

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7513558号
(P7513558)

(45)発行日 令和6年7月9日(2024.7.9)

(24)登録日 令和6年7月1日(2024.7.1)

(51)国際特許分類

F I

F 0 2 D 45/00 (2006.01)

F 0 2 D 45/00 3 6 6

請求項の数 1 (全11頁)

(21)出願番号	特願2021-51502(P2021-51502)	(73)特許権者	000003207
(22)出願日	令和3年3月25日(2021.3.25)		トヨタ自動車株式会社
(65)公開番号	特開2022-149376(P2022-149376 A)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(43)公開日	令和4年10月6日(2022.10.6)	(74)代理人	110004370
審査請求日	令和5年6月1日(2023.6.1)		弁理士法人片山特許事務所
		(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	100087480
			弁理士 片山 修平
		(72)発明者	山田 貴文
			愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		(72)発明者	阿久澤 博之
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 データ処理方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

内燃機関の吸気管に設けられたセンサから第1周期で送信され、前記吸気管内の吸気脈動により略正弦波状に変動する吸気量の測定データを、前記第1周期より長い第2周期で演算処理するデータ処理方法において、
該演算処理で得られる数値の、前記第1周期、前記第2周期、及び前記吸気脈動の周波数に基づく周期的な変動が、前記内燃機関の所定の回転数に応じた前記吸気脈動の周波数において発生しないように、前記測定データを、前記第1周期より長く、前記第2周期より短い一定の第3周期で取得し、
該取得した前記測定データの移動平均値を前記第2周期で算出して演算処理する、
データ処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、データ処理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

例えばエンジンなどの内燃機関の制御に関し、ECU (Electronic Control Unit) は、一例としてエアフローメータから吸入空気量に関する測定データをSENT (Single Edge Nibble Transmission) 通信により取得して、燃料噴射弁の噴射量の制御に関する

演算処理を実行する（例えば特許文献１）。なお、測定データは圧力センサからＥＣＵに送信されることもある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００３】

【文献】特開２０１８－１５９３６９号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００４】

ＥＣＵは、演算処理の負荷を抑制するため、エアフローメータのデータ送信周期より長い周期でデータ処理を実行する。このため、ＥＣＵがデータを取得して演算処理するタイミングはデータ送信タイミングに対して遅れ、その遅れ時間は周期的に変動する。

10

【０００５】

また、内燃機関ではピストンの往復運動や吸気弁の開閉動作により吸気管内に吸気脈動が発生する。このため、エアフローメータから送信される測定データ値も吸気脈動に従って変動する。この吸気脈動の周期、及びデータ処理の遅れ時間の周期的変動のため、ＥＣＵが取得する測定データ値に誤差が生じ、演算処理で得られる数値が短い周期で変動するうねり現象が発生する。

【０００６】

これにより、演算処理の精度が低下して制御に影響するおそれがある。これに対し、ＥＣＵの処理周期を短縮すれば、遅れ時間が低減されてうねり現象を抑制することができるが、演算処理の負荷が増加するため、高性能のＥＣＵが必要となりコストが増加する。このような問題は、内燃機関の吸入空気量に限られず、上記のように変動的な他のデータに関しても存在する。

20

【０００７】

そこで本発明は上記の課題に鑑みてなされたものであり、変動的な測定データの演算処理の負荷を抑制しつつ、演算処理の精度を向上することができるデータ処理方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【０００８】

本発明のデータ処理方法は、内燃機関の吸気管に設けられたセンサから第１周期で送信され、前記吸気管内の吸気脈動により略正弦波状に変動する吸気量の測定データを、前記第１周期より長い第２周期で演算処理するデータ処理方法において、該演算処理で得られる数値の、前記第１周期、前記第２周期、及び前記吸気脈動の周波数に基づく周期的な変動が、前記内燃機関の所定の回転数に応じた前記吸気脈動の周波数において発生しないように、前記測定データを、前記第１周期より長く、前記第２周期より短い一定の第３周期で取得し、該取得した前記測定データの移動平均値を前記第２周期で算出して演算処理する方法である。

