

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6222020号
(P6222020)

(45) 発行日 平成29年11月1日 (2017. 11. 1)

(24) 登録日 平成29年10月13日 (2017. 10. 13)

(51) Int. Cl.	F 1
FO2D 45/00 (2006.01)	FO2D 45/00 3 6 8 H
FO2D 41/22 (2006.01)	FO2D 41/22 3 0 5 K
FO2D 41/12 (2006.01)	FO2D 41/12 3 3 0 J

請求項の数 8 (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2014-183672 (P2014-183672)	(73) 特許権者	000003207
(22) 出願日	平成26年9月9日 (2014. 9. 9)		トヨタ自動車株式会社
(65) 公開番号	特開2016-56731 (P2016-56731A)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(43) 公開日	平成28年4月21日 (2016. 4. 21)	(74) 代理人	100099759
審査請求日	平成28年3月16日 (2016. 3. 16)		弁理士 青木 篤
		(74) 代理人	100092624
			弁理士 鶴田 準一
		(74) 代理人	100102819
			弁理士 島田 哲郎
		(74) 代理人	100123582
			弁理士 三橋 真二
		(74) 代理人	100147555
			弁理士 伊藤 公一
		(74) 代理人	100153729
			弁理士 森本 有一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 空燃比センサの異常診断装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

燃焼室への燃料供給を停止又は減量する燃料カット制御を実行可能な内燃機関の排気通路に設けられて該排気通路内を流通する排気ガスの空燃比を検出する空燃比センサの異常診断装置において、

前記燃料カット制御の実行開始又は実行終了に伴って前記空燃比センサの出力値が変化している期間中における前記空燃比センサの出力値に基づいて、前記空燃比センサの応答性を示す応答性パラメータを算出すると共に、該算出された応答性パラメータの値と所定の閾値とを比較して前記空燃比センサの応答性に関する異常を診断し、

前記燃料カット制御中に前記空燃比センサの出力値が理論空燃比よりもリーンなリーン空燃比に相当する値に収束したときの収束値を検出すると共に、該検出された収束値に相当する空燃比のリーン度合いが小さくなるほど、前記空燃比センサの応答性が上記算出された応答性パラメータの値に相当する応答性よりもより速いものとして扱われるように、前記応答性パラメータの値、前記応答性パラメータの算出に用いられるパラメータの値及び前記閾値のうち少なくともいずれか一つを補正し、補正後に算出された応答性パラメータの値及び前記閾値に基づいて前記空燃比センサの応答性に関する異常を診断する、空燃比センサの異常診断装置。

【請求項2】

前記応答性パラメータは、前記期間中であって前記燃料カット制御の開始に伴い前記空燃比センサの出力値がリーン空燃比に相当する低リーン基準値から、該低リーン基準値に

10

20

相当する空燃比よりもリーンな空燃比に相当する高リーン基準値まで変化するのにかかる出力変化時間、又は、前記期間中であって前記燃料カット制御の終了に伴い前記空燃比センサの出力値が前記高リーン基準値から前記低リーン基準値まで変化するのにかかる出力変化時間であり、

当該異常診断装置は、前記出力変化時間が所定の閾値以上であるときに前記空燃比センサに異常があると判定する、請求項 1 に記載の空燃比センサの異常診断装置。

【請求項 3】

当該異常診断装置は、前記検出された収束値に相当する空燃比のリーン度合いが小さくなるほど、前記出力変化時間を短くなるように補正するか、又は前記閾値を大きくなるように補正する、請求項 2 に記載の空燃比センサの異常診断装置。

10

【請求項 4】

前記応答性パラメータは、前記期間中であって前記燃料カット制御の開始に伴い前記空燃比センサの出力値がリーン空燃比に相当する低リーン基準値から、該低リーン基準値に相当する空燃比よりもリーンな空燃比に相当する高リーン基準値まで変化する間の時間変化率、又は、前記期間中であって前記燃料カット制御の終了に伴い前記空燃比センサの出力値が前記高リーン基準値から前記低リーン基準値まで変化する間の時間変化率であり、

当該異常診断装置は、前記時間変化率が所定の閾値以下であるときに空燃比センサに異常があると判定する、請求項 1 に記載の空燃比センサの異常診断装置。

【請求項 5】

当該異常診断装置は、前記検出された収束値に相当する空燃比のリーン度合いが小さくなるほど、前記時間変化率を大きくなるように補正するか、又は前記閾値を小さくなるように補正する、請求項 4 に記載の空燃比センサの異常診断装置。

20

【請求項 6】

当該異常診断装置は、前記検出された収束値に相当する空燃比のリーン度合いが小さくなるほど、前記低リーン基準値に相当する空燃比と前記高リーン基準値に相当する空燃比との間隔が小さくなるようにこれら低リーン基準値及び高リーン基準値を補正する、請求項 2 又は 4 に記載の空燃比センサの異常診断装置。

【請求項 7】

前記燃料カット制御中の前記空燃比センサの出力値における収束値として、前記燃料カット制御中に前記空燃比センサの出力値が収束したと判定されてから所定の時間が経過するまでの測定期間における該空燃比センサの出力値の平均値が用いられ、

30

前記測定期間中における前記空燃比センサの出力値の変動を示すパラメータの値が診断中止基準値よりも出力値の変動が大きいことを表す値であるときには前記空燃比センサの異常診断を行わない、請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の空燃比センサの異常診断装置。

【請求項 8】

当該異常診断装置は、前記収束値が予め定められた範囲外の値であった場合には、前記空燃比センサの異常診断を行わない、請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の空燃比センサの異常診断装置。

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】

【0001】

本発明は、空燃比センサの異常診断装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、内燃機関の排気通路に空燃比センサを設け、この空燃比センサの出力に基づいて内燃機関に供給する燃料量を制御するように構成された内燃機関が知られている。

【0003】

このような内燃機関に用いられる空燃比センサは、使用に伴って徐々に劣化する。このような劣化としては、例えば、空燃比センサの応答性劣化が挙げられる。空燃比センサの

50

応答性劣化は、センサ素子が被水することを防止するためのセンサカバーに設けられた通気孔が微粒子により部分的に塞がってしまうこと等により生じる。このように通気孔が部分的に塞がると、センサカバーの内側と外側との間のガス交換が遅くなり、その結果、空燃比センサの応答性が鈍くなってしまう。このような空燃比センサの応答性劣化が生じると、内燃機関の制御装置が実行する各種制御に支障が生じてしまう。

【0004】

そこで、空燃比センサの応答性劣化の異常を診断する異常診断装置が提案されている（例えば、特許文献1～4）。このような異常診断装置としては、例えば、燃焼室への燃料供給を停止する燃料カット制御の開始に伴う空燃比センサの出力値の変化に基づいて空燃比センサの異常を診断する装置が提案されている（例えば、特許文献1）。

10

【0005】

特に、特許文献1に記載された異常診断装置では、燃料カット制御の開始から空燃比センサの出力電圧が規定値に低下するまでの応答時間を計測すると共に、応答時間と平均吸入空気量との関係に基づいて応答時間を補正するようにしている。そして、このようにして補正された応答時間が予め定められた所定の基準応答時間以上である場合に空燃比センサに異常があると判定するようにしている。特許文献1によれば、斯かる異常診断装置により、空燃比センサが排気浄化触媒の排気流れ方向下流側に設けられた下流側空燃比センサである場合にも、排気浄化触媒の劣化の影響を受けずに下流側空燃比センサの異常診断を行うことができるとされている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2012-211561号公報

【特許文献2】特開2008-190454号公報

【特許文献3】特開2011-106415号公報

【特許文献4】特開2012-052462号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところで、上述したように、空燃比センサにおける応答性劣化の異常診断は、空燃比センサ周りを流通する排気ガスの空燃比を変化させたときに空燃比センサの出力電圧が所定値だけ変化するのにかかる時間（応答時間）等に基づいて行われる。ところが、斯かる応答時間は、空燃比センサの応答性劣化のみならず、他の要因に基づいても変化してしまう。このような他の要因としては、空燃比センサの出力ゲインが挙げられる。

30

【0008】

空燃比センサの出力ゲインは、例えば、空燃比センサの製造バラツキによって空燃比センサにおいて用いられる拡散律速層の拡散距離等が空燃比センサの各固体毎に異なることによって変化する。また、空燃比センサ周りの排気ガスの圧力等によっても空燃比センサの出力ゲインが変化する。このように空燃比センサの出力ゲインに応じて上述した応答時間が変化してしまうため、上述したような異常診断によっては空燃比センサの応答性劣化の異常を正確に診断することができない場合があった。

40

【0009】

そこで、上記課題に鑑みて、本発明の目的は、空燃比センサの出力ゲインが変化した場合であっても空燃比センサにおける応答性劣化に基づく異常を正確に診断することができる異常診断装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記課題を解決するために、第1の発明では、燃焼室への燃料供給を停止又は減量する燃料カット制御を実行可能な内燃機関の排気通路に設けられて該排気通路内を流通する排気ガスの空燃比を検出する空燃比センサの異常診断装置において、前記燃料カット制御の

50

実行開始又は実行終了に伴って前記空燃比センサの出力値が変化している期間中における前記空燃比センサの出力値に基づいて、前記空燃比センサの応答性を示す応答性パラメータを算出すると共に、該算出された応答性パラメータの値と所定の閾値とを比較して前記空燃比センサの応答性に関する異常を診断し、前記燃料カット制御中に前記空燃比センサの出力値が理論空燃比よりもリーンなリーン空燃比に相当する値に収束したときの収束値を検出すると共に、該検出された収束値に相当する空燃比のリーン度合いが小さくなるほど、前記空燃比センサの応答性が上記算出された応答性パラメータの値に相当する応答性よりもより速いものとして扱われるように、前記応答性パラメータの値、前記応答性パラメータの算出に用いられるパラメータの値及び前記閾値のうち少なくともいずれか一つを補正し、補正後に算出された応答性パラメータの値及び閾値に基づいて前記空燃比センサの応答性に関する異常を診断する、空燃比センサの異常診断装置が提供される。

10

【0011】

第2の発明では、第1の発明において、前記応答性パラメータは、前記期間中であって前記燃料カット制御の開始に伴い前記空燃比センサの出力値がリーン空燃比に相当する低リーン基準値から、該低リーン基準値に相当する空燃比よりもリーンな空燃比に相当する高リーン基準値まで変化するのにかかる出力変化時間、又は、前記期間中であって前記燃料カット制御の終了に伴い前記空燃比センサの出力値が前記高リーン基準値から前記低リーン基準値まで変化するのにかかる出力変化時間であり、当該異常診断装置は、前記出力変化時間が所定の閾値以上であるときに前記空燃比センサに異常があると判定する。

【0012】

20

第3の発明では、第2の発明において、当該異常診断装置は、前記検出された収束値に相当する空燃比のリーン度合いが小さくなるほど、前記出力変化時間を短くなるように補正するか、又は前記閾値を大きくなるように補正する。

【0013】

第4の発明では、第1の発明において、前記応答性パラメータは、前記期間中であって前記燃料カット制御の開始に伴い前記空燃比センサの出力値がリーン空燃比に相当する低リーン基準値から、該低リーン基準値に相当する空燃比よりもリーンな空燃比に相当する高リーン基準値まで変化する間の時間変化率、又は、前記期間中であって前記燃料カット制御の終了に伴い前記空燃比センサの出力値が前記高リーン基準値から前記低リーン基準値まで変化する間の時間変化率であり、当該異常診断装置は、前記時間変化率が所定の閾値以下であるときに空燃比センサに異常があると判定する。

30

【0014】

第5の発明では、第4の発明において、当該異常診断装置は、前記検出された収束値に相当する空燃比のリーン度合いが小さくなるほど、前記時間変化率を大きくなるように補正するか、又は前記閾値を小さくなるように補正する。

【0015】

第6の発明では、第2又は第4の発明において、当該異常診断装置は、前記検出された収束値に相当する空燃比のリーン度合いが小さくなるほど、前記低リーン基準値に相当する空燃比と前記高リーン基準値に相当する空燃比との間隔が小さくなるようにこれら低リーン基準値及び高リーン基準値を補正する。

40

【0016】

第7の発明では、第1～第6のいずれか一つの発明において、前記燃料カット制御中の前記空燃比センサの出力値における収束値として、前記燃料カット制御中に前記空燃比センサの出力値が収束したと判定されてから所定の時間が経過するまでの測定期間における該空燃比センサの出力値の平均値が用いられ、前記測定期間中における前記空燃比センサの出力値の変動を示すパラメータの値が診断中止基準値よりも出力値の変動が大きいことを表す値であるときには前記空燃比センサの異常診断を行わない。

【0017】

第8の発明では、第1～第7のいずれか一つの発明において、当該異常診断装置は、前記収束値が予め定められた範囲外の値であった場合には、前記空燃比センサの異常診断を

50

行わない。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、空燃比センサの出力ゲインが変化した場合であっても空燃比センサにおける応答性劣化に基づく異常を正確に診断することができる異常診断装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】図1は、本発明の異常診断装置が用いられる内燃機関を概略的に示す図である。

【図2】図2は、空燃比センサの構造を概略的に示す図である。

【図3】図3は、各排気空燃比におけるセンサ印加電圧と出力電流との関係を示す図である。

【図4】図4は、センサ印加電圧を一定にしたときの排気空燃比と出力電流との関係を示す図である。

【図5】図5は、内燃機関の通常運転時における、目標空燃比等のタイムチャートである。

【図6】図6は、燃料カット制御を行った際における目標空燃比等のタイムチャートである。

【図7】図7は、燃料カット制御開始時における上流側空燃比センサの出力電流のタイムチャートである。

【図8】図8は、出力収束値と、上昇時間の補正量との関係を示す図である。

【図9】図9は、正常な空燃比センサ及び応答性が低下している空燃比センサの出力収束値と応答時間との関係を示す図である。

【図10】図10は、本実施形態の異常診断装置によって行われる上流側空燃比センサの異常診断処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。

