

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4577179号
(P4577179)

(45) 発行日 平成22年11月10日(2010.11.10)

(24) 登録日 平成22年9月3日(2010.9.3)

(51) Int.Cl.	F 1		
FO2D 41/06 (2006.01)	FO2D 41/06	335Z	
FO2D 29/02 (2006.01)	FO2D 29/02	321A	
FO2D 17/00 (2006.01)	FO2D 17/00	Q	
FO2D 45/00 (2006.01)	FO2D 45/00	362Z	
FO2B 23/08 (2006.01)	FO2D 45/00	312B	
請求項の数 3 (全 26 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号	特願2005-287068 (P2005-287068)	(73) 特許権者	000003137
(22) 出願日	平成17年9月30日 (2005.9.30)		マツダ株式会社
(65) 公開番号	特開2007-92731 (P2007-92731A)		広島県安芸郡府中町新地3番1号
(43) 公開日	平成19年4月12日 (2007.4.12)	(74) 代理人	100067828
審査請求日	平成20年3月11日 (2008.3.11)		弁理士 小谷 悦司
		(74) 代理人	100096150
			弁理士 伊藤 孝夫
		(74) 代理人	100099955
			弁理士 樋口 次郎
		(72) 発明者	太田 統之
			広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内
		(72) 発明者	藤本 昌彦
			広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多気筒エンジンの始動装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

多気筒エンジンの再始動条件が成立したときに、圧縮行程気筒を燃焼させ、所定クランク角度だけ逆転させた後、膨張行程気筒を燃焼させて前記多気筒エンジンを再始動させる多気筒エンジンの始動装置において、

各気筒のピストン位置を検出するピストン位置検出手段と、

各気筒の燃焼速度を制御する燃焼速度制御手段と

を備え、前記燃焼速度制御手段は、気筒毎に複数個配置された点火プラグと、この点火プラグを選択的に点火制御可能な点火制御部とを含み、前記点火プラグは、各気筒の中央部と周縁部とに配設されており、前記点火制御部は、再始動時の圧縮行程気筒における初回燃焼時には、一部の点火プラグのみを点火させ、再始動時の膨張行程気筒における初回燃焼時には、中央部と周縁部の点火プラグを同時点火させるように制御するものであることを特徴とする多気筒エンジンの始動装置。

【請求項2】

多気筒エンジンの再始動条件が成立したときに、圧縮行程気筒を燃焼させ、所定クランク角度だけ逆転させた後、膨張行程気筒を燃焼させて前記多気筒エンジンを再始動させる多気筒エンジンの始動装置において、

各気筒のピストン位置を検出するピストン位置検出手段と、

各気筒の燃焼速度を制御する燃焼速度制御手段と

を備え、

前記燃焼速度制御手段は、筒内に燃料を噴射する燃料噴射弁を含む燃料供給システムと、燃料供給システムによる燃料噴射弁の燃料噴射時期および燃料噴射量を制御する燃料噴射制御部と、点火プラグの点火タイミングを制御する点火制御部とを備え、再始動時における膨張行程気筒の初回燃焼時の燃料噴射から点火時期までの時間間隔を、再始動時における圧縮行程気筒の初回燃焼時の燃料噴射から点火時期までの時間間隔に対して短くすることを特徴とする多気筒エンジンの始動装置。

【請求項 3】

請求項 2 記載の多気筒エンジンの始動装置において、

再始動時における膨張行程気筒の初回燃焼時での前記時間間隔は、噴射された燃料が誘起する筒内の乱れが残存する所定時間であることを特徴とする多気筒エンジンの始動装置

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、多気筒エンジンの始動装置に関し、特にエンジンのアイドル運転状態等において所定の自動停止条件が成立したときにエンジンを自動停止させ、その後、所定の再始動条件が成立したときに再始動させるように構成された多気筒エンジンの始動装置に関する。

【背景技術】

【0002】

20

近年、燃費低減およびCO₂排出量の抑制等を図るため、アイドル運転時等にエンジンを自動的に一旦停止させ、その後に運転者により車両の発進操作が行われる等の再始動条件が成立した時点で、エンジンを自動的に再始動させるようにしたエンジンの自動停止制御（いわゆるアイドルストップ制御）の技術が開発されている。

【0003】

このアイドルストップ制御時における再始動の方式として、特許文献 1、2 に開示された先行技術のように、自動停止状態にあるエンジンの再始動条件が成立したときに、圧縮行程で停止した気筒（この明細書において「圧縮行程気筒」という）の混合気を点火して、一旦エンジンを逆転させ、次いで膨張行程で停止した気筒（この明細書において「膨張行程気筒」という）に燃料を噴射し、点火してエンジンを自動的に再始動させるように構成されたいわゆる逆転再始動方式のものが知られている。

30

【特許文献 1】特開 2004 - 124753 号公報

【特許文献 2】特開 2005 - 90498 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上述した逆転再始動方式を実効あるものとし、アイドルストップ制御を実用化するには、再始動後 2 回目の上死点を越えるだけの運動エネルギーを再始動制御時に確保することが不可欠である。この 2 回目の上死点をスムーズに乗り越えるためには、再始動時において、膨張行程気筒が逆転後、最初に着火された際により大きな運動エネルギーを出力することが好ましい。そして、膨張行程気筒の最初の燃焼で得られる出力を高めるためには、膨張行程気筒での燃焼エネルギーを高めることが望ましい。しかしながら、膨張行程気筒の筒内空気量を増やし過ぎると、圧縮行程気筒の筒内空気量が減少し、燃焼による逆転のエネルギーが低下するので、膨張行程気筒の筒内空気を充分圧縮することができなくなる。他方、圧縮行程気筒での逆転のための燃焼エネルギーを増大させ過ぎると、エンジンのクランクシャフトが逆回転し過ぎて、下死点を越えてしまい、膨張行程気筒が上死点を越えてしまうおそれがある。従って、圧縮行程気筒での逆転のための燃焼エネルギーが増大し過ぎないようにする必要があり、そのために膨張行程気筒の筒内空気の圧縮ストロークが制限される（すなわち、膨張行程気筒は、逆転時において上死点まで筒内空気を圧縮することができない）のである。この結果、膨張行程気筒に多くの空気を充填させ、圧縮行

40

50

程気筒の燃焼によるエンジンの逆転によってより強く圧縮することには限界があり、始動性に問題を残していた。

【0005】

本発明は前記の事情に鑑み、再始動時における膨張行程気筒の燃焼のエネルギーを増大させ、もってエンジンの始動性を向上させることのできる多気筒エンジンの始動装置を提供することを課題としている。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するために本発明は、多気筒エンジンの再始動条件が成立したときに、圧縮行程気筒を燃焼させ、所定クランク角度だけ逆転させた後、膨張行程気筒を燃焼させて前記多気筒エンジンを再始動させる多気筒エンジンの始動装置において、各気筒のピストン位置を検出するピストン位置検出手段と、各気筒の燃焼速度を制御する燃焼速度制御手段とを備え、前記燃焼速度制御手段は、気筒毎に複数個配置された点火プラグと、この点火プラグを選択的に点火制御可能な点火制御部とを含み、前記点火プラグは、各気筒の中央部と周縁部とに配設されており、前記点火制御部は、再始動時の圧縮行程気筒における初回燃焼時には、一部の点火プラグのみを点火させ、再始動時の膨張行程気筒における初回燃焼時には、中央部と周縁部の点火プラグを同時点火させるように制御するを特徴とする多気筒エンジンの始動装置である。この態様では、再始動条件が成立し、再始動制御が始まった際、まず、圧縮行程気筒の混合気が点火され、所定クランク角度逆転される。この過程では、膨張行程気筒のピストンは上死点側に移動し、圧縮行程気筒からの運動エネルギーによって、燃焼室内が圧縮される。但し、この逆転動作では、膨張行程気筒は上死点までは至らず、制約されたピストンストロークで混合気が点火されることになる。この点火によって膨張行程気筒のピストンは、混合気の燃焼エネルギーによってエンジンを正転させるのであるが、この燃焼エネルギーが燃焼速度制御手段によって急速に促進される結果、ピストンストロークが制約された条件下であっても、筒内圧力を急上昇させ、大きな運動エネルギーを出力することが可能になる。

【0010】

前記燃焼速度制御手段は、気筒毎に複数個配置された点火プラグと、この点火プラグを選択的に点火制御可能な点火制御部とを含み、前記点火プラグは、各気筒の中央部と周縁部とに配設されており、前記点火制御部は、再始動時の圧縮行程気筒における初回燃焼時には、一部の点火プラグのみを点火させ、再始動時の膨張行程気筒における初回燃焼時には、中央部と周縁部の点火プラグを同時点火させるように制御するものであるため、再始動時における圧縮行程気筒での初回燃焼時には、緩慢燃焼によって、大きな運動エネルギーを圧縮行程気筒から取り出し、膨張行程気筒のピストンストロークを制約された範囲内で大きくすることができるとともに、膨張行程気筒においては、制約されたピストンストロークにおいて急速燃焼による大きな運動エネルギーを出力することが可能になる。

【0011】

本発明の別の態様は、多気筒エンジンの再始動条件が成立したときに、圧縮行程気筒を燃焼させ、所定クランク角度だけ逆転させた後、膨張行程気筒を燃焼させて前記多気筒エンジンを再始動させる多気筒エンジンの始動装置において、各気筒のピストン位置を検出するピストン位置検出手段と、各気筒の燃焼速度を制御する燃焼速度制御手段とを備え、前記燃焼速度制御手段は、筒内に燃料を噴射する燃料噴射弁を含む燃料供給システムと、燃料供給システムによる燃料噴射弁の燃料噴射時期および燃料噴射量を制御する燃料噴射制御部と、点火プラグの点火タイミングを制御する点火制御部とを備え、再始動時における膨張行程気筒の初回燃焼時の燃料噴射から点火時期までの時間間隔を、再始動時における圧縮行程気筒の初回燃焼時の燃料噴射から点火時期までの時間間隔に対して短くするものである。この態様においても、点火タイミングによって圧縮行程気筒では緩慢燃焼を図り、膨張行程気筒では、急速燃焼を図ることが可能になる。従って、両気筒からの運動エネルギーをそれぞれ高めることが可能になる。

【0012】

10

20

30

40

50

好ましい態様において、再始動時における膨張行程気筒の初回燃焼時での前記時間間隔は、噴射された燃料が誘起する筒内の乱れが残存する所定時間である。この態様では、膨張行程気筒の再始動時における初回燃焼時に、燃料噴射によって乱れが生じ、且つこの乱れが残存している間に点火プラグが混合気を点火するので、より一層燃焼速度が促進され、急速燃焼を実現することが可能になる。前記所定時間は、燃料等によって実験で定めることができ、例えば、一般的なガソリンエンジンでは、0.03秒程度に設定することが可能である。

【発明の効果】

【0013】

以上説明したように、本発明によれば、再始動時において、膨張行程気筒を急速燃焼させることにより高い運動エネルギーを出力させることができるので、再始動時における膨張行程気筒の燃焼のエネルギーを増大させ、もってエンジンの始動性を向上させることができるという顕著な効果を奏する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

図1および図2は本発明に係る4サイクル火花点火式エンジン1の概略構成を示している。また、図3は、同エンジン1の要部を拡大したものであり、(A)は図1の部分拡大図、(B)は、燃焼室の底面図である。図4は同エンジン1の燃焼室の底面図であり、(A)(B)は部分点火の例、(C)は全ての点火プラグ15が同時に点火した例を示すものである。

【0015】

各図を参照して、このエンジン1は、シリンダヘッド10およびシリンダブロック11を有しており、ECU2によって制御される構成になっている。前記エンジン1には、四つの気筒(第1気筒12A、第2気筒12B、第3気筒12Cおよび第4気筒12D)が設けられるとともに、各気筒12A~12Dの内部には、クランクシャフト3に連結されたピストン13が嵌挿されることにより、その上方に燃焼室14が形成されている。

【0016】

前記各気筒12A~12Dの燃焼室14には、プラグ先端が燃焼室14内に臨むように複数の点火プラグ15A~15Cが設置されている。各点火プラグ15A~15Cには、これに電気火花を発生させるための点火装置27が付設されている。複数(図示の例では3個)の点火プラグ15A~15Cのうち、点火プラグ15Aは、燃焼室14の中央部に配置されており、残余の点火プラグ15B、15Cは、クランクシャフト3の長手方向に沿って燃焼室14の周縁部側に配設されている(図示の例では、エンジン1の前側を点火プラグ15B、後ろ側を点火プラグ15Cとしている)。

