

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4626564号
(P4626564)

(45) 発行日 平成23年2月9日(2011.2.9)

(24) 登録日 平成22年11月19日(2010.11.19)

(51) Int.Cl.

F O 2 D 45/00 (2006.01)

F I

F O 2 D 45/00 3 6 2 K

F O 2 D 45/00 3 6 4 A

請求項の数 10 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2006-131411 (P2006-131411)
 (22) 出願日 平成18年5月10日 (2006.5.10)
 (65) 公開番号 特開2007-303331 (P2007-303331A)
 (43) 公開日 平成19年11月22日 (2007.11.22)
 審査請求日 平成20年6月30日 (2008.6.30)

(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
 (74) 代理人 100121821
 弁理士 山田 強
 (72) 発明者 中田 謙一郎
 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 石塚 康治
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
 社デンソー内
 審査官 有賀 信

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内燃機関の制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

内燃機関のクランク軸の回転と同期して回転する回転体に単位角度毎に等間隔に設けられた被検出部を検出するクランク角センサの出力に基づき、前記クランク軸の単位角度の回転に要する時間を検出する機能を有する内燃機関の制御装置において、

前記クランク軸の所望の角度領域の回転に要する時間である第1所要時間を検出する手段と、

前記所望の角度領域と異なる領域の回転に要する時間である第2所要時間を検出する手段と、

前記異なる領域内の各単位角度の回転に要する時間である複数の単位所要時間を検出する手段と、

前記第1所要時間及び前記第2所要時間の相違に基づき前記複数の単位所要時間を前記所望の角度領域内の各単位角度の回転に要する時間相当に変換することで、前記所望の角度領域内の各単位角度の回転に要する時間を推定する推定手段とを備えることを特徴とする内燃機関の制御装置。

【請求項2】

前記推定手段は、前記第2所要時間に対する前記第1所要時間の比だけ前記単位所要時間を拡大又は縮小した値を、前記所望の角度領域の各単位時間の回転に要する時間の推定値とすることを特徴とする請求項1記載の内燃機関の制御装置。

【請求項3】

前記推定手段は、前記第1所要時間に基づき前記所望の角度領域における単位角度あたりの回転に要する時間の平均値を算出する手段と、前記第2所要時間に基づき前記異なる領域における単位角度あたりの回転に要する時間の平均値を算出する手段と、前記異なる領域に関する前記平均値に対する前記単位所要時間のそれぞれの比を算出する手段と、前記所望の角度領域に関する前記平均値と前記比との積を、前記所望の角度領域の各単位角度の回転に要する時間の推定値とする手段とを備えることを特徴とする請求項2記載の内燃機関の制御装置。

【請求項4】

前記内燃機関は、気筒数が「3」以上の多気筒内燃機関であって、

前記所望の角度領域と前記異なる領域とは、互いに等しい角度間隔を有するものであり

10

前記異なる領域の中央値と1の気筒の圧縮上死点との角度間隔が、前記所望の角度領域の中央値と前記1の気筒とは異なる気筒の圧縮上死点との角度間隔と等しく設定されてなることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の内燃機関の制御装置。

【請求項5】

前記内燃機関は、気筒数が「3」以上の多気筒内燃機関であって、

前記異なる領域が前記所望の角度領域と「 $720 \div n \text{ } ^\circ \text{ CA}$ (n:気筒数)」だけ離れた領域であることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の内燃機関の制御装置。

【請求項6】

前記回転体が、互いに等間隔に形成される複数の被検出部間にあつて該被検出部の規則的な配置を変則的に変更した基準被検出部を備えるものであり、

20

前記所望の角度領域が、前記基準被検出部及び該基準被検出部に隣接する一对の被検出部を含む領域であることを特徴とする請求項1～5のいずれかの記載の内燃機関の制御装置。

【請求項7】

前記クランク軸の各単位角度の回転に要する時間を逐次検出する手段と、

該手段による検出にかかる処理の中断の有無を監視する監視手段とを更に備え、

該監視手段により中断が検出されるとき、前記中断がなされる角度領域を前記所望の角度領域とすることを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載の内燃機関の制御装置。

【請求項8】

30

前記内燃機関の出力軸の回転速度の検出値を前記内燃機関の燃焼周波数に基づき設定した単一の周波数にてフィルタ処理して瞬時トルク相当値を算出するフィルタ処理手段と、前記フィルタ処理手段によって算出される瞬時トルク相当値に基づき前記内燃機関の燃料噴射弁の噴射特性を学習する学習手段とを更に備え、

前記フィルタ処理手段は、前記推定手段によって推定された時間に基づき算出される回転速度を用いることを特徴とする請求項1～7のいずれかに記載の内燃機関の制御装置。

【請求項9】

内燃機関のクランク軸の回転と同期して回転する回転体に単位角度毎に等間隔に設けられた被検出部及び該被検出部の規則的な配置を変則的に変更した基準被検出部を検出するクランク角センサの出力に基づき、前記クランク軸の単位角度の回転に要する時間を検出する機能を有する内燃機関の制御装置において、

40

前記基準被検出部及びこれに隣接する一对の被検出部を含む第1角度領域の回転に要する時間である第1所要時間を検出する手段と、

前記第1角度領域と異なる第2角度領域の回転に要する時間である第2所要時間を検出する手段と、

前記第2角度領域内の各単位角度の回転に要する時間である複数の単位所要時間を検出する手段と、

前記第1所要時間及び前記第2所要時間の相違に基づき前記複数の単位所要時間を前記第1角度領域内の各単位角度の回転に要する時間相当に変換することで、前記第1角度領域内の各単位時間の回転に要する時間を推定する推定手段とを備えることを特徴とする内

50

燃機関の制御装置。

【請求項 10】

内燃機関のクランク軸の回転と同期して回転する回転体に単位角度毎に等間隔に設けられた被検出部を検出するクランク角センサの出力に基づき、前記クランク軸の単位角度の回転に要する時間を算出する機能を有する内燃機関の制御装置において、

前記クランク軸の各単位角度の回転に要する時間を逐次検出する手段と、

該手段による検出の中断の有無を監視する監視手段と、

該監視手段により中断が検出されるとき、該中断のなされる角度領域内の各単位角度の回転に要する時間を推定する手段とを備え、

前記推定する手段は、前記中断のなされる角度領域の回転に要する時間である第 1 所要時間を検出する手段と、前記中断のなされる角度領域とは異なる領域の回転に要する時間である第 2 所要時間を検出する手段と、前記異なる領域内の各単位角度の回転に要する時間である複数の単位所要時間を検出する手段と、前記第 1 所要時間及び前記第 2 所要時間の相違に基づき前記複数の単位所要時間を前記中断のなされる角度領域内の各単位角度の回転に要する時間相当に変換することで、前記中断のなされる角度領域内の各単位時間の回転に要する時間を推定する手段とを備えることを特徴とする内燃機関の制御装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内燃機関のクランク軸の回転と同期して回転する回転体に単位角度毎に等間隔に設けられた被検出部を検出するクランク角センサの出力に基づき、前記クランク軸の単位角度の回転に要する時間を検出する機能を有する内燃機関の制御装置に関する。

20

【背景技術】

【0002】

車載内燃機関のクランク軸の回転に要する時間を算出するべく、クランク軸に設けられたロータ上に等間隔で形成された複数の歯部（被検出部）を、クランク角センサによって検出することが周知である。具体的には、ロータに近接して設けられるクランク角センサとロータの歯部との位置関係が規則的に変化することに起因してクランク角センサ及びロータ間の磁束が規則的に変化することに着目し、この規則的な磁束変化によってロータの歯部の回転を検出する。

30

【0003】

上記ロータには、通常、クランク軸の回転角度の基準位置を検出するため、上記歯部の配置を変則的に変更したいわゆる欠け歯部が設けられている。このため、クランク軸の回転に伴いクランク角センサ及びロータ間の磁束が規則的に変化する際、クランク角センサと欠け歯部とが近接するときには、上記磁束変化の規則性が乱される。この磁束変化の規則性の乱れに基づき、クランク軸の回転角度の基準位置を検出することができる。

【0004】

ただし、欠け歯部近傍においては、磁束変化の規則性が乱されることから、その回転角度を高精度に検出することができない。したがって、クランク角センサの検出値に基づき内燃機関を制御したのでは、クランク軸の回転角度についての精度のよい情報に基づく制御とならないため、その制御性が低下し、排気特性の悪化やドライバビリティの低下につながるおそれがある。ちなみに、クランク軸の回転角度に基づく内燃機関の制御装置としては、例えば下記特許文献 1 に記載されたものがある。

40

【0005】

なお、上記欠け歯部を有する角度領域に限らず、例えばクランク軸の回転に要する時間の検出が一時的に不能となる領域等、一般に、回転に要する時間の検出が適切に行われない領域にあっては、内燃機関の制御性が低下するこうした実情も概ね共通したものとなっている。

【特許文献 1】特開 2005 - 48644 号公報

【発明の開示】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、その目的は、クランク軸の回転に要する時間の検出が適切に行われない領域が生じる場合であれ、内燃機関の制御性を高く維持することのできる内燃機関の制御装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

