

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6287810号
(P6287810)

(45) 発行日 平成30年3月7日 (2018.3.7)

(24) 登録日 平成30年2月16日 (2018.2.16)

(51) Int.Cl.	F I
FO2D 45/00 (2006.01)	FO2D 45/00 368H
FO1M 13/00 (2006.01)	FO2D 45/00 368G
FO2D 41/22 (2006.01)	FO1M 13/00 K
	FO2D 41/22 301K
	FO2D 45/00 358K

請求項の数 6 (全 32 頁)

(21) 出願番号	特願2014-257873 (P2014-257873)	(73) 特許権者	000003207
(22) 出願日	平成26年12月19日 (2014.12.19)		トヨタ自動車株式会社
(65) 公開番号	特開2016-118146 (P2016-118146A)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(43) 公開日	平成28年6月30日 (2016.6.30)	(74) 代理人	100099759
審査請求日	平成29年2月7日 (2017.2.7)		弁理士 青木 篤
		(74) 代理人	100092624
			弁理士 鶴田 準一
		(74) 代理人	100153729
			弁理士 森本 有一
		(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	100130133
			弁理士 曾根 太樹

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】

内燃機関に設けられた空燃比センサの異常診断装置であって、
前記内燃機関は、スロットル弁が配置されると共に空気及び燃料を含む混合気を燃焼室に導く吸気通路と、前記燃焼室における前記混合気の燃焼によって生じた排気ガスを排出する排気通路と、クランクケース内のブローバイガスを前記スロットル弁下流側の前記吸気通路に還元するブローバイガス通路とを有し、
前記空燃比センサが、前記排気通路に設けられ、該排気通路内を流れる前記排気ガスの空燃比を検出し、
当該異常診断装置は、前記スロットル弁下流側の吸気通路の圧力を検出又は算出し、検出又は算出された圧力に基づいて、前記ブローバイガス通路を通して前記スロットル弁下流側の吸気通路に流入するブローバイガス流量を算出し、前記内燃機関が前記燃焼室への燃料供給を停止する燃料カット制御を実行しており且つ前記ブローバイガス流量が異なる複数の時点において、該ブローバイガス流量と吸入空気量との合計に対する該ブローバイガス流量の割合を示すブローバイガス流量割合と、前記空燃比センサの出力電流とを取得し、該ブローバイガス流量割合と該出力電流との関係を一次直線で近似することによって、前記複数の時点において取得されたブローバイガス流量割合よりも小さいブローバイガス流量割合に対応する前記空燃比センサの出力電流を算出し、該算出された出力電流に基づいて、前記空燃比センサの異常を判定するように構成される、空燃比センサの異常診断装置。

【請求項 2】

前記複数の時点は、一回の燃料カット制御における複数の時点である、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】

前記複数の時点において取得されたブローバイガス流量割合よりも小さいブローバイガス流量割合は、ゼロである、請求項 1 又は 2 に記載の空燃比センサの異常診断装置。

【請求項 4】

当該異常診断装置は、前記算出された出力電流に基づいて前記空燃比センサの出力ゲインを算出し、該算出された出力ゲインの基準値に対する変化率を算出し、該変化率が所定の範囲外であるとき、前記空燃比センサが異常であると判定するように構成される、請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の空燃比センサの異常診断装置。

10

【請求項 5】

当該異常診断装置は、前記複数の時点において取得された前記ブローバイガス流量割合の変化量を算出し、該変化量が所定値未満であるとき、前記空燃比センサの異常を判定しないように構成される、請求項 1 ～ 4 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 6】

当該異常診断装置は、前記複数の時点において、さらに、前記空燃比センサの出力電流を変動させる変動因子であって排気ガスの空燃比以外の変動因子の値を取得し、該変動因子の値の変化量を算出し、該変化量が所定値以上であるとき、前記空燃比センサの異常を判定しないように構成される、請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の空燃比センサの異常診断装置。

20

【発明の詳細な説明】**【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電流に基づいて内燃機関の燃焼室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。

30

【0003】

空燃比センサの一つの例として、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）変化する空燃比センサが知られている（例えば、特許文献 1）。出力電流は、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。このため、空燃比センサの出力電流を検出することによって排気空燃比を推定することができる。

【0004】

しかしながら、このような空燃比センサは、使用に伴って徐々に劣化し、そのゲイン特性が変化することがある。ゲイン特性が変化すると、空燃比センサの出力電流は排気空燃比に対して過大に又は過小になる。この結果、排気空燃比が誤って推定されるので、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。

40

【0005】

そこで、特許文献 2 では、空燃比センサの異常を診断する異常診断装置が提案されている。斯かる異常診断装置では、内燃機関が燃焼室への燃料供給を停止する燃料カット制御中に、空燃比センサの印加電圧の値に基づいて空燃比センサの異常診断が実行される。特許文献 2 によれば、燃料カット制御中の排気空燃比が一定であり且つ認識可能であるため、排気空燃比の変動の影響を受けることなく、空燃比センサの異常診断を正確に行うことができる」とされている。

【先行技術文献】**【特許文献】**

50

【0006】

【特許文献1】特開2002-243694号公報

【特許文献2】特開2010-174790号公報

【特許文献3】特開2014-101863号公報

【特許文献4】特開2007-127076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、内燃機関では、ピストンとシリンダブロックとの隙間からクランクケース内に漏出する混合気、いわゆるブローバイガスが発生する。ブローバイガスは、クランクケース内に滞留すると、エンジンオイルの劣化、金属の腐食、大気汚染等を引き起こす。そこで、内燃機関には、クランクケースと吸気通路とを連結するブローバイガス通路が設けられ、ブローバイガスは、ブローバイガス通路を通して吸気通路に還元され、新しい混合気と共に燃焼される。

10

【0008】

また、燃焼室内に燃料を直接噴射する筒内噴射式内燃機関では、燃料噴射弁の噴孔とシリンダ壁面との間の距離が非常に短いため、噴射された燃料がシリンダ壁面に直接衝突する。低温始動時には、シリンダ壁面に付着した燃料が、蒸発しにくいため、ピストンとシリンダとの隙間からクランクケース内に漏出してエンジンオイルに混入する。一方、内燃機関の暖機後には、エンジンオイルの温度も上昇するため、エンジンオイル中の燃料成分が蒸発する。したがって、低温始動時にエンジンオイルに混入した燃料が少量のうちに内燃機関が暖機されれば、ブローバイガス中の燃料成分はほとんど増加しない。

20

【0009】

しかしながら、内燃機関が、低温で始動し、内燃機関が暖機される時間よりも短い時間で停止されるような運転状態、いわゆるショートトリップが繰り返されると、エンジンオイル中の燃料成分の量が増加していく。その後、内燃機関が暖機されると、エンジンオイル中の多量の燃料が蒸発するので、ブローバイガス中の燃料成分が増加する。この結果、多量の燃料を含むブローバイガスがブローバイガス通路を通して吸気通路に流入する。このため、燃料カット制御中に、シリンダ内に吸気される空気に多量の燃料が混入し、この燃料によって、排気通路、特に排気浄化触媒において排気ガス中の酸素が消費される。この結果、燃料カット制御中の排気空燃比が減少する。

30

【0010】

特許文献2に記載の異常診断装置では、燃料カット制御中に排気空燃比が変動することが一切考慮されていない。このため、斯かる異常診断装置では、ブローバイガスによって燃料カット制御中の排気空燃比が減少した場合、空燃比センサの異常を正確に診断することができない。具体的には、空燃比センサが正常であったとしても、燃料カット制御中にブローバイガスによって排気空燃比が減少すると空燃比センサの出力電流、ひいては印加電圧が減少するので、正常な空燃比センサが異常であると誤診断されるおそれがある。或いは、空燃比センサの異常による出力電流、ひいては印加電圧の増加が燃料カット制御中の排気空燃比の減少による出力電流、ひいては印加電圧の減少によって相殺された場合、異常な空燃比センサが正常であると誤診断される。

40

【0011】

そこで、上記課題に鑑みて、本発明の目的は、ブローバイガスによって燃料カット制御中の排気空燃比が減少した場合であっても、空燃比センサの異常を精度良く診断することができる、空燃比センサの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】

【0012】

上記課題を解決するために、第1の発明では、内燃機関に設けられた空燃比センサの異常診断装置であって、前記内燃機関は、スロットル弁が配置されると共に空気及び燃料を含む混合気を燃焼室に導く吸気通路と、前記燃焼室における前記混合気の燃焼によって生

50

じた排気ガスを排出する排気通路と、クランクケース内のブローバイガスを前記スロットル弁下流側の前記吸気通路に還元するブローバイガス通路とを有し、前記空燃比センサが、前記排気通路に設けられ、該排気通路内を流通する前記排気ガスの空燃比を検出し、当該異常診断装置は、前記内燃機関が前記燃焼室への燃料供給を停止する燃料カット制御を実行しており且つ前記ブローバイガス通路を通して前記スロットル弁下流側の吸気通路に流入するブローバイガス流量が異なる複数の時点において、該ブローバイガス流量の前記燃焼室に流入する気体の流量に対する割合を示すブローバイガス流量割合と、前記空燃比センサの出力電流とを取得し、該ブローバイガス流量割合及び出力電流に基づいて、前記複数の時点において取得されたブローバイガス流量割合よりも小さいブローバイガス流量割合に対応する前記空燃比センサの出力電流を算出し、該算出された出力電流に基づいて、前記空燃比センサの異常を判定するように構成される、空燃比センサの異常診断装置が提供される。

10

【0013】

第2の発明では、第1の発明において、前記複数の時点は、一回の燃料カット制御における複数の時点である。

【0014】

第3の発明では、第1又は第2の発明において、前記複数の時点において取得されたブローバイガス流量割合よりも小さいブローバイガス流量割合はゼロである。

【0015】

第4の発明では、第1～第3のいずれか一つの発明において、当該異常診断装置は、前記算出された出力電流に基づいて前記空燃比センサの出力ゲインを算出し、該算出された出力ゲインの基準値に対する変化率を算出し、該変化率が所定の範囲外であるとき、前記空燃比センサが異常であると判定するように構成される。

20

【0016】

第5の発明では、第1～第4のいずれか一つの発明において、当該異常診断装置は、前記複数の時点において取得された前記ブローバイガス流量割合の変化量を算出し、該変化量が所定値未満であるとき、前記空燃比センサの異常を判定しないように構成される。

【0017】

第6の発明では、第1～第5のいずれか一つの発明において、当該異常診断装置は、前記複数の時点において、さらに、前記空燃比センサの出力電流を変動させる変動因子であって排気ガスの空燃比以外の変動因子の値を取得し、該変動因子の値の変化量を算出し、該変化量が所定値以上であるとき、前記空燃比センサの異常を判定しないように構成される。

30

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、ブローバイガスによって燃料カット制御中の排気空燃比が減少した場合であっても、空燃比センサの異常を精度良く診断することができる、空燃比センサの異常診断装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0019】

40

【図1】図1は、本発明の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、内燃機関の燃料カット制御の前後における、機関回転数等の概略的なタ

50

イムチャートである。

【図 7】図 7 は、燃料カット制御中のブローバイガス流量割合と空燃比センサの出力電流との関係を示すグラフである。

【図 8】図 8 は、本発明の第 1 実施形態における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 9】図 9 は、本発明の第 1 実施形態における下流側空燃比センサのセンサ出力収束判定処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。

