(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第4007384号
(P4007384)
(45)発行日　平成19年11月14日(2007.11.14)　(24)登録日　平成19年9月7日(2007.9.7)

(51)Int.Cl.　　F I
F02D 41/14 (2006.01)　　F02D 41/14 ３１０Ｌ
F02D 45/00 (2006.01)　　F02D 41/14 ３１０Ｈ
F02D 45/00 ３６８Ｆ

請求項の数 7　(全 13 頁)

(21)出願番号　特願2005-505791 (P2005-505791)
(86)(22)出願日　平成16年4月22日(2004.4.22)
(86)国際出願番号　PCT/JP2004/005827
(87)国際公開番号　WO2004/094800
(87)国際公開日　平成16年11月4日(2004.11.4)
審査請求日　平成17年4月27日(2005.4.27)
(31)優先権主張番号　特願2003-117468 (P2003-117468)
(32)優先日　平成15年4月22日(2003.4.22)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　000003207
トヨタ自動車株式会社
愛知県豊田市トヨタ町１番地
(74)代理人　100068755
弁理士　恩田　博宣
(74)代理人　100105957
弁理士　恩田　誠
(72)発明者　光谷　典丈
日本国愛知県豊田市トヨタ町１番地　トヨタ自動車　株式会社　内

審査官　所村　陽一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】内燃機関の空燃比制御装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

目標空燃比と実空燃比との偏差の積分値に積分ゲインを乗算して求められた積分項による空燃比の積分補正を行う内燃機関の空燃比制御装置において、現状の吸入空気量及び空燃比に基づいて前記積分項の上限値及び下限値を設定し、

前記現状の吸入空気量が小さいときほど、前記上限値と前記下限値との間隔が小さくなるようにそれら上限値及び下限値の設定を行うことを特徴とする。

【請求項２】

目標空燃比と実空燃比との偏差の積分値に積分ゲインを乗算して求められた積分項による空燃比の積分補正を行う内燃機関の空燃比制御装置において、現状の吸入空気量及び空燃比に基づいて前記積分項の上限値及び下限値を設定し、

前記現状の吸入空気量が小さいときほど、前記上限値及び下限値の絶対値が小さくされるようにそれら上限値及び下限値の設定を行うことを特徴とする。

【請求項３】

目標空燃比と実空燃比との偏差の積分値に積分ゲインを乗算して求められた積分項による空燃比の積分補正を行う内燃機関の空燃比制御装置において、現状の吸入空気量及び空燃比に基づいて前記積分項の上限値及び下限値を設定し、

前記現状の空燃比がリーンなときほど、前記積分項によるリーン側への空燃比の補正が制限されるように前記上限値及び下限値の設定を行うことを特徴とする。

【請求項４】

目標空燃比と実空燃比との偏差の積分値に積分ゲインを乗算して求められた積分項による空燃比の積分補正を行う内燃機関の空燃比制御装置において、現状の吸入空気量及び空燃比に基づいて前記積分項の上限値及び下限値を設定し、
前記実空燃比と前記目標空燃比との偏差の推移からそれらの定常偏差を算出し、その算出された定常偏差を学習値として記憶する空燃比学習制御を行うとともに、前記定常偏差の算出が完了するまでは、その算出の完了後に比して、前記上限値と前記下限値との間隔が小さくなるようにそれら上限値及び下限値の設定を行うことを特徴とする。

【請求項５】
目標空燃比と実空燃比との偏差の積分値に積分ゲインを乗算して求められた積分項による空燃比の積分補正を行う内燃機関の空燃比制御装置において、現状の吸入空気量及び空燃比に基づいて前記積分項の上限値及び下限値を設定し、
前記実空燃比と前記目標空燃比との偏差の推移からそれらの定常偏差を算出し、その算出された定常偏差を学習値として記憶する空燃比学習制御を行うとともに、前記定常偏差の算出が完了するまでは、その算出の完了後に比して、前記上限値及び下限値の絶対値が小さくされるようにそれら上限値及び下限値の設定を行うことを特徴とする。

【請求項６】
前記実空燃比が前記目標空燃比よりもリーンな状態が継続されるほど、前記積分項に基づく空燃比のリーン側へのより大きい補正が許容されるように、前記上限値及び下限値の設定を行う請求項１～５のいずれか１項に記載の内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項７】
前記実空燃比が前記目標空燃比よりもリッチな状態が継続されるほど、前記積分項に基づく空燃比のリッチ側へのより大きい補正が許容されるように、前記上限値及び下限値の設定を行う請求項１～５のいずれか１項に記載の内燃機関の空燃比制御装置。

。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
本発明は、目標空燃比と実空燃比との偏差の積分値に積分ゲインを乗算して求められた積分項による空燃比の積分補正を行う内燃機関の空燃比制御装置に関する。
【背景技術】
周知のように車載用等の内燃機関では、排気中の未燃成分（ＨＣ，ＣＯ）の酸化と窒素酸化物（ＮＯｘ）の還元とを同時に促進する三元触媒を利用して排気浄化を行うものがある。そうした三元触媒の排気浄化性能を高く保持するには、混合気の空燃比を理論空燃比近傍とした状態で燃焼を行う必要がある。そのため、三元触媒を備える内燃機関では、排気中の酸素濃度に基づき空燃比を検出しつつ、空燃比が理論空燃比となるようにフィードバック制御するようにしている。
ところで近年には、酸素貯蔵能力を備える三元触媒が実用されている。この種の三元触媒は、空燃比が理論空燃比よりもリーンで排気中の酸素濃度が高いときには、余剰分の酸素を吸蔵し、空燃比が理論空燃比よりもリッチで排気中の酸素濃度が低いときには、吸蔵された酸素を放出して不足分の酸素を補う。これにより、空燃比が一時的に理論空燃比からずれたときにも、触媒の排気浄化性能は好適に維持されるようになっている。ただし、触媒に吸蔵可能な酸素の量には限界があるため、酸素吸蔵や酸素放出が常時可能となるように、触媒の酸素吸蔵量を一定の範囲内（例えば最大貯蔵量の半分程度）に常時保持しておく必要がある。
そこで従来、例えば特許文献１に見られるように、ＰＩ制御、或いはＰＩＤ制御による空燃比フィードバックを行う内燃機関の空燃比制御装置が提案されている。こうした空燃比制御装置では、目標空燃比に対する空燃比の偏差を検出し、その偏差に対して積分動作するように空燃比を制御している。例えばＰＩ制御の場合、下式（１）にて求められた空燃比補正量にて空燃比の補正を行うようにしている。
空燃比補正量＝空燃比偏差×比例ゲイン＋空燃比偏差の積分値×積分ゲイン…（１）
ここで上式（１）の右辺第１項（空燃比偏差×比例ゲイン）は比例項であり、これによ

