

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4165751号
(P4165751)

(45) 発行日 平成20年10月15日 (2008.10.15)

(24) 登録日 平成20年8月8日 (2008.8.8)

(51) Int. Cl.

F 1

F O 2 D 45/00 (2006.01)

F O 2 D 45/00 3 6 8 D

G O 1 H 17/00 (2006.01)

F O 2 D 45/00 3 6 8 S

G O 1 M 15/00 (2006.01)

F O 2 D 45/00 3 7 6 B

G O 1 H 17/00 B

G O 1 M 15/00 A

請求項の数 4 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2003-270560 (P2003-270560)
 (22) 出願日 平成15年7月3日 (2003.7.3)
 (65) 公開番号 特開2005-23902 (P2005-23902A)
 (43) 公開日 平成17年1月27日 (2005.1.27)
 審査請求日 平成18年2月14日 (2006.2.14)

(73) 特許権者 000004260
 株式会社デンソー
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
 (73) 特許権者 000003207
 トヨタ自動車株式会社
 愛知県豊田市トヨタ町1番地
 (74) 代理人 100098420
 弁理士 加古 宗男
 (72) 発明者 竹村 優一
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
 社デンソー内
 (72) 発明者 井上 正臣
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
 社デンソー内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内燃機関のノック検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

内燃機関の燃焼状態に応じた波形の信号を出力する燃焼状態検出手段と、
 クランク角に依存する要因と実時間に依存する要因とを考慮して理想的なノック波形を
 算出する理想的ノック波形算出手段と、

前記燃焼状態検出手段の出力信号の波形を前記理想的なノック波形と比較して両者の相
 関性を評価してノックを判定するノック判定手段とを備えた内燃機関のノック検出装置に
 おいて、

前記理想的ノック波形算出手段は、前記クランク角に依存する要因として筒内圧を考慮
 し、前記実時間に依存する要因として、燃焼室内のエネルギー損失と前記燃焼状態検出手
 段のノック周波数成分抽出用のバンドパスフィルタの時定数を考慮して前記理想的なノッ
 ク波形を算出することを特徴とする内燃機関のノック検出装置。

【請求項2】

内燃機関の燃焼状態に応じた波形の信号を出力する燃焼状態検出手段と、
 予め設計者によってクランク角に依存する要因と実時間に依存する要因とを考慮して算
 出された理想的なノック波形を記憶する記憶手段と、

前記燃焼状態検出手段の出力信号の波形を前記理想的なノック波形と比較して両者の相
 関性を評価してノックを判定するノック判定手段とを備えた内燃機関のノック検出装置に
 おいて、

前記理想的なノック波形は、前記クランク角に依存する要因として筒内圧を考慮し、前

10

20

記実時間に依存する要因として、燃焼室内のエネルギー損失と前記燃焼状態検出手段のノック周波数成分抽出用のバンドパスフィルタの時定数を考慮して算出されていることを特徴とする内燃機関のノック検出装置。

【請求項 3】

内燃機関のシリンダブロックの振動に応じた波形の信号を出力するノック振動検出手段と、

内燃機関の構造に依存する要因とクランク角に依存する要因と実時間に依存する要因とを考慮して理想的なノック波形を算出する理想的ノック波形算出手段と、

前記ノック振動検出手段の出力信号の波形を前記理想的なノック波形と比較して両者の相関性を評価してノックを判定するノック判定手段とを備えた内燃機関のノック検出装置において、

10

前記理想的ノック波形算出手段は、前記内燃機関の構造に依存する要因として内燃機関のシリンダブロックの振動伝達特性を考慮し、前記クランク角に依存する要因として筒内圧を考慮し、前記実時間に依存する要因として、燃焼室内のエネルギー損失と前記ノック振動検出手段のノック周波数成分抽出用のバンドパスフィルタの時定数を考慮して前記理想的なノック波形を算出することを特徴とする内燃機関のノック検出装置。

【請求項 4】

内燃機関のシリンダブロックの振動に応じた波形の信号を出力するノック振動検出手段と、

予め設計者によって内燃機関の構造に依存する要因とクランク角に依存する要因と実時間に依存する要因とを考慮して算出された理想的なノック波形を記憶する記憶手段と、

20

前記ノック振動検出手段の出力信号の波形を前記理想的なノック波形と比較して両者の相関性を評価してノックを判定するノック判定手段とを備えた内燃機関のノック検出装置において、

前記理想的なノック波形は、前記内燃機関の構造に依存する要因として内燃機関のシリンダブロックの振動伝達特性を考慮し、前記クランク角に依存する要因として筒内圧を考慮し、前記実時間に依存する要因として、燃焼室内のエネルギー損失と前記ノック振動検出手段のノック周波数成分抽出用のバンドパスフィルタの時定数を考慮して算出されていることを特徴とする内燃機関のノック検出装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内燃機関（エンジン）のノックを検出する内燃機関のノック検出装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