【図 10】図 10 は、本発明の第 1 実施形態における上流側空燃比センサのセンサ出力収束判定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、本発明の第 1 実施形態におけるセンサ出力カウント処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。

10

【図 12】図 12 は、本発明の第 1 実施形態における異常判定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、本発明の第 2 実施形態における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 14】図 14 は、本発明の第 2 実施形態における異常判定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、本発明の第 3 実施形態における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 16】図 16 は、本発明の第 3 実施形態における異常判定処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。

20

【図 17】図 17 は、本発明の第 1 実施形態の第 1 変形例における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 18】図 18 は、ブローバイガス流量割合の最大値と最小値との差分がブローバイガス流量割合の変化量の指標として用いられるときの第 1 実施形態～第 3 実施形態の第 1 変形例におけるセンサ出力カウント処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。

【図 19】図 19 は、ブローバイガス流量割合の最大値及び最小値の更新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、本発明の第 1 実施形態の第 2 変形例における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。

30

【図 21】図 21 は、本発明の第 1 実施形態～第 3 実施形態の第 2 変形例におけるセンサ出力カウント処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。

【図 22】図 22 は、出力電流変動因子の最大値及び最小値の更新処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。

【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>

40

図 1 は、本発明の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

50

信号に応じて、所定量の燃料を燃焼室 5 内に直接噴射する。すなわち、本実施形態の内燃機関は筒内噴射式内燃機関である。なお、内燃機関はポート噴射式内燃機関であっても良く、この場合、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る。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、本発明の空燃比センサの異常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。

【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、空気及び燃料を含む混合気を燃焼室 5 に導く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 によって回動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。

【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、燃焼室 5 における混合気の燃焼によって生じた排気ガスを排出する排気通路を形成する。

【0025】

また、吸気枝管 13 はブローバイガス通路 25 を介してクランクケースに連結される。ブローバイガス通路 25 には PCV (Positive Crankcase Ventilation) バルブ 26 が配置される。PCV バルブ 26 は、クランクケースから吸気枝管 13 への一方向のみの通気を可能とするワンウェイバルブ（逆止弁）である。吸気枝管 13 に負圧が発生すると、PCV バルブ 26 が開き、ピストン 3 とシリンダブロック 2 との隙間からクランクケース内に漏出した混合気、いわゆるブローバイガスがクランクケース内からブローバイガス通路 25 を通って吸気枝管 13 に還元される。なお、ブローバイガス通路 25 は、吸気通路におけるスロットル弁 18 下流側の他の位置、例えばサージタンク 14 に連結されてもよい。

【0026】

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。

【0027】

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が発生し、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。

【0028】

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。

10

【0029】

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。

20

【0030】

<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。図2は、空燃比センサの構造を概略的に示す図である。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。

30

【0031】

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。

【0032】

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。

40

【0033】

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

50

電流が空燃比センサ 40、41 の出力電流である。

【0034】

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 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 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。

10

【0035】

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。

【0036】

図 4 は、印加電圧を 0.45 V 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 がゼロ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

【0037】

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、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、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。

30

【0038】

<基本的な空燃比制御>

このように構成された内燃機関では、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。

40

【0039】

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） I_f 、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） I_r のタイムチャートである。

【0040】

50

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。

【００４１】

10

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。

【００４２】

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。

20

【００４３】

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。

【００４４】

30

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。

【００４５】

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。

40

【００４６】

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

50

。

【0047】

＜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して燃焼室5内への燃料供給を停止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、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ル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。

【0048】

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。

【0049】

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ル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。

【0050】

＜空燃比センサの異常診断＞

ところで、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。

【0051】

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。燃焼室5内への燃料供給を停止する燃料カット制御が実施されると、通常、燃料をほとんど含まない排気ガスが燃焼室5から排出される。このため、空燃比センサ40、41に流入する排気ガス中の酸素濃度は大気中の酸素濃度（約20%）とほぼ等しくなる。この場合、空燃比センサ40、41の出力電流は最大となり、この値は予めわかっている。したがって、燃料カット制御の際に実際に検出された出力電流が予め定められた基準範囲内であるか否かを判定することによって空燃比センサ40、41の異常診断を行うことができる。

【0052】

＜異常診断における問題点＞

しかしながら、燃料カット制御が実施されると、通常、スロットル弁18下流側の吸気通路に負圧が発生し、ブローバイガスがスロットル弁18下流側の吸気通路に還元される。ブローバイガス中の燃料によって排気ガス中の酸素が、排気通路、特に上流側排気浄化触媒20において消費されるので、空燃比センサ40、41に到達する排気ガス中の酸素濃度が低下する。この結果、空燃比センサ40、41の出力電流も低下するので、異常診断装置は、正常な空燃比センサ40、41を異常であると誤診断するおそれがある。或いは、空燃比センサ40、41の異常による出力電流の増加が燃料カット制御中の排気ガス

10

20

30

40

50

中の酸素濃度の低下による出力電流の低下によって相殺された場合、異常診断装置は、異常な空燃比センサ４０、４１を正常であると誤診断する。

【００５３】

<本発明における異常診断>

そこで、本発明の実施形態に係る空燃比センサ４０、４１の異常診断装置は、空燃比センサ４０、４１の異常診断の精度を高めるべく、燃料カット制御中であり且つブローバイガス通路２５を通過してスロットル弁１８下流側の吸気通路に流入するブローバイガス流量が異なる複数の時点において、ブローバイガス流量の燃焼室５に流入する気体の流量に対する割合を示すブローバイガス流量割合と、空燃比センサ４０、４１の出力電流とを取得し、取得されたブローバイガス流量割合及び出力電流に基づいて、複数の時点において取得されたブローバイガス流量割合よりも小さいブローバイガス流量割合に対応する空燃比センサ４０、４１の出力電流を算出することによって異常診断を行う。

10

【００５４】

<本発明の原理>

最初に、図６を参照して、燃料カット制御の前後における機関回転数、ブローバイガス流量割合、上流側空燃比センサ４０の出力電流及び下流側空燃比センサ４１の出力電流の変化の一つの例について説明する。図６は、内燃機関の燃料カット制御の前後における、機関回転数、ブローバイガス流量割合、上流側空燃比センサ４０の出力電流及び下流側空燃比センサ４１の出力電流の概略的なタイムチャートである。

【００５５】

20

図６に示した例では、燃料カット制御前には、目標空燃比が理論空燃比とされ、上流側空燃比センサ４０の出力電流及び下流側空燃比センサ４１の出力電流はゼロである。また、燃料カット制御前の機関回転数及びブローバイガス流量割合は一定である。

【００５６】

図６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。燃料カット制御の開始後には、機関回転数は、下り坂を走行している場合等を除いて、通常、時間とともに減少する。機関回転数が減少すると、通常、スロットル弁１８下流側の吸気通路の圧力が減少する（負圧になる）ので、吸気通路に流入するブローバイガス流量、ひいてはブローバイガス流量割合が増加する。

【００５７】

30

燃料カット制御開始後の時刻 t_2 において、燃料カット制御に伴って燃焼室５に供給された空気が上流側空燃比センサ４０に到達すると、上流側空燃比センサ４０の出力電流はゼロよりも大きな値となる。また、時刻 t_2 の後、上流側排気浄化触媒２０に空気が流入すると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に到達する。このため、図示した例では、時刻 t_3 において、空気が下流側空燃比センサ４１に到達し、下流側空燃比センサ４１の出力電流はゼロよりも大きな値となる。

【００５８】

ブローバイガス流量割合の増加によってブローバイガス中の燃料によって消費される排気ガス中の酸素が増加すると、排気空燃比、ひいては空燃比センサ４０、４１の出力電流が低下する。この例では、燃料カット制御後にブローバイガス流量割合が徐々に増加しているため、図６に示すように、空気が空燃比センサ４０、４１に到達した後、空燃比センサ４０、４１の出力電流は徐々に低下する。

40

【００５９】

なお、図６に示す例では説明をわかりやすくするために単純なモデルについて説明したが、機関回転数等は、燃料カット制御の前後において、必ずしも図６に示すように変化するものではない。例えば、スロットル弁１８下流側の吸気通路の圧力が機関回転数以外にも吸気通路の吸気温、スロットル弁１８の開度等の影響を受けるため、実際にはブローバイガス流量割合は、図６に示すタイムチャートとは異なって変化する。

【００６０】

本発明では、上流側空燃比センサ４０の異常診断を行うとき、時刻 t_2 以降の複数の時

50

点において、ブローバイガス流量割合及び上流側空燃比センサ４０の出力電流を取得する。また、下流側空燃比センサ４１の異常診断を行うとき、時刻ｔ３以降の複数の時点において、ブローバイガス流量割合及び下流側空燃比センサ４１の出力電流を取得する。

【００６１】

この結果、ブローバイガス流量に含まれる燃料の量に応じて、図７に示すようなグラフが得られる。図７は、燃料カット制御中のブローバイガス流量割合と空燃比センサ４０、４１の出力電流との関係を示すグラフである。図７では、燃料カット制御中の複数の時点において取得されたブローバイガス流量割合及び空燃比センサ４０、４１の出力電流の値が菱形としてグラフにプロットされている。これら値に基づいて、図７に示すように、ブローバイガス流量割合と空燃比センサ４０、４１の出力電流との関係を一次直線で近似することができ

10

【００６２】

上述したように、ブローバイガス流量割合の増加によってブローバイガス中の燃料によって消費される排気ガス中の酸素が増加すると、排気空燃比、ひいては空燃比センサ４０、４１の出力電流が低下する。この場合、一次近似直線の傾きは図７（ｂ）及び（ｃ）に示されるように負となり、傾きの絶対値は、ブローバイガスに含まれる燃料が多ければ多いほど大きくなる。図７（ｂ）は、ブローバイガスに含まれる燃料が少ない場合のブローバイガス流量割合と空燃比センサ４０、４１の出力電流との関係を示す。図７（ｃ）は、ブローバイガスに含まれる燃料が多い場合のブローバイガス流量割合と空燃比センサ４０、４１の出力電流との関係を示す。一方、ブローバイガスに燃料がほとんど含まれていない場合、図７（ａ）に示すように、空燃比センサ４０、４１の出力電流はブローバイガス流量割合によらずほぼ一定の値を示す。また、図７からわかるように、一次近似直線の切片ｂは、ブローバイガスに含まれる燃料の量によらずほぼ同じ値となる。

20

【００６３】

図７からわかるように、一次近似直線の切片ｂは、ブローバイガス流量割合がゼロであるときの空燃比センサ４０、４１の出力電流、すなわち、大気中の酸素濃度に対応する空燃比センサ４０、４１の出力電流に相当する。一次近似直線の傾き及び切片ｂは公知の最小二乗法等によって算出可能である。このため、ブローバイガスによって燃料カット制御中の排気空燃比が減少した場合であっても、複数の時点において取得されたブローバイガス流量割合及び空燃比センサ４０、４１の出力電流に基づいて、大気中の酸素濃度に対応する空燃比センサ４０、４１の出力電流を推定することができ、ひいては空燃比センサ４０、４１の異常を精度良く診断することができる。

