

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-169191

(P2015-169191A)

(43) 公開日 平成27年9月28日 (2015.9.28)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
F O 2 D 45/00 (2006.01)	F O 2 D 45/00 3 6 2 P	3 G 3 8 4
	F O 2 D 45/00 3 6 2 J	
	F O 2 D 45/00 3 6 8 H	
	F O 2 D 45/00 3 6 2 N	

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2014-47264 (P2014-47264)
 (22) 出願日 平成26年3月11日 (2014.3.11)

(71) 出願人 000005348
 富士重工業株式会社
 東京都渋谷区恵比寿一丁目20番8号
 (74) 代理人 100122770
 弁理士 上田 和弘
 (72) 発明者 志波 大樹
 東京都新宿区西新宿一丁目7番2号 富士
 重工業株式会社内
 Fターム(参考) 3G384 AA01 AA06 AA08 CA05 DA42
 EC12 ED04 ED11 FA37Z FA57Z
 FA58Z

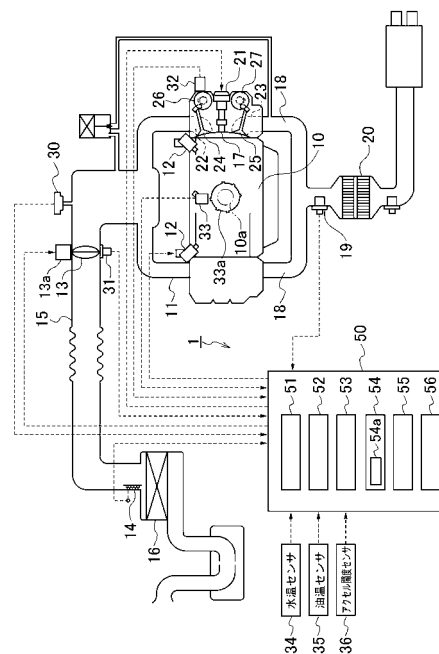
(54) 【発明の名称】 気筒間ばらつき異常検知装置

(57) 【要約】

【課題】経年劣化等により空燃比センサの応答性が悪化した場合であっても、確実に気筒間ばらつき異常を検知することが可能な気筒間ばらつき異常検知装置を提供する。

【解決手段】ECU 50は、エンジン10の回転変動(360°回転差分値)に基づいて気筒間ばらつき異常の有無を判定する回転変動式異常判定部52と、空燃比の変動に基づいて気筒間ばらつき異常の有無を判定する空燃比変動式異常判定部53と、360°回転差分値に含まれる、エンジン10の1燃焼サイクルに相当する周波数成分に基づいて気筒間ばらつき異常の有無を判定する周波数成分式異常判定部55と、回転変動式異常判定部52により異常があると判定され、空燃比変動式異常判定部53により異常がないと判定された場合において、周波数成分式異常判定部55により異常があると判定されたときには、気筒間ばらつき異常であると確定する気筒間ばらつき異常確定部56とを備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

複数の気筒を有するエンジンの気筒間の回転変動を検出する回転変動検出手段と、
前記回転変動検出手段により検出された回転変動に基づいて、気筒間ばらつき異常の有無を判定する回転変動式異常判定手段と、

エンジンの排気ガス中の酸素濃度、未燃ガス濃度から混合気の空燃比を検出する空燃比検出手段と、

前記空燃比検出手段により検出された空燃比の変動に基づいて、気筒間ばらつき異常の有無を判定する空燃比変動式異常判定手段と、

前記回転変動検出手段により検出された回転変動に含まれる、エンジンの燃焼サイクルに応じた特定の周波数成分を抽出する周波数成分抽出手段と、

前記周波数成分抽出手段により抽出された特定の周波数成分に基づいて、気筒間ばらつき異常の有無を判定する周波数成分式異常判定手段と、

前記回転変動式異常判定手段により異常があると判定され、かつ前記空燃比変動式異常判定手段により異常があると判定された場合に、気筒間ばらつき異常であると確定する気筒間ばらつき異常確定手段と、を備え、

前記気筒間ばらつき異常確定手段は、前記回転変動式異常判定手段により異常があると判定され、前記空燃比変動式異常判定手段により異常がないと判定された場合において、前記周波数成分式異常判定手段により異常があると判定されたときには、気筒間ばらつき異常であると確定することを特徴とする気筒間ばらつき異常検知装置。

【請求項 2】

前記気筒間ばらつき異常確定手段は、

前記回転変動式異常判定手段により異常がないと判定された場合には、気筒間ばらつき異常がないと確定し、

前記回転変動式異常判定手段により異常があると判定され、前記空燃比変動式異常判定手段により異常がないと判定された場合において、前記周波数成分式異常判定手段により異常がないと判定されたときには、気筒間ばらつき異常がないと確定する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の気筒間ばらつき異常検知装置。

【請求項 3】

前記回転変動検出手段は、エンジンの気筒毎に $720^\circ / (\text{気筒数} / 2)$ クランク角間の回転角速度を算出し、気筒間の回転角速度差から回転変動を検出することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の気筒間ばらつき異常検知装置。

【請求項 4】

前記周波数成分抽出手段は、エンジンの 1 燃焼サイクルに相当する周波数成分を選択的に通過させるバンドパスフィルタを有し、該バンドパスフィルタによりエンジンの 1 燃焼サイクルに相当する周波数成分を抽出することを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の気筒間ばらつき異常検知装置。

【請求項 5】

前記周波数成分抽出手段は、エンジンがアイドル状態にあるときに、エンジンの 1 燃焼サイクルに相当する周波数成分を抽出することを特徴とする請求項 4 に記載の気筒間ばらつき異常検知装置。

【請求項 6】

前記周波数成分式異常判定手段は、前記周波数成分を 2 乗した値を所定時間積算した値が、所定のしきい値を超えた場合に気筒間ばらつき異常があると判定することを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の気筒間ばらつき異常検知装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、空燃比の気筒間ばらつき異常検知装置に関する。