り理論空燃比に対する空燃比のずれ分の補償が行われる。また上式（１）の右辺第２項（空燃比偏差の時間積分値×積分ゲイン）は積分項であり、これにより空燃比の定常偏差の補償が行われる。すなわち積分項によっては、三元触媒に新たに吸蔵される酸素量の積算値と同触媒から放出される酸素量の積算値とが等しくなるように空燃比が補正される。そのため、こうした空燃比の積分補正を行うことで、三元触媒に吸蔵中の酸素量の安定保持を図ることができる。

ところがそうした空燃比の積分補正での積分項の値は、そのときの吸入空気量や空燃比の値に関係なく、それまでの空燃比の推移に応じて決まってしまう。そのため、下記のような不適切な空燃比補正が行われる虞がある。

理論空燃比に対して空燃比がより大きくずれ易い内燃機関の高空気量運転時には、上記積分項の絶対値が比較的大きくなることがある。この状態で減速が行われて吸入空気量が大幅に低減されると、その直後には高負荷運転中に絶対値の大きくなった積分項がそのまま適用されてしまうため、減速直後に空燃比が過補正されることがある。

また内燃機関が低負荷且つリーン空燃比で運転されていても、それまで空燃比が理論空燃比よりもリッチな状態が長く継続していれば、積分項による補正は、空燃比を更にリーンとする側に行われるため、空燃比が過剰にリーンとなり、失火の発生を招くこともある。

ここで積分ゲインを小さく設定して積分項の絶対値が相対的に小さくなるようにすれば、そうした積分項による不適切な空燃比補正をある程度に抑えることはできる。しかしながらそうして積分ゲインを小さく設定すれば、空燃比フィードバックの収束性が悪化してしまい、排気エミッションの悪化等の不具合を招いてしまうことになる。

発明の概要

本発明の目的は、空燃比の積分補正を行う場合であれ、積分項による不適切な空燃比補正を好適に抑制することのできる内燃機関の空燃比制御装置を提供することにある。

上記の目的を達成するため、本発明は、目標空燃比と実空燃比との偏差の積分値に積分ゲインを乗算して求められた積分項による空燃比の積分補正を行う内燃機関の空燃比制御装置において、現状の吸入空気量及び空燃比に基づいて前記積分項の上限値及び下限値を設定するようにしている。

こうした本発明では、現状の吸入空気量及び空燃比に応じて設定された上限値及び下限値にて、積分項の設定範囲が制限される。そのため、現状の吸入空気量及び空燃比に対して不適切に空燃比が補正されてしまうような過大或いは過小な値に積分項が設定されることを防止することができる。

例えば現状の吸入空気量が小さいときほど、上限値と下限値との間隔が小さくなるように、或いはそれら上限値及び下限値の絶対値が小さくされるように、それら上限値及び下限値の設定を行えば、目標空燃比に対する空燃比のずれ幅が大きくなり易い高空気量運転時の空燃比フィードバックの収束性を好適に確保しつつも、低空気量運転時の過補正を抑制することができる。

また現状の空燃比がリーンなときほど、積分項によるリーン側への空燃比の補正が制限されるように上限値及び下限値の設定を行えば、積分項による補正の結果、空燃比が過剰にリーンとなることが防止される。

なお、こうして上限値及び下限値を設定して積分項の設定範囲を制限してしまうと、目標空燃比に対する空燃比のずれが著しく大きいときに、空燃比を十分に補正することができずに、目標空燃比への空燃比の収束性が悪化することがある。そうした場合には、実空燃比が目標空燃比よりもリーンな状態が継続されるほど、積分項に基づく空燃比のリーン側へのより大きい補正が許容されるように、或いは実空燃比が目標空燃比よりもリッチな状態が継続されるほど、積分項に基づく空燃比のリッチ側へのより大きい補正が許容されるように、上限値及び下限値の設定を行うことで、目標空燃比への空燃比フィードバックの収束性を確保することができる。

ところで空燃比フィードバック制御を行う内燃機関の多くでは、実空燃比と目標空燃比との偏差の推移からそれらの定常偏差を算出し、その算出された定常偏差を空燃比学習値

として記憶する空燃比学習制御が行われている。こうした学習制御を行う場合、上記積分項による空燃比の積分補正が行われていると、空燃比が目標空燃比へと単純に収束されるとは限らないことから、学習の遅れや学習精度の低下を招く虞がある。

そうした場合、空燃比学習制御での定常偏差の算出が完了するまでは、その算出の完了後に比して、上限値と下限値との間隔が小さくなるように、或いは上限値及び下限値の絶対値が小さくされるように、上限値及び下限値の設定を行うことが望ましい。このように上限値及び下限値の設定を行えば、空燃比学習値の学習が完了されるまでは、空燃比に対する積分補正が相対的に小さく留められる。そのため、積分補正を行いつつも、空燃比学習値の学習速度や学習精度を好適に保持することができる。

