

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号
特開2022-12227
(P2022-12227A)

(43)公開日 令和4年1月17日(2022.1.17)

(51)国際特許分類

F I

テーマコード (参考)

F 0 2 D 19/12 (2006.01)

F 0 2 D 19/12

A

3 G 0 9 2

F 0 2 M 25/025 (2006.01)

F 0 2 M 25/025

K

審査請求		未請求	請求項の数	7	O L	(全14頁)
(21)出願番号	特願2020-113903(P2020-113903)					
(22)出願日	令和2年7月1日(2020.7.1)					
(71)出願人	000003137 マツダ株式会社 広島県安芸郡府中町新地3番1号					
(74)代理人	100094569 弁理士 田中 伸一郎					
(74)代理人	100059959 弁理士 中村 稔					
(74)代理人	100067013 弁理士 大塚 文昭					
(74)代理人	100130937 弁理士 山本 泰史					
(74)代理人	100162824 弁理士 石崎 亮					
(72)発明者	永澤 健 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツ 最終頁に続く					

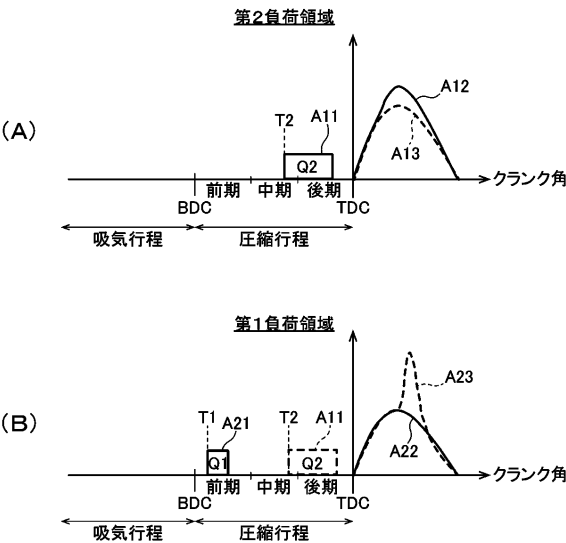
(54)【発明の名称】 エンジンシステム

(57)【要約】

【課題】 エンジン負荷が比較的高いときに水を燃焼室内に噴射することで発生する異常燃焼を抑制する。

【解決手段】 エンジンシステム100は、エンジン1と、加熱された水を燃焼室11内に噴射する水噴射装置4と、アクセル開度を検出するアクセル開度センサSN1と、圧縮行程中において水を燃焼室11内に噴射させるように水噴射装置4を制御するコントローラ10と、を有する。コントローラ10は、アクセル開度に基づき、車両に付与すべき要求トルクを取得し、要求トルクに応じたエンジン1の負荷である要求エンジン負荷を取得し、要求エンジン負荷が第1負荷領域R1内にある場合に、要求エンジン負荷が第1負荷領域R1よりも低い第2負荷領域R2内にある場合よりも、水噴射量を少なくするように水噴射装置4を制御する。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

エンジンシステムであって、
燃料と空気との混合気を燃焼させて車両の動力を発生するエンジンと、
加熱された水を前記エンジンの燃焼室内に噴射する水噴射装置と、
前記車両のアクセルペダルの操作量に対応するアクセル開度を検出するアクセル開度センサと、
前記エンジンの圧縮行程中において水を前記燃焼室内に噴射させるように前記水噴射装置を制御するよう構成された制御器と、
を有し、
前記制御器は、
前記アクセル開度センサにより検出されたアクセル開度に基づき、前記車両に付与すべき要求トルクを取得し、
前記要求トルクに応じた前記エンジンの負荷である要求エンジン負荷を取得し、
前記要求エンジン負荷が第 1 負荷領域内にある場合に、前記要求エンジン負荷が前記第 1 負荷領域よりも低い第 2 負荷領域内にある場合よりも水噴射量を少なくするように前記水噴射装置を制御するよう構成されている、
ことを特徴とするエンジンシステム。

10

【請求項 2】

前記制御器は、前記要求エンジン負荷が前記第 1 負荷領域内にある場合に、前記要求エンジン負荷が前記第 2 負荷領域内にある場合よりも水噴射時期を進角させるように前記水噴射装置を制御するよう構成されている、請求項 1 に記載のエンジンシステム。

20

【請求項 3】

前記制御器は、前記要求エンジン負荷が前記第 1 負荷領域内にある場合には、前記圧縮行程中に水を複数回噴射させるように前記水噴射装置を制御するよう構成されている、請求項 1 に記載のエンジンシステム。

【請求項 4】

前記制御器は、前記要求エンジン負荷が前記第 1 負荷領域内にある場合に水を複数回噴射させるときの少なくとも 1 回目の水噴射時期を、前記要求エンジン負荷が前記第 2 負荷領域内にある場合の水噴射時期よりも進角させるように、前記水噴射装置を制御するよう構成されている、請求項 3 に記載のエンジンシステム。

30

【請求項 5】

前記制御器は、前記要求エンジン負荷が前記第 1 負荷領域内にある場合に水を複数回噴射させるときに、前半の噴射での水噴射量を後半の噴射での水噴射量よりも多くするように、前記水噴射装置を制御するよう構成されている、請求項 3 又は 4 に記載のエンジンシステム。

【請求項 6】

前記エンジンの排気管に設けられ、前記エンジンの排気ガスの熱によって水を加熱する熱交換器を更に有し、
前記水噴射装置には、前記熱交換器によって加熱された水が供給される、
請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載のエンジンシステム。

40

【請求項 7】

エンジンシステムであって、
燃料と空気との混合気を燃焼させて車両の動力を発生するエンジンと、
加熱された水を前記エンジンの燃焼室内に噴射する水噴射装置と、
前記車両のアクセルペダルの操作量に対応するアクセル開度を検出するアクセル開度センサと、
前記エンジンの圧縮行程中において水を前記燃焼室内に噴射させるように前記水噴射装置を制御するよう構成された制御器と、
を有し、