30

【００６４】

なお、ブローバイガス流量割合がゼロであるときの空燃比センサ４０、４１の出力電流を算出する代わりに、複数の時点において取得されたブローバイガス流量割合よりも小さいブローバイガス流量割合に対応する空燃比センサ４０、４１の出力電流を算出することによっても、ブローバイガスによる燃料カット制御中の排気空燃比の減少による出力電流の低下の影響を低減することができるので、空燃比センサ４０、４１の異常診断の精度を高めることができる。

【００６５】

以下、空燃比センサ４０、４１の異常診断制御装置についての複数の実施形態を説明する。

40

【００６６】

<第１実施形態>

最初に、図８～図１２を参照して本発明の第１実施形態について説明する。第１実施形態の異常診断装置は、燃料カット制御が実行中であり且つブローバイガス通路２５を通してスロットル弁１８下流側の吸気通路に流入するブローバイガス流量が異なる複数の時点において取得されたブローバイガス流量割合及び空燃比センサ４０、４１の出力電流に基づいて、複数の時点において取得されたブローバイガス流量割合よりも小さいブローバイガス流量割合に対応する空燃比センサ４０、４１の出力電流を算出し、算出された出力電

50

流に基づいて、空燃比センサ４０、４１の異常を判定するように構成される。

【００６７】

図８は、本発明の第１実施形態における空燃比センサ４０、４１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。第１実施形態では、まず、ステップＳ１０１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、燃料カット制御が実行中であり且つ空燃比センサ４０、４１が活性中である場合である。空燃比センサ４０、４１が活性中である場合とは、空燃比センサ４０、４１のセンサ素子の温度が所定値以上である場合、例えば、空燃比センサ４０、４１のセンサ素子のインピーダンスが所定値以内である場合である。

10

【００６８】

ステップＳ１０１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Ｓ１０２へと進む。ステップＳ１０２では、空燃比センサ４０、４１のセンサ出力収束判定処理の制御ルーチンが実行される。斯かる制御ルーチンは上流側空燃比センサ４０と下流側空燃比センサ４１とで異なる。なお、ステップＳ１０１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については後述する。

【００６９】

最初に、下流側空燃比センサ４１のセンサ出力収束判定の制御ルーチンについて説明する。

【００７０】

20

図９は、本発明の第１実施形態における下流側空燃比センサ４１のセンサ出力収束判定処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。下流側空燃比センサ４１の異常診断は、燃料カット制御開始後に上流側排気浄化触媒２０の下流側の下流側空燃比センサ４１に空気が到達し、下流側空燃比センサ４１のセンサ出力が収束した後に実行される必要がある。このため、図９に示す制御ルーチンによって、下流側空燃比センサ４１のセンサ出力が収束したか否かを判定する。

【００７１】

図９に示したように、先ず、ステップＳ２０１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。積算空気量は例えばエアフロメータ３９の出力に基づいて算出される。加えて、ステップＳ２０２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。

30

【００７２】

ステップＳ２０１及びＳ２０２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 がリーン判定基準値 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の酸素吸蔵量は最大吸蔵可能酸素量 C_{max} に到達していないと考えられる。このため、このような場合には、ステップＳ２０３へと進み、ステップＳ２０３において触媒下流空気到達フラグがOFFにされ、ステップＳ２０５へと進む。

40

【００７３】

一方、ステップＳ２０１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Ｓ２０２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の酸素吸蔵量は最大吸蔵可能酸素量 C_{max} に到達していると考えられる。したがって、その後、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Ｓ２０４へと進み、ステップＳ２０４において触媒下流空気到達フラグがONにされ、ステップＳ２０５へと進む。

【００７４】

ステップＳ２０５では、触媒下流空気到達フラグがONであるか否かが判定される。触

50

媒下流空気到達フラグがONであると判定された場合には、ステップS206へと進む。ステップS206では、燃料カット制御開始後に上流側排気浄化触媒20の下流側に空気が到達してからの経過時間 T_r が算出される。具体的には、経過時間 T_r に微少時間 Δt （制御ルーチンの実行間隔に相当）が加算された値が新たな経過時間 T_r とされる。一方、ステップS205において触媒下流空気到達フラグがOFFであると判定された場合には、上流側排気浄化触媒20の下流側に空気が到達していないと考えられるため、ステップS207へと進む、経過時間 T_r がリセットされてゼロにされる。

【0075】

次いで、ステップS208では、経過時間 T_r が予め定められた収束判定基準時間 T_{ref} 以上であるか否かが判定される。経過時間 T_r が収束判定基準時間 T_{ref} よりも短いと判定された場合には、ステップS209へと進む。この場合、下流側空燃比センサ41の出力電流 I_r が収束していないと考えられるため、センサ出力収束判定フラグがOFFにされ、その後、センサ出力収束判定処理の制御ルーチンは終了する。一方、経過時間 T_r が収束判定基準時間 T_{ref} 以上であると判定された場合には、ステップS210へと進む。この場合、下流側空燃比センサ41の出力電流 I_r が収束していると考えられるため、センサ出力収束判定フラグがONにされ、その後、センサ出力収束判定処理の制御ルーチンは終了する。

【0076】

次に、上流側空燃比センサ40のセンサ出力収束判定の制御ルーチンについて説明する。

【0077】

図10は、本発明の第1実施形態における上流側空燃比センサ40のセンサ出力収束判定処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。上流側空燃比センサ40の異常診断は、燃料カット制御開始後に上流側空燃比センサ40に空気が到達し、上流側空燃比センサ40のセンサ出力が収束した後に実行される必要がある。このため、図10に示す制御ルーチンによって、上流側空燃比センサ40のセンサ出力が収束したか否かを判定する。

【0078】

上流側排気浄化触媒20の上流側に位置する上流側空燃比センサ40では、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に到達したか否かを判定する必要はない。このため、図10に示したように、まず、ステップS301では、燃料カット制御開始後の経過時間 T_f が算出される。具体的には、経過時間 T_f に微少時間 Δt （制御ルーチンの実行間隔に相当）が加算された値が新たな経過時間 T_f とされる。

【0079】

次いで、ステップS302では、経過時間 T_f が予め定められた収束判定基準時間 T_{ref} 以上であるか否かが判定される。経過時間 T_f が収束判定基準時間 T_{ref} よりも短いと判定された場合には、ステップS303へと進む。この場合、上流側空燃比センサ40の出力電流 I_f が収束していないと考えられるため、センサ出力収束判定フラグがOFFにされ、その後、センサ出力収束判定処理の制御ルーチンは終了する。一方、経過時間 T_f が収束判定基準時間 T_{ref} 以上であると判定された場合には、ステップS304へと進む。この場合、上流側空燃比センサ40の出力電流 I_f が収束していると考えられるため、センサ出力収束判定フラグがONにされ、その後、センサ出力収束判定処理の制御ルーチンは終了する。なお、収束判定基準時間 T_{ref} は収束判定基準時間 T_{ref} と同じ時間であってもよい。

【0080】

再び図8を参照すると、ステップS102においてセンサ出力収束判定処理が実行された後、ステップS103へと進む。ステップS103では、センサ出力収束判定フラグがONであるか否かが判定される。センサ出力収束判定フラグがONであると判定された場合には、ステップS104へと進む。一方、センサ出力収束判定フラグがOFFであると判定された場合には、ステップS105へと進む。

【0081】

ステップS104では、図11に示すセンサ出力カウント処理の制御ルーチンが実行される。以下、センサ出力カウント処理の制御ルーチンについて説明する。

【0082】

図11は、本発明の第1実施形態におけるセンサ出力カウント処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。この制御ルーチンでは、ブローバイガス流量割合と空燃比センサ40、41の出力電流が取得され、ブローバイガス流量割合と空燃比センサ40、41の出力電流との関係を示す一次近似直線の傾き及び切片を算出するために必要な値が算出される。

【0083】

図11に示したように、先ず、ステップS401では、スロットル弁18下流側の吸気通路の圧力PMが算出される。圧力PMは、例えば、スロットル弁18下流側の吸気通路に設けられた圧力センサによって直接検出され、又はスロットル弁18下流側の吸気通路に設けられた吸気温センサの出力、エアフロメータ39の出力、スロットル弁18の開度等に基づく公知のモデル計算によって算出される。

【0084】

次いで、ステップS402では、圧力PMとブローバイガス流量PCVVとの関係を示すマップを用いて、ステップS401で算出された圧力PMに基づいてブローバイガス流量PCVVが算出される。マップはROM34内に記憶されている。

【0085】

次いで、ステップS403では、ステップS402において算出されたブローバイガス流量PCVVが前回算出されたブローバイガス流量PCVVから変化しているか否かが判定される。算出されたブローバイガス流量PCVVが前回算出されたブローバイガス流量PCVVから変化していると判定された場合、ステップS404へと進む。一方、算出されたブローバイガス流量PCVVが前回算出されたブローバイガス流量PCVVから変化していないと判定された場合、すなわち算出されたブローバイガス流量PCVVが前回算出されたブローバイガス流量PCVVと同じ値である場合、センサ出力カウント処理の制御ルーチンは終了する。

【0086】

次いでステップS404では、ステップS402で算出されたブローバイガス流量PCVVと、スロットル弁18を通過して燃焼室5内に吸入される吸入空気量GAとに基づいて、ブローバイガス流量割合PCVRが以下の式によって算出される。

$$PCVR = PCVV / (PCVV + GA)$$

なお、吸入空気量GAは、エアフロメータ39によって検出される。

【0087】

次いで、ステップS405では、ブローバイガス流量割合PCVRの合計SUMX、空燃比センサ40、41の出力電流Ioの合計SUMY、ブローバイガス流量割合PCVRに出力電流Ioが掛け算された値の合計（以下、「乗算合計」という）SUMXY、ブローバイガス流量割合PCVRの二乗の合計（以下、「二乗合計」という）SUMX2、及びセンサ出力カウント処理の制御ルーチンが実行された回数（以下、「実行回数」という）COUNTが算出される。

【0088】

具体的には、ステップS405では、前回算出されたブローバイガス流量割合PCVRの合計SUMXに、新たに算出されたブローバイガス流量割合PCVRが加算された値が新たなブローバイガス流量割合PCVRの合計SUMXとされる。また、前回算出された出力電流Ioの合計SUMYに、新たに検出された出力電流Ioが加算された値が新たな出力電流Ioの合計SUMYとされる。さらに、前回算出された乗算合計SUMXYに、新たに算出されたブローバイガス流量PCVVに新たに検出された出力電流Ioが掛け算された値が加算された値が新たな乗算合計SUMXYとされる。また、前回算出された二乗合計SUMX2に、新たに算出されたブローバイガス流量割合PCVRの二乗が加算された値が新たな二乗合計SUMX2とされる。さらに、前回算出された実行回数COUNT

Tに1が加算された値が新たな実行回数COUNTとされる。その後、センサ出力カウント処理の制御ルーチンは終了する。

【0089】

なお、ステップS403及びステップS404において、ステップS402で算出されたブローバイガス流量PCVVの代わりに、ブローバイガス通路25のPCVバルブ26よりも下流側（吸気枝管13側）に設けられたブローバイガス流量計によって直接検出されたブローバイガス流量が用いられても良い。この場合、図11におけるステップS401及びステップS402は省略される。