10

20

30

40

50

【背景技術】

【0002】

従来から、エンジンの排気ガス中に含まれるHC（炭化水素）、CO（一酸化炭素）、NO_x（窒素酸化物）などの有害成分を低減するために、排気浄化触媒（以下、単に「触媒」ともいう）を用いた排気ガスの後処理が行われている。このような触媒として、COとHCの酸化反応とNO_xの還元反応とを同時に行い、無害なCO₂（二酸化炭素）、H₂O（水）、N₂（窒素）に転換する機能を持つ三元触媒が、近年一般的に使用されている。

【0003】

三元触媒では、高い浄化率を得ようとした場合に、混合気の空燃比を理論空燃比（ = 1）近傍の狭い範囲に制御（空燃比フィードバック制御）する必要がある。そのため、このような三元触媒を用いたシステムでは、エンジンの気筒間で空燃比がばらつくると排気エミッションが悪化するおそれがある。なお、北米法規では、このような排気エミッションの悪化要因である空燃比の気筒間ばらつき異常（インバランス故障）を車載状態で検知するように定めている（OBD2：On-Board Diagnostics 2）。

10

【0004】

このような空燃比の気筒間ばらつき異常を検知する手法として、従来から、エンジン回転角速度の変動を利用した回転変動法（例えば特許文献1参照）や、排気浄化触媒の上流に設けた空燃比センサにより検出される混合気の空燃比（A/F）の変動を利用した空燃比（A/F）変動法（例えば特許文献2参照）が知られている。

20

【0005】

ところで、気筒間ばらつき異常には、燃料が多くなる（混合気が濃くなる）リッチ故障と、燃料が少なくなる（混合気が薄くなる）リーン故障とがあるが、上記回転変動法は、リッチ故障に対する感度が低い。そのため、該回転変動法を、リッチ故障に対する感度が高い空燃比変動法と組み合わせること、すなわち、双方で気筒間ばらつき異常であると判定された場合に異常と確定することにより、診断（検知）の精度を高めることも行われている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2012-154300号公報

【特許文献2】特開2012-31774号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、例えば、空燃比センサの経年劣化等により、空燃比センサの応答性が悪化すると、空燃比センサの出力波形の振幅が減少し、気筒間ばらつき異常を検知できなくなるおそれがある。すなわち、気筒間ばらつきが生じているにも拘らず空燃比変動法では正常と誤判定してしまうおそれがある。そうした場合には、回転変動法と空燃比変動法と組み合わせて、双方において気筒間ばらつき異常であると判定された場合に異常と確定する手法では、気筒間ばらつきが生じているにも拘らず正常と誤判定してしまうおそれがある。

40

【0008】

本発明は、上記問題点を解消する為になされたものであり、回転変動法と空燃比変動法とを組み合わせることで気筒間ばらつき異常を検知する気筒間ばらつき異常検知装置において、空燃比センサの経年劣化等により空燃比センサの応答性が悪化した場合であっても、確実に気筒間ばらつき異常を検知することが可能な気筒間ばらつき異常検知装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

50

本願の発明者は、上記の問題点につき鋭意検討を重ねた結果、回転変動を周波数解析することにより、気筒間ばらつき発生時には、正常時と比較して特定の周波数成分が増大するとの知見を得た。

【0010】

そこで、本発明に係る気筒間ばらつき異常検知装置は、複数の気筒を有するエンジンの気筒間の回転変動を検出する回転変動検出手段と、回転変動検出手段により検出された回転変動に基づいて気筒間ばらつき異常の有無を判定する回転変動式異常判定手段と、エンジンの排気ガス中の酸素濃度、未燃ガス濃度から混合気の空燃比を検出する空燃比検出手段と、空燃比検出手段により検出された空燃比の変動に基づいて気筒間ばらつき異常の有無を判定する空燃比変動式異常判定手段と、回転変動検出手段により検出された回転変動に含まれる、エンジンの燃焼サイクルに応じた特定の周波数成分を抽出する周波数成分抽出手段と、周波数成分抽出手段により抽出された特定の周波数成分に基づいて気筒間ばらつき異常の有無を判定する周波数成分式異常判定手段と、回転変動式異常判定手段により異常があると判定され、かつ空燃比変動式異常判定手段により異常があると判定された場合に、気筒間ばらつき異常であると確定する気筒間ばらつき異常確定手段とを備え、該気筒間ばらつき異常確定手段が、回転変動式異常判定手段により異常があると判定され、空燃比変動式異常判定手段により異常がないと判定された場合において、周波数成分式異常判定手段により異常があると判定されたときには、気筒間ばらつき異常であると確定することを特徴とする。

10

【0011】

本発明に係る気筒間ばらつき異常検知装置によれば、回転変動に基づいて気筒間ばらつき異常の有無を判定する回転変動式異常判定手段と、空燃比の変動に基づいて気筒間ばらつき異常の有無を判定する空燃比変動式異常判定手段とに加えて、回転変動に含まれるエンジンの燃焼サイクルに応じた特定の周波数成分に基づいて、気筒間ばらつき異常の有無を判定する周波数成分式異常判定手段を備えている。そして、回転変動式異常判定手段により異常があると判定されたときには、空燃比変動式異常判定手段により異常がないと判定されたとしても、周波数成分式異常判定手段により異常があると判定されれば、気筒間ばらつき異常であると確定する。そのため、空燃比センサの劣化等により該空燃比センサの応答性が悪化し、気筒間ばらつき異常を検知できなくなったとしても（気筒間ばらつきが生じているにも拘らず空燃比変動法では正常と誤判定してしまったとしても）、正確な気筒間ばらつき異常判定を行うことができる。よって、経年劣化等により空燃比センサの応答性が悪化した場合であっても、確実に気筒間ばらつき異常を検知することが可能となる。