一般に、内燃機関のノック検出装置は、特許文献 1（特公平 6 - 60621 号公報）に示すように、内燃機関のシリンダブロックに、ノック振動を検出するノックセンサを取り付け、このノックセンサの出力信号からノック周波数成分をバンドパスフィルタで抽出し、このノック周波数成分のピーク値をピークホールド回路で検出して、そのピーク値をノック判定レベルと比較してノック判定を行ったり、所定区間のノック周波数成分を積分して、その積分値をノック判定レベルと比較してノック判定を行うようにしたものが多い。

40

【0003】

しかし、ノック振動により顕著に発生する周波数帯域は、常に同じではなく、ノック毎に振動強度が大きくなる周波数帯域が異なる。従って、ノックセンサの出力信号から一つの周波数帯域のみを抽出した場合、他の周波数帯域の振動強度が大きくても、抽出した周波数帯域の振動強度が小さければ、ノックを検出することができない。

【0004】

更に、ノック周波数成分のピーク値又は積分値のみからノック判定を行う場合、電氣的・機械的なノイズがノック周波数成分付近の周波数帯域で発生すると、抽出したノック周

50

波数成分に電氣的・機械的なノイズが重畳して、ノイズをノックと誤判定する可能性がある。

【 0 0 0 5 】

そこで、特許文献 2（特開 2 0 0 1 - 2 2 7 4 0 0 号公報）に示すように、ノック周波数成分のピーク値と振動発生期間との関係からノック判定を行うことが提案されている。

【特許文献 1】特公平 6 - 6 0 6 2 1 号公報（第 4 頁～第 5 頁等）

【特許文献 2】特開 2 0 0 1 - 2 2 7 4 0 0 号公報（第 2 頁～第 3 頁等）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

【 0 0 0 6 】

しかしながら、上記特許文献 2 のように、ノック周波数成分のピーク値と振動発生期間との関係からノック判定を行うと、ノック周波数成分に複数の周波数のノイズが重畳した場合に、ノイズとノックを区別できなくなって、ノックを誤判定する可能性がある。

【 0 0 0 7 】

本発明はこのような事情を考慮してなされたものであり、従ってその目的は、従来にはない独自のノック判定方法で、従来よりも信頼性の高いノック判定を行うことができる内燃機関のノック検出装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

20

上記目的を達成するために、請求項 1 に係る発明は、内燃機関の燃焼状態（例えば燃焼圧力）に応じた波形の信号を出力する燃焼状態検出手段と、クランク角に依存する要因と実時間に依存する要因とを考慮して理想的なノック波形を算出する理想的ノック波形算出手段と、前記燃焼状態検出手段の出力信号の波形を前記理想的なノック波形と比較して両者の相関性を評価してノックを判定するノック判定手段とを備え、前記理想的ノック波形算出手段は、前記クランク角に依存する要因として筒内圧を考慮し、前記実時間に依存する要因として、燃焼室内のエネルギー損失と前記燃焼状態検出手段のノック周波数成分抽出用のバンドパスフィルタの時定数を考慮して前記理想的なノック波形を算出するようにしたものである。例えば、燃焼状態検出手段の出力信号にノイズが重畳すれば、その出力信号の波形が理想的なノック波形と異なってくるため、出力信号の波形と理想的なノック波形との相関性を評価すれば、ノイズをノックと誤判定することを回避することができる。

30

【 0 0 0 9 】

ところで、ノックの現象は、筒内の混合気が点火プラグの着火による火炎伝播を待たずに自己着火して急激に燃焼してしまう現象であるため、ノック発生時には、急激な燃焼により筒内燃焼ガスが振動して筒内圧（燃焼圧力）が振動し、その振動がシリンダブロックに伝わって、それが外部にノック音（カリカリ又はカンカンという音）として聞こえるようになる。このノックの圧力振動の減衰は、膨張行程における筒内圧の減少の影響が大きい。筒内圧は、クランク角（ピストンの位置）に同期して変化し、更に、実時間によっても変化する。このような特性を考慮して、本発明では、理想的なノック波形を、クランク角に依存する要因と実時間に依存する要因とを考慮して算出するようにしている。これにより、理想的なノック波形を精度良く算出することができる。

40

【 0 0 1 0 】

この場合、請求項 1 のように、クランク角に依存する要因として筒内圧を考慮すると良い。上述したように、筒内圧は、クランク角（ピストンの位置）に同期して変化するため、クランク角に依存する要因として筒内圧を用いることができる。

【 0 0 1 1 】

また、請求項 1 のように、実時間に依存する要因として、燃焼室内のエネルギー損失と、燃焼状態検出手段のノック周波数成分抽出用のバンドパスフィルタの時定数を考慮すると良い。ここで、燃焼室内のエネルギー損失は、粘性摩擦損失やシリンダブロックへの伝

50

熱による冷却損失等であり、これらの損失は、実時間に依存して変化するので、実時間に依存する要因として、燃焼室内のエネルギー損失を用いることができる。この燃焼室内のエネルギー損失を理想的なノック波形の形状に組み込むことで、より実際のノック波形に近い理想的なノック波形を求めることができる。また、燃焼状態検出手段のノック周波数成分抽出用のバンドパスフィルタには応答遅れがあり、この応答遅れも実時間に依存する要因となる。バンドパスフィルタの応答遅れ（時定数）によりフィルタ処理後の信号波形が変形するので、このバンドパスフィルタの応答遅れ（時定数）を理想的なノック波形の形状に組み込むことで、フィルタ処理後の理想的なノック波形を精度良く求めることができる。