30

【発明の効果】

【０００９】

本発明によれば、変動的な測定データの演算処理の負荷を抑制しつつ、演算処理の精度を向上することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【００１０】

【図１】ガソリンエンジンの吸気系を示す構成図である。

【図２】比較例におけるＥＣＵのデータ処理を示す図である。

【図３】測定データの送信タイミング及び処理タイミングの一例を示すタイムチャートである。

【図４】エアフローメータが送信する測定データ値の時刻変化の一例を示す図である。

【図５】比較例における格納部が取得する測定データ値の時刻変化の一例を示す図である。

50

【図 6】比較例における遅れ時間周波数の強度を示すスペクトル図である。

【図 7】比較例における吸気脈動の周波数に対するうねりの周波数の変化の一例を示す図である。

【図 8】うねり現象の例を示す図である。

【図 9】実施例における ECU のデータ処理を示す図である。

【図 10】実施例における格納部が取得する測定データ値（取得値）の時刻変化の一例を示す図である。

【図 11】実施例における遅れ時間周波数の強度を示すスペクトル図である。

【図 12】実施例における脈動周波数に対するうねり周波数の変化の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

（ガソリンエンジンの吸気系の構成例）

図 1 は、ガソリンエンジン（以下、エンジンと表記）20 の吸気系を示す構成図である。エンジン 20 は、内燃機関の一例であるが、これに限定されず、エンジン 20 に代えてディーゼルエンジンが用いられてもよい。エンジン 20 は、ピストン 24 が収納されたシリンダブロック 21 上に設置されたシリンダヘッド 22 内の燃焼室 23 内で混合気を燃焼させて、ピストン 24 を往復動させる。ピストン 24 の往復動は、クランクシャフト 26 の回転運動に変換される。なお、エンジン 20 としては、例えば 4 つの気筒を有した直列 4 気筒エンジンが挙げられるが、これに限定されない。

【0012】

エンジン 20 のシリンダヘッド 22 には、吸気ポート 10 i を開閉する吸気弁 42 と、排気ポート 30 e を開閉する排気弁 44 とが気筒ごとに設けられている。また、シリンダヘッド 22 の頂部には、燃焼室 23 内の混合気に点火するための点火プラグ 27 が気筒ごとに取り付けられている。

【0013】

各気筒の吸気ポート 10 i は気筒毎の枝管を介してサージタンク 18 に接続されている。サージタンク 18 の上流側には吸気管 10 が接続されており、吸気管 10 の上流端にはエアクリーナ 19 が設けられている。そして吸気管 10 には、上流側から順に、吸入空気量を検出するためのエアフローメータ 15 と、電子制御式のスロットルバルブ 13 とが設けられている。

【0014】

また、各気筒の吸気ポート 10 i には、燃料を吸気ポート 10 i 内に噴射する燃料噴射弁 12 が設置されている。燃料噴射弁 12 から噴射された燃料は吸入空気と混合されて混合気生成される。この混合気は、吸気弁 42 の開弁時に燃焼室 23 に吸入され、ピストン 24 で圧縮され、点火プラグ 27 で点火されることによって燃焼する。燃焼後の混合気は、ピストン 24 により各気筒の排気ポート 30 e を介して排気管 30 に排出される。

【0015】

ECU 6 は、CPU（Central Processing Unit）などのプロセッサ 70 と、及び RAM（Random Access Memory）及び ROM（Read Only Memory）などのメモリ 71 とを備える。プロセッサ 70 は、メモリ 71 に記憶されたプログラムを読み込んで実行する。これにより、ECU 6 はエンジン 20 を制御する。なお、ECU 6 は、プロセッサ 70 のソフトウェアに代えて、またはソフトウェアとともに、例えば FPGA（Field Programmable Gate Array）や ASIC（Application Specified Integrated Circuit）などのハードウェア（回路）をエンジン 20 の制御に用いてもよい。

