

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3800226号  
(P3800226)

(45) 発行日 平成18年7月26日(2006.7.26)

(24) 登録日 平成18年5月12日(2006.5.12)

(51) Int.Cl.

F I

FO2D 17/00 (2006.01)  
 FO2D 29/02 (2006.01)  
 FO2D 45/00 (2006.01)  
 FO2N 9/02 (2006.01)  
 FO2N 11/08 (2006.01)

FO2D 17/00 Q  
 FO2D 29/02 321A  
 FO2D 45/00 31OB  
 FO2D 45/00 362C  
 FO2N 9/02

請求項の数 4 (全 26 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2004-135240 (P2004-135240)  
 (22) 出願日 平成16年4月30日(2004.4.30)  
 (65) 公開番号 特開2005-315197 (P2005-315197A)  
 (43) 公開日 平成17年11月10日(2005.11.10)  
 審査請求日 平成16年7月22日(2004.7.22)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 000003137  
 マツダ株式会社  
 広島県安芸郡府中町新地3番1号  
 (74) 代理人 100067828  
 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 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  
 (72) 発明者 田賀 淳一  
 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】 エンジンの始動装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

多気筒4サイクルのエンジンとともに車両に搭載され、所定のエンジン停止条件が成立したときに燃料供給を停止させてエンジンを自動的に停止させる自動停止制御手段と、そのエンジン停止後において所定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った気筒を燃焼させることによりエンジンを再始動させる始動制御手段とを備えたエンジンの始動装置において、

エンジン回転速度を検出するエンジン回転速度検出手段と、

エンジンのクランク軸をモータで駆動する始動アシスト装置と、

上記膨張行程にあった気筒の燃焼が開始されてから所定時間経過後に設定される検査タイミ

ングでのエンジン回転速度を検査時エンジン回転速度として、上記エンジン回転速度検出手段から入力を受けることにより、エンジンの始動良否を判別する始動良否手段と、始動良否手段により、上記検査時エンジン回転速度が正常な再始動に必要な必要エンジン回転速度を下回ったと判断された場合に、エンジン回転速度が減速して上記膨張行程にあった気筒の燃焼が開始されてから最初に0になる1回目の0回転を経過した後の、エンジン回転速度が逆転速度から再び正転速度に転じる2回目の0回転タイミング付近で始動アシスト装置を駆動するアシスト駆動制御手段とを備え、

上記回転速度検出手段は、上記1回目の0回転に減速したタイミングをアシスト起算タイミングとして上記アシスト駆動制御手段に入力し、アシスト駆動制御手段は、入力されたアシスト起算タイミングに基づいて、上記2回目の0回転タイミングを演算し、この2

10

20

回目の0回転タイミングに基づいて、上記始動アシスト装置の作動タイミングを算出するものであることを特徴とするエンジンの始動装置。

【請求項2】

請求項1記載のエンジンの始動装置において、

上記アシスト駆動制御手段は、エンジンが逆転から正転に転じた後、上記2回目の0回転タイミング近傍で始動アシスト装置を駆動するものであることを特徴とするエンジンの始動装置。

【請求項3】

請求項2記載のエンジンの始動装置において、

上記始動アシスト装置は、エンジン側のリングギヤに噛合するピニオンギヤを有し、上記アシスト駆動制御手段は、このピニオンギヤの噛合タイミングをエンジンが逆転から正転に転じた後、上記2回目の0回転タイミング近傍に決定し、ピニオンギヤがリングギヤに噛合した後、始動アシスト装置によるアシスト動作を開始させるものであることを特徴とするエンジンの始動装置。

【請求項4】

請求項1から3の何れか1項に記載のエンジンの始動装置において、

上記アシスト駆動制御手段は、始動アシスト装置の駆動遅れ時間を算出し、算出された駆動遅れ時間に基づいて、上記2回目の0回転タイミングよりも早く出力されるように駆動タイミングを決定するものであることを特徴とする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CO<sub>2</sub>排出量抑制等のため、アイドル時に自動的にエンジンをいったん停止させ、その後に発進操作等の再始動条件が成立したときに自動的にエンジンを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。その手法としては、例えば特許文献1、2に示されるように、エンジン停止時に膨張行程にあった気筒に燃料を供給して燃焼を行わせ、その燃焼のエネルギーによりエンジン始動させるようにしたものが知られている。なお、この特許文献1に示された装置では、エンジン停止後に自動的に再始動させる成功率を高める手法として、イグニションスイッチがOFFになった後、排気弁を閉じる時期を制御して、所定のクランク角でエンジンを停止する技術が知られている。

【0003】

他方、例えば特許文献2に示されるように、上記膨張行程気筒での燃焼による始動が不完全な場合には、スタータモータ（始動用のモータ）を補助的に作動させることにより、始動の確実性を高めるようにしている。

【特許文献1】WO 01/44636 A2

【特許文献2】特開2002-4985号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記特許文献2に示されるような装置による場合、当該特許文献2の0023欄の記載から明らかなように、エンジンが完全に停止している状態において始動条件が成立した場合には、無条件にスタータモータを駆動する制御になっていたため、仮に特許文献1のような制御を行って、クランク軸がいわゆるダイレクトスタート（気筒の燃焼のみによる工

10

20

30

40

50

ンジンの再スタート)が可能な状態にあるときでも、その制御を活かすことができず、電力の消費量を十分に抑制できていないという問題があった。加えて、特許文献2の構成では、エンジン停止時に始動条件が成立していない間には、定期的に膨張行程気筒に燃料を噴射して、エンジンの回転を維持するように制御しているので、この点からも、燃料が無駄になっていた。

【0005】

他方、いわゆるダイレクトスタートが成功する確率は、如何にピストンの位相が所望の状態であったとしても、100%になるとは限らない。そのため、ダイレクトスタートの成功が見込めない場合には、早期にスタータモータを作動させ、エンジンを早急に始動させることが必要になる。

10

【0006】

本発明は上記の事情に鑑み、エンジンの自動停止を行って燃費改善を図り、かつ、モータの使用頻度や無駄な燃焼を可及的に低減して、省エネルギー化を図りつつ、エンジンの迅速な再始動を図ることができるエンジンの始動装置を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、多気筒4サイクルのエンジンとともに車両に搭載され、所定のエンジン停止条件が成立したときに燃料供給を停止させてエンジンを自動的に停止させる自動停止制御手段と、そのエンジン停止後において所定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った気筒を燃焼させることによりエンジンを再始動させる始動制御手段とを備えたエンジンの始動装置において、エンジン回転速度を検出するエンジン回転速度検出手段と、エンジンのクランク軸をモータで駆動する始動アシスト装置と、上記膨張行程にあった気筒の燃焼が開始されてから所定時間経過後に設定される検査タイミングでのエンジン回転速度を検査時エンジン回転速度として、上記エンジン回転速度検出手段から入力を受けることにより、エンジンの始動良否を判別する始動良否手段と、始動良否手段により、上記検査時エンジン回転速度が正常な再始動に必要な必要エンジン回転速度を下回ったと判断された場合に、エンジン回転速度が減速して上記膨張行程にあった気筒の燃焼が開始されてから最初に0になる1回目の0回転を経過した後の、エンジン回転速度が逆転速度から再び正転速度に転じる2回目の0回転タイミング付近で始動アシスト装置を駆動するアシスト駆動制御手段とを備え、上記回転速度検出手段は、上記1  
回目の0回転に減速したタイミングをアシスト起算タイミングとして上記アシスト駆動制御手段に入力し、アシスト駆動制御手段は、入力されたアシスト起算タイミングに基づいて、上記2回目の0回転タイミングを演算し、この2回目の0回転タイミングに基づいて、上記始動アシスト装置の作動タイミングを算出するものであることを特徴とするエンジンの始動装置である。

20

30

【0008】

この発明では、エンジン停止後において所定の再始動条件が成立したときに、検査タイミングでのエンジン回転速度が検出される。検査タイミングでのエンジン回転速度が所定の値を下回った場合は、いわゆるダイレクトスタートが失敗したものと判定され、エンジンが比較的低いエンジン回転速度で始動アシスト装置が駆動され、エンジンの再始動がアシストされる。

40

【0009】

なお、始動アシスト装置としては、エンジン側のフライホイールに設けられたリングギヤに噛合するピニオンギヤを有するスタータモータが好適であるが、この態様では、ピニオンギヤから動力を出力するスタータモータに限らず、ベルト式のものを採用してもよい。

【0010】

別の態様において、上記アシスト駆動制御手段は、エンジンが逆転から正転に転じた後、上記2回目の0回転タイミング近傍で始動アシスト装置を駆動するものである。

【0011】

50

本発明の別の態様において、上記始動アシスト装置は、エンジン側のリングギヤに噛合するピニオンギヤを有し、上記アシスト駆動制御手段は、このピニオンギヤの噛合タイミングをエンジンが逆転から正転に転じた後、上記2回目の0回転タイミング近傍に決定し、ピニオンギヤがリングギヤに噛合した後、始動アシスト装置によるアシスト動作を開始させるものである。

【0012】

この態様では、エンジンが一旦逆転方向してから正転方向に転じた後、0回転タイミング近傍で始動アシスト装置のピニオンギヤがリングギヤに噛合し、その後、アシスト動作が開始されるので、ピニオンギヤがエンジンと逆転方向する方向に回転しながらリングギヤに噛合する形式のものであっても、始動アシスト装置に負荷が作用することなく噛合を達成することができる。