【0017】

また、エンジン1には、前記燃焼室14の側方に配置され、燃焼室14内に燃料を直接噴射する燃料噴射弁16aを備えた燃料供給システム16が設けられている。燃料供給システム16には、図略の電動高圧ポンプが設けられており、この電動高圧ポンプから吐出された燃料タンクの燃料が分配管を介して燃料噴射弁16aに噴射されるように構成されている。電動高圧ポンプは、ECU2によって、エンジン1の運転状態に応じ、例えば3MPaから13MPaまでの範囲で燃圧を調整可能に構成されている。なお、燃料供給システムについては、例えば本件出願人が先に提案している特開2002-242738号公報に開示されているものと同等のものを適用可能であるので、その詳細については説明を省略する。

【0018】

燃料噴射弁16aは、図外のニードル弁およびソレノイドを内蔵し、前記ECU2の燃料噴射制御部41から入力されたパルス信号のパルス幅に対応する時間だけ駆動されて開弁し、その開弁時間に応じた量の燃料を前記点火プラグ15A~15Cの電極付近に向けて噴射するように構成されている。本実施形態において、燃料噴射弁16aは、複数の噴口を有するマルチホール型インジェクタで構成されている。各燃料噴射弁16aは、その

10

20

30

40

50

燃圧を制御可能な燃料供給システム 16 に接続されている。そして、ECU 2 により、燃料供給システム 16 が制御されることによって、各燃料噴射弁 16 a は、所期のタイミング並びに燃圧で燃料を噴射するように構成されている。なお、マルチホール型インジェクタについては、例えば本件出願人が先に提案している特開 2005-98121 号公報に開示されているものと同等のものを採用可能であるので、その詳細については説明を省略する。

【0019】

前記各気筒 12 A ~ 12 D の燃焼室 14 の上部には、燃焼室 14 に向かって開口する吸気ポート 17 および排気ポート 18 が設けられるとともに、これらのポート 17、18 に、吸気弁 19 および排気弁 20 がそれぞれ装備されている。前記吸気弁 19 および排気弁 20 は、図示を省略したカムシャフト等を有する動弁機構によって駆動されることにより、各気筒 12 A ~ 12 D が所定の位相差をもって燃焼サイクルを行うように各気筒 12 A ~ 12 D の吸・排気弁 19、20 の開閉タイミングが設定されている。

【0020】

前記吸気ポート 17 および排気ポート 18 には、吸気通路 21 および排気通路 22 が接続されている。前記吸気ポート 17 に近い吸気通路 21 の下流側は、図 2 に示すように、各気筒 12 A ~ 12 D に対応して独立した分岐吸気通路 21 a とされ、この各分岐吸気通路 21 a の上流端がそれぞれサージタンク 21 b に連通している。このサージタンク 21 b よりも上流側には共通吸気通路 21 c が設けられるとともに、この共通吸気通路 21 c には、アクチュエータ 24 により駆動されるスロットル弁 23 が配設されている。このスロットル弁 23 の上流側には、吸気流量を検出するエアフローセンサ 25、吸気の温度を検知する吸気温センサ 29、大気の大気密度を検出するための大気圧センサ SW 1 が設けられ、スロットル弁 23 の下流側には吸気圧力（負圧）を検出する吸気圧センサ 26 が設けられている。

【0021】

一方、各気筒 12 A ~ 12 D からの排気が集合する排気通路 22 の集合部下流には、排気を浄化するための触媒 37 が配設されている。この触媒 37 は、例えば、排気の空燃比状態が理論空燃比近傍にあるときに HC、CO および NOx の浄化率が極めて高い、いわゆる三元触媒であり、これは排気中の酸素濃度が比較的高い酸素過剰雰囲気中でこれを吸蔵する酸素吸蔵能を有し、酸素濃度の比較的低いときには吸蔵している酸素を放出して、HC、CO 等と反応させるものである。なお、触媒 37 は、三元触媒に限らず、前記のような酸素吸蔵能を有するものであれば良く、例えば酸素過剰雰囲気でも NOx を浄化可能な、いわゆるリーク NOx 触媒であってもよい。

【0022】

また、前記エンジン 1 には、タイミングベルト等によりクランクシャフト 3 に連結されたオルタネータ 28 が付設されている。このオルタネータ 28 は、図示を省略したフィールドコイルの電流を制御して出力電圧を調節することにより発電量を調整するレギュレータ回路 28 a を内蔵し、このレギュレータ回路 28 a に入力される前記 ECU 2 からの制御信号に基づき、車両の電気負荷および車載バッテリーの電圧等に対応した発電量の制御が実行されるように構成されている。

【0023】

さらに、エンジン 1 には、クランクシャフト 3 の回転角を検出する 2 つのクランク角度センサ 30、31 が設けられ、一方のクランク角度センサ 30 から出力される検出信号に基づいてエンジン回転速度 Ne が検出されるとともに、後述するように前記両クランク角度センサ 30、31 から出力される位相のずれた検出信号に基づいてクランクシャフト 3 の回転方向および回転角度が検出されるようになっている。

【0024】

さらに、エンジン 1 には、カムシャフトに設けられた気筒識別用の特定回転位置を検出するカム角センサ 32 と、エンジン 1 の冷却水温度を検出する水温センサ 33 とが設けられ、また車体側には運転者のアクセル操作量に対応したアクセル開度を検出するアクセル

10

20

30

40

50

開度センサ 3 4 が設けられている。

【 0 0 2 5 】

E C U 2 は、エンジン 1 の運転を統括的に制御するコントロールユニットである。本実施形態の E C U 2 は、予め設定されたエンジン 1 の自動停止条件が成立したときに各気筒 1 2 A ~ 1 2 D への燃料噴射を所定のタイミングで停止（燃料カット）して自動的にエンジン 1 を停止させるとともに、その後運転者によるアクセル操作が行われる等により再始動条件が成立したときにエンジン 1 を自動的に再始動させる制御（アイドルストップ制御）を行うように構成されている。以下 E C U 2 の説明にあたり、このアイドルストップ制御に関する部分を中心に説明する。

【 0 0 2 6 】

E C U 2 には、エアフローセンサ 2 5、吸気圧センサ 2 6、吸気温センサ 2 9、クランク角度センサ 3 0、3 1、カム角センサ 3 2、水温センサ 3 3、アクセル開度センサ 3 4、および大気圧センサ S W 1 からの各検知信号が入力されるとともに、燃料供給システム 1 6（燃料噴射弁 1 6 a）、スロットル弁 2 3 のアクチュエータ 2 4、点火装置 2 7 およびオルタネータ 2 8 のレギュレータ回路 2 8 a のそれぞれに各駆動信号を出力する。E C U 2 は、燃料噴射制御部 4 1、点火制御部 4 2、吸気流量制御部 4 3、発電量制御部 4 4、ピストン位置検出部 4 5、筒内温度推定部 4 6、および空気密度推定部 4 7 を機能的に含んでいる。

【 0 0 2 7 】

燃料噴射制御部 4 1 は、燃料噴射タイミングと、各噴射における燃料噴射量と、燃圧とを設定して、その信号を燃料供給システム 1 6 に出力する燃料噴射制御手段である。特に本実施形態では、後述するように再始動時における膨張行程気筒での最初の燃焼のための燃料を分割噴射によって供給している。燃料噴射制御部 4 1 は、その分割噴射タイミングの設定や、燃料配分の設定も行う。

【 0 0 2 8 】

点火制御部 4 2 は、各気筒 1 2 A ~ 1 2 D に対して適切な点火タイミングを設定し、各点火装置 2 7 に点火信号を出力する。本実施形態においては、各気筒 1 2 A ~ 1 2 D の各点火プラグ 1 5 A ~ 1 5 C を選択的に点火させることができるように構成されており、図 4（A）に示すように、燃焼室 1 4 の中央部に配置された点火プラグ 1 5 A のみ、或いは図 4（B）に示すように、燃焼室 1 4 の周縁部に配置された点火プラグ 1 5 B、1 5 C の何れか一方（図示の例では、点火プラグ 1 5 B）のみを点火させる部分点火や、図 4（C）に示すように、複数の点火プラグ 1 5 A ~ 1 5 C を選択的に点火させる同時点火、さらには、複数の点火プラグ 1 5 A ~ 1 5 C を経時的に点火させる経時点火が可能になっている。

【 0 0 2 9 】

吸気流量制御部 4 3 は、各気筒 1 2 A ~ 1 2 D に対して適切な吸気流量を設定し、その吸気流量に応じたスロットル弁 2 3 の開度信号をアクチュエータ 2 4 に出力する。特に本実施形態では、後述するようにエンジン 1 の自動停止時にスロットル弁 2 3 の開度を調節して、ピストン 1 3 が再始動に適した適正停止範囲に停止するような制御を行っている。吸気流量制御部 4 3 は、その際のスロットル弁 2 3 の開度調節も行う。

【 0 0 3 0 】

発電量制御部 4 4 は、オルタネータ 2 8 の適切な発電量を設定し、その駆動信号をレギュレータ回路 2 8 a に出力する。特に本実施形態では、後述するようにエンジン 1 の自動停止時にオルタネータ 2 8 の発電量を調節することによってクランクシャフト 3 の負荷を変化させ、ピストン 1 3 が再始動に適した適正範囲に停止するような制御を行っている。その際、発電量制御部 4 4 は、オルタネータ 2 8 の発電量の調節も行う。また再始動時には、通常よりも多めの発電を行うことによってエンジン 1 の負荷を増大させ、吹上がり（必要以上に急速なエンジン回転速度の上昇）を防止する制御を行っている。

【 0 0 3 1 】

ピストン位置検出部 4 5 は、クランク角度センサ 3 0、3 1 の各検出信号に基づき、ピ

10

20

30

40

50

ストン位置を検出する。ピストン位置とクランク角度(°CA)とは1対1に対応するので、一般的になされているように本明細書においてもピストン位置をクランク角度で表す。本実施形態では、後述するように膨張行程気筒および圧縮行程気筒の自動停止中のピストン位置に基づいて各筒内空気量を算出し、それに応じて再始動時における各気筒の燃焼制御を行っている。

【0032】

筒内温度推定部46は、水温センサ33によって検知されるエンジン1水温や、吸気温センサ29によって検知される吸気温度等に基づいて、予め実験等によって求められたマップを用いる等して各気筒12A~12Dの気筒内の空気温度を推定する筒内温度推定手段である。特に本実施形態では、後述するように、エンジン1の再始動に際してエンジン1の停止時間を考慮した筒内温度推定を行い、その推定値に基づいた燃焼制御を行っている。

10

【0033】

空気密度推定部47は、前記吸気温センサ29と大気圧センサSW1の出力から大気の大気密度を推定し、エンジン1の自動制御の際に燃料噴射タイミングのパラメータを出力するためのものである。

【0034】

以上のような構成のECU2によってアイドルストップ制御を行うにあたり、エンジン1の再始動時には、最初に圧縮行程気筒で燃焼を行わせることにより、そのピストン13を押し下げてクランクシャフト3を少しだけ逆転させる。これによって膨張行程気筒のピストン13を一旦上昇(上死点に近づける)させ、その気筒内の空気(燃料噴射後は混合気となる)を圧縮した状態で、この混合気に点火して燃焼させることにより、クランクシャフト3に正転方向の駆動トルクを与えてエンジン1を再始動させるように構成されている。

20

【0035】

前記のようにして再始動モータ等を使用することなく、特定の気筒に噴射された燃料に点火するだけでエンジン1を適正に再始動させるためには、前記膨張行程気筒の混合気を燃焼させることにより得られる燃焼エネルギーを十分に確保することにより、これに続いて圧縮上死点を迎える気筒(本実施形態では圧縮行程気筒および吸気行程気筒)がその圧縮反力に打ち勝って上死点を越えるようにしなければならない。従って、膨張行程気筒内に十分な空気量を確保し、さらには、急速燃焼を実現して熱エネルギーから運動エネルギーへの変換を迅速化させる必要がある。

30

【0036】

図5(A)(B)に示すように、圧縮行程気筒と膨張行程気筒とでは、それぞれ位相が180°CAだけずれているため、各ピストン13が互いに逆方向に作動する。膨張行程気筒のピストン13が行程中央よりも下死点側に位置していれば、その気筒の空気量が多くなって十分な燃焼エネルギーが得られる。しかし、前記膨張行程気筒のピストン13が極端に下死点側に位置した状態となると、圧縮行程気筒内の空気量が少なくなり過ぎて、再始動時の初回燃焼でクランクシャフト3を逆転させるための燃焼エネルギーが十分に得られなくなる。

