

(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2019-65778

(P2019-65778A)

(43) 公開日 平成31年4月25日(2019.4.25)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO2D 13/02 (2006.01)	FO2D 13/02 L	3G005
FO2D 43/00 (2006.01)	FO2D 13/02 K	3G062
FO2M 26/07 (2016.01)	FO2D 13/02 J	3G092
FO2M 26/20 (2016.01)	FO2D 43/00 3O1Z	3G384
FO2M 26/37 (2016.01)	FO2D 43/00 3O1N	

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 24 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2017-192735 (P2017-192735)
 (22) 出願日 平成29年10月2日 (2017.10.2)

(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 100106150
 弁理士 高橋 英樹
 (74) 代理人 100082175
 弁理士 高田 守
 (74) 代理人 100113011
 弁理士 大西 秀和
 (72) 発明者 青柳 真介
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

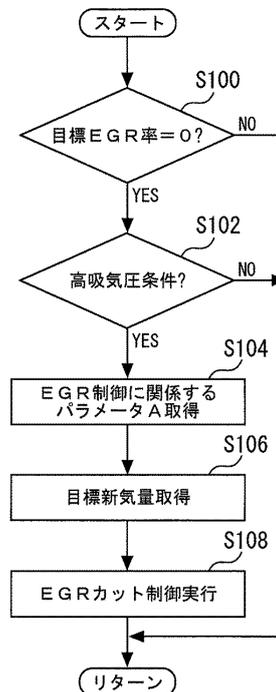
(54) 【発明の名称】 内燃機関の制御装置

(57) 【要約】

【課題】 高吸気圧条件において、別途 EGR 制御弁を備えることなく、かつ、EGR 通路を介した排気通路への新気の吹き抜けを抑制しつつ、外部 EGR 装置による排気ガスの再循環を実質的に停止させる。

【解決手段】 排気通路 60 と気筒 12 とを接続する EGR 通路 82 と EGR 通路 82 の気筒 12 側の端部に設けられた EGR 弁 84 とを有する外部 EGR 装置 80 を備える内燃機関 10 において、高吸気圧条件が満たされ、かつ、EGR ガス導入要求がない場合には、可変動弁装置 100 を用いて EGR カット制御が実行される。EGR カット制御では、吸気弁 50 が EGR 弁 84 よりも後に吸気行程において開き、かつ、EGR 弁 84 に関する流出ガス量 G_{out} が流入ガス量 G_{in} と等しくなるようにオーバーラップ面積が調整される。EGR 通路 82 は、EGR カット制御の実行中に気筒 12 内から EGR 通路 82 に流出するガスを蓄えられるように構成されている。

【選択図】 図 7



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

吸気通路を流れる吸気を過給する過給機と、

前記吸気通路の気筒側の端部に設けられた吸気弁、および、排気通路の前記気筒側の端部に設けられた排気弁と、

前記排気通路と前記気筒とを接続する EGR 通路と、前記 EGR 通路の前記気筒側の端部に設けられた EGR 弁とを有する外部 EGR 装置と、

前記 EGR 弁の開弁特性、および前記吸気弁の開弁特性のうちの少なくとも一方を可変とする可変動弁装置と、

を備える内燃機関を制御する制御装置であって、

前記 EGR 弁が開く EGR 弁リフト期間は、吸気行程の一部に、または、排気行程の一部と吸気行程の一部とに跨るように設けられ、

前記制御装置は、前記吸気通路の吸気ポート内の圧力が前記 EGR 通路の EGR ポート内の圧力よりも高い高吸気圧条件が満たされ、かつ、前記外部 EGR 装置による EGR ガス導入要求がない場合に、前記可変動弁装置を用いて EGR カット制御を実行し、

前記制御装置は、前記 EGR カット制御において、

前記吸気弁が前記 EGR 弁よりも後に前記吸気行程において開き、かつ、

前記 EGR 弁を介した前記気筒内から前記 EGR 通路への流出ガス量が前記 EGR 弁を介した前記 EGR 通路から前記気筒内への流入ガス量と等しくなるように、前記 EGR 弁のリフトカーブと前記吸気弁のリフトカーブとが重なる部分の面積であるオーバーラップ面積を調整し、

前記 EGR 通路は、前記 EGR カット制御の実行中に前記 EGR 弁を介して前記気筒内から前記 EGR 通路に流出するガスを蓄えられるように構成されている

ことを特徴とする内燃機関の制御装置。

【請求項 2】

前記可変動弁装置は、前記吸気弁の位相を可変とし、

前記制御装置は、前記 EGR カット制御において、前記吸気弁の位相の調整によって、前記流出ガス量が前記流入ガス量と等しくなるように前記オーバーラップ面積を調整することを特徴とする請求項 1 に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 3】

前記可変動弁装置は、前記吸気弁のリフト量および作用角のうちの少なくとも一方を可変とし、

前記制御装置は、前記 EGR カット制御において、前記吸気弁のリフト量および前記吸気弁の作用角のうちの少なくとも一方の調整によって、前記流出ガス量が前記流入ガス量と等しくなるように前記オーバーラップ面積を調整する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 4】

前記内燃機関は、前記吸気通路に設けられたスロットルを含み、

前記制御装置は、前記スロットルの開度が全閉開度未満であり、かつ、前記 EGR ガス導入要求がないときに、前記スロットルを開くことにより前記高吸気圧条件が満たされる場合には、前記スロットルを開いて前記高吸気圧条件を満たしつつ前記 EGR カット制御を実行する

ことを特徴とする請求項 1 ~ 3 の何れか 1 つに記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 5】

前記過給機は、前記吸気通路に配置されたコンプレッサと、前記排気通路に配置されたタービンとを有するターボ過給機であって、

前記 EGR 通路は、前記タービンよりも下流側において前記排気通路に接続されていることを特徴とする請求項 1 ~ 4 の何れか 1 つに記載の内燃機関の制御装置。

【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、内燃機関の制御装置に関し、より詳細には、排気通路と気筒とを接続する E G R 通路と、この E G R 通路の気筒側の端部に設けられた E G R 弁とを備える内燃機関を制御するうえで好適な制御装置に関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

例えば、特許文献 1 には、ディーゼルエンジンの外部 E G R 装置が開示されている。この外部 E G R 装置は、排気通路と気筒とを接続する E G R 通路と、この E G R 通路の気筒側の端部に設けられた E G R 弁とを備えている。E G R 弁は吸気行程において開かれる。また、この外部 E G R 装置は、排気通路と E G R 通路との接続部に、E G R ガス量を制御するための E G R 制御弁を備えている。このディーゼルエンジンでは、E G R 制御弁を閉じることにより、外部 E G R 装置による気筒内への排気ガスの再循環を停止することができる。

10

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 3 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 0 - 0 7 3 8 7 5 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 4 】

上述のように、特許文献 1 に記載のディーゼルエンジンでは、気筒内への E G R ガスの導入を停止するために E G R 制御弁が用いられる。一方、内燃機関の燃焼室を開閉するバルブ（典型的には、吸気弁および排気弁であり、特許文献 1 に記載の E G R 弁もこれに含まれる）の開弁特性（バルブの位相、リフト量および作用角など）を可変とする可変動弁装置が知られている。このような可変動弁装置の利用によって外部 E G R 装置による気筒への排気ガスの再循環を実質的に停止できれば、上記 E G R 制御弁を不要にできる。

20

【 0 0 0 5 】

本発明は、上述のような課題に鑑みてなされたものであり、排気通路と気筒とを接続する E G R 通路と、この E G R 通路の気筒側の端部に設けられた E G R 弁とを有する外部 E G R 装置を備える内燃機関を対象とする。そして、本発明は、吸気通路の吸気ポート内の圧力が E G R 通路の E G R ポート内の圧力よりも高い高吸気圧条件において、E G R 通路と排気通路との接続部に別途 E G R 制御弁を備えることなく、かつ、E G R 通路を介した気筒から排気通路への新気の吹き抜けを抑制しつつ、外部 E G R 装置による排気ガスの再循環を実質的に停止させられるようにした内燃機関の制御装置を提供することを目的とする。

30

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 6 】

本発明に係る内燃機関の制御装置は、
 吸気通路を流れる吸気を過給する過給機と、
 前記吸気通路の気筒側の端部に設けられた吸気弁、および、排気通路の前記気筒側の端部に設けられた排気弁と、
 前記排気通路と前記気筒とを接続する E G R 通路と、前記 E G R 通路の前記気筒側の端部に設けられた E G R 弁とを有する外部 E G R 装置と、
 前記 E G R 弁の開弁特性、および前記吸気弁の開弁特性のうちの少なくとも一方を可変とする可変動弁装置と、
 を備える内燃機関を制御する。

40

前記 E G R 弁が開く E G R 弁リフト期間は、吸気行程の一部に、または、排気行程の一部と吸気行程の一部とに跨るように設けられている。

前記制御装置は、前記吸気通路の吸気ポート内の圧力が前記 E G R 通路の E G R ポート内の圧力よりも高い高吸気圧条件が満たされ、かつ、前記外部 E G R 装置による E G R ガ

50

ス導入要求がない場合に、前記可変動弁装置を用いてEGRカット制御を実行する。

前記制御装置は、前記EGRカット制御において、前記吸気弁が前記EGR弁よりも後に前記吸気行程において開き、かつ、前記EGR弁を介した前記気筒内から前記EGR通路への流出ガス量が前記EGR弁を介した前記EGR通路から前記気筒内への流入ガス量と等しくなるように、前記EGR弁のリフトカーブと前記吸気弁のリフトカーブとが重なる部分の面積であるオーバーラップ面積を調整する。

前記EGR通路は、前記EGRカット制御の実行中に前記EGR弁を介して前記気筒内から前記EGR通路に流出するガスを蓄えられるように構成されている。

【0007】

前記可変動弁装置は、前記吸気弁の位相を可変としてもよい。そして、前記制御装置は、前記EGRカット制御において、前記吸気弁の位相の調整によって、前記流出ガス量が前記流入ガス量と等しくなるように前記オーバーラップ面積を調整してもよい。

10

【0008】

前記可変動弁装置は、前記吸気弁のリフト量および作用角のうちの少なくとも一方を可変としてもよい。そして、前記制御装置は、前記EGRカット制御において、前記吸気弁のリフト量および前記吸気弁の作用角のうちの少なくとも一方の調整によって、前記流出ガス量が前記流入ガス量と等しくなるように前記オーバーラップ面積を調整してもよい。