10

【0015】

本発明の別の態様において、上記アシスト駆動制御手段は、始動アシスト装置の駆動遅れ時間を算出し、算出された駆動遅れ時間に基づいて、上記2回目の0回転タイミングよりも早く出力されるように駆動タイミングを決定するものである。

【0016】

この態様では、始動アシスト装置の駆動遅れ時間が織り込まれるので、始動アシスト装置が駆動を開始してからエンジンを駆動するまでの間にタイムラグが生じて、駆動タイミングは、確実に所望のタイミングとなる。

【発明の効果】

20

【0019】

本発明では、検査タイミングでのエンジン回転速度に基づいて、いわゆるダイレクトスタートの成否が判定されるので、エンジンが停止した後に再始動が開始された場合でも、必ずしも、始動アシスト装置が駆動されるわけではなく、特許文献2に開示された先行技術に比べて、省エネルギー化に寄与することになる。加えて、上記回転速度検出手段が、上記1回目の0回転に減速したタイミングをアシスト起算タイミングとして上記アシスト駆動制御手段に入力し、アシスト駆動制御手段は、入力されたアシスト起算タイミングに基づいて、上記2回目の0回転タイミングを演算し、この2回目の0回転タイミングに基づいて、上記始動アシスト装置の作動タイミングを算出するので、作動タイミングを比較的正確に演算することができ、始動アシスト装置の信頼性が高まる他、長寿命化にも寄与

30

【0020】

特に、エンジンが逆転から正転に転じた後、上記2回目の0回転タイミング近傍で始動アシスト装置を駆動する構成では、始動良否手段によるアシストの必要性が判断されてから、最も始動アシスト装置の負荷が小さい段階でエンジンの始動をアシストすることが可能になる。この結果、始動アシスト装置の負荷が低減され、始動アシスト装置の信頼性が高まる他、始動アシスト装置自身の長寿命化にも寄与する。

【0021】

また、上記始動アシスト装置が、エンジン側のリングギヤに噛合するピニオンギヤを有し、上記アシスト駆動制御手段は、このピニオンギヤの噛合タイミングをエンジンが逆転から正転に転じた後、上記2回目の0回転タイミング近傍に決定し、ピニオンギヤがリングギヤに噛合した後、始動アシスト装置によるアシスト動作を開始させるものである場合には、ピニオンギヤがエンジンと逆転方向する方向に回転しながらリングギヤに噛合する形式のものであっても、始動アシスト装置に負荷が作用することなく噛合を達成することができる。従って、始動アシスト装置の信頼性が高まる他、長寿命化にも寄与することが可能になる。

40

【0023】

また、上記アシスト駆動制御手段が、始動アシスト装置の駆動遅れ時間を算出し、算出された駆動遅れ時間に基づいて、上記2回目の0回転タイミングよりも早く出力されるように駆動タイミングを決定するものである場合には、始動アシスト装置の駆動遅れ時間が

50

織り込まれるので、始動アシスト装置が駆動を開始してからエンジンを駆動するまでの間にタイムラグが生じても、駆動タイミングは、確実に所望のタイミングとなる。従って、始動アシスト装置の駆動タイミングに対する許容度が高まり、始動アシスト装置の実施が容易になる他、低廉化にも寄与する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

図1および図2は本発明に係るエンジンの始動装置を有する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とを備えている。上記エンジン本体1には、4つの気筒（#1気筒12A、#2気筒12B、#3気筒12C及び#4気筒12D）が設けられるとともに、各気筒12A～12Dの内部には、クランク軸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。

10

【0026】

なお、当実施形態において、エンジンの自動停止中に圧縮行程にあった気筒を圧縮行程気筒、膨脹行程にあった気筒を膨脹行程気筒と称する（同様に吸気行程にあった気筒を吸気行程気筒、排気行程にあった気筒を排気行程気筒と称する）が、これらはそれぞれ特定の気筒を指すわけではなく、エンジンの自動停止時における個々の気筒の行程に基づいて、便宜上その気筒を呼称するものである。

【0027】

20

上記各気筒12A～12Dの燃焼室14の頂部には、プラグ先端が燃焼室14内に臨むように点火プラグ15が設置されている。点火プラグ15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。また、上記燃焼室14の側方には、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、図外のニードル弁およびソレノイドを内蔵し、上記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上記点火プラグ15の電極付近に向けて噴射するように構成されている。

【0028】

また、上記各気筒12A～12D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。上記吸気弁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12A～12D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12A～12Dの吸気弁19、排気弁20の開閉タイミングが設定されている。

30

【0029】

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及び吸気の温度を検出する吸気温センサ29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。

40

【0030】

一方、図1及び図2に示すように、各気筒12A～12D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

50

いる酸素を放出して、H C、C O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、上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N O xを浄化可能な、いわゆるリーンN O x触媒であっても良い。

#### 【0031】

また、上記エンジン本体1には、タイミングベルト等によりクランク軸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28aを内蔵し、このレギュレータ回路28aに入力される上記E C U 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。

10

#### 【0032】

さらに、上記エンジンには、クランク軸3の回転角を検出する2つのクランク角センサ30, 31が設けられ、一方のクランク角センサ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が検出されるとともに、後述するように上記両クランク角センサ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軸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。

#### 【0033】

さらにエンジン本体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開度センサ34が設けられている。

20

#### 【0034】

さらに、上記クランク軸3には、図略のフライホイールと、このフライホイールに固定されたリングギヤ35が、回転中心に対して同心に設けられている。リングギヤ35は、始動アシスト装置としてのスタータモータ36の入力部材であり、後述するように、スタータモータ36のピニオンギヤ37と噛合されるように構成されている。

#### 【0035】

図3を参照して、スタータモータ36は、モータ36aと、モータ36aと平行に配置された電磁駆動式のプランジャ36bと、このプランジャ36bによってシフトレバー36cを介し、モータ36aの出力軸上にて相対回転不能な状態で往復移動するピニオンギヤ36dとを有し、エンジンの再始動時に、上記ピニオンギヤ36dを図3の実線で示す待機位置から仮想線で示す噛合位置に移動させてリングギヤ35に噛合させることにより、クランク軸3を回転駆動してエンジンを再始動させるように構成されている。

30

#### 【0036】

当実施形態に採用されているスタータモータ36のピニオンギヤ36dは、スクリュウ状に捩れているとともに、リングギヤ35との係脱を容易にするために、リングギヤ35が停止しているときに、当該リングギヤ35と逆方向に約60rpmの速度で回転しながら噛合する仕様になっている。

#### 【0037】

図1を参照して、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12A~12D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。

40

#### 【0038】

E C U 2には、エアフローセンサ25、吸気圧センサ26、吸気温センサ29、クランク角センサ30, 31、カム角センサ32、水温センサ33及びアクセル開度センサ34からの各検知信号が入力されるとともに、燃料噴射弁16、スロットル弁23のアクチュ

50

エータ 24、点火装置 27 及びオルタネータ 28 のレギュレータ回路 28 a、スタータモータ 36 のそれぞれに各駆動信号を出力する。ECU 2 は、燃料噴射制御部 41、点火制御部 42、吸気流量制御部 43、発電量制御部 44、ピストン位置検出部 45 および筒内温度推定部 46、自動停止制御部 47、始動制御部 48、始動良否判定部 49、空燃比制御部 50、並びに触媒温度推定部 52 を機能的に含んでいる。

【0039】

燃料噴射制御部 41 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 16 に出力する燃料噴射制御手段である。特に当実施形態では、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 41 は、その分割噴射時期の設定や、燃料配分の設定も行う。

10

【0040】

点火制御部 42 は、各気筒 12 A ~ 12 D に対して適切な点火時期を設定し、各点火装置 27 に点火信号を出力する。

【0041】

吸気流量制御部 43 は、各気筒 12 A ~ 12 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 23 の開度信号をアクチュエータ 24 に出力する。特に当実施形態では、後述するようにエンジンの自動停止時にスロットル弁 23 の開度を調節して、ピストン 13 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 43 は、その際のスロットル弁 23 の開度調節も行う。

20

【0042】

発電量制御部 44 は、オルタネータ 28 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 28 a に出力する。特に当実施形態では、後述するようにエンジンの自動停止時にオルタネータ 28 の発電量を調節することによってクランク軸 3 の負荷を変化させ、ピストン 13 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 44 は、その際、オルタネータ 28 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。

【0043】

ピストン位置検出部 45 は、クランク角センサ 30、31 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（°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、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

【0044】

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水温や、吸気温度センサ 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 12 A ~ 12 D 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。特に当実施形態では、後述するように、エンジンの再始動に際してエンジン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。

40

【0045】

自動停止制御部 47 は、後述するように、アイドル時において所定のエンジン停止条件が成立したときに燃料供給を停止させてエンジンを自動的に停止させる自動停止制御手段である。

【0046】

始動制御部 48 は、自動的エンジン停止が行なわれた後のエンジン再始動条件成立時に、自動的にエンジンの再始動を行わせる始動制御手段である。このエンジン再始動時に、ピストン 13 の停止位置が後述する特定範囲（適正範囲）にある場合は、少なくともエンジン停止時の膨張行程気筒に燃料を供給して点火、燃焼を行なわせる。当実施形態では、

