

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4462327号
(P4462327)

(45) 発行日 平成22年5月12日 (2010.5.12)

(24) 登録日 平成22年2月26日 (2010.2.26)

(51) Int. Cl. F 1
FO2D 41/40 (2006.01) FO2D 41/40 N
FO2D 45/00 (2006.01) FO2D 45/00 312F

請求項の数 13 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2007-279638 (P2007-279638)	(73) 特許権者	000004260 株式会社デンソー
(22) 出願日	平成19年10月26日 (2007.10.26)		愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(65) 公開番号	特開2009-108712 (P2009-108712A)	(74) 代理人	100121821 弁理士 山田 強
(43) 公開日	平成21年5月21日 (2009.5.21)	(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
審査請求日	平成21年2月17日 (2009.2.17)	(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
		審査官	加藤 啓

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 気筒特性ばらつき検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数気筒を有し、燃料噴射弁を気筒毎に備えた多気筒内燃機関に適用され、
 前記内燃機関の運転者による運転操作とは無関係に微量の燃料を前記燃料噴射弁から
 噴射させる微小噴射を、気筒毎に順次行う微小噴射制御手段と、
 前記微小噴射に伴い生じた前記出力トルクの増加量又はその増加量に関連する物理量を
 、気筒毎に検出するトルク増加量検出手段と、
 前記微小噴射についての実際の噴射量又はその噴射量に関連する物理量を、気筒毎に検
 出する噴射量検出手段と、
 前記噴射量検出手段による検出値の気筒間ばらつき、及び前記トルク増加量検出手段に
 よる検出値の気筒間ばらつきに基づき、気筒特性の気筒間ばらつきを算出する気筒特性ば
 らつき算出手段と、
 を備えることを特徴とする気筒特性ばらつき検出装置。

【請求項2】

前記微小噴射制御手段は、前記噴射量検出手段の検出値が全ての気筒について同じにな
 るよう各気筒の噴射量を揃えた状態で前記微小噴射を行い、
 前記気筒特性ばらつき算出手段は、前記噴射量検出手段による検出値の気筒間ばらつき
 をゼロとして、前記気筒特性の気筒間ばらつきを算出することを特徴とする請求項1に記
 載の気筒特性ばらつき検出装置。

【請求項3】

前記内燃機関には、排気系から吸気系に還流する E G R 量を調整する E G R バルブが備えられており、

前記微小噴射制御手段は、前記 E G R バルブを全閉にした状態で前記微小噴射を行うことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の気筒特性ばらつき検出装置。

【請求項 4】

微小噴射制御手段は、前記内燃機関が搭載された車両の減速期間中に前記微小噴射を行うとともに、同一の減速期間中に所定間隔をおいて気筒毎に前記微小噴射を順次行うことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載の気筒特性ばらつき検出装置。

【請求項 5】

全気筒の気筒特性に対する基準特性を設定するとともに、前記基準特性に対する前記気筒特性のばらつき量に応じて、該当する気筒の燃料噴射開始時期を補正する補正手段を備えることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 つに記載の気筒特性ばらつき検出装置。

10

【請求項 6】

全気筒の気筒特性に対する基準特性を設定するとともに、前記基準特性に対する前記気筒特性のばらつき量を、気筒毎に学習して記憶させる学習手段を備えることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 つに記載の気筒特性ばらつき検出装置。

【請求項 7】

全気筒の気筒特性の平均値を前記基準特性として設定することを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載の気筒特性ばらつき検出装置。

【請求項 8】

20

前記内燃機関は、燃料を蓄圧する蓄圧容器から前記燃料噴射弁へ燃料を分配供給するよう構成されており、

前記噴射量検出手段は、前記燃料噴射弁に供給される燃料の圧力を前記物理量として検出する燃圧センサであるとともに、前記蓄圧容器から前記燃料噴射弁の噴射孔に至るまでの燃料通路のうち前記蓄圧容器に対して前記噴射孔に近い側に配置されていることを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 つに記載の気筒特性ばらつき検出装置。

【請求項 9】

前記燃圧センサは前記燃料噴射弁に取り付けられていることを特徴とする請求項 8 に記載の気筒特性ばらつき検出装置。

【請求項 10】

30

前記燃圧センサは前記燃料噴射弁の燃料流入口に取り付けられていることを特徴とする請求項 9 に記載の気筒特性ばらつき検出装置。

【請求項 11】

前記燃圧センサは、前記燃料噴射弁の内部に取り付けられ、前記燃料噴射弁の燃料流入口から前記噴射孔に至るまでの内部燃料通路の燃料圧力を検出するよう構成されていることを特徴とする請求項 9 に記載の気筒特性ばらつき検出装置。

【請求項 12】

前記蓄圧容器から前記燃料噴射弁の燃料流入口までの燃料通路には、コモンレール内の燃料の圧力脈動を減衰させるオリフィスが備えられており、

前記燃圧センサは前記オリフィスの燃料流れ下流側に配置されていることを特徴とする請求項 8 ~ 11 のいずれか 1 つに記載の気筒特性ばらつき検出装置。

40

【請求項 13】

前記トルク増加量検出手段は、前記内燃機関の出力軸の回転速度を前記物理量として検出する回転速度センサであることを特徴とする請求項 1 ~ 12 のいずれか 1 つに記載の気筒特性ばらつき検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、多気筒内燃機関における各気筒の特性についての気筒間ばらつきを検出する、気筒特性ばらつき検出装置に関する。

50

【背景技術】

【0002】

従来より、多気筒内燃機関において、各気筒に設けられた燃料噴射弁の個体差や経時劣化等により生じた噴射量の気筒間ばらつき（噴射量ばらつき）を平滑化すべく、気筒毎の燃料噴射量を補正するFCCB補正が知られている（特許文献1参照）。このFCCB補正では、クランク軸の回転速度検出値から、各気筒の燃焼行程に対応する部分の検出値を抽出し、抽出した各気筒の回転速度の気筒間ばらつきを、各気筒による出力トルクの気筒間ばらつきと見なしている。そして、各気筒の回転速度と全気筒の回転速度の平均値とを比較して、回転速度の気筒間ばらつきを平滑化するように、気筒毎の燃料噴射量を増減補正（FCCB補正）している。

10

【特許文献1】特開2001-355500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、出力トルクの気筒間ばらつきの要因には、上述した噴射量の気筒間ばらつきの他に、各気筒の特性が異なること（気筒特性のばらつき）も挙げられる。気筒特性ばらつきの具体例としては、気筒内における各種フリクションのばらつき、気筒内における圧縮比のばらつき、EGRによる還流排気の各気筒への分配ばらつき（図5中の実線L1参照）、過給機による過給圧の各気筒への分配ばらつき（図5中の点線L2参照）等が挙げられる。

20

【0004】

しかしながら上記FCCB補正では、噴射量ばらつきが生じていない場合であっても、気筒特性ばらつきに起因して生じる出力トルクの気筒間ばらつき（回転速度の気筒間ばらつき）に対して、噴射量を増減補正してしまう。よって、内燃機関の出力トルク及びエミッション状態を精度よく制御することができない。

【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、多気筒内燃機関において、気筒特性の気筒間ばらつきを検出する気筒特性ばらつき検出装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

