

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6292209号
(P6292209)

(45) 発行日 平成30年3月14日(2018.3.14)

(24) 登録日 平成30年2月23日(2018.2.23)

(51) Int.Cl.	F I
FO2D 19/12 (2006.01)	FO2D 19/12 A
FO2D 21/08 (2006.01)	FO2D 21/08 311Z
FO2B 47/02 (2006.01)	FO2B 47/02
FO2M 25/03 (2006.01)	FO2M 25/03
FO2M 25/025 (2006.01)	FO2M 25/025 K
請求項の数 5 (全 19 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号	特願2015-222424 (P2015-222424)	(73) 特許権者	000003137 マツダ株式会社
(22) 出願日	平成27年11月12日(2015.11.12)		広島県安芸郡府中町新地3番1号
(65) 公開番号	特開2017-89555 (P2017-89555A)	(74) 代理人	100067828 弁理士 小谷 悦司
(43) 公開日	平成29年5月25日(2017.5.25)	(74) 代理人	100115381 弁理士 小谷 昌崇
審査請求日	平成29年3月23日(2017.3.23)	(74) 代理人	100133916 弁理士 佐藤 興
		(72) 発明者	藤本 昌彦 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内
		(72) 発明者	山下 洋幸 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 エンジンの制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

気筒と、当該気筒に吸気を導入する吸気通路と、前記気筒から外部に排気を排出する排気通路とを備えるエンジンの制御装置であって、

前記気筒内に燃料を供給する燃料供給手段と、

前記吸気通路と前記排気通路とを連通して当該排気通路内の排気の一部をEGRガスとして前記気筒に還流するEGR通路と、

前記気筒に還流するEGRガスの量を変更して、前記気筒内のガスのうち前記EGRガスが占める割合であるEGR率を変更可能なEGR率変更手段と、

前記気筒内に水を噴射する水噴射手段と、

前記燃料供給手段、前記EGR率変更手段および前記水噴射手段とを含むエンジンの各部を制御する制御手段とを備え、

前記制御手段は、

前記EGR率の目標値である目標EGR率を前記エンジン本体の運転状態に応じて設定して実際のEGR率がこの目標EGR率になるように前記EGR率変更手段を制御し、

エンジンが搭載された車両が停車するのに伴って前記燃料供給手段から前記気筒内への燃料の供給が自動的に停止された後にエンジンの再始動および加速が要求されたときに、特定の加速条件が成立したと判定し、

前記目標EGR率が増加し、且つ、前記特定の加速条件が成立したと判定したときは、前記水噴射手段によって前記気筒内に水を噴射させ、

前記目標 EGR 率が増加していないとき、あるいは、前記目標 EGR 率が増加したときであっても前記特定の加速条件が成立していないと判定したときは、前記水噴射手段による水の噴射を停止させるとともに、

前記気筒内に水が噴射されたときは、当該水の噴射の開始後、前記目標 EGR 率と実際の EGR 率との差が小さくなるほど水の噴射量が小さくなるように当該水の噴射量を変更することを特徴とするエンジンの制御装置。

【請求項 2】

気筒と、当該気筒に吸気を導入する吸気通路と、前記気筒から外部に排気を排出する排気通路とを備えるエンジンの制御装置であって、

前記気筒内に燃料を供給する燃料供給手段と、

前記吸気通路と前記排気通路とを連通して当該排気通路内の排気の一部を EGR ガスとして前記気筒に還流する EGR 通路と、

前記気筒に還流する EGR ガスの量を変更して、前記気筒内のガスのうち前記 EGR ガスが占める割合である EGR 率を変更可能な EGR 率変更手段と、

前記気筒内に水を噴射する水噴射手段と、

前記燃料供給手段、前記 EGR 率変更手段および前記水噴射手段とを含むエンジンの各部を制御する制御手段とを備え、

前記制御手段は、

前記 EGR 率の目標値である目標 EGR 率を前記エンジン本体の運転状態に応じて設定して実際の EGR 率がこの目標 EGR 率になるように前記 EGR 率変更手段を制御し、

エンジンが搭載された車両が停車するのに伴って前記燃料供給手段から前記気筒内への燃料の供給が自動的に停止された後にエンジンの再始動および加速が要求されたときに、特定の加速条件が成立したと判定し、

エンジンが稼働している時は常に前記水噴射手段によって前記気筒内に水を噴射させ、前記目標 EGR 率が増加し、且つ、前記特定の加速条件が成立したと判定したときは、この判定がなされなかったときよりも前記水噴射手段による水の噴射量を増大させるとともに、当該水の噴射量を増大させた後、前記目標 EGR 率と実際の EGR 率との差が小さくなるほど水の噴射量が小さくなるように当該水の噴射量を変更することを特徴とするエンジンの制御装置。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載のエンジンの制御装置において、

前記制御手段は、前記車両の減速に伴って前記燃料供給手段から前記気筒内への燃料の供給が停止された後に当該燃料の供給が再開されたときにも、前記特定の加速条件が成立したと判定することを特徴とするエンジンの制御装置。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載のエンジンの制御装置において、

前記制御手段は、前記車両に設けられたアクセルペダルの操作によってエンジン負荷が増大したときにも、前記特定の加速条件が成立したと判定することを特徴とするエンジンの制御装置。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載のエンジンの制御装置において、

前記水噴射手段は、超臨界水または亜臨界水を前記気筒内に噴射することを特徴とするエンジンの制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、気筒が形成されたエンジン本体と、当該エンジン本体に空気を導入する吸気通路と、前記エンジン本体から外部に排気を排出する排気通路とを備えるエンジンの制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、エンジンにおいて、排気通路と吸気通路とを連通する通路を設け、この通路を介して排気通路内の排気の一部であるEGRガスを吸気通路および気筒に還流させるEGR (Exhaust Gas Recirculation) を実施することが行われている。

【0003】

例えば、特許文献1には、燃料と空気とを予め混合しておきこの混合気を自着火させるエンジンにおいて、EGRを実施して気筒内に不活性ガスを導入することで、混合気の着火遅れ時間を増大させ、これにより混合気と燃料との混合を促進させるものが開示されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2009-209809号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

EGRガスは、排気通路と吸気通路とを連通する通路および吸気通路を通過した後気筒に導入される。そのため、気筒内のガスのうちEGRガスが占める割合であるEGR率を増大させる指示を出してから実際にEGR率が増大するまでには時間の遅れがある。従って、エンジンの過渡時には、EGR率が適切に増大せず混合気の適切な燃焼が実現できないおそれがある。例えば、過渡時において、EGR率が目標値に到達せずEGRガスが不足すると、混合気が過早着火して燃焼騒音やスモークが増大するおそれ等がある。これに対して、EGR率が適切な値に増大するまでの間、過早着火等の不適切な燃焼を回避するために気筒に供給する燃料を少なく抑えることが考えられる。しかしながら、この場合には、加速性能等のエンジンの応答性が悪化する。

20

【0006】

本発明は、前記のような事情に鑑みてなされたものであり、適正な燃焼を実現しつつ過渡時におけるエンジンの応答性を高めることのできるエンジンの制御装置を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0007】

前記課題を解決するために、本発明は、気筒と、当該気筒に吸気を導入する吸気通路と、前記気筒から外部に排気を排出する排気通路とを備えるエンジンの制御装置であって、前記気筒内に燃料を供給する燃料供給手段と、前記吸気通路と前記排気通路とを連通して当該排気通路内の排気の一部をEGRガスとして前記気筒に還流するEGR通路と、前記気筒に還流するEGRガスの量を変更して、前記気筒内のガスのうち前記EGRガスが占める割合であるEGR率を変更可能なEGR率変更手段と、前記気筒内に水を噴射する水噴射手段と、前記燃料供給手段、前記EGR率変更手段および前記水噴射手段とを含むエンジンの各部を制御する制御手段とを備え、前記制御手段は、前記EGR率の目標値である目標EGR率を前記エンジン本体の運転状態に応じて設定して実際のEGR率がこの目標EGR率になるように前記EGR率変更手段を制御し、エンジンが搭載された車両が停車するのに伴って前記燃料供給手段から前記気筒内への燃料の供給が自動的に停止された後にエンジンの再始動および加速が要求されたときに、特定の加速条件が成立したと判定し、前記目標EGR率が増加し、且つ、前記特定の加速条件が成立したと判定したときは、前記水噴射手段によって前記気筒内に水を噴射させ、前記目標EGR率が増加していないとき、あるいは、前記目標EGR率が増加したときであっても前記特定の加速条件が成立していないと判定したときは、前記水噴射手段による水の噴射を停止させるとともに、前記気筒内に水が噴射されたときは、当該水の噴射の開始後、前記目標EGR率と実際の