50

まずエンジン停止時の圧縮行程気筒に対して初回の燃焼を実行してピストン 1 3 を押し下げ、膨張行程気筒のピストン上昇によって筒内圧力を高めるようにしてから、当該膨張行程気筒に対して燃料を噴射させて点火、燃焼を行わせるように制御する。すなわち、エンジンの自動再始動時に、ピストンの停止位置が後述する適正範囲にあるときは、始動初期で一旦エンジンを逆転作動させ、その後正転作動に転じるように制御する。当実施形態では、この始動制御部 4 8 が、アシスト駆動制御手段を兼ねている。

#### 【 0 0 4 7 】

始動良否判定部 4 9 は、膨張行程気筒の燃焼が開始されてから所定時間経過後に設定される検査タイミング  $t_{12}$  (図 1 1 参照) でのエンジン回転速度を検査時エンジン回転速度として、上記エンジン回転速度検出部としてのセンサ 3 0、3 1 と、ピストン位置検出部 4 5 とから入力を受けることにより、エンジンの始動良否を判別する始動良否手段である。

10

#### 【 0 0 4 8 】

空燃比制御部 5 0 は、空燃比を演算し、燃料噴射制御部 4 1 が配分する燃料と吸気流量制御部 4 3 が制御する吸気流量とを決定するための空燃比制御手段である。

#### 【 0 0 4 9 】

触媒温度推定部 5 2 は、吸気温センサ 2 9 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触媒 3 7 の温度を推定する触媒温度推定手段である。特に当実施形態では、後述するように、エンジンの再始動に際して、触媒 3 7 の温度状態を推定し、その推定値に基づいて、燃料噴射や燃焼制御を行っている。

20

#### 【 0 0 5 0 】

以上のような構成の ECU 2 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 1 3 を押し下げてクランク軸 3 を少しだけ逆転方向させる。これによって膨張行程気筒のピストン 1 3 を一旦上昇(上死点に近づく)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、クランク軸 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 1 】

スタータモータ 3 6 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ておく必要がある。

30

#### 【 0 0 5 2 】

圧縮行程気筒と膨張行程気筒とでは、それぞれ位相が  $180^{\circ}$  CA だけずれているため、図 4 (a) に示すように、各ピストン 1 3 が互いに逆方向に作動する。

#### 【 0 0 5 3 】

図 4 (b) に示すように、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軸 3 を逆転方向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

#### 【 0 0 5 4 】

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  $90^{\circ}$  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が  $100^{\circ}$  CA ~  $120^{\circ}$  CA 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軸 3 を少しだけ逆転方向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、クランク軸 3 を正転方向させるための燃焼エネ

50



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）。

【0055】

そこで、ピストン13を適正停止範囲R内に停止させるよう、ECU2（自動停止制御部47）によって次のような制御がなされる。

【0056】

図5は、自動停止制御部47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23の開度 $K$ を示す。また図6は、図5のタイミング $t_1$ 付近以降の拡大図であり、図5に加えてクランク角 $CA$ および各気筒の行程遷移チャートを示す。なお、以下説明を簡潔にするため、#1気筒12Aが膨張行程気筒、#2気筒12Bが排気行程気筒、#3気筒12Cが圧縮行程気筒、#4気筒12Dが吸気行程気筒であるものとする。

10

【0057】

ECU2は、エンジンの自動停止条件が成立したタイミング $t_0$ で、エンジンの目標速度を、エンジンを自動停止させない時の通常のアイドルエンジン回転速度（以下、通常のアイドルエンジン回転速度という）よりも高い値、たとえば通常のアイドルエンジン回転速度が $650\text{rpm}$ （自動変速機はドライブ（D）レンジ）に設定されたエンジンでは上記目標速度（自動停止条件成立時のアイドルエンジン回転速度）を $850\text{rpm}$ 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 $N_e$ を通常のアイドルエンジン回転速度よりも少し高いエンジン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 $-400\text{mmHg}$ ）で安定するようにスロットル弁23の開度 $K$ を調節する。

20

【0058】

そしてエンジン回転速度 $N_e$ が目標速度に安定したタイミング $t_1$ 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、エンジンを自動停止させる制御動作の初期段階である上記燃料噴射の停止タイミング $t_1$ で、スロットル弁23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、上記タイミング $t_1$ 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23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23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5及び図6は前者の場合を示している。

30

【0059】

この制御によってタイミング $t_1$ からやや遅れてブースト圧 $B_t$ が増大し始める（タイミング $t_1$ 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（タイミング $t_1$ 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。

【0060】

またECU2は、タイミング $t_1$ でオルタネータ28の発電を一旦停止させる。これによってクランク軸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。

40

【0061】

こうしてタイミング $t_1$ 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 $760\text{rpm}$ 以下になったことが確認されたタイミング $t_2$ でスロットル弁23を閉止する。するとタイミング $t_2$ 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23を開放しているタイミング $t_1$ からタイミング $t_2$ までの間に吸入された空気は、共通吸気通路21c及びサージタンク21bを経由して各気筒の分岐吸気通路21a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6に示す場合では#4気筒12D、#2気筒12B、#1気筒12A、#3気筒12Cの順となる。こ

50

ここで、タイミング  $t_1$  及びタイミング  $t_2$  の設定を上記のようにすることによって、# 3 気筒 1 2 C ( 圧縮行程気筒 ) よりも # 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 6 2 】

タイミング  $t_1$  以降はエンジンが慣性で回転するため、エンジン回転速度  $N_e$  が次第に低下し、やがてタイミング  $t_5$  で停止するが、このエンジン回転速度  $N_e$  の低下は、図 5 および図 6 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 6 3 】

図 6 に示すクランク角  $CA$  のタイムチャートは、実線が # 1 気筒 1 2 A および # 4 気筒 1 2 D の上死点を  $0^\circ CA$  とした場合のクランク角を示し、一点鎖線が # 2 気筒 1 2 B および # 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 =  $0^\circ CA$  ) 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 6 4 】

この何れかの気筒が圧縮上死点となるタイミングは、上記エンジン回転速度  $N_e$  がアップダウンする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タイミング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 6 5 】

そして最後の圧縮上死点を通過したタイミング  $t_4$  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軸 3 が逆転方向する。このクランク軸 3 の逆転方向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軸 3 が再び正転方向し始め、このクランク軸 3 の逆転方向と正転方向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の摩擦等の影響を受け、上記最後の圧縮上死点を越えたタイミング  $t_4$  のエンジンの回転慣性、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 6 6 】

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、かつ膨張行程気筒 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、燃料噴射の停止タイミング  $t_1$  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タイミング  $t_2$  で上記スロットル弁 2 3 を閉止してその開度  $K$  を低減することにより上記吸入空気量を調節するようにしている。

【 0 0 6 7 】

ところで、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 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 ( 上死点エンジン回転速度 )  $N_e$  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・・・ ) の上死点エンジン回転速度  $N_e$  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。

## 【0068】

この特性を利用し、当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（タイミング  $t_3$ ））の上死点エンジン回転速度  $N_e$  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軸3の負荷（エンジン負荷）を調節し、停止前から2番目の上死点エンジン回転速度  $N_e$ （タイミング  $t_3$ ）が、 $350 \pm 50 \text{ rpm}$  の範囲内となるようにしている。

## 【0069】

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時期（図6に示すタイミング  $t_4$ ）を過ぎると、何れの気筒も上死点を通過することがなく、行程の遷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軸3が逆転方向し、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う。

## 【0070】

そこで当実施形態では、タイミング  $t_4$  と略同時（やや遅らせても良い）にスロットル弁23の開度  $K$  を図6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。

## 【0071】

なお、このような制御を行うためには、タイミング  $t_4$  が最後の圧縮上死点を通過する時期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タイミング  $t_4$  において予測しなければならない。そのため当実施形態では、ECU2が最後の上死点通過時期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エンジン回転速度（例えば  $260 \text{ rpm}$ ）とを比較し、前者が後者以下となったタイミングで、それが最後の圧縮上死点を通過する時期であると判別する。なお、最後の圧縮上死点を通過する時期における上死点エンジン回転速度  $n_e$  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。

## 【0072】

ところで、エンジン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時期（図6のタイミング  $t_3$ ）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、このタイミングのブースト圧  $B_t$  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。

## 【0073】

従って、最後のの上死点通過時期における上死点エンジン回転速度  $n_e$  が高く、また停止前から2番目の圧縮上死点通過時期のブースト圧  $B_t$  が低いときは、膨張行程気筒12Aのピストン13が行程後期寄りで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、タイ

10

20

30

40

50

ミング 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。そこで当実施形態では、そのような場合には、タイミング t 3 におけるスロットル弁 2 3 の開度を K 1 より低開度（または閉止）とされる開度 K 2（図 6 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。

【 0 0 7 4 】

こうしてタイミング 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センサ 3 0 , 3 1 で検出することにより、E C U 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 7 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 クランク角信号 C A 1（クランク角センサ 3 0 からの信号）および第 2 クランク角信号 C A 2（クランク角センサ 3 1 からの信号）に基づき、第 1 クランク角信号 C A 1 の立ち上がり時に第 2 クランク角信号 C A 2 が L o w であるか否か、または第 1 クランク角信号 C A 1 の立ち下がり時に第 2 クランク角信号 C A 2 が H i g h であるか否かを判定する（ステップ S 4 1）。これにより、エンジンの停止動作時における上記信号 C A 1 , C A 2 の位相の関係が、図 8（a）のようになるか、それとも図 8（b）のようになるかを判定してエンジンが正転方向状態にあるか逆転方向状態にあるかを判別する。