【図面の簡単な説明】

図１は、本発明に係る空燃比制御装置の一実施形態を示す概略構成図。

図２は、空燃比と空燃比センサ出力電圧との関係を示す特性図。

図３は、空燃比と酸素センサ出力電圧との関係を示す特性図。

図４は、上記実施形態の空燃比フィードバック制御手順を示すフローチャート。

図５は、上記実施形態の空燃比学習制御手順を示すフローチャート。

図６は、上記実施形態の補正率ガード制御手順を示すフローチャート。

図７は、上記実施形態の補正率ガードマップ。

図８は、上記実施形態による空燃比フィードバック制御態様を示すタイムチャート。

図９は、実施形態による空燃比フィードバック制御態様を示すタイムチャート。

図１０は、補正率ガードを行わない場合の空燃比フィードバック制御態様を示すタイムチャート。

【発明を実施するための最良の形態】

以下、本発明に係る内燃機関の空燃比制御装置を具体化した実施の形態について、図面を参照して説明する。

図１は、本実施の形態に係る空燃比制御装置を備えた自動車用の内燃機関１の概略構成図である。内燃機関１は、吸気通路２、燃焼室３及び排気通路４を備えている。

内燃機関１の吸気通路２は、サージタンク６、その上流に設けられたスロットルバルブ５を備えている。スロットルバルブ５は、アクセルペダルの踏み込み操作に応じて開度変更され、吸気通路２を通じて燃焼室３に吸入される空気の流量、すなわち吸入空気量ｅｇａを調整する。

また吸気通路２は、吸気量センサ７、スロットルポジションセンサ８及び吸気温センサ９を備えている。吸気量センサ７は、スロットルバルブ５の上流側に配置され、上記吸入空気量ｅｇａを検出する。スロットルポジションセンサ８は、スロットルバルブ５の開度を検出する開度センサと、スロットルバルブ５の全閉時にオンとなるアイドルスイッチとを備える。また吸気温センサ９は、内燃機関１に吸入される空気の温度（吸気温）ＴＨＡを検出する。

更に吸気通路２には、燃料噴射弁１０が設けられている。燃料噴射弁１０は、燃料タンクから圧送された燃料を吸気通路２内に噴射する。この噴射された燃料は、吸気通路２内の空気と混合されて、燃焼室３内に供給される。

内燃機関１の排気通路４は、三元触媒２０、空燃比センサ１１及び酸素センサ１２を備えている。空燃比センサ１１は、排気通路４の上記三元触媒２０の上流側に設けられ、酸素センサ１２は、同排気通路４の上記三元触媒２０の下流側に設けられている。

三元触媒２０は、その周囲の排気の酸素濃度が、理論空燃比近傍の空燃比で燃焼が行われたときの濃度であるときに、排気中の一酸化炭素（ＣＯ）、炭化水素（ＨＣ）及び窒素酸化物（ＮＯｘ）の浄化性能を最大限に発揮する。本実施形態の三元触媒２０は、酸素貯蔵能力を有しており、周囲の排気の酸素濃度が高すぎるときには、過剰分の酸素を吸着し、同排気の酸素濃度が低すぎるときには、不足分の酸素を放出する。こうして三元触媒２０は、高い排気浄化性能が常に維持されるように、その周囲の酸素濃度を自律的に調整する。

空燃比センサ１１は、図２に示すように排気の酸素濃度にほぼ比例した電圧を出力する

。そのため、空燃比センサ１１の出力電圧からは、現状の空燃比の値を検出することができる。一方、酸素センサ１２の出力電圧は、図３に示すように、空燃比が理論空燃比よりもリーンであるか、リッチであるかによって大きく変化する。そのため、酸素センサ１２の出力電圧からは、現状の空燃比が理論空燃比よりもリッチかリーンかを検出することができる。

内燃機関１の各気筒の燃焼室３には、点火プラグ１４が設けられている。各気筒の点火プラグ１４には、イグナイタ及び点火コイルによって、必要な時期に点火電圧が印加されるようになっている。

また内燃機関１は、そのシリンダブロック１ａ内を循環する冷却水によって冷却されている。シリンダブロック１ａに設けられた水温センサ１７は、その冷却水の温度を検出する。

上述した各センサ、すなわちスロットルポジションセンサ８、吸気量センサ７、吸気温センサ９、水温センサ１７、空燃比センサ１１及び酸素センサ１２は、電子制御装置３０（以下、ＥＣＵ３０と記載する）に接続されている。ＥＣＵ３０は、ＣＰＵ、ＲＯＭ、ＲＡＭ及びバックアップＲＡＭ等を内蔵したマイクロコンピュータを中心に構成される。ＥＣＵ３０には、上記のようなセンサに加え、燃料噴射弁１０や上記イグナイタ等が接続されてもいる。

ＥＣＵ３０は、入力された各センサの出力に基づいて、燃料噴射制御や空燃比制御等の内燃機関１の各種制御を実行する。以下、本実施形態での空燃比制御の詳細を説明する。

上記のような酸素貯蔵能力を備える本実施形態の三元触媒２０では、その排気浄化性能を有効に発揮させるには、十分な酸素が吸蔵され、且つ十分な酸素吸蔵余力が残された状態を維持しておく必要がある。例えば三元触媒２０に吸蔵されている酸素量がその最大酸素貯蔵量の半分程度となった状態が維持されていれば、酸素の吸蔵及び放出のいずれについても必要に応じて随時行うことができ、十分な排気浄化性能を常に確保しておくことができる。

そこで本実施形態のＥＣＵ３０は、三元触媒２０の排気浄化性能を安定して維持するために、酸素貯蔵量を一定にするように空燃比フィードバック制御を行っている。具体的にはＥＣＵ３０は、目標空燃比である理論空燃比と現状の空燃比（実空燃比）との偏差を空燃比センサ１１の出力電圧に基づき検出し、その偏差に対して比例・積分動作（ＰＩ動作）するように空燃比フィードバック制御を、すなわち空燃比のＰＩ制御を行っている。

こうした空燃比のＰＩ制御は、空燃比偏差に比例ゲインを乗算して求められる比例項と、その空燃比偏差の積分値に積分ゲインを乗算して求められる積分項とからなる空燃比補正量にて空燃比を補正することで行うことができる（上式（１）参照）。ところが上述したように、こうしたＰＩ制御では、現状の吸入空気量や空燃比とは関係なく、積分項の値が決まってしまうため、状況によっては不適切な空燃比補正がなされる虞がある。