【0090】

再び図8を参照すると、ステップS104においてセンサ出力カウント処理が実行された後、ステップS105へと進む。ステップS105では、センサ出力カウント処理の制御ルーチンが実行された回数COUNTが所定値N以上であるか否かが判定される。所定値Nは2以上の任意の数である。回数COUNTが所定値N以上であると判定された場合には、ステップS106へと進む。一方、回数COUNTが所定値N未満であると判定された場合には、異常診断処理の制御ルーチンは終了する。

10

【0091】

ステップS106では、ステップS104において得られた値に基づいて、ブローバイガス流量割合と空燃比センサ40、41の出力電流との関係を示す一次近似直線の傾きA及び切片Bが最小二乗法によって以下の式で算出される。

$$A = (\text{COUNT} \times \text{SUMXY} - \text{SUMX} \times \text{SUMY}) / (\text{COUNT} \times \text{SUMX}^2 - \text{SUMX} \times \text{SUMX})$$

20

$$B = (\text{SUMX}^2 \times \text{SUMY} - \text{SUMXY} \times \text{SUMX}) / (\text{COUNT} \times \text{SUMX}^2 - \text{SUMX} \times \text{SUMX})$$

【0092】

次いで、ステップS107では、複数の時点において取得されたブローバイガス流量割合よりも小さいブローバイガス流量割合に対応する空燃比センサ40、41の出力電流Ixが、ステップS106において算出された傾きA及び切片Bに基づいて、以下の式によって算出される。

$$I_x = B + A x$$

xは、予め定められ、燃料カット制御中に想定されるブローバイガス流量割合の下限值よりも小さいブローバイガス流量割合とされる。

30

【0093】

次いで、ステップS108では、図12に示す異常判定処理の制御ルーチンが実行される。以下、異常判定処理の制御ルーチンについて説明する。

【0094】

図12は、本発明の第1実施形態における異常判定処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。この制御ルーチンでは、図8におけるステップS107において算出された出力電流Ixに基づいて、空燃比センサ40、41が異常であるか否かが判定される。

【0095】

図12に示したように、まず、ステップS501では、図8におけるステップS107において算出された出力電流Ixが予め定められた上限電流Ixhighよりも大きいかが判定される。上限電流Ixhighは、例えば、空気の酸素濃度に対応する出力電流の上限値、或いはこの上限値と僅かに異なる電流である。

40

【0096】

ステップS501において出力電流Ixが上限電流Ixhighよりも大きいと判定された場合には、ステップS502へと進む。ステップS502では、空燃比センサ40、41のゲインが異常に拡大していると判定され、警告灯が点灯せしめられる。その後、異常判定処理の制御ルーチンは終了する。一方、ステップS501において出力電流Ixが上限電流Ixhigh以下であると判定された場合には、ステップS503へと進む。

【0097】

50

ステップS503では、出力電流 I_x が予め定められた下限電流 $I_{x\ low}$ 未満であるか否かが判定される。下限電流 $I_{x\ low}$ は、例えば、空気の酸素濃度に対応する出力電流の下限値、或いはこの下限値と僅かに異なる電流である。

【0098】

ステップS503において出力電流 I_x が下限電流 $I_{x\ low}$ 未満であると判定された場合には、ステップS504へと進む。ステップS504では、空燃比センサ40、41のゲインが異常に縮小していると判定され、警告灯が点灯せしめられる。その後、異常判定処理の制御ルーチンは終了する。一方、ステップS503において出力電流 I_x が下限電流 $I_{x\ low}$ 以上であると判定された場合には、ステップS505へと進む。ステップS505では、空燃比センサ40、41が正常であると判定される。その後、異常判定処理の制御ルーチンは終了する。

10

【0099】

再び図8を参照すると、ステップS108において異常判定処理が実行された後、異常診断処理の制御ルーチンは終了する。

【0100】

ステップS101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、燃料カット制御が実行中でない場合、又は空燃比センサ40、41が活性中でない場合、ステップS109へと進む。ステップS109では、ステップS104のセンサ出力カウント処理によって得られる全ての値がリセットされてゼロとされる。これに加えて、異常診断される空燃比センサが上流側空燃比センサ40である場合、図9に示すセンサ出力収束判定処理において用いられる燃料カット制御開始後の経過時間 T_f がリセットされてゼロとされる。

20

【0101】

したがって、燃料カット制御中にステップS104のセンサ出力カウント処理が実施されたとしても、実行回数COUNTがN以上になる前に燃料カット制御が終了すると、ステップS109において、センサ出力カウント処理によって得られた値はリセットされてゼロにされる。この結果、本実施形態では、ブローバイガス流量割合及び空燃比センサ40、41の出力電流は、複数回の燃料カット制御に亘って算出されることはなく、一回の燃料カット制御における複数の時点において算出される。

【0102】

異常診断処理が複数の燃料カット制御に亘って実施されると、異常診断処理中にブローバイガス中のオイル量に変化してしまう場合がある。異常診断処理中にブローバイガス中のオイル量に変化してしまうと、図7に示されるようなブローバイガス流量割合と空燃比センサ40、41の出力電流との関係を示す一次近似直線の傾き及び切片を正確に算出することができない。しかしながら、本実施形態では、一回の燃料カット制御における複数の時点においてブローバイガス流量割合及び空燃比センサ40、41の出力電流が算出されるので、異常診断処理中にブローバイガス中のオイル量に変化してしまうことによる空燃比センサ40、41の異常の誤診断を回避することができ、ひいては異常診断の精度を高めることができる。

30

【0103】

<第2実施形態>

40

次に、図13及び図14を参照して本発明の第2実施形態について説明する。第2実施形態の異常診断装置は、燃料カット制御が実行中であり且つブローバイガス通路25を通過してスロットル弁18下流側の吸気通路に流入するブローバイガス流量が異なる複数の時点において取得されたブローバイガス流量割合及び空燃比センサ40、41の出力電流に基づいて、ゼロのブローバイガス流量割合に対応する空燃比センサ40、41の出力電流を算出し、算出された出力電流に基づいて、空燃比センサ40、41の異常を判定するように構成される。

【0104】

図13は、本発明の第2実施形態における空燃比センサ40、41の異常診断処理の制

50

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。図13におけるステップS601～ステップS605及びステップS608は、図8におけるステップS101～ステップS105及びステップS109と同様であることから説明を省略する。

【0105】

ステップS606では、ステップS604において得られた値に基づいて、ゼロのブローバイガス流量割合に対応する空燃比センサ40、41の出力電流I0が最小二乗法によって以下の式で算出される。

$$I0 = (SUMX2 \times SUMY - SUMXY \times SUMX) / (COUNT \times SUMX2 - SUMX \times SUMX)$$

10

なお、ゼロのブローバイガス流量割合に対応する空燃比センサ40、41の出力電流I0は、ブローバイガス流量割合と空燃比センサ40、41の出力電流との関係を示す一次近似直線の切片Bと等しい。

【0106】

次いで、ステップS607では、図14に示す異常判定処理の制御ルーチンが実行される。以下、異常判定処理の制御ルーチンについて説明する。

【0107】

図14は、本発明の第2実施形態における異常判定処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。この制御ルーチンでは、図13におけるステップS606において算出された出力電流I0に基づいて、空燃比センサ40、41が異常であるか否かが判定される。

20

【0108】

図14に示したように、先ず、ステップS707では、ステップS606において算出された出力電流I0が上限電流I0highよりも大きいかが判定される。上限電流I0highは、予め定められ、空気の酸素濃度に対応する出力電流の上限値、或いはこの上限値と僅かに異なる電流とされる。

【0109】

ステップS707において出力電流I0が上限電流I0highよりも大きいと判定された場合には、ステップS708へと進む。ステップS708では、空燃比センサ40、41のゲインが異常に拡大していると判定され、警告灯が点灯せしめられる。その後、異常診断処理の制御ルーチンは終了する。一方、ステップS707において出力電流I0が上限電流I0high以下であると判定された場合には、ステップS709へと進む。

30

【0110】

ステップS709では、出力電流I0が下限電流I0low未満であるか否かが判定される。下限電流I0lowは、予め定められ、空気の酸素濃度に対応する出力電流の下限値、或いはこの下限値と僅かに異なる電流とされる。

【0111】

ステップS709において出力電流I0が下限電流I0low未満であると判定された場合には、ステップS710へと進む。ステップS710では、空燃比センサ40、41のゲインが異常に縮小していると判定され、警告灯が点灯せしめられる。その後、異常診断処理の制御ルーチンは終了する。一方、ステップS709において出力電流I0が下限電流I0low以上であると判定された場合には、ステップS711へと進む。ステップS711では、空燃比センサ40、41が正常であると判定される。その後、異常診断処理の制御ルーチンは終了する。

40

【0112】

<第3実施形態>

次に、図15及び図16を参照して本発明の第3実施形態について説明する。第3実施形態の異常診断装置は、燃料カット制御が実行中であり且つブローバイガス通路25を通過してスロットル弁18下流側の吸気通路に流入するブローバイガス流量が異なる複数の時点において取得されたブローバイガス流量割合及び空燃比センサ40、41の出力電流に

50

基づいて、ブローバイガス流量割合と空燃比センサ40、41の出力電流との関係を示す一次近似直線の切片（ゼロのブローバイガス流量割合に対応する空燃比センサ40、41の出力電流）を算出し、算出された切片に基づいて空燃比センサ40、41のゲイン（出力ゲイン）を算出し、算出されたゲインの基準値に対する変化率を算出し、変化率が所定の範囲外であるとき、空燃比センサ40、41が異常であると判定するように構成される。

【0113】

図15は、本発明の第3実施形態における空燃比センサ40、41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。図15におけるステップS801～ステップS805及びステップS810は、図8における第1実施形態のステップS101～ステップS105及びステップS109と同様であることから説明を省略する。

10

【0114】

ステップS806では、ステップS804において得られた値に基づいて、ブローバイガス流量割合と空燃比センサ40、41の出力電流との関係を示す一次近似直線の切片Bが最小二乗法によって以下の式で算出される。

$$B = (SUMX^2 \times SUMY - SUMXY \times SUMX) / (COUNT \times SUMX^2 - SUMX \times SUMX)$$

【0115】

次いで、ステップS807では、ステップS806において算出された切片Bに基づいて、空燃比センサ40、41のゲインGが以下の式によって算出される。

20

$$G = B / \ln(1 / 0.8)$$

なお、 $\ln$ は自然対数を表す。

【0116】

ゲインGと切片Bとの上記の関係式は以下のように導出される。

【0117】

まず、燃料カット制御中の空燃比センサ40、41の出力電流 I_{fc} は、ゲインGと、燃料カット制御中の排気ガス中の酸素濃度 O_{2_FC} とに基づいて、以下の式によって算出される。

$$I_{fc} = G \times \ln(1 / (1 - O_{2_FC})) \quad (\text{式1})$$

30

燃料カット制御中の排気ガス中の酸素濃度 O_{2_FC} は、ブローバイガス中の燃料によって酸素が消費されるため、大気中の酸素濃度 O_2 と、ブローバイガス中の燃料によって消費される酸素濃度 O_{2_C} とに基づいて、以下の式によって算出される。

$$O_{2_FC} = O_2 - O_{2_C} \quad (\text{式2})$$

ブローバイガス中の燃料によって消費される酸素濃度 O_{2_C} は、ブローバイガス流量割合 $PCVR$ と、ブローバイガス中の燃料濃度 FD_B と、ブローバイガス中の燃料濃度当たりの消費酸素濃度 K とに基づいて、以下の式によって算出される。

$$O_{2_C} = K \times PCVR \times FD_B \quad (\text{式3})$$

ここで、ブローバイガス中の燃料濃度 FD_B は、オイル希釈率 $Dilrate$ と、オイル希釈率当たりのブローバイガス中の燃料濃度 L とに基づいて、以下の式によって算出される。