40

50

EGR率との差が小さくなるほど水の噴射量が小さくなるように当該水の噴射量を変更することを特徴とするエンジンの制御装置を提供する（請求項1）。

【0008】

本発明によれば、目標EGR率が増大したときに、気筒内に燃料でも空気でもない物質（以下、不活性物質という場合がある）である水が気筒内に噴射される。そのため、EGRガスの遅れに伴うEGR率の不足すなわちEGRガス量の不足をこの水で補って気筒内に不活性物質を適切な量導入することができる。従って、不活性物質の不足に合わせて燃料を低減する必要がないまたは低減量を少なく抑えることができるため、適正な燃焼を実現しつつエンジンの応答性を高めることができる。

特に、車両が停車するのに伴って燃料の供給が自動的に停止されたときすなわちいわゆるアイドルストップがなされた後の再始動および再加速時という特に加速性が求められる場合において、適正な燃焼を実現しつつ燃料の減量を抑制することができ効果的にエンジンの応答性を高めることができる。

しかも、目標EGR率が増大してから実際のEGR率が目標EGR率に到達するまでの間、気筒内の不活性物質の量を適切な量に維持することができる。そのため、より確実に適正な燃焼を実現してエンジン性能を高めることができる。

また、本発明は、気筒と、当該気筒に吸気を導入する吸気通路と、前記気筒から外部に排気を排出する排気通路とを備えるエンジンの制御装置であって、前記気筒内に燃料を供給する燃料供給手段と、前記吸気通路と前記排気通路とを連通して当該排気通路内の排気の一部をEGRガスとして前記気筒に還流するEGR通路と、前記気筒に還流するEGRガスの量を変更して、前記気筒内のガスのうち前記EGRガスが占める割合であるEGR率を変更可能なEGR率変更手段と、前記気筒内に水を噴射する水噴射手段と、前記燃料供給手段、前記EGR率変更手段および前記水噴射手段とを含むエンジンの各部を制御する制御手段とを備え、前記制御手段は、前記EGR率の目標値である目標EGR率を前記エンジン本体の運転状態に応じて設定して実際のEGR率がこの目標EGR率になるように前記EGR率変更手段を制御し、エンジンが搭載された車両が停車するのに伴って前記燃料供給手段から前記気筒内への燃料の供給が自動的に停止された後にエンジンの再始動および加速が要求されたときに、特定の加速条件が成立したと判定し、エンジンが稼働している時は常に前記水噴射手段によって前記気筒内に水を噴射させ、前記目標EGR率が増加し、且つ、前記特定の加速条件が成立したと判定したときは、この判定がなされなかったときよりも前記水噴射手段による水の噴射量を増大させるとともに、当該水の噴射量を増大させた後、前記目標EGR率と実際のEGR率との差が小さくなるほど水の噴射量が小さくなるように当該水の噴射量を変更することを特徴とするエンジンの制御装置を提供する（請求項2）。

本発明において、前記制御手段は、前記車両の減速に伴って前記燃料供給手段から前記気筒内への燃料の供給が停止された後に当該燃料の供給が再開されたときにも、前記特定の加速条件が成立したと判定するのが好ましい（請求項3）。

また、本発明において、前記制御手段は、前記車両に設けられたアクセルペダルの操作によってエンジン負荷が増大したときにも、前記特定の加速条件が成立したと判定するのが好ましい（請求項4）。

【0009】

本発明において、前記水噴射手段は、超臨界水または亜臨界水を前記気筒内に噴射するのが好ましい（請求項5）。

【0010】

このようにすれば、より確実に適切な量の水を気筒に導入しつつエネルギーロスを抑制することができる。

【0011】

具体的には、超臨界水または亜臨界水は通常の気体の水（水蒸気）よりも密度が高い。そのため、超臨界水または亜臨界水を気筒内に噴射することにより、気体の水を噴射する場合に比べて多量の水を効率よく気筒内に導入することができる。また、液体の水は蒸発

10

20

30

40

50

するために潜熱を必要とする一方、超臨界水または亜臨界水は潜熱を必要としないまたは潜熱が小さい。そのため、液体の水を気筒内に噴射した場合には、噴射した水が気筒内で蒸発するのに伴って気筒内の温度が大幅に低下して熱効率が悪化するおそれがある。これに対して、超臨界水または亜臨界水を気筒内に噴射した場合には、このような大幅な温度低下および熱効率の悪化を回避することができる。

【発明の効果】

【0012】

以上説明したように、本発明のエンジンの制御装置によれば、適正な燃焼を実現しつつ過渡時におけるエンジンの応答性を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

10

【0013】

【図1】本発明の一実施形態にかかるエンジンシステムの構成を示した図である。

【図2】エンジン本体の概略断面図である。

【図3】超臨界水を説明するための水の状態図である。

【図4】亜臨界水を説明するための水の状態図である。

【図5】ヒートパイプの動作を説明するための概略断面図である。

【図6】エンジンの制御システムを示すブロック図である。

【図7】エンジン負荷と目標EGR率との関係を示した図である。

【図8】F/C後の加速およびアイドルストップ後の再始動時のエンジン負荷の変化を説明するための図である。

20

【図9】目標EGR率増加時の問題点を説明するための図である。

【図10】水噴射に係る制御手順を示したフローチャートである。

【図11】本発明の一実施形態に係る効果を説明するための図である。

【図12】本発明の他の実施形態に係るエンジンシステムの構成を示した図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

図1は、本発明の一実施形態にかかるエンジンシステムの構成を示す図である。本実施形態のエンジンシステムは、4ストロークのエンジン本体1と、エンジン本体1に燃焼用の吸気（空気）を導入するための吸気通路30と、エンジン本体1で生成された排気を排出するための排気通路40と、水循環装置60とを備える。

30

【0015】

エンジン本体1は、例えば、4つの気筒2を有する4気筒エンジンである。本実施形態では、エンジン本体1は、ガソリンを含む燃料の供給を受けて駆動される。本実施形態のエンジンシステムは車両に搭載され、エンジン本体1は車両の駆動源として利用される。

【0016】

(1) エンジン本体

図2は、エンジン本体1の概略断面図である。

【0017】

エンジン本体1は、気筒2が内部に形成されたシリンダブロック3と、シリンダブロック3の上面に設けられたシリンダヘッド4と、気筒2に往復動（上下動）可能に嵌装されたピストン5とを有している。

40

【0018】

ピストン5の上方には燃焼室6が形成されている。燃焼室6はいわゆるペントルフ型であり、燃焼室6の天井面（シリンダヘッド4の下面）は吸気側および排気側の2つの傾斜面からなる三角屋根状をなしている。

【0019】

ピストン5の冠面5aには、その中心部を含む領域をシリンダヘッド4とは反対側（下方）に凹ませたキャビティ10が形成されている。このキャビティ10は、ピストン5が上死点まで上昇したときの燃焼室6の大部分を占める容積を有するように形成されている。

50

【 0 0 2 0 】

シリンダヘッド 4 には、吸気通路 3 0 から供給される空気を気筒 2 (燃焼室 6) 内に導入するための吸気ポート 1 6 と、気筒 2 内で生成された排気を排気通路 4 0 に導出するための排気ポート 1 7 とが形成されている。これら吸気ポート 1 6 と排気ポート 1 7 とは、気筒 2 毎にそれぞれ 2 つずつ形成されている。また、シリンダヘッド 4 には、各吸気ポート 1 6 の気筒 2 側の開口をそれぞれ開閉する吸気弁 1 8 と、各排気ポート 1 7 の気筒 2 側の開口をそれぞれ開閉する排気弁 1 9 とが設けられている。