【 0 0 7 5 】

すなわち、エンジンの正転方向時には、図 8（a）のように、第 1 クランク角信号 C A 1 に対して第 2 クランク角信号 C A 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 クランク角信号 C A 1 の立ち上がり時に第 2 クランク角信号 C A 2 が L o w、第 1 クランク角信号 C A 1 の立ち下がり時に第 2 クランク角信号 C A 2 が H i g h となる。一方、エンジンの逆転方向時には、図 8（b）のように、第 1 クランク角信号 C A 1 に対して第 2 クランク角信号 C A 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、エンジンの正転方向時とは逆に第 1 クランク角信号 C A 1 の立ち上がり時に第 2 クランク角信号 C A 2 が H i g h、第 1 クランク角信号 C A 1 の立ち下がり時に第 2 クランク角信号 C A 2 が L o w となる。

【 0 0 7 6 】

そこで、ステップ S 4 1 の判定が Y E S であれば、エンジンの正転方向のクランク角変化を計測するための C A 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 N O の場合は、上記 C A カウンタをダウンする（ステップ S 4 3）。そして、エンジン停止後に上記 C A 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）。

【 0 0 7 7 】

エンジン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 9 の温度特性に示すような変化をする。図 9 は、エンジン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、エンジン停止時（タイミング t 5）の筒内温度が 8 0 であつた場合の筒内温度変化の推定値である。

【 0 0 7 8 】

この特性に示すように、エンジン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、E C U 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。

【 0 0 7 9 】

なお、エンジン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 8 0 】

10

20

30

40

50

次に、エンジンの再始動時の制御について説明する。なお以下の説明においては、各気筒 1 2 が迎える圧縮上死点を T D C と称し、再起動開始後の順番に基づいて、連番を付与することとする。また、この上死点近傍において、上死点を越える前を B で表し、越えた後を A で表す。

#### 【 0 0 8 1 】

再始動の際は、E C U 2（始動制御部 4 8）により、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の逆転方向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。

10

#### 【 0 0 8 2 】

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。

#### 【 0 0 8 3 】

そこで当実施形態では、膨張行程気筒 1 2 A への燃料噴射時期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。燃料噴射時期を遅らせると、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逆転方向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。

20

#### 【 0 0 8 4 】

図 1 0 は、膨張行程気筒 1 2 A への燃料噴射時期と、それに応じたピストン到達点（点火をしないときに最も上死点に近づく位置）との関係を示すグラフであり、燃料噴射を遅らせることによる効果を表している。図 1 0 の横軸は膨張行程気筒 1 2 A が最初に燃焼するための燃料噴射時期をクランク角（上死点後 A T D C）で表したものの、縦軸はそれに応じた膨張行程気筒 1 2 A のピストン到達点をクランク角（上死点後 A T D C）で表したものである。ピストン到達点のクランク角が小さい（T D C に近い）ほど最大圧縮時の筒内容積が小さく（空気密度が大きく）、燃焼時により大きなエネルギーを得ることができる。図 1 0 の特性は、膨張行程気筒 1 2 A のピストン停止位置が  $110^{\circ} \text{CA}$ （A T D C）のときのものである。この特性に示すように、逆転方向動作の最初（クランク角 =  $110^{\circ} \text{CA}$ ）に噴射したときのピストン到達点が約  $36.5^{\circ} \text{CA}$ （A T D C）であるのに対し、逆転方向が開始し、ピストン 1 3 が  $70^{\circ} \text{CA}$ （A T D C）まで上死点側に移動したときに噴射した場合、そのピストン到達点が約  $33.5^{\circ} \text{CA}$ （A T D C）となり、約  $3^{\circ} \text{CA}$  分の圧縮空気密度の増大を図ることができる。

30

#### 【 0 0 8 5 】

ただし燃料噴射時期を遅らせすぎると、気化が遅れ、気化潜熱によって圧縮圧力が充分低下する前にピストン 1 3 が到達点に達してしまう。つまりピストン到達点が低下に転じる（図 1 0 の例では  $70^{\circ} \text{CA}$  以降）。結局、最大の空気密度増大効果を得るためには、燃料噴射時期を、膨張行程気筒 1 2 A の圧縮行程中期から後期の前半までに行うのが好ましい。

40

#### 【 0 0 8 6 】

一方、燃料噴射時期を遅らせるということは燃料噴射から点火までの時間が短くなることでもあり、点火時の気化が不十分となる虞がある。点火タイミングまでに気化を充分促進させるためには、早期（例えば逆転方向動作の初期）に燃料噴射を行うことが望ましい。つまり上記空気密度の増大と点火タイミングの気化促進とは燃料噴射時期に関して相反する要求を有するものである。

50

## 【 0 0 8 7 】

そこで当実施形態では、燃料を分割噴射（２分割）し、前段の燃料噴射を逆転方向動作の初期に行い、後段の燃料噴射を逆転方向動作中（望ましくは行程中央の $90^{\circ}\text{CA}$ （ $\text{ATDC}$ ）よりも上死点寄り。図１０の噴射時期 $70^{\circ}\text{CA}$ （ $\text{ATDC}$ ）に相当する時期）に行うようにしている。すなわち、比較的点火時期までの時間が長い前段の燃料噴射で気化を促進し、後段の燃料噴射によって圧縮空気密度の増大を図っている。

## 【 0 0 8 8 】

なお、 $\text{ECU2}$ の燃料噴射制御部４１は、前段と後段との噴射燃料の比率（分割比）や後段の燃料噴射時期を、膨張行程気筒１２Ａのピストン停止位置や逆転方向開始時の筒内空気温度（推定値）によって補正し、気化性能を確保しつつ燃焼エネルギーを可及的に増大させることができるようにしている。すなわち膨張行程気筒１２Ａのピストン停止位置が適正停止範囲 $R$ のうちの比較的下死点寄りにあるとき（比較的筒内空気量が多い）は、比較的上死点寄りにあるとき（比較的筒内空気量が少ない）に比べて後段の燃料噴射量比率を増大させている。これは、比較的筒内空気量が多いときは、その圧縮反力も大きくなるので、後段の燃料噴射量をより多くすることによって効果的に圧縮圧力を低減させ、圧縮空気の密度を増大させるためである。また、筒内空気温度が比較的高いときにも後段の燃料噴射量比率を増大させている。これは、筒内空気温度が高いときは燃料の気化性能が高くなっているため、気化性能を確保するための前段の燃料噴射をあまり必要としなくなるからである。

## 【 0 0 8 9 】

後段の燃料噴射時期に関しては、筒内空気温度が比較的高いときに後段の燃料噴射時期を遅らせている（ただし図１０の噴射時期 $70^{\circ}\text{CA}$ に相当する時期を上限とする）。つまり、筒内空気温度が高いときは燃料の気化性能が高くなっているため、後段の燃料噴射時期を遅らせても点火までの間に気化しやすくなっており、その分燃料噴射時期を遅らせることで圧縮空気密度の更なる増大を図っている。

## 【 0 0 9 0 】

次に、図１１を参照して、再始動制御により、いわゆるダイレクトスタートを行うと、当該ダイレクトスタートが成功した場合、膨張行程気筒１２Ａが、逆転から正転に転じたタイミング $t_{11}$ から膨張行程気筒１２Ａでの最初の燃焼に続く次の燃焼は、吸気行程気筒１２Ｄでの燃焼である。この吸気行程気筒１２Ｄが最初の圧縮上死点（ $2\text{TDC}$ ）に遷移する間、エンジン回転速度 $N_e$ は、約 $550\text{rpm}$ から $300\text{rpm}$ の間でアップダウンし、 $2\text{TDC}$ を超えた後は、図１１の破線で示すように、比較的高い勾配で起伏を繰り返しながら次第にアイドル速度に近づいていく。

## 【 0 0 9 1 】

ところが、上記 $2\text{TDC}$ に至るタイミングで、エンジン回転速度 $N_e$ が必要回転数（例えば $200\text{rpm}$ ）を下回った時には、吸気行程気筒１２Ｄが $2\text{TDC}$ を超えることができず、図１１の実線で示すように、エンジン速度は、そのまま急降下して逆転に転じてしまうことになる。そこで、当実施形態では、上記 $2\text{TDC}$ に至るであろうタイミングを検査タイミング $t_{12}$ とし、この検査タイミング $t_{12}$ でのエンジン回転速度 $N_e$ を検査時エンジン回転速度として検出することにより、ダイレクトスタートが成功したか否かを $\text{ECU2}$ の上記始動良否判定部４９によって判別することとしている。

## 【 0 0 9 2 】

上記のような制御を含むエンジン再始動時の制御動作を図１２～図１６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（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）が成立したか否かを判定し（ステップ $S101$ ）、 $\text{NO}$ と判定されてエンジンの再始動条件が成立していないことが確認された場合には、そのままの状態で作動する。ステップ $S101$ で $\text{YES}$ と判定されてエンジンの再始動条件が成立したことが確認された場合には、筒内温度推定部４６が、エンジン水温、停止時間（自動停止からの経過時間）、吸気温度などから筒内温度を推定する（ステップ $S102$ ）。そして、ピスト

