

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-86845  
(P2015-86845A)

(43) 公開日 平成27年5月7日(2015.5.7)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>FO2D 41/22 (2006.01)</b>	FO2D 41/22 310K	3G065
<b>FO2D 11/10 (2006.01)</b>	FO2D 11/10 E	3G301
<b>FO2D 41/18 (2006.01)</b>	FO2D 41/18 H	3G384
<b>FO2D 45/00 (2006.01)</b>	FO2D 45/00 366H	
	FO2D 45/00 360F	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2013-228470 (P2013-228470)  
(22) 出願日 平成25年11月1日 (2013.11.1)

(71) 出願人 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 100106150  
弁理士 高橋 英樹  
(74) 代理人 100082175  
弁理士 高田 守  
(74) 代理人 100113011  
弁理士 大西 秀和  
(72) 発明者 中村 翔  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内  
Fターム(参考) 3G065 AA01 CA13 DA04 FA09 GA01  
GA05 GA27 GA41

最終頁に続く

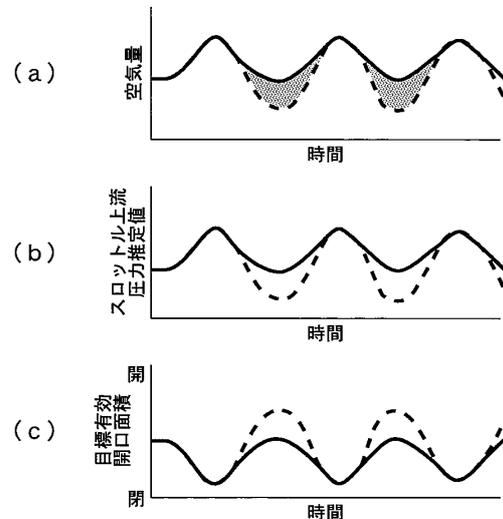
(54) 【発明の名称】 内燃機関のスロットル開度制御装置

(57) 【要約】

【課題】この発明はスロットル開度制御装置に関し、エアフロメータの出力を利用したパラメータの推定を利用しつつ、スロットル弁の開度を精度良く制御することを目的とする。

【解決手段】エアフロメータが吸入空気量に応じて発する空気量出力値(図5(a)破線)のうち、圧力脈動により減衰する部分をカットして空気量順流値(図5(a)実線)を生成する。その空気量順流値を吸入空気量 $d_m$ として、スロットル開度に応じた吸気通路の有効開口面積 $A_{eff}$ 、吸入空気温度 $T_{us}$ 、及びスロットル下流圧力 $P_{ds}$ と共にノズル式に当てはめてサンプリング時刻 $t$ におけるスロットル上流圧力 $P_{us}$ を推定する。 $P_{us}$ の推定値、 $T_{us}$ 及び $P_{ds}$ を、時刻 $t+1$ における要求吸入空気量 $d_{m\_t+1}$ と共にノズル式に当てはめて、時刻 $t+1$ における目標有効開口面積 $A_{eff\_t+1}$ を計算する。

【選択図】図5



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

吸入空気量に応じた空気量出力値を発するエアフロメータと、  
脈動する空気量出力値のうち、少なくとも設定値を下回る値を、当該値より大きな代替値に置き換えて、前記空気量出力値から空気量順流値を生成する順流値生成手段と、を備え、前記設定値は、前記脈動する空気量出力値の中央値以下かつ極小値より大の値であり、更に、

スロットル下流圧力を検知又は推定する下流圧力取得手段と、

吸入空気温度を検知又は推定する空気温取得手段と、

スロットル開度に応じた吸気通路の有効開口面積と吸入空気量と吸入空気温度とスロットル上流圧力とスロットル下流圧力との間に成立するノズル式の関係に、サンプリング時刻  $t$  における有効開口面積、空気量順流値、吸入空気温度、スロットル下流圧力、並びにサンプリング時刻  $t - 1$  に推定されたスロットル上流圧力を当てはめて、当該サンプリング時刻  $t$  におけるスロットル上流圧力を推定する上流圧力推定手段と、

