

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3849367号

(P3849367)

(45) 発行日 平成18年11月22日(2006.11.22)

(24) 登録日 平成18年9月8日(2006.9.8)

(51) Int. Cl.	F I	
FO2D 41/14 (2006.01)	FO2D 41/14	330A
FO2D 41/04 (2006.01)	FO2D 41/04	380P
FO2D 41/38 (2006.01)	FO2D 41/38	B
FO2D 41/40 (2006.01)	FO2D 41/40	G
FO2D 45/00 (2006.01)	FO2D 45/00	340C
請求項の数 7 (全 18 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願平11-265194	(73) 特許権者	000000170
(22) 出願日	平成11年9月20日(1999.9.20)		いすゞ自動車株式会社
(65) 公開番号	特開2001-82223(P2001-82223A)		東京都品川区南大井6丁目26番1号
(43) 公開日	平成13年3月27日(2001.3.27)	(74) 代理人	110000062
審査請求日	平成16年2月26日(2004.2.26)		特許業務法人第一国際特許事務所
		(74) 代理人	100108567
			弁理士 加藤 雅夫
		(72) 発明者	西山 康宏
			神奈川県藤沢市土棚8番地 株式会社いすゞ中央研究所内
		審査官	中村 達之
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コモンレール式燃料噴射装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

圧送された燃料を蓄圧状態に貯留するコモンレール、エンジンの各気筒に対応して配設され、且つ前記コモンレールから供給された燃料を噴射する複数のインジェクタ、前記エンジンの運転状態を検出する検出手段、前記コモンレールの圧力を検出する圧力センサ、及び前記検出手段からの検出信号に基づいて目標燃料噴射量を含む燃料噴射条件を求め、且つ前記圧力センサからの検出信号に基づいて前記各インジェクタからの燃料噴射に起因して降下する前記コモンレールの圧力降下量を算出し、前記圧力降下量に基づいて求められた実燃料噴射量と前記目標燃料噴射量との噴射量偏差に基づいて前記目標燃料噴射量を補正することにより燃料噴射量のフィードバック制御をするコントローラを具備し、前記コントローラは、前記燃料噴射に起因して降下する前の前記コモンレールの噴射前圧力と、前記燃料噴射に起因して降下した前記コモンレールの脈動圧力を平均した噴射後平均圧力との圧力偏差を前記圧力降下量として算出すると共に、前記エンジンの前記各気筒について連続した複数回の前記燃料噴射に起因してそれぞれ生じた前記コモンレールの前記圧力降下量の平均値を、前記各気筒についての前記燃料噴射に起因して生じる前記コモンレールの前記圧力降下量とするものであるコモンレール式燃料噴射装置において、

前記コントローラは、前記インジェクタを前記噴射条件に応じて駆動するための指令信号を出力すると共に、前記エンジンの前記運転状態が定常状態か否かを検出し、前記エンジンの前記運転状態が前記定常状態であるときに、前記燃料噴射量と前記指令信号との間  
の関係データを、出力された前記指令信号と前記指令信号に基づいて駆動された前記イン

10

20

ジェクタからの前記燃料噴射に起因して生じた前記コモンレールの前記圧力降下量から求められた前記実燃料噴射量とによる学習制御で得るものであり、且つ前記燃料噴射量が予め定められた燃料噴射量以下の微少な燃料噴射量であるときの前記関係データを1気筒1噴射の条件で、アイドル運転時の指令信号であるメインパルス幅とゼロとの間で数等分した値のうちのひとつであるパルス幅による微少量の燃料噴射を行い、前記微少量燃料噴射量と指令信号との間の関係を前記学習制御で得るものであることを特徴とするコモンレール式燃料噴射装置。

【請求項2】

前記コントローラは、前記インジェクタを前記噴射条件に応じて駆動するための指令信号を出力し、前記指令信号の開始時期から前記燃料噴射に起因して前記コモンレール圧力が降下を開始する前の時間遅れ期間内における前記コモンレール圧力のサンプリング値を前記噴射前圧力として求めるものであることを特徴とする請求項1に記載のコモンレール式燃料噴射装置。

10

【請求項3】

前記コントローラは、前記燃料噴射に起因して前記コモンレール圧力が降下を開始した後の前記コモンレール圧力の微分値がゼロとなる時期における前記コモンレール圧力の極値を求め、前記コモンレール圧力の連続する前記極値の平均値を前記噴射後平均圧力として求めるものであることを特徴とする請求項1又は2に記載のコモンレール式燃料噴射装置。

【請求項4】

前記コントローラは、前記燃料噴射に起因して降下する前記コモンレール圧力の前記脈動の最初の一つの周期又は最初の複数の周期における極小値と極大値を、連続する前記コモンレール圧力の前記極値とするものであることを特徴とする請求項3に記載のコモンレール式燃料噴射装置。

20

【請求項5】

前記コントローラは、前記噴射前圧力と前記コモンレール圧力の前記極値との圧力偏差を求め、前記圧力偏差の平均値を前記圧力降下量として算出するものであることを特徴とする請求項3又は4に記載のコモンレール式燃料噴射装置。

【請求項6】

前記コントローラは、前記噴射条件としてメイン噴射と前記メイン噴射に先立って前記微少な燃料噴射量で燃料を噴射するパイロット噴射とにおけるそれぞれの噴射条件を求め、前記パイロット噴射における前記微少な燃料噴射量の制御を前記学習制御で得られた前記関係データに基づくオープンループ制御で行うものであることを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載のコモンレール式燃料噴射装置。

30

【請求項7】

前記コモンレールには、前記インジェクタからの前記燃料噴射に応じて、燃料サプライポンプにおけるプランジャのポンプ作用によって燃料が順次圧送され、前記コントローラは、前記噴射条件に従って、前記燃料サプライポンプの前記プランジャが圧送する燃料圧送量を制御するものであることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載のコモンレール式燃料噴射装置。

40

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、コモンレールに蓄圧状態に貯留された燃料をインジェクタから燃焼室に噴射するコモンレール式燃料噴射装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、例えば、エンジンの燃料噴射制御に関して、噴射圧力の高圧化を図り、且つ燃料の噴射タイミング及び噴射量等の噴射条件をエンジンの運転状態に応じて最適に制御する方法として、コモンレール式燃料噴射システムが知られている。コモンレール式燃料噴射シ

50

ステムは、ポンプによって所定圧力に加圧された燃料噴射制御用の作動流体をコモンレール内に蓄圧状態に貯留し、作動流体圧力を利用して各気筒にそれぞれ配置されたインジェクタを作動させて、インジェクタから対応する燃焼室内に燃料を噴射するシステムである。燃料が各インジェクタからエンジンの運転状態に対して最適な噴射条件で噴射されるように、コントローラが各インジェクタに設けられた制御弁（開閉弁）を制御している。

#### 【0003】

作動流体を燃料とする燃料圧力作動型のコモンレール式燃料噴射システムの場合、コモンレールから燃料供給管を通じて各インジェクタの先端に形成された噴孔に至る燃料流路内には、常時、噴射圧力相当の燃料圧力が作用しており、各インジェクタは、燃料供給管を通じて供給される燃料を通過又は遮断する制御を行うための開閉弁と当該開閉弁を開閉駆動するための電磁アクチュエータとを備えている。コントローラは、加圧燃料が各インジェクタにおいてエンジンの運転状態に対して最適な噴射条件で噴射されるように、コモンレールの圧力と各インジェクタの電磁アクチュエータの作動とを制御している。また、作動流体としてエンジンオイルをコモンレールに貯留し、コモンレールからインジェクタの圧力室に供給したオイル圧力でインジェクタ内の増圧室内に供給されている燃料を所定の圧力まで増圧する型式のコモンレール式燃料噴射システムも提案されている。

10

#### 【0004】

従来の燃料圧力作動型のコモンレール燃料噴射システムを図17に基づいて説明する。燃料タンク7からフィードポンプ6によって吸い上げられた燃料は、燃料サプライポンプ1に送られる。燃料サプライポンプ1は、エンジンによって駆動されるプランジャ式の可変容量式高圧ポンプであり、燃料をコモンレール2に圧送する。コモンレール2に蓄圧状態に貯留された燃料は、燃料流路の一部を構成する燃料供給管23を通じて、エンジンの型式に応じて気筒毎に設けられたインジェクタ3に供給され、各インジェクタ3からそれぞれ対応した燃焼室内に噴射される。燃料サプライポンプ1は、図示以外にも、エンジンの型式に応じて複数のプランジャを有するロータリ型、又は列型のポンプとすることができる。

