

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4492664号
(P4492664)

(45) 発行日 平成22年6月30日(2010.6.30)

(24) 登録日 平成22年4月16日(2010.4.16)

(51) Int.Cl.		F I		
FO2D 45/00	(2006.01)	FO2D 45/00	364N	
FO2D 41/38	(2006.01)	FO2D 41/38	A	
FO2M 65/00	(2006.01)	FO2M 65/00	302	

請求項の数 10 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2007-255355 (P2007-255355)	(73) 特許権者	000004260
(22) 出願日	平成19年9月28日 (2007.9.28)		株式会社デンソー
(65) 公開番号	特開2009-85084 (P2009-85084A)		愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(43) 公開日	平成21年4月23日 (2009.4.23)	(74) 代理人	100121821
審査請求日	平成21年1月9日 (2009.1.9)		弁理士 山田 強
		(72) 発明者	中田 謙一郎
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内
		(72) 発明者	石塚 康治
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内
		審査官	小原 一郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料供給量推定装置及び燃料圧送噴射システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

燃料を圧送する燃料ポンプ、前記圧送された燃料を噴射する燃料噴射弁、及び前記燃料噴射弁に供給される燃料の圧力を検出する燃圧センサを備え、前記燃料噴射弁を複数備えた多気筒内燃機関の燃料噴射システムに適用され、

前記燃圧センサの検出圧力の変動波形を取得する変動波形取得手段と、

前記変動波形取得手段により取得された前記変動波形のうち、前記燃料ポンプからの燃料圧送に伴い前記検出圧力が基準値に対して上昇している部分の波形に基づき、前記燃料噴射弁に供給された燃料の供給量を推定する供給量推定手段と、
を備え、

前記燃圧センサは、複数の前記燃料噴射弁の各々に対して設けられており、

前記供給量推定手段は、噴射気筒でない非噴射気筒に対応する前記燃圧センサの検出圧力の変動波形に基づいて、前記推定を実行することを特徴とする燃料供給量推定装置。

【請求項2】

前記変動波形のうち、前記検出圧力を1階微分して得られる微分値が第1閾値より大きくなるよう変化した変化点を、前記燃料圧送に伴う前記検出圧力の上昇開始時期として検出する上昇開始検出手段を備え、

前記変動波形のうち前記変化点以降の部分の波形を、前記推定に用いる波形とすることを特徴とする請求項1に記載の燃料供給量推定装置。

【請求項3】

前記上昇開始検出手段は、前記検出圧力の変動幅が所定値以下となる圧力安定状態が一定時間継続した直後に出現した前記変化点を、前記上昇開始時期として検出することを特徴とする請求項 2 に記載の燃料供給量推定装置。

【請求項 4】

前記変動波形のうち、前記検出圧力を 1 階微分して得られる微分値が第 2 閾値より小さくなるよう変化した変化点を、前記燃料圧送に伴う前記検出圧力の上昇終了時期として検出する上昇終了検出手段を備え、

前記変動波形のうち前記変化点以前の部分の波形を、前記推定に用いる波形とすることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載の燃料供給量推定装置。

【請求項 5】

前記上昇終了検出手段は、前記検出圧力の変動幅が所定値以下となる圧力安定状態が一定時間継続した直前に出現した前記変化点を、前記上昇終了時期として検出することを特徴とする請求項 4 に記載の燃料供給量推定装置。

【請求項 6】

前記燃料ポンプからの燃料圧送がなされていない時の前記変動波形を、前記基準値となるプロトタイプ波形として予め記憶させておき、

前記変動波形取得手段により取得された前記変動波形のうち前記プロトタイプ波形から逸れた部分の波形を、前記推定に用いる波形とすることを特徴とする請求項 1 に記載の燃料供給量推定装置。

【請求項 7】

前記燃料ポンプからの燃料圧送がなされていない時の前記変動波形が、前記基準値となるプロトタイプ波形として予め記憶され、

前記供給量推定手段は、前記変動波形取得手段により取得された前記変動波形から前記プロトタイプ波形を減算して得られた面積を算出し、当該面積を前記供給量として推定することを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 つに記載の燃料供給量推定装置。

【請求項 8】

前記燃料噴射弁から噴射される燃料の目標噴射量を、前記供給量推定手段により推定された燃料供給量に応じて可変設定することを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 つに記載の燃料供給量推定装置。

【請求項 9】

前記供給量推定手段により推定された燃料供給量が、前記燃料噴射弁に供給される燃料の目標供給量に近づくよう、前記燃料通路に備えられた減圧弁及び前記燃料ポンプの少なくとも一方をフィードバック制御することを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 つに記載の燃料供給量推定装置。

【請求項 10】

請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 つに記載の燃料供給量推定装置と、
燃料を圧送する燃料ポンプ、前記圧送された燃料を噴射する燃料噴射弁、及び前記燃料噴射弁に供給される燃料の圧力を検出する燃圧センサの少なくとも 1 つと、
を備えることを特徴とする燃料圧送噴射システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃料噴射弁に供給された燃料の供給量を推定する燃料供給量推定装置、及びその装置を備えた燃料圧送噴射システムに関する。

【背景技術】

【0002】

燃料ポンプにより圧送された燃料を燃料噴射弁から噴射する燃料噴射システムにおいて、特許文献 1 には、燃料噴射弁に供給される燃料の圧力を検出する燃圧センサをコモンレールに配置し、燃圧センサの検出圧力が目標圧力に近づくよう、燃料噴射システムを構成する各種機器（例えば燃料ポンプ、減圧弁等）の作動をフィードバック制御する旨が開示

10

20

30

40

50

されている。

【特許文献1】特開平10-220272号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

ここで、本発明者らの知見によれば、燃料噴射弁に供給された燃料の実際の供給量は、燃料噴射システムを高精度に制御する上で重要なパラメータとなる。例えば、前記供給量に基づき上記各種機器の作動指令値を算出又は補正すれば、それらの機器を高精度に制御することができる。

【0004】

これに対し特許文献1には、上記フィードバック制御に関する記載はあるものの、本発明者らによる上記知見は記載されておらず、それ故に、前記供給量を取得するための構成は記載されていない。したがって従来の燃料噴射システムには、当該システムを高精度に制御する改善の余地がある。

【0005】

本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、その目的は、燃料噴射弁に供給された燃料の供給量を推定する燃料供給量推定装置を新規に提供することで、燃料噴射システムの制御精度向上を図ることにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

以下、上記課題を解決するための手段、及びその作用効果について記載する。

【0007】

請求項1記載の発明では、燃料を圧送する燃料ポンプ、前記圧送された燃料を噴射する燃料噴射弁、及び前記燃料噴射弁に供給される燃料の圧力を検出する燃圧センサを備え、前記燃料噴射弁を複数備えた多気筒内燃機関の燃料噴射システムに適用され、前記燃圧センサの検出圧力の変動波形を取得する変動波形取得手段と、前記変動波形取得手段により取得された前記変動波形のうち、前記燃料ポンプからの燃料圧送に伴い前記検出圧力が基準値に対して上昇している部分の波形に基づき、前記燃料噴射弁に供給された燃料の供給量を推定する供給量推定手段と、を備え、前記燃圧センサは、複数の前記燃料噴射弁の各々に対して設けられており、前記供給量推定手段は、噴射気筒でない非噴射気筒に対応する前記燃圧センサの検出圧力の変動波形に基づいて、前記推定を実行することを特徴とする。

【0008】

本発明者らは、燃圧センサの検出圧力の変動波形は、燃料ポンプからの燃料圧送に伴い検出圧力が基準値に対して上昇するよう変化することに着目した。しかもその上昇量は、燃料供給量に応じた量となる。この点に鑑みた上記請求項1記載の発明によれば、燃圧センサの検出圧力の変動波形を取得し、その取得した変動波形のうち燃料圧送に伴い検出圧力が基準値（例えば図8中の符号L2, L4に示す波形、又は図9中の符号L5に示す直線）に対して上昇している部分の波形（例えば図8中の符号L1, L3に示す波形）に基づき、燃料供給量が推定される。したがって、燃料供給量を推定する燃料供給量推定装置を新規に提供することができる。そして、推定された燃料供給量を用いて、燃料ポンプや燃料噴射弁等のシステム構成機器を制御すれば、燃料噴射システムを高精度で制御できる。

【0009】

さらに、請求項1記載の発明では、前記供給量推定手段が推定に用いる前記変動波形は、前記燃料噴射弁から燃料が噴射されていない時に取得された波形（図8中の符号L3にて例示される波形）であると言える。ここで、この発明に反して燃料噴射時に取得された変動波形（図8中の符号L1にて例示される波形）は、燃料噴射に伴い生じる検出圧力の減少分と、燃料圧送に伴い生じる上昇分とが合成された波形となる。よって、取得された変動波形（合成された波形）から前記上昇分のみを抽出して燃料供給量を推定しなければ

10

20

30

40

50

ならない。これに対し上記請求項1記載の発明によれば、推定に用いる変動波形には燃料噴射に伴い生じる検出圧力の減少分が含まれていないので、精度良く燃料供給量を推定することができる。

