

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4285528号
(P4285528)

(45) 発行日 平成21年6月24日(2009.6.24)

(24) 登録日 平成21年4月3日(2009.4.3)

(51) Int.Cl.		F I		
FO2M 25/07	(2006.01)	FO2M 25/07	570D	
FO2D 21/08	(2006.01)	FO2M 25/07	570P	
FO2D 23/00	(2006.01)	FO2D 21/08	301D	
		FO2D 21/08	311B	
		FO2D 23/00	J	

請求項の数 3 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2006-300295 (P2006-300295)
 (22) 出願日 平成18年11月6日(2006.11.6)
 (65) 公開番号 特開2008-115780 (P2008-115780A)
 (43) 公開日 平成20年5月22日(2008.5.22)
 審査請求日 平成19年11月8日(2007.11.8)

(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 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内燃機関の排気再循環システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

内燃機関の吸気通路にコンプレッサを有し且つ前記内燃機関の排気通路にタービンを有するターボチャージャと、

前記タービンより上流の排気通路と前記コンプレッサより下流の吸気通路とを接続する高圧EGR通路を介して排気の一部を内燃機関に再循環させる高圧EGR手段と、

前記タービンより下流の排気通路と前記コンプレッサより上流の吸気通路とを接続する低圧EGR通路を介して排気の一部を内燃機関に再循環させる低圧EGR手段と、

前記高圧EGR通路に設けられ高圧EGR通路の流路断面積を変更する高圧EGR弁と、

前記低圧EGR通路に設けられ低圧EGR通路の流路断面積を変更する低圧EGR弁と、

内燃機関の運転状態に応じて定められる基本高圧EGR弁開度に前記高圧EGR弁の開度を制御するとともに、内燃機関の運転状態に応じて定められる基本低圧EGR弁開度に前記低圧EGR弁の開度を制御するEGR制御手段と、
 を備え、

前記EGR制御手段は、

内燃機関が燃料カット運転状態に移行する直前における内燃機関の運転状態に基づいて、燃料カット運転状態に移行した後における前記低圧EGR弁の開弁又は閉弁を制御し

燃料カット運転状態に移行する直前における内燃機関の運転状態と、燃料カット運転状態に移行した後における前記低圧 E G R 弁の開弁又は閉弁の制御状態と、に基づいて、燃料カット運転中に前記低圧 E G R 通路内に存在しているガスの特性を推定し、

内燃機関が燃料カット運転状態から復帰する時、燃料カット運転状態から復帰する直前に前記低圧 E G R 通路内に存在しているガスの前記推定された特性に基づいて前記基本高圧 E G R 弁開度を補正し、

内燃機関が燃料カット運転状態から復帰してから、燃料カット運転状態から復帰する直前に前記低圧 E G R 通路内に存在しているガスが全て内燃機関に吸入されるまでの所定期間、該補正後の開度に前記高圧 E G R 弁の開度を制御することを特徴とする内燃機関の排気再循環システム。

10

【請求項 2】

請求項 1 において、

前記 E G R 制御手段は、内燃機関が定常運転状態から前記燃料カット運転状態に移行する場合には、燃料カット運転中、前記低圧 E G R 弁を閉弁し、内燃機関が燃料カット運転状態から復帰後の前記所定期間中、前記定常運転状態に基づいて前記基本高圧 E G R 弁開度を補正し、該補正後の開度に前記高圧 E G R 弁を制御する内燃機関の排気再循環システム。

【請求項 3】

請求項 1 において、

前記 E G R 制御手段は、内燃機関が過渡運転状態から前記燃料カット運転状態に移行する場合には、燃料カット運転中、前記低圧 E G R 弁を開弁し、内燃機関が燃料カット運転状態から復帰後の前記所定期間中、前記基本高圧 E G R 弁開度と比較して開き側の開度に前記高圧 E G R 弁を制御する内燃機関の排気再循環システム。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内燃機関の排気再循環システムに関する。

【背景技術】

【0002】

内燃機関において燃料が燃焼する際に発生する窒素酸化物 (NO_x) の量を低減する技術として、排気の一部を吸気系に再循環させる排気再循環装置が知られている。

30

【0003】

また、より広い運転領域において E G R を実施可能にする技術として、ターボチャージャのタービンより上流の排気通路とターボチャージャのコンプレッサより下流の吸気通路とを接続する高圧 E G R 通路を介して排気の一部を内燃機関に再循環させる高圧 E G R 手段と、タービンより下流の排気通路とコンプレッサより上流の吸気通路とを接続する低圧 E G R 通路を介して排気の一部を内燃機関に再循環させる低圧 E G R 手段とを備え、内燃機関の運転状態に応じて高圧 E G R 手段と低圧 E G R 手段とを併用又は切り替えて排気を再循環させる排気再循環システムが提案されている (例えば特許文献 1 を参照)。

40

【特許文献 1】特開 2005 - 076456 号公報

【特許文献 2】特開 2004 - 027956 号公報

【特許文献 3】特開平 09 - 151761 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

一般に低圧 E G R 通路の配管経路が長いため、低圧 E G R 通路中に存在する排気量が比較的多い。そのため、内燃機関の運転状態が変化しても、変化前の運転状態において内燃機関から排出されて未だ低圧 E G R 通路中に残存している排気が全て内燃機関の気筒に吸入されるまでに比較的長い期間を要する。この期間中は、変化後の運転状態において内

50

燃機関から排出された排気とはその排気特性（排気成分濃度、温度等）が異なる排気が内燃機関に吸入されることになるため、吸気酸素濃度（又はEGR率）が所望の目標吸気酸素濃度（又は目標EGR率）からずれて排気エミッションの悪化や燃焼不良等を招く虞があった。

【0005】

本発明はこのような問題点に鑑みてなされたものであり、高圧EGR手段と低圧EGR手段とを併用する内燃機関の排気再循環システムにおいて、内燃機関の運転状態が変化する時における吸気酸素濃度の制御応答性を向上させ、エミッションの悪化や燃焼の不安定化を抑制する技術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】

10

【0006】

上記目的を達成するための本発明に係る内燃機関の排気再循環システムは、内燃機関の吸気通路にコンプレッサを有し且つ内燃機関の排気通路にタービンを有するターボチャージャと、タービンより上流の排気通路とコンプレッサより下流の吸気通路とを接続する高圧EGR通路を介して排気の一部を内燃機関に再循環させる高圧EGR手段と、タービンより下流の排気通路とコンプレッサより上流の吸気通路とを接続する低圧EGR通路を介して排気の一部を内燃機関に再循環させる低圧EGR手段と、高圧EGR通路に設けられ高圧EGR通路の流路断面積を変更する高圧EGR弁と、低圧EGR通路に設けられ低圧EGR通路の流路断面積を変更する低圧EGR弁と、内燃機関の運転状態に応じて定められる基本高圧EGR弁開度に高圧EGR弁の開度を制御するとともに、内燃機関の運転状態に応じて定められる基本低圧EGR弁開度に低圧EGR弁の開度を制御するEGR制御手段と、を備えている。