40

【0037】

これに対して、前記膨張行程気筒の行程中央、つまり圧縮上死点後のクランク角度が90°CAとなる位置よりもやや下死点側の所定範囲R、例えば圧縮上死点後のクランク角度が100~120°CAとなる範囲R内にピストン13を停止させることができれば、圧縮行程気筒内に所定量の空気が確保されて前記初回の燃焼によりクランクシャフト3を少しだけ逆転させ得る程度の燃焼エネルギーが得られることになる。しかも、膨張行程気筒内に多くの空気量を確保することにより、クランクシャフト3を正転させるための燃焼エネルギーを十分に発生させてエンジン1を確実に再始動させることが可能となる(以下この範囲Rを適正停止範囲Rとする)。

【0038】

50

そこで、ピストン 1 3 を適正停止範囲 R 内に停止させるよう、ECU 2 によって次のような制御がなされる。

【0039】

図 6 は、この制御によるエンジン自動停止時のタイムチャートであり、エンジン回転速度 N_e 、ブースト圧 B_t (吸気圧力) およびスロットル弁 2 3 の開度 K を示す。また図 7 は、図 6 の時点 t_1 付近以降の拡大図であり、図 6 に加えてクランク角度 CA および各気筒の行程推移チャートを示す。以下、説明を簡潔にするため、第 1 気筒 1 2 A が膨張行程気筒、第 2 気筒 1 2 B が排気行程気筒、第 3 気筒 1 2 C が圧縮行程気筒、第 4 気筒 1 2 D が吸気行程気筒であるものとする。

【0040】

図 8 は、ピストン停止位置の検出制御動作を示すフローチャート、図 9 は、クランク角度信号の出力信号を示す説明図、図 10 は、エンジン自動停止からの経過時間と筒内温度推定値との関係を示すグラフである。

【0041】

ECU 2 は、エンジン 1 の自動停止条件が成立した時点 t_0 において、フラグが ON の場合、エンジン 1 の目標速度を、エンジン 1 を自動停止させない時の通常のアイドル回転速度 (以下、通常のアイドル回転速度という) よりも高い値、例えば通常のアイドル回転速度が 650 rpm (自動変速機はドライブ (D) レンジ) に設定されたエンジン 1 では前記目標速度 (自動停止条件成立時のアイドル回転速度) を 850 rpm 程度 (自動変速機はニュートラル (N) レンジ) に設定することにより、エンジン回転速度 N_e を通常のアイドル回転速度よりも少し高い回転速度で安定させる制御を実行する。またブースト圧 B_t が比較的高い所定の値 (約 -400 mmHg) で安定するようにスロットル弁 2 3 の開度 K を調節する。

【0042】

そしてエンジン回転速度 N_e が目標速度に安定した時点 t_1 で燃料噴射を停止させてエンジン回転速度 N_e を低下させる。また、エンジン 1 を自動停止させる制御動作の初期段階である前記燃料噴射の停止時点 t_1 で、スロットル弁 2 3 の開度 K を、気筒内空燃比を空気過剰率 $= 1$ にしたときのアイドル時の吸気流量 (エンジン 1 の運転を継続させるために必要な最小限の吸気流量) よりも多い吸気流量となるように設定する。すなわち、前記時点 t_1 直前の燃焼状態が、気筒内空燃比を空気過剰率 $= 1$ ないし $= 1$ 付近に設定されて均質燃焼されている場合はスロットル弁 2 3 の開度 K を増大させ (例えば開度 $K = 30\%$ 程度)、気筒内空燃比がリーンに設定されて成層燃焼されている場合はスロットル弁 2 3 の開度 K をそのまま (成層燃焼時の比較的大きな開度のまま) 維持する。図 6 および図 7 は前者の場合を示している。

【0043】

この制御によって時点 t_1 からやや遅れてブースト圧 B_t が増大し始める (時点 t_1 直前が均質燃焼の場合) か、または比較的高いブースト圧 B_t を維持する (時点 t_1 直前が成層燃焼の場合) ので、排気ガスの掃気が促進される。

【0044】

また ECU 2 は、時点 t_1 でオルタネータ 2 8 の発電を一旦停止させる。これによってクランクシャフト 3 の回転抵抗を低減し、エンジン回転速度 N_e の速度が早く低下し過ぎないようにしている。

【0045】

こうして時点 t_1 で燃焼噴射を停止するとエンジン回転速度 N_e が低下し始め、予め設定された基準速度、例えば 760 rpm 以下になったことが確認された時点 t_2 でスロットル弁 2 3 を閉止する。すると時点 t_2 からやや遅れてブースト圧 B_t が減少し始め、エンジン 1 の各気筒に吸入される吸気流量が減少する。スロットル弁 2 3 を開放している時点 t_1 から時点 t_2 までの間に吸入された空気は、共通吸気通路 2 1 c およびサージタンク 2 1 b を経由して各気筒の分岐吸気通路 2 1 a に導かれる。そして吸気行程を迎えた気筒から順にその空気を吸入することになる。図 7 に示す場合では第 4 気筒 1 2 D、第 2 気

10

20

30

40

50

筒 1 2 B、第 1 気筒 1 2 A、第 3 気筒 1 2 C の順となる。ここで、時点 t_1 および時点 t_2 の設定を前記のようにすることによって、第 3 気筒 1 2 C (圧縮行程気筒) よりも第 1 気筒 1 2 A (膨張行程気筒) の方がより多くの空気を吸入することになる。

【 0 0 4 6 】

時点 t_1 以降はエンジン 1 が惰性で回転するため、エンジン回転速度 N_e が次第に低下し、やがて時点 t_5 で停止するが、このエンジン回転速度 N_e の低下は、図 6 および図 7 に示すように、小刻みなアップダウン (4 気筒 4 サイクルエンジンでは 1 0 回前後) を繰り返しながら低下して行く。

【 0 0 4 7 】

図 7 に示すクランク角度 CA のタイムチャートは、実線が第 1 気筒 1 2 A および第 4 気筒 1 2 D の上死点 (TDC) を $0^\circ CA$ とした場合のクランク角度を示し、一点鎖線が第 2 気筒 1 2 B および第 3 気筒 1 2 C の上死点を $0^\circ CA$ とした場合のクランク角度を示している。実線と一点鎖線とは $90^\circ CA$ を境に互いに逆位相となっている。4 気筒 4 サイクルエンジン 1 では、 $180^\circ CA$ ごとに何れかの気筒が順次圧縮上死点を迎えるので、このタイムチャートは、実線または一点鎖線で示す波形の頂点 (クランク角度 = $0^\circ CA$) において何れかの気筒が圧縮上死点を通過していることを示している。

【 0 0 4 8 】

この何れかの気筒が圧縮上死点となるタイミングは、前記エンジン回転速度 N_e のアップダウンの谷のタイミングと一致している。つまり、エンジン回転速度 N_e は、各気筒が順次圧縮上死点を迎える度に一時的に落ち込んだ後、その圧縮上死点を越えた時点で再び上昇するという小刻みなアップダウンを繰り返しながら次第に低下するのである。

【 0 0 4 9 】

そして最後の圧縮上死点を通過した時点 t_4 の後に圧縮上死点を迎える圧縮行程気筒 1 2 C では、慣性力によるピストン 1 3 の上昇に伴って空気圧が高まり、その圧縮反力によりピストン 1 3 が上死点を越えることなく押し返されてクランクシャフト 3 が逆転する。このクランクシャフト 3 の逆転によって膨張行程気筒 1 2 A の空気圧が上昇するため、その圧縮反力に応じて膨張行程気筒 1 2 A のピストン 1 3 が下死点側に押し返されてクランクシャフト 3 が再び正転し始め、このクランクシャフト 3 の逆転と正転とが数回繰り返されてピストン 1 3 が往復作動した後に停止することになる。このピストン 1 3 の停止位置は、圧縮行程気筒 1 2 C および膨張行程気筒 1 2 A における圧縮反力のバランスにより略決定されるとともに、吸気行程気筒 1 2 D の吸気抵抗やエンジン 1 の摩擦等の影響を受け、前記最後の圧縮上死点を越えた時点 t_4 のエンジン 1 の回転慣性、つまりエンジン回転速度 N_e の高低によっても変化することになる。

【 0 0 5 0 】

従って、膨張行程気筒 1 2 A のピストン 1 3 を適正停止範囲 R 内に停止させるためには、まず膨張行程気筒 1 2 A および圧縮行程気筒 1 2 C の圧縮反力がそれぞれ十分に大きくなり、且つ膨張行程気筒 1 2 A の圧縮反力が圧縮行程気筒 1 2 C の圧縮反力よりも所定値以上大きくなるように、両気筒に対する吸気流量を調節する必要がある。このために、燃料噴射の停止時点 t_1 でスロットル弁 2 3 を開放してその開度 K を増大させることにより膨張行程気筒 1 2 A および圧縮行程気筒 1 2 C の両方に所定量の空気を吸入させた後、所定時間が経過した時点 t_2 で前記スロットル弁 2 3 を閉止してその開度 K を低減することにより前記吸入空気量を調節するようにしている。

【 0 0 5 1 】

ところで、このようにしてエンジン 1 を自動停止させ、エンジン回転速度が低下する過程において、各気筒 1 2 A ~ 1 2 D が圧縮上死点を通過する際のエンジン回転速度 (上死点回転速度) n_e と、膨張行程気筒 1 2 A のピストン停止位置との間には、明確な相関関係がある。すなわち、各段階 (停止前から 2 番目、3 番目、4 番目・・・) の上死点回転速度 n_e がそれぞれ一定の速度範囲内にあるときに膨張行程気筒 1 2 A のピストン停止位置が適正停止範囲 R 内となる確率が高くなるのである。

【 0 0 5 2 】

10

20

30

40

50

この特性を利用し、本実施形態ではエンジン回転速度 N_e の低下過程における所定の段階（特に重要なのは停止前から2番目（時点 t_3 ））の上死点回転速度 n_e が一定の速度範囲内となるような制御を行って、膨張行程気筒12Aのピストン13がより確実に適正停止範囲R内で停止するような制御を行っている。具体的には、オルタネータ28の発電量を増減させることによってクランクシャフト3の負荷（エンジン負荷）を調節し、停止前から2番目の上死点回転速度 n_e （時点 t_3 ）が、 350 ± 50 rpmの範囲内となるようにしている。ここで本実施形態では、エンジン1の上死点回転速度 n_e が所定の範囲（具体的には、 260 rpm ~ 400 rpm）内に減速した後、大気の状態に基づいて、吸気行程に燃料を噴射するか否かを判定し、仮に空気密度が所定の値（例えば 1.08 kg/m³）未満であれば、圧縮行程気筒12Cに対し、最後の吸気行程にて燃料噴射F1を実行するようにしている。これにより、高地等、空気密度の極めて低い環境下においても、圧縮行程気筒12Cの筒内で均質な混合気を生成し、再始動時に緩慢燃焼を実現できるようにしている。

10

【0053】

エンジン回転速度 N_e がさらに低下し、最後の圧縮上死点通過タイミング（図7に示す時点 t_4 ）を過ぎると、何れの気筒も上死点を通過することがなく、行程の推移はなされなくなる。ピストン13は、その行程内で減衰振動（逆向きに動くときはクランクシャフト3が逆転し、エンジン回転速度 N_e が負になる）しつつ狙いの適正停止範囲Rに停止しようとする。しかし、このとき吸気行程気筒12Dは吸気動作を行っており、その吸気抵抗が大きいとピストン13の停止位置がばらつきやすくなる。特に、吸気抵抗はピストン13が下死点側に動くときに大きくなるように作用するので、ピストン13が狙いよりも上死点寄りに停止しやすくなる。吸気行程気筒12Dのピストン13と膨張行程気筒12Aのピストン13とは同位相で動くので、結局膨張行程気筒12Aのピストン13が狙いよりも上死点寄りに停止しやすくなってしまふ。

20

【0054】

そこで本実施形態では、時点 t_4 と略同時（やや遅らせてもよい）にスロットル弁23の開度 K を図7に示す開度 K_1 （例えば $K_1 = 40\%$ 程度）まで増大させ、吸気行程気筒12Dの吸気抵抗を低減している。これによって膨張行程気筒12Aおよび圧縮行程気筒12Cにおける吸気流量バランスに影響を及ぼすことなく、そのバランスに応じた狙いの位置にピストン13がより停止しやすくなっている。

30

【0055】

なお、このような制御を行うためには、時点 t_4 が最後の圧縮上死点通過タイミングであることを即時に判別する必要があり、次の（圧縮行程気筒12Cでの）圧縮上死点は通過しないことを時点 t_4 において予測しなければならない。そのため本実施形態では、ECU2が最後のの上死点通過タイミングを判別するようにしている。ECU2は、各上死点通過時のエンジン回転速度と、予め実験等で求められた所定の回転速度（例えば 260 rpm）とを比較し、前者が後者以下となった時点で、それが最後の圧縮上死点通過タイミングであると判別する。なお、最後の圧縮上死点通過タイミングにおける上死点回転速度 n_e は、高いほど行程後期寄り（膨張行程気筒12Aのピストン停止位置が下死点寄り、圧縮行程気筒12Cでは上死点寄り）で停止しやすくなる。