【0016】

ECU 6 は、点火プラグ 27、スロットルバルブ 13、燃料噴射弁 12、エアフローメータ 15、及びスロットル開度センサ 14 などの各種センサと電氣的に接続されている。スロットル開度センサ 14 はアクセル開度を検出する。ECU 6 は、各種センサの検出値等に基づいて、所望の出力が得られるように、点火プラグ 27、スロットルバルブ 13、燃料噴射弁 12 等を制御し、点火時期、燃料噴射量、燃料噴射時期、及びスロットル開度

10

20

30

40

50

等を制御する。

【0017】

例えばECU6は、エアフローメータ15から送信される吸入空気量に関する測定データを演算処理することにより燃料噴射弁12の燃料噴射量を制御する。ECU6は、燃料噴射量に応じたデータを測定データから生成し燃料噴射弁12に出力する。

【0018】

エアフローメータ15は、センサの一例であり、一例としてSENT通信によりECU6に測定データをデジタル信号として送信する。吸入空気量に関する測定データとしては、例えば吸入空気量に応じた電圧値が挙げられるが、これに限定されず、測定データは他の変動的なデータであってもよい。なお、エアフローメータ15に代えて、圧力センサが用いられてもよい。この場合、ECU6は、圧力センサから送信される圧力値を演算処理する。

10

【0019】

(比較例のデータ処理方法)

図2は、比較例におけるECU6のデータ処理を示す図である。エアフローメータ15は、一例として0.846(ms)の送信周期で測定データをECU6に送信する。ここで、測定データの送信周期は第1周期の一例である。

【0020】

ECU6は、プロセッサ70がプログラムを読み込んで実行することにより、機能として通信処理部60、格納部61、及び演算処理部62を形成する。なお、通信処理部60、格納部61、及び演算処理部62のうち、少なくとも1つはFPGAなどの回路により形成されてもよい。

20

【0021】

通信処理部60は、SENT通信によりエアフローメータ15から測定データを受信する。通信処理部60は、エアフローメータ15から測定データを受信して保持する。

【0022】

格納部61は、一例として2(ms)の取得周期で通信処理部60から測定データを取得する。格納部61は、通信処理部60から取得した測定データを例えばメモリ71に一時的に格納する。なお、符号Faは、後述する実施例と相違する部分である。

【0023】

演算処理部62は、一例として2(ms)の処理周期で測定データを演算処理する。ここで、測定データの処理周期は、送信周期より長い第2周期の一例である。演算処理部62は、演算処理の一例として、測定データの値の移動平均値を算出して、さらにエンジン20の1行程ごとに平均化する。演算処理部62は、演算結果の値を演算期間ごとに保持した階段状の量子化データを出力する。量子化データに基づき、各行程の平均値及びスロットル開度などからエンジン20の過渡応答特性に従ってパルス信号が生成される。パルス信号は、燃料噴射量に対応した時間幅を示す信号であり、燃料噴射弁12に出力される。

30

【0024】

図3は、測定データの送信タイミング及び処理タイミングの一例を示すタイムチャートである。図3において、横軸は時間を示し、実線は、エアフローメータ15が測定データを送信する送信タイミングを示し、点線は演算処理部62が測定データを演算処理する処理タイミングを示す。

40

【0025】

演算処理部62の処理周期は、演算処理の負荷を抑制するため、エアフローメータ15の送信周期より長く、エアフローメータ15の送信周期の整数倍ではない。このため、処理タイミングは送信タイミングに対して遅れ、その遅れ時間は周期的に変動する。

【0026】

図4は、エアフローメータ15が送信する測定データ値(以下、送信値と表記)の時刻変化の一例を示す図であり、図5は、比較例における格納部61が取得する測定データ値(以下、取得値と表記)の時刻変化の一例を示す図である。図4及び図5において、点線