前記サンプリング時刻  $t$  において、前記ノズル式の関係に、当該サンプリング時刻  $t$  における吸入空気温度、スロットル下流圧力、スロットル上流圧力の推定値、並びにサンプリング時刻  $t + 1$  における吸入空気量の要求値を当てはめて、当該サンプリング時刻  $t + 1$  に実現するべき有効開口面積の目標値を設定する目標面積設定手段と、

前記目標値が実現されるようにスロットル開度を制御するスロットル開度制御手段と、を備えることを特徴とする内燃機関のスロットル開度制御装置。

## 【請求項 2】

脈動する空気量出力値に基づいて前記中央値を計算する中央値計算手段を備え、

前記設定値は、前記中央値であることを特徴とする請求項 1 に記載のスロットル開度制御装置。

## 【請求項 3】

前記代替値は、前記中央値であることを特徴とする請求項 2 に記載のスロットル開度制御装置。

## 【請求項 4】

前記吸入空気温度は、スロットル上流における吸気通路内の温度であることを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか 1 項に記載のスロットル開度制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

この発明は、内燃機関のスロットル開度制御装置に係り、特に、車載用内燃機関が備える電子制御式スロットル弁の制御に適したスロットル開度制御装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

下記特許文献 1 には、吸入空気量や吸気圧を含む複数のパラメータの間に成立する関係式を用いたモデル制御の一例が開示されている。この種の関係式に含まれるパラメータのうち、一つのパラメータだけが未知であるとすれば、他のパラメータをその関係式に当てはめることにより、その未知のパラメータを推定することができる。

## 【0003】

内燃機関には一般にエアフロメータが備わっている。このため、この種の推定をするにあたっては、エアフロメータで検出した吸入空気量を既知のパラメータとして用いることが一般的に可能である。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0004】

【特許文献 1】特開 2013 - 032741 号公報

## 【発明の概要】

10

20

30

40

50

**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

しかしながら、内燃機関の吸入空気には脈動が生じている。このため、エアフロメータは、その脈動に応じた出力を発する。一方、吸入空気の脈動は、主としてスロットル下流圧力の変動に起因して生ずるものであり、スロットル上流圧力の変動が主な原因ではない。このため、エアフロメータの出力が、例えばスロットル上流圧力の推定にそのまま用いられると、スロットル上流圧力の推定値に脈動が過大に反映される事態が生じ得る。そして、このような推定値は、その値を用いる制御にハンチングを生じさせ得る。

**【0006】**

この発明は、上述のような課題を解決するためになされたもので、エアフロメータの出力を利用したパラメータの推定を利用しつつ、スロットル弁の開度を精度良く制御し得る内燃機関のスロットル制御装置を提供することを目的とする。

10

**【課題を解決するための手段】****【0007】**

第1の発明は、上記の目的を達成するため、内燃機関のスロットル開度制御装置であって、吸入空気量に応じた空気量出力値を発するエアフロメータと、脈動する空気量出力値のうち、少なくとも設定値を下回る値を、当該値より大きな代替値に置き換えて、前記空気量出力値から空気量順流値を生成する順流値生成手段と、を備え、前記設定値は、前記脈動する空気量出力値の中央値以下かつ極小値より大の値であり、更に、スロットル下流圧力を検知又は推定する下流圧力取得手段と、吸入空気温度を検知又は推定する空気温度取得手段と、スロットル開度に応じた吸気通路の有効開口面積と吸入空気量と吸入空気温度とスロットル上流圧力とスロットル下流圧力との間に成立するノズル式の関係に、サンプリング時刻  $t$  における有効開口面積、空気量順流値、吸入空気温度、スロットル下流圧力、並びにサンプリング時刻  $t - 1$  に推定されたスロットル上流圧力を当てはめて、当該サンプリング時刻  $t$  におけるスロットル上流圧力を推定する上流圧力推定手段と、前記サンプリング時刻  $t$  において、前記ノズル式の関係に、当該サンプリング時刻  $t$  における吸入空気温度、スロットル下流圧力、スロットル上流圧力の推定値、並びにサンプリング時刻  $t + 1$  における吸入空気量の要求値を当てはめて、当該サンプリング時刻  $t + 1$  に実現すべき有効開口面積の目標値を設定する目標面積設定手段と、前記目標値が実現されるようにスロットル開度を制御するスロットル開度制御手段と、を備えることを特徴とする。