【0009】

前記内燃機関は、前記吸気通路に設けられたスロットルを含んでもよい。そして、前記制御装置は、前記スロットルの開度が全閉開度未満であり、かつ、前記EGRガス導入要求がないときに、前記スロットルを開くことにより前記高吸気圧条件が満たされる場合には、前記スロットルを開いて前記高吸気圧条件を満たしつつ前記EGRカット制御を実行してもよい。

20

【0010】

前記過給機は、前記吸気通路に配置されたコンプレッサと、前記排気通路に配置されたタービンとを有するターボ過給機であってもよい。そして、前記EGR通路は、前記タービンよりも下流側において前記排気通路に接続されてもよい。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、高吸気圧条件が満たされ、かつ、外部EGR装置によるEGRガス導入要求がない場合には、可変動弁装置を用いてEGRカット制御が実行される。EGRカット制御では、EGR弁が吸気弁よりも先に開かれ、かつ、EGR弁を介した気筒内からEGR通路への流出ガス量がEGR弁を介したEGR通路から気筒内への流入ガス量と等しくなるように、EGR弁および吸気弁についてのリフトカーブのオーバーラップ面積が調整される。そして、EGR通路は、EGRカット制御の実行中にEGR弁を介して気筒内からEGR通路に流出するガスを蓄えられるように構成されている。したがって、EGRカット制御が実行されると、EGR弁リフト期間中には、EGR弁を介して気筒とEGR通路との間でガスが出入りすることになる。このため、本発明によれば、EGR通路と排気通路との接続部に別途EGR制御弁を備えることなく、EGR通路を介した気筒から排気通路への新気の吹き抜けを抑制しつつ、外部EGR装置による排気ガスの再循環（すなわち、いわゆる外部EGRガスの導入）を実質的に停止させられるようになる。

30

40

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の実施の形態1に係るシステムの構成を説明するための図である。

【図2】図1に示す可変動弁装置によって実現される吸気弁およびEGR弁のリフトカーブの一例を排気弁のリフトカーブとともに表した図である。

【図3】EGRガスの導入時に用いられるマップM1における吸気弁およびEGR弁の位相、リフト量および作用角の設定例を示す図である。

【図4】EGR弁の位相の調整例を表した図である。

【図5】高吸気圧条件における吸気弁およびEGR弁についてのバルブ通過ガス量 [g]

50

とEGR弁と吸気弁とのO/L期間との関係を表した図である。

【図6】図4に示す位相B2が利用される例であって、各弁の通過ガス流量[g/s]のクランク角に対する変化を表した図である。

【図7】本発明の実施の形態1に係るEGRカット制御に関する処理のルーチンを示すフローチャートである。

【図8】高吸気圧条件におけるEGR弁の通過ガス量[g/s]とEGR弁と吸気弁とのO/L期間との関係を表した図である。

【図9】高吸気圧条件におけるEGR弁の通過ガス量[g/s]とEGR弁と吸気弁とのO/L期間との関係を表した図である。

【図10】図1に示すスロットルの制御領域の一例を説明するための図である。

【図11】本発明の実施の形態5に係るEGRカット制御に関する処理のルーチンを示すフローチャートである。

【図12】EGRカット制御の実行中にEGR弁の開き時期が排気行程にある例を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。以下に示す実施の形態において各要素の個数、数量、量、範囲等の数に言及した場合、特に明示した場合や原理的に明らかにその数に特定される場合を除いて、その言及した数に、この発明が限定されるものではない。また、以下に示す実施の形態において説明する構造やステップ等は、特に明示した場合や明らかに原理的にそれに特定される場合を除いて、この発明に必ずしも必須のものではない。

【0014】

実施の形態1.

まず、図1～図7を参照して、本発明の実施の形態1について説明する。

【0015】

1. 実施の形態1に係るシステムの構成例

図1は、本発明の実施の形態1に係るシステムの構成を説明するための図である。図1に示すシステムは、圧縮着火式の内燃機関(ディーゼルエンジン)10を備えている。内燃機関10は、例えば、車両に搭載される。内燃機関10は、一例として直列4気筒型エンジンであるが、内燃機関の気筒数は、4つ以外の任意の1または複数であってもよい。また、本発明の対象となる内燃機関は、圧縮着火式の内燃機関に代え、例えば、火花点火式の内燃機関(例えば、ガソリンエンジン)であってもよい。

【0016】

1-1. 過給機

内燃機関10は、過給エンジンであり、過給機の一例として、ターボ過給機20を備えている。より詳細には、ターボ過給機20は、一例として、タービン22とコンプレッサ24と可変ノズル機構26とを備える可変ノズル式ターボ過給機である。タービン22は排気エネルギーによって回転駆動される。コンプレッサ24はタービン22とともに回転して吸入空気を過給する。可変ノズル機構26によれば、複数の可変ノズルベーンの開度(VN開度)を変更してタービン22に流入する排気ガスの流速を変化させることで、過給圧を調整することができる。

【0017】

1-2. 吸気系

内燃機関10の各気筒12には、吸気通路30が連通している。具体的には、吸気通路30の入口付近には、エアクリーナ32が取り付けられている。エアクリーナ32には、吸気通路30に取り入れられた空気(新気)の流量に応じた信号を出力するエアフローセンサ34と、この空気の湿度に応じた信号を出力する湿度センサ36とが設けられている。

【0018】

10

20

30

40

50

エアクリーナ 3 2 よりも下流側の吸気通路 3 0 には、上記のコンプレッサ 2 4 が配置されている。コンプレッサ 2 4 よりも下流側の吸気通路 3 0 には、コンプレッサ 2 4 によって圧縮された吸気を冷却するためのインタークーラ 3 8 が配置されている。インタークーラ 3 8 の下流には、吸気通路 3 0 を流れる吸気の流量を調整するための電子制御式のスロットル 4 0 が設けられている。

【 0 0 1 9 】

スロットル 4 0 の下流側には、各気筒 1 2 に向けて吸気を分配するための吸気マニホールド 4 2 が設けられている。シリンダヘッド 1 4 の内部には、吸気マニホールド 4 2 の各出口と各気筒（各燃焼室） 1 2 とを接続する吸気ポート 4 4 が形成されている。吸気マニホールド 4 2 および吸気ポート 4 4 内の通路は吸気通路 3 0 の一部として機能する。図 1 に示す例では、吸気ポート 4 4 は、気筒 1 2 毎に 2 つ設けられている。

10

【 0 0 2 0 】

吸気マニホールド 4 2 の集合部には、吸気圧（吸気マニホールド圧（過給圧））に応じた信号を出力する吸気圧センサ 4 6 と、吸気温度に応じた信号を出力する吸気温度センサ 4 8 とが取り付けられている。

【 0 0 2 1 】

1 - 3 . 排気系

また、各気筒 1 2 には、排気通路 6 0 が連通している。具体的には、シリンダヘッド 1 4 の内部には、各気筒（各燃焼室） 1 2 と排気マニホールド 6 2 とを接続する排気ポート 6 4 が形成されている。排気マニホールド 6 2 および排気ポート 6 4 内の通路は排気通路 6 0 の一部として機能する。図 1 に示す例では、排気ポート 6 4 は、気筒 1 2 毎に 1 つ設けられている。

20

【 0 0 2 2 】

排気マニホールド 6 2 よりも下流側の排気通路 6 0 には、上記のタービン 2 2 が配置されている。タービン 2 2 には、排気マニホールド 6 2 によって集められた各気筒 1 2 からの排気ガスが流入する。タービン 2 2 の下流には、排気ガスの浄化のために排気浄化装置（後処理装置） 6 6 が配置されている。

【 0 0 2 3 】

排気マニホールド 6 2 の集合部には、排気圧（排気マニホールド圧）に応じた信号を出力する排気圧センサ 6 8 と、排気温度に応じた信号を出力する排気温度センサ 7 0 とが取り付けられている。

30

【 0 0 2 4 】

1 - 4 . 外部 E G R 装置

図 1 に示す内燃機関 1 0 は、外部 E G R 装置（以下、単に「E G R 装置」とも称する） 8 0 を備えている。E G R 装置 8 0 は、E G R 通路 8 2 と E G R 弁 8 4 と E G R クーラ 8 6 とを備えている。E G R 通路 8 2 は、排気通路 6 0 と各気筒 1 2 とを接続する。E G R ガス流量の制御は、後述のように可変動弁装置 1 0 0 を用いて行われる。

【 0 0 2 5 】

より詳細には、E G R 通路 8 2 は、タービン 2 2 よりも下流側の排気通路 6 0 と各気筒 1 2 とを接続しており、排気通路 6 0 内を流れる排気ガスの一部を E G R ガス（いわゆる、外部 E G R ガス）として各気筒 1 2 に再循環させることができる。図 1 に示す例では、E G R ガスを各気筒 1 2 に向けて分配するための E G R マニホールド 8 8 と、E G R マニホールド 8 8 と各気筒 1 2 とを接続する E G R ポート 9 0 とがシリンダヘッド 1 4 の内部に形成されている。E G R マニホールド 8 8 および E G R ポート 9 0 内の通路は E G R 通路 8 2 の一部として機能する。図 1 に示す例では、E G R ポート 9 0 は、気筒 1 2 毎に 1 つ設けられている。

40

【 0 0 2 6 】

E G R 弁 8 4 は、E G R 通路 8 2 の気筒 1 2 側の端部に設けられている。すなわち、E G R 弁 8 4 は、気筒 1 2（燃焼室）を開閉する。E G R クーラ 8 6 は、排気通路 6 0 から E G R 通路 8 2 に流入した排気ガス（E G R ガス）を冷却する。また、E G R 通路 8 2（

50

より詳細には、EGRクーラ86よりもEGRガス流れの下流側かつ、EGRマニホールド88よりも上流側の部位)には、EGRガスの圧力に応じた信号を出力するEGRガス圧センサ92と、EGRガスの温度に応じた信号を出力するEGRガス温度センサ94とが取り付けられている。

【0027】

(EGR通路の容積)