【 0 0 2 1 】

各排気ポート 1 7 には、それぞれヒートパイプ 7 0 が取り付けられている。本実施形態では、1 つの排気ポート 1 7 にそれぞれ 1 つのヒートパイプ 7 0 が取り付けられており、1 つの気筒 2 に 2 つのヒートパイプ 7 0 が配置されている。ヒートパイプ 7 0 は、水循環装置 6 0 の一部を構成する部品である。ヒートパイプ 7 0 の詳細については後述する。

10

【 0 0 2 2 】

シリンダヘッド 4 には、気筒 2 内に燃料を噴射する燃料噴射装置 (燃料供給手段) 2 1 が設けられている。燃料噴射装置 2 1 は、その先端が気筒 2 の中心軸付近に位置してピストン 5 の冠面のほぼ中央を臨むように配置されている。

【 0 0 2 3 】

燃料噴射装置 2 1 は、図外の燃料ポンプにより圧送された燃料を気筒 2 内に噴射する。本実施形態では、全運転領域において燃料と空気との混合気を予め混合させて、この混合気を圧縮上死点 (T D C) 付近で自着火させる予混合圧縮自着火燃焼が実施されるよう構成されている。これに伴い、図 2 に示した例では、エンジン本体 1 に気筒 2 内のガスに点火するための点火プラグが設けられていないが、冷間始動時等において混合気の適正な燃焼のために点火が必要な場合等には、適宜エンジン本体 1 に点火プラグを設けてもよい。

20

【 0 0 2 4 】

燃料噴射装置 2 1 からは、エンジン本体 1 の運転状態に応じたタイミングでこの運転状態に応じた量の燃料が気筒 2 内に噴射される。本実施形態では、混合気を圧縮上死点 (T D C) 付近で自着火させるために、主として圧縮上死点よりも前に燃料が気筒 2 内に噴射される。

【 0 0 2 5 】

シリンダヘッド 4 には、さらに、気筒 2 内に超臨界水を噴射する水噴射装置 (水噴射手段) 2 2 が設けられている。図 2 に示すように、水噴射装置 2 2 は、サイド噴射方式で水を燃焼室 6 内に噴射するようにシリンダヘッド 4 に取り付けられており、その先端が燃焼室 6 の内周面から燃焼室 6 内を臨むように配置されている。水噴射装置 2 2 としては、例えば、従来のエンジンに用いられる、燃料を気筒 2 内に噴射するための装置を適用することができ、その詳細な構造の説明は省略する。なお、水噴射装置 2 2 は、例えば、2 0 M P a 程度で気筒 2 内に超臨界水を噴射する。

30

【 0 0 2 6 】

超臨界水とは、水の臨界点よりも温度および圧力が高い水であって、気体のように分子が激しく運動しながら液体に近い高い密度を有し、気体または液体の水に相変化するのに潜熱を必要としない水である。

40

【 0 0 2 7 】

図 3 を用いて具体的に説明する。図 3 は、横軸をエンタルピーとし、縦軸を圧力としたときの水の状態図を示したものである。この図 3 において、領域 Z 2 は液体の領域、領域 Z 3 は気体の領域、領域 Z 4 は液体と気体が共存する領域である。実線で示したライン L T 3 5 0、L T 4 0 0、・・・、L T 1 0 0 0 は、それぞれ同じ温度となる点をつないだ等温度線であって、それぞれ数字が温度 (K) を示している。例えば、L T 3 5 0 は 3 5 0 K の等温度線であり、L T 1 0 0 0 は 1 0 0 0 K の等温度線である。そして、点 C 1 が臨界点、領域 Z 1 が臨界点 C 1 よりも温度および圧力が高い領域であり、超臨界水はこの領域 Z 1 に含まれる水である。具体的には、水の臨界点が、温度：6 4 7 . 3 K，圧力：2 2 . 1 2 M P a の点であるのに対して、超臨界水は温度圧力がこれら以上すなわち温度が 6

50

47.3 K以上かつ圧力が22.12 MPa以上の水である。

【0028】

図3において、破線で示したラインLR0.01、LR0.1・・・、LR500は、それぞれ同じ密度となる点をつないだ等密度線であって、それぞれ数字が密度(kg/m³)を示している。例えば、LR0.01は密度が0.01 kg/m³の等密度線であり、LR1000は密度が500 kg/m³の等密度線である。

【0029】

この等密度線LRと領域Z1、Z3との比較から明らかなように、領域Z1に含まれる水すなわち超臨界水の密度は50 kg/m³から500 kg/m³程度と液体の水に近い値であって気体の密度よりも非常に高い値となっている。

10

【0030】

なお、エンジンシステムにて生成して気筒2内に噴射する超臨界水としては、密度が250 kg/m³以上の超臨界水を用いるのが好ましい。

【0031】

また、図3において矢印Y1で示すように、通常の液体の水は気体に変化するために大きなエンタルピーを必要とする。すなわち、通常の液体の水は気体に変化するのに比較的大きな潜熱を必要とする。これに対して、矢印Y2で示すように、超臨界水では、通常の気体の水に変化するのにほとんどエンタルピーすなわち潜熱を必要としない。

【0032】

(2) 吸気通路

20

吸気通路30には、上流側から順に、エアクリーナ31と、スロットルバルブ32とが設けられており、エアクリーナ31およびスロットルバルブ32を通過した後の空気がエンジン本体1に導入される。

【0033】

スロットルバルブ32は、吸気通路30を開閉するものである。ただし、本実施形態では、エンジンの運転中、スロットルバルブ32は基本的に全開もしくはこれに近い開度に維持されており、エンジンの停止時等の限られた運転条件のときにのみ閉弁されて吸気通路30を遮断する。

【0034】

(3) 排気通路

30

排気通路40には、上流側から順に、排気を浄化するための浄化装置41、熱交換器42(昇温装置)、コンデンサー(凝縮器)43、排気シャッターバルブ44が設けられている。熱交換器42およびコンデンサー43は、水循環装置60の一部を構成するものである。浄化装置41は、例えば、三元触媒41からなる。

【0035】

本実施形態では、図1等に示すように、浄化装置41と熱交換器42とは、これらを保温するための蓄熱用ケース49の内側に収容されている。蓄熱用ケース49は、二重管構造を有しており、その外周壁の内側には、空間49aが形成されている。この空間49aには蓄熱材が充填されており、この蓄熱材により、浄化装置41および熱交換器42は保温される。すなわち、蓄熱用ケース49の内側に位置する浄化装置41等に高温の排気が流入すると、この排気により空間49c内の蓄熱材は暖められ、この蓄熱材によって浄化装置41および熱交換器42は保温される。蓄熱材としては、例えば、エルストール等のように加熱されることで溶融してこれにより熱エネルギーを蓄熱する潜熱蓄熱材や、塩化カルシウム等のように加熱されることで化学反応してこれにより熱エネルギーを蓄熱する化学蓄熱材等が挙げられる。このように蓄熱材により保温されることで、熱交換器42において後述する熱交換通路61a内の水は効果的に昇温され、浄化装置41はより適切な温度に維持される。

40

【0036】

排気シャッターバルブ44は、EGRガスの吸気通路30への還流を促進するためのものである。

50

【 0 0 3 7 】

すなわち、本実施形態のエンジンシステムでは、吸気通路 3 0 と排気通路 4 0 とを連通する E G R 通路 5 1 が設けられており、排気の一部が E G R ガスとして吸気通路 3 0 に還流される。図 1 に示した例では、吸気通路 3 0 のうちスロットルバルブ 3 2 よりも下流側の部分と、排気通路 4 0 のうち触媒装置 4 1 よりも上流側の部分とが E G R 通路 5 1 により連通されている。排気シャッターバルブ 4 4 は、排気通路 4 0 を開閉可能なバルブであり、E G R を実施する場合であって排気通路 4 0 の圧力が低い場合に閉弁側に操作されることで E G R 通路 5 1 の上流側の部分の圧力を高めて E G R ガスの還流を促進する。