以下、上記課題を解決するための手段、及びその作用効果について記載する。

【0008】

請求項1記載の発明は、前記クランク軸の所望の角度領域の回転に要する時間である第1所要時間を検出する手段と、前記所望の角度領域と異なる領域の回転に要する時間である第2所要時間を検出する手段と、前記異なる領域内の各単位角度の回転に要する時間である複数の単位所要時間を検出する手段と、前記第1所要時間及び前記第2所要時間の相違に基づき前記複数の単位所要時間を前記所望の角度領域内の各単位角度の回転に要する時間相当に変換することで、前記所望の角度領域内の各単位角度の回転に要する時間を推定する推定手段とを備えることを特徴とする。

10

【0009】

上記構成において、所望の角度領域内の回転変動の傾向は、上記異なる領域の各単位角度の回転に要する時間である単位所要時間と相関を有する。ただし、所望の角度領域内の各単位角度の回転に要する時間そのものは、異なる領域の各単位角度の回転に要する時間と相違し得る。この違いは、所望の角度領域の回転に要する時間である第1所要時間と上記異なる領域の回転に要する時間である第2所要時間との相違となる。上記構成では、この点に鑑み、各単位所要時間によって把握される所望の角度領域内の回転変動について、その各単位角度の回転に要する時間の大きさを、第1所要時間と第2所要時間との相違に基づき把握する。すなわち、第1所要時間と第2所要時間との相違に基づき上記各単位所要時間を第1所要時間内の各単位角度の回転に要する時間相当に変換する。そして、この変換後の値を、所望の角度領域内の各単位角度の回転に要する時間として推定することができる。

20

【0010】

請求項2記載の発明は、請求項1記載の発明において、前記推定手段は、前記第2所要時間に対する前記第1所要時間の比だけ前記単位所要時間を拡大又は縮小した値を、前記所望の角度領域の各単位時間の回転に要する時間の推定値とすることを特徴とする。

30

【0011】

上記構成では、第2所要時間に対する第1所要時間の比だけ単位所要時間を拡大又は縮小した値を上記推定値とすることで、これら推定値の合計を第1所要時間と一致させることができる。

【0012】

請求項3記載の発明は、請求項2記載の発明において、前記推定手段は、前記第1所要時間に基づき前記所望の角度領域における単位角度あたりの回転に要する時間の平均値を算出する手段と、前記第2所要時間に基づき前記異なる領域における単位角度あたりの回転に要する時間の平均値を算出する手段と、前記異なる領域に関する前記平均値に対する前記単位所要時間のそれぞれの比を算出する手段と、前記所望の角度領域に関する前記平均値と前記比との積を、前記所望の角度領域の各単位角度の回転に要する時間の推定値とする手段とを備えることを特徴とする。

40

【0013】

上記構成では、第2所要時間に対する第1所要時間の比によって上記単位所要時間を拡大又は縮小した値を得ることができる。

【0014】

請求項4記載の発明は、請求項1～3のいずれかに記載の発明において、前記内燃機関は、気筒数が「3」以上の多気筒内燃機関であって、前記所望の角度領域と前記異なる領

50

域とは、互いに等しい角度間隔を有するものであり、前記異なる領域の中央値と1の気筒の圧縮上死点との角度間隔が、前記所望の角度領域の中央値と前記1の気筒とは異なる気筒の圧縮上死点との角度間隔と等しく設定されてなることを特徴とする。

【0015】

上記構成では、所望の角度領域の回転変動傾向と、上記異なる領域の回転変動傾向とを近似させることができるため、上記単位所要時間に基づき、所望の角度領域内の各単位角度の回転に要する時間を高精度に推定することができる。

【0016】

請求項5記載の発明は、請求項1～4のいずれかに記載の発明において、前記内燃機関は、気筒数が「3」以上の多気筒内燃機関であって、前記異なる領域が前記所望の角度領域と「 $720 \div n \text{ } ^\circ \text{ CA}$ (n:気筒数)」だけ離間した領域であることを特徴とする。

10

【0017】

上記構成では、例えば各気筒間の各運転工程が4ストローク内に均等に振り分けられた多気筒内燃機関においては、所望の角度領域の回転変動傾向と、上記異なる領域の回転変動傾向とを近似させることができるため、上記単位所要時間に基づき、所望の角度領域内の各単位角度の回転に要する時間を高精度に推定することができる。

【0019】

請求項6記載の発明は、請求項1～5のいずれかの記載の発明において、前記回転体が、互いに等間隔に形成される複数の被検出部間であって該被検出部の規則的な配置を変則的に変更した基準被検出部を備えるものであり、前記所望の角度領域が、前記基準被検出部及び該基準被検出部に隣接する一対の被検出部を含む領域であることを特徴とする。

20

【0020】

上記構成では、基準被検出部においては、クランク角センサの出力に基づき単位角度を検出することができない。しかも、基準被検出部及びこれに隣接する被検出部間のクランク角センサによる検出信号は、基準被検出部の影響により、互いに隣接する一対の被検出部間の検出信号とは相違する傾向にある。このため、これら基準被検出部及びこれと隣接する一対の被検出部からなる領域においては、単位角度を適切に検出することができない。この点、上記構成によれば、上記適切に検出することのできない領域を含む領域を所望の角度領域とすることで、この領域においても単位角度の回転に要する時間として適切な時間を取得することができる。

30

【0021】

請求項7記載の発明は、請求項1～5のいずれかに記載の発明において、前記クランク軸の各単位角度の回転に要する時間を逐次検出する手段と、該手段による検出にかかる処理の中断の有無を監視する監視手段とを更に備え、該監視手段により中断が検出されるとき、前記中断がなされる角度領域を前記所望の角度領域とすることを特徴とする。

【0022】

上記構成では、各単位角度の回転に要する時間を逐次検出する。しかし、例えば当該制御装置における演算負荷が一時的に過大となったり、ノイズが混入したりすると、検出にかかる処理が中断されるおそれがある。この点、上記構成では、検出にかかる処理の中断の有無を監視し、中断が検出されるときには、中断がなされた角度領域(単位角度の2倍以上の領域)を所望の角度領域とすることで、この領域においても単位角度の回転に要する時間を取得することができる。

40

【0023】

請求項8記載の発明は、請求項1～7のいずれかに記載の発明において、前記内燃機関の出力軸の回転速度の検出値を前記内燃機関の燃焼周波数に基づき設定した単一の周波数にてフィルタ処理して瞬時トルク相当値を算出するフィルタ処理手段と、前記フィルタ処理手段によって算出される瞬時トルク相当値に基づき前記内燃機関の燃料噴射弁の噴射特性を学習する学習手段とを更に備え、前記フィルタ処理手段は、前記推定手段によって推定された時間に基づき算出される回転速度を用いることを特徴とする。

【0024】

50

上記学習手段による学習を高精度に行なうためには、回転速度の検出値を極力小さい角度間隔毎にサンプリングすることが望まれる。この点、上記構成によれば、推定手段を用いることで、基準被検出部の存在や、単位角度の回転に要する時間の検出処理の中断にかかわらず、単位角度毎に回転速度を取得することができる。

【 0 0 2 5 】

請求項 9 記載の発明は、前記基準被検出部及びこれに隣接する一対の被検出部を含む第 1 角度領域の回転に要する時間である第 1 所要時間を検出する手段と、前記第 1 角度領域と異なる第 2 角度領域の回転に要する時間である第 2 所要時間を検出する手段と、前記第 2 角度領域内の各単位角度の回転に要する時間である複数の単位所要時間を検出する手段と、前記第 1 所要時間及び前記第 2 所要時間の相違に基づき前記複数の単位所要時間を前記第 1 角度領域内の各単位角度の回転に要する時間相当に変換することで、前記第 1 角度領域内の各単位時間の回転に要する時間を推定する推定手段とを備えることを特徴とする。

10

【 0 0 2 6 】

上記構成では、基準被検出部においては、クランク角センサの出力に基づき単位角度を検出することができない。しかも、基準被検出部及びこれに隣接する被検出部間のクランク角センサによる検出信号は、基準被検出部の影響により、互いに隣接する一対の被検出部間の検出信号とは相違する傾向にある。このため、これら基準被検出部及びこれと隣接する一対の被検出部からなる領域においては、単位角度を適切に検出することができない。この点、上記構成によれば、上記適切に検出することのできない領域を含む領域を第 1 角度領域として、推定手段により、この領域においても単位角度の回転に要する時間を取得することができる。

20

【 0 0 2 7 】

すなわち、第 1 角度領域内の回転変動の傾向は、第 2 角度領域の各単位角度の回転に要する時間である単位所要時間と相関を有する。ただし、第 1 角度領域内の各単位角度の回転に要する時間そのものは、第 2 角度領域の各単位角度の回転に要する時間と相違し得る。この違いは、第 1 角度領域の回転に要する時間である第 1 所要時間と第 2 角度領域の回転に要する時間である第 2 所要時間との相違となる。上記構成では、この点に鑑み、各単位所要時間によって把握される第 1 角度領域内の回転変動について、その各単位角度の回転に要する時間の大きさを、第 1 所要時間と第 2 所要時間との相違に基づき把握する。すなわち、第 1 所要時間と第 2 所要時間との相違に基づき上記各単位所要時間を第 1 所要時間内の各単位角度の回転に要する時間相当に変換する。そして、この変換後の値を、第 1 角度領域内の各単位角度の回転に要する時間として推定することができる。

