期推定手段によって推定された着火時期が、少なくとも 1 つの気筒において目標着火時期範囲内でない場合、再循環排気率制御手段によって、着火時期が目標着火時期範囲内でない気筒での予混合気の EGR 率を調整しても良い。

【0030】

上記したように、予混合気の EGR 率の調整によれば、着火時期をより大きく変化させることが出来る。従って、予混合気の EGR 率の調整のみによっても、着火時期が目標着火時期範囲内でない気筒での着火時期を、目標着火時期範囲内とすることが出来る。即ち、全ての気筒での着火時期をより好適な時期とすることが出来る。

10

【0031】

また、前記排気再循環手段が、気筒内に EGR ガスを導入する EGR 通路を気筒毎に有し、前記再循環排気率制御手段が、EGR 通路毎に設けられ各気筒に導入される EGR ガス量を調整する EGR 弁を有している場合、着火時期が目標着火時期範囲よりも進角している気筒の EGR 率を調整するときは、該気筒へ EGR ガスを導入する EGR 通路に設けられた EGR 弁の開度を大きくし、着火時期が目標着火時期範囲よりも遅角している気筒の EGR 率を調整するときは、該気筒へ EGR ガスを導入する EGR 通路に設けられた EGR 弁の開度を小さくしても良い。

20

【0032】

このような構成によれば、EGR 弁の開度を大きくすることで、気筒内へ導入される EGR ガス量を増量し、該気筒の予混合気の EGR 率を高くすることが出来る。一方、EGR 弁の開度を小さくすることで、気筒内へ導入される EGR ガス量を減量し、該気筒の予混合気の EGR 率を低くすることが出来る。

【0033】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係る予混合圧縮着火燃焼内燃機関の着火時期制御方法の具体的な実施の形態について図面に基づいて説明する。

【0034】

< 第 1 の実施の形態 >

図 1 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る予混合圧縮着火内燃機関の概略構成を示す図である。

30

【0035】

本発明に係る内燃機関 1 は 4 つの気筒 2 (2 a、2 b、2 c、2 d) を有するディーゼル機関である。各気筒 2 の略中心部には気筒 2 内に直接燃料を噴射する燃料噴射弁 5 (5 a、5 b、5 c、5 d) が備えられている。また、各気筒 2 には図示しない吸気ポートと排気ポートとが 2 つずつ設けられている。

【0036】

また、気筒 2 毎には吸気分配管 10 (10 a、10 b、10 c) が備えられており、該吸気分配管 10 の一端は各気筒 2 の吸気ポートと連通している。一方、吸気分配管 10 の他端はインテークマニホールド 9 と連通されており、インテークマニホールド 9 は、吸気通路 8 に接続されている。各気筒の排気ポートはエキゾーストマニホールド 11 と連通されており、エキゾーストマニホールド 11 は排気通路 12 に接続されている。

40

【0037】

各吸気ポートの気筒 2 への開口部には、吸気弁 3 (3 a、3 b、3 c、3 d) が設けられており、各吸気弁 3 には、そのリフト量や開閉時期を制御する可変動弁機構 7 (7 a、7 b、7 c、7 d) が設けられている。可変動弁機構 7 としては電磁駆動弁等が例示出来る。また、各排気ポートの気筒 2 への開口部には、排気弁 4 (4 a、4 b、4 b、4 c) が設けられている。

50

【 0 0 3 8 】

さらに、各気筒 2 には、それぞれの気筒 2 における実際の着火時期を推定するために、各気筒 2 内の圧力をそれぞれ検出する圧力センサ 6 (6 a、6 b、6 c、6 d) が設けられている。

【 0 0 3 9 】

また、本実施の形態に係る内燃機関 1 には、該内燃機関 1 から排出された排気の一部を EGR ガスとして吸気系へ再循環させる排気再循環装置 1 3 が備えられている。該排気再循環装置 1 3 は、エキゾーストマニホールド 1 1 と連通されている EGR 通路 1 4 と、各吸気分配管 1 0 をそれぞれ別々に EGR 通路 1 4 に連通する 4 つの EGR 枝管 1 5 (1 5 a、1 5 b、1 5 c、1 5 d) を備えている。また、EGR 通路 1 4 には、該 EGR 通路 1 4 内を流れる排気 (EGR ガス) の流量を調整する EGR 弁 1 6 が設けられており、更に、各 EGR 枝管 1 5 には、該 EGR 枝管 1 5 内を流れる EGR ガスの流量を調整する枝管 EGR 弁 1 7 (1 7 a、1 7 b、1 7 c、1 7 d) がそれぞれ設けられている。