【図11】図11は、出力収束値の算出処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。

【図12】図12は、上昇時間の算出処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。

【図13】図13は、低下時間の算出処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。

【図14】図14は、下流側空燃比センサにおける出力収束値の算出処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。

【図15】図15は、燃料カット制御開始時における上流側空燃比センサの出力電流のタイムチャートである。

【図16】図16は、出力収束値の算出処理の制御ルーチンを示す、図11と同様なフローチャートである。

【図17】図17は燃料カット制御の開始時における上流側空燃比センサの出力電流のタイムチャートである。

【図18】図18は、燃料カット制御開始時における上流側空燃比センサの出力電流のタイムチャートである。

【図19】図19は、第二実施形態の異常診断装置によって行われる上流側空燃比センサの異常診断処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。

【図20】図20は、燃料カット制御開始時における上流側空燃比センサの出力電流のタイムチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、図面を参照して本発明の実施形態について詳細に説明する。なお、以下の説明では、同様な構成要素には同一の参照番号を付す。

【0021】

<内燃機関全体の説明>

図1は、本発明の第一実施形態に係る空燃比センサの異常診断装置が用いられる内燃機

10

20

30

40

50

関を概略的に示す図である。図1を参照すると1は機関本体、2はシリンダブロック、3はシリンダブロック2内で往復動するピストン、4はシリンダブロック2上に固定されたシリンダヘッド、5はピストン3とシリンダヘッド4との間に形成された燃焼室、6は吸気弁、7は吸気ポート、8は排気弁、9は排気ポートをそれぞれ示す。吸気弁6は吸気ポート7を開閉し、排気弁8は排気ポート9を開閉する。

【0022】

図1に示したようにシリンダヘッド4の内壁面の中央部には点火プラグ10が配置され、シリンダヘッド4の内壁面周辺部には燃料噴射弁11が配置される。点火プラグ10は、点火信号に応じて火花を発生させるように構成される。また、燃料噴射弁11は、噴射信号に応じて、所定量の燃料を燃焼室5内に噴射する。なお、燃料噴射弁11は、吸気ポート7内に燃料を噴射するように配置されてもよい。また、本実施形態では、燃料として理論空燃比が14.6であるガソリンが用いられる。しかしながら、本発明の診断装置が用いられる内燃機関では、他の燃料を用いても良い。

10

【0023】

各気筒の吸気ポート7はそれぞれ対応する吸気枝管13を介してサージタンク14に連結され、サージタンク14は吸気管15を介してエアクリーナ16に連結される。吸気ポート7、吸気枝管13、サージタンク14、吸気管15は吸気通路を形成する。また、吸気管15内にはスロットル弁駆動アクチュエータ17によって駆動されるスロットル弁18が配置される。スロットル弁18は、スロットル弁駆動アクチュエータ17によって回転せしめられることで、吸気通路の開口面積を変更することができる。

20

【0024】

一方、各気筒の排気ポート9は排気マニホールド19に連結される。排気マニホールド19は、各排気ポート9に連結される複数の枝部とこれら枝部が集合した集合部とを有する。排気マニホールド19の集合部は上流側排気浄化触媒20を内蔵した上流側ケーシング21に連結される。上流側ケーシング21は、排気管22を介して下流側排気浄化触媒24を内蔵した下流側ケーシング23に連結される。排気ポート9、排気マニホールド19、上流側ケーシング21、排気管22及び下流側ケーシング23は、排気通路を形成する。

【0025】

電子制御ユニット(ECU)31はデジタルコンピュータからなり、双方向性バス32を介して相互に接続されたRAM(ランダムアクセスメモリ)33、ROM(リードオンリメモリ)34、CPU(マイクロプロセッサ)35、入力ポート36および出力ポート37を具備する。吸気管15には、吸気管15内を流れる空気流量を検出するためのエアフロメータ39が配置され、このエアフロメータ39の出力は対応するAD変換器38を介して入力ポート36に入力される。また、排気マニホールド19の集合部には排気マニホールド19内を流れる排気ガス(すなわち、上流側排気浄化触媒20に流入する排気ガス)の空燃比を検出する上流側空燃比センサ40が配置される。加えて、排気管22内には排気管22内を流れる排気ガス(すなわち、上流側排気浄化触媒20から流出して下流側排気浄化触媒24に流入する排気ガス)の空燃比を検出する下流側空燃比センサ41が配置される。これら空燃比センサ40、41の出力も対応するAD変換器38を介して入力ポート36に入力される。なお、これら空燃比センサ40、41の構成については後述する。

30

40

【0026】

また、アクセルペダル42にはアクセルペダル42の踏込み量に比例した出力電圧を発生する負荷センサ43が接続され、負荷センサ43の出力電圧は対応するAD変換器38を介して入力ポート36に入力される。クランク角センサ44は例えばクランクシャフトが15度回転する毎に出力パルスを発生し、この出力パルスが入力ポート36に入力される。CPU35ではこのクランク角センサ44の出力パルスから機関回転数が計算される。一方、出力ポート37は対応する駆動回路45を介して点火プラグ10、燃料噴射弁11及びスロットル弁駆動アクチュエータ17に接続される。なお、ECU31は、内燃機関の制御を行う制御装置として機能する。

50

【0027】

上流側排気浄化触媒20及び下流側排気浄化触媒24は、酸素吸蔵能力を有する三元触媒である。具体的には、排気浄化触媒20、24は、セラミックから成る担体に、触媒作用を有する貴金属（例えば、白金（Pt））及び酸素吸蔵能力を有する物質（例えば、セリア（CeO₂））を担持させたものである。排気浄化触媒20、24は、所定の活性温度に達すると、未燃ガス（HCやCO等）と窒素酸化物（NO_x）とを同時に浄化する触媒作用に加えて、酸素吸蔵能力を発揮する。

【0028】

排気浄化触媒20、24の酸素吸蔵能力によれば、排気浄化触媒20、24は、排気浄化触媒20、24に流入する排気ガスの空燃比が理論空燃比よりもリーンな空燃比（以下、「リーン空燃比」ともいう）であるときには排気ガス中の酸素を吸蔵する。一方、排気浄化触媒20、24は、流入する排気ガスの空燃比が理論空燃比よりもリッチな空燃比（以下、「リッチ空燃比」ともいう）であるときには、排気浄化触媒20、24に吸蔵されている酸素を放出する。この結果、排気浄化触媒20、24の酸素吸蔵能力が維持されている限り、排気浄化触媒20、24に流入する排気ガスの空燃比に関わらず、排気浄化触媒20、24から流出する排気ガスの空燃比はほぼ理論空燃比となる。

【0029】

<空燃比センサの説明>

本実施形態では、空燃比センサ40、41としては、コップ型の限界電流式空燃比センサが用いられる。図2を用いて、空燃比センサ40、41の構造について簡単に説明する。空燃比センサ40、41は、固体電解質層51と、その一方の側面上に配置された排気側電極52と、その他方の側面上に配置された大気側電極53と、通過する排気ガスの拡散律速を行う拡散律速層54と、基準ガス室55と、空燃比センサ40、41の加熱、特に固体電解質層51（素子）の加熱を行うヒータ部56とを具備する。

【0030】

特に、本実施形態のコップ型の空燃比センサ40、41では、固体電解質層51は一端が閉じられた円筒状に形成される。その内部に画成された基準ガス室55には、大気ガス（空気）が導入されると共に、ヒータ部56が配置される。固体電解質層51の内面上に大気側電極53が配置され、その外面上に排気側電極52が配置される。固体電解質層51及び排気側電極52の外面上にはこれらを覆うように拡散律速層54が配置される。なお、拡散律速層54の外側には、拡散律速層54の表面上に液体等が付着するのを防止するための保護層（図示せず）が設けられてもよい。

【0031】

固体電解質層51は、ZrO₂（ジルコニア）、HfO₂、ThO₂、Bi₂O₃等にCaO、MgO、Y₂O₃、Yb₂O₃等を安定剤として配当した酸素イオン伝導性酸化物の焼結体により形成されている。また、拡散律速層54は、アルミナ、マグネシア、けい石質、スピネル、ムライト等の耐熱性無機物質の多孔質焼結体により形成されている。さらに、排気側電極52及び大気側電極53は、白金等の触媒活性の高い貴金属により形成されている。

【0032】

また、排気側電極52と大気側電極53との間には、ECU31に搭載された印加電圧制御装置60によりセンサ印加電圧Vが印加される。加えて、ECU31には、センサ印加電圧を印加したときに固体電解質層51を介してこれら電極52、53間に流れる電流Iを検出する電流検出装置61が設けられる。この電流検出装置61によって検出される電流が空燃比センサ40、41の出力電流である。

【0033】

このように構成された空燃比センサ40、41は、図3に示したような電圧－電流（V－I）特性を有する。図3からわかるように、出力電流Iは、排気空燃比が高くなるほど（リーンになるほど）、大きくなる。また、各排気空燃比におけるV－I線には、V軸に平行な領域、すなわちセンサ印加電圧が変化しても出力電流がほとんど変化しない領域が

10

20

30

40

50

存在する。この電圧領域は限界電流領域と称され、このときの電流は限界電流と称される。図3では、排気空燃比が18であるときの限界電流領域及び限界電流をそれぞれ W_{18} 、 I_{18} で示している。

【0034】

一方、センサ印加電圧が限界電流領域よりも低い領域では、センサ印加電圧にほぼ比例して出力電流が変化する。以下では、斯かる領域を比例領域と称す。このときの傾きは、固体電解質層51の直流素子抵抗によって定まる。また、センサ印加電圧が限界電流領域よりも高い領域では、センサ印加電圧の増加に伴って出力電流も増加する。この領域では、排気側電極52上にて排気ガス中に含まれる水分の分解が生じること等により、センサ印加電圧の変化に応じて出力電圧が変化する。以下では、斯かる領域を水分解領域と称する。

10

【0035】

図4は、印加電圧を0.45V程度で一定にしたときの、排気空燃比と出力電流Iとの関係を示す図である。図4からわかるように、空燃比センサ40、41では、排気空燃比が高くなるほど（すなわち、リーンになるほど）、空燃比センサ40、41からの出力電流Iが大きくなるように、排気空燃比に対して出力電流がリニアに（比例するように）変化する。加えて、空燃比センサ40、41は、排気空燃比が理論空燃比であるときに出力電流Iが零になるように構成される。また、排気空燃比が一定以上に大きくなったとき、或いは一定以下に小さくなったときには、排気空燃比の変化に対する出力電流の変化の割合が小さくなる。

20

【0036】

なお、上記例では、空燃比センサ40、41として図2に示した構造の限界電流式の空燃比センサを用いている。しかしながら、しかしながら、排気空燃比に対して出力電流がリニアに変化するものであれば、空燃比センサ40、41として如何なる空燃比センサを用いてもよい。したがって、空燃比センサ40、41としては例えば積層型の限界電流式空燃比センサ等の他の構造の限界電流式の空燃比センサや、限界電流式ではない空燃比センサ等、如何なる空燃比センサを用いてもよい。また、両空燃比センサ40、41は互いに異なる構造の空燃比センサであってもよい。

【0037】

<基本的な空燃比制御>

30

このように構成された内燃機関では、両空燃比センサ40、41の出力に基づいて、上流側排気浄化触媒20に流入する排気ガスの空燃比が機関運転状態に基づいた最適な空燃比となるように、燃料噴射弁11からの燃料噴射量が設定される。本実施形態では、上流側空燃比センサ40の出力電流（上流側排気浄化触媒20に流入する排気ガスの空燃比、或いは機関本体から流出する排気ガスの空燃比に相当）に基づいてこの出力電流が目標空燃比に相当する値となるようにフィードバック制御が行われる。加えて、下流側空燃比センサ41の出力電流に基づいて目標空燃比が変更される。

【0038】

図5を参照して、このような目標空燃比の制御の例について、簡単に説明する。図5は、内燃機関の通常運転時における、目標空燃比AFT、上流側空燃比センサ40の出力電流（出力値）If、上流側排気浄化触媒の酸素吸蔵量OSA及び下流側空燃比センサ41の出力電流（出力値）Irのタイムチャートである。

40

【0039】

なお、空燃比センサ40、41の出力電流は、図4に示したように、空燃比センサ40、41周りを流通する排気ガスの空燃比が理論空燃比であるときにゼロになる。加えて、当該排気ガスの空燃比がリッチ空燃比であるときに負の値となり、当該排気ガスの空燃比がリーン空燃比であるときに正の値となる。また、空燃比センサ40、41周りを流通する排気ガスの空燃比がリッチ空燃比又はリーン空燃比であるときには、理論空燃比からの差が大きくなるほど、空燃比センサ40、41の出力電流の絶対値が大きくなる。また、「通常運転（通常制御）時」は、内燃機関の特定の運転状態に応じて燃料噴射量を調整す

50

る制御（例えば、内燃機関を搭載した車両の加速時に行われる燃料噴射量の増量補正や、後述する燃料カット制御等）を行っていない運転状態（制御状態）を意味する。

【0040】

図5に示した例では、下流側空燃比センサ41の出力電流 I_r がゼロよりも小さいリッチ判定基準値 I_{rich} 以下となったときに目標空燃比は理論空燃比よりもリーンなリーン設定空燃比 AFT_{lean} （例えば、15）に設定され、維持される。ここで、リッチ判定基準値 I_{rich} は、理論空燃比よりも僅かにリッチである予め定められたリッチ判定空燃比（例えば、14.55）に相当する値である。

