

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4702143号
(P4702143)

(45) 発行日 平成23年6月15日(2011.6.15)

(24) 登録日 平成23年3月18日(2011.3.18)

(51) Int.Cl.	F 1
FO2D 13/02 (2006.01)	FO2D 13/02 J
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 362B
	FO2D 13/02 H
請求項の数 8 (全 16 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号	特願2006-99965 (P2006-99965)	(73) 特許権者	000003137 マツダ株式会社
(22) 出願日	平成18年3月31日(2006.3.31)		広島県安芸郡府中町新地3番1号
(65) 公開番号	特開2007-270775 (P2007-270775A)	(74) 代理人	100067828 弁理士 小谷 悦司
(43) 公開日	平成19年10月18日(2007.10.18)	(74) 代理人	100096150 弁理士 伊藤 孝夫
審査請求日	平成21年1月23日(2009.1.23)	(72) 発明者	鐵野 雅之 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	後藤 信朗
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 エンジンの始動装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

エンジンの自動停止条件が成立したときに、エンジン運転を継続させるための燃料供給を停止してエンジンを自動的に停止させるエンジン自動停止制御を行うとともに、自動停止状態にある上記エンジンの再始動条件が成立したときに、少なくともエンジン停止時に膨張行程にある気筒で燃焼を行わせて上記エンジンを自動的に再始動させる自動再始動制御を行う停止再始動制御手段を備えたエンジンの始動装置であって、

上記エンジンの吸排気弁を、電磁力で開閉駆動する電磁式動弁機構と、

上記電磁式動弁機構による上記吸排気弁の開閉時期を設定する手段であって、その動作モードとして、吸気・圧縮・膨張・排気の4行程形態をとる通常の4サイクルモードと、吸気・排気を交互に繰り返す2行程形態をとる特定サイクルモードとの何れかを選択的に設定するバルブタイミング制御手段とを備え、

上記バルブタイミング制御手段は、上記エンジン自動停止制御において、上記燃料供給停止時期以降の所定期間、上記電磁式動弁機構の動作モードを上記特定サイクルモードに切替えるとともに、エンジンの停止直前の所定期間に上記4サイクルモードに復帰させることを特徴とするエンジンの始動装置。

【請求項2】

上記特定サイクルモードから上記4サイクルモードに復帰される時期は、エンジン停止時に膨張行程となる気筒における、最後の圧縮行程開始時期以前であり、かつエンジン停止時に圧縮行程となる気筒における、その圧縮行程開始時期以前であることを特徴とする

請求項 1 記載のエンジンの始動装置。

【請求項 3】

上記特定サイクルモードから上記 4 サイクルモードへの切替えおよび上記 4 サイクルモードから上記特定サイクルモードへの気筒単位の切替えは、点火順序順に 1 行程ずつずらして行われることを特徴とする請求項 1 または 2 記載のエンジンの始動装置。

【請求項 4】

上記特定サイクルモードから上記 4 サイクルモードへの切替えは、各気筒において吸気行程の次に圧縮行程を行うことによってなされることを特徴とする請求項 3 記載のエンジンの始動装置。

【請求項 5】

上記 4 サイクルモードから上記特定サイクルモードへの切替えは、各気筒において吸気行程の次に排気行程を行うことによってなされることを特徴とする請求項 3 または 4 記載のエンジンの始動装置。

【請求項 6】

上記エンジンに連結され、少なくともエンジン側から駆動輪側への駆動力の伝達が可能なドライブ状態を有する自動変速機を備え、

上記自動停止制御の実行中、上記自動変速機は上記ドライブ状態を維持することを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか 1 項に記載のエンジンの始動装置。

【請求項 7】

上記燃料供給停止後の上記 4 サイクルモードから特定サイクルモードへの切替えは、既に供給された燃料が膨張行程で燃焼した後になされることを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れか 1 項に記載のエンジンの始動装置。

【請求項 8】

上記バルブタイミング制御手段は、エンジン停止時に圧縮行程となる気筒における、最後の吸気行程の吸気弁閉タイミングを、エンジン停止時に膨張行程となる気筒における、最後の吸気行程の吸気弁閉タイミングよりも、相対的に下死点よりも遠い側に設定することを特徴とする請求項 1 乃至 7 の何れか 1 項に記載のエンジンの始動装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、エンジンの自動停止条件が成立したときに、いったんエンジンを自動的に停止させるとともに、停止させたエンジンをその後自動的に始動させるエンジンの始動装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、燃費低減およびCO₂排出量の抑制等を図るため、アイドル時にエンジンを自動的にいったん停止させるとともに、その後に発進操作等の再始動条件が成立したときに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始動装置が開発されてきている。

【0003】

このエンジンの再始動は、再始動条件成立に応じて即座に始動させることが要求されるため、スタータ（始動用のモータ）によりエンジン出力軸を駆動するクランキングを経てエンジンを始動させるような、始動完了までにかかなりの時間を要する従来一般的な始動方法は好ましくない。

【0004】

そこで、停止状態のエンジンの膨張行程にある気筒（以下、エンジン停止時に膨張行程にある気筒を便宜上停止時膨張行程気筒と称する。他の行程にある気筒も同様である）に燃料を供給して燃焼を行わせ、そのエネルギーでエンジンが即時的に始動されるようになる始動方法が開発されつつある。

【0005】

このような技術として、例えば特許文献 1 や特許文献 2 が知られている。特許文献 1 は

10

20

30

40

50

、エンジン自動停止時のピストン位置が再始動に有利な位置となるように制御するとともに、エンジンが完全に停止するまでに筒内に残留する排ガスを充分排出（掃気）し、再始動時の筒内の新気割合を増大させるように制御するものである。掃気という観点からすれば、燃料停止からエンジン完全停止までの期間（経過サイクル数）は長い方が好ましい。

【0006】

一方、特許文献2は、減筒運転（複数ある気筒のうち、一部の気筒での燃焼を停止する運転）中に燃料停止を行う際に燃料停止からエンジンの完全停止までの時間を短縮する制御を行うものである。通常、減筒運転中は吸排気弁が全閉になっており、そのポンピングロスが小さいことによりエンジン停止までの時間が間延びし、このエンジン停止動作期間中にエンジンの再始動要求（車両の発進や加速要求）があった場合に支障をきたす虞があるからである。このように、エンジン停止動作中に再始動要求が発生する機会を低減するという観点からすれば、燃料停止からエンジン完全停止までの期間は短い方が好ましい。