10

【 0 0 4 0 】

このように構成された排気再循環装置 1 3 では、EGR 弁 1 6 と各枝管 EGR 弁 1 7 とが開弁されると、内燃機関 1 から排出された排気の一部 (EGR ガス) が EGR ガスとしてエキゾーストマニホールド 1 1 を介して EGR 通路 1 4 へ流入し、該 EGR 通路 1 4 を流通する EGR ガスが、各 EGR 枝管 1 5 を通って、各吸気分配管 1 0 へ導入される。各吸気分配管 1 0 に導入された EGR ガスは新気 (空気) と混ざり合っ て吸気を形成し、該吸気が吸気ポートを介して気筒 2 内へ導入される。

20

【 0 0 4 1 】

以上述べたように構成された内燃機関 1 には、該内燃機関 1 を制御するための電子制御ユニット (ECU : Electronic Control Unit) 2 0 が併設されている。この ECU 2 0 は、内燃機関 1 の運転条件や運転者の要求に応じて内燃機関 1 の運転状態を制御するユニットである。

【 0 0 4 2 】

ECU 2 0 は、圧力センサ 6 や、内燃機関 1 の出力軸の回転角に応じた信号を出力するクランクポジションセンサ 1 8、アクセル開度に応じた信号を出力するアクセル開度センサ 1 9 等の各種センサと電気的に接続されており、これらセンサの出力信号が ECU 2 0 に入力される。

30

【 0 0 4 3 】

一方、ECU 2 0 は、燃料噴射弁 5、可変動弁機構 7、EGR 弁 1 6、枝管 EGR 弁 1 7 等と電気的に接続されており、上記各部が ECU 2 0 によって制御される。例えば、ECU 2 0 は、全ての気筒 2 の吸気弁 3 の閉弁時期が略同様に变化するよう各可変動弁機構 7 を制御する。

【 0 0 4 4 】

ECU 2 0 は、CPU、ROM、RAM 等を備えており、例えば、クランクポジションセンサ 1 8 がパルス信号を出力する時間的な間隔等に基づき機関回転数を算出し、アクセル開度センサ 1 9 の出力信号等に基づき機関負荷を算出する。また、ECU 2 0 は、各圧力センサ 6 の出力信号に基づき各気筒 2 における実際の着火時期を推定する。

40

【 0 0 4 5 】

また、本実施の形態に係る内燃機関 1 は、ECU 2 0 からの指令によって吸気行程中または圧縮行程中に燃料噴射弁 5 から気筒 2 内へ燃料を噴射することで、気筒 2 内において燃料と吸気との予混合気 が形成され、該予混合気 が燃焼に供される、いわゆる予混合圧縮着火燃焼を行う内燃機関である。

【 0 0 4 6 】

次に、本実施の形態に係る予混合圧縮着火内燃機関の着火時期制御方法について図面に基づいて説明する。

【 0 0 4 7 】

図 2 ~ 5 は、本実施の形態に係る各気筒 2 a、2 b、2 c、2 d での着火時期を示すグラ

50

フである。図 2 ~ 5 において、横軸は時間を示し、縦軸は各気筒 2 内の熱発生率を示す。また、各実線 a、b、c、d におけるの変曲点が、各気筒 2 a、2 b、2 c、2 d それぞれでの着火時期を示し、一点鎖線は圧縮行程上死点に相当する時期を示す。尚、図 2 ~ 5 に示すそれぞれの着火時期は各気筒 2 での 1 サイクルにおける着火時期を示すものであって、各実線 a、b、c、d の時間的な配列は着火時期の順番を示すものではない。また、図 2 ~ 5 において、範囲 B は目標着火時期範囲を示す。即ち、本実施の形態に係る目標着火時期範囲は、圧縮行程上死点からそれ以降のある時期までの範囲であって、且つ圧縮行程上死点近傍の範囲である。以下、この範囲 B を目標着火時期範囲 B と称する。また、図 2 ~ 5 において、幅 X は各気筒間での着火時期のばらつき幅を示すものであって、ある特定の範囲を示すものではない。以下、この幅 X を着火時期のばらつき幅 X と称する。

10

【 0 0 4 8 】

本実施の形態に係る方法においては、図 2 に示すとおり、少なくとも一つの気筒での着火時期が目標着火時期範囲 B より進角している場合、最も進角している気筒 2 (図 2 では、気筒 2 a) での着火時期が目標着火時期範囲 B 内となるように、可変動弁機構 7 によって、全ての気筒 2 の吸気弁 3 の閉弁時期を略同様に遅角する。