ン位置検出部 4 5 によって検出されたピストン 1 3 の停止位置に基づいて圧縮行程気筒 1 2 C および膨張行程気筒 1 2 A 内の空気量を算出する (ステップ S 1 0 3)。つまり、上記ピストン 1 3 の停止位置から圧縮行程気筒 1 2 C および膨張行程気筒 1 2 A の燃焼室容積が求められ、また、エンジン停止の際には燃料噴射の停止後にエンジンが数回転してから停止するので膨張行程気筒 1 2 A も新気で満たされた状態にあり、かつ、エンジン停止中に圧縮行程気筒 1 2 C および膨張行程気筒 1 2 A の内部は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となる。

【 0 0 9 3 】

次に、ピストン停止位置が、圧縮行程気筒 1 2 C における適正停止範囲 R (上死点前 B T D C 6 0 ~ 8 0 ° C A) のうち、比較的下死点 B D C 側であるか否かの判定が行われる (ステップ S 1 0 4)。

10

【 0 0 9 4 】

ステップ S 1 0 4 で Y E S と判定され、比較的空气量が多いときは、ステップ S 1 0 5 に移行して、上記ステップ S 1 0 3 で算出された圧縮行程気筒 1 2 C の空気量に対して (空気過剰率) > 1 なる空燃比 (例えば空燃比 = 2 0 程度) となるように燃料を噴射させる (1 回目の燃料噴射)。この空燃比はピストンの停止位置に応じて予め設定された圧縮行程気筒 1 回目用空燃比マップ M 1 から求められる。 > 1 というリーン空燃比とすることにより、比較的圧縮行程気筒 1 2 C 内の空気量が多いときであっても、逆転方向のための燃焼エネルギーが過多となることなく、逆転し過ぎる (圧縮行程気筒 1 2 C において、下死点側に動いたピストン 1 3 が下死点を通過して、吸気行程まで逆転方向してしまう) ことを防止している。

20

【 0 0 9 5 】

一方ステップ S 1 0 4 で N O と判定され、比較的空气量が少ないときは、ステップ S 1 0 6 に移行して、上記ステップ S 1 0 3 で算出された圧縮行程気筒 1 2 C の空気量に対して 1 なる空燃比となるように燃料を噴射させる (1 回目の燃料噴射)。この空燃比はピストンの停止位置に応じて予め設定された圧縮行程気筒 1 2 C の 1 回目用空燃比マップ M 2 から求められる。 1 という理論空燃比ないしはそれよりリッチ空燃比とすることにより、比較的圧縮行程気筒 1 2 C 内の空気量が少ないときであっても、逆転方向のための燃焼エネルギーを充分得ることができる。

【 0 0 9 6 】

30

次にステップ S 1 0 7 に移行し、圧縮行程気筒 1 2 C への 1 回目燃料噴射から気化時間を考慮して設定した時間の経過後 (図 1 1 におけるタイミング t 1 0) に、当該気筒に対して点火を行う。そして、点火してから一定時間内にクランク角センサ 3 0 , 3 1 のエッジ (クランク角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する (ステップ S 1 0 8)。

【 0 0 9 7 】

このステップ S 1 0 8 において、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 に対して再点火を繰り返し行う (ステップ S 1 0 9)。

【 0 0 9 8 】

40

他方、図 1 2 を参照して、ステップ S 1 0 8 において、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 2 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 (前段噴射 (1 回目) と後段噴射 (2 回目) との比率) を算出する (ステップ S 1 2 1)。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、後段の噴射比率を大きくする。

【 0 0 9 9 】

次に上記ステップ S 1 0 3 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)。この際の空燃比はピストンの停止位置に応じて予め設定された膨張行程気筒用空燃比マップ M 3 から求め

50

られる。

【0100】

次に、ステップS122で算出された膨張行程気筒12Aへの燃料噴射量とステップS121で算出された分割比とによって、膨張行程気筒12A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S123)。

【0101】

次に、上記ステップS102で推定された筒内温度に基づき、膨張行程気筒12A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S124)。この2回目の噴射時期は、ピストン13が上死点側への移動(エンジンの逆転方向)を開始した後の、筒内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(ピストン13を可及的に上死点へ近づける)ように、かつこの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長くなるように設定される。

10

【0102】

次に、ステップS122で算出された膨張行程気筒12Aへの燃料噴射量とステップS121で算出された分割比とによって、膨張行程気筒12Aに対する後段(2回目)の燃料噴射量を算出し(ステップS125)、上記ステップS124で算出された2回目の噴射時期に噴射する(ステップS126)。

【0103】

膨張行程気筒12Aへの2回目の燃料噴射後、所定のディレー時間経過後(図11におけるタイミングt11)に点火する(ステップS127)。所定のディレー時間はピストンの停止位置に応じて予め設定された膨張行程気筒点火ディレーマップM4から求められる。この点火による膨張行程気筒12Aでの初回燃焼により、エンジンは逆転方向から正転方向に転ずる。従って圧縮行程気筒12Cのピストン13は上死点側に移動し、内部のガス(上記ステップS107の点火によって燃焼した既燃ガス)を圧縮し始める。

20

【0104】

次に、燃料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、ピストンの停止位置に応じて予め設定された圧縮行程気筒12Cへの2回目用空燃比マップM5から求められる。この圧縮行程気筒12Cへの2回目の噴射燃料の気化潜熱によって、圧縮行程気筒12Cの1TDC付近の圧縮圧力が低減するので、当該1TDCを容易に越えることができる。

30

【0105】

なお、この圧縮行程気筒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(可燃空燃比よりもリッチなので自着火も起こらない)。この不燃燃料は、その後、排気通路22の触媒37において吸蔵されている酸素と反応し、無害化される。

【0106】

次に、上述したように、圧縮行程気筒12Cでの2回目の噴射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での燃焼である。吸気行程気筒12Dのピストン13が2TDCを越えるためのエネルギーとして、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る。つまり膨張行程気筒12Aにおける初回燃焼のエネルギーは、圧縮行程気筒12Cが1TDCを乗り越えるためと、その後、吸気行程気筒12Dが2TDCを越えるためとの両方に供される。

40

【0107】

従って、円滑な始動のためには吸気行程気筒12Dが2TDCを越える際の負荷が小さいことが望ましい。その場合には、小さなエネルギーで2TDCを越えることができる。以下のフローは、次の吸気行程気筒12Dでの燃焼を行うにあたり、可及的に小さなエネルギーで2TDCを越えるための制御である。

【0108】

50



図14を参照して、まずステップS140で、筒内空気密度を推定し、その推定値から吸気行程気筒12Dの空気量を算定する。次に、ステップS102で推定した筒内温度に基いて、自着火防止の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れば、その燃焼によって2TDC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)が発生する。これはその分2TDCを越えるためのエネルギーを多く消費するので望ましくない。そこでこの逆トルクを抑制するために空燃比をリーン寄りのリッチに補正し、自着火が起これないようにするのである。

【0109】

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から、吸気行程気筒12Dへの燃料噴射量を算出する(ステップS142)。

10

【0110】

そして吸気行程気筒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するように(つまり2TDCを越えるための必要エネルギーを低減するように)、圧縮行程の後期まで遅延してなされる(ステップS143)。その遅延量は、エンジンの自動停止期間、吸気温度、エンジン水温等に基いて算出される。

【0111】

他方、ECU2の始動良否判別部49は、ステップS108において、クランク角センサ30、31のエッジを検出したタイミングを起点として検査タイミングt12を算出し(ステップS144)、このタイミングt12に至るのを待機する(ステップS145)

20

【0112】

次いで、図11で示す検査タイミングt12におけるエンジン回転速度(検査時エンジン回転速度)Neが所定の必要エンジン回転速度(例えば200rpm)を下回っていないかどうか判定する(ステップS146)。

【0113】

この判定で、図11の破線で示した特性のように、検査時エンジン回転速度が必要エンジン回転速度以上である場合、制御は、2TDCを超えると判断する。この場合、当実施形態では、逆トルクの発生を抑制するために、吸気行程気筒12Dへの点火時期を2TDC以降に遅延して点火する(ステップS148)。以上の制御によって、吸気行程気筒12Dにおいて、2TDCまではその圧縮圧力を小さくして上死点を越えやすくし、上死点を過ぎたタイミングで燃焼エネルギーによる正転方向のトルクが発生するようになる。

30

【0114】

他方、図11の実線で示した特性のように、検査時エンジン回転速度が必要エンジン回転速度を下回っている場合、制御は、スタータモータ併用駆動サブルーチンに移行し(ステップS147)、ステップS148は実行されない。

【0115】

図11及び図15を参照して、ECU2の始動良否判別部49が始動アシストを必要と判定した場合、始動制御部48は、エンジン回転速度Neが減速して最初に0になるt13がクランク角センサ30から検出されるのを待ち(ステップS1471)、このタイミングt13をアシスト起算タイミングとして演算の基準とする(ステップS1472)。

