

(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2008-248729

(P2008-248729A)

(43) 公開日 平成20年10月16日(2008.10.16)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
FO2D	21/08	(2006.01)	FO2D	21/08	301A	3G062		
FO2M	25/07	(2006.01)	FO2M	25/07	550R	3G065		
FO2D	41/04	(2006.01)	FO2D	41/04	360C	3G092		
FO2D	9/02	(2006.01)	FO2D	9/02	S	3G301		
FO2D	9/04	(2006.01)	FO2D	9/04	C			

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2007-88707 (P2007-88707)
 (22) 出願日 平成19年3月29日 (2007.3.29)

(71) 出願人 00005326
 本田技研工業株式会社
 東京都港区南青山二丁目1番1号
 (74) 代理人 110000246
 特許業務法人オカダ・フシミ・ヒラノ
 (72) 発明者 上野 将樹
 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社
 本田技術研究所内
 (72) 発明者 中島 幸一
 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社
 本田技術研究所内
 Fターム(参考) 3G062 AA01 AA05 BA06 ED05 ED08
 ED12 ED15 FA05 FA08 FA13
 GA01 GA02 GA06 GA13 GA22

最終頁に続く

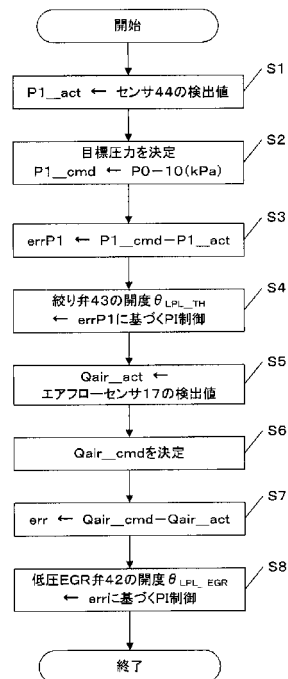
(54) 【発明の名称】 内燃機関のEGR制御装置

(57) 【要約】

【課題】 低圧EGR装置により還流されるEGRガスの量をより正確に制御することができるようにする。

【解決手段】 内燃機関のEGR制御装置は、内燃機関の排気通路に設けられた排気浄化手段(22)と、該排気浄化手段の下流の排気通路から、排気を、内燃機関の吸気通路に還流する低圧EGR通路(41)と、該低圧EGR通路に設けられ、還流する排気の量を制御する低圧EGR制御弁(42)と、低圧EGR通路が接続された排気通路または低圧EGR通路が接続された吸気通路に設けられた絞り弁(43)と、絞り弁および低圧EGR制御弁の間の圧力を検出する圧力検出手段(44)と、低圧EGR制御弁の上流および下流の間に、所定範囲内の圧力差が形成されるように、前記検出された圧力に基づいて前記絞り弁を制御する制御手段(1)と、を備える。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

内燃機関の E G R 制御装置であって、
前記内燃機関の排気通路に設けられた排気浄化手段と、
前記排気浄化手段の下流の排気通路から、排気を、前記内燃機関の吸気通路に還流する
低圧 E G R 通路と、
前記低圧 E G R 通路に設けられ、前記還流する排気のを制御する低圧 E G R 制御弁と

、
前記低圧 E G R 通路が接続された排気通路または該低圧 E G R 通路が接続された吸気通
路に設けられた絞り弁と、

前記絞り弁および前記低圧 E G R 制御弁の間の圧力を検出する圧力検出手段と、
前記低圧 E G R 制御弁の上流および下流の間に、所定範囲内の圧力差が形成されるよう
に、前記検出された圧力に基づいて前記絞り弁を制御する制御手段と、
を備える、内燃機関の E G R 制御装置。

【請求項 2】

前記絞り弁が前記吸気通路に設けられる場合には、前記圧力検出手段は、前記低圧 E G
R 制御弁の下流の圧力を検出し、前記制御手段は、該下流の圧力が、該低圧 E G R 制御弁
の上流の圧力に対して所定値以下の圧力差が形成されるよう、前記絞り弁を制御し、

前記絞り弁が排気通路に設けられる場合には、前記圧力検出手段は、前記低圧 E G R 制
御弁の上流の圧力を検出し、前記制御手段は、該上流の圧力が、該低圧 E G R 制御弁の下
流の圧力に対して所定値以上の圧力差が形成されるよう、前記絞り弁を制御する、
請求項 1 に記載の内燃機関の E G R 制御装置。

【請求項 3】

内燃機関の E G R 制御装置であって、
前記内燃機関の排気通路に設けられた排気浄化手段と、
前記排気浄化手段の下流の排気通路から、排気を、前記内燃機関の吸気通路に還流する
低圧 E G R 通路と、
前記低圧 E G R 通路に設けられ、前記還流する排気のを制御する低圧 E G R 制御弁と

、
前記低圧 E G R 通路が接続された排気通路または該低圧 E G R 通路が接続された吸気通
路に設けられた絞り弁と、

前記低圧 E G R 制御弁の上流および下流の間に、所定範囲内の圧力差が形成されるよう
に、現在の吸気量または排気量を表す運転状態パラメータの値に基づいて前記絞り弁を制
御する制御手段と、を備える、
内燃機関の E G R 制御装置。

【請求項 4】

前記制御手段は、前記運転状態パラメータの値が増加するに従って前記絞り弁の開度が
大きくなるよう、該絞り弁を制御する、

請求項 3 に記載の内燃機関の E G R 制御装置。

【請求項 5】

前記所定範囲は、前記低圧 E G R 制御弁の上流および下流のうち前記絞り弁が設けられ
た側の圧力の変化に対し、該低圧 E G R 制御弁を介して還流される排気のを量の変化が少な
い圧力差領域内に設定される、

請求項 1 から 4 のいずれかに記載の内燃機関の E G R 制御装置。

【請求項 6】

前記所定範囲は、前記絞り弁のポンプ損失が所定値以下になる圧力差領域内に設定され
る、

請求項 1 から 5 のいずれかに記載の内燃機関の E G R 制御装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

10

20

30

40

50

【 0 0 0 1 】

この発明は、内燃機関の E G R を制御する装置に関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

従来、内燃機関において、排気の一部を吸気側に戻し、該戻した排気（E G R ガス）で燃焼を行うことにより、燃焼温度を下げて N O x（窒化酸化物）の発生を低減する E G R 装置（高圧 E G R 装置）が提案されている。さらに、下記の特許文献 1 および 2 のように、高圧 E G R 装置と併用して、低圧 E G R 装置を設けることが提案されている。これにより、吸気側に戻す排気の温度をさらに低下させることができるので、燃焼温度が低下し、よって N O x の発生量をより低減することができる。

10

【 0 0 0 3 】

下記の特許文献 3 には、このような低圧 E G R 装置において、過給機のタービン下流の排気管とコンプレッサ上流の吸気管との間を接続する E G R 通路に、該通路を通る E G R ガスの量を制御するための E G R バルブを設けると共に、排気管における該 E G R 通路の分岐個所よりも下流に背圧バルブを設けることが記載されている。この背圧バルブにより、該分岐個所における圧力を増減し、これによって E G R 率を調整する。

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 5 - 1 2 7 2 4 7 号 公 報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 4 - 1 5 0 3 1 9 号 公 報

【 特許文献 3 】 特開 2 0 0 2 - 2 1 6 2 5 号 公 報

【 発明の開示 】

20

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 4 】

低圧 E G R 装置によって還流される E G R ガスの量は、該 E G R ガスを通る通路に設けられて該 E G R ガスの量を制御する E G R 制御弁の前後（上流および下流）の圧力差に従って変化する。したがって、所望の量の E G R ガスを還流させるために、該圧力差を制御するのが望ましい。