【0041】

その後、上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量が推定され、この推定値が予め定められた判定基準吸蔵量 C_{ref} （最大吸蔵可能酸素量 C_{max} よりも少ない量）以上になると、目標空燃比は理論空燃比よりもリッチなリッチ設定空燃比 AFT_{rich} （例えば、14.4）に設定され、維持される。図5に示した例では、このような操作が繰り返し行われる。

10

【0042】

具体的には、図5に示した例では、時刻 t_1 前において、目標空燃比 AFT がリッチ設定空燃比 AFT_{rich} とされ、これに伴って、上流側空燃比センサ40の出力電流 I_f もゼロより小さい値（リッチ空燃比に相当）となっている。また、上流側排気浄化触媒20には酸素が吸蔵されていることから、下流側空燃比センサ41の出力電流 I_r はほぼゼロ（理論空燃比に相当）となっている。このとき、上流側排気浄化触媒20に流入する排気ガスの空燃比はリッチ空燃比となっていることから、上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量は徐々に低下する。

20

【0043】

その後、時刻 t_1 においては、上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量がゼロに近づくことにより、上流側排気浄化触媒20に流入した未燃ガスの一部は上流側排気浄化触媒20で浄化されずに流出し始める。その結果、時刻 t_2 において、下流側空燃比センサ41の出力電流 I_r がリッチ判定基準値 I_{rich} （リッチ判定基準空燃比に相当）以下となる。このとき目標空燃比はリッチ設定空燃比 AFT_{rich} からリーン設定空燃比 AFT_{lean} へ切り替えられる。

【0044】

目標空燃比の切替により、上流側排気浄化触媒20に流入する排気ガスの空燃比はリーン空燃比になり、未燃ガスの流出は減少、停止する。また、上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量 OSA は徐々に増加し、時刻 t_3 において、判定基準吸蔵量 C_{ref} に到達する。このように、酸素吸蔵量が判定基準吸蔵量 C_{ref} に到達すると、目標空燃比は、再びリーン設定空燃比 AFT_{lean} からリッチ設定空燃比 AFT_{rich} へと切り替えられる。この目標空燃比の切替により、上流側排気浄化触媒20に流入する排気ガスの空燃比は再びリッチ空燃比となり、その結果、上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量は徐々に減少し、以降は、このような操作が繰り返し行われる。このような制御を行うことにより、上流側排気浄化触媒20から NO_x が流出するのを防止することができる。

30

【0045】

なお、通常運転時に行われる空燃比の制御は、必ずしも上流側空燃比センサ40及び下流側空燃比センサ41の出力に基づく上述したような制御に限定されるものではない。これら空燃比センサ40、41の出力に基づく制御であれば、如何なる制御であってもよい。

40

【0046】

<燃料カット制御>

また、本実施形態の内燃機関では、内燃機関を搭載した車両の減速時等に、内燃機関の動作中に燃料噴射弁11からの燃料噴射を停止又は大幅に減量して燃焼室5内への燃料供給を停止又は大幅に低減する燃料カット制御が実施される。斯かる燃料カット制御は、所定の燃料カット開始条件が成立したときに開始される。具体的には、燃料カット制御は、

50

例えば、アクセルペダル 42 の踏込み量がゼロ又はほぼゼロ（すなわち、機関負荷がゼロ又はほぼゼロ）であり且つ機関回転数がアイドリング時の回転数よりも高い所定の回転数以上であるときに実施される。

【0047】

燃料カット制御が行われたときは、内燃機関から空気又は空気と同様な排気ガスが排出されることになるため、上流側排気浄化触媒 20 には空燃比の極めて高い（すなわち、リーン度合いの極めて高い）ガスが流入することになる。この結果、燃料カット制御中には、上流側排気浄化触媒 20 に多量の酸素が流入し、上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量は最大吸蔵可能酸素量に達する。

【0048】

また、燃料カット制御は、所定の燃料カット終了条件が成立すると終了せしめられる。燃料カット終了条件としては、例えば、アクセルペダル 42 の踏込み量が所定値以上になること（すなわち、機関負荷が或る程度の値になること）、或いは機関回転数がアイドリング時の回転数よりも高い所定の回転数以下になること等が挙げられる。また、本実施形態の内燃機関では、燃料カット制御の終了直後には、上流側排気浄化触媒 20 に流入する排気ガスの空燃比をリッチ設定空燃比よりもリッチな復帰後リッチ空燃比にする復帰後リッチ制御が行われる。これにより、燃料カット制御中に上流側排気浄化触媒 20 に吸蔵された酸素を迅速に放出させることができる。

【0049】

<空燃比センサの異常診断>

ところで、上述したように空燃比センサ 40、41 はその使用に伴って劣化し、空燃比センサ 40、41 に異常が生じる場合がある。このように空燃比センサ 40、41 に異常が生じると、その出力の精度が悪化し、燃料噴射弁 11 からの燃料噴射量を適切に制御することができなくなる。その結果、排気エミッションの悪化や燃費の悪化を招いてしまう。このため、本実施形態の内燃機関には、空燃比センサ 40、41 の異常を自己診断する異常診断装置が設けられる。

【0050】

このような異常診断装置によって行われる異常診断制御としては、例えば、燃料カット制御の際に行うものが挙げられる。具体的には、燃料カット制御の実行中（特に、開始直後）及び燃料カット制御の終了後（特に、終了直後）における空燃比センサ 40、41 の出力電流 I_f 、 I_r の変化に基づいて空燃比センサ 40、41 の応答性に関する異常診断が行われる。

【0051】

図 6 は、燃料カット制御を行った際における目標空燃比 AFT 、上流側空燃比センサ 40 の出力電流 I_f 、上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 OSA 、及び下流側空燃比センサ 41 の出力電流 I_r のタイムチャートである。図示した例では、時刻 t_1 において燃料カット制御が開始されると共に（ FC フラグオン）、時刻 t_3 において燃料カット制御が終了せしめられる（ FC フラグオフ）。

【0052】

図示した例では、時刻 t_1 において燃料カット制御が開始される前には、上述した通常運転時における空燃比制御が行われている。時刻 t_1 において燃料カット制御が開始せしめられると、機関本体 1 からはリーン度合いの大きなリーン空燃比のガスが排出され、よって上流側空燃比センサ 40 の出力電流 I_f が急激に上昇する。このとき、上流側排気浄化触媒 20 に流入する排気ガス中の酸素は上流側排気浄化触媒 20 に吸蔵されるため、上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量は増大し、一方、下流側空燃比センサ 41 の出力電流 I_r はほぼゼロ（理論空燃比に相当）のままとする。

【0053】

その後、時刻 t_2 において上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量が最大吸蔵可能酸素量（ C_{max} ）に達すると、上流側排気浄化触媒 20 はそれ以上酸素を吸蔵することができなくなる。このため、時刻 t_2 以降においては、下流側空燃比センサ 41 の出力電流 I_r

10

20

30

40

50

も急激に上昇する。

【0054】

時刻 t_3 において燃料カット制御が終了せしめられると、燃料カット制御中に上流側排気浄化触媒 20 に吸蔵された酸素を放出させるために、復帰後リッチ制御が行われる。復帰後リッチ制御では、上流側排気浄化触媒 20 に流入する排気ガスの目標空燃比がリッチ設定空燃比 $AFT rich$ よりもリッチな復帰後リッチ空燃比 $AFT r$ に設定される。これに伴って、上流側空燃比センサ 40 の出力電流 I_f がゼロよりも小さい値（リッチ空燃比に相当）になると共に、上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 OSA が徐々に減少する。このとき、上流側排気浄化触媒 20 にリッチ空燃比の排気ガスが流入せしめられても、上流側排気浄化触媒 20 に吸蔵されている酸素と排気ガス中の未燃ガスとが反応するため、上流側排気浄化触媒 20 から排出される排気ガスの空燃比はほぼ理論空燃比となる。このため、下流側空燃比センサ 41 の出力電流 I_r はほぼゼロに収束する。

10

【0055】

酸素吸蔵量の減少が続くと、ついには酸素吸蔵量がほぼゼロとなって、上流側排気浄化触媒 20 から未燃ガスが流出する。これにより、時刻 t_4 において、下流側空燃比センサ 41 の出力電流 I_r がリッチ判定基準値 $I_r rich$ 以下となる。このように、下流側空燃比センサ 41 の出力電流 I_r がリッチ判定基準値 $I_r rich$ 以下に達すると、復帰後リッチ制御が終了せしめられる。その後、上述した通常運転における空燃比制御が開始され、図示した例では、上流側排気浄化触媒 20 に流入する排気ガスの空燃比がリッチ空燃比とリーン空燃比とに交互に設定されるように制御される。

20

【0056】

空燃比センサ 40、41 に応答性劣化の異常が生じていない場合には、このように燃料カット制御を行うと、これら空燃比センサ 40、41 の出力電流 I_f 、 I_r は図中に実線で示したように推移する。すなわち、上流側空燃比センサ 40 の出力電流 I_f は、燃料カット制御の開始に伴って、ゼロよりも小さい値（リッチ空燃比に相当）からゼロよりも大きい値（リーン空燃比に相当）へ急激に変化する。一方、下流側空燃比センサ 41 の出力電流 I_r は、燃料カット制御の開始から多少の時間間隔を空けてほぼゼロからゼロよりも大きい値へ急激に変化する。

【0057】

また、上流側空燃比センサ 40 の出力電流 I_f は、燃料カット制御の終了に伴って、ゼロよりも大きい値からゼロよりも小さい値へ急激に変化する。一方、下流側空燃比センサ 41 の出力電流 I_r は、燃料カット制御の終了から多少の時間間隔を空けて、ゼロよりも大きい値からほぼゼロへ急激に変化する。

30

【0058】

一方、下流側空燃比センサ 41 に異常が生じている場合、特に応答速度低下の異常が生じている場合には、燃料カット制御を行うと、これら空燃比センサ 40、41 の出力電流 I_f 、 I_r は図中に破線で示したように推移する。すなわち、燃料カット制御が開始されたときに空燃比センサ 40、41 の出力電流 I_f 、 I_r が上昇する速度はそれほど速くない。同様に、燃料カット制御が終了されたときに空燃比センサ 40、41 の出力電流 I_f 、 I_r が低下する速度もそれほど速くない。すなわち、空燃比センサ 40、41 に応答性劣化の異常が生じている場合には、異常が生じていない場合に比べて、燃料カット制御の開始後及び終了後における空燃比センサ 40、41 の出力電流 I_f 、 I_r の上昇速度及び低下速度が遅くなる。

40

【0059】

そこで、本実施形態では、燃料カット制御の開始後に、空燃比センサ 40、41 の出力電流 I_f 、 I_r が低基準値 $I_f low$ 、 $I_r low$ （例えば、空燃比 15.5 に相当）から高基準値 $I_f high$ 、 $I_r high$ （例えば、空燃比 18 に相当）まで変化するのにかかる時間（以下、「上昇時間」という） $\Delta t up$ が算出される。このようにして算出された上昇時間 $\Delta t up$ が、予め定められた異常判定基準上昇時間 $t up ref$ よりも短い場合には空燃比センサ 40、41 には異常が生じていないと判定される。一方、このよう

50

にして算出された上昇時間 Δt_{up} が、予め定められた異常判定基準上昇時間 t_{upref} 以上である場合には空燃比センサ 40、41 に異常が生じていると判定される。

【0060】

同様にして、本実施形態では、燃料カット制御の終了後に空燃比センサ 40、41 の出力電流 I_f 、 I_r が高基準値 I_{fhigh} 、 I_{rhigh} から低基準値 I_{flow} 、 I_{rlow} に到達するまでにかかる時間（以下、「低下時間」という） Δt_{down} が算出される。このようにして算出された低下時間 Δt_{down} が予め定められた異常判定基準低下時間よりも短い場合には、空燃比センサ 40、41 には異常が生じていないと判定される。一方、このようにして算出された低下時間 Δt_{down} が予め定められた異常判定基準低下時間以上である場合には、空燃比センサ 40、41 に異常が生じていると判定される。なお、以下の説明では、上述した「上昇時間」と「低下時間」とをまとめて「応答時間」と表現する。

10

【0061】

このようにして異常診断が行われた結果、下流側空燃比センサ 41 に異常が生じていると判定された場合には、例えば、ユーザに下流側空燃比センサ 41 の異常を知らせる警告灯が点灯せしめられる。

【0062】

なお、上述した例では、空燃比センサ 40、41 の応答性を示すパラメータとして応答時間を用いて、空燃比センサ 40、41 の異常診断を行っている。しかしながら、空燃比センサ 40、41 の応答性を示すパラメータとして応答時間以外のパラメータを用いてもよい。このようなパラメータとしては、例えば、燃料カット制御の開始に伴って空燃比センサ 40、41 の出力値が変化している期間中において空燃比センサ 40、41 の出力電流が低基準値から高基準値まで変化する間の時間変化率（単位時間あたりの出力電流の変化量）や、燃料カット制御の終了に伴って空燃比センサ 40、41 の出力値が変化している期間中において空燃比センサ 40、41 の出力電流が高基準値から低基準値まで変化する間の時間変化率等が挙げられる。この場合、時間変化率が予め定められた異常判定基準変化率よりも大きい場合には空燃比センサ 40、41 には異常が生じていないと判定される。一方、時間変化率が予め定められた異常判定基準変化率以下である場合には空燃比センサ 40、41 には異常が生じていると判定される。したがって、本実施形態では、空燃比センサ 40、41 の応答性を示すパラメータの値と所定の異常判定閾値（異常判定基準応答時間、異常判定基準変化率等）とを比較して空燃比センサ 40、41 の応答性に関する異常を診断しているといえる。

20

30

【0063】

<異常診断における問題点>

ところで、上述した応答時間や時間変化率は、空燃比センサ 40、41 の応答性劣化のみならず、他の要因に応じて、具体的には空燃比センサ 40、41 の出力ゲインに応じても変化する。出力ゲインは、空燃比センサ 40、41 周りを流通する排気ガスの空燃比の変化に対する出力電流の大きさの変化の比率を表すものである。このため、出力ゲインが大きいと、空燃比センサ 40、41 周りを流通する排気ガスの空燃比の理論空燃比からの偏差が同一であっても、出力電流の絶対値が大きくなる。