10

【0007】

結局、燃料停止からエンジン完全停止までの期間は、上記の各観点、あるいはその他諸々の条件を勘案して最適な値に設定され、調整されることとなる。

【特許文献1】特開2005-315203号公報

【特許文献2】特開2004-225561号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

20

このような燃料停止からエンジン完全停止までの期間の最適値を策定するうえで、その期間を比較的短期間に設定する必要のある場合がある。例えば回転系の慣性モーメント（いわゆるイナーシャ）が小さい場合や、回転抵抗が大きい場合（自動変速機が連結されており、これがドライブ状態とされている場合を含む）などである。

【0009】

このような場合、エンジン停止までの行程（吸気・圧縮・膨張・排気）数が少なくなり、エンジンの掃気が不十分となる虞がある。

【0010】

本発明は、上記の事情に鑑みてなされたものであり、比較的短いエンジン停止動作期間であっても、再始動時に有利な掃気形態をとることができるエンジンの始動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】

【0011】

上記課題を解決するための請求項1に係る発明は、エンジンの自動停止条件が成立したときに、エンジン運転を継続させるための燃料供給を停止してエンジンを自動的に停止させるエンジン自動停止制御を行うとともに、自動停止状態にある上記エンジンの再始動条件が成立したときに、少なくともエンジン停止時に膨張行程にある気筒で燃焼を行わせて上記エンジンを自動的に再始動させる自動再始動制御を行う停止再始動制御手段を備えたエンジンの始動装置であって、上記エンジンの吸排気弁を、電磁力で開閉駆動する電磁式動弁機構と、上記電磁式動弁機構による上記吸排気弁の開閉時期を設定する手段であって、その動作モードとして、吸気・圧縮・膨張・排気の4行程形態をとる通常の4サイクルモードと、吸気・排気を交互に繰り返す2行程形態をとる特定サイクルモードとの何れかを選択的に設定するバルブタイミング制御手段とを備え、上記バルブタイミング制御手段は、上記エンジン自動停止制御において、上記燃料供給停止時期以降の所定期間、上記電磁式動弁機構の動作モードを上記特定サイクルモードに切替えるとともに、エンジンの停止直前の所定期間に上記4サイクルモードに復帰させることを特徴とする。

40

【0012】

請求項2に係る発明は、請求項1記載のエンジンの始動装置において、上記特定サイクルモードから上記4サイクルモードに復帰される時期は、エンジン停止時に膨張行程となる気筒における、最後の圧縮行程開始時期以前であり、かつエンジン停止時に圧縮行程と

50

なる気筒における、その圧縮行程開始時期以前であることを特徴とする。

【0013】

請求項3に係る発明は、請求項1または2記載のエンジンの始動装置において、上記特定サイクルモードから上記4サイクルモードへの切替えおよび上記4サイクルモードから上記特定サイクルモードへの気筒単位の切替えは、点火順序順に1行程づつずらして行われることを特徴とする。

【0014】

請求項4に係る発明は、請求項3記載のエンジンの始動装置において、上記特定サイクルモードから上記4サイクルモードへの切替えは、各気筒において吸気行程の次に圧縮行程を行うことによってなされることを特徴とする。

10

【0015】

請求項5に係る発明は、請求項3または4記載のエンジンの始動装置において、上記4サイクルモードから上記特定サイクルモードへの切替えは、各気筒において吸気行程の次に排気行程を行うことによってなされることを特徴とする。

【0016】

請求項6に係る発明は、請求項1乃至5の何れか1項に記載のエンジンの始動装置において、上記エンジンに連結され、少なくともエンジン側から駆動輪側への駆動力の伝達が可能なドライブ状態を有する自動変速機を備え、上記自動停止制御の実行中、上記自動変速機は上記ドライブ状態を維持することを特徴とする。

【0017】

20

請求項7に係る発明は、請求項1乃至6の何れか1項に記載のエンジンの始動装置において、上記燃料供給停止後の上記4サイクルモードから特定サイクルモードへの切替えは、既に供給された燃料が膨張行程で燃焼した後になされることを特徴とする。

【0018】

請求項8に係る発明は、請求項1乃至7の何れか1項に記載のエンジンの始動装置において、上記バルブタイミング制御手段は、エンジン停止時に圧縮行程となる気筒における、最後の吸気行程の吸気弁閉タイミングを、エンジン停止時に膨張行程となる気筒における、最後の吸気行程の吸気弁閉タイミングよりも、相対的に下死点よりも遠い側に設定することを特徴とする。

【発明の効果】

30

【0019】

請求項1の発明によると、以下説明するように、電磁式動弁機構による特定サイクルモードにより、比較的短いエンジン停止動作期間であっても、再始動時に有利な掃気形態をとることができる。

【0020】

ここで特定サイクルモードについて説明する。特定サイクルモードとは、吸気・排気を交互に繰り返す2行程形態の動作モードである。具体的には、吸気・圧縮・膨張・排気の4行程形態をとる通常の4サイクルモードに対して、その圧縮行程に相当する期間に電磁式動弁機構によって排気弁を開弁する。すると実質上排気行程と同様の動弁系の挙動となる。また4サイクルモードの膨張行程に相当する期間に吸気弁を開弁する。すると実質上吸気行程と同様の動弁系の挙動となる。結局、4サイクルモードの吸気・圧縮・膨張・排気の4行程のうち、圧縮を排気に、膨張を吸気に置き換えることにより、吸気・排気・吸気・排気という2行程形態が得られるのである。

40

【0021】

特定サイクルモードは、未燃ガスを排出させないようにするために、燃料停止状態で実行する必要がある。特定サイクルモードを行うと、4サイクルモードに対して吸排気弁の開弁期間が実質上約2倍になるので掃気が格段に促進される。