そこで本実施形態では、ＥＣＵ３０は、そうした空燃比のＰＩ制御に際して、現状の吸入空気量ｅｇａや実空燃比ｅａｂｙｆに応じて上記積分項の上限値及び下限値を設定し、積分項の値の設定範囲を制限するようにしている。これによりＥＣＵ３０は、現状の吸入空気量ｅｇａや実空燃比ｅａｂｙｆに対して、不適切に空燃比が補正されてしまうような過大或いは過小な値に積分項が設定されることを防止するようにしている。

次に、本実施形態での上記空燃比フィードバック制御の詳細を、図４のフローチャートを参照して説明する。ＥＣＵ３０は、同図４に示されるルーチンを、所定のクランク角毎の定角割込処理として実行する。

本処理が開始されるとＥＣＵ３０は、まずステップ１０２において、吸気量センサ７によって検出された吸入空気量ｅｇａを理論空燃比ｔａｂｙｆ（＝１４．６）にて除算して、基本噴射量ｅｆｃｂを算出する。

次にＥＣＵ３０は、ステップ１０４において、空燃比フィードバックの実行条件が成立しているか否かを判定する。ＥＣＵ３０は、例えば以下の条件（１）～（５）のすべてが成立しているときに空燃比フィードバックの実行条件が成立していると判定する。

（１）冷却水温度が所定温度以上であること。

（２）内燃機関始動中でないこと。
（３）始動時増量等燃料増量中でないこと。
（４）空燃比センサ１１の出力が１回以上反転していること。
（５）燃料カット中でないこと。

ＥＣＵ３０は、上記条件（１）～（５）のいずれか１つ以上が不成立で、空燃比フィードバックの実行条件が不成立であると判定すると（ステップ１０４：ＮＯ）、処理をステップ１１６に進める。そしてＥＣＵ３０は、このステップ１１６において、フィードバック補正量ｅｄｆｉの値を０に設定した後、処理をステップ１１４に進める。

一方、ＥＣＵ３０は、上記ステップ１０４において、条件（１）～（５）のすべてが成立しており、空燃比フィードバックの実行条件が成立していると判定すると（ステップ１０４：ＹＥＳ）、処理をステップ１０６に進める。そしてＥＣＵ３０は、以下のステップ１０６～１１２の処理を通じてフィードバック補正量ｅｄｆｉｉの値を設定した後、処理をステップ１１４に進める。

ステップ１０６では、ＥＣＵ３０は、上記吸気量センサ７により検出された実際の吸入空気量ｅｇａと上記空燃比センサ１２により検出された実空燃比ｅａｂｙｆとに基づいて、実際に燃焼された燃料量（＝ｅｇａ／ｅａｂｙｆ）を算出する。そしてＥＣＵ３０は、上記ステップ１０２において算出された基本噴射量ｅｆｃｂからこの実際に燃焼された燃料量を減算することで、燃料偏差ｅｄｆｃを算出する。更にＥＣＵ３０は、このステップ１０６において前回の燃料偏差積算値ｅｓｄｆｃに燃料偏差ｅｄｆｃを加算することで燃料偏差積算値ｅｓｄｆｃを算出する。

次のステップ１０８では、ＥＣＵ３０は、上記燃料偏差ｅｄｆｃに比例ゲインＧｎＦＢＰを乗算して比例項ｅｄｆｉｐを算出する。更にＥＣＵ３０は、上記燃料偏差積算値ｅｓｄｆｃに積分ゲインＧｎＦＢＩを乗算して仮の積分項ｔ＿ｅｄｆｉｉを算出する。

続くステップ１１０においてＥＣＵ３０は、上記ステップ１０８で算出した仮の積分項ｔ＿ｅｄｆｉｉに対して、下限補正率（ｅｆａｆｋｉ－ｔ＿ｇｄｄｆｉｃｌ）及び上限補正率（ｅｆａｆｋｉ＋ｔ＿ｇｄｄｆｉｃｒ）にてガード処理を行って積分項ｅｄｆｉｉを算出する。すなわちＥＣＵ３０は、上記仮の積分項ｔ＿ｅｄｆｉｉの値が下限補正率未満であれば、積分項ｅｄｆｉｉの値をその下限補正率に設定し、同仮の積分項ｔ＿ｅｄｆｉｉの値が上限補正率を超えていれば、積分項ｅｄｆｉｉの値をその上限補正率に設定する。またＥＣＵ３０は、仮の積分項ｔ＿ｅｄｆｉｉの値が上記下限補正率以上、且つ上記上限補正率以下であれば、仮の積分項ｔ＿ｅｄｆｉｉの値をそのまま積分項ｅｄｆｉｉの値に設定する。なおここでの上限補正率及び下限補正率は、後述する補正量ガード制御処理においてそれぞれ設定されている。

更にＥＣＵ３０は、続くステップ１１２において、その算出された積分項ｅｄｆｉｉと上記ステップ１０８にて算出された比例項ｅｄｆｉｐとを加算したものを、フィードバック補正量ｅｄｆｉの値として設定する。

ＥＣＵ３０は、このステップ１１２又は上記ステップ１１６でフィードバック補正量ｅｄｆｉの値を設定した後、ステップ１１４において基本噴射量ｅｆｃｂにフィードバック補正量ｅｄｆｉを加算して、最終噴射量を算出する。そしてＥＣＵ３０は、その最終噴射量に係数ｋｉｎｊ及び空燃比学習値ｋｇを乗算して、燃料噴射に際してのインジェクタ１０への通電時間ｅｔａｕを算出する。ここで係数ｋｉｎｊは、インジェクタ１０の燃料噴射率（単位時間当りの燃料噴射量）の逆数で、燃圧等に基づき求められている。また空燃比学習値ｋｇは、次に説明する空燃比学習制御にてその値が求められる。

次に、上記空燃比学習値ｋｇを算出するための空燃比学習制御について、図５のフローチャートを参照して説明する。ＥＣＵ３０は、同図５に示されるルーチンを、所定のクランク角毎の定角割込処理として実行する。なお本処理においてＥＣＵ３０は、機関負荷に応じて区分けされた領域毎に空燃比学習値ｋｇを個別に算出するようにしている。