【 0 0 0 5 】

上記の従来技術では、E G R 通路が排気管に接続する個所よりも下流に背圧バルブを設けることが記載されているが、この背圧バルブの制御手法は何ら示唆されていない。

【 0 0 0 6 】

30

したがって、本願発明は、低圧 E G R 装置により還流される E G R ガスの量をより正確に制御することができるよう、E G R 制御弁の前後の圧力差を制御する手法を提案することを目的とする。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 7 】

本願発明の一つの側面によると、内燃機関の E G R 制御装置は、内燃機関の排気通路に設けられた排気浄化手段（22）と、該排気浄化手段の下流の排気通路から、排気を、内燃機関の吸気通路に還流する低圧 E G R 通路（41）と、該低圧 E G R 通路に設けられ、還流する排気の量を制御する低圧 E G R 制御弁（42）と、低圧 E G R 通路が接続された排気通路または低圧 E G R 通路が接続された吸気通路に設けられた絞り弁（43）と、絞り弁および低圧 E G R 制御弁の間の圧力を検出する圧力検出手段（44）と、低圧 E G R 制御弁の上流および下流の間に、所定範囲内の圧力差が形成されるように、前記検出された圧力に基づいて前記絞り弁を制御する制御手段（1）と、を備える。

40

【 0 0 0 8 】

この発明によれば、低圧 E G R 制御弁の前後に所定範囲内の圧力差が形成されるように、検出された圧力に基づいて絞り弁を制御するので（フィードバック制御）、低圧 E G R 制御弁の前後に所望の圧力差を形成することができ、これにより、所望の量の排気を安定的に還流させることができる。

【 0 0 0 9 】

この発明の一実施形態によれば、絞り弁が吸気通路に設けられる場合には（図 1）、圧

50

力検出手段(44)は、低圧EGR制御弁の下流の圧力(P1)を検出し、制御手段は、該下流の圧力が、低圧EGR制御弁の上流の圧力(P0)に対して所定値以下の圧力差が形成されるよう、絞り弁を制御する。絞り弁が排気通路に設けられる場合には(図8)、圧力検出手段(44)は、低圧EGR制御弁の上流の圧力(P4)を検出し、制御手段は、該上流の圧力が、低圧EGR制御弁の下流の圧力(P0)に対して所定値以上の圧力差が形成されるよう、絞り弁を制御する。こうして、絞り弁が吸気側に設けられる場合と排気側に設けられる形態のいずれにおいても、所望の圧力差が低圧EGR制御弁の前後に形成されるようにする。

【0010】

この発明の他の側面によれば、内燃機関のEGR制御装置は、内燃機関の排気通路に設けられた排気浄化手段と、排気浄化手段の下流の排気通路から、排気を、内燃機関の吸気通路に還流する低圧EGR通路(41)と、低圧EGR通路に設けられ、還流する排気量を制御する低圧EGR制御弁(42)と、低圧EGR通路が接続された排気通路または該低圧EGR通路が接続された吸気通路に設けられた絞り弁(43)と、低圧EGR制御弁の上流および下流の間に、所定範囲内の圧力差が形成されるように、現在の吸気量または排気量を表す運転状態パラメータの値に基づいて絞り弁を制御する制御手段(1)と、を備える。

10

【0011】

この発明によれば、低圧EGR制御弁の前後に所定範囲内の圧力差が形成されるように、現在の吸気量または排気量を表す運転状態パラメータの値に基づいて絞り弁を制御するので(フィードフォワード制御)、低圧EGR制御弁の前後に所望の圧力差を形成することができ、これにより、所望の量の排気を還流させることができる。

20

【0012】

本願発明の一実施形態によれば、運転状態パラメータの値が増加するに従って絞り弁の開度が大きくなるよう、絞り弁は制御される。これにより、吸気量または排気量の変動しても、低圧EGR制御弁の前後に所望の圧力差を形成することができる。

【0013】

本願発明の一実施形態によれば、上記所定範囲は、低圧EGR制御弁の上流および下流のうち絞り弁が設けられた側の圧力の変化に対し、低圧EGR制御弁を介して還流される排気量の量が少ない圧力差領域内(122)に設定される。

30

【0014】

この発明によれば、圧力変化に対しEGR流量の変化が少ない圧力差領域内に所定範囲が設定されるので、EGR流量が急変するのを防止しつつ、制御手段によって所望のEGR流量を維持することができる。

【0015】

本願発明の一実施形態によれば、上記所定範囲は、絞り弁のポンプ損失が所定値以下になる圧力差領域内(127)に設定される。

【0016】

この発明によれば、ポンプ損失が抑制されるような圧力差領域内に所定範囲が設定されるので、絞り弁を作動させることによりポンプ損失が増大するのを防止することができる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

次に図面を参照してこの発明の実施の形態を説明する。

【0018】

[第1の実施形態]

図1は、この発明の第1の実施形態に従う、内燃機関(以下、エンジンと呼ぶ)およびその制御装置の概略的な構成図である。

【0019】

電子制御ユニット(以下、「ECU」という)1は、中央演算処理装置(CPU)お

50

よびメモリを備えるコンピュータである。メモリには、車両の様々な制御を実現するためのコンピュータ・プログラムおよび該プログラムの実施に必要なデータ（マップを含む）を格納することができる。ECU1は、車両の各部から送られてくるデータを受け取って演算を行い、車両の各部を制御するための制御信号を生成する。

【0020】

エンジン2は、この実施例では、ディーゼルエンジンである。エンジン2は、たとえば4気筒を備えており、図には、そのうちの1つの気筒のみが示されている。

【0021】

エンジン2には、吸気バルブ3を介して吸気管4が連結されると共に、排気バルブ5を介して排気管6が連結されている。燃料噴射弁7が、ピストン8の上部に形成された燃焼室9に臨むように取り付けられている。燃料噴射弁7は、コモンレール（図示せず）を介して、高圧ポンプおよび燃料タンク（図示せず）に接続されている。高圧ポンプは、燃料タンク内の燃料を昇圧した後、コモンレールを介して燃料噴射弁7に送り、燃料噴射弁7は、受取った燃料を燃焼室9内に噴射する。燃料噴射弁7の噴射時間および噴射時期は、ECU1からの制御信号に従って制御される。

10

【0022】

過給装置10が設けられており、過給装置10は、吸気管4に連通する吸気通路15に設けられた回転自在のコンプレッサ11と、排気管6に連通する排気通路16に設けられた回転自在のタービン12と、これらを連結するシャフト13を備えている。タービン12は、排ガス（排気）の運動エネルギーにより回転駆動され、タービン12の回転駆動により、コンプレッサ11が回転駆動され、吸気の圧縮を行う。

20

【0023】

タービン12は、複数の回転自在な可変ベーン（2つのみ図示している）14を有しており、ECU1からの制御信号に従って可変ベーン14の開度（ベーン開度と呼ばれる）を変更する。ベーン開度を変更することにより、タービン12の回転数を変更することができる。可変ベーン開度を閉じるほど、タービンの回転数が上昇し、過給圧が増加する。

【0024】

コンプレッサ11の上流の吸気通路15には、エアフローセンサ17およびエアクリーナ18が設けられ、コンプレッサ11の下流には、水冷式のインタークーラ19が設けられている。エアフローセンサ17は、エアクリーナ18でフィルタリングされて吸気通路15に導入される空気の量（吸入空気量）を検出し、この検出信号はECU1に送られる。インタークーラ19は、過給装置10の過給動作により吸入空気の温度が上昇したときなどに、吸入空気を冷却する。