40

$$FD_B = L \times Dilrate \quad (\text{式4})$$

なお、オイル希釈率とは、エンジンオイルに混入した燃料量をエンジンオイル量で除算した値である。

【0118】

上記の式1～式4から以下の式が導出される。

$$IL = G \times \ln(1 / (0.8 + K \times PCVR \times L \times Dilrate))$$

ここで、上記の式を一次式で近似すると、以下の式が導出される。

$$IL = -G \times K \times L \times Dilrate / 0.8 \times PCVR + G \times \ln(1 / 0.8)$$

したがって、ブローバイガス流量割合 $PCVR$ と空燃比センサ40、41の出力電流 I

50

Lとの関係を示す一次近似直線の傾きA及び切片Bは以下の式で表される。

$$A = -G \times K \times L \times D i l r a t e / 0.8$$

$$B = G \times L n (1 / 0.8)$$

したがって、ゲインGは以下の式で表される。

$$G = B / L n (1 / 0.8)$$

【0119】

次いで、ステップS808では、ステップS807において算出されたゲインGに基づいて、予め定められたゲインGの基準値Gbaseに対するゲイン変化率Gdが以下の式によって算出される。

$$Gd = G / Gbase$$

10

【0120】

次いで、ステップS809では、図16に示す異常判定処理の制御ルーチンが実行される。以下、異常判定処理の制御ルーチンについて説明する。

【0121】

図16は、本発明の第3実施形態における異常判定処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。この制御ルーチンでは、図15におけるステップS808において算出された出力電流Gdに基づいて、空燃比センサ40、41が異常であるか否かが判定される。

【0122】

図16に示したように、先ず、ステップS901では、図15におけるステップS808において算出されたゲイン変化率Gdが上限ゲイン変化率Gdhighよりも大きいかが判定される。上限ゲイン変化率Gdhighは、予め定められ、許容されるゲイン変化率の上限値、或いはこの上限値と僅かに異なるゲイン変化率とされる。

20

【0123】

ステップS901においてゲイン変化率Gdが上限ゲイン変化率Gdhighよりも大きいと判定された場合には、ステップS902へと進む。ステップS902では、空燃比センサ40、41のゲインが異常に拡大していると判定され、警告灯が点灯せしめられる。その後、異常診断処理の制御ルーチンは終了する。一方、ステップS901においてゲイン変化率Gdが上限ゲイン変化率Gdhigh以下であると判定された場合には、ステップS903へと進む。

30

【0124】

ステップS903では、ゲイン変化率Gdが下限ゲイン変化率Gdlow未満であるかが判定される。下限ゲイン変化率Gdlowは、予め定められ、許容されるゲイン変化率の下限値、或いはこの下限値と僅かに異なるゲイン変化率とされる。

【0125】

ステップS903においてゲイン変化率Gdが下限ゲイン変化率Gdlow未満であると判定された場合には、ステップS904へと進む。ステップS904では、空燃比センサ40、41のゲインが異常に縮小していると判定され、警告灯が点灯せしめられる。その後、異常診断処理の制御ルーチンは終了する。一方、ステップS903においてゲイン変化率Gdが下限ゲイン特性Gdlow以上であると判定された場合には、ステップS905へと進む。ステップS905では、空燃比センサ40、41が正常であると判定される。その後、異常診断処理の制御ルーチンは終了する。

40

【0126】

<第1実施形態～第3実施形態の第1変形例>

次に、図17～図19を参照して、本発明の第1実施形態～第3実施形態の第1変形例について説明する。図7からわかるように、ブローバイガス流量割合と空燃比センサ40、41の出力電流との関係を示す一次近似直線の傾き及び切片を正確に算出するためには、燃料カット制御中に取得されるブローバイガス流量割合がある程度分散される必要がある。このため、複数の時点において取得されたブローバイガス流量割合の変化量が小さい場合、例えば燃料カット制御中に機関回転数があまり変動しない場合、異常診断装置は、

50

複数の時点において取得されたブローバイガス流量割合よりも小さいブローバイガス流量割合に対応する空燃比センサ４０、４１の出力電流を正確に算出することができず、ひいては空燃比センサ４０、４１の異常を正確に診断することができないおそれがある。

【０１２７】

そこで、第１実施形態～第３実施形態の第１変形例の異常診断装置は、複数の時点において取得されたブローバイガス流量割合の変化量を算出し、算出された変化量が所定値未満であるとき、空燃比センサ４０、４１の異常を判定しないように構成される。この結果、第１実施形態～第３実施形態の第１変形例によれば、複数の時点において取得されたブローバイガス流量割合の変化量が小さいことによる空燃比センサ４０、４１の異常の誤診断を回避することができ、ひいては異常診断の精度を高めることができる。

10

【０１２８】

図１７は、本発明の第１実施形態の第１変形例における空燃比センサ４０、４１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。

【０１２９】

図１７におけるステップＳ１００１～ステップＳ１００５及びステップＳ１００８～ステップＳ１０１１は、図８におけるステップＳ１０１～ステップＳ１０５及びステップＳ１０６～ステップＳ１０９と同様であることから説明を省略する。

【０１３０】

ステップＳ１００６では、ブローバイガス流量割合の変化量 $\Delta PCVR$ が算出される。変化量 $\Delta PCVR$ の指標は、例えば、ブローバイガス流量割合の変動係数 $PCVRCV$ である。

20

【０１３１】

ブローバイガス流量割合の変動係数 $PCVRCV$ は、ステップＳ１００４において得られた値に基づいて、以下の式によって算出される。

$$PCVRCV = \text{SQRT} \{ (\text{SUMX}^2 - \text{SUMX} \times \text{SUMX} / \text{COUNT}) / (\text{COUNT} - 1) \} / (\text{SUMX} / \text{COUNT})$$

なお、 SQRT は平方根を表す。

【０１３２】

次いで、ステップＳ１００７では、ステップＳ１００６において算出されたブローバイガス流量割合の変化量 $\Delta PCVR$ が予め定められたブローバイガス流量割合の基準変化量 $\Delta PCVR_{ref}$ 以上であるか否かが判定される。

30

【０１３３】

ステップＳ１００７において変化量 $\Delta PCVR$ が $\Delta PCVR_{ref}$ 以上であると判定された場合には、ステップＳ１００８へと進む。一方、ステップＳ１００７において変化量 $\Delta PCVR$ が基準変化量 $\Delta PCVR_{ref}$ 未満であると判定された場合には、空燃比センサ４０、４１の正確な異常診断が困難であるため、異常診断制御の制御ルーチンは終了する。

【０１３４】

なお、ステップＳ１００６における変化量 $\Delta PCVR$ の指標として、ブローバイガス流量割合の最大値と最小値との差分 $PCVRD$ が用いられてもよい。この場合、ステップＳ１００４において、図１１に示したセンサ出力カウント処理の代わりに、図１８に示すセンサ出力カウント処理の制御ルーチンが実行される。

40

【０１３５】

図１８は、ブローバイガス流量割合の最大値と最小値との差分 $PCVRD$ が変化量 $\Delta PCVR$ の指標として用いられるときの第１実施形態～第３実施形態の第１変形例におけるセンサ出力カウント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１８におけるステップＳ１１０１～Ｓ１１０５は、図１１におけるステップＳ４０１～Ｓ４０５と同様であることから説明を省略する。図１８に示すセンサ出力カウント処理の制御ルーチンでは、ステップＳ１１０５の後にステップＳ１１０６へと進む。ステップＳ１１０６で

50

は、図 19 に示すブローバイガス流量割合 PCVR の最大値及び最小値の更新処理の制御ルーチンが実行される。

【0136】

図 19 は、ブローバイガス流量割合 PCVR の最大値及び最小値の更新処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。この制御ルーチンでは、図 18 におけるステップ S1104 において算出されたブローバイガス流量割合 PCVR が、それよりも前の時点で算出されたブローバイガス流量割合の最大値 PCVRmax 及び最小値 PCVRmin と比較され、ブローバイガス流量割合の最大値 PCVRmax 及び最小値 PCVRmin が更新される。

【0137】

図 19 に示したように、先ず、ステップ S1201 では、図 18 におけるステップ S1104 において算出されたブローバイガス流量割合 PCVR が、それよりも前の時点で算出されたブローバイガス流量割合の最大値 PCVRmax よりも大きいか否かが判定される。ブローバイガス流量割合 PCVR がブローバイガス流量割合の最大値 PCVRmax よりも大きいと判定された場合には、ステップ S1202 へと進む。ステップ S1202 では、ブローバイガス流量割合 PCVR が新たなブローバイガス流量割合の最大値 PCVRmax とされ、その後、ステップ S1203 へと進む。一方、ブローバイガス流量割合 PCVR がブローバイガス流量割合の最大値 PCVRmax 以下であると判定された場合には、ブローバイガス流量割合の最大値 PCVRmax を更新することなく、ステップ S1203 へと進む。

【0138】

ステップ S1203 では、図 18 におけるステップ S1104 において算出されたブローバイガス流量割合 PCVR が、それよりも前の時点で算出されたブローバイガス流量割合の最小値 PCVRmin よりも小さいか否かが判定される。ブローバイガス流量割合 PCVR がブローバイガス流量割合の最小値 PCVRmin よりも小さいと判定された場合には、ステップ S1204 へと進む。ステップ S1204 では、ブローバイガス流量割合 PCVR が新たなブローバイガス流量割合の最小値 PCVRmin とされ、その後、ブローバイガス流量割合 PCVR の最大値及び最小値の更新処理の制御ルーチンは終了する。一方、ブローバイガス流量割合 PCVR がブローバイガス流量割合の最小値 PCVRmin 以上であると判定された場合には、ブローバイガス流量割合の最小値 PCVRmin を更新することなく、ブローバイガス流量割合 PCVR の最大値及び最小値の更新処理の制御ルーチンは終了する。

【0139】

再び図 18 を参照すると、ステップ S1106 においてブローバイガス流量割合 PCVR の最大値及び最小値の更新処理が実行された後、センサ出力カウント処理の制御ルーチンは終了する。

【0140】

第 1 実施形態の第 1 変形例と同様に、第 2 実施形態の第 1 変形例では、図 17 におけるステップ S1006 及びステップ S1007 が図 13 におけるステップ S605 とステップ S606 との間に実行される。また、第 3 実施形態の第 1 変形例では、図 17 におけるステップ S1006 及びステップ S1007 が図 15 におけるステップ S805 とステップ S806 との間に実行される。

【0141】

<第 1 実施形態～第 3 実施形態の第 2 変形例>

次に、図 20～図 22 を参照して、本発明の第 1 実施形態～第 3 実施形態の第 2 変形例について説明する。空燃比センサ 40、41 のゲインは、センサ素子の温度、大気圧等によって変動する。このため、ブローバイガス流量割合及び空燃比センサ 40、41 の出力電流を取得している間にセンサ素子の温度、大気圧等が変動した場合、異常診断装置は、複数の時点において取得されたブローバイガス流量割合よりも小さいブローバイガス流量割合に対応する空燃比センサ 40、41 の出力電流を正確に算出することができず、ひい

