

(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2017-193991

(P2017-193991A)

(43) 公開日 平成29年10月26日(2017.10.26)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO2D 45/00 (2006.01)	FO2D 45/00 364B	2G087
GO1M 15/06 (2006.01)	FO2D 45/00 358F	3G384
	FO2D 45/00 358H	
	FO2D 45/00 362B	
	FO2D 45/00 362S	
審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 33 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2016-83899 (P2016-83899)
 (22) 出願日 平成28年4月19日 (2016.4.19)

(71) 出願人 000005223
 富士通株式会社
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
 (74) 代理人 100107766
 弁理士 伊東 忠重
 (74) 代理人 100070150
 弁理士 伊東 忠彦
 (74) 代理人 100192636
 弁理士 加藤 隆夫
 (72) 発明者 曾根田 弘光
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エンジン状態パラメータ算出装置、エンジン制御システム及びエンジン状態パラメータ算出方法

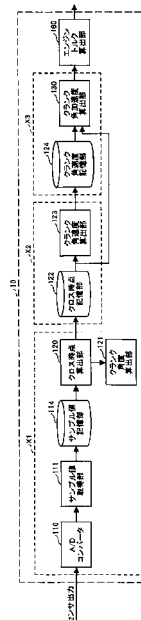
(57) 【要約】

【課題】 クランク角度センサのセンサ出力に基づくエンジン状態パラメータの算出精度を高めること。

【解決手段】 エンジン状態パラメータ算出装置は、エンジンのクランクシャフトに対して設けられるクランク角度センサのセンサ出力の複数時点でのサンプリング値を取得する取得部と、センサ出力が上昇又は下降する区間内の2時点でのサンプリング値に基づいて、センサ出力が所定基準値となる時点である基準時点を算出する基準時点算出部と、基準時点算出部により算出される基準時点に基づいて、エンジンの状態を表すパラメータを算出するパラメータ算出部とを含む。

【選択図】 図7

実施例1によるエンジントルク算出装置の機能ブロック図



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

エンジンのクランクシャフトに対して設けられるクランク角度センサのセンサ出力の複数時点でのサンプリング値を取得する取得部と、

前記センサ出力が上昇又は下降する区間内の 2 時点での前記サンプリング値に基づいて、前記センサ出力が所定基準値となる時点である基準時点を算出する基準時点算出部と、

前記基準時点算出部により算出される基準時点に基づいて、エンジンの状態を表すパラメータを算出するパラメータ算出部とを含む、エンジン状態パラメータ算出装置。

【請求項 2】

前記パラメータは、クランク角度、クランク角速度、クランク角加速度、及びエンジントルクのうちの少なくともいずれか 1 つを含む、請求項 1 に記載のエンジン状態パラメータ算出装置。

10

【請求項 3】

前記基準時点算出部は、前記 2 時点での前記サンプリング値間の差分と、前記 2 時点間の時間とに基づいて、前記 2 時点間での前記センサ出力の時間変化率を算出し、前記時間変化率に基づいて、前記基準時点を算出する、請求項 1 又は 2 に記載のエンジン状態パラメータ算出装置。

【請求項 4】

前記基準時点算出部は、前記 2 時点のうち一方の時点での前記サンプリング値と前記所定基準値との差分を前記時間変化率で割ることで得られる時間が、前記一方の時点及び前記基準時点間の時間に一致するように、前記基準時点を算出する、請求項 3 に記載のエンジン状態パラメータ算出装置。

20

【請求項 5】

前記 2 時点での前記サンプリング値は、所定値を挟み、前記所定値は、前記センサ出力の最大値未満且つ前記センサ出力の最小値よりも大きい、請求項 1 ~ 4 のうちのいずれか 1 項に記載のエンジン状態パラメータ算出装置。

【請求項 6】

前記所定値は、前記所定基準値と等しい、請求項 5 に記載のエンジン状態パラメータ算出装置。

【請求項 7】

前記基準時点算出部は、前記 2 時点を含む前記区間内の 3 時点以上での前記サンプリング値に基づいて、前記基準時点を算出する、請求項 1 又は 2 に記載のエンジン状態パラメータ算出装置。

30

【請求項 8】

前記基準時点算出部は、前記 3 時点以上の前記サンプリング値に基づいて、前記区間内の前記センサ出力の近似曲線又は近似直線を導出し、前記近似曲線又は近似直線に基づいて、前記基準時点を算出する、請求項 7 に記載のエンジン状態パラメータ算出装置。

【請求項 9】

前記基準時点算出部により算出される前記基準時点は、前記センサ出力が上昇する上り区間における第 1 基準時点、及び、前記センサ出力が下降する下り区間における第 2 基準時点のうち少なくともいずれか一方である、請求項 1 ~ 8 のうちのいずれか 1 項に記載のエンジン状態パラメータ算出装置。

40

【請求項 10】

前記基準時点算出部により算出される前記基準時点は、前記第 1 基準時点及び前記第 2 基準時点を含み、

前記パラメータは、前記第 1 基準時点に基づく第 1 クランク角速度と、前記第 2 基準時点に基づく第 2 クランク角速度とを含む、請求項 9 に記載のエンジン状態パラメータ算出装置。

【請求項 11】

エンジンのクランクシャフトに対して設けられるクランク角度センサのセンサ出力の複

50

数時点でのサンプリング値を取得し、

前記センサ出力が上昇又は下降する区間内の2時点での前記サンプリング値に基づいて、前記センサ出力が所定基準値となる時点である基準時点を算出し、

前記基準時点に基づいて、エンジンの状態を表すパラメータを算出することを含む、コンピュータにより実行されるエンジン状態パラメータ算出方法。

【請求項12】

エンジンと、

エンジンのクランクシャフトに対して設けられるクランク角度センサと、

前記クランク角度センサのセンサ出力の複数時点でのサンプリング値を取得する取得部と、

前記センサ出力が上昇又は下降する区間内の2時点での前記サンプリング値に基づいて、前記センサ出力が所定基準値となる時点である基準時点を算出する基準時点算出部と、

前記基準時点算出部により算出される基準時点に基づいて、エンジンを制御するエンジン制御部とを含む、エンジン制御システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、エンジン状態パラメータ算出装置、エンジン制御システム及びエンジン状態パラメータ算出方法に関する。

【背景技術】

【0002】

クランク角度センサのクランク角信号の立ち上がりエッジの時間間隔を計測することでエンジン回転数(クランク角速度と等価のエンジン状態パラメータ)を算出する技術が知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2002-89346号公報

【特許文献2】特開2010-59883号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、クランク角度センサのセンサ出力をサンプリングする際のサンプリングレートの限界等に起因して、クランク角信号の立ち上がりエッジを精度良く生成することは難しい。従って、従来技術では、クランク角速度のような、エンジンの状態を表すパラメータの算出精度を高めることが難しい。

【0005】

そこで、1つの側面では、本発明は、クランク角度センサのセンサ出力に基づくエンジン状態パラメータの算出精度を高めることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

一局面によれば、エンジンのクランクシャフトに対して設けられるクランク角度センサのセンサ出力の複数時点でのサンプリング値を取得する取得部と、

前記センサ出力が上昇又は下降する区間内の2時点での前記サンプリング値に基づいて、前記センサ出力が所定基準値となる時点である基準時点を算出する基準時点算出部と、

前記基準時点算出部により算出される基準時点に基づいて、エンジンの状態を表すパラメータを算出するパラメータ算出部とを含む、エンジン状態パラメータ算出装置が提供される。

【発明の効果】

【0007】

10

20

30

40

50

クランク角度センサのセンサ出力に基づくエンジン状態パラメータの算出精度を高めることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】実施例1によるエンジントルク算出システムの一例を示す構成図である。

【図2】クランク角度センサの一例を示す斜視図である。

【図3】クランクロータの一例を示す平面図である。

【図4】クランクロータの外周の形状特徴とクランク角度センサのセンサ出力との関係の説明図である。

【図5】クランク角度センサのセンサ出力と所定基準値 V_{ref} との関係を示す図である

10

【図6】エンジントルク算出装置のハードウェア構成の一例を示す図である。

【図7】実施例1によるエンジントルク算出装置の機能ブロック図である。

【図8】クロス時点算出部によるクロス時点の算出方法の説明図である。

【図9】クロス時点とクランク角度との関係の説明図である。

【図10】クランク角加速度の算出方法の説明図である。

【図11】2算出周期でそれぞれ算出されるクロス時点の例を示す図である。

【図12】比較例による図示トルクの算出精度の説明図である。

【図13】実施例1による図示トルクの算出精度の説明図である。

【図14】実施例1によるエンジントルク算出処理の一例を示すフローチャートである。

20

【図15】エンジントルク算出装置を含むエンジン制御システムの一例を示す図である。

【図16】実施例2によるエンジントルク算出装置の機能ブロック図である。

【図17】最大到達時点算出部による最大到達時点の算出方法の説明図である。

【図18】実施例2によるエンジントルク算出処理の一例を示すフローチャートである。

【図19】実施例3によるエンジントルク算出装置の機能ブロック図である。

【図20】第1クランク角速度及び第2クランク角速度の説明図である。

【図21】第1クランク角速度及び第2クランク角速度の説明図である。

【図22】実施例3によるエンジントルク算出装置により実行されるエンジントルク算出処理の一例を示すフローチャートである。

【図23】電磁ピックアップ式のクランク角度センサの説明図である。

30

【図24】電磁ピックアップ式のクランク角度センサのセンサ出力の波形の一例を示す図である。

【図25】実施例4によるエンジントルク算出装置の機能ブロック図である。

【図26】実施例4によるクロス時点の算出方法の説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、添付図面を参照しながら各実施例について詳細に説明する。

【0010】

図1は、実施例1によるエンジントルク算出システム1の一例を示す構成図である。

【0011】

40

エンジントルク算出システム1は、エンジン（図示せず）を備える車両に搭載される。車両は、エンジンのみを駆動源とする車両であってもよいし、電気モータとエンジンの双方を駆動源とするハイブリッド車であってもよい。エンジンの種類は任意であり、例えば、ガソリンエンジンであってもよいし、ディーゼルエンジンであってもよい。

【0012】

エンジントルク算出システム1は、クランク角度センサ4と、エンジントルク算出装置10を含む。

【0013】

クランク角度センサ4は、エンジンに取り付けられる。クランク角度センサ4は、エンジンのクランクシャフト6（図2参照）の回転角度であるクランク角度を表すセンサ出力

50

を生成する。例えば、クランク角度センサ 4 は、クランクシャフトに固定されるクランクロータ（シグナルロータ）5 と協働して、センサ出力を生成する。クランクロータ 5 は、図 2 及び図 3 に示すように、外周に、所定クランク角ピッチ角（例えば 60° ）（以下、「ピッチ角」と称する）に対応したピッチで突起（歯）5 b を有しつつ、上死点検出用に欠歯部 5 a を有してもよい。尚、「 CA 」とはクランク角を表す。

実施例 1 では、一例として、クランク角度センサ 4 は、磁気抵抗素子を含む M R E (magneto resistive effect) センサである。図 4 は、クランクロータ 5 の外周の形状特徴とクランク角度センサ 4 のセンサ出力との関係の説明図である。図 4 には、上側には、クランクロータ 5 の外周を直線状に展開した状態が示され、下側には、上側に図示するクランクロータ 5 の外周の形状特徴に対応したクランク角度センサ 4 のセンサ出力が示されている。図 5 は、クランク角度センサ 4 のセンサ出力と所定基準値（判定基準電圧）との関係を示す図である。

10

【0014】

クランクロータ 5 が回転すると、クランクロータ 5 の歯 5 b がクランク角度センサ 4 に近づいたり離れたりを繰り返す。クランク角度センサ 4 は、クランクロータ 5 の歯 5 b による磁界変化を検知することで、クランクロータ 5 の歯 5 b の有無に応じて、パルス状の信号を出力する。このとき、パルス状の信号のピッチ 2 がクランクロータ 5 のピッチ角に相当する。

【0015】

クランク角度センサ 4 がクランクロータ 5 の欠歯部 5 a に対向する区間では、磁界変化が起こらないため、センサ出力も変化しない。即ち、クランク角度センサ 4 は、クランクロータ 5 の欠歯部 5 a に対向する間は、クランクロータ 5 が角度 1 だけ回転する時間分、新たな立ち上がりパルスを出力しない。角度 1 は、 $(\text{欠歯本数} + 1) \times$ に相当する。以下、センサ出力における欠歯部 5 a に起因した区間（角度 1 分の区間）を、「欠歯区間」と称する。

20

【0016】

センサ出力は、クランク角度センサ 4 がクランクロータ 5 の欠歯部 5 a 以外に対向する区間では、図 5 に示すように、クランクシャフトの回転に伴い周期的に所定基準値 V_{ref} をクロスする。具体的には、センサ出力は、クランクシャフトの回転に伴いピッチ角 2 毎に所定基準値を上下に計 2 回クロスする。このように、センサ出力は、クランク角度 $0 \sim 720^\circ$ の区間において、クランクシャフトの回転に伴いピッチ角 2 毎に所定基準値を上下に計 2 回クロスする区間と、上死点検出用の欠歯区間とを含む。以下、クランクシャフトの回転に伴いピッチ角 2 毎に所定基準値 V_{ref} を上下に計 2 回クロスする区間を、「非欠歯区間」とも称する。尚、非欠歯区間においては、センサ出力が $0V$ を負から正の方向（上り）にクロスする毎に（図 5 の \square 参照）、クランク角度がピッチ角 2 分だけ進角することになる。実施例 1 では、一例として、センサ出力は、所定基準値 V_{ref} を基準とした振幅が一定であるものとする。即ち、図 5 に示すように、センサ出力は、固定の最大電圧 V_{MAX} と固定の最少電圧 V_{MIN} との間を周期的に上下し、所定基準値 $V_{ref} = (V_{MAX} + V_{MIN}) / 2$ である。