50

は、エアフロメータ 15 の測定対象の実際の値（以下、測定対象値と表記）の時刻変化を示す。

【0027】

エンジン 20 ではピストン 24 の往復運動や吸気弁 42 の開閉動作により吸気管 10 内に吸気脈動が発生する。このため、測定対象値は、吸気脈動に従って複数の回転時数の正弦波の重ね合わせ波形として表される。なお、図 4 及び図 5 では、測定対象値は模式的に正弦波として単純化して示す。エアフロメータ 15 は、送信周期ごとに測定対象値を測定するため、測定対象値を離散化した送信値を ECU 6 に送信する。

【0028】

また、格納部 61 は、通信処理部 60 から送信値を、送信周期より長い取得周期ごとに取得するため、取得値は、送信値を間引きした値となる。このため、取得値の波形は、送信値と比べると元の測定対象値の波形から大きく歪んでしまう。この歪みに応じ、格納部 61 が取得する取得値は、測定対象値に対する誤差が生ずる。この誤差は、測定データの送信タイミング及び処理タイミングの間の遅れ時間の周期的変動、及び吸気脈動の周期に応じて変動することにより依存する。

【0029】

$$G_{ecu}(t) = A_1 \sin \{ 2\pi f_1(t - \sum A_i \sin(2\pi f_i t)) \} \cdots (1)$$

【0030】

格納部 61 がエアフロメータ 15 から取得する測定データ値 $G_{ecu}(t)$ は、例えば、上記の式 (1) により近似的に表される。式 (1) において、 A_1 は測定対象値の振幅を示し、 f_1 は吸気脈動の周波数を示す。また、 A_i は遅れ時間の振幅を示し、 f_i は遅れ時間の変動の周波数（以下、遅れ時間周波数）を示す。

【0031】

取得値の誤差は、式 (1) から、遅れ時間の周期的変動と吸気脈動の周波数の差に依存する。これにより、演算処理部 62 の演算処理で得られる数値が短い周期で変動するうねり現象が発生する。

【0032】

図 6 は、比較例における遅れ時間周波数 (f_1) の強度を示すスペクトル図である。遅れ時間周波数の強度は、遅れ時間を高速フーリエ変換することにより得られる。本例では、遅れ時間周波数が 77.4 (Hz)、128.2 (Hz)、及び 205.5 (Hz) の近傍では強度が高い。強度の高い周波数近傍ではうねり現象の影響が大きい。

【0033】

図 7 は、比較例における吸気脈動の周波数（以下、脈動周波数と表記）に対するうねりの周波数（以下、うねり周波数の表記）の変化の一例を示す図である。図 7 において、横軸は脈動の周波数を示し、縦軸はうねり周波数を示す。

【0034】

符号 G1 は、77.4 (Hz) の遅れ時間周波数の成分に対応するうねり周波数を示し、符号 G2 は、128.2 (Hz) の遅れ時間周波数の成分に対応するうねり周波数を示し、符号 G3 は、205.5 (Hz) の遅れ時間周波数の成分に対応するうねり周波数を示す。

【0035】

演算処理部 62 は、測定データをローパスフィルタによりフィルタリング処理した後で演算処理する。このため、ローパスフィルタのカットオフ周波数 f_c より高いうねり周波数の高次成分は除去され、カットオフ周波数 f_c 以下のうねり周波数の成分が演算処理に大きな誤差を生ずる要因となる。例えば、エンジン 20 の回転数が 2000 (rpm) である場合、2000 (rpm) に応じた脈動周波数 F_x (Hz) は、およそ 2 (Hz) のうねり周波数を発生させ誤差を生じさせる。

【0036】

図 8 は、うねり現象の例を示す図である。図 8 には、回転数 (1000 ~ 3000 (rpm)) 及びスロットル開度 TA (40°, 87°) ごとのエンジン 20 の吸入負荷率 (%) の時間変化が示されている。エンジン 20 の回転数が 2000 (rpm) である場合、演