20

30

【0012】

一方、本発明に係る気筒間ばらつき異常検知装置では、気筒間ばらつき異常確定手段が、回転変動式異常判定手段により異常がないと判定された場合には、気筒間ばらつき異常がないと確定し、回転変動式異常判定手段により異常があると判定され、空燃比変動式異常判定手段により異常がないと判定された場合において、周波数成分式異常判定手段により異常がないと判定されたときには、気筒間ばらつき異常がないと確定することが好ましい。

40

【0013】

空燃比変動式異常判定手段により異常がないと判定され、かつ、周波数成分式異常判定手段により異常がないと判定されたときには、空燃比センサの劣化はなく（応答性が低下しておらず）、空燃比変動式異常判定手段による判定結果は正しいと推測される。よって、このような場合には、回転変動式異常判定手段により異常があると判定されたとしても、気筒間ばらつき異常が生じていないと確定することにより、誤検知を適切に防止することが可能となる。

【0014】

本発明に係る気筒間ばらつき異常検知装置では、回転変動検出手段が、エンジンの気筒毎に $720^\circ / (\text{気筒数} / 2)$ クランク角間の回転角速度を算出し、気筒間の回転角速度

50

差から回転変動を検出することが好ましい。このようにすれば、気筒間の回転変動を精度よく取得することが可能となる。

【0015】

本発明に係る気筒間ばらつき異常検知装置では、周波数成分抽出手段が、エンジンの1燃焼サイクルに相当する周波数成分を選択的に通過させるバンドパスフィルタを有し、該バンドパスフィルタによりエンジンの1燃焼サイクルに相当する周波数成分を抽出することが好ましい。

【0016】

上述したように、気筒間ばらつき異常発生時には、正常時と比較して特定の周波数成分が増大する。ここで、より詳細には、気筒間ばらつきはエンジンの1燃焼サイクルで変動する特徴がある。よって、この場合、回転変動に含まれるエンジンの1燃焼サイクルに相当する周波数成分を抽出することにより、気筒間ばらつき異常に特有の周波数成分を抽出することができ、精度よく気筒間ばらつき異常の有無を判定することが可能となる。

10

【0017】

本発明に係る気筒間ばらつき異常検知装置では、周波数成分抽出手段が、エンジンがアイドリング状態にあるときに、エンジンの1燃焼サイクルに相当する周波数成分を抽出することが好ましい。

【0018】

上述したように、気筒間ばらつきはエンジンの1燃焼サイクルで変動する特徴があるため、気筒間ばらつきが生じたときに増大する周波数成分はエンジン回転数に依存する。よって、この場合には、エンジンがアイドリング状態にあるとき、すなわち、エンジン回転数が略一定で安定しているときに、エンジンの1燃焼サイクルに相当する周波数成分を抽出することにより、気筒間ばらつき異常発生時に特徴的な周波数成分を的確に抽出することが可能となる。

20

【0019】

本発明に係る気筒間ばらつき異常検知装置では、周波数成分式異常判定手段が、上記周波数成分を2乗した値を所定時間積算した値が、所定のしきい値を超えた場合に気筒間ばらつき異常があると判定することが好ましい。このようにすれば、誤検知を防止しつつ、確実に気筒間ばらつき異常を検知することが可能となる。

【発明の効果】

30

【0020】

本発明によれば、回転変動法と空燃比変動法とを組み合わせる気筒間ばらつき異常を検知する気筒間ばらつき異常検知装置において、空燃比センサの経年劣化等により空燃比センサの応答性が悪化した場合であっても、確実に気筒間ばらつき異常を検知することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】実施形態に係る気筒間ばらつき異常検知装置の構成を示す図である。

【図2】回転変動法による気筒間ばらつき異常検知を説明するための図である。

【図3】空燃比(A/F)変動法による気筒間ばらつき異常検知を説明するための図である。

40

【図4】アイドリング時における360°回転差分値に対する周波数解析結果を示す図である。

【図5】アイドリング時における360°回転差分値の波形を示す図である。

【図6】周波数成分の積算値(診断値)による気筒間ばらつき異常検知を説明するための図である。

【図7】空燃比(A/F)変動法における、空燃比センサの応答性劣化度合と診断値推移との関係を示す図である。

【図8】実施形態に係る気筒間ばらつき異常検知装置による気筒間ばらつき異常検知処理の処理手順を示すフローチャートである。

50

【発明を実施するための形態】**【0022】**

以下、図面を参照して本発明の好適な実施形態について詳細に説明する。なお、図中、同一又は相当部分には同一符号を用いることとする。また、各図において、同一要素には同一符号を付して重複する説明を省略する。

【0023】

まず、図1を用いて、実施形態に係る気筒間ばらつき異常検知装置1の構成について説明する。図1は、気筒間ばらつき異常検知装置1および該気筒間ばらつき異常検知装置1が適用されたエンジン10の構成を示す図である。

【0024】

エンジン10は、例えば水平対向型の4気筒ガソリンエンジンである。また、エンジン10は、シリンダ内(筒内)に燃料を直接噴射する筒内噴射式のエンジンである。エンジン10では、エアクリーナ16から吸入された空気が、吸気管15に設けられた電子制御式スロットルバルブ(以下、単に「スロットルバルブ」ともいう)13により絞られ、インテークマニホールド11を通り、エンジン10に形成された各気筒に吸入される。ここで、エアクリーナ16から吸入された空気の量は、エアクリーナ16とスロットルバルブ13との間に配置されたエアフローメータ14により検出される。また、インテークマニホールド11を構成するコレクター部(サージタンク)の内部には、インテークマニホールド11内の圧力(吸気マニホールド圧力)を検出するバキュームセンサ30が配設されている。さらに、スロットルバルブ13には、該スロットルバルブ13の開度を検出するスロットル開度センサ31が配設されている。