【0010】

なお、前記燃料通路に減圧弁が備えられている燃料噴射システムに適用した場合において、減圧弁を作動させて燃料をリークさせている時に取得された変動波形は、リークに伴い生じる検出圧力の減少分と、燃料圧送に伴い生じる上昇分とが合成された波形となる。よって、取得された変動波形（合成された波形）から前記上昇分のみを抽出して燃料供給量を推定しなければならない。そこで、減圧弁を備えた燃料噴射システムに適用した場合においては、供給量推定手段が推定に用いる変動波形は、減圧弁により燃料をリークさせていない時に取得された波形であることが望ましい。

10

【0011】

さらに、請求項1記載の発明では、前記燃料噴射弁を複数備えた多気筒内燃機関の燃料噴射システムに適用され、前記燃圧センサは、複数の前記燃料噴射弁の各々に対して設けられており、前記供給量推定手段は、噴射気筒でない非噴射気筒に対応する前記燃圧センサの検出圧力の変動波形に基づいて、前記推定を実行することを特徴とする。

【0013】

ここで、単気筒の内燃機関の場合に「燃料噴射弁から燃料が噴射されていない時に取得された波形」を用いようとすると、燃料噴射時における燃料供給量の推定値を得ることができないため、燃料供給量の推定値を連続的に得ることができない。これに対し、多気筒内燃機関に適用した上記請求項1記載の発明によれば、ある気筒が燃料噴射中である時には、非噴射気筒について変動波形を取得して燃料供給量を推定できる。よって、燃料供給量の推定値を連続的に得ることができる。

20

【0014】

なお、燃料噴射弁が複数備えられていることを前提とする、請求項1に記載の「燃料噴射弁に供給された燃料の供給量」とは、複数の燃料噴射弁全てに対して供給された総量のことを意味する。

【0015】

請求項2記載の発明では、前記変動波形のうち、前記検出圧力を1階微分して得られる微分値が第1閾値より大きくなるよう変化した変化点を、前記燃料圧送に伴う前記検出圧力の上昇開始時期として検出する上昇開始検出手段を備え、前記変動波形のうち前記変化点以降の部分の波形を、前記推定に用いる波形とすることを特徴とする。これによれば、変動波形の単なる脈動を前記変化点として誤検出するおそれを低減できるので、取得された変動波形から推定に用いる波形（燃料圧送に伴い検出圧力が基準値に対して上昇している部分の波形）を精度良く抽出することができるので、推定精度を向上できる。

30

【0016】

請求項3記載の発明では、前記上昇開始検出手段は、前記検出圧力の変動幅が所定値以下となる圧力安定状態が一定時間継続した直後に出現した前記変化点を、前記上昇開始時期として検出することを特徴とする。これによれば、実際の上昇開始時期の後に出現する前記変化点を上昇開始時期であると誤検出するおそれを低減できる。よって、推定に用いる波形の開始点（上昇開始時期）を精度良く検出でき、ひいては燃料供給量の推定精度を向上できる。

40

【0017】

請求項4記載の発明では、前記変動波形のうち、前記検出圧力を1階微分して得られる微分値が第2閾値より小さくなるよう変化した変化点を、前記燃料圧送に伴う前記検出圧力の上昇終了時期として検出する上昇終了検出手段を備え、前記変動波形のうち前記変化点以前の部分の波形を、前記推定に用いる波形とすることを特徴とする。これによれば、変動波形の単なる脈動を前記変化点として誤検出するおそれを低減できるので、取得された変動波形から推定に用いる波形（燃料圧送に伴い検出圧力が基準値に対して上昇している部分の波形）を精度良く抽出することができるので、推定精度を向上できる。

50

【0018】

請求項5記載の発明では、前記上昇終了検出手段は、前記検出圧力の変動幅が所定値以下となる圧力安定状態が一定時間継続する直前に出現した前記変化点を、前記上昇終了時期として検出することを特徴とする。これによれば、実際の上昇終了時期の前に出現する前記変化点を上昇終了時期であると誤検出するおそれを低減できる。よって、推定に用いる波形の終了点（上昇終了時期）を精度良く検出でき、ひいては燃料供給量の推定精度を向上できる。

【0019】

請求項6記載の発明では、前記燃料ポンプからの燃料圧送がなされていない時の前記変動波形を、前記基準値となるプロトタイプ波形（例えば図8中の符号L2, L4に示す波形）として予め記憶させておき、前記変動波形取得手段により取得された前記変動波形のうち前記プロトタイプ波形から逸れた部分の波形を、前記推定に用いる波形とすることを特徴とする。これによれば、請求項2記載の上昇開始検出手段や請求項4記載の上昇終了検出手段を用いることなく、取得された変動波形から推定に用いる波形（燃料圧送に伴い検出圧力が基準値に対して上昇している部分の波形）を抽出できる。

10

【0020】

請求項7記載の発明では、前記燃料ポンプからの燃料圧送がなされていない時の前記変動波形が、前記基準値となるプロトタイプ波形（例えば図8中の符号L2, L4に示す波形）として予め記憶され、前記供給量推定手段は、前記変動波形取得手段により取得された前記変動波形から前記プロトタイプ波形を減算して得られた面積を算出し、当該面積を前記供給量として推定することを特徴とする。

20

【0021】

ここで、燃料噴射時に取得された変動波形を用いて供給量として推定する場合には、先述の如く、燃料噴射に伴い生じる検出圧力の減少分と燃料圧送に伴い生じる上昇分とが合成された変動波形となる。このような場合であっても上記請求項7記載の発明によれば、取得された変動波形（合成された波形）からプロトタイプ波形を減算して得られた面積を供給量として推定するので、燃料噴射時に取得された変動波形を用いた場合であっても燃料供給量を推定できる。

【0022】

また、燃料が噴射されていない時に取得された変動波形を用いて供給量として推定する場合においては、燃料圧送がなされていない時の変動波形は略一定の値に安定するので、基準値（プロトタイプ波形）を脈動しない一定の値（直線）とみなして供給量を推定することもできる。しかしながら、燃料圧送がなされていない時であっても変動波形は実際には僅かに脈動する。これに対し上記請求項7記載の発明によれば、実際に生じ得る脈動をプロトタイプ波形として記憶させることができるので、推定に用いる変動波形から前記脈動を減算して供給量を推定する。よって、高精度に燃料供給量を推定できる。

30

【0023】

上述の如く推定された燃料供給量を燃料噴射システムの制御に用いる具体例として、以下の例が挙げられる。すなわち、請求項8記載の発明では、前記燃料噴射弁から噴射される燃料の目標噴射量を、前記供給量推定手段により推定された燃料供給量に応じて可変設定することを特徴とする。請求項9記載の発明では、前記供給量推定手段により推定された燃料供給量が前記燃料噴射弁に供給される燃料の目標供給量に近づくよう、前記燃料通路に備えられた減圧弁及び前記燃料ポンプの少なくとも一方をフィードバック制御することを特徴とする。このように燃料供給量を燃料噴射弁、減圧弁及び燃料ポンプの制御に用いるので、特許文献1の如く実際の燃料供給量を用いることなく制御する場合に比べて、燃料噴射システムを高精度に制御できる。

40

【0024】

請求項10記載の発明は、上記燃料供給量推定装置と、燃料を圧送する燃料ポンプ、前記圧送された燃料を噴射する燃料噴射弁、及び前記燃料噴射弁に供給される燃料の圧力を検出する燃圧センサの少なくとも1つと、を備えることを特徴とする燃料圧送噴射システ

50

ムである。この燃料噴射システムによれば、上述の各種効果を同様に発揮することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

以下、本発明に係る燃料噴射装置及び燃料噴射システムを具体化した各実施形態について図面を参照しつつ説明する。なお、以下に説明する各実施形態の装置は、例えば4輪自動車用エンジン（内燃機関）を対象にするコモンレール式燃料噴射システムに搭載されており、ディーゼルエンジンのエンジンシリンダ内の燃焼室に直接的に高圧燃料（例えば噴射圧力「1000気圧」以上の軽油）を噴射供給（直噴供給）する際に用いられる。

【0026】

（第1実施形態）

はじめに、図1を参照して、本実施形態に係るコモンレール式燃料噴射システム（車載エンジンシステム）の概略について説明する。なお、本実施形態では多気筒（例えば直列4気筒）エンジンを想定している。詳しくは、4ストロークのレシプロ式ディーゼルエンジン（内燃機関）である。このエンジンでは、吸排気弁のカム軸に設けられた気筒判別センサ（電磁ピックアップ）にてその時の対象シリンダが逐次判別され、4つのシリンダ#1～#4について、それぞれ吸入・圧縮・燃焼・排気の4行程による1燃焼サイクルが「720°CA」周期で、詳しくは例えば各シリンダ間で「180°CA」ずらしてシリンダ#1, #3, #4, #2の順に逐次実行される。図中のインジェクタ20（燃料噴射弁）は、燃料タンク10側から、それぞれシリンダ#1, #2, #3, #4用のインジェクタである。

【0027】

燃料供給系を構成する諸々の装置は、燃料上流側から、燃料タンク10、燃料ポンプ11、コモンレール12、及びインジェクタ20の順に配設されている。このうち、燃料タンク10と燃料ポンプ11とは、燃料フィルタ10bを介して配管10aにより接続されている。燃料タンク10は、対象エンジンの燃料（軽油）を溜めておくためのタンク（容器）である。