20

#### 【0005】

燃料サプライポンプ1は、エンジンの出力によって駆動されるポンプ駆動カム10と、ポンプ駆動カム10に当接して往復動をするプランジャ11とを備えており、プランジャ11の頂面がポンプ室12の壁面の一部を形成している。ポンプ室12と燃料通路13との間に配設されているインレットバルブ15が、フィードポンプ6から燃料通路13を通じてポンプ室12に流入する燃料量を制御する。ポンプ室12とコモンレール2との間を繋ぐ燃料吐出路14には、燃料サプライポンプ1の所定の吐出圧で開弁する逆止弁17が設けられている。

30

#### 【0006】

コモンレール2には、コモンレール圧力がシステム異常等に起因して異常上昇するのを防ぐため、所定の設定圧力よりも高くなると開弁し、コモンレール2内の燃料を排出路21を通じて燃料タンク7へ放出してコモンレール圧力を低下させる常閉型のリリーフ弁20が備えられている。また、コモンレール2に設けられた圧力センサ22が検出したコモンレール圧力 $P_r$ は、エンジンの電子制御モジュール（ECM）であるコントローラ8に入力される。

40

#### 【0007】

インジェクタ3は、図示が省略されたシリンダヘッド等のベースに設けられた穴部にシール部材によって密封状態に取付けられる。インジェクタ3はインジェクタ本体内を往復動可能な針弁31と、ノズルの先端に形成され且つ針弁31がリフトしたときに開口して燃料を燃焼室（図示せず）に噴射する噴孔32を備えている。針弁31の頂面33は、燃料供給管23からの高圧燃料が供給されるバランスチャンバ30の壁面の一部を形成している。燃料供給管23に接続する燃料通路34は、針弁31の周囲に形成された燃料溜まり35に連通している。燃料溜まり35に臨む針弁31の第1テーパ面36には燃料圧力が作用して、針弁31にリフト力を与える。一方、針弁31には、バランスチャンバ30内

50

の燃料圧力に基づく押し下げ力と、リターンズプリング 47 の戻し力とが作用する。

【0008】

コモンレール 2 の高圧燃料は燃料供給管 23 から分岐した供給路 38 を通じてバランスチャンバ 30 に供給され、バランスチャンバ 30 内の燃料は排出路 40 を通じて排出される。供給路 38 及び排出路 40 には、それぞれ、オリフィス 39, 41 が設けられており、オリフィス 41 の有効通路断面積はオリフィス 39 の有効通路断面積よりも大となるように設定されている。また、排出路 40 には、排出路 40 を燃料戻し管 46 に開放するための開閉弁 44 が設けられている。

【0009】

針弁 31 のリフトは、リフト力、押し下げ力及び戻し力のバランスによって制御される。コントローラ 8 からの制御電流の供給を受けて電磁ソレノイド 45 を作動し、排出路 40 に設けられている開閉弁 44 を開弁させると、オリフィス 39 はオリフィス 41 よりも燃料の流れをより強く制限するので、バランスチャンバ 30 内の燃料圧が低下する。針弁 31 を持ち上げるリフト力が、バランスチャンバ 30 内の燃料圧に基づく押し下げ力及びリターンズプリングのばね力との合力を上回り、針弁 31 がリフトし、燃料は開口した噴孔 32 から燃焼室（図示せず）内へと噴射される。開閉弁 44 を閉弁させると、バランスチャンバ 30 内の燃料圧が回復し、針弁 31 の先端に形成された第 2 テーパー面 37 がインジェクタ本体のテーパー状弁シートに着座して、燃料溜まり 35 から噴孔 32 への連通を閉じて噴射が停止する。燃焼に費やされずバランスチャンバ 30 から排出路 40 を通じて流出した燃料は、燃料戻り管 46 を経て燃料タンク 7 に回収される。

10

20

【0010】

コントローラ 8 には、エンジン回転数  $N_e$  を検出するエンジン回転数センサ、アクセルペダルの踏み込み量  $A_c$  を検出するためのアクセル踏み込み量センサ等の検出手段としての各種センサ 9 からの検出信号が入力される。その他、冷却水温センサ、エンジン気筒判別センサ、上死点検出センサ、大気温度センサ、大気圧センサ、吸気管内圧力センサ等のエンジンの運転状態を検出するための各種センサからの信号がコントローラ 8 へ入力される。

【0011】

コントローラ 8 は、上記各センサ 9 からの検出信号と予め求められている噴射特性マップとに基づいて設定された目標噴射条件に従って、開閉弁 44 を開閉して針弁 31 のリフトを制御する。目標噴射条件は、エンジン出力がエンジンの運転状態に即した最適出力になるように、インジェクタ 3 からの燃料噴射のタイミングと噴射量とを定めるものである。燃料噴射の時期及び量は、噴射圧力と針弁 31 のリフト（リフト量、リフト期間）とによって定められる。コントローラ 8 が出力した指令信号（コマンドパルス）に基づいて決定された駆動電流が電磁ソレノイド 45 に送られ、開閉弁 44 が開閉制御される。

30

【0012】

具体的には、インジェクタ 3 の燃料噴射量とコントローラ 8 が出力する指令信号、即ち、コマンドパルスのパルス幅との関係が、コモンレール圧力  $P_r$ （コモンレール 2 内の燃料圧力）をパラメータとしたマップによって定められている。燃料噴射は、コマンドパルスの立ち下がり時刻と立ち上がり時刻に対して一定時間遅れて開始又は停止されるので、コマンドパルスがオン又はオフとなる時期を制御することによって、噴射タイミングを制御することが可能である。基本噴射量とエンジン回転数  $N_e$  との間には、アクセルペダル踏み込み量  $A_c$  をパラメータとして一定の関係が基本噴射量特性マップとして予め与えられており、燃料噴射量は、エンジンの運転状態に応じて基本噴射量特性マップから計算によって求められる。図示の例では、インジェクタ 3 は 1 つのみ示されているが、エンジンは 4 気筒、6 気筒のように多気筒エンジンであり、コントローラ 8 は各気筒に対応して配置されているインジェクタ 3 毎に燃料噴射制御を行う。

40

【0013】

インジェクタ 3 から噴射される燃料の噴射圧力はコモンレール 2 に貯留されている燃料の圧力に略等しいので、噴射圧力を制御するにはコモンレール圧力  $P_r$  が制御される。コモンレール圧力  $P_r$  は、エンジンの運転状態が一定であっても燃料噴射に伴う燃料消費によ

50

り低下し、また、エンジンの運転状態が変更されれば、その変更に対応してエンジンの運転状態に最適となるように増圧又は減圧制御される。コモンレール圧力 $P_r$ の増圧は燃料サプライポンプ1による燃料圧送により、減圧はインジェクタ3からの燃料のリーク又は減圧のために例えばコモンレール2に取り付けられたリーク弁により行う。コントローラ8は、燃料サプライポンプ1の圧送量を制御することによりコモンレール2の圧力を、一定圧力に又は必要な圧力に制御する。

#### 【0014】

コモンレール圧力 $P_r$ の制御は、エンジンの運転状態に応じて求められた目標燃料噴射量とエンジン回転数 $N_e$ とに応じて目標コモンレール圧力を決定し、この目標コモンレール圧力と圧力センサ22によって検出された実際のコモンレール圧力との偏差をなくすように、燃料サプライポンプ1の圧送量（プランジャのリフトに伴う圧送量）をフィードバック制御することによって行われる。

10

#### 【0015】

図17に示すコモンレール式燃料噴射システムでは、燃料サプライポンプ1の圧送量を制御する方法の一つとして、プリストローク制御が知られている。プリストローク制御は、プランジャ11がリフトされる圧送付行程中にあるときでも、燃料通路13に配設されているインレットバルブ15を開弁させている期間にはポンプ室12内に吸入された燃料が燃料通路13を通じて戻ることを利用し、インレットバルブ15の閉弁後に吐出側に圧送される燃料圧送量を制御する方式である。コントローラ8が電磁ソレノイド16の励磁時期を制御して、インレットバルブ15の閉弁時期からプランジャ11の上死点到達時点までの燃料圧送期間を制御することで、燃料サプライポンプ1の圧送量が制御され、その結果、コモンレール圧力 $P_r$ が制御される。燃料通路13での燃料圧（フィード圧）は、リリース弁18により上限が制限されているので、フィードポンプ6が送る余剰の燃料はリリース弁18及び戻し管19を通じて燃料タンク7に戻される。