【0025】

シリンダヘッドには、気筒毎に吸気ポート22と排気ポート23とが形成されている(図1では片バンクのみ示した)。各吸気ポート22、排気ポート23それぞれには、該吸気ポート22、排気ポート23を開閉する吸気バルブ24、排気バルブ25が設けられている。吸気バルブ24を駆動する吸気カム軸と吸気カムプリーとの間には、吸気カムプリーと吸気カム軸とを相対回動してクランク軸10aに対する吸気カム軸の回転位相(変位角)を連続的に変更して、吸気バルブ24のバルブタイミング(開閉タイミング)を進遅角する可変バルブタイミング機構26が配設されている。この可変バルブタイミング機構26により吸気バルブ24の開閉タイミングがエンジン運転状態に応じて可変設定される。

【0026】

同様に、排気カム軸と排気カムプリーとの間には、排気カムプリーと排気カム軸とを相対回動してクランク軸10aに対する排気カム軸の回転位相(変位角)を連続的に変更して、排気バルブ25のバルブタイミング(開閉タイミング)を進遅角する可変バルブタイミング機構27が配設されている。この可変バルブタイミング機構27により排気バルブ25の開閉タイミングがエンジン運転状態に応じて可変設定される。

【0027】

エンジン10の各気筒には、シリンダ内に燃料を噴射するインジェクタ12が取り付けられている。インジェクタ12は、高圧燃料ポンプ(図示省略)により加圧された燃料を各気筒の燃焼室内へ直接噴射する。

【0028】

また、各気筒のシリンダヘッドには、混合気に点火する点火プラグ17、及び該点火プラグ17に高電圧を印加するイグナイタ内蔵型コイル21が取り付けられている。エンジン10の各気筒では、吸入された空気とインジェクタ12によって噴射された燃料との混合気が点火プラグ17により点火されて燃焼する。燃焼後の排気ガスは排気管18を通して排出される。

【0029】

本実施形態では、排気管18として、排気を干渉させないようにするために、1番シリンダ(#1)と2番シリンダ(#2)、3番シリンダ(#3)と4番シリンダ(#4)を

10

20

30

40

50

まず合流（集合）させ、その後１本に集合した４－２－１レイアウトを採用した。なお、４－２－１レイアウトに変えて、例えば、４－１レイアウト等を採用してもよい。

【００３０】

排気管１８の集合部の下流かつ後述する排気浄化触媒２０の上流には、空燃比センサ１９が取り付けられている。空燃比センサ１９としては、排気ガス中の酸素濃度、未燃ガス濃度に応じた信号（すなわち混合気の空燃比に応じた信号）を出力でき、空燃比をリニアに検出することができるリニア空燃比センサ（ＬＡＦセンサ）が用いられる。空燃比センサ１９（以下「ＬＡＦセンサ」ともいう）は、特許請求の範囲に記載の空燃比検出手段として機能する。

【００３１】

ＬＡＦセンサ１９の下流には排気浄化触媒２０が配設されている。排気浄化触媒２０は三元触媒であり、排気ガス中の炭化水素（ＨＣ）及び一酸化炭素（ＣＯ）の酸化と、窒素酸化物（ NO_x ）の還元を同時に行い、排気ガス中の有害ガス成分を無害な二酸化炭素（ CO_2 ）、水蒸気（ H_2O ）及び窒素（ N_2 ）に清浄化するものである。

【００３２】

上述したエアフローメータ１４、ＬＡＦセンサ１９、パキュームセンサ３０、スロットル開度センサ３１に加え、エンジン１０のカムシャフト近傍には、エンジン１０の気筒判別を行うためのカム角センサ３２が取り付けられている。また、エンジン１０のクランクシャフト１０ａ近傍には、クランクシャフト１０ａの回転位置を検出するクランク角センサ３３が取り付けられている。ここで、クランクシャフト１０ａの端部には、例えば、２歯欠歯した３４歯の突起が１０°間隔で形成されたタイミングロータ３３ａが取り付けられており、クランク角センサ３３は、タイミングロータ３３ａの突起の有無を検出することにより、クランクシャフト１０ａの回転位置を検出する。カム角センサ３２及びクランク角センサ３３としては、例えば電磁ピックアップ式のものなどが用いられる。

【００３３】

これらのセンサは、電子制御装置（以下「ＥＣＵ」という）５０に接続されている。さらに、ＥＣＵ５０には、エンジン１０の冷却水の温度を検出する水温センサ３４、潤滑油の温度を検出する油温センサ３５、及び、アクセルペダルの踏み込み量すなわちアクセルペダルの開度を検出するアクセルペダル開度センサ３６等の各種センサも接続されている。

【００３４】

ＥＣＵ５０は、演算を行うマイクロプロセッサ、該マイクロプロセッサに各処理を実行させるためのプログラム等を記憶するＲＯＭ、演算結果などの各種データを記憶するＲＡＭ、１２Ｖバッテリーによってその記憶内容が保持されるバックアップＲＡＭ、及び入出力Ｉ／Ｆ等を有して構成されている。また、ＥＣＵ５０は、インジェクタ１２を駆動するインジェクタドライバ、点火信号を出力する出力回路、及び、電子制御式スロットルバルブ１３を開閉する電動モータ１３ａを駆動するモータドライバ等を備えている。

【００３５】

ＥＣＵ５０では、カム角センサ３２の出力から気筒が判別され、クランク角センサ３３の出力から回転角速度およびエンジン回転数が求められる。また、ＥＣＵ５０では、上述した各種センサから入力される検出信号に基づいて、吸入空気量、吸気管負圧、アクセルペダル開度、混合気の空燃比、及びエンジン１０の水温や油温等の各種情報が取得される。そして、ＥＣＵ５０は、取得したこれらの各種情報に基づいて、燃料噴射量や点火時期、及び、スロットルバルブ１３等の各種デバイスを制御することによりエンジン１０を総合的に制御する。

【００３６】

特に、ＥＣＵ５０は、上述した回転変動法と空燃比（Ａ／Ｆ）変動法に加えて、回転差分値に対して周波数処理を施すことにより得られる診断値を用いて気筒間ばらつき異常の検知を行うことにより（周波数成分法という）、経年劣化等によりＬＡＦセンサ１９の応答性が悪化した場合であっても、確実に気筒間ばらつき異常を検知する機能を有している

