

(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2010-96060

(P2010-96060A)

(43) 公開日 平成22年4月30日(2010.4.30)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
F O 2 D 45/00 (2006.01)	F O 2 D 45/00 3 4 5 B	3 G O 2 2
F O 2 D 43/00 (2006.01)	F O 2 D 43/00 3 O 1 N	3 G 3 8 4
F O 2 P 5/152 (2006.01)	F O 2 D 43/00 3 O 1 S	
F O 2 P 5/153 (2006.01)	F O 2 D 43/00 3 O 1 B	
	F O 2 D 43/00 3 O 1 Z	
審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 21 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2008-266489 (P2008-266489)
 (22) 出願日 平成20年10月15日 (2008.10.15)

(71) 出願人 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 100106622
 弁理士 和久田 純一
 (74) 代理人 100085006
 弁理士 世良 和信
 (74) 代理人 100089244
 弁理士 遠山 勉
 (74) 代理人 100123319
 弁理士 関根 武彦
 (74) 代理人 100131532
 弁理士 坂井 浩一郎

最終頁に続く

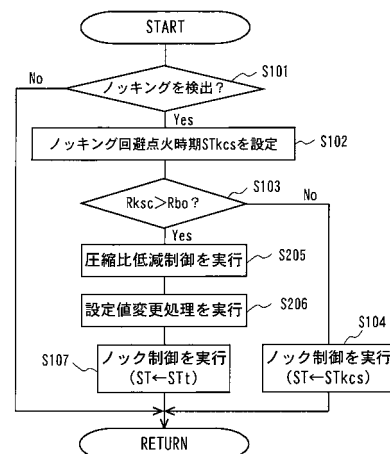
(54) 【発明の名称】 内燃機関の点火時期制御装置

(57) 【要約】

【課題】 E G R 装置を備えた内燃機関の点火時期制御装置において、内燃機関のノッキングの回避と失火の抑制とを好適に両立させることの可能な技術を提供する。

【解決手段】 ノッキングの検出時における E G R 率 (ノック E G R 率 R_{kcs}) が境界 E G R 率 R_{bo} を超えている場合に、ノック回避点火時期 ST_{kcs} が内燃機関の失火しない遅角側の限界点火時期である失火限界点火時期 ST_{mf} よりも遅角側に設定されると判別し、吸気側 V V T に圧縮比を低減させる圧縮比低減制御をノック制御に先行して実行することによって遅角要求量 CO_{lag} を低減させる (S 2 0 5)。圧縮比低減制御が実行された場合に、圧縮比の低減により遅角要求量 CO_{lag} が減少する分だけノック制御に係るノック回避点火時期 ST_{kcs} を進角側に変更させる (S 2 0 6)。

【選択図】 図 7



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

内燃機関の混合気に点火する点火装置と、

前記内燃機関の排気通路に排出された排気の一部を吸気通路に再循環させる E G R 装置と、

前記内燃機関の圧縮比を変更可能な圧縮比変更手段と、

前記内燃機関の点火時期を、運転状態に応じた基本点火時期に対して E G R 率が高いほど大きな進角補正量をもって進角させた点火時期に制御する点火時期制御手段と、

前記内燃機関のノッキングを検出するノック検出手段と、

前記ノック検出手段によってノッキングが検出された場合に、前記内燃機関の点火時期を、現在の点火時期からノッキングの回避に要求される遅角要求量だけ遅角させた時期として設定される所定のノック回避点火時期まで遅角させるノック制御を実行するノック制御手段と、

ノッキングの検出時における E G R 率が所定の境界 E G R 率を超えている場合に、前記ノック回避点火時期が前記内燃機関の失火しない遅角側の限界点火時期である所定の失火限界点火時期よりも遅角側に設定されると判別し、前記圧縮比変更手段に圧縮比を低減させる圧縮比低減制御を前記ノック制御に先行して実行することによって前記遅角要求量を低減させる先行制御手段と、

前記圧縮比低減制御が実行された場合に、圧縮比の低減により前記遅角要求量が減少する分だけ前記ノック制御に係る前記ノック回避点火時期を進角側に変更させる設定変更手段と、

を備え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】

内燃機関の混合気に点火する点火装置と、

前記内燃機関の排気通路に排出された排気の一部を吸気通路に再循環させる E G R 装置と、

前記内燃機関の点火時期を、運転状態に応じた基本点火時期に対して E G R 率が高いほど大きな進角補正量をもって進角させた点火時期に制御する点火時期制御手段と、

前記内燃機関のノッキングを検出するノック検出手段と、

前記ノック検出手段によってノッキングが検出された場合に、前記内燃機関の点火時期を、現在の点火時期からノッキングの回避に要求される遅角要求量だけ遅角させた時期として設定される所定のノック回避点火時期まで遅角させるノック制御を実行するノック制御手段と、

ノッキングの検出時における E G R 率が所定の境界 E G R 率を超えている場合に、前記ノック回避点火時期が前記内燃機関の失火しない遅角側の限界点火時期である所定の失火限界点火時期よりも遅角側に設定されると判別し、前記 E G R 装置に E G R 率を低減させる E G R 率低減制御を前記ノック制御に先行して実行することによって前記失火限界点火時期を遅角側に移行させる先行制御手段と、

前記 E G R 率低減制御が実行された場合に、E G R 率の低減により前記進角補正量が減少する分だけ前記ノック制御に係る前記ノック回避点火時期の設定値を遅角側に変更する設定変更手段と、

を備え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 3】

前記先行制御手段は、前記設定変更手段による変更後のノック回避点火時期と E G R 率の低減後における失火限界点火時期とが一致するように E G R 率の低減量を調節することとを特徴とする請求項 2 に記載の内燃機関の点火時期制御装置。

【請求項 4】

前記内燃機関の圧縮比を変更可能な圧縮比変更手段を更に備え、

前記先行制御手段は、前記 E G R 率低減制御と併せて、前記圧縮比変更手段に圧縮比を低減させる圧縮比低減制御を実行することによって前記遅角要求量を低減させ、

10

20

30

40

50

前記設定変更手段は、前記ノック回避点火時期を、EGR率の低減によって前記進角補正量が低減する分だけ遅角側に変更させ、且つ、圧縮比の低減によって前記遅角要求量が低減する分だけ進角側に変更させることを特徴とする請求項2に記載の内燃機関の点火時期制御装置。

【請求項5】

前記圧縮比変更手段は、前記内燃機関の吸気弁の閉弁時期を変更可能な可変動弁装置を有し、

前記先行制御手段は、前記圧縮比低減制御に際して、前記可変動弁装置に吸気弁の閉弁時期を変更させることによって前記内燃機関の有効圧縮比を低減させることを特徴とする請求項1又は4に記載の内燃機関の点火時期制御装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内燃機関の点火時期制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

内燃機関のノッキングとは、内燃機関の通常の燃焼が火炎伝播により燃焼室内に広がって徐々に燃焼圧が上昇していくのに対して、火炎伝播が届いていない未燃焼混合気が燃焼室内で自然発火を起こす現象である。ノッキングは、点火プラグの電極やピストンの過熱、溶損等の原因となるため、混合気への点火時期を最適化するノック制御が行われる。この種のノック制御としては、例えば特許文献1には、ノッキングが検出された場合に点火時期を遅角側に補正し、ノッキングが検知されていないときには進角側に補正する制御が開示されている。

20

【0003】

ところで、内燃機関の燃費向上を図り、且つNOxの排出を低減する技術として、内燃機関から排気通路に排出された排気の一部を吸気通路に再循環させるEGR(Exhaust Gas Recirculation)装置が公知である。上記ノック制御の実行に際して、EGR装置により排気の再循環(以下、EGRともいう)が行われている場合、EGRが行われていない場合に比べて燃焼室内の燃焼温度が低下し、また、燃焼の伝播速度が遅くなる傾向がある。これに関連して、特許文献2には、排気ガスの再循環量(以下、EGRガス量ともいう)に基づいてノック制御に係る点火時期を調整する技術が開示されている。また、特許文献3には、運転状態に応じて算出される点火時期をEGRの有無に応じて所要の進角値をもって進角側へ補正すると共に、その補正された点火時期を、ノッキングが発生し始める限界付近の時期まで所要の遅角値をもって遅角側へ補正する内燃機関の点火時期制御装置が開示されている。さらに、この従来技術では、ノック制御にかかる遅角値を運転状態に応じて算出される最大値の範囲内に制限すると共に、EGRの有無に応じて上記遅角値又は最大値を変更している。

30

【0004】

その他の関連技術として、特許文献4には、ノッキングの検出に伴って点火時期を遅角側にリタードし、その後において点火時期を再びリタード前の時期まで進角させる制御を実行する技術が開示されている。この従来技術では、点火時期を再び進角させたときにノッキングが発生しないようなEGRガス量の増加量を算出し、点火時期を進角させる際にEGRガス量を増加させている。また、特許文献5には、いわゆる外部EGRガス量及び内部EGRガス量を制御して、ノッキングを回避するための技術が開示されている。