【0022】

従って、エンジン自動停止制御中に、電磁式動弁機構が特定サイクルモードとされることにより、比較的短いエンジン停止動作期間であっても十分な掃気性が確保され、円滑な

50

再始動を行うことができる。

【 0 0 2 3 】

さらに、特定サイクルモードには4サイクルモードの圧縮上死点に相当するものがなくなるので、この圧縮上死点を経過する際のエンジンの回転速度の波打ちが抑制される。すなわち、エンジン自動停止時の振動が抑制され、振動騒音（いわゆるNVH）レベルが向上する。

【 0 0 2 4 】

また、エンジンの停止直前の所定期間に4サイクルモードに復帰させることにより、エンジン停止時に、ピストンを適正停止範囲に停止させるために有効な停止時膨張行程気筒や停止時圧縮行程気筒を現出させることができる。つまりピストン停止位置精度を高めることができる。

10

【 0 0 2 5 】

請求項2の発明によると、上記ピストン停止位置精度の向上をより確実なものとすることができる。

【 0 0 2 6 】

エンジン自動停止制御では、停止直前に時膨張行程気筒と圧縮行程気筒との筒内圧バランスを調節することにより、ピストンを適正停止範囲に停止させるように制御される。そのためには、エンジン停止時に膨張行程となる気筒が、その停止前に実質的に膨張行程にある必要があり、その前には実質的に圧縮行程である必要がある。従って、エンジン停止時に膨張行程となる気筒における、最後の圧縮行程開始時期以前に特定サイクルモードから4サイクルモードに復帰させることにより、その条件が満たされるのである。また同様に、エンジン停止時に圧縮行程となる気筒における、その圧縮行程開始時期以前に特定サイクルモードから4サイクルモードに復帰させることにより、当該気筒を確実に停止時圧縮行程気筒となすことができる。

20

【 0 0 2 7 】

請求項3乃至5の発明によると、特定サイクルモードと4サイクルモードとのモード間切り替えを無理なく円滑に行うことができる。

【 0 0 2 8 】

請求項6の発明によると、以下に述べるように掃気性向上効果を顕著に得ることができる。自動変速機をドライブ状態としたままエンジンを自動停止させると、ニュートラル状態（エンジン側から駆動輪側への駆動力の伝達が切り離された状態）に切換えて自動停止させる場合に比べ、エンジンの回転抵抗（負荷）が大きくなり、燃料供給停止からエンジン完全停止までの期間が短くなる。これは掃気性の低下を招き易く、再始動に不利な条件となっている。しかし本発明によれば特定サイクルモードによって掃気性が高められているので、そのような場合でも良好な再始動性を行うことができる。

30

【 0 0 2 9 】

また、自動変速機をドライブ状態としたままエンジンを自動停止させるので、自動停止動作期間中に再加速要求（アクセルオン）があった場合、エンジンの燃焼を復帰させるだけで円滑かつ速やかに車両を再加速させることができる。

【 0 0 3 0 】

請求項6の発明によると、筒内に供給された燃料が、電磁式動弁機構の動作モードの切替えによって、膨張行程を経過しないまま（つまり燃焼されることなく）排出されることが避けられる。従って未燃ガスの排出が抑制される。

40

【 0 0 3 1 】

請求項8の発明によると、上記ピストン停止位置精度の向上をより確実なものとすることができる。

【 0 0 3 2 】

本発明の構成によれば、吸気弁を下死点後に閉じる場合（通常はこの設定）には、停止時圧縮行程気筒の吸気弁の閉タイミングは、停止時膨張行程気筒よりもリタードされたもの（遅閉じ）となる。また吸気弁を下死点前に閉じる場合には、停止時圧縮行程気筒の吸

50

気弁の開タイミングは、停止時膨張行程気筒よりもアドバンスされたもの（早閉じ）となる。いずれの場合も、停止時圧縮行程気筒の吸気量よりも停止時膨張行程気筒の吸気量の方が多くなる。従って、停止時圧縮行程気筒と停止時膨張行程気筒との筒内圧バランスが適正になり、ピストンを適正停止範囲に停止させる確率が高められる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0033】

以下、図面に基づいて本発明の実施の形態を説明する。

【0034】

図1および図2は本発明の一実施形態による4サイクル火花点火式エンジンの概略構成を示している。このエンジンには、シリンダヘッド10およびシリンダブロック11を有するエンジン本体1と、エンジン制御用のECU2とを備える。エンジン本体1には複数の気筒（当実施形態では4つの気筒）12A~12Dが設けられている。各気筒12A~12Dにはコンロッドを介してクランクシャフト3に連結されたピストン13が嵌挿され、ピストン13の上方に燃焼室14が形成されている。

10

【0035】

各気筒12A~12Dの燃焼室14の頂部には点火装置27に接続された点火プラグ15が装備され、そのプラグ先端が燃焼室14内に臨んでいる。さらに、燃焼室14の側方部には、燃焼室14内に燃料を直接噴射する燃料噴射弁16が設けられている。この燃料噴射弁16は、図略のニードル弁及びソレノイドを内蔵し、パルス信号が入力されることにより、そのパルス入力時期に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噴射するように構成されている。そして、点火プラグ15付近に向けて燃料を噴射するように燃料噴射弁16の噴射方向が設定されている。なお、この燃料噴射弁16には図外の燃料ポンプにより燃料供給通路等を介して燃料が供給され、かつ、圧縮行程での燃焼室内の圧力よりも高い燃料圧力を与え得るように燃料供給系統が構成されている。

20

【0036】

また、各気筒12A~12Dの燃焼室14に対して吸気ポート17及び排気ポート18が開口し、これらのポート17,18に吸気弁19及び排気弁20が装備されている。これら吸気弁19及び排気弁20は、電磁VVT50（電磁式動弁機構）によって駆動される。

30

【0037】

電磁VVT50は、電磁力で吸排気弁19,20を開閉駆動する電磁式動弁機構である。電磁VVT50は周知の構造なので簡潔に記すが、電磁石のオン・オフによって直接吸排気弁19,20を開閉させるものであって、一種のVVT（Variable Valve Timing）である。但し従来のカム位相をずらすようなVVTよりも格段に制御自由度が高く、任意のクランク角で吸排気弁19,20を開閉することができる。吸気弁19には吸気側VVT51が、排気弁20には排気側VVT52がそれぞれ設けられている。