10

20

30

40

50

。そのため、ECU50は、回転変動検出部51、回転変動式異常判定部52、空燃比変動式異常判定部53、周波数成分抽出部54、バンドパスフィルタ54a、周波数成分式異常判定部55、および気筒間ばらつき異常確定部56を機能的に備えている。ECU50では、ROMに記憶されているプログラムがマイクロプロセッサによって実行されることにより、回転変動検出部51、回転変動式異常判定部52、空燃比変動式異常判定部53、周波数成分抽出部54、バンドパスフィルタ54a、周波数成分式異常判定部55、および気筒間ばらつき異常確定部56の各機能が実現される。

【0037】

回転変動検出部51は、エンジン10の気筒間の回転変動を検出する。すなわち、回転変動検出部51は、特許請求の範囲に記載の回転変動検出手段として機能する。より具体的には、回転変動検出部51は、エンジン10の気筒毎に 360° （ $=720^\circ / (\text{気筒数}4 / 2)$ ）クランク角間の回転角速度を算出し、気筒間（対向気筒間、例えば#1と#2、#3と#4など）の回転角速度差（ 360° 回転差分値）から回転変動を検出する。なお、回転変動検出部51により検出された 360° 回転差分値（回転変動）は、回転変動式異常判定部52に出力される。

10

【0038】

回転変動式異常判定部52は、回転変動検出部51により検出された 360° 回転差分値（回転変動）に基づいて気筒間ばらつき異常の有無を判定する。すなわち、回転変動式異常判定部52は、特許請求の範囲に記載の回転変動式異常判定手段として機能する。

【0039】

より具体的には、回転変動式異常判定部52は、図2に示されるように、 360° 回転差分値（回転変動）が、所定のしきい値を予め定められた回数を超えた場合に、気筒間ばらつき異常が生じていると判定する。なお、図2は、回転変動法による気筒間ばらつき異常検知を説明するための図であり、横軸は時間（sec.）、縦軸は 360° 回転差分値（ $^\circ$ ）である。回転変動式異常判定部52による判定結果（気筒間ばらつき異常の有無）は、気筒間ばらつき異常確定部56に出力される。

20

【0040】

空燃比変動式異常判定部53は、LAFセンサ19により検出された空燃比の変動に基づいて、気筒間ばらつき異常の有無を判定する。すなわち、空燃比変動式異常判定部53は、特許請求の範囲に記載の空燃比変動式異常判定手段として機能する。

30

【0041】

より具体的には、空燃比変動式異常判定部53は、図3に示されるように、LAFセンサ出力（波形、図3（拡大図）の破線参照）を増幅した増幅値（波形、図3（拡大図）の実線参照）と、LAFセンサ出力のなまし値（波形、図3（拡大図）の一点鎖線参照）との差分の面積（図3（拡大図）のハッチング部分参照）を一定時間積算したものを診断値とし（図3（右下）の実線参照）、該診断値がしきい値（図3（右下）の破線参照）を超えたときに気筒間ばらつき異常が生じていると判定する。なお、図3は、空燃比（A/F）変動法による気筒間ばらつき異常検知を説明するための図である。空燃比変動式異常判定部53による判定結果（気筒間ばらつき異常の有無）は、気筒間ばらつき異常確定部56に出力される。

40

【0042】

ところで、 360° 回転差分値の周波数解析を行った結果、気筒間ばらつき発生時には、正常時と比較して特定の周波数成分が増大するとの知見が得られた。ここで、アイドリング時における 360° 回転差分値に対する周波数解析結果（FFT解析結果）を図4に示す。図4（各グラフ）の横軸は周波数（Hz）であり、縦軸はスペクトル強度である。図4（中央および右側のグラフ）に示されるように、アイドリング時に気筒間ばらつきが発生したときには、正常時（図4の左側のグラフ）と比較して、特定の成分が増大することが判明した。

【0043】

そこで、図1に戻り、周波数成分抽出部54は、回転変動検出部51により検出された

50

360°回転差分値に含まれる、エンジン10の燃焼サイクルに応じた特定の周波数成分を抽出する。すなわち、周波数成分抽出部54は、特許請求の範囲に記載の周波数成分抽出手段として機能する。

【0044】

ここで、図5に示されるように、気筒間ばらつき異常(回転変動)は、エンジン10の1燃焼サイクルを1周期として変動する。そのため、抽出する周波数成分(帯域)はエンジン回転数に依存して変化する。よって、より具体的には、周波数成分抽出部54は、エンジン10の1燃焼サイクルに相当する周波数成分を選択的に通過させるバンドパスフィルタ(BPF)54aを有し、該バンドパスフィルタ54aによりエンジンの1燃焼サイクルに相当する周波数成分を抽出する。なお、図5は、アイドリング時における360°回転差分値の波形を示す図である。図5の横軸は時間(sec.)であり、縦軸は360°回転差分値である。

10

【0045】

また、上述したように、抽出する周波数成分(帯域)はエンジン回転数に依存して変化するため、所望する成分をより安定して抽出するために、周波数成分抽出部54では、エンジン10がアイドリング状態にあるときに、エンジンの1燃焼サイクルに相当する周波数成分を抽出することが好ましい。ここで、アイドリング時の回転数を例えば800rpmとした場合、1燃焼サイクルに要する時間は $800\text{rpm} = 400\text{cycle}/\text{min} = 6.667\text{Hz}$ となる。よって、この帯域の周波数成分を抽出するよう通過周波数帯域を設定した。

20

【0046】

また、本実施形態では、バンドパスフィルタ54aとして、例えば、次式(1)で表されるフィルタ出力値算出式を用いた。

$h(0) \sim h(N)$ をフィルタ関数、 $x(n) \sim x(n-N)$ を360°回転差分値、 $y(n)$ をフィルタ出力値とすると

$$y(n) = x(n) * h(0) + x(n-1) * h(1) + \dots + x(n-N) * h(N) \quad \dots (1)$$

なお、周波数成分抽出部54により抽出された(すなわちバンドパスフィルタ54aから出力された)周波数成分は、周波数成分式異常判定部55に出力される。

【0047】

周波数成分式異常判定部55は、周波数成分抽出部54により抽出された周波数成分に基づいて、気筒間ばらつき異常の有無を判定する。すなわち、周波数成分式異常判定部55は、特許請求の範囲に記載の周波数成分式異常判定手段として機能する。