30

【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、

複数気筒を有し、燃料噴射弁を気筒毎に備えた多気筒内燃機関に適用され、

前記内燃機関の運転者による運転操作とは無関係に微量の燃料を前記燃料噴射弁から噴射させる微小噴射を、気筒毎に順次行う微小噴射制御手段と、

前記微小噴射に伴い生じた前記出力トルクの増加量又はその増加量に関連する物理量（以下、単にトルク増加量と呼ぶ）を、気筒毎に検出するトルク増加量検出手段と、

前記微小噴射についての実際の噴射量又はその噴射量に関連する物理量（以下、単に噴射量と呼ぶ）を、気筒毎に検出する噴射量検出手段と、

40

前記噴射量検出手段による検出値の気筒間ばらつき（噴射量ばらつき）、及び前記トルク増加量検出手段による検出値の気筒間ばらつき（トルク増加量ばらつき）に基づき、気筒特性の気筒間ばらつき（気筒特性ばらつき）を算出する気筒特性ばらつき算出手段と、を備えることを特徴とする。

【0008】

つまり本発明では、微小噴射により出力トルクを増加させ、その時のトルク増加量及び噴射量を検出する。そして、噴射量ばらつき及びトルク増加量ばらつきに基づき気筒特性ばらつきを算出する。よって、トルク増加量ばらつきが噴射量ばらつきと異なるばらつき方をしていれば、そのばらつき方の違いは、噴射量ばらつきではなく各気筒の特性の違い

50

に起因して生じたものと特定でき、気筒特性ばらつきを算出することができる。

【0009】

例えば、ある気筒について、噴射量検出値に対するトルク増加量検出値のずれ度合（例えば、噴射量検出値から換算されるトルク増加量に対するトルク増加量検出値の比率）を気筒特性値として気筒毎に算出し、算出した気筒特性値の気筒間ばらつきを気筒特性ばらつきとして算出することが具体例として挙げられる。

【0010】

そして、このように気筒特性ばらつきを検出できる本発明を用いれば、例えば、各気筒の気筒特性のばらつき量を算出して学習することができる。一方、噴射量ばらつきについては、噴射量検出手段により検出された気筒毎の実噴射量に基づき算出することができ、その算出結果を学習することができる。したがって、気筒特性ばらつきと噴射量ばらつきとを分離して学習することができ、その学習結果に基づき、例えば噴射形態（噴射量、噴射時期、多段噴射の場合の噴射段数等）の制御内容を変更することで、内燃機関の出力トルク及びエミッション状態を精度よく制御することができる。

10

【0011】

なお、前記微小噴射は、全ての燃料噴射弁について燃料噴射をカットする無噴射運転期間中（例えば運転者によりアクセル操作がなされていない期間）に行うことが望ましい。これによれば、出力トルクの変動が殆ど生じていない状態で微小噴射が行われるので、トルク増加量検出手段により出力トルク増加量等を検出するにあたり、その検出精度を向上

20

【0012】

さらに、上記「微小噴射」による噴射量は、その微小噴射により出力トルクを増加させた時に、内燃機関の運転者（例えば内燃機関が搭載された車両の運転者）がそのトルク増加を体感しない程度の微小量（例えば約 $2\text{ mm}^3/\text{st}$ ）であることが望ましい。また、前記内燃機関としてディーゼル機関を適用し、前記燃料噴射弁は1燃焼サイクルあたりに複数回噴射する多段噴射を実行可能である場合において、前記多段噴射におけるメイン噴射よりも少ない微小量（例えばパイロット噴射やプレ噴射に相当する量）で前記微小噴射を行うことが望ましい。これによれば、上述の無噴射時において、内燃機関の運転者の意に反してエンジン回転速度が上昇する度合いを小さくできる。

【0013】

請求項2記載の発明では、前記微小噴射制御手段は、前記噴射量検出手段の検出値が全ての気筒について同じになるよう各気筒の噴射量を揃えた状態で前記微小噴射を行い、前記気筒特性ばらつき算出手段は、前記噴射量検出手段による検出値の気筒間ばらつきをゼロとして、前記気筒特性の気筒間ばらつきを算出することを特徴とする。

30

【0014】

要するに、各気筒の実際の噴射量を揃えることにより、噴射量の気筒間ばらつきをゼロとしてトルク増加量の気筒間ばらつきに基づき気筒特性の気筒間ばらつきを算出する。そのため、噴射量に関する各種条件（例えば吸気量と噴射量の比率等）を揃えた状態で気筒特性の気筒間ばらつきを算出することができる。よって、気筒特性ばらつき算出手段による算出結果（気筒特性ばらつき）から、前記各種条件の気筒間ばらつきの要素を排除することができるので、気筒特性ばらつきを高精度で取得できる。

40

【0015】

請求項3記載の発明では、前記内燃機関には、排気系から吸気系に還流するEGR量を調整するEGRバルブが備えられており、前記微小噴射制御手段は、前記EGRバルブを全閉にした状態で前記微小噴射を行うことを特徴とする。これによれば、気筒特性ばらつき算出手段による算出結果（気筒特性ばらつき）から、還流排気の分配ばらつき（図5中の実線L1参照）の要素が排除されていると特定できる。よって、還流排気の分配ばらつき要素が排除された気筒特性ばらつきを取得できる。

【0016】

請求項4記載の発明では、微小噴射制御手段は、前記内燃機関が搭載された車両の減速

50

期間中に前記微小噴射を行うとともに、同一の減速期間中に所定間隔を置いて気筒毎に前記微小噴射を順次行うことを特徴とする。これによれば、同一の減速期間中に微小噴射を順次行うので、微小噴射時の燃料温度その他の各種条件を、全ての気筒に対して揃えた状態で微小噴射が行われるので、気筒特性ばらつきを高精度で取得できる。

【0017】

請求項5記載の発明では、全気筒の気筒特性に対する基準特性を設定するとともに、前記基準特性に対する前記気筒特性のばらつき量に応じて、該当する気筒の燃料噴射開始時期を補正する補正手段を備えることを特徴とする。気筒特性ばらつき算出手段により算出された気筒特性ばらつきには噴射量ばらつきの要素が除かれているので、このような気筒特性のばらつき量に応じて噴射量以外の要素である噴射開始時期を補正する上記請求項5記載の発明によれば、各気筒の燃焼状態を精度良く安定させることができる。

10

【0018】

例えば、基準特性に比べて着火性が悪いとの気筒特性が算出された気筒については燃料噴射開始時期を進角させ、着火性が良いとの気筒特性が算出された気筒については燃料噴射開始時期を遅角させることで、各気筒の着火性の状態を基準特性に近づけることができ、燃焼状態を安定させることができる。

【0019】

請求項6記載の発明では、全気筒の気筒特性に対する基準特性を設定するとともに、前記基準特性に対する前記気筒特性のばらつき量を、気筒毎に学習して記憶させる学習手段を備えることを特徴とする。よって、各気筒の燃焼状態を理想状態に近づけることを容易に実現できる。

20

【0020】

請求項7記載の発明では、全気筒の気筒特性の平均値を前記基準特性として設定することを特徴とするので、基準特性を適合等により設定することが不要となり、気筒特性ばらつきの算出処理負担を軽減できる。ちなみに、全気筒の気筒特性の平均値を基準特性として設定する以外の設定手法として、エンジン回転速度、エンジン負荷（例えば燃料噴射量、アクセル操作量等）、排気中の酸素濃度等の値に基づき、基準特性の値を理論値として演算して設定することが挙げられる。

【0021】

請求項8記載の発明では、前記内燃機関は、燃料を蓄圧する蓄圧容器から前記燃料噴射弁へ燃料を分配供給するよう構成されており、前記噴射量検出手段は、前記燃料噴射弁に供給される燃料の圧力を前記物理量として検出する燃圧センサであるとともに、前記蓄圧容器から前記燃料噴射弁の噴射孔に至るまでの燃料通路のうち前記蓄圧容器に対して前記噴射孔に近い側に配置されていることを特徴とする。