30

【0017】

図 6 は、エンジントルク算出装置 10 のハードウェア構成の一例を示す図である。エンジントルク算出装置 10 のハードウェアは、例えば、マイクロコンピュータや、FPGA (Field Programmable Gate Array)、PLC (Programmable Logic Controller) 等を含んでよい。

40

【0018】

図 6 に示す例では、エンジントルク算出装置 10 は、制御部 101、主記憶部 102、補助記憶部 103、及び、ハードウェア I/F 部 106 を含む。

【0019】

制御部 101 は、主記憶部 102 や補助記憶部 103 に記憶されたプログラムを実行する演算装置であり、記憶装置からデータを受け取り、演算、加工した上で、記憶装置など

50

に出力する。制御部 101 は、例えば CPU (Central Processing Unit) やタイマカウンタ等を含んでよい。

【0020】

主記憶部 102 は、ROM (Read Only Memory) や RAM (Random Access Memory) などであり、制御部 101 が実行するアプリケーションソフトウェアなどのプログラムやデータを記憶又は一時保存する記憶装置である。

【0021】

補助記憶部 103 は、EEPROM (Electric-Erasable Programmable Read-Only Memory) などであり、アプリケーションソフトウェアなどに関連するデータを記憶する記憶装置である。

【0022】

ハードウェア I/F 部 106 は、有線及び/又は無線回線などで接続された車両ネットワーク (例えば、CAN (Controller Area Network) 等) やエンジンの周辺機器 (例えば、クランク角度センサ 4 等) とのインターフェースである。

【0023】

図 7 は、実施例 1 によるエンジントルク算出装置 10 の機能ブロック図である。エンジントルク算出装置 10 は、A/D コンバータ (Analog-to-Digital) 110 と、サンプル値取得部 111 (取得部の一例) と、サンプル値記憶部 114 とを含む。また、エンジントルク算出装置 10 は、クロス時点算出部 120 (基準時点算出部の一例) と、クランク角度算出部 121 と、クロス時点記憶部 122 とを含む。また、エンジントルク算出装置 10 は、クランク角速度算出部 123 と、クランク角速度記憶部 124 と、クランク角加速度算出部 130 と、エンジントルク算出部 160 (パラメータ算出部の一例) とを含む。各部 111、120、121、123、130、及び 160 は、制御部 101 が主記憶部 102 内のプログラムを実行することにより実現できる。また、サンプル値記憶部 114、クロス時点記憶部 122、及びクランク角速度記憶部 124 は、例えば主記憶部 102 の RAM により実現できる。

【0024】

A/D コンバータ 110 は、クランク角度センサ 4 のセンサ出力に係るアナログ入力を量子化出力に変換する。

【0025】

サンプル値取得部 111 は、A/D コンバータ 110 を介して、クランク角度センサ 4 のセンサ出力の複数時点でのサンプリング値を取得する。例えば、サンプル値取得部 111 は、A/D コンバータ 110 を介して、所定のサンプリングレートでセンサ出力をサンプリングする。所定のサンプリングレートは、後述の上り区間内で少なくとも 2 時点以上でのサンプリング値が取得できるように設定される。所定のサンプリングレートは、一定であってもよいし、例えばエンジン回転数等に応じて可変であってもよい。サンプル値取得部 111 は、取得したサンプリング値をサンプル値記憶部 114 に記憶する。

【0026】

サンプル値記憶部 114 は、サンプル値取得部 111 により取得されたサンプリング値を記憶する記憶領域を有する。記憶領域は、例えば最新の所定数以上のサンプリング値を記憶する容量を備える。サンプル値記憶部 114 は、例えばリングバッファであり、最新の所定数以上のサンプリング値を、FIFO (first-in, first-out) 形式で保持する。所定数は、クロス時点算出部 120 で用いられるサンプリング値の数以上であり、例えば 2 である。

【0027】

クロス時点算出部 120 は、センサ出力が上昇する区間 (以下、「上り区間」とも称する) 内の 2 時点でのサンプリング値に基づいて、センサ出力が所定基準値 V_{ref} となる時点を算出する。上り区間とは、センサ出力が、最少電圧 V_{MIN} から立ち上がり始めた以後であって最大電圧 V_{MAX} に至る以前の区間を指す。

【0028】

10

20

30

40

50

実施例 1 では、一例として、クロス時点算出部 120 は、センサ出力の上り区間内の、所定基準値 V_{ref} を挟む 2 時点でのサンプリング値に基づいて、センサ出力が所定基準値 V_{ref} をクロスする時点（以下、「クロス時点」とも称する）を算出する。例えば、クロス時点算出部 120 は、サンプル値記憶部 114 に直前に記憶されるサンプリング値が、所定基準値 V_{ref} 未満である状態から所定基準値 V_{ref} を超えたときに、サンプル値記憶部 114 内の直近の 2 時点のサンプリング値を取り出す。そして、クロス時点算出部 120 は、取り出した 2 時点のサンプリング値に基づいて、クロス時点算出部 120 は、算出したクロス時点算出部 120 をクロス時点記憶部 122 に記憶する。

【0029】

図 8 は、クロス時点算出部 120 によるクロス時点の算出方法の説明図である。図 8 には、横軸に時間を取り、縦軸に電圧を取り、センサ出力の波形 70 が示されている。図 8 には、サンプリング周期 i ($= n - 3 \sim n + 2$) で得られたサンプリング点 $s(n - 3) \sim s(n + 2)$ が印で示される。尚、サンプリング点（及び後述のクロス点）とは、電圧情報と時間情報とで 2 次元位置（図 8 に示すような 2 軸の座標系内での位置）が定まる点に対応する。

10

【0030】

図 8 に示す例では、所定基準値 V_{ref} を挟む 2 時点でのサンプリング値は、サンプリング点 $s(n - 1)$ での電圧値 $v(n - 1)$ 及びサンプリング点 $s(n)$ での電圧値 $v(n)$ である。また、2 時点は、時点 $t(n - 1)$ 及び時点 $t(n)$ であり、時点 t_c がクロス時点である。尚、時点とは、時間軸上の 1 点であり、時間とは、時間軸上の長さを表す。以下では、一例として、時点 $t(n - 1)$ 、時点 $t(n)$ 、及びクロス時点 t_c は、共通の開始時点（例えば図 8 の時間軸の原点に相当するタイミング）からの時間でそれぞれ表される。

20

【0031】

具体的には、クロス時点算出部 120 は、2 時点でのサンプリング値間の差分 V と、2 時点間の時間 dt とに基づいて、2 時点間でのセンサ出力の時間変化率 $\Delta V / dt$ を算出する。図 8 では、2 時点でのサンプリング値間の差分は、 V であり、 $V = v(n) - v(n - 1)$ である。2 時点間の時間 dt は、サンプリングレートに対応する。従って、2 時点間でのセンサ出力の時間変化率 $\Delta V / dt$ は、 $\Delta V / dt = (v(n) - v(n - 1)) / dt$ である。そして、クロス時点算出部 120 は、算出した時間変化率 $\Delta V / dt$ に基づいて、クロス時点 t_c を算出する。例えば、クロス時点 t_c は、時点 $t(n - 1)$ を基準として、以下の通り算出できる。

30

$$t_c = (V_{ref} - v(n - 1)) / \Delta V / dt + t(n - 1)$$

或いは、クロス時点 t_c は、時点 $t(n)$ を基準として、以下の通り算出できる。

$$t_c = t(n) - (v(n) - V_{ref}) / \Delta V / dt$$

この算出方法は、センサ出力が、図 8 に示すように、最大電圧 V_{MAX} 及び最少電圧 V_{MIN} 間で線形的に変化する場合に好適である。換言すると、この算出方法は、センサ出力が最大電圧 V_{MAX} 及び最少電圧 V_{MIN} 間で一定の時間変化率で変化すると仮定して、センサ出力が所定基準値 V_{ref} となるクロス点 P_c （図 8 参照）を求めるものである。従って、クロス時点 t_c に係るクロス点 P_c は、サンプリング点 $s(n - 1)$ とサンプリング点 $s(n)$ とを結んだ直線（傾きは $\Delta V / dt$ ）と、所定基準値 V_{ref} を表す直線（傾きは 0）との交点である。

40

【0032】

クランク角度算出部 121 は、クロス時点算出部 120 により算出されたクロス時点に基づいて、クロス時点でのクランク角度を算出する。実施例 1 では、一例として、クロス時点は、図 9 に示すように、クランク角度がピッチ角 θ 分だけ進角するタイミングとされる。従って、今回のクロス時点でのクランク角度は、前回のクロス時点でのクランク角度に対してピッチ角 θ 分を加算することで算出できる。図 9 には、3 つの連続した算出周期 ($k - 1$ 、 k 、 $k + 1$) で算出される各クランク角度 $CA(k - 1)$ 、 $CA(k)$ 、及び $CA(k + 1)$ が示される。 $t_c(k - 1)$ 、 $t_c(k)$ 、及び $t_c(k + 1)$ は、

50

それぞれ、各算出周期 ($k - 1$ 、 k 、 $k + 1$) に係るクロス時点 t_c である。尚、時間軸上で隣接する2つのクロス時点間の時間は、クランク角速度に応じて異なる。例えば、算出周期 $k - 1$ に係るクロス時点 $t_c (k - 1)$ と算出周期 k に係るクロス時点 $t_c (k)$ との間の時間 $t (k - 1)$ は、算出周期 k に係るクロス時点 $t_c (k)$ と算出周期 $k + 1$ に係るクロス時点 $t_c (k + 1)$ との間の時間 $t (k)$ とは異なり得る。尚、欠歯区間においては、クランク角度算出部 1 2 1 は、ピッチ角 θ に代えて、角度 θ_1 (図 4 参照) だけ進角させることで、クランク角度を算出してよい。

【 0 0 3 3 】

クロス時点記憶部 1 2 2 は、クロス時点算出部 1 2 0 により算出されたクロス時点を記憶する記憶領域を有する。記憶領域は、例えば最新の所定数以上のクロス時点を記憶する容量を備える。クロス時点記憶部 1 2 2 は、例えばリングバッファであり、最新の所定数以上のクロス時点を、F I F O 形式で保持する。所定数は、クランク角速度算出部 1 2 3 やクランク角加速度算出部 1 3 0 での算出方法に依存するが、例えば 2 である。

10

【 0 0 3 4 】

クランク角速度算出部 1 2 3 は、クロス時点算出部 1 2 0 により算出されたクロス時点に基づいて、クランク角速度を算出する。具体的には、クランク角速度算出部 1 2 3 は、非欠歯区間において、時間軸上で隣接する2つのクロス時点間の時間と、ピッチ角 θ とに基づいて、クランク角速度を算出する。即ち、算出周期 k におけるクランク角速度 $\omega (k)$ は、例えば以下のとおりである。

20

【 0 0 3 5 】

【 数 1 】

$$\omega(k) = \frac{\Delta\theta}{t_c(k) - t_c(k-1)}$$

ここで、 $t_c (k)$ は、算出周期 k に係るクロス時点 t_c であり (図 5 及び図 9 参照)、算出周期 k の直近に算出されたクロス時点 t_c である。尚、欠歯区間においては、クランク角速度算出部 1 2 3 は、ピッチ角 θ に代えて、角度 θ_1 (図 4 参照) を用いて、クランク角速度を算出してよい。以下では、特に言及しない限り、非欠歯区間における算出方法について説明していく。

30

【 0 0 3 6 】

クランク角速度算出部 1 2 3 は、例えばクロス時点算出部 1 2 0 により新たなクロス時点が算出される毎に、クロス時点記憶部 1 2 2 から直近の2つのクロス時点 (今回新たに算出されたクロス時点を含む) を取り出す。そして、クランク角速度算出部 1 2 3 は、取り出した直近の2つのクロス時点と、ピッチ角 θ (既知) とに基づいて、クランク角速度を算出し、算出したクランク角速度をクランク角速度記憶部 1 2 4 に記憶する。

40

【 0 0 3 7 】

クランク角速度記憶部 1 2 4 は、クランク角速度算出部 1 2 3 により算出されたクランク角速度を記憶する記憶領域を有する。記憶領域は、例えば最新の所定数以上の算出周期分のクランク角速度を記憶する容量を備える。クランク角速度記憶部 1 2 4 は、例えばリングバッファであり、最新の所定数以上の算出周期分のクランク角速度を、F I F O 形式で保持する。所定数は、クランク角加速度算出部 1 3 0 のクランク角加速度算出処理に必要な算出周期分の数以上であり、クランク角加速度算出方法に依存する。例えば、クランク角加速度算出部 1 3 0 が直近の2時点のクランク角速度に基づいてクランク角加速度を算出する場合は、所定数は、例えば 2 である。