30

【0048】

より具体的には、周波数成分式異常判定部55は、図6に示されるように、上記周波数成分を2乗した値を所定時間積算した値(診断値)が、所定のしきい値を超えた場合に気筒間ばらつき異常が生じていると判定する。ここで、図6は、特定周波数成分の積算値(診断値)による気筒間ばらつき異常検知を説明するための図である。図6の横軸は時間(sec.)、縦軸は診断値(パラメータ)である。また、図6では、気筒間ばらつき異常時のデータを実線で、正常時のデータを一点鎖線でそれぞれ示した。周波数成分式異常判定部55による判定結果(気筒間ばらつき異常の有無)は、気筒間ばらつき異常確定部56に出力される。

40

【0049】

気筒間ばらつき異常確定部56は、回転変動式異常判定部52、空燃比変動式異常判定部53、および周波数成分式異常判定部55それぞれの判定結果に基づいて、気筒間ばらつき異常の有無を確定する。すなわち、気筒間ばらつき異常確定部56は、特許請求の範囲に記載の気筒間ばらつき異常確定手段として機能する。

【0050】

より具体的には、気筒間ばらつき異常確定部56は、回転変動式異常判定部52により異常がないと判定された場合には、気筒間ばらつき異常が発生していないと確定する。一

50

方、気筒間ばらつき異常確定部 5 6 は、回転変動式異常判定部 5 2 により異常があると判定され、かつ空燃比変動式異常判定部 5 3 により異常があると判定された場合に、気筒間ばらつき異常が発生していると確定する。

【 0 0 5 1 】

また、気筒間ばらつき異常確定部 5 6 は、回転変動式異常判定部 5 2 により異常があると判定され、空燃比変動式異常判定部 5 3 により異常がないと判定された場合において、周波数成分式異常判定部 5 5 により異常があると判定されたときには、気筒間ばらつき異常が発生していると確定する。

【 0 0 5 2 】

さらに、気筒間ばらつき異常確定部 5 6 は、回転変動式異常判定部 5 2 により異常があると判定され、空燃比変動式異常判定部 5 3 により異常がないと判定された場合において、周波数成分式異常判定部 5 5 により異常がないと判定されたときには、気筒間ばらつき異常が発生していないと確定する。

【 0 0 5 3 】

ここで、空燃比 (A / F) 変動法における、L A F センサ 1 9 の応答性劣化度合と上記診断値との関係を図 7 に示す。図 7 に示されるように、L A F センサ 1 9 の応答性が悪化すると、気筒間ばらつき異常発生時に特有の周期的な振動の振幅が減少する (又は振動が出力されなくなる) 。その結果、上記診断値の値が小さくなり、気筒間ばらつき異常が生じているにもかかわらず、正常であると誤判定するおそれがある。ここで、L A F センサ 1 9 の劣化度合が大きければセンサ異常 (フェイル) であると認識することができるが、センサ異常 (フェイル) にまでは至らない劣化度合であると、センサ異常 (フェイル) とされず、かつ気筒間ばらつき異常を検知できない領域が生じてしまう。本実施形態は、このような劣化度合のときであっても、気筒間ばらつき異常を確実に検知することを可能とする。

【 0 0 5 4 】

次に、図 8 を参照しつつ、気筒間ばらつき異常検知装置 1 の動作について説明する。図 8 は、気筒間ばらつき異常検知装置 1 による気筒間ばらつき異常検知処理の処理手順を示すフローチャートである。本処理は、E C U 5 0 において、所定のタイミングで繰り返して実行される。

【 0 0 5 5 】

まず、ステップ S 1 0 0 では、エンジン 1 0 の気筒毎に 3 6 0 ° クランク角間の回転角速度が算出され、気筒間 (対向気筒間、例えば # 1 と # 2 、 # 3 と # 4 など) の回転角速度差、すなわち 3 6 0 ° 回転差分値が取得される。

【 0 0 5 6 】

次に、ステップ S 1 0 2 では、ステップ S 1 0 0 で取得された 3 6 0 ° 回転差分値に基づいて、回転変動法による気筒間ばらつき異常が検知されたか否かについての判断が行われる。なお、回転変動法による気筒間ばらつき異常検知方法は上述した通りであるので、ここでは詳細な説明を省略する。ここで、回転変動法による気筒間ばらつき異常が検知された場合には、ステップ S 1 0 6 に処理が移行する。一方、回転変動法による気筒間ばらつき異常が検知されなかったときには、ステップ S 1 0 4 において、気筒間ばらつき異常が生じていないこと (すなわち正常であること) が確定された後、本処理から一旦抜ける。

【 0 0 5 7 】

ステップ S 1 0 6 では、L A F センサ 1 9 により検出された空燃比が読み込まれる。そして、続くステップ S 1 0 8 では、ステップ S 1 0 6 で読み込まれた空燃比の変動に基づいて、空燃比 (A / F) 変動法による気筒間ばらつき異常が検知されたか否かについての判断が行われる。なお、空燃比変動法による気筒間ばらつき異常検知方法は上述した通りであるので、ここでは詳細な説明を省略する。ここで、空燃比変動法による気筒間ばらつき異常が検知されなかった場合には、ステップ S 1 1 0 に処理が移行する。一方、空燃比変動法による気筒間ばらつき異常が検知されたときには、ステップ S 1 1 2 において、気