20

30

**【0008】**

また、第2の発明は、第1の発明において、脈動する空気量出力値に基づいて前記中央値を計算する中央値計算手段を備え、前記設定値は、前記中央値であることを特徴とする。

**【0009】**

また、第3の発明は、第2の発明において、前記代替値は、前記中央値であることを特徴とする。

**【0010】**

また、第4の発明は、第1乃至第3の発明の何れかにおいて、前記吸入空気温度は、スロットル上流における吸気通路内の温度であることを特徴とする。

40

**【発明の効果】****【0011】**

第1の発明によれば、エアフロメータが発する空気量出力値のうち、スロットル下流の圧力脈動の影響で空気の流れが減衰している際の値の少なくとも一部をカットした状態で、スロットル上流圧力を推定することができる。このため、本発明によれば、スロットル上流圧力が過大に脈動するのを防ぎ、有効開口面積を精度良く目標値に制御することができる。

**【0012】**

第2の発明によれば、スロットル下流の圧力脈動の影響で空気の流れが減衰している際の空気量出力値の大部分を、より大きな値に置き換えることができる。このため、本発明

50

によれば、スロットル上流圧力の不当な脈動によるスロットル開度制御性の悪化を効果的に抑制することができる。

【0013】

第3の発明によれば、スロットル下流の圧力脈動の影響で空気の流れが減衰している際の空気量出力値の大部分をカットすることができる。このため、本発明によれば、スロットル上流圧力の不当な脈動によるスロットル開度制御性の悪化を効果的に抑制することができる。

【0014】

第4の発明によれば、スロットル上流の吸入空気温度を用いてスロットル上流圧力を推定することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の実施の形態1のシステム構成を表す図である。

【図2】図1に示すスロットル弁の周辺を拡大して表した図である。

【図3】本発明の実施の形態1で用いられるノズル式に含まれる関数  $f$  を示す図である。

【図4】関数  $f$  の近似方法を説明するための図である。

【図5】図5aはエアフロメータが発する空気量出力値（破線）と空気量出力値から減衰の影響を除去した空気量順流値（実線）を示す。図5bは空気量出力値に基づくスロットル上流圧力の推定値（破線）と空気量順流値（実線）に基づくスロットル上流圧力の推定値を示す。図5cは空気量出力値に基づく目標有効開口面積（破線）と空気量順流値（実線）に基づく目標有効開口面積を示す。

【図6】空気量順流値の設定方法の第1の例を示す図である。

【図7】空気量順流値の設定方法の第2の例を示す図である。

【図8】図1に示すECUに実装される制御のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0016】

実施の形態1 .

[システム構成]

図1は本発明の実施の形態1のスロットル開度制御装置のシステム構成を示す。本実施形態はディーゼル式の内燃機関10と、ECU15とを備えている。内燃機関10は、吸気通路12を備えている。吸気通路12にはエアフロメータ14が配置されている。

【0017】

エアフロメータ14は、例えば特開2013-92116号公報に開示されているような構造を有しており、吸気通路12を流通する吸入空気量 $d_m$ に応じた出力を発生する。エアフロメータの出力はECU15に供給される。以下、その出力の値を「空気量出力値」と称す。

【0018】

エアフロメータ14の下流には、ターボチャージャ16のコンプレッサ18を介してインタークーラ20が配置されている。また、インタークーラ20の下流には、吸気温度センサ22並びにスロットル弁24が、その順で配置されている。