【 0 0 3 8 】

50

クランク角加速度算出部 130 は、クランク角速度算出部 123 より算出されたクランク角速度に基づいて、クランク角加速度を算出する。例えば、クランク角加速度算出部 130 は、クランク角速度算出部 123 により新たなクランク角速度が算出される毎に、クランク角速度記憶部 124 から直近の 2 算出周期分のクランク角速度と、クロス時点記憶部 122 から直近の 2 つのクロス時点とを取り出す。そして、クランク角加速度算出部 130 は、取り出した直近の 2 算出周期分のクランク角速度と、直近の 2 つのクロス時点とに基づいて、クランク角加速度を算出する（図 10 参照）。算出周期 k におけるクランク角加速度 $\alpha(k)$ は、例えば以下の通り算出できる。

【0039】

【数 2】

$$\alpha(k) = \frac{\omega(k) - \omega(k-1)}{t_c(k) - t_c(k-1)}$$

10

或いは、算出周期 k におけるクランク角加速度 $\alpha(k)$ は、例えば以下の通り算出されてもよい。

20

【0040】

【数 3】

$$\alpha(k) = \frac{(\omega(k+1) - \omega(k-1)) / 2}{t_c(k+1) - t_c(k-1)}$$

30

尚、この場合は、算出周期 k におけるクランク角加速度 $\alpha(k)$ は、次の算出周期 $k+1$ のクランク角速度 $\omega(k+1)$ 等を利用して算出されることになる。

【0041】

エンジントルク算出部 160 は、クランク角加速度算出部 130 により算出されたクランク角加速度に基づいて、エンジントルクを算出する。実施例 1 では、一例として、エンジントルク算出部 160 は、図示トルクを算出する。算出周期 k における図示トルク $\tau(k)$ は、例えば以下の通り算出できる。

【0042】

【数 4】

$$\tau(k) = J \cdot \alpha(k)$$

40

ここで、 J は慣性モーメントを表す。

【0043】

次に、図 11 乃至図 13 を参照して、比較例と対比しつつ、上述した実施例 1 による効果を説明する。

50

【 0 0 4 4 】

図 1 1 は、2 算出周期でそれぞれ算出されるクロス時点の例を示す図である。図 1 1 に
は、算出周期 $k - 1$ に係るクロス時点 $t_c(k - 1)$ と、算出周期 k に係るクロス時点 $t_c(k)$ とが示される。

【 0 0 4 5 】

算出周期 $k - 1$ では、図 1 1 の左側に示すように、所定基準値 V_{ref} を挟む 2 時点での
サンプリング値は、サンプリング点 $s(m - 1)$ での電圧値 $v(m - 1)$ 及びサンプリング
点 $s(m)$ での電圧値 $v(m)$ である。また、2 時点は、時点 $t(m - 1)$ 及び時点
 $t(m)$ である。従って、算出周期 $k - 1$ に係るクロス時点 $t_c(k - 1)$ は、上述のよ
うに次のとおりである。

$$t_c(k - 1) = (V_{ref} - v(m - 1)) / (k - 1) + t(m - 1)$$

$$\text{但し、} (k - 1) = (v(m) - v(m - 1)) / dt$$

算出周期 k では、図 1 1 の右側に示すように、所定基準値 V_{ref} を挟む 2 時点での
サンプリング値は、サンプリング点 $s(n - 1)$ での電圧値 $v(n - 1)$ 及びサンプリング
点 $s(n)$ での電圧値 $v(n)$ である。また、2 時点は、時点 $t(n - 1)$ 及び時点 $t(n)$
である。従って、算出周期 k に係るクロス時点 $t_c(k)$ は、上述のように次のと
おりである。

$$t_c(k) = (V_{ref} - v(n - 1)) / (k) + t(n - 1)$$

$$\text{但し、} (k) = (v(n) - v(n - 1)) / dt$$

ここで、次の比較例を想定する。比較例では、所定基準値 V_{ref} よりも大きいサン
プリング値がサンプリングされた時点が、「クロス時点」として扱われる。従って、比較
例では、算出周期 k におけるクランク角速度 (k) は、以下のとおりである。

【 0 0 4 6 】

【 数 5 】

$$\omega(k) = \frac{\Delta\theta}{t(n) - t(m)}$$

【 0 0 4 7 】

ところで、センサ出力をサンプリングする際のサンプリングレートの限界等に起因して
、クランク角度をピッチ角 分だけ進角させるタイミングを、センサ出力が所定基準値
 V_{ref} をちょうどクロスする時点に正確に同期させることは難しい。換言すると、セン
サ出力が所定基準値 V_{ref} となる実際の時点が「真値」とすると、算出周期間で、真値
に対するクロス時点のずれを一定にすることは難しい。例えば、真値は、実施例 1 による
クロス時点算出部 1 2 0 により算出されるクロス時点と一致するものとする、比較例で
は、図 1 1 に模式的に示すように、真値に対するクロス時点のずれが、算出周期間で比較
的に大きく変動しうる。具体的には、算出周期 $k - 1$ での、真値に対するクロス時点のず
れ $t_r(k - 1)$ と、算出周期 k での、真値に対するクロス時点のずれ $t_r(k)$ と
が有意に異なる。真値に対するクロス時点のずれが算出周期間で比較的に大きく変動す
るということは、実質的に、クランク角速度の算出に用いるセンサ出力の判定基準電圧が算
出周期間で比較的に大きく変動していることと等価である。クランク角速度の算出に用い
るセンサ出力の判定基準電圧が算出周期間で変動すると、当然ながら、クランク角速度の
精度の悪化を招く。従って、比較例では、クランク角速度の算出精度を高めることが難
しい。

【 0 0 4 8 】

これに対して、実施例 1 によれば、真値に対するクロス時点（クロス時点算出部 1 2 0

10

20

30

40

50

により算出されるクロス時点)のずれが、算出周期間で比較的大きく変動することを抑制できる。具体的には、実施例1によれば、上述のように、算出周期毎に、上り区間内の2時点でのサンプリング値に基づいて、クロス時点が算出される。クロス時点は、上述のように上り区間内の2時点間でのセンサ出力の時間変化率に基づいて算出されるので、算出周期毎に、真値に高い精度で一致する。この結果、真値に対するクロス時点のずれが、算出周期間で比較的大きく変動することを抑制できる。よって、実施例1によれば、比較例に比べて、クランク角速度の算出精度を高めることができる。

【0049】

図12は、比較例による図示トルクの算出精度の説明図である。図12には、上から、センサ出力から計算されるクランク角度の時系列、クランク角速度から計算されるクランク角加速度の時系列、及びクランク角加速度から計算される図示トルクの時系列L1が示される。計算による図示トルクの時系列L1には、実測値による図示トルクの時系列L2が併せて示される。尚、実測値による図示トルクは、筒内圧センサから得られるシリンダ内の圧力変化とクランク角度変化から得られるシリンダ容積の変化を基に算出されている。図13は、実施例1による図示トルクの算出精度の説明図である。図13には、図12と同様の各時系列が示される。尚、本試験に用いたクランクロータ5の仕様は、歯の本数が60本(ピッチ角 = 6CA)であり、欠歯本数が4本である。エンジンの仕様は、気筒数が4個であり、クランクシャフト2回転(720CA)で全気筒が1回燃焼する。

【0050】

比較例では、図12に示すように、実測値による図示トルクに対する算出誤差が大きい(波形が乱れている)。比較例の算出結果の根平均二乗誤差(RMSE: Root Mean Squared Error)は143.77であった。これに対して、実施例1によれば、図13に示すように、実測値による図示トルクに対する算出誤差が小さい(波形の乱れが小さくなっている)。実施例1によれば、RMSEは117.42であり、比較例に比べてRMSEを約28%低減できている。

【0051】

次に、図14を参照して、エンジントルク算出装置10の動作例について説明する。

【0052】

図14は、エンジントルク算出装置10により実行されるエンジントルク算出処理の一例を示すフローチャートである。図14に示す処理は、例えばサンプル値取得部111のサンプリングレート毎に実行されてよい。尚、図14に示す処理中は、エンジントルク算出装置10にはクランク角度センサ4のセンサ出力が入力され続ける。

【0053】

ステップS100では、サンプル値取得部111は、センサ出力に対する今回のサンプリング周期のサンプリング値を取得し、サンプル値記憶部114に記憶する。

【0054】

ステップS102では、クロス時点算出部120は、ステップS100でサンプル値取得部111が取得したサンプリング値が所定基準値Vrefを正の方向にクロスしたか否かを判定する。例えば、クロス時点算出部120は、前回のサンプリング値が所定基準値Vref未満であるが、今回のサンプリング値が所定基準値Vrefよりも大きい場合は、サンプリング値が所定基準値Vrefを正の方向にクロスしたと判定する。判定結果が"YES"の場合は、ステップS104に進み、判定結果が"NO"の場合は、今回周期の処理はそのまま終了する。

【0055】

ステップS104では、クロス時点算出部120は、サンプル値記憶部114内の直近の2時点のサンプリング値を取り出し、取り出した2時点のサンプリング値に基づいて、クロス時点を算出する。クロス時点を算出方法は、上述のとおりである。クロス時点算出部120は、算出したクロス時点をクロス時点記憶部122に記憶する。

【0056】

ステップS106では、クランク角速度算出部123は、クロス時点記憶部122から直近の2つのクロス時点を取り出し、取り出した直近の2つのクロス時点と、ピッチ角

10

20

30

40

50

であって最大電圧 V_{MAX} に至る前における任意の 2 時点でのサンプリング値であってもよい。

【0064】

また、実施例 1 では、上述したように、クロス時点算出部 120 は、上り区間内の 2 時点でのサンプリング値に基づいて、クロス時点算出するが、これに限られない。即ち、クロス時点算出部 120 は、センサ出力が下降する区間（以下、「下り区間」とも称する）内の 2 時点でのサンプリング値に基づいて、クロス時点算出してもよい。下り区間内とは、センサ出力が、最大電圧 V_{MAX} から立ち下がり始めた以後であって最少電圧 V_{MIN} に至る以前の区間を指す。例えば、クロス時点算出部 120 は、下り区間内の 2 時点でのサンプリング値であって、所定基準値 V_{ref} を挟む 2 時点でのサンプリング値に基づいて、クロス時点算出してもよい。

10

【0065】

また、実施例 1 では、上述したように、所定基準値 $V_{ref} = (V_{MAX} + V_{MIN}) / 2$ であるが、これに限られない。例えば、所定基準値 V_{ref} は、 $V_{MIN} < V_{ref} < V_{MAX}$ の関係を満たす限り、任意である。尚、所定基準値 $V_{ref} = V_{MAX}$ （又は $V_{ref} = V_{MIN}$ ）であってもよく、かかる実施例について、後述の実施例 2 として説明する。

【0066】

また、実施例 1 では、上述したように、クロス時点と、クランク角度がピッチ角 分だけ進角するタイミングとが同じであるが、これらが同期している限り、これに限られない。例えば、クロス時点に対して固定の所定時間前又は後の時点と、クランク角度がピッチ角 分だけ進角するタイミングとが同じであってもよい。

20

【0067】

図 15 は、エンジントルク算出装置 10 を含むエンジン制御システムの一例を示す図である。

【0068】

エンジン制御システム 2 は、車両に搭載される。車両は、上述のように、エンジンのみを駆動源とする車両であってもよいし、ハイブリッド車であってもよい。エンジン制御システム 2 は、センサ群 8 と、エンジン制御装置 30（エンジン制御部の一例）と、エンジン 80 と、クランク角度センサ 4 と、エンジントルク算出装置 10 とを含む。

30

【0069】

センサ群 8 は、クランク角度センサ 4 以外の各種車載センサとして、例えば、アクセル開度センサ、車速センサ、レーダセンサ、画像センサ等を含む。

【0070】

エンジン制御装置 30 は、エンジン 80 を電子制御する。尚、エンジン 80 の電子制御は、例えば、図示しないが、エンジン 80 の吸気マニホールド内に配置されるスロットルバルブの開度（即ち、スロットル開度）を電子制御することを含んでよい。その他、エンジン 80 の電子制御は、例えば、エンジン 80 の燃焼室に噴射される燃料の量や点火時期を電子制御することや、バルブ開閉タイミングを調整するインテークカムシャフトの位相を電子制御することを含んでよい。

40

【0071】

エンジン制御装置 30 は、電子制御ユニット（ECU: Electronic Control Unit）により形成され、例えば図 2 に示したようなハードウェア構成を有してよい。エンジン制御装置 30 は、図 15 に示すように、運転者要求駆動力算出部 31 と、運転者支援駆動力算出部 32 と、目標駆動力調停部 33 と、フィードバック制御部 34 とを含む。運転者要求駆動力算出部 31、運転者支援駆動力算出部 32、目標駆動力調停部 33、及びフィードバック制御部 34 は、電子制御ユニットの CPU がプログラムを実行することで実現できる。

【0072】

運転者要求駆動力算出部 31 は、車速センサ及びアクセル開度センサからの情報に基づ

50

いて、車速及びアクセル開度に応じた運転者要求駆動力（以下、「第1要求駆動力」と称する）を算出する。

【0073】

運転者支援駆動力算出部32は、レーダセンサ等からの情報に基づいて、運転者による車両の運転を支援するための要求駆動力（以下、「第2要求駆動力」と称する）を算出する。第2要求駆動力は、例えば所定車速で走行するために必要な駆動力、先行車に追従するために必要な駆動力、制限車速を超えないように車速を制限するための駆動力等であってよい。