【0028】

同図1に示されるように、このシステムは、大きくは、ECU（電子制御ユニット）30が、各種センサからのセンサ出力（検出結果）を取り込み、それら各センサ出力に基づいて燃料供給系を構成するインジェクタ20及び燃料ポンプ11等の各装置の駆動を制御するように構成されている。

【0029】

燃料ポンプ11は、高圧ポンプ11a及び低圧ポンプ11bを有し、低圧ポンプ11bによって上記燃料タンク10から汲み上げられた燃料を、高圧ポンプ11aにて加圧して吐出するように構成されている。そして、高圧ポンプ11aに送られる燃料圧送量、ひいては燃料ポンプ11の燃料吐出量は、燃料ポンプ11の燃料吸入側に設けられた吸入調整弁（SCV: Suction Control Valve）11cによって調量されるようになっている。すなわち、この燃料ポンプ11では、吸入調整弁11c（例えば非通電時に開弁するノーマリオン型の調整弁）の駆動電流量（ひいては弁開度）を調整することで、同ポンプ11からの燃料吐出量を所望の値に制御することができるようになっている。

【0030】

燃料ポンプ11を構成する2種のポンプのうち、低圧ポンプ11bは、例えばトロコイド式のフィードポンプとして構成されている。これに対し、高圧ポンプ11aは、例えばプランジャポンプからなり、図示しない偏心カムにて所定のプランジャ（例えば3本のプランジャ）をそれぞれ軸方向に往復動させることにより加圧室に送られた燃料を逐次所定のタイミングで圧送するように構成されている。いずれのポンプも、駆動軸11dによって駆動されるものである。ちなみにこの駆動軸11dは、対象エンジンの出力軸であるクランク軸41に連動し、例えばクランク軸41の1回転に対して「1/1」又は「1/2」等の比率で回転するようになっている。すなわち、上記低圧ポンプ11b及び高圧ポン

10

20

30

40

50

プ 1 1 a は、対象エンジンの出力によって駆動される。

【 0 0 3 1 】

こうした燃料ポンプ 1 1 により燃料タンク 1 0 から燃料フィルタ 1 0 b を介して汲み上げられた燃料は、コモンレール 1 2 へ加圧供給（圧送）される。そして、コモンレール 1 2 は、その燃料ポンプ 1 1 から圧送された燃料を高圧状態で蓄えてこれを、シリンダ毎に設けられた高圧配管 1 4 を通じて、各シリンダ # 1 ~ # 4 のインジェクタ 2 0 へそれぞれ分配供給する。これらインジェクタ 2 0（# 1）~（# 4）の燃料排出口 2 1 は、それぞれ余分な燃料を燃料タンク 1 0 へ戻すための配管 1 8 とつながっている。また、コモンレール 1 2 と高圧配管 1 4 との間には、コモンレール 1 2 から高圧配管 1 4 に流れる燃料の圧力脈動を減衰させるオリフィス 1 2 a（燃料脈動軽減手段）が備えられている。

10

【 0 0 3 2 】

コモンレール 1 2 には減圧弁 1 2 b が備えられており、ECU 3 0 により減圧弁 1 2 b が開弁するよう制御されると、コモンレール 1 2 にて蓄圧された燃料の一部が配管 1 8 を通じて燃料タンク 1 0 へ戻される。よって、コモンレール 1 2 内の燃圧が減圧されることとなる。なお、減圧弁 1 2 b を廃止して、減圧させたい場合にはインジェクタ 2 0 を空打ち作動させるように構成してもよい。前記空打ち作動とは、ソレノイド 2 0 b へ短時間通電させることにより、噴射孔 2 0 f からの燃料噴射を行うことなく燃料排出口 2 1 から燃料タンク 1 0 に燃料を戻す作動のことである。

【 0 0 3 3 】

図 2 に、上記インジェクタ 2 0 の詳細構造を示す。なお、上記 4 つのインジェクタ 2 0（# 1）~（# 4）は基本的には同様の構造（例えば図 2 に示す構造）となっている。いずれのインジェクタ 2 0 も、燃焼用のエンジン燃料（燃料タンク 1 0 内の燃料）を利用した油圧駆動式の燃料噴射弁であり、燃料噴射に際しての駆動動力の伝達が油圧室 C d（制御室）を介して行われる。同図 2 に示されるように、このインジェクタ 2 0 は、非通電時に閉弁状態となるノーマリクローズ型の燃料噴射弁として構成されている。

20

【 0 0 3 4 】

インジェクタ 2 0 のハウジング 2 0 e に形成された燃料流入口 2 2 には、コモンレール 1 2 から送られてくる高圧燃料が流入し、流入した高圧燃料の一部は油圧室 C d に流入し、他は噴射孔 2 0 f に向けて流れる。油圧室 C d には制御弁 2 3 により開閉されるリーク孔 2 4 が形成されており、制御弁 2 3 によりリーク孔 2 4 が開放されると、油圧室 C d の燃料はリーク孔 2 4 から燃料排出口 2 1 を経て燃料タンク 1 0 に戻される。

30

【 0 0 3 5 】

このインジェクタ 2 0 の燃料噴射に際しては、二方電磁弁を構成するソレノイド 2 0 b に対する通電状態（通電 / 非通電）に応じて制御弁 2 3 を作動させることで、油圧室 C d の密閉度合、ひいては同油圧室 C d の圧力（ニードル弁 2 0 c の背圧に相当）が増減される。そして、その圧力の増減により、スプリング 2 0 d（コイルばね）の伸張力に従って又は抗して、ニードル弁 2 0 c がハウジング 2 0 e 内を往復動（上下）することで、噴射孔 2 0 f（必要な数だけ穿設）までの燃料供給通路 2 5 が、その中途（詳しくは往復動に基づきニードル弁 2 0 c が着座又は離座するテーパ状のシート面）で開閉される。

【 0 0 3 6 】

40

ここで、ニードル弁 2 0 c の駆動制御は、オンオフ制御を通じて行われる。すなわち、ニードル弁 2 0 c の駆動部（上記二方電磁弁）には、ECU 3 0 からオンオフを指令するパルス信号（通電信号）が送られる。そして、パルスオン（又はオフ）によりニードル弁 2 0 c がリフトアップして噴射孔 2 0 f が開放され、パルスオフ（又はオン）によりリフトダウンして噴射孔 2 0 f が閉塞される。

【 0 0 3 7 】

ちなみに、上記油圧室 C d の増圧処理は、コモンレール 1 2 からの燃料供給によって行われる。他方、油圧室 C d の減圧処理は、ソレノイド 2 0 b への通電により制御弁 2 3 を作動させてリーク孔 2 4 を開放させることによって行われる。これにより、当該インジェクタ 2 0 と燃料タンク 1 0 とを接続する配管 1 8（図 1）を通じてその油圧室 C d 内の燃

50

料が上記燃料タンク 10 へ戻される。つまり、油圧室 C d 内の燃料圧力を制御弁 23 の開閉作動により調整することで、噴射孔 20 f を開閉するニードル弁 20 c の作動が制御される。

【0038】

このように、上記インジェクタ 20 は、弁本体（ハウジング 20 e）内部での所定の往復動作に基づいて噴射孔 20 f までの燃料供給通路 25 を開閉（開放・閉鎖）することにより当該インジェクタ 20 の開弁及び閉弁を行うニードル弁 20 c を備える。そして、非駆動状態では、定常的に付与される閉弁側への力（スプリング 20 d による伸張力）でニードル弁 20 c が閉弁側へ変位するとともに、駆動状態では、駆動力が付与されることにより上記スプリング 20 d の伸張力に抗してニードル弁 20 c が開弁側へ変位する。そしてこの際、それら非駆動状態と駆動状態とでは、ニードル弁 20 c のリフト量が略対称に変化する。

10

【0039】

インジェクタ 20 には、燃料圧力を検出する燃圧センサ 20 a（図 1 も併せ参照）が取り付けられている。具体的には、ハウジング 20 e に形成された燃料流入口 22 と高圧配管 14 とを治具 20 j で連結させ、この治具 20 j に燃圧センサ 20 a を取り付けしている。なお、インジェクタ 20 を製造工場から出荷する段階では、治具 20 j、燃圧センサ 20 a 及び後述の IC メモリ 26（図 1 及び図 4 参照）がインジェクタ 20 に取り付けられた状態で出荷される。

【0040】

このようにインジェクタ 20 の燃料流入口 22 に燃圧センサ 20 a を取り付けすることで、燃料流入口 22 における燃料圧力（インレット圧）の随時の検出が可能とされている。具体的には、この燃圧センサ 20 a の出力により、当該インジェクタ 20 の噴射動作に伴う燃料圧力の変動パターンや、燃料圧力レベル（安定圧力）、燃料噴射圧力等を検出（測定）することができる。

20

【0041】

燃圧センサ 20 a は、複数のインジェクタ 20（#1）～（#4）の各々に対して設けられている。そして、これら燃圧センサ 20 a の出力に基づいて、所定の噴射について、インジェクタ 20 の噴射動作に伴う燃料圧力の変動パターンを高い精度で検出することができるようになっている。