30

【 0 0 2 8 】

請求項 10 記載の発明は、内燃機関のクランク軸の回転と同期して回転する回転体に単位角度毎に等間隔に設けられた被検出部を検出するクランク角センサの出力に基づき、前記クランク軸の単位角度の回転に要する時間を算出する機能を有する内燃機関の制御装置において、前記クランク軸の各単位角度の回転に要する時間を逐次検出する手段と、該手段による検出の中断の有無を監視する監視手段と、該監視手段により中断が検出されるとき、該中断のなされる角度領域内の各単位角度の回転に要する時間を推定する手段とを備え、前記推定する手段は、前記中断のなされる角度領域の回転に要する時間である第 1 所要時間を検出する手段と、前記中断のなされる角度領域とは異なる領域の回転に要する時間である第 2 所要時間を検出する手段と、前記異なる領域内の各単位角度の回転に要する時間である複数の単位所要時間を検出する手段と、前記第 1 所要時間及び前記第 2 所要時間の相違に基づき前記複数の単位所要時間を前記中断のなされる角度領域内の各単位角度の回転に要する時間相当に変換することで、前記中断のなされる角度領域内の各単位時間の回転に要する時間を推定する手段とを備えることを特徴とする。

40

【 0 0 2 9 】

上記構成では、各単位角度の回転に要する時間を逐次検出する。しかし、例えば当該制御装置における演算負荷が一時的に過大となったり、ノイズが混入したりすると、検出に

50

かかる処理が中断されるおそれがある。この点、上記構成では、検出にかかる処理の中断の有無を監視し、中断が検出されるときには推定手段を用いることで、中断がなされた角度領域（単位角度の2倍以上の領域）においても単位角度の回転に要する時間を取得することができる。

【0030】

すなわち、中断のなされる角度領域内の回転変動の傾向は、上記異なる領域の各単位角度の回転に要する時間である単位所要時間と相関を有する。ただし、中断のなされる角度領域内の各単位角度の回転に要する時間そのものは、異なる領域の各単位角度の回転に要する時間と相違し得る。この違いは、中断のなされる角度領域の回転に要する時間である第1所要時間と上記異なる領域の回転に要する時間である第2所要時間との相違となる。上記構成では、この点に鑑み、各単位所要時間によって把握される中断のなされる角度領域内の回転変動について、その各単位角度の回転に要する時間の大きさを、第1所要時間と第2所要時間との相違に基づき把握する。すなわち、第1所要時間と第2所要時間との相違に基づき上記各単位所要時間を第1所要時間内の各単位角度の回転に要する時間相当に変換する。そして、この変換後の値を、中断のなされる角度領域内の各単位角度の回転に要する時間として推定することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0031】

（第1の実施形態）

以下、本発明にかかる内燃機関の制御装置をディーゼル機関の燃料噴射制御装置に適用した第1の実施形態について、図面を参照しつつ説明する。

【0032】

図1に、本実施形態にかかるエンジンシステムの全体構成を示す。

【0033】

図示されるように、燃料タンク2内の燃料は、燃料フィルタ4を介して燃料ポンプ6によって汲み上げられる。この燃料ポンプ6は、ディーゼル機関の出力軸であるクランク軸8から動力を付与されて燃料を吐出するものである。詳しくは、燃料ポンプ6は、吸入調量弁10を備えている。吸入調量弁10は、吸入される燃料量を調節することで燃料ポンプ6から吐出される燃料量を調節するものである。すなわち、この吸入調量弁10が操作されることで、外部に吐出される燃料量が決定される。また、燃料ポンプ6は、いくつかのプランジャを備えており、これらプランジャが上死点及び下死点間を往復運動することで、燃料が吸入及び吐出される。

【0034】

燃料ポンプ6から吐出される燃料は、コモンレール12に加圧供給（圧送）される。コモンレール12は、燃料ポンプ6から圧送された燃料を高圧状態で蓄え、これを高圧燃料通路14を介して各気筒（ここでは、4気筒を例示）の燃料噴射弁16に供給する。なお、燃料噴射弁16は、低圧燃料通路18を介して燃料タンク2と接続されている。

【0035】

上記エンジンシステムは、コモンレール12内の燃圧を検出する燃圧センサ20や、クランク軸8に設けられたロータ9の回転に基づきクランク軸8の回転角度を検出するクランク角センサ22等、ディーゼル機関の運転状態を検出する各種センサを備えている。更に、エンジンシステムは、ユーザによる加速要求に応じて操作されるアクセルペダルの操作量を検出するアクセルセンサ24を備えている。

【0036】

一方、電子制御装置（ECU30）は、マイクロコンピュータを主体として構成され、上記各種センサの検出結果を取り込み、これに基づきディーゼル機関の出力を制御するものである。この出力制御を適切に行うべく、ECU30では、特に燃料噴射制御を行う。

【0037】

上記クランク角センサ22によるクランク軸8の回転角度の検出は、具体的には、図2に示す態様にて行われる。

【0038】

すなわち、クランク軸 8 と一体的に回転するロータ 9 には、等間隔（ここでは「10° CA」を例示）に、被検出部としての凸状の歯部 9 a が設けられている。また、ロータ 9 には、上記歯部 9 a の規則的な配置を変則的に変更する欠け歯部 9 b が設けられている。本実施形態では、欠け歯部 9 b は、歯部 9 a の幅よりも広い幅（ここでは、「20° CA」を例示）を有する凸状部材として形成されている。

【0039】

一方、クランク角センサ 2 2 は、電磁誘導方式のセンサであり、ロータ 9 の歯部 9 a に近接して配置されている。そして、ロータ 9 が回転すると、ロータ 9 の凹凸形状とクランク角センサ 2 2 との配置態様が増加、減少する。この磁束変化による電磁誘導作用によりクランク角センサ 2 2 から回転速度に比例した電圧が検出信号として出力される。

【0040】

ところで、上記燃料噴射制御制御によってクランク軸 8 の回転速度が所望に制御されるが、同回転速度を微小な時間間隔で分析すると、燃焼サイクル内の各行程に同期して回転上昇と回転降下とが繰り返される。すなわち図 3 (a) に示すように、各気筒の燃焼順序は第 1 気筒 (# 1) 第 3 気筒 (# 3) 第 4 気筒 (# 4) 第 2 気筒 (# 2) であり、180° CA ごとに燃料噴射が行われてその燃料が燃焼に供される。このとき、1 気筒ずつの燃焼周期 (180° CA 周期) で見ると、燃焼に伴いクランク軸 8 に回転力が付与されて回転速度が上昇するとともに、その後クランク軸 8 等に作用する負荷により回転速度が降下する。かかる場合、回転速度の挙動に応じて気筒ごとの仕事量が推定できると考えられる。

【0041】

ここで、各気筒の燃焼周期の終了時においてその時の回転速度から当該気筒の仕事量を算出することが考えられる。例えば、図 3 (b) に示すように、第 1 気筒の燃焼周期の終了時であるタイミング t 1 で当該第 1 気筒の仕事量を算出し、次の第 3 気筒の燃焼周期の終了時であるタイミング t 2 で当該第 3 気筒の仕事量を算出する。ところがこの場合、クランク角センサ 2 2 の出力によって把握されるクランク軸 8 の単位角度 (NE パルス) から算出される回転速度にはノイズや検出誤差による要因が含まれており、図 3 (b) に示すように、実際の回転速度 (図の破線) に対して回転速度の検出値 (図の実線) がばらつく。そのため、タイミング t 1 , t 2 等では、正確な仕事量を算出できないという問題が生じる。

【0042】

そこで本実施形態では、図 4 に示すように、回転速度 Ne を入力信号として一定の角度周期でフィルタ処理部 M 1 に取り込むとともに、そのフィルタ処理部 M 1 において各時点の回転変動成分のみを抽出して瞬時トルク相当値 Ne flt を算出する。このとき、回転速度 Ne は、NE パルスの出力周期 (本実施形態では 10° CA) でサンプリングされる。フィルタ処理部 M 1 は例えば BPF (帯域フィルタ) にて構成され、BPF により回転速度信号に含まれる高周波成分と低周波成分とが除去される。このフィルタ処理部 M 1 の出力である瞬時トルク相当値 Ne flt (i) は、例えば以下の式 (1) により表される。

【0043】

【数 1】

$$Neflt(i) = k1 \times Ne(i) + k2 \times Ne(i-2) + k3 \times Neflt(i-1) + k4 \times Neflt(i-2) \dots (1)$$

式 (1) において、Ne (i) は回転速度の今回サンプリング値、Ne (i - 2) は回転速度の 2 回前サンプリング値、Neflt (i - 1) は瞬時トルク相当値の前回値、Neflt (i - 2) は瞬時トルク相当値の前々回値である。k 1 ~ k 4 は定数である。上式 (1) により、回転速度信号がフィルタ処理部 M 1 に入力される都度、瞬時トルク相当