【0074】

目標駆動力調停部33は、所定の規則に従って、第1要求駆動力及び第2要求駆動力のいずれかを選択する。例えば、ACC（Adaptive Cruise Control）の実行中は、目標駆動力調停部33は、第1要求駆動力が0である間、第2要求駆動力を選択し、第1要求駆動力が所定閾値より大きくなると、第1要求駆動力を選択する。目標駆動力調停部33は、選択した要求駆動力を、トルク表現 $[N \cdot m]$ に変換し、要求駆動トルクとしてフィードバック制御部34に与える。

【0075】

フィードバック制御部34は、例えば、目標駆動力調停部33から与えられる要求駆動トルクと、エンジントルク算出装置10から与えられる図示トルクの算出値との差に基づいて、要求駆動トルクが実現されるようにエンジン80の制御目標値を決定してもよい。エンジンの制御目標値は、例えばスロットル開度の目標値や燃料の噴射量の目標値等であってよい。尚、等価的に、図示トルクの算出値に代えて、該図示トルクの算出値に基づく正味トルクの算出値が用いられてもよい。例えば、正味トルクは、図示トルクの算出値からエンジンのフリクショントルクを減算することで算出できる。また、エンジンのフリクショントルクは、例えば、エンジンの回転数および負荷に基づいて算出できる。また、フィードバック制御部34は、エンジントルク算出装置10から与えられる図示トルクの算出値に基づいて、エンジンの制御目標値として点火時期の目標値を決定してもよい。フィードバック制御部34は、決定した制御目標値が実現されるように、エンジン80を制御する。

【0076】

図15に示すエンジン制御システム2によれば、エンジントルク算出装置10を備え、要求駆動力と図示トルクの算出値との差に基づいてエンジン80をフィードバック制御できる。上述のようにエンジントルク算出装置10からの図示トルクの算出値の算出精度が高いため、エンジン80の駆動トルクを精度良く制御できる。これにより、例えば過剰に筒内に燃料を噴射する必要がなくなり、エンジン性能が向上し、燃費やドライバビリティが改善される。このようにして、エンジントルク算出装置10をエンジン制御システムの高性能化に有効に利用できる。

【0077】

尚、図15に示す例では、エンジントルク算出装置10は、エンジン制御装置30とは別に設けられるが、これに限られない。エンジントルク算出装置10の機能の一部又は全部は、エンジン制御装置30により実現されてもよい。

【0078】

また、図15に示す例では、エンジン制御システム2は、エンジントルク算出装置10による算出結果を用いて制御する対象は、エンジン80であるが、これに限られない。例えば、エンジントルク算出装置10による算出結果は、エンジン80以外の車両駆動装置（例えば、トランスミッション、電気モータ、クラッチ等）の制御にも用いることができる。エンジン80以外の車両駆動装置の制御目標値（例えばトランスミッションの目標ギア段）は、エンジン80の制御目標値に関連する場合があるためである。

【0079】

また、図15に示す例では、エンジン制御システム2は、運転者支援駆動力算出部32を備えるが、運転者支援駆動力算出部32は省略されてもよい。この場合、目標駆動力調

10

20

30

40

50

停部 33 も不要となり、フィードバック制御部 34 は、運転者要求駆動力算出部 31 からの第 1 要求駆動力を常時用以てよい。

【0080】

[実施例 2]

実施例 2 は、所定基準値 V_{ref} が最大電圧 V_{MAX} である点が、上述した実施例 1 と異なる。実施例 2 によるエンジントルク算出装置 10A は、上述した実施例 1 によるエンジントルク算出装置 10 に対して、ハードウェア構成自体は同じであってよいが、機能が、以下の通り異なる。

【0081】

図 16 は、エンジントルク算出装置 10A の機能ブロック図である。実施例 2 によるエンジントルク算出装置 10A は、上述した実施例 1 によるエンジントルク算出装置 10 に対して、以下の点が主に異なる。クロス時点算出部 120 及びクロス時点記憶部 122 がそれぞれ最大到達時点算出部 140 (基準時点算出部の一例) 及び最大到達時点記憶部 141 で置換される。また、クランク角度算出部 121、クランク角速度算出部 123、及びクランク角加速度算出部 130 が、それぞれ、クランク角度算出部 121A、クランク角速度算出部 123A、及びクランク角加速度算出部 130A で置換される。他の構成要素は、上述した実施例 1 によるエンジントルク算出装置 10 と実質的に同様であってよく、図 16 において、同一の参照符号を付して説明を省略する。最大到達時点算出部 140、クランク角度算出部 121A、クランク角速度算出部 123A、及びクランク角加速度算出部 130A は、制御部 101 が主記憶部 102 内のプログラムを実行することにより実現できる。また、最大到達時点記憶部 141 は、例えば主記憶部 102 の RAM により実現できる。

10

20

【0082】

最大到達時点算出部 140 は、上り区間内の 2 時点でのサンプリング値に基づいて、センサ出力が所定基準値 V_{ref} (= 最大電圧 V_{MAX}) となる時点である最大到達時点 (立ち上がりエッジの時点) を算出する。最大到達時点算出部 140 は、算出した最大到達時点をもとに最大到達時点記憶部 141 に記憶する。

【0083】

実施例 2 では、一例として、最大到達時点算出部 140 は、上り区間内の 2 時点でのサンプリング値であって、中間値 (= $(V_{MAX} + V_{MIN}) / 2$) を挟む 2 時点でのサンプリング値に基づいて、最大到達時点算出部 140 は、算出した最大到達時点をもとに最大到達時点記憶部 141 に記憶する。例えば、最大到達時点算出部 140 は、サンプル値記憶部 114 に直前に記憶されるサンプリング値が、中間値未満である状態から中間値を超えたときに、サンプル値記憶部 114 内の直前の 2 時点のサンプリング値を取り出す。そして、最大到達時点算出部 140 は、取り出した 2 時点のサンプリング値に基づいて、最大到達時点算出部 140 は、取り出した 2 時点のサンプリング値に基づいて、最大到達時点算出部 140 は、算出した最大到達時点をもとに最大到達時点記憶部 141 に記憶する。

30

【0084】

図 17 は、最大到達時点算出部 140 による最大到達時点の算出方法の説明図である。図 17 には、横軸に時間を取り、縦軸に電圧を取り、センサ出力の波形 70 が示されている。図 17 には、周期 i (= $n - 3 \sim n + 2$) で得られたサンプリング点 $s(n - 3) \sim s(n + 2)$ が印で示される。

40

【0085】

具体的には、最大到達時点算出部 140 は、2 時点でのサンプリング値間の差分 V と、2 時点間の時間 dt とに基づいて、2 時点間でのセンサ出力の時間変化率 V/dt を算出する。図 17 では、2 時点でのサンプリング値間の差分は、 V であり、 $V = v(n) - v(n - 1)$ である。2 時点間の時間 dt は、サンプリングレートに対応する。従って、2 時点間でのセンサ出力の時間変化率は、 $V/dt = (v(n) - v(n - 1)) / dt$ である。そして、最大到達時点算出部 140 は、算出した時間変化率に基づいて、最大到達時点 t_p を算出する。例えば、最大到達時点 t_p は、時点 $t(n - 1)$ を基準として、以下の通り算出できる。

$$t_p = (V_{ref} - v(n - 1)) / (V/dt) + t(n - 1)$$

50

或いは、最大到達時点 t_p は、時点 $t(n)$ を基準として、以下の通り算出できる。

$$t_p = (V_{ref} - v(n)) / \quad + t(n)$$

この算出方法は、センサ出力が、図 17 に示すように、最大電圧 V_{MAX} 及び最少電圧 V_{MIN} 間で線形的に変化する場合に好適である。換言すると、この算出方法は、センサ出力が最大電圧 V_{MAX} 及び最少電圧 V_{MIN} 間で一定の時間変化率で変化すると仮定して、センサ出力が所定基準値 V_{ref} となる立ち上がりエッジ点 P_2 (図 17 参照) を求めるものである。従って、最大到達時点 t_p に係る立ち上がりエッジ点 P_2 は、サンプリング点 $s(n-1)$ とサンプリング点 $s(n)$ とを結んだ直線 (傾きは) と、所定基準値 V_{ref} (= 最大電圧 V_{MAX}) を表す直線 (傾きは 0) との交点である。

【0086】

尚、最大到達時点は、上述した実施例 1 におけるクロス時点と同様、クランク角度がピッチ角 分だけ進角するタイミングと同期される。

【0087】

最大到達時点記憶部 141 は、最大到達時点算出部 140 により算出された最大到達時点を記憶する記憶領域を有する。記憶領域は、例えば最新の所定数以上の最大到達時点を記憶する容量を備える。最大到達時点記憶部 141 は、例えばリングバッファであり、最新の所定数以上の最大到達時点を、FIFO 形式で保持する。所定数は、クランク角速度算出部 123 やクランク角加速度算出部 130 での算出方法に依存するが、例えば 2 である。

【0088】

クランク角度算出部 121A は、最大到達時点算出部 140 により算出された最大到達時点に基づいて、最大到達時点でのクランク角度を算出する。実施例 2 では、一例として、最大到達時点は、クランク角度がピッチ角 分だけ進角するタイミングとされる。従って、今回の最大到達時点でのクランク角度は、前回の最大到達時点でのクランク角度に対してピッチ角 分を加算することで算出できる。

【0089】

クランク角速度算出部 123A は、最大到達時点算出部 140 により算出された最大到達時点に基づいて、クランク角速度を算出する。尚、クランク角速度の算出方法は、「クロス時点」を「最大到達時点」で置換した以外は、実質的に上述した実施例 1 によるクランク角速度算出部 123 による同算出方法と同じであり、更なる説明を省略する。

【0090】

クランク角加速度算出部 130A は、最大到達時点算出部 140 により算出された最大到達時点と、クランク角速度算出部 123A により算出されたクランク角速度とに基づいて、クランク角加速度を算出する。尚、クランク角加速度の算出方法は、「クロス時点」を「最大到達時点」で置換した以外は、実質的に上述した実施例 1 によるクランク角加速度算出部 130 による同算出方法と同じであり、更なる説明を省略する。

【0091】

実施例 2 によっても、上述した実施例 1 と同様の効果が得られる。即ち、センサ出力が所定基準値 V_{ref} となる実際の時点を「真値」とすると、実施例 2 によれば、真値に対する最大到達時点 (最大到達時点算出部 140 により算出される最大到達時点) のずれが、算出周期間で比較的大きく変動することを抑制できる。具体的には、実施例 2 によれば、上述のように、算出周期毎に、上り区間内の 2 時点でのサンプリング値に基づいて、最大到達時点が算出される。最大到達時点は、上述のように上り区間内の 2 時点間でのセンサ出力の時間変化率に基づいて算出されるので、算出周期毎に、真値に高い精度で一致する。この結果、真値に対する最大到達時点のずれが、算出周期間で比較的大きく変動することを抑制できる。よって、実施例 2 によれば、クランク角速度の算出精度を高めることができる。

【0092】

次に、図 18 を参照して、エンジントルク算出装置 10A の動作例について説明する。

【0093】

10

20

30

40

50

図18は、エンジントルク算出装置10Aにより実行されるエンジントルク算出処理の一例を示すフローチャートである。図18に示す処理は、例えばサンプル値取得部111のサンプリングレート毎に実行されてよい。尚、図18に示す処理中は、エンジントルク算出装置10Aにはクランク角度センサ4のセンサ出力が入力され続ける。

【0094】

ステップS200及びステップS210は、上述の図14のステップS100及びステップS110とそれぞれ同様であってよく、説明を省略する。

【0095】

ステップS202では、最大到達時点算出部140は、ステップS200でサンプル値取得部111が取得したサンプリング値が中間値(= $(V_{MAX} + V_{MIN}) / 2$)を超えたか否かを判定する。判定結果が"YES"の場合は、ステップS204に進み、判定結果が"NO"の場合は、今回周期の処理はそのまま終了する。

10

【0096】

ステップS204では、最大到達時点算出部140は、サンプル値記憶部114内の直近の2時点のサンプリング値を取り出し、取り出した2時点のサンプリング値に基づいて、最大到達時点を算出する。最大到達時点の算出方法は、上述のとおりである。最大到達時点算出部140は、算出した最大到達時点を最大到達時点記憶部141に記憶する。

【0097】

ステップS206では、クランク角速度算出部123Aは、最大到達時点記憶部141から直近の2つの最大到達時点を取り出し、取り出した直近の2つの最大到達時点と、ピッチ角(既知)とに基づいて、クランク角速度を算出する。クランク角速度の算出方法は、上述のとおりである。クランク角速度算出部123Aは、算出したクランク角速度をクランク角速度記憶部124に記憶する。

20

【0098】

ステップS208では、クランク角加速度算出部130Aは、クランク角速度記憶部124内の直近の2算出周期分のクランク角速度と、最大到達時点記憶部141内の直近の2つの最大到達時点とに基づいて、クランク角加速度を算出する。クランク角加速度の算出方法は、上述のとおりである。