【 0 0 4 9 】

その結果、図 3 に示すとおり、着火時期が最も進角している気筒 2 a での着火時期を目標着火時期範囲 B 内とすることが出来る。また、着火時期が最も進角している気筒 2 a 以外の気筒 2 b、2 c、2 d での着火時期を目標着火時期範囲 B 以降とすることが出来る。即ち、全ての気筒 2 において過早着火の発生を防止することが出来る。尚、このとき、着火時期のばらつき幅 X が目標着火時期範囲 B の幅よりも小さい場合は、全ての気筒 2 での着火時期を目標着火時期範囲 B 内とすることが出来る。

20

【 0 0 5 0 】

一方、本実施の形態に係る方法においては、図 4 に示すように、全ての気筒 2 での着火時期が目標着火時期範囲 B よりも遅角している場合、最も進角している気筒 2 (図 4 では、気筒 2 a) での着火時期が目標着火時期範囲 B 内となるように、可変動弁機構 7 によって、全ての気筒 2 の吸気弁 3 の閉弁時期を略同様に進角する。

【 0 0 5 1 】

その結果、前記と同様、図 3 に示すとおり、着火時期が最も進角している気筒 2 a での着火時期を目標着火時期範囲 B 内とすることが出来る。また、着火時期が最も進角している気筒 2 a 以外の気筒 2 b、2 c、2 d での着火時期を目標着火時期範囲 B 内、もしくは目標着火時期範囲 B により近い時期のいずれかとする事が出来る。即ち、全ての気筒 2 において過早着火の発生を防止しつつ、着火時期をより好適な時期とすることが出来る。尚、このときも前期と同様、着火時期のばらつき幅 X が目標着火時期範囲 B の幅よりも小さい場合は、全ての気筒 2 での着火時期を目標着火時期範囲 B 内とすることが出来る。

30

【 0 0 5 2 】

また、本実施の形態に係る方法においては、上記のような、吸気弁 3 の閉弁時期の制御により、着火時期が最も進角している気筒 2 a での着火時期を目標着火時期範囲 B 内とした後に、着火時期が目標着火時期範囲 B よりも遅角している気筒 2 (図 3 では、気筒 2 c と気筒 2 b) がある場合、さらに、この気筒 2 での燃料噴射量および / または予混合気の EGR 率を調節することによって着火時期を調整する。

40

【 0 0 5 3 】

即ち、着火時期のばらつき幅が所定幅 A よりも小さいときは、着火時期が目標着火時期範囲 B よりも遅角している気筒 2 c、2 d での燃料噴射弁 5 c、5 d からの燃料噴射量を、目標着火時期範囲 B からの遅角量に基づいて、それぞれ増量することで、該気筒 2 c、2 d での着火時期を目標着火時期範囲 B 内まで進角する。このとき、目標着火時期範囲 B からの遅角量が多いほど燃料噴射量の増量分を多くする。

【 0 0 5 4 】

ここで、所定幅 A とは、燃料噴射量を増量することで、内燃機関 1 の運転状態や排気特性

50

、燃費へ過剰な影響を与えることなく、気筒 2 c、2 d での着火時期を目標着火時期範囲 B 内まで進角することが可能な幅のことである。即ち、着火時期のばらつき幅が所定幅 A 以下であれば、上記のような吸気弁 3 の閉弁時期の制御によって、着火時期が最も進角している気筒 2 a での着火時期を目標着火時期範囲 B 内とした後、更に、着火時期が目標着火時期範囲 B よりも遅角している気筒 2 c、2 d での燃料噴射量を増量することにより、該気筒 2 c、2 d での着火時期も目標着火時期範囲 B 内とすることが可能となる。この所定幅 A は、本発明に係る所定幅に相当する。

【0055】

このような制御の結果、図 5 に示すように、着火時期が最も進角している気筒 2 a だけでなく、全ての気筒 2 での着火時期をより好適な時期とすることが出来る。また、各気筒 2 内への燃料噴射量の調整のみによって、各気筒 2 での着火時期を目標着火時期範囲 B 内とする場合と比べて、内燃機関 1 の運転状態への影響や排気特性、燃費の悪化を抑制することが出来る。また、吸気弁 3 の閉弁時期を気筒 2 毎に別々に制御することによって全ての気筒 2 での着火時期を目標着火時期範囲 B 内とする場合と比べて、より簡単な制御で全ての気筒 2 での着火時期をより好適な時期とすることが出来る。

10

【0056】

一方、本実施の形態に係る方法において、着火時期のばらつき幅が所定幅 A よりも大きいときは、予め、着火時期が目標着火時期範囲 B 内でない気筒 2 の予混合気の EGR 率を調整することで、着火時期のばらつき幅を所定幅 A 以下とする。