40

【0056】

ところで、エンジン自動停止直前の膨張行程気筒12Aおよび圧縮行程気筒12Cの最終吸気行程における吸気流量バランスは、ブースト圧 B_t によっても影響を受ける。特に、停止前から2番目の圧縮上死点通過タイミング（図7の時点 t_3 ）は、圧縮行程気筒12Cにおいて最終吸気行程の始点となっており、この時点のブースト圧 B_t の影響が大きい。すなわち、このブースト圧 B_t が低い（真空側）と、圧縮行程気筒12Cへの吸気流量が少なくなり、結果的に圧縮行程気筒12Cのピストン13の停止位置が上死点寄り（膨張行程気筒12Aでは下死点寄り）となりやすい。ブースト圧 B_t が高い（大気圧側）と、その逆となる。

【0057】

50

従って、最後の上死点通過タイミングにおける上死点回転速度 n_e が高く、また停止前から 2 番目の圧縮上死点通過タイミングのブースト圧 B_t が低いときは、膨張行程気筒 1 2 A のピストン 1 3 が行程後期寄りでの停止しやすい条件が重なっており、狙いの停止位置（上死点後 $100 \sim 120^\circ \text{CA}$ ）で停止する可能性が高い。このような条件のときに、時点 t_3 でスロットル弁 2 3 の開度を K_1 まで増大させる制御を行うと、ピストン停止位置がより行程後期寄りとなって、かえって狙いの停止位置から外れてしまう虞がある。そこで本実施形態では、そのような場合には、時点 t_3 におけるスロットル弁 2 3 の開度を K_1 より低开度（または閉止）とされる開度 K_2 （図 7 参照）に設定し、吸気流量の増大を抑制することにより、膨張行程気筒 1 2 A のピストン停止位置が下死点寄りになり過ぎないようにしている。

10

【0058】

こうして時点 t_5 においてピストン 1 3 が完全に停止するが、その停止直前から停止までのピストン 1 3 の動作をクランク角度センサ 3 0、3 1 で検出することにより、ECU 2 のピストン位置検出部 4 5 がピストン 1 3 の停止位置を検出する。図 8 は、そのピストン停止位置の検出制御動作を示すフローチャートである。この検出制御がスタートすると、第 1 クランク角度信号 CA_1 （クランク角度センサ 3 0 からの信号）および第 2 クランク角度信号 CA_2 （クランク角度センサ 3 1 からの信号）に基づき、第 1 クランク角度信号 CA_1 の立ち上がり時に第 2 クランク角度信号 CA_2 が Low であるか否か、または第 1 クランク角度信号 CA_1 の立ち下がり時に第 2 クランク角度信号 CA_2 が High であるか否かを判定する（ステップ S 4 1）。これにより、エンジン 1 の停止動作時における前記信号 CA_1 、 CA_2 の位相の関係が、図 9（A）のようになるか、それとも図 9（B）のようになるかを判定してエンジン 1 が正転状態にあるか逆転状態にあるかを判別する。

20

【0059】

すなわち、エンジン 1 の正転時には、図 9（A）のように、第 1 クランク角度信号 CA_1 に対して第 2 クランク角度信号 CA_2 が半パルス幅程度の位相遅れをもって生じることにより、第 1 クランク角度信号 CA_1 の立ち上がり時に第 2 クランク角度信号 CA_2 が Low、第 1 クランク角度信号 CA_1 の立ち下がり時に第 2 クランク角度信号 CA_2 が High となる。一方、エンジン 1 の逆転時には、図 9（B）のように、第 1 クランク角度信号 CA_1 に対して第 2 クランク角度信号 CA_2 が半パルス幅程度の位相の進みをもって生じることにより、エンジン 1 の正転時とは逆に第 1 クランク角度信号 CA_1 の立ち上がり時に第 2 クランク角度信号 CA_2 が High、第 1 クランク角度信号 CA_1 の立ち下がり時に第 2 クランク角度信号 CA_2 が Low となる。

30

【0060】

そこで、ステップ S 4 1 の判定が YES であれば、エンジン 1 の正転方向のクランク角度変化を計測するための CA カウンタをアップし（ステップ S 4 2）、ステップ S 4 1 の判定が NO の場合は、前記 CA カウンタをダウンする（ステップ S 4 3）。そして、エンジン自動停止後に前記 CA カウンタの計測値を調べることでピストン停止位置を求める（ステップ S 4 4）。

【0061】

さらに本実施形態においては、エンジン 1 が停止する直前において、すなわち、各気筒が最後の停止行程を迎えたタイミング t_4 経過後に、上述したピストン位置検出結果に基づき、必要に応じて圧縮行程気筒 1 2 C に対し、追加の燃料噴射 F_2 が実行される。この燃料噴射 F_2 は、実験に基づいて推定される停止位置が下死点に近い程、燃料噴射量が大きな値に設定された追加用の燃料噴射マップ（図示せず）に基づき、圧縮行程気筒 1 2 C に対して、最後の圧縮行程（時点 t_4 経過後）時に実行される。これにより、可及的に圧縮行程気筒 1 2 C の筒内圧力が低下し、より精緻に当該圧縮行程気筒 1 2 C のピストン 1 3 を適正停止範囲 R 内（好ましくはその範囲の上死点側）で停止させることが可能になる。

40

【0062】

50

エンジン 1 が完全に停止すると、各気筒 1 2 A ~ 1 2 D の筒内温度は図 1 0 の温度特性に示すような変化をする。図 1 0 は、エンジン自動停止からの経過時間と筒内温度との関係を示すグラフであり、エンジン自動停止時（時点 t_5 ）の筒内温度が 8 0 であった場合の筒内温度変化の推定値である。

【 0 0 6 3 】

この特性に示すように、エンジン 1 が完全に停止すると冷却水の流れが停止するので、停止直後に筒内温度が急速に上昇する。そしてエンジン自動停止後約 1 0 秒でピークとなり、以後は徐々に低下して行く。この特性は冷却水の温度（エンジン水温）や外気温（吸気温度）等によって異なり、ECU 2 の筒内温度推定部 4 6 はその特性をマップ化したデータを記憶している。なお、圧縮行程気筒 1 2 C に関しては、タイミング t_3 以降にのみ燃料を噴射した場合、 T_{t_3} の特性を取り、タイミング t_4 以降に追加の燃料を噴射した場合には、 T_{t_4} の特性を取ることとなり、そのような特性がこのグラフに対応する制御マップに記憶されている。

10

【 0 0 6 4 】

なお、エンジン自動停止動作期間中にスロットル弁 2 3 の開度 K を増大させることにより掃気が促進されるので、触媒 3 7 に十分な量の新気が供給される。従ってエンジン自動停止中は触媒 3 7 の酸素吸蔵量が十分に多い状態となっている。

【 0 0 6 5 】

次に、エンジン 1 の再始動時の制御について説明する。再始動の際は、上述のようにまず圧縮行程気筒 1 2 C での燃焼を行わせてエンジン 1 を一旦逆回転させてから膨張行程気筒 1 2 A での燃焼を行わせ、正転方向に転じさせる。つまりエンジン 1 を一旦逆回転させることによって膨張行程気筒 1 2 A のピストン 1 3 を上昇させ、その圧縮圧力を増大させた後に当該気筒での燃焼を行わせる。膨張行程気筒 1 2 A のピストン停止位置が適正停止範囲 R にあって燃焼のための十分な空気量が確保されていることと、その空気がエンジン 1 の逆転によって圧縮されることにより大きな燃焼エネルギーが得られる。つまりエンジン 1 を確実に正転方向に転じさせるとともにその後の継続的な運転に円滑に移行させることができる。

20

【 0 0 6 6 】

しかし、膨張行程気筒 1 2 A 内に十分な空気が存在していることが、その空気を強く圧縮することの妨げとなっている。それは、圧縮された空気の圧縮反力が膨張行程気筒 1 2 A のピストン 1 3 を押し戻す方向に作用するからである。

30

【 0 0 6 7 】

そこで本実施形態では、膨張行程気筒 1 2 A への燃料噴射タイミングを遅らせることにより、膨張行程気筒 1 2 A 内の空気の圧縮量を増大（密度を増大）させる制御を行っている。燃料噴射タイミングを遅らせると、ある程度筒内空気が圧縮された状態の気筒内に燃料を噴射することになり、その気化潜熱によって圧縮圧力が減少する。従って同じエンジン 1 の逆転のエネルギーであればピストン 1 3 がより上死点近くまで移動することができ（ピストンストローク増大）、圧縮空気の密度をより高めることができる。

【 0 0 6 8 】

上記のようにして自動停止状態となったエンジン 1 を再始動させる際の制御動作を図 1 1 ~ 図 1 3 に示すフローチャートに基づいて説明する。まず、所定のエンジン再始動条件が成立したか否かを判定し（ステップ $S 1 0 0$ ）、 $Y E S$ と判定された場合、例えば、停車状態から発進のためのアクセル操作等が行われた場合、バッテリー電圧が低下した場合、あるいはエアコンが作動した場合等には、エンジン 1 の自動停止後にカウント開始されたエンジン自動停止時間が予め設定された基準時間以内であるか否かが判定される（ステップ $S 1 0 1$ ）。エンジン 1 の自動停止時間が比較的長い場合には、自動停止制御中に燃料を噴射している場合であっても、圧縮行程気筒 1 2 C 内が希釈化してしまい、所望の燃焼特性を得ることができなくなるおそれがある。そこで、この判定では、エンジン 1 の停止時間に応じて、再度、燃料噴射が必要であるか否かを判定しているのである。

40

【 0 0 6 9 】

50

ステップS101の判定でYESの場合、すなわち、エンジン自動停止時間が比較的短く圧縮行程気筒12Cの筒内が希釈化していないと判定された場合には、さらに大気空気密度が 1.08 kg/m^3 以上であるか否かが判定される(ステップS102)。他方、ステップS101の判定でNOの場合には、ステップS102でYESの場合と同様に、圧縮行程気筒12Cを着火するためのフロー(ステップS103~S110)に移行する。

【0070】

圧縮行程気筒12Cを着火するためのフローとしては、最初にエンジン水温、自動停止からの経過時間、吸気温度等に基づいて筒内温度を推定する(ステップS103)。

【0071】

次いで、エンジン1の自動停止時に検出されたピストン13の停止位置に基づき、圧縮行程気筒12Cおよび膨張行程気筒12A内の空気量を算出する(ステップS104)。つまり、上記ピストン13の停止位置から圧縮行程気筒12Cおよび膨張行程気筒12Aの燃焼室容積が求められる。なお、エンジン1の自動停止時には、燃料噴射の停止後にエンジン1が数回転してから停止するので膨張行程気筒12Aも新気で満たされた状態にあり、且つ、エンジン自動停止中に圧縮行程気筒12Cおよび膨張行程気筒12Aの内部が略大気圧となっているので、上記燃焼室容積から新気量が求められることになる。

【0072】

次に、上記クランク角度センサ30、31の出力信号に応じて検出されたピストン停止位置が、圧縮行程気筒12Cにおける適正停止範囲R(上死点前BTDC60~80°C)のうち、下死点BDC寄りにあるか否かが判定される(ステップS105)。上述したように、本実施形態では、自動停止条件が成立し、車速=0になってから、エンジン1を強制停止するまでの間に、圧縮行程気筒12Cを行程中央よりも上死点側の適正停止範囲R内に停止させる制御を実行しているのみならず、図7の燃料噴射F2に係る制御によってさらに、精緻に圧縮行程気筒12Cのピストン13の停止位置を行程中央よりも上死点側の適正停止範囲R内に停止させる制御を実行しているため、極めて高い確率で、圧縮行程気筒12Cは、上死点側に移動している。しかし、何らかの原因で意図された位置よりも下死点側で停止することも皆無とは言い難いので、念のため、このステップS105で圧縮行程気筒12Cのピストン停止位置を確認することとしているのである。

【0073】

このステップS105でYESと判定され(このような判定がなされることは極めてまれであるが)、圧縮行程気筒12C内の空気量が比較的多いことが確認された場合には、上記ステップS104で算出された圧縮行程気筒12Cの空気量に対し、(空気過剰率) > 1 なる空燃比(例えば空燃比=20程度)となるように1回目の燃料噴射を行う(ステップS106)。この空燃比は、ピストン13の停止位置に応じて予め設定された圧縮行程気筒12Cの1回目用第1空燃比マップM11から求められ、 > 1 というリーン空燃比に設定される。これにより、圧縮行程気筒12C内の空気量が比較的多いときであっても、逆転のための燃焼エネルギーが過多となることが防止される。