20

#### 【0016】

上記のように、燃料噴射に起因してコモンレール圧力が降下するが、コモンレール圧力の降下量と燃料噴射量との間には一定の関係がある。インジェクタの個体差や経時変化によってインジェクタからの燃料噴射量にバラツキが生じるが、コモンレール圧力の波形から圧力降下量を検出し、圧力降下量から燃料噴射量を推定して、燃料噴射量のバラツキを補正する考えがある（例えば、特開昭62-186034号公報、特開平4-203441号公報、特開平4-203451号公報）。しかしながら、燃料サプライポンプ及びインジェクタは、コモンレールに対して連結されており、燃料サプライポンプの圧送及びインジェクタからの噴射によってそれぞれ生じた油撃がコモンレールに伝達される。図13及び図16のグラフに示すように、燃料噴射に起因して油撃が生じ、噴射終了後も相当の期間に渡ってコモンレール圧力に脈動を生じていることが分かる。先行例に記載されている燃料噴射制御においては、上記の燃料噴射に起因したコモンレール圧力の脈動に対する配慮が何らされていない。

30

#### 【0017】

上記の先行例では、燃料噴射開始後のコモンレール圧力のピーク値をホールドすることによって、噴射前のコモンレール圧力と圧力降下後のピーク値との偏差を燃料噴射に起因して生じたコモンレール圧力降下量とし、この圧力降下量から実際の燃料噴射量が算出されている。しかしながら、燃料噴射に起因して生じるコモンレール圧力降下のピークは、インジェクタから圧力センサまでの距離が違えば、インジェクタの特性が同じで且つ同じ燃料噴射量であっても異なる。また、同一の燃料噴射量であっても、運転状態に応じてコモンレール圧力の圧力水準やコマンドパルス幅が異なると、脈動の周期や振幅が変動し、同様にピーク値が異なる。したがって、コモンレール圧力の脈動ピーク値をホールドし降下前のコモンレール圧力とホールドされた脈動ピーク値との偏差を算出しても、実際の燃料噴射量を推定することは困難である。

40

#### 【0018】

また、上記先行例では、燃料サプライポンプからの燃料圧送中にインジェクタから燃料噴

50

射することに起因して生じていた圧力検出バラツキを、燃料サプライポンプを停止させることで少なくしようとすることも図られている。しかし、実際にエンジンの運転中に燃料サプライポンプの供給停止を行うと、コモンレール圧力が低下し続けて、コモンレール圧力の変化が大きく現れ、燃料噴射率や燃料噴射量等に影響が大きく、気筒毎の噴射バラツキや燃焼バラツキを生じる。一時的な学習条件でコモンレール圧力を検出することになっても、脈動に起因して生じていた問題は解決されない。

#### 【0019】

また、燃料噴射によって生じるコモンレール圧力の降下量を検出するときにも、燃料サプライポンプによって加圧燃料をコモンレールに供給しているため、コモンレール圧力の降下量が精度良く検出されないことがあるが、コモンレール圧力が目標圧力に一致するように燃料サプライポンプの吐出量を制御することにより、燃料噴射によるコモンレール圧力の降下量をより一層精度良く検出することが提案されている（例えば、特開平4-203452号公報参照）。

10

#### 【0020】

##### 【発明が解決しようとする課題】

コモンレール式燃料噴射装置においては、コモンレール圧力が燃料噴射に伴って圧力低下する際に、油撃によって脈動を生じ、しかもその脈動波形は、各インジェクタの個体差や経時変化、或いはインジェクタのコモンレールからの配置距離や、エンジンの運転状態に応じたコモンレール圧力の圧力水準や指令信号（コマンドパルスのパルス幅）によって異なっている。特に、メイン燃料噴射に先立ってパイロット噴射を行う燃料噴射においては、パイロット噴射での燃料噴射量が微小であるため、気筒毎のパイロット燃料噴射量のバラツキ程度が大きくなる現象が見られる。そこで、燃料噴射に起因して低下した後も脈動するコモンレール圧力から、燃料噴射後のコモンレール圧力を合理的に推定して、各インジェクタについて合理的な燃料噴射量を算出する点で解決すべき課題がある。

20

#### 【0021】

##### 【課題を解決するための手段】

この発明の目的は、コモンレール圧力が燃料噴射に伴って圧力低下する際に、油撃によって脈動を生じ、しかもその脈動波形に、インジェクタの個体差、コモンレール式燃料噴射システムにおける配置、或いはエンジンの運転状態に起因してバラツキがあっても、燃料噴射に伴って生じるコモンレール圧力の合理的且つ安定な降下量を検出して、実際に噴射されたとすることができる妥当な燃料噴射量を知得して、エンジンの振動や騒音及び燃費を低減して排気ガス特性の良好なコモンレール式燃料噴射装置を提供することである。

30

#### 【0022】

前記目的を達成するためこの発明によるコモンレール式燃料噴射装置は、圧送された燃料を蓄圧状態に貯留するコモンレール、エンジンの各気筒に対応して配設され且つ前記コモンレールから供給された燃料を噴射する複数のインジェクタ、前記エンジンの運転状態を検出する検出手段、前記コモンレールの圧力を検出する圧力センサ、及び前記検出手段からの検出信号に基づいて目標燃料噴射量を含む燃料噴射条件を求め、且つ前記圧力センサからの検出信号に基づいて前記各インジェクタからの燃料噴射に起因して低下する前記コモンレールの圧力降下量を算出し、前記圧力降下量に基づいて求められた実燃料噴射量と前記目標燃料噴射量との噴射量偏差に基づいて前記目標燃料噴射量を補正することにより燃料噴射量のフィードバック制御をするコントローラを具備し、前記コントローラは、前記燃料噴射に起因して低下する前の前記コモンレールの噴射前圧力と、前記燃料噴射に起因して低下した前記コモンレールの脈動圧力を平均した噴射後平均圧力との圧力偏差を前記圧力降下量として算出すると共に、前記エンジンの前記各気筒について連続した複数回の前記燃料噴射に起因してそれぞれ生じた前記コモンレールの前記圧力降下量の平均値を、前記各気筒についての前記燃料噴射に起因して生じる前記コモンレールの前記圧力降下量とするものであるコモンレール式燃料噴射装置において、前記コントローラは、前記インジェクタを前記噴射条件に応じて駆動するための指令信号を出力すると共に、前記エンジンの前記運転状態が定常状態か否かを検出し、前記エンジンの前記運転状態が前記定

40

50

常状態にあるときに、前記燃料噴射量と前記指令信号との間の関係データを、出力された前記指令信号と前記指令信号に基づいて駆動された前記インジェクタからの前記燃料噴射に起因して生じた前記共通レールの前記圧力降下量から求められた前記実燃料噴射量とによる学習制御で得るものであり、且つ前記燃料噴射量が予め定められた燃料噴射量以下の微小な燃料噴射量であるときの前記関係データを1気筒1噴射の条件で、アイドル運転の指令信号であるメインパルス幅とゼロとの間で数等分した値のうちの一つであるパルス幅による微小量の燃料噴射を行い、前記微小量燃料噴射量と指令信号との関係を前記学習制御で得るものであることを特徴とする。

### 【0023】

この発明による共通レール式燃料噴射装置によれば、燃料噴射に起因して降下した共通レールの脈動圧力を平均化することで共通レール圧力の噴射後平均圧力が算出される。共通レール圧力が燃料噴射に伴って圧力降下する際に、油撃によって脈動を生じ、しかもその脈動波形に上記の各原因によってバラツキが生じていても、噴射後平均圧力は共通レール圧力の脈動が収束するであろう推定値に良く近似していると考えられる。燃料噴射に起因して降下する前の共通レールの噴射前圧力と算出された噴射後平均圧力との圧力偏差が、燃料噴射に伴って生じる圧力降下量として正確且つ安定して求められる。また、実燃料噴射量は、個々のインジェクタの特性が経時変化等によって変化することがある。したがって、コントローラは、エンジンの前記運転状態が定常状態か否かを検出し、エンジン運転状態が指令信号と実燃料噴射量との関係が安定している定常状態にあるときに、両者間の関係データを学習制御で得ることが可能になる。そして、燃料噴射量が微小な燃料噴射量であるときは、インジェクタ毎及び個々のインジェクタの経時変化によって燃料噴射量の変動率が大きくなるのが想定されるので、燃料噴射量のフィードバック制御が困難になることがある。したがって、学習制御でエンジンの運転状態が定常状態で安定しているときのコマンドパルス幅とそのパルス幅に応じて生じた共通レールの圧力降下量によって実燃料噴射量を求めることにより、前記信号幅と前記燃料噴射量との関係データが修正される。