【 0 0 1 2 】

10

本発明は、車載コンピュータに理想的ノック波形算出手段としての機能を搭載して、内燃機関の運転中に理想的なノック波形を算出するようにしても良いが、請求項 2 のように、予め設計者がクランク角に依存する要因と実時間に依存する要因とを考慮して理想的なノック波形を算出して、その理想的なノック波形を記憶手段に記憶しておき、内燃機関の運転中に、記憶手段に記憶されている理想的なノック波形を読み出してノック判定を行うようにしても良い。この場合も、理想的なノック波形を算出する際に、前記クランク角に依存する要因として筒内圧を考慮し、前記実時間に依存する要因として、燃焼室内のエネルギー損失と前記燃焼状態検出手段のノック周波数成分抽出用のバンドパスフィルタの時定数を考慮すれば、理想的なノック波形を精度良く定めることができる。

【 0 0 1 3 】

20

また、請求項 3 のように、燃焼状態検出手段に代えて、シリンダブロックの振動に応じた波形の信号を出力するノック振動検出手段を設け、このノック振動検出手段の出力信号の波形を理想的なノック波形と比較して両者の相関性を評価してノックを判定するようにしても良い。この場合は、クランク角に依存する要因と実時間に依存する要因の他に、内燃機関の構造に依存する要因も考慮して理想的なノック波形を算出するようにすると良い。シリンダブロックの振動を検出してノック判定を行う場合、各気筒内で発生したノック振動がシリンダブロックに伝わって、シリンダブロックの所定位置に設置されたノック振動検出手段で検出される過程で、内燃機関の振動伝達系の影響を受ける。内燃機関の振動伝達系は、内燃機関の構造と振動検出位置が決まれば決定される。この振動伝達系の影響を考慮して理想的なノック波形を算出すれば、理想的なノック波形を精度良く定めることができ、振動伝達系の影響によるノック判定精度の低下を防ぐことができる。

30

【 0 0 1 4 】

ここで、内燃機関の構造に依存する要因としては、内燃機関のシリンダブロックの振動伝達特性を考慮するようにすると良い（請求項 3）。一般に、ノック振動検出手段は、シリンダブロックに取り付けられるため、内燃機関の構造に依存する要因として、シリンダブロックの振動伝達特性を考慮すれば、内燃機関の構造に依存する要因を理想的なノック波形の形状に精度良く反映させることができる。

【 0 0 1 5 】

ノック振動検出手段を用いる場合も、請求項 3 のように、クランク角に依存する要因として筒内圧を考慮するようにしたり、実時間に依存する要因として、燃焼室内のエネルギー損失と、ノック振動検出手段のノック周波数成分抽出用のバンドパスフィルタの時定数を考慮するようにすると良い。

40

【 0 0 1 6 】

また、請求項 4 のように、予め設計者が内燃機関の構造に依存する要因とクランク角に依存する要因と実時間に依存する要因とを考慮して理想的なノック波形を算出して、その理想的なノック波形を記憶手段に記憶しておき、内燃機関の運転中に、記憶手段に記憶されている理想的なノック波形を読み出してノック判定を行うようにしても良い。このようにすれば、車載コンピュータの演算負荷を軽減することができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

50

【 0 0 1 7 】

以下、本発明の一実施例を図面に基づいて説明する。まず、車両に搭載されたノック検出装置のシステム構成を説明する。本実施例では、エンジン（内燃機関）の燃焼状態に応じた波形の信号を出力する燃焼状態検出手段として、筒内圧（燃焼圧力）を検出する筒内圧センサ 11 が所定の気筒に設けられている。この筒内圧センサ 11 は、点火プラグと一体化したタイプのものを用いても良いし、点火プラグとは別体のセンサ部を燃焼室内に臨ませるように取り付けるタイプのものを用いても良い。この筒内圧センサ 11 の出力信号は、ローパスフィルタ 12 とハイパスフィルタ 13 に入力され、各フィルタ 12, 13 を通過した信号がノック判定回路 15 に入力される。

【 0 0 1 8 】

筒内圧センサ 11 の出力信号には、ピストン運動や混合気の燃焼による筒内圧の変化を示す信号の他に、高周波ノイズも含まれる。この筒内圧センサ 11 の出力信号から筒内圧の変化を正確に抽出するために、ローパスフィルタ 12 が用いられる。このローパスフィルタ 12 のカットオフ周波数は、筒内圧の変化を正確に抽出でき、且つ高周波ノイズを除去できるような周波数に設定することが望ましく、一般的には数 100 ~ 1000 Hz 程度が良い。

【 0 0 1 9 】

また、ハイパスフィルタ 13 は、筒内圧センサ 11 の出力信号からノック発生に起因する圧力振動波形を抽出するのに用いられる。ノックによる圧力波の共振周波数は、エンジンのボア径に依存するが、一般的には 5 kHz 以上の高周波領域で発生する。従って、ノック発生に起因する圧力振動波形を正確に抽出するためには、ハイパスフィルタ 13 のカットオフ周波数は、3 ~ 5 kHz 程度が望ましい。