【0074】

一方、上記ステップS105でNOと判定され、圧縮行程気筒12C内の空気量が比較的少ないときは、上記ステップS104で算出された圧縮行程気筒12Cの空気量に対して < 1 なる空燃比となるように1回目の燃料噴射を行う(ステップS107)。この空燃比は、ピストン13の停止位置に応じて予め設定された圧縮行程気筒12Cの1回目用第2空燃比マップM12から求められ、 < 1 (理論空燃比ないしはそれよりリッチ空燃比)に設定されることにより、圧縮行程気筒12C内の空気量が少ないときであっても、逆転のための燃焼エネルギーが十分に得られるようになっている。

【0075】

次に、圧縮行程気筒12Cへの1回目燃料噴射から気化時間を考慮して設定した所定時間の経過後に、当該気筒12Cに対して点火を行う(ステップS108)。この場合において、本実施形態では、図4(A)(B)で示したような部分点火が実行される。これに

10

20

30

40

50

より、再始動後に圧縮行程気筒 1 2 C に燃料が噴射された場合においても、十分な緩慢燃焼を実現することが可能になる。そして、点火後の一定時間内にクランク角度センサ 3 0、3 1 のエッジ、つまりクランク角度信号の立ち上がり又は立ち下がりが検出されたか否かにより、ピストン 1 3 が動いたか否かを判定し（ステップ S 1 0 9）、N O と判定されて失火によりピストン 1 3 が動かなかったことが確認された場合には、圧縮行程気筒 1 2 C に対して再度、部分点火を行う（ステップ S 1 1 0）。

【 0 0 7 6 】

他方、上述したステップ S 1 0 1 でエンジン自動停止時間が比較的短く、しかもステップ S 1 0 2 で空気密度が所定値未満である場合、既に図 7 に示したように、エンジン 1 の自動停止制御中において、最後の吸気行程にて圧縮行程気筒 1 2 C 内に燃料噴射 F 1 が実行されていることから、圧縮行程気筒 1 2 C 内には均質な混合気が生成されている。そこで、その場合には、直ちに圧縮行程気筒 1 2 C を点火し（ステップ S 1 1 1）、その後はステップ S 1 0 9 に以降して、逆転動作を実行させるようにしている。尤も、この場合においても、図 4 (A) または (B) で示す部分点火が実行される。これにより、自動停止時に再始動時逆転用の燃料が圧縮行程気筒 1 2 C に噴射された場合においても、十分な緩慢燃焼を実現するように構成されている。

10

【 0 0 7 7 】

次に、図 1 2 を参照して、上記ステップ S 1 0 9 で Y E S と判定されてピストン 1 3 が動いたことが確認されると、ピストン停止位置および上記ステップ S 1 0 3 で推定した筒内温度に基づいて、膨張行程気筒 1 2 A に対する分割燃料噴射の分割比（1 回目の前段噴射と 2 回目の後段噴射との比率）を算出する（ステップ S 1 2 1）。上記後段の噴射比率は、膨張行程気筒 1 2 A におけるピストン停止位置が下死点寄りであるほど、また筒内温度が高いほど大きな値に設定される。

20

【 0 0 7 8 】

次に、上記ステップ S 1 0 4 で算出した膨張行程気筒 1 2 A の空気量に対して所定の空燃比（ 1 ）となるように燃料噴射量を算出する（ステップ S 1 2 2）。この際の実際の空燃比は、ピストン 1 3 の停止位置に応じて予め設定された膨張行程気筒 1 2 A 用の空燃比マップ M 1 4 から求められる。また、ステップ S 1 2 2 で算出された膨張行程気筒 1 2 A への燃料噴射量とステップ S 1 2 1 で算出された分割比とによって、膨張行程気筒 1 2 A に対する前段（1 回目）の燃料噴射量を算出し、噴射する（ステップ S 1 2 3）。

30

【 0 0 7 9 】

次に、上記ステップ S 1 0 3 で推定された筒内温度に基づき、膨張行程気筒 1 2 A に対する後段（2 回目）の燃料噴射時期を算出する（ステップ S 1 2 4）。この 2 回目の噴射時期は、ピストン 1 3 が上死点側への移動（エンジン 1 の逆転）を開始した後に、気筒内の空気が圧縮されている時期であるとともに、噴射燃料の気化潜熱が圧縮圧力を効果的に減少させるように、つまりピストン 1 3 を上死点へ近づけるように設定され、且つこの 2 回目の噴射燃料が点火時期までに気化する時間が可及的に確保できるように設定される。

【 0 0 8 0 】

次に、ステップ S 1 2 2 で算出された膨張行程気筒 1 2 A への燃料噴射量とステップ S 1 2 1 で算出された分割比とによって、膨張行程気筒 1 2 A に対する後段（2 回目）の燃料噴射量を算出し（ステップ S 1 2 5）、上記ステップ S 1 2 4 で算出された 2 回目の噴射時期に噴射する（ステップ S 1 2 6）。

40

【 0 0 8 1 】

上記膨張行程気筒 1 2 A への 2 回目の燃料噴射後に、所定のディレイ時間が経過した時点で点火する（ステップ S 1 2 7）。

【 0 0 8 2 】

本実施形態では、ステップ S 1 2 7 において、膨張行程気筒 1 2 A に点火する際には、全ての点火プラグ 1 5 A ~ 1 5 C を同時に点火させることにより、急速燃焼を図っている。これにより、膨張行程気筒 1 2 A は、圧縮行程気筒 1 2 C の緩慢燃焼によって制約された範囲内で大きなピストンストロークが与えられているばかりでなく、制約されたピスト

50

ンストロークにおいても、大きな燃焼エネルギーを生成し、運動エネルギーを出力することが可能となっている。

【0083】

さらに上記ディレイ時間は、ピストン13の停止位置に応じて予め設定された膨張行程気筒12A用の点火マップM15から求められる。本実施形態においては、このディレイ時間は、2回目の燃料噴射によって生じられた筒内の乱れが残存している時間内に設定されており、具体的には、0.03secが好ましい。上記点火による膨張行程気筒12Aでの初回燃焼により、エンジン1は逆転から正転に転ずる。従って、圧縮行程気筒12Cのピストン13が上死点側に移動し、気筒内のガス(上記ステップS108の点火によって燃焼した既燃ガス)を圧縮し始める。

10

【0084】

次に、燃料の気化時間を考慮に入れ、圧縮行程気筒12Cに2回目の燃料を噴射する(ステップS128)。この際の燃料噴射量は、1回目の噴射量とを合計した噴射量に基づく全体の空燃比が可燃空燃比(下限は7~8)よりもさらにリッチ(例えば6程度)になるように、ピストン13の停止位置に応じて予め設定された圧縮行程気筒12Cの2回目用空燃比マップM16から求められる。この圧縮行程気筒12Cにおける2回目の噴射燃料による気化潜熱に応じて、圧縮行程気筒12Cの圧縮上死点付近における圧縮圧力が低減されることにより、当該圧縮上死点を容易に越えることが可能となる。

【0085】

なお、上記圧縮行程気筒12Cへの2回目の燃料噴射は、専ら筒内の圧縮圧力を低減させるためになされるものであって、これに対する点火、燃焼は行われず、可燃空燃比よりもリッチなために自着火も起こらず、この不燃燃料は、その後排気通路22の排気ガス浄化触媒に吸蔵されている酸素と反応して、無害化される。

20

【0086】

次に図13を参照して、上記のように圧縮行程気筒12Cにおいて2回目に噴射された燃料は燃焼しないので、膨張行程気筒12Aでの最初の燃焼に続く次の燃焼は、吸気行程気筒12D、つまり停止時に吸気行程にあった第4気筒での最初の燃焼となる。この吸気行程気筒12Dのピストン13が圧縮上死点を越えるためのエネルギーとしては、膨張行程気筒12Aにおける初回燃焼のエネルギーの一部が充てられ、上記膨張行程気筒12Aにおける初回燃焼のエネルギーが、圧縮行程気筒12Cが圧縮上死点を乗り越えるためと吸気行程気筒12Dが圧縮上死点を越えるためとの両方に供される。

30

【0087】

従って、円滑な始動のためには吸気行程気筒12Dが圧縮上死点を越えるためのエネルギーが小さいことが望ましく、このために気筒12D内の空気密度を推定し、その推定値から吸気行程気筒12Dの空気量を算定した後(ステップS140)、上記ステップS103で推定した筒内温度に基づいて、自着火を防止するための空燃比補正値を算出する(ステップS141)。すなわち自着火が起こると、その燃焼によって圧縮上死点に至る前にピストン13を下死点側に押し戻す力(逆トルク)が発生し、その分だけ圧縮上死点を越えるためのエネルギーが多く消費されるので望ましくない。そこで、上記逆トルクを抑制するために空燃比をリーン側に補正し、圧縮自己着火が起こらないようにしている。

40

【0088】

次に、上記ステップS140で算定した吸気行程気筒12Dの空気量と、上記ステップS141で算出した空燃比補正値を考慮した空燃比とに基づき、吸気行程気筒12Dへの燃料噴射量を算出する(ステップS142)。そして、上記吸気行程気筒12Dに対する燃料噴射を行うが、この燃料噴射は、その気化潜熱によって圧縮圧力が低減されるように、つまり圧縮上死点を越えるための必要エネルギーが低減されるように、圧縮行程の後期まで遅延され(ステップS143)、その遅延量は、エンジン1の自動停止期間、吸気温度、エンジン水温等に基づいて算出される。

【0089】

また、上記逆トルクの発生を抑制するため、点火時期を上死点以降に遅延して点火する

50

(ステップS144)。以上の制御が実行されることにより、吸気行程気筒12Dにおいて、圧縮上死点まではその圧縮圧力が小さくなって上死点を越えやすくなり、上死点を過ぎた時点で燃焼エネルギーによる正転方向のトルクが発生することになる。

【0090】

上記ステップS144の後、通常の制御状態に移行してもよいが、当実施形態では、さらにエンジン回転速度の吹上りを抑制する制御を行っている。このエンジン回転速度の吹上がりとは、吸気行程気筒12Dでの初回燃焼以降、エンジン回転速度が必要以上に急上昇することをいい、加速ショックが発生したり、運転者に違和感が与えられたりする原因となるので望ましくない。上記エンジン回転速度の吹上がりは、自動停止期間中の吸気圧力(スロットル弁23より下流の圧力)が略大気圧となっているために、始動直後(吸気行程気筒12Dでの初回燃焼以降)の各気筒12A~12Dでの燃焼エネルギーが通常のアイドル運転時の燃焼エネルギーに比べて一時的に大きくなることにより発生する。このために下記のステップS145~S158で、上記エンジン回転速度の吹上りを抑制する制御を行っている。

10

【0091】

まず、オルタネータ28の目標電流値を通常より高めに設定して発電を開始し(ステップS145)、このオルタネータ28の発電によってクランクシャフト3の回転抵抗(エンジン1の外部負荷)を増大させてエンジン回転速度の吹上りを抑制する。

【0092】

次に、吸気圧センサ26によって検出された吸気圧力が、エンジン1の自動停止を行わない場合の通常のアイドル時における吸気圧力より高いか否かを判定し(ステップS150)、YESと判定されると、エンジン回転速度の吹上りが起こりやすい状態となっているので、スロットル弁23の開度を通常のアイドル運転時におけるスロットル開度よりもさらに小さくすることにより(ステップS151)、燃焼エネルギーの発生量を抑制する。

20

【0093】

そして、排気通路22に設けられた排気ガス浄化触媒の温度が活性温度以下であるか否かを判定し(ステップS152)、YESと判定された場合には、気筒内の目標空燃比を1なるリッチ空燃比に設定するとともに(ステップS153)、点火時期を上死点以降に遅延させる(ステップS154)。これにより、上記触媒の温度上昇が促進されるとともに、点火時期の遅延によって燃焼エネルギーの発生量が抑制される。

30

【0094】

一方、上記ステップS152でNOと判定されて排気ガス浄化触媒の温度が活性温度よりも高いことが確認された場合には、気筒内の目標空燃比を >1 のリーン空燃比に設定して成層リーンの燃焼状態とする(ステップS158)。このリーン燃焼によって燃料の消費が抑制されつつ、燃焼エネルギーの発生量が抑制されることになる。