40

【特許文献1】特開2005-127154号公報

【特許文献2】特開2007-16609号公報

【特許文献3】特開平8-151971号公報

【特許文献4】特開2006-291795号公報

【特許文献5】特開2003-328839号公報

【発明の開示】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ここで、EGR装置によって比較的多量のEGRガスが内燃機関に導入されているときにノッキングが検出された場合、単純に点火時期を遅角させるのでは内燃機関の燃焼状態が悪化してしまい、機関が失火する虞がある。本発明は上記の実情に鑑みてなされたものであり、その目的は、EGR装置を備えた内燃機関の点火時期制御装置において、内燃機関のノッキングの回避と失火の抑制とを好適に両立させることの可能な技術を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

10

上記した課題を解決するために、本発明は以下の手段を採用した。

すなわち、本発明における内燃機関の点火時期制御装置は、

内燃機関の混合気に点火する点火装置と、

前記内燃機関の排気通路に排出された排気の一部を吸気通路に再循環させるEGR装置と、

前記内燃機関の圧縮比を変更可能な圧縮比変更手段と、

前記内燃機関の点火時期を、運転状態に応じた基本点火時期に対してEGR率が高いほど大きな進角補正量をもって進角させた点火時期に制御する点火時期制御手段と、

前記内燃機関のノッキングを検出するノック検出手段と、

前記ノック検出手段によってノッキングが検出された場合に、前記内燃機関の点火時期を、現在の点火時期からノッキングの回避に要求される遅角要求量だけ遅角させた時期として設定される所定のノック回避点火時期まで遅角させるノック制御を実行するノック制御手段と、

20

ノッキングの検出時におけるEGR率が所定の境界EGR率を超えている場合に、前記ノック回避点火時期が前記内燃機関の失火しない遅角側の限界点火時期である所定の失火限界点火時期よりも遅角側に設定されると判別し、前記圧縮比変更手段に圧縮比を低減させる圧縮比低減制御を前記ノック制御に先行して実行することによって前記遅角要求量を低減させる先行制御手段と、

前記圧縮比低減制御が実行された場合に、圧縮比の低減により前記遅角要求量が減少する分だけ前記ノック制御に係る前記ノック回避点火時期を進角側に変更させる設定変更手段と、

30

を備えることを特徴とする。

【0007】

本発明では、混合気への点火時期に係る制御に際して、運転状態に応じた基本点火時期がEGR率に応じた進角補正量をもって進角補正される。これにより、EGR率に応じて混合気の燃焼温度や燃焼の伝播速度が変化しても、点火時期を最大トルクが得られる最適値（例えば、MBT：Minimum spark advance for Best Torque）により近づけることができる。

【0008】

上記のように点火時期が制御される内燃機関において、燃料のオクタン価や吸気温度のばらつき、EGRガス量のばらつきなど、様々な要因によって内燃機関にノッキングが起る場合がある。本発明では、ノック検出手段によりノッキングが検出された場合、内燃機関の点火時期がノッキングを回避（抑制）するために要求される遅角要求量をもって遅角補正されることで、ノッキングを回避することができる。

40

【0009】

ここで、失火限界点火時期は、内燃機関が失火しない遅角側の限界点火時期として定義されるところ、この失火限界点火時期はEGR率に概ね相関した値として定まる。より詳しくは、EGR率が高いほど混合気中に占める不活性ガス成分の割合が多くなるため、点火時期が等しい条件下においてはEGR率が高いほど失火しやすくなる。そのため、EGR率が高いほど失火限界点火時期は進角側に移行することになる。

50

【 0 0 1 0 】

これに対して、E G R 率が高いほど点火時期の進角補正量は大きくなるため、内燃機関がいわゆる大量 E G R を行っている状態、すなわち E G R 率が比較的高く維持されている状態でノッキングが発生すると、ノック制御を行う際の点火時期の目標値であるノック回避点火時期が失火限界点火時期を超えて遅角側に設定される可能性が高くなる。

【 0 0 1 1 】

そこで、上記構成においては、ノッキングの検出時における E G R 率（以下、ノック E G R 率という）が境界 E G R 率を超えている場合に、ノック回避点火時期が失火限界点火時期よりも遅角側に設定されると判別することとした。この境界 E G R 率は、E G R 率の増加に伴い、ノック回避点火時期が失火限界点火時期に比べて進角側の時期から遅角側の時期へと切り替わるときの E G R 率である。言い換えると、境界 E G R 率はノック回避点火時期の設定値が失火限界点火時期と一致するときの E G R 率に該当する。この構成によれば、ノック制御をそのまま実行してしまうと内燃機関が失火する虞があるか否かをノック E G R 率に基づいて容易に判別することができる。

【 0 0 1 2 】

そして、ノック回避点火時期が失火限界点火時期よりも遅角側に設定されると判別した場合、この構成では圧縮比低減制御がノック制御に先立って実行されるので、燃焼室での燃焼を緩慢にすることができる。その結果、ノッキング強度が低減されることにより、上記遅角要求量を低減させることができる。

【 0 0 1 3 】

ここで、ノック回避点火時期の設定値は、圧縮比低減制御の実行によって遅角要求量が減少する分だけ進角側に変更される。そのため、設定変更手段による変更後におけるノック回避点火時期を少なくとも失火限界点火時期まで進角するように遅角要求量の低減量を調節すると良い。すなわち、変更後におけるノック回避点火時期が失火限界点火時期と一致し（同位相となり）、又は該失火限界点火時期に比べて進角側となるように圧縮低減制御に係る圧縮比の低減量を調節すると良い。これにより、ノック E G R 率の大小に関わらず、ノッキングの迅速な回避と内燃機関の失火の抑制とを好適に両立することができる。

【 0 0 1 4 】

また、他の発明に係る内燃機関の点火時期制御装置は、

内燃機関の混合気に点火する点火装置と、

前記内燃機関の排気通路に排出された排気の一部を吸気通路に再循環させる E G R 装置と、

前記内燃機関の点火時期を、運転状態に応じた基本点火時期に対して E G R 率が高いほど大きな進角補正量をもって進角させた点火時期に制御する点火時期制御手段と、

前記内燃機関のノッキングを検出するノック検出手段と、

前記ノック検出手段によってノッキングが検出された場合に、前記内燃機関の点火時期を、現在の点火時期からノッキングの回避に要求される遅角要求量だけ遅角させた時期として設定される所定のノック回避点火時期まで遅角させるノック制御を実行するノック制御手段と、

ノッキングの検出時における E G R 率が所定の境界 E G R 率を超えている場合に、前記ノック回避点火時期が前記内燃機関の失火しない遅角側の限界点火時期である所定の失火限界点火時期よりも遅角側に設定されると判別し、前記 E G R 装置に E G R 率を低減させる E G R 率低減制御を前記ノック制御に先行して実行することによって前記失火限界点火時期を遅角側に移行させる先行制御手段と、

前記 E G R 率低減制御が実行された場合に、E G R 率の低減により前記進角補正量が減少する分だけ前記ノック制御に係る前記ノック回避点火時期の設定値を遅角側に変更する設定変更手段と、

を備えることを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

本発明では、ノック回避点火時期が失火限界点火時期よりも遅角側に設定されると判別

した場合、EGR率低減制御がロック制御に先立って実行される。このように、EGR率を低減させることによって失火限界点火時期をEGR率の低減量に応じて遅角側に移行させることができる。また、EGR率低減制御によってEGR率が低減されると、EGR率の低減前に比べて混合気の燃焼速度が増加するため、EGR率低減制御の実行後におけるEGR率に対応する進角補正量は少なくなる。これに対して、この構成では、進角補正量の減少量に応じてロック回避点火時期の設定値が遅角側に変更されるので、ロック回避点火時期をロッキングの回避に適正な値へと変更することができる。

【0016】

ここで、EGR率低減制御を実行した場合における進角補正量の減少量と、失火限界点火時期の遅角側への移行量との関係について着目すると、進角補正量の減少量に比べて失火限界点火時期の移行量の方が大きくなる。すなわち、EGR率の単位低減量当たりにおける進角補正量の減少量よりも失火限界点火時期の移行量の方が大きくなる。

10

【0017】

従って、EGR率低減制御にかかるEGR率の低減量を調節することにより、設定変更手段による変更後のロック回避点火時期とEGR率の低減後における失火限界点火時期との関係を容易に調整することができる。ここで、設定変更手段による変更後のロック回避点火時期がEGR率の低減後における失火限界点火時期と一致し（同位相となり）、又は変更後のロック回避点火時期がEGR率の低減後における失火限界点火時期に比べて進角側となるようにEGR率低減制御に係るEGR率の低減量を調節すると良い。これにより、ロックEGR率の大小に関わらず、ロッキングの迅速な回避と内燃機関の失火の抑制とを好適に両立することができる。

20

【0018】

また、先行制御手段は、設定変更手段による変更後のロック回避点火時期とEGR率の低減後における失火限界点火時期とが一致する（同位相となる）ようにEGR率の低減量を調節すると、より好適である。これによれば、ロック制御の実行に際してEGRが停止されたり、EGR率が著しく低下させられることがない。つまり、ロッキングの回避と失火の抑制とを両立しつつ、EGR率を可及的に高く維持することができる。従って、EGRによる内燃機関の燃費向上に係る効果を最大限に享受することができる。