10

20

30

40

50

算処理部により算出される吸入負荷率がおよそ 2 (Hz) で変動するうねり現象が発生しているが、他の回転数の場合、うねり現象は発生していない。

【0037】

(実施例のデータ処理方法)

図 9 は、実施例における ECU 6 のデータ処理を示す図である。図 9 において、図 2 と共通する構成には同一の符号を付し、その説明は省略する。ECU 6 は、プロセッサ 70 がプログラムを読み込んで実行することにより、機能として通信処理部 60、格納部 61a、平均化処理部 63、及び演算処理部 62 を形成する。なお、符号 Fb は、図 2 に示される比較例の構成と相違する部分である。この部分の処理は比較例より高速化されている。

【0038】

格納部 61a は、比較例における格納部 61 より短い 1 (ms) の取得周期で通信処理部 60 から測定データを取得して格納する。このとき、エアフローメータ 15 からの測定データの送信周期は、比較例と同様に 0.846 (ms) である。このため、格納部 61a は、エアフローメータ 15 の送信値を比較例より頻繁に取得することができる。なお、格納部 61a による測定データの取得周期は第 3 周期の一例である。

【0039】

平均化処理部 63 は、演算処理部 62 の処理周期と同じ 2 (ms) の平均化周期で格納部 61a から測定データを読み出し平均化する。平均化処理部 63 は、例えば、測定データの移動平均値を算出する。

【0040】

$$Dm = (D[i] + D[i+1]) / 2 \quad \dots (2)$$

【0041】

例えば、平均化処理部 63 は、上記の式 (2) に従って、時刻 i に読み出した測定データ値 $D[i]$ 、及び、時刻 i+1 に読み出した測定データ値 $D[i+1]$ の平均値 Dm を平均化周期で算出する。この平均化処理は、測定データ値の加算及びビットシフトを行う簡易な処理で実現できるため、ECU 6 の処理の負荷にほとんど影響しない。平均化処理部 63 は、平均値を演算処理部 62 に出力する。

【0042】

演算処理部 62 は、比較例と同じ 2 (ms) で測定データ値の平均値を演算処理して量子化データを生成する。このため、演算処理の負荷は、比較例における負荷と同じである。

【0043】

図 10 は、実施例における格納部 61a が取得する測定データ値 (取得値) の時刻変化の一例を示す図である。図 10 において、点線は、エアフローメータ 15 の測定対象値の時刻変化を示す。

【0044】

図 5 と比較すると理解されるように、実施例における取得値の波形は、比較例における取得値の波形よりも測定対象値の波形からのずれが小さく、精度が高い。平均化処理部 63 は、演算処理の処理周期と同じ平均化周期で取得値を平均化するため、演算処理の負荷の抑制及び精度の向上が可能となる。

【0045】

図 11 は、実施例における遅れ時間周波数 (f_1) の強度を示すスペクトル図である。本例では、図 7 と比較すると、77.4 (Hz) 及び 128.2 (Hz) の低い遅れ時間周波数の成分の強度が低下している。また、205.5 (Hz) の近傍では、比較例より強度が増している。これは、図 10 を参照して述べたように、取得値の波形と送信値の波形が近くなった結果、遅れ時間が減少し、うねり現象を発生させる遅れ時間周波数の成分が高周波数帯側にずれるためである。

【0046】

図 12 は、実施例における脈動周波数に対するうねり周波数の変化の一例を示す図である。図 12 において、横軸は脈動の周波数を示し、縦軸はうねり周波数を示す。

【0047】

10

20

30

40

50

遅れ時間の減少により、 77.4 (Hz) 及び 128.2 (Hz) の遅れ時間周波数の成分の強度が低下するため、 205.5 (Hz) の遅れ時間周波数の成分のみが演算処理にうねり現象を生じさせる。 205.5 (Hz) のような高い脈動周波数は、エンジン 20 の回転数が高い、つまり吸気流速が高い場合に生ずるため、この場合、エアフローメータ 15 は吸気脈動に実質的には追従することができない。このため、うねり現象が疑似的に生じても、その演算処理への影響は無視することができる程度に抑えられる。