30

【0022】

燃料噴射弁に供給される燃料の圧力は、噴射孔からの燃料噴射に伴い変動する。よって、その変動の形態（燃圧降下量、燃圧降下時間等）を検出すれば実際の噴射量を算出することができる。この点に着目した上記請求項8記載の発明では、噴射量検出手段として、燃料噴射弁に供給される燃料の圧力を噴射量に関連する物理量として検出する燃圧センサを採用しているため、上述の如く噴射量を算出することができる。

40

【0023】

しかも、請求項8記載の発明では、燃圧センサを、蓄圧容器から噴射孔に至るまでの燃料通路のうち蓄圧容器に対して噴射孔に近い側に配置しているため、噴射孔での圧力変動を蓄圧容器内で減衰する前に検出することができる。よって、噴射に伴い生じる圧力変動を精度よく検出することができるので、噴射量を高精度に算出することができる。

【0024】

さらに、微小噴射制御手段による微小噴射に伴い生じる燃圧の変動は極めて小さいため、蓄圧容器に配置された燃圧センサ（レール圧センサ）ではそのような燃圧の変動を検出することが困難である。よって、このように検出が困難な微小噴射の場合に上記請求項8記載の発明を適用すれば、圧力変動を精度良く検出できるとの先述した効果を好適に発揮

50

できる。

【 0 0 2 5 】

ちなみに、噴射量検出手段として燃圧センサを適用する以外の適用例としては、燃料噴射弁の弁体リフト量を噴射量に関連する物理量として検出するリフトセンサや、噴射孔に至るまでの燃料供給通路に配置されて燃料流量を噴射量として検出する流量計等が挙げられる。

【 0 0 2 6 】

請求項 9 記載の発明では、前記燃圧センサは前記燃料噴射弁に取り付けられていることを特徴とする。そのため、蓄圧容器と燃料噴射弁とを接続する配管に燃圧センサを取り付ける場合に比べて、燃圧センサの取り付け位置が燃料噴射弁の噴射孔に近い位置となる。よって、噴射孔での圧力変動が前記配管にて減衰してしまった後の圧力変動を検出する場合に比べて、噴射孔での圧力変動をよりの確に検出することができる。

10

【 0 0 2 7 】

上述の如く燃圧センサを燃料噴射弁に取り付けるにあたり、請求項 10 記載の発明では前記燃料噴射弁の燃料流入口に取り付けることを特徴とし、請求項 11 記載の発明では、前記燃料噴射弁の内部に取り付け、前記燃料噴射弁の燃料流入口から前記噴射孔に至るまでの内部燃料通路の燃料圧力を検出することを特徴とする。

【 0 0 2 8 】

上述の如く燃料流入口に取り付ける場合には、燃料噴射弁の内部に取り付ける場合に比べて燃圧センサの取付構造を簡素にできる。一方、燃料噴射弁の内部に取り付ける場合には、燃料流入口に取り付ける場合に比べて燃圧センサの取り付け位置が燃料噴射弁の噴射孔に近い位置となるので、噴射孔での圧力変動をよりの確に検出することができる。

20

【 0 0 2 9 】

請求項 12 記載の発明では、前記蓄圧容器から前記燃料噴射弁の燃料流入口までの燃料通路には、蓄圧容器内の燃料の圧力脈動を減衰させるオリフィスが備えられており、前記燃圧センサは前記オリフィスの燃料流れ下流側に配置されていることを特徴とする。ここで、前記オリフィスの上流側に燃圧センサを配置した場合には、噴射孔での圧力変動がオリフィスにより減衰してしまった後の圧力変動を検出することとなる。これに対し上記請求項 12 記載の発明によれば、オリフィスの下流側に燃圧センサを配置するので、オリフィスにより減衰する前の状態の圧力変動を検出することができ、噴射孔での圧力変動をよりの確に検出することができる。

30

【 0 0 3 0 】

請求項 13 記載の発明では、前記トルク増加量検出手段は、前記内燃機関の出力軸の回転速度（エンジン回転速度）を前記物理量として検出する回転速度センサであることを特徴とする。トルクが増加すればその増加量に応じて出力軸の回転速度も上昇するので、トルク増加量検出手段として回転速度センサを採用する上記請求項 13 記載の発明によれば、出力トルクの増加量を好適に算出することができる。ちなみに、トルク増加量検出手段として回転速度センサを適用する以外の適用例としては、内燃機関の燃焼室内の圧力をトルク増加量に関連する物理量として検出する筒内圧センサ等が挙げられる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

40

【 0 0 3 1 】

以下、本発明を具体化した一実施形態を図面に基づいて説明する。先ず、本実施形態に係る内燃機関制御装置が搭載されるエンジン（内燃機関）の概略について、簡単に説明する。

【 0 0 3 2 】

本実施形態では、4輪自動車用ディーゼルエンジン（内燃機関）を対象にしており、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）する方式のエンジンである。また、当該エンジンは、多気筒（例えば直列4気筒）の4ストローク、レシプロ式ディーゼルエンジン（内燃機関）を想定しており、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

50

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。

【0033】

次に、エンジンの燃料系について図1～図4を用いて説明する。

【0034】

図1は、本実施形態に係るコモンレール式燃料噴射システムの構成図である。このシステムに備えられたECU30（電子制御ユニット）は、吸入調整弁11cに対する電流供給量を調整して燃料ポンプ11の燃料吐出量を所望の値に制御することで、コモンレール12（蓄圧容器）内の燃料圧力（燃圧センサ20aにて測定される時々の燃料圧力）を目標値（目標燃圧）にフィードバック制御（例えばPID制御）している。そして、その燃料圧力に基づいて、対象エンジンの所定シリンダに対する燃料噴射量、ひいては同エンジンの出力（出力軸の回転速度やトルク）を所望の大きさに制御している。

10

【0035】

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（燃料噴射弁）の順に配設されている。燃料ポンプ11は、対象エンジンの出力によって駆動される高圧ポンプ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。すなわち、この燃料ポンプ11では、吸入調整弁11c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。

20

【0036】

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。

【0037】

燃料タンク10の燃料は、燃料ポンプ11によりコモンレール12へ加圧供給（圧送）された後、高圧状態でコモンレール12に蓄えられる。その後、シリンダ毎に設けられた高圧配管14を通じて、各シリンダ#1～#4のインジェクタ20へそれぞれ分配供給される。これらインジェクタ20（#1）～（#4）の燃料排出口21は、それぞれ余分な燃料を燃料タンク10へ戻すための配管18とつながっている。また、コモンレール12と高圧配管14との間には、コモンレール12から高圧配管14に流れる燃料の圧力脈動を減衰させるオリフィス12a（燃料脈動軽減手段）が備えられている。

30

【0038】

図2に、上記インジェクタ20の詳細構造を示す。なお、上記4つのインジェクタ20（#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20も、燃焼用のエンジン燃料（燃料タンク10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Cd（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20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。

40

【0039】

インジェクタ20のハウジング20eに形成された燃料流入口22には、コモンレール12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Cdに流入し、他は噴射孔20fに向けて流れる。油圧室Cdには制御弁23により開閉されるリーク孔24が形成されており、制御弁23によりリーク孔24が開放されると、油圧室Cdの燃料はリーク孔24から燃料排出口21を経て燃料タンク10に戻される。