30

【0042】

また、図示しない車両（例えば 4 輪乗用車又はトラック等）には、上記各センサの他にもさらに、車両制御のための各種のセンサが設けられている。例えば対象エンジンの出力軸であるクランク軸 41 の外周側には、所定クランク角毎に（例えば 30° C A 周期で）クランク角信号を出力するクランク角センサ 42（例えば電磁ピックアップ）が、同クランク軸 41 の回転角度位置や回転速度（エンジン回転速度）等を検出するために設けられている。また、アクセルペダルの状態（変位量）に応じた電気信号を出力するアクセルセンサ 44 が、運転者によるアクセルペダルの操作量（踏み込み量）を検出するために設けられている。

【0043】

こうしたシステムの中で、本実施形態の燃料噴射装置として機能するとともに、電子制御ユニットとして主体的にエンジン制御を行う部分が ECU 30 である。この ECU 30（エンジン制御用 ECU）は、周知のマイクロコンピュータ（図示略）を備えて構成され、上記各種センサの検出信号に基づいて対象エンジンの運転状態やユーザの要求を把握し、それに応じて上記吸入調整弁 11 c やインジェクタ 20 等の各種アクチュエータを操作することにより、その時々状況に応じた最適な態様で上記エンジンに係る各種の制御を行っている。

40

【0044】

また、この ECU 30 に搭載されるマイクロコンピュータは、各種の演算を行う CPU（基本処理装置）、その演算途中のデータや演算結果等を一時的に記憶するメインメモリ

50

としてのRAM、プログラムメモリとしてのROM、データ保存用メモリとしてのEEPROM、バックアップRAM(ECU30の主電源停止後も車載バッテリー等のバックアップ電源により常時給電されているメモリ)等を備えて構成されている。そして、ROMには、当該燃料噴射制御に係るプログラムを含めたエンジン制御に係る各種のプログラムや制御マップ等が、またデータ保存用メモリ(例えばEEPROM)には、対象エンジンの設計データをはじめとする各種の制御データ等が、それぞれ予め格納されている。

【0045】

本実施形態では、ECU30が、随時入力される各種のセンサ出力(検出信号)に基づいて、その時に出力軸(クランク軸41)に生成すべきトルク(要求トルク)、ひいてはその要求トルクを満足するための燃料噴射量を算出する。こうして、インジェクタ20の燃料噴射量を可変設定することで、各シリンダ内(燃焼室)での燃料燃焼を通じて生成されるトルク(生成トルク)、ひいては実際に出力軸(クランク軸41)へ出力される軸トルク(出力トルク)を制御する(要求トルクへ一致させる)ようになっている。

10

【0046】

すなわち、このECU30は、例えば時々のエンジン運転状態や運転者によるアクセルペダルの操作量等に応じた燃料噴射量を算出し、所望の噴射時期に同期して、その燃料噴射量での燃料噴射を指示する噴射制御信号(駆動量)を上記インジェクタ20へ出力する。そしてこれにより、すなわち同インジェクタ20の駆動量(例えば開弁時間)に基づいて、対象エンジンの出力トルクが目標値へ制御されることになる。

【0047】

20

なお周知のように、ディーゼルエンジンにおいては、定常運転時、新気量増大やポンピングロス低減等の目的で、同エンジンの吸気通路に設けられた吸気絞り弁(スロットル弁)が略全開状態に保持される。したがって、定常運転時の燃焼制御(特にトルク調整に係る燃焼制御)としては燃料噴射量のコントロールが主となっている。

【0048】

以下、図3~図7を参照して、本実施形態に係る燃料噴射制御等の基本的な処理手順について説明する。なお、これらの図3~図6の処理において用いられる各種パラメータの値は、例えばECU30に搭載されたRAMやEEPROM、あるいはバックアップRAM等の記憶装置に随時記憶され、必要に応じて随時更新される。そして、これら各図の一連の処理は、基本的には、ECU30でROMに記憶されたプログラムに基づき実行される。

30

【0049】

図3の処理は、対象エンジンの各シリンダについてそれぞれ1燃焼サイクルにつき1回の頻度で実行される。この一連の処理においては、先ずステップS11で、所定のパラメータ、例えばその時のエンジン回転速度(クランク角センサ42による実測値)及び燃料圧力(燃圧センサ20aによる実測値)、さらには運転者によるその時のアクセル操作量(アクセルセンサ44による実測値)等を読み込む。

【0050】

続くステップS12では、上記ステップS11で読み込んだ各種パラメータに基づいて噴射パターンを設定する。例えば単段噴射の場合にはその噴射の目標噴射量(噴射時間)が、また多段噴射の噴射パターンの場合にはトルクに寄与する各噴射の目標総噴射量(目標総噴射時間)が、それぞれ上記出力軸(クランク軸41)に生成すべきトルク(要求トルク、いわばその時のエンジン負荷に相当)に応じて可変設定される。そして、その噴射パターンに基づいて、上記インジェクタ20に対する指令値(指令信号)が設定されることになる。これにより、車両の状況等に応じて、前述したパイロット噴射、プレ噴射、アフタ噴射、ポスト噴射等が適宜メイン噴射と共に実行されることになる。

40

【0051】

なお、この噴射パターンは、例えば上記ROMに記憶保持された所定のマップ(噴射制御用マップ、数式でも可)及び補正係数に基づいて取得される。詳しくは、例えば予め上記所定パラメータ(ステップS11)の想定される範囲について試験により最適噴射パ

50

ーン（適合値）を求め、その噴射制御用マップに書き込んでおく。ちなみに、この噴射パターンは、例えば噴射段数（1 燃焼サイクル中の噴射回数）、並びにそれら各噴射の噴射時期（噴射タイミング）及び噴射時間（噴射量に相当）等のパラメータにより定められるものである。こうして、上記噴射制御用マップは、それらパラメータと最適噴射パターンとの関係を示すものとなっている。

【 0 0 5 2 】

そして、この噴射制御用マップで取得された噴射パターンを、別途更新されている補正係数（例えば ECU 30 内の EEPROM に記憶）に基づいて補正する（例えば「設定値 = マップ上の値 / 補正係数」なる演算を行う）ことで、その時に噴射すべき噴射パターン、ひいてはその噴射パターンに対応した上記インジェクタ 20 に対する指令信号を得る。補正係数（厳密には複数種の係数のうちの所定の係数）は、別途の処理により内燃機関の運転中に逐次更新されている。

10

【 0 0 5 3 】

なお、上記噴射パターンの設定（ステップ S 1 2）には、同噴射パターンの要素（上記噴射段数等）毎に別々に設けられた各マップを用いるようにしても、あるいはこれら噴射パターンの各要素を幾つか（例えば全て）まとめて作成したマップを用いるようにしてもよい。

【 0 0 5 4 】

こうして設定された噴射パターン、ひいてはその噴射パターンに対応する指令値（指令信号）は、続くステップ S 1 3 で使用される。すなわち、同ステップ S 1 3 では、その指令値（指令信号）に基づいて（詳しくは上記インジェクタ 20 へその指令信号を出力して）、同インジェクタ 20 の駆動を制御する。そして、このインジェクタ 20 の駆動制御をもって、図 3 の一連の処理を終了する。

20

【 0 0 5 5 】

図 4 に示す一連の処理は、所定周期（例えば先述の CPU が行う演算周期）又は所定のクランク角度毎に実行される。この処理においては、インジェクタ 20 へ供給される燃料供給量が目標値となるよう、燃料ポンプ 1 1 等の作動をフィードバック制御する。なお、本実施形態ではフィードバックするパラメータを燃料供給量としているが、フィードバックするパラメータを燃料の圧力（インレット圧）とし、燃圧センサ 20 a の検出圧力が目標値（圧力指令値）となるよう、燃料ポンプ 1 1 等の作動をフィードバック制御してもよい。

30

【 0 0 5 6 】

図 4 に示す処理では、先ずステップ S 2 1 で、所定のパラメータ、例えばその時のエンジン回転速度（クランク角センサ 4 2 による実測値）、及びステップ S 1 2 にて算出した目標噴射量（又は目標総噴射量）等を読み込む。続くステップ S 2 2 では、上記ステップ S 2 1 で読み込んだ各種パラメータに基づいて、供給量の目標値 F_{trg} を設定する。例えば上記 ROM に記憶保持された所定のマップ（供給量制御用マップ、数式でも可）を用いて、エンジン回転速度及び目標噴射量に基づき設定される。詳しくは、例えば予め上記所定パラメータ（ステップ S 2 1）の想定される範囲について試験により最適供給量を求め、その供給量制御用マップに書き込んでおく。こうして、上記供給量制御用マップは、それらパラメータと最適供給量との関係を示すものとなっている。

40

【 0 0 5 7 】

続くステップ S 2 3 では、複数のインジェクタ 20 に供給される燃料の総量（以下、単に燃料供給量と呼ぶ）を取得する。この燃料供給量は、後述する図 7 ~ 図 9 の処理により算出された値である。なお、減圧弁 1 2 b を作動させていない状態においては、又は減圧弁 1 2 b を廃止した燃料噴射システムにおいては、前記燃料供給量は燃料ポンプ 1 1 の圧送量に相当する。

