

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-52632

(P2019-52632A)

(43) 公開日 平成31年4月4日(2019.4.4)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO2D 41/04 (2006.01)	FO2D 41/04 345E	3G301
FO2D 41/34 (2006.01)	FO2D 41/34 H	
FO2D 41/32 (2006.01)	FO2D 41/34 E	
	FO2D 41/32 A	
	FO2D 41/32 C	

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2017-179284 (P2017-179284)
 (22) 出願日 平成29年9月19日 (2017.9.19)

(71) 出願人 509186579
 日立オートモティブシステムズ株式会社
 茨城県ひたちなか市高場2520番地
 (74) 代理人 100129425
 弁理士 小川 護晃
 (74) 代理人 100087505
 弁理士 西山 春之
 (74) 代理人 100168642
 弁理士 関谷 充司
 (72) 発明者 齋藤 和也
 群馬県伊勢崎市柏川町1671番地1 日
 立オートモティブシステムズ株式会社内
 Fターム(参考) 3G301 HA01 HA04 KA05 KA07 LB04
 LC01 MA11 MA26 NC04 ND02
 NE19 PA01Z PB08Z PD02Z PE01Z
 PE03Z PE08Z PF03Z

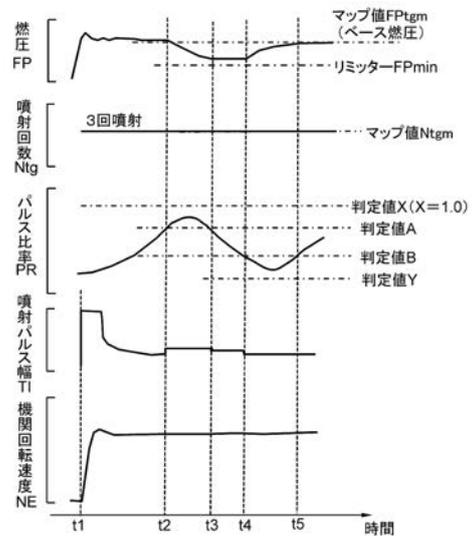
(54) 【発明の名称】 筒内噴射式内燃機関の制御装置

(57) 【要約】

【課題】 多段噴射の1回当たりの噴射パルス幅が最小噴射パルス幅を下回ることを抑制しつつ、多段噴射における噴射回数を可及的に最適値に維持できる、筒内噴射式内燃機関の制御装置を提供する。

【解決手段】 本発明に係る制御装置は、燃圧がベース燃圧であるときの多段噴射での1回当たりの噴射パルス幅 $T I_{sn}$ が最小噴射パルス幅 $T I_{min}$ を下回る条件であるときに、燃圧をベース燃圧よりも低下させ、1回当たりの噴射パルス幅 $T I_{sn}$ が最小噴射パルス幅 $T I_{min}$ を上回るようにして多段噴射を行わせる。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内燃機関の筒内に燃料を直接噴射する燃料噴射弁と、前記燃料噴射弁に供給される燃圧を可変とする燃料供給装置とを備えた筒内噴射式内燃機関に適用される制御装置であって、

1 燃焼サイクル中に前記燃料噴射弁から噴射させる総燃料噴射量を設定する総噴射量設定部と、

前記総燃料噴射量を 1 燃焼サイクル中に複数回に分けて噴射させる多段噴射における噴射回数を設定する回数設定部と、

前記燃圧がベース燃圧であるときの前記多段噴射での 1 回当たりの噴射パルス幅が最小噴射パルス幅を下回る条件であるときに、前記燃圧を前記ベース燃圧よりも低下させ、1 回当たりの噴射パルス幅が前記最小噴射パルス幅を上回るようにして多段噴射を行わせる多段噴射制御部と、

を有する、筒内噴射式内燃機関の制御装置。

【請求項 2】

前記多段噴射制御部は、前記噴射回数を N_{tg} 、前記最小噴射パルス幅を T_{Imin} 、前記燃圧が前記ベース燃圧であるときに前記総燃料噴射量に相当する総燃料噴射パルス幅を T_I としたときに、 $T_{Imin} \times N_{tg} / T_I$ が第 1 判定値 (< 1.0) 以下になる条件である場合、前記ベース燃圧で多段噴射を行わせる、請求項 1 記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 3】

前記多段噴射制御部は、前記噴射回数を N_{tg} 、前記最小噴射パルス幅を T_{Imin} 、前記燃圧が前記ベース燃圧であるときに前記総燃料噴射量に相当する総燃料噴射パルス幅を T_I としたときに、 $T_{Imin} \times N_{tg} / T_I$ が第 1 判定値 (< 1.0) よりも大きくなる条件である場合、前記燃圧を、前記ベース燃圧から T_I / N_{tg} が最小噴射パルス幅 T_{Imin} 以上になる燃圧まで低下させる、請求項 1 又は請求項 2 記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 4】

前記多段噴射制御部は、前記燃圧を前記ベース燃圧よりも低下させている状態で、 $T_{Imin} \times N_{tg} / T_I$ が前記第 1 判定値よりも小さくなったときに、前記燃圧を前記ベース燃圧に向けて上昇させる、請求項 3 記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 5】

前記多段噴射制御部は、前記燃圧を所定範囲内で変化させる、請求項 3 又は請求項 4 記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 6】

前記多段噴射制御部は、前記燃圧を前記ベース燃圧よりも低い所定燃圧まで低下させても、1 回当たりの噴射パルス幅が前記最小噴射パルス幅を下回る条件であるときに、前記噴射回数を減らすことで、1 回当たりの噴射パルス幅が前記最小噴射パルス幅を上回るようにして燃料噴射を行わせる、請求項 1 記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 7】

前記多段噴射制御部は、前記燃圧がベース燃圧であるときの $T_{Imin} \times N_{tg} / T_I$ が前記第 1 判定値よりも大きい第 2 判定値を超える条件のときに、前記噴射回数を減らすことで、1 回当たりの噴射パルス幅が前記最小噴射パルス幅を上回るようにして多段噴射を行わせる、請求項 3 記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 8】

前記多段噴射制御部は、前記噴射回数を減らした状態での $T_{Imin} \times N_{tg} / T_I$ が、前記第 1 判定値よりも小さい第 3 判定値を超えるときは、前記噴射回数を減らした状態を維持し、 $T_{Imin} \times N_{tg} / T_I$ が前記第 3 判定値を下回ったときに前記噴射回数を増加させる、請求項 7 記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 9】

前記多段噴射制御部は、前記噴射回数を減らすときに前記燃圧を上昇させる、請求項 6 又は請求項 7 記載の内燃機関の制御装置。

10

20

30

40

50

【請求項 10】

前記多段噴射制御部は、前記燃圧の低下を前記内燃機関の暖機中に行う、請求項 1 記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 11】

前記多段噴射制御部は、前記内燃機関の暖機後のアイドル状態で前記噴射回数を減らした場合、当該アイドル状態が解除されたときに前記噴射回数を増加させる、請求項 6 又は請求項 7 記載の内燃機関の制御装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、筒内噴射式内燃機関の制御装置に関し、詳しくは、1 燃焼サイクル中に燃料を複数回に分けて噴射させる多段噴射の制御に関する。

【背景技術】**【0002】**

特許文献 1 には、機関温度が所定温度以下のときに、1 燃焼サイクル中に噴射すべき総噴射量が多くなるにしたがって、或いは、1 燃焼サイクル中に必要とされる総噴射パルス幅が大きくなるにしたがって、1 燃焼サイクル中における分割噴射の回数を増やすことを特徴とした、筒内噴射式エンジンの燃料噴射制御装置が開示されている。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0003】**

【特許文献 1】特開 2014 - 020211 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

ところで、筒内噴射式内燃機関において、1 燃焼サイクルでの総燃料噴射量を複数回に分けて噴射する多段噴射を実施する場合、多段噴射における噴射回数（総燃料噴射量の分割数）は、パーティキュレートマター（Particulate Matter、排気微粒子）の排出粒子数 PN（Particulate Number）や、エンジンオイルへの燃料の溶け込み量（オイル希釈量）などを十分に抑制できる回数に適合される。

しかし、内燃機関におけるフリクシヨンの変化や補機類の動作状態などによっては、最適な噴射回数に設定すると、多段噴射の 1 回当たりの噴射パルス幅が、燃料の計量精度を維持できる最小噴射パルス幅を下回る可能性があった。