30

【0025】

インタークーラ19の下流には、スロットル弁20が設けられている。スロットル弁20にはアクチュエータが接続されており、アクチュエータは、ECU1からの制御信号に従ってスロットル弁20の開度を制御する。

【0026】

スロットル弁20の下流には、吸気管4の圧力を検出する吸気管圧力センサ21が設けられており、この検出値はECU1に送られる。

40

【0027】

タービン12の下流の排気通路16には、排ガス中の未燃HC（炭化水素）などの固形微粒子（パーティキュレート）を捕集するフィルタ（DPFと呼ばれる）22および排ガス中のNO_xを吸着する触媒装置（LNCと呼ばれる）23が設けられており、これらの装置で排ガスを浄化する。代替的に、排ガスを浄化する手段として、他の装置（触媒、フィルタ等）を設けてもよい。

【0028】

コンプレッサ11およびスロットル弁20の下流の吸気管とタービン12の上流の排気管との間には、高圧EGR通路31が接続されている。高圧EGR通路31を介して、エンジン2の排ガスの一部が吸気管3にEGRガスとして還流される。

50

【 0 0 2 9 】

高圧EGR通路31には、高圧EGR制御弁32が設けられている。高圧EGR制御弁32の開度を、ECU1からの制御信号によって制御することにより、高圧EGR通路31を介して吸気管4に還流されるEGRガスの量を制御することができる。また、高圧EGR通路31には、EGRクーラ33が設けられており、排気管6からの高温のEGRガスは、EGRクーラ33により冷却されて吸気管4に還流される。

【 0 0 3 0 】

コンプレッサ11の上流の吸気通路とタービン12およびDPF22の下流の排気通路6との間には、低圧EGR通路41が接続されている。低圧EGR通路41を介して、エンジン2の排ガスの一部が吸気通路15にEGRガスとして還流される。代替的に、低圧EGR通路41の排気側は、触媒装置23の下流に接続してもよい。

10

【 0 0 3 1 】

低圧EGR通路41には、低圧EGR制御弁42が設けられている。低圧EGR制御弁32の開度を、ECU1からの制御信号によって制御することにより、低圧EGR通路41を介して吸気通路15に還流されるEGRガスの量(EGR量)を制御することができる。

【 0 0 3 2 】

こうして、高圧EGR通路31だけでなく低圧EGR通路41を介したEGRガスの還流をも行うことにより、燃焼室5内の燃焼温度をより低下させることができ、排ガス中のNOxをより低減することができる。

20

【 0 0 3 3 】

低圧EGR通路41が、スロットル弁20およびコンプレッサ11の上流の吸気通路とタービン12およびDPF22の下流の排気通路との間に接続されているので、低圧EGR通路41上に設けられた低圧EGR制御弁42の前後(上流と下流)の圧力差は非常に小さい。したがって、絞り弁を設けて圧力差を生じさせることで、低圧EGR通路41を流れるEGRガスの吸気通路15への還流を促進させる。

【 0 0 3 4 】

この第1の実施形態では、絞り弁43は、低圧EGR通路41が吸気通路15に接続する個所の上流に設けられる。絞り弁43の開度を調整することにより、絞り弁43の下流に所定の圧力を形成し、これにより、低圧EGR制御弁42の上流と下流との間に所望の圧力差を生じさせることができる。

30

【 0 0 3 5 】

絞り弁43にはアクチュエータ(図示せず)が接続されており、ECU1からの制御信号に従って、該アクチュエータにより絞り弁43の開度が制御される。圧力センサ44が、絞り弁43と低圧EGR制御弁42の間に設けられており、低圧EGR制御弁42の下流(絞り弁43の上流)の圧力を検出する。この検出信号はECU1に送られる。

【 0 0 3 6 】

また、ECU1には、大気圧を検出する大気圧(PA)センサ51が接続されている。また、エンジン2のクランク軸(図示せず)の回転に従ってクランクパルスを送出するクランク角センサ52がECU1に接続されている。ECU1は、クランクパルスに基づいて、エンジン2の回転数(NE)を算出することができる。

40

【 0 0 3 7 】

ECU1は、各種センサからの検出信号に応じて、メモリに記憶されたプログラムおよびデータ(マップを含む)に従い、エンジン2の運転状態を検出すると共に、燃料噴射量、燃料噴射時期、EGR量、吸入空気量、過給圧等を制御する。

【 0 0 3 8 】

ここで、図2~図4を参照して、本願発明に従う絞り弁制御の技術的意義について説明する。図2を参照すると、エンジンの回転数および出力トルクが一定の条件下で、図1に示すような低圧EGR制御弁42の開度に対するEGR率(EGR量/EGR量+新気量)をシミュレーションした結果を示す。図1のような絞り弁43による圧力調整は行わ

50

れていない。符号 101 および 102 は、1 回目と 2 回目のシミュレーション（ケース 1、2）における EGR 率を示す。領域 103 に示されているように、低圧 EGR 制御弁を所定の開度に制御したときに、EGR 率がケース 1 と 2 とでばらついており、再現性が無い。

【0039】

ここで、該シミュレーションにおける吸気量（図 1 のエアフローセンサ 17 により検出することができる）について観察した。符号 104 はケース 1 における吸気量を示し、符号 105 はケース 2 における吸気量を示す。ケース 1 とケース 2 との吸気量の差に従い、EGR 率もケース 1 とケース 2 とで差が生じていることがわかる。これは、吸気量の変動により、低圧 EGR 制御弁 42 の前後の圧力差が変動してしまうからである。したがって、このような EGR 率の再現性の無さを防止するため、絞り弁 43 によって低圧 EGR 制御弁 42 の前後の圧力差を制御するのが望ましい。

10

【0040】

ここで、図 3 を参照し、低圧 EGR 制御弁 42 の前後の圧力差について考察する。図 3 は、一般的な EGR 制御弁の前後の圧力比（ $P_r = P / P_0$ ）に対する EGR 流量のシミュレーション結果を表す。ここで、圧力 P は、EGR 制御弁の下流の圧力を示し、圧力 P_0 は、該 EGR 制御弁の上流の圧力を示す。なお、図 1 に示すような絞り弁 43 による圧力調整は行われていないとする。

【0041】

低圧 EGR 通路 41 は、図 1 から明らかなように、その下流が大気に近い吸気通路 15 に接続され、その上流が大気に近い排気通路 16 に接続されている。したがって、低圧 EGR 制御弁 42 の前後の圧力差は小さい。すなわち、圧力比 P_r は、ほぼ 1 に近い値をとる。低圧 EGR 制御弁 42 の圧力比 P_r は符号 110 に示される領域に存在し、この領域では、符号 114 に示されるように、圧力比 P_r の変化に対する EGR 流量の変化が大きい。他方、比較のため高圧 EGR 制御弁 32 について述べると、高圧 EGR 通路 31 は、エンジンのシリンダに連結された吸気管 4 と排気管 6 との間に接続されているので、高圧 EGR 制御弁 32 の前後の圧力差は高い。圧力比 P_r は、約 0.6 付近の値をとり、符号 111 に示される領域に存在する。この領域では、符号 113 に示されるように、圧力比 P_r の変化に対する EGR 流量の変化が小さい。このように、低圧 EGR 制御弁 42 については、その前後の圧力差の変化に対する EGR 流量の変化が大きい。

20

30

【0042】

図 2 を参照して述べたように、低圧 EGR 制御弁 42 の圧力差を絞り弁 43 によって制御するのが望ましいが、符号 110 に示すような領域では、絞り弁 43 による制御を行っても、所望の EGR 流量を安定的に実現するのは困難なおそれがある。