【0019】

吸気温度センサ22は、スロットル上流における吸入空気温度、即ちスロットル上流温度 $T_{us}$ に応じた出力を発生する。吸気温度センサ22の出力はECU15に供給される。

【0020】

スロットル弁24は、ECU15と電氣的に接続されており、ECU15の指令に応じた開度を実現することができる。吸気通路12の内部には、スロットル弁24の開度に応じた有効開口面積 $A_{eff}$ が実現され、その有効開口面積 $A_{eff}$ に応じた吸入空気量 $d_m$ が流通する。上述したエアフロメータは、従って、スロットル弁24を通過して流れる吸入空気量 $d_m$ に応じた空気量出力値を発生する。

【0021】

10

20

30

40

50

ECU15は、スロットル弁24に向けて発する開度指令に基づいて、或いは、スロットル弁24に併設されているスロットル開度センサ(図示せず)の出力に基づいて、スロットル開度を検知することができる。ECU15は、スロットル開度と吸気通路12の関係を定めたマップを記憶しており、そのマップに従って、スロットル開度に応じた有効開口面積 $A_{eff}$ を求めることができる。

#### 【0022】

スロットル弁24の下流には過給圧センサ26が配置されている。過給圧センサ26の出力はECU15に供給されている。ECU15は、過給圧センサ26の出力に基づいて、スロットル弁24の下流における圧力、即ちスロットル下流圧力 $P_{ds}$ を検知することができる。

10

#### 【0023】

内燃機関10の排気通路28には、ターボチャージャ16のタービン30が配置されている。また、排気通路28には、スロットル弁24の下流において吸気通路12と連通するEGR通路32が連通している。従って、内燃機関10には、スロットル弁24を通して流入してくる吸入空気と、EGR通路32を通して還流してくるEGRガスとが吸入される。

#### 【0024】

##### [スロットル制御の概要]

図2は、スロットル弁24の周辺を拡大して表した図である。図2中に示す5つのパラメータは、本実施形態におけるスロットル制御の実行に必要なパラメータである。これらのパラメータのうち吸入空気量 $d_m$ 、スロットル上流温度 $T_{us}$ 、スロットル下流圧力 $P_{ds}$ 、並びに有効開口面積 $A_{eff}$ は、本実施形態においてECU15が直接的に検知できるパラメータである。他方、残る1つのパラメータ、即ちスロットル上流圧力 $P_{us}$ は、ECU15が直接的に検知できるパラメータではない。

20

#### 【0025】

図2に示す5つのパラメータは、互いに相関を有しており、4つのパラメータが判れば残りのパラメータが推定できる関係にある。このため、ECU15は、検知可能な4つのパラメータに基づいて未知のパラメータであるスロットル上流圧力 $P_{us}$ を推定することができる。更に、スロットル上流圧力 $P_{us}$ が推定できれば、現存の条件下( $P_{us}$ 、 $T_{us}$ 、 $P_{ds}$ )で要求される吸入空気量 $d_{m_{t+1}}$ を発生させるのに必要な有効開口面積 $A_{eff}$ の目標値、即ち目標の有効開口面積 $A_{eff_{t+1}}$ を計算することもできる。つまり、あるサンプリング時刻 $t$ において次のサンプリング時刻 $t+1$ に発生させるべき要求吸入空気量 $d_{m_{t+1}}$ を定めれば、その $d_{m_{t+1}}$ を発生させるための目標有効開口面積 $A_{eff_{t+1}}$ を計算することができる。そして、時刻 $t+1$ においてその $A_{eff_{t+1}}$ が実現されるようにスロットル弁24を制御すれば、フィードフォワード的に精度良く吸入空気量 $d_m$ を制御することができる。