【0019】

また、内燃機関の圧縮比を変更可能な圧縮比変更手段を更に備え、先行制御手段は、EGR率低減制御と併せて、圧縮比変更手段に圧縮比を低減させる圧縮比低減制御を実行することによって遅角要求量を低減させ、設定変更手段は、ロック回避点火時期を、EGR率の低減によって進角補正量が低減する分だけ遅角側に変更させ、且つ、圧縮比の低減によって遅角要求量が低減する分だけ進角側に変更させても良い。

30

【0020】

かかる構成においては、先行制御手段は、EGR率低減制御及び圧縮比低減制御の実行に際して、設定変更手段による変更後のロック回避点火時期がEGR率の低減後における失火限界点火時期と一致し（同位相となり）、又は変更後のロック回避点火時期がEGR率の低減後における失火限界点火時期に比べて進角側となるようにEGR率の低減量及び圧縮比の低減量を調節する。これにより、ロックEGR率の大小に関わらず、ロッキングの迅速な回避と内燃機関の失火の抑制とを好適に両立することができる。また、この構成によれば、EGR率の低減量と圧縮比の低減量とを調節する際の自由度を高めることができる。

40

【0021】

また、圧縮比変更手段は、内燃機関の吸気弁の閉弁時期を変更可能な可変動弁装置を有し、先行制御手段は、圧縮比低減制御に際して、可変動弁装置に吸気弁の閉弁時期を変更させることによって内燃機関の有効圧縮比を低減させても良い。有効圧縮比は、吸気弁の閉弁時におけるシリンダ容積を燃焼室容積（ピストンが上死点にある時のシリンダ容積）によって除した値である。その他、圧縮比変更手段は、内燃機関の機械圧縮比を変更可能な機構であっても良い。なお、機械圧縮比は、ピストンが下死点にある時のシリンダ容積

50

を燃焼室容積で除した値である。

【 0 0 2 2 】

なお、本発明における課題を解決するための手段は、可能な限り組み合わせることができる。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 3 】

本発明によれば、EGR装置を備えた内燃機関の点火時期制御装置において、内燃機関のノッキングの回避と失火の抑制とを好適に両立させることができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 4 】

以下に図面を参照して、この発明を実施するための最良の形態を例示的に詳しく説明する。尚、本実施の形態に記載されている構成要素の寸法、材質、形状、その相対配置等は、特に特定の記載がない限りは、発明の技術的範囲をそれらだけに限定する趣旨のものではない。

【 実施例 1 】

【 0 0 2 5 】

図1は、本実施例に係る内燃機関及びその吸排気系の概略構成を示す図である。内燃機関1は、4つのシリンダ（気筒）2を有する車両駆動用の火花点火内燃機関（ガソリンエンジン）である。シリンダ2内には、ピストン3が摺動自在に設けられている。このピストン3は、コンロッド4を介してクランクシャフト5に接続されており、ピストン3の往復運動に伴ってクランクシャフト5が回転する。シリンダ2内上部の燃焼室6には吸気ポート7と排気ポート8とが接続されている。吸気ポート7及び排気ポート8の燃焼室6への開口部は、それぞれ吸気弁9及び排気弁10によって開閉される。また、吸気弁9の開閉は吸気側カム11の回転駆動によって制御される。排気弁10の開閉は排気側カム12の回転駆動によって制御される。

【 0 0 2 6 】

各シリンダ2には、燃焼室6内の混合気へと点火する点火プラグ15が設けられている。この点火プラグ15は、スパーク（火花）を発生させる電極部が燃焼室6に臨んで設置されており、スパークを発生させることで燃焼室6内の混合気に点火する。本実施例においては点火プラグ15が本発明における点火装置に相当する。尚、点火プラグ15に対する印加電圧は、図示しない点火コイルによって供給される。

【 0 0 2 7 】

吸気ポート7には、該吸気ポート7内に燃料を噴射する燃料噴射弁18が設けられている。また、吸気ポート7は吸気通路19に接続され、排気ポート8は排気通路20に接続されている。吸気通路19には、該吸気通路19内を流通する新気の質量に対応した電気信号を出力するエアフローメータ21が設けられている。また、エアフローメータ21よりも下流側の吸気通路19には、該吸気通路19内を流通する新気の流量を調節するスロットル弁22が設けられている。また、排気通路20には排気浄化装置（例えば、三元触媒等）23が設けられている。

【 0 0 2 8 】

上記構成における内燃機関1の吸気系では、吸気通路19を流れる新気がスロットル弁22によって流量を調節され、吸気ポート7内において燃料噴射弁18から噴射された燃料とともに混合気を形成する。この混合気は各シリンダ2に導入され、点火プラグ16により着火されることによって燃焼する。その結果、ピストン3が往復運動することによってクランクシャフト5が回転し、内燃機関1の駆動力が得られる。

【 0 0 2 9 】

また、上記構成における内燃機関1の排気系によれば、排気弁10が排気ポート8を開くことにより排気ガスが排気通路20へと排出される。そして、この排気ガスは、該排気ガス中に含まれる有害物質が該排気浄化装置23にて浄化された後、図示しないマフラーを介して大気中へと放出される。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 0 】

さらに、内燃機関 1 は、排気通路 2 0 に排出された排気ガスの一部を吸気通路 1 9 に再循環させる排気ガス再循環装置（E G R 装置）2 5 を備える。この E G R 装置 2 5 は、E G R 通路 2 6、E G R 弁 2 7、E G R クーラ 2 8 により構成される。E G R 通路 2 6 は、排気浄化装置 2 3 よりも上流側の排気通路 2 0 及びスロットル弁 2 2 よりも下流側の吸気通路 1 9 を接続している。また、E G R 弁 2 7 は E G R 通路 2 6 に設けられ、該 E G R 通路 2 6 内を流通する再循環ガス（E G R ガス）の流量を調節する。また、E G R クーラ 2 8 は、E G R 通路 2 6 に設けられ、該 E G R 通路 2 6 内を流通する E G R ガスを冷却する。ここで、E G R 弁 2 7 が開弁されると、排気通路 2 0 を流れる排気ガスの一部が E G R 通路 2 6 を介して吸気通路 1 9 へと再循環する。この E G R ガスは、吸気通路 1 9 を流れる新気と混ざりつつ各シリンダ 2 に導入される。E G R ガスには、水や二酸化炭素のように、自らが燃焼することなく、且つ、熱容量が高い不活性ガス成分が含まれている。そのため、E G R ガスを混合気中に含有させると、混合気の燃焼温度が低くなり、以って窒素酸化物（ NO_x ）の発生量が低減される。また、E G R ガスを混合気中に含有させると、燃料消費率を向上させる効果も期待できる。

10

【 0 0 3 1 】

内燃機関 1 には、内燃機関 1 を制御するための電子制御ユニットである E C U 3 0 が併設されている。この E C U 3 0 は、C P U の他、各種のプログラム及びマップを記憶する R O M、R A M 等を備えており、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 の運転状態等を制御する。また、内燃機関 1 には、アクセル開度センサ 3 2、クランクポジションセンサ 3 3、ノックセンサ 3 4 が設けられている。アクセル開度センサ 3 2 は、アクセルペダル 3 1 の操作量（アクセル開度）に応じた電気信号を出力するセンサである。クランクポジションセンサ 3 3 は、クランクシャフト 5 の回転角を検出するセンサである。また、ノックセンサ 3 4 は、ノッキングが発生したときに発生する振動を検出してその振動の大きさに応じたノック信号 K C S を出力するセンサである。

20

【 0 0 3 2 】

内燃機関 1 にノッキングが発生するとシリンダ 2 内では高周波の圧力振動（例えば、5 ~ 9 k H z）が発生し、この圧力振動がシリンダブロックに伝わる。ノックセンサ 3 4 は、圧電素子によりシリンダブロックに伝わる振動を検出し、この振動を電気信号に変換する。なお、ノッキングの強さ（ノッキング強度）は、圧力振動の振幅を検出することによって推定することができる。

30

【 0 0 3 3 】

上述したエアフローメータ 2 1、アクセル開度センサ 3 2、クランクポジションセンサ 3 3、ノックセンサ 3 4 は電気配線を介して E C U 3 0 と接続され、これら各種センサの出力信号が E C U 3 0 に入力される。例えば、E C U 3 0 は、アクセル開度センサ 3 2 及びクランクポジションセンサ 3 3 の出力信号に基づいて内燃機関 1 の機関負荷 L E 及び機関回転数 N E を算出する。また、点火プラグ 1 5、燃料噴射弁 1 8、スロットル弁 2 2、E G R 弁 2 7 が電気配線を介して E C U 3 0 と接続されており、これらの各種装置が内燃機関 1 の運転状態に応じて E C U 3 0 により制御される。

【 0 0 3 4 】

本実施例では、内燃機関 1 の運転状態（機関負荷 L E 及び機関回転数 N E）毎に、E G R 率〔シリンダ 2 内に導入される全吸気量（新気量 + E G R ガス量）に対する E G R ガス量の割合〕の目標値が予め設定されている。この E G R 率の目標値（以下、目標 E G R 率という）は、 NO_x 発生量の低減、燃費消費率の向上を実現させる観点から、内燃機関 1 の運転状態毎にその最適値が予め実験等により求められており、E C U 3 0 は E G R 率が目標 E G R 率に一致するように E G R 弁 2 7 の開度を制御する。