【0043】

そこで、本願発明の一実施形態では、絞り弁 43 によって制御対象とする圧力差の領域として、圧力変化に対する EGR 流量の変化が小さい領域を選択する。図 4 を参照すると、(a) は、低圧 EGR 制御弁 42 の前後の圧力差 p に対する EGR 流量の変化をシミュレーションした結果の一例を示す。ここで、“EGR 流量の変化”は、（低圧 EGR 制御弁 42 の下流の圧力 P [kPa] が $(P + 1)$ [kPa] に増えた時の EGR 流量） / 低圧 EGR 制御弁 42 の下流の圧力が P [kPa] である時の EGR 流量）、で算出される。すなわち、圧力差 p のそれぞれについて、たとえば吸気量変動によって低圧 EGR 制御弁 42 の下流の圧力 P が 1 [kPa] 増えた時に、どれくらい EGR 流量が変化するか、を表している。

40

【0044】

図から明らかなように、約 5 [kPa] より低い圧力差 p の領域 120 では、符号 121 に示されるように、圧力変化に対する EGR 流量の変化が大きい。約 6 kPa より大きい圧力差 p の領域 122 では、符号 123 に示されるように、圧力変化に対する EGR 流量の変化が 10% より小さい。このように、絞り弁 43 によって低圧 EGR 制御弁 42 の前後の圧力差を、例えば約 6 kPa 以上の圧力差領域 122 内に収めるようにすれば

50

、EGR流量のばらつきを大きく低減することができる。たとえば、圧力差 p が 10 kPa で、EGR流量の変化は約 5% である。

【0045】

したがって、本願発明の一実施形態では、領域 122 内に収まる圧力差が低圧EGR制御弁 42 の前後に形成されるように、絞り弁 43 を制御する。これにより、圧力変化によってEGR流量が大きくばらつくのを防止することができる。

【0046】

より好ましい実施形態では、絞り弁 43 のポンプ損失を減らすよう、絞り弁 43 を制御する。ここで図 4 の (b) を参照すると、低圧EGR制御弁 42 の前後の圧力差 p に対する、ポンプ仕事の正味仕事に対する割合を示す。エンジン 2 は、ピストン (図 1) に接続されたクランクシャフトを回転することにより出力 (仕事) を生成している。絞り弁 43 が空気を絞る際に生成されるポンプ仕事は、該エンジン出力に対する損失 (いわゆる、ポンプ損失と呼ばれる) となる。正味仕事は、該エンジンが生成する出力から、該ポンプ仕事等の損失を差し引くことにより得られる。

10

【0047】

図に示されるように、圧力差 p が大きくなるほど、絞り弁 43 のポンプ仕事は大きくなる。これは、圧力差 p が大きいほど、絞り弁 43 が作動するのに要する仕事が大きくなるからである。このポンプ仕事は、エンジンの負荷によっても異なる。符号 125 で示すように、エンジンが全負荷である時、圧力差 p が約 10 kPa において、ポンプ仕事の割合は約 1.5% である。符号 126 で示すように、エンジンが $1/2$ 負荷 (中負荷であり、典型的には、通常の走行で平均した負荷を示す) である時、圧力差 p が約 10 kPa におけるポンプ仕事の割合は約 3% である。ポンプ仕事の割合は低い方が好ましく、例えば約 3% 以下に抑制するのが好ましい。

20

【0048】

図 4 (a) を参照して説明した領域 122 のうち、図 4 (b) に示されるポンプ仕事の割合が小さくなるように、圧力差領域を選択するのが好ましい。一例では、 $6 \sim 10 \text{ kPa}$ の圧力差領域 127 が選択される。この領域 127 内に収まるように低圧EGR制御弁 42 の圧力差を絞り弁 43 で制御すれば、EGR流量を大きく変動させることなく、また、ポンプ仕事を抑制することができる。

【0049】

以上のように、本願発明は、低圧EGR制御弁の前後の圧力差が所定範囲内に収まるよう絞り弁 43 を制御することを目的とする。より好ましくは、該所定範囲は、低圧EGR制御弁の下流の圧力の変化に対するEGR流量の変化が小さいよう選択された圧力差領域 122 である。さらに好ましくは、該所定範囲は、絞り弁 43 のポンプ損失が低減される圧力差領域 127 である。

30

【0050】

以下、絞り弁 43 の制御を介して低圧EGR制御弁 42 の前後に所望の圧力差を形成するための具体的な手法を説明する。

【0051】

[第 1 の実施形態に従う第 1 の例]

図 1 に示す、絞り弁 43 が吸気側に設けられた第 1 の実施形態に従う、絞り弁 43 および低圧EGR制御弁 42 を制御する手法について説明する。

40

【0052】

図 5 は、フィードバック制御による絞り弁 43 の制御を介して、低圧EGR制御弁 42 を制御するプロセスのフローチャートである。該プロセスは、ECU 1 のCPUによって、所定の時間間隔で実行される。

【0053】

ステップ $S1$ において、圧力センサ 44 (図 1) の検出値に基づいて、低圧EGR制御弁 42 の下流の実圧力 $P1$ を、 $P1_act$ として検出する。ステップ $S2$ において、低圧EGR制御弁 42 の下流の圧力の目標値 $P1_cmd$ を決定する。目標値 $P1_cmd$

50

は、所望の圧力差が生成されるように設定される。

【0054】

低圧EGR制御弁42の上流が排気通路16に接続されているので、低圧EGR制御弁42の上流の圧力は、ほぼ大気圧と考えることができる。したがって、低圧EGR制御弁の下流の目標値 $P1_cmd$ は、大気圧 $P0$ から所望の圧力差を減算した値($P0$ - 所望の圧力差)に設定される。これにより、低圧EGR制御弁42の上流の圧力は $P0$ であり、下流の圧力は($P0$ - 所望の圧力差)となり、よって該所望の圧力差が、低圧EGR制御弁42の前後で生成される。ここで、大気圧 $P0$ は、大気圧センサ51(図1)から検出されることができる。

【0055】

代替的に、低圧制御弁42の上流に第2の圧力センサを設け、上記 $P0$ として、該第2の圧力センサの検出値を用いてもよい。

【0056】

上記の所望の圧力差は、図4の(a)を参照して説明したように、圧力変化に対するEGR流量の変化が小さい圧力差領域122内に収まるよう設定されるのが好ましい。さらに好ましくは、図4の(b)を参照して説明したように、絞り弁43のポンプ損失を抑制するような圧力差領域127内に設定されるのが好ましい。この実施例では、所望の圧力差は10kPaに設定される。これにより、EGR流量の変化を約5%に抑制することができると共に、ポンプ損失を約3%に抑制することができる。

【0057】

ステップS3において、実圧力 $P1_act$ と目標圧力 $P1_cmd$ との差 $errP1$ を算出する。ステップS4において、以下の式に示すように、差 $errP1$ をゼロに収束させるように所定のPI制御を実行し、絞り弁43の目標開度 θ_{LPL_TH} を算出する。ここで、 KP_{TH} はP(比例)項ゲインであり、 KI_{TH} はI(積分)項ゲインであり、それぞれ、シミュレーション等を介して予め決められた値に設定される。

【数1】

$$\theta_{LPL_TH} = KP_{TH} \times errP1 + KI_{TH} \times \int errP1$$

【0058】

算出された目標開度 θ_{LPL_TH} になるよう、絞り弁43は制御信号を介して制御される。こうして、所望の圧力差が生成されるように、絞り弁43の開度が制御される。なお、この実施例ではPI制御を用いているが、他の制御手法を用いて差 $errP1$ を収束させてもよい。