30

#### 【0026】

本実施形態において、ECU15は、上記の流れに沿ってスロットル開度を制御するべく、8ms毎にスロットル上流圧力 $P_{us}$ の推定と目標有効開口面積 $A_{eff_{t+1}}$ の計算とを行う。以下、 $P_{us}$ の推定手法と、 $A_{eff_{t+1}}$ の計算手法を具体的に説明する。

40

#### 【0027】

##### [スロットル上流圧力 $P_{us}$ の推定手法]

下記(1)式は、図2に示す5つのパラメータの間に成立するノズル式である。

$$d_m = A_{eff} \times P_{us} \times \left\{ 2 / (R \times T_{us}) \right\} \times (P_{ds} / P_{us}) \quad \dots \quad (1)$$

但し、 $d_m$ ：スロットル弁24を通過する吸入空気量[kg/sec]

$A_{eff}$ ：吸気通路12の有効開口面積[m<sup>2</sup>]

$P_{us}$ ：スロットル上流圧力[Pa]

$P_{ds}$ ：スロットル下流圧力[Pa]

50

$T_{u s}$  : スロットル弁 24 上流の吸入空気温度 [ K ]

$R$  : 気体定数 [ J / k g · K ]

【 0 0 2 8 】

関数  $f$  は、空気がスロットル弁 24 を通過する程度を数値化する関数であり、 $(P_{d s} / P_{u s})$  との関係で図 3 のように表すことができる。但し、図 3 中の  $f$  は、スロットル弁 24 を通過する流体の比熱比である。以下、本実施形態では、スロットル弁 24 を流れる流体が空気であるとし、 $f$  は空気の比熱比 1.4 であるものとする。この場合、図 3 中に示す  $\{ 2 / (f + 1) \} \{ f / (f - 1) \}$  は 0.53 となる。

【 0 0 2 9 】

図 3 に示す関数  $f$  は、数式で表すと下記 (2) 式及び (3) 式で表すことができる。尚

$$(P_{d s} / P_{u s}) = [ \{ f / (f - 1) \} \times \{ (P_{d s} / P_{u s})^2 / f - (P_{d s} / P_{u s}) \} \{ (f + 1) / f \} ] \quad \dots (2)$$

但し、 $(P_{d s} / P_{u s}) \{ 2 / (f + 1) \} \{ f / (f - 1) \}$  の場合  $\dots$

$$= \{ 2 / (f + 1) \} \{ 1 / (f - 1) \} \times \{ f / (f + 1) \} \quad \dots (3)$$

但し、 $(P_{d s} / P_{u s}) < \{ 2 / (f + 1) \} \{ f / (f - 1) \}$  の場合  $\dots$

【 0 0 3 0 】

上記 (2) 式及び (3) 式の条件式右辺、即ち、 $\{ 2 / (f + 1) \} \{ f / (f - 1) \}$  は、比熱比  $f$  に対して一義的に決まる値である。このため、本実施形態において、その値は固定値として扱うことができる。また、それらの条件式左辺  $(P_{d s} / P_{u s})$  に含まれるスロットル下流圧力  $P_{d s}$  は任意のサンプリング時刻  $t$  において過給圧センサ 26 により検知可能である。一方、スロットル上流圧力  $P_{u s}$  は、時刻  $t$  において検知することはできない。しかし、その値  $P_{u s}$  は、8ms 程度の短時間で大きく変化するものではないから、8ms 前のサンプリング時刻  $t - 1$  において推定された  $P_{u s\_t - 1}$  により代用が可能である ( $P_{u s}$  の初期値は大気圧で代用可能である)。このため、ECU15 は、任意のサンプリング時刻  $t$  において、 $(P_{d s} / P_{u s})$  が (2) 式の関係を満たしているのか、或いは (3) 式の関係を満たしているのかを判断することができる。

【 0 0 3 1 】

ところで、上記 (1) 式は、関数  $f$  について整理すると下記 (4) 式のように書き換えることができる。

$$(P_{d s} / P_{u s}) = d m / [ A_{e f f} \times P_{u s} \times \{ 2 / (R \times T_{u s}) \} ] \quad \dots (4)$$