【 0 0 5 8 】

続くステップ S 2 4 では、ステップ S 2 2 にて設定した燃料供給量の目標値 F_{trg} と、ステップ S 2 3 にて取得した燃料供給量の推定値 F とを比較判定する。ステップ S 2 4 に

50

て推定値 $F < \text{目標値 } F_{\text{trg}}$ と判定された場合にはステップ S 2 5 に進み、燃料ポンプ 1 1 による燃料吐出量を増大させるよう制御する。具体的には、推定値 F と目標値 F_{trg} との偏差を算出し、当該偏差に応じて吸入調整弁 1 1 c の駆動電流量を調整することで、推定値 F が目標値 F_{trg} に近づくようフィードバック制御（例えば P I D 制御）する。

【 0 0 5 9 】

ステップ S 2 4 にて推定値 $F > \text{目標値 } F_{\text{trg}}$ と判定された場合にはステップ S 2 6 に進み、減圧弁 1 2 b を作動させてコモンレール 1 2 内の圧力を低減させることにより、複数のインジェクタ 2 0 へのインレット圧を低減させる。或いは、インジェクタ 2 0 を空打ち作動させることによりインレット圧を低減させる。

【 0 0 6 0 】

具体的には、推定値 F と目標値 F_{trg} との偏差を算出し、当該偏差に応じて減圧弁 1 2 b の作動時間、或いはインジェクタ 2 0 の空打ち作動時間を調整することで、推定値 F が目標値 F_{trg} に近づくようフィードバック制御（例えば P I D 制御）する。ステップ S 2 4 にて推定値 $F = \text{目標値 } F_{\text{trg}}$ と判定された場合、又はステップ S 2 5 , S 2 6 の処理が実行されると、図 4 の一連の処理を一旦終了する。

【 0 0 6 1 】

図 5 ~ 図 7 に示す一連の処理は、所定周期（例えば先述の C P U が行う演算周期）又は所定のクランク角度毎に実行され、図 4 のステップ S 2 3 で用いる燃料の供給量推定値 F を算出する。内燃機関が有する複数の気筒には各々のインジェクタ 2 0 から順次燃料が噴射されるが、図 5 ~ 図 7 の処理では、非噴射中のインジェクタ 2 0 に対応する燃圧センサ 2 0 a の検出圧力の変動波形（図 8 (d) 中の実線 L 3 に示す波形）を用いて燃料供給量推定値 F を算出する。また、図 5 ~ 図 7 の処理は、複数の燃圧センサ 2 0 a の各々について実施してもよいし、選択された燃圧センサ 2 0 a ののみについて実施するようにしてもよい。

【 0 0 6 2 】

ここで、上記算出に用いる変動波形について図 8 を用いて説明する。(a) にはインジェクタ 2 0 に対する噴射指令信号の推移が、(b) には噴射率の推移が、(c) には噴射気筒について燃圧センサ 2 0 a の検出圧力の推移（噴射圧送時の変動波形）が、(d) には非噴射気筒について燃圧センサ 2 0 a の検出圧力の推移（非噴射圧送時の変動波形）が、(e) にはポンプ圧送成分に相当する圧力値が、それぞれ示されている。

【 0 0 6 3 】

なお、(c) 及び (d) 中、一点鎖線 L 2 , L 4 で示される圧力波形は、ポンプ圧送成分の影響のない場合（圧送成分ゼロとした場合）の燃料圧力の推移である。そして、(c) 中の噴射圧送時の変動波形 L 1 は、インジェクタ 2 0 による燃料噴射と燃料ポンプ 1 1 による燃料圧送とが重複して行われた場合の波形であり、燃料噴射に伴い生じる検出圧力の減少成分（一点鎖線 L 2 に示す成分）と、燃料圧送に伴い生じる上昇成分（(e) に示す圧送成分と連動して上昇する成分）とが合成された波形である。

【 0 0 6 4 】

一方、(d) 中の実線 L 3 に示す非噴射圧送時の変動波形は、インジェクタ 2 0 が非噴射中であるため、燃料圧送に伴い生じる上昇成分（(e) に示す圧送成分と連動して上昇する成分）のみが現れている状態の波形である。図 9 (a) は、非噴射圧送時の変動波形 L 3 の詳細図であり、燃料圧送期間 T は検出圧力が上昇し、その前後の期間は検出圧力は略一定の値で安定している。

【 0 0 6 5 】

ちなみに、図 6 (c) に示す噴射時の変動波形 L 1 , L 2 は、図 6 (b) に示す噴射率の変化を推定するのに用いられ、推定した噴射率変化は、図 3 のステップ S 1 1 で用いる先述の噴射制御用マップの更新（学習）等に用いられる。噴射時の変動波形 L 1 , L 2 と噴射率の変化とは相関があるため、上述の如く噴射率の変化を推定することができる。

【 0 0 6 6 】

このような非噴射圧送時の変動波形 L 3 を用いて処理される図 5 のメイン処理では、先

10

20

30

40

50

ずステップS50で、非噴射圧送時の変動波形L3のうち燃料圧送期間Tの開始時期t1及び終了時期t2を検出する。当該ステップによるこれらの検出処理は、後述する図6及び図7のサブルーチン処理にて実行される。

【0067】

続くステップS70では、ステップS50にて検出された圧送開始時期t1及び終了時期t2の情報を用いて、変動波形L3のうち圧送開始時期t1から終了時期t2までの部分の波形を抽出する。なお、変動波形L3は、後述する図6のステップS51において微小間隔（例えば20μsec）で取得された検出圧力により描かれる波形である。

【0068】

ここで、図9(a)中の実線L5は、燃料圧送期間T以前に値が安定していた時の検出圧力の値が維持された場合を示す仮想直線であり、続くステップS80（供給量推定手段）では、抽出した波形と仮想直線L5とで囲まれる面積（図9(a)中の斜線を付した部分の面積）を算出する。つまり、変動波形L3に対し、圧送開始時期t1から終了時期t2までの区間において時々々の検出圧力の積分値を算出する。

【0069】

そして、このように算出された積分値が、燃料供給量の推定値Fに相当する。また、この変動波形L3が、減圧弁12bの作動等により燃料ポンプ11から燃圧センサ20aに至るまでの燃料経路においてリークが生じていない状態で取得された波形であれば、燃料供給量の推定値Fは燃料ポンプ11の圧送量に相当することとなる。

【0070】

次に、圧送開始時期t1及び終了時期t2を検出する図6及び図7のサブルーチン処理について説明する。

【0071】

先ずステップS51（変動波形取得手段）では、燃料噴射がされていない非噴射気筒に対応する燃圧センサ20aの検出圧力（非噴射圧送時の変動波形L3に係る圧力）を取得する。取得間隔は、該検出圧力の値で圧力推移波形の軌跡（つまり変動波形L3）が描かれる程度に短い間隔（図5の処理周期よりも短い間隔）にて逐次取得している。具体的には、50μsecよりも短い間隔（より望ましくは20μsec）で検出圧力を逐次取得する。つまり、本サブルーチン処理は、前記間隔の周期で繰り返し実行される。

【0072】

続くステップS52では、ステップS51にて取得した検出圧力の値を1階微分する演算を行う。図9(b)中の実線は、演算結果である1階微分値の推移を示す。続くステップS53では、圧送中フラグがオン状態となっているか否かを判定することにより、現時点が燃料圧送期間T中であるか否かを判定する。圧送中フラグがオフ状態であり燃料圧送期間T中でないと判定された場合（S53：NO）には、以降のステップS54～S60の処理にて燃料圧送の開始時期t1を検出し、圧送中フラグがオン状態であり燃料圧送期間T中であると判定された場合（S53：YES）には、図7に示すステップS61～S63の処理にて燃料圧送の終了時期t2を検出する。

【0073】

より具体的に説明すると、先ずステップS54では、ステップS52での演算結果である微分値が、図9(b)中の点線に示す閾値 t_{h1} 、 t_{h2} の範囲内であるか否かを判定する。範囲内であると判定された場合（S54：YES）には、その状態が一定時間T継続したか否かをステップS55にて判定する。微分値が閾値 t_{h1} 、 t_{h2} の範囲内である状態が一定時間T継続したと判定された場合（S55：YES）には、続くステップS56にて安定フラグをオンにする。

【0074】

一方、微分値が閾値 t_{h1} 、 t_{h2} の範囲外であると判定された場合（S54：NO）には、安定フラグがオン状態である（S57：YES）ことを条件として、続くステップS58（上昇開始検出手段）にて微分値が第1閾値を超えたか否かを判定する。第1閾値は閾値 t_{h2} 以上の値に設定する必要があり、本実施形態では、ステップS54で用いる

10

20

30

40

50

閾値 t_{h2} と同じ値に第 1 閾値を設定している。そして、微分値が第 1 閾値を超えたと判定された場合 (S 5 7 : Y E S) にはステップ S 5 9 (上昇開始検出手段) にて圧送開始を検出し、現時点が圧送開始時期 t_1 であるとの情報を取得する。