20

【0007】

ここで、「基本高圧EGR弁開度」とは、内燃機関の定常運転時に高圧EGR手段によって内燃機関に再循環する排気（以下「高圧EGRガス」という）の量が所定の基本高圧EGRガス量となるように予め定められる高圧EGR弁の開度の規定値であり、内燃機関の運転状態に応じて定まる。また、「基本低圧EGR弁開度」とは、内燃機関の定常運転時に低圧EGR手段によって内燃機関に再循環する排気（以下「低圧EGRガス」という）の量が所定の基本低圧EGRガス量となるように予め定められる低圧EGR弁の開度の規定値であり、内燃機関の運転状態に応じて定められる。

30

【0008】

なお、「基本高圧EGRガス量」及び「基本低圧EGRガス量」は、内燃機関の吸気酸素濃度が、排気エミッション、燃費特性、燃焼特性等の機関特性を最適化するように予め定められる目標吸気酸素濃度となるような高圧EGRガス量及び低圧EGRガス量の規定値であり、内燃機関の運転状態に応じて定められる。なお、基本高圧EGRガス量や基本低圧EGRガス量は、EGR率が目標EGR率になるように定められるものであっても良い。ここで、EGR率とは、内燃機関に吸入される吸気中に占める、排気再循環システムによって内燃機関に再循環する排気の割合である。

【0009】

内燃機関の定常運転時において高圧EGR弁の開度が基本高圧EGR弁開度に制御され、且つ、低圧EGR弁の開度が基本低圧EGR弁開度に制御されることで、高圧EGRガス量が基本高圧EGRガス量に制御され、且つ、低圧EGRガス量が基本低圧EGRガス量に制御される。これにより、上述したような各種機関特性に関して最適化された条件下で内燃機関の定常運転が行われることになる。

40

【0010】

そして、本発明の内燃機関の排気再循環システムは、前記EGR制御手段が、内燃機関が燃料カット運転状態に移行する直前における内燃機関の運転状態に基づいて、燃料カット運転状態に移行した後における前記低圧EGR弁の開弁又は閉弁を制御し、燃料カット運転状態に移行する直前における内燃機関の運転状態と、燃料カット運転状態に移行した後における前記低圧EGR弁の開弁又は閉弁の制御状態と、に基づいて、燃料カット運転中

50

に前記低圧 E G R 通路内に存在しているガスの特性を推定し、内燃機関が燃料カット運転状態から復帰する時、燃料カット運転状態から復帰する直前に低圧 E G R 通路内に存在しているガスの前記推定された特性に基づいて基本高圧 E G R 弁開度を補正し、内燃機関が燃料カット運転状態から復帰してから、燃料カット運転状態から復帰する直前に前記低圧 E G R 通路内に存在しているガスが全て内燃機関に吸入されるまでの所定期間、該補正後の開度に高圧 E G R 弁の開度を制御することを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

ここで、「排気特性」としては、例えば排気中の二酸化炭素等の不活性成分の濃度や排気温度等を例示できる。また、「所定期間」とは、内燃機関の運転状態が変化してから、高圧 E G R 弁開度を基本高圧 E G R 弁開度に制御し、且つ、低圧 E G R 弁開度を基本低圧 E G R 弁開度に制御した場合の吸気酸素濃度（又は E G R 率）が所望の目標吸気酸素濃度（又は目標 E G R 率）になるまでの期間である。すなわち、所定期間とは、低圧 E G R 通路中に残存している、変化前の運転状態において内燃機関から排出された排気（以下「残存低圧 E G R ガス」という）が、全て内燃機関に吸入され終わるまでの期間と言うこともできる。

10

【 0 0 1 2 】

本発明によれば、この所定期間中における高圧 E G R 弁の開度は、基本高圧 E G R 弁開度を残存低圧 E G R ガスの特性に基づいて補正した開度に制御される。すなわち、所定期間中、変化後の運転状態において内燃機関から排出される排気とは特性の異なる残存低圧 E G R ガスと、比較的応答性良く変化後の運転状態において内燃機関から排出される排気

20

【 0 0 1 3 】

これにより、吸気酸素濃度（又は E G R 率）が好適に目標吸気酸素濃度（又は目標 E G R 率）に制御されることになり、内燃機関の運転状態が変化する時の吸気酸素濃度（又は E G R 率）の制御応答性を向上させることができる。その結果、エミッションの悪化や燃焼の不安定化を好適に抑制することが可能になる。

【 0 0 1 4 】

本発明は、特に内燃機関が燃料カット運転状態から復帰する時の吸気酸素濃度（又は E G R 率）の制御に適用して好適である。

30

【 0 0 1 5 】

その場合、E G R 制御手段は、内燃機関が燃料カット運転状態に移行する直前における内燃機関の運転状態に基づいて、燃料カット運転中の残存低圧 E G R ガスの特性を推定することができる。

【 0 0 1 6 】

例えば、内燃機関が定常運転状態から燃料カット運転状態に移行する場合には、燃料カット運転状態への移行時点から燃料カット運転状態から復帰するまでの燃料カット運転中、低圧 E G R 弁を閉弁し、内燃機関が燃料カット運転状態から復帰した時点から前記所定期間中、前記定常運転状態に基づいて基本高圧 E G R 弁開度を補正し、該補正後の開度に高圧 E G R 弁を制御するようにしてもよい。

40

【 0 0 1 7 】

燃料カット運転状態に移行する直前の内燃機関の運転状態が定常運転状態である場合、内燃機関から排出されて排気系に存在する排気特性は、排気の流通経路全体に亘って略一様である。従って、定常運転状態から燃料カット運転状態に移行した時点で低圧 E G R 弁を閉弁することによって、低圧 E G R 通路全体に亘って略一様の特性を有する排気を低圧 E G R 通路中に残留させることができる。

【 0 0 1 8 】

定常運転状態の内燃機関から排出される排気特性は定常運転状態に基づいて推定することができる。従って、内燃機関が燃料カット運転状態から復帰後に低圧 E G R 手段によ

50

って排気の再循環を行った時に、燃料カット運転状態から復帰後の運転状態において内燃機関から排出される排気とは排気特性の異なる排気ではあるが推定によってその特性が既知である排気を、低圧EGRガスとして内燃機関に再循環させることができる。