本処理が開始されると、ＥＣＵ３０は、まずステップ１２０において、空燃比学習の実行条件が成立しているかが判定される。この実行条件としては、例えば（１）冷却水温度が所定温度以上であること、（２）パージ処理の実行中でないこと、（３）負荷領域が所

定の領域であること、（４）燃料カット中でないこと、等が挙げられる。ここでＥＣＵ３０は、実行条件が成立していると判定すると（ＹＥＳ）、処理をステップ１２２に進め、不成立であると判定すると（ＮＯ）、本処理をそのまま一旦終了する。

ステップ１２２においてＥＣＵ３０は、実空燃比ｅａｂｙｆが、目標空燃比である理論空燃比近傍（例えば１４．４≦ｅａｂｙｆ＜１４．８）となっているか否かを判定する。ここでＥＣＵ３０は、実空燃比ｅａｂｙｆが理論空燃比近傍に収束されていれば（ＹＥＳ）、処理をステップ１２４に進め、そうでなければ（ＮＯ）、そのまま本処理を一旦終了する。

ステップ１２４においてＥＣＵ３０は、空燃比フィードバックが安定しているか否かを判定する。ここでの判定は、例えば、基本噴射量ｅｆｃｂに対するフィードバック補正量ｅｄｆｉの比率を示すフィードバック補正率ｅｆａｆに基づいて行われる。そしてＥＣＵ３０は、上記フィードバック補正率ｅｆａｆの絶対値が２％未満であれば、空燃比フィードバックが安定していると判定し、フィードバック補正率ｅｆａｆの絶対値が２％以上であれば、空燃比フィードバックが安定していないと判定する。ここでＥＣＵ３０は、空燃比フィードバックが安定していると判定されると（ＹＥＳ）、処理をステップ１２６に進め、そうでなければ（ＮＯ）、処理をステップ１３０に進める。

ＥＣＵ３０は、ステップ１３０に処理が移行すると、上記フィードバック補正率ｅｆａｆの絶対値が小さくなるように、当該負荷領域での空燃比学習値ｋｇの値を更新する。そしてその更新後、ＥＣＵ３０は、本処理を一旦終了する。

一方、ＥＣＵ３０は、ステップ１２６に処理が移行すると、上記空燃比フィードバックの安定した状態が所定時間以上継続しているか否かを判定する。ここで空燃比フィードバックの安定した状態が所定時間以上継続していると判定されると（ＹＥＳ）、ＥＣＵ３０は処理をステップ１２８に進め、そうでなければ（ＮＯ）、ＥＣＵ３０は本処理をそのまま一旦終了する。

ステップ１２８において、ＥＣＵ３０は、該当負荷領域での空燃比学習が一旦完了されたと判定し、その空燃比学習値ｋｇの値、及び学習が完了した旨の履歴をバックアップＲＡＭ内に記録して、本処理を一旦終了する。ここで記録された学習が完了した旨の履歴は、バッテリクリア等により、バックアップＲＡＭに記録されたデータが消去されるまで保持される。

次に、上記空燃比フィードバック制御での積分項ｅｄｆｉｉの算出に際してその値をガードする下限補正率及び上限補正率を算出するための補正量ガード制御処理について、図６のフローチャートを参照して説明する。ＥＣＵ３０は、同図５に示されるルーチンを、所定のクランク角毎の定角割込処理として実行する。

本処理が開始されると、ＥＣＵ３０は、まずステップ１４０において、空燃比フィードバックの実行条件が成立しているか否かを判定する。ここでの判定は、図４に示した上記空燃比フィードバック制御処理のステップ１０４と同様に行われる。ＥＣＵ３０は、ここで上記実行条件が成立していると判定すると（ＹＥＳ）、処理をステップ１４２に進める。またＥＣＵ３０は、上記実行条件が不成立であると（ＮＯ）、処理をステップ１５６に進め、そのステップ１５６において基準補正率ｅｆａｆｋｉを０に設定した後、本ルーチンの処理を一旦終了する。

一方、ステップ１４２においてＥＣＵ３０は、実空燃比ｅａｂｙｆが、理論空燃比よりもリッチ、理論空燃比よりもリーン、ストイキ（理論空燃比）のいずれであるかを判定する。ここでＥＣＵ３０は、実空燃比ｅａｂｙｆが理論空燃比よりもリッチであると判定すると、処理をステップ１４４に進め、そのステップ１４４において基準補正率ｅｆａｆｋｉの値から補正率偏差Δｋｉを減算した後、処理をステップ１４８に移行する。またＥＣＵ３０は、上記ステップ１４２において実空燃比ｅａｂｙｆが理論空燃比よりもリーンであると判定すると、処理をステップ１４６に進め、そのステップ１４６において基準補正率ｅｆａｋｉの値に補正率偏差Δｋｉを加算した後、処理をステップ１４８に移行する。更にＥＣＵ３０は、上記ステップ１４２において実空燃比ｅａｂｙｆが理論空燃比であると判定したときには、基準補正率ｅｆａｆｋｉの値を操作せずそのまま処理をステップ１

４８に移行する。

ここで補正率偏差Δｋｉの値は、吸入空気量ｅｇａに応じて設定される。具体的には吸入空気量ｅｇａが大きいときほど、補正率偏差Δｋｉは大きい値に設定される。したがって基準補主率ｅｆａｆｋｉは、吸入空気量ｅｇａが大きいときほど、大きく変更される。

基準補正率ｅｆａｆｋｉは、積分項ｅｄｆｉｉの上限値及び下限値の設定に際して基準となる燃料噴射補正率で、その値は上記のように、それ迄の実空燃比ｅａｂｙｆの推移に応じて決定される。すなわち基準補正率ｅｆａｆｋｉの値は、実空燃比ｅａｂｙｆが理論空燃比よりもリッチな状態が継続すると燃料噴射量を減量補正する側に徐々に変化され、実空燃比ｅａｂｙｆが理論空燃比よりもリーンな状態が継続すると燃料噴射量を増量補正する側に徐々に変化される。