40

【 0 0 3 5 】

本実施例における内燃機関 1 の点火時期（混合気への点火時期）S T は、E C U 3 0 によって制御される。点火時期 S T は、内燃機関 1 の運転状態及び E G R 率（目標 E G R 率）に応じて、該内燃機関 1 が最大トルクを得られる M B T（Minimum advance for Best

50

Torque) となるように制御される。具体的には、点火時期 S T は、内燃機関 1 の運転状態 (機関負荷 L E、機関回転数 N E) をパラメータとして設定される基本点火時期 S T b を、E G R 率が高いほど大きな値として設定される E G R 進角補正量 C O a d をもって進角側に補正した時期に制御される。なお、上記基本点火時期 S T b は、例えば、E G R を実行しないときの内燃機関 1 の運転状態に応じた M B T の値を採用することができる。

【 0 0 3 6 】

ここで、E G R 率が高いほど混合気の燃焼温度は低く、且つ燃焼速度は遅くなるため、混合気の燃焼が緩慢となる。本実施例では、E G R 率が高いほど E G R 進角補正量 C O a d が大きな値として設定される。そのため、多量の E G R ガスが導入されることによって混合気の燃焼伝播が遅くなっても、点火時期 S T を好適に M B T へと近づけることができる。本実施例においては、E G R 進角補正量 C O a d が本発明における進角補正量に相当する。また、内燃機関 1 の運転状態及び E G R 率に応じて点火時期 S T を制御する E C U 3 0 が本発明における点火時期制御手段に相当する。

10

【 0 0 3 7 】

ここで、燃料 (ガソリン) のオクタン価や吸気温度のばらつき、E G R ガスの導入量のばらつきなどに起因して内燃機関 1 にノッキングが発生する場合がある。このノッキングは、火炎伝播が届いていない未燃焼混合気が燃焼室 6 内で自然発火を起こす現象であり、点火プラグ 1 5 の電極やピストン 3 の過熱等を招く虞がある。そこで、E C U 3 0 は、ノックセンサ 3 4 の出力するノック信号 K C S に基づいて、内燃機関 1 に発生するノッキングを検出する。本実施例においてはノックセンサ 3 4 及び E C U 3 0 が本発明におけるノック検出手段に相当する。

20

【 0 0 3 8 】

E C U 3 0 がノッキングを検出すると、点火時期 S T を遅角側に補正してノッキングを回避 (抑制) するノック制御が実行される。より詳しくは、E C U 3 0 は、ノック信号 K C S に基づき、ノッキングの回避に要求される遅角要求量 C O l a g を設定する。そして、点火時期 S T を、現在の制御値から遅角要求量 C O l a g だけ遅角させた時期として設定されるノック回避点火時期 S T k c s まで遅角させる。本実施例においては、ノック制御を実行する E C U 3 0 が本発明におけるノック制御手段に相当する。なお、遅角要求量 C O l a g の設定値は一定値とすることもできるし、ノッキング強度 (ノッキングの強さの程度) が高いほど遅角要求量 C O l a g を大きな値として設定することもできる。

30

【 0 0 3 9 】

図 2 は、本実施例における点火時期 S T、ノック回避点火時期 S T k c s、失火限界点火時期 S T m f の夫々と E G R 率との関係を示したマップである。図中の実線 S T は点火時期 S T と E G R 率との関係を表す。一点鎖線 S T k c s は、ノック回避点火時期 S T k c s と E G R 率との関係を表す。二点鎖線 S T m f は、失火限界点火時期 S T m f と E G R 率との関係を表す。この図における遅角要求量 C O l a g は E G R 率に関わらず略一定である。失火限界点火時期 S T m f とは、内燃機関 1 に失火が生じない遅角側の限界点火時期として定義される。ここで、失火限界点火時期 S T m f と E G R 率との関係には概ね相関があるという知見が本願発明者の鋭意研究により得られている。E G R 率が高いほど混合気中に占める不活性ガス成分の割合が多くなるため、点火時期 S T が等しい条件下においては E G R 率が高いほど失火しやすくなる。つまり、図示のように、E G R 率が高いほど失火限界点火時期 S T m f は進角側に移行する。

40

【 0 0 4 0 】

ここで、E G R 率に応じた点火時期 S T と失火限界点火時期 S T m f との関係に着目すると、E G R 率が低いときには双方の位相差は比較的大きい。そして、E G R 率の増加に従って双方の位相差が徐々に減少していく。従って、点火時期 S T を遅角要求量 C O l a g によって遅角補正したノック回避点火時期 S T k c s と失火限界点火時期 S T m f とを対比すると、E G R 率が低いときと高いときとは双方の位相関係が逆転する。すなわち、図中の横軸に示す符号 R b o のように、E G R 率の増加に従って、ノック回避点火時期 S T k c s が失火限界点火時期 S T m f を基準として進角側の時期 (領域) から遅角側の

50

時期（領域）へと切り替わるときの EGR 率（以下、境界 EGR 率という）が存在する。この境界 EGR 率 R_{bo} は、ノック回避点火時期 ST_{kcs} と失火限界点火時期 ST_{mf} とが一致するときの EGR 率といえることができる。

【0041】

ノッキングの検出時における EGR 率（以下、ノック EGR 率 R_{kcs} という）に着目すると、ノック EGR 率 R_{kcs} が境界 EGR 率 R_{bo} 以下である場合には、ノック回避点火時期 ST_{kcs} が失火限界点火時期 ST_{mf} よりも進角側の時期、或いは同位相の時期として設定される。例えば、図 2 の横軸に示した符号 R_1 は境界 EGR 率 R_{bo} に比べて小さい。そのため、ノック EGR 率 R_{kcs} が R_1 のときに対応する点火時期 ST 、ノック回避点火時期 ST_{kcs} 、失火限界点火時期 ST_{mf} の夫々を符号 ST_1 、 ST_{kcs1} 、 ST_{mf1} で表すと、 ST_{kcs1} は ST_{mf1} よりも進角側の時期として設定される。この場合、ノック制御の実行に際して点火時期 ST を ST_1 から ST_{kcs1} まで遅角させても内燃機関 1 が失火する虞はない。

10

【0042】

一方、ノック EGR 率 R_{kcs} が境界 EGR 率 R_{bo} よりも高い場合には、ノック回避点火時期 ST_{kcs} が失火限界点火時期 ST_{mf} よりも遅角側の時期として設定される。例えば、横軸に示した符号 R_2 は境界 EGR 率 R_{bo} に比べて大きい。そのため、ノック EGR 率 R_{kcs} が R_2 のときに対応する点火時期 ST 、ノック回避点火時期 ST_{kcs} 、失火限界点火時期 ST_{mf} の夫々を符号 ST_2 、 ST_{kcs2} 、 ST_{mf2} で表すと、 ST_{kcs2} は ST_{mf2} よりも遅角側の時期として設定される。この場合、ノック制御の実行に際して点火時期 ST を ST_2 から ST_{kcs2} まで遅角させると内燃機関 1 が失火する可能性が高まり、ノッキングの回避と失火の抑制とを両立することが難しくなる。

20

【0043】

そこで、本実施例ではノック EGR 率 R_{kcs} が境界 EGR 率 R_{bo} を超えている場合には、ノック回避点火時期 ST_{kcs} が失火限界点火時期 ST_{mf} よりも遅角側に設定されると判別し、EGR 装置 25 に EGR 率を低減させる EGR 率低減制御をノック制御に先行して実行する。その結果、EGR 率の低減後における失火限界点火時期 ST_{mf} を EGR 率の低減量に応じて遅角側に移行させることができる。すなわち、EGR 率の低減後における失火限界点火時期 ST_{mf} は、EGR 率の低減前における ST_{mf2} を起点とし、二点鎖線 ST_{mf} 上を EGR 率の低減量に応じただけ遅角側に推移する。

30

【0044】

EGR 率低減制御によって EGR 率が低減されると、EGR 率の低減前に比べて混合気の燃焼速度が増加するため、その影響を考慮してノック回避点火時期 ST_{kcs} の設定値を変更する必要がある。EGR 率の低減後においては、その EGR 率に対応する EGR 進角補正量 CO_{ad} が EGR 率の低減前に比べて減少するからである。そこで、本実施例では、ノック回避点火時期 ST_{kcs} の設定値を変更する処理（以下、この処理を「設定値変更処理」という）が行われる。本実施例における設定値変更処理は、EGR 率の低減によって EGR 進角補正量 CO_{ad} が減少する分だけ遅角側に変更することとした。ここで、設定値変更処理においてノック回避点火時期 ST_{kcs} を変更する際の目標となる点火時期を、「設定変更時目標点火時期 ST_t 」と称する。この設定変更時目標点火時期 ST_t は、 ST_{kcs2} を起点として一点鎖線 ST_{kcs} 上を遅角側に向かって推移し、その変化量は EGR 率の低減量に応じて決定づけられる。