50

前記制御器は、
前記アクセル開度センサにより検出されたアクセル開度に基づき、前記車両に付与すべき要求トルクを取得し、
前記要求トルクに応じた前記エンジンの負荷である要求エンジン負荷を取得し、
前記要求エンジン負荷が高いほど水噴射量を少なくするように前記水噴射装置を制御するよう構成されている、
ことを特徴とするエンジンシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

本発明は、エンジンの燃焼室内に水を噴射するエンジンシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

この種の技術が、例えば特許文献1に開示されている。具体的には、特許文献1には、混合気を圧縮着火させることにより燃焼させる圧縮着火エンジンにおいて、加熱した水、具体的には250℃以上且つ10Mpa以上の亜臨界水を、圧縮行程中において燃焼室内に噴射する技術が開示されている。このように水を燃焼室内に噴射することで、エミッションの改善（NOxやCOの排出量の低減）及びエンジン効率の向上を図っている。

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0003】

【特許文献1】特開2009-168039号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、本願発明者らは、エンジンが比較的高い負荷で運転しているときに燃焼室内に水を噴射すると、ブリーグニッションなどの異常燃焼が発生する可能性があることを見出した。すなわち、比較的高負荷においてはエンジンの筒内温度が高くなるが、このときに水を圧縮行程中に噴射すると、温度上昇により気化して膨張した水に起因して筒内圧が大きく上昇することで、異常燃焼が発生してしまうのである。

30

【0005】

本発明は、上述した従来技術の問題点を解決するためになされたものであり、エンジン負荷が比較的高いときに水を燃焼室内に噴射することで発生する異常燃焼を適切に抑制することができるエンジンシステムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記の目的を達成するために、本発明は、エンジンシステムであって、燃料と空気との混合気を燃焼させて車両の動力を発生するエンジンと、加熱された水をエンジンの燃焼室内に噴射する水噴射装置と、車両のアクセルペダルの操作量に対応するアクセル開度を検出するアクセル開度センサと、エンジンの圧縮行程中において水を燃焼室内に噴射させるように水噴射装置を制御するよう構成された制御器と、を有し、制御器は、アクセル開度センサにより検出されたアクセル開度に基づき、車両に付与すべき要求トルクを取得し、要求トルクに応じたエンジンの負荷である要求エンジン負荷を取得し、要求エンジン負荷が第1負荷領域内にある場合に、要求エンジン負荷が第1負荷領域よりも低い第2負荷領域内にある場合よりも水噴射量を少なくするように水噴射装置を制御するよう構成されている、ことを特徴とする。

40

【0007】

このように構成された本発明によれば、制御器は、要求エンジン負荷が第1負荷領域内にある場合に、要求エンジン負荷が第1負荷領域よりも低い第2負荷領域内にある場合よりも水噴射量を少なくするので、エンジン負荷が比較的高いときに燃焼室内に水を噴射する

50

ことで発生する異常燃焼（ブリーグニッションなど）を適切に抑制することができる。具体的には、第1負荷領域において水噴射量を少なくすることで、噴射された水がシリンダ内で温度上昇により気化して膨張する体積が減り、圧縮行程での過度の筒内圧上昇が抑えられるので、異常燃焼を抑制することができる。

【0008】

本発明において、好ましくは、制御器は、要求エンジン負荷が第1負荷領域内にある場合には、要求エンジン負荷が第2負荷領域内にある場合よりも水噴射時期を進角させるように水噴射装置を制御するよう構成されている。

このように構成された本発明によれば、第1負荷領域において圧縮行程の比較的早い時期に噴射された水は、燃焼室内のシリンダライナ付近に到達して、シリンダライナ付近に存在する混合気（所謂エンドガス）を冷却することができ、ノッキングや NO_x の発生を抑制することが可能となる。また、噴射された水が冷却に用いられるため、水の膨張に起因する筒内圧上昇による異常燃焼も抑制可能となる。

10

【0009】

本発明において、好ましくは、制御器は、要求エンジン負荷が第1負荷領域内にある場合には、圧縮行程中に水を複数回噴射させるように水噴射装置を制御するよう構成されている。

このように構成された本発明によれば、第1負荷領域において、ノッキングなどを抑制するための水噴射だけでなく、エンジン効率を向上させるための水噴射も適切に行うことが可能となる。

20

【0010】

本発明において、好ましくは、制御器は、要求エンジン負荷が第1負荷領域内にある場合に水を複数回噴射させるときの少なくとも1回目の水噴射時期を、要求エンジン負荷が第2負荷領域内にある場合の水噴射時期よりも進角させるように、水噴射装置を制御するよう構成されている。

このように構成された本発明によれば、第1負荷領域において圧縮行程の比較的早い時期に1回目の水噴射を行うことで、噴射された水が燃焼室内のシリンダライナ付近に到達して、シリンダライナ付近に存在する混合気（エンドガス）を冷却することができ、ノッキングや NO_x の発生を効果的に抑制することが可能となる。

【0011】

30

本発明において、好ましくは、制御器は、要求エンジン負荷が第1負荷領域内にある場合に水を複数回噴射させるときに、前半の噴射での水噴射量を後半の噴射での水噴射量よりも多くするように、水噴射装置を制御するよう構成されている。

このように構成された本発明によれば、第1負荷領域において圧縮行程の比較的早い時期に比較的多量の水噴射を行うことで、ノッキングなどを確実に抑制することができる。また、第1負荷領域において圧縮行程の比較的遅い時期に比較的小量の水噴射を行うことで、過度の筒内圧上昇による異常燃焼を抑制しつつ、エンジン効率を向上させることができる。

【0012】

本発明において、好ましくは、エンジンの排気管に設けられ、エンジンの排気ガスの熱によって水を加熱する熱交換器を更に有し、水噴射装置には、熱交換器によって加熱された水が供給される。

40

このように構成された本発明によれば、水噴射装置により燃焼室内に噴射する水を排気ガスの熱を利用して加熱するので、排気熱を回収して、エンジンの熱効率を向上させることができる。

【0013】

他の観点では、上記の目的を達成するために、本発明は、エンジンシステムであって、燃料と空気との混合気を燃焼させて車両の動力を発生するエンジンと、加熱された水をエンジンの燃焼室内に噴射する水噴射装置と、車両のアクセルペダルの操作量に対応するアクセル開度を検出するアクセル開度センサと、エンジンの圧縮行程中において水を燃焼室内