【0019】

よって、この既知の排気特性に基づいて、該既知の特性を有する低圧EGRガスと燃料カットから復帰後の運転状態に対応する特性を有する高圧EGRガスとが内燃機関に再循環した場合に、吸気酸素濃度（又はEGR率）が目標吸気酸素濃度（又は目標EGR率）となるように、高圧EGR弁開度及び低圧EGR弁開度を制御することができる。その結果、内燃機関が燃料カット運転状態から復帰後の前記所定期間中における吸気酸素濃度（又はEGR率）の制御応答性を好適に向上させることが可能になる。

10

【0020】

一方、燃料カット運転状態に移行する直前の内燃機関の運転状態が過渡運転状態である場合、内燃機関の運転状態は時間変動するため、内燃機関から排出されて排気系に存在する排気の特性は、排気の流通経路上の位置によって異なる特性を有する。よって、燃料カット運転中に低圧EGR弁を閉弁して過渡運転状態の内燃機関から排出された排気を低圧EGR通路に残留させても、燃料カット運転状態からの復帰後に既知の特性を有する排気を低圧EGRガスとして内燃機関に再循環させることは困難である。

【0021】

そこで、内燃機関が過渡運転状態から燃料カット運転状態に移行する場合には、燃料カット運転状態への移行時点から燃料カット運転状態から復帰するまでの燃料カット運転中、低圧EGR弁を開弁し、内燃機関が燃料カット運転状態から復帰した時点から前記所定期間中、基本高圧EGR弁開度と比較して開き側の開度に高圧EGR弁を制御するようにしてもよい。

20

【0022】

こうすることで、燃料カット運転中に低圧EGR通路内に残留している排気は吸気系に放逐され、代わりに新気が低圧EGR通路に流入することになる。新気の特性は既知であるから、内燃機関が燃料カット運転状態から復帰後にその特性が既知であるガス（すなわち新気）を低圧EGRガスとして内燃機関に再循環させることができる。

【0023】

よって、この既知の新気の特性にに基づいて、該既知の特性を有する低圧EGRガス（実際には新気）と燃料カットから復帰後の運転状態に対応する特性を有する高圧EGRガスとが内燃機関に再循環した場合に、吸気酸素濃度（又はEGR率）が目標吸気酸素濃度（又は目標EGR率）となるように、前記所定期間中の高圧EGR弁開度及び低圧EGR弁開度を制御することができる。この場合、前記所定期間中は実質的に高圧EGR手段のみで目標吸気酸素濃度（又は目標EGR率）の達成を図ることになる。その結果、内燃機関が燃料カット運転状態から復帰後の前記所定期間中における吸気酸素濃度（又はEGR率）の制御応答性を好適に向上させることが可能になる。

30

【0024】

なお、上記各構成は、可能な限り組み合わせ採用し得る。

【発明の効果】

40

【0025】

本発明により、高圧EGR手段と低圧EGR手段とを併用する内燃機関の排気再循環システムにおいて、内燃機関の運転状態が変化する時における吸気酸素濃度の制御応答性を向上させ、エミッションの悪化や燃焼の不安定化を抑制することが可能になる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0026】

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。本実施例に記載されている構成部品の寸法、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のみ限定する趣旨のものではない。

50

【実施例 1】

【0027】

図1は、本実施例の内燃機関の排気再循環システムを適用する内燃機関の吸気系、排気系、及び制御系の概略構成を模式的に示す図である。図1に示す内燃機関1は4つの気筒2を有する水冷式4サイクルディーゼルエンジンである。

【0028】

内燃機関1の気筒2には、吸気マニホールド17及び排気マニホールド18が接続されている。吸気マニホールド17には吸気管3が接続されている。吸気マニホールド17の上流の吸気管3には、吸気管3の流路断面積を変更することで吸気管3を流れる吸気の流量を調節可能な第2吸気絞り弁9が設けられている。第2吸気絞り弁9は、電動アクチュエータによって開閉される。第2吸気絞り弁9より上流の吸気管3には吸気を冷却するインタークーラ8が設けられている。インタークーラ8より上流の吸気管3には、排気のエネルギーを駆動源として作動するターボチャージャのコンプレッサ11が設けられている。コンプレッサ11より上流の吸気管3には、吸気管3の流路断面積を変更することで吸気管3を流れる吸気の流量を調節可能な第1吸気絞り弁6が設けられている。第1吸気絞り弁6は、電動アクチュエータによって開閉される。

【0029】

一方、排気マニホールド18には排気管4が接続されている。排気管4の途中には、ターボチャージャのタービン12が設けられている。このターボチャージャは、タービン12の排気流量特性を変更可能なノズルベーン5を有する可変容量型のターボチャージャである。タービン12より下流の排気管4には、排気浄化装置10が設けられている。排気浄化装置10は、パティキュレートフィルタ(以下「フィルタ」という)13を有して構成されている。フィルタ13には吸蔵還元型NOx触媒(以下「NOx触媒」という)が担持されている。排気がフィルタ13を通過することで、排気中に含まれる粒子状物質が捕集されるとともに、排気が酸化雰囲気の時には排気中のNOxが吸蔵される。排気浄化装置10より下流の排気管4には、排気管4の流路断面積を変更することで排気管4を流れる排気の流量を調節可能な排気絞り弁19が設けられている。排気絞り弁19は、電動アクチュエータによって開閉される。なお、本実施例では排気絞り弁19は排気浄化装置10の直下流の排気管4に設けられているが、後述する低圧EGR通路31の接続部より下流の排気管4に設けることもできる。排気絞り弁19を絞ることでフィルタ13の温度を昇温させることができ、フィルタ13に捕集された粒子状物質を酸化除去したり、NOx触媒に吸蔵されたNOxを還元したりすることができる。

【0030】

内燃機関1には、排気管4を流れる排気の一部を低圧で吸気管3へ導き気筒2に再循環させる低圧EGR装置30が備えられている。低圧EGR装置30は、低圧EGR通路31、低圧EGR弁32、及び低圧EGRクーラ33を有して構成されている。低圧EGR通路31は、排気絞り弁19より下流の排気管4と、コンプレッサ11より上流且つ第1吸気絞り弁6より下流の吸気管3とを接続している。低圧EGR通路31を通過して排気が低圧で吸気管3へ導かれる。本実施例では、低圧EGR通路31を経由して気筒2に再循環する排気を低圧EGRガスと称している。

【0031】

低圧EGR弁32は、低圧EGR通路31の流路断面積を変更することにより低圧EGR通路31を流れる排気の量を変更可能な流量調節弁である。低圧EGRガスの調量は低圧EGR弁32の開度を調節することによって行われる。なお、低圧EGRガスの調量は低圧EGR弁32の開度調節以外の方法によって行うこともできる。例えば、第1吸気絞り弁6の開度を調節することによって低圧EGR通路31の上流と下流との差圧を変化させることによっても低圧EGRガスを調節することができる。

【0032】

低圧EGRクーラ33は、低圧EGRクーラ33を通過する低圧EGRガスと内燃機関1を冷却する冷却水との間で熱交換をすることで低圧EGRガスを冷却する。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 3 】