【0057】

即ち、着火時期が目標着火時期範囲 B よりも進角している気筒 2 の予混合気の EGR 率を上昇させることで、該気筒 2 の着火時期を遅角する。および/または、着火時期が目標着火時期範囲 B よりも遅角している気筒 2 の予混合気の EGR 率を低下させることで、該気筒 2 の着火時期を進角する。

20

【0058】

このとき、本実施の形態に係る方法では、着火時期が目標着火時期範囲 B よりも進角している気筒 2 の予混合気の EGR 率を上昇させるときは、該気筒 2 に吸気を導入する吸気分配管 10 と連通している EGR 枝管 15 に設けられた枝管 EGR 弁 17 の開度を大きくし、導入される EGR ガス量を増加させる。また、着火時期が目標着火時期範囲 B よりも遅角している気筒 2 の予混合気の EGR 率を低下させるときは、該気筒 2 に吸気を導入する吸気分配管 10 と連通している EGR 枝管 15 に設けられた枝管 EGR 弁 17 の開度を小さくし、導入される EGR ガス量を減少させる。

30

【0059】

このような制御の結果、着火時期のばらつき幅が大きい場合であっても、該ばらつき幅を所定幅 A 以下とすることが出来る。即ち、着火時期のばらつき幅が大きい場合であっても、全ての気筒 2 での着火時期をより好適な時期とすることが出来る。

【0060】

次に、本実施の形態に係る着火時期制御ルーチンについて図 6 に示すフローチャートに沿って説明する。

【0061】

図 6 に示すフローチャートは、本実施の形態に係る着火時期制御ルーチンを示すフローチャートである。この着火時期制御ルーチンは、ECU 20 によって所定時間毎に繰り返し実行されるルーチンであり、予め ECU 20 に備えられた ROM に記憶されている。

40

【0062】

本ルーチンにおいて、まず、ECU 20 は、S101 において、内燃機関 1 が予混合圧縮着火燃焼を行っているか否かを判別する。この S101 において、内燃機関 1 が予混合圧縮着火燃焼を行っていないと判定された場合、ECU 20 は S101 を繰り返し、内燃機関 1 が予混合圧縮着火燃焼を行っているとして判定された場合、ECU 20 は S102 に進む。

【0063】

50

S 1 0 2において、E C U 2 0は、各気筒 2 に設けられた各圧力センサ 6 の出力信号から各気筒 2 での着火時期を推定する。

【 0 0 6 4 】

次に、E C U 2 0は、S 1 0 3に進み、S 1 0 2にて推定された着火時期のばらつき幅 X が所定幅 A 以下か否かを判別する。このS 1 0 3において、着火時期のばらつき幅 X が所定幅 A 以下と判定された場合、E C U 2 0は、S 1 0 4に進み、着火時期のばらつき幅 X が所定幅 A より大きいと判定された場合、E C U 2 0は、S 1 1 3に進む。

【 0 0 6 5 】

S 1 0 4に進んだE C U 2 0は、着火時期が最も進角している気筒 2 での着火時期（以下、最進角着火時期と称する）が、目標着火時期範囲 B より進角しているか否かを判別する。このS 1 0 4において、最進角着火時期が目標着火時期範囲 B より進角していると判定された場合、E C U 2 0はS 1 0 5に進み、最進角着火時期が目標着火時期範囲 B より進角していないと判定された場合、E C U 2 0はS 1 0 7に進む。

10

【 0 0 6 6 】

S 1 0 5に進んだE C U 2 0は、最進角着火時期が目標着火時期範囲 B 内となるような、吸気弁 3 の閉弁時期の遅角量を算出する。即ち、この遅角量は、着火時期が最進角着火時期である気筒 2 の吸気弁 3 の閉弁時期を該遅角量だけ遅角すると、該気筒 2 内の吸入空気の少なくとも一部が吸気ポートに流出し、該気筒 2 の予混合気の実圧縮比が低下することで、最進角着火時期が目標着火時期範囲 B 内となる量である。尚、この遅角量は、最進角着火時期と目標着火時期範囲 B との差や、機関回転数等に基づくMAPから算出されるものであり、該MAPはE C U 2 0のROMに予め記憶されている。

20

【 0 0 6 7 】

次に、E C U 2 0は、S 1 0 6に進み、可変動弁機構 7 を制御することによって、S 1 0 5において算出された遅角量分、吸気弁 3 の閉弁時期を遅角する。このとき、E C U 2 0は、上記のように、全ての吸気弁 3 の閉弁時期を略同様に遅角する。