【0095】

上記ステップS154またはステップS158を経てステップS150に戻り、このステップS150でNOと判定されてエンジン1の自動停止を行わない場合の通常のアイドル時よりも吸気圧力が低下したことが確認されるまで、上記制御動作が繰り返される。このステップS150でNOと判定されると、もはやエンジン回転速度の吹上りが生じるおそれがないので、オルタネータ28の発電電流も含めて通常の制御状態に移行する(ステップS160)。

40

【0096】

以上説明したように本実施形態においては、エンジン1を自動停止させる過程で初回燃焼気筒としての圧縮行程気筒12Cが推定されるとともに、少なくとも空気密度が所定値未満の場合には、自動停止制御時における最後の吸気行程で圧縮行程気筒12Cに燃料が噴射されるので、高地走行時等の空気密度が比較的低い場合には、噴射された燃料が吸気に乗って筒内に導入され、迅速に気化霧化することによって混合気の均質化を促進することができ、再始動時に急速燃焼を来すことを防止し、緩慢燃焼による運動エネルギーを確

50

実に確保することができる結果、2回目の圧縮行程を越えるのに十分な運動エネルギーを確保することが可能になる。

【0097】

また、本実施形態のECU2は、停止時間を計測し、計測された停止時間が所定値以上経過した場合には、再始動条件成立後に、圧縮行程気筒12Cに対し燃料噴射を実行するように燃料噴射弁16aを制御する停止時間計測手段を機能的に構成している(ステップS101等参照)。このため本実施形態では、長期間の自動停止によって筒内が希釈した場合でも、確実に再始動用の燃焼エネルギーを確保し、再始動時の逆転トルクを確保することが可能になる。

【0098】

また、本実施形態では、前記燃料噴射制御手段は、図7のF2で示したように、停止時に圧縮行程気筒12Cが所定クランク角度範囲よりも下死点側で停止しそうな場合には、当該圧縮行程気筒12Cに対し、停止制御中に燃料を分割噴射するように、燃料噴射弁を制御するものである。このため本実施形態では、逆転始動方式において、気筒停止位置制御手段としてのピストン位置検出部45によってECU2が推定された圧縮行程気筒12Cを作動行程の中間から上死点寄りで停止させることが可能になる。この結果、前記自動停止状態における膨張行程気筒12Aのシリンダ容積が、当該自動停止状態における圧縮行程気筒12Cのシリンダ容積より多くなるように制御することが可能になる(図5(A)参照)。

【0099】

図14は、上述した実施形態の効果を示すためのグラフであり、(A)は筒内圧力の推移をクランク角度CAでみたグラフ、(B)は熱発生率の推移をクランク角度CAでみたグラフ、(C)は質量燃焼割合の推移をクランク角度CAでみたグラフである。

【0100】

図14(A)~(C)を参照して、上述した各実施形態においては、高地走行時等の空気密度が比較的低い場合等、空気密度が所定値未満の場合には、自動停止制御中の最後の吸気行程で初回燃焼気筒に燃料を噴射するように前記燃料噴射弁を制御しているので、圧縮行程気筒12Cまたは膨張行程気筒12A内は、混合気の均質化が促進され噴霧による乱れも生じなくなっている。これにより、自動停止後再始動まで相当時間が経過している場合や空気密度が低い環境下であっても、単に圧縮行程気筒の停止位置を上死点寄りに制御するばかりでなく、再始動時に圧縮行程気筒の混合気が点火された際、図14(A)~(C)の実線PL1、J1、Q1で示すように、緩慢な燃焼特性を得ることができるので、混合気の燃焼による熱が筒内壁面から放出されることによって生じる熱損失も緩やかになり、比較的多くの燃焼エネルギーを運動エネルギーに変換することが可能になる。このため少ない空気重量での緩慢燃焼により比較的大きな逆転運動エネルギーを確保することができるとともに、この緩慢燃焼による比較的大きな逆転運動エネルギーによって膨張行程気筒の運動エネルギーをより高めることが可能になる。他方、空気密度を考慮せずに、再始動時に燃料を噴射した場合には、図14(A)~(C)の仮想線PL2、J2、Q2で示すように、急速燃焼が生じてしまい、運動エネルギーを充分に取り出すことができなくなるのである(図14(C)参照)。

【0101】

図15は再始動時における膨張行程気筒の初回燃焼時における筒内圧力の変化を示すグラフである。

【0102】

図15のPL11は、同膨張行程気筒の初回燃焼時における燃焼速度を促進するように制御した場合であり、PL12は、そのような燃焼速度制御を実行しなかった場合を示している。図15の実線PL11から明らかなように、初回燃焼時において、膨張行程気筒12Aを急速燃焼させた場合には、極めて迅速に筒内圧力を高めることが可能になる。このため、ピストンストロークが制約されている初回燃焼時においても、十分な運動エネルギーを出力することが可能になっている。これに対し、燃焼速度を制御していない場合に

10

20

30

40

50

は、P L 1 2 に示すように、筒内圧力のピークを高めることができず、運動エネルギーも低くなる。

【 0 1 0 3 】

以上説明したように本実施形態では、再始動条件が成立し、再始動制御が始まった際、まず、圧縮行程気筒 1 2 C の混合気が点火され、所定クランク角度逆転される。この過程では、膨張行程気筒 1 2 A のピストン 1 3 は上死点側に移動し、圧縮行程気筒 1 2 C からの運動エネルギーによって、燃焼室内が圧縮される。但し、この逆転動作では、膨張行程気筒 1 2 A は上死点までは至らず、制約されたピストンストロークで混合気が点火されることになる。この点火によって膨張行程気筒 1 2 A のピストン 1 3 は、混合気の燃焼エネルギーによってエンジン 1 を正転させるのであるが、この燃焼エネルギーは、多点点火等の燃焼速度制御手段によって急速に促進される結果、ピストンストロークが制約された条件下であっても、筒内圧力を急上昇させ、大きな運動エネルギーを出力することが可能になる。

10

【 0 1 0 4 】

また本実施形態では、前記燃焼速度制御手段は、圧縮行程気筒 1 2 C が再始動要求直後に噴射された燃料で逆転燃焼した場合に要したであろう燃焼時間を基準燃焼時間として、膨張行程気筒 1 2 A における初回燃焼時間（例えば 1 1 m s e c）を基準燃焼時間（例えば 1 5 m s e c）よりも短くするものである。このため本実施形態においては、膨張行程気筒 1 2 A での初回燃焼時には、燃焼時間が短縮された急速燃焼特性となるので、制約されたピストンストロークでの初回燃焼時に大きな運動エネルギーを出力することが可能になる。

20

【 0 1 0 5 】

また本実施形態では、前記燃焼速度制御手段は、圧縮行程気筒 1 2 C における初回燃焼時間（例えば 2 8 m s e c）を前記基準燃焼時間よりも長くするものである。このため本実施形態では、再始動時にエンジン 1 を逆転させるための圧縮行程気筒 1 2 C での燃焼は、比較的緩慢な燃焼となる。このため、再始動時の逆転動作時においては、圧縮行程気筒 1 2 C における混合気の燃焼による熱が筒内壁面から放出されることによって生じる熱損失も緩やかになり、比較的多くの燃焼エネルギーを運動エネルギーに変換することが可能になるので、膨張行程気筒 1 2 A でのピストンストロークも制約された範囲内で大きくなる。

30

【 0 1 0 6 】

また本実施形態では、前記燃焼速度制御手段は、気筒毎に複数個配置された点火プラグ 1 5 A ~ 1 5 C と、この点火プラグ 1 5 A ~ 1 5 C を選択的に点火制御可能な点火制御部 4 2 とを含み、前記点火制御部 4 2 は、再始動時における膨張行程気筒 1 2 A の初回燃焼時には、複数の点火プラグ 1 5 A ~ 1 5 C を同時点火させるものである（図 4（C）参照）。このため本実施形態では、点火制御によって混合気の燃焼速度を所望の速度に制御し、膨張行程気筒 1 2 A での急速燃焼を容易に実現することが可能になる。

【 0 1 0 7 】

また本実施形態では、前記点火プラグ 1 5 A ~ 1 5 C は、各気筒 1 2 A ~ 1 2 D の中央部と周縁部とに配設されており、前記点火制御部 4 2 は、再始動時の圧縮行程気筒 1 2 C における初回燃焼時には、中央部と周縁部の点火プラグ 1 5 A ~ 1 5 C のうち、一部のもののみを点火させ、再始動時の膨張行程気筒 1 2 A における初回燃焼時には、点火プラグ 1 5 A ~ 1 5 C を同時点火させるように制御するものである。このため本実施形態では、再始動時における圧縮行程気筒 1 2 C での初回燃焼時には、緩慢燃焼によって、大きな運動エネルギーを圧縮行程気筒 1 2 C から取り出し、膨張行程気筒 1 2 A のピストンストロークを制約された範囲内で大きくすることができるとともに、膨張行程気筒 1 2 A においては、制約されたピストンストロークにおいて急速燃焼による大きな運動エネルギーを出力することが可能になる。

40

【 0 1 0 8 】

また本実施形態では、前記燃焼速度制御手段は、筒内に燃料を噴射する燃料噴射弁 1 6

50

aを含む燃料供給システム16と、燃料供給システム16による燃料噴射弁16aの燃料噴射時期および燃料噴射量を制御する燃料噴射制御部41と、点火プラグ15A~15Cの点火タイミングを制御する点火制御部42とを備え、燃料噴射弁16aが燃料を噴射した時点から点火プラグ15A~15Cが点火するまでの時間間隔を、再始動時における圧縮行程気筒12Cの初回燃焼時には長くし、再始動時における膨張行程気筒12Aの初回燃焼時には短くするものである。この態様においても、点火タイミングによって圧縮行程気筒12Cでは緩慢燃焼を図り、膨張行程気筒12Aでは、急速燃焼を図ることが可能になる。従って、両気筒12A、12Dからの運動エネルギーをそれぞれ高めることが可能になる。

【0109】

10

また本実施形態では、再始動時における圧縮行程気筒12Cの初回燃焼時での前記時間間隔(図12のマップM15に規定されている点火ディレイ時間)は、噴射された燃料が誘起する筒内の乱れが残存する所定時間である。このため本実施形態では、膨張行程気筒12Aの再始動時における初回燃焼時に、燃料噴射によって乱れが生じ、且つこの乱れが残存している間に点火プラグ15A~15Cが混合気を点火するので、より一層燃焼速度が促進され、急速燃焼を実現することが可能になる。前記所定時間は、燃料等によって実験で定めることができ、例えば、本実施形態のような一般的なガソリンエンジン1では、0.03秒程度に設定することが可能である。

【0110】

上述したように、燃焼速度制御手段としては、複数の点火プラグ15A~15C、並びにこれら点火プラグ15A~15Cを選択的に着火制御する点火制御部や、制御マップM15に設定されている膨張行程気筒12Aの点火ディレイ時間の設定を通常運転時よりも短く設定すること等によって実現することが可能である。

20

【0111】

さらに、図16、図17に示すように、燃料噴射弁16aの他に、水素噴射用インジェクタ160を採用してもよい。

【0112】

図16は、ポート噴射式ガソリンエンジンに直噴式の水素噴射用インジェクタ160を採用した例であり、図17は、直噴式ガソリンエンジンの燃焼室17に水素噴射用インジェクタ160(図17(B)のみ図示)を採用した例を示している。

30

【0113】

何れの形態においても、水素を併用した場合には、燃料の燃焼速度が高速化する。水素は、火炎範囲が広く着火しやすく、さらに燃焼速度も速いので、ガソリンに水素を混合して燃料として使用することにより、着火速度や燃焼速度を速め、再始動時の膨張行程気筒12Aでの初回燃焼を速めて大きな運動エネルギーを出力することが可能になる。

【0114】

以上、本発明の一実施形態について説明したが、本発明は前記の実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した発明の範囲内で種々の変形が可能である。例えば、前記実施形態では再始動時の膨張行程気筒12Aにおける初回燃焼のための燃料噴射を分割噴射としたが、これを、気化潜熱による圧縮圧力の低減と気化性能の確保とが可及的に両立できるタイミング(所定燃料噴射タイミング)を実験等によって策定し、この所定燃料噴射タイミングにおける1回の燃料噴射としてもよい。

40

【0115】

また、再始動時における膨張行程気筒12Aの最初の燃焼のために行う分割燃料噴射は、必要に応じて3分割以上としてもよい。

【0116】

また、前記実施形態では省略しているが、エンジン再始動時において、所定の条件成立時(例えばピストン停止位置が適正停止範囲R内でない場合や、始動後の所定タイミングまでにエンジン回転速度が所定値に達しないなど)、スタータモータによるアシストを伴う制御を行ってもよい。