40

【0064】

空燃比センサ 40、41 の出力ゲインは、様々な要因によって変化する。例えば、空燃比センサ 40、41 周りの排気ガスの圧力が高くなったり、空燃比センサ 40、41 の電極 52、53 の面積が大きくなったりすると、出力ゲインは小さくなる。また、空燃比センサ 40、41 の拡散律速層 54 の拡散距離（拡散律速層の厚みに相当）が長くなるほど、出力ゲインは小さくなる。

【0065】

図 7 は、燃料カット制御開始時における上流側空燃比センサ 40 の出力電流 I_f のタイムチャートである。このうち、図 7 (A) は、空燃比センサ 40、41 に応答性劣化が生じた場合のタイムチャートであり、図 7 (B) は、出力ゲインの低下が生じた場合にお

50

るタイムチャートである。図中の破線は、空燃比センサ 40、41 に応答性劣化や出力ゲインの低下が生じていない場合を示している。なお、図 7 に示した例では、時刻 t_1 において燃料カット制御が開始される。

【0066】

図 7 (A) に示したように、上流側空燃比センサ 40 に応答性劣化が生じている場合（実線）には、応答性劣化が生じていない場合（破線）に比べて出力電流 I_f の上昇速度が上昇期間全体に亘って遅くなる。この結果、上流側空燃比センサ 40 に応答性劣化が生じている場合には、応答性劣化が生じていない場合に比べて、上昇時間 Δt_{up} が長くなる。

【0067】

一方、図 7 (B) に示したように、出力ゲインの低下が生じた場合、燃料カット制御中に上流側空燃比センサ 40 の出力電流 I_f が最終的に収束する収束値が変化する。図 7 (B) に実線で示した例では、出力ゲインの低下が生じた結果、出力ゲインの低下が生じていない場合に比べて、出力電流 I_f の収束値が小さくなっている。他方、このように出力ゲインが低下しても、上流側空燃比センサ 40 の出力電流 I_f が最終的に収束するタイミングは変化しない。この結果、出力ゲインが低下すると、これに伴って上流側空燃比センサ 40 の出力電流 I_f が低基準値 I_{flow} から高基準値 I_{high} まで変化するのにかかる上昇時間 Δt_{up} が長くなる。逆に、出力ゲインが上昇した場合には、上昇時間 Δt_{up} が短くなる。

【0068】

このように、上流側空燃比センサ 40 に応答性劣化が生じている場合であっても、出力ゲインの低下が生じている場合であっても、応答性劣化が生じていない場合や出力ゲインの低下が生じていない場合に比べて、上昇時間 Δt_{up} が長くなる。したがって、上昇時間 Δt_{up} が長くなったときには上流側空燃比センサ 40 に応答性劣化が生じているのか或いは出力ゲインが低下しているのかを特定することができない。このため、実際には上流側空燃比センサ 40 には応答性劣化は生じておらず出力ゲインの低下のみが生じている場合であっても、上昇時間 Δt_{up} が長くなり、応答性劣化の異常が生じていると判定されることになる。

【0069】

なお、図 7 では上流側空燃比センサ 40 の出力電流 I_f における上昇時間 Δt_{up} を例にとって説明した。しかしながら、このような現象、すなわち出力ゲインの低下により応答性劣化が生じた場合と同様な変化が起こる現象は、上流側空燃比センサ 40 の出力電流 I_f における低下時間 Δt_{down} や時間変化率にも生じる。また、このような現象は、上流側空燃比センサ 40 のみならず、下流側空燃比センサ 41 にもおいても生じる。

【0070】

<本願発明における異常診断>

ここで、図 7 からわかるように、空燃比センサ 40、41 に応答性劣化が生じた場合には、上昇時間 Δt_{up} 等は変化するが、燃料カット制御中に空燃比センサ 40、41 の出力電流が収束する値は変化しない。一方、空燃比センサ 40、41 の出力ゲインが変化した場合には、上昇時間 Δt_{up} 等のみならず、燃料カット制御中に空燃比センサ 40、41 の出力電流が収束する値も変化する。そこで、本実施形態では、燃料カット制御中に空燃比センサ 40、41 の出力電流が収束したときの収束値に基づいて、上昇時間 Δt_{up} 等を補正するようにしている。そして、このようにして補正した後の上昇時間 $\Delta t_{up}'$ 等に基づいて空燃比センサ 40、41 の異常診断を行うようにしている。

【0071】

以下では、上流側空燃比センサ 40 の上昇時間 Δt_{up} を補正する場合を例にとって具体的に説明する。まず、図 6 を参照して説明したように、燃料カット制御を開始した後の上流側空燃比センサ 40 の出力電流 I_f が低基準値 I_{flow} から高基準値 I_{high} まで変化するのにかかる時間である上昇時間 Δt_{up} が算出される。その後、上流側空燃比センサ 40 の出力電流 I_f が一定の値に収束すると、このときの値が収束値 I_{con}

10

20

30

40

50

として検出される。

【0072】

図8は、上流側空燃比センサ40の出力電流 I_f が収束したときの収束値（以下、「出力収束値」ともいう） I_{fcon} と、上昇時間（応答時間）の補正量 M との関係を示す図である。図8からわかるように、出力収束値 I_{fcon} が大きくなるほど、上昇時間の補正量 M が増大せしめられる。特に図8に示した例では、出力収束値 I_{fcon} が或る所定の値よりも大きいときには上昇時間の補正量 M が0よりも大きい値とされる。一方、出力収束値 I_{fcon} が或る所定の値よりも小さいときには上昇時間の補正量が0よりも小さい値とされる。

【0073】

そして、図8に示したようなマップを用いて、上述したように検出された上流側空燃比センサ40の出力収束値 I_{fcon} に基づいて、上昇時間の補正量 M が算出される。その後、このようにして算出された上昇時間の補正量 M が上述したように算出された上昇時間 Δt_{up} に加算されたものが補正後の上昇時間 $\Delta t_{up}'$ として算出される。したがって、出力収束値 I_{fcon} が或る所定の値よりも大きいときには補正後の上昇時間 $\Delta t_{up}'$ は実際に検出された上昇時間 Δt_{up} よりも長い時間とされる。一方、出力収束値 I_{fcon} が或る所定の値よりも小さいときには補正後の上昇時間 $\Delta t_{up}'$ は実際に検出された上昇時間 Δt_{up} よりも短い時間とされる。

【0074】

そして、このようにして算出された補正後の上昇時間 $\Delta t_{up}'$ が異常判定基準上昇時間 t_{upref} と比較される。比較の結果、補正後の上昇時間 $\Delta t_{up}'$ が異常判定基準上昇時間 t_{upref} よりも短い場合には上流側空燃比センサ40には異常が生じていないと判定される。一方、比較の結果、補正後の上昇時間 $\Delta t_{up}'$ が異常判定基準上昇時間 t_{upref} 以上である場合には、上流側空燃比センサ40には異常が生じていると判定される。

【0075】

図9は、正常な空燃比センサ及び応答性が低下している空燃比センサの出力収束値と応答時間との関係を示す図である。図9（A）は上述したような応答時間の補正を行っていない場合を、図9（B）は上述したような応答時間の補正を行った場合をそれぞれ示している。上述したような応答時間の補正を行っていない場合には、図9（A）に示したように、空燃比センサが正常であっても出力収束値に応じて応答時間が変化することがわかる。この結果、空燃比センサが正常である場合に出力収束値が小さいときの応答時間と、空燃比センサの応答性が低下している場合に出力収束値が大きいときの応答時間とはほとんど同一の値となってしまう。このため、空燃比センサの応答性の低下を正確に検出することができない。

【0076】

一方、上述したような応答時間の補正を行っている場合には、図9（B）に示したように、少なくとも空燃比センサが正常であるときには出力収束値が変化しても応答時間はほとんど変化しない。この結果、空燃比センサが正常である場合に取得する応答時間と空燃比センサの応答性が低下している場合に取得する応答時間との間には差がある。このため、空燃比センサの応答性の低下を正確に検出することができる。すなわち、本実施形態によれば、空燃比センサの出力収束値が変化しても、すなわち空燃比センサの出力ゲインが変化しても、空燃比センサの応答性劣化の異常を正確に診断することができる。

【0077】

なお、本実施形態では、上流側空燃比センサ40の出力収束値 I_{fcon} の算出は、以下のようにして行われる。まず、上流側空燃比センサ40の出力電流 I_f の収束判定が行われる。出力電流 I_f の収束判定は、例えば、燃料カット制御が開始されてからの経過時間が予め定められた収束判定基準時間以上であるか否かによって行われ、収束判定基準時間以上経過しているときに出力電流 I_f が収束していると判定される。この収束判定基準時間は、燃料カット制御を開始してから上流側空燃比センサ40の出力電流 I_f が収束す

10

20

30

40

50

るまでに通常かかる時間の最大値、或いはこの最大値と僅かに異なる時間とされる。或いは、出力電流 I_f の収束判定は、出力電流 I_f の単位時間当たりの変化量が収束判定基準量以下であるか否かによって行われてもよく、この場合、収束判定基準量以下であるときに出力電流 I_f が収束していると判定される。

【0078】

そして、このように上流側空燃比センサ40の出力電流 I_f が収束したと判定されてから予め定められた所定の時間が経過するまでの測定期間に亘って上流側空燃比センサ40の出力電流 I_f が検出される。そして、この測定機関における上流側空燃比センサ40の出力電流の平均値が出力収束値 I_{fcon} とされる。

【0079】

また、下流側空燃比センサ41の出力収束値 I_{rcon} も同様に算出される。ただし、下流側空燃比センサ41の収束判定は、燃料カット制御が開始されてからの経過時間ではなく、燃料カット制御の開始後に燃焼室5に供給された積算吸入空気量が基準積算量に到達したと推定されてからの経過時間に基づいて行われる。又は、燃料カット制御の開始後に下流側空燃比センサ41の出力電流がゼロよりも大きいリーン判定基準値以上になってからの経過時間に基づいて行われる。このように収束判定を行うのは、上流側排気浄化触媒20に酸素が吸蔵されることにより、燃料カット制御の開始後に下流側空燃比センサ41の出力電流の上昇が遅れるためである。なお、予め定められた基準積算量は、上流側排気浄化触媒20の未使用時の最大吸蔵可能酸素量 C_{max} に相当する酸素量が含まれる空気の量以上とされる。また、リーン判定基準値 I_{rlean} は、理論空燃比よりも僅かに

【0080】

或いは、下流側空燃比センサ41の収束判定は、上流側排気浄化触媒の酸素吸蔵量が最大吸蔵可能酸素量に到達したと推定された後における出力電流 I_f の単位時間当たりの変化量に基づいて行われる。又は、燃料カット制御の開始後に下流側空燃比センサ41の出力電流がリーン判定基準値以上になった後における出力電流 I_f の単位時間当たりの変化量に基づいて行われる。

【0081】

なお、上記実施形態では、図8に示したように出力収束値 I_{fcon} に基づいて上昇時間の補正量 M を算出している。しかしながら、出力収束値 I_{fcon} に基づいて上昇時間の補正率を算出するようにしてもよい。この場合、このようにして算出された補正率を実際に検出された上昇時間 Δt_{up} に乗算することで補正上昇率 $\Delta t_{up}'$ が算出されることになる。また、補正率は、出力収束値 I_{fcon} が大きくなるほど増大せしめられる。

【0082】

また、上述した例では、上流側空燃比センサ40における上昇時間 Δt_{up} を例にとったが、下流側空燃比センサ41の上昇時間 Δt_{up} 、両空燃比センサ40、41における低下時間 Δt_{down} についても同様に空燃比センサ40、41の出力収束値に基づいて補正を行うことが可能である。

【0083】

<フローチャート>

図10は、本実施形態の異常診断装置によって行われる上流側空燃比センサ40の異常診断処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。図示した制御ルーチンは一定時間間隔の割り込みによって実行される。

【0084】

図10に示した例では、まず、ステップS11において、異常診断処理の実行条件が成立しているか否かが判定される。異常診断処理の実行条件が成立する場合とは、例えば、以下のような条件の少なくとも一部、好ましくは全てを満たしている場合である。

- ・機関冷却水の温度を検出する温度センサ（図示せず）によって検出された機関冷却水の温度が所定温度以上であること。

- ・ 前回の燃料カット制御が終了してからの経過時間が予め定められた所定時間以上であること。
- ・ 機関高負荷運転時等に一時的に燃料噴射量を増量する増量制御が終了してからの経過時間が予め定められた所定時間以上であること。
- ・ 上流側空燃比センサ40の応答性に関する異常診断が未だに終了していないこと。

【0085】

ステップS11において、異常診断処理の実行条件が成立していないと判定された場合、例えば、温度センサ（図示せず）によって検出された機関冷却水の温度が所定温度未満である場合、制御ルーチンが終了せしめられる。一方、ステップS11において、異常診断処理の実行条件が成立していると判定された場合、ステップS12へと進む。ステップS12では図11に示す出力収束値I f c o nの算出処理が実行され、次いで、ステップS13では図12に示す上昇時間 $\Delta t u p$ の算出処理が実行される。

10

【0086】

その後、ステップS14では、収束値算出フラグ及び上昇時間算出フラグがONになっているか否かが判定される。収束値算出フラグは、出力収束値I f c o nの算出が完了するとONにされ、その前にはOFFとされるフラグである。また、上昇時間算出フラグは、上昇時間 $\Delta t u p$ の算出が完了するとONにされ、その前にはOFFとされるフラグである。ステップS14において、収束値算出フラグ及び上昇時間算出フラグのうち少なくともいずれか一方がOFFであると判定された場合には、上流側空燃比センサ40の異常診断を行うのに十分なデータが集まっていないため、制御ルーチンが終了せしめられる。