ここで、最小噴射パルス幅以上の噴射パルス幅を確保するために多段噴射における噴射回数を最適回数から減らすと、PN やオイル希釈量が悪化するという問題が生じる。

【0005】

本発明は、従来の実情に鑑みてなされたものであり、その目的は、多段噴射の 1 回当たりの噴射パルス幅が最小噴射パルス幅を下回ることを抑制しつつ、多段噴射における噴射回数を可及的に最適値に維持できる、筒内噴射式内燃機関の制御装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】**【0006】**

本発明によれば、その 1 つの態様において、燃圧がベース燃圧であるときの多段噴射での 1 回当たりの噴射パルス幅が最小噴射パルス幅を下回る条件であるときに、燃圧をベース燃圧よりも低下させ、1 回当たりの噴射パルス幅が最小噴射パルス幅を上回るようにして多段噴射を行わせる。

【発明の効果】**【0007】**

上記発明によると、多段噴射の 1 回当たりの噴射パルス幅が最小噴射パルス幅を下回ることを抑制しつつ、多段噴射における噴射回数を可及的に最適値に維持できる。

10

20

30

40

50

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】筒内噴射式内燃機関の燃料噴射システムを示す図である。

【図2】制御装置の燃料噴射制御機能を示すブロック図である。

【図3】多段噴射における噴射回数を減らす処理が行われる場合の燃圧FP、目標噴射回数Ntg、パルス比率PRなどの挙動を例示するタイムチャートである。

【図4】燃圧に対するPNの変化を多段噴射の噴射回数毎に示す線図である。

【図5】燃圧を低下させる処理が行われる場合の燃圧FP、目標噴射回数Ntg、パルス比率PRなどの挙動を例示するタイムチャートである。

【図6】燃圧を低下させる処理及び多段噴射における噴射回数を減らす処理が行われる場合の燃圧FP、目標噴射回数Ntg、パルス比率PRなどの挙動を例示するタイムチャートである。

【図7】暖機後に多段噴射における噴射回数を減らす処理が行われる場合の燃圧FP、目標噴射回数Ntg、パルス比率PRなどの挙動を例示するタイムチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下に本発明の実施の形態を説明する。

図1は、車両用の筒内噴射式内燃機関の燃料噴射システムを示す図である。

図1の燃料噴射システムは、内燃機関101と、燃料噴射弁105と、燃料噴射弁105による燃料噴射をはじめとする内燃機関101の制御全般を司るコンピュータであるECU(Engine Control Unit)109とを有する。

【0010】

図1において、内燃機関101の吸気は、空気流量計120、電制スロットル弁119、コレクタ115の順に通過し、その後、各気筒に備わる吸気管110、吸気弁103を介して燃焼室121に吸引される。

一方、電動式の低圧燃料ポンプ124は、燃料タンク123内の燃料を機関駆動式の高圧燃料ポンプ125に送る。

【0011】

高圧燃料ポンプ125は、低圧燃料ポンプ124から供給された燃料を昇圧し、高圧燃料配管128を介して燃料噴射弁105に送るものであり、ECU109は、高圧燃料ポンプ125の吐出量を調整して燃料噴射弁105に送られる燃料の圧力(以下、燃圧と称する)を目標燃圧に制御する。

上記の燃料タンク123、低圧燃料ポンプ124、高圧燃料ポンプ125、高圧燃料配管128などによって、燃料噴射弁105に供給される燃圧を可変とする燃料供給装置129が構成される。

【0012】

燃料噴射弁105は、内燃機関101の燃焼室121内(筒内)に燃料を直接噴射する電磁式の燃料噴射弁であり、ECU109からの指令(噴射パルス信号)を受け、当該指令で指定された時間だけ開弁することで、開弁時間に比例する量の燃料を燃焼室121内に噴射する。

ECU109は、機関運転状態に基づき1燃焼サイクル中(1気筒1サイクル中)に燃料噴射弁105から噴射させる燃料の総量(総燃料噴射量)を設定し、また、機関運転状態に基づき総燃料噴射量を1燃焼サイクル中に複数回に分けて噴射させる多段噴射における噴射回数(総燃料噴射量の分割数)を設定し、燃料噴射弁105による多段噴射を制御する。

つまり、ECU109は、総燃料噴射量を設定する総噴射量設定部、多段噴射における噴射回数を設定する回数設定部、及び、燃料噴射弁105による多段噴射を行わせる多段噴射制御部としての機能をソフトウェアとして備える。

【0013】

燃料圧力センサ126は、高圧燃料配管128内の燃圧FP、つまり、燃料噴射弁10

10

20

30

40

50

5 に供給される燃圧 $F P$ を検出する。

そして、 $ECU 109$ は、燃料圧力センサ 126 が検出した燃圧 $F P$ と、機関運転条件に応じて設定した目標燃圧 $F P_{tg}$ との偏差 $F P$ を演算し、高圧燃料ポンプ 125 の吐出量を調整する電磁調量弁の操作量を偏差 $F P$ に基づく比例動作、積分動作などによって設定する所謂フィードバック制御を実施し、燃圧 $F P$ を目標燃圧 $F P_{tg}$ に近づける。

【0014】

また、内燃機関 101 は、点火コイル 107 、点火プラグ 106 を有する点火装置を備える。

$ECU 109$ は、点火コイル 107 への通電を制御することで、点火プラグ 106 による火花（スパーク）の発生を制御する。

【0015】

そして、燃焼室 121 内の混合気は、点火プラグ 106 が発生する火花により着火燃焼し、燃焼により生じた排気ガスは、排気弁 104 を介して燃焼室 121 内から排気管 111 に排出される。

排気管 111 には、排気ガスを浄化するための三元触媒を収容した触媒コンバータ 112 が備えられている。

【0016】

$ECU 109$ は、内燃機関 101 の冷却水の温度である水温 TW を計測する水温センサ 108 、内燃機関 101 のクランク軸（図示省略）の角度を計測するクランク角センサ 116 、内燃機関 101 の吸入空気流量 QA を計測する空気流量計 120 、内燃機関 101 の排気ガス中の酸素濃度に基づき混合気の空燃比を検出する空燃比センサ 113 、運転者が操作するアクセルの開度 ACC を示すアクセル開度センサ 122 、及び、前述した燃料圧力センサ 126 などからの検出信号を入力する。

【0017】

そして、 $ECU 109$ は、アクセル開度センサ 122 の信号から、内燃機関 101 の要求トルクを算出するとともに、内燃機関 101 がアイドル運転状態であるか否かの判定などを行う。

また、 $ECU 109$ は、クランク角センサ 116 の検出信号を基に機関回転速度 NE を演算し、水温センサ 108 の検出信号に基づき内燃機関 101 が暖機中であるか否かの判定などを行う。

【0018】

また、 $ECU 109$ は、上述の要求トルクなどから目標吸入空気量を算出し、この目標吸入空気量に見合った開度信号を電制スロットル弁 119 へ出力し、また、1 燃焼サイクルでの総燃料噴射量を吸入空気量や機関回転速度などに基づき算出して燃料噴射弁 105 による多段噴射を行わせ、更に、機関負荷や機関回転速度などに応じて点火時期を算出して点火コイル 107 に点火信号を出力する。

【0019】

図 2 は、 $ECU 109$ が備える多段噴射制御機能を示す機能ブロック図である。

基本噴射パルス幅演算部 200 は、空気流量計 120 が検出した吸入空気流量 QA と機関回転速度 NE （エンジン回転数 rpm）とに基づき、燃圧 $F P$ が基準燃圧 $F P_s$ であるときに理論空燃比の混合気を生成するための基本燃料噴射パルス幅 TP [ms] を演算する。

【0020】

燃料噴射パルス幅演算部 201 （総噴射量設定部）は、基本燃料噴射パルス幅 TP を、水温 TW などの運転条件に基づく各種燃料補正項、及び、燃料圧力センサ 126 が検出した燃圧 $F P$ に基づく燃圧補正項などに応じて補正して、1 燃焼サイクルにおける総燃料噴射パルス幅 TI を演算する。