EGR通路82は、後述のEGRカット制御の実行中にEGR弁84を介して気筒12内からEGR通路82に流出するガス(主に新気)を蓄えられるように構成されている。より詳細には、内燃機関10は、複数(4つ)の気筒12を有しているため、EGR通路82は、EGRカット制御の実行中に各気筒12からEGR通路82に流出したガスをEGR通路82の外(すなわち、排気通路60内)にまで流出させない大きさの容積が確保されるように構成されている。

10

【0028】

1-5. 動弁系

図1に示す内燃機関10の例では、気筒12(燃烧室)を開閉するバルブとして、4つの弁が設けられている。そのうちの2つは、吸気通路30(吸気ポート44)の気筒12側の端部に設けられた吸気弁50であり、他の1つは、排気通路60の気筒12側の端部に設けられた排気弁72であり、残りの1つは、上記のEGR弁84である。これらの弁50、72、84は、典型的には、何れもポペット型のバルブである。なお、これらの弁50、72、84のそれぞれの数は、上記の例に限定されず、他の任意の数であってもよい。

20

【0029】

内燃機関10は、可変動弁装置100を備えている。可変動弁装置100は、吸気弁50の開弁特性を可変とする吸気可変動弁装置102と、EGR弁84の開弁特性を可変とするEGR可変動弁装置104とを含む。なお、排気弁72は、例えば、図示省略する排気動弁装置によって一定の開弁特性で駆動される。

【0030】

吸気可変動弁装置102およびEGR可変動弁装置104により変更される開弁特性の例は、吸気弁50の位相、リフト量および作用角である。より詳細には、バルブの位相の変更とは、クランク角に対するバルブリフトカーブの位相を変更することに相当する。また、バルブのリフト量は、バルブリフトカーブにおける最大リフト量を指している。バルブの作用角は、バルブが開いているクランク角期間(クランク角幅)に相当する。

30

【0031】

吸気可変動弁装置102は、吸気弁50の位相を所定のクランク角範囲内で連続的に可変とする位相可変機能と、吸気弁50のリフト量および作用角を連続的に可変とするリフト量&作用角連続可変機能とを有する。同様に、EGR可変動弁装置104も、位相可変機能とリフト量&作用角連続可変機能とを有する。

【0032】

位相可変機能は、例えば、クランク軸の回転位相に対するカム軸の回転位相を変更可能な位相可変機構(図示省略)を備えることにより実現できる。また、リフト量&作用角連続可変機能は、例えば、バルブのリフト量および作用角を連続的に変更可能な周知の変バルブリフト機構を備えることにより実現できる。付け加えると、例えば、吸気弁50の上記の両機能を実現するためには、吸気弁50用のカム軸を利用する位相可変機構および可変バルブリフト機構が備えられてもよい。また、EGR弁84の上記の両機能を実現するためには、排気弁72用のカム軸とEGR弁84用のカム軸とを2重構造としつつ、EGR弁84用のカム軸を利用する位相可変機構および可変バルブリフト機構が備えられてもよい。

40

【0033】

図2は、図1に示す可変動弁装置100によって実現される吸気弁50およびEGR弁84のリフトカーブの一例を排気弁72のリフトカーブとともに表した図である。図2に

50

示すように、吸気可変動弁装置 102 は、位相可変機能を利用して吸気弁 50 の閉じ時期を圧縮行程中の所定期間に合わせつつ、リフト量 & 作用角連続可変機能を利用して吸気弁 50 のリフト量および作用角を連続的に変更可能に構成されている。また、EGR 可変動弁装置 104 は、位相可変機能を利用して EGR 弁 84 の開き時期を排気上死点 (TDC) に合わせつつ、リフト量 & 作用角連続可変機能を利用して EGR 弁 84 のリフト量および作用角を連続的に変更可能に構成されている。また、このような吸気弁 50 および EGR 弁 84 の開弁特性の変更は、EGR 弁 84 のリフトカーブの一部と吸気弁 50 のリフトカーブの一部とが吸気行程において重なることを可能にしつつ行われる。なお、排気弁 72 は、例えば、膨張行程の所定期間において開かれ、排気上死点付近において閉じられる。

10

【0034】

1-6. 制御系

図 1 に示すように、本実施形態のシステムは、さらに電子制御ユニット (ECU) 110 を備えている。ECU 110 には、内燃機関 10 およびこれを搭載する車両に搭載された各種センサと、内燃機関 10 の運転を制御するための各種アクチュエータとが電気的に接続されている。

【0035】

上記の各種センサは、上述したエアフローセンサ 34、湿度センサ 36、圧力センサ 46、68、92、および温度センサ 48、70、94 に加え、クランク角に応じた信号を出力するクランク角センサ 112、外気温度センサ 114、大気圧センサ 116、エンジン冷却水温度に応じた信号を出力する水温センサ 118、およびアクセルポジションセンサ 120 を含む。ECU 110 は、クランク角センサ 112 を用いてエンジン回転速度を取得できる。また、上記の各種アクチュエータは、上述した可変ノズル機構 26、スロットル 40 および可変動弁装置 100 (102、104) に加え、各気筒 12 に燃料を噴射する燃料噴射弁 122 を含む。

20

【0036】

ECU 110 は、プロセッサ、メモリおよび入出力インターフェースを備えている。入出力インターフェースは、上記の各種センサからセンサ信号を取り込むとともに、上記の各種アクチュエータに対して操作信号を出力する。メモリには、各種アクチュエータを制御するための各種の制御プログラムおよびマップが記憶されている。プロセッサは、制御プログラムをメモリから読み出して実行する。これにより、本実施形態に係る「内燃機関の制御装置」の機能が実現される。

30

【0037】

1-7. 内燃機関のハードウェア上の特徴 (高過給と EGR ガス導入の両立)

本実施形態の外部 EGR 装置 80 と異なり、高圧ループ (HPL: High Pressure Loop) 式の EGR 装置では、EGR 通路は、タービンよりも上流側の排気通路に接続される。このため、EGR ガスの導入が行われるときには、タービンに流入する排気ガスの量が減少してしまう。また、EGR 通路がタービンよりも上流側の排気通路に接続されていると、タービンよりも上流側の排気通路の容積が EGR 通路分だけ増加する。その結果、排気脈動が減衰してしまい、タービン仕事の低下が懸念される。これらの理由により、HPL 式の EGR 装置が採用されると、過給圧を高くすることが困難になる可能性がある。

40

【0038】

これに対し、本実施形態の EGR 装置 80 によれば、タービン 22 を通過した後の排気ガスが EGR ガスとして EGR 通路 82 に取り出される。このため、タービン 22 を通過する排気ガスの流量の減少を抑制できる。また、EGR 通路 82 の存在によってタービン 22 の上流側の排気通路 60 の容積が増加することもない。したがって、高過給を実現しつつ EGR ガスを導入できるようになる。また、上記の HPL 式の EGR 装置では、タービンよりも上流側の排気通路への EGR 通路の接続によって各気筒の排気通路が連通してしまうため、ツインスクロール方式のターボ過給機の採用が困難となる。これに対し、E

50

G R 装置 8 0 の利用により、ツインスクロール方式を容易に採用できる。

【 0 0 3 9 】

(吸気圧が排気圧よりも高い条件での E G R ガスの導入)

また、H P L 式の E G R 装置では、E G R 通路は、スロットルよりも下流側の吸気通路に接続される。このような構成では、ターボ効率が良いために吸気通路内の圧力が排気通路内の圧力よりも高い条件においては、E G R 通路を開閉する E G R 弁が開かれると、吸気通路を流れる新気が E G R 通路に吹き抜けてしまう。このため、この条件では、E G R ガスの導入を行うことが困難となる。

【 0 0 4 0 】

これに対し、本実施形態の E G R 装置 8 0 によれば、吸気行程中に E G R 弁 8 4 と吸気弁 5 0 とを開くクランク角期間を (例えば、後述の図 3 のように) 適切に設定することにより、吸気圧 (過給圧) が排気圧よりも高い条件であっても、E G R ガスを気筒 1 2 内に導入することが可能となる。

10

【 0 0 4 1 】

(E G R ガスの導入遅れの抑制)

排気通路と吸気通路とを接続する E G R 通路を備える構成 (例えば、上記の H P L 式または、低圧ループ (L P L : Low Pressure Loop) 式の E G R 装置) では、E G R 弁から気筒 1 2 までの距離が長くなるため、E G R 弁の開度を調整しても、気筒 1 2 内に吸入される E G R ガスの量が実際に変化するまでに時間を要する (すなわち、E G R ガスの導入遅れが大きい) 。

20

【 0 0 4 2 】

これに対し、本実施形態の E G R 装置 8 0 によれば、後に詳述のように E G R 弁 8 4 の開弁特性および吸気弁 5 0 の開弁特性のうち少なくとも一方の制御によって、E G R ガスの導入の有無および E G R ガス流量の調整を速やかに行える。

【 0 0 4 3 】

2 . E G R 制御

2 - 1 . E G R ガスの導入および E G R ガス流量の調整

上述の外部 E G R 装置 8 0 および可変動弁装置 1 0 0 を備える内燃機関 1 0 では、E G R ガスの導入および E G R ガス流量の調整は、吸気弁 5 0 の開弁特性の制御および E G R 弁 8 4 の開弁特性の制御によって実行される。

30

【 0 0 4 4 】

より詳細には、吸気弁 5 0 の開弁特性の制御および E G R 弁 8 4 の開弁特性の制御によって気筒 1 2 内に流入する E G R ガスの流量を制御することで、E G R 率が制御される。E G R 率 [%] は、気筒 1 2 内に充填される E G R ガスの量を、気筒 1 2 内に充填される新気および E G R ガスの総量で除し、かつ、1 0 0 を乗じて得られる値である。

【 0 0 4 5 】

(吸気弁および E G R 弁の位相、リフト量および作用角の決定手法 (適合手法))

内燃機関 1 0 では、エンジン負荷 (燃料噴射量) とエンジン回転速度とにより特定されるエンジン運転領域内の個々のエンジン動作点に対して、目標 E G R 率が設定されている。また、内燃機関 1 0 では、エンジン運転領域内の個々のエンジン動作点に対して、目標新気量が設定されている。新気量の制御は、例えば、スロットル 4 0 の開度と V N 開度の調整によって行うことができる。

40

【 0 0 4 6 】

本実施形態では、個々のエンジン動作点において目標 E G R 率を満たす吸気弁 5 0 および E G R 弁 8 4 の位相、リフト量および作用角は、目標新気量を満たしつつ、かつ、燃料消費が最少となるように (換言すると、エンジントルクが最大となるように) 決定される。この決定手法は、例えば、次の通りである。