10

20

30

40

50

筒間ばらつき異常が生じていること（すなわち異常であること）が確定された後、本処理から一旦抜ける。

【0058】

ステップS110では、ステップS100で取得された360°回転差分値に基づいて、周波数成分法による気筒間ばらつき異常が検知されたか否かについての判断が行われる。なお、周波数成分法による気筒間ばらつき異常検知方法は上述した通りであるので、ここでは詳細な説明を省略する。ここで、周波数成分法による気筒間ばらつき異常が検知されなかった場合には、ステップS104において、気筒間ばらつき異常が生じていないこと（すなわち正常であること）が確定された後、本処理から一旦抜ける。一方、周波数成分法による気筒間ばらつき異常が検知されたときには、ステップS112において、気筒間ばらつき異常が生じていること（すなわち異常であること）が確定される。そして、その後、本処理から一旦抜ける。

10

【0059】

以上、詳細に説明したように、本実施形態によれば、360°回転差分値（回転変動）に基づいて気筒間ばらつき異常の有無を判定する回転変動式異常判定部52と、空燃比の変動に基づいて気筒間ばらつき異常の有無を判定する空燃比変動式異常判定部53とに加えて、360°回転差分値（回転変動）に含まれるエンジン10の燃焼サイクルに応じた特定の周波数成分に基づいて、気筒間ばらつき異常の有無を判定する周波数成分式異常判定部55を備えている。そして、回転変動式異常判定部52により異常があると判定されたときには、空燃比変動式異常判定部53により異常がないと判定されたとしても、周波数成分式異常判定部55により異常があると判定されれば、気筒間ばらつき異常であると確定する。そのため、経年劣化等によりLAFセンサ19の応答性が悪化し、気筒間ばらつき異常を検知できなくなったとしても（すなわち気筒間ばらつきが生じているにも拘らず空燃比変動法では正常と誤判定してしまったとしても）、正確な気筒間ばらつき異常判定を行うことができる。よって、経年劣化等によりLAFセンサ19の応答性が悪化した場合であっても、確実に気筒間ばらつき異常を検知することが可能となる。

20

【0060】

ところで、空燃比変動式異常判定部53により異常がないと判定され、かつ、周波数成分式異常判定部55により異常がないと判定されたときには、LAFセンサ19の劣化がなく（応答性が低下しておらず）、空燃比変動式異常判定部53による判定結果は正しい蓋然性が高い。よって、このような場合には、回転変動式異常判定部52により異常があると判定されたとしても、気筒間ばらつき異常が生じていないと確定することにより、誤検知を適切に防止することが可能となる。

30

【0061】

本実施形態によれば、エンジン10の気筒毎に360°クランク角間の回転角速度が算出され、気筒間の回転角速度差（360°回転差分値）から回転変動が検出される。そのため、気筒間の回転変動を精度よく取得することが可能となる。

【0062】

本実施形態によれば、バンドパスフィルタ54aによって360°回転差分値（波形）からエンジン10の1燃焼サイクルに相当する周波数成分が抽出されるため、気筒間ばらつき異常に特有の周波数成分を抽出することができ、精度よく気筒間ばらつき異常の有無を判定することが可能となる。

40

【0063】

また、本実施形態によれば、エンジン10がアイドル状態にあるとき、すなわち、エンジン回転数が略一定で安定しているときに、エンジン10の1燃焼サイクルに相当する周波数成分が抽出されることにより、気筒間ばらつき異常発生時に特徴的な周波数成分を的確に抽出することが可能となる。

【0064】

以上、本発明の実施の形態について説明したが、本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく種々の変形が可能である。例えば、上記実施形態では、本発明を4気筒エン

50

ジンに適用した場合を例にして説明したが、本発明は、2気筒以上のエンジンであれば、4気筒エンジンに限られることなく、適用することができる。また、本発明は、水平対向型のエンジンに限られず、直列型やV型等のエンジンにも適用することができる。

【0065】

上記実施形態では、エンジン10の気筒毎に360°クランク角間の回転角速度を算出し、気筒間（対向気筒間）の回転角速度差（360°回転差分値）を求めたが、回転角速度差を求めるクランク角間隔は360°CAに限られることなく、要件等に応じて任意に設定することができる。また、上記実施形態では、4気筒エンジンの場合を例にして360°に設定したが、4気筒以外のエンジンの場合には、気筒数に応じて（720° / （気筒数 / 2））変更することが好ましい。

10

【0066】

上記実施形態では、バンドパスフィルタ（BPF）54を用いて360°回転差分値からエンジン10の1燃焼サイクルに相当する周波数成分を抽出したが、例えば、FFTを用いた周波数解析により当該周波数のスペクトル強度を取得し、該スペクトル強度に応じて気筒間ばらつき異常の有無を判定する構成とすることもできる。

【0067】

上記実施形態では、本発明を筒内噴射式のエンジンに適用した場合を例にして説明したが、本発明は、ポート噴射式のエンジン等にも適用することができる。

【符号の説明】

【0068】

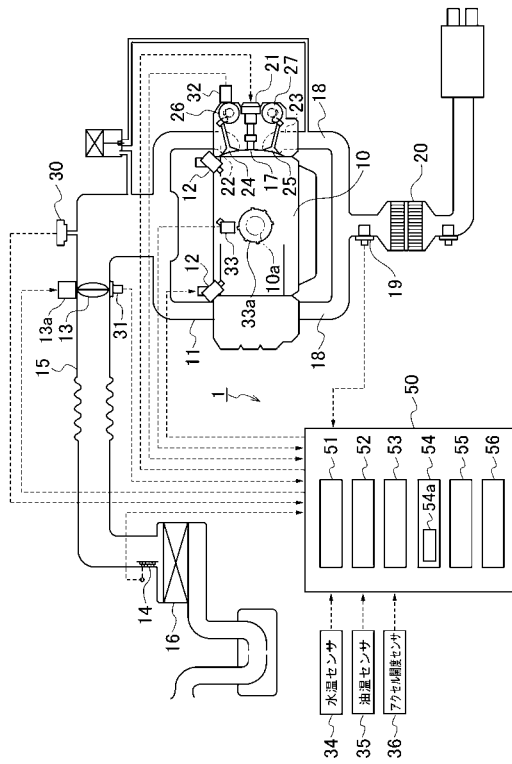
- 1 気筒間ばらつき異常検知装置
- 10 エンジン
- 10a クランクシャフト
- 11 インテークマニホールド
- 12 インジェクタ
- 13 電子制御式スロットルバルブ
- 14 エアフローメータ
- 17 点火プラグ
- 19 空燃比センサ（LAFセンサ）
- 31 スロットル開度センサ
- 32 カム角センサ
- 33 クランク角センサ
- 33a タイミングロータ
- 50 ECU
- 51 回転変動検出部
- 52 回転変動式異常判定部
- 53 空燃比変動式異常判定部
- 54 周波数成分抽出部
- 54a バンドパスフィルタ
- 55 周波数成分式異常判定部
- 56 気筒間ばらつき異常確定部