総燃料噴射パルス幅 TI は、1 燃焼サイクル中に燃料噴射弁 105 から噴射させる総燃料噴射量に相当する。

【0021】

目標燃圧マップ部 202 は、例えば、基本燃料噴射パルス幅 TP （機関負荷）、機関回

10

20

30

40

50

転速度 N_E 、水温 T_W などの運転条件に応じて目標燃圧 $F P_{tgm}$ を記憶したマップを複数の燃焼モード毎に備える。

複数の燃焼モードとは、例えば、成層燃焼モード、均質燃焼モード、触媒暖機中における点火時期のリタードモードなどである。

【0022】

多段噴射回数マップ部 203 (回数設定部) は、例えば、基本燃料噴射パルス幅 T_P (機関負荷)、機関回転速度 N_E 、水温 T_W などの運転条件に応じて多段噴射における目標噴射回数 N_{tgm} (総燃料噴射パルス幅 T_I の分割数) を記憶したマップを複数の燃焼モード毎に備える。

多段噴射分割比マップ部 204 は、例えば、基本燃料噴射パルス幅 T_P (機関負荷)、機関回転速度 N_E 、水温 T_W などの運転条件に応じて多段噴射の目標分割比 $S R_{tgm}$ を記憶したマップを複数の燃焼モード、及び、噴射回数 N 毎に備える。

【0023】

ここで、目標分割比 $S R_{tgm}$ は、多段噴射の各噴射に総燃料噴射パルス幅 T_I の何パーセントをそれぞれ振り分けるかを指定するものであり、多段噴射の各噴射における分割比 (%) を総和すると 100% になる。

例えば、総燃料噴射パルス幅 T_I を 2 回に分けて噴射する多段噴射 (目標噴射回数 $N_{tgm} = 2$ 回) において、初回噴射の分割比 $S R$ が 25% に指定された場合、初回噴射で総燃料噴射パルス幅 T_I の 25% を噴射させ、2 回目の噴射で総燃料噴射パルス幅 T_I の 75% を噴射させることになる。但し、多段噴射において総燃料噴射パルス幅 T_I を各噴射に均等に割り振ることができる。

【0024】

噴射タイミングマップ部 205 は、例えば、基本燃料噴射パルス幅 T_P (機関負荷)、機関回転速度 N_E 、水温 T_W などの運転条件に応じて、多段噴射の各噴射の噴射タイミング $I T$ を記憶したマップを複数の燃焼モード、及び、噴射回数 N_{tg} 毎に備える。

多段噴射制御部 206 は、総燃料噴射パルス幅 T_I 、燃料噴射弁 105 で燃料の計量精度を維持できる最小噴射パルス幅 T_{Imin} 、燃焼モードの情報を受け、目標燃圧マップ部 202 からそのときの運転条件に対応する目標燃圧 $F P_{tgm}$ を検索し、また、多段噴射回数マップ部 203 からそのときの運転条件に対応する目標噴射回数 N_{tgm} を検索する。

【0025】

そして、多段噴射制御部 206 は、総燃料噴射パルス幅 T_I 、最小噴射パルス幅 T_{Imin} 、目標噴射回数 N_{tgm} に基づき、現状の目標燃圧 $F P_{tgm}$ (ベース燃圧) の条件下で、目標噴射回数 N_{tgm} での多段噴射が可能であるか否かを判断する。

多段噴射制御部 206 は、総燃料噴射パルス幅 T_I を目標噴射回数 N_{tgm} に均等に分けて多段噴射させると仮定したときに、多段噴射の各噴射における噴射パルス幅 $T_{I sn}$ ($T_{I sn} = T_I / N_{tgm}$) が最小噴射パルス幅 T_{Imin} 以上になる場合は、前提条件とした目標噴射回数 N_{tgm} 及び目標燃圧 $F P_{tgm}$ での多段噴射が可能であると判断する。

【0026】

このとき、多段噴射制御部 206 は、目標噴射回数 N_{tgm} をそのまま最終的な目標噴射回数 N_{tg} に設定し、この目標噴射回数 N_{tg} を、後述する多段噴射分割比制御部 207 及び多段噴射タイミング制御部 208 に出力し、また、目標燃圧 $F P_{tgm}$ をそのまま最終的な目標燃圧 $F P_{tg}$ に設定し、燃圧制御部 209 に出力する。

燃圧制御部 209 は、目標燃圧 $F P_{tg}$ と燃料圧力センサ 126 が検出した燃圧 $F P$ とに基づき、高圧燃料ポンプ 125 の吐出量を調整するフィードバック制御を実施する。

【0027】

一方、多段噴射制御部 206 は、総燃料噴射パルス幅 T_I を目標噴射回数 N_{tgm} に均等に分けて多段噴射させると仮定したときに、多段噴射の各噴射における噴射パルス幅 $T_{I sn}$ が最小噴射パルス幅 T_{Imin} を下回る場合は、前提条件とした目標噴射回数 N_{tgm} 及び目標燃圧 $F P_{tgm}$ での多段噴射が不能であると判断する。

つまり、最小噴射パルス幅 T_{Imin} を下回る噴射パルス幅 $T_{I sn}$ で多段噴射が行われる

10

20

30

40

50

と、燃料噴射弁 105 による燃料の計量精度が低下し、総燃料噴射パルス幅 $T I$ に見合う量の燃料を精度よく噴射させることができず、空燃比の制御精度が低下する。

【0028】

そのため、多段噴射制御部 206 は、最小噴射パルス幅 $T I_{min}$ を下回る噴射パルス幅 $T I_{sn}$ で多段噴射が行われる条件を多段噴射の不能状態と判断し、最小噴射パルス幅 $T I_{min}$ 以上の噴射パルス幅 $T I_{sn}$ で多段噴射が行われるように、多段噴射の条件を変更する。

詳細には、多段噴射制御部 206 は、最小噴射パルス幅 $T I_{min}$ を下回る噴射パルス幅 $T I_{sn}$ で多段噴射が行われる条件であるときに、目標燃圧 $F P_{tg}$ をそのときの運転条件に応じてマップから求めた目標燃圧 $F P_{tgm}$ (ベース燃圧) よりも低下させることで、同じ燃料量を噴射するために要する噴射パルス幅 (開弁時間) を長くし、目標噴射回数 N_{tgm} を変更せずに多段噴射の各噴射における噴射パルス幅 $T I_{sn}$ を最小噴射パルス幅 $T I_{min}$ 以上にする。

10

係る多段噴射制御部 206 の制御機能によって、最適な目標噴射回数 N_{tgm} を維持しつつ、最小噴射パルス幅 $T I_{min}$ を下回る噴射パルス幅 $T I_{sn}$ での多段噴射、つまり、燃料噴射弁 105 による燃料の計量精度の低下が抑制される。

【0029】

また、多段噴射制御部 206 は、目標燃圧 $F P_{tg}$ を所定の下限值 (リミッター $F P_{min}$) まで低下させても、多段噴射の各噴射における噴射パルス幅 $T I_{sn}$ が最小噴射パルス幅 $T I_{min}$ 以上にならない場合、目標燃圧 $F P_{tg}$ をベース燃圧の戻すとともに、目標噴射回数 N_{tg} をそのときの運転条件に応じてマップから求めた目標噴射回数 N_{tgm} (ベース噴射回数) よりも減らすことで、多段噴射の各噴射における噴射パルス幅 $T I_{sn}$ を最小噴射パルス幅 $T I_{min}$ 以上にする。

20

係る多段噴射制御部 206 の制御機能によって、過剰に目標燃圧 $F P_{tg}$ が下げられることを抑止でき、また、最小噴射パルス幅 $T I_{min}$ を下回る噴射パルス幅 $T I_{sn}$ での多段噴射、つまり、燃料噴射弁 105 による燃料の計量精度の低下が抑制される。

【0030】

多段噴射分割比制御部 207 は、多段噴射制御部 206 で設定された目標噴射回数 N_{tg} 、総燃料噴射パルス幅 $T I$ 、最小噴射パルス幅 $T I_{min}$ 、燃焼モードなどの情報を受け、多段噴射分割比マップ部 204 からそのときの運転条件及び目標噴射回数 N_{tg} に対応する目標分割比 $S R_{tgm}$ を検索する。

30

そして、多段噴射分割比制御部 207 は、総燃料噴射パルス幅 $T I$ 、最小噴射パルス幅 $T I_{min}$ 、目標噴射回数 N_{tg} 、目標分割比 $S R_{tgm}$ から、目標分割比 $S R_{tgm}$ での多段噴射が可能であるか否かを判断する。