【0048】

しかし、例えば、エンジン 20 の回転数が 2000 (rpm) に応じた低い脈動周波数 F_x (Hz) では、うねり現象は生じない。これは、上述したように、うねり現象を発生させる遅れ時間周波数の成分が高周波数帯側にずれるためである。このように、エンジン 20 で実用的な回転数に対応する脈動周波数はうねり現象を発生させない。

【0049】

このように、ECU 6 は、エアフローメータ 15 から所定の送信周期で送信されるエンジン 20 の吸入空気量に関する測定データを、送信周期より長い処理周期で演算処理するデータ処理方法を実行する。ECU 6 は、測定データを、送信周期より長く、処理周期より短い取得周期で取得し、取得した測定データの平均値を、処理周期と同じ平均化周期で算出して演算処理する。

【0050】

上記の構成によると、ECU 6 は、エアフローメータ 15 から取得した測定データを、送信周期より長い処理周期で演算処理するため、演算処理の負荷が抑制される。また、ECU 6 は、測定データを、送信周期より長く、処理周期より短い取得周期で取得し、取得した測定データの平均値を、処理周期と同じ平均化周期で算出して演算処理するため、測定データの送信周期及び取得周期を近づけることにより遅れ時間を比較例よりも減少させることができる。これにより、うねり現象を発生させる遅れ時間周波数の成分が高周波数帯側にずれるため、演算処理の精度が比較例より向上する。

【0051】

したがって、本例のデータ処理方法によると、測定データの演算処理の負荷を抑制しつつ、演算処理の精度を向上することができる。本例では、内燃機関の吸入空気量に関する測定データを挙げたが、他の運転状態を示す測定データに対して上記の処理を実行することによっても内燃機関の運転状態を改善することができる。

【0052】

上述した実施形態は本発明の好適な実施の例である。但し、これに限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々変形実施可能である。

【符号の説明】

【0053】

- 6 ECU
- 12 燃料噴射弁
- 15 エアフローメータ
- 20 エンジン
- 60 通信処理部
- 61, 61a 格納部
- 62 演算処理部
- 63 平均化処理部
- 70 プロセッサ