ステップ１４８においてＥＣＵ３０は、実空燃比ｅａｂｙｆ及び吸入空気量ｅｇａに基づいて減量ガード値ｔ＿ｇｄｄｆｉｃｌ及び増量ガード値ｔ＿ｇｄｄｆｉｃｒを、図７に示されるマップを参照して算出する。図７に示されるように、減量ガード値ｔ＿ｇｄｄｆｉｃｌ及び増量ガード値ｔ＿ｇｄｄｆｉｃｒは吸入空気量が少ないほど零に近づくように設定されるようになっている。

次にＥＣＵ３０は、ステップ１５０において、現負荷領域についての空燃比学習の学習履歴があるか否かを判定する。ここでＥＣＵ３０は、空燃比学習の学習履歴がないと判定すると（ＮＯ）、ステップ１５２の処理を行った後、処理をステップ１５４に進める。またＥＣＵ３０は、ここで空燃比学習の学習履歴があると判定すると（ＹＥＳ）、処理をそのままステップ１５４に進める。

ステップ１５２においてＥＣＵ３０は、上記増量ガード値ｔ＿ｇｄｄｆｉｃｒ及び減量ガード値ｔ＿ｇｄｄｆｉｃｌを、図７に鎖線で示されるように、吸入空気量及び空燃比の値に関係なく、零に近い一定の値に変更する。

ステップ１５４においてＥＣＵ３０は、上記基準補正率ｅｆａｆｋｉに増量ガード値ｔ＿ｇｄｄｆｉｃｒを加算したものを積分項ｅｄｆｉｉの補正率換算値の上限値（上限補正率）として設定し、上記基準補正率ｅｆａｆｋｉから減量ガード値ｔ＿ｇｄｄｆｉｃｌを減算したものを積分項ｅｄｆｉｉの補正率換算値の下限値（下限補正率）として設定する。そしてその後、ＥＣＵ３０は本ルーチンの処理を一旦終了する。なお上記積分項ｅｄｆｉｉの補正率換算値とは、積分項ｅｄｆｉｉを基本噴射量ｅｆｃｂで除した値を示している。

以上説明した補正量ガード制御処理によれば、積分項ｅｄｆｉｉ（厳密にはその補正率換算値）の上限値及び下限値が、各々基準補正率ｅｆａｆｋｉと増量ガード値ｔ＿ｇｄｄｆｉｃｒ又は減量ガード値ｔ＿ｇｄｄｆｉｃｌに基づき設定される。ここで上記増量ガード値ｔ＿ｇｄｄｆｉｃｒ及び減量ガード値ｔ＿ｇｄｄｆｉｃｌは、現状の吸入空気量ｅｇａ及び実空燃比ｅａｂｙｆに基づいてそれぞれ設定されている。したがって本実施形態では、吸入空気量ｅｇａ及び実空燃比ｅａｂｙｆに応じて設定された上限値及び下限値にて、積分項ｅｄｆｉｉの設定範囲を制限している。そしてそうした制限により、現状の吸入空気量ｅｇａ及び実空燃比ｅａｂｙｆに対して不適切に空燃比が補正されてしまうような過大或いは過小な値に積分項ｅｄｆｉｉが設定されることを防止するようにしている。

具体的には、現状の吸入空気量ｅｇａが小さいときほど、積分項ｅｄｆｉｉの上限値と下限値との間隔が小さくなるように、或いはその上限値及び下限値の絶対値が小さくされるように、上記増量ガード値ｔ＿ｇｄｄｆｉｃｒ及び減量ガード値ｔ＿ｇｄｄｆｉｃｌが設定されている。そのため、目標空燃比に対する空燃比のずれ幅が大きくなり易い高空気量運転時の空燃比フィードバックの収束性を好適に確保しつつも、低空気量運転時の過補正を抑制することができる。

また上記増量ガード値ｔ＿ｇｄｄｆｉｃｒ及び減量ガード値ｔ＿ｇｄｄｆｉｃｌの値は、実空燃比ｅａｂｙｆがリーンなときほど、その値が小さく、すなわち積分項ｅｄｆｉｉによるリーン側への空燃比補正が制限されるように設定されている。そしてこれにより、積分項ｅｄｆｉｉによる補正の結果、空燃比が過剰にリーンとなることを防止するようにしている。

なお、単に上記のように上限値及び下限値を設定して積分項ｅｄｆｉｉの設定範囲を制限してしまうと、目標空燃比に対する実空燃比ｅａｂｙｆのずれが著しく大きいとき等に、十分な空燃比補正を行えず、目標空燃比への空燃比の収束性が悪化することがある。その点、本実施形態では、上記の如く基準補正率ｅｆａｆｋｉを実空燃比ｅａｂｙｆに応じて増減させることで、図８に示すように積分項ｅｄｆｉｉの上限値及び下限値を、実空燃比ｅａｂｙｆが目標空燃比よりもリーンな状態が継続されるほど大きく、実空燃比ｅａｂｙｆが目標空燃比よりもリッチな状態が継続されるほど小さくするようにしている。そしてこれにより、目標空燃比への空燃比フィードバックの収束性を確保するようにしている。

一方、上記実施形態では、空燃比フィードバック制御での理論空燃比に対する実空燃比ｅａｂｙｆの偏差の推移からそれらの定常偏差を算出し、その算出された定常偏差を空燃比学習値ｋｇとして記憶する空燃比学習制御が行われている。上記積分項ｅｄｆｉｉによる空燃比の積分補正が行われていると、それまでの実空燃比ｅａｂｙｆの推移によっては空燃比が目標空燃比へと単純に収束されないことがあり、学習制御中に積分補正がなされると学習の遅れや学習精度の低下を招く虞がある。

その点、本実施形態では、空燃比学習制御での定常偏差の算出、すなわち空燃比学習値ｋｇの算出が完了するまでは、積分項ｅｄｆｉｉの上限値と下限値との間隔が小さくなるように、或いはその上限値及び下限値の絶対値が小さくされるように、上記増量ガード値ｔ＿ｇｄｄｆｉｃｒ及び減量ガード値ｔ＿ｇｄｄｆｉｃｌが設定されている。そのため、空燃比学習値ｋｇの学習が完了されるまでは、空燃比に対する積分補正を相対的に小さく留め、空燃比学習値ｋｇの学習速度や学習精度を好適に保持するようにしている。