【 0 0 6 8 】

S 1 0 6において吸気弁 3 の閉弁時期を遅角したE C U 2 0は、S 1 0 2に戻る。

【 0 0 6 9 】

一方、S 1 0 7に進んだE C U 2 0は、最進角着火時期が目標着火時期範囲 B より遅角しているか否かを判別する。このS 1 0 7において、最進角着火時期が目標着火時期範囲 B より遅角していると判定された場合、E C U 2 0はS 1 0 8に進み、最進角着火時期が目標着火時期範囲 B より遅角していないと判定された場合、E C U 2 0はS 1 0 9に進む。

30

【 0 0 7 0 】

S 1 0 8に進んだE C U 2 0は、最進角着火時期が目標着火時期範囲 B 内となるような、吸気弁 3 の閉弁時期の進角量を算出する。即ち、この進角量は、着火時期が最進角着火時期である気筒 2 の吸気弁 3 の閉弁時期を該進角量だけ進角すると、慣性効果によって吸気ポートから該気筒 2 内へ流入する吸入空気量が増加し、該気筒 2 の予混合気の実圧縮比が上昇することで、最進角着火時期が目標着火時期範囲 B 内となる量である。尚、この進角量は、S 1 0 5における遅角量と同様、最進角着火時期と目標着火時期範囲 B との差や、機関回転数等に基づくMAPから算出されるものであり、該MAPはE C U 2 0のROMに予め記憶されている。

40

【 0 0 7 1 】

次に、E C U 2 0は、S 1 0 6に進み、可変動弁機構 7 を制御することによって、S 1 0 8において算出された進角量分、吸気弁 3 の閉弁時期を進角する。このとき、E C U 2 0は、上記のように、全ての吸気弁 3 の閉弁時期を略同様に進角する。

【 0 0 7 2 】

S 1 0 6において吸気弁 3 の閉弁時期を進角したE C U 2 0は、S 1 0 2に戻る。

【 0 0 7 3 】

また、S 1 0 9に進んだE C U 2 0は、全ての気筒 2 での着火時期が目標着火時期範囲 B 内であるか否かを判別する。このS 1 0 9において、全ての気筒 2 での着火時期が目標着

50

火時期範囲 B 内にあると判定した場合、ECU 20 は S 1 1 0 に進み、各吸気弁 3 の制御を通常の制御として本ルーチンの実行を一旦終了する。

【 0 0 7 4 】

一方、S 1 0 9 において、少なくとも 1 つの気筒 2 の着火時期が目標着火時期範囲 B 内ではないと判定した場合、ECU 20 は、S 1 1 1 に進む。

【 0 0 7 5 】

S 1 1 1 に進んだ ECU 20 は、着火時期が目標着火時期範囲 B 内でない気筒 2、即ち着火時期が目標着火時期範囲 B より遅角している気筒 2 での着火時期が目標着火時期範囲 B 内となるような燃料噴射増加量を気筒 2 毎に算出する。この燃料噴射増加量は、機関負荷や機関回転数に基づく MAP によって算出されるが、燃料噴射増加量には最大値（ガード値）が予め設けられているため、S 1 1 1 においては、この最大値と前記 MAP によって算出された値とを比較して小さい方を燃料噴射増加量とする。前記 MAP は ECU 20 の ROM に予め記憶されている。

10

【 0 0 7 6 】

次に、ECU 30 は、S 1 1 2 に進み、S 1 1 1 において算出された気筒 2 毎の燃料噴射増加量に基づき、着火時期が目標着火時期範囲 B より遅角している気筒 2 での燃料噴射量を増加する。

【 0 0 7 7 】

S 1 1 2 において、着火時期が目標着火時期範囲 B より遅角している気筒 2 での燃料噴射量を増加した ECU 30 は、S 1 0 2 に戻る。

20

【 0 0 7 8 】

また、S 1 1 3 に進んだ ECU 20 は、機関負荷や機関回転数等に基づき、内燃機関 1 の運転状態が過渡運転状態であるか否かを判別する。ここで、過渡運転状態とは、内燃機関 1 が定常運転状態にあるときと比べて、気筒 2 内へ供給される吸入空気量や EGR ガス量、燃料噴射量等の変化が大きい運転状態のことである。

【 0 0 7 9 】

S 1 1 3 において、内燃機関 1 の運転状態が過渡運転状態であると判定された場合、ECU 20 は、S 1 0 2 に戻る。

【 0 0 8 0 】

一方、S 1 1 3 において、内燃機関 1 の運転状態が過渡運転状態でない、即ち、定常運転状態であると判定された場合、ECU 20 は、S 1 1 4 に進み、着火時期が目標着火時期範囲 B 内でない気筒 2 の予混合気の EGR 率について、着火時期のばらつき幅が所定幅 A 以下となるような、該 EGR 率の調整量を気筒 2 毎に算出する。