10

20

30

40

50

ては空燃比センサ 40、41 の異常を正確に診断することができないおそれがある。

【0142】

そこで、第1実施形態～第3実施形態の第2変形例の異常診断装置は、ブローバイガス流量割合及び空燃比センサ 40、41 の出力電流が取得される複数の時点において、さらに、空燃比センサ 40、41 の出力電流を変動させる変動因子、例えばセンサ素子のインピーダンス及び大気圧の値を取得し、取得された変動因子の値の変化量を算出し、算出された変化量が所定値以上であるとき、空燃比センサ 40、41 の異常を判定しないように構成される。この結果、第1実施形態～第3実施形態の第2変形例によれば、ブローバイガス流量割合及び空燃比センサ 40、41 の出力電流を取得している間に、空燃比センサ 40、41 の出力電流を変動させる変動因子が変動することによる空燃比センサ 40、41 の異常の誤診断を回避することができ、ひいては異常診断の精度を高めることができる。

10

【0143】

図20は、本発明の第1実施形態の第2変形例における空燃比センサ 40、41 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。

【0144】

図20におけるステップ S1301～ステップ S1303、ステップ S1305 及びステップ S1307～ステップ S1310 は、図8におけるステップ S101～ステップ S103、ステップ S105 及びステップ S106～ステップ S109 と同様であることから説明を省略する。

20

【0145】

ステップ S1304 では、図21に示すセンサ出力カウント処理の制御ルーチンが実行される。図21は、第1実施形態～第3実施形態の第2変形例におけるセンサ出力カウント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21におけるステップ S1401～S1405 は、図11におけるステップ S401～S405 と同様であることから説明を省略する。

【0146】

図21に示すセンサ出力カウント処理の制御ルーチンでは、ステップ S1405 の後にステップ S1406 へと進む。ステップ S1406 では、図22に示す出力電流変動因子の最大値及び最小値の更新処理の制御ルーチンが実行される。

30

【0147】

図22は、出力電流変動因子の最大値及び最小値の更新処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。この制御ルーチンでは、出力電流の変動因子であるセンサ素子インピーダンス I_P 及び大気圧 P が取得され、取得されたセンサ素子インピーダンス I_P 及び大気圧 P が、それぞれ、それよりも前の時点で算出されたセンサ素子インピーダンスの最大値 I_{Pmax} 及び最小値 I_{Pmin} 並びに大気圧の最大値 P_{max} 及び最小値 P_{min} と比較されて、センサ素子インピーダンスの最大値 I_{Pmax} 及び最小値 I_{Pmin} 並びに大気圧の最大値 P_{max} 及び最小値 P_{min} が更新される。

【0148】

図22に示したように、まず、ステップ S1501 では、センサ素子インピーダンス I_P が取得され、取得されたセンサ素子インピーダンス I_P が、それよりも前の時点で取得されたセンサ素子インピーダンスの最大値 I_{Pmax} よりも大きいか否かが判定される。センサ素子インピーダンス I_P がセンサ素子インピーダンスの最大値 I_{Pmax} よりも大きいと判定された場合には、ステップ S1502 へと進む。ステップ S1502 では、センサ素子インピーダンス I_P が新たなセンサ素子インピーダンスの最大値 I_{Pmax} とされ、その後、ステップ S1503 へと進む。一方、センサ素子インピーダンス I_P がセンサ素子インピーダンスの最大値 I_{Pmax} 以下であると判定された場合には、センサ素子インピーダンスの最大値 I_{Pmax} を更新することなく、ステップ S1503 へと進む。

40

【0149】

50

ステップS1503では、取得されたセンサ素子インピーダンスIPが、それよりも前の時点で取得されたセンサ素子インピーダンスの最小値IPminよりも小さいか否かが判定される。センサ素子インピーダンスIPがセンサ素子インピーダンスの最小値IPminよりも小さいと判定された場合には、ステップS1504へと進む。ステップS1504では、センサ素子インピーダンスIPが新たなセンサ素子インピーダンスの最小値IPminとされ、その後、ステップS1505へと進む。一方、センサ素子インピーダンスIPがセンサ素子インピーダンスの最小値IPmin以上であると判定された場合には、センサ素子インピーダンスの最小値IPminを更新することなく、ステップS1505へと進む。

【0150】

10

ステップS1505では、大気圧Pが取得され、取得された大気圧Pが、それよりも前の時点で取得された大気圧の最大値Pmaxよりも大きいかが判定される。大気圧Pが大気圧の最大値Pmaxよりも大きいと判定された場合には、ステップS1506へと進む。ステップS1506では、大気圧Pが新たな大気圧の最大値Pmaxとされ、その後、ステップS1507へと進む。一方、大気圧Pが大気圧の最大値Pmax以下であると判定された場合には、大気圧の最大値Pmaxを更新することなく、ステップS1507へと進む。

【0151】

ステップS1507では、取得された大気圧Pが、それよりも前の時点で取得された大気圧の最小値Pminよりも小さいか否かが判定される。大気圧Pが大気圧の最小値Pminよりも小さいと判定された場合には、ステップS1508へと進む。ステップS1508では、大気圧Pが新たな大気圧の最小値Pminとされ、その後、出力電流変動因子の最大値及び最小値の更新処理の制御ルーチンは終了する。一方、大気圧Pが大気圧の最小値Pmin以上であると判定された場合には、大気圧の最小値Pminを更新することなく、出力電流変動因子の最大値及び最小値の更新処理の制御ルーチンは終了する。

20

【0152】

再び図21を参照すると、ステップS1406において出力電流変動因子の最大値及び最小値の更新処理が実行された後、センサ出力カウント処理の制御ルーチンは終了する。

【0153】

再び図20を参照すると、ステップS1306では、出力電流変動因子の変化量が予め定められた出力電流変動因子の基準変化量未満であるか否かが判定される。具体的には、例えば、ステップS1304において得られたセンサ素子インピーダンスの最大値IPmax及び最小値IPmin並びに大気圧の最大値Pmax及び最小値Pminに基づいて、センサ素子インピーダンスの最大値IPmaxと最小値IPminとの差分がセンサ素子インピーダンスの基準変化量未満であり且つ大気圧の最大値Pmaxと最小値Pminとの差分が大気圧の基準変化量未満であるか否かが判定される。或いは、センサ素子インピーダンスの最大値IPmaxと最小値IPminとの差分に大気圧の最大値Pmaxと最小値Pminとの差分が掛け算された値が基準値未満であるか否かが判定されても良い。

30

【0154】

40

ステップS1306において出力電流変動因子の変化量が予め定められた出力電流変動因子の基準変化量未満であると判定された場合には、ステップS1307へと進む。一方、ステップS1306において出力電流変動因子の変化量が予め定められた出力電流変動因子の基準変化量以上であると判定された場合には、空燃比センサ40、41の正確な異常診断が困難であるため、異常診断制御の制御ルーチンは終了する。

【0155】

第1実施形態の第2変形例と同様に、第2実施形態の第2変形例では、図13におけるステップS604において、図11に示したセンサ出力カウント処理の代わりに、図21に示したセンサ出力カウント処理の制御ルーチンが実行され、図20におけるステップS1306が図13におけるステップS605とステップS606との間に実行される。ま

50

た、第3実施形態の第2変形例では、図15におけるステップS804において、図11に示したセンサ出力カウント処理の代わりに、図21に示したセンサ出力カウント処理の制御ルーチンが実行され、図20におけるステップS1306が図15におけるステップS805とステップS806との間に実行される。

【0156】

なお、上記の全ての実施形態において、ブローバイガス流量割合及び空燃比センサ40、41の出力電流は、一回の燃料カット制御における複数の時点ではなく、複数の燃料カット制御における複数の時点において算出されてもよい。この場合、センサ出力カウント処理によって得られる値は、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にリセットされてゼロにされる代わりに、異常判定処理の終了後にリセットされてゼロ

10

【0157】

また、上記のように複数の燃料カット制御に亘って異常診断処理が実施される場合、複数の燃料カット制御間における積算空気量が所定値以下である場合にのみ、空燃比センサ40、41の異常診断が判定されてもよい。複数の燃料カット制御間における積算空気量が所定値以下であれば、複数の燃料カット制御間におけるブローバイガス中のオイル量の変化が少ないことが予想される。したがって、上記の条件を設けることによって、複数の燃料カット制御に亘って異常診断処理が実施されるときに異常診断の精度を高めることができる。

【符号の説明】

20

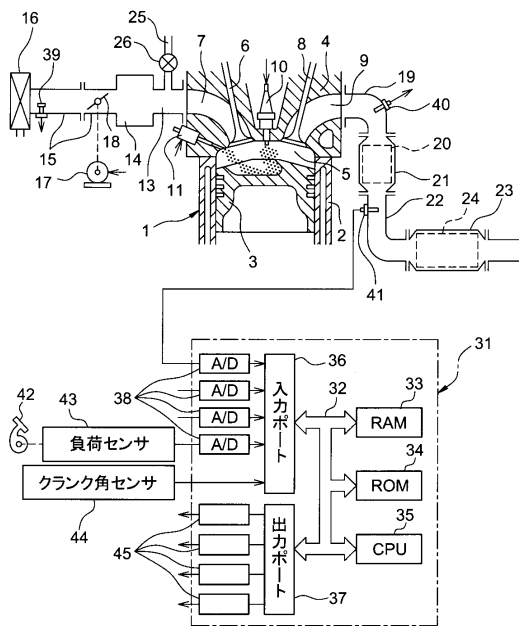
【0158】

- 1 機関本体
- 5 燃焼室
- 7 吸気ポート
- 9 排気ポート
- 13 吸気枝管
- 14 サージタンク
- 18 スロットル弁
- 19 排気マニホールド
- 20 上流側排気浄化触媒
- 24 下流側排気浄化触媒
- 25 ブローバイガス通路
- 26 PCVバルブ
- 31 ECU
- 40 上流側空燃比センサ
- 41 下流側空燃比センサ