【 0 0 4 7 】

すなわち、E G R 制御に係る各種のパラメータ A が同じ条件の下で吸気弁 5 0 および E G R 弁 8 4 の位相、リフト量および作用角を変更しながら試験またはシミュレーショ

50

ンが行われる。そして、得られた結果から、目標 EGR 率および目標新気量を満たしつつ、燃料消費が最小となる吸気弁 50 および EGR 弁 84 の位相、リフト量および作用角の組み合わせが決定される。このような作業がパラメータ A を変更しつつ実行される。これにより、内燃機関 10 の運転中に想定されるパラメータ A の範囲内で、目標 EGR 率等の上記要求を満たす吸気弁 50 および EGR 弁 84 の位相、リフト量および作用角が得られる。ECU 110 には、このようにして得られた関係（パラメータ A と吸気弁 50 および EGR 弁 84 の位相、リフト量および作用角との関係）がマップ M1 として記憶されている。これにより、内燃機関 10 の運転中にそのようなマップ M1 を参照することで、パラメータ A の現在の条件の下で上記要求が満たされるように吸気弁 50 および EGR 弁 84 の位相、リフト量および作用角を決定できる。なお、パラメータ A は、例えば、エンジン回転速度、燃料噴射量、新気量、外気温度、大気圧、エンジン冷却水温度、大気（吸気）湿度、吸気マニホールド 42 内の圧力および温度、排気マニホールド 62 内の圧力および温度、ならびに、EGR マニホールド 88 内の圧力および温度である。

10

20

30

40

50

【0048】

（吸気弁および EGR 弁の位相、リフト量および作用角の設定例）

図 3 は、EGR ガスの導入時に用いられるマップ M1 における吸気弁 50 および EGR 弁 84 の位相、リフト量および作用角の設定例を示している。図 3 に示す例は、吸気ポート 44 内の圧力が排気ポート 64 内の圧力よりも低い条件を対象としている。この例では、吸気行程において EGR 弁 84 および吸気弁 50 が順に開き、かつ、EGR 弁 84 のリフトカーブの一部が吸気弁 50 のリフトカーブの一部と重なっている。EGR 弁 84 と吸気弁 50 の両方が開いていると、EGR 弁 84 が単独で開いているときと比べて、吸気弁 50 を介した新気の流入量分だけ EGR ガスの流入量が減少する。したがって、吸気弁 50 の開弁特性および EGR 弁 84 の開弁特性のうち少なくとも一方の調整によってこれらのリフトカーブが重なる部分の面積であるオーバーラップ面積（以下、「O/L 面積」と称する）が広がると、EGR ガス流量が減少し、EGR 率が低くなる。

【0049】

さらに付け加えると、EGR 装置 80 と可変動弁装置 100 とを備える内燃機関 10 によれば、図 3 に示す例とは異なり、吸気行程において EGR 弁 84 が開閉した後に吸気弁 50 が開閉することにより EGR 弁 84 と吸気弁 50 とのオーバーラップを設けないようにすることで、吸気ポート 44 内の圧力が排気ポート 64 内の圧力よりも高い条件であっても、EGR 通路 82 内への新気の吹き抜けを回避しつつ、EGR ガスの導入が可能となる。その理由は、EGR 弁 84 が開いている間は、ピストンの下降により気筒 12 内が負圧になる一方、タービン 22 よりも下流側の排気通路 60 内の圧力は大気圧近傍となるため、EGR 通路 82 内の圧力よりも気筒 12 内の圧力の方が低くなる。このため、EGR 通路 82 を介して EGR ガスが気筒 12 内に供給される。そして、吸気弁 50 の開き時期が EGR 弁 84 の閉じ時期よりも後であれば、吸気弁 50 が開いて高圧の吸気が気筒 12 内に供給されても、吸気が EGR 通路 82 に向けて吹き抜けることはない。

【0050】

2-2. EGR カット制御

内燃機関 10 の運転中には、EGR ガスの導入が必要とされない場合がある。EGR 装置 80 および可変動弁装置 100 を備える内燃機関 10 では、吸気ポート 44 内の圧力が EGR ポート 90 内の圧力よりも高い圧力条件（以下、単に「高吸気圧条件」と称する）において EGR ガス導入要求がない場合には、次のような「EGR カット制御」が実行される。

【0051】

すなわち、本実施形態の EGR カット制御では、吸気行程において開く EGR 弁 84 よりも後に吸気弁 50 が吸気行程において開き、かつ、流出ガス量 G_{out} が流入ガス量 G_{in} と等しくなるように EGR 弁 84 のリフトカーブと吸気弁 50 のリフトカーブについての O/L 面積を調整するように可変動弁装置 100 が用いられる。流出ガス量 G_{out} は、EGR 弁 84 を介して気筒 12 内から EGR 通路 82 に流出するガスの量であり、流

入ガス量 G_{in} は、EGR弁84を介してEGR通路82から気筒12内に流入するガスの量である。

【0052】

2-2-1. EGR弁を閉じずに排気ガスの再循環を停止させる原理

本実施形態のEGRカット制御では、一例として、上記のO/L面積の調整は、EGR弁84の位相、リフト量および作用角、ならびに吸気弁50の位相、リフト量および作用角の双方の調整によって実行される。しかしながら、以下に図4～図6を参照して行われる排気ガスの再循環停止の原理についての説明では、説明の簡素化のために、EGRカット制御としてEGR弁84の位相の調整のみが行われる例を利用する。

【0053】

図4は、EGR弁84の位相の調整例を表した図である。より詳細には、図4は、吸気弁50（および排気弁72弁）のリフトカーブを固定としたまま、EGR弁84の位相を基準位相B1から徐々に遅角させて得られる位相B2、B3、B4を表している。なお、基準位相B1では、EGR弁84は、排気上死点において開かれている。

【0054】

図4に示す例では、EGR弁84の位相の遅角量が大きいほど、EGR弁84と吸気弁50とのオーバーラップ期間（O/L期間）が長くなる。図4中のO/L期間の例O/L1～O/L4は、それぞれEGR弁84の位相B1～B4に対応している。EGR弁84の位相の調整によれば、O/L期間が長くなると、O/L面積が広くなる。

【0055】

図5は、高吸気圧条件における吸気弁50およびEGR弁84についてのバルブ通過ガス量 $[g]$ とEGR弁84と吸気弁50とのO/L期間との関係を表している。より詳細には、図5に示す例は、EGR制御に関係する各種のパラメータAが同じ条件の下で、EGR弁84の位相の調整が行われたときの試験結果を示している。図5中のバルブ通過ガス量は、バルブリフト期間中に気筒12内に流入するガスの量のことである。このため、バルブ通過ガス量は、バルブリフト期間中に気筒12内に流入するガスの量よりも気筒12から流出するガスの量の方が多い場合には負の値を示す。

【0056】

図5は、図4中の4つのO/L期間（O/L1～O/L4）に対応している。図5に示すように、EGR弁84の通過ガス量の値は、EGR弁84の位相の基準位相B1からの遅角量の増加に伴ってO/L期間が長くなるにつれ、小さくなり、その後ゼロに達した後に負側で大きくなる。

【0057】

より詳細には、基準位相B1に対応するO/L1の例では、まず、吸気行程においてEGR弁84が開き、EGRガスが気筒12内に流入する。高吸気圧条件のため、その後に吸気弁50が開くと、気筒12内に新気が流入し、その新気の一部がEGR通路82に吹き抜ける。この際、新気は気筒12内に流入したEGRガスの一部と混ざりながらEGR通路82に吹き抜けることになるが、吹き抜けるガスの大部分は新気である。

【0058】

O/L2はO/L1よりも長い。このため、O/L2の例では、O/L1の例と比べて、EGR弁84のみが開くクランク角期間が短くなるので、気筒12内に流入するEGRガスの量（＝流入ガス量 G_{in} ）が少なくなる。また、EGR弁リフト期間中にEGR通路82に吹き抜けるガス（主に新気）の量（＝流出ガス量 G_{out} ）がO/L1の例と比べて多くなる。したがって、EGR弁84の通過ガス量の値がO/L1の例と比べて小さくなる。付け加えると、O/L2の例は、EGR弁84の通過ガス量の値がゼロの例、すなわち、流入ガス量 G_{in} と流出ガス量 G_{out} とが等しい例に相当する。

【0059】

O/L3の例では、O/L期間がさらに長くなる。このため、EGR弁84のみが開くクランク角期間がさらに短くなるので、気筒12内に流入するEGRガスの量（＝流入ガス量 G_{in} ）がさらに少なくなる。また、EGR弁リフト期間中にEGR通路82に吹き

10

20

30

40

50

抜けるガス（主に新気）の量（＝流出ガス量 G_{out} ）がさらに多くなる。したがって、EGR弁84の通過ガス量の値がさらに小さくなり、負の値になっている。

【0060】

O/L4の例では、EGR弁84と吸気弁50とが同時に開いている。EGR弁84の開き時期が吸気弁50の開き時期と同時もしくはそれよりも遅いと、吸気通路30から気筒12内に流入する高圧の新気によってEGR通路82からのEGRガスの流入自体が妨げられてしまう。その結果、この例では、EGR弁84の通過ガス量の値が負側でさらに大きくなる。

【0061】

図4に示す例では、EGRカット制御で利用されるべきEGR弁84の位相は、位相B2となる。次に、図6を参照して、位相B2が利用された場合に生じる気筒12へのガスの出入りについてより詳細に説明する。なお、図5に示す例においてEGR弁84の位相の調整によらずに吸気弁50の通過ガス量が一定になっている理由は、スロットル40の開度とVN開度の調整によって目標新気量が得られるように新気量が別途制御されているためである。

10

【0062】

図6(A)、(B)は、図4に示す位相B2が利用される例であって、各弁50、72、84の通過ガス流量[g/s]のクランク角に対する変化を表した図である。なお、図6中のEGR弁84の通過ガス流量の値は、ガスが気筒12内に流入するとき正となる。

20

【0063】

まず、排気弁72が開くと、排気ガスが気筒12から排気通路60に排出される。図6(A)に示す吸気弁50およびEGR弁84のリフトカーブが最初に用いられる初回サイクルでは、EGR弁84が単独で開いているときに、EGR通路82からEGRガスが気筒12内に流入する。その結果、EGR弁84の通過ガス流量は、図6(B)に示すように正の値となる。