【 0 0 3 8 】

E G R 通路 5 1 には、これを開閉する E G R バルブ (E G R 率変更手段) 5 2 が設けられており、E G R バルブ 5 2 の開弁量によって吸気通路 3 0 に還流される E G R ガスの量が調整される。そして、これにより、気筒 2 内のガスのうち E G R ガスが占める割合である E G R 率に変更される。また、本実施形態では、E G R 通路 5 1 に、これを通過する E G R ガスを冷却するための E G R クーラ 5 3 が設けられており、E G R ガスは E G R クーラ 5 3 にて冷却された後に吸気通路 3 0 に還流する。

10

【 0 0 3 9 】

気筒 2 内に燃料および空気以外の不活性物質である E G R ガスが導入されると、気筒 2 内の全ガス量に対する燃料および空気の割合が小さくされるとともに気筒 2 内のガス温度の上昇が小さく抑えられる。そのため、燃料と空気の反応速度を小さく抑えて着火遅れ時間 (燃料が気筒 2 内に供給されてから混合気の燃焼が開始するまでの時間) を長くすることができる。そして、着火遅れ時間を長くすれば、燃料と空気とを十分に混合した後に燃焼させることができ、適正な予混合圧縮自着火燃焼を実現することができる。

20

【 0 0 4 0 】

(4) 水循環装置

水循環装置 6 0 は、排気の熱エネルギーを利用して超臨界水を生成するためのものである。

【 0 0 4 1 】

水循環装置 6 0 は、ヒートパイプ 7 0、熱交換器 4 2 およびコンデンサー 4 3 に加えて、水噴射装置 2 2 とコンデンサー 4 3 とを接続する水供給通路 6 1 と、水タンク 6 2 と、低圧ポンプ 6 3 と、高圧ポンプ 6 4 とを備えている。

30

【 0 0 4 2 】

コンデンサー 4 3 は、排気通路 4 0 を通過する排気中の水 (水蒸気) を凝縮するためのものであり、コンデンサー 4 3 で凝縮した水が水噴射装置 2 2 に供給される。このように、本実施形態では、排気中の水が気筒 2 内に噴射される水として利用される。水タンク 6 2 は、内側に凝縮水を貯留するものである。コンデンサー 4 3 で生成された凝縮水は、水供給通路 6 1 を介して水タンク 6 2 に導入され水タンク 6 2 内で貯留される。

【 0 0 4 3 】

低圧ポンプ 6 3 は、水タンク 6 2 内の凝縮水を熱交換器 4 2 に送り込むためのポンプであり、水供給通路 6 1 のうち水タンク 6 2 と熱交換器 4 2 との間に配置されている。水タンク 6 2 内の凝縮水は、低圧ポンプ 6 3 によって熱交換器 4 2 に送り込まれる。

40

【 0 0 4 4 】

熱交換器 4 2 は、低圧ポンプ 6 3 から圧送された凝縮水と、排気通路 4 0 を通過する排気との間で熱交換を行わせるためのものである。熱交換器 4 2 は、排気通路 4 0 のうち浄化装置 4 1 の下流側の部分に、浄化装置 4 1 に隣接して配置されている。

【 0 0 4 5 】

本実施形態では、水供給通路 6 1 の一部 6 1 a が排気通路 4 0 の内側に挿通されて、これらが接触することで熱交換器 4 2 が形成されている。以下では、適宜、水供給通路 6 1 のうち排気通路 4 0 に挿入されている部分を熱交換通路 6 1 a という。

【 0 0 4 6 】

熱交換通路 6 1 a は、排気通路 4 0 のうち浄化装置 4 1 のすぐ下流側の部分の内側に挿

50

通されている。詳細には、熱交換通路61aは、蓄熱用ケース49の内側に位置する排気通路40に挿通されている。そして、前記のように、本実施形態では、蓄熱用ケース49により浄化装置41に加えて熱交換器42も保温されている。

【0047】

熱交換通路61a内の凝縮水は、排気通路40のうち熱交換通路61aが挿通された部分を通過する排気により昇温される。具体的には、この排気通路40のうち熱交換通路61aが挿通された部分を通過する排気の温度が熱交換通路61a内の凝縮水の温度よりも高いと、排気から凝縮水に熱エネルギーが付与されて、凝縮水が昇温される。ただし、エンジン本体1から排出される排気の温度は常に少なくとも100度以上あり、液体の水である凝縮水の温度よりも排気の温度の方が常に高い。従って、熱交換通路61a内の凝縮水は、常に排気により昇温される。

10

【0048】

本実施形態では、前記のように浄化装置41のすぐ下流側に熱交換通路61aが配置されていることで、熱交換通路61a内の凝縮水には、浄化装置41での反応熱も付与されるため、凝縮水は効果的に昇温される。また、熱交換通路61aおよび熱交換通路61aが蓄熱用ケース49により保温されていることによっても凝縮水は効果的に昇温される。

【0049】

高圧ポンプ64は、熱交換器42から水噴射装置22に向けて凝縮水を圧送するためのポンプである。高圧ポンプ64は、水供給通路61のうち熱交換器42すなわち熱交換通路61aとヒートパイプ70との間に配置されている。この高圧ポンプ64は、熱交換器42で昇温された凝縮水を加圧して超臨界水としながら水噴射装置22に送り込む。

20

【0050】

ここで、水供給通路61のうち高圧ポンプ64よりも下流側の部分は、高圧ポンプ64で加圧された後の高圧の超臨界水が流通する。そのため、この部分には、高圧用の配管が用いられる。

【0051】

このように、本実施形態では、基本的には、熱交換器42と高圧ポンプ64とによって凝縮水が昇温昇圧されて超臨界水が生成され、水噴射装置22に供給される。

【0052】

ただし、気筒2から排出された排気の温度が比較的高い場合には、ヒートパイプ70を介してこの高温の排気によって水供給通路61内の水が昇温されるようになっている。

30

【0053】

すなわち、ヒートパイプ70は、高圧ポンプ64から圧送された水と、排気通路40を通過する排気との間で熱交換を行わせるためのものであるが、ヒートパイプ70は、排気の温度が基準温度以上のときにのみ凝縮水を昇温させる。

【0054】

本実施形態では、ヒートパイプ70は、所定の方向に延びる略円柱状の外形を有する。図5は、ヒートパイプ70の動作を説明するための概略断面図である。この図5および図2に示すように、ヒートパイプ70は、その長手方向の一方側の端部71が排気ポート17の内側に挿入されて排気と接触するように配置され、他方の端部72が水供給通路61の内側に挿入されて水供給通路61内の水と接触するように配置されている。

40

【0055】

図1および図2に示すように、また前記のように、本実施形態では、各排気ポート17にそれぞれヒートパイプ70が挿通されている。具体的には、水供給通路61には、その下流側端付近において、気筒2の配列方向に延びる蓄圧部65が設けられているとともに、この蓄圧部65から各水噴射装置22に向けてそれぞれ独立通路61bが延びている。そして、各排気ポート17にそれぞれ1本ずつヒートパイプ70が設けられており、ヒートパイプ70の各端部71, 72がそれぞれ各排気ポート17と蓄圧部65とに挿通されている。

【0056】

50

本実施形態では、図2に示すように、蓄圧部65はシリンダヘッド4に近接して配置されており、ヒートパイプ70はシリンダヘッド4に内蔵されている。具体的には、蓄圧部65は、排気ポート17よりも上方に位置し、ヒートパイプ70は、排気ポート17の内側空間から上方に延びて蓄圧部65に挿入されている。本実施形態では、ヒートパイプ70の排気ポート17側の端部71に、金属製の板状部材が上下方向に重ね合わされることで構成されたスタックフィン73が設けられており、この端部71に排気ポート17内の排気の熱がより多く伝えられるようになっている。

【0057】

図5に示すように、ヒートパイプ70は、熱伝導性の高い材料（例えば金属）で形成されたパイプ部材であり、その内側には、真空にされた状態で作動媒体Sが液体状態で封入されている。ヒートパイプ70の内壁には、多孔質部材70a（例えば金属製の網）が設けられており、いわゆるウィックとよばれる毛細管構造が形成されている。