50

に噴射させるように水噴射装置を制御するよう構成された制御器と、を有し、制御器は、アクセル開度センサにより検出されたアクセル開度に基づき、車両に付与すべき要求トルクを取得し、要求トルクに応じたエンジンの負荷である要求エンジン負荷を取得し、要求エンジン負荷が高いほど水噴射量を少なくするように水噴射装置を制御するよう構成されている、ことを特徴とする。

このように構成された本発明によっても、要求エンジン負荷が高いほど水噴射量を少なくするので、エンジン負荷が比較的高いときに燃焼室内に水を噴射することで発生する異常燃焼を適切に抑制することができる。

【発明の効果】

【0014】

本発明のエンジンシステムによれば、エンジン負荷が比較的高いときに水を燃焼室内に噴射することで発生する異常燃焼を適切に抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の実施形態によるエンジンシステムの概略構成図である。

【図2】本発明の実施形態によるエンジンシステムの電氣的構成を示すブロック図である。

【図3】本発明の実施形態による水噴射制御の基本概念の説明図である。

【図4】本発明の実施形態によるエンジンシステムの水噴射制御を示すフローチャートである。

【図5】本発明の実施形態による水噴射制御の作用及び効果を説明するためのタイムチャートである。

【図6】本発明の他の実施形態による水噴射制御の説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、添付図面を参照して、本発明の実施形態によるエンジンシステムを説明する。

【0017】

【エンジンシステムの構成】

まず、図1及び図2を参照して、本発明の実施形態によるエンジンシステムの構成について説明する。図1は、本発明の実施形態によるエンジンシステムの概略構成図であり、図2は、本発明の実施形態によるエンジンシステムの電氣的構成を示すブロック図である。

【0018】

図1に示すように、本実施形態によるエンジンシステム100は、主に、燃料と空気との混合気を燃焼させて車両の動力を発生するエンジン1と、エンジン1内に水を噴射する水噴射装置4と、水噴射装置4に水を供給する水供給装置5と、を有する。エンジン1は、燃焼室11が吸気行程、圧縮行程、膨張行程及び排気行程を繰り返すことにより運転する4ストロークのレシプロエンジンである。エンジン1は、四輪の車両に搭載されている。エンジン1が運転することによって、車両は走行する。エンジン1の燃料は、この構成例においてはガソリンである。燃料は、少なくともガソリンを含む液体燃料であればよい。燃料は、例えばバイオエタノール等を含むガソリンであってもよい。

【0019】

エンジン1は、シリンダブロック12と、シリンダブロック12の上に載置されるシリンダヘッド13とを備えている。シリンダブロック12の内部に複数のシリンダ（気筒）14が形成されている。エンジン1は、多気筒エンジンである。図1では、一つのシリンダ14のみを示す。各シリンダ14には、ピストン3が内挿されている。ピストン3は、シリンダ14の内部を往復動する。ピストン3は、図示は省略するが、コネクティングロッドを介してクランクシャフトに連結されている。ピストン3は、シリンダ14及びシリンダヘッド13と共に燃焼室11を形成する。なお、「燃焼室」は、ピストン3の位置に関わらず、ピストン3、シリンダ14及びシリンダヘッド13によって形成される空間を意味する。

10

20

30

40

50

【0020】

シリンダヘッド13には、シリンダ14毎に、吸気ポート15が形成されている。吸気ポート15は、燃焼室11に連通している。吸気ポート15には、吸気弁21が配設されている。吸気弁21は、吸気ポート15を開閉する。吸気弁21は、カム23の回転によって開閉する。なお、吸気弁21を開閉する動弁装置は、図例では直動式である。吸気弁21の動弁装置の構成は、特定の形式に限定されない。

【0021】

また、シリンダヘッド13には、シリンダ14毎に、排気ポート16が形成されている。排気ポート16も、燃焼室11に連通している。排気ポート16には、排気弁22が配設されている。排気弁22は、排気ポート16を開閉する。排気弁22は、カム24の回転によって開閉する。なお、排気弁22を開閉する動弁装置は、図例では直動式である。排気弁22の動弁装置の構成は、特定の形式に限定されない。

10

【0022】

エンジン1の一侧部（図1における左側部）には吸気管61が接続されている。吸気管61は、吸気ポート15に連通している。燃焼室11に導入するガスは、吸気管61の中を流れる。図示は省略するが、吸気管61にはスロットル弁が配設されている。エンジン1の他側部（図1における右側部）には排気管62が接続されている。排気管62は、排気ポート16に連通している。燃焼室11から排出された排気ガスは、排気管62の中を流れる。排気管62には、触媒コンバーター63が配設されている。触媒コンバーター63は、例えば三元触媒を有している。触媒コンバーター63は、排気ガスを清浄化する。

20

【0023】

シリンダヘッド13には、シリンダ14毎に、インジェクタ64が取り付けられている。インジェクタ64は、吸気ポート15に配設されている。インジェクタ64は、吸気ポート15内へ燃料を噴射する。詳細な図示は省略するが、インジェクタ64は、例えば複数の噴口を有する多噴口型の燃料噴射弁である。なお、図1に示すインジェクタ64の取り付け位置は、一例である。インジェクタ64は、吸気ポート15に配設する代わりに、燃焼室11に配設してもよい。つまり、インジェクタ64は、燃料を燃焼室11内に直接噴射してもよい。

【0024】

また、シリンダヘッド13には、図1では説明の便宜上図示を省略しているが、点火プラグ65（図2参照）が取り付けられている。点火プラグ65は、シリンダ14毎に取り付けられている。また、点火プラグ65は、燃焼室11の天井部に取り付けられている。点火プラグ65が混合気に強制的に点火をすると、混合気が火炎伝播によるSI（Spark Ignition）燃焼を行う。なお、エンジン1は、SI燃焼の発熱によって燃焼室11内の温度が高くなること、及び／又は、火炎伝播により燃焼室11の中の圧力が高くなることによって、未燃混合気が自己着火によるCI（Compression Ignition）燃焼をするものであってもよい。すなわち、エンジン1は、混合気の少なくとも一部が圧縮着火により燃焼する圧縮着火ガソリンエンジンであってもよい。