【0064】

次いで、EGR弁リフト期間中に吸気弁50が開くと、吸気通路30から新気が気筒12内に流入する。高吸気圧条件であるため、気筒12内への高圧の新気の流入に伴って、気筒12内のガス（主に、気筒12内に流入した高圧の新気の一部）がEGR通路82に吹き抜ける。その結果、EGR弁84の通過ガス流量は、図6(B)に示すように負の値となる。その後EGR弁リフト期間が終了すると、EGR弁84の通過ガス流量はゼロとなる。

30

【0065】

上記の初回サイクルの次のサイクルでは、EGR弁84が単独で開いているときに、前回のサイクルにおいてEGR通路82に吹き抜けていたガス（主に新気）が気筒12内に再流入する。そして、その後吸気弁50が開くと、気筒12内のガス（主に新気）がEGR弁リフト期間中にEGR通路82に吹き抜ける。このサイクルの次回以降のサイクルにおいても、上記の動作が繰り返される。

【0066】

既述したように、図4に示す位相B2の利用時には、EGR弁リフト期間中にEGR弁84を介して気筒内12内に入出力するガス量がゼロとなる（すなわち、流入ガス量 G_{in} と流出ガス量 G_{out} とが等しくなる）。このように、EGRカット制御が実行されると、EGR弁リフト期間中には、EGR弁84を介して気筒12とEGR通路82との間でガスが出入りしているに過ぎない。換言すると、EGRカット制御が実行されると、排気通路60を経由してEGR通路82から気筒12内に再循環する排気ガス（外部EGRガス）は実質的には生じない。また、流入ガス量 G_{in} と流出ガス量 G_{out} とが等しいため、EGR弁84と吸気弁50との間のO/L期間中に、高圧の新気がEGR通路82を通過して排気浄化装置66に向かって吹き抜けることもない。

40

【0067】

50

以上のように、EGRカット制御によれば、EGR弁84は開いたままであっても、EGR弁84を全閉にした状態と同じ状態、つまり、排気通路60およびEGR通路82を経由する排気ガスの再循環（外部EGRガスの導入）を停止できる。

【0068】

2-2-2. 実施の形態1に係るEGRカット制御に関するECUの処理

図7は、本発明の実施の形態1に係るEGRカット制御に関する処理のルーチンを示すフローチャートである。ECU110は、内燃機関10の運転中に、本ルーチンの処理を所定の周期で繰り返し実行する。

【0069】

図7に示すルーチンでは、ECU110は、まず、目標EGR率がゼロであるか否か、すなわち、EGRガス導入要求がないか否かを判定する（ステップS100）。既述したように、目標EGR率は、エンジン負荷（燃料噴射量）とエンジン回転速度とにより特定されるエンジン運転領域内の個々のエンジン動作点に対応して設定されている。エンジン動作点の中には、目標EGR率がゼロとなる動作点も含まれている。また、目標EGR率は、エンジン動作点に応じた設定に関係なく、例えば、車両の環境条件（例えば、外気温度または標高）に応じて変更されることもある。

10

【0070】

ECU110は、ステップS100の判定結果が否定的である場合には、今回のルーチン起動時の処理を速やかに終了する。一方、ステップS100の判定結果が肯定的である場合には、ECU110は、高吸気圧条件（吸気ポート圧>EGRポート圧）が満たされるか否かを判定する（ステップS102）。この判定に用いられる吸気ポート圧およびEGRポート圧は、例えば、吸気圧センサ46およびEGRガス圧センサ92をそれぞれ利用して取得される。

20

【0071】

ECU110は、ステップS102の判定結果が否定的である場合には、今回のルーチン起動時の処理を速やかに終了する。なお、この場合には、例えば、EGR率を最も低くさせられるEGR弁84の開弁特性および吸気弁50の開弁特性が得られるように可変動弁装置100が制御されてもよい。

【0072】

一方、ステップS102の判定結果が肯定的である場合には、ECU110は、EGR制御に関係する各種のパラメータAを取得する（ステップS104）。パラメータAの一例は、上述の通りである。より詳細には、本ステップS104では、これらのパラメータAのそれぞれに対応するセンサ値またはアクチュエータの指令値が取得される。

30

【0073】

次に、ECU110は、目標新気量を取得する（ステップS106）。目標新気量は、一例として、目標EGR率と同様に、エンジン負荷（燃料噴射量）とエンジン回転速度とにより特定されるエンジン運転領域内の個々のエンジン動作点に対応する設定されている。このため、本ステップS106では、現在のエンジン動作点に対応する目標新気量が取得される。なお、ECU110は、本ルーチンとは別のルーチンにおいて、目標新気量が満たされるようにスロットル40の開度およびVN開度を制御している。

40

【0074】

次に、ECU110は、EGRカット制御を実行する（ステップS108）。具体的には、本ステップS108では、EGRカット制御の実行中に用いられるEGR弁84の位相、リフト量および作用角、ならびに吸気弁50の位相、リフト量および作用角の各指令値は、一例として、マップM2を参照して取得される。そして、取得された指令値が満たされるように可変動弁装置100（102、104）が制御される。

【0075】

より詳細には、マップM2に格納された上記指令値の各マップ値は、吸気行程においてEGR弁84が吸気弁50よりも先に開くように、かつ、EGR弁リフト期間中の流出ガス量Goutを流入ガス量Ginと等しくさせられるという要件（EGRカット要件）が

50

満たされるように決定されている。マップM2の決定手法(適合手法)としては、例えば、上述のマップM1と同様の手法を用いることができる。このため、マップM2の各マップ値も、EGRカット要件だけでなく、目標新気量を満たしつつ、かつ、燃料消費が最少となるという要件も満たされるように決定される。なお、EGRカット要件を満たす各指令値を決定するうえで、目標新気量が満たされること、および、燃料消費が最少となるという要件が満たされることの少なくとも一方は、必ずしも考慮されなくてもよい。

【0076】

さらに付け加えると、上記のEGRカット要件が満たされると、EGR弁84が開いているにもかかわらず、EGR通路82における排気通路60側の端部Eの位置でのガス流量は、ある時間内の平均値で見るとゼロになる。したがって、試験を行って上記EGRカット要件が満たされるマップ値を探索する場合には、端部Eにガス流量計を取り付けて当該端部Eの平均ガス流量がゼロになることを確かめることによって、上記EGRカット要件が満たされていることを把握できる。

10

【0077】

なお、EGRカット制御の実行中に用いられるEGR弁84の位相、リフト量および作用角、ならびに吸気弁50の位相、リフト量および作用角の各指令値の取得例は、マップM2を利用するものに限られない。すなわち、例えば、ノズル式を用いてEGR弁84の通過ガス流量と各指令値との関係をモデル化しておき、内燃機関10の運転中に行われるモデルの演算結果を利用して各指令値が取得されてもよい。

【0078】

3. 実施の形態1に係るEGRカット制御の効果

以上説明した本実施形態のEGRカット制御によれば、吸気行程において開くEGR弁84よりも後に吸気弁50が吸気行程において開き、かつ、EGR弁84に関する流出ガス量Goutが流入ガス量Ginと等しくなるようにEGR弁84のリフトカーブと吸気弁50のリフトカーブについてのO/L面積が調整される。そして、EGR通路82は、EGRカット制御の実行中にEGR弁84を介して気筒12内からEGR通路82に流出するガスを蓄えられるように構成されている。したがって、EGRカット制御が実行されると、EGR弁リフト期間中には、EGR弁84を介して気筒12とEGR通路82との間でガスが出入りすることになる。このため、EGR通路82を介した気筒12から排気通路60への新気の吹き抜けを抑制しつつ、外部EGR装置80による排気ガスの再循環(すなわち、外部EGRガスの導入)を実質的に停止させられるようになる。

20

30

【0079】

さらに付け加えると、本実施形態のEGRカット制御によれば、排気ガスの再循環の停止のために、EGR通路82と排気通路60との接続部に別途EGR制御弁を備える必要がない。また、内燃機関10のように、排気通路と気筒とを接続するEGR通路と、このEGR通路の気筒側の端部に設けられたEGR弁とを有する外部EGR装置を備え、かつ、可変動弁装置を利用して気筒内に充填される外部EGRガスの調量が行われる内燃機関では、EGRガスの調量機能に加えてEGRカット機能を持たせるために、当該EGR弁を全閉させられるように当該可変動弁装置を構成することも考えられる。しかしながら、その結果として、可変動弁装置の構成が複雑化し、追加のコストが発生する。これに対し、本実施形態のEGRカット制御によれば、EGRガスの調量機能のために備えられる可変動弁装置100の構成をEGRカット機能の充足のために複雑化することなく、高吸気圧条件下において排気ガスの再循環を実質的に停止させることが可能となる。

40

【0080】

実施の形態2.