【 0 0 2 0 】

また、エンジンのシリンダブロックの所定位置には、該シリンダブロックの振動を検出するノック振動検出手段として、ノックセンサ 16 が取り付けられている。このノックセンサ 16 の出力信号は、バンドパスフィルタ 17 を介してノック判定回路 15 に入力される。このバンドパスフィルタ 17 は、ノックセンサ 16 の出力信号からノックに特有の周波数成分（ノック周波数成分）を抽出するのに用いられる。

【 0 0 2 1 】

ノック判定回路 15 は、マイクロコンピュータを主体として構成され、後述する各ルーチンを実行することで、ノックセンサ 16 のバンドパスフィルタ 17 を通過した信号（以下「ノックセンサ信号」という）の波形を理想的なノック波形と比較して両者の相関性を評価してノック判定を行う。

【 0 0 2 2 】

ここで、理想的なノック波形の算出方法を説明する。理想的なノック波形は、クランク角に依存する要因（クランク角依存項 K_{ca} ）と実時間に依存する要因（実時間依存項 K_t ）とエンジン構造に依存する要因（振動伝達関数 G_{cy} ）を考慮して算出する。

【 0 0 2 3 】

ノックは筒内の圧力波の共振現象であり、その圧力波の減衰率は、膨張行程におけるピストン下降による筒内圧の減衰と強い相関がある。従って、膨張行程における筒内圧の減衰形状を基にして理想的なノック波形（以下「理想ノック波形」という）を定め、ノックセンサ信号の波形（以下「検出ノック波形」という）と理想ノック波形との比較演算を行うことで、ノックの検出精度を向上させることができる。また、筒内圧の減衰は、ほぼクランク角を変数として定めることができるため、理想ノック波形を算出する際に、クランク角依存項 K_{ca} として筒内圧の減衰率を用いる。

【 0 0 2 4 】

実時間に依存する要因（実時間依存項 K_t ）は、燃焼室内のエネルギー損失と、バンドパスフィルタ 17 の時定数（応答遅れ）を考慮するものである。ここで、燃焼室内のエネルギー損失は、粘性摩擦損失やシリンダブロックへの伝熱による冷却損失等であり、これらの損失は、実時間に依存して変化するので、実時間に依存する要因として、燃焼室内の

10

20

30

40

50

エネルギー損失を用いることができる。この燃焼室内のエネルギー損失を理想ノック波形の形状に組み込むことで、より実際のノック波形に近い理想ノック波形を求めることができる。また、バンドパスフィルタ１７には応答遅れがあり、この応答遅れも実時間に依存する要因となる。バンドパスフィルタ１７の応答遅れ（時定数）によりフィルタ処理後のノックセンサ信号の波形（検出ノック波形）が変形するので、このバンドパスフィルタ１７の応答遅れ（時定数）を理想ノック波形の形状に組み込むことで、フィルタ処理後の理想ノック波形を精度良く求めることができる。

【００２５】

エンジンの構造に依存する要因（振動伝達関数 G_{cy} ）は、各気筒内で発生したノック振動がシリンダブロックに伝わって、シリンダブロックの所定位置に設置されたノックセンサ１６で検出されるまでの振動伝達系の影響を考慮するものである。この振動伝達系の影響を考慮して理想ノック波形を算出すれば、理想ノック波形を精度良く定めることができ、振動伝達系の影響によるノック判定精度の低下を防ぐことができる。

【００２６】

以下、図２乃至図７の各ルーチンの処理内容を説明する。

〔クランク角依存項算出〕

図２のクランク角依存項算出ルーチンが起動されると、まずステップ１０１で、筒内圧センサ１１の出力信号（以下「筒内圧センサ信号」という）から膨張行程の筒内圧の減衰形状を正確に抽出するために、ローパスフィルタ１２で高周波ノイズを除去した筒内圧センサ信号を読み込んで、膨張行程の筒内圧センサ信号の波形を検出する。

【００２７】

この後、ステップ１０２に進み、膨張行程の筒内圧センサ信号の波形（筒内圧波形）の減衰率を算出し、この減衰率をクランク角依存項 K_{ca} とする。膨張行程における筒内圧波形の減衰率を、理想ノック波形を定める要素のうちのクランク角依存項 K_{ca} とする。筒内圧は、ノック振動が発生する期間（一般には $ATDC\ 20 \sim 90^\circ A$ ）において、クランク角に対して対数的に減衰する。従って、クランク角依存項 K_{ca} は、対数減衰率によって定めることができる。

【００２８】

尚、このクランク角依存項 K_{ca} は、エンジン回転速度や負荷によって少し変化するため、エンジン回転速度・負荷毎にクランク角依存項 K_{ca} を算出するようにしても良い。