30

【0025】

他方で、水供給装置5は、水を加熱して、加熱された水（以下では適宜「加熱水」と呼ぶ。）を水噴射装置4に供給し、水噴射装置4は、水噴射装置4から供給された加熱水をエンジン1の燃焼室11内に噴射する。このエンジン1は、燃焼室11内に加熱水を噴射することによって作動ガスを増加させ、エンジン1のピストン仕事の増加を図る。また、このエンジン1は、燃焼室11内に加熱水を噴射することにより燃焼室11内を冷却して、異常燃焼の抑制やエミッションの改善（NOxやCOの排出量の低減）を図る。

40

【0026】

水噴射装置4は、シリンダヘッド13に取り付けられている。水噴射装置4は、シリンダ14毎に取り付けられている。水噴射装置4は、燃焼室11の天井部に取り付けられている。水噴射装置4は、エンジン1の吸気側と排気側とのほぼ中間位置に配置されている。また、水噴射装置4は、点火プラグ65から離して配置される。

50

【0027】

水供給装置5は、水噴射装置4に接続されている。水供給装置5は、排気ガス中の水を凝縮し、その凝縮水を水噴射装置4に供給する。水供給装置5は、凝縮器51と、水タンク52と、水ポンプ53と、熱交換器54と、を有している。凝縮器51は、排気管62から取り出した排気ガス中の水を凝縮する。凝縮器51は、取出管55に接続されている。取出管55は、排気管62と凝縮器51とをつないでいる。水タンク52は、凝縮器51が凝縮した水を溜める。水タンク52は、第1供給管56を通じて水噴射装置4に接続されている。水ポンプ53及び熱交換器54は、第1供給管56の途中に介設している。水ポンプ53は、水タンク52内の水を吸い込んで、熱交換器54へ吐き出す。熱交換器54は、排気管62に取り付けられている。熱交換器54は、排気ガスと水との間で熱交換を行う。水は、エンジン1の排気ガスの熱によって加熱される。水ポンプ53が加圧し且つ熱交換器54が加熱した高温高压の水が、水噴射装置4に送られる。好適な例では、水噴射装置4には、100℃以上且つ3Mpa以上の加熱水が送られる。より好適な例では、水噴射装置4には、250℃以上且つ10Mpa以上の加熱水（亜臨界水に相当する）が送られる。

10

【0028】

また、エンジンシステム100は、図2に示すように、コントローラ10を有する。コントローラ10は、回路により構成されており、周知のマイクロコンピュータをベースとする制御器である。コントローラ10は、プログラムを実行する中央演算処理装置（Central Processing Unit：CPU）としての1以上のマイクロプロセッサ10aと、例えばRAM（Random Access Memory）やROM（Read Only Memory）により構成されてプログラム及びデータを格納するメモリ10bと、電気信号の入出力をする入出力バス等を備えている。例えば、コントローラ10は、ECU（Electronic Control Unit）などにより構成される。

20

【0029】

コントローラ10には、各種のセンサが接続されている。具体的には、コントローラ10には、主に、アクセル開度センサSN1及びクランク角センサSN2が接続されている。アクセル開度センサSN1は、アクセルペダル機構（図示省略）に取り付けられ、アクセルペダルの操作量に対応したアクセル開度を検出する。クランク角センサSN2は、エンジン1に取り付けられ、クランクシャフトの回転角を検出する。これらのセンサSN1、SN2は、検出値に対応する検出信号をコントローラ10に出力する。

30

【0030】

コントローラ10は、アクセル開度センサSN1及びクランク角センサSN2の検出信号に基づいて、エンジン1の運転状態を判断すると共に、予め定められている制御ロジックに従って、各デバイスの制御量を演算する。制御ロジックは、メモリ102に記憶されている。制御ロジックは、メモリ102に記憶しているマップを用いて、目標量及び／又は制御量を演算することを含む。コントローラ10は、演算をした制御量に係る制御信号を、水噴射装置4やインジェクタ64や点火プラグ65などに出力する。特に、本実施形態では、コントローラ10は、エンジン1の圧縮行程中において加熱水を燃焼室11内に噴射させるように水噴射装置4を制御する。また、コントローラ10は、エンジン負荷に応じて水噴射装置4の水噴射量や水噴射時期を制御する。

40

【0031】

[水噴射制御]

次に、本発明の実施形態においてコントローラ10が行う水噴射制御について説明する。まず、図3を参照して、本発明の実施形態による水噴射制御の基本概念について説明する。図3は、横軸にエンジン回転数を示し、縦軸にエンジン負荷を示している。図3において、符号R1はエンジン負荷が比較的高い第1負荷領域を示し、符号R2はエンジン負荷が比較的低い第2負荷領域を示している。

【0032】

本実施形態では、コントローラ10は、まず、アクセル開度センサSN1により検出され

50

たアクセル開度に基づき、車両に付与すべき要求トルクを取得し、この要求トルクに応じたエンジン１の負荷である要求エンジン負荷を取得する。そして、コントローラ１０は、要求エンジン負荷が第１負荷領域Ｒ１内にある場合に、要求エンジン負荷が第１負荷領域Ｒ１よりも低い第２負荷領域Ｒ２内にある場合よりも水噴射量を少なくするように水噴射装置４を制御する。こうすることで、要求エンジン負荷が比較的高いときに水を燃焼室１１内に噴射することで発生する異常燃焼（プリイグニッションなど）を抑制するようにする。すなわち、第１負荷領域Ｒ１においては、噴射された加熱水がシリンダ１４内で温度上昇により気化して膨張する体積を減らし、圧縮行程での過度の筒内圧上昇を抑えることで、異常燃焼を抑制するようにする。