図９に、本実施形態での空燃比学習値ｋｇの学習が行われたときの実空燃比ｅａｂｙｆ及びフィードバック補正率ｅｆａｆ（フィードバック補正量ｅｄｆｉを基本噴射量ｅｆｃｂで除した値）の推移例を示す。上記のように本実施形態では、空燃比学習値ｋｇの学習が完了されるまでは、上記上限値及び下限稙の設定によって積分項ｅｄｆｉｉが零近傍の小さい値に保持されており、空燃比フィードバックでの積分補正は殆ど行われずに、主に比例補正のみが行われる。そのため、同図に示すように実空燃比ｅａｂｙｆは速やかに理論空燃比近傍に収束されるようになり、空燃比学習を早期に完了することができる。

一方、図１０には、上記上限値及び下限値による積分項ｅｄｆｉｉの設定範囲の制限を行わずに同様の空燃比学習値ｋｇの学習を行ったときの実空燃比ｅａｂｙｆ及びフィードバック補正率ｅｆａｆの推移例を示す。この場合には、設定範囲の制限を受けることなく空燃比の積分補正が行われるため、同図に示すように理論空燃比への収束性が悪化して実空燃比ｅａｂｙｆが安定しないため、学習時間の長期化や学習精度の悪化を招いてしまうようになる。

以上説明した本実施形態は、次のように変更してもよい。

・補正量ガード制御処理の上記ステップ１５２での空燃比学習の履歴無しの場合の増量ガード値ｔ＿ｇｄｄｆｉｃｒ及び減量ガード値ｔ＿ｇｄｄｆｉｃｌの設定において、それらの値を零に設定する（クリア）ようにしてもよい。この場合、積分項ｅｄｆｉｉの値は基準補正率ｅｆａｆｋｉに固定され、空燃比の積分補正が更に制限されるため、積分補正の影響による空燃比学習値ｋｇの学習時間の長期化や学習精度の悪化を一層低減することができる。

・空燃比学習制御を行わない場合など、空燃比の積分補正が学習時間や学習精度に与える悪影響を無視できる場合には、補正量ガード制御処理の上記ステップ１５０及びステップ１５２の処理を省略しても良い。

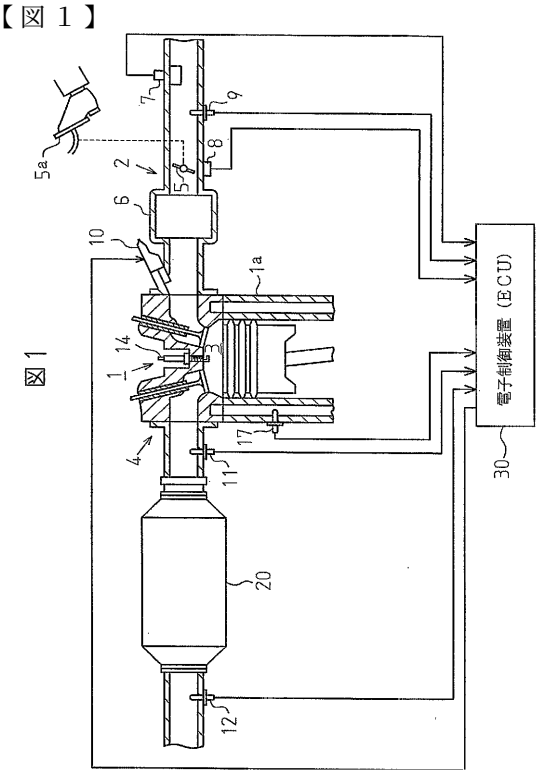
・上記実施形態では、実空燃比ｅａｂｙｆの推移に応じて基準補正率ｅｆａｆｋｉを増減させていたが、この基準補正率ｅｆａｆｋｉを固定値（例えば０）としても良い。この場合にも、吸入空気量ｅｇａ及び実空燃比ｅａｂｙｆに応じた積分項ｅｄｆｉｉの設定範囲の制限は行われるため、積分補正によって、現状の吸入空気量ｅｇａ及び実空燃比ｅａｂｙｆに対して不適切な空燃比補正が行われることを防止することはできる。

・図４のステップ１１２でのフィードバック補正量ｅｄｆｉの算出に際し、燃料偏差の

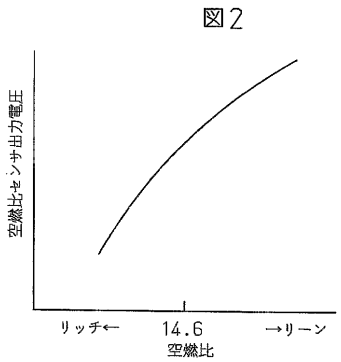
微分値に微分ゲインを乗算して算出された微分項を同フィードバック補正量ｅｄｆｉを加算することで、空燃比を更に微分動作させるように、即ち空燃比をＰＩＤ制御するようにしても良い。

・本発明は、図１に例示したような、吸気ポートに燃料噴射を行うポート噴射式の内燃機関に限らず、気筒内に直接燃料を噴射する筒内噴射式の内燃機関等、任意の内燃機関に適用することができる。