〔実時間依存項算出〕

図３の実時間依存項算出ルーチンが起動されると、まずステップ１１１で、筒内圧センサ１１付き気筒でノックを発生させ、次のステップ１１２で、ローパスフィルタ１２で高周波成分（ノック周波数成分）を除去した筒内圧センサ信号を読み込んで、膨張行程の筒内圧センサ信号の波形（筒内圧波形）を検出し、この筒内圧波形の減衰率を算出する（ステップ１１３）。

【００２９】

これと並行して、ステップ１１４で、ハイパスフィルタ１３で低周波成分を除去した筒内圧センサ信号を読み込んで、ノック発生に起因する圧力振動波形を検出し、この圧力振動波形の減衰率を算出する（ステップ１１５）。この圧力振動波形の減衰率には、クランク角に依存する要因（ピストン下降に伴う筒内圧減衰）と、実時間に依存する要因（粘性摩擦等によるエネルギー損失）の両方が含まれる。従って、この圧力振動波形の減衰率からクランク角依存項 K_{ca} を取り除くことで、実時間に依存する要因による減衰率（実時間依存項 K_t ）を求めることができる。

【００３０】

本実施例のノック判定では、ノックに特有の周波数成分を抽出するために、バンドパスフィルタ１７が用いられているため、このバンドパスフィルタ１７の時定数の影響も実時間依存項 K_t に含ませることで、より正確な理想ノック波形を定めることができる（ステップ１１６）。

【００３１】

10

20

30

40

50

〔振動伝達関数算出〕

図4の振動伝達関数算出ルーチンは、ベンチ上でエンジンを運転して実行される。例えば、エンジンの各気筒内にそれぞれ振動源を設け、各気筒の振動源を1気筒ずつ順番にノック周波数と同じ周波数で駆動してノック振動とほぼ同じ振動 $F_{in}(t, f)$ を発生させ（ステップ121）、各気筒毎にノックセンサ信号 $F_{out}(t, f)$ を検出する（ステップ122）。この後、次式により各気筒毎に振動伝達関数 $G_{cy}(f, Cy)$ を算出する（ステップ123）。

$$G_{cy}(f, Cy) = F_{out}(t, f) / F_{in}(t, f)$$

【0032】

〔ノック判定〕

図5のノック判定ルーチンは、例えば点火毎に起動され、特許請求の範囲でいうノック判定手段として機能する。本ルーチンが起動されると、まずステップ201で、ノック判定区間が開始されるまで待機する。この後、ノック判定区間が開始された時点で、ステップ202に進み、ノックセンサ信号を積算し、この積算処理を所定クランク角（例えば5 A）が経過するまで繰り返す（ステップ203）。

【0033】

そして、所定クランク角（例えば5 A）が経過する毎に、ノックセンサ信号の積算値をRAMに記憶し（ステップ204）、ノックセンサ信号を積算するカウンタをリセットして（ステップ205）、再び、ノックセンサ信号を積算する処理を繰り返す。

【0034】

以上のような所定クランク角間隔の積算処理をノック判定区間が終了するまで繰り返す（ステップ206）、ノック判定区間が終了した時点で、後述する図6の理想ノック波形算出ルーチンを実行して、理想ノック波形を算出する（ステップ207）。この後、後述する図7の比較演算ルーチンを実行して（ステップ208）、検出ノック波形と理想ノック波形との比較演算（積和演算）を実行する。そして、この比較演算ルーチンで求められた正規化後の最大補正ノック強度をノック判定値と比較してノックの有無を判定する（ステップ209）。

【0035】

〔理想ノック波形算出〕

図6の理想ノック波形算出ルーチンは、図5のステップ207で起動されるサブルーチンであり、特許請求の範囲でいう理想的ノック波形算出手段として機能する。本ルーチンが起動されると、まずステップ211で、現在のエンジン回転速度と負荷を検出し、次のステップ212で、前記図2のクランク角依存項算出ルーチンで算出したクランク角依存項 K_{ca} のうち、現在のエンジン回転速度と負荷に応じたクランク角依存項 K_{ca} を読み込む。この後、ステップ213に進み、前記図3の実時間依存項算出ルーチンで算出した実時間依存項 K_t を読み込む。

【0036】

この後、ステップ214に進み、現在の点火気筒を判別し、次のステップ215で、前記図4の振動伝達関数算出ルーチンで算出した振動伝達関数 $G_{cy}(f, Cy)$ のうち、現在の点火気筒の振動伝達関数 G_{cy} を読み込む。

【0037】

この後、ステップ216に進み、理想ノック波形を次のようにして算出する。理想ノック波形のうち、振動発生からピークまでの上昇形状を M_{inc} 、ピーク後の減衰形状を M_{dec} 、バンドパスフィルタ17の時定数を T_{fil} 、ピーク後の減衰率のうち、エネルギー損失による減衰率を δ_e 、ピーク後の減衰率のうち、ピストン下降による筒内圧の減衰率を δ_p 、振動発生位置を原点としたときのクランク角を θ 、振動のピーク位置を θ_0 とする。振動発生からピークまでの上昇形状 M_{inc} は、実時間依存項であるバンドパスフィルタ17の時定数 T_{fil} に依存し、次式で表される。