値 $N e f l t (i)$ が算出される。

【 0 0 4 4 】

上式 (1) は、下式 (2) に表す伝達関数 $G (s)$ を離散化したものである。なお、 ζ は減衰係数、 ω は応答周波数である。

【 0 0 4 5 】

【 数 2 】

$$G(s) = \frac{2\zeta\omega s}{s^2 + 2\zeta\omega s + \omega^2} \dots (2)$$

10

本実施形態では特に、応答周波数 ω をディーゼル機関の燃焼周波数としており、上記の式 (1) では ω = 燃焼周波数としたことに基づいて定数 $k_1 \sim k_4$ が設定されている。燃焼周波数は単位角度ごとの燃焼頻度を表した角度周波数であり、4気筒の場合には燃焼周期 (燃焼角度周期) が $180^\circ CA$ であり、その燃焼周期の逆数により燃焼周波数が決定される。

【 0 0 4 6 】

また、図 4 の積分処理部 M 2 では、瞬時トルク相当値 $N e f l t$ を取り込み、その瞬時トルク相当値 $N e f l t$ を各気筒の燃焼周期ごとに一定区間積分することにより、各気筒のトルク積算値である気筒別仕事量 $S n e f l t \# 1 \sim S n e f l t \# 4$ を算出する。このとき、 $10^\circ CA$ 周期で出力される NE パルスにはそれぞれ 0 ~ 71 の NE パルス番号が付されており、各気筒の燃焼順序でいうと、第 1 気筒の燃焼周期には NE パルス番号の「 0 ~ 17 」が割り当てられ、第 3 気筒の燃焼周期にはパルス番号の「 18 ~ 35 」が割り当てられ、第 4 気筒の燃焼周期には NE パルス番号の「 36 ~ 53 」が割り当てられ、第 2 気筒の燃焼周期には NE パルス番号の「 54 ~ 71 」が割り当てられている。そして、次の式 (3) により、第 1 ~ 第 4 の気筒ごとに気筒別仕事量 $S n e f l t \# 1 \sim S n e f l t \# 4$ を算出する。

20

【 0 0 4 7 】

【 数 3 】

$$S n e f l t \# 1 = N e f l t (0) + N e f l t (1) + \dots + N e f l t (16) + N e f l t (17)$$

$$S n e f l t \# 3 = N e f l t (18) + N e f l t (19) + \dots + N e f l t (34) + N e f l t (35)$$

$$S n e f l t \# 4 = N e f l t (36) + N e f l t (37) + \dots + N e f l t (46) + N e f l t (47)$$

$$S n e f l t \# 2 = N e f l t (48) + N e f l t (49) + \dots + N e f l t (70) + N e f l t (71)$$

... (3)

30

なお以下の記載では、気筒番号を # i と表し、気筒別仕事量 $S n e f l t \# 1 \sim S n e f l t \# 4$ を気筒別仕事量 $S n e f l t \# i$ と表記する。

【 0 0 4 8 】

図 5 は、回転速度 $N e$ 、瞬時トルク相当値 $N e f l t$ 及び気筒別仕事量 $S n e f l t \# i$ の推移を示すタイムチャートである。図 5 において、瞬時トルク相当値 $N e f l t$ は基準レベル $R e f$ に対して上下に振幅し、その瞬時トルク相当値 $N e f l t$ を気筒毎の燃焼周期内で積分することにより気筒別仕事量 $S n e f l t \# i$ が算出される。またこのとき、基準レベル $R e f$ よりも正側の瞬時トルク相当値 $N e f l t$ の積分値が燃焼トルクに相当し、基準レベル $R e f$ よりも負側の瞬時トルク相当値 $N e f l t$ の積分値が負荷トルクに相当する。なお、基準レベル $R e f$ は、各気筒を通じての平均回転速度に応じて決定されるようになっている。

40

【 0 0 4 9 】

この場合、各気筒の燃焼周期では本来燃焼トルクと負荷トルクとの収支が 0 になり、気筒別仕事量 $S n e f l t \# i$ が 0 (燃焼トルク - 負荷トルク = 0) となるが、気筒ごとの

50

機差や経時変化等により各気筒で燃料噴射弁16による噴射特性やフリクション特性などが相違すると、気筒別仕事量 $S_{nefl t \# i}$ のばらつきが生じる。例えば、図示のように第1気筒では $S_{nefl t \# 1} > 0$ となり、第2気筒では $S_{nefl t \# 2} < 0$ となるなどのばらつきが生じる。

【0050】

上記のように気筒別仕事量 $S_{nefl t \# i}$ を算出することにより、燃料噴射弁16の噴射特性等が、各気筒でそれぞれ理想値に対してどれほどの差異を生じているかや、気筒間でどれほどのばらつきが生じているかなどを把握することができる。

【0051】

そこで本実施形態では、気筒別仕事量 $S_{nefl t \# i}$ を利用して、燃料噴射弁16の噴射特性の気筒間のずれ量を、気筒別仕事量 $S_{nefl t \# i}$ の気筒間のずれ量として学習する。図6に、上記ずれ量の算出にかかる処理の手順を示す。この処理は、NEパルスの立ち上がり時に、ECU30により実行される。

【0052】

図6において、まずステップS10では、今回のNE割込みの時刻と前回のNE割込みの時刻とからNEパルスの時間間隔を算出するとともに、その時間間隔の逆数演算により今現在の回転速度 N_e (瞬時回転速度) を算出する。続くステップS12では、上記式(1)を用い、瞬時トルク相当値 $N_{e f l t (i)}$ を算出する。

【0053】

続くステップS14では、今回のNEパルス番号を判定する。そして、ステップS16 ~ S22では、上式(3)を用い、第1~第4の気筒毎に気筒別仕事量 $S_{nefl t \# i}$ を算出する。すなわち、

- ・NEパルス番号が「0~17」であれば、第1気筒の気筒別仕事量 $S_{nefl t \# 1}$ を算出し(ステップS16)、
- ・NEパルス番号が「18~35」であれば、第3気筒の気筒別仕事量 $S_{nefl t \# 3}$ を算出し(ステップS18)、
- ・NEパルス番号が「36~53」であれば、第4気筒の気筒別仕事量 $S_{nefl t \# 4}$ を算出し(ステップS20)、
- ・NEパルス番号が「54~71」であれば、第2気筒の気筒別仕事量 $S_{nefl t \# 2}$ を算出する(ステップS22)。

【0054】

その後、ステップS24では、学習条件が成立しているか否かを判定する。この学習条件には、全気筒で気筒別仕事量の算出が完了していること、車両の動力伝達装置(ドライブトレイン)があらかじめ定めた状態にあること、環境条件があらかじめ定めた規定状態にあることなどが含まれており、それら全てが成立している場合に学習条件が成立している旨判定される。なお例えば、動力伝達装置については、動力伝達系のクラッチ装置が半クラッチ状態でないことを条件とすればよい。また例えば、環境条件としては、エンジン水温が所定の暖機完了温度以上であることを条件とすればよい。

【0055】

学習条件が成立していなければそのまま本処理を終了する。また、学習条件が成立していれば、ステップS26に進む。ステップS26では、カウンタ $n i t g r$ を1インクリメントするとともに、次の式(4)を用いて気筒ごとの積算量 $Q_{l p \# i}$ を算出する。ここで、積算量 $Q_{l p \# i}$ は、気筒別仕事量 $S_{nefl t \# i}$ に換算係数 $K a$ を乗算することで算出される噴射特性値についての積算値である。この積算量 $Q_{l p \# i}$ は、上記カウンタ $n i t g r$ が所定回数となるとときに所定回数で平均化処理することで、噴射特性値を算出するためのものである。

$$Q_{l p \# i} = Q_{l p \# i} + K a \times S_{nefl t \# i} \quad \dots (4)$$

なお、上記処理を行なった際には、各気筒の気筒別仕事量 $S_{nefl t \# i}$ を0にクリ

アする。

【0056】

その後、ステップS28では、カウンタ*n i t g r*が所定回数*k i t g r*に達したか否かを判定する。所定回数*k i t g r*は、上記気筒別仕事量*S n e f i t # i*に換算係数*K a*を乗算することで得られる噴射特性値の算出に際して、ノイズ等による算出誤差を抑制することのできる値に設定されている。そして、*n i t g r = k i t g r*であることを条件にステップS30に進む。ステップS30では、次の式(5)を用いて気筒ごとの噴射特性値*Q l r n # i*を算出する。また、積算量*Q l p # i*を0にクリアするとともに、カウンタ*n i t g r*を0にクリアする。

$$Q l r n # i = Q l r n # i + K b \times Q l p # i / k i t g r \quad \dots (5)$$

10

式(5)において、所定回数*k i t g r*だけ積算された積算量*Q l p # i*が平均化され、その平均化された学習値により噴射特性値*Q l r n # i*が更新される。このとき、積算量*Q l p # i*の平均化により、気筒別仕事量*S n e f l t # i*の毎回の誤差分が吸収されるようになっている。なお、上式(5)において、係数*K b*は、例えば「 $0 < K b < 1$ 」の間に設定される。

【0057】

次に、ステップS32では、次の式(6)を用いて学習値 *Q l r n # i*を算出する。

【0058】

20

【数4】

$$\Delta Q l r n # i = Q l r n # i - \frac{1}{4} \sum Q l r n # i \dots (6)$$

式(6)によって、全気筒の噴射特性値*Q l r n # i*の平均値 ($Q l r n # i / 4$) に対する気筒ごとの噴射特性値*Q l r n # i*のずれ量を算出することができる。