### 【0024】

この共通レール式燃料噴射装置において、前記コントローラは、前記インジェクタを前記噴射条件に応じて駆動するための指令信号を出力し、前記指令信号の開始時期から前記燃料噴射に起因して前記共通レール圧力が降下を開始する前の時間遅れ期間内における前記共通レール圧力のサンプリング値を前記噴射前圧力として求める。

### 【0025】

前記コントローラは、前記燃料噴射に起因して前記共通レール圧力が降下を開始した後の前記共通レール圧力の微分値がゼロとなる時期における前記共通レール圧力の極値を求め、前記共通レール圧力の連続する前記極値の平均値を前記噴射後平均圧力として求める。共通レール圧力の微分値がゼロとなる時期における共通レール圧力は、極大値又は極小値であるから、その平均値を求めることにより、燃料噴射後の共通レールの平均圧力が求められる。

### 【0026】

前記コントローラは、前記燃料噴射に起因して降下する前記共通レール圧力の前記脈動の最初の一つの周期又は最初の複数の周期における極小値と極大値を、連続する前記共通レール圧力の前記極値とする。共通レール圧力の脈動の一つの周期には、交互に繰り返す極大値と極小値とが含まれるので、連続するこれらの極大値と極小値とを平均化することにより、燃料噴射後の共通レールの平均圧力が求められる。

### 【0027】

前記コントローラは、前記噴射前圧力と前記共通レール圧力の前記極値との圧力偏差を求め、前記圧力偏差の平均値を前記圧力降下量として算出する。前記共通レール圧力の前記極値の平均値を求めてから噴射前圧力との圧力偏差を求めても、噴射前圧力と共通レール圧力の極値との圧力偏差を積算して平均値を求めても、算術上は、同等である。

### 【0030】

10

20

30

40

50

前記コントローラは、前記噴射条件としてメイン噴射と前記メイン噴射に先立って前記微少な燃料噴射量で燃料を噴射するパイロット噴射とにおけるそれぞれの噴射条件を求め、前記パイロット噴射における前記微少な燃料噴射量の制御を前記学習制御で得られた前記関係データに基づくオープンループ制御で行う。メイン噴射はパイロット噴射の直後に行われるので、パイロット噴射に起因したコモンレール圧力の降下量を算出することが困難な場合がある。したがって、パイロット噴射における燃料噴射量をコモンレール圧力の降下量から実燃料噴射量との偏差から求めるフィードバック制御することが困難であるので、パイロット噴射における燃料噴射量の制御を、学習制御で求めた関係データに基づいてオープンループ制御する。

#### 【0031】

前記コモンレールには、前記インジェクタからの前記燃料噴射に応じて、燃料サプライポンプにおけるプランジャのポンプ作用によって燃料が順次圧送され、前記コントローラは、前記噴射条件に従って、前記燃料サプライポンプの前記プランジャが圧送する燃料圧送量を制御する。燃料サプライポンプから圧送される燃料圧送量を制御することにより、インジェクタからの燃料噴射に伴って降下するコモンレール圧力を回復させたり、又はエンジンの運手状態に応じてコモンレール圧力を要求される圧力水準に変更される。

#### 【0032】

##### 【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して、この発明によるコモンレール式燃料噴射装置の実施例を説明する。図1はこの発明によるコモンレール式燃料噴射装置における燃料噴射のメイン処理を示すフローチャート、図2は図1に示すメイン処理において気筒判別信号による割込み処理を示すフローチャート、図3は図1に示すメイン処理においてB T D C（上死点前）判別信号による割込み処理を示すフローチャート、図4は図3に示すB T D C判別信号による割込み処理において実行される各噴射弁処理を示すフローチャート、図5は図4に示す各噴射弁処理において実行される学習処理を示すフローチャート、図6は図5に示す学習処理において実行される学習条件判定処理を示すフローチャート、図7はこの発明によるコモンレール式燃料噴射装置における燃料噴射に伴う圧力降下量算出のためのメイン処理を行うD S P処理1を示すフローチャート、図8は図7に示すメイン処理中にコマンドパルスによる割込み処理を行うD S P処理2を示すフローチャート、図9は図8に示すD S P処理2の処理中に100kHz割込み処理を行うD S P処理3を示すフローチャート、図10は図7に示すメイン処理中において燃料噴射に伴う圧力降下量の算出を行うD S P処理4を示すフローチャート、図11はD S P処理4に変わり一周期で圧力降下量の算出を行う別のD S P処理4Aのフローチャート、図12はD S P処理4に変わり数周期で圧力降下量の算出を行う更に別のD S P処理4Bのフローチャート、図13はこの発明によるコモンレール式燃料噴射装置において、コモンレールの圧力降下量の算出を説明するため、コマンドパルス（噴射指令信号）、燃料噴射率及びコモンレール圧力の時間経過に伴う変化を説明するグラフ、図14は燃料温度 $T_f$ をパラメータとして、燃料噴射量 $Q$ とコモンレール圧力降下量 $P_r$ との関係を示すグラフ、図15は燃料噴射量 $Q$ とコマンドパルス幅 $P_w$ との関係、即ちこの発明における関係データを示すグラフである。

#### 【0033】

この発明によるコモンレール式燃料噴射装置のインジェクタや燃料サプライポンプ、コモンレール等のシステム的な概略構成については、図17に基づいて既に説明した構成で良く、再度の説明を省略する。この発明によるコモンレール式燃料噴射装置における燃料噴射のメイン処理、即ち、エンジンの回転数や基本噴射量の算出等の基本的な処理が、図1に示すフローチャートに従って実行される。まず、コントローラのCPUの初期化が行われ（ステップ1）、エンジンの運転状態を検出する検出手段からの検出信号に基づいてエンジン回転数 $N_e$ とアクセル操作量 $A_c$ とが算出される（ステップ2, 3）。算出されたエンジン回転数 $N_e$ とアクセル操作量 $A_c$ とに基づいて、目標燃料噴射量 $Q_t$ と目標燃料噴射時期 $T_t$ が計算される（ステップ4, 5）。コモンレールに配設されている圧力センサが検出した圧力信号に基づいて、実コモンレール圧力 $P_{ra}$ が算出される（ステップ6

10

20

30

40

50

)。目標燃料噴射量 $Q_t$ とエンジン回転数 $N_e$ とに基づいて、燃料の噴射圧力としての目標コモンレール圧力 $P_{rt}$ が算出される(ステップ7)。コモンレール圧力 $P_{ra}$ を目標コモンレール圧力 $P_{rt}$ に一致させるコモンレール圧力 $P_r$ の制御が実行される(ステップ8)。

#### 【0034】

図1に示すフローチャートの実行中に、気筒判別信号(REF)が検出されると、気筒判別信号による割込み処理が図2に示すフローチャートに従って実行される。即ち、特定の気筒(例えば、第1気筒)における燃料順序が到来したときに、その上死点前の所定のクランク角度で気筒判別信号(REF)が検出されると、気筒判別のカウント値CNTbtdcを0にリセットする(ステップ9)。なお、気筒番号をシリンダブロックに形成される列順に#1~#4とすると、燃焼順序は#1, #3, #4, #2の順となる。気筒判別のカウント値CNTbtdcは、#1~#4に対してそれぞれ0, 1, 2, 3が対応している。