【0038】

$$M_{inc}(t) = 1 - \exp(-t / T_{fil}) \quad \dots \dots (1)$$

ここで、エンジン回転速度を N [rpm] とすると、クランク角 θ [A] と時間 t [

10

20

30

40

50

s e c] との間には、エンジンが等角速度運動をしていると近似すると次式の関係が成立する。

$$\theta = 6 \cdot N \cdot t \quad \dots\dots (2)$$

上記 (1) 式をクランク角 θ の関数に変換すると、次式が得られる。

$$\text{Minc}(\theta) = 1 - \exp\{-\theta / (6 \cdot N \cdot T_{fil})\} \quad \dots\dots (3)$$

【0039】

同様に、ピーク後からの減衰形状は、エネルギー損失による減衰率 δe が実時間依存項となる。クランク角を基準とした減衰率は、 $\delta e / (6N)$ となるので、実時間依存項 K_t は次のようになる。

$\theta = \theta_0$ の時

$$K_t = 1 - \exp\{-\theta / (6 \cdot N \cdot T_{fil})\}$$

$\theta > \theta_0$ の時

$$K_t = \text{Minc}(\theta_0) \cdot [\exp\{-\delta e / (6 \cdot N) \cdot (\theta - \theta_0)\}]$$

【0040】

クランク角依存項 K_{ca} は、ピーク後の減衰形状に影響し、初期値を 1 としたとき、次式で表される。

$$K_{ca} = \exp\{-\delta p \cdot (\theta - \theta_0)\}$$

【0041】

従って、実時間依存項 K_t とクランク角依存項 K_{ca} を合成したモデル波形は次式で表される。

$$\text{Minc}(\theta) = K_t$$

$$= 1 - \exp\{-\theta / (6 \cdot N \cdot T_{fil})\}$$

$$\text{Mdec}(\theta) = K_t \cdot K_{ca}$$

$$= \text{Minc}(\theta_0) \cdot \exp\{-\delta e / (6 \cdot N + \delta p) \cdot (\theta - \theta_0)\}$$

【0042】

エンジンのシリンダブロックの振動を検出してノック判定を行う場合、エンジン構造やノック発生気筒と振動検出位置との関係で定まる振動伝達関数を考慮することで、理想ノック波形をより正確に表現できる。ある気筒 cy に振動が発生した場合の入力 $u(t)$ と出力 $y(t)$ の関係は、次式で表される。

$$y(t) = G_{cy}(t) \cdot u(t)$$

【0043】

実時間依存項と同様、 $t = \theta / 6N$ を用いてクランク角 θ の関数 $G_{cy}(\theta)$ に変換し、実時間依存項、クランク角依存項に乗ずることで、理想ノック波形は次のようになる。

【0044】

$$\text{Minc}(\theta) = G_{cy}(\theta) \cdot K_t$$

$$= G_{cy}(\theta) \cdot [1 - \exp\{-\theta / (6 \cdot N \cdot T_{fil})\}]$$

$$\text{Mdec}(\theta) = G_{cy}(\theta) \cdot K_t \cdot K_{ca}$$

$$= G_{cy}(\theta) \cdot \text{Minc}(\theta_0) \cdot \exp\{-\delta e / (6 \cdot N + \delta p) \cdot (\theta - \theta_0)\}$$

【0045】

[比較演算]

図7の比較演算ルーチンは、図5のステップ208で起動されるサブルーチンである。本ルーチンが起動されると、まずステップ221で、検出ノック波形と理想ノック波形とのスケール調整を行う。この後、ステップ222に進み、検出ノック波形と理想ノック波形とを相関演算（積和演算）して、各周波数成分の補正ノック強度（相互相関値）を算出する。この後、ステップ223に進み、各周波数成分の補正ノック強度の中から、最大補正ノック強度を選択した後、ステップ224に進み、この最大補正ノック強度をノイズ強度で割り算して最大補正ノック強度を正規化する。

【0046】

$$\text{正規化後の最大補正ノック強度} = \text{最大補正ノック強度} / \text{ノイズ強度}$$

以上説明した本実施例によれば、検出ノック波形と理想ノック波形との相関性を評価してノック判定を行うようにしたので、ノイズをノックと誤判定することを回避することができ、ノック判定の信頼性を高めることができる。しかも、理想ノック波形を、クランク角に依存する要因（クランク角依存項 K_{ca} ）と実時間に依存する要因（実時間依存項 K_t ）とエンジン構造に依存する要因（振動伝達関数 G_{cy} ）を考慮して算出するようにしたので、実際のノック波形に近い理想ノック波形を求めることができる。

【0047】

尚、本実施例では、エンジンのシリンダブロックにノックセンサ16を設けたが、このノックセンサ16を省略して、各気筒毎に筒内圧センサ11を設け、各気筒の筒内圧センサ11の出力波形（バンドパスフィルタを通過した検出ノック波形）と理想ノック波形との相関性を評価してノック判定を行うようにしても良い。

10

【0048】

筒内圧センサ11の検出ノック波形からノック判定を行う場合は、エンジン構造に依存する要因（振動伝達関数 G_{cy} ）を考慮する必要がないため、理想ノック波形は、クランク角に依存する要因（クランク角依存項 K_{ca} ）と実時間に依存する要因（実時間依存項 K_t ）のみを考慮して算出すれば良い。この場合、理想ノック波形は、各気筒毎に算出しても良いが、ノックセンサの場合と比較して気筒間のノック波形のばらつきが少ないため、各気筒共通の理想ノック波形を算出するようにしても良い。