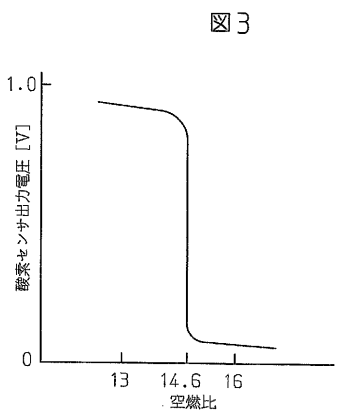
【図１】



【図２】

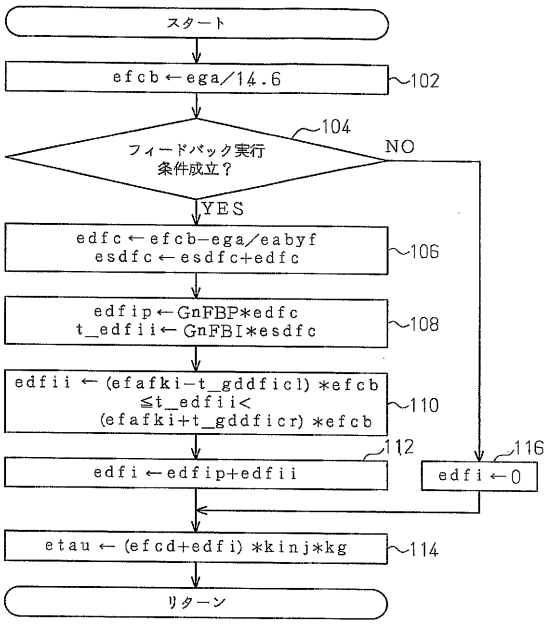


【図３】



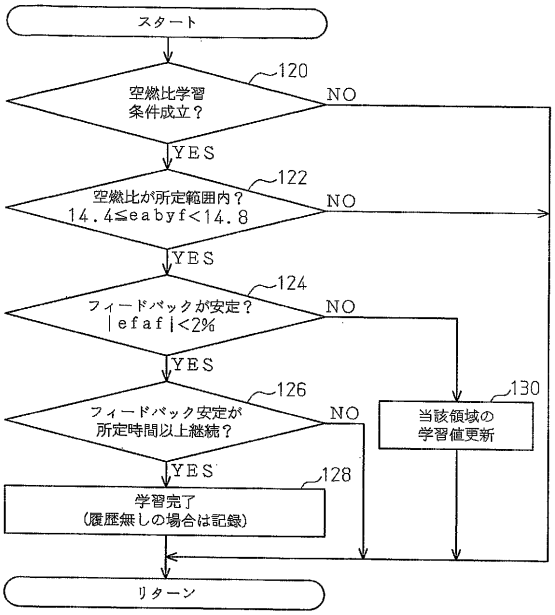
【図４】

図4



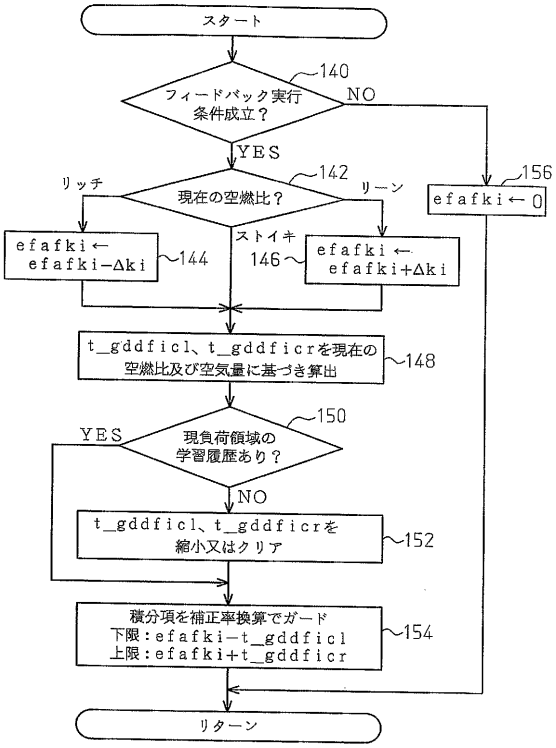
【図５】

図5



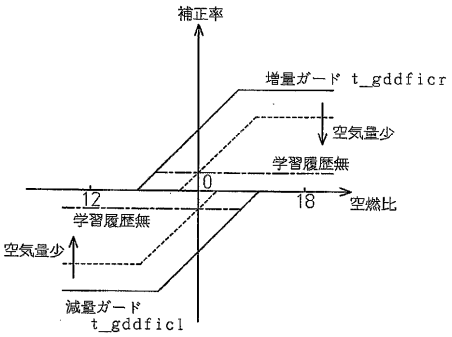
【図６】

図6



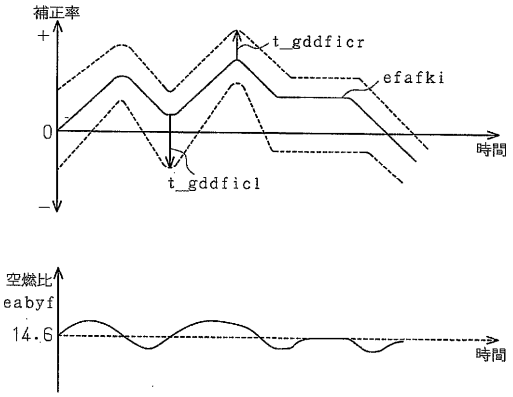
【図７】

図7



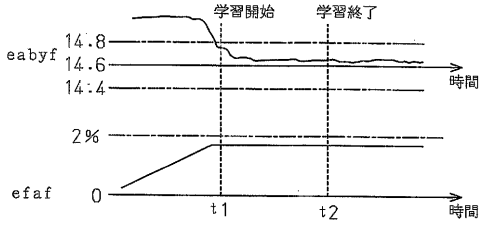
【図８】

図8



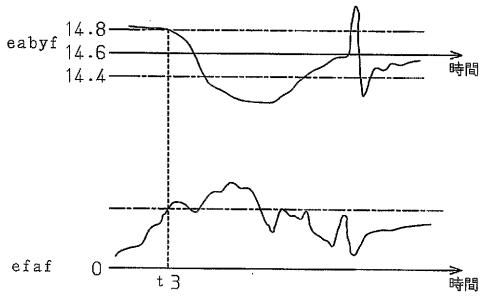
【図９】

図9


学習開始
学習終了
eabyf
14.8
14.6
14.4
時間
2%
efaf
0
t1
t2
時間

【図１０】

図10


eabyf
14.8
14.6
14.4
時間
efaf
0
t3
時間

フロントページの続き

(56)参考文献 特開２００２－２２７６８９（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－１０６３７４（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－０３０９６４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
F02D 41/00-41/40
F02D 45/00