また、内燃機関 1 には、排気管 4 を流れる排気の一部を高圧で吸気管 3 へ導き気筒 2 に再循環させる高圧 E G R 装置 4 0 が備えられている。高圧 E G R 装置 4 0 は、高圧 E G R 通路 4 1 及び高圧 E G R 弁 4 2 を有して構成されている。高圧 E G R 通路 4 1 は、タービン 1 2 より上流の排気管 4 と第 2 吸気絞り弁 9 より下流の吸気管 3 とを接続している。高圧 E G R 通路 4 1 を通って排気が高圧で吸気管 3 へ導かれる。本実施例では、高圧 E G R 通路 4 1 を経由して気筒 2 に再循環する排気を高圧 E G R ガスと称している。

【 0 0 3 4 】

高圧 E G R 弁 4 2 は、高圧 E G R 通路 4 1 の流路断面積を変更することにより高圧 E G R 通路 4 1 を流れる排気の量を変更可能な流量調節弁である。高圧 E G R ガスの調量は高圧 E G R 弁 4 2 の開度を調節することによって行われる。なお、高圧 E G R ガスの調量は高圧 E G R 弁 4 2 の開度調節以外の方法によって行うこともできる。例えば、第 2 吸気絞り弁 9 の開度を調節することによって高圧 E G R 通路 4 1 の上流と下流との差圧を変化させることによって高圧 E G R ガス量を調節することができる。また、ノズルベーン 5 の開度を調節することによっても高圧 E G R ガス量を調節することができる。

【 0 0 3 5 】

内燃機関 1 には、機関の制御を行う電子制御装置 (E C U) 2 0 が併設されている。 E C U 2 0 は、リードオンリーメモリ (R O M)、ランダムアクセスメモリ (R A M)、中央演算装置 (C P U)、入出力ポート、デジタルアナログコンバータ (D A コンバータ)、アナログデジタルコンバータ (A D コンバータ) 等を双方向バスで接続した公知の構成を有するマイクロコンピュータとして構成されている。

【 0 0 3 6 】

E C U 2 0 は、内燃機関 1 の運転状態や運転者による要求に応じて燃料噴射制御等のディーゼルエンジンにおいて既知の諸基本制御を行う。そのために、本実施例における内燃機関 1 には、吸気管 3 に流入する新気の流量を検出するエアフローメータ 7、内燃機関 1 の冷却水の温度を検出する水温センサ 1 4、運転者によるアクセルペダルの踏み込み量 (アクセル開度) を検出するアクセル開度センサ 1 5、内燃機関 1 のクランクシャフトの回転位相 (クランク角度) を検出するクランクポジションセンサ 1 6、その他ディーゼルエンジンが一般的に備えているセンサ類 (図示省略) が設けられている。

【 0 0 3 7 】

これらのセンサは電気配線を介して E C U 2 0 に接続され、各センサからの出力信号が E C U 2 0 に入力されるようになっている。また、 E C U 2 0 には、第 1 吸気絞り弁 6、第 2 吸気絞り弁 9、排気絞り弁 1 9、低圧 E G R 弁 3 2、高圧 E G R 弁 4 2 を駆動するための駆動装置等の機器が電気配線を介して接続され、 E C U 2 0 から出力される制御信号に従ってこれらの機器が制御される。

【 0 0 3 8 】

E C U 2 0 は、各センサによる検出値に基づいて内燃機関 1 の運転状態や運転者の要求を把握する。例えば、 E C U 2 0 はクランクポジションセンサ 1 6 から入力されるクランク角度から算出する機関回転数と、アクセル開度センサ 1 5 から入力されるアクセル開度から算出する機関負荷とに基づいて内燃機関 1 の運転状態を検出する。そして、検出した機関運転状態や運転者の要求に基づいて低圧 E G R 弁 3 2 や高圧 E G R 弁 4 2 等を制御し、 E G R ガス量や吸入空気量の制御を行う。

【 0 0 3 9 】

次に、 E C U 2 0 によって行われる E G R 制御について説明する。

【 0 0 4 0 】

本実施例の排気再循環システムでは、 N O x 排出量が所定の目標値を満たすように、内燃機関 1 の運転状態毎に E G R 率の目標値 (以下「目標 E G R 率」という) が求められている。そして、高圧 E G R 装置 4 0 及び低圧 E G R 装置 3 0 を併用して E G R を行うことで目標 E G R 率を達成し、且つ、 E G R の実施に起因する燃料消費量や燃焼特性等の機関特性が所定の要求を満足するために最適な高圧 E G R ガス量及び低圧 E G R ガス量の組み

10

20

30

40

50

合わせ（又は全EGRガスにおける高圧EGRガス及び低圧EGRガスの分配比率）が求められ、基本高圧EGRガス量及び基本低圧EGRガス量としてECU20のROMに記憶される。ここで、EGR率とは、吸気中に占める全EGRガス（高圧EGRガスと低圧EGRガスとの合計）の割合であり、吸入空気量をGcy1、エアフローメータ7で測定される新気量をGnとすれば、 $EGR率 = (Gcy1 - Gn) / Gcy1$ で求められる。

【0041】

そして、内燃機関1の定常運転時において低圧EGRガス量を基本低圧EGRガス量とするような低圧EGR弁32の開度として基本低圧EGR弁開度が求められ、また、内燃機関1の定常運転時において高圧EGRガス量を基本高圧EGRガス量とするような高圧EGR弁42の開度として基本高圧EGR弁開度が求められ、それぞれECU20のROMに記憶される。

10

【0042】

ECU20は、内燃機関1の運転状態に応じてROMから基本低圧EGR弁開度及び基本高圧EGR弁開度を読み込み、低圧EGR弁32の開度が基本低圧EGR弁開度となるように低圧EGR弁32を制御するとともに、高圧EGR弁42の開度が基本高圧EGR弁開度となるように高圧EGR弁42を制御する。

【0043】

図2は、内燃機関1の運転状態の領域毎に定められた、低圧EGR装置30及び高圧EGR装置40の切り替えパターンを示す図である。図2の横軸は内燃機関1の機関回転数を表し、縦軸は内燃機関1の機関負荷を表している。図2に示すように、内燃機関1が低負荷の運転状態では高圧EGR装置40のみを用いてEGRを行う。この領域をHPL領域という。また、内燃機関1が中負荷の運転状態では高圧EGR装置40及び低圧EGR装置30を併用してEGRを行う。この領域をMIX領域という。また、内燃機関1が高負荷の運転状態では低圧EGR装置30のみを用いてEGRを行う。この領域をLPL領域という。LPL領域より高負荷側の運転状態ではEGRは行われぬ。