10

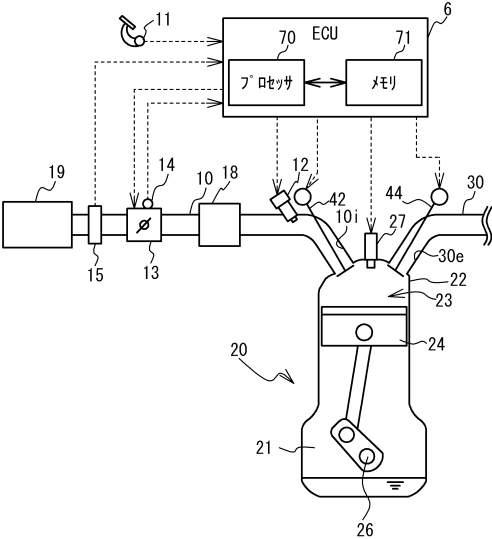
20

30

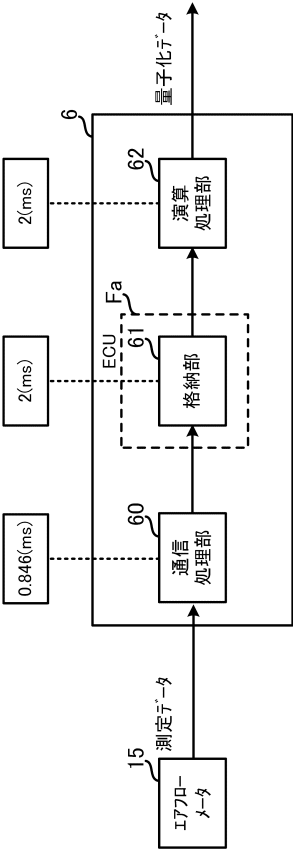
40

50

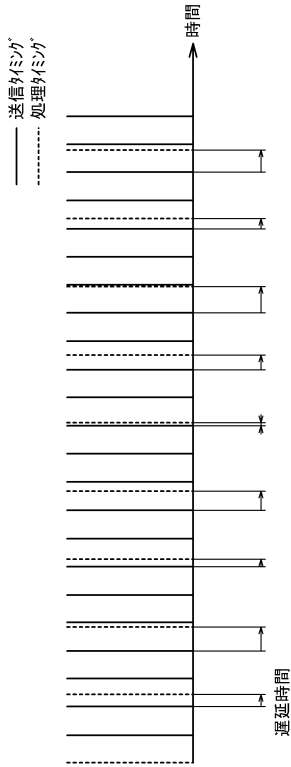
【図面】
【図 1】



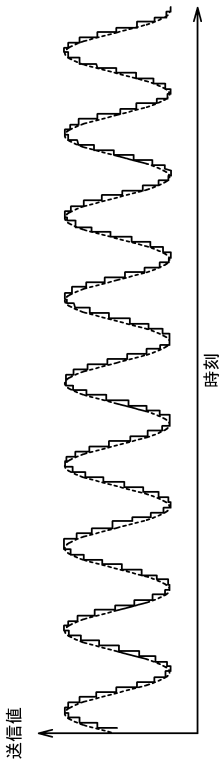
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