【0040】

50

このインジェクタ20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20bに対する通電状態(通電/非通電)に応じて制御弁23を作動させることで、油圧室Cdの密閉度合、ひいては同油圧室Cdの圧力(ニードル弁20c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20d(コイルばね)の伸張力に従って又は抗して、ニードル弁20cがハウジング20e内を往復動(上下)することで、噴射孔20f(必要な数だけ穿設)までの燃料供給通路25が、その中途(詳しくは往復動に基づきニードル弁20cが着座又は離座するテーパ状のシート面)で開閉される。

【0041】

ここで、ニードル弁20c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20cの駆動部(上記二方電磁弁)には、ECU30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20cがリフトアップして噴射孔20f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20fが閉塞される。

10

【0042】

ちなみに、上記油圧室Cdの増圧処理は、コモンレール12からの燃料供給によって行われる。他方、油圧室Cdの減圧処理は、ソレノイド20bへの通電により制御弁23を作動させてリーク孔24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20と燃料タンク10とを接続する配管18(図1)を通じてその油圧室Cd内の燃料が上記燃料タンク10へ戻される。つまり、油圧室Cd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20fを開閉するニードル弁20cの作動が制御される。

20

【0043】

このように、上記インジェクタ20は、弁本体(ハウジング20e)内部での所定の往復動作に基づいて噴射孔20f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20c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20dによる伸張力)でニードル弁20c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20dの伸張力に抗してニードル弁20c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20cのリフト量が略対称に変化する。

30

【0044】

インジェクタ20には、燃料圧力を検出する燃圧センサ20a(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20eに形成された燃料流入口22と高压配管14とを治具20jで連結させ、この治具20jに燃圧センサ20aを取り付けている。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20aを取り付けることで、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20a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波形や、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。

【0045】

40

燃圧センサ20a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20a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波形を高い精度で検出することができるようになっている(詳しくは後述)。

【0046】

ECU30に搭載されるマイクロコンピュータ(マイコン)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

50

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。

【0047】

また、ECU30は、クランク角センサ42から入力される検出信号に基づき、対象エンジンの出力軸（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NE）を算出する。また、アクセルセンサ44から入力される検出信号に基づき、運転者によるアクセルペダルの操作量（踏込み量）が算出される。ECU30は、前記各種センサ42、44及び後述する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11c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。

10

【0048】

次に、ECU30が実行する燃料系の制御についての概略を説明する。

【0049】

ECU30のマイコンは、時々エンジン運転状態（例えばエンジン回転速度NE）や運転者によるアクセルペダルの操作量等に応じて燃料噴射量を算出し、所望の噴射開始時期に同期して、その燃料噴射量での燃料噴射を指示する噴射制御信号（噴射指令信号）を上記インジェクタ20へ出力する。当該噴射制御信号に応じた駆動量（例えば開弁時間）でインジェクタ20が作動することにより、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。

20

【0050】

以下、図3を参照して、上記燃料系制御の基本的な処理手順について説明する。なお、この図3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、図3の処理は、ECU30のROMに記憶されたプログラムにより実行される処理である。

【0051】

同図3に示すように、この一連の処理においては、まずステップ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NE（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。

30

【0052】

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噴射量Q（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総噴射量Q（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（アクセル操作量等から算出される要求トルク、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。

【0053】

この噴射パターンは、例えば上記EEPROMに記憶保持された図4に示すマップM（噴射制御用マップ、数式でも可）に基づいて取得されるものであり、要求トルク及び良好なエミッション状態にすべく最適化されたパターンである。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ターン（適合値）を求め、その噴射制御用マップMに書き込んでおく。

40

【0054】

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開始時期及び噴射時間（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。本実施形態にかかるマップMは、前述の総噴射量Q及びエンジン回転速度NEと噴射パターンとの関係を定めるものであり、各シリンダ#1～#4のインジェクタ20

50

毎に設けられている。ちなみに、エンジン冷却水温等、他のパラメータ毎にマップMを設けるようにしてもよい。

【0055】

そして、このような噴射制御用マップMを用いて取得した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。

【0056】

また、この噴射制御用マップM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ECU30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。

【0057】

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S13で使用される。すなわち、同ステップS13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。

【0058】

次に、エンジンの吸排気系について図5を用いて説明する。

【0059】

図5は、図1のエンジンに係る吸排気系システムの構成図である。当該エンジンは、排気系から吸気系に排気を還流させるEGR配管52を備えており、排気の一部を吸気管51に戻すことで、燃焼温度を下げてNOX低減等を図っている。EGR配管52には、EGR量（排気還流量）を調整するEGRバルブ52aが備えられている。EGRバルブ52aは電動アクチュエータ52bにより開閉作動し、全開作動時にEGR量は最大となり、全閉作動時にEGR量はゼロとなる。

【0060】

吸気管51からの新気及びEGR配管52からの還流排気は、インテークマニホールド51mにより各気筒#1～#4に分配される。また、各気筒#1～#4からの排気は、エキゾーストマニホールド53mにて集合された後、一部はEGR配管52に流入して還流し、残りは排気管53から排出される。EGR配管52にはEGRクーラ52cが備えられており、還流させる排気を冷却して体積減少（密度上昇）を図ることで、燃焼室に流入する吸気の充填効率向上を図っている。

【0061】

吸気管51のうち、EGR配管52が接続される部分の上流側には、燃焼室に流入する吸気のうち新気の流量を調整するスロットルバルブ51aが備えられている。スロットルバルブ51aは図示しない電動アクチュエータにより開閉作動し、全開作動時に新気量は最大となり、全閉作動時に新気量はゼロとなる。

【0062】

吸気管51と排気管53との間にはターボチャージャ54（過給機）が配設されている。ターボチャージャ54は、吸気管51に設けられたコンプレッサインペラ54aと、排気管53に設けられたタービンホイール54bとを有し、それらがシャフト54cにて連結されている。ターボチャージャ54では、排気管53を流れる排気によってタービンホイール54bが回転し、その回転力がシャフト54cを介してコンプレッサインペラ54aに伝達される。そして、コンプレッサインペラ54aにより、吸気管51内を流れる吸入空気が圧縮されて過給が行われる。ターボチャージャ54にて過給された空気は、インタークーラ55によって冷却された後、その下流側に給送される。インタークーラ55に

10

20

30

40

50

よって吸入空気を冷却して体積減少（密度上昇）を図ることで、燃焼室に流入する吸気の充填効率向上を図っている。

【 0 0 6 3 】

排気管 5 3 のうちタービンホイール 5 4 b の下流側には、排気を浄化する浄化装置 5 6 が取り付けられている。浄化装置 5 6 の具体例としては、排気中の P M を捕集するための D P F（ディーゼルパーティキュレートフィルタ）、排気中の N O x を浄化する N O x 触媒や排気中の H C や C O を浄化する酸化触媒等が挙げられる。吸気管 5 1 のうちコンプレッサインペラ 5 4 a の上流側には、吸気中の異物を除去するエアクリーナ 5 7 が取付けられている。

【 0 0 6 4 】

ところで、複数気筒 # 1 ~ # 4 の各々で生じた出力トルクには、ばらつきが生じる。このような出力トルクの気筒間ばらつき（トルクばらつき）の要因には、噴射量ばらつきの他に気筒特性ばらつきも挙げられることは先述した通りである。そこで本実施形態では、エンジンを車両に搭載した実車状態において、気筒特性ばらつきを算出し（詳しくは後述）、算出した気筒特性ばらつきに基づき噴射制御用マップ M のデータ（噴射パターン）を変更して記憶させることによる学習を行っている。

【 0 0 6 5 】

以下、気筒特性ばらつきを算出してマップ M を学習させるための処理手順を、図 6 を用いて説明する。なお、図 6 の処理は、例えば所定周期（例えばマイコンの演算周期）又は所定クランク角毎に E C U 3 0 のマイコンにより繰り返し実行される。