20

【0044】

このように、内燃機関1の運転状態に応じて低圧EGR装置40及び高圧EGR装置30を併用或いは切り替えてEGRを行うことによって、広い運転領域においてEGRを実施し、NOxの発生量を低減することができる。

【0045】

ここで、高圧EGRガスは排気マニホールド18近傍と吸気マニホールド17近傍とを接続する比較的経路長の短い高圧EGR通路41を流通して内燃機関1に再循環するため、高圧EGR弁42の開度の変更に対する高圧EGRガス量の変化の応答性が速い。また、内燃機関1の運転状態がある運転状態（第1運転状態とする）から異なる運転状態（第2運転状態とする）に変化する時、高圧EGR通路41中の高圧EGRガスは、比較的短時間で、第1運転状態の内燃機関1から排出された排気から、第2運転状態の内燃機関1から排出される排気に入れ替わる。

30

【0046】

一方、低圧EGRガスの流通経路上には、経路長の長い低圧EGR通路31、流路容積の大きい低圧EGRクーラ33やインタークーラ8等が存在するため、低圧EGR弁32の開度の変更に対する低圧EGRガス量の変化の応答性が遅い。また、内燃機関1の運転状態が上記と同様に変化するとき、第1運転状態において内燃機関1から排出されて低圧EGR通路31に流入し、未だに吸気管3に流入せず低圧EGR通路31中に残存している低圧EGRガス（以下「残存低圧EGRガス」という）が多く存在する。そのため、残存低圧EGRガスが全て内燃機関1に再循環し、第2運転状態の内燃機関1から排出される排気が低圧EGRガスとして内燃機関1に再循環するようになるまでに要する期間（以下「低圧EGRガス入れ替わり期間」という）が比較的長い。

40

【0047】

低圧EGRガス入れ替わり期間中に内燃機関1に再循環する残存低圧EGRガスは、その成分濃度が第2運転状態の内燃機関1から排出される排気とは異なるため、内燃機関1

50

の運転状態が上記と同様に变化する時、低圧EGR弁32を第2運転状態に対応する基本低圧EGR弁開度に制御しても、低圧EGRガスによるEGR率への寄与が想定より過剰又は過少となる可能性がある。その場合、低圧EGRガス入れ替わり期間中のEGR率が第2運転状態に対応する目標EGR率と一致しなくなり、NOx排出量の増大や燃焼の不安定化の原因となる虞があった。

【0048】

そこで、本実施例の排気再循環システムでは、内燃機関1の運転状態が第1運転状態から第2運転状態に変化する際の上記低圧EGRガス入れ替わり期間中において、高圧EGR弁42の開度を基本高圧EGR弁開度から変化させることによって、残存低圧EGRガスが内燃機関1に再循環することに起因するEGR率のずれを補正するようにした。

10

【0049】

詳細には、残存低圧EGRガスの成分濃度(二酸化炭素濃度、酸素濃度等)を第1運転状態に係る運転パラメータ(機関回転数、機関負荷等)に基づいて推定するとともに、低圧EGRガス入れ替わり期間において、該推定された成分濃度の残存低圧EGRガスを低圧EGR装置30によって内燃機関1に再循環させ、且つ第2運転状態の内燃機関1から排出される排気を高圧EGR装置40によって内燃機関1に再循環させた場合のEGR率が、第2運転状態に対応する目標EGR率となるように、高圧EGR弁開度を求める。

【0050】

これにより、低圧EGRガス入れ替わり期間中におけるEGR率を好適に目標EGR率に制御することができるので、内燃機関1の運転状態が変化した直後におけるNOx排出量の増大や燃焼の不安定化を抑制することができる。

20

【0051】

以下、上記EGR制御を内燃機関1が燃料カット運転状態(無負荷運転状態)から復帰する場合に適用した実施例について図3を参照して説明する。図3は、内燃機関1が燃料カット運転状態から復帰する時に実行されるEGR制御ルーチンを示すフローチャートである。このルーチンはECU20のROMに予め記憶されたコンピュータプログラムであり、内燃機関1の運転中所定期間毎に実行される。

【0052】

このEGR制御ルーチンが実行されると、まずECU20は内燃機関1の運転状態を検出する(ステップS301)。具体的には、クランクポジションセンサ16によって検出されるクランク角度から機関回転数を算出するとともに、アクセル開度センサ15によって検出されるアクセル開度から機関負荷を算出する。

30

【0053】

ステップS301において検出した内燃機関1の運転状態が燃料カット運転を行うべき運転領域に属する運転状態である場合には、ECU20は、内燃機関1を燃料カット運転に移行させる(ステップS302)。

【0054】

ここで、燃料カット運転に移行する直前における内燃機関1の運転状態が定常運転状態であったか過渡運転状態であったかを判定する(ステップS303)。

【0055】

ステップS303において肯定判定された場合には、ECU20は低圧EGR弁32を全閉にする(ステップS304)。すなわち、燃料カット運転状態に移行する直前の内燃機関1が定常運転を行っていた場合には、燃料カット運転に移行すると同時に低圧EGR弁32を閉弁する。これにより、該定常運転中に内燃機関1から排出された排気が残留低圧EGRガスとして低圧EGR通路31中に一様に残留することになる

40

【0056】

一方、ステップS303において否定判定された場合には、ECU20は低圧EGR弁32を全開にする(ステップS305)。すなわち、燃料カット運転状態に移行する直前の内燃機関1が過渡運転を行っていた場合には、燃料カット運転に移行すると同時に低圧EGR弁32を開弁する。この時、第1吸気絞り弁6及び第2吸気絞り弁9を開弁にする

50

。これにより、該過渡運転中の内燃機関1から排出されて低圧EGR通路31中に残留していた非一様の未知の二酸化炭素濃度の排気は、燃料カット運転中に吸入され吸排気系を流通する空気によって低圧EGR通路31から追い出される。これにより、燃料カット運転中に吸入される空気が残留低圧EGRガスとして低圧EGR通路31中に一様に残留することになる。

【0057】

その後、内燃機関1を燃料カット運転から復帰させる条件が成立した時、ECU20は燃料噴射を再開して内燃機関1を燃料カット運転状態から復帰させる(ステップ306)。そして、ECU20は、復帰後の運転状態に応じてROMから基本高圧EGR弁開度及び基本低圧EGR弁開度を読み込む(ステップS307)。

10

【0058】

さらに、ECU20は、EGR率が復帰後の運転状態に対応する目標EGR率になるように、ステップS307で読み込んだ基本高圧EGR弁開度を補正する(ステップS308)。