40

【0116】

次いで、タイミングt13を基準にして、エンジン回転速度Neが逆転方向に転じてから再び正転方向に転じた後、0になるスタータモータ36の0速度タイミングtpを算出し(ステップS1474)、さらに0速度タイミングtpに基づき、スタータモータ36の噛合タイミング領域Tsが算出される(ステップS1474)。この噛合タイミング領域Tsは、採用されているスタータモータ36の仕様に基づき、予めECU2の記憶領域に記憶されているスタータモータ36の仕様データに基づいて決定される。当実施形態では、リングギヤ35が停止しているときに、当該リングギヤ35と逆方向に約60rpmの速度で駆動モータ36aがピニオンギヤ36dを逆方向に駆動しながら噛合させる仕様

50

であるため、噛合タイミング領域 $T_s$ は、エンジン回転速度 $N_e$ が0rpmから60rpmとなる範囲に設定される。

【0117】

さらに当実施形態では、バッテリー電圧からスタータモータ36の駆動遅れ時間 $T_{dy}$ を算出する(ステップS1475)。当実施形態では、駆動モータ36aがピニオンギヤ36dを逆方向に駆動しながら噛合させる仕様であるため、駆動信号の入力を受けてから、両ギヤ35、36aが噛合するまでの間にタイムラグ(すなわち、駆動遅れ時間 $T_{dy}$ )が生じることとなる。そこで、このステップS1475において、駆動遅れ時間 $T_{dy}$ を織り込んだタイミング $t_{out}$ を算出することとしている。

【0118】

その後、始動制御部48は、上記演算に基づき、タイミング $t_{out}$ を待ち(ステップS1477)、タイミング $t_{out}$ のところで、駆動信号を出力する(ステップS1478)。この結果、スタータモータ36のピニオンギヤ36dが駆動モータ36aに駆動されてリングギヤ35に噛合し、クランク軸3は、スタータモータ36からの駆動力でアシストされ、メインフローにリターンする。

【0119】

ダイレクトスタートまたはスタータモータ併用により、始動開始から2TDCを超えた後は、通常の制御に移行しても良いが、当実施形態ではさらに吹上がり抑制制御を行っている。ここでいう吹上がりとは、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う。吹上がりによるエンジン回転速度が急上昇すると、加速ショックが発生し、運転者に違和感を与えたりする虞があつて望ましくない。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って起こる。そこで以降のステップS149~S159で、触媒37の温度に応じて空燃比をリーン( $>1$ )にしたり点火時期を遅延させたりして、この吹上りを抑制する制御を行っている。

【0120】

図16を参照して、上記吹上がり抑制制御では、まず、オルタネータ28の発電を開始する(ステップS149)。その目標電流値はECU2の発電量制御部44によって通常より高めに設定される。オルタネータ28の発電によってクランク軸3の負荷(エンジン負荷)が増大するので、吹上りが抑制される。

【0121】

次に吸気圧センサ26によって検知される吸気圧が、アイドルストップ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が判定される(ステップS149)。ここでYESと判定されると、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し(ステップS151)、燃焼エネルギーの発生量を抑制する。

【0122】

次に排気通路22に設けられた触媒37の温度が活性温度以下であるか否かが判定される(ステップS152)、YESと判定されれば目標空燃比を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)。こうすることにより、触媒37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。

【0123】

遡って、ステップS152でNOと判定されたときは、目標空燃比を $>1$ なるリーン空燃比に設定して燃料を噴射する(ステップS158)。この場合には、点火時期を遅延させることなく燃焼させる(ステップS159)。このリーン燃焼によって燃料の消費を抑制しつつ燃焼エネルギーの発生量を抑制することができる。

【0124】

10

20

30

40

50

ステップS 1 5 4またはステップS 1 5 9の後はステップS 1 5 0に戻り、N Oと判定されるまで上記制御を繰り返す。ステップS 1 5 0でN Oと判定されると、もはや吹上がりの虞がないので、オルタネータ2 8の発電量も含めて通常制御に移行する(ステップS 1 6 0)。

【0 1 2 5】

当実施形態においては、検査タイミングt 1 2でのエンジン回転速度N eに基づいて、いわゆるダイレクトスタートの成否が判定されるので、エンジンが停止した後に再始動が開始された場合でも、必ずしも、スタータモータ3 6が駆動されるわけではなく、特許文献2に開示された先行技術に比べて、省エネルギー化に寄与することになる。

【0 1 2 6】

特に、当実施形態では、エンジンが逆転から正転に転じた後、上記0回転タイミングt p近傍でスタータモータ3 6を駆動しているので、始動良否判定部4 9によるアシストの必要性が判断されてから、最もスタータモータ3 6の負荷が小さい段階でエンジンの始動をアシストすることが可能になる。この結果、スタータモータ3 6の負荷が低減され、スタータモータ3 6の信頼性が高まる他、スタータモータ3 6自身の長寿命化にも寄与する。

【0 1 2 7】

また、当実施形態では、上記スタータモータ3 6が、エンジン側のリングギヤ3 5に噛合するピニオンギヤ3 6 dを有し、上記始動制御部4 8は、このピニオンギヤ3 6 dの噛合タイミングをエンジンが逆転から正転に転じた後、上記0回転タイミングt p近傍の領域T sに決定し、ピニオンギヤ3 6 dがリングギヤ3 5に噛合した後、スタータモータ3 6によるアシスト動作を開始させるので、ピニオンギヤ3 6 dがエンジンと逆転方向する方向に回転しながらリングギヤ3 5に噛合する形式のものであっても、スタータモータ3 6に負荷が作用することなく噛合を達成することができる。従って、スタータモータ3 6の信頼性が高まる他、長寿命化にも寄与することが可能になる。

【0 1 2 8】

また、当実施形態では、上記回転速度検出手段としてのクランク角センサ3 0, 3 1が、上記検査時エンジン回転速度N eからエンジンが0回転に減速するタイミングをアシスト起算タイミングt 1 3として上記始動制御部4 8に入力し、始動制御部4 8は、入力されたアシスト起算タイミングt 1 3に基づいて、上記0回転タイミングt pを演算し、この0回転タイミングt pに基づいて、上記ピニオンギヤ3 6 dとリングギヤ3 5との噛合タイミング領域T sを算出しているため、さらに、スタータモータ3 6の負荷が軽減され、信頼性や長寿命化に寄与することになる。

【0 1 2 9】

また、当実施形態では、上記始動制御部4 8が、スタータモータ3 6の駆動遅れ時間T d yを算出し、算出された駆動遅れ時間T d yに基づいて、上記0回転タイミングt pよりも早く出力されるように駆動タイミングを決定しているため、決定要因として、スタータモータ3 6の駆動遅れ時間T d yが織り込まれることになる。従って、スタータモータ3 6が駆動を開始してからエンジンを駆動するまでの間にタイムラグが生じて、駆動タイミングは、確実に所望のタイミングとなる。この結果、スタータモータ3 6の駆動タイミングに対する許容度が高まり、スタータモータ3 6の実施が容易になる他、低廉化にも寄与する。

【0 1 3 0】

また、上記始動良否判定部4 9が、再起動に成功した場合には、膨張行程気筒1 2 Aが最初の排気上死点に到達するタイミングを推定して、このタイミングを検査タイミングt 1 2とし、上記検査タイミングt 1 2でのエンジン回転速度N eを検査時エンジン回転速度N eとして上記エンジン回転速度N e検出手段から入力を受けることにより、エンジンの始動良否を判別しているため、検査タイミングt 1 2を比較的正確に推定することができる。従って、検査時エンジン回転速度N eの良否を精度よく判別することができ、検査時エンジン回転速度N eの検出が容易かつ精密になり、制御の精度が高まるという利点が

10

20

30

40

50

ある。

#### 【 0 1 3 1 】

以上、本発明の一実施形態について説明したが、本発明は上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、当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、始動後の所定期間までにエンジン回転速度が所定値に達しないなど）においても、スタータモータ 3 6 によるアシストを伴う制御を行っても良い。

#### 【 0 1 3 2 】

なお、始動アシスト装置としては、エンジン側のフライホイールに設けられたリングギヤに噛合するピニオンギヤを有するスタータモータ 3 6 が好適であるが、この態様では、ピニオンギヤから動力を出力するスタータモータに限らず、ベルト式のものを採用してもよい。

#### 【 0 1 3 3 】

エンジンを自動停止させる制御は当実施形態に限るものではなく、適宜設定して良い。ただ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。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【 0 1 3 4 】

【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】スタータモータの構成を示す一部破断断面略図である。

【図 4】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 5】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 6】図 5 の部分拡大図であり、さらにクランク角および各気筒の行程遷移を示すタイムチャートである。

【図 7】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 8】クランク角信号に出力信号を示す説明図である。

【図 9】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 10】再始動時における膨張行程気筒が最初に燃焼するための燃料噴射時のクランク角と、その際のピストン到達点のクランク角との関係を示すグラフである。

【図 11】エンジン再始動時のエンジン回転速度及びクランク角度と時間との関係を示すグラフである。

【図 12】エンジン再始動時の制御動作を示すフローチャートである。

【図 13】エンジン再始動時の制御動作を示すフローチャートである。

【図 14】エンジン再始動時の制御動作を示すフローチャートである。

【図 15】エンジン再始動時の制御動作を示すフローチャートである。

【図 16】エンジン再始動時の制御動作を示すフローチャートである。

#### 【符号の説明】

#### 【 0 1 3 5 】

- |       |                |
|-------|----------------|
| 2     | E C U          |
| 1 2 A | # 1 気筒（膨張行程気筒） |
| 1 2 B | # 2 気筒（排気行程気筒） |
| 1 2 C | # 3 気筒（圧縮行程気筒） |
| 1 2 D | # 4 気筒（吸気行程気筒） |
| 1 3   | ピストン           |
| 1 6   | 燃料噴射弁          |