【 0 0 6 6 】

この一連の処理では、まずステップ S 2 0 において、学習条件が成立したか否かを判断する。この学習条件は、アクセルペダルが解放され車両が減速状態となつて且つ燃料カット制御がなされる無噴射減速時であること等である。なお、無噴射状態であれば減速状態でなくとも学習条件成立としてもよい。学習条件が成立したと判定された場合（S 2 0 : Y E S）には、以降のステップ S 2 1 からステップ S 2 5 の処理を各気筒 # 1 ~ # 4 について実行する。

【 0 0 6 7 】

続くステップ S 2 1（微小噴射制御手段）では、インジェクタ 2 0 の駆動を制御することで、噴射孔 2 0 f を 1 回のみ開閉させる単段噴射（単発噴射）を実施する。すなわち、学習の所望されるインジェクタ 2 0 を操作することで、予め設定された微量の燃料を噴射させる学習用の微小噴射を単発で行なう。詳しくは、燃圧センサ 2 0 a により検出された燃圧と前記微量（学習用の微小噴射量）とからインジェクタ 2 0 に対する指令噴射期間を算出し、この指令噴射期間に応じてインジェクタ 2 0 を開操作する。

【 0 0 6 8 】

なお、上記微小噴射とは、アクセルペダルの操作によって要求される出力トルクを生成するためのメインとなる噴射であるメイン噴射の前後に行なわれるパイロット噴射や、プレ噴射、アフタ噴射等、メイン噴射よりも微量の噴射を意味し、本実施形態では微小噴射量を $2 \text{ mm}^3/\text{st}$ としているが、後述する如くこの微小噴射量を複数種設定しておき、複数種の微小噴射量について、以下のステップ S 2 2 ~ S 2 8 の処理を実行するようにしてもよい。

【 0 0 6 9 】

続くステップ S 2 2（トルク増加量検出手段）では、微小噴射による燃焼に伴い生じたクランク軸 4 1 の回転速度上昇量を、クランク角センサ 4 2（トルク増加量検出手段）を用いて検出する。例えば 1 番気筒のインジェクタ 2 0（# 1）による微小噴射を実施する場合、その 720°CA 前の回転速度（ $i - 1$ ）と、その（ $i - 1$ ）の時点での回転速度の低下速度 a と、微小噴射までの 720°CA の回転に要する時間 t とを用いて、微小噴射時に仮に微小噴射を行なわなかった場合の回転速度は「 $(i - 1) + a \times t$ 」となる。

【 0 0 7 0 】

10

20

30

40

50

このため、微小噴射時の回転速度 (i) を用いて、微小噴射に伴う回転上昇量 (図 7 (b) 参照) は、「 $\Delta \omega = (i) - (i - 1) - a \times t$ 」との算出式により算出される。なお、図 7 (a) は噴射指令のパルス信号を示し、無噴射状態中に微小噴射指令が実行される様子を示している。図 7 (b) は、微小噴射に伴い生じる回転速度 NE の変化を示し、図 7 (c) は、微小噴射に伴い生じる出力トルクの変化を示すタイミングチャートである。本実施形態では、図 7 に示すように同一の減速期間中に所定間隔をおいて、# 1 , # 3 , # 4 , # 2 の順 (燃焼行程が実行される順) に各気筒にて微小噴射を連続して行っている。

【 0 0 7 1 】

続くステップ S 2 3 (噴射量検出手段) では、微小噴射に伴い生じるインレット圧の変動 (図 8 (c) 参照) を、燃圧センサ 2 0 a (噴射量検出手段) により検出する。なお、図 8 (a) は、微小噴射指令に基づくソレノイド 2 0 b への駆動電流の変化を示し、図 8 (b) は、微小噴射に伴い生じる噴射孔 2 0 f からの燃料噴射率の変化を示し、図 8 (c) は、噴射率の変化に伴い生じる燃圧センサ 2 0 a の検出値 (インレット圧) の変化を示す。

【 0 0 7 2 】

当該ステップ S 2 3 による燃圧変動の検出は、図 6 の処理とは別のサブルーチン処理により検出しており、そのサブルーチン処理では燃圧センサ 2 0 a のセンサ出力を、該センサ出力で圧力推移波形の軌跡 (図 8 (c) にて例示される軌跡) が描かれる程度に短い間隔にて逐次取得することが望ましく、具体的には、 $50 \mu s e c$ よりも短い間隔 (より望ましくは $20 \mu s e c$) でセンサ出力を逐次取得する。

【 0 0 7 3 】

続くステップ S 2 4 では、ステップ S 2 2 にて検出した回転上昇量 $\Delta \omega$ に基づき、微小噴射に伴い実際に生じた出力トルクの増加量 $Trq1 \sim Trq4$ (図 7 (c) 参照) を気筒毎に算出する。例えば出力トルクの増加量 $Trq1$ は、「 $Trq1 = b \Delta \omega$ 」 (b は正の係数) との算出式又はマップにより算出される。なお、出力トルクの増加量 $Trq1 \sim Trq4$ の算出では、回転上昇量 $\Delta \omega$ の他のパラメータ (例えばエンジン冷却水温度等) に基づき補正して算出するようにしてもよい。

【 0 0 7 4 】

続くステップ S 2 5 では、ステップ S 2 3 にて検出したインレット圧の変動に基づき、微小噴射した燃料の噴射量 $Q1 \sim Q4$ を気筒毎に算出する。例えば、図 8 (c) に示すインレット圧の変動から図 8 (b) に示す噴射率の変化を推定し、推定された噴射率変化のうち図 8 (b) 中の斜線に示す部分の面積を噴射量 $Q1$ として算出する。なお、燃圧センサ 2 0 a の検出圧力 (インレット圧) の変動と噴射率の変化とは以下に説明する相関があるため、上述の如く噴射率の変化を推定することができる。

【 0 0 7 5 】

すなわち、図 8 (a) に示すように、駆動電流がソレノイド 2 0 b に流れた後、噴射率が R 3 の時点で上昇を開始する前に、燃圧センサ 2 0 a の検出圧力は変化点 P 1 にて下降する。これは、P 1 の時点で制御弁 2 3 がリーク孔 2 4 を開放し、油圧室 C d が減圧処理されることに起因する。その後、油圧室 C d が十分に減圧された時点で、変化点 P 2 にて P 1 からの下降が一旦停止する。

【 0 0 7 6 】

次に、R 3 の時点で噴射率が上昇を開始したことに伴い、検出圧力は変化点 P 3 にて下降を開始する。その後、R 4 の時点で噴射率が最大噴射率に到達したことに伴い、検出圧力の下降は変化点 P 4 にて停止する。なお、変化点 P 3 から P 4 までの下降量は、P 1 から P 2 までの下降量に比べて大きい。

【 0 0 7 7 】

次に、R 4 の時点で噴射率が下降を開始したことに伴い、検出圧力は変化点 P 4 にて上昇を開始する。その後、R 5 の時点で噴射率がゼロになり実際の噴射が終了したことに伴い、検出圧力の上昇は変化点 P 5 にて停止する。P 5 以降の検出圧力は、一定の周期で下

10

20

30

40

50

降と上昇を繰り返しながら減衰する（図示省略）。

【0078】

以上により、燃圧センサ20aによる検出圧力の変動のうち変化点P3及びP5を検出することで、噴射率の上昇開始時点R3（噴射開始時点）及び下降終了時点R5（噴射終了時点）を推定することができる。また、以下に説明する検出圧力の変動と噴射率の変化との相関関係に基づき、検出圧力の変動から噴射率の変化を推定できる。