【0038】

上記吸気ポート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。上記吸気ポート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12A~12Dに対応して独立した分岐吸気通路21aとされ、この各分岐吸気通路21aの上流端がそれぞれサージタンク21bに連通している。このサージタンク21bよりも上流側には共通吸気通路21cが設けられるとともに、この共通吸気通路21c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からなる吸気流量調節手段が配設されている。スロットル弁23に、アイドル運転時の回転速度を調節する図略のISC（Idle Speed Control）ユニットを併設しても良い。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と吸気温度を検出する吸気温センサ29とが配設されている。またスロットル弁23の下流側には吸気圧力（ブースト圧）を検出する吸気圧センサ26が配設されている。また排気通路22には、排気を浄化する排気浄化装置37が設けられている。

40

50

【 0 0 3 9 】

また、エンジン本体 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（発電機）2 8 が付設されている。このオルタネータ 2 8 は、図略のフィールドコイルの電流をレギュレータ回路 2 8 a で制御して出力電圧を調節できるように構成され、E C U 2 からの制御信号に基づき、通常時に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目標発電電流の制御が実行されるように構成されている。

【 0 0 4 0 】

また、エンジン本体 1 には、クランクシャフト 3 に直結されたリングギヤ（そのピッチ円の一部分を一点鎖線で示す）を駆動するスタータモータ（以下スタータ 3 6 と称す）が設けられている。スタータ 3 6 は、必要に応じてピニオンギヤをリングギヤに噛み合わせ、そのピニオンギヤを駆動することにより、エンジンを正転方向に駆動する。スタータ 3 6 として、オルタネータを統合したモータ（I S G : Integrated Starter Generator）を用いても良い。スタータ 3 6 は、通常のエンジン始動時に用いられる他、当実施形態のエンジン自動停止後の再始動時に、その始動を補助するアシスト始動を行うときにも用いられる。

10

【 0 0 4 1 】

さらに、上記エンジンには、クランクシャフト 3 の回転角を検出する 2 つのクランク角センサ 3 0 , 3 1 が設けられ、一方のクランク角センサ 3 0 から出力される検出信号に基づいてエンジンの回転速度が検出されるとともに、上記両クランク角センサ 3 0 , 3 1 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。

20

【 0 0 4 2 】

さらにエンジン本体 1 には、自動変速機（以下 A T とも略称する）6 0 が連結されている。A T 6 0 は、車両の走行状態や運転者の操作に応じて、エンジン出力を最適な回転速度および駆動トルクに自動的に変換して車軸に伝達する機構である。A T 6 0 は、車輪側への駆動力の伝達が切り離されたニュートラル状態と、車輪側への駆動力の伝達が可能なドライブ状態とに切換え可能に構成されている。

【 0 0 4 3 】

なお、A T 6 0 のドライブ状態またはニュートラル状態とは、その動力伝達形態を指すものであり、必ずしも運転者が操作するシフトレバー等のポジションと一致するものではない。例えば、シフトレバーのポジションが「D」レンジであっても、A T 6 0 内部の動力伝達系（油圧クラッチ等）を解放することにより、A T 6 0 をニュートラル状態とすることができる。

30

【 0 0 4 4 】

また、上記エンジンでは、カムシャフトの特定回転位置を検出して気筒識別信号として出力するカム角センサ 3 2 と、エンジンの冷却水温度を検出する水温センサ 3 3 とが設けられ、さらに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開度センサ 3 4 と、運転者がブレーキ操作を行ったことを検出するブレーキセンサ 3 5 と、車速を検出する車速センサ 3 8 とが設けられている。

【 0 0 4 5 】

E C U 2 は、エンジン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。当実施形態のエンジンは、予め設定されたエンジン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を停止させるエンジン自動停止制御を行うとともに、その後に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を自動的に再始動させる自動再始動制御を行うように構成されている。つまり E C U 2 は停止再始動制御手段として機能する。

40

【 0 0 4 6 】

以下 E C U 2 の説明にあたり、上記エンジン自動停止制御および自動再始動制御に関する部分を中心に説明する。

50

【 0 0 4 7 】

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、ブレーキセンサ 3 5 および車速センサ 3 8 からの各検知信号が入力されるとともに、燃料噴射弁 1 6、スロットル弁 2 3 のアクチュエータ 2 4、点火プラグ 1 5 の点火装置 2 7、オルタネータ 2 8 のレギュレータ回路 2 8 a、およびスタータ 3 6 のそれぞれに各駆動信号を出力する。また A T 6 0 に対して制御信号を入出力し、エンジンと A T 6 0 との総合的な制御を行う。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、スタータ制御部 4 6、電磁 V V T 制御部 4 8 および A T 制御部 4 9 を機能的に含んでいる。

10

【 0 0 4 8 】

燃料噴射制御部 4 1 は、燃料噴射時期と、各噴射における燃料噴射量とを設定して、その信号を燃料噴射弁 1 6 に出力する燃料噴射制御手段である。特に当実施形態のエンジン自動停止制御では、後述するように、エンジンの自動停止条件が成立したときに、エンジン運転を継続させるための燃料噴射を停止させる。

【 0 0 4 9 】

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時期を設定し、各点火装置 2 7 に点火信号を出力する。

【 0 0 5 0 】

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。スロットル弁 2 3 に I S C ユニットが併設されている場合は、その制御 (I S C 制御) も行う。

20

【 0 0 5 1 】

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。特に当実施形態では、エンジン自動停止制御においてオルタネータ 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。発電量制御部 4 4 は、その際のオルタネータ 2 8 の発電量の調節も行う。

【 0 0 5 2 】

ピストン位置検出部 4 5 は、クランク角センサ 3 0、3 1 の各検出信号に基づき、ピストン位置を検出する。ピストン位置とクランク角 (° C A) 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当明細書においてもピストン位置をクランク角で表す。当実施形態では、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。