次に、図8を参照して、本発明の実施の形態2について説明する。

【0081】

1. 実施の形態2に係るシステムの構成例

実施の形態2に係るシステムの構成は、可変動弁装置の構成において、実施の形態1に係るシステムの構成と相違している。具体的には、本実施形態で用いられる可変動弁装置

50

は、吸気可変動弁装置を備えているが EGR 可変動弁装置を備えていない。そして、この吸気可変動弁装置は、位相可変機能のみを備えている。EGR 弁 84 は、EGR 動弁装置によって一定の開弁特性で駆動される。

【0082】

2. 実施の形態 2 に係る EGR カット制御

図 8 (A)、(B) は、高吸気圧条件における EGR 弁 84 の通過ガス量 [g] と EGR 弁 84 と吸気弁 50 との O/L 期間との関係を表している。図 8 に示す例では、吸気弁 50 の位相の調整によって O/L 期間が変更される。

【0083】

図 8 (A) は、EGR 弁 84 (および排気弁 72 弁) のリフトカーブを固定としたまま、吸気弁 50 の位相を基準位相 C1 から徐々に進角させて得られる位相 C2、C3 を表している。図 8 に示す例では、吸気弁 50 の位相の進角量が大きいほど、EGR 弁 84 と吸気弁 50 との O/L 期間が長くなる。図 8 中の O/L5 ~ O/L7 の例は、それぞれ吸気弁 50 の位相 C1 ~ C3 に対応している。吸気弁 50 の位相の調整によっても、O/L 期間が変化し、その結果、O/L 面積が変化する。

10

【0084】

図 8 中の O/L5 の例では、O/L 期間が比較的に少ないために EGR 弁 84 の通過ガス量が正の値を示している。すなわち、この例では、EGR ガスが気筒 12 内に充填される。一方、O/L5 よりも長い O/L6 の例では、流入ガス量 G_{in} と流出ガス量 G_{out} とが等しくなり、その結果、EGR 弁 84 の通過ガス量がゼロとなっている。また、O/L6 よりも長い O/L7 の例では、図 5 中の O/L4 の例と同様に、O/L 期間が長すぎるために流入ガス量 G_{in} よりも流出ガス量 G_{out} が多くなり、その結果、EGR 弁 84 の通過ガス量の値が負となっている。

20

【0085】

本実施形態では、図 8 に示す例の条件下では、O/L6 に対応する吸気弁 50 の位相 C2 が EGR カット制御に用いられる。本実施形態では、この例のように EGR 弁 84 の通過ガス量をゼロにできる吸気弁 50 の位相が、EGR 制御に関係するパラメータ A を変更しながら行われる試験またはシミュレーションの結果に基づいて事前に決定されている。そして、得られた吸気弁 50 の位相の指令値が、例えばマップとして ECU 110 に格納されている。

30

【0086】

3. 実施の形態 2 に係る EGR カット制御の効果

以上説明した実施の形態 2 に係る EGR カット制御によれば、吸気弁 50 の位相の調整のみが可能な簡素な吸気可変動弁装置を備えさえすれば、EGR 通路 82 を介した気筒 12 から排気通路 60 への新気の吹き抜けを抑制しつつ、外部 EGR 装置 80 による排気ガスの再循環を実質的に停止させられるようになる。このため、可変動弁装置に要するコストを低く抑えつつ、EGR カット機能を実現できる。

【0087】

また、図 4 に示す例のように、EGR カット機能の実現のために EGR 弁 84 の位相の調整が利用されると、EGR 弁 84 の位相の遅角によって EGR 弁 84 の開き時期が排気上死点から離れることになる。その結果、吸気行程中に EGR 弁 84 および吸気弁 50 の何れも開いていないクランク角期間が存在することになり、内燃機関のポンプロスが増大してしまう。これに対し、吸気弁 50 の位相の調整を利用する本実施形態によれば、EGR 弁 84 の位相の調整を利用する例と比べてポンプロスの低減を図りつつ、EGR カット機能を実現できる。

40

【0088】

実施の形態 3.

次に、図 9 を参照して、本発明の実施の形態 3 について説明する。

【0089】

1. 実施の形態 3 に係るシステムの構成例

50

実施の形態 3 に係るシステムの構成は、可変動弁装置の構成において、実施の形態 2 に係るシステムの構成と相違している。具体的には、本実施形態で用いられる吸気可変動弁装置は、位相可変機能とともにリフト量 & 作用角連続可変機能を備えている。なお、吸気弁 50 の閉じ時期を略一定としつつリフト量および作用角を連続的に可変させられる機構を利用する場合であれば、本実施形態の EGR カット制御に用いられる吸気可変動弁装置は、位相可変機能を有していなくてもよい。

【0090】

2. 実施の形態 3 に係る EGR カット制御

図 9 (A)、(B) は、高吸気圧条件における EGR 弁 84 の通過ガス量 [g] と EGR 弁 84 と吸気弁 50 との O/L 期間との関係を表している。図 9 に示す例では、吸気弁 50 のリフト量および作用角（および位相）の調整によって O/L 期間が変更される。

10

【0091】

図 9 (A) は、EGR 弁 84（および排気弁 72 弁）のリフトカーブを固定としたまま、吸気弁 50 の閉じ時期を変えずにリフト量および作用角を基準リフトカーブ D1 から徐々に大きくして得られるリフトカーブ D2、D3 を表している。図 9 に示す例では、吸気弁 50 の作用角が大きいほど、EGR 弁 84 と吸気弁 50 との O/L 期間が長くなる。図 9 中の O/L 8 ~ O/L 10 の例は、それぞれ吸気弁 50 のリフトカーブ D1 ~ D3 に対応している。このような吸気弁 50 の作用角の調整によっても、O/L 期間が変化し、その結果、O/L 面積が変化する。また、この例では、リフト量の変化も、O/L 面積の変化に寄与している。

20

【0092】

図 9 中に示す例では、O/L 9 が選択されたときに、流入ガス量 G_{in} と流出ガス量 G_{out} とが等しくなり、その結果、EGR 弁 84 の通過ガス量がゼロとなっている。本実施形態では、図 9 中に示す例の条件下では、O/L 9 に対応する吸気弁 50 のリフトカーブ D2 が EGR カット制御に用いられることになる。本実施形態では、この例のように EGR 弁 84 の通過ガス量をゼロにできる吸気弁 50 の位相、リフト量および作用角の組み合わせが、EGR 制御に関係するパラメータ A を変更しながら行われる試験またはシミュレーションの結果に基づいて事前に決定されている。そして、得られた吸気弁 50 の位相、リフト量および作用角の指令値が、例えばマップとして ECU 110 に格納されている。

30

【0093】

3. 実施の形態 3 に係る EGR カット制御の効果

以上説明した実施の形態 3 に係る EGR カット制御によっても、EGR 弁 84 の位相の調整を利用する例と比べてポンプロスの低減を図りつつ、EGR カット機能を実現できる。

【0094】

実施の形態 4 .

1. 実施の形態 4 に係るシステムの構成例

実施の形態 4 に係るシステムの構成は、可変動弁装置の構成において、実施の形態 1 に係るシステムの構成と相違している。具体的には、本実施形態で用いられる可変動弁装置は、EGR 可変動弁装置を備えているが吸気可変動弁装置を備えていない。そして、この EGR 可変動弁装置は、位相可変機能のみを備えている。吸気弁 50 は、吸気動弁装置によって一定の開弁特性で駆動される。

40

【0095】

2. 実施の形態 4 に係る EGR カット制御

ここでは、本実施形態の EGR カット制御の説明のために、実施の形態 1 の図 4、5 を参照する。既述したように、図 4、5 に示す例では、O/L 2 が選択されたときに、流入ガス量 G_{in} と流出ガス量 G_{out} とが等しくなり、その結果、EGR 弁 84 の通過ガス量がゼロとなっている。

【0096】

50

本実施形態では、図4、5中に示す例の条件下では、O/L2に対応するEGR弁84の位相B2がEGRカット制御に用いられることになる。本実施形態では、この例のようにEGR弁84の通過ガス量をゼロにできるEGR弁84の位相が、EGR制御に係るパラメータAを変更しながら行われる試験またはシミュレーションの結果に基づいて事前に決定されている。そして、得られたEGR弁84の位相の指令値が、例えばマップとしてECU110に格納されている。

【0097】

3. 実施の形態4に係るEGRカット制御

以上説明した実施の形態4に係るEGRカット制御によれば、EGR弁84の位相の調整のみが可能な簡素なEGR可変動弁装置を備えさえすれば、排気ガスの再循環を実質的に停止させられる。このため、可変動弁装置に要するコストを低く抑えつつ、EGRカット機能を実現できる。

【0098】

実施の形態5

次に、図10および図11を参照して、本発明の実施の形態5について説明する。なお、以下の説明では、実施の形態5に係るシステムの構成の一例として、図1に示す構成が用いられているものとする。

【0099】

1. 実施の形態5に係るEGRカット制御

1-1. スロットルの制御領域

図10は、図1に示すスロットル40の制御領域の一例を説明するための図である。図10には、エンジン負荷（燃料噴射量）とエンジン回転速度とにより特定されるエンジン運転領域上に、スロットル40の制御領域R1およびR2が表されている。また、制御領域R2は、制御領域R3～R5を含んでいる。

【0100】

制御領域R1は、スロットル40が全開とされる領域であり、一般的には高負荷高速側の領域である。制御領域R2は、スロットル40の開度が全開開度未満とされる領域であり、一般的には制御領域R1よりも低負荷低回転側の領域である。制御領域R2では、このようにスロットル40の開度を小さくして吸気通路30内の圧力を下げることによって、気筒12内へのEGRガスの流入を促進させることができる。

【0101】

スロットル40の開度が全開開度未満となる制御領域R2には、高吸気圧条件が満たされない領域も含まれている。より詳細には、制御領域R3は、制御領域R2内で高負荷側に位置する領域であって、高吸気圧条件を満たしている。制御領域R4は、制御領域R3よりも低負荷側に位置する領域であって、この領域のために設定されたスロットル開度よりもスロットル40を開くことにより、高吸気圧条件が満たされる領域である。制御領域R5は、制御領域R4よりも低負荷側に位置する領域であって、スロットル40を全開としても高吸気圧条件が満たされない領域である。

【0102】

1-2. 実施の形態5に係るEGRカット制御の概要

本実施形態のEGRカット制御の基本的な制御内容は、実施の形態1と同様である。そのうえで、このEGRカット制御では、ECU110は、スロットル40の開度が全開開度未満であり（すなわち、スロットル40の制御領域がR2であり）、かつ、EGRガス導入要求がないときには、スロットル40を開くことにより高吸気圧条件が満たされるか否かを判定する。そして、ECU110は、スロットル40を開くことにより高吸気圧条件が満たされる場合（すなわち、制御領域がR4である場合）には、スロットル40を開いて高吸気圧条件を満たしつつEGRカット制御を実行する。

【0103】

1-3. 実施の形態5に係るEGRカット制御に関するECUの処理

図11は、本発明の実施の形態5に係るEGRカット制御に関する処理のルーチンを示

10

20

30

40

50

すフローチャートである。図 1 1 に示すルーチン中のステップ S 1 0 0 ~ S 1 0 8 の処理については、実施の形態 1 において既述した通りである。

【 0 1 0 4 】

図 1 1 に示すルーチンでは、E C U 1 1 0 は、ステップ S 1 0 2 において高吸気圧条件が満たされないと判定した場合には、ステップ S 2 0 0 に進む。ステップ S 2 0 0 では、ステップ S 1 0 4 と同様の処理によって、E G R 制御に関係する各種のパラメータ A を取得する。

【 0 1 0 5 】

次に、E C U 1 1 0 は、スロットル 4 0 を開くことにより高吸気圧条件が満たされるか否かを判定する（ステップ S 2 0 2 ）。この判定は、例えば、現在のエンジン負荷（燃料噴射量）とエンジン回転速度に基づいて、現在のエンジン動作点が制御領域 R 4（図 1 0 参照）内にあるか否かを判断することにより行うことができる。その結果、ステップ S 2 0 2 の判定結果が否定的である場合には、今回のルーチン起動時の処理を速やかに終了する。

10

【 0 1 0 6 】

一方、ステップ S 2 0 2 の判定結果が肯定的である場合には、E C U 1 1 0 は、ステップ S 2 0 4 に進む。ステップ S 2 0 4 では、高吸気圧条件を満たすために必要な開度となるようにスロットル 4 0 が開かれる。E C U 1 1 0 は、次いで、ステップ S 1 0 6 およびステップ S 1 0 8 の処理を順に実行する。

20

【 0 1 0 7 】

2 . 実施の形態 5 に係る E G R カット制御の効果

以上説明したように、本実施形態の E G R カット制御によれば、E G R 導入要求がないときにスロットル 4 0 の開度が全閉開度未満であっても、スロットル 4 0 を開くことにより高吸気圧条件が満たされる場合には、スロットル 4 0 を開いて高吸気圧条件を満たしつつ E G R カット制御が実行される。これにより、このようなスロットル 4 0 の制御が行われない例と比べて、E G R カット制御の対象となるエンジン運転領域を広げることができる。

【 0 1 0 8 】

他の実施の形態 .