20

【0087】

一方、ステップS14において、収束値算出フラグ及び上昇時間算出フラグがONになっていると判定された場合には、ステップS15へと進む。ステップS15では、ステップS12において算出された出力収束値I f c o nに基づいて、図8に示したようなマップを用いて補正量Mが算出される。次いで、ステップS16では、ステップS13で算出された上昇時間 $\Delta t u p$ にステップS15で算出された補正量Mを加算した値($\Delta t u p + M$)、すなわち補正後の上昇時間 $\Delta t u p'$ が異常判定基準上昇時間 $t u p r e f$ よりも短いか否かが判定される。補正後の上昇時間 $\Delta t u p'$ ($= \Delta t u p + M$)が異常判定基準上昇時間 $t u p r e f$ よりも短いと判定された場合にはステップS17へと進む。ステップS17では、上流側空燃比センサ40は正常であると判定され、ステップS19へと進む。一方、ステップS16において、補正後の上昇時間 $\Delta t u p'$ が異常判定基準上昇時間 $t u p r e f$ 以上であると判定された場合にはステップS18へと進む。ステップS18では、上流側空燃比センサ40には異常が生じていると判定され、警告灯が点灯せしめられ、ステップS19へと進む。ステップS19では、収束値算出フラグ及び上昇時間算出フラグがOFFにリセットされ、制御ルーチンが終了せしめられる。

30

【0088】

図11は、出力収束値I f c o nの算出処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。図11に示した制御ルーチンは、図10のステップS12において実行される。

【0089】

図11に示したように、まず、ステップS31では、収束値算出フラグがOFFであるか否かが判定される。収束値算出フラグがONである場合には、既に収束値I f c o nの算出が終了しているため、制御ルーチンが終了せしめられる。一方、ステップS31において、収束値算出フラグがOFFであると判定された場合には、ステップS32へと進む。

40

【0090】

ステップS32では、燃料カット制御(F C)を開始してからの経過時間 $t f c$ が予め定められた収束判定基準時間 $t f c r e f$ 以上であるか否かが判定される。この収束判定基準時間 $t f c r e f$ は、燃料カット制御を開始してから上流側空燃比センサ40の出力電流I fが収束するまでに通常かかる時間の最大値、或いはこの最大値と僅かに異なる時間とされる。燃料カット制御を開始してからの経過時間 $t f c$ が収束判定基準時間 $t r e$

50

fよりも短いと判定された場合には、上流側空燃比センサ40の出力電流I_fが収束していないため、制御ルーチンが終了せしめられる。一方、燃料カット制御を開始してからの経過時間t_{f c}が収束判定基準時間t_{r e f}以上であると判定された場合にはステップS33へと進む。

【0091】

ステップS33では、上流側空燃比センサ40の今回の出力電流I_fを出力電流積算値ΣI_fに加算したものが新たな出力電流積算値ΣI_fとされる。次いで、ステップS34では、ステップS33における出力電流I_fの積算回数がN回以上であるか否か、すなわち上流側空燃比センサ40が収束したと判定してからの経過時間が所定時間以上であるか否かが判定される。出力電流I_fの積算回数がN回よりも少ないと判定された場合には、適切な出力収束値I_{f c o n}を算出することができないため、制御ルーチンが終了せしめられる。一方、出力電流I_fの積算回数がN回以上であると判定された場合にはステップS35へと進む。ステップS35では、出力電流積算値ΣI_fを積算回数Nで除算した値が出力収束値I_{f c o n}として算出される。次いで、ステップS36では、収束値算出フラグがONにセットされ、制御ルーチンが終了せしめられる。

10

【0092】

図12は、上昇時間Δt_{u p}の算出処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。図12に示した制御ルーチンは、図10のステップS13において実行される。

【0093】

図12に示したように、まず、ステップS41では、上昇時間算出フラグがOFFであるか否かが判定される。上昇時間算出フラグがONである場合には、既に上昇時間Δt_{u p}の算出が終了しているため、制御ルーチンが終了せしめられる。一方、ステップS41において、上昇時間算出フラグがOFFであると判定された場合には、ステップS42へと進む。

20

【0094】

ステップS42では、現在、燃料カット制御(F_C)中であるか否かが判定される。燃料カット制御中でないと判定された場合には、上昇時間の算出ができないため制御ルーチンが終了せしめられる。その後、燃料カット制御が開始されると、ステップS42において、現在、燃料カット制御中であると判定されてステップS43へと進む。ステップS43では、上流側空燃比センサ40の出力電流I_fが低基準値I_{f l o w}よりも低いかが判定される。

30

【0095】

ステップS43において、上流側空燃比センサ40の出力電流I_fが低基準値I_{f l o w}よりも低いと判定された場合には、ステップS44へと進む。ステップS44では、応答時間Δt_{u p}がゼロにリセットされ、制御ルーチンが終了せしめられる。一方、燃料カット制御開始から時間が経過して排気空燃比の上昇に伴って上流側空燃比センサ40の出力電流I_fが上昇すると、次の制御ルーチンでは、ステップS43において出力電流I_fが低基準値I_{f l o w}以上であると判定され、ステップS45へと進む。

【0096】

ステップS45では、上流側空燃比センサ40の出力電流I_fが高基準値I_{f h i g h}よりも小さいかが判定される。ステップS45において、出力電流I_fが高基準値I_{f h i g h}よりも小さいと判定された場合にはステップS46へと進む。ステップS46では、上昇時間Δt_{u p}に微少時間Δt(制御ルーチンの実行間隔に相当)を加算した値が新たな上昇時間Δt_{u p}とされ、制御ルーチンが終了せしめられる。その後、排気空燃比の更なる上昇に伴って上流側空燃比センサ40の出力電流I_fが上昇すると、次の制御ルーチンでは、ステップS45において出力電流I_fが高基準値I_{f h i g h}以上であると判定され、ステップS47へと進む。ステップS47では、応答時間算出フラグがONにセットされ、制御ルーチンが終了せしめられる。

40

【0097】

なお、上記フローチャートでは、上流側空燃比センサ40の上昇時間Δt_{u p}に基づい

50

て上流側空燃比センサ40の異常診断を行った場合を示している。しかしながら、同様な制御ルーチンを用いて、上流側空燃比センサ40の低下時間 Δt_{down} に基づいて上流側空燃比センサ40の異常診断を行うことができる。ただし、この場合、図12に示した上昇時間算出処理の代わりに、図13に示した低下時間算出処理が行われる（図13のステップ番号は、図12における対応するステップの番号にダッシュを付した番号となっている）。図13に示した低下時間算出処理の制御ルーチンステップS42'において、燃料カット制御の終了後であるか否かが判定されることになる。また、ステップS43'においては、下流側空燃比センサ41の出力電流 I_r が高基準値 I_{rhigh} よりも高いか否かが判定される。加えて、ステップS45'においては、下流側空燃比センサ41の出力電流 I_r が低基準値 I_{rlow} よりも高いか否かが判定される。

10

【0098】

加えて、同様な制御ルーチンを用いて、下流側空燃比センサ41の上昇時間 Δt_{up} や低下時間 Δt_{down} に基づいて下流側空燃比センサ41の異常診断を行うこともできる。この場合、図11に示した収束値算出処理の代わりに、図14に示した収束値算出処理が行われる。

【0099】

図14は、下流側空燃比センサ41における出力収束値 I_{rcon} の算出処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。なお、図14におけるステップS56～S59は、図11におけるステップS33～S36と同様であることから説明を省略する。

【0100】

20

図14に示したように、まず、ステップS51では、収束値算出フラグがOFFであるか否かが判定される。収束値算出フラグがOFFであると判定された場合には、ステップS52へと進む。ステップS52では、燃料カット制御が開始されてから燃焼室5に供給された吸入空気量の積算値（積算空気量） ΣMc が予め定められた基準積算量 Mc_{ref} 以上であるか否かが判定される。加えて、ステップS53では、下流側空燃比センサ41の出力電流 I_r がゼロよりも大きいリーン判定基準値 I_{rlean} 以上となったか否かが判定される。

【0101】

ステップS52及びS53において、燃料カット制御開始後の積算空気量 ΣMc が基準積算量 Mc_{ref} よりも少なく且つ下流側空燃比センサ41の出力電流 I_r もリーン判定基準値 I_{rlean} よりも小さいと判定された場合には、上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量が最大吸蔵可能酸素量 C_{max} に到達していない可能性があることを意味する。したがって、上流側排気浄化触媒20から流出する排気ガスの空燃比はほぼ理論空燃比となっており、下流側空燃比センサ41の出力電流 I_r はゼロからあまり変化しない。このため、このような場合には、上昇時間 Δt_{up} を検出することはできない。したがって、このような場合には、制御ルーチンが終了せしめられる。

30

【0102】

一方、ステップS52において燃料カット制御開始後の積算空気量 ΣMc が基準積算量 Mc_{ref} 以上である場合、又はステップS53において下流側空燃比センサ41の出力電流 I_r がリーン判定基準値 I_{rlean} 以上であると判定された場合には、上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量が最大吸蔵可能酸素量 C_{max} に到達していることを意味する。したがって、上流側排気浄化触媒20から流出する排気ガスの空燃比は徐々に上昇していく。このため、このような場合には、ステップS54へと進み、経過時間 t_{fc} に微小時間 Δt （制御ルーチンの実行間隔に相当）が加算した値が新たな経過時間 t_{fc} とされ、経過時間の計測が開始される。その後、ステップS55へと進み、ステップS54で算出された経過時間 t_{fc} が予め定められた収束判定基準時間 $t_{fc_{ref}}$ 以上であるか否かが判定される。ステップS54で算出された経過時間 t_{fc} が収束判定基準時間 $t_{fc_{ref}}$ よりも短いと判定された場合には、下流側空燃比センサ41の出力電流 I_r が収束していないため、制御ルーチンが終了せしめられる。一方、ステップS54で算出された経過時間 t_{fc} が収束判定基準時間 $t_{fc_{ref}}$ 以上であると判定された場合にはステッ

40

50

プ S 5 6 へと進む。

【0103】

＜第一実施形態の第一変形例＞

次に、図15及び図16を参照して、本発明の第一実施形態の第一変形例に係る異常診断装置について説明する。本変形例では、燃料カット制御中に空燃比センサ40、41の出力電流が収束するときの推移に応じて、異常診断制御の実行を中止するようにしている。

【0104】

ところで、空燃比センサ40、41の出力ゲインは、上述したように、空燃比センサ40、41周りの排気ガスの圧力等に応じて変化する。したがって、燃料カット制御の開始後或る程度の時間が経過しても、例えば空燃比センサ40、41周りの排気ガスの圧力が変動すると、空燃比センサ40、41の出力電流が一定の値に収束しない場合がある。この様子を、図15に示す。図15中の実線は、燃料カット制御中に上流側空燃比センサ40の出力ゲインが変動している場合における出力電流 I_f の推移を表している。一方、図15中の破線は、燃料カット制御中に上流側空燃比センサ40の出力ゲインが変動していない場合における出力電流 I_f の推移を表している。

【0105】

ここで、上述したように、上流側空燃比センサ40の出力電流 I_f の時刻 t_2 から時刻 t_3 までの平均値が出力収束値 I_{fcon} として算出される。このため、図中に破線で示したように燃料カット制御中に上流側空燃比センサ40の出力ゲインが変動していなければ、算出される出力収束値は I_{fcon_1} として算出される。一方、図中に実線で示したように燃料カット制御中に上流側空燃比センサ40の出力ゲインが時刻 t_2 から時刻 t_3 までに間に変動すると、算出される出力収束値は I_{fcon_1} とは異なる値である I_{fcon_2} となる。このように、出力収束値を算出するための測定期間（時刻 t_2 ～時刻 t_3 ）中に上流側空燃比センサ40の出力ゲインが変動してしまうと、出力ゲインが変動していないときとは異なる値となってしまう。この結果、出力ゲインが変動していると、算出される出力収束値 I_{fcon} は、上流側空燃比センサ40の出力電流 I_f が低基準値 $I_{f_{low}}$ から高基準値 $I_{f_{high}}$ まで推移している間の出力ゲインに対応する値とは異なる値になってしまう。このため、算出された出力収束値 I_{fcon} によっては適切な応答時間補正量を算出することができず、その結果、上昇時間 Δt_{up} を適切に補正することができない。

【0106】

そこで、本変形例では、燃料カット制御中における上流側空燃比センサ40の出力収束値を算出するための測定期間中に上流側空燃比センサ40の出力電流 I_f が大きく変動したときには、上流側空燃比センサ40の異常診断を行わないようにしている。具体的には、本変形例では、上流側空燃比センサ40の出力収束値を算出するにあたって出力電流 I_f を積算している間（図15の時刻 t_2 から時刻 t_3 ）の出力電流 I_f の最大値と最小値との差が予め定められた所定の診断中止基準値よりも大きい場合には、異常診断を行わないこととしている。これにより、上昇時間 Δt_{up} を適切に算出することができないときには上流側空燃比センサ40の異常診断が行われず、よって適切でない異常診断が実行されてしまうことが防止される。

【0107】

なお、上記変形例では、出力収束値の算出中における出力電流 I_f の最大値と最小値との差に基づいて異常診断実行の可否を決定している。しかしながら、出力電流 I_f が変動している程度を示すパラメータであれば、最大値と最小値との差以外のパラメータに基づいて異常診断実行の可否を決定してもよい。このようなパラメータとしては、例えば、出力収束値を算出するための測定期間中の上流側空燃比センサ40の出力電流 I_f における最大変化率や平均変化率（変化率の絶対値を平均したもの）等が挙げられる。この場合、出力電流 I_f における最大変化率や平均変化率が予め定められた所定の診断中止基準値よりも大きい場合には、異常診断を行わないこととされる。すなわち、本変形例では、出力