30

【 0 0 5 3 】

スタータ制御部 4 6 は、スタータ 3 6 の駆動制御を行う。通常は、運転者のエンジン始動操作に応じてスタータ 3 6 に駆動信号を送る。また自動再始動制御において、必要に応じてエンジン始動を補助するアシスト始動を行う際にもスタータ 3 6 に駆動信号を送る。

【 0 0 5 4 】

電磁 V V T 制御部 4 8 は、電磁 V V T 5 0 による吸気弁 1 9 および排気弁 2 0 の開閉時期を設定するバルブタイミング制御手段である。電磁 V V T 制御部 4 8 は、その動作モードとして、吸気・圧縮・膨張・排気の 4 行程形態をとる通常の 4 サイクルモード 4 S (図 4 参照) と、吸気・排気を交互に繰り返す 2 行程形態をとる特定サイクルモード 2 S (図 4 参照) との何れかを選択的に設定する。4 サイクルモード 4 S は、通常燃焼時に選択され、各気筒 1 2 A ~ 1 2 D が所定の位相差をもって吸気・圧縮・膨張・排気という燃焼サイクルを行うように、各気筒 1 2 A ~ 1 2 D の吸・排気弁 1 9、2 0 の開閉タイミングを設定するものである。

40

【 0 0 5 5 】

一方、特定サイクルモード 2 S は、エンジン自動停止制御中に選択される特有の動作モードである。特定サイクルモード 2 S では、具体的には上記 4 サイクルモード 4 S に対し

50

て、その圧縮行程に相当する期間に排気側 V V T 5 2 によって排気弁 2 0 が開弁される。すると実質上排気行程と同様の動弁系の挙動となる。また 4 サイクルモード 4 S の膨張行程に相当する期間に吸気側 V V T 5 1 によって吸気弁 1 9 が開弁される。すると実質上吸気行程と同様の動弁系の挙動となる。結局、4 サイクルモード 4 S の吸気・圧縮・膨張・排気の 4 行程のうち、圧縮を排気に、膨張を吸気に置き換えることにより、吸気・排気・吸気・排気という 2 行程形態が得られるのである。

【 0 0 5 6 】

A T 制御部 4 9 は、A T 6 0 に関する制御を行うが、特に当実施形態に関する事項として、A T 6 0 のドライブ状態とニュートラル状態との切替えに係る制御信号を A T 6 0 との間で送受信する。

10

【 0 0 5 7 】

以上のような構成の E C U 2 によってエンジンを自動停止させた後、自動再始動制御を行うにあたり、当実施形態で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 1 3 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 1 3 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を再始動させるように構成されている。

【 0 0 5 8 】

上記のように原則としてスタータ 3 6 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を適正に再始動させるためには、上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（当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圧縮上死点を超えるようにしなければならない。したがって、膨張行程気筒内に十分な空気量を確保しておく必要がある。

20

【 0 0 5 9 】

図 3 (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 1 8 0 ° C A だけずれているため、各ピストン 1 3 が互いに逆方向に作動する。膨張行程気筒のピストン 1 3 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、上記膨張行程気筒のピストン 1 3 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。

30

【 0 0 6 0 】

これに対して上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が 9 0 ° C A 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が 1 0 0 ° ~ 1 2 0 ° C A となる範囲 R 内にピストン 1 3 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上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）。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、E C U 2 によってスロットル弁 2 3 の開度を調節する等のエンジン自動停止制御が行われる。

40

【 0 0 6 1 】

ところで、たとえピストン 1 3 が適正停止範囲 R に停止したとしても、気筒、特に膨張行程気筒の掃気が不十分であって、気筒内に既燃ガスが多く残留している状態であると、新気による燃焼のエネルギーを充分得ることができないので再始動に不利となる。従って、燃料供給が停止されてからエンジンが完全停止するまでの間に、充分掃気されていることが望ましい。

50

【 0 0 6 2 】

図 4 は、主にエンジン自動停止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、上段から順にエンジンの回転速度、電磁 V V T 制御部 4 8 が選択する動作モード、各気筒の行程推移チャート（「吸」は吸気行程、「圧」は圧縮行程、「膨」は膨張行程、「排」は排気行程）、および A T 6 0 の状態（「D」はドライブ状態、「N」はニュートラル状態）を示す。

【 0 0 6 3 】

なお、以下説明を簡潔にするため、エンジンが完全に停止した時、# 1 気筒 1 2 A が圧縮行程、# 2 気筒 1 2 B が膨張行程、# 3 気筒 1 2 C が吸気行程、# 4 気筒 1 2 D が排気行程にあるものとする。そして便宜上、# 1 気筒 1 2 A を停止時圧縮行程気筒 1 2 A、# 2 気筒 1 2 B を停止時膨張行程気筒 1 2 B、# 3 気筒 1 2 C を停止時吸気行程気筒 1 2 C、# 4 気筒 1 2 D を停止時排気行程気筒 1 2 D と称する。

【 0 0 6 4 】

図 4 のタイムチャートにおいて、E C U 2 は、所定のアイドルストップ条件（例えば、車速 $V < 20 \text{ km/h}$ 、アクセルオフ、ブレーキオン、エアコンオフ、A T 6 0 のロックアップオフ、ステアリング操舵角が所定値以下、ウインカーオフ、バッテリー電圧が所定値以上等）が成立した時点 t_0 で、エンジンの目標回転速度を、エンジン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） N_1 よりも高い目標回転速度 N_2 に設定する。そうすることにより、エンジン完全停止までの期間を適度に延長させ、掃気性の向上が図られる。またピストンを狙いの位置に停止させる制御が行い易くなる。当実施形態では、A T 6 0 がドライブ状態のときの通常のアイドル回転速度 N_1 が 650 rpm に設定されており、目標回転速度 N_2 は 850 rpm 程度に設定されている。

【 0 0 6 5 】

エンジンの回転速度が目標回転速度 N_2 で安定する（時点 t_1 ）と、E C U 2 は所定の待ち時間（ 200 ms 程度）待機した後、時点 t_2 で燃料噴射停止 A 1 を行う。