10

20

30

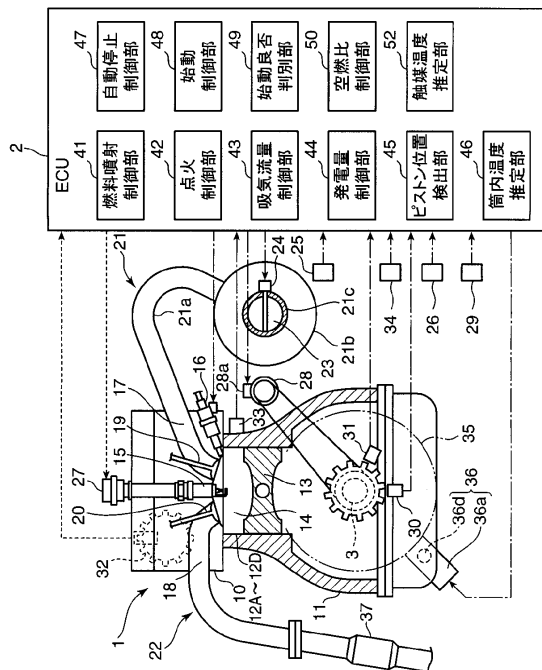
40

50

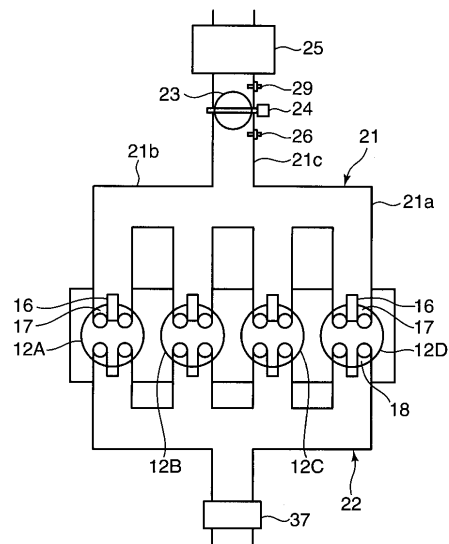
- 3 6      スタータモータ  
 3 6 a    リングギヤ  
 3 6 b    駆動モータ  
 4 7      自動停止制御部（自動停止手段）  
 4 8      始動制御部（始動制御手段）  
 4 9      始動良否判定部（始動良否手段）  
 C A      クランク角  
 t 1 2      検査タイミング  
 t 1 3      アシスト起算タイミング  
 T d y      起動遅れ時間  
 t<sub>out</sub>      起動信号出力タイミング  
 t p      0回転速度タイミング  
 T s      噛合タイミング領域