電流 I_f の変動を示すパラメータの値が予め定められた診断中止基準値よりも変動が大きいことを表す値であるときには、上流側空燃比センサ 40 の異常診断を行いこととされる。なお、上記例では、上流側空燃比センサ 40 を例にとって説明したが、下流側空燃比センサ 41 にも同様に適用が可能である。

【0108】

図 16 は、出力収束値 I_{fcon} の算出処理の制御ルーチンを示す、図 11 と同様なフローチャートである。図 16 に示した制御ルーチンは、図 10 のステップ S12 において実行される。なお、図 16 のステップ S61～S63、S68、S70～S71 は、図 11 のステップ S31～S36 と同様であるため説明を省略する。

【0109】

図 16 のステップ S64 では、現在の上流側空燃比センサ 40 の出力電流 I_f が現在保存されている出力最大値 I_{fmax} よりも大きいかが判定され、ステップ S65 では、現在の上流側空燃比センサ 40 の出力電流 I_f が現在保存されている出力最小値 I_{fmin} よりも小さいかが判定される。ステップ S64、S65 において、現在の出力電流 I_f が出力最大値 I_{fmax} よりも大きいと判定された場合には、ステップ S66 へと進む。ステップ S66 では、現在の出力電流 I_f が出力最大値 I_{fmax} とされ、すなわち出力最大値 I_{fmax} が更新されて、ステップ S68 へと進む。一方、ステップ S64、S65 において、現在の出力電流 I_f が出力最小値 I_{fmin} よりも小さいと判定された場合には、ステップ S67 へと進む。ステップ S67 では、現在の出力電流 I_f が出力最小値 I_{fmin} とされ、すなわち出力最小値 I_{fmin} が更新されて、ステップ S68 へと進む。加えて、ステップ S64、S65 において、現在の出力電流 I_f が出力最小値 I_{fmin} 以上であって出力最大値 I_{fmax} 以下である場合には、ステップ S66、S67 を経由することなく、ステップ S68 へと進む。

【0110】

ステップ S68 では、出力電流 I_f の積算回数が N 回以上であるかが判定され、N 回以上であると判定された場合には、ステップ S69 へと進む。ステップ S69 では、出力最大値 I_{fmax} と出力最小値 I_{fmin} との差 ΔI_f ($I_{fmax} - I_{fmin}$) が予め定められた診断中止基準値 I_{fref} よりも小さいかが判定される。差 ΔI_f が診断中止基準値 I_{fref} よりも小さいと判定された場合、すなわち出力収束値の算出中における出力電流 I_f の変動が小さい場合には、ステップ S70 へと進む。一方、差 ΔI_f が診断中止基準値 I_{fref} 以上であると判定された場合、すなわち出力収束値の算出中における出力電流 I_f の変動が大きい場合には、ステップ S72 へと進む。ステップ S72 では、上流側空燃比センサ 40 の異常診断が一時的に休止され、制御ルーチンが終了せしめられる。

【0111】

<第一実施形態の第二変形例>

次に、図 17 を参照して、本発明の第一実施形態の第二変形例に係る異常診断装置について説明する。本変形例では、空燃比センサ 40、41 の出力収束値に応じて異常診断制御の実行を中止するようにしている。

【0112】

ところで、図 8 に示した出力収束値と応答時間補正量（上昇時間補正量）との関係は、応答性劣化の生じていない空燃比センサ 40、41 を用いて出力ゲインを変化させることによって算出される。このとき、出力ゲインは、出力ゲインが小さすぎて異常と判定されるような値（縮小異常検出レベル）から、出力ゲインが大きすぎて異常と判定されるような値（拡大異常検出レベル）まで変化せしめられる。このため、実際の出力ゲインが縮小異常検出レベルよりも小さい場合であっても、応答時間補正量は縮小異常検出レベルに相当する補正量とされる。同様に、実際の出力ゲインが拡大異常検出レベルよりも大きい場合であっても、応答時間補正量は拡大異常検出レベルに相当する補正量とされる。

【0113】

この結果、応答性劣化の生じていない空燃比センサ 40、41 を用いた場合であっても

10

20

30

40

50

、出力ゲインが縮小異常検出レベルよりも小さいときには算出される応答時間が長くなり過ぎるため、応答時間補正量によっては応答時間を十分に短く補正することができない。このため、応答性劣化が生じていない空燃比センサ40、41を用いているにも関わらず、補正後の応答時間に基づいて空燃比センサ40、41に応答性劣化が生じていると判定されてしまうことになる。一方、応答性劣化の生じている空燃比センサ40、41を用いた場合であっても、出力ゲインが拡大異常検出レベルよりも大きいときには算出される応答時間が短くなり過ぎるため、応答時間補正量によっては応答時間を十分に長く補正することができない。その結果、応答性劣化が生じている空燃比センサ40を用いているにも関わらず、補正後の応答時間に基づいて空燃比センサ40に応答性劣化が生じていないと判定されてしまうことになる。

10

【0114】

そこで、本実施形態では、このように出力ゲインが或る程度大きな値（例えば、拡大異常検出レベル）以上である場合、又は出力ゲインが或る程度小さな値（例えば、縮小異常検出レベル）以下である場合には、空燃比センサ40の異常判定を行わないようにしている。

【0115】

図17を参照して具体的に説明する。図17は燃料カット制御の開始時における上流側空燃比センサ40の出力電流 I_f のタイムチャートである。図中の破線は、出力ゲインが適正值である場合における上流側空燃比センサ40の出力値の推移を示している。上流側空燃比センサ40の出力収束値 I_{fcon} が、図17に実線Aで示したように、予め定められた高側診断中止基準値（例えば、拡大異常検出レベルに相当）以上である場合には、上流側空燃比センサ40の異常診断は行われない。同様に、上流側空燃比センサ40の出力収束値 I_{fcon} が、図17に実線Bで示したように、予め定められた低側診断中止基準値（例えば、縮小異常検出レベルに相当）以下である場合には、上流側空燃比センサ40の異常診断は行われない。すなわち、本変形例では、燃料カット制御の開始後に空燃比センサの出力電流が収束したときの出力収束値が予め定められた範囲（例えば、縮小異常検出レベルよりも大きくて拡大異常検出レベルよりも小さい範囲に相当）外の値であった場合には、上流側空燃比センサ40の異常診断は行われない。

20

【0116】

これにより、空燃比センサ40の出力ゲインが縮小異常検出レベル以下や拡大異常検出レベル以上になっても応答性劣化を適切に診断することができるようになる。

30

【0117】

<第二実施形態>

次に、図18及び図19を参照して、本発明の第二実施形態の異常診断装置について説明する。第二実施形態の異常診断装置の構成及び制御は基本的に第一実施形態の異常診断装置の構成及び制御と同様である。

【0118】

ここで、上述した実施形態では、空燃比センサ40、41の出力収束値に基づいて、上昇時間 Δt_{up} 及び低下時間 Δt_{down} を補正するようにしていた。しかしながら、本実施形態では、燃料カット制御中の空燃比センサ40、41の出力収束値に基づいて高基準値 I_{fhigh} 及び低基準値 I_{flow} を変更するようにしている。

40

【0119】

具体的には、まず、図18の時刻 t_0 において燃料カット制御が開始されると、上流側空燃比センサ40の出力電流 I_f が逐次検出されると共に、計測された出力電流 I_f が計測時刻と共に一定時間間隔毎に又は一定出力値間隔毎にECU31のRAM33に保存される。その後、上述した実施形態と同様に、出力収束値 I_{fcon} が算出される。算出された出力収束値 I_{fcon} に低基準値用係数Aを乗算したものを低基準値 I_{flow} として算出する（ $I_{flow} = I_{fcon} \times A$ ）。ここで、低基準値用係数Aは0よりも大きく1よりも小さい値とされる。加えて、算出された出力収束値 I_{fcon} に高基準値用係数Bを乗算したものを高基準値 I_{fhigh} として算出する（ $I_{fhigh} = I_{fcon}$

50

× B)。ここで、高基準値用係数 B は、0 よりも大きく 1 よりも小さい値とされると共に低基準値用係数 A よりも大きな値とされる。

【0120】

その後、図 18 に示したように、RAM 33 に保存されている上流側空燃比センサ 40 の出力電流 I f 及びその到達時刻に基づいて、出力電流 I f が低基準値 I f l o w に到達した時刻 t_A 及び高基準値 I f h i g h に到達した時刻 t_B が算出される。このようにして算出された時刻 t_A 及び時刻 t_B の差を算出することにより、上昇時間 Δt_{up} が算出される。この上昇時間 Δt_{up} が予め定められた異常判定基準上昇時間以上である場合には空燃比センサ 40、41 に異常が生じていると判定される。これにより、本実施形態によれば、上流側空燃比センサ 40 の異常を正確に診断することができる。また、同様な手法は、下流側空燃比センサ 41 の異常診断を行うのにも用いることができる。

10

【0121】

ところで、燃料カット制御開始後、時刻と上流側空燃比センサ 40 の出力電流 I f との関係を一時的に RAM 33 に保存することになると、RAM 33 に大きな記憶容量が必要になる。そこで、本実施形態では、上流側空燃比センサ 40 の出力電流 I f が予め定められた複数の出力基準値 $i_1 \sim i_6$ に到達した時刻 $t_1 \sim t_6$ のみが RAM 33 に記憶される（図 18 参照）。ここで、複数の出力基準値 $i_1 \sim i_6$ は、0 以上であって大気ガスに相当する出力電流よりも小さい値とされ、出力基準値 i_1 から i_6 に向かって徐々に大きくなる値とされる（ $i_1 < i_2 < i_3 < \dots$ ）。また、各出力基準値 $i_1 \sim i_6$ は隣り合う値と互いに同一値だけ離れた値とされる（例えば、 $i_3 - i_2 = i_2 - i_1$ ）。なお、図示した例では $i_1 \sim i_6$ の六つの出力基準値が用いられているが、これよりも多くてもよいし、少なくともよい。

20

【0122】

その後、出力収束値 I f c o n が算出され、この出力収束値 I f c o n を用いて高基準値 I f h i g h 及び低基準値 I f l o w が算出される。しかしながら、このように算出された高基準値 I f h i g h 及び低基準値 I f l o w は、多くの場合、出力基準値 $i_1 \sim i_6$ と一致しない。そこで、本実施形態では、このようにして算出された高基準値 I f h i g h に最も近い二つ出力基準値（図 18 に示した例では i_4 及び i_5 ）に到達した時刻（図 18 に示した例では、 t_4 及び t_5 ）に基づいて下記式（1）のような式を用いて高基準値 I f h i g h に到達した時刻 t_B が算出される。

30

$$t_B = (t[x+1] - t[x]) / (i[x+1] - i[x]) \times (I f h i g h - i[x]) + t[x] \quad \dots (1)$$

なお、上記式（1）において、 $i[x]$ は、 $i[x] \leq I f h i g h < i[x+1]$ となるように選択される。したがって、図 18 に示した例では、 $i(x)$ は i_4 とされる。

【0123】

同様に、低基準値 I f l o w に最も近い二つの出力基準値（図 18 に示した例では i_2 及び i_3 ）に到達した時刻（図 18 に示した例では、 t_2 及び t_3 ）に基づいて下記のような式を用いて低基準値 I f l o w に到達した時刻 t_A が算出される。

$$t_A = (t[y+1] - t[y]) / (i[y+1] - i[y]) \times (I f l o w - i[y]) + t(y) \quad \dots (2)$$

40

ここで、上記式（2）において、 $i[y]$ は、 $i[y] \leq I f l o w < i[y+1]$ となるように選択される。

【0124】

このように、ECU 31 の RAM 33 に複数の出力基準値に到達した時刻のみを保存し、保存された時刻データに基づいて、算出された高基準値 I f h i g h 及び低基準値 I f l o w に到達する時刻を推定することで、RAM 33 に保存されるデータ量を低減することができる。なお、このような手法は、下流側空燃比センサ 41 の異常診断を行うのにも用いることができる。

【0125】

なお、上記実施形態では、時刻とその時の空燃比センサの出力値との関係を一定出力値

50

間隔毎にデータとしてRAM 33に保存している。しかしながら、斯かる関係を、一定時間間隔毎に保存してもよい。この場合、予め定められた複数の時刻（すなわち、燃料カット制御開始からの経過時間）とこの時刻における上流側空燃比センサ40の出力電流I_fとがデータとしてRAM 33に保存される。この場合、保存された出力電流のデータに基づいて、上記式（1）及び式（2）と同様な式に基づいて、高基準値I_f high及び低基準値I_f lowに到達する時刻が推定される。

【0126】

すなわち、本実施形態では、燃料カット制御の開始後、現在の時刻とその時の空燃比センサ40、41の出力値との関係が一定時間間隔毎に又は一定出力値間隔毎に保存される。加えて、検出された出力収束値に基づいて低リーン基準値及び高リーン基準値が補正される。そして、補正された低リーン基準値及び高リーン基準値に空燃比センサの出力値が到達した時刻が、前記保存された時刻と出力値との関係に基づいて算出され、これにより応答時間が算出される。

10

【0127】

<フローチャート>

図19は、本実施形態の異常診断装置によって行われる上流側空燃比センサ40の異常診断処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。図示した制御ルーチンは一定時間間隔の割り込みによって実行される。