10

【0058】

このヒートパイプ70では、排気ポート17に挿入された一方の端部（以下、適宜、受熱側端部という）71が排気により温められ、その温度が所定の温度以上になると、作動媒体Sが蒸発し、図5の矢印Y10に示すように、水供給通路61に挿入された他方の端部（以下、適宜、放熱側端部という）72に向かって拡散していく。このとき、排気ポート17内の排気の温度は、その熱エネルギーをヒートパイプ70すなわち作動媒体Sに付与することで低下する。そして、前記作動媒体Sの蒸気は、放熱側端部72において水供給通路61に放熱して凝縮し、再び液体に戻る。このとき、水供給通路61内の水は作動媒体Sから熱エネルギーを受けて昇温される。再び液体に戻った作動媒体Sは、前記多孔質部材70aにおける毛細管現象により、図5の矢印Y20に示すように、受熱側端部71に戻り、再度排気から熱エネルギーを奪うことで再び蒸気となり、この熱エネルギーを水供給通路61内の水に付与する。

20

【0059】

本実施形態では、この熱の移動が生じる排気の温度（基準温度）が650K程度に設定されており、これに対応する作動媒体Sがヒートパイプ70に封入されている。例えば、作動媒体Sとしてセシウムが用いられる。

【0060】

このようにして、本実施形態では、ヒートパイプ70によって、排気の温度が所定温度以上の高温になり作動媒体Sの温度が沸点以上になると、排気ポート17内の排気の熱エネルギーが水供給通路61に付与されて水供給通路61内の水が昇温される。従って、熱交換器42によって水供給通路61内の水が排気によってほぼ常時昇温されるとともに、排気の温度が基準温度以上の高温の場合には、ヒートパイプ70によってさらに水供給通路61内の水が排気によって昇温され、排気のエネルギーが効果的に利用されながら超臨界水が生成される。特に、ヒートパイプ70が気筒2に近い位置に配置されているため、ヒートパイプ70によって、排気の高い熱エネルギーを利用して水供給通路61内の水を効果的に昇温させることができる。また、排気の温度が過剰に高い場合にはヒートパイプ70によって浄化装置41に流入する排気の温度を低く抑えることができ、かつ、排気の温度が低い場合にはこの排気をそのまま浄化装置41に流入させて浄化装置41に温度を

30

40

【0061】

(5) 制御系統

図6は、エンジンの制御系統を示すブロック図である。本図に示すように、当実施形態のエンジンシステムは、PCM（パワートレイン・コントロール・モジュール、制御手段）100によって統括的に制御される。PCM100は、周知のとおり、CPU、ROM、RAM等から構成されるマイクロプロセッサである。

【0062】

PCM100は、エンジンの運転状態を検出するための各種センサと電氣的に接続されている。

50

【 0 0 6 3 】

例えば、シリンダブロック 3 には、ピストン 5 に連結されたクランク軸の回転角度および回転速度すなわちエンジン回転数を検出するクランク角センサ S N 1 が設けられている。また、吸気通路 3 0 のうちエアクリーナ 3 1 とスロットルバルブ 3 2 との間の部分には、エアクリーナ 3 1 を通過して各気筒 2 に吸入される吸気量を検出するエアフローセンサ S N 2 が設けられている。また、車両には、運転者により操作される図外のアクセルペダルの開度（アクセル開度）を検出するアクセル開度センサ S N 3 が設けられている。

【 0 0 6 4 】

P C M 1 0 0 は、前記各種センサからの入力信号に基づいて種々の判定や演算等を実行しつつエンジンの各部を制御する。すなわち、P C M 1 0 0 は、燃料噴射装置 2 1、水噴射装置 2 2、スロットルバルブ 3 2、排気シャッターバルブ 4 4、E G R バルブ 5 2、低圧ポンプ 6 3、高圧ポンプ 6 4 等と電氣的に接続されており、前記演算の結果等に基づいてこれらの機器にそれぞれ駆動用の制御信号を出力する。

【 0 0 6 5 】

例えば、前記のように、スロットルバルブ 3 2 は、エンジンの停止時等の限られた運転条件のときのみ閉弁するよう構成されており、P C M 1 0 0 はこの運転条件のときにスロットルバルブ 3 2 を閉弁させる。

【 0 0 6 6 】

また、P C M 1 0 0 は、前記のように、燃料噴射装置 2 1 に、主として圧縮上死点前に気筒 2 内に燃料を噴射させる。

【 0 0 6 7 】

また、P C M 1 0 0 は、図 7 に示すように目標 E G R 率を設定し、この目標 E G R 率が実現されるように E G R バルブ 5 2 の開度を制御する。

【 0 0 6 8 】

本実施形態では、エンジン負荷が基準負荷 T 1 未満の低負荷領域 B 1 では、エンジン負荷が高いほど目標 E G R 率が高くなるように設定され、エンジン負荷が基準負荷 T 1 以上の高負荷領域 B 2 では、エンジン負荷が高いほど目標 E G R 率が低くなるように設定されている。前記のように、E G R ガスを気筒 2 内に導入すれば着火遅れ時間を長くすることができる。そして、エンジン負荷が高いほど着火遅れ時間は短くなりやすい。そこで、本実施形態では、低負荷領域 B 1 において、各エンジン負荷において着火遅れ時間が適正量となって適正な予混合圧縮自着火燃焼が実現されるように、エンジン負荷が高いほど目標 E G R 率を高く設定する。ただし、エンジン負荷が基準負荷 T 1 以上の比較的高い運転領域ではエンジントルクを確保するために気筒 2 内に導入される吸気量（新気量）を多く確保する必要がある。そこで、本実施形態では、高負荷領域 B 2 では、気筒 2 内に燃料を分割して噴射する等により着火遅れ時間を適正にしつつ、エンジン負荷に対応した吸気量を確保するべく、エンジン負荷が高いほど目標 E G R 率を低く設定する。

【 0 0 6 9 】

P C M 1 0 0 は、この目標 E G R 率が実現されるように E G R バルブ 5 2 の開度を変更する。例えば、目標 E G R 率が高いときには E G R バルブ 5 2 の開度を開き側に制御する。また、P C M 1 0 0 は、E G R ガスを気筒 2 内に導入する場合であってエンジン負荷が低く排気通路 4 0 の圧力が低い場合には、前記のように、排気シャッターバルブ 4 4 を閉弁側に操作して E G R ガスの還流を促進する。

【 0 0 7 0 】

ここで、E G R ガスは、排気通路 4 0 から E G R 通路 5 1 および吸気通路 3 0 を通過して気筒 2 内に還流する。そのため、P C M 1 0 0 が E G R バルブ 5 2 に指令を出してから、気筒 2 内に導入される E G R ガス量および E G R 率が実際に変化するまでの時間には遅れがある。そして、このように E G R 率の変化が遅れると着火遅れ時間が適正量確保されず適正な予混合圧縮自着火燃焼が実現されなくなる。具体的には、E G R ガス量が不足して着火遅れ時間が短くなる結果、いわゆる過早着火が生じてスモークや燃焼騒音が悪化するおそれがある。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 1 】

これに対して、例えば、EGR率が目標値に到達するまで気筒2内に供給される燃料の量を小さくすることが考えられる。しかしながら、この場合には、エンジントルクの応答性が悪くなる。

【 0 0 7 2 】

特に、図8のラインL1に示すように、アイドルストップが実施されてから、すなわち、車両が停車するのに伴って気筒2内への燃料の供給が自動的に停止されてから、エンジンを再始動および再加速する時や、図8のラインL2で示すように減速に伴って気筒2内への燃料供給が停止されてから加速する時、すなわち、減速後の加速時には、エンジン負荷(エンジントルク)を例えば点A1や点A2から点A10まで急激に増大させることが求められ、同時に、図7に示すように、点A1や点A2から点A10までEGR率を急激に増大させることが求められるが、このときに仮にEGR率の遅れに合わせて気筒2に供給する燃料量を制限してしまうとエンジントルクが増大せず加速性が著しく悪化してしまう。また、加速時であってラインL3およびL4で示すようにエンジン負荷が低い状態(A3等)からエンジン負荷が高い状態(A10やA20)への移行時にも、EGR率が増加する場合があるため、同様の問題が生じる。