30

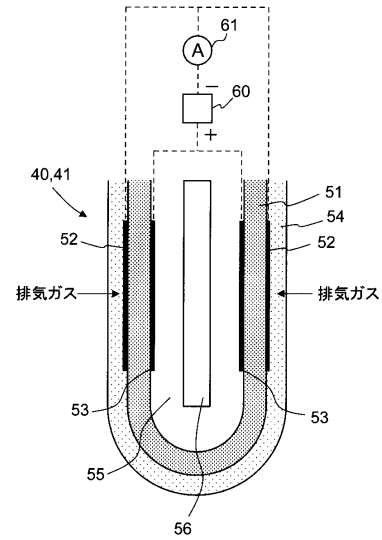
【図 1】

図1



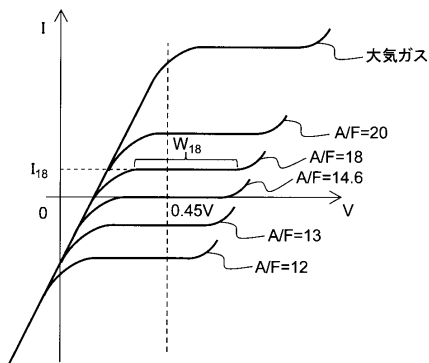
【図 2】

図2



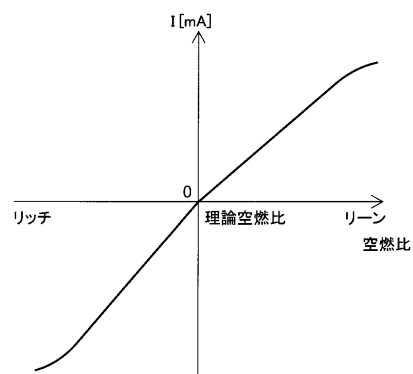
【図 3】

図3



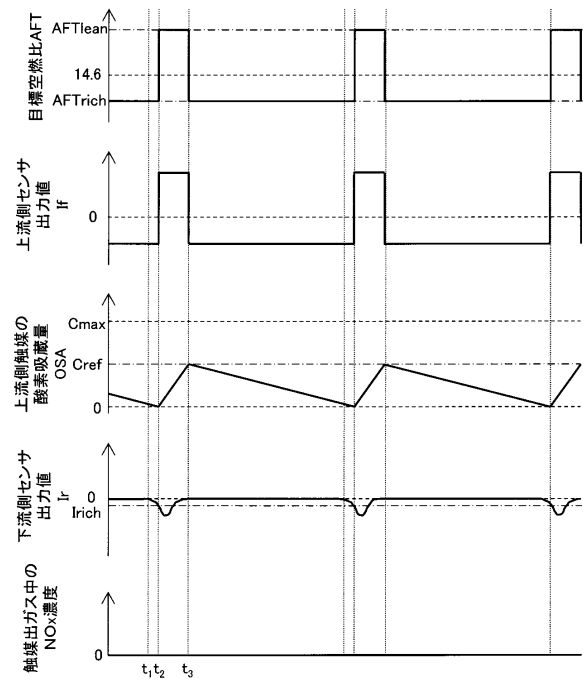
【図 4】

図4

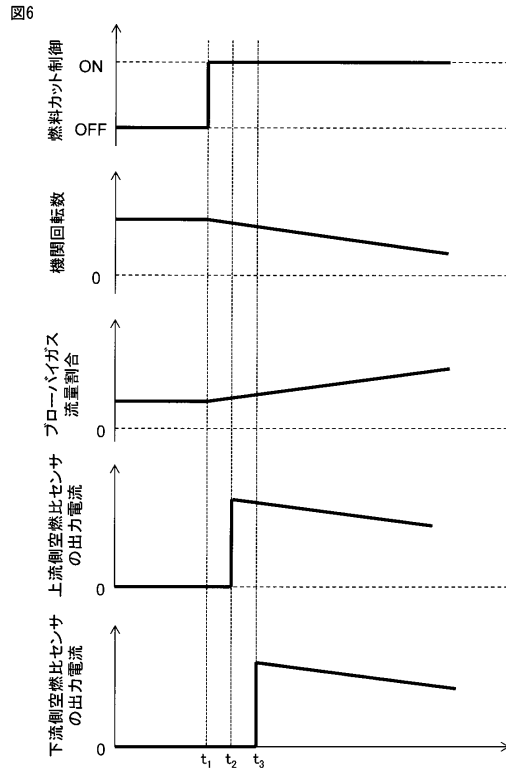


【図 5】

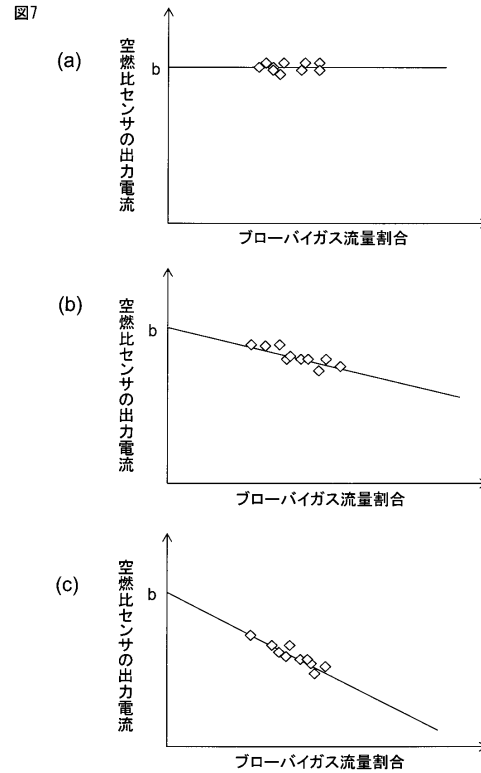
図5



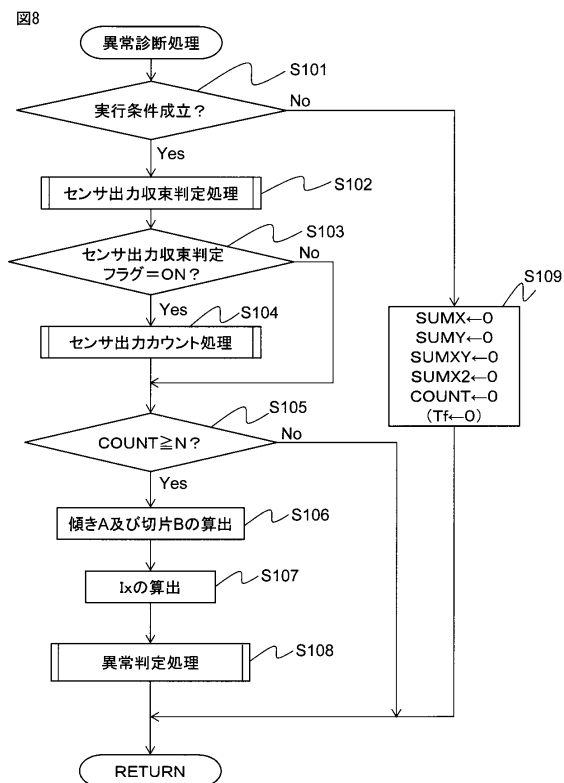
【図 6】



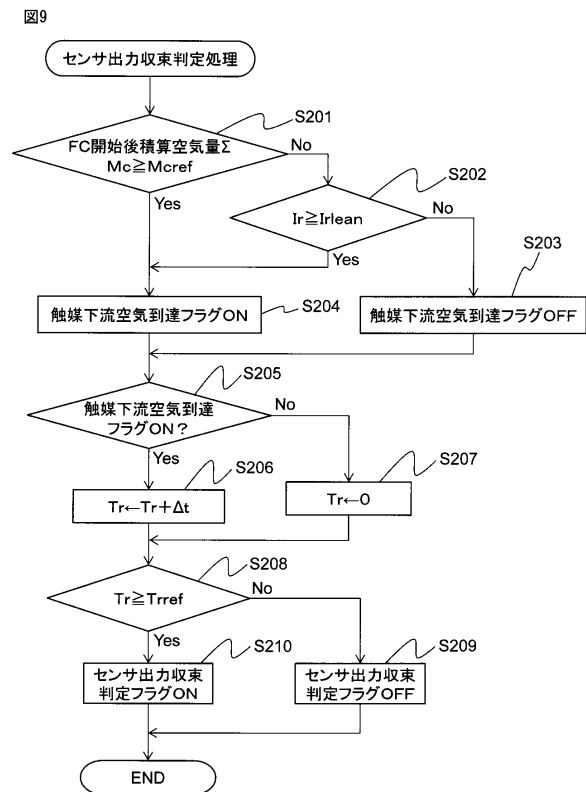
【図 7】



【図 8】

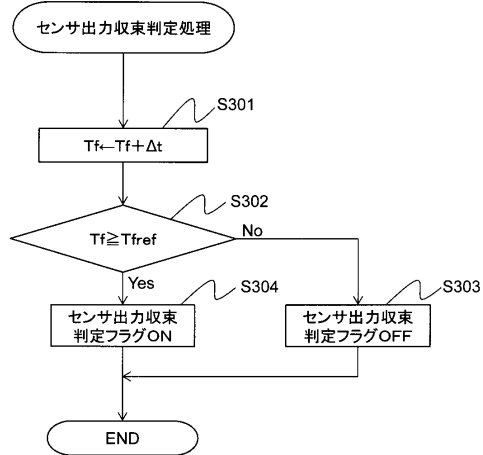


【図 9】



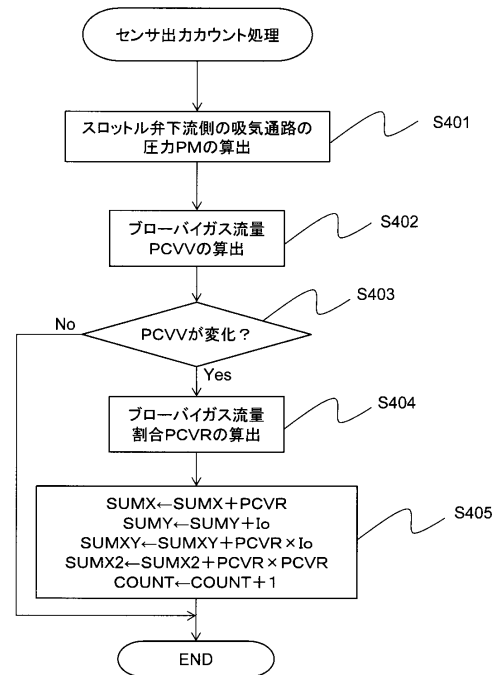
【図 10】

図10



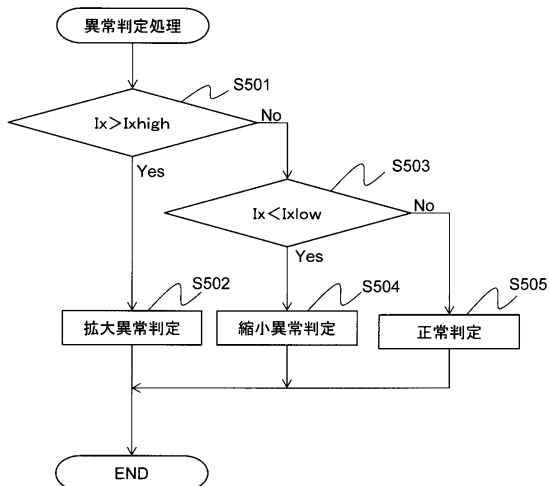
【図 11】

図11



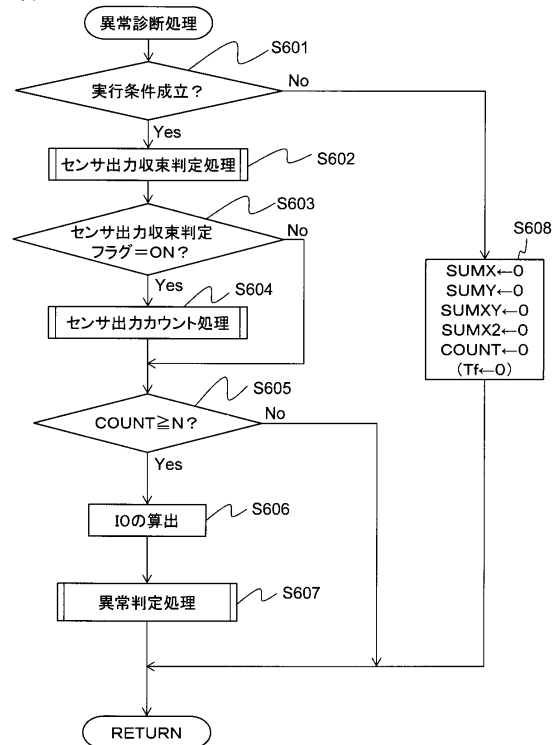
【図 12】

図12

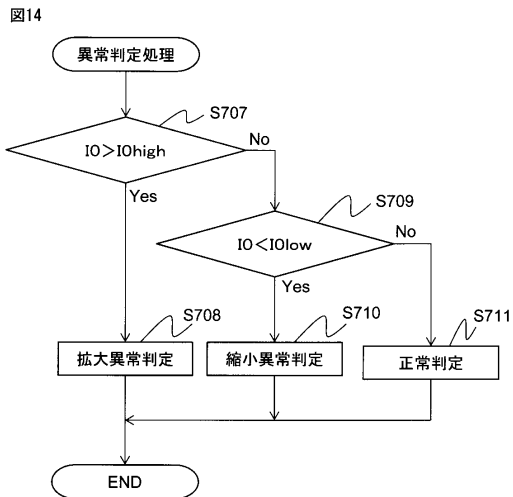


【図 13】

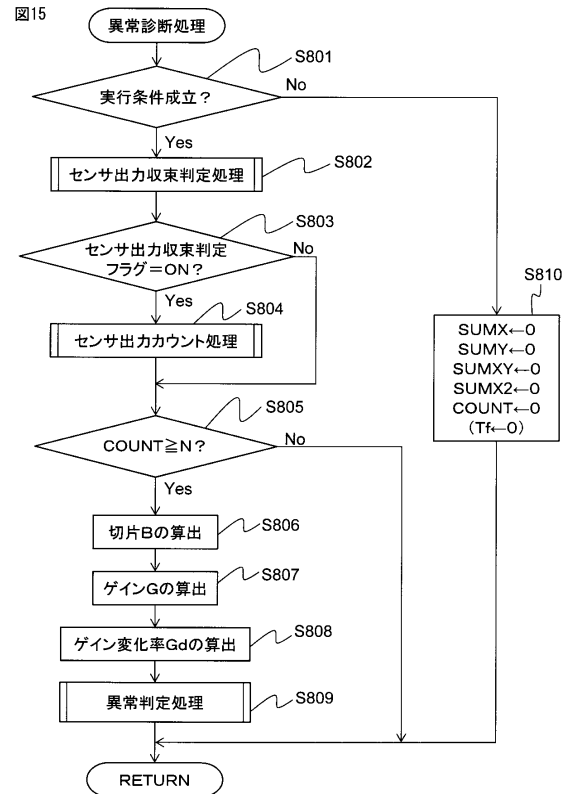
図13



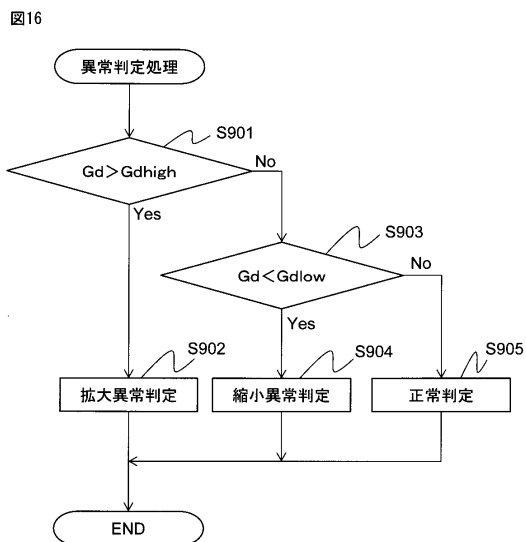
【図 14】