【0059】

具体的には、燃料カットに移行する直前の内燃機関1の運転状態が定常運転状態だった場合には、該定常運転状態に係る運転パラメータ(機関回転数、機関負荷)に基づいて残存低圧EGRガス(この場合定常運転時に排出された排気)の二酸化炭素濃度を推定する。そして、低圧EGRガス入れ替わり期間において、該推定された二酸化炭素濃度の残存低圧EGRガスを低圧EGR装置30によって内燃機関1に再循環させ、且つ燃料カットから復帰後の運転状態の内燃機関1から排出される排気を高圧EGR装置40によって内燃機関1に再循環させた場合のEGR率が、復帰後の運転状態に対応する目標EGR率となるように、基本高圧EGR弁開度を補正する。

20

【0060】

また、燃料カットに移行する直前の内燃機関1の運転状態が過渡運転状態だった場合には、燃料カット運転中に吸入される空気の二酸化炭素濃度(又は酸素濃度)を検出又は推定する。そして、低圧EGRガス入れ替わり期間において、該空気を低圧EGR装置30によって内燃機関1に再循環させ、且つ燃料カットから復帰後の運転状態の内燃機関1から排出される排気を高圧EGR装置40によって内燃機関1に再循環させた場合のEGR率が、復帰後の運転状態に対応する目標EGR率となるように、基本高圧EGR弁開度を補正する。この場合は、換言すれば、目標EGR率を高圧EGRガスのみで達成可能なように高圧EGR弁42の開度が求められることになる。

30

【0061】

そして、ECU20は、ステップS307で読み込まれた基本低圧EGR弁開度になるように低圧EGR弁32を制御するとともに、ステップS308で求められた高圧EGR弁開度になるように高圧EGR弁42を制御する(ステップS309)。

【0062】

ECU20は、ステップS309のように高圧EGR弁42及び低圧EGR弁32が制御された状態を低圧EGRガス入れ替わり期間中に亘って継続させる。ここで、低圧EGRガス入れ替わり期間は、復帰後の運転状態における低圧EGRガス流量と、低圧EGR通路31の容積や形状等に基づいて求められる。

40

【0063】

そして、内燃機関1が燃料カットから復帰後低圧EGRガス入れ替わり期間が経過した時点で(ステップS310)、ECU20は高圧EGR弁42を基本高圧EGR弁開度に制御するとともに、低圧EGR弁32を基本低圧EGR弁開度に制御する(ステップS311)。

【0064】

ECU20がこのEGR制御ルーチンを実行することにより、内燃機関1が燃料カット運転状態から復帰した後の低圧EGRガス入れ替わり期間中におけるEGR率を復帰後の運転状態に対応する目標EGR率に制御することができ、該期間中のNOx排出量の増大

50

や燃焼の不安定化を好適に抑制することが可能になる。

【 0 0 6 5 】

図 4 は、内燃機関 1 が定常運転状態（以下これを第 1 運転状態とする）から燃料カット運転状態に移行し、該燃料カット運転状態から復帰する場合に上記 EGR 制御ルーチンを実行した時の燃料噴射量、EGR 率、高圧 EGR 弁開度、高圧 EGR ガスの二酸化炭素濃度、低圧 EGR 弁開度、低圧 EGR ガスの二酸化炭素濃度の時間推移を示すタイムチャートである。以下の説明では、燃料カットから復帰後の運転状態を第 2 運転状態とする。

【 0 0 6 6 】

図 4 (A) に示すように、内燃機関 1 が第 1 運転状態中（時刻 t_1 以前）は燃料噴射量は Q_1 で略一定であり、内燃機関 1 は定常運転を行っている。そして、時刻 t_1 において内燃機関 1 は無負荷状態となり、燃料噴射量が 0 に制御され、燃料カット運転状態に移行する。

【 0 0 6 7 】

この時、図 4 (C)、(E) に示すように、高圧 EGR 弁開度及び低圧 EGR 弁開度とともに全閉にされる。これにより、図 4 (D)、(F) に示すように、高圧 EGR ガス及び低圧 EGR ガスの二酸化炭素濃度は、第 1 運転状態における内燃機関 1 から排出される排気の二酸化炭素濃度 (N_1) に維持される。

【 0 0 6 8 】

そして、時刻 t_2 において燃料カットからの復帰条件が成立し、内燃機関 1 は第 2 運転状態に移行し、燃料噴射量 Q_2 で燃料噴射が開始される。この時、高圧 EGR 弁 4 2 及び低圧 EGR 弁 3 2 をそれぞれ第 2 運転状態に対応した基本高圧 EGR 弁開度 B_{H2} 及び基本低圧 EGR 弁開度 B_{L2} に制御した場合、図 4 (D) に示すように、高圧 EGR ガスの二酸化炭素濃度は、第 2 運転状態の内燃機関 1 から排出された排気の二酸化炭素濃度 N_2 に応答性良く変化するのに対し、図 4 (F) に示すように、低圧 EGR ガスの二酸化炭素濃度は、残留低圧 EGR ガスが全て内燃機関 1 に再循環し切るまでの期間（時刻 t_3 までの期間）は、残留低圧 EGR ガスの二酸化炭素濃度、すなわち第 1 運転状態の内燃機関 1 から排出された排気の二酸化炭素濃度 N_1 から変化しない。

【 0 0 6 9 】

そのため、燃料カットからの復帰時（時刻 t_2 ）において高圧 EGR 弁 4 2 及び低圧 EGR 弁 3 2 をそれぞれ第 2 運転状態に対応する基本高圧 EGR 弁開度 B_{H2} 及び基本低圧 EGR 弁開度 B_{L2} に制御しても、EGR 率は第 2 運転状態に対応する目標 EGR 率 R_{egr2} に満たなくなる。

【 0 0 7 0 】

それに対し、上記の EGR 制御によれば、図 4 (C) に示すように、時刻 $t_2 \sim t_3$ の低圧 EGR ガス入れ替わり期間中において高圧 EGR 弁 4 2 の開度を第 2 運転状態に対応する基本高圧 EGR 弁開度 B_{H2} より開き側の開度 B_{H2t} に補正される。この補正量は、定常運転状態である第 1 運転状態に係る運転パラメータ（機関回転数、機関負荷）に基づいて推定可能な第 1 運転状態における内燃機関 1 から排出された排気の二酸化炭素濃度 N_1 に応じて、予め定められたモデル計算又はマップにより求められる。

【 0 0 7 1 】

これにより、低圧 EGR ガス入れ替わり期間中における低圧 EGR ガスの二酸化炭素濃度が第 2 運転状態の内燃機関 1 から排出される排気の二酸化炭素濃度 N_2 より低いことに起因する EGR 率の過少分を相殺することができ、図 4 (B) に示すように、低圧 EGR ガス入れ替わり期間中においても、EGR 率が第 2 運転状態に対応する目標 EGR 率 R_{egr2} に好適に制御することができる。

【 0 0 7 2 】

なお、低圧 EGR ガス入れ替わり期間 $t (= t_3 - t_2)$ は、低圧 EGR 通路 3 1 の容積や低圧 EGR ガス流量に基づいて計算することができる。