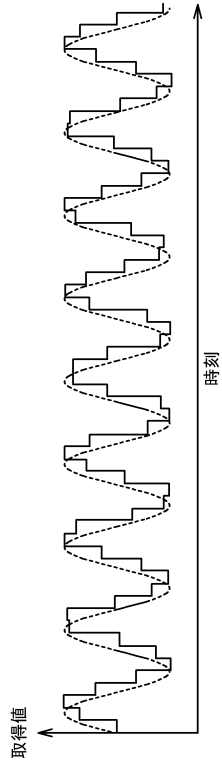
20

30

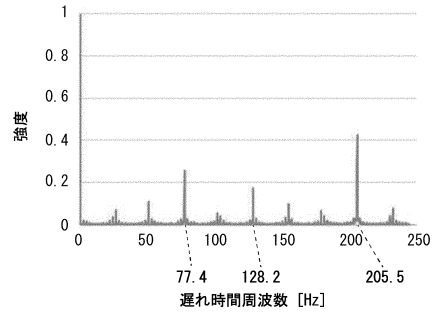
40

50

【図 5】



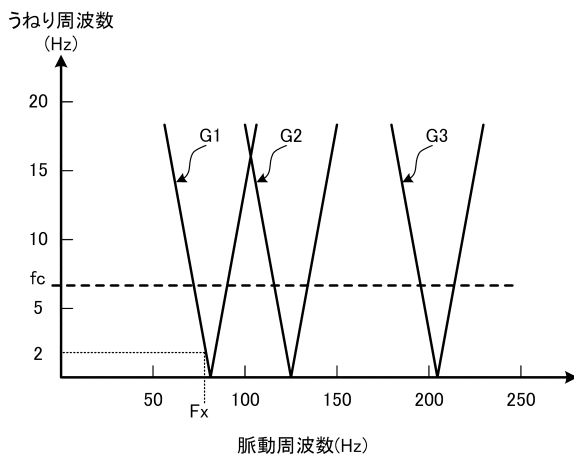
【図 6】



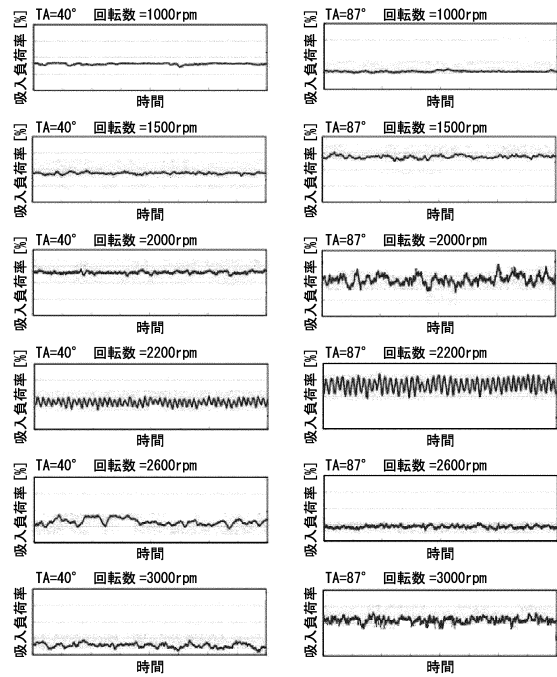
10

20

【図 7】



【図 8】

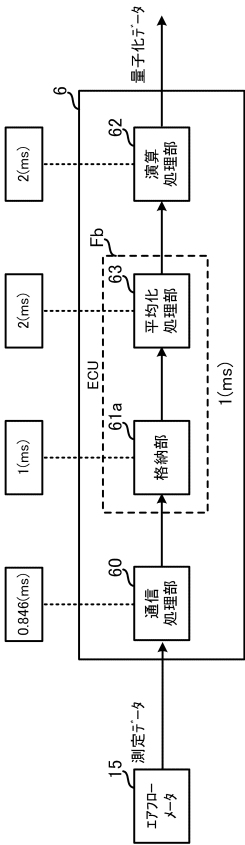


30

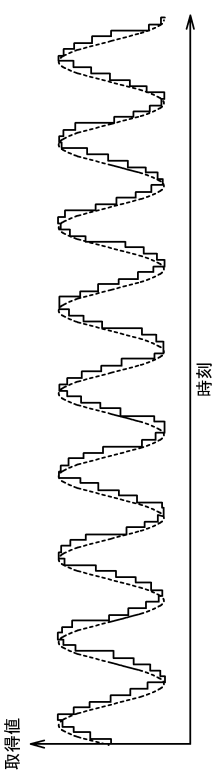
40

50

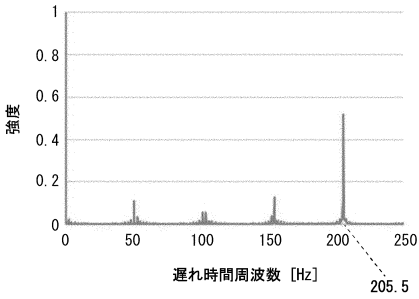
【図 9】



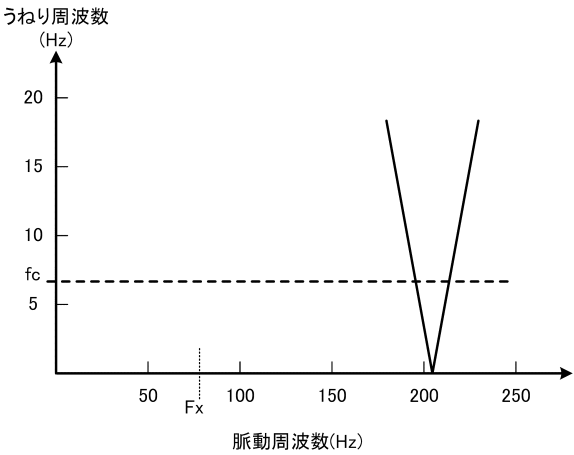
【図 10】



【図 11】



【図 12】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

会社デンソー内
(72)発明者 北原 昇
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 渡辺 太一
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
審査官 津田 真吾
(56)参考文献 特開2013-142292 (JP, A)
特開2018-47890 (JP, A)
(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
F02D 45/00