【0031】

つまり、多段噴射分割比制御部 207 は、総燃料噴射パルス幅 $T I$ を目標噴射回数 N_{tg} に分けて噴射し、かつ、各噴射の噴射パルス幅 $T I_{sn}$ を目標分割比 $S R_{tgm}$ にしたがって設定したと仮定したときに、各噴射の噴射パルス幅 $T I_{sn}$ が全て最小噴射パルス幅 $T I_{min}$ 以上であれば、目標分割比 $S R_{tgm}$ に応じたパルス幅の割り付けでの多段噴射が可能であると判断する。

40

一方、多段噴射分割比制御部 207 は、総燃料噴射パルス幅 $T I$ を目標噴射回数 N_{tg} に分けて噴射し、かつ、各噴射の噴射パルス幅 $T I_{sn}$ を目標分割比 $S R_{tgm}$ にしたがって設定したと仮定したときに、各噴射の噴射パルス幅 $T I_{sn}$ のうちで最小噴射パルス幅 $T I_{min}$ を下回るものがあれば、目標分割比 $S R_{tgm}$ に応じたパルス幅の割り付けでの多段噴射は不能であると判断する。

【0032】

多段噴射分割比制御部 207 は、目標分割比 $S R_{tgm}$ での多段噴射が可能であると判断すると、マップから検索した目標分割比 $S R_{tgm}$ をそのまま最終的な目標分割比 $S R_{tg}$ に設定して出力する。

また、多段噴射分割比制御部 207 は、目標分割比 $S R_{tgm}$ での多段噴射が不能である

50

と判断すると、最小噴射パルス幅 T_{Imin} を下回る噴射パルス幅 $T_{I sn}$ に設定された噴射回の分割比 $S R$ を増加させて最小噴射パルス幅 T_{Imin} 以上の噴射パルス幅 $T_{I sn}$ を割り付けるように修正するとともに、相対的に、最小噴射パルス幅 T_{Imin} 以上の噴射パルス幅 $T_{I sn}$ に設定された噴射回の分割比を噴射パルス幅 $T_{I sn}$ が最小噴射パルス幅 T_{Imin} を下回らない範囲で減少させる。

【0033】

つまり、多段噴射分割比制御部 207 は、総燃料噴射パルス幅 $T I$ の多段噴射の各噴射回への割り振りを、各噴射回における噴射パルス幅が全て最小噴射パルス幅 T_{Imin} を下回らないように調整する。

そして、多段噴射分割比制御部 207 は、上記のようにして訂正した目標分割比 $S R_{tg}$ を最終的な目標分割比 $S R_{tg}$ として出力する。 10

なお、多段噴射分割比制御部 207 は、目標分割比 $S R_{tg}$ に応じたパルス幅の割り付けでの多段噴射が不能であると判断したときに、総燃料噴射パルス幅 $T I$ を多段噴射の各噴射回に均等に割り付ける目標分割比 $S R_{tg}$ を出力することができる。

【0034】

多段噴射タイミング制御部 208 は、目標噴射回数 N_{tg} 、燃焼モードの情報を受け、噴射タイミングマップ部 205 からそのときの運転条件及び目標噴射回数 N_{tg} に対応する噴射タイミング $I T$ を検索する。

燃料噴射弁駆動制御部 210 は、目標噴射回数 N_{tg} 、目標分割比 $S R_{tg}$ 、総燃料噴射パルス幅 $T I$ 、噴射タイミング $I T$ の情報を受け、係る指令に応じて多段噴射の各噴射の噴射パルス幅 $T_{I sn}$ を決定し、噴射タイミング $I T$ の指令に応じたタイミングで噴射パルス幅 $T_{I sn}$ の噴射パルス信号を燃料噴射弁 105 に出力する。 20

【0035】

図3は、ECU 109 が、内燃機関 101 の冷機状態でのファーストアイドル (fast idle) で、噴射パルス幅 $T_{I sn}$ を最小噴射パルス幅 T_{Imin} 以上にするための制御として、目標燃圧 $F P_{tg}$ を変更せずに目標噴射回数 N_{tg} を減少させる噴射回数制御を実施するときの目標噴射回数 N_{tg} やパルス比率 $P R$ などの挙動を例示するタイムチャートである。

【0036】

なお、ファーストアイドルとは、内燃機関 101 の冷間始動後 (暖機中) の回転保持、暖機性、走行性確保のために、始動後のアイドル回転速度を暖機後よりも高くしている状態であり、目標噴射回数 N_{tg} が比較的多い回数に設定され、かつ、総燃料噴射パルス幅 $T I$ が短く、噴射パルス幅 $T_{I sn}$ が最小噴射パルス幅 T_{Imin} 未満になり易い運転条件である。 30

また、パルス比率 $P R$ は、多段噴射の目標噴射回数 N_{tg} 、最小噴射パルス幅 T_{Imin} 、総燃料噴射パルス幅 $T I$ に基づき、 $P R = T_{Imin} \times N_{tg} / T I$ として演算される値である。

【0037】

したがって、総燃料噴射パルス幅 $T I$ を目標噴射回数 N_{tg} に均等分割したときの噴射パルス幅 $T_{I sn}$ が最小噴射パルス幅 T_{Imin} に一致する場合にパルス比率 $P R = 1.0$ となり、パルス比率 $P R$ は、総燃料噴射パルス幅 $T I$ を目標噴射回数 N_{tg} に均等分割したときの噴射パルス幅 $T_{I sn}$ が最小噴射パルス幅 T_{Imin} よりも大きくなるほど、1.0 よりも小さい値になる。 40

そして、パルス比率 $P R$ が 1.0 を超えるときには、均等割り付けしたときの噴射パルス幅 $T_{I sn}$ が最小噴射パルス幅 T_{Imin} を下回ることを示し、パルス比率 $P R$ が 1.0 以下であるときには、均等割り付けしたときの噴射パルス幅 $T_{I sn}$ が最小噴射パルス幅 T_{Imin} 以上になり、目標噴射回数 N_{tg} での多段噴射が可能であることを示す。

【0038】

図3における内燃機関 101 の運転条件である冷機ファーストアイドル状態、換言すれば、内燃機関 101 の暖機状態では、目標アイドル回転速度を暖機後よりも高く設定し、また、点火時期を暖機後よりもリタードさせることで、触媒コンバータ 112 の触媒暖機 50

を促進させる場合がある。

係る触媒暖機の促進処理が実施される時は、内燃機関101の吸入空気量がアイドル状態としては多く、また、PN低減のために燃圧FPが例えば20MPa以上の高燃圧に設定される条件であり、図3の例では目標噴射回数Ntgが3回に設定される。

ここで、個体差によりファーストアイドル状態での要求空気量が比較的少ない内燃機関101の場合、始動後、機関回転速度が目標アイドル回転速度に近づくにしたがって総燃料噴射パルス幅TIが減少し、パルス比率PRが徐々に大きくなる。

【0039】

図3に示す判定値Xは、目標噴射回数Ntgでの多段噴射が不能であるか否かを判断するためのパルス比率PRの閾値で、例えば判定値 $X = 1.0$ に設定される。なお、燃料噴射弁105の開弁特性のばらつきなどを考慮し、判定値Xを $X < 1.0$ とすることができる。

パルス比率PRが時刻t1で判定値Xを超えたとき、ECU109は、目標噴射回数Ntg(マップ値)での多段噴射が不能であると判断し、目標噴射回数Ntgを3回から2回に減じる。

【0040】

目標噴射回数Ntgが3回から2回になると、パルス比率PRは急速に小さくなる。例えば、 $T_{Imin} = 0.5ms$ 、 $TI = 1.45ms$ 、 $Ntg = 3$ 回の条件では、 $PR = 1.034$ であるのに対し、 $T_{Imin} = 0.5ms$ 、 $TI = 1.45ms$ 、 $Ntg = 2$ 回の条件では、 $PR = 0.689$ にまで低下し、目標噴射回数Ntgを3回から2回に減じたことで、最小噴射パルス幅 T_{Imin} 以上の噴射パルス幅 T_{Isn} で多段噴射(2回噴射、2分割噴射)を行えることになる。

しかし、目標噴射回数Ntgを、最適値であるマップ値(目標噴射回数Ntgm)の3回から2回に減じたことで、シリンダ壁面への燃料付着量、混合気の均質性などが変化して燃焼が悪化し、PNの悪化を含む排気性状の悪化、及び、機関回転速度の低下などが発生する場合がある。