10

【 0 0 7 3 】

図9を用いて具体的に説明する。図9は、エンジントルク、噴射量(燃料噴射量であって気筒2内に供給される燃料量)、EGR率の時間変化を示した図である。この図9に示すように、時刻t1にて、アイドルストップからの再始動、減速からの加速、エンジン負荷が増大する加速が行われると、エンジントルクの目標値である目標トルク(破線)は急増し、これに伴い目標EGR率(破線)も急増する。しかしながら、実線で示すように、実際のEGR率は目標EGR率にすぐには追従しない。そのため、過早着火等が生じる。これに対して、仮に実際のEGR率に合わせて燃料噴射量を要求噴射量(目標トルクに対応する燃料噴射量)よりも少なく抑えると、過早着火は抑制されるが、得られるエンジントルクは実線のようになり、実際のEGR率が目標EGR率に到達する時刻t2まで目標トルクが実現されず、加速感が悪化する。

20

【 0 0 7 4 】

そこで、本実施形態では、目標EGR率が増加したときであって、再始動、減速からの加速、エンジン負荷が増大する加速時には、EGRガスの不足を水によって補うべく水噴射装置22から気筒2内に超臨界水を噴射する。すなわち、水は、燃料でも空気でもなく、気筒2内においてEGRガスと同様に不活性物質として作用するため、この水を気筒2内に噴射することでEGRガスの不足量を補い、気筒2内に不活性物質を適正な量存在させる。

30

【 0 0 7 5 】

図10を用いてこの水噴射の制御手順を具体的に説明する。

【 0 0 7 6 】

まず、ステップSp1にて、目標EGR率が増加したか否かを判定する。この判定がNOであって目標EGR率が増加していない場合は、そのまま処理を終了する。一方、この判定がYESであって目標EGR率が増加した場合は、ステップSp2に進む。なお、前記のように、このとき、EGRバルブ52は、目標EGR率の増加に応じて開き側に制御される。

40

【 0 0 7 7 】

ステップSp2では、減速に伴う燃料供給停止(F/C:フューエルカット)後の加速であるか、または、エンジン負荷が増大する加速時であるか、または、アイドルストップ後のエンジンの再始動および再加速時であるかを判定する。例えば、減速後の加速であるか否かは、燃料噴射装置22に対する指令に基づいて判定することができる。また、エンジン負荷が増大する加速時であるか否かは、アクセル開度センサSN3からの信号に基づき算出されるエンジン負荷に基づいて判定することができる。また、アイドルストップ後のエンジンの再始動および再加速時であるか否かは、別途演算されている再始動の実施に

50

係る信号と前記エンジン負荷とに基づいて判定することができる。

【 0 0 7 8 】

ステップ S p 2 の判定が N O の場合は、そのまま処理を終了する。一方、ステップ S p 2 の判定が Y E S であって、減速後の加速、エンジン負荷が増大する加速、アイドルストップ後のエンジンの再始動および再加速のいずれかが行われた場合は、ステップ S p 3 に進む。

【 0 0 7 9 】

ステップ S p 3 では、水噴射装置 2 2 によって気筒 2 内へ超臨界水を噴射する。

【 0 0 8 0 】

ステップ S p 3 の後はステップ S p 4 に進み、実際の E G R 率が目標 E G R 率に到達したか否かを判定する。ここで、P C M 1 0 0 は、エアフローセンサ S N 2 からの信号等に基づき常時 E G R 率を算出しており、ステップ S p 4 では、この算出した E G R 率と、図 7 に示すように設定された目標 E G R 率とを比較する。

10

【 0 0 8 1 】

ステップ S p 4 の判定が N O であって、実際の E G R 率が目標 E G R 率に到達していない場合は、ステップ S p 5 に進み、超臨界水の気筒 2 内への噴射を継続する。ただし、ステップ S p 3 での噴射量よりも少ない量の超臨界水を気筒 2 内に噴射する。

【 0 0 8 2 】

ステップ S p 5 の後は再びステップ S p 4 に進み、再び実際の E G R 率が目標 E G R 率に到達したか否かを判定する。そして、この判定が N O の場合は、再度ステップ S p 5 に進み、さらに超臨界水の気筒 2 内への噴射を継続する。ただし、このときにも、先のステップ S p 5 で噴射された量よりも少ない量の超臨界水を気筒 2 内に噴射する。そして、ステップ S p 4 に進む。

20

【 0 0 8 3 】

このように、本実施形態では、実際の E G R 率が目標 E G R 率に到達するまでの所定期間、水噴射装置 2 2 による気筒 2 内への超臨界水の噴射を継続する。そして、時間の経過とともに気筒 2 内に噴射する超臨界水の量を減量していく。

【 0 0 8 4 】

ステップ S p 4 の判定が Y E S であって実際の E G R 率が目標 E G R 率に到達していれば、ステップ S p 6 に進む。そして、水噴射すなわち気筒 2 内への超臨界水の噴射を停止する。なお、本実施形態では、前記所定期間は、目標 E G R 率と実際の E G R 率とのずれがある期間としたが、エンジン回転数およびエンジン負荷等のエンジンの運転状態に基づいて、このずれが無くなる少し手前までの期間や、ずれが無くなった直後を含む期間に設定しても良い。

30

【 0 0 8 5 】

(6) 作用等

前記の水噴射の制御を実施したときの、エンジントルク、噴射量（燃料噴射量）、E G R 率、水噴射量（気筒 2 内への超臨界水の噴射量）の時間変化を図 1 1 に示す。この図 1 1 に示すように、時刻 t 1 1 にて、減速後の加速時、エンジン負荷が増大する加速時、アイドルストップ後のエンジンの再始動および再加速が行われると、エンジントルクの目標値である目標トルク（破線）は急増し、目標 E G R 率（破線）が急増する。これに伴い、時刻 t 1 1 にて、気筒 2 内への超臨界水の噴射が開始される。そして、その後、水噴射量は、時間とともに、すなわち、実際の E G R 率の増大とともに減量されていき、実際の E G R 率が目標 E G R 率に到達する時刻 t 1 2 にて気筒 2 内への超臨界水の噴射が停止される。

40

【 0 0 8 6 】

このように気筒 2 内への超臨界水の噴射が実施されると、気筒 2 内における E G R ガスの不足すなわち不活性物質の不足が超臨界水により補われて、気筒 2 内に適切な量の不活性物質を存在させることができる。そのため、過早着火を抑制するために気筒 2 内に噴射する燃料量を要求噴射量に対して減量する必要性がなくなる。従って、図 1 1 に示すよう

50

に、時刻 t_{11} にて実線で示すように気筒 2 内に要求噴射量の燃料を噴射することができ、実線で示すように時刻 t_{11} にてエンジントルクを要求に応じて急増させることができる。また、時刻 t_{12} までの間においても、気筒 2 内の不活性物質の量を適切に維持することができ、適正な燃焼を実現することができる。

【0087】

このように、本実施形態では、過早着火を抑制して適正な燃焼を実現しつつ加速性すなわちエンジンの応答性を高めることができる。

【0088】

特に、本実施形態では、目標 EGR 率が増加する場合であって、減速後の加速時、エンジン負荷が増大する加速時、アイドルストップ後のエンジンの再始動および再加速時において、前記超臨界水の噴射の制御を実施している。そのため、これらの特に加速性を求められる場合において、エンジントルクを急増させることができ車両運転時の快適性を高くすることができる。

【0089】

また、本実施形態では、気筒 2 内に水として超臨界水を噴射している。そのため、エネルギーロスを抑制しつつより確実に適切な量の水を気筒に導入することができる。

【0090】

すなわち、前記のように、超臨界水は通常の水（水蒸気）よりも密度が高い。そのため、超臨界水を気筒内に噴射することにより、水蒸気の場合に比べて多量の水を効率よく気筒内に導入することができる。従って、EGR ガスの不足量をより確実に補うことができる。また、前記のように、液体の水は蒸発するために潜熱を必要とする。そのため、液体の水を気筒内に噴射した場合には、噴射した水が気筒内で蒸発するのに伴って気筒内の温度が大幅に低下して熱効率が悪化するおそれがある。一方、超臨界水は潜熱を必要としない。そのため、超臨界水を気筒 2 内に噴射すれば、前記のような大幅な温度低下および熱効率の悪化を回避することができ、エネルギーロスを小さく抑えることができる。