40

【0045】

本実施例では、EGR 率低減制御の実行に際して、設定変更時目標点火時期 ST_t が EGR 率の低減後における失火限界点火時期 ST_{mf} と一致するように（すなわち、同位相となるように）、EGR 率の低減量 ΔR_g が調節される。より具体的には、EGR 率低減制御の実行に際して、EGR 率がノック EGR 率 R_{kcs} (R_2) から境界 EGR 率 R_{bo} まで低減するように EGR 率の低減量 ΔR_g が調節される。これは、設定変更時目標点火時期 ST_t は一点鎖線 ST_{kcs} 上、EGR 率の低減後における失火限界点火時期 ST_{mf} は二点鎖線 ST_{mf} 上を推移するところ、双方の鎖線は境界 EGR 率 R_{bo} にて交差

50

するからである。つまり、EGR率が境界EGR率 R_{bo} のときの失火限界点火時期 ST_{mf} を符号 ST_{bo} にて表すと、上記のようにEGR率の低減量 ΔR_g を定めれば設定変更時目標点火時期 ST_t が ST_{bo} に一致するからである。

【0046】

次に、本実施例に係る制御の具体的処理内容について、図3のフローチャートを参照して説明する。図3は、本実施例における制御ルーチンを示したフローチャートである。本制御ルーチンはECU30のROM内に記憶されている実行プログラムであり、内燃機関1の稼働中における一定周期毎にECU30によって実行される。本ルーチンが実行されると、ステップS101では、ロック信号KCSに基づきロッキングが検出されたか否かが判定される。なお、本ステップにおいて、ロッキングが検出された場合には、ロック信号KCSに基づいて遅角要求量 CO_{lag} が設定される。この場合、内燃機関1のロッキング強度が高いほど遅角要求量 CO_{lag} が大きい値として設定される。そして、本ステップにおいてロッキングが検出されたと判定された場合にはステップS102に進み、そうでない場合には本ルーチンを一旦終了する。

10

【0047】

ステップS102では、現在の点火時期 ST から遅角要求量 CO_{lag} だけ遅角した時期として、ロック回避点火時期 ST_{kcs} が設定される。続くステップS103では、ロックEGR率 R_{kcs} が境界EGR率 R_{bo} を超えているか否かが判定される。ここでは、ロック検出時における目標EGR率の設定値を読み込むことでロックEGR率 R_{kcs} を取得することができる。また、エアフローメータ21の出力値に基づいて算出される吸入新気量、クランクポジションセンサ33の出力値に基づいて算出される機関回転数 NE 、EGR弁27の開度等からロックEGR率 R_{kcs} を推定しても良い。本ステップにおいて、否定判定($R_{kcs} \leq R_{bo}$)された場合(例えば、 $R_{kcs} = R_1$)には、ステップS104に進む。一方、肯定判定($R_{kcs} > R_{bo}$)された場合(例えば、 $R_{kcs} = R_2$)には、ロック回避点火時期 ST_{kcs} が失火限界点火時期 ST_{mf} よりも遅角側に設定されると判別し、ステップS105に進む。

20

【0048】

ステップS104ではロック制御が実行される。すなわち、点火時期 ST が現在の値(ST_1)からステップS102で設定されたロック回避点火時期 ST_{kcs} ($ST_{kcs} = ST_{kcs}1$)へと変更される。これにより、ロッキングが回避される。なお、 $ST_{kcs}1$ は $ST_{mf}1$ よりも進角側であり、内燃機関1が失火することがない。本ステップの処理が終了すると、本ルーチンを一旦終了する。

30

【0049】

ステップS105ではEGR率低減制御が実行される。本ルーチンでは、EGR率低減制御の実行に際して、設定変更時目標点火時期 ST_t がEGR率の低減後における失火限界点火時期 ST_{mf} と一致するようにEGR率の低減量 ΔR_g を調節する。すなわち、ECU30はEGR装置25に指令信号を出し、EGR率をロックEGR率 R_{kcs} (R_2)から境界EGR率 R_{bo} まで低減するようにEGR弁27の開度を減少させる。その結果、EGR率の低減後における失火限界点火時期 ST_{mf} が $ST_{mf}2$ から ST_{bo} まで遅角側に移行する。本実施例では、本ステップの処理(EGR率低減制御)を実行するECU30が本発明における先行制御手段に相当する。

40

【0050】

続くステップS106では、設定値変更処理が実行される。すなわち、ステップS102で設定されたロック回避点火時期 ST_{kcs} ($ST_{kcs}2$)からEGR進角補正量の低減量 ΔCO_{ad} だけ遅角させた時期として設定変更時目標点火時期 ST_t を設定する。この設定変更時目標点火時期 ST_t は、 ST_{bo} と一致する。本実施例では、ステップS106の処理(設定値変更処理)を実行するECU30が本発明における設定変更手段に相当する。本ステップの処理が終了すると、ステップS107に進む。

【0051】

ステップS107ではロック制御が実行される。ここでは、点火時期 ST が現在の値(

50

S T 2) からステップ S 1 0 6 において設定された設定変更時目標点火時期 S T t に変更される。これにより、内燃機関 1 の失火を抑制しつつノッキングが回避される。本ステップの処理が終了すると、本ルーチンを一旦終了する。

【 0 0 5 2 】

以上のように、本実施例では、ノック E G R 率 R_{kcs} が境界 E G R 率 R_{bo} を超えている場合に、ノック制御に先行して E G R 率低減制御と設定値変更処理が実行されるので、ノッキングの迅速な回避と失火の抑制とを好適に両立させることができる。

【 0 0 5 3 】

また、E G R 率低減制御に係る変形例として、設定変更時目標点火時期 S T t が E G R 率の低減後における失火限界点火時期 S T m f (S T b o) よりも進角側の時期として設定されるように、E G R 率の低減量 ΔR_g を調節することができる。この場合には、E G R 率低減制御によって E G R 率を境界 E G R 率 R_{bo} よりも低い値まで低減させる。これにより、ノック制御実行時における内燃機関 1 の失火を確実に抑制できる。しかしながら、設定変更時目標点火時期 S T t が E G R 率の低減後における失火限界点火時期 S T m f と一致するように E G R 率の低減量 ΔR_g を調節する方が、内燃機関 1 の燃費向上を図る上でより好ましい。ノッキングの回避と失火の抑制とを両立可能な範囲内で E G R 率を可及的に高く維持できるからである。従って、本実施例にかかる制御によれば、ノック E G R 率 R_{kcs} の大きさに関わらずノッキングの回避と失火の抑制とを好適に両立させることができ、且つ、E G R による燃費向上効果を最大限に享受することができる。

【 実施例 2 】

【 0 0 5 4 】

次に、第 2 の実施例について説明する。図 4 は、本実施例に係る内燃機関及びその吸排気系の概略構成を示す図である。図 4 中、図 1 と共通する構成要素については同一の参照符号を付すことによってその説明を省略する。本実施例にかかる内燃機関 1 は、吸気弁 9 の開閉時期を変更可能な可変動弁装置（以下、吸気側 V V T という）1 3 を備える。吸気側 V V T 1 3 は、吸気側カム 1 1 が取り付けられた吸気側カムシャフトに設置される。また、この吸気側 V V T 1 3 は、E C U 3 0 と電気配線を介して接続されており E C U 3 0 によって制御される。具体的には、E C U 3 0 は、吸気側 V V T 1 3 にクランクシャフト 5 に対する吸気側カムシャフトの回転位相を内燃機関 1 の運転状態に応じて変更させ、吸気弁 9 の開閉時期を調節する。

【 0 0 5 5 】

図 5 は、本実施例における点火時期 S T 、ノック回避点火時期 S T k c s 、失火限界点火時期 S T m f の夫々と E G R 率との関係を示したマップである。図 5 における符号のうち、図 2 と同じ符号については同義のため、その説明を省略する。本実施例では、ノック E G R 率 R_{kcs} が境界 E G R 率 R_{bo} を超えている場合 ($R_{kcs} = R_2$) にノック制御に先行して実行される制御のみが実施例 1 と相違するため、その相違点を中心に説明する。

【 0 0 5 6 】

本実施例では、ノック E G R 率 R_{kcs} が境界 E G R 率 R_{bo} を超えている場合 ($R_{kcs} = R_2$) 、ノック回避点火時期 S T k c s が失火限界点火時期 S T m f よりも遅角側に設定されると判別し、実施例 1 において実行した E G R 率低減制御の代わりに内燃機関 1 の有効圧縮比を低減させる圧縮比低減制御がノック制御に先行して実行される。この圧縮比低減制御も E C U 3 0 によって実行される制御である。

【 0 0 5 7 】

有効圧縮比とは、吸気弁 9 の閉弁時におけるシリンダ容積を燃焼室 6 容積（ピストン 3 が上死点にある時のシリンダ容積）によって除した値である。従って、内燃機関 1 の有効圧縮比を低減させれば、シリンダ 2 の圧縮端圧力及び圧縮端温度が低下してノッキングが緩和されることになる。よって、ノック E G R 率 R_{kcs} が境界 E G R 率 R_{bo} を超えている場合にノック制御に先行して圧縮比低減制御を実行することにより、遅角要求量 C O l a g を低減させることができる。

【 0 0 5 8 】

また、本実施例における設定値変更処理は、有効圧縮比の低減により遅角要求量 $COlag$ が減少する分だけノック回避点火時期 $STkcs$ を進角側に変更させることとした。ここで、圧縮比低減制御による遅角要求量 $COlag$ の低減量を「遅角要求低減量 $\Delta COlag$ 」と称する。そうすると、本実施例における設定変更時目標点火時期 STt は、ノック回避点火時期 $STkcs$ ($STkcs2$) から遅角要求低減量 $\Delta COlag$ だけ進角側の時期として設定されることになる。