【0041】

図3に示す判定値Yは、運転領域の変化や補機負荷の変化などにより、総燃料噴射パルス幅TIが増加に転じたときに、目標噴射回数Ntgをマップ値(目標噴射回数Ntgm)よりも減らした状態からマップ値(目標噴射回数Ntgm)に復帰させるタイミングを判断するためのパルス比率PRの閾値である。

この判定値Y($Y < X = 1.0$)は、マップ値の目標噴射回数Ntgmを設定できるパルス比率PR、及び、目標噴射回数Ntgを減少させたときのパルス比率PRの変動などを考慮し、目標噴射回数Ntgのハンチングを抑制できる値に設定される。

【0042】

図3の時刻t2で、ECU109は、パルス比率PRが判定値Yを下回ったことを判断し、目標噴射回数Ntgを2回からマップ値(目標噴射回数Ntgm)である3回、つまり、そのときの運転条件における最適値に戻す処理を実施する。

目標噴射回数Ntgが本来の3回に戻されると、シリンダ壁面への燃料付着量、混合気の均質性などが改善され、係る燃焼改善によってトルクが増えることで機関回転速度が上昇する。

そして、機関回転速度が上昇すると総燃料噴射パルス幅TIが減り、総燃料噴射パルス幅TIが減ることで再びパルス比率PRが上昇に転じて判定値Xを超えるようになり、ECU109は、時刻t3でパルス比率PRが判定値Xを超えたことを判断すると、目標噴射回数Ntgをマップ値である3回から2回に減じる処理を再度行うことになる。

【0043】

上記のように、目標噴射回数Ntgを最適値から減らすと、最小噴射パルス幅 T_{Imin} 以上の噴射パルス幅 T_{Isn} で多段噴射を行わせることができるが、PNの悪化を含む排気性状の悪化が生じる可能性がある。

そこで、ECU109は、最小噴射パルス幅 T_{Imin} 以上の噴射パルス幅 T_{Isn} で多段噴射を行わせるための制御として、目標燃圧 F_{Ptg} の減少制御を実施するよう構成されており、以下では、目標燃圧 F_{Ptg} の減少制御によって、目標噴射回数Ntgを減らす場合よ

10

20

30

40

50

りもPNの悪化を抑制できることを説明する。

【0044】

図4は、燃圧FPに対するPNの変化を、多段噴射の目標噴射回数Ntg(Ntg=1, 2, 3)毎にグラフ化したもので、横軸に燃圧FP、縦軸にPNを表している。

燃圧FPを高くすると燃料噴霧の微粒化が促進されるため、1回噴射(Ntg=1)、2回噴射(Ntg=2)、3回噴射(Ntg=3)のいずれにおいてもPNが低減する傾向を示すが、燃圧を高くすると燃料噴霧の貫徹力が強くなって到達距離が長くなるため、燃圧の上昇に応じて低減する傾向を示していたPNは、ある燃圧を超えると上昇に転じる。

【0045】

ここで、燃圧FPが同じでも、多段噴射の目標噴射回数Ntgが多くなるほど、換言すれば、1回当たりの噴射パルス幅TIsnが短くなるほど、燃料噴霧の貫徹力が弱くなって到達距離が短くなるから、目標噴射回数Ntgが多いほどPNは低下する傾向を示す。

また、燃料噴霧の微粒化による気化促進と噴霧の貫徹力(到達距離)との関係性から、PN低減効果を可及的に大きくできる燃圧領域は、目標噴射回数Ntg毎に異なる。

【0046】

このような特性を考慮し、目標燃圧FPtg及び目標噴射回数Ntgのマップ値(FPtgm、Ntgm)は運転領域毎に最適値に設定される。

例えば、図4に示す特性において、目標燃圧FPtg=FP1、目標噴射回数Ntg=3回が最適値(FPtgm、Ntgm)として設定されている運転条件である場合に、最小噴射パルス幅TIminを下回る噴射パルス幅TIsnが設定される条件になって、目標噴射回数Ntgを3回から2回に減じたと仮定する。

【0047】

この場合、目標噴射回数Ntgを3回から2回に減じたことに因るPNの増加量はPNであるが、3回噴射を維持して燃圧FPをFP1からFP2(FP2<FP1)にまで低下させたときのPNの増加量は同じPNになる。

つまり、目標噴射回数Ntgを3回に維持したまま、燃圧FPをFP1からFP2未満までの間で調整して最小噴射パルス幅TImin以上の噴射パルス幅TIsnに設定できれば、目標噴射回数Ntgを3回から2回に減じる場合よりも、PNの悪化を抑止しつつ最小噴射パルス幅TImin以上の噴射パルス幅TIsnでの多段噴射を行わせることができる。

【0048】

このため、ECU109は、最小噴射パルス幅TIminを下回る噴射パルス幅TIsnが設定される条件になったときに、目標噴射回数Ntgを維持したまま目標燃圧FPtgを低下させて最小噴射パルス幅TImin以上の噴射パルス幅TIsnが設定されるようにする。

但し、最小噴射パルス幅TImin以上の噴射パルス幅TIsnを設定させるために、図4に示す燃圧FP2よりも低い燃圧にする必要がある場合は、目標噴射回数Ntgを3回から2回に減じた場合のPNの増加量であるPNよりも悪化することになる。

【0049】

そこで、ECU109は、最小噴射パルス幅TImin以上の噴射パルス幅TIsnを設定するために燃圧FPを燃圧FP2まで低下させる必要がある場合、燃圧FPを低下させて噴射パルス幅TIsnを最小噴射パルス幅TImin以上にする代わりに、燃圧FPを最適値であるFP1(マップ値である目標燃圧FPtgm)に戻して目標噴射回数Ntgを目標噴射回数Ntgm(マップ値)から減じ、最小噴射パルス幅TImin以上の噴射パルス幅TIsnを設定できるようにする。

また、ECU109は、最小噴射パルス幅TImin以上の噴射パルス幅TIsnでの多段噴射を行わせるため、目標噴射回数Ntgをマップ値である目標噴射回数Ntgmに維持したまま燃圧FPを低下させるときに、要求される燃圧FP付近での燃圧変動に対するPN変化が急であると、目標燃圧FPtgをマップ値である目標燃圧FPtgmから低下させる代わりに、燃圧FPを最適値であるFP1(目標燃圧FPtgm)に戻して目標噴射回数Ntgを目標噴射回数Ntgmから減じ、最小噴射パルス幅TImin以上の噴射パルス幅TIsnを設定する。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 0 】

これは、燃圧制御性を考慮すると、最小噴射パルス幅 T_{Imin} 以上の噴射パルス幅 T_{Isn} を設定するために燃圧変動で P_N が大きく変化する領域（例えば、図 4 の 3 回噴射での燃圧 F_{P2} ）で燃圧を制御するよりも、目標噴射回数 N_{tg} をマップ値である目標噴射回数 N_{tgm} から減らして、燃圧変動による P_N 変化が緩やかな領域（例えば、図 4 の 2 回噴射での燃圧 F_{P1} ）で燃圧 F_P を制御することが排気性能上望ましいためである。

そこで、ECU 109 は、 P_N 悪化代や P_N 変化特性を考慮して設定された目標燃圧 $F_{P_{tg}}$ の低下限界であるリミッター $F_{P_{min}}$ （下限目標燃圧）を記憶し、リミッター $F_{P_{min}}$ を下回る燃圧低下が要求される条件のときには、最小噴射パルス幅 T_{Imin} 以上の噴射パルス幅 T_{Isn} での多段噴射を行わせるための燃圧低下処理をキャンセルし、目標燃圧 $F_{P_{tg}}$ を最適値（マップ値である目標燃圧 $F_{P_{tgm}}$ ）に戻して目標噴射回数 N_{tg} をマップ値である目標噴射回数 N_{tgm} から減じるようにする。

10

【 0 0 5 1 】

図 5 は、最小噴射パルス幅 T_{Imin} 以上の噴射パルス幅 T_{Isn} で多段噴射を行わせるための燃圧低下処理を説明するための図であり、内燃機関 101 の冷機ファーストアイドル状態（暖機中のアイドル運転）での目標燃圧 $F_{P_{tg}}$ などの挙動の一例を表している。