【 0 0 3 2 】

ECU15 は、任意のサンプリング時刻  $t$  において、上記 (4) 式の右辺中  $d m$ 、 $A_{e f f}$  及び  $T_{u s}$  を検知することができる。R は定数であり既知である。そして、時刻  $t$  におけるスロットル上流圧力  $P_{u s}$  は、上記の理由により、8ms 前の推定値  $P_{u s\_t - 1}$  で代用することができる。このため、ECU15 は、任意の時刻  $t$  において、上記 (4) 式に従って  $(P_{d s} / P_{u s})$  を計算することができる。以下、その値を「 $f\_t$ 」とする。

【 0 0 3 3 】

$f\_t$  を左辺に代入すると、上記 (2) 式は下記のように書き換えられる。

$$f\_t = [ \{ f / (f - 1) \} \times \{ (P_{d s} / P_{u s})^2 / f - (P_{d s} / P_{u s}) \} \{ (f + 1) / f \} ] \quad \dots (5)$$

【 0 0 3 4 】

(5) 式右辺に含まれる  $P_{d s}$  は検知可能なパラメータであるから、この式に含まれる

未知のパラメータは  $P_{u_s}$  だけである。このため、上記(2)式の条件が成立する環境下では、この(5)式を解けば時刻  $t$  におけるスロットル上流圧力  $P_{u_s}$  を推定することが可能である。

【0035】

しかしながら、上記(5)式は、その右辺に  $P_{u_s}$  のべき乗を含んでいるため、数学的に解くことができない。このため、本実施形態では、以下に説明する近似の手法を用いてこの場合の  $P_{u_s}$  を推定する。

【0036】

図4は、上記(5)式の右辺を3つの一次式で近似した様子を示す。ここでは、それらの近似式を以下のように示すこととする。

$$\underline{P}_{u_s} = a_1 \times (P_{d_s} / P_{u_s}) + b_1$$

但し、 $A < \{2 / (R \times T_{u_s})\} \times (P_{d_s} / P_{u_s}) < 1$  の場合

$$\underline{P}_{u_s} = a_2 \times (P_{d_s} / P_{u_s}) + b_2$$

但し、 $B < \{2 / (R \times T_{u_s})\} \times (P_{d_s} / P_{u_s}) < A$  の場合

$$\underline{P}_{u_s} = a_3 \times (P_{d_s} / P_{u_s}) + b_3$$

但し、 $\{2 / (R \times T_{u_s})\} \times (P_{d_s} / P_{u_s}) < A$

・(8)

【0037】

A 及び B は、 $\{2 / (R \times T_{u_s})\} \times (P_{d_s} / P_{u_s})$  と 1 の間に設定した固定値である。また  $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$  並びに  $b_1$ 、 $b_2$ 、 $b_3$  は、A 及び B との関係で1次式の係数として定めた係数である。時刻  $t$  において  $P_{u_s} \underline{P}_{u_s} - 1$  を  $P_{u_s}$  として代用すれば  $(P_{d_s} / P_{u_s})$  を計算することができ、その計算値に基づいて、上記(6)、(7)、(8)のうち何れを選択するべきかを判断することができる。そして、選択された数式に、上記(4)式で得られた  $\underline{P}_{u_s}$  と、時刻  $t$  に検出された  $P_{d_s}$  を代入すれば、時刻  $t$  におけるスロットル上流圧力  $P_{u_s}$  の推定値を得ることができる。このように、ECU15は、 $P_{u_s} \underline{P}_{u_s} - 1$  に基づいて計算された  $(P_{d_s} / P_{u_s})$  が上記(2)式の条件を満たす環境下では、図4に示す近似の手法を用いて、任意のサンプリング時刻  $t$  においてスロットル上流圧力  $P_{u_s}$  を推定することができる。