【００３３】

ここで、第１負荷領域Ｒ１及び第２負荷領域Ｒ２のそれぞれの領域は、図３に示す所定値Ｌ１により規定される。この所定値Ｌ１は、エンジン負荷が当該値以上になると、水噴射装置４から噴射された加熱水により異常燃焼が発生し易くなるような値により規定される。この観点から、第１負荷領域Ｒ１では、燃焼室１１内においてシリンダライナ付近に存在する混合気（所謂エンドガス）を噴射した加熱水により冷却して、このエンドガスに起因するノッキングを抑制することを主目的として、水噴射装置４から燃焼室１１内に加熱水を噴射している。これに対して、第２負荷領域Ｒ２では、燃焼室１１内に噴射した水の気化による膨張仕事によってエンジン効率を向上させることを主目的として、水噴射装置４から燃焼室１１内に加熱水を噴射している。

【００３４】

更に、本実施形態では、コントローラ１０は、要求エンジン負荷が第１負荷領域Ｒ１内にある場合に、要求エンジン負荷が第２負荷領域Ｒ２内にある場合よりも水噴射時期を進角させるように水噴射装置４を制御する。すなわち、コントローラ１０は、第１負荷領域Ｒ１では第２負荷領域Ｒ２よりも水噴射装置４からの水噴射を開始する時期を早める。典型的には、コントローラ１０は、第１負荷領域Ｒ１では、圧縮行程の前期における所定期間において加熱水を噴射させる一方で、第２負荷領域Ｒ２では、圧縮行程の後期における所定期間又は中期から後期にわたる所定期間において加熱水を噴射させる。なお、圧縮行程の前期、中期及び後期は、圧縮行程を３等分した３つの期間にそれぞれ対応する。

【００３５】

上記のように第１負荷領域Ｒ１において圧縮行程の比較的早い時期に噴射された加熱水は、燃焼室１１内のシリンダライナ付近に適切に到達するため、シリンダライナ付近に存在する混合気（エンドガス）を冷却して、ノッキングやＮＯ_xの発生を抑制できるようになる。また、噴射された加熱水が冷却に用いられるため、加熱水の膨張に起因する筒内圧上昇による異常燃焼も抑制できるようになる。

【００３６】

次に、図４を参照して、本発明の実施形態による水噴射制御での具体的な処理の流れについて説明する。図４は、本発明の実施形態によるエンジンシステムの水噴射制御を示すフローチャートである。このフローは、コントローラ１０内のマイクロプロセッサ１０ａによって、メモリ１０ｂに記憶されたプログラムに基づき、所定の周期で繰り返し実行される。

【００３７】

まず、ステップＳ１１において、コントローラ１０は、アクセル開度センサＳＮ１により検出されたアクセル開度を取得する。そして、ステップＳ１２において、コントローラ１０は、ステップＳ１１で取得されたアクセル開度に基づき、ドライバの要求トルクを取得する。例えば、コントローラ１０は、アクセル開度に応じて適用すべき要求トルクが規定されたマップ（１つの例では種々の車速及びギヤ段ごとに用意される）を参照して、現在のアクセル開度に対応する要求トルクを決定する。そして、ステップＳ１３において、コントローラ１０は、ステップＳ１２で取得された要求トルクを実現するためのエンジン１の負荷である要求エンジン負荷を取得する。コントローラ１０は、トルクと負荷とが対応付けられたマップを参照するか、又はトルクを負荷に変換するための所定の演算を行うこ

10

20

30

40

50

とで、要求エンジン負荷を取得する。

【0038】

次いで、ステップS14において、コントローラ10は、ステップS13で取得された要求エンジン負荷が第1負荷領域R1内にないかを判定する。その結果、要求エンジン負荷が第1負荷領域R1内にない場合（ステップS14：Yes）、つまり要求エンジン負荷が第2負荷領域R2内にある場合、コントローラ10は、ステップS15に進む。

【0039】

ステップS15において、コントローラ10は、第2負荷領域R2用の水噴射量Q2を設定する。この水噴射量Q2は、第2負荷領域R2において、燃焼室11内に噴射した加熱水の気化による膨張仕事によってエンジン効率を向上させる観点から事前に規定される。なお、第2負荷領域R2において、一定の水噴射量Q2を用いることに限定はされず、エンジン負荷に応じて水噴射量Q2を変化させてもよい、具体的にはエンジン負荷が高くなるほど水噴射量Q2を小さくしてもよい。

10

【0040】

次いで、ステップS16において、コントローラ10は、第2負荷領域R2用の水噴射時期T2（第2負荷領域R2において水噴射装置4からの水噴射を開始するタイミングに相当する）を設定する。この水噴射時期T2も、第2負荷領域R2において、燃焼室11内に噴射した加熱水の気化による膨張仕事によってエンジン効率を向上させる観点から事前に規定される。典型的には、水噴射時期T2には、圧縮行程の中期又は後期における所定タイミングが適用される。なお、第2負荷領域R2において、一定の水噴射時期T2を用いることに限定はされず、エンジン負荷に応じて水噴射時期T2を変化させてもよい、具体的にはエンジン負荷が高くなるほど水噴射時期T2を進角させてもよい。

20

【0041】

次いで、ステップS19において、コントローラ10は、ステップS15、S16でそれぞれ設定された水噴射量Q2及び水噴射時期T2に基づき、水噴射装置4から加熱水を噴射させる制御を行う。つまり、コントローラ10は、圧縮行程中の水噴射時期T2から水噴射が開始され且つ水噴射量Q2が噴射されるように、水噴射装置4に対して制御信号を出力する。

【0042】

他方で、要求エンジン負荷が第1負荷領域R1内にある場合（ステップS14：No）、コントローラ10は、ステップS17に進む。ステップS17において、コントローラ10は、上記した第2負荷領域R2用の水噴射量Q2よりも少ない、第1負荷領域R1用の水噴射量Q1を設定する。この水噴射量Q1は、第1負荷領域R1において、燃焼室11内に噴射した加熱水によりシリンダライナ付近に存在する混合気（エンドガス）を冷却してノッキングやNOxを抑制する観点から事前に規定される。なお、第1負荷領域R1において、一定の水噴射量Q1を用いることに限定はされず、エンジン負荷に応じて水噴射量Q1を変化させてもよい、具体的にはエンジン負荷が高くなるほど水噴射量Q1を小さくしてもよい。この場合、第1負荷領域R1で適用される水噴射量Q1と上記の第2負荷領域R2で適用される水噴射量Q2とのエンジン負荷に応じた変化を連続させるのがよい、つまり第1負荷領域R1及び第2負荷領域R2の2つの領域にわたって水噴射量をエンジン負荷に応じて連続的に変化させるのがよい。