【 0 0 7 5 】

次に、圧送中フラグがオン状態であり燃料圧送期間 T 中であると判定された場合 (S 5 3 : Y E S) の図 7 の処理について説明すると、先ずステップ S 6 1 (上昇終了検出手段) において、ステップ S 5 2 での演算結果である微分値が、図 9 (b) 中の点線に示す閾値 t_{h3} , t_{h4} の範囲内であるか否かを判定する。範囲内であると判定された場合 (S 6 1 : Y E S) には、その状態が一定時間 T 継続したか否かをステップ S 6 2 にて判定する。

10

【 0 0 7 6 】

微分値が閾値 t_{h3} , t_{h4} の範囲内である状態が一定時間 T 継続したと判定された場合 (S 6 2 : Y E S) には、続くステップ S 6 3 (上昇終了検出手段) において、一定時間 T 継続直前の微分値の変化点を圧送終了として検出し、その変化点の時点が圧送終了時期 t_2 であるとの情報を取得する。前記変化点は、微分値が第 2 閾値を下回るよう変化した点であり、本実施形態では、ステップ S 6 1 で用いる閾値 t_{h4} と同じ値に第 2 閾値を設定している。なお、ステップ S 6 3 では、圧送終了の検出とともに、ステップ S 5 9 にてオン状態に設定された圧送中フラグをオフにする。

【 0 0 7 7 】

以上詳述した本実施形態によれば、以下の効果が得られるようになる。

20

【 0 0 7 8 】

(1) 本実施形態では、燃圧センサ 2 0 a の検出圧力を微小間隔 (例えば $20 \mu s e c$) で取得することで、その検出圧力により描かれる変動波形 L 3 を取得する (S 5 1)。取得した変動波形 L 3 に対し、圧送開始時期 t_1 から終了時期 t_2 までの区間において時々の検出圧力の積分値を算出し、算出した積分値を燃料供給量 F として推定する (S 8 0)。そして、推定した燃料供給量 F が目標供給量 F_{trg} に近づくよう、燃料ポンプ 1 1 の作動と、インジェクタ 2 0 の空打ち作動又は減圧弁 1 2 b の作動とをフィードバック制御するので、インジェクタ 2 0 への燃料供給量 (換言すればインジェクタ 2 0 に供給される燃料の圧力) を精度良く制御できる。

【 0 0 7 9 】

30

(2) 非噴射圧送時の変動波形 L 3 を燃料供給量の推定に用いるので、以下の理由により、噴射圧送時の変動波形 L 1 を用いた場合に比べて精度良く燃料供給量を推定することができる。つまり、噴射圧送時の変動波形 L 1 を用いて推定する場合には、燃料噴射に伴い生じる検出圧力の減少成分波形 L 2 を変動波形 L 1 から差し引いて、燃料圧送に伴い生じる上昇成分波形を抽出し、抽出した波形に対し、圧送開始時期から終了時期までの区間において時々の検出圧力の積分値 (供給量推定値 F) を算出する必要がある。これに対し、非噴射圧送時の変動波形 L 3 には燃料噴射に伴い生じる検出圧力の減少成分が含まれていないため、波形 L 3 から波形 L 4 を差し引くことを不要にできる。よって、精度良く供給量を推定できる。

【 0 0 8 0 】

40

(3) ここで、単気筒の内燃機関を対象とする場合等、1 つの燃圧センサ 2 0 a から非噴射圧送時の変動波形 L 3 を取得する場合には、インジェクタ 2 0 から燃料を噴射している期間中には供給量の推定値 F を取得することができない。これに対し本実施形態では、複数の燃圧センサ 2 0 a の各々から非噴射圧送時の変動波形 L 3 を取得し、各々の変動波形 L 3 について時々の燃料供給量の推定値 F を算出するので、燃料供給量の推定値 F を連続的に得ることができる。

【 0 0 8 1 】

(4) 上述の如く変動波形 L 3 に対して積分計算するためには、燃料圧送開始時期 t_1 及び終了時期 t_2 を検出する必要がある。そこで、本実施形態では、変動波形 L 3 のうち、検出圧力の微分値が第 1 閾値 t_{h2} より大きくなるよう変化した点を燃料圧送開始時期

50

t₁として検出するとともに、検出圧力の微分値が第2閾値 t_{h2}より小さくなるよう変化した点を燃料圧送終了時期 t₂として検出する。そのため、これらの時期 t₁, t₂を容易に検出することができる。

【0082】

しかも、検出圧力の微分値が閾値 t_{h1}, t_{h2}の範囲内である状態が一定時間 T 継続した直後に第1閾値を超えたことを条件として圧送開始時期 t₁を検出するとともに、前記微分値が閾値 t_{h3}, t_{h4}の範囲内である状態が一定時間 T 継続した直前に第2閾値を下回ったことを条件として圧送終了時期 t₂を検出する。よって、変動波形 L₃の単なる脈動を前記変化点として誤検出するおそれを低減できるので、燃料圧送開始時期 t₁及び終了時期 t₂の検出精度を向上でき、ひいては燃料供給量の推定精度を向上できる。

10

【0083】

(第2実施形態)

本実施形態では、上記第1実施形態に係る図3～図7の処理に加え、図10に示すポンプ制御の補正処理を実行している。図10に示す一連の処理は、ECU30により所定期間(例えば先述のCPUが行う演算周期)又は所定のクランク角度毎で実行される。この処理においては、先ずステップS31において、図5のステップS80にて算出された燃料供給量の推定値 F を取得する。

【0084】

続くステップS32では、燃料ポンプ11の作動状態に基づき、高圧ポンプ11aの吐出口11eからのポンプ吐出量 F_pを計算する。例えば、吸入調整弁11cへの駆動電流量に基づき、低圧ポンプ11bから高圧ポンプ11aへ供給される供給量を算出し、当該供給量や、エンジン回転速度に基づき算出可能な高圧ポンプ11aのプランジャ往復動速度等に基づきポンプ吐出量 F_pを計算する。

20

【0085】

続くステップS33では、ステップS31にて取得した供給量推定値 F と、ステップS32にて計算したポンプ吐出量計算値 F_pとを比較して、両値 F, F_pが一致しているかを判定する。両値 F, F_pが一致していると判定された場合には、続くステップS34において、両値 F, F_pのズレ分(偏差)を燃料ポンプ11の制御に反映させる。具体的には、吸入調整弁11cの駆動電流量を前記偏差に応じて補正する。これによれば、実際の燃料供給量に応じて燃料ポンプ11の作動が制御されるので、例えばコモンレール12内の燃圧を所望の圧力にするよう燃料ポンプ11を制御するにあたり、高精度で制御できる。

30

【0086】

(第3実施形態)

本実施形態では、上記第1実施形態に係る図3～図7の処理に加え、図11に示す減圧弁制御の補正処理を実行している。図11に示す一連の処理は、ECU30により所定期間(例えば先述のCPUが行う演算周期)又は所定のクランク角度毎で実行される。この処理においては、先ずステップS41において、図5のステップS80にて算出された燃料供給量の推定値 F を取得する。

40

【0087】

続くステップS42では、燃料ポンプ11から燃料を圧送している時に、減圧弁12bの開弁作動を実施しているかを判定し、燃料圧送中に減圧弁12bを開弁させていると判定された場合(S42: YES)には、燃料供給量の推定値 F を見込んで減圧弁12bの作動を制御する。具体的には、減圧弁12bの開弁時間を推定値 F に応じて補正する。これによれば、実際の燃料供給量に応じて減圧弁12bの作動が制御されるので、例えばコモンレール12内の燃圧を所望の圧力にするよう減圧弁12bを制御するにあたり、高精度で制御できる。

【0088】

(第4実施形態)

50

上記実施形態では、燃料供給量を推定するにあたり、変動波形 L 3 と仮想直線 L 5 とで囲まれる面積（図 9（a）中の斜線を付した部分の面積）を積分により算出しているが、本実施形態では、ポンプ圧送成分の影響のない場合（圧送成分ゼロとした場合）の燃料圧力の推移を想定した変動波形 L 4（図 8 及び図 9 参照）をプロトタイプ波形として予め記憶させておき、プロトタイプ波形 L 4 と変動波形 L 3 とで囲まれる面積を積分により算出し、その算出結果を供給量の推定値 F とする。つまり、変動波形 L 3 からプロトタイプ波形 L 4 を差し引いてなる波形に対し、圧送開始時期 t_1 から終了時期 t_2 までの区間において時々々の検出圧力の積分値を算出する。このプロトタイプ波形 L 4 は、圧送開始時点 t_1 での燃料圧力等、各種条件毎に想定して記憶させておくことが望ましい。

【 0 0 8 9 】

10

ここで、非噴射圧送時の変動波形 L 3 には燃料噴射に伴い生じる検出圧力の減少成分が含まれていない旨は先述した通りであるが、厳密には、噴射実行中の他の気筒における燃料噴射に伴う燃圧減少の影響を、非噴射の気筒における燃圧センサ 20 a の検出圧力は受けている。そのため、ポンプ圧送成分の影響のない場合（圧送成分ゼロとした場合）の燃料圧力の推移は、実際には図 9（a）中の一点鎖線 L 4 に示すように僅かに脈動している。