（ E G R 弁の開き時期が排気行程にある例 ）

30

上述した実施の形態 1 ~ 5 においては、E G R 弁リフト期間は吸気行程中にのみ設けられている。しかしながら、本発明に係る E G R 弁リフト期間は、上記の例に代え、以下の図 1 2 に示す例のように排気行程の一部と吸気行程の一部とに跨るように設けられてもよい。

【 0 1 0 9 】

図 1 2（ A ）、（ B ）は、E G R カット制御の実行中に E G R 弁 8 4 の開き時期が排気行程にある例を説明するための図である。図 1 2（ A ）に示すように E G R 弁 8 4 の開き時期が排気行程中にあると、排気行程において気筒 1 2 内の既燃ガスの一部が E G R 通路 8 2 に排出される。このため、図 1 2（ B ）に示すように、E G R 弁 8 4 の通過ガス流量 [g / s] は、排気行程中の E G R 弁リフト期間においては負の値を示す。

40

【 0 1 1 0 】

その後、排気行程から吸気行程に移ると、排気行程中に E G R 通路 8 2 に排出された既燃ガスが、いわゆる内部 E G R ガスとして気筒 1 2 内に流入する。より詳細には、吸気行程中に E G R 弁 8 4 が単独で開いているクランク角期間においては、この既燃ガスと、前回のサイクルの吸気行程において気筒 1 2 内から E G R 通路 8 2 に吹き抜けていたガス（主に新気）との混合ガスが、気筒 1 2 内に流入する。その後、吸気弁 5 0 が開くと、高圧の新気が E G R 通路 8 2 に吹き抜ける。より詳細には、新気が上記混合ガスと混ざりながら E G R 通路 8 2 に吹き抜ける。

【 0 1 1 1 】

図 1 2 に示す例のように E G R 弁 8 4 の開き時期が排気行程にある例では、排気行程中

50

に気筒 1 2 内から E G R 通路 8 2 に流出するガスの量とその後の吸気行程中に気筒 1 2 内から E G R 通路 8 2 に流出するガスの量の合計が上述の流出ガス量 G_{out} に相当する。したがって、この例における E G R カット制御では、この流出ガス量 G_{out} が、吸気行程中に E G R 通路 8 2 から気筒 1 2 内に流入するガスの量である流入ガス量 G_{in} と等しくなるように、O / L 面積が調整される。

【0112】

上記のように実行される E G R カット制御によれば、上記の内部 E G R ガス（つまり、外部 E G R ガスとは異なり、気筒に繋がるポートから当該気筒内に直接引き戻される排気ガス）の一部が気筒 1 2 内に残留することはある。しかしながら、排気通路 6 0 および E G R 通路 8 2 を介した気筒 1 2 への排気ガスの再循環（すなわち、外部 E G R ガスの導入）を実質的に停止させられることは、本実施形態も、E G R 弁 8 4 が吸気行程において開く実施の形態 1 ~ 5 と同様である。付け加えると、E G R 弁 8 4 が吸気行程において開く例（実施の形態 1 ~ 5）では、外部 E G R ガスだけでなく内部 E G R ガスを含めて、排気ガスの再循環を実質的に停止させられる。

10

【0113】

（E G R カット制御における他の O / L 面積の調整手法）

本発明に係る E G R カット制御において流出ガス量 G_{out} を流入ガス量 G_{in} と等しくさせるための O / L 面積の調整手法は、E G R 弁 8 4 の開弁特性および吸気弁 5 0 の開弁特性のうち少なくとも一方を利用して行われるものであれば、上述の例に限られない。そして、E G R 弁 8 4 の開弁特性の調整対象は、例えば、E G R 弁 8 4 の位相、リフト量および作用角のうち少なくとも 1 つであってもよく、同様に、吸気弁 5 0 の開弁特性の調整対象は、例えば、吸気弁 5 0 の位相、リフト量および作用角のうち少なくとも 1 つであってもよい。なお、E G R 弁 8 4 および吸気弁 5 0 の少なくとも一方のリフト量のみが調整される例では、リフト量の調整により、O / L 期間は変化せずに O / L 面積が調整されることになる。

20

【0114】

また、上述した内燃機関 1 0 は、E G R 弁 8 4 および吸気弁 5 0 のリフト量および作用角の調整のために、リフト量および作用角を連続的に変更可能な吸気可変動弁装置 1 0 2 および E G R 可変動弁装置 1 0 4 をそれぞれ備えている。このような例に代え、位相、リフト量および作用角のうち少なくとも調整は、例えば、プロフィールの異なる複数のカムを切替可能な可変動弁装置を用いて行われてもよい。

30

【0115】

また、O / L 面積の調整のために用いられる E G R 弁 8 4 および吸気弁 5 0 の開弁特性の調整対象は、必ずしも位相、リフト量および作用角に限られず、例えば、リフト速度を含んでいてもよい。ここでいうリフト速度とは、バルブが開閉する際の単位クランク角当たりのリフト変化量 [mm / deg] のことである。

【0116】

（排気通路と E G R 通路との接続位置に関する他の例）

上述した内燃機関 1 0 においては、E G R 通路 8 2 は、タービン 2 2 よりも下流側において排気通路 6 0 に接続されている。これにより、既述したように、高過給を実現しつつ E G R ガスを導入できるようになる。しかしながら、本発明に係る E G R 通路は、上記の例に代え、タービンよりも上流側において排気通路に接続されてもよい。

40

【0117】

（他の過給機の例）

上述した実施の形態 1 ~ 5 においては、可変ノズル機構 2 6 を備えるターボ過給機 2 0 を例に挙げた。しかしながら、本発明に係る「過給機」は、上記の例に代え、例えば、可変ノズル機構を備えないターボ過給機、電動過給機、または、内燃機関のクランク軸のトルクを動力とする機械式過給機であってもよい。

【0118】

また、以上説明した各実施の形態に記載の例および他の各変形例は、明示した組み合わせ

50

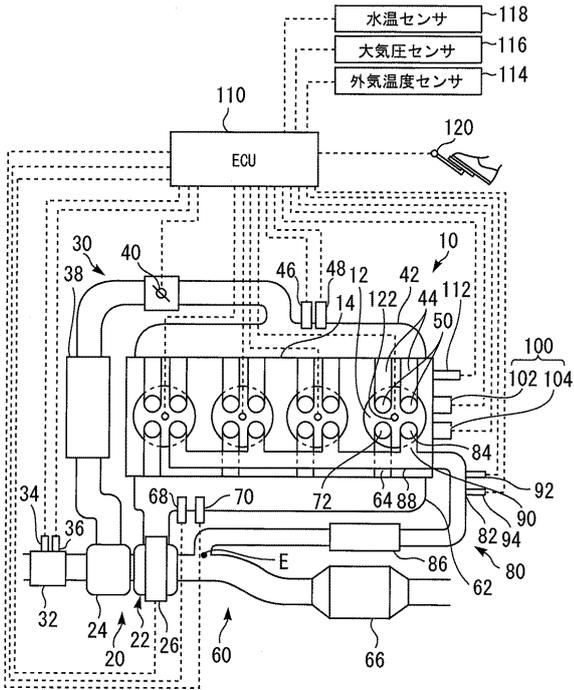
せ以外にも可能な範囲内で適宜組み合わせてもよいし、また、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変形してもよい。

【符号の説明】

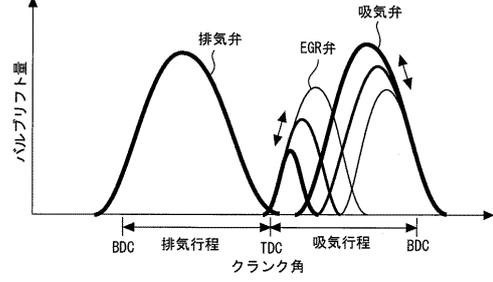
【 0 1 1 9 】

1 0	内 燃 機 関	
1 2	気 筒	
1 4	シリンダヘッド	
2 0	ターボ過給機	
2 2	タービン	
2 6	可変ノズル機構	10
3 0	吸気通路	
3 4	エアフローセンサ	
3 6	湿度センサ	
4 0	スロットル	
4 2	吸気マニホールド	
4 4	吸気ポート	
5 0	吸気弁	
6 0	排気通路	
6 2	排気マニホールド	
6 4	排気ポート	20
7 2	排気弁	
8 0	外部 E G R 装置	
8 2	E G R 通路	
8 4	E G R 弁	
8 8	E G R マニホールド	
9 0	E G R ポート	
1 0 0	可変動弁装置	
1 0 2	吸気可変動弁装置	
1 0 4	E G R 可変動弁装置	
1 1 0	電子制御ユニット (E C U)	30