【0059】

ステップS5~S8は、低圧EGR制御弁42を制御するプロセスである。ステップS5において、エアフローセンサ17(図1)の検出値から、新気の吸入空気量を $Qair_act$ として検出する。ステップS6において、エンジン2の運転状態に基づいて、新気の吸入空気量の目標値を決定する。たとえば、検出されたエンジン回転数 NE (クランク角センサ52の出力から検出されることができる)およびエンジン負荷(たとえば、吸気管圧力センサ21から検出されることができる)に基づいて所定のマップ(ECU1のメモリに記憶することができる)を参照することにより、該目標値を決定することができる。

【0060】

ステップS7において、新気の吸入空気量の実値 $Qair_act$ と目標値 $Qair_cmd$ の差 err を算出する。ステップS8において、以下の式に示すように、差 err をゼロに収束させるよう所定のPI制御を実行し、低圧EGR制御弁42の開度 θ_{LPL_EGR} を算出する。ここで、 KP_{EGR} はP(比例)項ゲインであり、 KI_{EGR} はI(積分)項ゲインであり、それぞれ、シミュレーション等を介して予め決められた値に設定される。

10

20

30

40

50

【数 2】

$$\theta_{LPL_EGR} = KP_{EGR} \times err + KI_{EGR} \times \int err$$

【0061】

こうして、算出された開度 LPL_EGR になるよう、低圧 EGR 制御弁 42 は制御信号を介して制御される。なお、この実施例では PI 制御を用いているが、他の制御手法を用いて差 err を収束させてもよい。

【0062】

このように、絞り弁 43 のフィードバック制御を介して低圧 EGR 制御弁 42 の前後の圧力差を制御することにより、低圧 EGR 制御弁 42 による EGR 率を制御することが可能となる。さらに、絞り弁 43 のフィードバック制御を介して、低圧 EGR 制御弁 42 の前後の圧力差が、圧力変化に対する EGR 流量の変化が小さい圧力差領域内に収まるよう制御されるので、EGR 流量が大きくばらつくことを防止することができる。さらに、低圧 EGR 制御弁 42 の前後の圧力差が、絞り弁 43 のポンプ損失が抑制される圧力差領域内に収まるよう制御されるので、絞り弁 43 を作動させることによるポンプ損失を抑制することができる。

10

【0063】

[第 1 の実施形態に従う第 2 の例]

図 6 は、フィードフォワード制御による絞り弁 43 の制御を介して、低圧 EGR 制御弁 42 を制御するプロセスのフローチャートである。該プロセスは、ECU 1 の CPU によって、所定の時間間隔で実行される。

20

【0064】

ステップ S11 において、エンジンの吸気量または排気量を表す運転状態パラメータを、 x として検出する。たとえば、このような運転状態パラメータとして、エアフローセンサ 17 (図 1) の検出値 $Qair_act$ を用いることができる。代替的に、エンジン回転数 NE と吸気管圧力 PB 、エンジン回転数 NE と出力トルク、エンジン回転数 NE とエンジン負荷等を、吸気量または排気量を表す運転状態パラメータとして用いてもよい。

【0065】

ステップ S12 において、運転状態パラメータ x に基づいて所定のマップ (ECU 1 のメモリに記憶されることができる) を参照し、絞り弁 43 の目標開度 LPL_TH を求める。

30

【0066】

ここで、図 7 を参照すると、マップの一例が示されている。該マップは、運転状態パラメータ x (この例では、吸気量 $Qair_act$) が大きくなるほど、絞り弁 43 の開度が大きくなるよう設定されている。絞り弁 43 の開度が一定であるとき、絞り弁 43 の前後の圧力差は、吸気量 $Qair_act$ が大きくなるほど、大きくなる。したがって、所望の圧力差を維持するために、吸気量 $Qair_act$ が大きくなるほど、絞り弁 43 の開度を大きくする。

【0067】

好ましくは、該マップは、図 4 の (a) および (b) を参照して説明した圧力差領域 122 または 127 内に収まるような圧力差を生成するよう、絞り弁 43 の目標開度 LPL_TH は定義されている。たとえば、シミュレーション等を介して、圧力差 $10kPa$ を維持するための絞り弁 43 の開度を吸気量に対して求め、これを、該マップに規定することができる。

40

【0068】

排気量を上記の運転状態パラメータとして用いる場合も、同様のマップが定義される。すなわち、排気量は、吸気量が大きくなるほど大きくなるので、該マップは、排気量が大きくなるほど、絞り弁 43 の開度が大きくなるように定義される。

【0069】

50

こうして、求めた目標開度 L_{PL_TH} になるよう、絞り弁 43 は制御信号を介して制御され、これにより、所望の圧力差を低圧 EGR 制御弁 42 の前後に生成する。

【0070】

ステップ S15 ~ S18 は、低圧 EGR 制御弁 42 を制御するプロセスであり、これは、図 5 のステップ S5 ~ S8 と同じであるので、説明を省略する。

【0071】

[第 2 の実施形態]

図 8 は、この発明の第 2 の実施形態に従う、内燃機関（以下、エンジンと呼ぶ）およびその制御装置の概略的な構成図である。図 1 と異なる点のみを説明する。

【0072】

この第 2 の実施形態では、絞り弁 43 が、低圧 EGR 通路 41 が排気通路 16 に接続する個所の下流に設けられる。絞り弁 43 の開度を調整することにより、絞り弁 43 の上流に所定の圧力を形成し、これにより、低圧 EGR 制御弁 42 の上流と下流との間に所望の圧力差を生じさせることができる。

【0073】

絞り弁 43 にはアクチュエータ（図示せず）が接続されており、ECU1 からの制御信号に従って、該アクチュエータにより絞り弁 43 の開度が制御される。圧力センサ 44 が、絞り弁 43 と低圧 EGR 制御弁 42 の間に設けられており、低圧 EGR 制御弁 42 の上流（絞り弁 43 の下流）の圧力を検出する。この検出信号は ECU1 に送られる。

【0074】

第 2 の実施形態にも、図 4 を参照して説明したことは基本的にあてはまる。すなわち、絞り弁 43 は、低圧 EGR 制御弁 42 の前後の圧力差が所定範囲内に収まるよう制御される。より好ましくは、該所定範囲が、低圧 EGR 制御弁 42 の上流の圧力の変化に対する EGR 流量の変化が小さい圧力差領域 122 である（図 4 の (a)）。さらに好ましくは、該所定範囲は、絞り弁 43 のポンプ損失が抑制される圧力差領域 127 である（図 4 の (b)）。

【0075】

[第 2 の実施形態に従う第 1 の例]

図 8 に示す絞り弁 43 が排気気側に設けられた第 2 の実施形態に従う、該絞り弁 43 および低圧 EGR 制御弁 42 を制御する手法について説明する。

【0076】

図 9 は、フィードバック制御による絞り弁 43 の制御を介して、低圧 EGR 制御弁 42 を制御するプロセスのフローチャートである。該プロセスは、ECU1 の CPU によって、所定の時間間隔で実行される。

【0077】

ステップ S21 において、圧力センサ 44（図 8）の検出値に基づいて、低圧 EGR 制御弁 42 の上流の実圧力 P_4 を、 P_4_act として検出する。ステップ S22 において、低圧 EGR 制御弁 42 の上流の圧力の目標値 P_4_cmd を決定する。目標値 P_4_cmd は、所望の圧力差が生成されるように設定される。

【0078】

低圧 EGR 制御弁 42 の下流が吸気通路 15 に接続されているので、低圧 EGR 制御弁 42 の下流の圧力は、ほぼ大気圧 P_0 と考えることができる。したがって、低圧 EGR 制御弁の上流の圧力の目標値 P_4_cmd は、大気圧 P_0 に所望の圧力差を加算した値（ $P_0 +$ 所望の圧力差）に設定される。これにより、低圧 EGR 制御弁 42 の下流の圧力は P_0 であり、上流の圧力は（ $P_0 +$ 所望の圧力差）となり、よって該所望の圧力差が、低圧 EGR 制御弁 42 の前後で生成される。ここで、大気圧 P_0 は、大気圧センサ 51（図 8）から検出されることができる。