10

#### 【0035】

図1に示すメイン処理を実行中に各気筒についてBTDC(上死点前)判別信号が検出されたときには、BTDC判別信号割込み処理として、各気筒における燃料噴射弁(インジェクタ)に対する燃料噴射処理が図3に示すフローチャートに従って実行される。即ち、クランク軸の回転に応じてセンサが検出したエンジン回転パルス周期の読みが行われる(ステップ10)。気筒判別のカウント値CNTbtdcが0であるか否かが判定される(ステップ11)。カウント値CNTbtdcが0であれば、No.1燃料噴射弁(燃焼順序1の気筒に設けられている燃料噴射弁)における燃料噴射処理が行われる(ステップ12)。以下、同様にして、カウント値CNTbtdcが1, 2, 3であるか否かの判定(ステップ13, 15, 17)と、その判定がYESである場合に対応して、それぞれNo.2, No.3, No.4(燃焼順序)の各燃料噴射弁の処理が行われる(ステップ14, 16, 18)。BTDC判別信号割込み処理が1回行われる毎に、カウント値CNTbtdcが1増加される(ステップ19)ので、BTDC判別信号割込み処理では燃料噴射弁の処理が燃焼順序に従って次々に実行される。

20

#### 【0036】

図3に示すBTDC判別信号による割込み処理において実行される各噴射弁処理が、図4に示すフローチャートに従って実行される。即ち、コマンドパルス入力でDSPの割込みがかかるように許可する(ステップ20)。後述する学習処理を行う(ステップ21)。コマンドパルス幅 $P_w$ と燃料噴射量との間の学習した関係データ(マップ)によって目標燃料噴射量 $Q_t$ に対応したコマンドパルス幅が設定され(ステップ22)、コントローラを構成するCPUのレジスタにコマンドパルス幅が書き込まれ、実際の燃料噴射が実行される(ステップ23)。

30

#### 【0037】

図4に示す各噴射弁処理において実行される学習処理が図5に示されるフローチャートに従って実行される。ディーゼルエンジンは、特にアイドル運転状態のような低速且つ低負荷運転状態では、燃料の着火遅れに起因して燃焼騒音を発生し易い。燃焼騒音を低減させる手段として、燃焼サイクルにおける総燃料噴射量のうち一部の燃料量をメイン噴射に先行して噴射するパイロット噴射を行うことが有効であることが分かっている。燃料噴射量をコモンレール圧力の降下量から推定するには、コモンレール圧力についてのある一定時間のデータサンプリングを行う必要がある。パイロット噴射後のコモンレール圧力はメイン噴射によって更に下がってしまうので、データサンプリングはメイン噴射までに行わねばならない。しかし、パイロット噴射とメイン噴射との時間間隔が短い場合には十分なサンプリングデータを得ることができず、燃料噴射毎にコモンレール圧力の降下量からパイロット燃料噴射量を算出し制御することができない。そこで、1気筒1噴射の条件で微量の燃料噴射を行い、微小燃料噴射量とコマンドパルス幅との間の関係をマップ(後述の図15に示す)を学習にて作成する。マップが作成されれば、パイロット噴射を行うときの微小な目標パイロット燃料噴射量に対しては、マップに基づいてコマンドパルス幅

40

50

が算出される。1気筒1噴射の条件としては、例えば、図6に示す学習条件判定処理において説明する。

#### 【0038】

学習処理において、先ず、学習条件判定処理を行う(ステップ30)。学習開始条件が満たされているか否かを判定し、学習開始条件が整っていれば学習を開始する(ステップ31)。学習最初のコマンドパルス幅 $Pw1$ を設定する(ステップ32)。コマンドパルス幅 $Pw1$ は、図15に示すように、アイドル運転時のメイン噴射パルス幅 $Pw_{start}$ とゼロ( $Pw=0$ )との間で数等分した値のうちの一つである。後述するDSP処理4から、燃料噴射に伴うコモンレール圧力の圧力降下量 $Pr$ を読み込む(ステップ33)。ステップ33で読み込んだ圧力降下量の圧力降下量平均化処理を行う(ステップ34)。ここでの平均化処理は、DSPで行う時間方向の平均化処理ではなく、DSPで算出した $Pr$ (噴射前圧力 $Pr0$ から、サンプリングしたデータを平均化した値 $Pr_{ave}$ を減算した値)をショット方向に平均化処理を行うものである。この平均化処理は、検出された圧力降下量 $Pr$ にバラツキがあった場合に行われる処理であり、バラツキが大きくなければ行わなくてもよい。

10

#### 【0039】

図14には、燃料温度 $Tf$ をパラメータとして、燃料噴射量 $Q$ とコモンレール圧力降下量 $Pr$ との間の関係を示すグラフが示されている。燃料噴射量 $Q$ とコモンレール圧力降下量 $Pr$ とは概して比例し、その比例係数は燃料温度 $Tf$ が低いほど大きい。 $Pr$ から、図14により燃料噴射量 $Q$ を推定値として算出する(ステップ35)。図14は、温度、圧力等が安定した条件で試験を行い、試験結果をマップにしたものである。予め用意したメモリに、コマンドパルス幅 $Pw$ と燃料噴射量 $Q$ との関係が記憶される(ステップ36)。即ち、メモリを不揮発性とすれば、エンジン停止後もデータは記憶される。最初のコマンドパルス幅 $Pw1$ での学習が終了すれば、コマンドパルス幅 $Pw$ を変えて学習をする(ステップ37)。学習されるコマンドパルス幅 $Pw$ は、例えば、 $Pws$ と0である $Pw$ の間を数等分、ここでは、図15に示すように4等分して設定され、 $Pw1$ の次には、 $Pw2$ 、 $Pw3$ の順でパルス幅が設定される。コマンドパルス幅 $Pw$ が最終学習パルス幅 $Pw3$ であるか否かが判定され(ステップ38)、コマンドパルス幅 $Pw3$ の学習が終了すればコマンドパルス幅 $Pw$ を0とし、学習終了とする(ステップ39)。図15には、上記の各ステップで得られた燃料噴射量 $Q$ とコマンドパルス幅 $Pw$ との関係がグラフとして示され、このグラフの内容が関係データとしてコントローラ8に記憶される。

20

30

#### 【0040】

図5に示す学習処理のステップ30における学習条件判定処理は、図6に示すフローチャートに従って実行される。学習条件判定処理は、学習を行う条件を判定するための処理である。学習条件の判定は、エンジンが安定した運転状態にあるか否かで行われる。エンジンが安定した運転状態にある一例として、アクセル開度が0%のアイドル運転状態ときがある。そのとき実コモンレール圧力は、アイドル時の目標コモンレール圧力に等しいように制御される。ステップ40でメイン燃料噴射量 $Qm$ が0であると判定され、且つステップ41で実コモンレール圧力 $Pr_a$ がアイドル運転時の目標コモンレール圧力 $Pr_t$ (目標コモンレール圧力マップより求められる)に等しいと判定されたときに、学習開始フラグをオンにする(ステップ42)。この例では、それ以外の条件では、学習処理を行わないように学習開始フラグをオフとされる(ステップ43)が、必ずしも必須ではない。また、ステップ40及び41での条件が満たされたとしても、常に学習を行う必要はない。ここでの制御の目的は、インジェクタの個体差と、経時変化による燃料噴射量のバラツキに対する補正なので、エンジン始動後、停止までの間で1回、或いはCPU内部のカレンダに従ってある一定期間毎に行ってもよい。上記学習条件ではないが、アイドル運転時にメイン噴射で生じる圧力降下から推定されるメイン燃料噴射量 $Qm$ は、パイロット燃料噴射量 $Qp$ の算出のためのコマンドパルス幅と燃料噴射量とのマップの上限値とされる。実際の運転中には、学習終了前に学習条件から外れてしまう場合があるが、途中までの値を記憶しておき、次に学習条件となったときに、残りの学習パルス幅で学習を

40

50

行えばよい。工場出荷前に、学習開始して終了するまでの条件でエンジンを運転しておき、学習値が記憶される。

#### 【 0 0 4 1 】

燃料噴射に伴う圧力降下量  $P_r$  の算出のための DSP 処理であって、メイン処理を行う DSP 処理 1 が、図 7 に示されたフローチャートに従って行われる。DSP 処理 1 では、先ず、DSP の初期化が行われる（ステップ 50）。コモンレール圧力のデータサンプリングが終了したか否かが判定される（ステップ 51）。データサンプリングは、図 13 に示すように、コマンドパルスの開始時期からコモンレール圧力  $P_r$  の脈動が充分減衰するまでの一定期間（データサンプリング期間） $T_{ds}$  に渡って行われる。データサンプリングが終了していなければ、データサンプリングが継続され、データサンプリング期間  $T_{ds}$  に渡るデータサンプリングが終了すれば、コモンレール圧力  $P_r$  の降下量  $P_r$  が算出される（ステップ 52）。