【0091】

(7) 変形例

ここで、図 3 から明らかなように、領域 Z1 に近い領域に含まれる水は、密度も高く気体に変化するための潜熱も小さく、超臨界水に近い性状を有する。従って、前記実施形態では、気筒 2 内に水として超臨界水が噴射される場合について説明したが、超臨界水に代えて領域 Z1 に近い領域に含まれる水である亜臨界水を生成および気筒 2 内に噴射してもよい。例えば、図 4 に示す領域 Z10 であって、温度が 600 K 以上かつ密度が 250 kg/m³ 以上の領域 Z10 に含まれる亜臨界水を生成および噴射してもよい。この場合であっても、密度が通常の水よりも高く潜熱が非常に小さいことから、エネルギーロスを小さく抑えながら EGR ガスの不足量を補えるだけの適切な量の水を気筒 2 内に供給することができる。

【0092】

さらに、気筒 2 内に通常の水（例えば、液体の水）を噴射してもよい。この場合であっても、EGR ガスの不足量を水で補うことができるため、適正な燃焼を実現しつつエンジンの応答性を高めることができる。ただし、前記のように、通常の水よりも超臨界水または亜臨界水を気筒 2 内に噴射すれば、より確実にエネルギーロスを抑えながら EGR ガスの不足量を水で補うことができる。

【0093】

また、前記実施形態では、目標 EGR 率が増加した場合において、減速後の加速時、エンジン負荷が増大する加速時、アイドルストップ後のエンジンの再始動および再加速時といった特定の条件が成立したときのみ気筒 2 内へ超臨界水を噴射し、これ以外のときには気筒 2 内への超臨界水の噴射を停止する場合について説明したが、この超臨界水の噴射を常に、または、所定の運転領域において実施するよう構成し、前記特定の条件が成立すると、気筒 2 内に噴射する超臨界水の量を増量するようにしてもよい。例えば、エンジン

10

20

30

40

50

回転数およびエンジン負荷等に応じて気筒 2 内に噴射する基本的な超臨界水の量を設定し、通常の運転時にはこの基本量が実現されるように水噴射装置 2 2 を制御するとともに、前記特定の条件の成立時には、この基本量に対して気筒 2 内に噴射する超臨界水の量を増量させるようにしてもよい。なお、この場合には、特定の条件が成立してから所定時間の間、基本量よりも多い範囲で、気筒 2 内に噴射する超臨界水の量を時間とともに減量すればよい。

【 0 0 9 4 】

また、再始動時または加速時であるか否かによらず、目標 E G R 率が増加すれば、気筒 2 内に超臨界水を噴射する（水噴射量を増量する）ようにしてもよい。ただし、減速後の加速時、エンジン負荷が増大する加速時、アイドルストップ後のエンジンの再始動および再加速時には、特に加速性が求められる。そのため、このような場合においてのみ、目標 E G R 率の増加に伴って超臨界水の噴射を行えば（超臨界水の噴射量を増量すれば）、効果的に加速感を高めつつ、超臨界水の噴射（噴射量の増量）に伴う低圧ポンプ 6 3 および高圧ポンプ 6 4 の駆動にかかるエネルギーを小さく抑えることができる。

10

【 0 0 9 5 】

また、前記水噴射の制御が適用されるエンジンは、予混合圧縮自着火燃焼が実施されるエンジンに限らず、燃料と空気とが混合していない状態で圧縮自着火燃焼が実施されるエンジンや、点火により燃焼が開始する火花点火式のエンジンであってもよい。

【 0 0 9 6 】

また、前記実施形態では、E G R 率増加の遅れに伴う過早着火を抑制できる点を効果として挙げたが、E G R 率増加の遅れに伴う N O x の悪化等も抑制することができる。

20

【 0 0 9 7 】

また、前記実施形態に係る水噴射の制御を図 1 2 に示すようなエンジンシステムに用いれば、より効果的である。

【 0 0 9 8 】

具体的には、図 1 2 のエンジンシステムでは、過給機 1 9 0 が設けられており、吸気通路 3 0 に、上流側から順にエアクリーナ 3 1、スロットルバルブ 3 2 およびコンプレッサ 1 9 1 が設けられているとともに、排気通路 4 0 に、上流側から順にタービン 1 9 2、浄化装置 4 1、熱交換器 4 2 およびコンデンサー 4 3 が設けられている。そして、E G R 通路 1 5 1 が、排気通路 4 0 のうち熱交換器 4 2 とコンデンサー 4 3 との間の部分と、吸気通路 3 0 のうちスロットルバルブ 3 2 とコンプレッサ 1 9 1 との間の部分とを連通しており、E G R 通路 1 5 1 に E G R クーラ 1 5 3 と E G R バルブ 1 5 2 とが設けられている。このように構成されたエンジンシステムでは、図 1 に例示したエンジンシステムよりも、E G R ガスが流通する部分の長さが長くなり、E G R 率の時間遅れは長くなる。そのため、前記水噴射の制御を実施しない場合には、より長期間にわたって燃焼が不適切になる、あるいは、加速できないおそれがある。従って、このようなエンジンシステムにおいて、前記水噴射の制御を実施すれば、より効果的に燃焼を適正に、かつ、加速性を高めることができる。なお、図 1 2 において、図 1 のエンジンシステムと構成が同じものについてはこれと同じ符号を付している。

30

【 0 0 9 9 】

また、排熱回収装置 6 0 を省略して、別途設けたヒータ等を用いて超臨界水を生成してもよい。ただし、前記のように排熱回収装置 6 0 を用いればエネルギー効率を高くすることができる。