【0079】

代替的に、低圧制御弁 42 の下流に第 2 の圧力センサを設け、上記 P_0 として、該第 2 の圧力センサの検出値を用いてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 0 】

上記の所望の圧力差は、図4の(a)を参照して説明したように、圧力変化に対するEGR流量の変化が小さい圧力差領域122内に収まるよう設定されるのが好ましい。さらに好ましくは、図4の(b)を参照して説明したように、絞り弁43のポンプ損失を抑制するような圧力差領域127内に設定されるのが好ましい。この実施例では、所望の圧力差は10kPaに設定される。これにより、EGR流量の変化を約5%に抑制することができると共に、ポンプ損失を約3%に抑制することができる。

【 0 0 8 1 】

ステップS23において、実圧力 $P4_act$ と目標圧力 $P4_cmd$ との差 $errP4$ を算出する。ステップS24において、以下の式に示すように、差 $errP4$ をゼロに収束させるよう所定のPI制御を実行し、絞り弁43の目標開度 LPL_TH を算出する。ここで、 KP_{TH} はP(比例)項ゲインであり、 KI_{TH} はI(積分)項ゲインであり、それぞれ、シミュレーション等を介して予め決められた値に設定される。

10

【 数 3 】

$$\theta_{LPL_TH} = KP_{TH} \times errP4 + KI_{TH} \times \int errP4$$

【 0 0 8 2 】

算出された目標開度 LPL_TH になるよう、絞り弁43は制御信号を介して制御される。こうして、所望の圧力差が生成されるように、絞り弁43の開度が制御される。なお、この実施例ではPI制御を用いているが、他の制御手法を用いて差 $errP4$ を収束させてもよい。

20

【 0 0 8 3 】

ステップS25~S28は、低圧EGR制御弁42を制御するプロセスであり、図5のステップS5~S8と同じであるので、説明を省略する。

【 0 0 8 4 】

[第2の実施形態に従う第2の例]

図10は、フィードフォワード制御による絞り弁43の制御を介して、低圧EGR制御弁42を制御するプロセスのフローチャートである。該プロセスは、ECU1のCPUによって、所定の時間間隔で実行される。

30

【 0 0 8 5 】

ステップS31において、エンジンの吸気量または排気量を表す運転状態パラメータを、 x として検出する。たとえば、このような運転状態パラメータとして、エアフローセンサ17(図8)の検出値 $Qair_act$ を用いることができる。代替的に、エンジン回転数 NE と吸気管圧力 PB 、エンジン回転数 NE と出力トルク、エンジン回転数 NE とエンジン負荷等を、吸気量または排気量を表す運転状態パラメータとして用いてもよい。

【 0 0 8 6 】

ステップS32において、運転状態パラメータ x に基づいて所定のマップ(ECU1のメモリに記憶されることができる)を参照し、絞り弁43の目標開度 LPL_TH を求める。この所定のマップは、図7に示されるマップと同じマップを用いることができ、図7を参照して説明したことが同様にあてはまる。すなわち、該マップでは、吸気量 $Qair_act$ が大きくなるほど、絞り弁43の目標開度は大きくされる。該マップは、図4の(a)および(b)を参照して説明した圧力差領域122または127内に収まるような圧力差を生成するよう、絞り弁の目標開度 LPL_TH は定義されている。排気量を上記運転パラメータとして用いる場合も、同様のマップが定義される。

40

【 0 0 8 7 】

こうして、求めた目標開度 LPL_TH になるよう、絞り弁43は制御信号を介して制御され、これにより、所望の圧力差を低圧EGR制御弁42の前後に生成する。

【 0 0 8 8 】

ステップS35~S38は、低圧EGR制御弁42を制御するプロセスであり、これは

50

、図9のステップS25～S28と同じであるので、説明を省略する。

【0089】

[第1の実施形態に従う第3の例]

図11は、図1に示す第1の実施形態に従う、フィードフォワード制御およびフィードバック制御の両方を用いて絞り弁43の開度を制御し、この制御を介して低圧EGR制御弁42を制御するプロセスのフローチャートである。該プロセスは、ECU1のCPUによって、所定の時間間隔で実行される。両方の制御を用いると、フィードフォワード制御により、運転状態パラメータ x の変動(外乱)による影響を抑制するよう絞り弁43の開度を修正できると共に、フィードバック制御によって、該外乱に対してロバストに絞り弁43の開度を目標開度に収束させることができるので、絞り弁43の制御精度を向上させることができる。

10

【0090】

ステップS41およびS42は、フィードフォワード項を算出するプロセスであり、図6のステップS11およびS12と同様である。すなわち、吸気量または排気量に基づく運転状態パラメータ(この実施例では、エアフローセンサ17により検出された吸気量 Q_{air_act})を x として検出し、該吸気量 Q_{air_act} に基づいて図7のようなマップを参照し、絞り弁43の開度 L_{PL_TH} を、フィードフォワード項 $L_{PLP_TH_ff}$ として算出する。

【0091】

ステップS43～S46は、フィードバック項を算出するプロセスであり、図5のステップS1～S4と同様である。すなわち、圧力センサ44の検出値 $P1_act$ と目標値 $P1_cmd$ との差 $errP1$ が収束するようPI制御を実行して、絞り弁43の開度 L_{PL_TH} を、フィードバック項 $L_{PL_TH_fb}$ として算出する。ステップS47において、フィードフォワード項およびフィードバック項を加算して、絞り弁43の目標開度 L_{PL_TH} を算出する。

20

【0092】

算出された目標開度 L_{PL_TH} になるよう、絞り弁43は制御信号を介して制御される。こうして、所望の圧力差が生成されるように、絞り弁43の開度が制御される。なお、この実施例ではPI制御を用いているが、他の制御手法を用いて差 $errP1$ を収束させてもよい。

30

【0093】

ステップS55～S58は、図5のステップS5～S8と同様であるので、説明を省略する。

【0094】

なお、フィードフォワード制御およびフィードバック制御の併用は、排気側に絞り弁43を設ける第2の実施形態(図8)にも同様に適用可能である。

【0095】

上記実施形態は、ディーゼルエンジンを例に説明したが、本願発明は、他のエンジン(たとえば、通常のカソリンエンジン)にも適用可能である。

【0096】

上記実施形態では、スロットル弁20により、エンジン2に吸入される空気量を制御するが、代替的に、スロットル弁20に代えて、吸気バルブ3のリフト量により、エンジン2に吸入される空気量を制御してもよい。また、本願発明は、過給装置10を設けない形態にも適用可能である。スロットル弁20および過給装置10が設けられない場合には、低圧EGR通路41の吸気側は、高圧EGR通路31が吸気管に接続する箇所よりも上流に接続される。低圧EGR通路41の排気側は、排気浄化手段(上記実施形態では、DPF22または触媒装置23)の下流に接続される。

40

【0097】

上記実施形態は、汎用の(例えば、船外機等の)内燃機関に適用可能である。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 9 8 】