【 0 0 6 6 】

また時点 t_2 で、電磁 V V T 制御部 4 8 は、電磁 V V T 5 0 を特定サイクルモード 2 S に切替える。4 サイクルモード 4 S から上記特定サイクルモード 2 S への切替えは、各気筒において吸気行程の次に排気行程を行うことによってなされる。すなわち、4 サイクルモード 4 S において吸気行程の次は圧縮工程であるところ、特定サイクルモード 2 S は、この圧縮工程を実質上排気行程に置き換えるものであるから、電磁 V V T 5 0 によってそれがなされた時点が、その気筒における 4 サイクルモード 4 S から特定サイクルモード 2 S への切替えポイントとなる。吸気行程は、点火順序順（# 1 # 3 # 4 # 2。図では # 2 から切り替っている）に 1 行程づつずれて現出するので、気筒別の切替えポイントを結んだ境界 7 6 は、図示のように段付きの線になる。なお、エンジン全体としてのモード切替えポイントは、最も早く切替えポイントを通る気筒（図示の場合、停止時膨張行程気筒 1 2 B）の切替えポイント（時点 t_2 ）とする。

【 0 0 6 7 】

このように、1 行程づつずらして動作モードを切替えて行くことにより、無理のない、円滑なモード切替を行うことができる。

【 0 0 6 8 】

なお、既に供給された燃料が未燃焼のまま筒内に残っている場合は、その燃料を燃焼させる膨張行程を経過した後にモード切替がなされる。そうすることにより未燃ガスの排出が抑制される。

【 0 0 6 9 】

時点 t_2 以降はエンジンが惰性で回転するため、エンジンの回転速度が次第に低下し、やがて時点 t_5 で停止する。このエンジンの回転速度の低下は、図 4 に示すように、波打ちながら低下して行く。この波の谷のタイミングは、4 サイクルモード 4 S における、何れかの気筒が圧縮上死点となるタイミングと一致している。つまり、4 サイクルモード 4

10

20

30

40

50

Sでは、エンジンの回転速度は、各気筒が順次圧縮上死点を経過する度に一時的に落ち込んだ後、その圧縮上死点を越えた後に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。

【0070】

以下、当明細書では、気筒を指定せず圧縮TDCという場合、エンジン全体から見て何れかの気筒が圧縮TDCであるポイントを指すものとする（つまりエンジン回転速度の振動の各谷を指す）。また、特定サイクルモード2Sにおいても、便宜上このポイントを圧縮TDCと呼ぶものとする。

【0071】

特定サイクルモード2Sでは、4サイクルモード4Sの圧縮行程を事実上排気行程に置き換えたものであるから、圧縮TDCで圧縮圧が殆ど発生しない。従って圧縮TDCを通過する際のエンジンの回転速度の波打ちが抑制される。すなわちエンジンの振動が抑制され、NVHレベルが向上する。

10

【0072】

この特定サイクルモード2Sは、停止時膨張行程気筒12Bにおける、停止前の最後の圧縮行程開始時期（時点t3）で4サイクルモード4Sに復帰される。なお、特定サイクルモード2Sから4サイクルモード4Sへの復帰ポイントは、気筒別に見れば本来の吸気行程後に排気弁を開弁させず、圧縮行程に移行させた時点（下死点）が復帰ポイントとなる。この復帰ポイントは気筒別に順次現出する（境界線79参照）。エンジン全体としては、何れかの気筒（図4の場合は停止時膨張行程気筒12B）でそのような復帰ポイントが現出した最早の時点t3をもって4サイクルモード4Sへの復帰ポイントとする。

20

【0073】

このように特定サイクルモード2Sから4サイクルモード4Sに切替える場合も、気筒毎に1行程ずつずらせることにより、無理のない円滑なモード切替えを行うことができる。

【0074】

特定サイクルモード2Sから4サイクルモード4Sへの復帰ポイントをこのように最後から2番目の圧縮TDC（時点t3）としているので、停止時膨張行程気筒12Bにも停止時圧縮行程気筒12Aにもエンジン停止前に圧縮行程を迎えさせることができる。そして最後の圧縮TDC（特にこれを最終TDCともいう）を通過した時点t4の後に圧縮上死点を迎える停止時圧縮行程気筒12Aでは、慣性力によるピストン13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13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（エンジン回転速度が負の値となる）。このクランクシャフト3の逆転によって停止時膨張行程気筒12Bの空気圧が上昇するため、その圧縮反力に応じて停止時膨張行程気筒12Bのピストン13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13が往復作動した後に停止することになる。

30

【0075】

なお、最後から2番目の圧縮TDCは、その圧縮TDCにおけるエンジンの回転速度が、所定値N4（例えばN4 = 400rpm程度）以下となった時点で、それが最後から2番目の圧縮TDCであると判定される。

40

【0076】

このようにしてエンジンを自動停止させ、エンジン回転速度が低下する過程において、各気筒12A～12Dが圧縮TDCを通過する際のエンジン回転速度（上死点回転速度）と、膨張行程気筒12Aのピストン停止位置との間に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12A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。

【0077】

この特性を利用し、当実施形態ではエンジン回転速度の低下過程における所定の段階（

50

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(時点 t_3)が、 350 ± 50 rpmの範囲内となるようにしている。

【0078】

また、時点 t_2 以降、電磁VVT制御部48は通過した圧縮TDCの数をカウントアップし、それに応じて次第に吸気弁19の閉弁時期を遅延(リタード)させる。図4には、停止時膨張行程気筒12Bの最後の吸気行程における吸気弁19の開弁期間77と、停止時圧縮行程気筒12Aの最後の吸気行程における吸気弁19の開弁期間78とを示す。この図に示すように、後から吸気行程を迎えた停止時圧縮行程気筒12Aの方が、吸気弁の閉弁時期がリタードされている(下死点から遠い側に設定されている)。吸気弁19閉弁時期をリタードすると、吸気量が低減する。従って図4に示す例では、停止時膨張行程気筒12Bの吸気量の方が停止時圧縮行程気筒12Aの吸気量よりも多くなる。このため最終TDC(t_4)を越えた後の筒内圧バランスによってピストン13が適正停止範囲R内に停止し易くなる。