10

#### 【 0 0 4 2 】

コマンドパルスによる割込み処理を行う DSP 処理 2 が図 8 に示すフローチャートに従って実行される。コマンドパルスによる割込みが検出されると、他のパルスによる割込みがかからないように、コマンドパルスによる割込みを禁止し（ステップ 60）、次に一定周期サンプリング（ここでは  $100\text{kHz}$ ）のタイマによる割込み処理を許可する（ステップ 61）。

#### 【 0 0 4 3 】

$100\text{kHz}$  割込み処理を行う DSP 処理 3 は、図 9 に示すフローチャートに従って実行される。 $100\text{kHz}$  で作動するタイマにより一定周期サンプリングで、コモンレール圧力  $P_r$  が読み込まれる（ステップ 70）。読み込まれたコモンレール圧力は、時間の経過、即ち、時間  $t_i$  におけるサンプリング値  $P_r(i)$  としてサンプリングされる（ステップ 71）。データのサンプリングが終了したか否かが判定される（ステップ 72）。データのサンプリングが終了していなければ、次の  $100\text{kHz}$  割込み処理で DSP 処理 3 が行われるが、データのサンプリングが終了すれば、 $100\text{kHz}$  割込み禁止処理をし（ステップ 73）、時間  $t$  を初期化（即ち、0）に設定する（ステップ 74）。

20

#### 【 0 0 4 4 】

燃料噴射に伴うコモンレール圧力の圧力降下量  $P_r$  の算出を行う DSP 処理 4 が、図 10 に示すフローチャートに従って実行される。コマンドパルス開始時期、即ち、コマンドパルスが立ち上がる（又は立ち下がる）ことによってコマンドパルス割込み直後から、ある一定時間（圧力降下が始まる前の、 $t_i = 0$  ( $i$  が 0)  $\sim t_i = T_{pre}$ ) のデータを平均化処理し、噴射前圧力  $P_{r0}$  を算出する（ステップ 80）。コモンレール圧力の圧力降下量  $P_r$  は、ステップ 80 で算出した噴射前圧力  $P_{r0}$  から、コモンレール圧力のサンプル値  $P_r(i)$  の積算値をサンプリング数  $N_{samp}$  で除した噴射後平均圧力  $P_{rave}$  を減算することにより算出される（ステップ 81）。ステップ 81 の算出式は、コモンレール圧力の各サンプル値  $P_r(i)$  について、噴射前圧力  $P_{r0}$  からコモンレール圧力のサンプル値  $P_r(i)$  を減算した値の全サンプルについての積算値をサンプリング数  $N_{samp}$  で除しても { 即ち、 $P_r = [ (P_{r0} - P_r(i)) ] / N_{samp}$  }、同じ結果となる。

30

40

#### 【 0 0 4 5 】

図 13 に示す、コマンドパルス（噴射指令信号）、燃料噴射率  $q$ 、及びコモンレール圧力  $P_r$  の時間経過に伴う変化を説明するグラフから分かるように、燃料噴射に起因してインジェクタ 3 で生じた油撃がインジェクタ 3 とコモンレール 2 との間の燃料供給管 23 で圧力伝播を繰り返すため、コモンレール圧力  $P_r$  は、燃料噴射に伴って脈動を生じながら低下する。そのため、コモンレール圧力  $P_r$  の正味の圧力降下量を直ちには取得できない。そこで、コモンレール圧力  $P_r$  の相当数のサンプル値  $P_r(i)$  を取得し、その取得サンプル値の平均を取る、即ち、サンプル値  $P_r(i)$  の積算値をサンプリング数  $N_{samp}$  で除して噴射後平均圧力  $P_{rave}$  を求めると、噴射後平均圧力  $P_{rave}$  は圧力降下後における脈動が収束した時の正味のコモンレール圧力とみなすことができる。噴射前圧力

50

P r 0 から噴射後平均圧力 P r a v e を減算することにより、燃料噴射に起因して生じたコモンレール圧力の正味の圧力低下量 P r が算出される。予め実験により求めていた圧力低下量と燃料噴射量とのマップから、圧力低下量 P r に対応した燃料噴射量 Q を推定することができる。

【 0 0 4 6 】

D S P 処理 4 では、一定のサンプリング期間 T d s のコモンレール圧力 P r のデータを平均化処理したが、平均処理する期間を、圧力低下後から圧力脈動周期の整数倍の区間で行えば、圧力脈動を周期に注意を払うことなく平均することによる平均値の偏りを除くことができ、好ましい。そのような例として、D S P 処理 4 に代えて、最初の一周期で圧力低下量を算出する D S P 処理 4 A を、図 1 1 に示すフローチャートで行うことができる。

10

【 0 0 4 7 】

D S P 処理 4 A では、まず、D S P 処理 4 と同様に、コマンドパルスが立ち上がる（又は立ち下がる）ことによるコマンドパルス開始時期の後、ある一定時間（時間遅れを伴ってコモンレール圧力の圧力低下が始まる前の、 $t_i = 0 \sim t_i = T_{pre}$ ）のデータを平均化処理し、噴射前圧力 P r 0 を算出する（ステップ 9 0）。例えば、隣合う圧力データ値の差を時間間隔で除することにより、取得した圧力データの微分値を算出する（ステップ 9 1）。ステップ 9 1 で算出したコモンレール圧力の微分値が 0 となる時期 T p e a k ( j ) ( j = 0 , 1 , 2 , \dots ) を求める（ステップ 9 2）。

【 0 0 4 8 】

図 1 6 は、この発明によるコモンレール式燃料噴射装置において、コモンレールの圧力低下量の算出を説明するための、コマンドパルス、コモンレール圧力とその微分値、及び燃料噴射率の時間変化を示すグラフである。図 1 6 に示されているように、時期 T p e a k ( j ) は、コモンレール圧力の微分値のゼロクロスポイントである。時期 T p e a k ( j ) でのコモンレール圧力の圧力データ P p e a k ( j ) を取得する（ステップ 9 3）。圧力データ P p e a k ( j ) は、脈動するコモンレール圧力の極大値又は極小値である。コモンレール圧力波形が燃料噴射に起因して脈動を開始した最初の 1 周期 T c 1 における振幅を算出し、噴射前圧力 P r 0 を用いて、次の算出式により、コモンレール圧力低下量 P r が算出される（ステップ 9 4）。

20

$$P r = P r 0 - [ P p e a k ( 0 ) + P p e a k ( 1 ) ] / 2$$

【 0 0 4 9 】

コモンレール圧力の微分値が 0 となる時のコモンレール圧力のサンプル値 P p e a k ( j ) は、コモンレール圧力波形の極値である。サンプル値 P p e a k ( j ) は、充分長い期間を置けば収束する可能性はあるが、収束を待つのは現実的でない。その最初の 1 周期 T c 1 における極値、即ち、最初の極小値 P p e a k ( 0 ) と最初の極大値 P p e a k ( 1 ) との平均を取ると、その平均圧力は、圧力低下後の正味のコモンレール圧力についての充分良い近似値であり、噴射後平均圧力 P r a v e とみなすことができる。噴射前圧力 P r 0 から噴射後平均圧力 P r a v e を減算することにより、正味の圧力低下量 P r を算出することができる。

30

【 0 0 5 0 】

D S P 処理 4 A では、コモンレール圧力波形の最初の 1 周期 T c 1 における極値を平均することにより、圧力低下後の正味のコモンレール圧力についての近似値を算出していたが、2 以上の整数倍の周期の区間で極値を平均すれば、一層、圧力低下後の正味のコモンレール圧力 P r に近い平均値を算出することができる。D S P 処理 4 A に代えて、最初の複数周期 ( T c 1 , T c 2 , \dots ) で圧力低下量を算出する D S P 処理 4 B を、図 1 2 に示すフローチャートで行うことができる。D S P 処理 4 B では、ステップ 1 0 0 から 1 0 3 までは、D S P 処理 4 A におけるステップ 9 0 から 9 3 と同様の処理が行われる。ステップ 1 0 4 では、周期数を x ( 1 ) とすると、正の奇数値 a を a = 2 x + 1 とし、次の計算式により、複数周期に現れる極値データを平均化して圧力低下後の正味のコモンレール圧力の近似値として求め、圧力低下前のコモンレール圧力 P r 0 から平均化されたコモンレール圧力を減算することにより、燃料噴射に起因して生じる圧力低下量を求めること