30

40

【0043】

次いで、ステップS18において、コントローラ10は、上記した第2負荷領域R2用の水噴射時期T2よりも進角した、第1負荷領域R1用の水噴射時期T1（第1負荷領域R1において水噴射装置4からの水噴射を開始するタイミングに相当する）を設定する。この水噴射時期T1も、第1負荷領域R1において、燃焼室11内に噴射した加熱水によりシリンダライナ付近に存在する混合気（エンドガス）を冷却してノッキングやNOxを抑制する観点から事前に規定される。典型的には、水噴射時期T1には、圧縮行程の前期における所定タイミングが適用される。なお、第2負荷領域R2において、一定の水噴射時期T2を用いることに限定はされず、エンジン負荷に応じて水噴射時期T2を変化させて

50

もよい、具体的にはエンジン負荷が高くなるほど水噴射時期 T 2 を進角させてもよい。

【0044】

次いで、ステップ S 1 9 において、コントローラ 1 0 は、ステップ S 1 7、S 1 8 でそれぞれ設定された水噴射量 Q 1 及び水噴射時期 T 1 に基づき、水噴射装置 4 から加熱水を噴射させる制御を行う。つまり、コントローラ 1 0 は、圧縮行程中の水噴射時期 T 1 から水噴射が開始され且つ水噴射量 Q 1 が噴射されるように、水噴射装置 4 に対して制御信号を出力する。

【0045】

〔作用及び効果〕

次に、図 5 を参照して、本発明の実施形態による水噴射制御の作用及び効果について説明する。図 5 (A) は、本実施形態による第 2 負荷領域 R 2 での水噴射制御を示すタイムチャートであり、図 5 (B) は、本実施形態による第 1 負荷領域 R 1 での水噴射制御を示すタイムチャートである。図 5 (A) 及び (B) は、横軸にクランク角を示し、また、クランク角が圧縮上死点 (TDC) の前では水噴射を模式的に示し、クランク角が圧縮上死点 (TDC) の後ではエンジン 1 の筒内圧の変化を模式的に示している。

【0046】

図 5 (A) に示すように、本実施形態では、コントローラ 1 0 は、要求エンジン負荷が第 2 負荷領域 R 2 内にある場合には、圧縮行程の中期における水噴射時期 T 2 から水噴射が開始され且つ比較的多い水噴射量 Q 2 が噴射されるように (符号 A 1 1 参照)、水噴射装置 4 を制御する。ここで、図 5 (A) において、符号 A 1 2 は、第 2 負荷領域 R 2 において上記のような水噴射制御を行った場合の、エンジン 1 での混合気の燃焼による筒内圧の変化を示しており、符号 A 1 3 は、水噴射制御を行わなかった場合の、エンジン 1 での混合気の燃焼による筒内圧の変化を示している。なお、吸気行程でインジェクタ 6 4 が燃料を噴射し、TDC 付近で点火プラグ 6 5 が点火することで、燃焼室 1 1 内の混合気が燃焼される (以下同様とする)。図 5 (A) の符号 A 1 2、A 1 3 より、水噴射制御を行った場合には、水噴射制御を行わなかった場合よりも、筒内圧が大きく上昇していることがわかる。すなわち、圧縮行程中に加熱水を燃焼室 1 1 内に噴射すると、この加熱水の気化による膨張仕事によって、エンジン 1 のトルクが増加し、エンジン効率が向上するのである。

【0047】

一方で、図 5 (B) に示すように、本実施形態では、コントローラ 1 0 は、要求エンジン負荷が第 1 負荷領域 R 1 内にある場合には、圧縮行程の前期における水噴射時期 T 1 (< T 2) から水噴射が開始され且つ比較的小さい水噴射量 Q 1 (< Q 2) が噴射されるように (符号 A 2 1 参照)、水噴射装置 4 を制御する。ここで、図 5 (B) において、符号 A 2 2 は、第 1 負荷領域 R 1 において上記のような水噴射制御を行った場合の、エンジン 1 での混合気の燃焼による筒内圧の変化を示しており、符号 A 2 3 は、第 1 負荷領域 R 1 において第 2 負荷領域 R 2 と同様の水噴射制御、つまり圧縮行程の中期における水噴射時期 T 2 から比較的多い水噴射量 Q 2 を噴射した場合の (符号 A 1 1 参照)、エンジン 1 での混合気の燃焼による筒内圧の変化を示している。これより、第 2 負荷領域 R 2 と同様の水噴射制御を行った場合には、筒内圧が一時的 (突発的) に大きく上昇しているが、第 1 負荷領域 R 1 用の水噴射制御を行った場合には、筒内圧が全体的に滑らかに変化していることがわかる。すなわち、比較的多い水噴射量 Q 2 を圧縮行程における遅い時期に噴射すると、異常燃焼 (プリイグニッションなど) が発生するが、比較的小さい水噴射量 Q 1 を圧縮行程における早い時期に噴射すると、このような異常燃焼の発生が抑制されるのである。

【0048】

以上述べたように、本実施形態によれば、コントローラ 1 0 は、要求エンジン負荷が第 1 負荷領域 R 1 内にある場合に、要求エンジン負荷が第 2 負荷領域 R 2 内にある場合よりも水噴射量を少なくするので、エンジン負荷が比較的高いときに燃焼室 1 1 内に加熱水を噴射することで発生する異常燃焼を適切に抑制することができる。具体的には、第 1 負荷領

域 R 1 において水噴射量を少なくすることで、噴射された加熱水がシリンダ 1 4 内で温度上昇により気化して膨張する体積が減り、圧縮行程での過度の筒内圧上昇が抑えられるので、異常燃焼を抑制することができる。