【 0 0 5 9 】

本実施例では、圧縮比低減制御の実行に際して、設定変更時目標点火時期 STt が失火限界点火時期 $STmf$ ($STmf2$) と一致するように (同位相となるように)、遅角要求低減量 $\Delta COlag$ の目標値が設定される。そして、圧縮比低減制御を実行したときの遅角要求低減量 $\Delta COlag$ がこの目標値となるように、有効圧縮比の低減量 $\Delta \epsilon e$ を調節することとした。

10

【 0 0 6 0 】

次に、圧縮比低減制御において内燃機関 1 の有効圧縮比を低減させる方法について説明する。図 6 は、吸気側 $VVT13$ を作動させて有効圧縮比を低減させる方法を模式化した図である。図中の実線は圧縮比低減制御実行時における吸気弁 9 の開弁期間を表し、一点鎖線は圧縮比低減制御実行前における吸気弁 9 の開弁期間を表す。また、図中の符号 TD 、 BDC の夫々は吸気行程におけるピストン上死点 (吸気上死点)、吸気行程におけるピストン下死点 (吸気下死点) を表す。また、図中の符号 IVO 、 IVC の夫々は吸気弁 9 の開弁時期、閉弁時期を表す。

20

【 0 0 6 1 】

ここで、 IVC が BDC に近づくほど (双方の位相差が小さいほど) 内燃機関 1 の有効圧縮比は大きくなり、遠ざかるほど (双方の位相差が大きいほど) 有効圧縮比が小さくなる。そこで、本実施例における圧縮比低減制御では、圧縮比低減制御実行前に比べて IVC が BDC から遠ざかるように (IVC と BDC との位相差が増加するように) 吸気側 $VVT13$ に IVC を変更させ、以って内燃機関 1 の有効圧縮比を低減させる。図 6 の例では、圧縮比低減制御実行前における IVC (一点鎖線) が BDC よりも遅角側に設定されている。そこで、この場合には圧縮比低減制御実行時に IVC をさらに遅角させることによって、有効圧縮比を低減させることとした。

30

【 0 0 6 2 】

ここで、符号 $\Delta VTIag$ は、圧縮比低減制御実行前を基準としたときの圧縮比低減制御実行時における IVC の遅角量 (以下、 IVC 遅角量という) である。この IVC 遅角量 $\Delta VTIag$ が大きいほど、圧縮比低減制御にかかる有効圧縮比の低減量 $\Delta \epsilon e$ を大きくすることができる。なお、圧縮比低減制御実行前における IVC (一点鎖線) が BDC よりも進角側に設定される場合には、圧縮比低減制御において IVC を進角させることができる。このように IVC を変更しても、圧縮比低減制御実行前に比べて IVC と BDC との位相差が増加するため、内燃機関 1 の有効圧縮比が低下するからである。

【 0 0 6 3 】

次に、本実施例に係る制御の具体的処理内容について、図 7 のフローチャートを参照して説明する。図 7 は、本実施例における制御ルーチンを示したフローチャートである。本制御ルーチンは $ECU30$ の ROM 内に記憶されている実行プログラムであり、内燃機関 1 の稼働中における一定周期毎に $ECU30$ によって実行される。尚、図 3 における制御ルーチンと同様の処理が行われるステップについては同じステップ番号を付すことでその説明を省略する。

40

【 0 0 6 4 】

本ルーチンにおいては、ステップ $S103$ で肯定判定 ($Rkcs > Rbo$) された場合 (例えば、 $Rkcs = R2$)、ノック回避点火時期 $STkcs$ が失火限界点火時期 $STmf$ よりも遅角側に設定されると判別し、ステップ $S205$ に進む。ステップ $S205$ では、圧縮比低減制御が実行される。すなわち、ノック回避点火時期 $STkcs$ ($STkcs$

50

2)と失火限界点火時期 $STmf$ ($STmf2$)との位相差が算出され、この位相差が遅角要求低減量 $\Delta COlag$ の目標値として設定される。そして、遅角要求低減量 $\Delta COlag$ の目標値に基づいて圧縮比低減制御にかかる有効圧縮比の低減量 $\Delta \epsilon e$ が算出される。遅角要求低減量 $\Delta COlag$ の目標値が大きいほど有効圧縮比の低減量 $\Delta \epsilon e$ が大きい値に設定される。

【0065】

続いて、有効圧縮比の低減量 $\Delta \epsilon e$ の設定値に基づいてIVC遅角量 $\Delta VTlag$ が算出される。そして、ECU30は、吸気側VV13にIVCを現在の値(位相)からIVC遅角量 $\Delta VTlag$ だけ遅角させる。その結果、遅角要求量 $COlag$ が、遅角要求低減量 $\Delta COlag$ の目標値だけ減少する。本実施例においては、本ステップの処理(圧縮比低減制御)を実行するECU30が本発明における先行制御手段に相当する。

10

【0066】

続くステップS206では、設定値変更処理が実行される。すなわち、ノック回避点火時期 $STkcs$ ($STkcs2$)から遅角要求低減量 $\Delta COlag$ だけ進角させた時期として設定変更時目標点火時期 STt が設定される。すなわち、設定変更時目標点火時期 STt が $STmf2$ に設定される。本実施例では、ステップS206の処理(設定値変更処理)を実行するECU30が本発明における設定変更手段に相当する。本ステップの処理が終了すると、ステップS107に進む。

【0067】

以上のように、本実施例にかかる制御によれば、ノックEGR率 $Rkcs$ が境界EGR率 Rbo を超えている場合には、ノック制御に先立って内燃機関1の有効圧縮比を低減させることにより遅角要求量 $COlag$ を低減させることができる。そして、ノック回避点火時期 $STkcs$ の設定値を遅角要求量 $COlag$ が低減する分だけ進角側に変更させてからノック制御を実行するため、ノッキングの回避と内燃機関1の失火の抑制とを好適に両立させることができる。

20

【0068】

なお、圧縮比低減制御に係る変形例として、設定変更時目標点火時期 STt が失火限界点火時期 $STmf$ ($STmf2$)よりも進角側の時期として設定されるように、有効圧縮比の低減量 $\Delta \epsilon e$ を調節することができる。この場合には、遅角要求低減量 $\Delta COlag$ の目標値を、ノック回避点火時期 $STkcs$ ($STkcs2$)と失火限界点火時期 $STmf$ ($STmf2$)との位相差よりも大きく設定すれば良い。

30

【0069】

また、本実施例では、吸気側VV13に吸気弁9の開弁時期(IVC)を変更させることによって内燃機関1の有効圧縮比を低減させたが、その代わりに内燃機関1の機械圧縮比を低減させても良いのは勿論である。この機械圧縮比は、ピストン3が下死点にある時のシリンダ2容積を燃焼室6容積(ピストン3が上死点にある時のシリンダ容積)で除した値である。なお、内燃機関1の機械圧縮比を変更する機構としては、クランクケースとシリンダブロックとの相対位置を変更する可変圧縮比機構や、コンロッド4の長さを変更する可変圧縮比機構等を例示することができる。

【実施例3】

40

【0070】

次に、第3の実施例について説明する。本実施例に係る内燃機関1の概略構成は、図4と同等である。図8は、本実施例における点火時期 ST 、ノック回避点火時期 $STkcs$ 、失火限界点火時期 $STmf$ の夫々とEGR率との関係を示したマップである。図8における符号のうち、図2及び5と同じ符号については同義のため、その説明を省略する。本実施例では、ノックEGR率 $Rkcs$ が境界EGR率 Rbo を超えている場合($Rkcs = R2$)にノック制御に先行して実行される制御のみが実施例1及び2と相違するため、その相違点を中心に説明する。

【0071】

図中の $STt1 \sim 3$ の夫々は、実施例1～3における設定変更時目標点火時期 STt を

50

示したものである。ここで、実施例 1 における EGR 率低減制御では、設定変更時目標点火時期 STt ($STt1$) を EGR 率の低減後における失火限界点火時期 $STmf$ ($STbo$) と一致させるために、EGR 率を境界 EGR 率 Rbo まで低減させる必要があった。上述したように、内燃機関 1 の燃費向上を図るには、EGR 率を高く維持することが好ましい。そこで、本実施例では、図示の $STt3$ のように、EGR 率を境界 EGR 率 Rbo まで低減させずに、設定変更時目標点火時期 STt を EGR 率の低減後における失火限界点火時期 $STmf$ と一致させる制御を行うこととした。

【0072】

図 9 は、本実施例に係る制御内容を説明するための説明図である。図 9 における符号のうち、図 2、5、8 と同じ符号については同義のため、その説明を省略する。本実施例では、ロック EGR 率 $Rkcs$ が境界 EGR 率 Rbo を超えている場合には、ロック回避点火時期 $STkcs$ が失火限界点火時期 $STmf$ よりも遅角側に設定されると判別し、ロック制御に先行して、EGR 率低減制御及び圧縮比低減制御を併せて実行する。この「併せて実行する」とは、EGR 率低減制御及び圧縮比低減制御を同時期に実行することに限定されるものではない。つまり、EGR 率低減制御及び圧縮比低減制御双方のうち、一方の制御を実行した後に他方の制御を実行しても構わない。