【0099】

このようにして図18に示す処理によれば、センサ出力が中間値を超える毎に(即ち上り区間が発生する毎に)、現在の図示トルクを精度良く算出できる。このようなエンジントルク算出装置10Aは、リアルタイムで図示トルクを精度良く算出できるので、エンジン制御システムの高性能化に有効に利用できる。例えば、実施例2によるエンジントルク算出装置10Aは、図15に示したエンジン制御システム2のエンジントルク算出装置10(実施例1によるエンジントルク算出装置10)に代えて同様に機能できる。

30

【0100】

尚、実施例2では、上述したように、最大到達時点算出部140は、中間値を挟む2時点でのサンプリング値に基づいて、最大到達時点を算出するが、これに限られない。例えば、最大到達時点算出部140は、中間値を挟む2時点でのサンプリング値に、他のサンプリング値を加えた3時点以上でのサンプリング値に基づいて、最大到達時点を算出してもよい。この場合、最大到達時点算出部140は、例えば最小二乗法等により、3時点以上でのサンプリング点に対する近似直線を求め、該近似直線と所定基準値 V_{ref} (=最大電圧 V_{MAX})を表す直線(傾き0)との交点に基づいて、最大到達時点を算出してもよい。この場合、近似直線の算出に用いられる3時点以上でのサンプリング点としては、好ましくは、上り区間内のサンプリング点である。

40

【0101】

また、実施例2では、上述したように、最大到達時点算出部140は、中間値を挟む2時点でのサンプリング値として、中間値を超える直前と直後の各サンプリング値を用いるが、これに限られない。例えば、最大到達時点の算出に用いられる2時点でのサンプリング値は、上り区間内の2時点でのサンプリング値である限り、任意である。従って、例え

50

ば、最大到達時点の算出に用いられる 2 時点でのサンプリング値は、センサ出力が最少電圧 V_{MIN} から立ち上がった後であって中間値を超える前における任意の 2 時点でのサンプリング値であってもよい。同様に、最大到達時点の算出に用いられる 2 時点でのサンプリング値は、センサ出力が中間値を超えた後であって最大電圧 V_{MAX} に至る前における任意の 2 時点でのサンプリング値であってもよい。

【0102】

また、実施例 2 では、上述したように、所定基準値 V_{ref} が最大電圧 V_{MAX} であるが、これに限られない。即ち、所定基準値 V_{ref} が最小電圧 V_{MIN} であってもよい。この場合、最大到達時点算出部 140 は、最大到達時点に代えて、下り区間内の 2 時点でのサンプリング値に基づいて、センサ出力が所定基準値 V_{ref} (= 最小電圧 V_{MIN}) となる時点である最小到達時点を算出してよい。例えば、最大到達時点算出部 140 は、下り区間内の 2 時点でのサンプリング値であって、中間値を挟む 2 時点でのサンプリング値に基づいて、最小到達時点を算出してよい。

10

【0103】

また、実施例 2 では、上述したように、中間値 = $(V_{MAX} + V_{MIN}) / 2$ が用いられるが、これに限られない。例えば、中間値に代えて、 $V_{MIN} < V_{th} < V_{MAX}$ の関係を満たす他の所定値が使用されてもよい。

【0104】

また、実施例 2 では、上述したように、最大到達時点と、クランク角度がピッチ角分だけ進角するタイミングとが同じであるが、これらが同期している限り、これに限られない。例えば、最大到達時点に対して固定の所定時間前又は後の時点と、クランク角度がピッチ角分だけ進角するタイミングとが同じであってもよい。

20

【0105】

[実施例 3]

実施例 3 は、上り区間と下り区間の双方で算出したクロス時点に基づいてクランク角速度を算出する点が、上述した実施例 1 と異なる。実施例 3 によるエンジントルク算出装置 10B は、上述した実施例 1 によるエンジントルク算出装置 10 に対して、ハードウェア構成自体は同じであってよいが、機能が、以下の通り異なる。

【0106】

図 19 は、エンジントルク算出装置 10B の機能ブロック図である。実施例 3 によるエンジントルク算出装置 10B は、上述した実施例 1 によるエンジントルク算出装置 10 に対して、以下の点が主に異なる。第 2 クロス時点算出部 142 が追加される。また、クランク角速度算出部 123、クランク角加速度算出部 130、及びエンジントルク算出部 160 が、それぞれクランク角速度算出部 123B、クランク角加速度算出部 130B、及びエンジントルク算出部 160B で置換される。他の構成要素は、上述した実施例 1 によるエンジントルク算出装置 10 と実質的に同様であってよく、図 19 において、同一の参照符号を付して説明を省略する。第 2 クロス時点算出部 142、クロス時点記憶部 122B、クランク角速度算出部 123B、及びクランク角加速度算出部 130B は、制御部 101 が主記憶部 102 内のプログラムを実行することにより実現できる。尚、実施例 3 においては、クロス時点算出部 120 及び第 2 クロス時点算出部 142 が、基準時点算出部の一例を形成する。

30

40

【0107】

第 2 クロス時点算出部 142 は、下り区間内の 2 時点でのサンプリング値に基づいて、センサ出力が所定基準値 V_{ref} となる時点を算出する。

【0108】

実施例 3 では、一例として、第 2 クロス時点算出部 142 は、下り区間内の 2 時点でのサンプリング値であって、所定基準値 V_{ref} を挟む 2 時点でのサンプリング値に基づいて、センサ出力が所定基準値 V_{ref} をクロスする時点であるクロス時点を算出する。以下、区別するときには、クロス時点算出部 120 により上述のように算出されるクロス時点を、「上りクロス時点」と称し、第 2 クロス時点算出部 142 により算出されるクロス

50

時点を、「下りクロス時点」と称する。尚、実施例3では、一例として、所定基準値 V_{ref} は、上述した実施例1と同様、所定基準値 $V_{ref} = (V_{MAX} + V_{MIN}) / 2$ である。

【0109】

例えば、第2クロス時点算出部142は、サンプル値記憶部114に直近に記憶されるサンプリング値が、所定基準値 V_{ref} よりも大きい状態から所定基準値 V_{ref} を下回るときに、サンプル値記憶部114内の直近の2時点のサンプリング値を取り出す。そして、第2クロス時点算出部142は、取り出した2時点のサンプリング値に基づいて、下りクロス時点を算出する。第2クロス時点算出部142は、算出した下りクロス時点をクロス時点記憶部122に記憶する。

10

【0110】

クランク角速度算出部123Bは、クロス時点算出部120により算出された上りクロス時点に基づいて、クランク角速度を算出すると共に、第2クロス時点算出部142により算出された下りクロス時点に基づいて、クランク角速度を算出する。上りクロス時点に基づいてクランク角速度を算出する方法は、上述のとおりである。また、下りクロス時点に基づいてクランク角速度を算出する方法は、上りクロス時点に基づいてクランク角速度を算出する方法と実質的に同様であるので、説明を簡略化する。具体的には、クランク角速度算出部123Bは、非欠歯区間において、時間軸上で隣接する2つの下りクロス時点間の時間と、ピッチ角 θ とに基づいて、クランク角速度を算出する。以下、区別するときには、上りクロス時点に基づき算出されるクランク角速度を、「第1クランク角速度」と称し、下りクロス時点に基づき算出されるクランク角速度を、「第2クランク角速度」と称する。

20

【0111】

図20及び図21は、クランク角速度算出部123Bによる算出される第1クランク角速度及び第2クランク角速度の説明図である。図20では、上りクロス時点 $t_{u1} \sim t_{u5}$ と、それぞれに対応して算出される第1クランク角速度 $u_1 \sim u_5$ とが、センサ出力70の上側に示される。また、図20では、下りクロス時点 $t_{d1} \sim t_{d5}$ と、それぞれに対応して算出される第2クランク角速度 $d_1 \sim d_5$ とが、センサ出力70の下側に示される。図21には、横軸に時間を取り、縦軸にクランク角速度を取り、第1クランク角速度及び第2クランク角速度の各算出結果の時系列が示される。具体的には、上りクロス時点 $t_{u2} \sim t_{u8}$ と、それぞれに対応して算出される第1クランク角速度 $u_2 \sim u_8$ と、下りクロス時点 $t_{d2} \sim t_{d8}$ と、それぞれに対応して算出される第2クランク角速度 $d_2 \sim d_8$ とが示される。

30

【0112】

クランク角加速度算出部130Bは、クランク角速度算出部123Bより算出されたクランク角速度に基づいて、クランク角加速度を算出する。クランク角加速度算出部130Bは、クランク角速度記憶部124から直近の2算出周期分の第1クランク角速度と、クロス時点記憶部122から直近の2つの上りクロス時点とに基づいて、クランク角加速度を算出する。また、クランク角加速度算出部130Bは、クランク角速度記憶部124から直近の2算出周期分の第2クランク角速度と、クロス時点記憶部122から直近の2つの下りクロス時点とに基づいて、クランク角加速度を算出する。クランク角加速度を算出する方法は、上述のとおりである。以下、区別するときには、上りクロス時点に基づき算出されるクランク角加速度を、「第1クランク角加速度」と称し、下りクロス時点に基づき算出されるクランク角加速度を、「第2クランク角加速度」と称する。

40

【0113】

エンジントルク算出部160Bは、クランク角加速度算出部130Bにより算出されたクランク角加速度に基づいて、エンジントルクを算出する。具体的には、エンジントルク算出部160Bは、クランク角速度算出部123Bより第1クランク角加速度が算出されると、該第1クランク角加速度に基づいて、図示トルクを算出する。また、エンジントルク算出部160Bは、クランク角速度算出部123Bより第2クランク角加速度が算出さ

50

れると、該第2クランク角加速度に基づいて、図示トルクを算出する。クランク角加速度から図示トルクを算出する方法は、上述のとおりである。

【0114】

図22は、エンジントルク算出装置10Bにより実行されるエンジントルク算出処理の一例を示すフローチャートである。図22に示す処理は、例えばサンプル値取得部111のサンプリングレート毎に実行されてよい。尚、図22に示す処理中は、エンジントルク算出装置10Bにはクランク角度センサ4のセンサ出力が入力され続ける。

【0115】

ステップS100～ステップS110の処理は、図14で説明した通りである。但し、ステップS102において、判定結果が"YES"の場合は、ステップS104に進み、判定結果が"NO"の場合は、ステップS302に進む。

10

【0116】

ステップS302では、第2クロス時点算出部142は、ステップS100でサンプル値取得部111が取得したサンプリング値が所定基準値Vrefを負の方向にクロスしたか否かを判定する。例えば、第2クロス時点算出部142は、前回のサンプリング値が所定基準値Vrefよりも大きい、今回のサンプリング値が所定基準値Vref未満である場合は、サンプリング値が所定基準値Vrefを負の方向にクロスしたと判定する。判定結果が"YES"の場合は、ステップS304に進み、判定結果が"NO"の場合は、今回周期の処理はそのまま終了する。

【0117】

ステップS304では、第2クロス時点算出部142は、サンプル値記憶部114内の直近の2時点のサンプリング値を取り出し、取り出した2時点のサンプリング値に基づいて、下りクロス時点を算出する。下りクロス時点の算出方法は、上述のとおりである。第2クロス時点算出部142は、算出した下りクロス時点をクロス時点記憶部122に記憶する。

20

【0118】

ステップS306では、クランク角速度算出部123Bは、クロス時点記憶部122から直近の2つの下りクロス時点を取り出し、取り出した直近の2つの下りクロス時点と、ピッチ角（既知）とに基づいて、第2クランク角速度を算出する。第2クランク角速度の算出方法は、上述のとおりである。クランク角速度算出部123Bは、算出した第2クランク角速度をクランク角速度記憶部124に記憶する。

30

【0119】

ステップS308では、クランク角加速度算出部130Bは、クランク角速度記憶部124内の直近の2算出周期分の第2クランク角速度と、クロス時点記憶部122内の直近の2つの下りクロス時点とに基づいて、第2クランク角加速度を算出する。第2クランク角加速度の算出方法は、上述のとおりである。

【0120】

ステップS310では、エンジントルク算出部160Bは、ステップS308で算出された第2クランク角加速度に基づいて、図示トルクを算出する。図示トルクの算出方法は、上述のとおりである。

40

【0121】

このようにして図22に示す処理によれば、センサ出力が所定基準値Vrefを超える毎に（即ち上りクロス時点が発生する毎に）、及び、センサ出力が所定基準値Vrefを下回る毎に（即ち下りクロス時点が発生する毎に）、現在の図示トルクを精度良く算出できる。これにより、例えばサンプリングレートを必要以上に高めることなく、リアルタイムに短い周期で図示トルクを精度良く算出できる。このようなエンジントルク算出装置10は、リアルタイムで図示トルクを精度良く算出できるので、エンジン制御システムの高性能化に有効に利用できる。例えば、実施例3によるエンジントルク算出装置10Bは、図15に示したエンジン制御システム2のエンジントルク算出装置10（実施例1によるエンジントルク算出装置10）に代えて同様に機能できる。

50

【 0 1 2 2 】

尚、実施例 3 では、上述したように、第 2 クロス時点算出部 1 4 2 は、所定基準値 V_{ref} を挟む 2 時点でのサンプリング値に基づいて、下りクロス時点を算出するが、これに限られない。例えば、第 2 クロス時点算出部 1 4 2 は、所定基準値 V_{ref} を挟む 2 時点でのサンプリング値に、他のサンプリング値を加えた 3 時点以上でのサンプリング値に基づいて、下りクロス時点を算出してもよい。この場合、下りクロス時点の算出に用いられる 3 時点以上でのサンプリング点としては、好ましくは、下り区間内のサンプリング点である。