なお、図 5 に示した、パルス比率 P_R 、判定値 X 、判定値 Y は、図 3 で説明したものと同一のものであり、詳細な説明は省略する。

【 0 0 5 2 】

判定値 A （第 1 判定値）は、目標燃圧 $F_{P_{tg}}$ を低下させる制御を開始させるタイミングを判断するためのパルス比率 P_R の閾値で、目標噴射回数 N_{tg} を減数するか否かを判断するための判定値 X （第 2 判定値）より低い値である（判定値 $A < 判定値 X \cdot 1.0$ ）。

20

これは、燃圧制御によって実際の燃圧 F_P が変化するまでの応答遅れを考慮し、パルス比率 P_R が判定値 X に達する前から燃圧 F_P を低下させる処理を開始し、燃圧 F_P 低下の過渡応答の間で最小噴射パルス幅 T_{Imin} を下回る噴射パルス幅 T_{Isn} での噴射が実施されることを抑止するためである。

【 0 0 5 3 】

また、判定値 B は、目標燃圧 $F_{P_{tg}}$ をマップ値である目標燃圧 $F_{P_{tgm}}$ （ベース燃圧）に戻すように上昇させる制御を開始させるタイミングを判断するためのパルス比率 P_R の閾値で、判定値 A と同様に、燃圧 F_{P_n} の応答遅れを考慮して判定値 Y （第 3 判定値）よりも高い値に設定される（判定値 $Y < 判定値 B < 判定値 A < 判定値 X \cdot 1.0$ ）。

30

【 0 0 5 4 】

図 5 の時刻 t_1 は、内燃機関 101 の始動開始タイミングで、時刻 t_1 からパルス比率 P_R が判定値 A に達する時刻 t_2 までの間では、目標燃圧 $F_{P_{tg}}$ はマップ値である目標燃圧 $F_{P_{tgm}}$ に保持され、目標噴射回数 N_{tg} はマップ値である 3 回に保持される。

図 5 の時刻 t_2 から時刻 t_3 の間は、パルス比率 P_R が判定値 A を超えたために、ECU 109 が燃圧 F_P を減少変化させる期間である。

【 0 0 5 5 】

ECU 109 は、パルス比率 P_R が判定値 A を超えると、目標燃圧 $F_{P_{tg}}$ を、マップ値である目標燃圧 $F_{P_{tgm}}$ （ベース燃圧）を初期値として一定時間毎に所定圧ずつ低下させ、燃圧 F_P を徐々に低下させる。なお、ECU 109 は、パルス比率 P_R と判定値 A との偏差に応じて目標燃圧 $F_{P_{tg}}$ の低下量（低下速度）を可変に設定できる。

40

また、目標燃圧 $F_{P_{tg}}$ の低下処理には、リミッター $F_{P_{min}}$ が設けられ、ECU 109 は、パルス比率 P_R が判定値 A を下回るようになるまで、若しくは、目標燃圧 $F_{P_{tg}}$ がリミッター $F_{P_{min}}$ に達するまで、目標燃圧 $F_{P_{tg}}$ を漸減させる。

【 0 0 5 6 】

なお、リミッター $F_{P_{min}}$ は、図 4 における燃圧 F_{P1} 、 F_{P2} の間（ $F_{P2} < F_{P_{min}} < F_{P1}$ ）に設定される。また、ECU 109 は、目標燃圧 $F_{P_{tgm}}$ （ベース燃圧）の関数でリミッター $F_{P_{min}}$ を演算することができる。

目標燃圧 $F_{P_{tg}}$ （実燃圧 F_P ）を低下させると、同一燃料量を噴射するための噴射パル

50

ス幅が増加するため、パルス比率 P_R は減少するようになり、時刻 t_3 でパルス比率 P_R は判定値 A にまで低下し、目標燃圧 F_{Ptg} を低下させる処理は停止される。

【0057】

図5の時刻 t_3 から時刻 t_4 の間は、パルス比率 P_R が判定値 A と判定値 B との間のある期間で、目標燃圧 F_{Ptg} はパルス比率 P_R が判定値 A に達したときの目標燃圧 F_{Ptg} に保持され、目標噴射回数 N_{tg} はマップ値である3回に保持される。

図5の時刻 t_4 から時刻 t_5 の間は、パルス比率 P_R が判定値 B にまで低下し、ECU109が、目標燃圧 F_{Ptg} をマップ値である目標燃圧 F_{Ptgm} (ベース燃圧) にまで戻す処理を実施する期間である。

【0058】

ECU109は、パルス比率 P_R が判定値 B に達すると、目標燃圧 F_{Ptg} をマップ値である目標燃圧 F_{Ptgm} (ベース燃圧) に向けて一定時間毎に所定圧ずつ増加させ、目標燃圧 F_{Ptg} が目標燃圧 F_{Ptgm} に戻った時点(図5の時刻 t_5)で目標燃圧 F_{Ptg} の漸増処理を停止させる。

なお、ECU109は、パルス比率 P_R と判定値 B との偏差に応じて目標燃圧 F_{Ptg} の上昇量(上昇速度)を可変に設定することができる。

【0059】

図6は、内燃機関101の冷機ファーストアイドル状態(暖機中)で、ECU109が目標燃圧 F_{Ptg} をリミッター F_{Pmin} まで低下させてもパルス比率 P_R が判定値 X を超え、ECU109が目標噴射回数 N_{tg} をマップ値である3回から2回に減じる処理を実施する状況でのパルス比率 P_R 、目標燃圧 F_{Ptg} 、目標噴射回数 N_{tg} などの挙動の一例を表している。

図6に示した、パルス比率 P_R 、判定値 X 、判定値 A 、判定値 B 、判定値 Y は、図3、図5と同じものであり、詳細な説明は省略する。

【0060】

図6の時刻 t_1 で、パルス比率 P_R が判定値 A を超えたため、ECU109は、目標燃圧 F_{Ptg} をマップ値である目標燃圧 F_{Ptgm} (ベース燃圧) から漸減させる処理を開始し、時刻 t_2 で目標燃圧 F_{Ptg} がリミッター F_{Pmin} に達したために目標燃圧 F_{Ptg} を漸減させる処理を停止し、目標燃圧 F_{Ptg} をリミッター F_{Pmin} に保持する。

目標燃圧 F_{Ptg} がリミッター F_{Pmin} に達した後もパルス比率 P_R が上昇し、時刻 t_3 でパルス比率 P_R が判定値 X を超えたため、ECU109は、目標噴射回数 N_{tg} をマップ値である3回から2回に減じるとともに、目標燃圧 F_{Ptg} をリミッター F_{Pmin} からマップ値である目標燃圧 F_{Ptgm} に戻す処理を開始する。

【0061】

目標噴射回数 N_{tg} がマップ値である3回から2回に減じられたことで、パルス比率 P_R は時刻 t_3 以降で減少に転じ、時刻 t_4 でパルス比率 P_R が判定値 Y を下回ったことで、ECU109は、目標噴射回数 N_{tg} をマップ値(目標噴射回数 N_{tgm}) に復帰させても最小噴射パルス幅 T_{Imin} 以上の噴射パルス幅 T_{Isn} を設定できる条件(総燃料噴射パルス幅 T_I)になったと判断し、目標噴射回数 N_{tg} を2回からマップ値である3回に戻す。

このように、ECU109は、基本的に目標燃圧 F_{Ptg} を減じてパルス比率 P_R が判定値 X を超えないように制御するが、目標燃圧 F_{Ptg} をリミッター F_{Pmin} まで低下させてもパルス比率 P_R が判定値 X を超えた場合は、目標燃圧 F_{Ptg} をマップ値に戻した上で、目標噴射回数 N_{tg} をマップ値である目標噴射回数 N_{tgm} から減じ、パルス比率 P_R が判定値 X を超える状態の解消を図る。

【0062】

なお、ECU109は、目標燃圧 F_{Ptg} をマップ値である目標燃圧 F_{Ptgm} に戻すときに、急激な燃圧 F_P の変動によって燃料噴射弁105の計量精度が悪化することを抑止できるように、目標燃圧 F_{Ptg} を目標燃圧 F_{Ptgm} に向けて漸増させる。

また、ECU109が、目標噴射回数 N_{tg} を減じるときに目標燃圧 F_{Ptg} をマップ値に戻すのは、図4に示したように、燃圧 F_P 変動に対する P_N の変化が少ない領域の目標燃

10

20

30

40

50

圧 $F P_{tg}$ で内燃機関 101 を運転させ、燃圧 $F P$ の制御ばらつきがあっても $P N$ を安定して少ない状態に制御できるようにするためである。