20

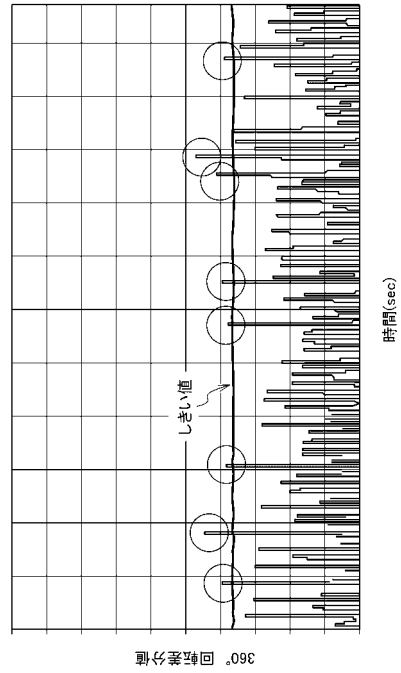
30

40

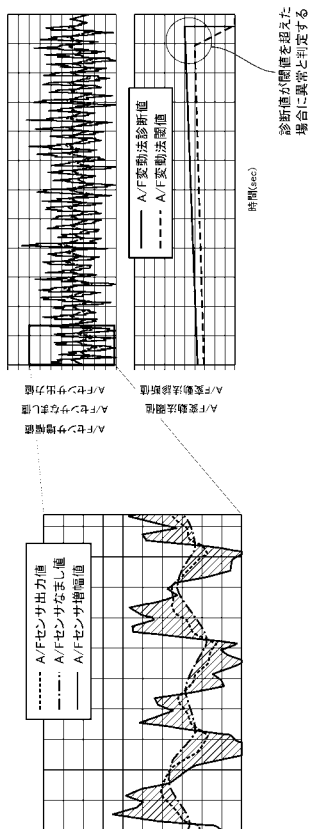
【 図 1 】



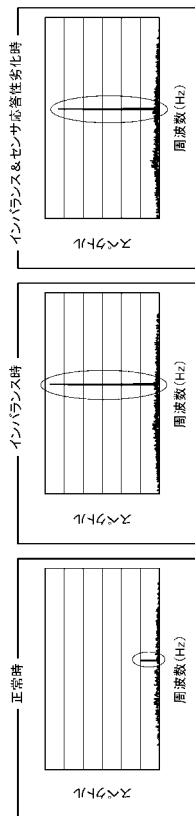
【 図 2 】



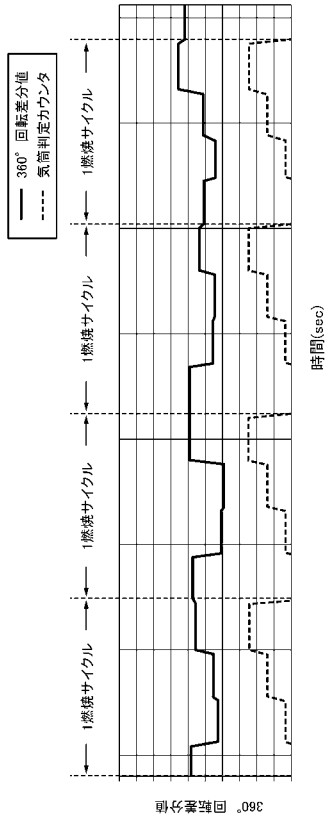
【 図 3 】



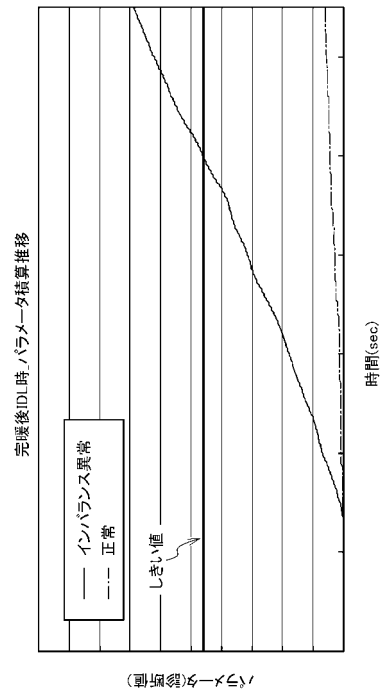
【 図 4 】



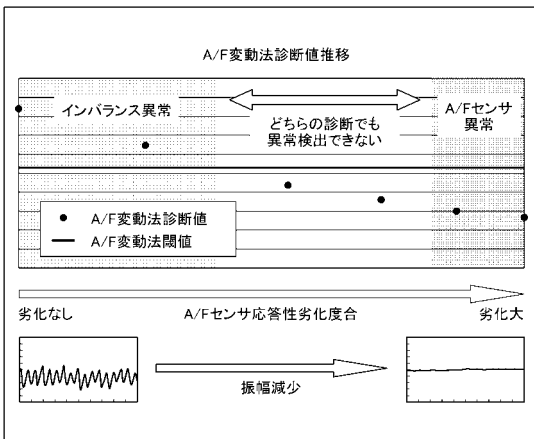
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】