30

【 0 0 8 1 】

次に、ECU 20 は、S 1 1 5 に進み、着火時期が目標着火時期範囲 B 内でない気筒 2 の吸気分配管 10 に連通された EGR 枝管 15 に設けられた枝管 EGR 弁 17 の開度を、S 1 1 4 において算出された気筒 2 毎の予混合気の EGR 率の調整量に基づき、調整する。即ち、着火時期が目標着火時期範囲 B よりも進角している気筒 2 での着火時期を遅角することで、着火時期のばらつき幅を所定幅 A 内とするときは、該気筒 2 の予混合気の EGR 率を上昇させるために、枝管 EGR 弁 17 の開度を大きし、気筒 2 内に導入される EGR ガスを増量する。また、着火時期が目標着火時期範囲 B よりも遅角している気筒 2 での着火時期を進角することで、着火時期のばらつき幅を所定幅 A 内とするときは、該気筒 2 の予混合気の EGR 率を低下させるために、枝管 EGR 弁 17 の開度を小さくし、気筒 2 内に導入される EGR ガスを減量する。

40

【 0 0 8 2 】

尚、枝管 EGR 弁 17 の開度調整による予混合気の EGR 率の調整は、吸気弁 3 の閉弁時期や燃料噴射量の制御に比べて応答遅れが大きいいため、内燃機関 1 の運転状態が定常運転状態にあるときに行うことが好ましい。そのため、本ルーチンにおいては、S 1 1 3 において、内燃機関 1 の運転状態が過渡運転状態であると判定された場合、ECU 20 は一旦 S 1 0 2 に戻る。

50

【 0 0 8 3 】

S 1 1 5において、枝管 E G R 弁 1 7 開度を調整した E C U 2 0 は、S 1 0 2 に戻る。

【 0 0 8 4 】

このような着火時期制御ルーチンによれば、全ての気筒 2 での着火時期を目標着火時期範囲 B 内とすることが出来る。

【 0 0 8 5 】

< 第 2 の実施の形態 >

次に、本発明に係る予混合圧縮着火燃焼内燃機関の着火時期制御方法の第 2 の実施の形態について図面に基づいて説明する。

【 0 0 8 6 】

図 7 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る予混合圧縮着火燃焼内燃機関の概略構成を示す図である。本実施の形態に係る予混合圧縮着火燃焼内燃機関は、上記した第 1 の実施の形態において説明した図 1 に示す内燃機関 1 から可変動弁機構 7 を除いたものである。そのため、図 7 において、図 1 に示す構成と同一の構成には同一の符号を付し説明を割愛する。

【 0 0 8 7 】

本実施の形態に係る予混合圧縮着火燃焼内燃機関の着火時期制御方法においては、少なくとも 1 つの気筒 2 での着火時期が目標着火時期範囲 B 内にない場合、着火時期が目標着火時期範囲 B 内にない気筒 2 の予混合気の E G R 率を調整することのみによって、全ての気筒 2 での着火時期を目標着火時期範囲 B 内とする。

【 0 0 8 8 】

次に、本実施の形態に係る着火時期制御ルーチンについて図 8 に示すフローチャートに沿って説明する。

【 0 0 8 9 】

図 8 に示すフローチャートは、本実施の形態に係る着火時期制御ルーチンを示すフローチャートである。この着火時期制御ルーチンは、E C U 2 0 によって所定時間毎に繰り返し実行されるルーチンであり、予め E C U 2 0 に備えられた R O M に記憶されている。尚、図 8 に示すフローチャートにおいて、S 2 1 4 以外は、上記した第 1 の実施の形態において説明した図 6 に示すフローチャートにおける S 1 0 1、S 1 0 2、S 1 0 9、S 1 1 3、S 1 1 5 と同一であるため、詳細な説明を割愛する。

【 0 0 9 0 】

本ルーチンでは、E C U 2 0 は、S 1 0 2 において、各気筒 2 での着火時期を推定し、次に、S 1 0 9 に進む。

【 0 0 9 1 】

S 1 0 9 において、E C U 2 0 は、全ての気筒 2 での着火時期が目標着火時期範囲 B 内であるか否かを判別し、全ての気筒 2 での着火時期が目標着火時期範囲 B 内であると判定された場合は、本ルーチンの実行を一旦終了する。