なお、 $E C U 109$ は、上述した図 5、図 6 にしたがって説明したパルス比率 $P R$ に基づく目標燃圧 $F P_{tg}$ の制御を、目標噴射回数 N_{tg} を減少させた場合の排気ガス、 $P N$ への影響が大きい冷機状態や触媒暖機中、つまり、内燃機関 101 の暖機中に限定して実施することができる。

【0063】

図 7 は、上述したパルス比率 $P R$ に基づく目標燃圧 $F P_{tg}$ の制御を触媒暖機中であることを条件として実施する構成において、触媒暖機完了後のアイドル状態での目標噴射回数 N_{tg} の挙動を示した一例である。

なお、図 7 に示した、パルス比率 $P R$ 、判定値 X 、判定値 A 、判定値 B 、判定値 Y は、図 3、図 5、図 6 と同じものであり、詳細な説明は省略する。

【0064】

$E C U 109$ は、図 7 の時刻 t_1 で触媒暖機の完了、つまり、触媒温度が活性温度に達したことを判定すると、燃焼モードの切り替えによって触媒暖機のために点火時期をリタードさせる制御から通常点火時期での制御に移行し、また、目標アイドル回転速度を触媒暖機用の高回転から水温 $T W$ に応じた目標アイドル回転速度に下げる。係る制御によって、内燃機関 101 は要求空気量が少ない運転領域に移行する。

また、図 7 の時刻 t_1 での触媒暖機の完了判定（燃焼モードの切り替わり判定）に伴い、 $E C U 109$ が目標噴射回数 N_{tgm} を検索するマップを切り替えることで、目標噴射回数 N_{tg} は 3 回から 2 回に変更される。

【0065】

その後の時刻 t_2 において、パルス比率 $P R$ は判定値 A を超えるが、パルス比率 $P R$ に基づく目標燃圧 $F P_{tg}$ の制御を実施しない条件である触媒暖機の完了後であるため、 $E C U 109$ は、パルス比率 $P R$ が判定値 A を超えても目標燃圧 $F P_{tg}$ を低下させる制御を実施しない。

内燃機関 101 のフリクションが比較的小さく、総燃料噴射パルス幅 $T I$ が標準よりも短く演算される場合、時刻 t_2 後においてパルス比率 $P R$ がさらに上昇する。

【0066】

そして、時刻 t_3 でパルス比率 $P R$ が判定値 X を超えると、 $E C U 109$ は、目標噴射回数 N_{tg} をマップ値である 2 回から 1 回に減らして、最小噴射パルス幅 $T I_{min}$ 以上の噴射パルス幅 $T I_{sn}$ を設定できる、換言すれば、パルス比率 $P R$ を判定値 X 以下にできる目標噴射回数 N_{tg} に調整する。

目標噴射回数 N_{tg} が 2 回から 1 回に減らされた後、運転領域の変化や補機類の動作状況などにより、総燃料噴射パルス幅 $T I$ が目標噴射回数 N_{tg} を 2 回にできる値にまで増加することで、時刻 t_4 でパルス比率 $P R$ が判定値 Y を下回るようになる。

【0067】

しかし、 $E C U 109$ は、触媒暖機完了後のアイドル状態でパルス比率 $P R$ に基づき目標噴射回数 N_{tg} を減らした場合、次にアイドル条件が不成立となるまで（内燃機関 101 が加速されアイドル状態を脱するまで）、マップ値（目標噴射回数 N_{tgm} ）よりも減数させた目標噴射回数 N_{tg} を維持するよう構成される。

目標噴射回数 N_{tg} が減少、増加（復帰）する際は、シリンダ壁面への燃料付着量や混合気の均質性などに変化が生じることで燃焼状態が変化するため、回転速度変動が生じ易く、特に機関回転速度の低いアイドル領域においては、燃焼変化による回転速度変動が顕著に表れやすい。

【0068】

このため、 $E C U 109$ は、目標噴射回数 N_{tg} をマップ値（目標噴射回数 N_{tgm} ）から減少させることによる排ガス、 $P N$ の影響が比較的小さい運転状態である、触媒暖機判定後若しくは水温、油温等が所定温度以上のアイドル領域に限り、パルス比率 $P R$ が判定値 Y を下回るようになってもマップ値から減少させた目標噴射回数 N_{tg} を維持させ、目標噴

10

20

30

40

50

射回数 N_{tg} の復帰に伴う回転変動の発生を抑止する。

そして、ECU 109 は、目標噴射回数 N_{tg} をマップ値から減少させているアイドル状態が解除されると（換言すれば、目標噴射回数 N_{tg} をマップ値から減少させているアイドル状態から非アイドル状態に移行すると）、目標噴射回数 N_{tg} をマップ値に戻すように増加させる。

【0069】

以上、本発明の実施形態について詳述したが、燃圧、及び、多段噴射の噴射回数を制御するためのパラメータは、上述した最小噴射パルス幅 T_{Imin} と 1 燃焼サイクル当たりの総燃料噴射パルス幅 T_I との比率以外に、噴射パルス幅や噴射パルス幅を推定できる新たなパラメータを用いても同様の動作が可能であることは言うまでもない。

なお、本発明は上記した実施形態に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施形態は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施形態の構成の一部を他の実施形態の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施形態の構成に他の実施形態の構成を加えることも可能である。また、各実施形態の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

【0070】

図 2 に示した ECU 109 の制御機能では、ECU 109 は、内燃機関 101 の運転条件に応じた標準の目標燃圧 $F_{P_{tgm}}$ 、内燃機関 101 の運転条件に応じた標準の目標噴射回数 N_{tgm} などをマップからの検索で求めるが、ECU 109 は、運転条件を変数とする関数に基づき目標燃圧 $F_{P_{tgm}}$ （ベース燃圧）や目標噴射回数 N_{tgm} （ベース噴射回数）を演算することができる。

【0071】

また、ECU 109 は、パルス比率 PR ($PR = T_{Imin} \times N_{tg} / T_I$) に基づき、最小噴射パルス幅 T_{Imin} 以上の噴射パルス幅 $T_{I_{sn}}$ での多段噴射が行える条件であるか否かを判断する構成に代えて、総燃料噴射パルス幅 T_I 、目標噴射回数 N_{tgm} 、目標分割比 $S_{R_{tgm}}$ に基づき特定される各噴射での噴射パルス幅 $T_{I_{sn}}$ のうち最も短い噴射パルス幅と最小噴射パルス幅 T_{Imin} とを比較して、最小噴射パルス幅 T_{Imin} 以上の噴射パルス幅 $T_{I_{sn}}$ での多段噴射が行える条件であるか否かを判断することができる。

【0072】

更に、ECU 109 は、目標分割比 $S_{R_{tgm}}$ に応じた各噴射での噴射パルス幅 $T_{I_{sn}}$ のうち最も短い噴射パルス幅が最小噴射パルス幅 T_{Imin} 未満であると判断したときに、目標分割比 $S_{R_{tgm}}$ を所定範囲内で変更することで各噴射回での噴射パルス幅 $T_{I_{sn}}$ を全て最小噴射パルス幅 T_{Imin} 以上にできる場合は、目標分割比 $S_{R_{tgm}}$ の変更を実施し、目標分割比 $S_{R_{tgm}}$ を所定範囲内で変更しても各噴射回での噴射パルス幅 $T_{I_{sn}}$ を全て最小噴射パルス幅 T_{Imin} 以上にできない場合に目標燃圧 $F_{P_{tgm}}$ の低下を実施することができる。

また、ECU 109 は、目標分割比 $S_{R_{tgm}}$ に応じた各噴射での噴射パルス幅 $T_{I_{sn}}$ のうち最も短い噴射パルス幅が最小噴射パルス幅 T_{Imin} 未満であると判断したときに、目標分割比 $S_{R_{tgm}}$ を変更せずに、目標燃圧 $F_{P_{tgm}}$ の低下によって各噴射回での噴射パルス幅 $T_{I_{sn}}$ を全て最小噴射パルス幅 T_{Imin} 以上とすることができる。

【0073】

また、ECU 109 は、内燃機関 101 の暖機後においても、各噴射回での噴射パルス幅 $T_{I_{sn}}$ を全て最小噴射パルス幅 T_{Imin} 以上とするために、目標燃圧 $F_{P_{tgm}}$ をベース燃圧から低下させる処理を実施することができる。