40

50

ができる。

$$P_r = P_{r0} - [ (k=0 \text{ a}) P_{peak}(k) ] / (a+1)$$

なお、圧力降下前のコモンレール圧力  $P_{r0}$  が既に分かっているから、次のように計算しても、圧力降下量  $P_r$  を求めることができる。

$$P_r = [ (k=0 \text{ a}) (P_{r0} - P_{peak}(k)) ] / (a+1)$$

#### 【0051】

なお、上記の各実施例では、コモンレール圧力に関する演算をDSP（或いは更に、高速A/D変換器）により実現しているが、CPUの能力が充分であれば、CPUで行ってもよい。更に、学習順序は、パルス幅  $P_w$  を  $P_{wstart}$  から徐々に小さくしていったが、逆に小さいパルス幅  $P_w3$  から開始してもよい。

10

#### 【0052】

##### 【発明の効果】

このように、コモンレール式燃料噴射システムでは、一般に、コモンレール圧力が燃料噴射に伴って圧力降下する際に、油撃によって脈動を生じ、しかも個々のインジェクの個体バラツキや径年変化、コモンレール式燃料噴射システムにおける配置、或いはエンジンの運転状態に起因して脈動波形にバラツキが生じると、コモンレール圧力の正確な降下量を検出することができず、結果的に各インジェクタから噴射される燃料噴射量にバラツキが発生し、目標燃料噴射量で燃料噴射が行われずに各気筒毎に燃焼バラツキを生じ、エンジンの振動や騒音、或いは排気ガス特性の悪化等の原因になっていたが、この発明によるコモンレール式燃料噴射装置では、燃料噴射に起因して降下し且つ脈動を生じているコモンレール圧力について、コモンレール圧力の燃料噴射後の脈動が収束するであろう推定値に良く近似していると考えられる噴射後平均圧力を算出しているので、噴射前圧力と噴射後平均圧力との圧力偏差を、燃料噴射に伴って生じる圧力降下量として合理的に且つ安定して検出することができる。予め用意したマップに基づいて圧力偏差から妥当な実燃料噴射量を知得でき、実際の燃料噴射量を目標燃料噴射量に一致させる噴射量のフィードバック制御を行うことができる。特に、アイドリング等のエンジンが低回転する運転状態においても、気筒毎における燃料バラツキを無くし、エンジンの不快な振動や騒音及び燃費を低減して排気ガス特性を良好にすることができる。更に、アイドリング運転状態の燃料噴射、又はメイン噴射に先立って行われるパイロット噴射のように、燃料噴射量が微小であり燃料噴射量のフィードバック制御が困難な場合には、上記のように平均化によって求めたコモンレールの圧力降下量から学習制御によって得られた指令信号（コマンドパルス幅）と実燃料噴射量との間の関係データに基づいて、燃料噴射量のオープンループ制御を行うことができる。

20

30

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明によるコモンレール式燃料噴射装置における燃料噴射のメイン処理を示すフローチャートである。

【図2】図1に示すメイン処理において気筒判別信号による割込み処理を示すフローチャートである。

【図3】図1に示すメイン処理においてBTDC（上死点前）判別信号による割込み処理を示すフローチャートである。

40

【図4】図3に示すBTDC判別信号による割込み処理において実行される各噴射弁処理を示すフローチャートである。

【図5】図4に示す各噴射弁処理において実行される学習処理を示すフローチャートである。

【図6】図5に示す学習処理において実行される学習条件判定処理を示すフローチャートである。

【図7】燃料噴射に伴う圧力降下量算出のためのメイン処理を行うDSP処理1を示すフローチャートである。

【図8】図7に示すメイン処理中にコマンドパルスによる割込み処理を行うDSP処理2を示すフローチャートである。

50

【図9】図8に示すDSP処理2の処理中に100kHz割込み処理を行うDSP処理3を示すフローチャートである。

【図10】図7に示すメイン処理中において燃料噴射に伴う圧力低下量の算出を行うDSP処理4を示すフローチャートである。

【図11】DSP処理4に変わり一周期で圧力低下量の算出を行う別のDSP処理4Aのフローチャートである。

【図12】DSP処理4に変わり数周期で圧力低下量の算出を行う更に別のDSP処理4Bのフローチャートである。

【図13】この発明によるコモンレール式燃料噴射装置において、コモンレールの圧力低下量の算出を説明するための、コマンドパルス（噴射指令信号）、燃料噴射率及びコモンレール圧力の時間変化を示すグラフである。

10

【図14】燃料温度 $T_f$ をパラメータとして、燃料噴射量 $Q$ とコモンレール圧力低下量 $P_f$ との間の関係を示すグラフである。

【図15】燃料噴射量 $Q$ とコマンドパルス幅 $P_w$ との関係を示すグラフである。

【図16】この発明によるコモンレール式燃料噴射装置において、コモンレールの圧力低下量の算出を説明するための、コマンドパルス、コモンレール圧力とその微分値、及び燃料噴射率の時間変化を示すグラフである。