【0049】

また、本実施形態によれば、コントローラ 10 は、要求エンジン負荷が第 1 負荷領域 R 1 内にある場合に、要求エンジン負荷が第 2 負荷領域 R 2 内にある場合よりも水噴射時期を進角させる。こうして第 1 負荷領域 R 1 において圧縮行程の比較的早い時期に噴射された加熱水は、燃焼室 1 1 内のシリンダライナ付近に到達して、シリンダライナ付近に存在する混合気（エンドガス）を冷却することができ、ノッキングや NOx の発生を抑制することが可能となる。また、噴射された加熱水が冷却に用いられるため、加熱水の膨張に起因する筒内圧上昇による異常燃焼も抑制可能となる。

10

【0050】

〔他の実施形態〕

次に、上述した実施形態を変形した他の実施形態について説明する。上述した実施形態では、第 1 負荷領域 R 1 において圧縮行程中に 1 回のみ水噴射を行っていたが、他の実施形態では、第 1 負荷領域 R 1 において複数回水噴射を行ってもよい。代表的な例では、第 1 負荷領域 R 1 において 2 回水噴射を行ってもよい。

【0051】

図 6 を参照して、本発明の他の実施形態による水噴射制御について説明する。図 6 は、横軸にクランク角を示し、また、クランク角が圧縮上死点（TDC）の前では水噴射を模式的に示し、クランク角が圧縮上死点（TDC）の後ではエンジン 1 の筒内圧の変化を模式的に示している。

20

【0052】

図 6 に示すように、他の実施形態では、コントローラ 10 は、要求エンジン負荷が第 1 負荷領域 R 1 内にある場合に、圧縮行程中に加熱水を 2 回噴射させるように水噴射装置 4 を制御する。具体的には、コントローラ 10 は、1 回目の水噴射として、圧縮行程の前期における水噴射時期 T 1 1 から水噴射量 Q 1 1 を噴射するように（符号 A 3 1 参照）、水噴射装置 4 を制御すると共に、2 回目の水噴射として、圧縮行程の後期における水噴射時期 T 1 2 から水噴射量 Q 1 2 を噴射するように（符号 A 3 2 参照）、水噴射装置 4 を制御する。この場合、1 回目の水噴射時期 T 1 1 は、上記した第 2 負荷領域 R 2 の水噴射において適用される水噴射時期 T 2 （図 5 参照）よりも進角しており、また、1 回目の水噴射量 Q 1 1 は、2 回目の水噴射量 Q 1 2 よりも多い。

30

【0053】

このような他の実施形態によれば、第 1 負荷領域 R 1 において圧縮行程の比較的早い時期に 1 回目の水噴射を行うことで（符号 A 3 1 参照）、噴射された水が燃焼室 1 1 内のシリンダライナ付近に到達して、シリンダライナ付近に存在する混合気（エンドガス）を冷却することができ、ノッキングや NOx の発生を抑制することが可能となる。また、噴射された加熱水が冷却に用いられるため、加熱水の膨張に起因する筒内圧上昇による異常燃焼も抑制可能となる。

【0054】

40

更に、他の実施形態によれば、第 1 負荷領域 R 1 において圧縮行程の比較的遅い時期に 2 回目の水噴射を行うことで（符号 A 3 2 参照）、燃焼室 1 1 内に噴射した水の気化による膨張仕事によってエンジン効率を向上させることができる。特に、他の実施形態によれば、2 回目の水噴射において比較的少量の水を噴射するので、過度の筒内圧上昇による異常燃焼を抑制しつつ、このようなエンジン効率の向上を実現できる（符号 A 3 3 参照）。

【0055】

なお、更に他の実施形態では、第 1 負荷領域 R 1 において 3 回以上水噴射を行ってもよい。この場合、3 回以上行う水噴射のうちの少なくとも 1 回目の水噴射時期を、第 2 負荷領域 R 2 での水噴射時期 T 2 2 よりも進角させればよい。また、3 回以上水噴射を行うときに、前半の水噴射での噴射量を後半の水噴射での噴射量よりも多くすればよい。なお、前

50

半の水噴射は、ノッキングなどを抑制する目的で、第２負荷領域 R 2 で適用される水噴射時期 T 2 2 よりも早い時期に行われる水噴射を指す。また、後半の水噴射は、エンジン効率を向上させる目的で、前半の水噴射の後に行われる水噴射、例えば第２負荷領域 R 2 で適用される水噴射時期 T 2 2 と同時期に行われる水噴射を指す。

【符号の説明】

【 0 0 5 6 】

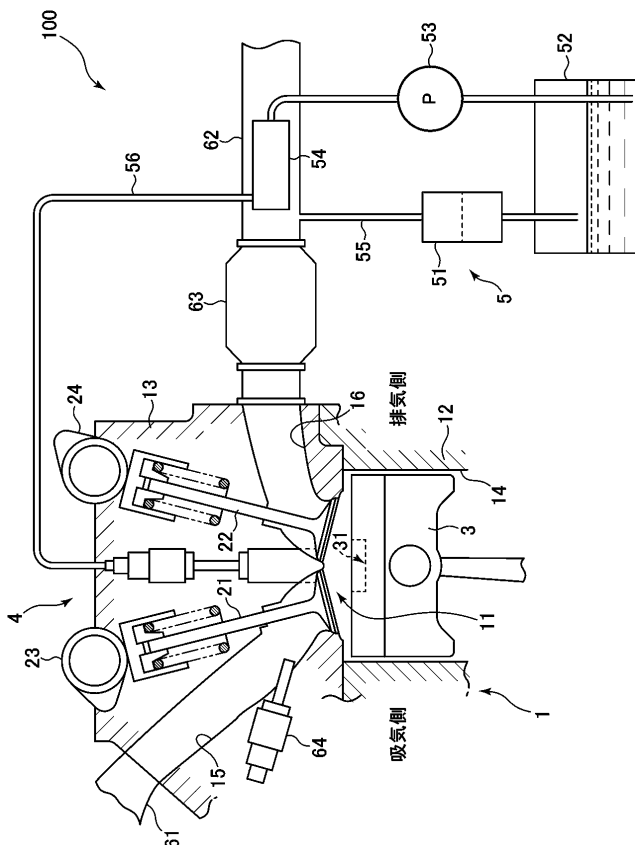
- 1 エンジン
- 3 ピストン
- 4 水噴射装置
- 5 水供給装置
- 10 コントローラ
- 11 燃焼室
- 14 シリンダ
- 51 凝縮器
- 52 水タンク
- 53 水ポンプ
- 54 熱交換器
- 62 排気管
- 64 インジェクタ
- 65 点火プラグ
- 100 エンジンシステム
- SN1 アクセル開度センサ