【0128】

図19に示した例では、まず、ステップS81において、図10のステップS11と同様に、異常診断処理の実行条件が成立しているか否かが判定される。次いで、ステップS82では、図11に示す出力収束値I_f conの算出処理が実行される。次いで、ステップS83では、燃料カット制御開始後の上流側空燃比センサ40の出力電流I_fに基づいて複数の出力基準値 $i_1 \sim i_6$ に到達した時刻 $t_1 \sim t_6$ が検出され、検出された時刻 $t_1 \sim t_6$ は出力基準値 $i_1 \sim i_6$ と関連付けてECU 31のROM 33に保存される。全ての出力基準値 $i_1 \sim i_6$ に到達した時刻 $t_1 \sim t_6$ が検出・保存されると、到達時刻算出フラグがONにセットされる。

20

【0129】

次いで、ステップS84では、収束値算出フラグ及び到達時刻k算出フラグがONになっているか否かが判定される。上述したように、到達時間算出フラグは、全ての出力基準値に到達した時刻が検出・保存されたときにONにされ、その前にはOFFとされるフラグである。ステップS84において、収束値算出フラグ及び到達時刻算出フラグのうち少なくともいずれか一方がOFFであると判定された場合には、上流側空燃比センサ40の異常診断を行うのに十分なデータが集まっていないため、制御ルーチンが終了せしめられる。

30

【0130】

一方、ステップS84において、収束値算出フラグ及び到達時刻算出フラグがONになっていると判定された場合には、ステップS85へと進む。ステップS85ではステップS82において算出された出力収束値I_f conに高基準値用係数Bを乗算して高基準値I_f highが算出される。加えて、算出された出力収束値I_f conに低基準値用係数Aを乗算して低基準値I_f lowが算出される。次いで、ステップ86では、ステップS83で検出・保存された出力基準値及びその到達時間並びにステップS85で算出された高基準値I_f highに基づいて、上記式（1）により高基準値到達時刻 t_B が算出される。ステップS87では、ステップS83で検出・保存された出力基準値及びその到達時間並びにステップS85で算出された低基準値I_f lowに基づいて、上記式（2）により低基準値到達時刻 t_A が算出される。

40

【0131】

次いで、ステップS88では、ステップS86で算出された高基準値到達時刻 t_B からステップS87で算出された低基準値到達時刻 t_A を減算した上昇時間 $\Delta t_{up} (= t_B - t_A)$ が異常判定基準上昇時間 t_{upref} よりも短いかなどが判定される。上昇時間 Δ

50

t_{up} が異常判定基準上昇時間 t_{upref} よりも短いと判定された場合には、ステップS89へと進む。ステップS89では、上流側空燃比センサ40は正常であると判定され、ステップS91へと進む。一方、ステップS88において上昇時間 Δt_{up} が異常判定基準上昇時間 t_{upref} 以上であると判定された場合にはステップS90へと進む。ステップS90では、上流側空燃比センサ40には異常が生じていると判定され、警告灯が点灯せしめられ、ステップS91へと進む。ステップS91では、収束値算出フラグ及び到達時間算出フラグがOFFにリセットされ、制御ルーチンが終了せしめられる。

【0132】

<第二実施形態の変形例>

次に、図20を参照して、本発明の第二実施形態の変形例に係る異常診断装置について説明する。本変形例では、燃料カット制御後の空燃比センサ40、41の出力収束値に応じて異常診断制御の実行を中止するようにしている。

10

【0133】

ところで、図18に示したように上流側空燃比センサ40の出力収束値に基づいて高基準値及び低基準値を算出する場合、出力収束値 I_{fcon} が小さすぎると、図20(A)に示したように、算出された低基準値 I_{flow} は複数の出力基準値 $i_1 \sim i_6$ のうちの最も低い出力基準値 i_1 よりも低い値になってしまう。同様に、出力収束値 I_{fcon} が大きすぎると、図20(B)に示したように、算出された高基準値 I_{high} は複数の出力基準値 $i_1 \sim i_6$ のうちの最も高い出力基準値 i_6 よりも高い値になってしまう。

【0134】

20

そこで、本実施形態では、出力収束値が所定の上側診断中止基準値以上である場合、又は出力収束値が所定の下側診断中止基準値以下である場合には、上流側空燃比センサ40の異常判定を行わないようにしている。すなわち、本変形例では、燃料カット制御の開始後に空燃比センサの出力電流が収束したときの出力収束値が予め定められた範囲（上側診断中止基準値よりも低く下側診断中止基準値よりも高い範囲）外の値であった場合には、上流側空燃比センサ40の異常診断は行われぬ。

【0135】

なお、上側診断中止基準値は、その出力収束値に基づいて算出された高基準値 I_{high} が複数の出力基準値 $i_1 \sim i_6$ のうちの最も高い出力基準値 i_6 となるような値とされる。また、下側診断中止基準値は、その出力収束値に基づいて算出された低基準値 I_{flow} が複数の出力基準値 $i_1 \sim i_6$ のうちの最も低い出力基準値 i_1 となるような値とされる。或いは、第一実施形態の第二変形例と同様に、上側診断中止基準値及び下側診断中止基準値は出力ゲインの拡大異常検出レベル及び縮小異常検出レベルにそれぞれ相当する値であってもよい。

30

【0136】

最後に、上述した第一実施形態及び第二実施形態をまとめると、本発明では、燃料カット制御の実行開始又は実行終了に伴って空燃比センサ40、41の出力値が変化している期間中における空燃比センサ40、41の出力値に基づいて、空燃比センサの応答性を示す応答性パラメータ（例えば、上述した応答時間や時間変化率）が算出される。そして、算出された応答性パラメータの値と所定の異常判定閾値（異常判定基準応答時間や異常判定基準変化率）とを比較して空燃比センサの応答性に関する異常が診断される。

40

【0137】

加えて、燃料カット制御中に空燃比センサ40、41の出力値がリーン空燃比に相当する値に収束したときの収束値が検出される。そして、検出された収束値に相当する空燃比のリーン度合いが小さくなるほど、空燃比センサ40、41の応答性が算出された応答性パラメータの値に相当する応答性よりもより速いものとして扱われるように、応答性パラメータの値、応答性パラメータの算出に用いられるパラメータの値（例えば、高基準値や低基準値）及び異常判定閾値のうち少なくともいずれかが補正される。そして、補正後に算出された応答性パラメータの値及び異常判定閾値に基づいて空燃比センサの応答性に関する異常が診断される。

50

【符号の説明】

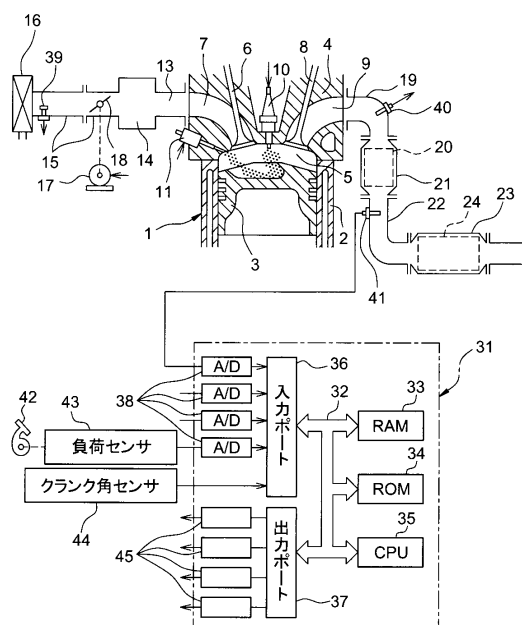
【 0 1 3 8 】

- | | |
|-----|-----------|
| 1 | 機関本体 |
| 5 | 燃焼室 |
| 7 | 吸気ポート |
| 9 | 排気ポート |
| 1 9 | 排気マニホールド |
| 2 0 | 上流側排気浄化触媒 |
| 2 4 | 下流側排気浄化触媒 |
| 3 1 | E C U |
| 4 0 | 上流側空燃比センサ |
| 4 1 | 下流側空燃比センサ |