10

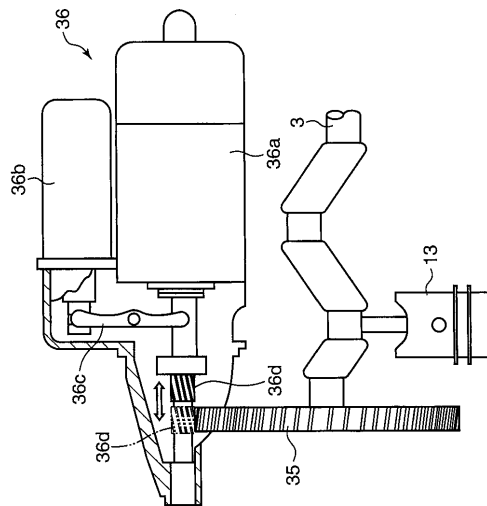
【図 1】



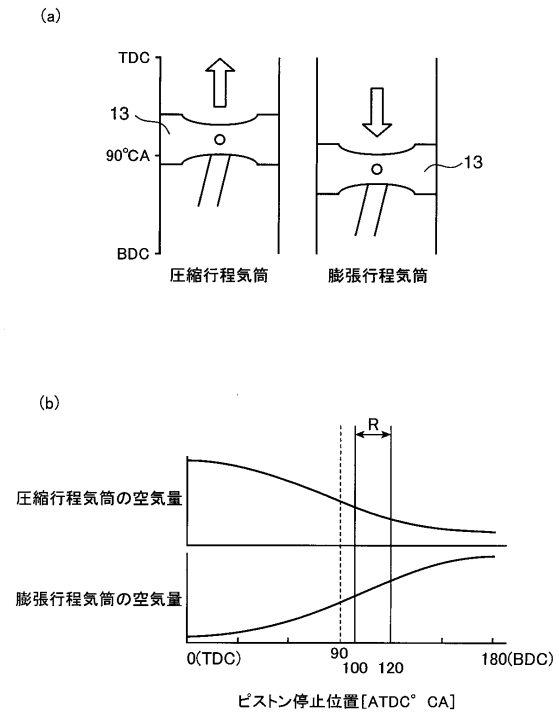
【図 2】



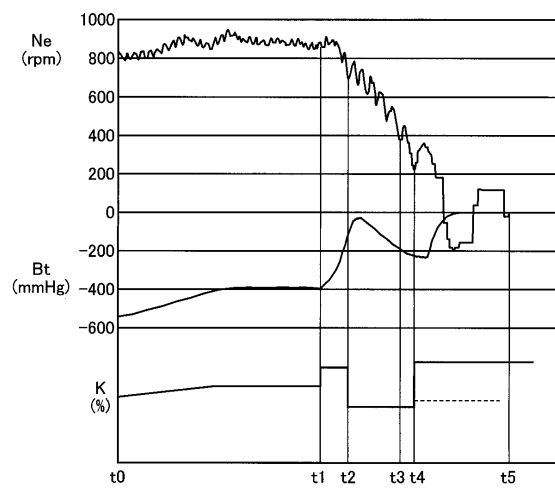
【図 3】



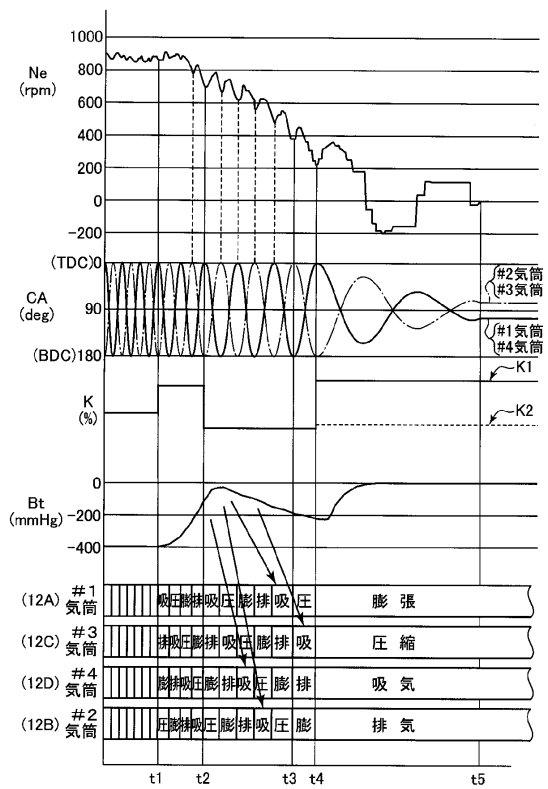
【図 4】



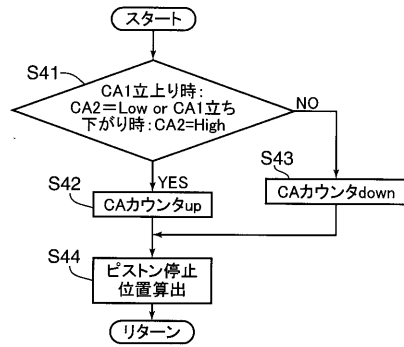
【図 5】



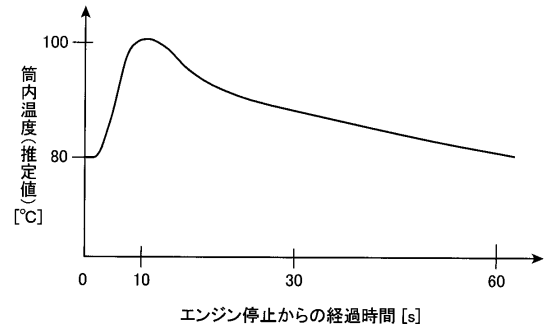
【図 6】



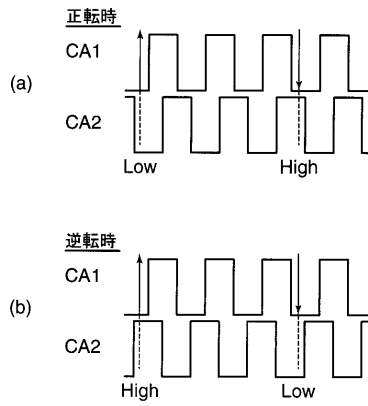
【図 7】



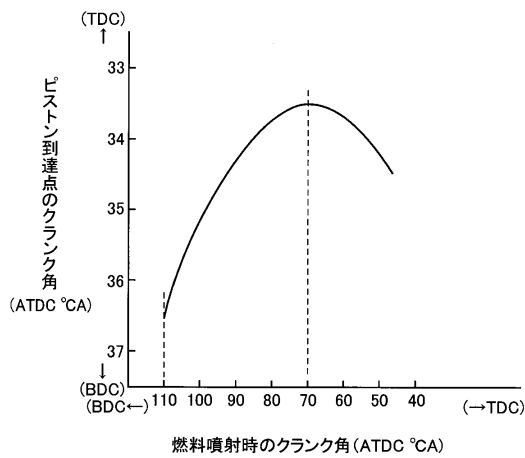
【図 9】



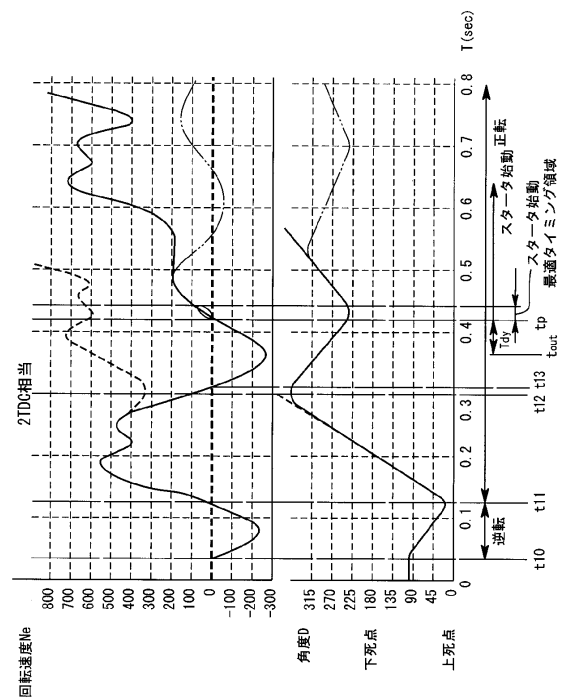
【図 8】



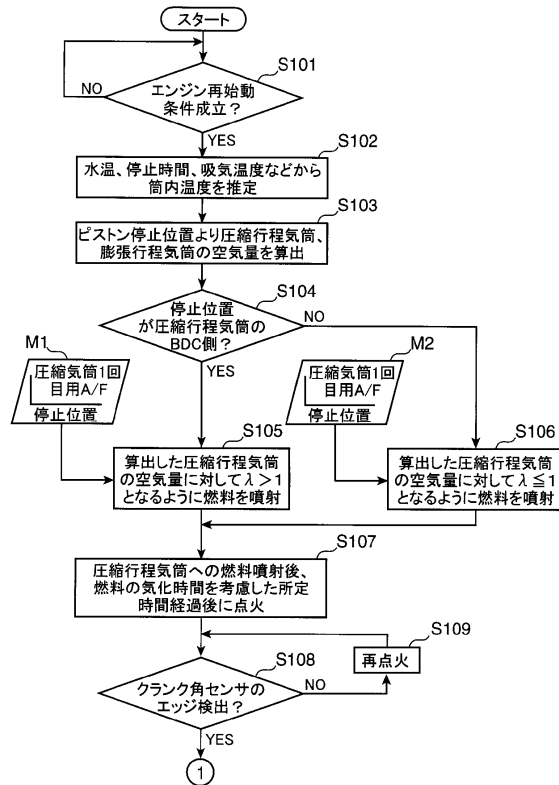
【図 10】



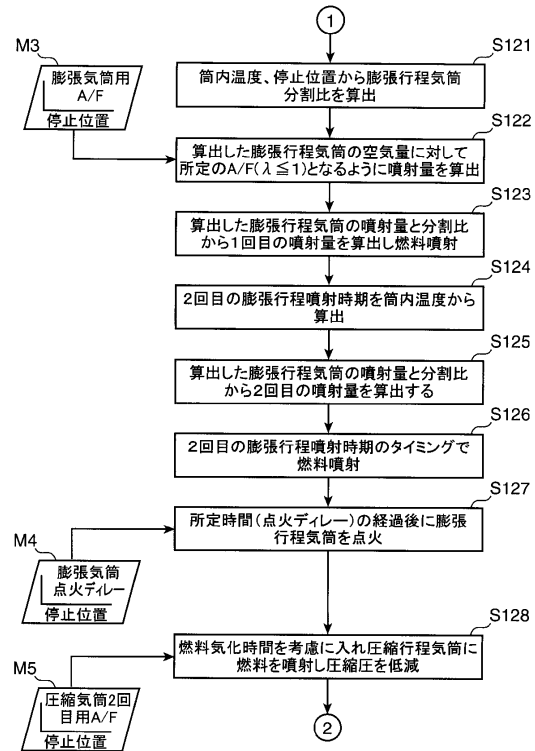
【図 11】



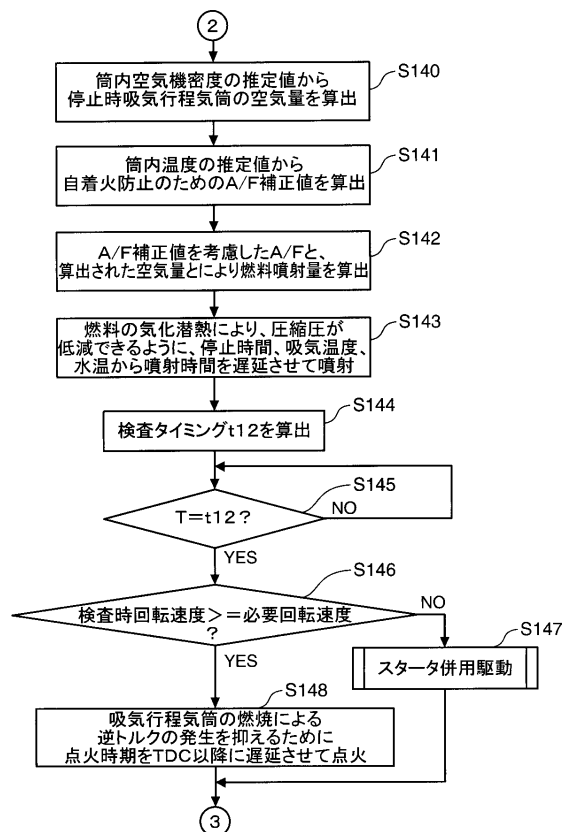
【図 1 2】



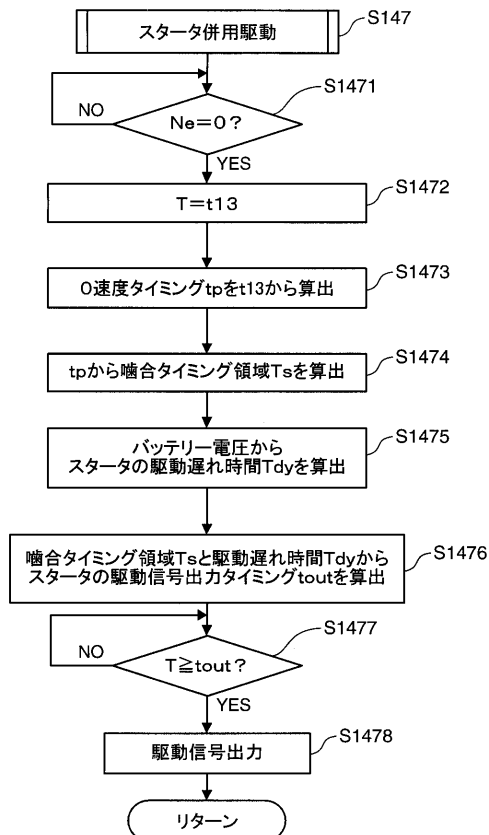
【図 1 3】



【図 1 4】

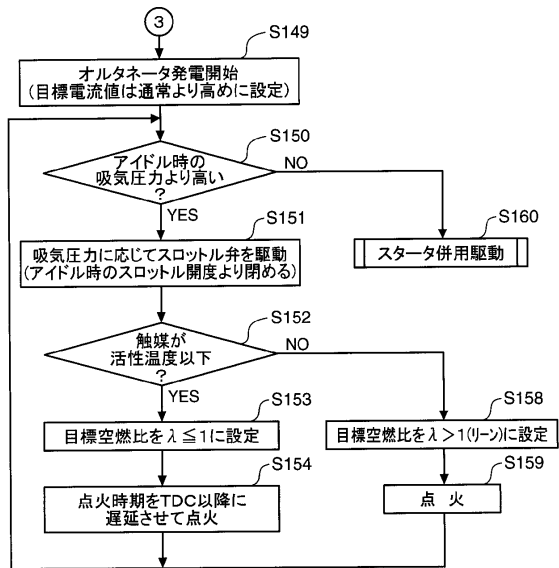


【図 1 5】





【図 16】



---

フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I	
<b>F 0 2 N 15/00 (2006.01)</b>	F 0 2 N 11/08	K
	F 0 2 N 11/08	V
	F 0 2 N 15/00	E

審査官 倉橋 紀夫

(56) 参考文献 特開 2 0 0 4 - 0 2 8 0 4 6 ( J P , A )  
特開 2 0 0 4 - 1 0 0 6 1 6 ( J P , A )  
特開 2 0 0 3 - 1 8 4 7 1 2 ( J P , A )

(58) 調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
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 9 / 0 2  
F 0 2 N 1 1 / 0 8  
F 0 2 N 1 5 / 0 0