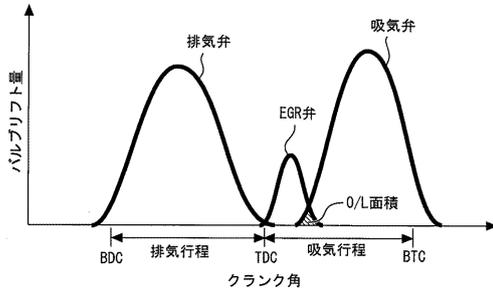
【図1】



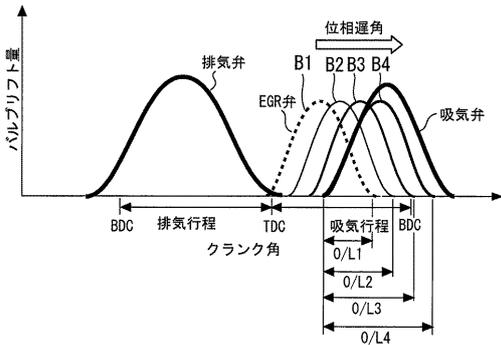
【図2】



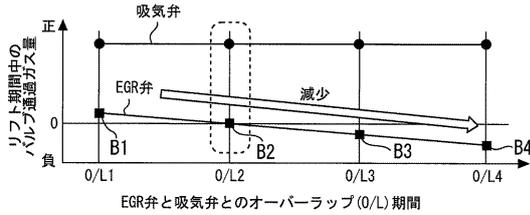
【図3】



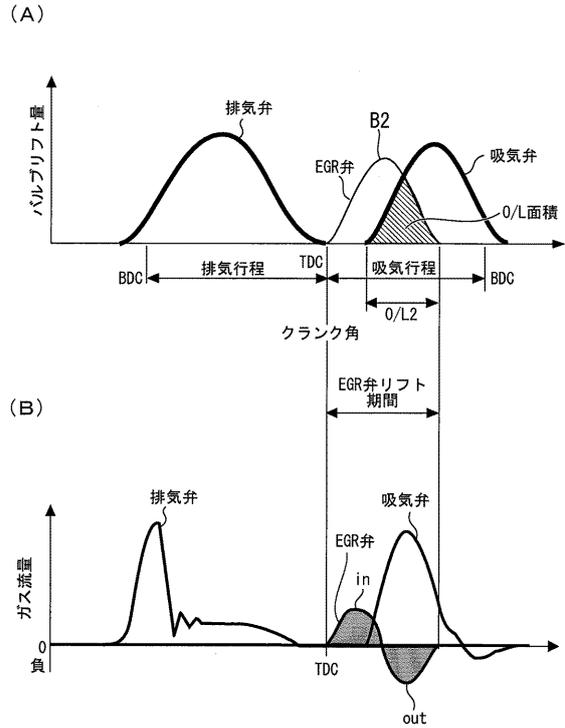
【図4】



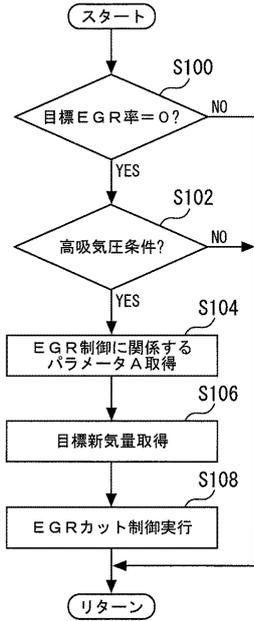
【図5】



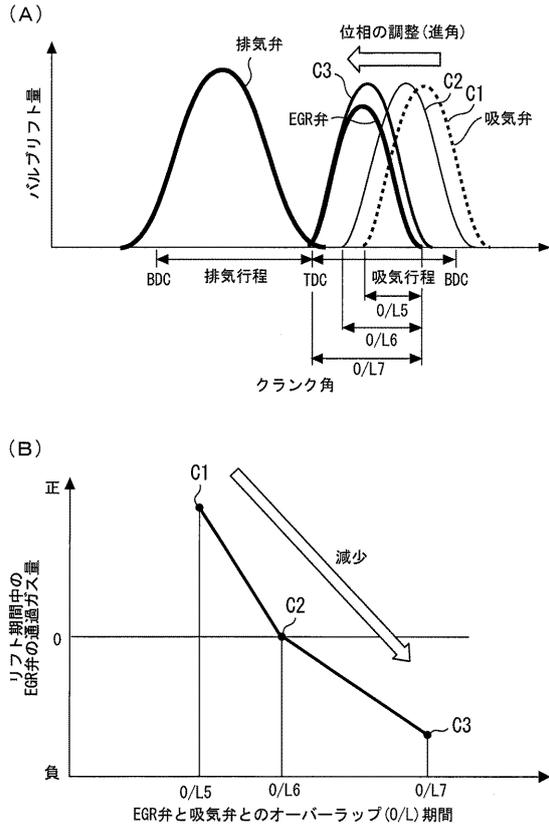
【図6】



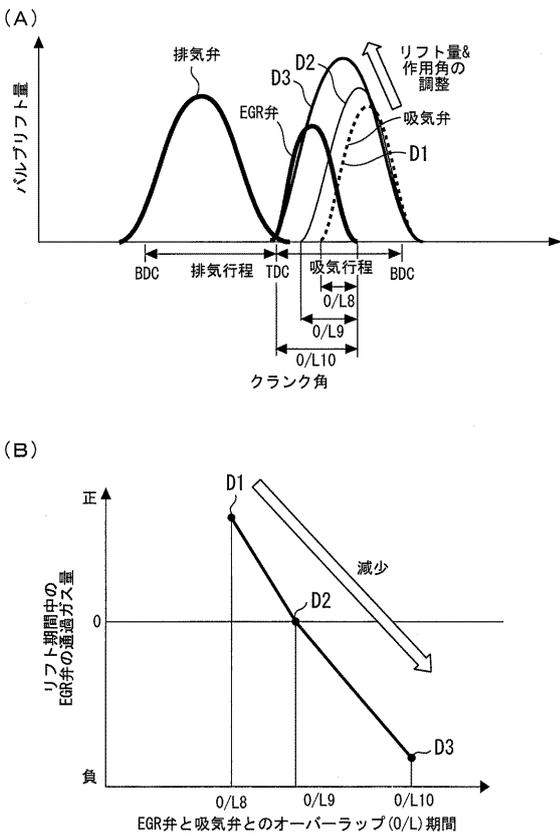
【 図 7 】



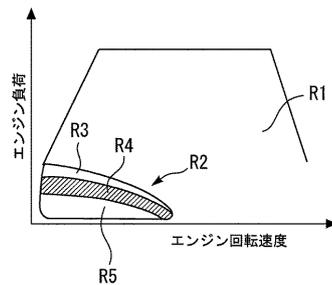
【 図 8 】



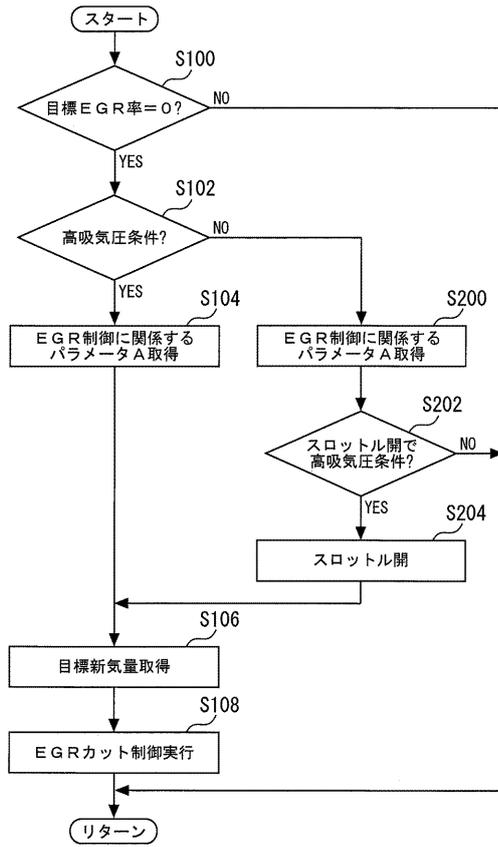
【 図 9 】



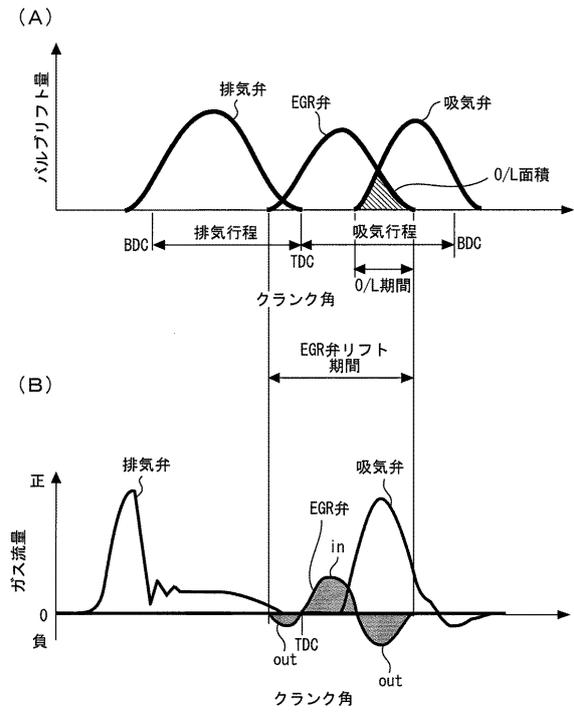
【 図 10 】



【図 1 1】



【図 1 2】



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 B 37/00 (2006.01)	F 0 2 M 26/07	3 1 1
	F 0 2 M 26/20	
	F 0 2 M 26/37	3 0 1
	F 0 2 B 37/00	3 0 2 F
	F 0 2 B 37/00	3 0 2 A

Fターム(参考) 3G005 EA04 EA16 FA45 GB26 HA09 HA12 JA12 JA13 JA16 JA24
 JA28 JA45 JA51 JB02 JB04 JB05
 3G062 AA05 BA06 BA09 DA02 ED06 ED12 GA01 GA04 GA06 GA08
 GA09 GA10 GA11 GA12 GA13 GA14 GA22 GA23
 3G092 AA02 AA06 AA11 AA17 AA18 AB03 DA01 DA08 DB03 DC09
 HA01Z
 3G384 AA03 BA26 BA27 FA01Z FA87Z