【 0 0 9 2 】

一方、S 1 0 9 において、少なくとも 1 つの気筒 2 での着火時期が目標着火時期範囲 B 内にない場合、E C U 2 0 は、S 1 1 3 に進み、内燃機関 1 の運転状態が過渡運転状態であるか否かを判別し、過渡運転状態であると判別された場合は、S 1 0 2 に戻る。一方、S 1 1 3 において、内燃機関 1 の運転状態が過渡運転状態ではない、即ち、定常運転状態であると判定された場合、E C U 2 0 は S 2 1 4 に進む。

【 0 0 9 3 】

S 2 1 4 において、E C U 2 0 は、着火時期が目標着火時期範囲 B 内にない気筒 2 の着火時期が、目標着火時期範囲 B 内となるような、該気筒 2 の予混合気の E G R 率の調整量を気筒 2 毎に算出する。

【 0 0 9 4 】

次に、E C U 2 0 は、S 1 1 5 に進み、着火時期が目標着火時期範囲 B 内にない気筒 2 の吸気分配管 1 0 に連通された E G R 枝管 1 5 に設けられた枝管 E G R 弁 1 7 の開度を、S 2 1 4 において算出された予混合気の E G R 率の調整量に基づき、気筒 2 毎に調整し、本

10

20

30

40

50

ルーチンの実行を一旦終了する。

【0095】

このような着火時期制御ルーチンによれば、枝管EGR弁17の開度を調整し、各気筒2の予混合気のEGR率を調整することのみによって、全ての気筒2での着火時期を目標着火時期範囲B内とすることが出来る。

【0096】

【発明の効果】

本発明に係る着火時期制御方法によれば、予混合圧縮着火燃焼を行う多気筒内燃機関において、各気筒での着火時期をより好適な時期とすることが出来る。

【図面の簡単な説明】

10

【図1】 第1の実施の形態に係る予混合圧縮着火燃焼内燃機関の概略構成を示す図。

【図2】 各気筒での着火時期を示す第1のグラフ。

【図3】 各気筒での着火時期を示す第2のグラフ。

【図4】 各気筒での着火時期を示す第3のグラフ。

【図5】 各気筒での着火時期を示す第4のグラフ。

【図6】 第1の実施の形態に係る着火時期制御ルーチンを示すフローチャート。

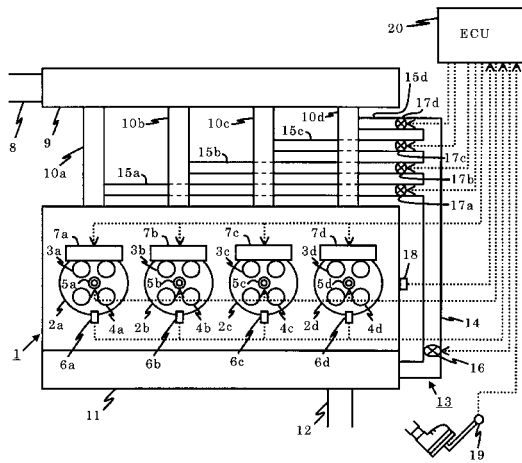
【図7】 第2の実施の形態に係る予混合圧縮着火燃焼内燃機関の概略構成を示す図。

【図8】 第2の実施の形態に係る着火時期制御ルーチンを示すフローチャート。

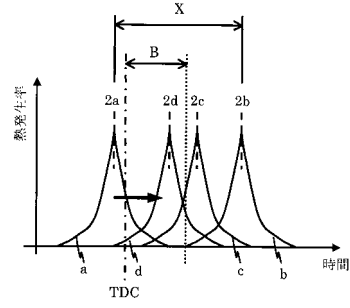
【符号の説明】

- 1・・・内燃機関 20
- 2(2a、2b、2c、2d)・・・気筒
- 3(3a、3b、3c、3d)・・・吸気弁
- 4(4a、4b、4c、4d)・・・排気弁
- 5(5a、5b、5c、5d)・・・燃料噴射弁
- 6(6a、6b、6c、6d)・・・圧力センサ
- 7(7a、7b、7c、7d)・・・可変動弁機構
- 8・・・吸気通路
- 9・・・インテークマニホールド
- 10(10a、10b、10c、10d)・・・吸気分配管
- 11・・・エキゾーストマニホールド 30
- 12・・・排気通路
- 13・・・排気再循環装置
- 14・・・EGR通路
- 15(15a、15b、15c、15d)・・・EGR枝管
- 16・・・EGR弁
- 17(17a、17b、17c、17d)・・・枝管EGR弁
- 18・・・クランクポジションセンサ
- 19・・・アクセル開度センサ
- 20・・・ECU