【図 1】この発明の第 1 の実施形態に従う、低圧 E G R 装置および高圧 E G R 装置を備える内燃機関およびその制御装置を概略的に示す図。

【図 2】低圧 E G R 装置による E G R 率の再現性の問題を説明するための図。

【図 3】この発明の一実施例に従う、E G R 制御弁の前後の圧力の比に対する E G R 流量の変化を示す図。

【図 4】この発明の一実施例に従う、(a) 圧力差に対する E G R 流量の変化、および (b) 圧力差に対するポンプ仕事の割合を示す図。

【図 5】この発明の第 1 の実施形態に従う、絞り弁のフィードバック制御を介して低圧 E G R 制御弁を制御するプロセスのフロー。

10

【図 6】この発明の第 1 の実施形態に従う、絞り弁のフィードフォワード制御を介して低圧 E G R 制御弁を制御するプロセスのフロー。

【図 7】この発明の第 1 の実施形態に従う、運転状態パラメータに基づく絞り弁の目標開度を示すマップ。

【図 8】この発明の第 2 の実施形態に従う、低圧 E G R 装置および高圧 E G R 装置を備える内燃機関およびその制御装置を概略的に示す図。

【図 9】この発明の第 2 の実施形態に従う、絞り弁のフィードバック制御を介して低圧 E G R 制御弁を制御するプロセスのフロー。

【図 10】この発明の第 2 の実施形態に従う、絞り弁のフィードフォワード制御を介して低圧 E G R 制御弁を制御するプロセスのフロー。

20

【図 11】この発明の第 1 の実施形態に従う、絞り弁のフィードバック制御およびフィードフォワード制御を介して低圧 E G R 制御弁を制御するプロセスのフロー。