【0059】

続くステップS34においては、学習値 *Q l r n # i*を、常時記憶保持装置の所定の領域に書き込む。ここで、常時記憶保持装置とは、給電の有無にかかわらずデータを保持するEEPROM等の不揮発性メモリや、イグニッションスイッチの状態にかかわらず給電状態が保持されるバックアップメモリ等、ECU30の主電源のオン・オフにかかわらず、データを保持する記憶装置である。

30

【0060】

上記一連の処理により、燃料噴射弁16の噴射特性のばらつきを学習することができる。

【0061】

ところで、先の図2に示したように、ロータ9には、欠け歯部9bが存在する。このため、この欠け歯部9b部分ではクランク角センサ22の出力によって、単位角度(「10°CA」)の回転に要する時間や回転速度を検出することができない。更に、欠け歯部9bの存在により、これに隣接する歯部9aとクランク角センサ22とが最も近接した直後においてクランク角センサ22のコイル22aと交差する磁束は、歯部9aが等間隔に規則的に配置された部分においての上記磁束と異なり、規則性の乱されたものとなっている。図7に、クランク角センサ22の出力に基づく欠け歯部9b近傍の検出結果を例示する。

40

【0062】

図7(a)に、クランク角センサ22と最も近接するロータ9の歯部9aの番号(又は欠け歯部9b)を示し、図7(b)に、クランク角センサ22の出力を示し、図7(c)に、クランク角センサ22の出力を波形整形したパルス(波形整形パルス)を示す。図示されるように、クランク角センサ22の出力は、クランク角センサ22と近接するのが歯

50

部 9 a であるか歯部 9 a と歯部 9 a との間であるかに応じてその値が増減する。そして、クランク角センサ 2 2 の出力信号を波形整形することで生成される波形整形パルスは、クランク角センサ 2 2 の出力がゼロクロスする点で論理反転する信号として生成される。詳しくは、波形整形パルスは、クランク角センサ 2 2 の出力が立ち下がりつつゼロクロスする点で立ち上がり、クランク角センサ 2 2 の出力が立ち上がりつつゼロクロスする点で立ち下がる信号とされる。これにより、クランク角センサ 2 2 と歯部 9 a の中心が最も近接する点を、波形整形パルスの立ち上がりエッジとすることができる。このため、波形整形パルスの各立ち上がりエッジ間の角度を「 10°CA 」として検出することができる。

【 0 0 6 3 】

ただし、3 2 番目の歯部 9 a については欠け歯部 9 b と隣接するため、3 2 番目の歯部 9 a の中心から次の「 10°CA 」間隔を正確に検出することはできない。すなわち、3 2 番目の歯部 9 a と欠け歯部 9 b との間の間隔が歯部 9 a 間の間隔と等しいとはいえ、欠け歯部 9 b と近接する間は磁束変化が小さいために、ゼロクロス点が実際の「 10°CA 」間隔に対して遅延する。また、0 番目の歯部 9 a についても欠け歯部 9 b と隣接するため、0 番目の歯部 9 a の中心までの「 10°CA 」間隔を正確に検出することもできない。すなわち、欠け歯部 9 b と 0 番の歯部 9 a との間の間隔が歯部 9 a 間の間隔と等しいとはいえ、欠け歯部 9 b と近接する間は磁束変化が小さいために、ゼロクロス点が実際の「 10°CA 」間隔に対して遅延する。

【 0 0 6 4 】

以上から、3 2 番目の歯部 9 a の中心から 0 番の歯部 9 b の中心までの「 50°CA 」の間隔については、波形整形パルスの立ち上がりエッジに基づき精度の良い「 10°CA 」間隔を検出することができない。ここで、気筒間の噴射特性のずれ量の学習に際して、磁束の乱れの影響を除去して精度の良い回転速度を検出するためには、「 50°CA 」間隔で回転速度を検出することが考えられる。これによれば、欠け歯部 9 b の存在による影響を除去して適切に回転速度を検出することができる。一方、先の図 6 に示した処理による気筒間の噴射特性のずれ量の学習精度を高く維持する観点からは、回転速度のサンプリング間隔を極力増大させることが望ましい。このため、上記「 50°CA 」間隔で回転速度をサンプリングしたのでは、ロータ 9 に「 10°CA 」間隔で歯部 9 a が形成されているにもかかわらず、歯部 9 a によって定まる間隔を十分に活用することができない。

【 0 0 6 5 】

そこで本実施形態では、欠け歯部 9 b を含む「 50°CA 」の角度領域における単位角度の回転に要する時間を推定する処理を行う。以下、これについて詳述する。

【 0 0 6 6 】

図 8 に、上記推定にかかる処理の手順を示す。この処理は、ECU 3 0 により、例えば所定周期で繰り返し実行される。

【 0 0 6 7 】

この一連の処理では、まずステップ S 4 0 において、欠け歯部 9 a を含む「 50°CA 」の角度領域と「 180°CA 」離間した「 50°CA 」の領域の各単位角度の回転に要する時間である単位所要時間を検出する。図 9 (a) に、上記領域の波形整形パルスを、また、図 9 (b) に、上記各単位所要時間 $e t n i n t [1 4] \sim e t n i n t [1 8]$ を示す。

【 0 0 6 8 】

一方、先の図 8 のステップ S 4 2 では、上記単位所要時間 $e t n i n t [1 4] \sim e t n i n t [1 8]$ の平均値 $e t 5 0 a v e$ を算出する。すなわち、平均値 $e t 5 0 a v e$ は、下記の式となる。

【 0 0 6 9 】

$$e t 5 0 a v e = \{ e t n i n t [1 4] + e t n i n t [1 5] + e t n i n t [1 6] + e t n i n t [1 7] + e t n i n t [1 8] \} / 5$$

図 9 (b) に、平均値 $e t 5 0 a v e$ を示す。

【 0 0 7 0 】

そして、先の図 8 のステップ S 4 4 においては、平均値 $et50ave$ に対する各単位所要時間 $etnint[14] \sim etnint[18]$ の比 $erto[14] \sim erto[18]$ を算出する。すなわち、比 $erto[14] \sim erto[18]$ は、下記の式によって定義される。

【 0 0 7 1 】

$$\begin{aligned} erto[14] &= etnint[14] / et50ave \\ erto[15] &= etnint[15] / et50ave \\ erto[16] &= etnint[16] / et50ave \\ erto[17] &= etnint[17] / et50ave \\ erto[18] &= etnint[18] / et50ave \end{aligned}$$

10

続くステップ S 4 6 においては、上記欠け歯部 9 b を含む「 $50^\circ CA$ 」の角度領域の回転に要する時間の「 $10^\circ CA$ 」当たりの平均値 $et50ave2$ を算出する。ここでは、図 9 (b) に示すように、32 番目の歯部 9 a 及び欠け歯部 9 b 間の波形整形パルスの立ち上がりエッジ間の所要時間 $etnint[32]$ と、欠け歯部 9 b における波形整形パルスの立ち上がりエッジ間の所要時間 $etnint[33]$ と、欠け歯部 9 b 及び 1 番目の歯部 9 a 間の波形整形パルスの立ち上がりエッジ間の所要時間 $etnint[0]$ とを用いて平均値 $et50ave2$ を算出する。すなわち、これらの和は、欠け歯部 9 b を含む「 $50^\circ CA$ 」の角度領域の回転に要する時間を高精度に示すものであるため、これらの和を用いることで上記角度領域の平均値 $et50ave2$ を算出する。平均値 $et50ave2$ は、下記の式となる。

20

【 0 0 7 2 】

$$et50ave2 = \{ etnint[32] + etnint[33] + etnint[0] \} /$$

5

続くステップ S 4 8 においては、欠け歯部を含む「 $50^\circ CA$ 」の角度領域における各「 $10^\circ CA$ 」単位の単位角度の回転に要する時間 $etwrt n[32] \sim etwrt n[0]$ を推定する。ここでは、平均値 $et50ave2$ に上記比 $erto[14] \sim erto[18]$ をそれぞれ乗算することで、各時間 $etwrt n[32] \sim etwrt n[0]$ を推定する。これにより、各時間 $etwrt n[32] \sim etwrt n[0]$ は、下記の式となる。

30

【 0 0 7 3 】

$$\begin{aligned} etwrt n[32] &= et50ave2 \times erto[14] \\ etwrt n[33] &= et50ave2 \times erto[15] \\ etwrt n[34] &= et50ave2 \times erto[16] \\ etwrt n[35] &= et50ave2 \times erto[17] \\ etwrt n[0] &= et50ave2 \times erto[18] \end{aligned}$$

上記各時間 $etwrt n[32] \sim etwrt n[0]$ は、上記単位所要時間 $etnint[14] \sim etnint[18]$ を、平均値 $et50ave$ に対する平均値 $et50ave2$ の比で拡大又は縮小（比 = 1 のときには等倍変換）したものとなっている。換言すれば、上記単位所要時間 $etnint[14] \sim etnint[18]$ を、14 番目の歯部 9 a 及び 18 番目の歯部 9 a 間の角度領域の回転に要する時間に対する欠け歯部 9 b を含む「 $50^\circ CA$ 」の角度領域の回転に要する時間の比で乗算したものとなっている。すなわち、本実施形態では、上記単位所要時間 $etnint[14] \sim etnint[18]$ を、欠け歯部 9 b を含む「 $50^\circ CA$ 」の角度領域内の回転変動傾向と相関を有するパラメータとして利用している。この相関は、14 番目の歯部 9 a 及び 18 番目の歯部 9 a 間の角度領域と 1 番気筒の運転工程との関係が、欠け歯部 9 b を含む「 $50^\circ CA$ 」の角度領域と 4 番気筒の運転工程との関係と互いに等しいために、特に強いものとなっている。すなわち、これにより、14 番目の歯部 9 a 及び 18 番目の歯部 9 a 間の角度領域と全ての気筒の運転工程との関係と、欠け歯部 9 b を含む「 $50^\circ CA$ 」の角度領域と全て