また、ECU 109 は、パルス比率 PR の上昇速度に応じて判定値 A のレベルを変更することができる。パルス比率 PR の上昇速度が速いほど判定値 A のレベルを下げて、燃圧 F_P を低下させる制御の開始を早めることで、燃圧制御の応答遅れによって噴射パルス幅 $T_{I_{sn}}$ が最小噴射パルス幅 T_{Imin} 未満になることを抑止しつつ、燃圧 F_P を低下させる制御を過剰に実施してしまうことを抑制できる。

10

20

30

40

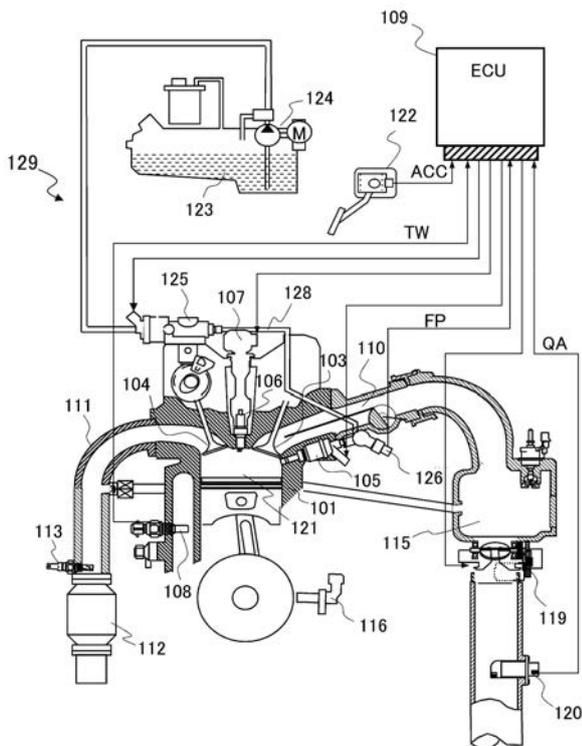
50

【符号の説明】

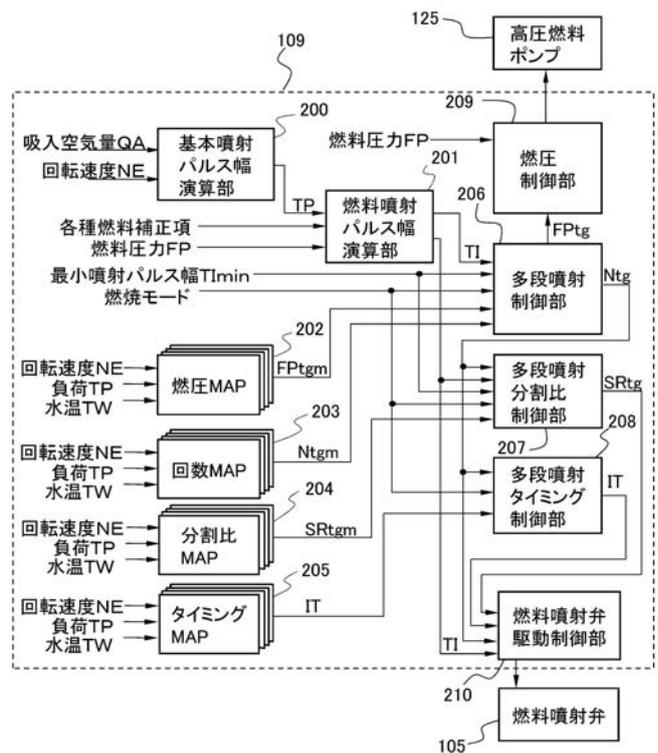
【0074】

101...内燃機関、105...燃料噴射弁、109...ECU(制御装置)、129...燃料供給装置、201...燃料噴射パルス幅演算部(総噴射量設定部)、203...多段噴射回数マップ部(回数設定部)、206...多段噴射制御部

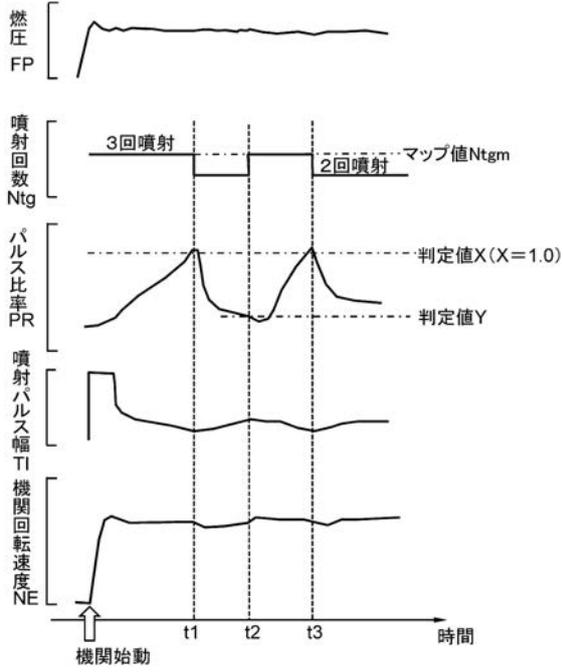
【図1】



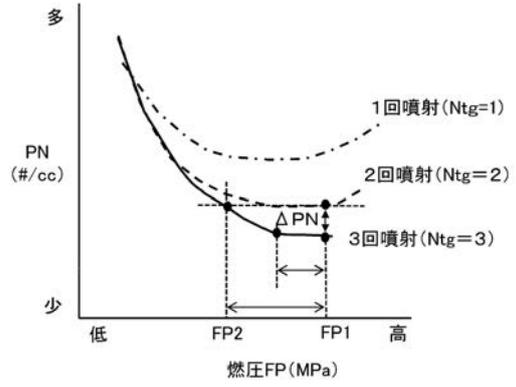
【図2】



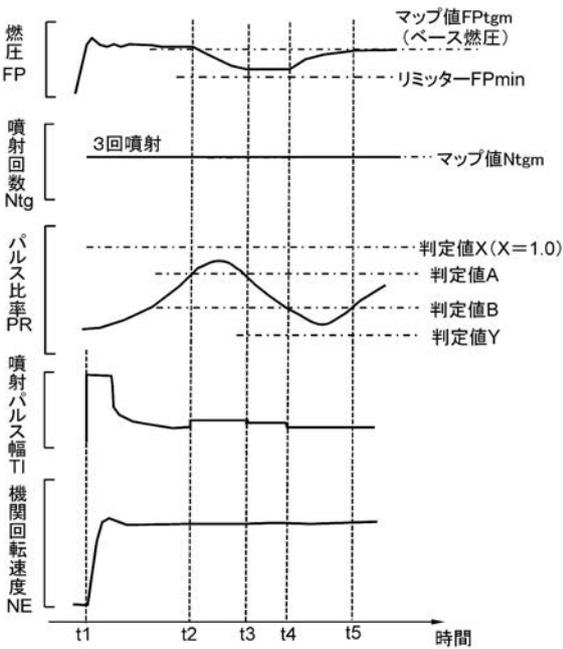
【 図 3 】



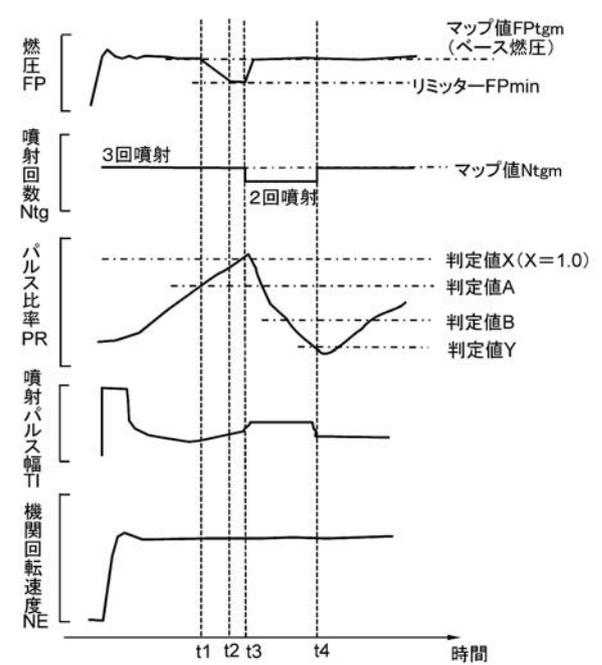
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】