【0079】

つまり、検出圧力の変化点P3からP4までの圧力下降率 P_{34} と、噴射率の変化点R3からR4までの噴射率上昇率 R_{34} とは相関がある。変化点P4からP5までの圧力上量率 P_{45} と変化点R4からR5までの噴射率下降率 R_{45} とは相関がある。変化点P3からP4までの圧力下降量 P_{34} と変化点R3からR4までの噴射率上昇量 R_{34} とは相関がある。よって、燃圧センサ20aによる検出圧力の変動から圧力下降率 P_{34} 、圧力上量率 P_{45} 及び圧力下降量 P_{34} を検出することで、噴射率の噴射率上昇率 R_{34} 、噴射率下降率 R_{45} 及び噴射率上昇量 R_{34} を推定することができる。以上の如く噴射率の各種状態 $R_3, R_4, R_5, R_{34}, R_{45}, R_{34}$ を推定することができ、よって、図8(b)中の斜線に示す部分の面積である実噴射量 Q_1 を算出することができる。

10

【0080】

続くステップS26では、ステップS21～S25の処理が全ての気筒#1～#4に対して実行されたか否かを判定する。全気筒に対してステップS21～S25の処理が終了したと判定された場合（S26：YES）には次のステップS27に進み、終了していないと判定された場合（S26：NO）には、図6の処理を一旦終了する。

20

【0081】

ここで、図9(a)は、ステップS25にて算出された各気筒の噴射量 Q_1, Q_3, Q_4, Q_2 を、ステップS21による微小噴射を行った順に示す。図9(b)は、ステップS24にて算出された各気筒のトルク増加量 $Trq_1, Trq_3, Trq_4, Trq_2$ を、ステップS21による微小噴射を行った順に示す。本実施形態では、全ての気筒について噴射量が同じになるようステップS21における微小噴射を実行している。そのため、図9(a)に示す如く噴射量ばらつきは生じておらず揃えられている。したがって、図9(b)に示すトルク増加量の気筒間ばらつき（トルク増加量ばらつき）は、噴射量ばらつきによる影響を受けておらず、各気筒の特性の違いに起因して生じたものと特定でき、当該トルク増加量ばらつきを気筒特性ばらつきとして算出することができる。

30

【0082】

さらに、ステップS21による微小噴射は、全気筒の微小噴射時において、EGRバルブ52aを全閉にしてEGR量をゼロにした状態で行われる。したがって、図9(b)に示すトルク増加量の気筒間ばらつき（トルク増加量ばらつき）は、還流排気の分配ばらつき（図5中の実線L1参照）による影響を受けておらず、前述の如く算出した気筒特性ばらつきは、還流排気の分配ばらつきの要素が排除されていると特定できる。

【0083】

これらの点を鑑み続くステップS27（気筒特性ばらつき算出手段）では、ステップS24にて算出した実際の出力トルク増加量 $Trq_1 \sim Trq_4$ に基づき気筒特性ばらつきを算出するとともに、当該算出結果は、還流排気の分配ばらつき要素が排除されているものとして取り扱われる。

40

【0084】

具体的には、各気筒のトルク増加量 $Trq_1 \sim Trq_4$ の平均値 $Tave$ を基準値として算出し、トルク増加量 $Trq_1 \sim Trq_4$ の各々について、平均値 $Tave$ との偏差であるばらつき量（例えば#1気筒についてのずれ量は $trq_1 - Tave$ ）を算出する。各気筒について算出したばらつき量が、各気筒の特性値として表されることとなる。なお、このばらつき量（特性値）がプラスの場合には、該当する気筒（図9(b)の場合では#1, #4気筒）の特性は、基準特性に比べて着火性が良い特性であると判断される。一方、ばらつき量がマイナスの場合には、該当する気筒（図9(b)の場合では#2, #3気筒）の特性は、基準特

50

性に比べて着火性が悪い特性であると判断される。

【 0 0 8 5 】

なお、本実施形態の如く各気筒の噴射量を揃えた状態で微小噴射を実施する場合には、ステップS 2 3 及びステップS 2 5 の処理を省略するようにしてもよい。但しその場合には、図3のステップS 1 2 にて設定した噴射指令値に対する実際の噴射量を、図8に示す如く燃圧センサ2 0 a の検出圧力に基づき算出し、噴射指令値による指令噴射量と算出した実噴射量との偏差に基づき噴射制御用マップMのデータを変更して記憶させる学習（以下、噴射量学習と呼ぶ）を行うことが要される。この噴射量学習を行えば、各気筒の噴射量が揃っていることを保証できるからである。

【 0 0 8 6 】

すなわち、当該噴射量学習を実行すれば、インジェクタ2 0 の個体差や経時劣化等により生じた噴射量の気筒間ばらつき（噴射量ばらつき）は平滑化されることとなる。なお、噴射量学習を行うにあたり、噴射時の各種条件（例えばエンジン回転速度NE、噴射量Q、インジェクタ2 0 の番号（# 1 ~ # 4 ）、エンジン冷却水温等の環境条件）に対応するマップM中のデータ（例えば図4中の符号D 1 に示すデータ）を、所望の出力トルク及びエミッション状態となるように、噴射パターン（噴射段数並びにそれら各噴射の噴射時期及び噴射量等）を変更することが望ましい。

【 0 0 8 7 】

続くステップS 2 8 （補正手段、学習手段）では、ステップS 2 7 にて算出した気筒特性ばらつきに基づき、図4に示す先述の噴射制御用マップMに記憶されているデータ（噴射パターン）を変更して記憶させることによる学習を行っている。具体的には、微小噴射を行った時の各種条件（例えばエンジン回転速度NE、微小噴射量 Q、インジェクタ2 0 の番号（# 1 ~ # 4 ）、エンジン冷却水温等の環境条件）に対応するマップM中のデータを、所望の出力トルク及びエミッション状態となるように、噴射パターン（噴射段数並びにそれら各噴射の噴射時期及び噴射量等）を変更する。

【 0 0 8 8 】

図9（b）に示すトルクばらつき（気筒特性ばらつき）の場合には、気筒# 1 , # 4 は着火性の良い特性であると判断されているので、気筒# 1 , # 4 に対応するマップM中の全てのデータについて、燃焼を抑制するよう変更して学習すればよい。例えば、パイロット噴射又はメイン噴射の噴射開始時期を遅角させるよう変更することが一例として挙げられる。

【 0 0 8 9 】

一方、気筒# 3 は着火性の悪い特性であると判断されているので、気筒# 3 に対応するマップM中の全てのデータについて、燃焼を促進するよう変更して学習すればよい。例えば、パイロット噴射又はメイン噴射の噴射開始時期を進角させるよう変更することが一例として挙げられる。なお、気筒# 2 については、平均値Taveに対するばらつき量がゼロであるため、気筒# 2 に対応するマップMについてはステップS 2 8 による変更を行わない。

【 0 0 9 0 】

以上詳述した本実施形態によれば、以下の優れた効果が得られる。

【 0 0 9 1 】

（1）微小噴射により出力トルクを増加させ、その時のトルク増加量 $Trq1 \sim Trq4$ 及び微小噴射量 $Q1 \sim Q4$ を検出する（S 2 4 , S 2 5 ）。そして、全ての気筒について噴射量が同じになるよう微小噴射を実行（S 2 1 ）しているのので、図9（b）に示すトルク増加量ばらつきは、噴射量ばらつきではなく各気筒の特性の違いに起因して生じたものと特定でき、当該トルク増加量ばらつきを気筒特性ばらつきとして算出する（S 2 7 ）。そして、このように算出した気筒特性ばらつき（ばらつき量）に応じて、噴射制御用マップMのデータを学習させるので、所望の出力トルク及びエミッション状態となるよう精度良く燃料噴射制御を行うことができる。