【0079】

ところで、AT状態を示す特性75に示すように、AT60は、このエンジン自動停止制御の期間中、終始ドライブ状態Dを保持している。こうすることによって、エンジンが完全停止する時点 t_5 までの間に再加速要求(アクセルオン)があっても、エンジンを燃焼復帰させるだけで迅速かつNVHレベルの良好な再加速を行うことができる。一方、AT60をドライブ状態Dとすることにより、ニュートラル状態Nに切替える場合よりもエンジンの抵抗(負荷)が増えるので比較的急速にエンジン回転速度が低下する。これは掃気性やピストンの停止位置精度に関して不利に作用するが、電磁VVT50を特定サイクルモード2Sに切替えて掃気性を向上させたり、吸気弁19の閉弁時期を調節してピストンの停止位置精度を向上させたりすることにより、その不利を充分補うことができる。

【0080】

図5は、エンジン自動停止制御の概略フローチャートである。この制御がスタートすると、まずステップS1で上記エンジンの自動停止条件が成立したか否かが判定される。ステップS1でYESとなると、次にF/C(燃料停止)開始カウンタCTがリセットされる(ステップS13)。そして所定の待ち時間経過後(ステップS15でYES)、燃料噴射が停止される(ステップS19)。

【0081】

次に電磁VVT制御部48が電磁VVT50を特定サイクルモード2Sにする(ステップS23)。そして、上死点回転速度が所定値 N_4 (例えば400 rpm)を下回った時点で(ステップS25でYES)、その圧縮TDCを最後から2番目の圧縮TDCであると判定し、電磁VVT制御部48が電磁VVT50を4サイクルモード4Sに復帰させる(ステップS27)。

【0082】

次に電磁VVT制御部48は通過した圧縮TDCの数をカウントアップし(ステップS29)、それに応じて次第に吸気弁19の閉弁時期を遅延(リタード)させる(ステップS31)。こうすることにより、上述したようにピストンが適正停止範囲Rに停止する確率を高めることができる。

【0083】

これを最終TDC通過まで繰り返す。最終TDCの通過は、その上死点回転速度が所定の回転速度(例えば260 rpm)以下となったことで判定される。そして最終TDC通過後(ステップS33でYES)、リターンされる。

【0084】

以降は、クランク角センサ30, 31によってエンジンが完全停止したことが確認され

10

20

30

40

50

る。そして、所定のエンジン再始動条件（アクセルオン、ブレーキオフ、エアコンオン、バッテリー電圧が低下などのうち、少なくとも1つがYESのときに成立）が成立すると、ECU2は、まず停止時圧縮行程気筒12Aで燃焼を行わせてエンジンを少し逆転させる。そうすると停止時膨張行程気筒12Bの筒内圧が高められるので、その停止時膨張行程気筒12Bで燃焼を行わせ、大きな燃焼エネルギーでエンジンを正転方向に駆動する（逆転始動方式）。

【0085】

なお、この最初の停止時圧縮行程気筒12Aでの燃焼を省略して最初から停止時膨張行程気筒12Bで燃焼を行わせても良い（正転始動方式）。

【0086】

また、必要に応じてスタータ36を駆動させ、アシスト始動（正転方向のトルクをスタータ36で補う）や、バックアップ始動（燃焼による始動が適正になされなかったときにスタータ36を用いた始動を行う）を行っても良い。

【0087】

以上、本発明の実施形態について説明したが、この実施形態は、本発明の要旨を逸脱しない範囲で適宜変更可能である。その変形例を以下に説明する。

【0088】

（1）上記実施形態では、説明の都合上、#1気筒12Aを停止時圧縮行程気筒、#2気筒12Bを停止時膨張行程気筒、#3気筒12Cを停止時吸気行程気筒、#4気筒12Dを停止時排気行程気筒であるとしたが、必ずしもそのようにする必要はなく、また自動停止する度に変動しても良い。但し着火順序は変動しないので、どの気筒が停止時膨張行程気筒であるかが決定すれば、他の気筒は一義的に決定する。

【0089】

（2）また説明の都合上、4サイクルモード4Sから特定サイクルモード2Sへの切替えが、停止時膨張行程気筒12Bから始まるようにしている（図4）が、必ずしもそのようにする必要はなく、適宜燃焼が済み、吸気行程の完了した気筒から順次特定サイクルモード2Sに切替えて行けば良い。

【0090】

（3）上記実施形態では、AT60がドライブ状態Dのままエンジンを自動停止させるものを挙げたが、必ずしもそれに限定するものではなく、AT60をニュートラル状態Nとしてエンジンを自動停止させるものに適用しても良い。但し、AT60をドライブ状態Dのままエンジンを自動停止させるものに適用することにより、本発明の効果を顕著に享受することができる。

【0091】

（4）上記実施形態では、燃料噴射弁16について筒内噴射型のものを採用しているが、ポート噴射型の燃料噴射弁を採用する場合にも適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0092】

【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。

【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】エンジンを自動停止させる際の圧縮行程気筒と膨張行程気筒との関係を示す図である。（a）は圧縮行程気筒および膨張行程気筒のピストンの位置関係を示す図であり、（b）はピストンの停止位置と各気筒内の空気量との関係を示す図である。