10

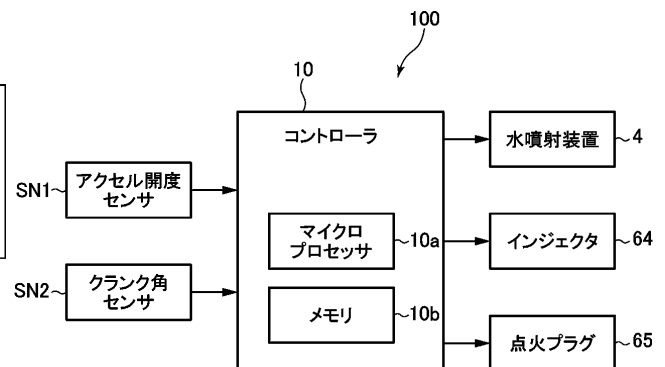
20

【図面】

【図 1】



【図 2】

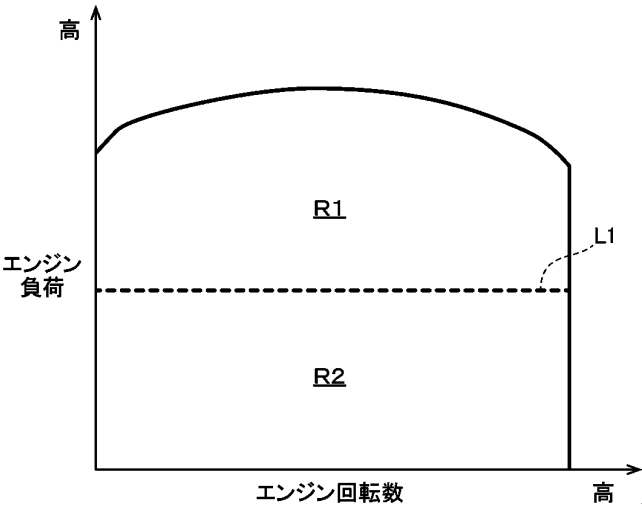


30

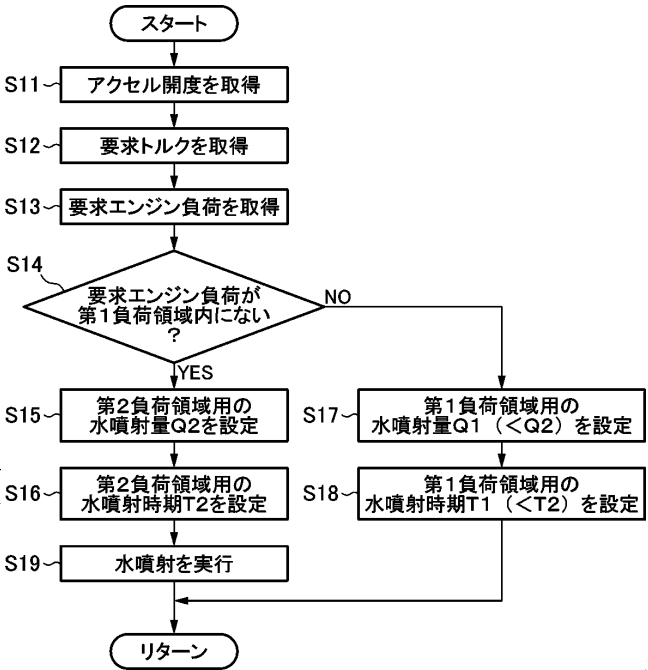
40

50

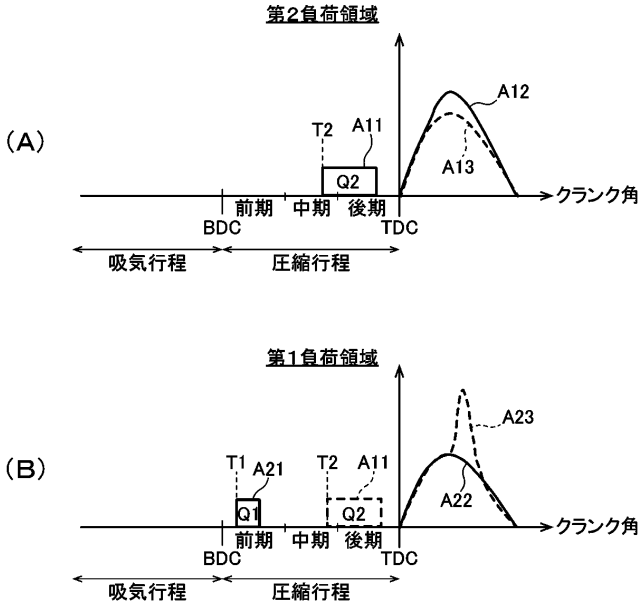
【図 3】



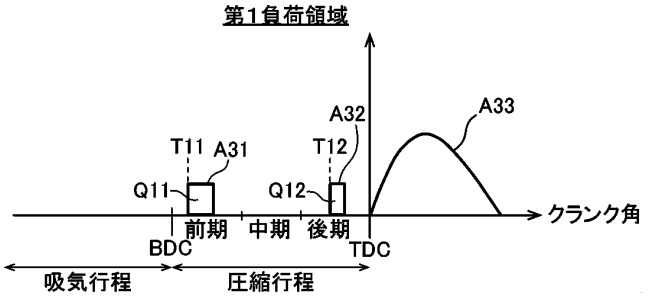
【図 4】



【図 5】



【図 6】



(B)

フロントページの続き

ダ株式会社内

(72)発明者 清末 涼

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

Fターム(参考) 3G092 AB17 EA01 EA02 EA03 FA16 HE03Z HF08Z