40

50

の気筒の運転工程との関係とは、気筒番号を除けば互いに等しくなる。このため、先の図3(a)に例示したように周期的な回転変動傾向を有することを仮定するなら、上記関係を「1」とすることができる。

【0074】

ただし、14番目の歯部9a及び18番目の歯部9a間の角度領域の回転に要する時間と欠け歯部9bを含む「50°CA」の角度領域の回転に要する時間が相違すると、回転変動の絶対値が異なる。このため、14番目の歯部9a及び18番目の歯部9a間の角度領域の回転に要する時間と欠け歯部9bを含む「50°CA」の角度領域の回転に要する時間との相違に基づき、上記単位所要時間 $e_{tnint}[14] \sim e_{tnint}[18]$ を、欠け歯部9bを含む「50°CA」の角度領域の単位角度の回転に要する時間相当の値に変換する。

10

【0075】

この図8に示した一連の処理によって、欠け歯部9bを含む「50°CA」の角度領域の単位角度の回転に要する時間を推定することで、先の図6に示した処理においては、「10°CA」毎の回転速度を用いることができ、ひいては、気筒間の噴射特性のずれ量を高精度に学習することができる。なお、先の図8に示した処理におけるNEパルスは、上記波形整形パルス及び先の図8に示した処理によって推定される「10°CA」間隔のパルスとの双方によって構成される。

【0076】

以上詳述した本実施形態によれば、以下の効果が得られるようになる。

20

【0077】

(1) 14番目の歯部9a及び18番目の歯部9a間の角度領域の回転に要する時間と欠け歯部9bを含む「50°CA」の角度領域の回転に要する時間との相違に基づき、単位所要時間 $e_{tnint}[14] \sim e_{tnint}[18]$ を、欠け歯部9bを含む「50°CA」の角度領域の単位角度の回転に要する時間相当の値に変換した。これにより、欠け歯部9bを含む「50°CA」の角度領域の各単位角度の回転に要する時間 $e_{twrt n}[32] \sim e_{twrt n}[0]$ を推定することができる。

【0078】

(2) 14番目の歯部9a及び18番目の歯部9a間の角度領域の回転に要する時間に対する欠け歯部9bを含む「50°CA」の角度領域の回転に要する時間の比だけ、単位所要時間 $e_{tnint}[14] \sim e_{tnint}[18]$ を拡大又は縮小した値を、上記時間 $e_{twrt n}[32] \sim e_{twrt n}[0]$ とした。これにより、これら時間 $e_{twrt n}[32] \sim e_{twrt n}[0]$ の合計を、欠け歯部9bを含む「50°CA」の角度領域の回転に要する時間の検出値と一致させることができる。

30

【0079】

(3) 平均値 $e_{t50ave2}$ に上記比 $e_{erto}[14] \sim e_{erto}[18]$ をそれぞれ乗算することで、各時間 $e_{twrt n}[32] \sim e_{twrt n}[0]$ を推定した。これにより、14番目の歯部9a及び18番目の歯部9a間の角度領域の回転に要する時間に対する欠け歯部9bを含む「50°CA」の角度領域の回転に要する時間の比だけ、単位所要時間 $e_{tnint}[14] \sim e_{tnint}[18]$ を拡大又は縮小した値を得ることができる。

40

【0080】

(4) 推定に際して参照する角度領域と各気筒の運転工程との関係が、欠け歯部9bを含む「50°CA」の角度領域と各気筒の運転工程との関係と気筒番号を除けば互いに等しくなるように設定した。これにより、欠け歯部9bを含む「50°CA」の角度領域内の各単位角度の回転に要する時間を高精度に推定することができる。

【0081】

(5) 推定に際して参照する角度領域を、欠け歯部9bを含む「50°CA」の角度領域と「180°CA(n:整数)」だけ離間した領域とした。これにより、推定に際して参照する角度領域と各気筒の運転工程との関係を、欠け歯部9bを含む「50°CA」の

50

角度領域と各気筒の運転工程との関係と気筒番号を除けば互いに等しくなるようにすることができる。

【 0 0 8 2 】

(6) ディーゼル機関のクランク軸 8 の回転速度の検出値をディーゼル機関の燃焼周波数に基づき設定した単一の周波数にてフィルタ処理して瞬時トルク相当値を算出し、フィルタ処理によって算出される瞬時トルク相当値に基づきディーゼル機関の燃料噴射弁 1 6 の噴射特性を学習した。この学習を高精度に行なうためには回転速度の検出値を極力小さい角度間隔毎にサンプリングすることが望まれるが、本実施形態では、欠け歯部 9 b を含む領域の単位角度の回転に要する時間を推定することで、歯部 9 a によって定まる単位角度毎に回転速度をサンプリングすることができる。

10

【 0 0 8 3 】

(第 2 の実施形態)

以下、第 2 の実施形態について、先の第 1 の実施形態との相違点を中心に図面を参照しつつ説明する。

【 0 0 8 4 】

本実施形態では、歯部 9 a 間の各「 1 0 ° C A 」の回転に要する時間の検出にかかる処理が何らかの要因により抜けた場合に、検出にかかる処理の抜けた領域における回転に要する時間を推定する。図 1 0 に、上記推定にかかる処理の手順を示す。この処理は、E C U 3 0 により、例えば所定周期で繰り返し実行される。

【 0 0 8 5 】

この一連の処理では、まずステップ S 5 0 において、歯部 9 a 間の各「 1 0 ° C A 」の回転に要する時間の検出にかかる処理の中断があるか否かを判断する。この検出にかかる処理抜けとしては、例えば E C U 3 0 内の演算負荷が一時的に過剰となることによる処理抜けや、ノイズの影響等がある。

20

【 0 0 8 6 】

上記検出にかかる処理の抜けがあると判断されると、ステップ S 5 2 ~ S 6 0 において、先の図 8 のステップ S 4 0 ~ S 4 8 の処理と同様の処理を行う。これらステップ S 5 2 ~ S 6 0 の処理は、上記ステップ S 4 0 ~ S 4 8 の処理において、先の第 1 の実施形態における欠け歯部を有する領域を処理抜けのある領域と読み替えることで行うことができる。なお、上記ステップ S 5 0 において否定判断されるときや、ステップ S 6 0 の処理が完了するときには、この一連の処理を一旦終了する。

30

【 0 0 8 7 】

図 1 1 に、この処理による検出処理抜け領域内の各単位角度の回転に要する時間の推定態様を示す。

【 0 0 8 8 】

図 1 1 (b) に示されるように、2 4 番目の歯部 9 a から 2 7 番目の歯部 9 a までの「 3 0 ° C A 」の角度領域で検出処理抜けが生じた場合、この角度領域と「 1 8 0 ° C A 」だけ離間した「 3 0 ° C A 」の領域を用いて、検出処理抜けの生じた領域についての推定を行う。

【 0 0 8 9 】

すなわち、まず先の図 1 0 のステップ S 5 2 において、上記「 1 8 0 ° C A 」だけ離間した角度領域の各単位角度の回転に要する時間である単位所要時間 $e t n i n t [6] \sim e t n i n t [8]$ を算出する。次に、ステップ S 5 4 において、単位所要時間 $e t n i n t [6] \sim e t n i n t [8]$ の平均値 $e t a v e$ を算出する。すなわち、平均値 $e t a v e$ は、下記の式となる。

40

【 0 0 9 0 】

$e t a v e$

$$= \{ e t n i n t [6] + e t n i n t [7] + e t n i n t [8] \} / 3$$

次に、先の図 1 1 のステップ S 5 6 においては、平均値 $e t a v e$ に対する各単位所要時間 $e t n i n t [6] \sim e t n i n t [8]$ の比 $e r t o [6] \sim e r t o [8]$ を算

50

出する。すなわち、 $er\ to[6] \sim er\ to[8]$ は、下記の式によって定義される。

【0091】

$$\begin{aligned} er\ to[6] &= et\ nint[6] / et\ ave \\ er\ to[7] &= et\ nint[7] / et\ ave \\ er\ to[8] &= et\ nint[8] / et\ ave \end{aligned}$$

続いて、先の図10のステップS58においては、検出処理抜けの生じた角度領域の回転に要する時間の「10°CA」当たりの平均値 $et\ ave2$ を算出する。この平均値 $et\ ave2$ は、24番目の波形整形パルスの立ち上がりエッジの時刻 $t1$ と、27番目の波形整形パルスの立ち上がりエッジの時刻 $t2$ とを用いて、下記の式となる。