【 0 0 7 3 】

図 5 は、内燃機関 1 が過渡運転状態（以下これは第 1 運転状態とする）から燃料カット

10

20

30

40

50

運転状態に移行し、該燃料カット運転状態から復帰する場合に上記 EGR 制御ルーチンを実行した時の燃料噴射量、EGR 率、高圧 EGR 弁開度、高圧 EGR ガスの二酸化炭素濃度、低圧 EGR 弁開度、低圧 EGR ガスの二酸化炭素濃度の時間推移を示すタイムチャートである。以下の説明では、燃料カットからの復帰後の運転状態を第 2 運転状態とする。

【0074】

図 5 (A) に示すように、内燃機関 1 が第 1 運転状態中 (時刻 t_1 以前) は過渡運転状態であるので、燃料噴射量は時間変動している。そして、時刻 t_1 において内燃機関 1 は無負荷状態となり、燃料噴射量が 0 に制御され、燃料カット運転状態に移行する。

【0075】

この時、図 5 (C) に示すように、高圧 EGR 弁開度は全閉にされる。これにより、図 5 (D) に示すように、高圧 EGR ガスの二酸化炭素濃度は、第 1 運転状態から燃料カット運転状態に移行した時点において内燃機関 1 から排出された排気の二酸化炭素濃度に維持される。また、低圧 EGR 弁開度は、図 5 (E) に示すように全開にされる。これにより、燃料カット時に吸入されて吸気管 3 や排気管 4 を (燃焼することなく単に) 流通する空気が低圧 EGR 通路 3 1 に流入し、第 1 運転状態中に低圧 EGR 通路 3 1 に残留していた排気を低圧 EGR 通路 3 1 から追い出すので、図 5 (F) に示すように、低圧 EGR ガスの二酸化炭素濃度は、吸入空気の二酸化炭素濃度に略等しくなる。これにより、過渡運転中の二酸化炭素濃度を推定することが困難な排気ではなく、二酸化炭素濃度が既知のガスである空気が低圧 EGR 通路 3 1 に残留することになる。

【0076】

そして、時刻 t_2 において燃料カットからの復帰条件が成立し、内燃機関 1 は第 2 運転状態に移行し、燃料噴射量 Q_2 で燃料噴射が開始される。この時、高圧 EGR 弁 4 2 及び低圧 EGR 弁 3 2 をそれぞれ第 2 運転状態に対応した基本高圧 EGR 弁開度 B_{H2} 及び基本低圧 EGR 弁開度 B_{L2} に制御した場合、図 5 (D) に示すように、高圧 EGR ガスの二酸化炭素濃度は、第 2 運転状態の内燃機関 1 から排出された排気の二酸化炭素濃度 N_2 に応答性良く変化するのに対し、図 5 (F) に示すように、低圧 EGR ガスの二酸化炭素濃度は、残留低圧 EGR ガス (この場合空気) が全て内燃機関 1 に再循環し切るまでの期間 (時刻 t_3 までの期間) は、残留低圧 EGR ガスの二酸化炭素濃度、すなわち空気の二酸化炭素濃度 (略零) から変化しない。

【0077】

そのため、燃料カットからの復帰時 (時刻 t_2) において高圧 EGR 弁 4 2 及び低圧 EGR 弁 3 2 をそれぞれ第 2 運転状態に対応する基本高圧 EGR 弁開度 B_{H2} 及び基本低圧 EGR 弁開度 B_{L2} に制御しても、EGR 率は第 2 運転状態に対応する目標 EGR 率 R_{egr2} に満たなくなる。

【0078】

それに対し、上記の EGR 制御によれば、図 5 (C) に示すように、時刻 $t_2 \sim t_3$ の低圧 EGR ガス入れ替わり期間中において高圧 EGR 弁 4 2 の開度を第 2 運転状態に対応する基本高圧 EGR 弁開度 B_{H2} より開き側の開度 B_{H3} に補正される。この補正量は、高圧 EGR 弁 4 2 を補正開度 B_{H3} に制御することによって、第 2 運転状態に対応する目標 EGR 率 R_{egr2} を高圧 EGR ガスのみで達成可能なように計算される。このように、燃料カット中に、残留低圧 EGR ガスを、濃度不詳の過渡運転時の排気から濃度既知の空気に入れ替えたため、容易かつ精度良く補正開度 B_{H3} を計算することが可能となっている。

【0079】

これにより、図 5 (B) に示すように、低圧 EGR ガス入れ替わり期間中においても、EGR 率が第 2 運転状態に対応する目標 EGR 率 R_{egr2} に好適に制御することができる。

【0080】

なお、低圧 EGR ガス入れ替わり期間 $t (= t_3 - t_2)$ は、低圧 EGR 通路 3 1 の容積や低圧 EGR ガス流量に基づいて計算することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 1 】

以上述べた実施例は本発明を説明するための一例であって、本発明の本旨を逸脱しない範囲内において上記各実施例は組み合わせたり変更を加えることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 8 2 】

【 図 1 】 実施例 1 における E G R 制御を適用する内燃機関とその吸排気系の概略構成を示す図である。

【 図 2 】 実施例 1 における高圧 E G R 装置と低圧 E G R 装置との切り替えパターンを示す図である。

【 図 3 】 実施例 1 における E G R 制御ルーチンを示すフローチャートである。

10

【 図 4 】 実施例 1 における E G R 制御を、内燃機関が定常運転状態から燃料カット運転状態に移行し、該燃料カット運転状態から復帰する場合に適用した場合の燃料噴射量、E G R 率、高圧 E G R 弁開度、高圧 E G R ガスの二酸化炭素濃度、低圧 E G R 弁開度、低圧 E G R ガスの二酸化炭素濃度の時間変化を示すタイムチャートである。

【 図 5 】 実施例 1 における E G R 制御を、内燃機関が過渡運転状態から燃料カット運転状態に移行し、該燃料カット運転状態から復帰する場合に適用した場合の燃料噴射量、E G R 率、高圧 E G R 弁開度、高圧 E G R ガスの二酸化炭素濃度、低圧 E G R 弁開度、低圧 E G R ガスの二酸化炭素濃度の時間変化を示すタイムチャートである。