【図4】エンジンを自動停止させる際のタイムチャートである。

【図5】エンジン自動停止制御の概略フローチャートである。

【符号の説明】

【0093】

- 1 エンジン本体
- 2 ECU（停止再始動制御手段）
- 2S 特定サイクルモード

10

20

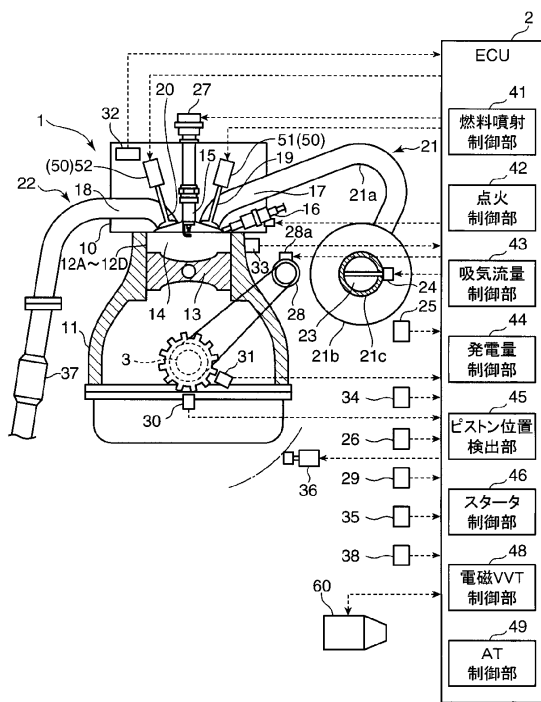
30

40

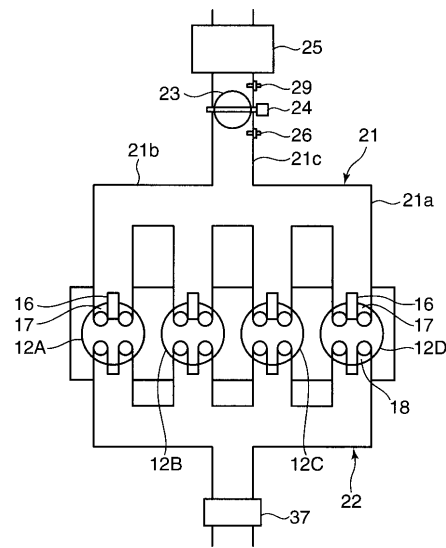
50

- 4 S 4 サイクルモード
- 1 2 A # 1 気筒 (停止時圧縮行程気筒)
- 1 2 B # 2 気筒 (停止時膨張行程気筒)
- 1 2 C # 3 気筒 (停止時吸気行程気筒)
- 1 2 D # 4 気筒 (停止時排気行程気筒)
- 4 8 電磁 V V T 制御部 (バルブタイミング制御手段)
- 5 0 電磁 V V T (電磁式動弁機構)
- 6 0 A T (自動変速機)

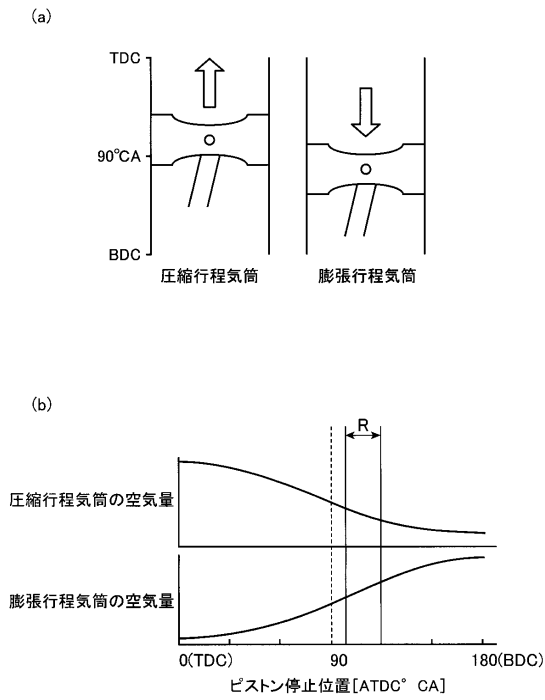
【図 1】



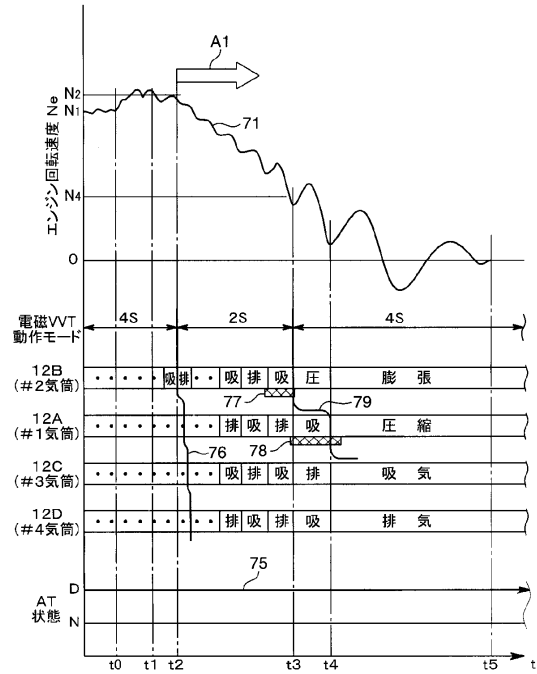
【図 2】



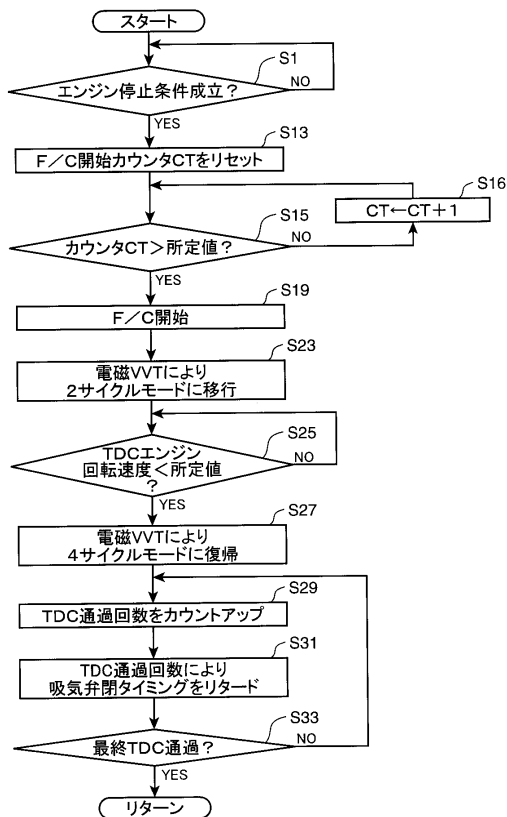
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
F 0 2 D 45/00 3 1 0 G

(56)参考文献 特開2003-206766(JP,A)
特開2005-315203(JP,A)
特開2005-337185(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F 0 2 D 1 3 / 0 2
F 0 2 D 1 7 / 0 0
F 0 2 D 2 9 / 0 2
F 0 2 D 4 5 / 0 0