【0092】

$$et\ ave2 = (t2 - t1) / 3$$

続いて、先の図10のステップS60においては、下記の式により、処理抜けの生じた角度領域の各単位角度の回転に要する時間 $et\ wr\ tn[24] \sim et\ wr\ tn[26]$ を推定する。

【0093】

$$\begin{aligned} et\ wr\ tn[24] &= et\ ave2 \times er\ to[6] \\ et\ wr\ tn[25] &= et\ ave2 \times er\ to[7] \\ et\ wr\ tn[26] &= et\ ave2 \times er\ to[8] \end{aligned}$$

これにより、処理抜けの生じた角度領域の各単位角度の回転に要する時間を適切に推定することができる。

【0094】

以上説明した本実施形態によれば、検出にかかる処理が中断された領域について、先の第1の実施形態の上記(1)～(6)の効果に準じた効果を得ることができる。

【0095】

ちなみに、本実施形態では、検出処理抜けが生じる「360°CA」前には、各単位所要時間 $et\ nint[24]$ を検出することができる。このため、上記特許文献1に記載された手法により、前回の単位所要時間 $et\ nint[23]$ と単位所要時間 $et\ nint[24]$ との比に今回の単位所要時間 $et\ nint[23]$ を乗算することで、時間 $et\ wr\ tn[24]$ を推定することは可能である。しかし、この手法では、上記手法と比較して時間 $et\ wr\ tn[24]$ の推定精度が低下する。すなわち、例えば24番目の歯部9aの形成位置が25番目の歯部9a側にずれる角度誤差が生じている場合、23番目の歯部9a及び24番目の歯部9a間の間隔が長くなり、24番目の歯部9a及び25番目の歯部9a間の間隔が短くなる。このため、前回の単位所要時間 $et\ nint[23]$ と単位所要時間 $et\ nint[24]$ との比に大きな誤差が生じる。これに対し、本実施形態による手法によれば、6番目の歯部9aに角度誤差が生じていたとしても、推定に際し上記角度誤差による影響は、上記特許文献1に記載のものと比較して緩和されたものとなる。更に、上記特許文献1の手法では、予め検出処理抜けが生じる前に上記比を算出しておかないと推定をすることができないが、本実施形態の手法では、処理抜けが生じた後においても推定を行うことができる。

【0096】

(その他の実施形態)

なお、上記各実施形態は、以下のように変更して実施してもよい。

【0097】

・上記各実施形態では、推定を所望する角度領域と「180°」離間した角度領域における単位角度の回転に要する時間に基づき、所望の角度領域についての各単位角度の回転に要する時間を推定したが、これに限らない。例えば5気筒のディーゼル機関にあっては、例えば「144°CA」離間させるなどして、所望の領域の角度領域とディーゼル機関の全ての気筒の運転工程との関係が、上記推定に用いる角度領域と全ての気筒の運転工程との関係と、気筒番号を除けば等しくなる設定とすることが望ましい。また、例えば上記

10

20

30

40

50

4気筒のディーゼル機関において、例えば「540°CA」前の角度領域を用いてもよい。ただし、推定を所望する角度領域と推定に用いる角度領域との間隔とが近似するほど推定の精度が増すことに鑑みれば、燃焼行程が等クランク角度間隔で生じる機関においては、一般に、所望の角度領域と推定に用いる角度領域とを「 $720 \div n$ °CA (n:気筒数)」だけ離間させることでが望ましい。これにより、所望の角度領域と全ての気筒の運転工程との関係を上記推定に用いる角度領域と全ての気筒の運転工程との関係と気筒番号を除いて等しくするとともに、所望の角度領域と推定に用いる角度領域とを極力近づけることができる。

【0098】

・上記各実施形態では、推定のために用いる角度領域の単位角度あたりの回転に要する時間(第2所要時間)の平均値に対する各単位時間あたりの回転に要する時間(単位所要時間)の比に、推定を所望する角度領域の回転に要する時間の単位時間あたりの平均値を乗算したが、これに限らない。例えば、第2所要時間に対する所望の角度領域の回転に要する時間(第1所要時間)の比を、上記単位所要時間に乗算したものを推定値としてもよい。また、上記単位所要時間の平均値に対する各単位所要時間の差に上記第2所要時間に対する第1所要時間の比を乗算し、これら各乗算値を、上記第1所要時間の単位角度あたりの平均値に加算したものを推定値としてもよい。また、第2所要時間に対する第1所要時間の差を、単位角度あたりの差に換算して、この値をオフセット量として上記各単位所要時間に加算したものを推定値としてもよい。

【0099】

・角度領域内の各単位角度の回転に要する時間の推定値の用途としては、先の図6に例示した燃料噴射特性のずれ量の学習に用いる用途に限らない。例えば失火検出に際して、上記推定値を用いることで、失火検出を高精度に行うこともできる。

【0100】

・内燃機関としては、ディーゼル機関に限らず、ガソリン機関であってもよい。

【図面の簡単な説明】

【0101】

【図1】第1の実施形態にかかるエンジンシステムの全体構成を示す図。

【図2】ロータ及びクランク角センサを拡大して示す図。

【図3】各気筒の回転速度の推移を示すタイムチャート。

【図4】気筒別仕事を算出するための制御ブロックを示すブロック図。

【図5】回転速度、瞬時トルク相当値及び気筒別仕事の推移を示すタイムチャート。

【図6】上記実施形態にかかる学習値の学習にかかる処理手順を示すフローチャート。

【図7】同実施形態における単位角度の回転に要する時間の検出に際しての問題点を説明するタイムチャート。

【図8】同実施形態にかかる単位角度の回転に要する時間の推定に関する処理の手順を示すフローチャート。

【図9】上記処理態様を示すタイムチャート。

【図10】第2の実施形態にかかる単位角度の回転に要する時間の推定に関する処理の手順を示すフローチャート。

【図11】上記処理態様を示すタイムチャート。

【符号の説明】

【0102】

8...クランク軸、9...ロータ、9a...歯部(被検出部の一実施形態)、9b...欠け歯部(基準被検出部)、16...燃料噴射弁、30...ECU(内燃機関の制御装置の一実施形態)。