10

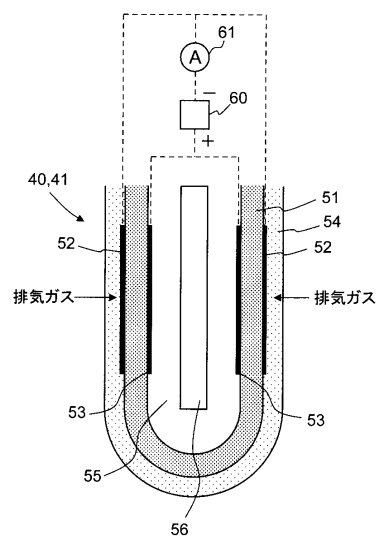
【図 1】

图1

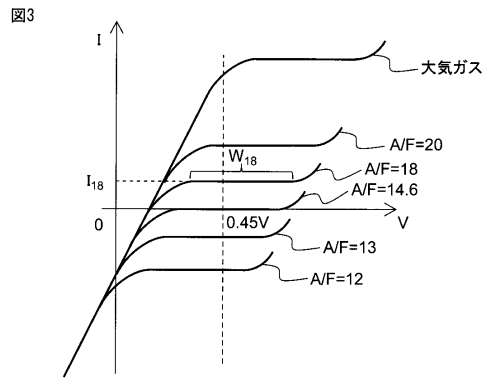


【図 2】

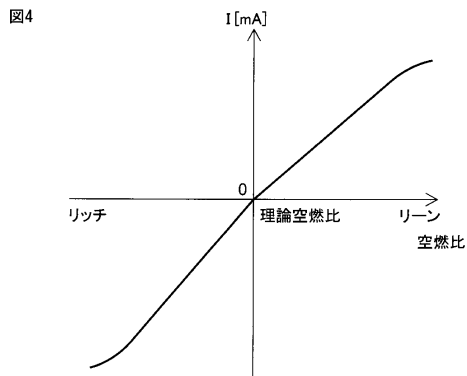
图2



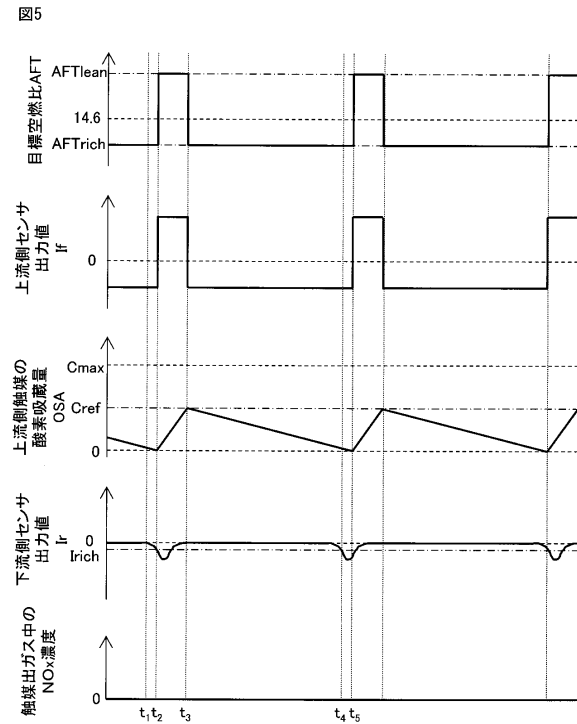
【図 3】



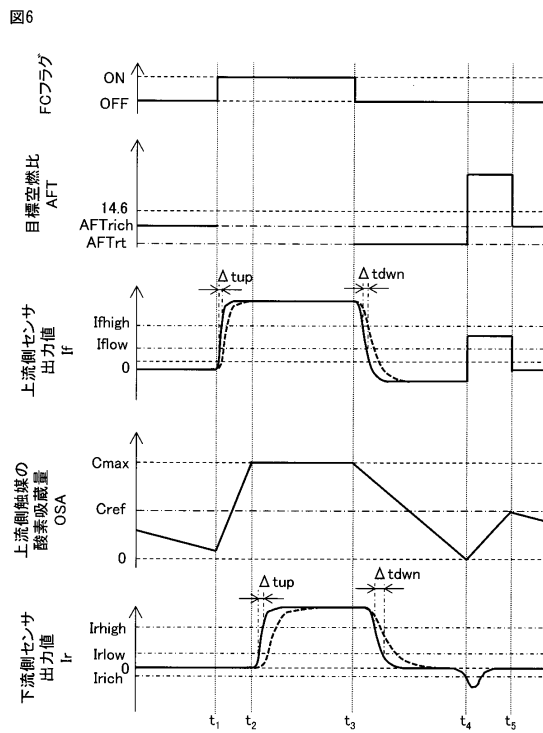
【図 4】



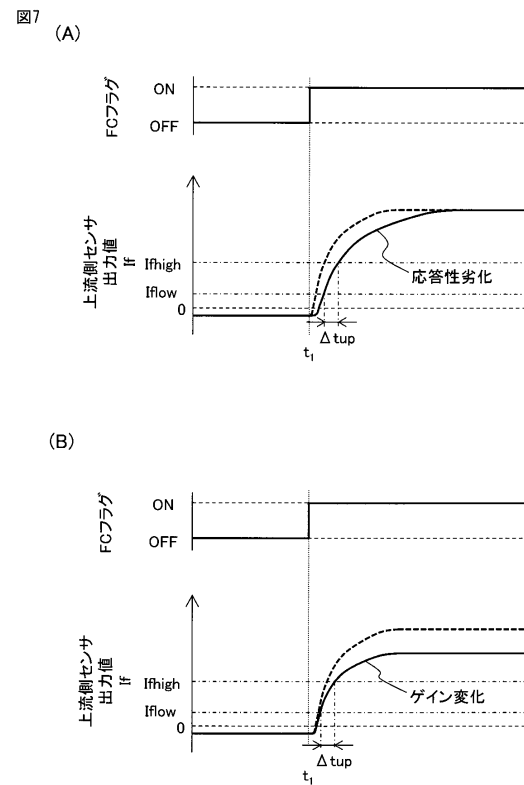
【図 5】



【図 6】

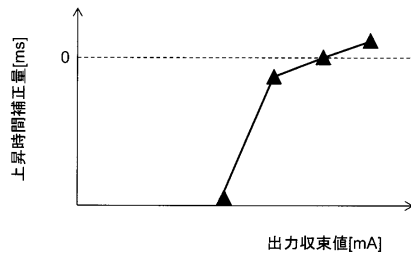


【図 7】



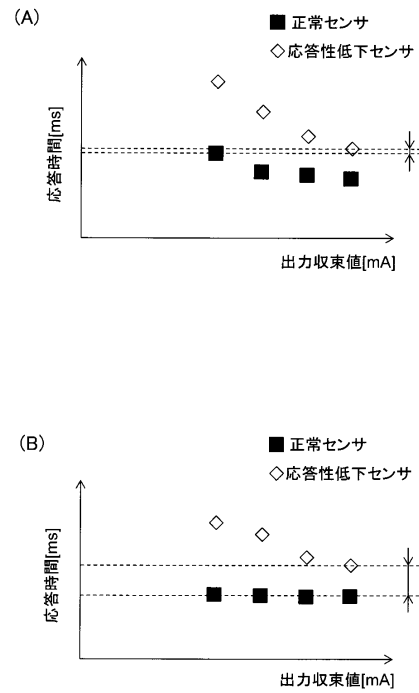
【図 8】

図8



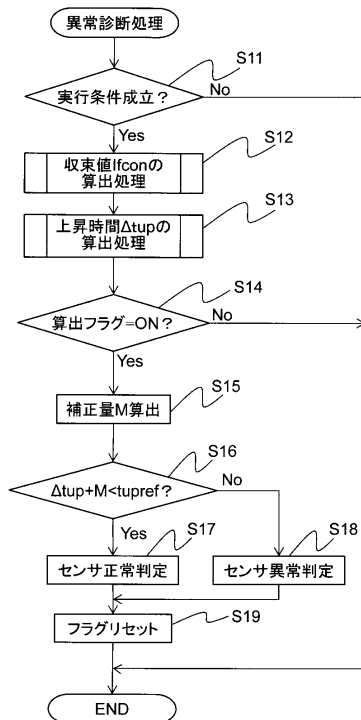
【図 9】

図9



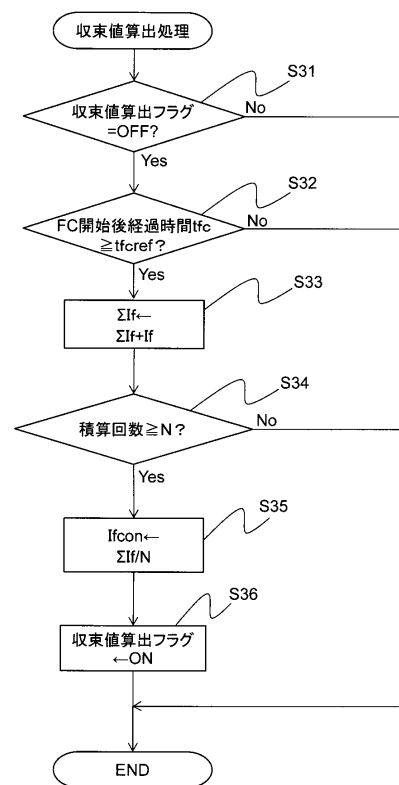
【図 10】

図10

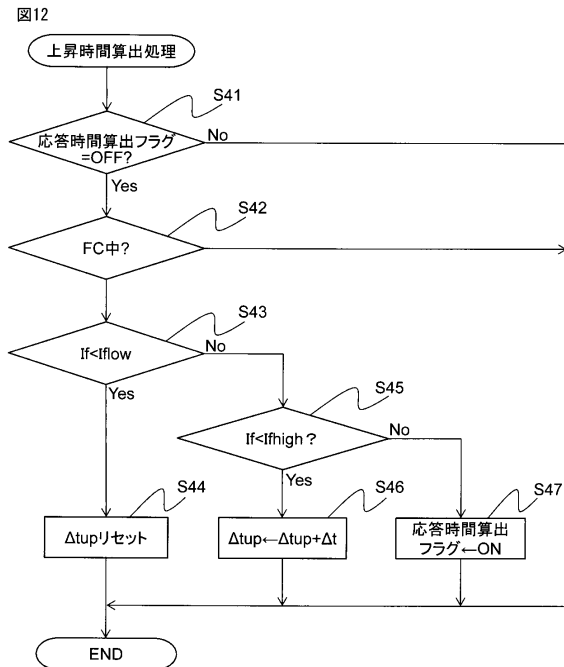


【図 11】

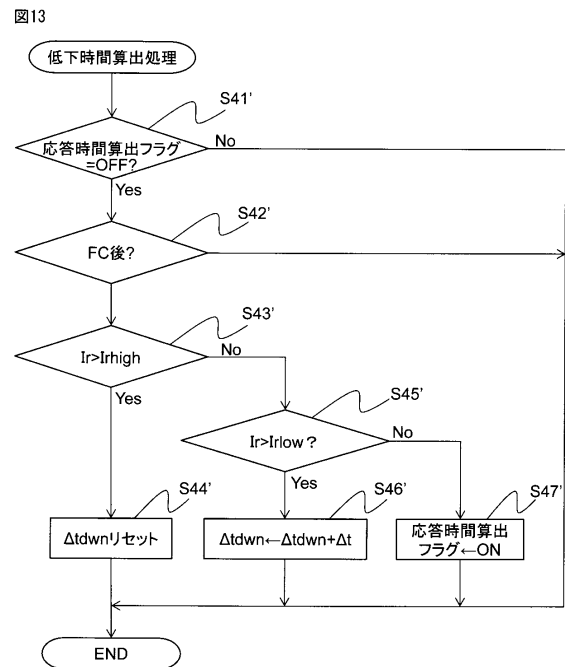
図11



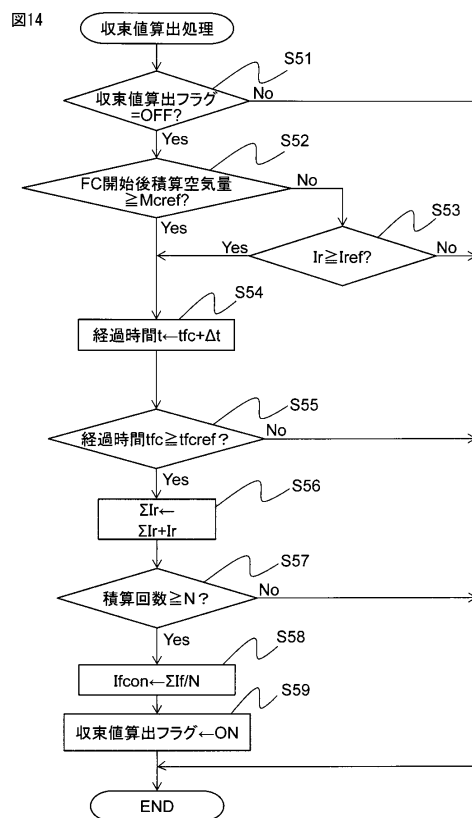
【図 12】



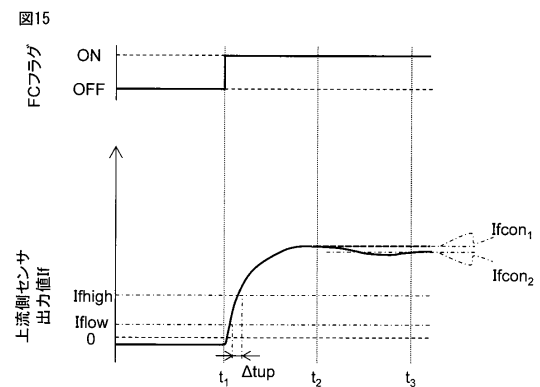
【図 13】



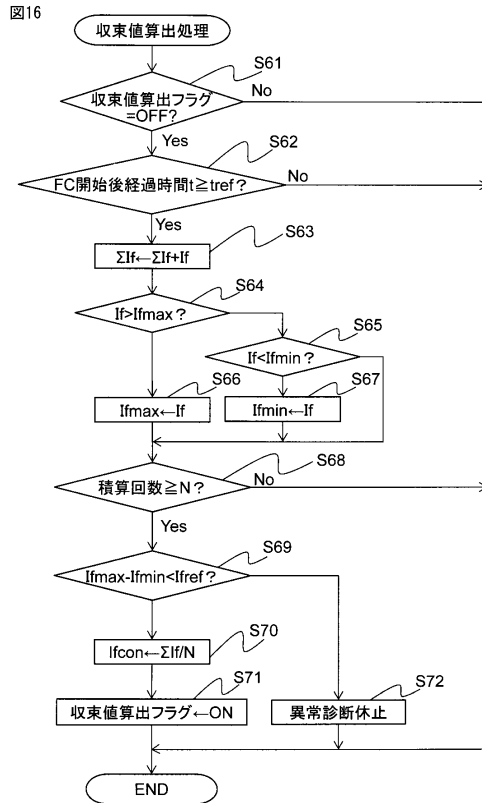
【図 14】



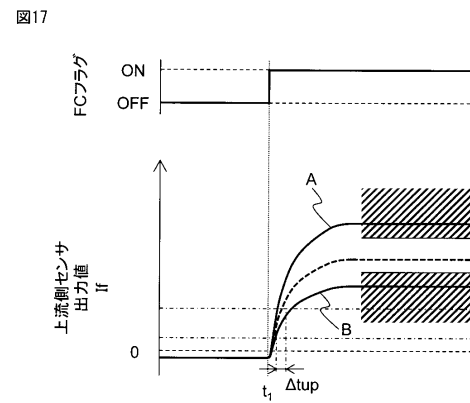
【図 15】



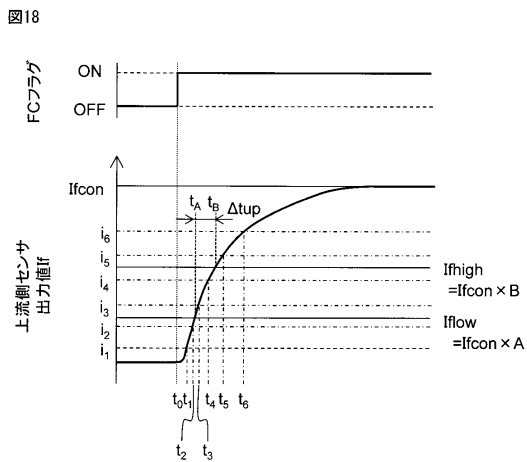
【図16】



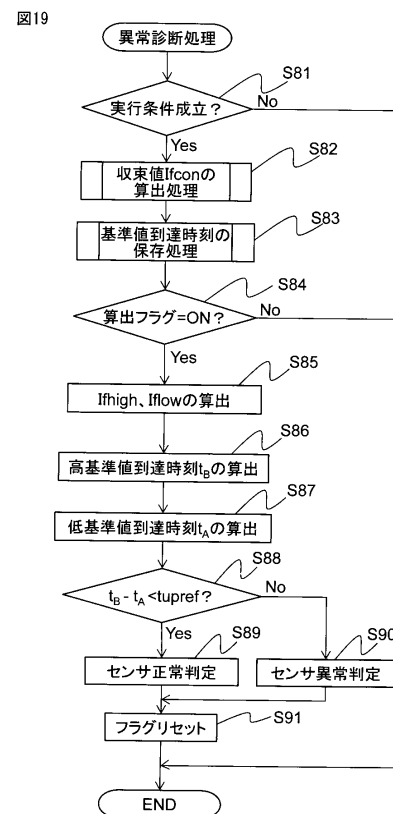
【図17】



【図18】

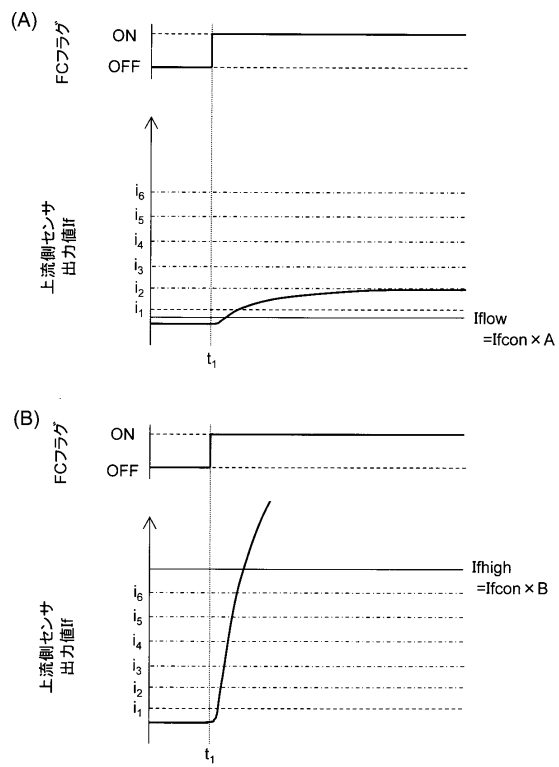


【図19】



【図 20】

図20



フロントページの続き

- (72)発明者 宮本 寛史
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 鈴木 健士
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 木所 徹
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 岩崎 靖志
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 藤村 泰智

- (56)参考文献 特開2008-121524 (JP, A)
特開2009-036038 (JP, A)
特開2010-007534 (JP, A)
特開2011-144754 (JP, A)
特開2006-009760 (JP, A)
特開2010-174695 (JP, A)
特開2011-106415 (JP, A)
特開2012-052462 (JP, A)
特開2010-196483 (JP, A)
特開2012-082710 (JP, A)
米国特許出願公開第2012/0085143 (US, A1)
特開2008-190454 (JP, A)
米国特許出願公開第2008/0189008 (US, A1)
特開2012-211561 (JP, A)
特開2013-163996 (JP, A)
米国特許出願公開第2013/0206596 (US, A1)

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