50

【 0 1 1 7 】

エンジン 1 を自動停止させる制御は前記実施形態に限るものではなく、適宜設定してよい。但し再始動性を高めるためには、膨張行程気筒 1 2 A におけるピストン 1 3 の停止位置が行程中央よりやや下死点寄り（圧縮行程気筒 1 2 C においては行程中央よりやや上死点寄り）となるような制御であることが望ましい。

【 0 1 1 8 】

その他、本発明の特許請求の範囲内で種々の変更が可能であることはいうまでもない。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 1 1 9 】

【 図 1 】 本発明に係る始動装置を備えたエンジンの概略断面図である。 10

【 図 2 】 エンジンの吸気系および排気系の構成を示す説明図である。

【 図 3 】 同エンジンの要部を拡大したものであり、(A) は図 1 の部分拡大図、(B) は、燃焼室の底面図である。

【 図 4 】 同エンジンの燃焼室の底面図であり、(A) (B) は部分点火の例、(C) は全ての点火プラグが同時に点火した例を示すものである。

【 図 5 】 エンジンの停止時に膨張行程および圧縮行程になる気筒のピストン停止位置と空気量との関係を示す説明図である。

【 図 6 】 エンジン停止時におけるエンジン回転速度の変化状態等を示すタイムチャートである。

【 図 7 】 図 6 の部分拡大図であり、さらにクランク角度および各気筒の行程推移を示すタイムチャートである。 20

【 図 8 】 ピストン停止位置の検出制御動作を示すフローチャートである。

【 図 9 】 クランク角度信号の出力信号を示す説明図である。

【 図 1 0 】 エンジン停止からの経過時間と筒内温度推定値との関係を示すグラフである。

【 図 1 1 】 逆転再始動方式を採用した実施形態における制御内容を示すフローチャートである。

【 図 1 2 】 逆転再始動方式を採用した実施形態における制御内容を示すフローチャートである。

【 図 1 3 】 逆転再始動方式を採用した実施形態における制御内容を示すフローチャートである。 30

【 図 1 4 】 上述した実施形態の効果をj示すためのグラフであり、(A) は筒内圧力の推移をクランク角度 C A でみたグラフ、(B) は熱発生率の推移をクランク角度 C A でみたグラフ、(C) は質量燃焼割合の推移をクランク角度 C A でみたグラフである。

【 図 1 5 】 再始動時における膨張行程気筒の初回燃焼時における筒内圧力の変化を示すグラフである。

【 図 1 6 】 ポート噴射式ガソリンエンジンに直噴式の水素噴射用インジェクタを採用した例を示す部分断面図である。

【 図 1 7 】 直噴式ガソリンエンジンの燃焼室に水素噴射用インジェクタを採用した例を示すものであり、(A) が部分断面図、(B) が燃焼室の底面図である。

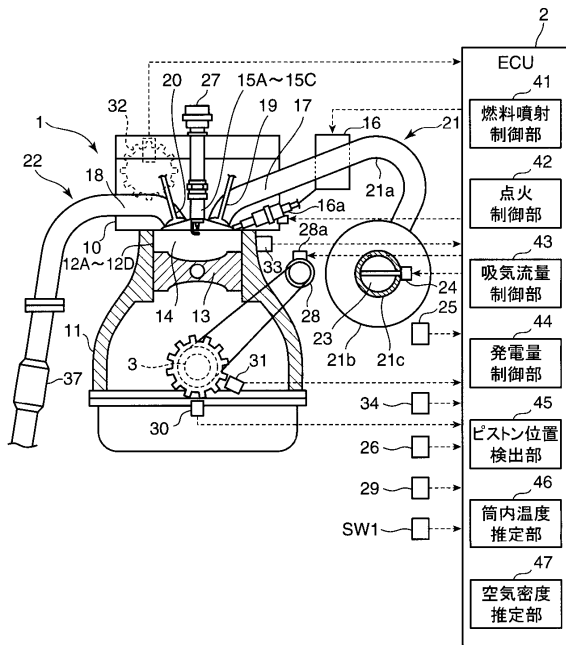
【 符号の説明 】 40

【 0 1 2 0 】

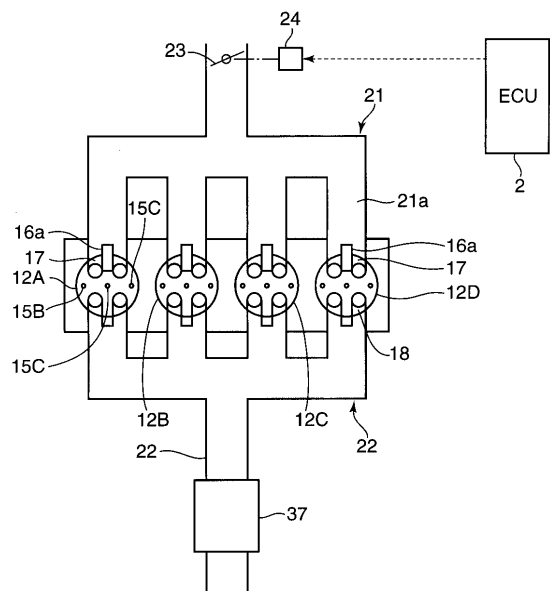
- 1 4 サイクル多気筒エンジン
- 2 E C U
- 3 クランクシャフト
- 1 2 A 膨張行程気筒
- 1 2 C 圧縮行程気筒
- 1 3 ピストン
- 1 4 燃焼室
- 1 5 点火プラグ
- 1 6 燃料供給システム

- 16 a 燃料噴射弁
- 29 吸気温度センサ
- 30 クランク角センサ
- 31 クランク角センサ
- 32 カム角センサ
- 33 水温センサ
- 34 アクセル開度センサ
- 41 燃料噴射制御部
- 42 点火制御部
- 43 吸気流量制御部
- 44 発電量制御部
- 45 ピストン位置検出部
- 46 筒内温度推定部
- 47 空気密度推定部
- CA クランク角度
- CA_p ピストン停止位置
- R 適正停止範囲
- SW1 大気圧センサ
- 160 水素噴射用インジェクタ