40

【 0 1 0 0 】

また、エンジン負荷と E G R 率との関係は前記に限らない。

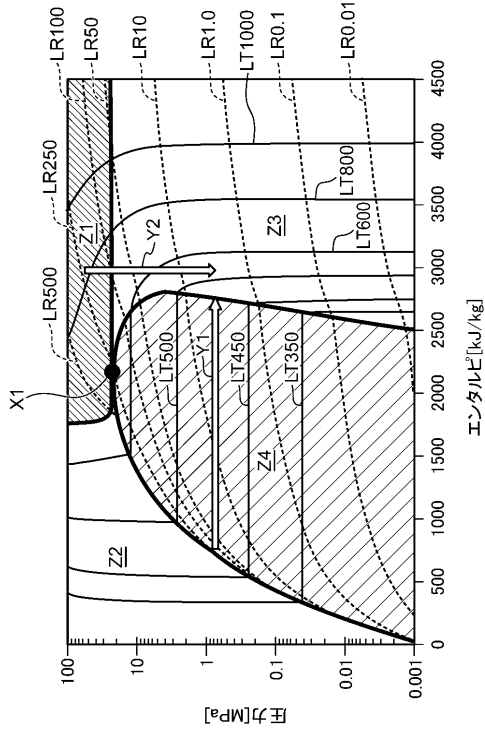
【 符号の説明 】

【 0 1 0 1 】

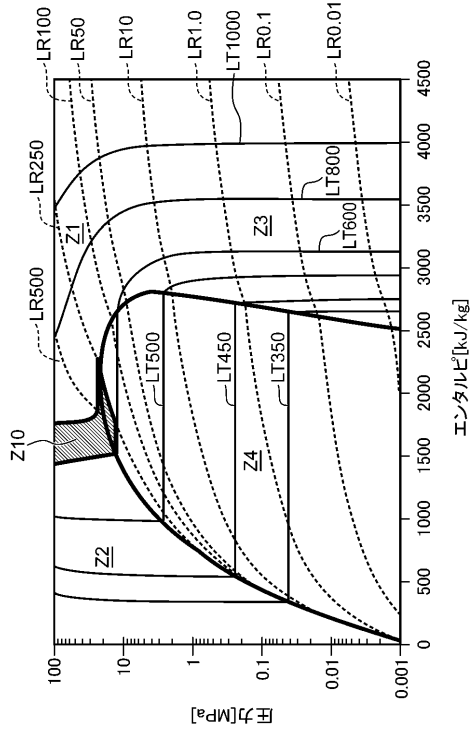
- 1 エンジン本体
- 2 気筒
- 2 1 水噴射装置

50

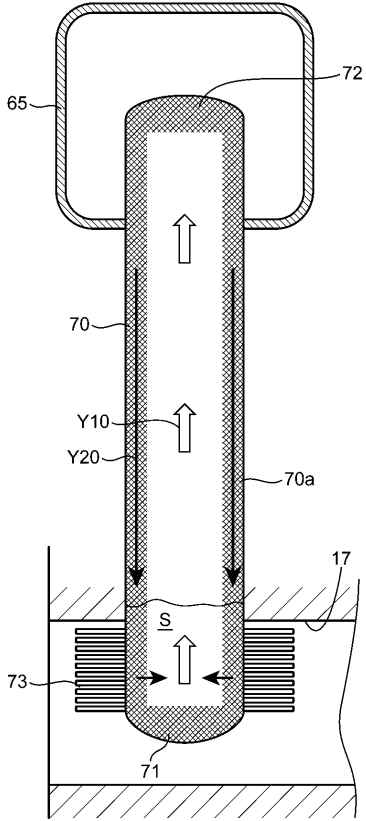
【図3】



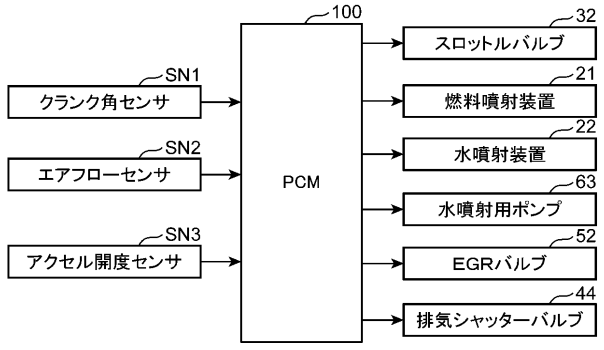
【図4】



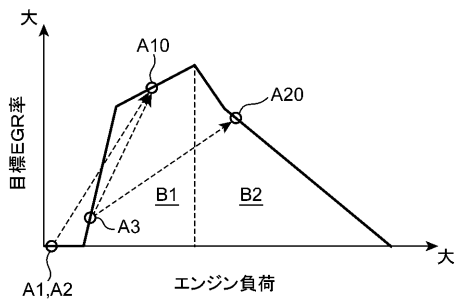
【図5】



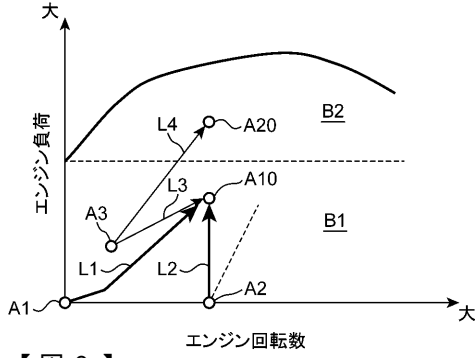
【図6】



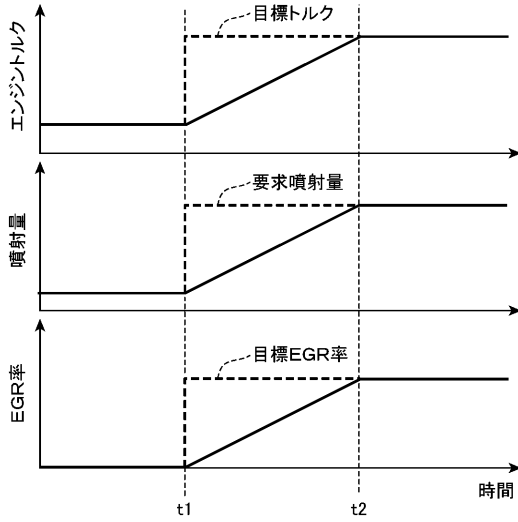
【図7】



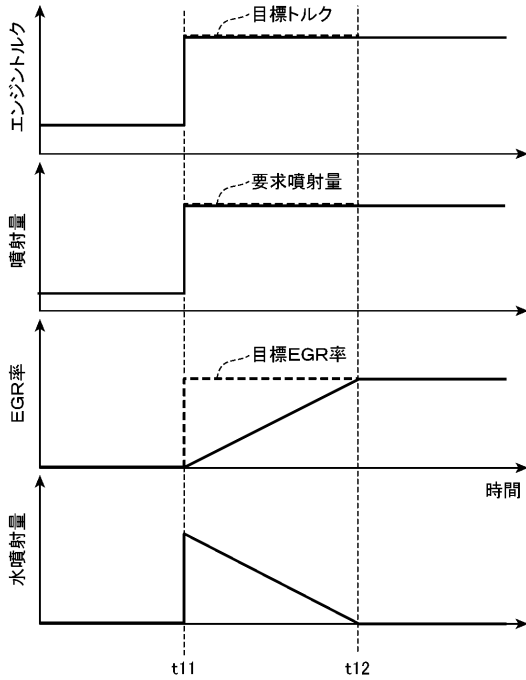
【図8】



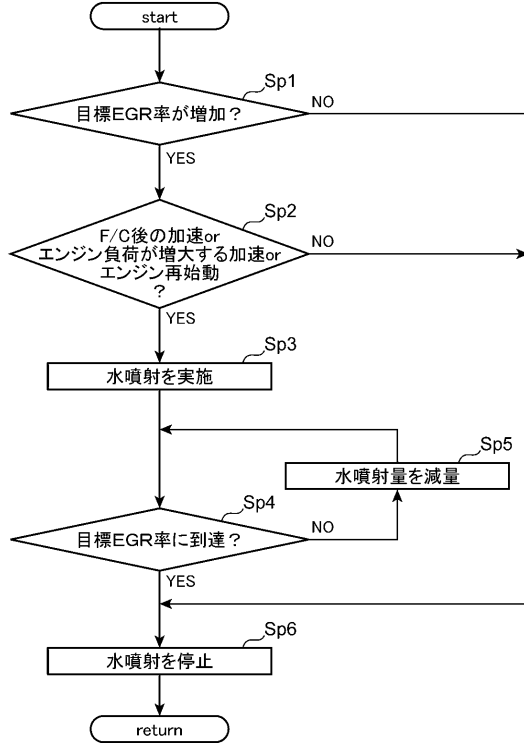
【図9】



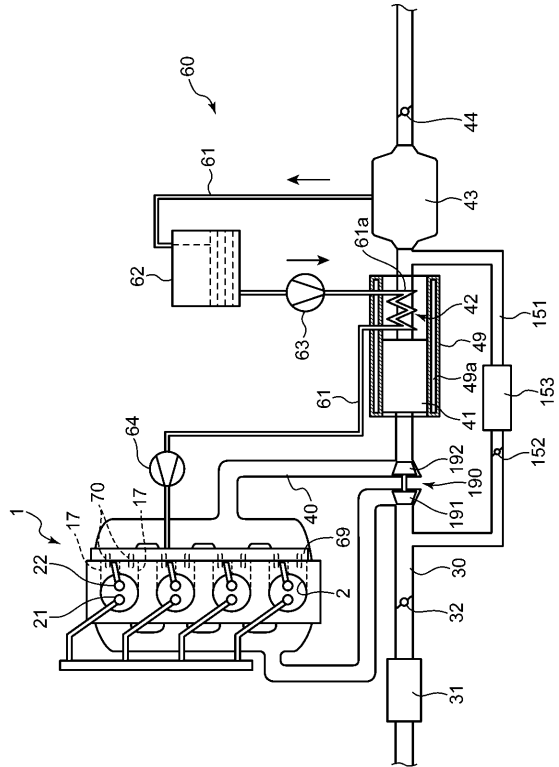
【図11】



【図10】



【図12】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
F 0 2 D 43/00 (2006.01) F 0 2 D 43/00 3 0 1 Z
F 0 2 D 43/00 3 0 1 N

審査官 山村 秀政

(56)参考文献 米国特許出願公開第2013/0218438 (US, A1)
特開2004-068776 (JP, A)
米国特許第9528475 (US, B2)
特開2009-114957 (JP, A)
特開2010-084660 (JP, A)
特開2015-094334 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F 0 2 D 1 9 / 1 2
F 0 2 B 4 7 / 0 2
F 0 2 D 2 1 / 0 8
F 0 2 D 4 3 / 0 0
F 0 2 M 2 5 / 0 2 5
F 0 2 M 2 5 / 0 3