【 0 1 2 3 】

また、実施例 3 では、上述したように、第 2 クロス時点算出部 1 4 2 は、所定基準値 V_{ref} を挟む 2 時点でのサンプリング値として、所定基準値 V_{ref} を超える直前と直後の各サンプリング値を用いるが、これに限られない。例えば、下りクロス時点の算出に用いられる 2 時点でのサンプリング値は、下り区間内の 2 時点でのサンプリング値である限り、任意である。従って、例えば、下りクロス時点の算出に用いられる 2 時点でのサンプリング値は、センサ出力が最大電圧 V_{MAX} から下降し始めた後であって所定基準値 V_{ref} を下回る前における任意の 2 時点でのサンプリング値であってもよい。同様に、下りクロス時点の算出に用いられる 2 時点でのサンプリング値は、センサ出力が所定基準値 V_{ref} を下回った後であって最少電圧 V_{MIN} に至る前における任意の 2 時点でのサンプリング値であってもよい。

【 0 1 2 4 】

また、実施例 3 では、上述したように、クランク角加速度算出部 1 3 0 B は、上りクロス時点と下りクロス時点とを独立的に（別々に）用いて、第 1 クランク角加速度及び第 2 クランク角加速度をそれぞれ算出するが、これに限られない。例えば、クランク角加速度算出部 1 3 0 B は、直近の第 1 及び第 2 クランク角速度の組み合わせと、直近の上りクロス時点及び下りクロス時点の組み合わせとに基づいて、クランク角加速度を算出することとしてもよい。

【 0 1 2 5 】

[実施例 4]

実施例 4 は、振幅がエンジン回転数等に応じて変化しうるクランク角度センサ 4 C のセンサ出力に基づいて、クランク角速度を算出する点が、上述した実施例 1 と異なる。具体的には、上述した実施例 1 では、センサ出力は、固定の最大電圧 V_{MAX} と固定の最少電圧 V_{MIN} との間を周期的に上下するが、実施例 4 では、センサ出力は、最大電圧及び最少電圧が変化しうる。このようなセンサ出力の特性を持つクランク角度センサ 4 C は、例えば電磁ピックアップ（MPU：Magnetic Pickup）式である。

【 0 1 2 6 】

図 2 3 は、電磁ピックアップ式のクランク角度センサ 4 C の説明図である。図 2 3 には、クランク角度センサ 4 C が概略的な断面図で示されると共に、クランク角度センサ 4 C に関連してクランクロータ 5 が図示されている。クランク角度センサ 4 C は、検出コイル 4 1 と、マグネット 4 2 と、ポールピース 4 3 とを含む。図 2 3 に示す例では、クランクロータ 5 は、磁性体のインポリュート歯車である。クランクロータ 5 が回転すると、磁性体であるクランクロータ 5 の歯の部分がポールピース 4 3 に近づいたり離れたりすることを繰り返す。これに伴い、マグネット 4 2 とポールピース 4 3 とにより形成される磁路の状態が変化し、検出コイル 4 1 を貫通する磁束が変化する。具体的には、クランクロータ 5 の回転に伴い、クランクロータ 5 の歯がポールピース 4 3 に接近すると検出コイル 4 1 を貫通する磁束が増え、クランクロータ 5 の歯がポールピース 4 3 から遠ざかると検出コイル 4 1 を貫通する磁束が減るという状態を繰り返す。検出コイル 4 1 に発生する誘導起電力 V は、以下のとおりである。

【 0 1 2 7 】

【数 6】

$$V = -N \cdot \frac{d\phi_m}{dt}$$

ここで、Nはコイルの巻き数であり、 ϕ_m は検出コイル41を貫通する磁束である。誘導起電力Vは、クランクロータ5の回転に伴い、図24に示すように変化する。図24に示すような誘導起電力Vの波形は、クランク角度センサ4のセンサ出力として取り出される。尚、図24において、Y1部は、クランクロータ5の欠歯部に起因した波形特徴を示す。センサ出力は、図24に示すように、クランク角度0~720CAの区間において、クランクシャフトの回転に伴い周期的に0を跨いで（即ち0Vをクロスして）振幅の最大点及び最小点が発生する区間と、上死点検出用の欠歯区間とを含む。尚、非欠歯区間においては、センサ出力が0Vを負から正の方向（上り）にクロスする毎に、クランク角度がピッチ角だけ進角することになる。

【0128】

実施例4によるエンジントルク算出装置10Cは、上述した実施例1によるエンジントルク算出装置10に対して、ハードウェア構成自体は同じであってよいが、機能が、以下の通り異なる。

【0129】

図25は、エンジントルク算出装置10Cの機能ブロック図である。実施例4によるエンジントルク算出装置10Cは、上述した実施例1によるエンジントルク算出装置10に対して、クロス時点算出部120がクロス時点算出部120Cで置換された点が主に異なる。他の構成要素は、上述した実施例1によるエンジントルク算出装置10と実質的に同様であってよく、図25において、同一の参照符号を付して説明を省略する。クロス時点算出部120Cは、制御部101が主記憶部102内のプログラムを実行することにより実現できる。

【0130】

クロス時点算出部120Cは、センサ出力の上り区間内の2時点でのサンプリング値に基づいて、センサ出力が所定基準値Vrefとなる時点を算出する。所定基準値Vrefは、任意であるが、実施例4では、一例として、0[V]である。実施例4では、一例として、クロス時点算出部120Cは、センサ出力の上り区間内の、0を挟む2時点でのサンプリング値に基づいて、センサ出力が0をクロスする時点であるクロス時点を算出する。

【0131】

図26は、クロス時点算出部120Cによるクロス時点の算出方法の説明図である。図26には、横軸に時間を取り、縦軸に電圧を取り、センサ出力の波形70が示されている。図26には、サンプリング周期i(=n-3~n+2)で得られたサンプリング点s(n-3)~s(n+2)が印で示される。図26に示す例では、所定基準値Vrefを挟む2時点でのサンプリング値は、サンプリング点s(n-1)での電圧値v(n-1)及びサンプリング点s(n)での電圧値v(n)である。

【0132】

クロス時点算出部120Cは、上述した実施例1と同様、2時点でのサンプリング値間の差分Vと、2時点間の時間dtとに基づいて、2時点間でのセンサ出力の時間変化率を算出できる。図26では、2時点でのサンプリング値間の差分Vは、 $V = v(n) - v(n-1)$ である。従って、2時点間でのセンサ出力の時間変化率は、 $\frac{V}{dt} = \frac{v(n) - v(n-1)}{dt}$ である。そして、クロス時点算出部120Cは、算出した時間変化率に基づいて、クロス時点tcを、以下の通り算出できる。

$$t_c = (V_{ref} - v(n-1)) / \quad + t(n-1)$$

変形例では、クロス時点算出部 120C は、センサ出力の上り区間内の 3 時点以上でのサンプリング値に基づいて、センサ出力が 0 をクロスする時点であるクロス時点算出部 120C を算出してもよい。例えば、図 26 に示す例では、センサ出力の上り区間内の 3 時点以上でのサンプリング値は、サンプリング点 $s(n-1)$ での電圧値 $v(n-1)$ 、サンプリング点 $s(n)$ での電圧値 $v(n)$ 、及びサンプリング点 $s(n+1)$ での電圧値 $v(n+1)$ である。この場合、クロス時点算出部 120C は、センサ出力の上り区間内の 3 時点以上でのサンプリング点に対して近似曲線又は近似直線を導出し、導出した近似曲線又は近似直線に基づいて、クロス時点算出部 120C を算出できる。近似曲線の導出には、例えば、ラグランジュ補間、スプライン補間、sinc関数による補間などが用いられてもよい。変形例によれば、上述した時間変化率を用いる場合よりも、真値に対する精度の高いクロス時点算出部 120C を導出できる。

10

【0133】

実施例 4 によっても、上述した実施例 1 と同様の効果が得られる。尚、実施例 4 では、電磁ピックアップ式のクランク角度センサ 4C が用いられるが、例えばホール素子を用いたクランク角度センサ（ホール効果を利用した磁気センサ）が用いられてもよい。

【0134】

以上、各実施例について詳述したが、特定の実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された範囲内において、種々の変形及び変更が可能である。また、前述した実施例の構成要素を全部又は複数を組み合わせることも可能である。

20

【0135】

例えば、上述した実施例 1（実施例 2～4 においても同様）では、A/Dコンバータ 110 はエンジントルク算出装置 10 内に設けられるが、A/Dコンバータ 110 は、クランク角度センサ 4 を含むセンサユニット内に組み込まれてもよい。

【0136】

また、上述した実施例 1（実施例 2～4 においても同様）では、エンジントルク算出装置 10 が、エンジン状態パラメータ算出装置の一例であり、算出対象のエンジン状態パラメータは、図示トルクであった。しかしながら、算出対象のエンジン状態パラメータは、図示トルク以外のエンジントルク（例えば、正味トルクや、図示トルクから外部負荷トルクを差し引いたトルク等）であってもよい。或いは、算出対象のエンジン状態パラメータは、エンジントルクに関連する他のパラメータ（例えば、クランク角度、クランク角速度、クランク角加速度等）であってもよい。例えば、上述した実施例 1（実施例 2～4 においても同様）において、エンジントルク算出装置 10 の一部（例えば、図 7 の X1 部）は、クランク角度算出装置として具現化できる。この場合、クランク角度算出装置は、クロス時点算出部 120 で算出したクロス時点で立ち上がりエッジとなるクランク角信号（Hi/L0 の 2 値のデジタル信号）を発生させてもよい。また、この場合、クランク角度算出装置は、クランク角度センサ 4 を含むセンサユニット内に組み込まれてもよい。同様に、上述した実施例 1（実施例 2～4 においても同様）において、エンジントルク算出装置 10 の一部（例えば、図 7 の X1 部 + X2 部）は、クランク角速度算出装置として具現化できる。また、同様に、上述した実施例 1（実施例 2～4 においても同様）において、エンジントルク算出装置 10 の一部（例えば、図 7 の X1 部 + X2 部 + X3 部）は、クランク角加速度算出装置として具現化できる。

30

40

【0137】

また、上述した実施例 1（実施例 2～4 においても同様）では、一例としてエンジンを備える車両を対象としたが、エンジンを備える限り、対象は、任意である。例えば、対象は、エンジンを備える鉄道車両、エンジンを備える船舶、エンジンを備える建設機械、エンジンを備えるバイク（車両の一種）、エンジンを備える航空機、エンジンを備えるヘリコプター等であってもよい。

【0138】

なお、以上の実施例に関し、さらに以下の付記を開示する。

50

(付記 1)

エンジンのクランクシャフトに対して設けられるクランク角度センサのセンサ出力の複数時点でのサンプリング値を取得する取得部と、

前記センサ出力が上昇又は下降する区間内の 2 時点での前記サンプリング値に基づいて、前記センサ出力が所定基準値となる時点である基準時点を算出する基準時点算出部と、

前記基準時点算出部により算出される基準時点に基づいて、エンジンの状態を表すパラメータを算出するパラメータ算出部とを含む、エンジン状態パラメータ算出装置。

(付記 2)

前記パラメータは、クランク角度、クランク角速度、クランク角加速度、及びエンジントルクのうちの少なくともいずれか 1 つを含む、付記 1 に記載のエンジン状態パラメータ算出装置。

10

(付記 3)

前記基準時点算出部は、前記 2 時点での前記サンプリング値間の差分と、前記 2 時点間の時間とに基づいて、前記 2 時点間での前記センサ出力の時間変化率を算出し、前記時間変化率に基づいて、前記基準時点を算出する、付記 1 又は 2 に記載のエンジン状態パラメータ算出装置。

(付記 4)

前記基準時点算出部は、前記 2 時点のうち一方の時点での前記サンプリング値と前記所定基準値との差分を前記時間変化率で割ることで得られる時間が、前記一方の時点及び前記基準時点間の時間に一致するように、前記基準時点を算出する、付記 3 に記載のエンジン状態パラメータ算出装置。

20

(付記 5)

前記 2 時点での前記サンプリング値は、所定値を挟み、前記所定値は、前記センサ出力の最大値未満且つ前記センサ出力の最小値よりも大きい、付記 1 ~ 4 のうちのいずれか 1 項に記載のエンジン状態パラメータ算出装置。

(付記 6)

前記所定値は、前記所定基準値と等しい、付記 5 に記載のエンジン状態パラメータ算出装置。

(付記 7)

前記基準時点算出部は、前記 2 時点を含む前記区間内の 3 時点以上での前記サンプリング値に基づいて、前記基準時点を算出する、付記 1 又は 2 に記載のエンジン状態パラメータ算出装置。

30

(付記 8)

前記基準時点算出部は、前記 3 時点以上の前記サンプリング値に基づいて、前記区間内の前記センサ出力の近似曲線又は近似直線を導出し、前記近似曲線又は近似直線に基づいて、前記基準時点を算出する、付記 7 に記載のエンジン状態パラメータ算出装置。

(付記 9)