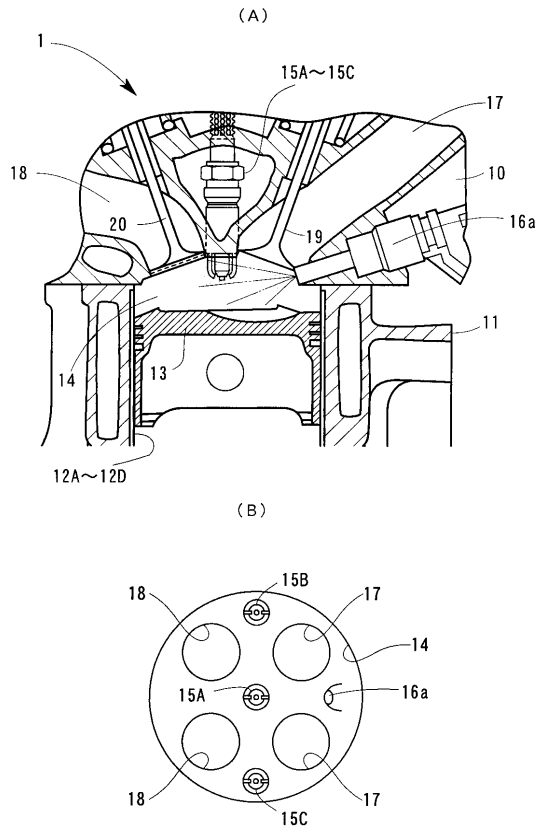
【図1】



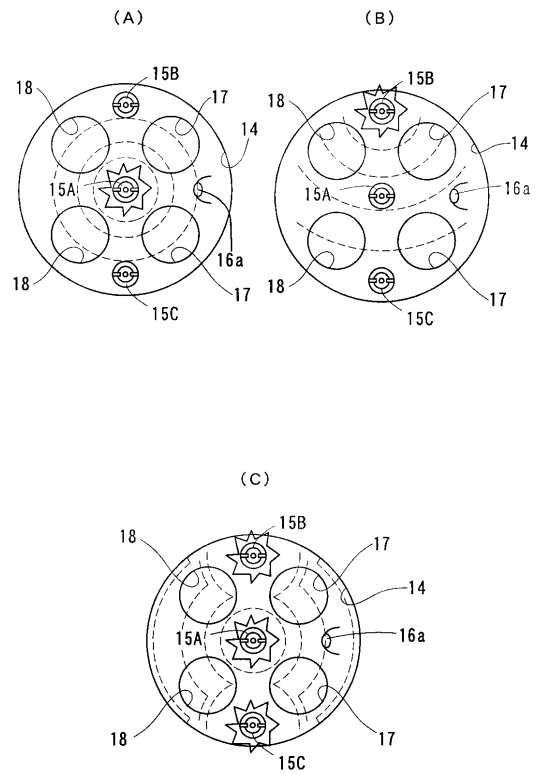
【図2】



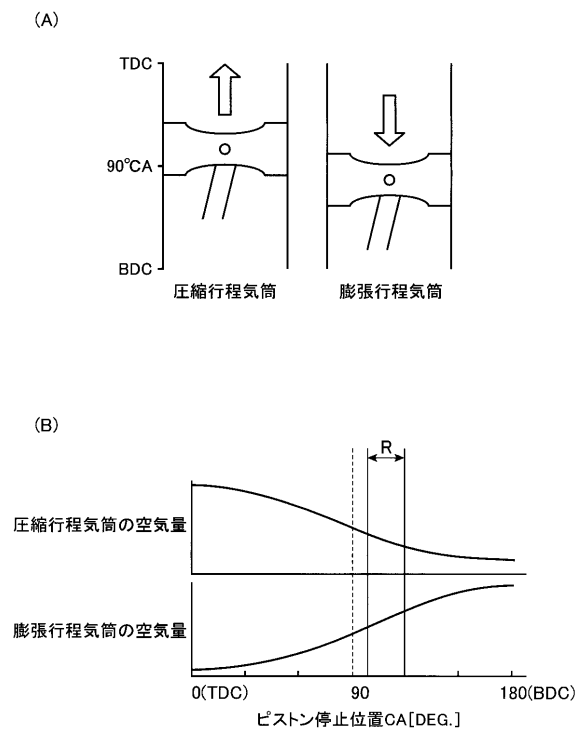
【図3】



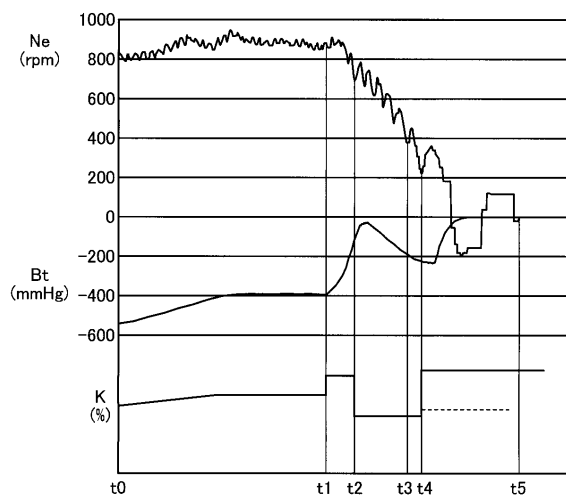
【図4】



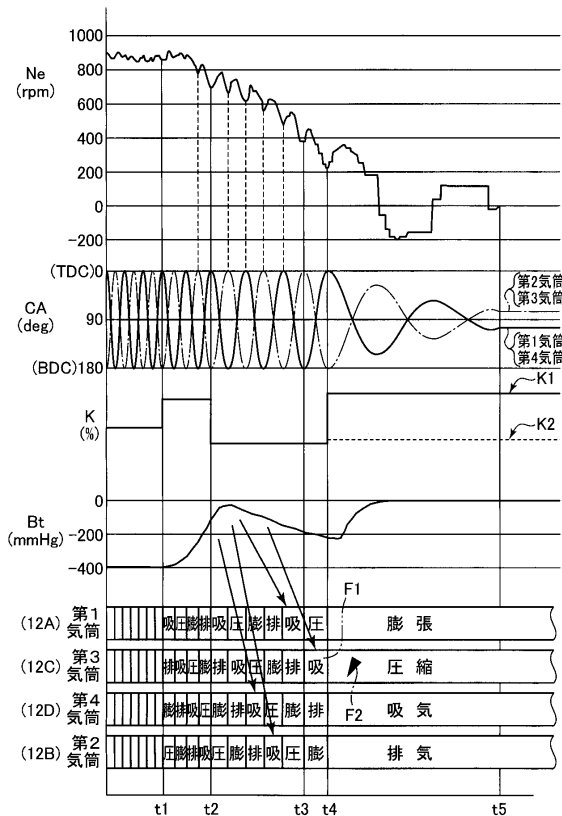
【図5】



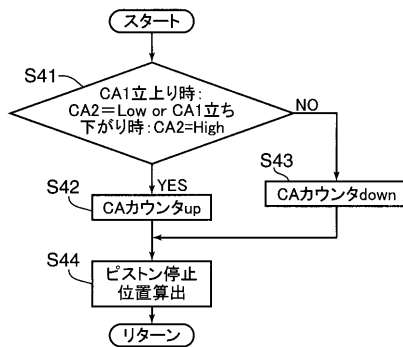
【図6】



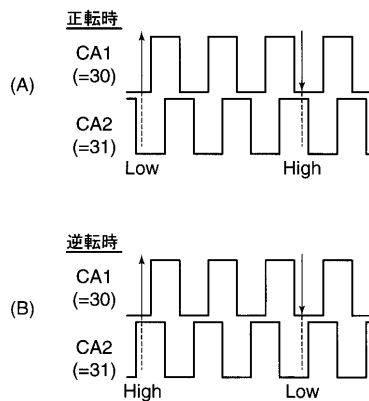
【図7】



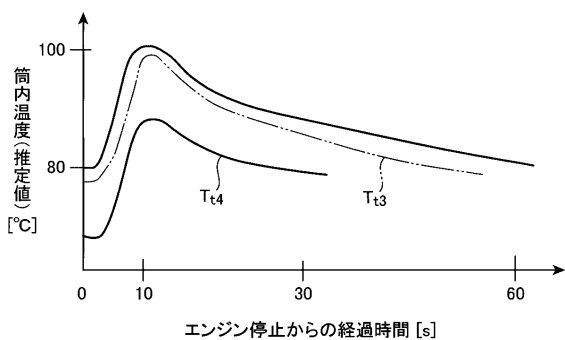
【図8】



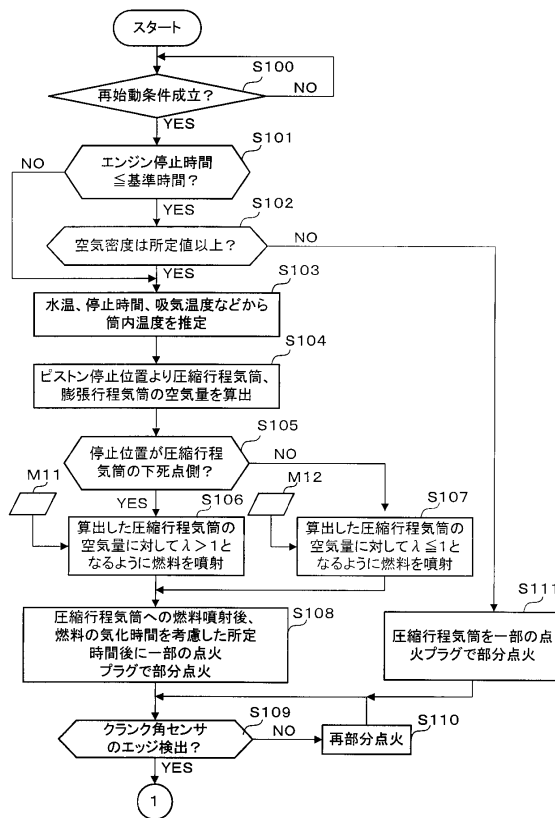
【図9】



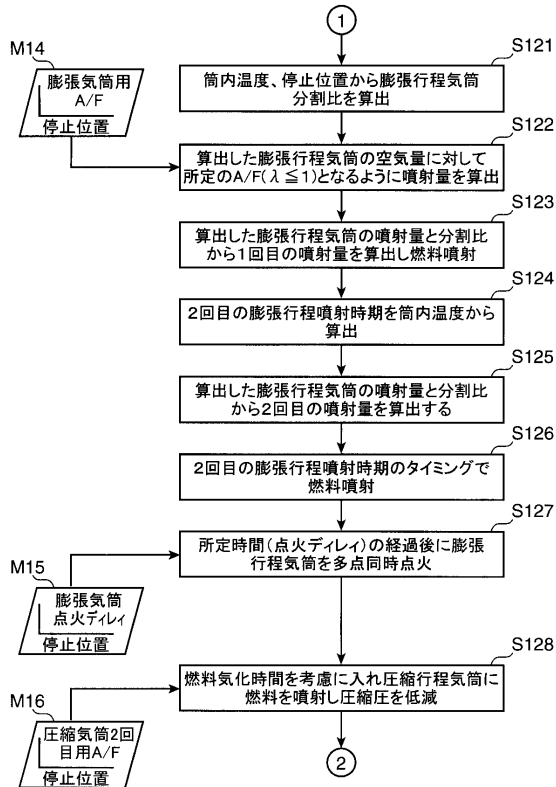
【図10】



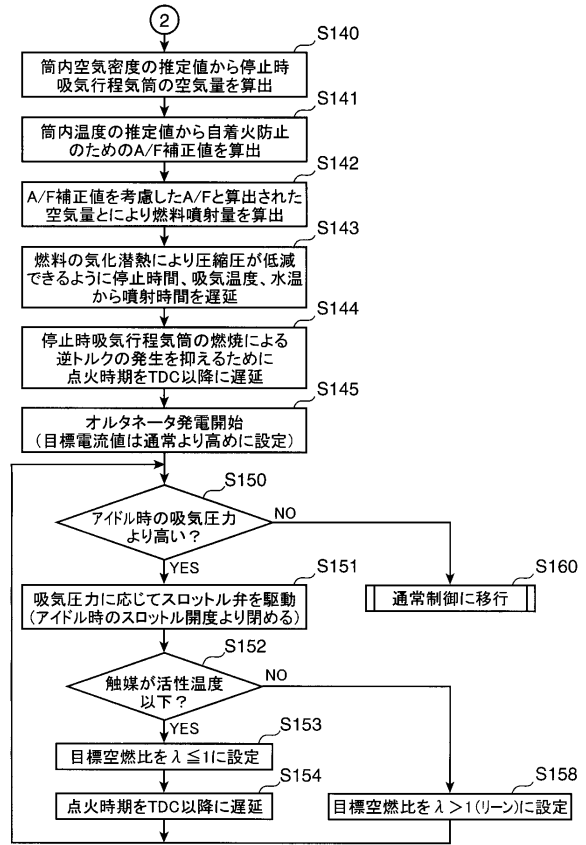
【図11】



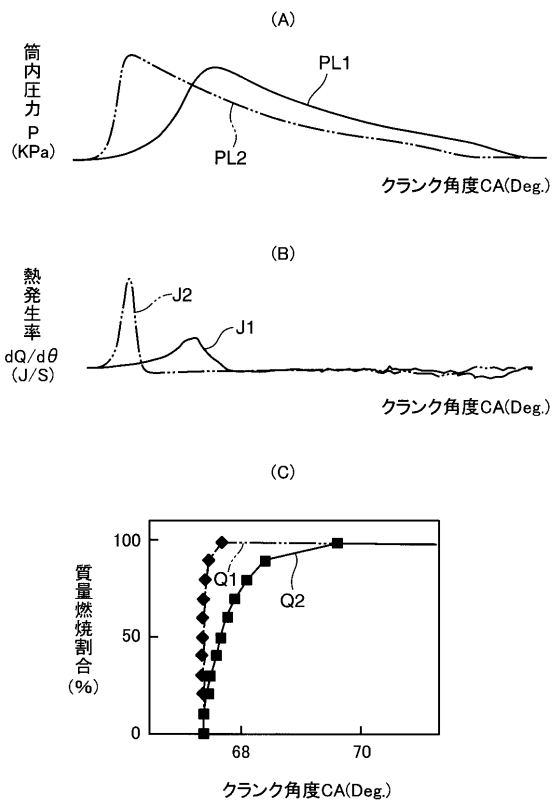
【図12】



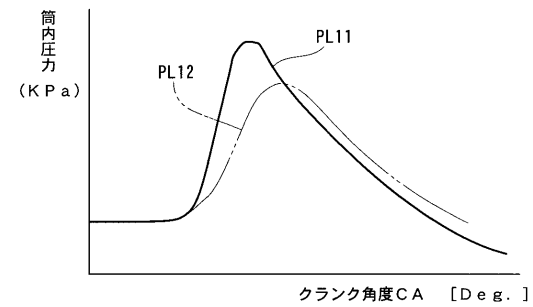
【図13】



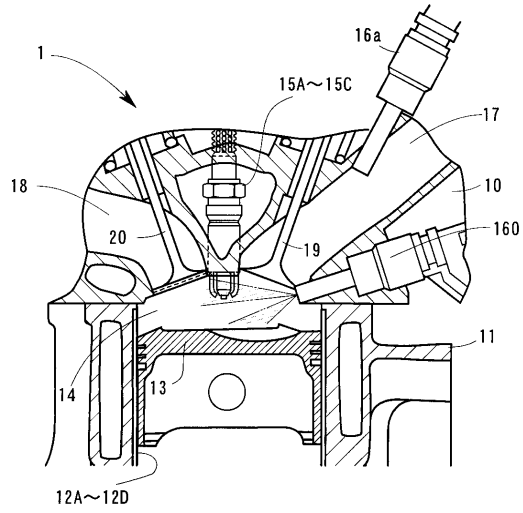
【図14】



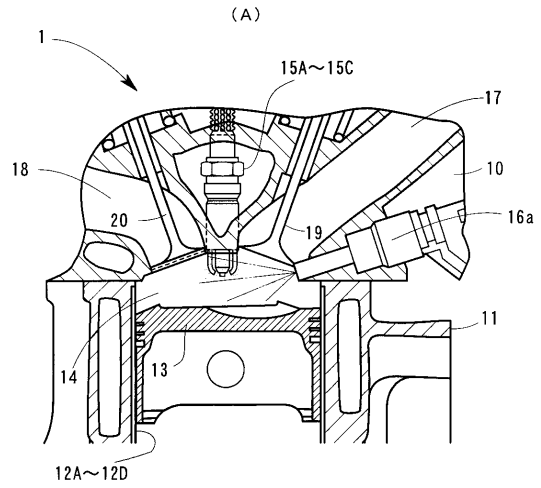
【図15】



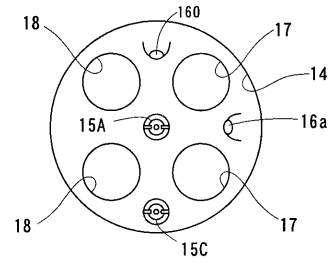
【図16】



【図17】



(B)



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I			
<i>F 0 2 B</i>	<i>23/10</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 2 B</i>	<i>23/08</i>	<i>M</i>
<i>F 0 2 N</i>	<i>15/00</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 2 B</i>	<i>23/08</i>	<i>E</i>
<i>F 0 2 N</i>	<i>99/00</i>	<i>(2010.01)</i>	<i>F 0 2 B</i>	<i>23/10</i>	<i>M</i>
<i>F 0 2 N</i>	<i>11/08</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 2 N</i>	<i>15/00</i>	<i>E</i>
<i>F 0 2 P</i>	<i>15/08</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 2 N</i>	<i>17/00</i>	<i>Z</i>
<i>F 0 2 P</i>	<i>5/15</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 2 N</i>	<i>11/08</i>	<i>K</i>
			<i>F 0 2 P</i>	<i>15/08</i>	<i>3 0 1 K</i>
			<i>F 0 2 P</i>	<i>15/08</i>	<i>3 0 1 D</i>
			<i>F 0 2 P</i>	<i>15/08</i>	<i>3 0 1 E</i>
			<i>F 0 2 P</i>	<i>5/15</i>	<i>E</i>

(72)発明者 村上 康
 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

(72)発明者 荒木 啓二
 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

審査官 寺川 ゆりか

(56)参考文献 特開2004-124754(JP,A)
 特開平04-183925(JP,A)
 特開2001-248484(JP,A)
 古濱庄一, 内燃機関工学, 日本, 産業図書株式会社, 1970年10月 3日, p.68

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 0 2 D *4 1 / 0 6*
F 0 2 B *2 3 / 0 8*
F 0 2 B *2 3 / 1 0*
F 0 2 D *1 7 / 0 0*
F 0 2 D *2 9 / 0 2*
F 0 2 D *4 5 / 0 0*
F 0 2 N *1 1 / 0 8*
F 0 2 N *1 5 / 0 0*
F 0 2 N *9 9 / 0 0*
F 0 2 P *5 / 1 5*
F 0 2 P *1 5 / 0 8*