【 0 0 9 2 】

10

20

30

40

50

(2) ステップS21にて微小噴射を行うにあたり、同一の減速期間中に各気筒の微小噴射を連続して行うので、微小噴射時の燃料温度その他の各種条件を、全ての気筒に対して揃えた状態でトルク増加量ばらつき(気筒特性ばらつき)を算出できるので、気筒特性ばらつきを高精度で取得できる。

【0093】

(3) ここで、ステップS27にて算出した気筒特性ばらつきに応じてEGRバルブ52aやスロットルバルブ51aの開度設定を変更しようとしても、還流排気量や新気量はインテークマニホールド51mにより各気筒#1~#4に分配されるものであるため、気筒毎の特性に応じた変更(学習)を行うことができない。これに対し本実施形態では、ステップS27にて算出した気筒特性ばらつきに応じて噴射開始時期を変更して学習するの
10

【0094】

(4) 各気筒のトルク増加量 $Trq1 \sim Trq4$ の平均値 $Tave$ (つまり各気筒の気筒特性の平均値) を基準値として算出し、トルク増加量 $Trq1 \sim Trq4$ の各々について、平均値 $Tave$ との偏差であるばらつき量を各気筒の特性値として算出する。よって、基準値を適合等により設定することが不要となり、気筒特性ばらつき算出処理負担を軽減できる。

【0095】

(5) ステップS21による微小噴射は、全気筒の微小噴射時において、EGRバルブ52aを全閉にしてEGR量をゼロにした状態で行われる。よって、ステップS27にて算出した気筒特性ばらつきは、還流排気の分配ばらつきの要素が排除されていると特定で
20

【0096】

(6) 燃圧センサ20aを、コモンレール12に対して噴射孔20fに近い側に配置するので、噴射孔20fからの微小噴射に伴い変動する燃圧変動を精度良く検出することができる。よって、検出した燃圧変動から噴射率の変化を精度良く算出することができ、ひいては微小噴射による実噴射量 $Q1 \sim Q4$ を精度良く算出することができる。よって、気筒特性ばらつきに応じてマップMのデータを最適値に変更することを精度良く実現できる。

【0097】

しかも本実施形態では、燃圧センサ20aをインジェクタ20に取り付けているため、コモンレール12とインジェクタ20とを接続する高圧配管14に燃圧センサ20aを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。よって、噴射孔20fでの圧力変動が高圧配管14にて減衰してしまった後の圧力変動を検出する場合に比べて、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
30

【0098】

(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
40

【0099】

・上記実施形態では、図6のステップS21による微小噴射制御を無噴射走行時に実行している。つまり、ステップS20において無噴射走行であることを学習条件として設定している。これに対し、当該無噴射走行であるとの条件を廃止して、噴射走行中にステップS21による微小噴射制御を実行してもよい。

【0100】

この場合、運転者によるアクセル操作量及びエンジン回転速度NE等に基づき算出された噴射量に、前記アクセル操作量とは無関係に予め設定された微小量を加算し、このように微小量だけ増量させた燃料をステップS21にて噴射する。そして、ステップS22では、増量前の噴射量に対するエンジン回転速度から、増量後にどれだけエンジン回転速度
50

が上昇したかを検出し、この上昇量を微小噴射に伴う回転上昇量（図7（b）参照）とみなして、ステップS23以降の処理を実行すればよい。

【0101】

・上記実施形態では、気筒特性ばらつきに応じて噴射開始時期を変更して学習しているが、噴射開始時期の変更に限らず、例えば、噴射量、多段噴射の場合の噴射段数等の噴射形態を変更して学習するようにしてもよい。

【0102】

・上記実施形態では、図6の処理にて算出した気筒特性ばらつきをそのまま用いて図4のマップMのデータを変更させているが、エンジン回転速度NE等の条件を同じにした条件にて複数回微小噴射を実行するとともに、各々の微小噴射について算出した気筒特性ばらつき10の値を積分平均し、その積分平均により得られた気筒特性ばらつきを用いて図4のマップMのデータを変更させるようにしてもよい。これによれば、各気筒について1回の燃料噴射により得られた気筒特性ばらつき10の算出結果をそのまま用いてマップMのデータ変更を行う場合に比べて、ステップS22におけるトルク増加量検出及びステップS23における噴射量検出にかかる検出誤差の影響を少なくできるので、検出誤差による影響の少ないマップMにできる。

【0103】

・上記実施形態では、ステップS21による微小噴射を行うにあたり、各気筒の微小噴射量を揃えることにより、噴射量ばらつきをゼロとした状態でトルク増加量ばらつきに基づき気筒特性ばらつきを算出している。これに対し、このように微小噴射量を揃えることなく図6の処理を実行してもよい。この場合には、図9（a）に反して各気筒の噴射量Q1～Q4の値がばらつくことになるが、このような噴射量ばらつき及び図9（b）に示すトルク増加量ばらつきに基づき、気筒特性ばらつきを算出することができる。

【0104】

例えば、噴射量Q1に対するトルク増加量Trq1の割合を気筒特性値として気筒毎に算出し、算出した気筒特性値の気筒間ばらつきを気筒特性ばらつきとして算出すればよい。或いは、噴射量Q1から換算されるトルク増加量を算出し、当該換算によるトルク増加量とステップS24にて算出されたトルク増加量Trq1との偏差を気筒特性値として気筒毎に算出し、算出した気筒特性値の気筒間ばらつきを気筒特性ばらつきとして算出すればよい。

【0105】

・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。

【0106】

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。

【0107】

・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。

【0108】

・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、

10

20

30

40

50

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に作動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 1 2 a (燃料脈動軽減手段)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。

【0109】

・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。

【0110】

・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、上記実施形態で説明した燃圧センサ 20 a に加えて、さらにコモンレール 1 2 内の圧力を測定するレール圧センサを備える構成としてもよい。

10

【0111】

・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 2 4 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 C d 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。

【0112】

・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。

20

【図面の簡単な説明】

【0113】

【図 1】本発明の一実施形態に係る気筒特性ばらつき検出装置が適用された、燃料系システムの概略を示す構成図。

【図 2】図 1 の燃料噴射弁の内部構造を模式的に示す内部側面図。

【図 3】図 1 のシステムに係る燃料噴射制御処理の基本的な手順を示すフローチャート。

【図 4】図 3 の処理に用いる噴射制御用マップを示す図。

【図 5】吸排気系システムの概略を示す構成図。

【図 6】図 4 のマップを学習させるための処理手順を示すフローチャート。

【図 7】図 6 の処理による微小噴射を実行した時の回転速度及び出力トルクの変化を示すタイミングチャート。

40

【図 8】図 6 の処理による微小噴射を実行した時の、圧力センサの検出値及び噴射率の変化を示すタイミングチャート。

【図 9】(a) は、図 6 の処理により得られた噴射量ばらつきを示し、(b) は図 6 の処理により得られたトルク増加量ばらつき (気筒間ばらつき) を示す図。