前記センサ出力は、クランクシャフトの回転に伴い所定のピッチ角毎に上昇及び下降する第 1 区間と、上死点検出用の第 2 区間とを含み、

前記パラメータ算出部は、前記第 1 区間において、時間軸上で隣接する 2 つの前記基準時点間の時間と、前記所定のピッチ角とに基づいて、前記パラメータを算出する、付記 1 ~ 8 のうちのいずれか 1 項に記載のエンジン状態パラメータ算出装置。

40

(付記 10)

前記基準時点算出部により算出される前記基準時点は、前記センサ出力が上昇する上り区間における第 1 基準時点、及び、前記センサ出力が下降する下り区間における第 2 基準時点のうちの少なくともいずれか一方である、付記 1 ~ 9 のうちのいずれか 1 項に記載のエンジン状態パラメータ算出装置。

(付記 11)

前記基準時点算出部により算出される前記基準時点は、前記第 1 基準時点及び前記第 2 基準時点を含み、

50

前記パラメータは、前記第 1 基準時点に基づく第 1 クランク角速度と、前記第 2 基準時点に基づく第 2 クランク角速度とを含む、付記 10 に記載のエンジン状態パラメータ算出装置。

(付記 12)

前記取得部は、A/Dコンバータを介して、所定のサンプリングレートで前記センサ出力をサンプリングすることで複数時点での前記サンプリング値を取得する、付記 1 ~ 11 のうちのいずれか 1 項に記載のエンジン状態パラメータ算出装置。

(付記 13)

前記センサ出力は、固定の最大値と固定の最小値との間で変動し、

前記基準時点の算出に用いられる前記サンプリング値は、前記最大値よりも小さく且つ前記最小値よりも大きい、付記 1 ~ 12 のうちのいずれか 1 項に記載のエンジン状態パラメータ算出装置。

(付記 14)

前記基準時点算出部は、時間と前記センサ出力とを 2 軸とする 2 次元座標系において、前記 2 時点のうち一方の時点と、該一方の時点での前記サンプリング値とで定まる点を通り、前記時間変化率を傾きとする直線が、前記所定基準値を表す直線と交わる交点の座標に基づいて、前記基準時点算出する、付記 3 に記載のエンジン状態パラメータ算出装置。

(付記 15)

前記センサ出力は、固定の最大値と固定の最小値との間で変動し、

前記所定基準値は、前記最大値未満且つ前記最小値よりも大きく、

前記 2 時点での前記サンプリング値は、前記所定基準値を挟む、付記 1 ~ 4 のうちのいずれか 1 項に記載のエンジン状態パラメータ算出装置。

(付記 16)

エンジンのクランクシャフトに対して設けられるクランク角度センサのセンサ出力の複数時点でのサンプリング値を取得し、

前記センサ出力が上昇又は下降する区間内の 2 時点での前記サンプリング値に基づいて、前記センサ出力が所定基準値となる時点である基準時点算出部を算出し、

前記基準時点に基づいて、エンジンの状態を表すパラメータを算出することを含み、コンピュータにより実行されるエンジン状態パラメータ算出方法。

(付記 17)

エンジンと、

エンジンのクランクシャフトに対して設けられるクランク角度センサと、

前記クランク角度センサのセンサ出力の複数時点でのサンプリング値を取得する取得部と、

前記センサ出力が上昇又は下降する区間内の 2 時点での前記サンプリング値に基づいて、前記センサ出力が所定基準値となる時点である基準時点算出部を算出する基準時点算出部と、

前記基準時点算出部により算出される基準時点に基づいて、エンジンを制御するエンジン制御部とを含む、エンジン制御システム。

【符号の説明】

【0139】

1 エンジントルク算出システム

2 エンジン制御システム

4、4C クランク角度センサ

5 クランクロータ

5a 欠歯部

5b 突起

6 クランクシャフト

8 センサ群

10、10A、10B、10C エンジントルク算出装置

10

20

30

40

50

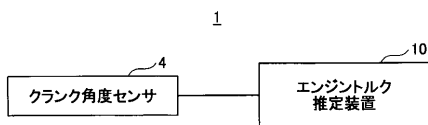
- 3 0 エンジン制御装置
- 3 1 運転者要求駆動力算出部
- 3 2 運転者支援駆動力算出部
- 3 3 目標駆動力調停部
- 3 4 フィードバック制御部
- 4 1 検出コイル
- 4 2 マグネット
- 4 3 ポールピース
- 8 0 エンジン
- 1 1 0 A / Dコンバータ
- 1 1 1 サンプル値取得部
- 1 1 4 サンプル値記憶部
- 1 2 0、1 2 0 C クロス時点算出部
- 1 2 1、1 2 1 A クランク角度算出部
- 1 2 2、1 2 2 B クロス時点記憶部
- 1 2 3、1 2 3 A、1 2 3 B クランク角速度算出部
- 1 2 4 クランク角速度記憶部
- 1 3 0、1 3 0 A、1 3 0 B クランク角加速度算出部
- 1 4 0 最大到達時点算出部
- 1 4 1 最大到達時点記憶部
- 1 4 2 第2クロス時点算出部
- 1 6 0、1 6 0 B エンジントルク算出部