【 0 0 9 0 】

これに対し本実施形態では、プロトタイプ波形 L 4 と変動波形 L 3 とで囲まれる面積を供給量推定値 F として算出するため、変動波形 L 3 中の燃料圧送に伴い生じる上昇分の成分を高精度に抽出して積分されることとなる。よって、燃料供給量の推定精度を向上できる。

20

【 0 0 9 1 】

（第 5 実施形態）

上記第 4 実施形態の如くプロトタイプ波形 L 4 と変動波形 L 3 とで囲まれる面積を供給量推定値 F として算出する手法を採用すれば、非噴射圧送時の変動波形 L 3 を用いて供給量を推定するのみならず、噴射圧送時の変動波形 L 1 を用いても供給量を推定することができる。

【 0 0 9 2 】

具体的には、ポンプ圧送成分の影響のない場合（圧送成分ゼロとした場合）の燃料圧力の推移を想定した変動波形 L 2（図 8 参照）をプロトタイプ波形として予め記憶させておき、噴射圧送時の変動波形 L 1 とプロトタイプ波形 L 2 とで囲まれる面積を算出し、その算出結果を供給量の推定値 F とする。つまり、変動波形 L 1 からプロトタイプ波形 L 2 を差し引いてなる波形に対し、圧送開始時期 t_1 から終了時期 t_2 までの区間において時々々の検出圧力の積分値を算出する。

30

【 0 0 9 3 】

（第 6 実施形態）

上記第 1 実施形態では、検出圧力の 1 階微分値が第 1 閾値 t_{h2} を超えたか否かに基づき圧送開始時期 t_1 を検出しているのに対し、本実施形態では、ポンプ圧送成分の影響のない場合（圧送成分ゼロとした場合）の燃料圧力の推移を想定した変動波形 L 2, L 4（図 8 及び図 9 参照）をプロトタイプ波形として予め記憶させておき、ステップ S 5 1 にて取得した検出圧力がプロトタイプ波形 L 2, L 4 の上側に所定量以上逸れたか否かに基づき圧送開始時期 t_1 を検出している。圧送終了時期 t_2 についても同様にして、ステップ S 5 1 にて取得した検出圧力がプロトタイプ波形 L 2, L 4 に一致したか否か（又は所定量以内に近づいたか否か）に基づき検出すればよい。

40

【 0 0 9 4 】

ところで、図 8 に示す例では、燃料圧送開始の後に燃料噴射が開始されているため、変動波形 L 1 中、検出圧力の上昇を開始するよう変化した変化点を検出すれば燃料圧送開始時期 t_1 を検出できる。つまり、上記第 1 実施形態の如く微分値が第 1 閾値 t_{h2} を超えたか否かに基づき圧送開始時期 t_1 を検出できる。

【 0 0 9 5 】

50

一方、図12に示す例では、燃料圧送開始の前に燃料噴射が開始されているため、変動波形L1中、燃料圧送開始に伴う検出圧力の上昇が現れない。よって、上記第1実施形態の手法では圧送開始時期t1を検出することが困難となる。これに対し本実施形態では、ステップS51にて取得した検出圧力がプロトタイプ波形L2の上側に逸れたか否かに基づき圧送開始時期t1を検出しているため、図12に示す例においても精度良く圧送開始時期t1を検出することができる。

【0096】

(他の実施形態)

上記各実施形態は、以下のように変更して実施してもよい。また、本発明は上記実施形態の記載内容に限定されず、各実施形態の特徴的構造をそれぞれ任意に組み合わせるよう

10

にしてもよい。

【0097】

・上記各実施形態では、燃料供給量推定に用いる変動波形L3を、圧送開始時点t1から終了時点t2までの圧送期間T中、複数の検出圧力をステップS51にて取得することにより、燃料圧送期間T中の検出圧力の変動を検出しているが、圧送開始時点t1及び終了時点t2での検出圧力を取得しさえすれば、燃料圧送期間T中の検出圧力を取得することなく、圧送開始時点t1から終了時点t2まで検出圧力は線形的に変化するものとみなして変動波形L3を線形波形とし、当該線形波形を用いて燃料供給量を推定するようにしてもよい。

【0098】

・インジェクタ20から噴射される燃料の目標噴射量を、燃料供給量の推定値Fに応じて可変設定してもよい。例えば、供給量の目標値F_{trg}と推定値Fとの偏差を算出し、前記偏差に応じて目標噴射量を可変設定することが挙げられる。

20

【0099】

・図2に例示した電磁駆動式のインジェクタ20に替えて、ピエゾ駆動式のインジェクタを用いるようにしてもよい。また、リーク孔24等からの圧力リークを伴わない燃料噴射弁、例えば駆動動力の伝達に油圧室Cdを介さない直動式のインジェクタ(例えば近年開発されつつある直動式ピエゾインジェクタ)等を用いることもできる。そして、直動式のインジェクタを用いた場合には、噴射率の制御が容易となる。

【0100】

・燃圧センサ20aをインジェクタ20に取り付けるにあたり、上記実施形態では、インジェクタ20の燃料流入口22に燃圧センサ20aを取り付けているが、図2中の一点鎖線200aに示すようにハウジング20eの内部に圧力センサ200aを組み付けて、燃料流入口22から噴射孔20fに至るまでの内部燃料通路25の燃料圧力を検出するように構成してもよい。

30

【0101】

そして、上述の如く燃料流入口22に取り付ける場合には、ハウジング20eの内部に取り付ける場合に比べて燃圧センサ20aの取付構造を簡素にできる。一方、ハウジング20eの内部に取り付ける場合には、燃料流入口22に取り付ける場合に比べて燃圧センサ20aの取り付け位置が噴射孔20fに近い位置となるので、噴射孔20fでの圧力変動をよりの確に検出することができる。

40

【0102】

・高圧配管14に燃圧センサ20aを取り付けるようにしてもよい。この場合、コモンレール12から一定距離だけ離間した位置に燃圧センサ20aを取り付けることが望ましい。

【0103】

・コモンレール12と高圧配管14との間に、コモンレール12から高圧配管14に流れる燃料の流量を制限する流量制限手段を備えてもよい。この流量制限手段は、高圧配管14やインジェクタ20等の損傷による燃料漏れにより過剰な燃料流出が発生した時に、流路を閉塞するよう機能するものであり、例えば過剰流量時に流路を閉塞するよう

50

するボール等の弁体により構成することが具体例として挙げられる。なお、オリフィス 12 a と流量制限手段とを一体に構成したフローダンパを採用してもよい。

【0104】

・また、燃圧センサ 20 a をオリフィス及び流量制限手段の燃料流れ下流側に配置する構成の他に、オリフィス及び流量制限手段の少なくとも一方に対して下流側に配置するよう構成してもよい。

【0105】

・燃圧センサ 20 a の数は任意であり、例えば 1 つのシリンダの燃料流通経路に対して 2 つ以上のセンサを設けるようにしてもよい。また、上記実施形態では燃圧センサ 20 a を各シリンダに対して設けるようにしたが、このセンサを一部のシリンダ（例えば 1 つのシリンダ）だけに設け、他のシリンダについてはそのセンサ出力に基づく推定値を用いるようにしてもよい。

【0106】

・上記実施形態で説明した燃圧センサ 20 a に加えて、さらにコモンレール 12 内の圧力を測定するレール圧センサを備える構成とすることも有効である。こうした構成であれば、上記燃圧センサ 20 a による圧力測定値に加え、コモンレール 12 内の圧力（レール圧）も取得することができるようになり、より高い精度で燃料圧力を検出することができるようになる。また、燃圧センサ 20 a を廃止するとともに燃圧センサ 20 a に替えて上記レール圧センサを採用し、レール圧センサの検出圧力から変動波形を取得するようにしてもよい。

【0107】

・制御対象とするエンジンの種類やシステム構成も、用途等に応じて適宜に変更可能である。例えば、上記実施形態ではディーゼルエンジンに本発明を適用した場合について言及したが、例えば火花点火式のガソリンエンジン（特に直噴エンジン）等についても、基本的には同様に本発明を適用することができる。直噴式ガソリンエンジンの燃料噴射システムでは、燃料（ガソリン）を高圧状態で蓄えるデリバリパイプを備えており、このデリバリパイプに対して燃料ポンプから燃料が圧送されるとともに、同デリバリパイプ内の高圧燃料が複数のインジェクタ 20 に分配され、エンジン燃焼室内に噴射供給される。なお、かかるシステムでは、デリバリパイプが蓄圧容器に相当する。また、本発明に係る装置及びシステムは、シリンダ内に燃料を直接的に噴射する燃料噴射弁に限らず、エンジンの吸気通路又は排気通路に燃料を噴射する燃料噴射弁についても適用できる。