【0073】

ここで、EGR 率低減制御において EGR 率を低減させるときの目標値を「低減時目標 EGR 率」とする。この図において低減時目標 EGR 率は $R3$ であり、境界 EGR 率 Rbo よりも高く、且つロック EGR 率 $Rkcs$ ($R2$) よりも低い値として設定される。ここで、低減時目標 EGR 率を境界 EGR 率 Rbo よりも高い値に設定するのは、低減時目標 EGR 率が境界 EGR 率 Rbo 以下であれば圧縮比低減制御が実行せず、EGR 率低減制御のみを実行すれば良いからである（実施例 1 参照）。また、低減時目標 EGR 率をロック EGR 率 $Rkcs$ ($R2$) よりも低い値に設定するのは、低減時目標 EGR 率がロック EGR 率 $Rkcs$ と一致する場合には EGR 率低減制御が実行されずに圧縮比低減制御のみが実行されるからである（実施例 2 参照）。

【0074】

ここで、EGR 率低減制御によって EGR 率が $R2$ から $R3$ まで低減されると、失火限界点火時期 $STmf$ が $STmf2$ から $STmf3$ まで遅角側に移行する。また、EGR 率の低減量 ΔRg ($R2 - R3$) に応じて EGR 進角補正量 $COad$ が $\Delta COlag$ だけ減少する。

【0075】

また、本実施例における設定値変更処理では、ロック回避点火時期 $STkcs$ の設定値 ($STkcs2$) を、EGR 率の低減によって EGR 進角補正量 $COad$ が減少する分 ($\Delta COad$) だけ遅角側に変更させ、且つ、有効圧縮比の低減によって遅角要求量 $COlag$ が減少する分 ($\Delta COlag$) だけ進角側に変更させた値として設定変更時目標点火時期 STt が設定される。

【0076】

そのため、本実施例では、EGR 進角補正量の低減量 $\Delta COad$ を加味して遅角要求低減量 $\Delta COlag$ の目標値を設定することとした。具体的には、ロック回避点火時期 $STkcs$ の設定値 ($STkcs2$) と EGR 率の低減後における失火限界点火時期 $STmf$ ($STmf3$) の位相差（図 9 中、 ΔST ）に、EGR 進角補正量の低減量 $\Delta COad$ を加算した値を遅角要求低減量 $\Delta COlag$ の目標値として設定する。これにより、設定変更時目標点火時期 STt ($STt3$) を EGR 率の低減後における失火限界点火時期 $STmf$ ($STmf3$) と一致させることができる。

【0077】

以下、図 10 は、本実施例における制御ルーチンを示したフローチャートである。本制御ルーチンは ECU 30 の ROM 内に記憶されている実行プログラムであり、内燃機関 1 の稼働中における一定周期毎に ECU 30 によって実行される。尚、本ルーチンにおいて、図 3、7 と同じ処理が行われるステップについては同じ符号を付すことで、その説明を

10

20

30

40

50

省略する。

【0078】

本ルーチンにおいて、ステップS103で肯定判定($R_{kcs} > R_{bo}$)された場合(例えば、 $R_{kcs} = R_2$)、ノック回避点火時期 ST_{kcs} が失火限界点火時期 ST_{mf} よりも遅角側に設定されると判別し、ステップS301に進む。ステップS301では、低減時目標EGR率(R_3)が設定される。この低減時目標EGR率(R_3)は、例えばノッキングの検出時における内燃機関1の運転状態に応じて設定することができる。ステップS302では、図8のマップにノックEGR率 R_{kcs} (R_2)及び低減時目標EGR率(R_3)をパラメータとしてアクセスし、EGR率の低減後における失火限界点火時期 ST_{mf} (ST_{mf3})、及びEGR進角補正量の低減量 ΔCO_{ad} を算出する。また、ノックEGR率 R_{kcs} (R_2)から低減時目標EGR率(R_3)を減算して、EGR率の低減量 ΔR_g を算出する。

10

【0079】

ステップS303では、ノック回避点火時期 ST_{kcs} の設定値(ST_{kcs2})とEGR率の低減後における失火限界点火時期 ST_{mf} (ST_{mf3})との位相差(ΔST)を算出し、この位相差にEGR進角補正量の低減量 ΔCO_{ad} を加算した値として、遅角要求低減量 ΔCO_{lag} の目標値を設定する。

【0080】

ステップS304では、遅角要求低減量 ΔCO_{lag} の目標値に基づいて圧縮比低減制御にかかる有効圧縮比の低減量 $\Delta \varepsilon_e$ が算出される。さらに、算出された有効圧縮比の低減量 $\Delta \varepsilon_e$ に基づいてIVC遅角量 ΔVT_{lag} が算出される。

20

【0081】

ステップS305では、EGR率低減制御及び圧縮比低減制御が実行される。EGR率低減制御の実行に際しては、ECU30が、EGR率が ΔR_g だけ低減するように、EGR装置25にEGR弁27の開度を減少させる。これにより、EGR率が R_2 から低減時目標EGR率(R_3)まで低下し、失火限界点火時期 ST_{mf} が ST_{mf2} から ST_{mf3} へと遅角側に移行する。

【0082】

また、圧縮比低減制御の実行に際しては、ECU30が、吸気側VV_T13にIVCをIVC遅角量 ΔVT_{lag} だけ遅角させる。これにより、遅角要求量 CO_{lag} が遅角要求低減量 ΔCO_{lag} だけ減少する。本実施例においては、本ステップにおいてEGR率低減制御を及び圧縮比低減制御を実行するECU30が本発明における先行制御手段に相当する。

30

【0083】

ステップS306では、設定値変更処理が実行される。すなわち、ノック回避点火時期 ST_{kcs} の設定値(ST_{kcs2})からEGR進角補正量の低減量 ΔCO_{ad} だけ遅角させ、且つ、遅角要求低減量 ΔCO_{lag} だけ進角させた値として設定変更時目標点火時期 ST_t が設定される。このときの設定変更時目標点火時期 ST_t は、EGR率の低減後における失火限界点火時期 ST_{mf} (ST_{mf3})と一致する。本実施例では、ステップS306の処理(設定値変更処理)を実行するECU30が本発明における設定変更手段に相当する。本ステップの処理が終了すると、ステップS107に進む。

40

【0084】

以上のように、本実施例にかかる制御によれば、EGR率低減制御においてEGR率を境界EGR率 R_{bo} より高く維持しつつ、且つ有効圧縮比を過度に低下させることなく、ノッキングの回避と内燃機関1の失火の抑制とを好適に抑制することができる。これにより、内燃機関1の燃費、燃焼効率を向上させることができる。

【0085】

また、本実施例では、EGR率の低減量 ΔR_g 及び有効圧縮比の低減量 $\Delta \varepsilon_e$ の調節方法において、EGR率の低減量 ΔR_g を優先的に設定しておき、設定変更時目標点火時期 ST_t (ST_t3)をEGR率の低減後における失火限界点火時期 ST_{mf} (ST_{mf3})

50

）に一致させるために必要な量として有効圧縮比の低減量 $\Delta \varepsilon_e$ を設定しているが、これらの調節方法については適宜変更することができる。例えば、有効圧縮比の低減量 $\Delta \varepsilon_e$ を優先的に設定し、設定変更時目標点火時期 ST_t (ST_t3) を EGR 率の低減後における失火限界点火時期 ST_{mf} ($ST_{mf}3$) に一致させるために必要な量として EGR 率の低減量 ΔR_g を設定することができる。

【0086】

また、本実施例に係る制御によれば、有効圧縮比の低減量 $\Delta \varepsilon_e$ を大きくするほど EGR 率の低減量 ΔR_g を小さくすることが可能となり、EGR 率の低減量 ΔR_g を大きくするほど有効圧縮比の低減量 $\Delta \varepsilon_e$ を小さくすることが可能となる。従って、EGR 率の低減量 ΔR_g 及び有効圧縮比の低減量 $\Delta \varepsilon_e$ の組み合わせの自由度を好適に高めることができる。例えば、ノッキングが検出されたときにおける内燃機関 1 の運転状態や運転条件などに基づき、双方の低減量を適宜調節しても良い。具体的には、内燃機関 1 の燃費を優先させたい条件下においては EGR 率の低減量 ΔR_g が少なくなるように調節し、内燃機関 1 の燃焼効率を優先させたい条件下においては有効圧縮比の低減量 $\Delta \varepsilon_e$ が少なくなるように調節することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0087】

【図 1】実施例 1 に係る内燃機関及びその吸排気系の概略構成を示す図である。

【図 2】実施例 1 における点火時期 ST 、ノック回避点火時期 ST_{kcs} 、失火限界点火時期 ST_{mf} の夫々と EGR 率との関係を示したマップである。

20

【図 3】実施例 1 における制御ルーチンを示したフローチャートである。

【図 4】実施例 2 に係る内燃機関及びその吸排気系の概略構成を示す図である。

【図 5】実施例 2 における点火時期 ST 、ノック回避点火時期 ST_{kcs} 、失火限界点火時期 ST_{mf} の夫々と EGR 率との関係を示したマップである。