10

20

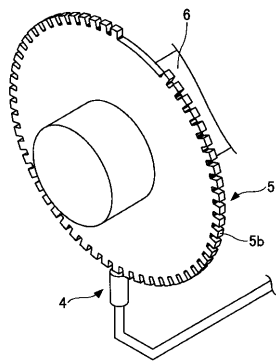
【 図 1 】

実施例1によるエンジントルク算出システムの一例を示す構成図



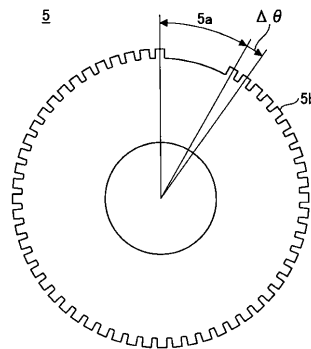
【 図 2 】

クランク角度センサの一例を示す斜視図



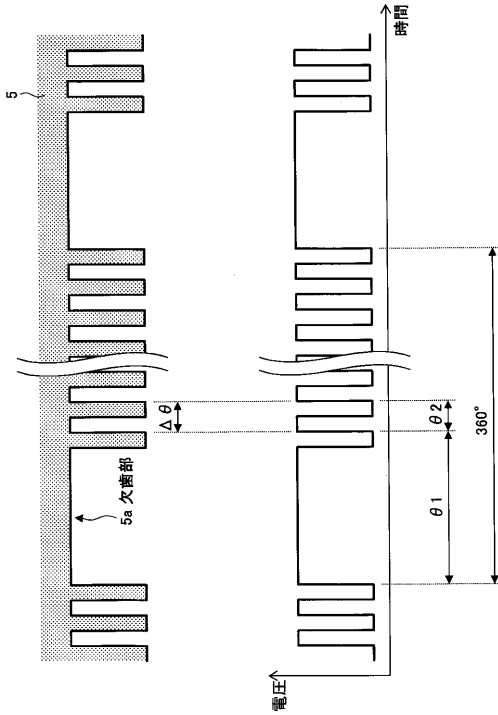
【 図 3 】

クランクロータの一例を示す平面図



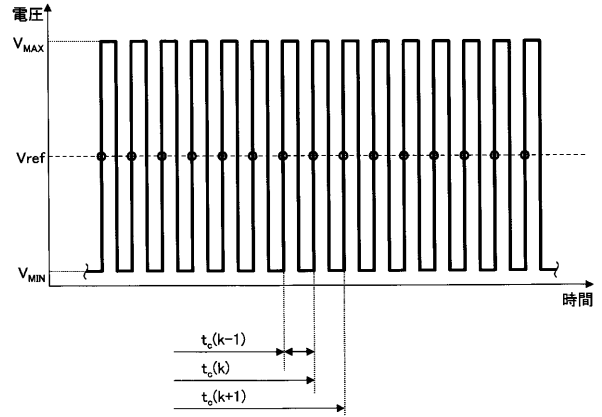
【 図 4 】

クランクロータの外周の形状特徴とクランク角度センサのセンサ出力との関係の説明図



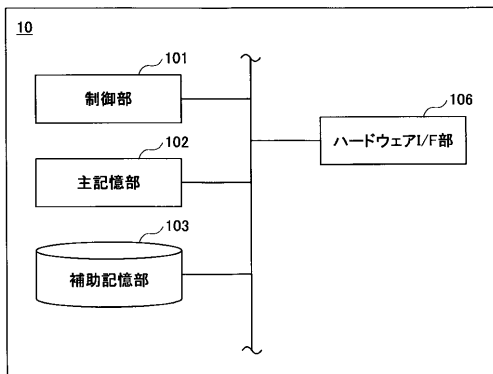
【 図 5 】

クランク角度センサのセンサ出力と所定基準値Vrefとの関係を示す図



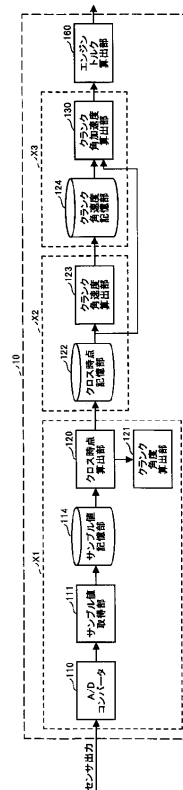
【 図 6 】

エンジントルク算出装置のハードウェア構成の一例を示す図



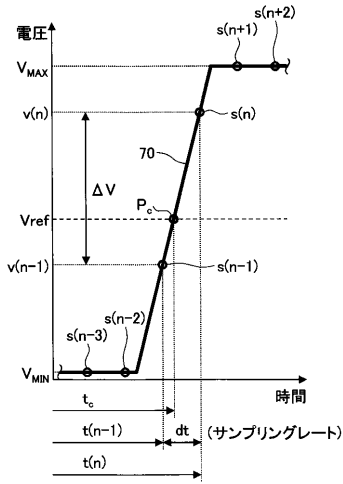
【 図 7 】

実施例1によるエンジントルク算出装置の機能ブロック図



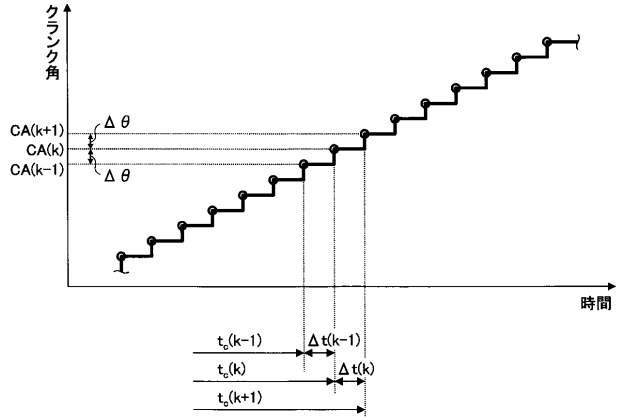
【 図 8 】

クロス時点算出部によるクロス時点の算出方法の説明図



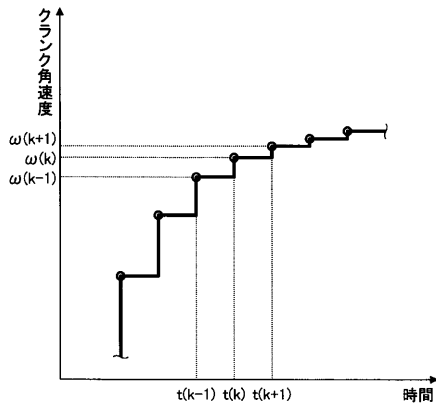
【 図 9 】

クロス時点とクランク角度との関係の説明図



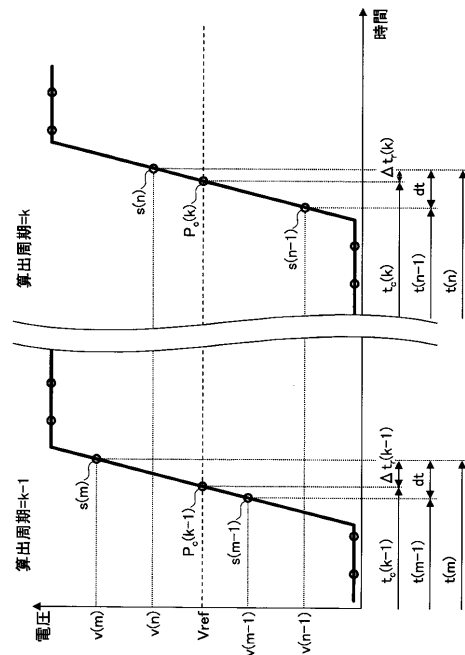
【 図 10 】

クランク角加速度の算出方法の説明図



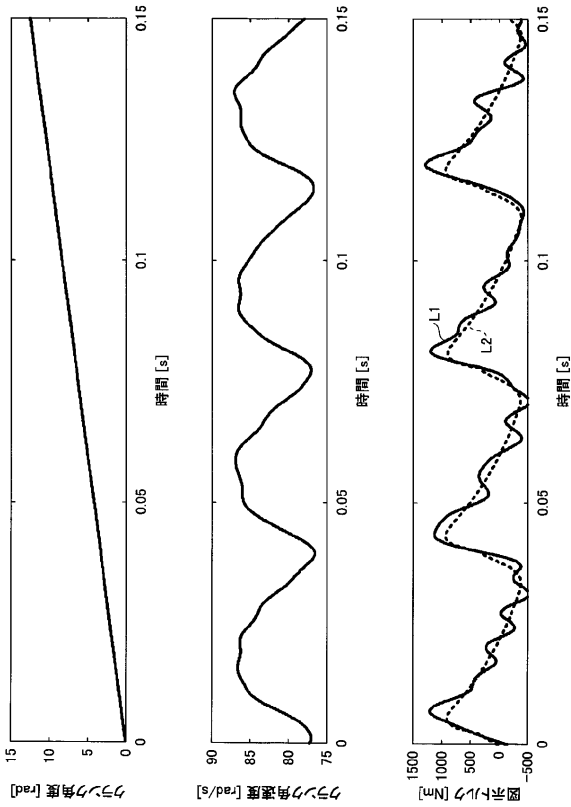
【 図 11 】

2算出周期でそれぞれ算出されるクロス時点の例を示す図



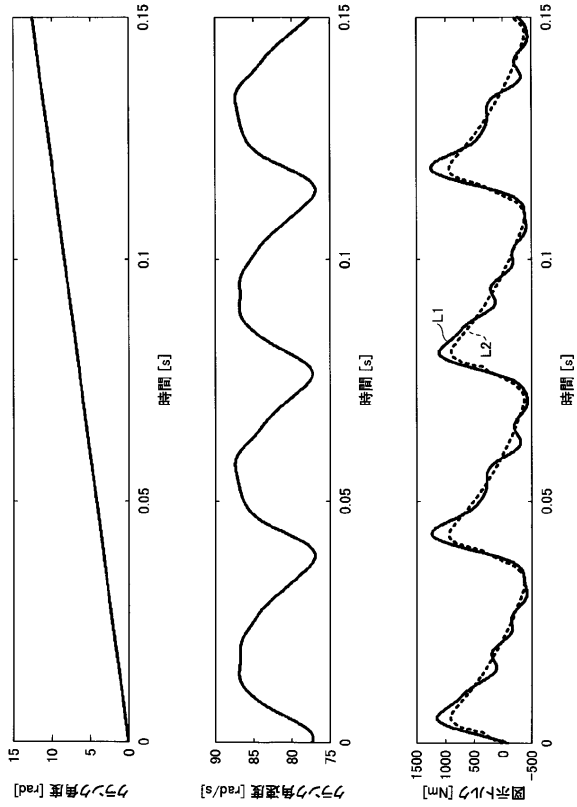
【図12】

比較例による図示トルクの算出精度の説明図



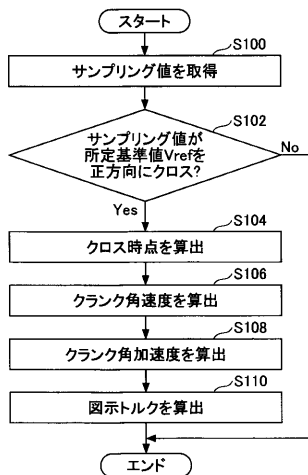
【図13】

実施例1による図示トルクの算出精度の説明図



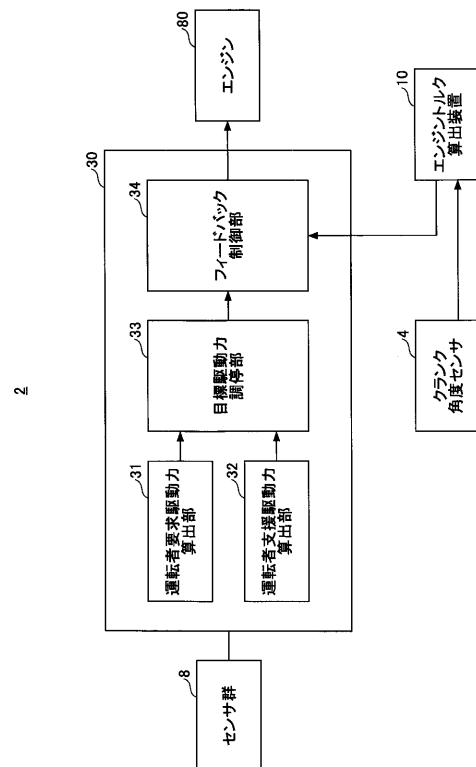
【図14】

実施例1によるエンジントルク算出処理の一例を示すフローチャート



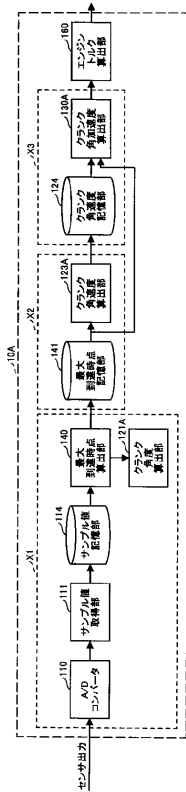
【図15】

エンジントルク算出装置を含むエンジン制御システムの一例を示す図



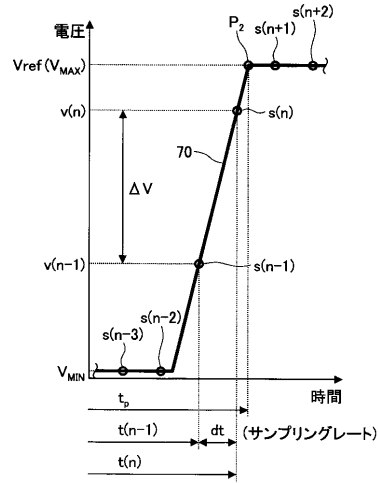
【 図 1 6 】

実施例2によるエンジントルク算出装置の機能ブロック図



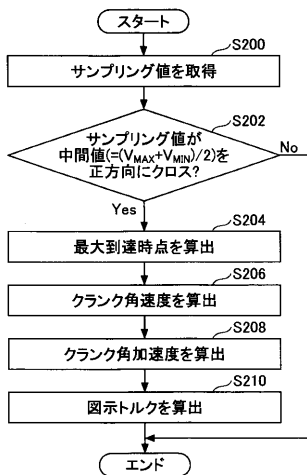
【 図 1 7 】

最大到達時点算出部による最大到達時点の算出方法の説明図



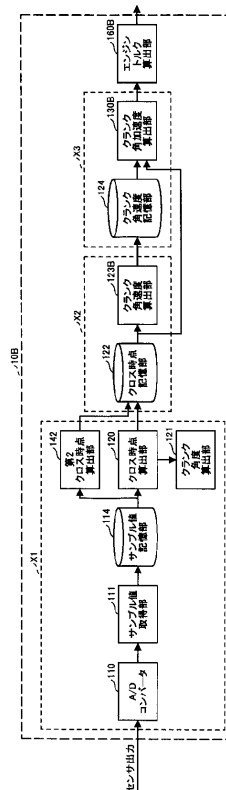
【 図 1 8 】

実施例2によるエンジントルク算出処理の一例を示すフローチャート



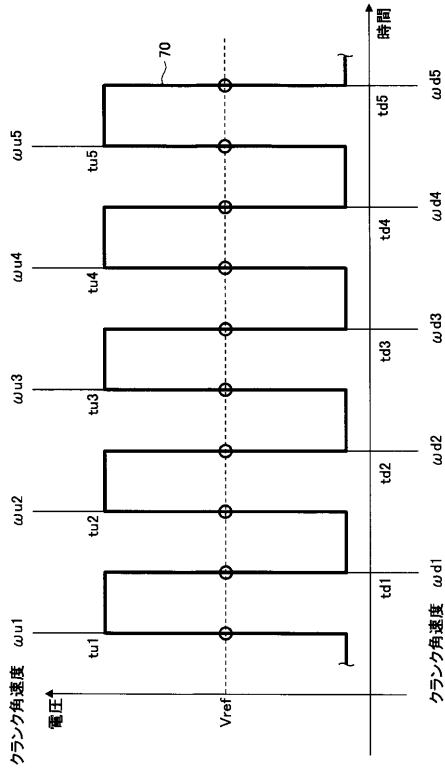
【 図 1 9 】

実施例3によるエンジントルク算出装置の機能ブロック図



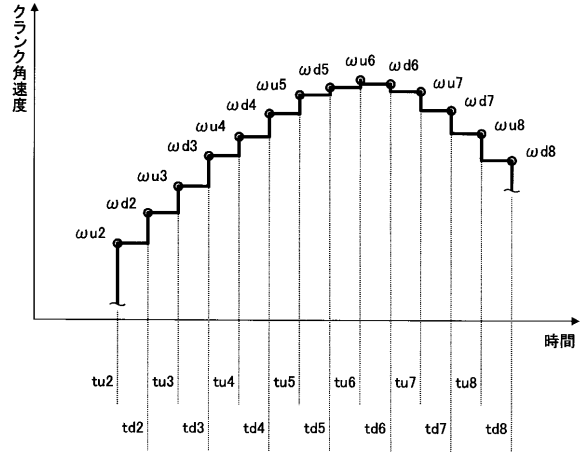
【図20】

第1クランク角速度及び第2クランク角速度の説明図



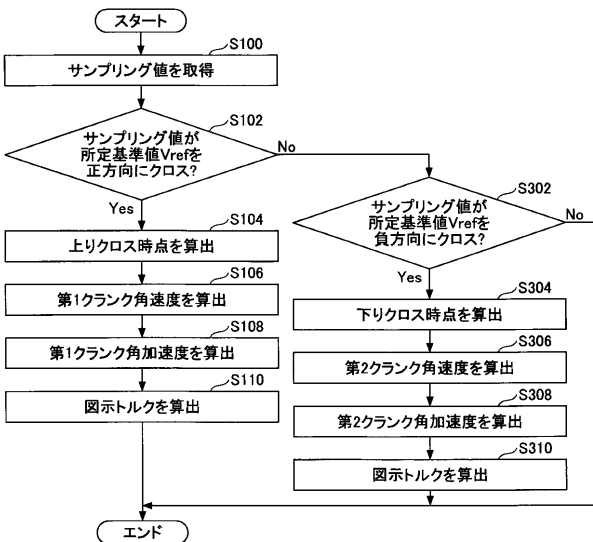
【図21】

第1クランク角速度及び第2クランク角速度の説明図



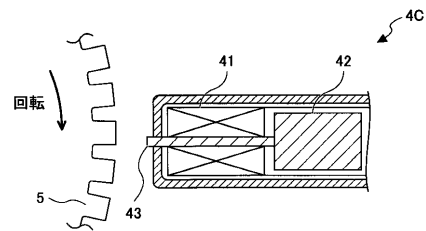
【図22】

実施例3によるエンジトルク算出装置により実行されるエンジトルク算出処理の一例を示すフローチャート



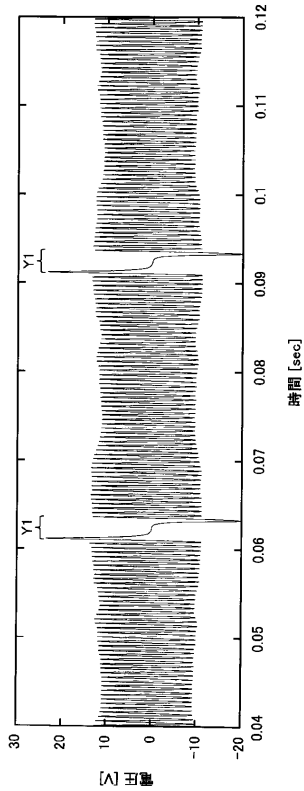
【図23】

電磁ピックアップ式のクランク角度センサの説明図



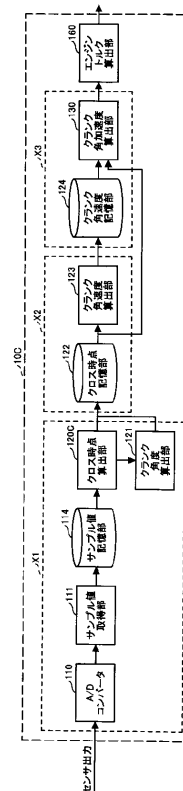
【 図 2 4 】

電磁ピックアップ式のクランク角度センサのセンサ出力の波形の一例を示す図



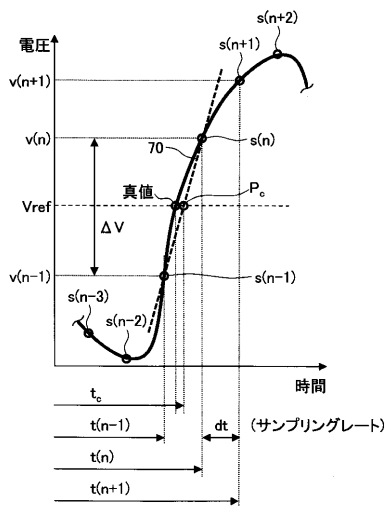
【 図 2 5 】

実施例4によるエンジントルク算出装置の機能ブロック図



【 図 2 6 】

実施例4によるクロス時点の算出方法の説明図



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード(参考)

G 0 1 M 15/06

(72)発明者 小川 雅俊

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

(72)発明者 笠嶋 丈夫

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

Fターム(参考) 2G087 BB40 CC03 CC06

3G384 AA00 BA02 BA13 BA24 BA26 BA43 DA04 DA39 EC02 EC05

EC08 ED03 EE03 EE05 FA14Z FA26Z FA49Z FA52Z FA56Z FA58Z