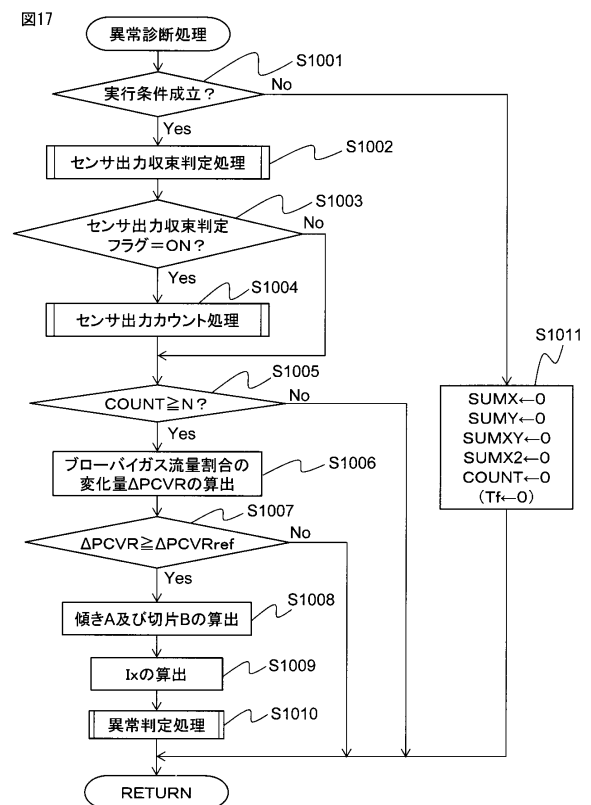
【図 15】



【図 16】

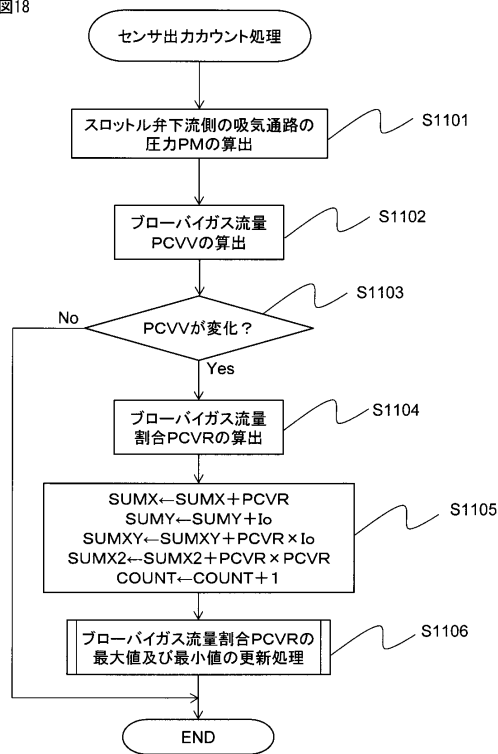


【図 17】



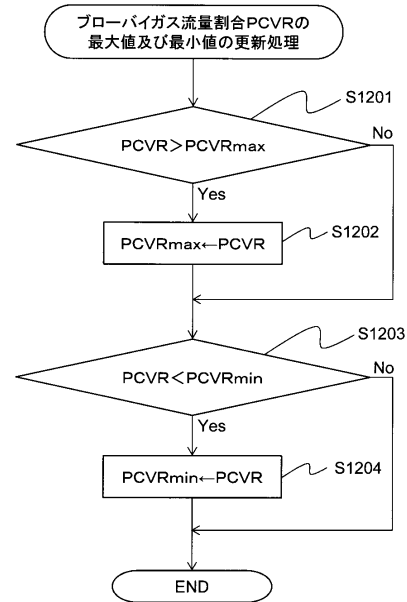
【図 18】

図18



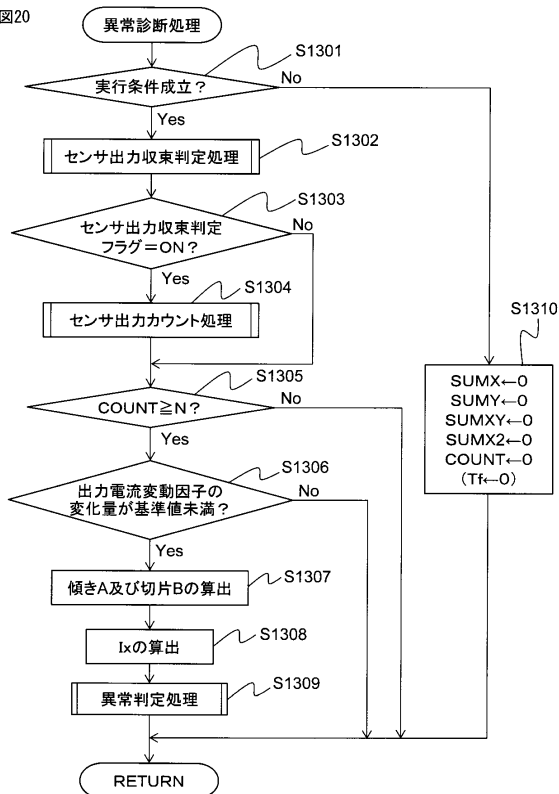
【図 19】

図19



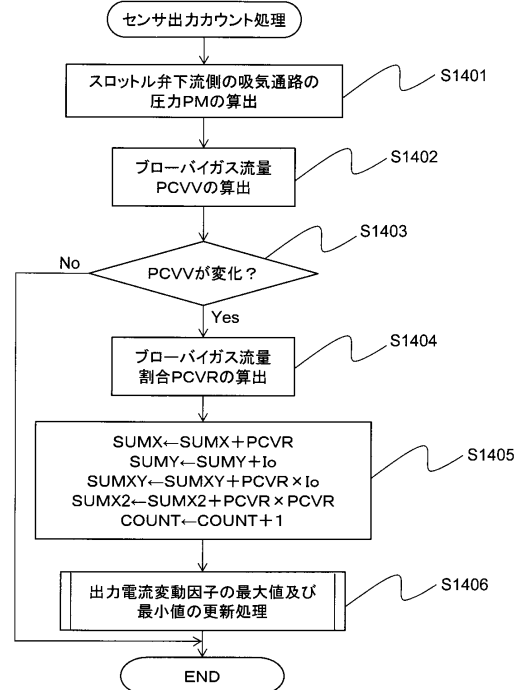
【図 20】

図20



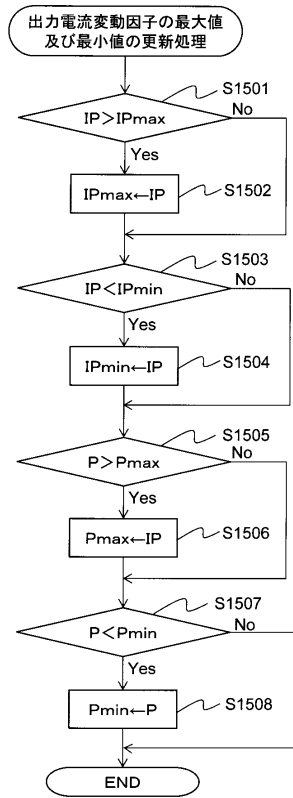
【図 21】

図21



【図 22】

図22



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 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
- (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

審査官 大山 健

- (56)参考文献 特開2013-160156 (JP, A)
特開2003-120436 (JP, A)
特開2007-024581 (JP, A)
特開2001-329904 (JP, A)
特開2008-064007 (JP, A)
米国特許出願公開第2014/0202437 (US, A1)
特開2010-174790 (JP, A)
特開2015-075082 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F02D 41/00-45/00
F01M 13/00