【図 6】吸気側 VVT を作動させて有効圧縮比を低減させる方法を模式化した図である。

【図 7】実施例 2 における制御ルーチンを示したフローチャートである。

【図 8】実施例 3 における点火時期 ST 、ノック回避点火時期 ST_{kcs} 、失火限界点火時期 ST_{mf} の夫々と EGR 率との関係を示したマップである。

【図 9】実施例 3 に係る制御内容を説明するための説明図である。

【図 10】実施例 3 における制御ルーチンを示したフローチャートである。

30

【符号の説明】

【0088】

1・・・内燃機関

2・・・シリンダ

3・・・ピストン

6・・・燃焼室

5・・・吸気管

9・・・吸気弁

10・・・排気弁

13・・・可変動弁装置（吸気側 VVT）

40

15・・・点火プラグ

18・・・燃料噴射弁

19・・・吸気通路

20・・・排気通路

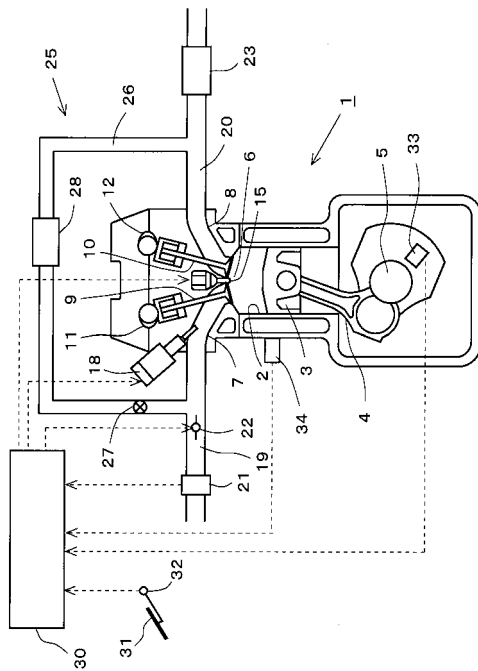
25・・・EGR 装置

27・・・EGR 弁

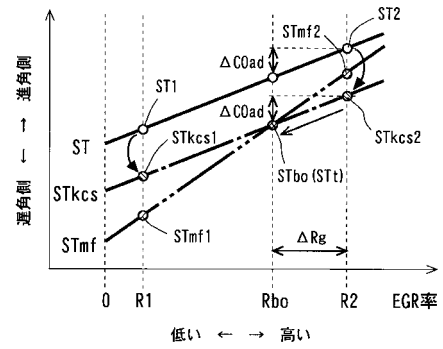
30・・・ECU

34・・・ノックセンサ

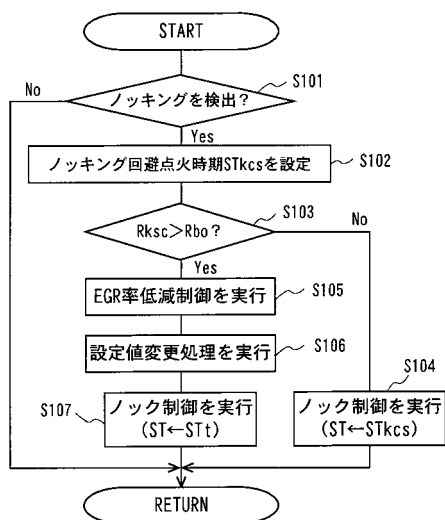
【図 1】



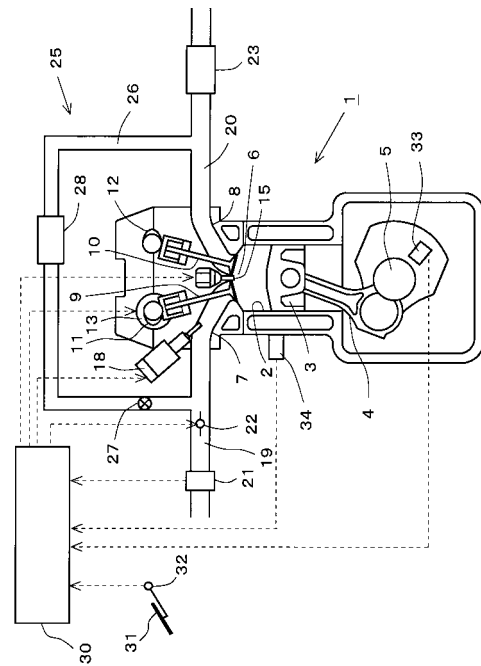
【図 2】



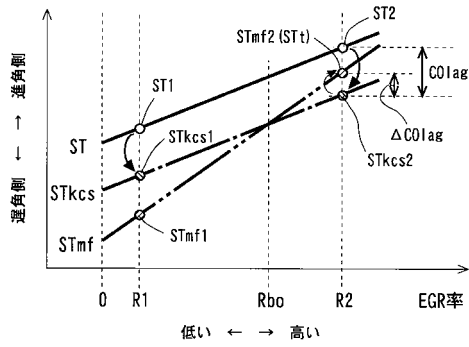
【図 3】



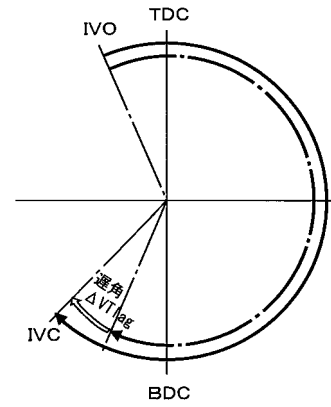
【図 4】



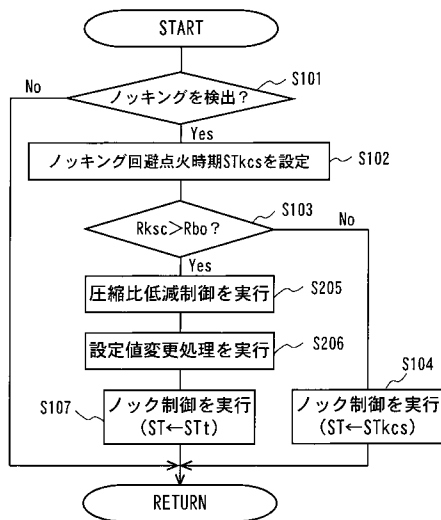
【図 5】



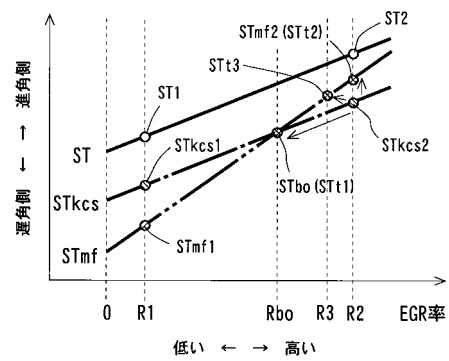
【図 6】



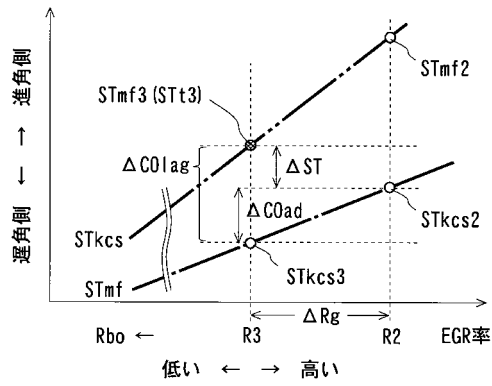
【図 7】



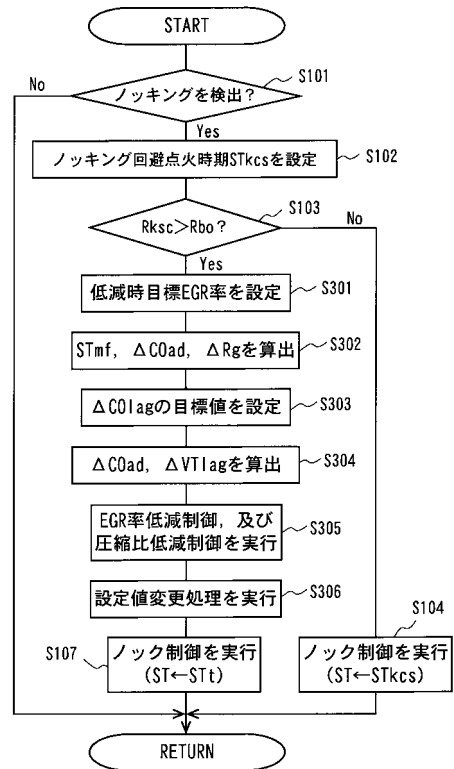
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)
F 0 2 P 5/15 D

(74)代理人 100143797

弁理士 宮下 文徳

(72)発明者 入澤 泰之

愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内

F ターム(参考) 3G022 AA10 DA01 DA02 EA02 FA06 GA01 GA05 GA06 GA08 GA13
3G384 BA22 BA24 BA26 BA27 DA55 EB03 EB04 EE31 FA01Z FA06Z
FA33Z FA56Z FA58Z