【符号の説明】

【 0 0 9 9 】

1 E C U

2 エンジン

4 吸気管

6 排気管

1 5 吸気通路

1 6 排気通路

30

2 2 D P F

3 1 高圧 E G R 通路

3 2 高圧 E G R 制御弁

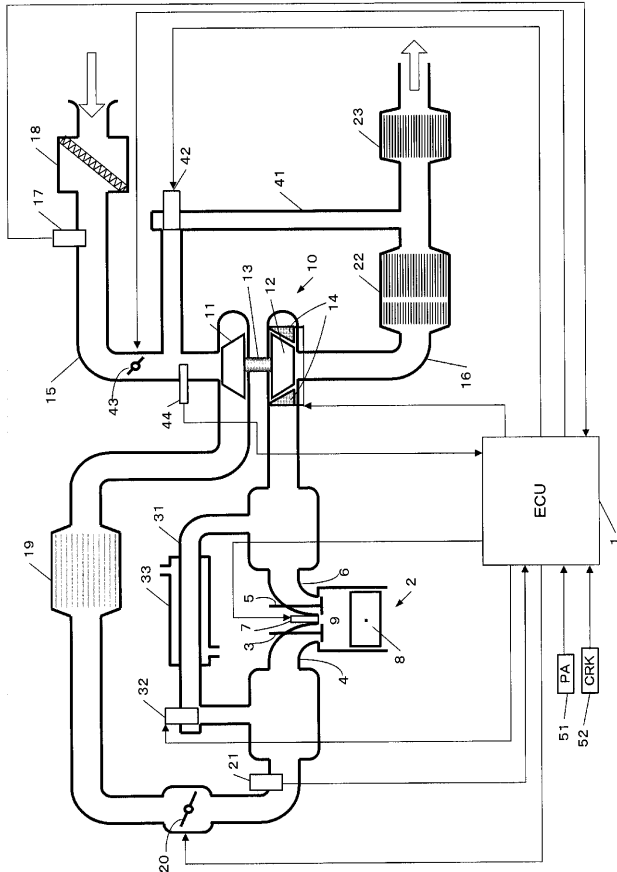
4 1 低圧 E G R 通路

4 2 低圧 E G R 制御弁

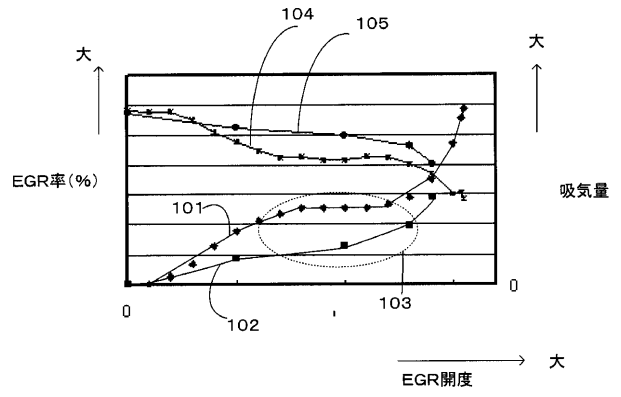
4 3 絞り弁

4 4 圧力センサ

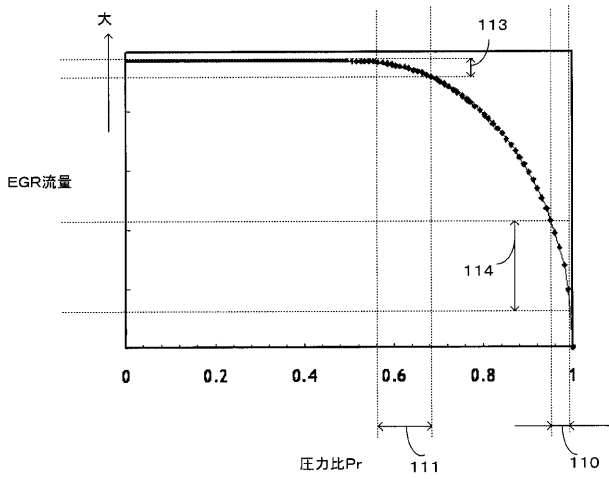
【図1】



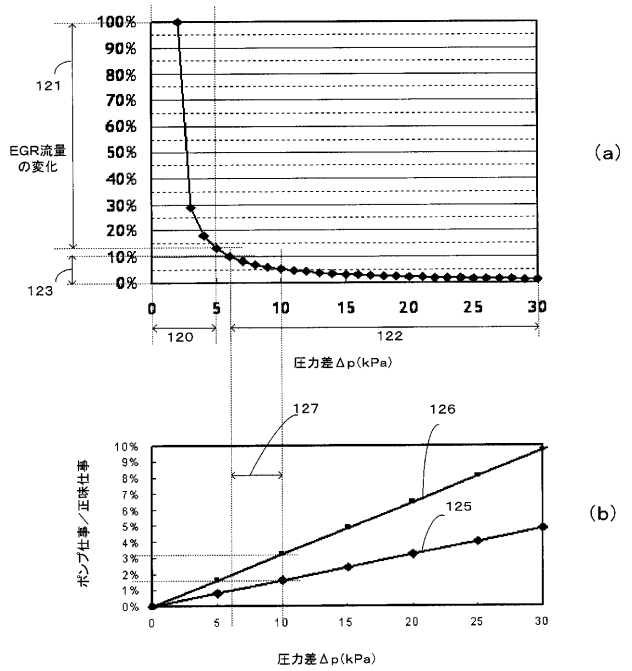
【図2】



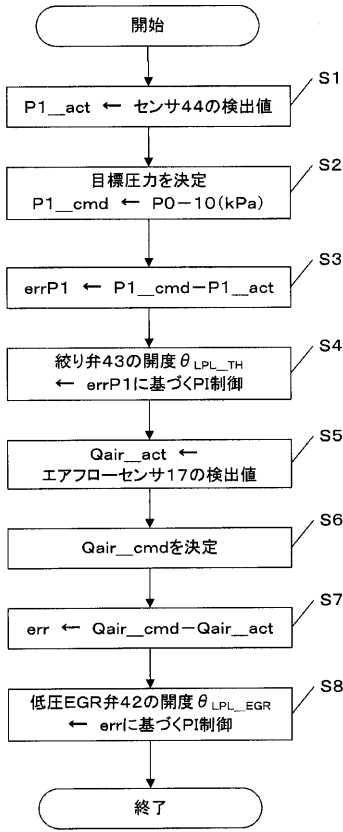
【図3】



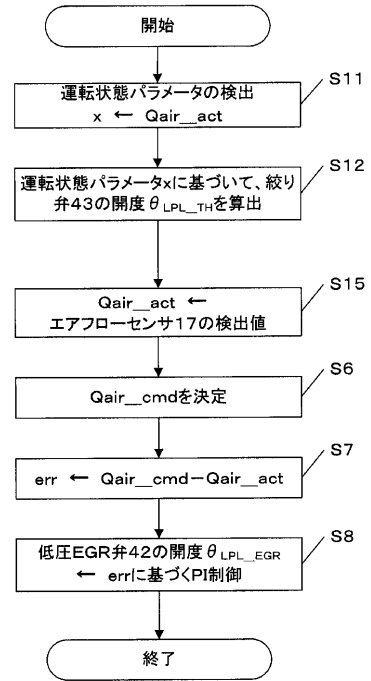
【図4】



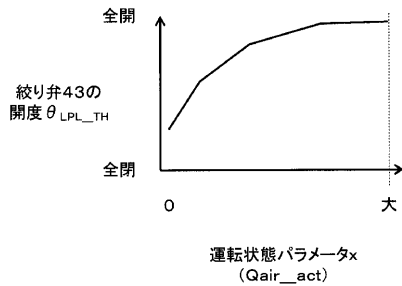
【 図 5 】



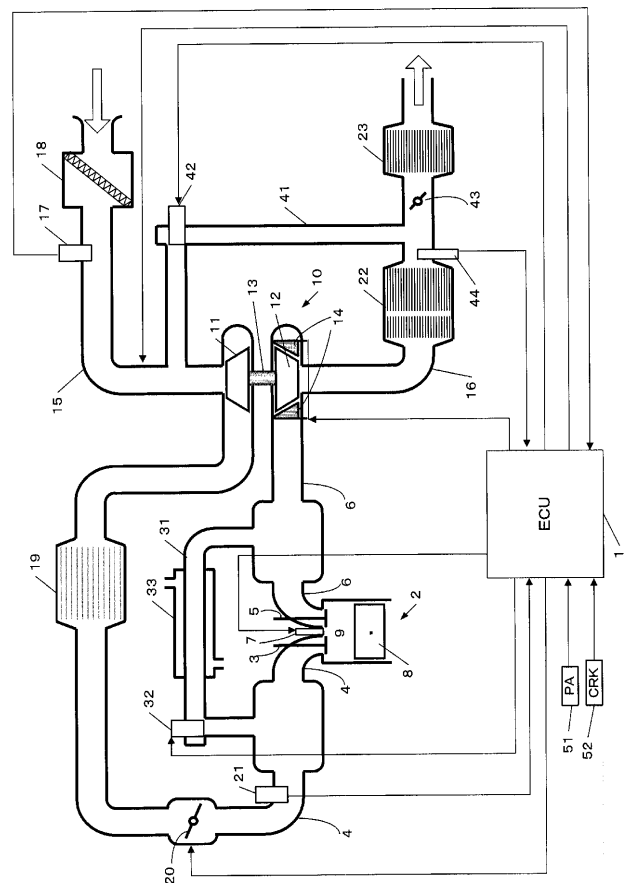
【 図 6 】



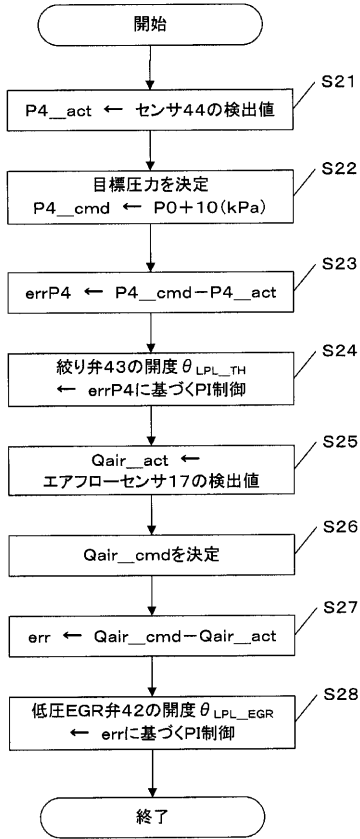
【 図 7 】



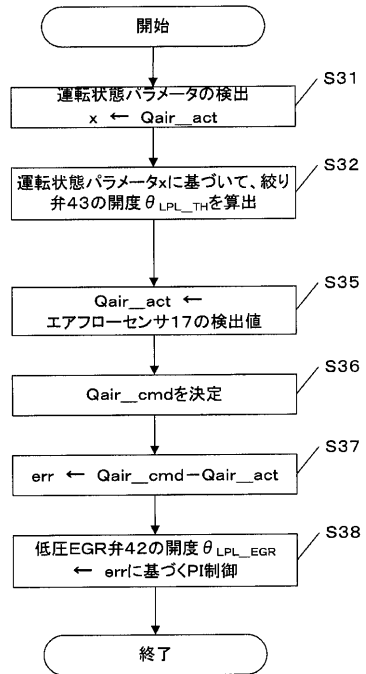
【 図 8 】



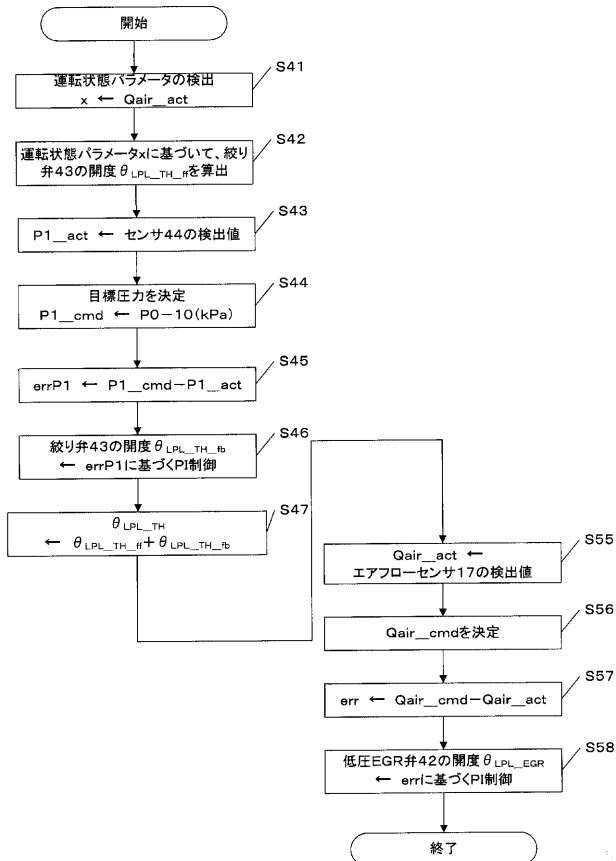
【 図 9 】



【 図 1 0 】



【 図 1 1 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3G065 AA01 AA03 AA09 AA10 CA11 CA12 FA12 GA01 GA05 GA06
GA10 GA14 GA26 GA47 HA02
3G092 AA02 AA17 AA18 BA02 DB03 DC09 DC12 DF01 DF02 EA01
EA02 EA11 EC02 FA06 FA17 GA03 HA01Z HA05X HA05Z HD08X
HD08Z HD09Z HE03Z HG08Z
3G301 HA02 HA11 HA13 JA25 LA02 MA01 NA04 NA06 NA07 NA09
NC02 ND05 NE01 PA01Z PA07A PA07Z PA09Z PD14A PD14Z PD15A
PE03Z