【符号の説明】

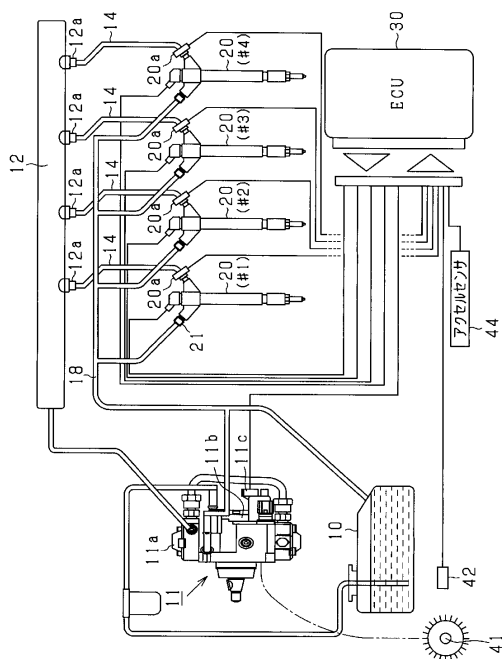
【0114】

1 2 ... コモンレール (蓄圧容器)、20 ... インジェクタ (燃料噴射弁)、20 a, 20 0 a ... 燃圧センサ (噴射量検出手段)、20 f ... 噴射孔、4 2 ... クランク角センサ (トルク増加量検出手段)、S 2 1 ... 微小噴射制御手段、S 2 2 ... トルク増加量検出手段、S 2

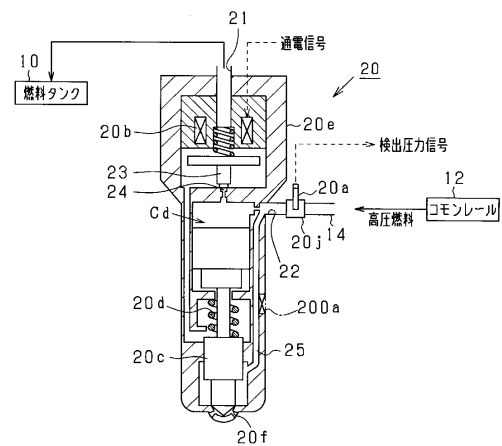
50

3 ... 噴射量検出手段、S 2 7 ... 気筒特性ばらつき算出手段、S 2 8 ... 補正手段、学習手段。
。

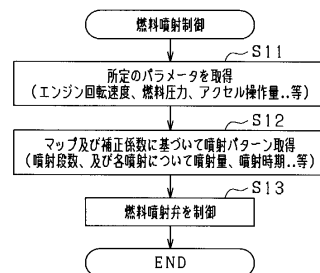
【 図 1 】



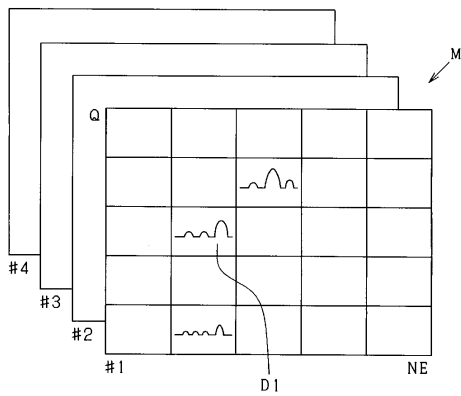
【 図 2 】



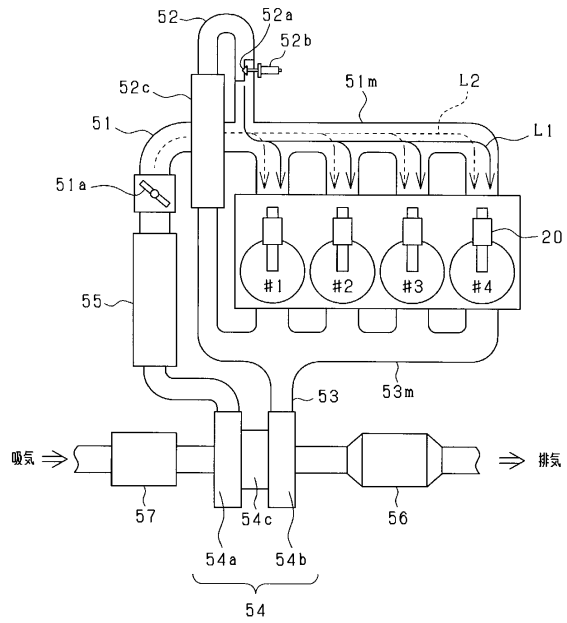
【 図 3 】



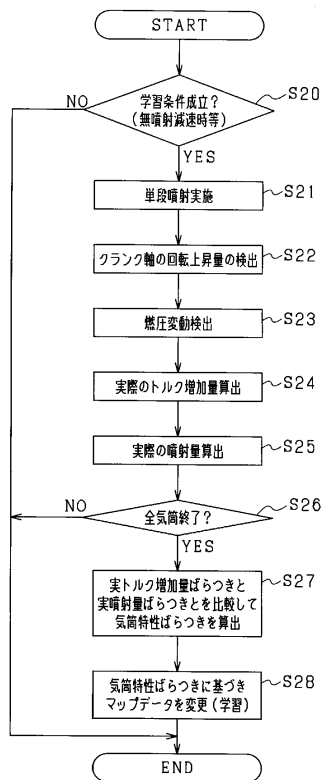
【図4】



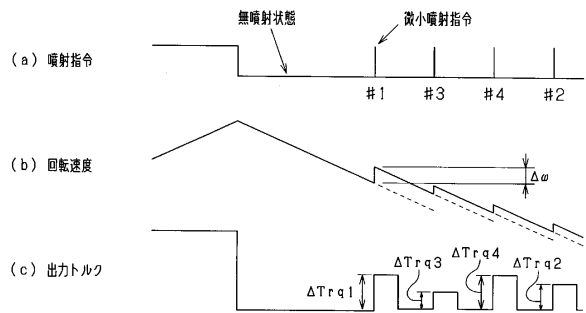
【図5】



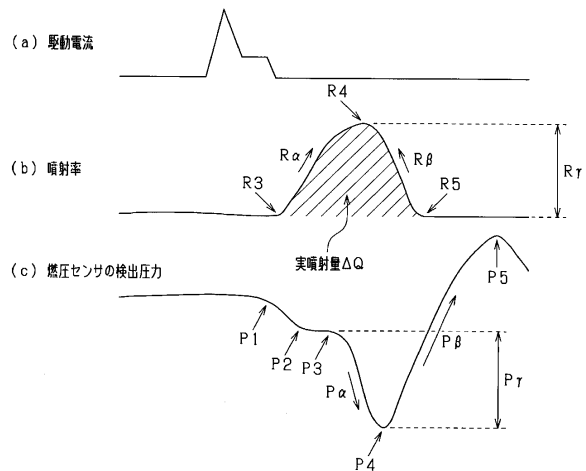
【図6】



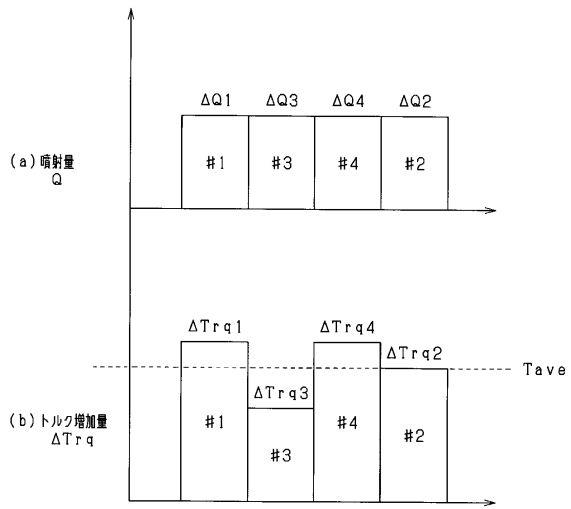
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2007-211589(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