【図17】従来のコモンレール式燃料噴射システムの概略を示す図である。

【符号の説明】

1 燃料サプライポンプ

20

2 コモンレール

3 インジェクタ

8 コントローラ

9 センサ

11 プランジャ

22 圧力センサ

$P_r$  コモンレール圧力

$P_{rt}$  目標コモンレール圧力

$P_{ra}$  実コモンレール圧力

$P_{r0}$  噴射前圧力

30

$P_{rave}$  噴射後平均圧力

$P_r$  コモンレールの圧力低下量

$T_{c1}, T_{c2} \dots$  脈動の周期

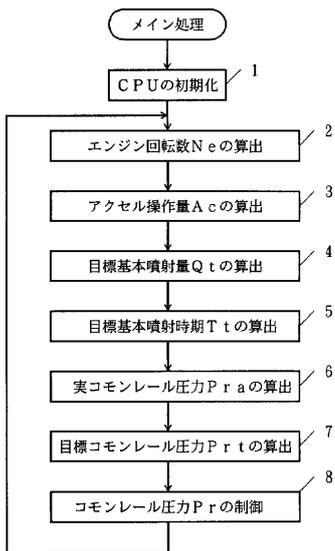
$T_{peak}(j)$  コモンレール圧力がゼロとなる時期

$P_{peak}(j)$  コモンレール圧力の極値

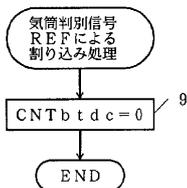
$Q$  燃料噴射量

$Q_t$  目標燃料噴射量

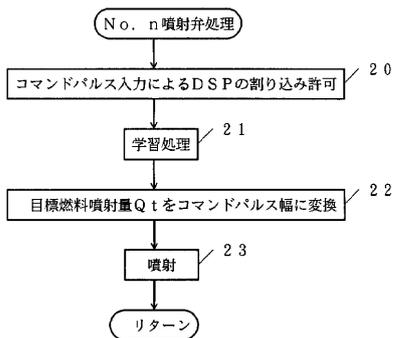
【 図 1 】



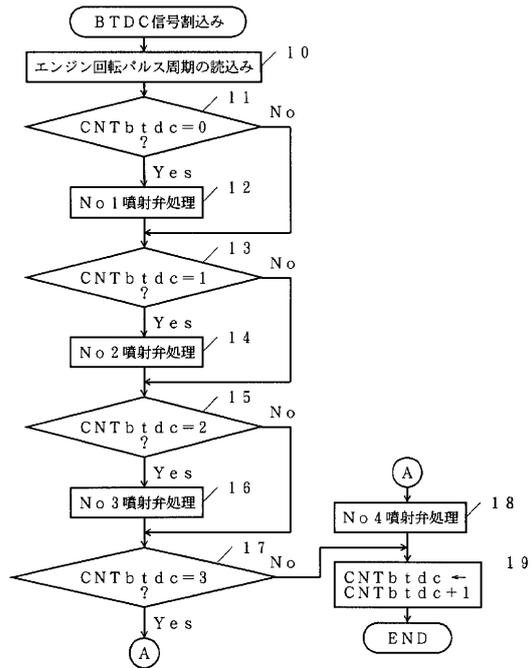
【 図 2 】



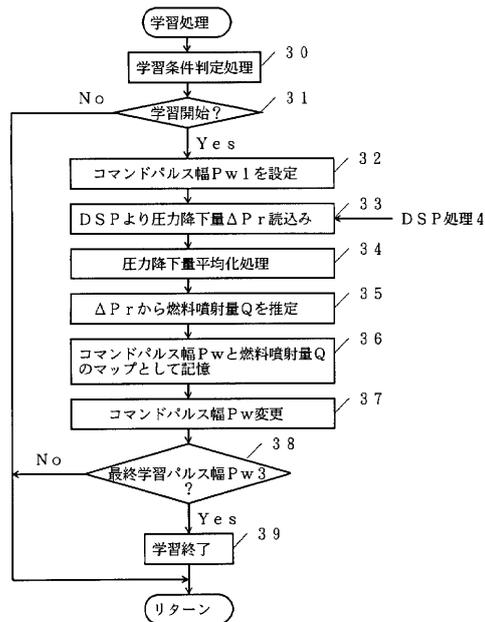
【 図 4 】



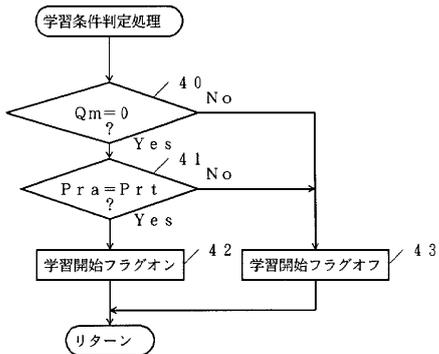
【 図 3 】



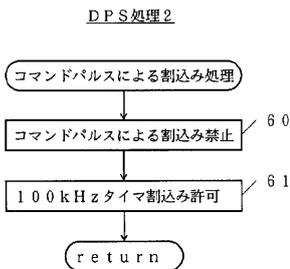
【 図 5 】



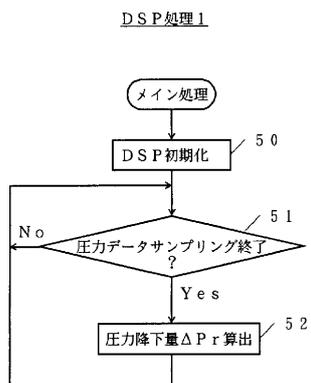
【 図 6 】



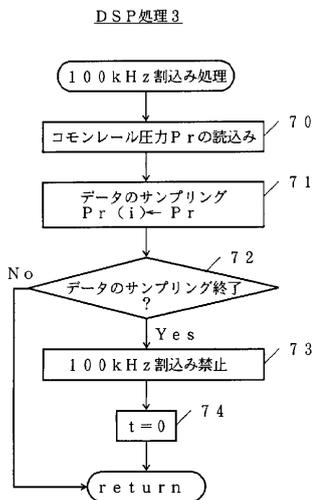
【 図 8 】



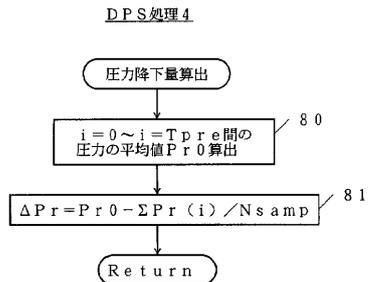
【 図 7 】



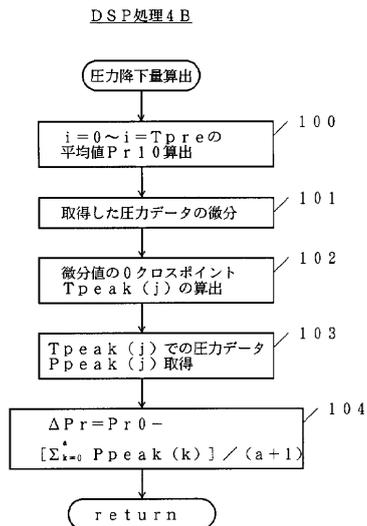
【 図 9 】



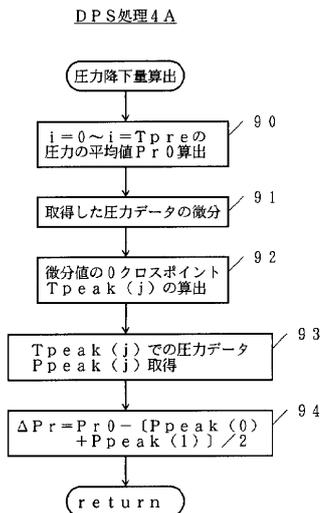
【 図 10 】



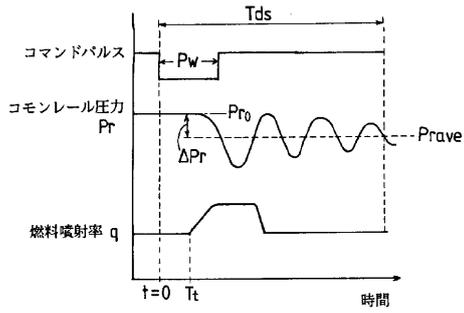
【 図 12 】



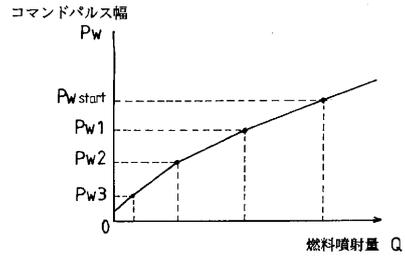
【 図 11 】



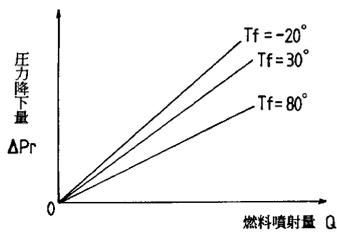
【 図 1 3 】



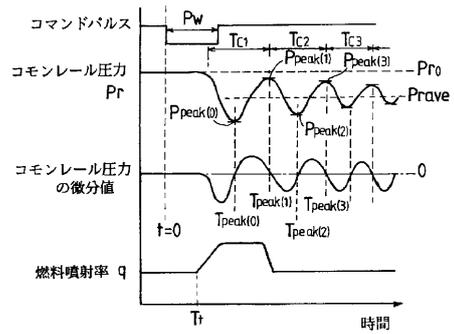
【 図 1 5 】



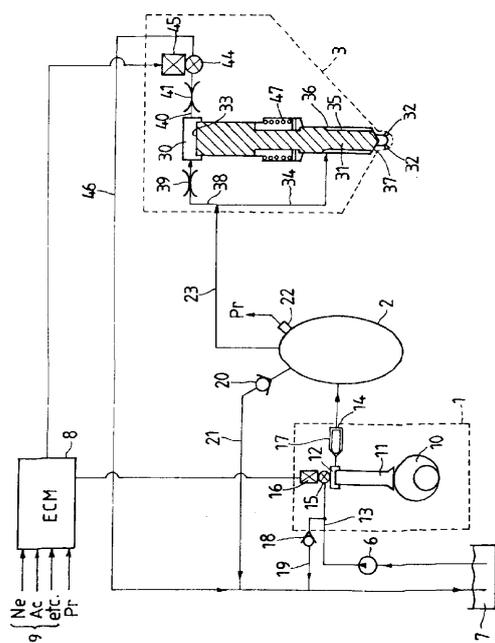
【 図 1 4 】



【 図 1 6 】



【 図 1 7 】



## フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I  
**F 0 2 M 37/08 (2006.01)** F 0 2 M 37/08 A  
**F 0 2 M 65/00 (2006.01)** F 0 2 M 65/00 3 0 4

(56) 参考文献 特開平 1 1 - 0 3 6 9 4 2 ( J P , A )  
特開平 1 1 - 1 0 1 1 4 9 ( J P , A )  
特開昭 6 2 - 1 8 6 0 3 4 ( J P , A )  
特開平 1 1 - 2 4 7 7 0 3 ( J P , A )

(58) 調査した分野(Int.Cl. , DB名)

F02D 41/14

F02D 41/04

F02D 41/38

F02D 41/40

F02D 45/00

F02M 37/08

F02M 65/00