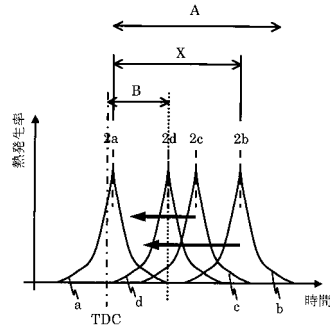
【図1】



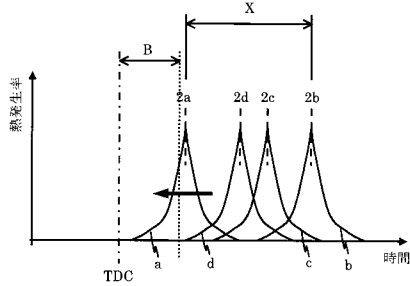
【図2】



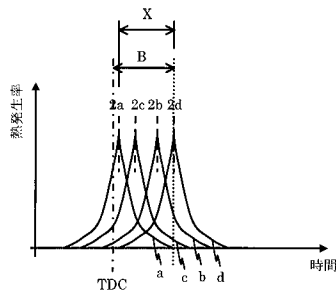
【図3】



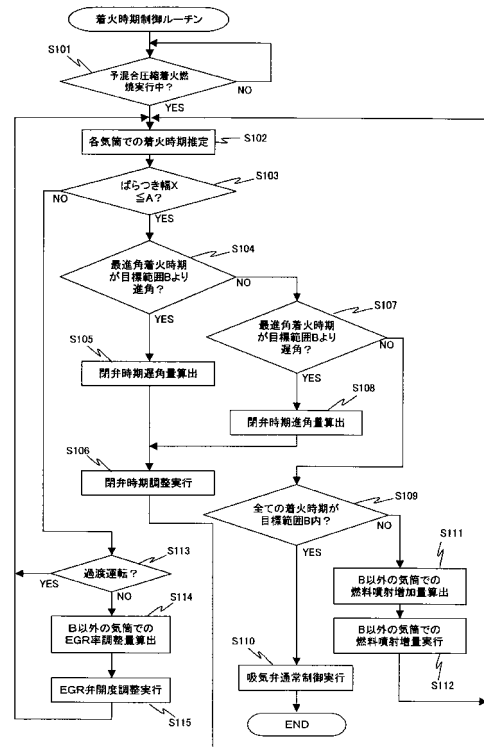
【図4】



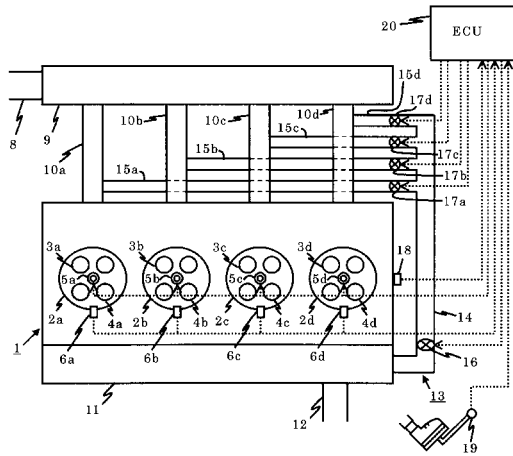
【図5】



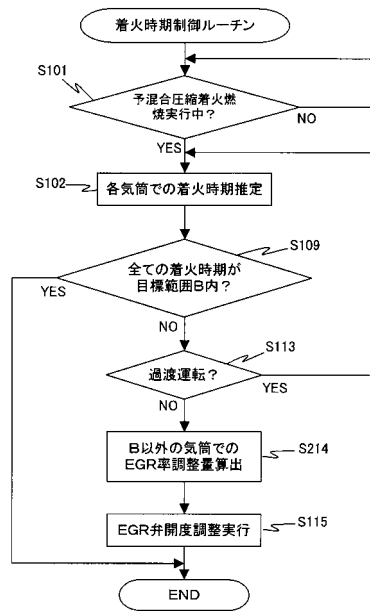
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I
F 0 2 D 41/36 (2006.01) F 0 2 D 41/36 A
F 0 2 D 45/00 (2006.01) F 0 2 D 45/00 3 6 8 S
F 0 2 M 25/07 (2006.01) F 0 2 M 25/07 5 7 0 J
F 0 2 M 25/07 5 7 0 M

(72) 発明者 板橋 秀
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

審査官 倉橋 紀夫

(56) 参考文献 特開2001-271670(JP, A)
特開2002-242727(JP, A)
特開2002-188468(JP, A)

(58) 調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02D 15/00
F02B 1/12
F02D 13/02
F02D 21/08
F02D 41/00 - 41/40
F02D 45/00
F02M 25/07