【0049】

また、筒内圧センサ11を設けず、ノックセンサ16のみを設けたエンジンに本発明を適用する場合は、設計者がベンチ上でエンジンを運転して、パーソナルコンピュータ等により図2乃至図4の各ルーチンを実行して、クランク角に依存する要因（クランク角依存項 K_{ca} ）と実時間に依存する要因（実時間依存項 K_t ）とエンジン構造に依存する要因（振動伝達関数 G_{cy} ）を算出し、これらを車載コンピュータのROM（不揮発性の記憶手段）に記憶しておき、エンジン運転中に、車載コンピュータにより図6の理想ノック波形算出ルーチンを実行して理想ノック波形を算出する際に、ROMに記憶されたクランク角依存項 K_{ca} 、実時間依存項 K_t 、振動伝達関数 G_{cy} を読み出して、理想ノック波形を算出するようにしても良い。

20

【0050】

或は、設計者がベンチ上で求めたクランク角依存項 K_{ca} 、実時間依存項 K_t 、振動伝達関数 G_{cy} を用いて各気筒毎に理想ノック波形を算出して、その理想ノック波形のデータを車載コンピュータのROM（不揮発性の記憶手段）に記憶しておき、エンジン運転中に、図5のノック判定ルーチンを実行してノック判定を行う際に、ROMに記憶された理想ノック波形のデータの中から、現在の点火気筒の理想ノック波形を読み出して、この理想ノック波形と検出ノック波形との相関性を評価してノック判定を行うようにしても良い。

30

【0051】

尚、筒内圧センサ11の検出ノック波形からノック判定を行うシステムにおいて、予め理想ノック波形を車載コンピュータのROMに記憶しておく場合は、ベンチ上で求めたクランク角依存項 K_{ca} 、実時間依存項 K_t を用いて各気筒共通の理想ノック波形を算出して、この理想ノック波形を車載コンピュータのROMに記憶しておけば良い。勿論、各気筒毎に理想ノック波形を算出してROMに記憶するようにしても良い。

40

【図面の簡単な説明】

【0052】

【図1】本発明の一実施例におけるノック検出装置の概略構成を示すブロック図である。

【図2】クランク角依存項算出ルーチンの処理の流れを示すフローチャートである。

【図3】実時間依存項算出ルーチンの処理の流れを示すフローチャートである。

【図4】振動伝達関数算出ルーチンの処理の流れを示すフローチャートである。

【図5】ノック判定ルーチンの処理の流れを示すフローチャートである。

【図6】理想ノック波形算出ルーチンの処理の流れを示すフローチャートである。

【図7】比較演算ルーチンの処理の流れを示すフローチャートである。

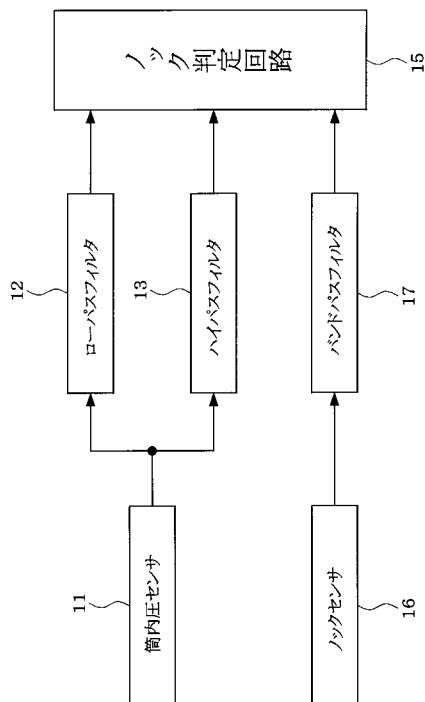
50

【符号の説明】

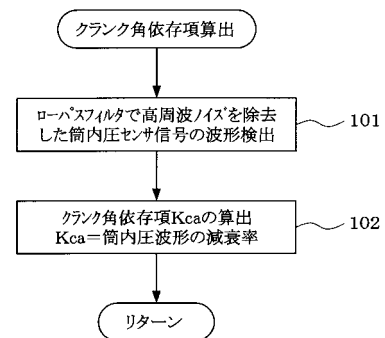
【 0 0 5 3 】

1 1 ... 筒内圧センサ（燃焼状態検出手段）、1 2 ... ローパスフィルタ、1 3 ... ハイパスフィルタ、1 5 ... ノック判定回路（理想的ノック波形算出手段、ノック判定手段）、1 6 ... ノックセンサ（ノック振動検出手段）、1 7 ... バンドパスフィルタ。