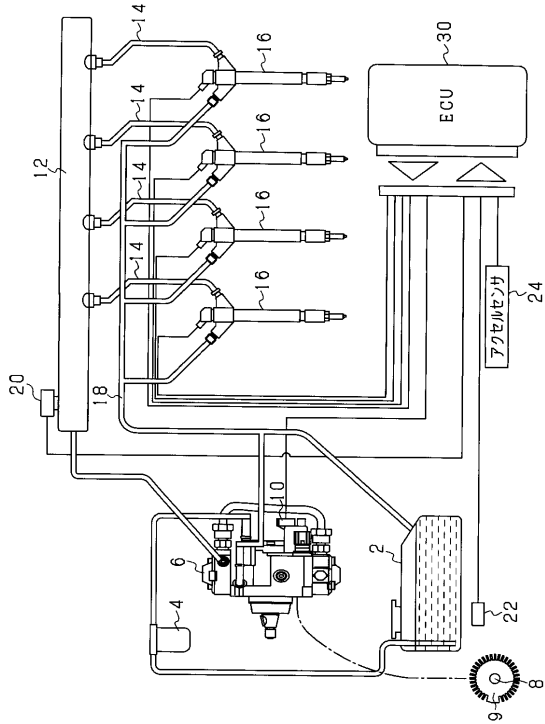
10

20

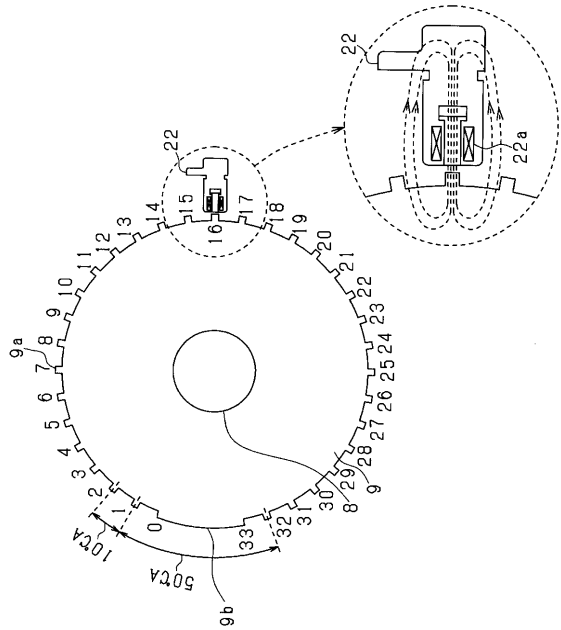
30

40

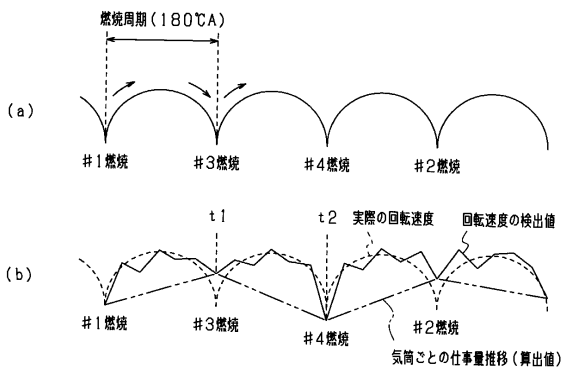
【図1】



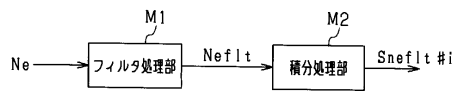
【図2】



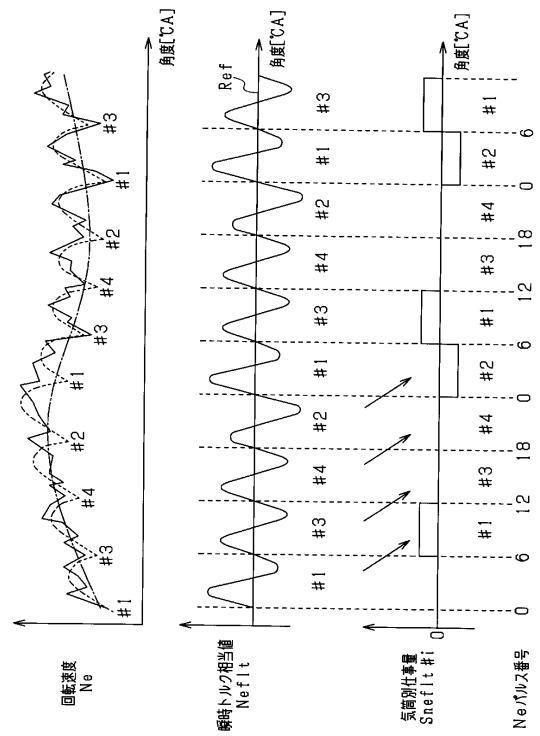
【図3】



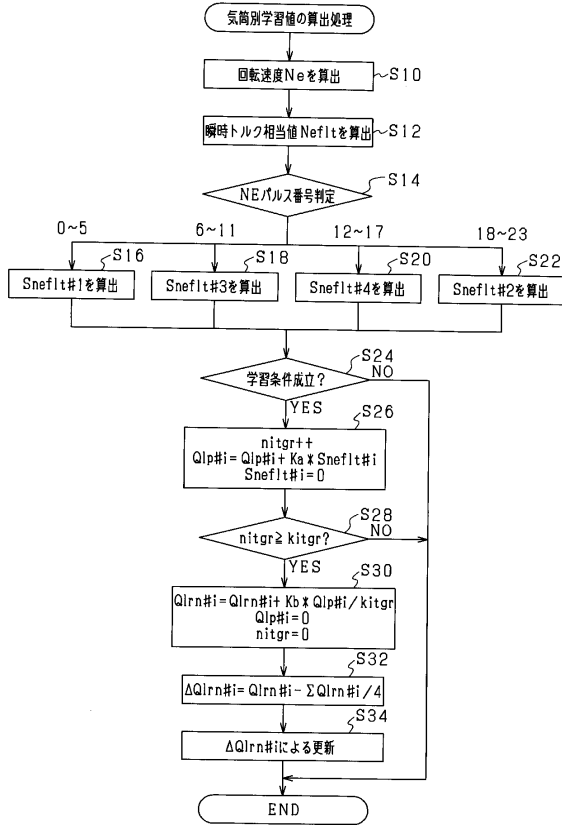
【図4】



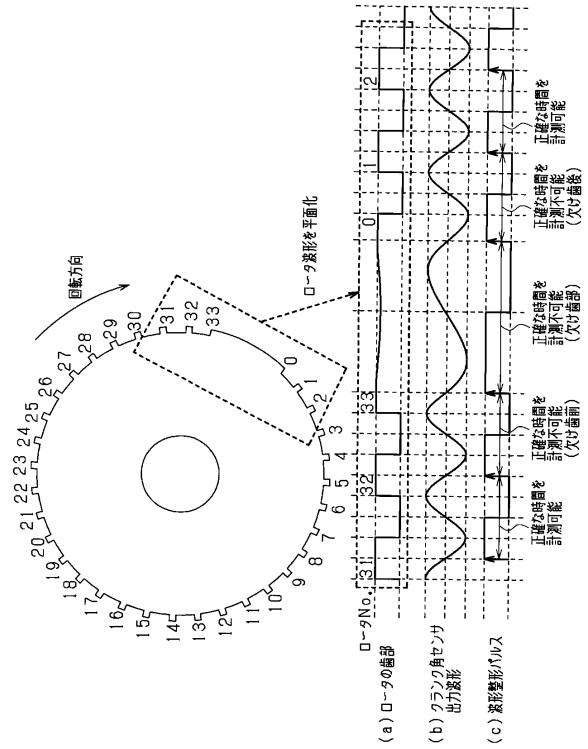
【図5】



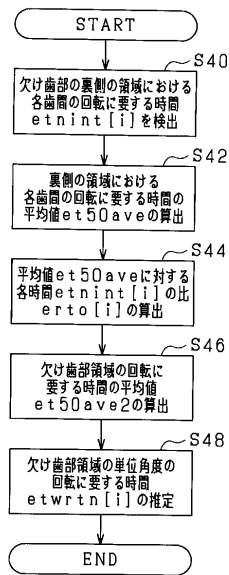
【図6】



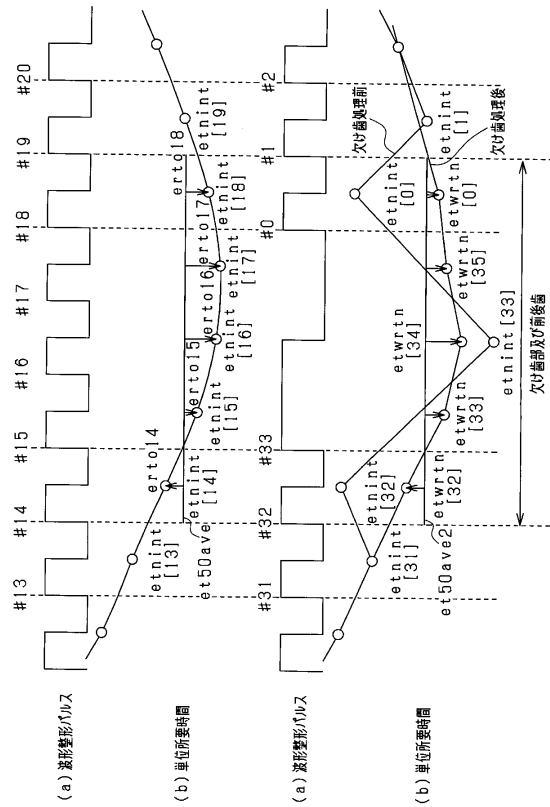
【図7】



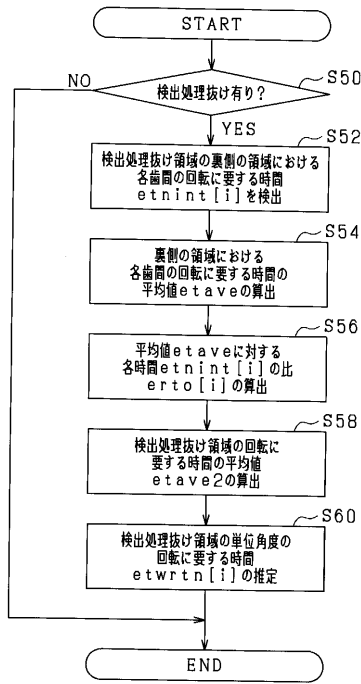
【図8】



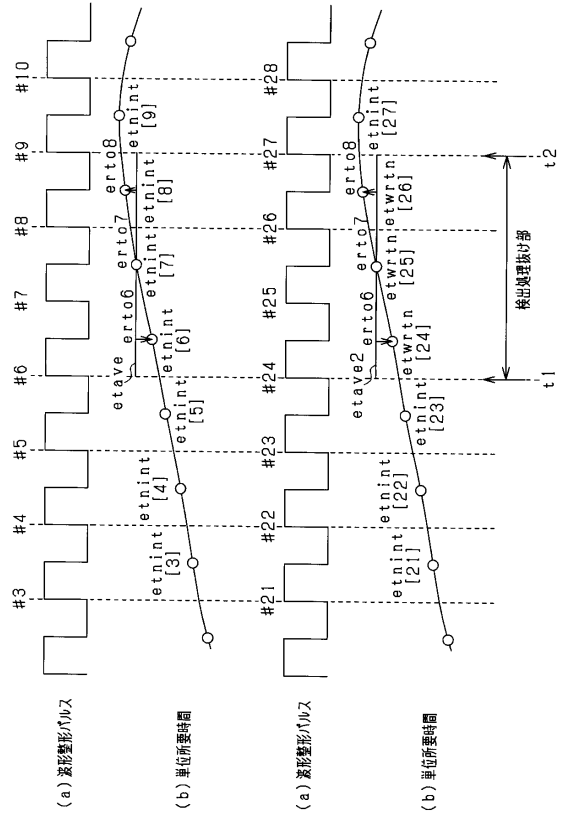
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2005-048644(JP,A)
特開平11-247707(JP,A)
特開平10-331751(JP,A)
特開平03-275962(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

| | | |
|------|-------|-------|
| F02D | 43/00 | 45/00 |
| F02D | 41/00 | 41/40 |
| F02D | 13/00 | 28/00 |
| F02D | 29/00 | 29/06 |
| F02P | 5/145 | 5/155 |