【 符号の説明 】

【 0 0 8 3 】

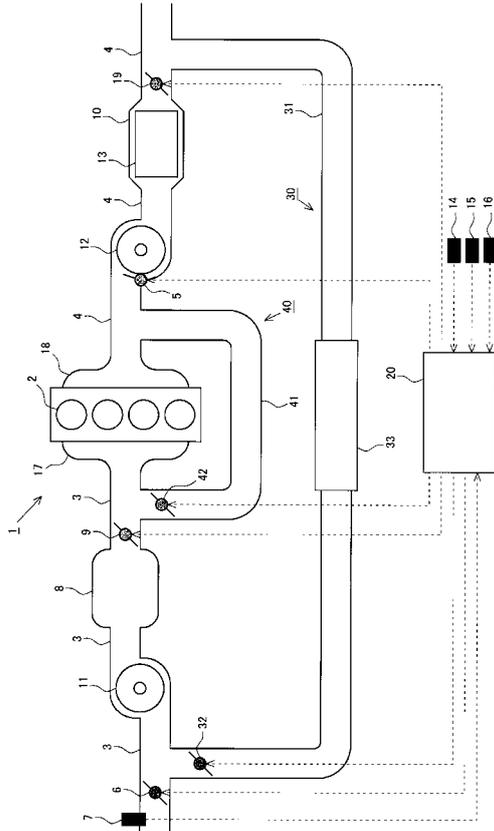
20

- 1 内燃機関
- 2 気筒
- 3 吸気管
- 4 排気管
- 5 ノズルベーン
- 6 第 1 吸気絞り弁
- 7 エアフローメータ
- 8 インタークーラ
- 9 第 2 吸気絞り弁
- 10 排気浄化装置
- 11 コンプレッサ
- 12 タービン
- 13 フィルタ
- 14 水温センサ
- 15 アクセル開度センサ
- 16 クランクポジションセンサ
- 17 吸気マニホールド
- 18 排気マニホールド
- 19 排気絞り弁
- 20 E C U
- 30 低圧 E G R 装置
- 31 低圧 E G R 通路
- 32 低圧 E G R 弁
- 33 低圧 E G R クーラ
- 40 高圧 E G R 装置
- 41 高圧 E G R 通路
- 42 高圧 E G R 弁

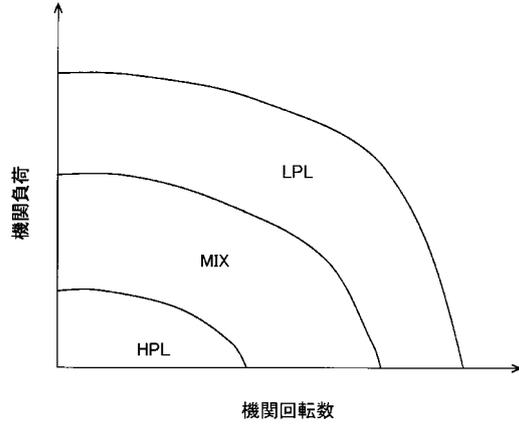
30

40

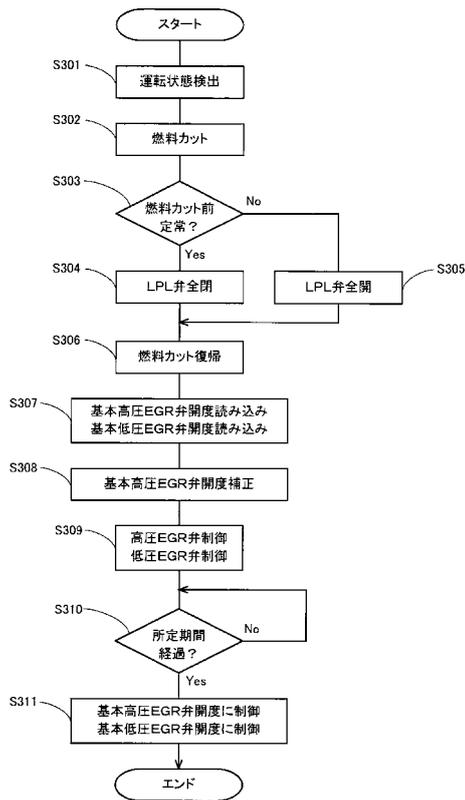
【図1】



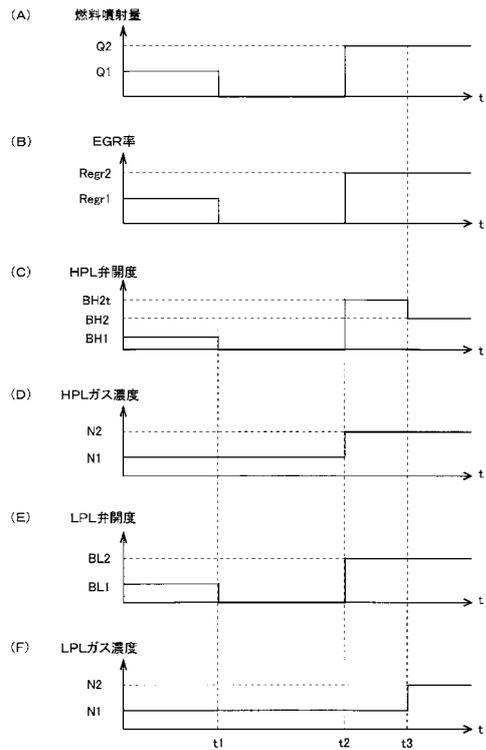
【図2】



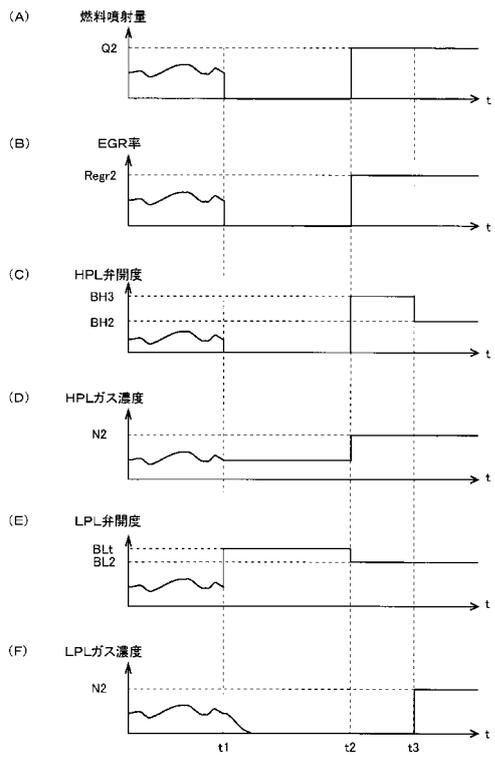
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

- (72)発明者 大西 知美
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 中山 茂樹
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 三宅 照彦
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 長江 正浩
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 清水 肇
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 松本 功
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 小野 智幸
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 村田 宏樹
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 山下 晃
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 芳賀 宏行
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 藤原 直欣

- (56)参考文献 特開2004-156572(JP,A)
特開平08-170540(JP,A)
特開平04-284147(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02M 25/07
F02D 13/00-28/00
F02D 41/00-41/40、43/00-45/00
F01N 3/00-3/38、9/00