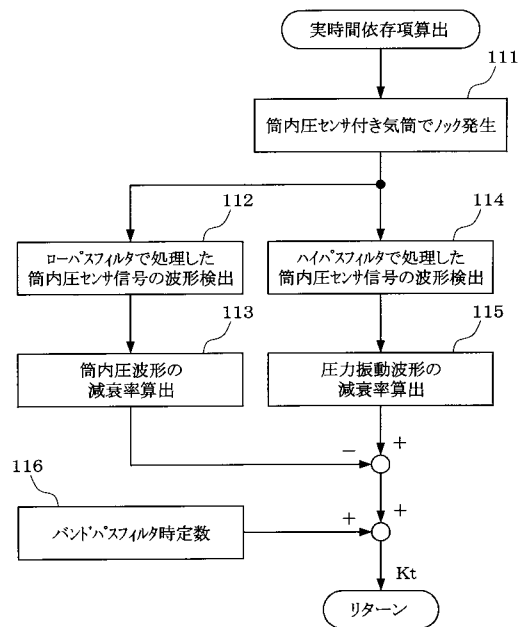
【図 1】



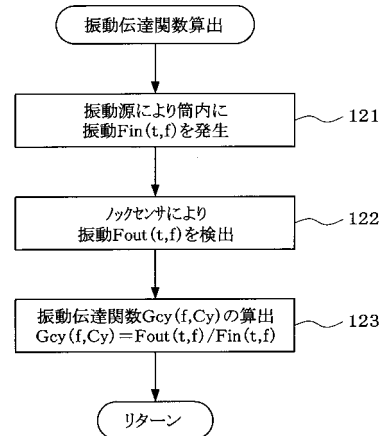
【図 2】



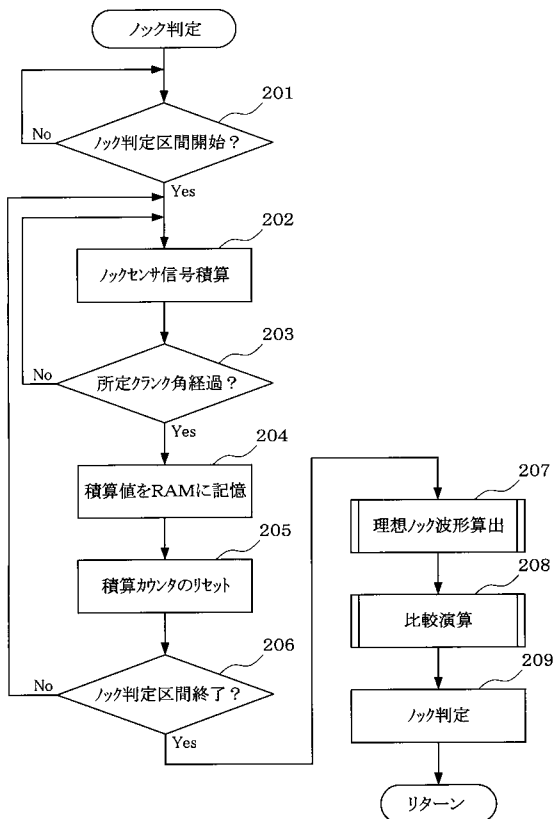
【図 3】



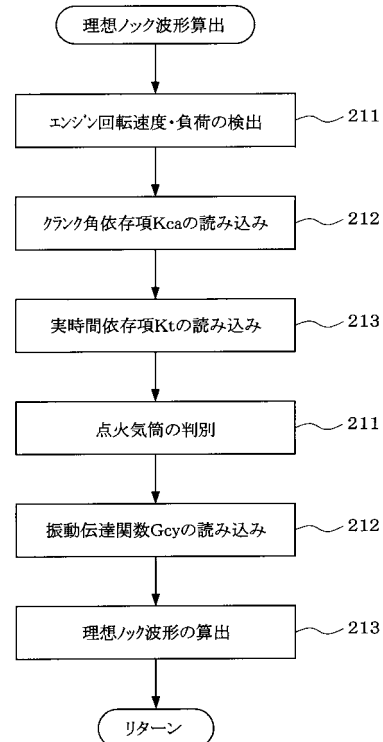
【図 4】



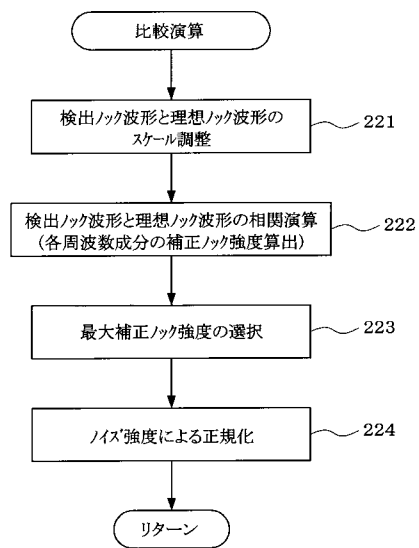
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 笠島 健司
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 高橋 祐介

(56)参考文献 実開昭59-006734(JP,U)
特開平05-322708(JP,A)
特開平04-292553(JP,A)
特開平04-152238(JP,A)
特開2001-227400(JP,A)
特開平02-031567(JP,A)
特開昭63-036046(JP,A)
特開平08-319879(JP,A)
特開2003-314348(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F02D 45/00
G01H 17/00