【図面の簡単な説明】

【0108】

【図 1】本発明の第 1 実施形態に係る燃料噴射システム制御装置の一実施形態について、該システムの概略を示す構成図。

【図 2】同システムに用いられるインジェクタの内部構造を模式的に示す内部側面図。

【図 3】第 1 実施形態に係る燃料噴射制御の基本的な処理手順を示すフローチャート。

【図 4】第 1 実施形態に係る燃料供給量制御の処理手順を示すフローチャート。

【図 5】第 1 実施形態に係る燃料供給量推定の処理手順を示すフローチャート。

【図 6】図 5 のサブルーチン処理を示すフローチャート。

【図 7】図 5 のサブルーチン処理を示すフローチャート。

【図 8】燃圧センサの検出圧力（インレット圧）の推移を示すタイムチャート。

【図 9】図 8（d）の詳細図。

【図 10】本発明の第 2 実施形態に係るポンプ制御の補正処理を示すフローチャート。

【図 11】本発明の第 3 実施形態に係る減圧弁制御の補正処理を示すフローチャート。

【図 12】本発明の第 6 実施形態による効果を説明するためのタイムチャート。

【符号の説明】

【0109】

11 ... 燃料ポンプ、12 ... コモンレール（蓄圧容器）、20 ... インジェクタ（燃料噴射弁）、20 a, 200 a ... 燃圧センサ、20 f ... 噴射孔、S51 ... 変動波形取得手段、S

10

20

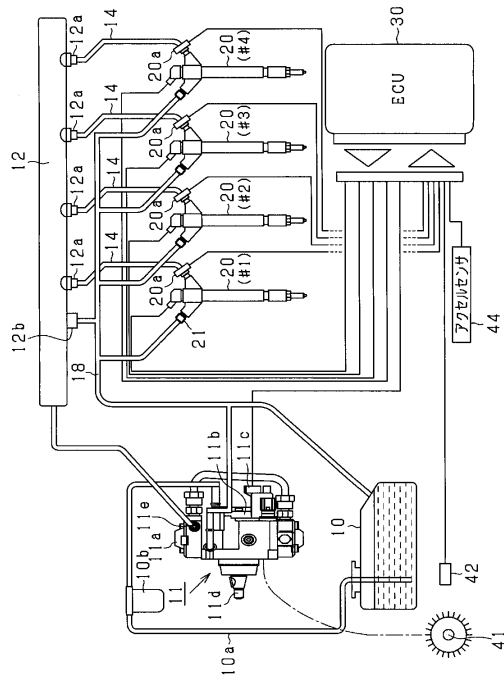
30

40

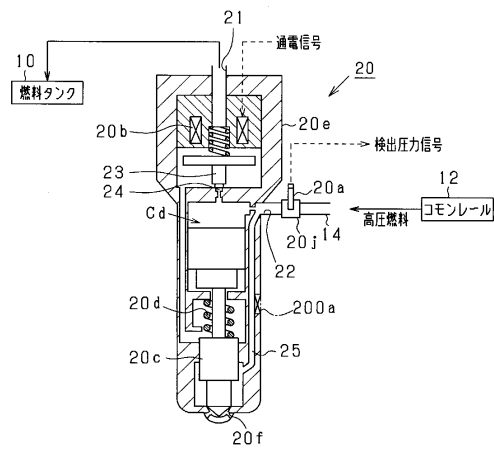
50

58, S59...上昇開始検出手段、S61, S63...上昇終了検出手段、S80...供給量推定手段。

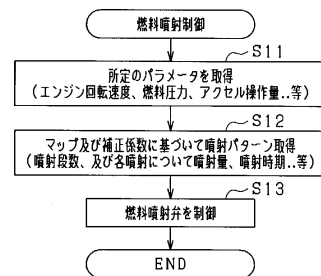
【図1】



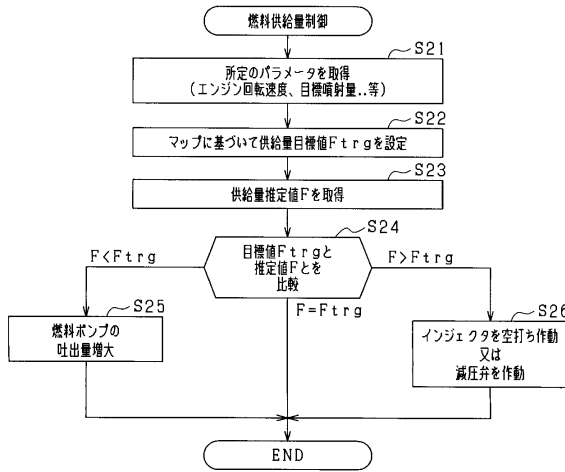
【図2】



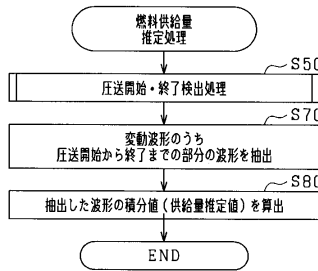
【図3】



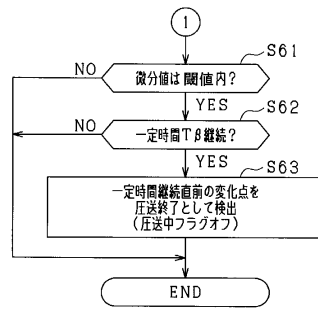
【図4】



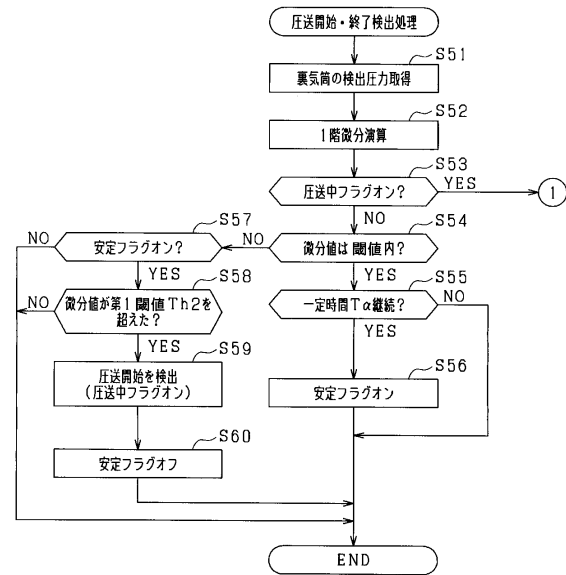
【図5】



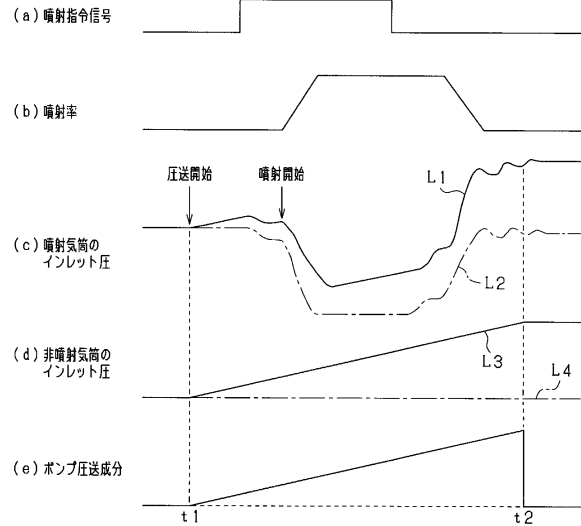
【図7】



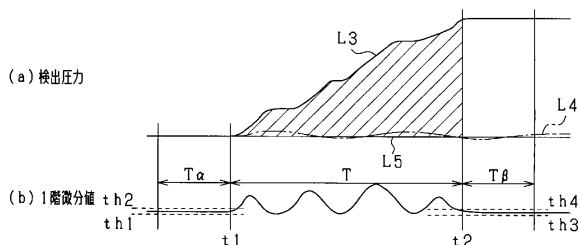
【図6】



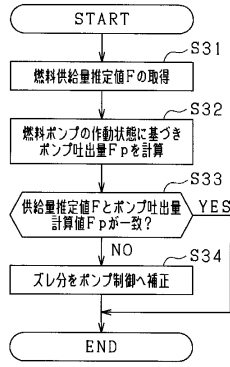
【図8】



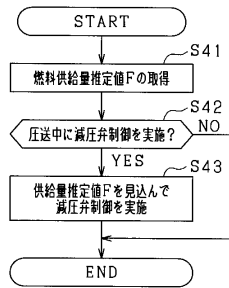
【図9】



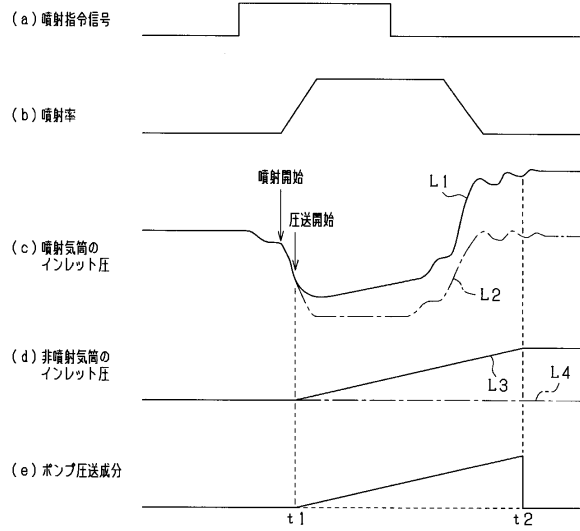
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2003-328812(JP,A)
特開2006-070882(JP,A)
特開2003-314331(JP,A)
特開平06-280717(JP,A)
特開2000-018064(JP,A)
特開平10-220272(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02D 41/00 - 41/40
F02D 43/00 - 45/00
F02M 39/00 - 71/04