【0038】

$P_{u_s} \underline{P}_{u_s} - 1$  に基づいて計算された  $(P_{d_s} / P_{u_s})$  が上記(3)式の条件を満たす場合、本実施形態では、真の  $(P_{d_s} / P_{u_s})$  が、図3に示す変局点  $\{2 / (R \times T_{u_s})\} \times (P_{d_s} / P_{u_s})$ 、即ち 0.53 であるものとして取り扱う。この場合、スロットル上流圧力  $P_{u_s}$  は  $P_{u_s} = P_{d_s} / 0.53$  として推定することができる。このため、ECU15は、この場合においても、任意のサンプリング時刻  $t$  においてスロットル上流圧力  $P_{u_s}$  を推定することができる。

【0039】

[スロットル弁の制御手法]

以下に示す(9)式は、上記のノズル式(1)を変形して表したものである。

$$A_{eff} \underline{P}_{u_s} + 1 = dm \underline{P}_{u_s} + 1 / [P_{u_s} \times \{2 / (R \times T_{u_s})\} \times (P_{d_s} / P_{u_s})]$$

但し、 $dm \underline{P}_{u_s} + 1$  は、サンプリング時刻  $t$  において、次のサンプリング時刻  $t + 1$  に発生させるべきものとして設定した目標の吸入空気量である。また、 $A_{eff} \underline{P}_{u_s} + 1$  は、時刻  $t + 1$  における目標の有効開口面積である。

【0040】

スロットル弁24周辺環境を表すパラメータ ( $P_{u_s}$ 、 $P_{d_s}$ 、 $T_{u_s}$ ) は、8ms 程度の短時間で大きく変化するものではない。このため、ノズル式(1)の関係は、サンプリング時刻  $t$  におけるそれら ( $P_{u_s}$ 、 $P_{d_s}$ 、 $T_{u_s}$ ) と、サンプリング時刻  $t + 1$  に達成されるべき目標有効開口面積  $A_{eff} \underline{P}_{u_s} + 1$  並びに要求吸入空気量  $dm \underline{P}_{u_s} + 1$  との間にも概ね成立する。また、 $P_{u_s}$  が推定値として既知であれば、(9)式に含まれ

10

20

30

40

50

ている ( $P_{ds} / P_{us}$ ) は上記 (2) 式又は (3) 式により計算することができる。このため、時刻  $t + 1$  に発生させるべき要求吸入空気量  $dm_{t+1}$  と、時刻  $t$  に検知又は推定した  $P_{us}$ 、 $P_{ds}$ 、 $T_{us}$  とを用いれば、上記 (9) 式から、時刻  $t + 1$  において  $dm_{t+1}$  を発生させるのに必要な目標の有効開口面積  $A_{eff_{t+1}}$  を計算することができる。

#### 【0041】

ECU15 は、このような原理で、サンプリング時刻  $t$  において、次のサンプリング時刻  $t + 1$  に達成されるべき目標の有効開口面積  $A_{eff_{t+1}}$  を計算する。そして、ECU15 は、時刻  $t + 1$  において、その  $A_{eff_{t+1}}$  が達成されるようにスロットル弁 24 の開度を制御する。

#### 【0042】

##### [ 吸気脈動の影響排除 ]

次に、本実施形態の特徴である吸気脈動の影響排除について説明する。

本実施形態のシステムでは、スロットル上流圧力  $P_{us}$  を推定するにあたって、エアフロメータ 14 により吸入空気量  $dm$  を検知することが必要である。ここで、吸気通路 12 内を流れる吸入空気には、内燃機関 10 の動作に同期した脈動が生ずる。このため、エアフロメータ 14 が発する空気量出力値にも、その脈動が反映される。

#### 【0043】

図 5 (a) 中に破線で示す波形は、その空気量出力値の様子を示している。また、図 5 (b) 中に示す破線は、ECU15 が、その空気量出力値を吸入空気量  $dm$  として推定処理を行った場合に得られるスロットル上流圧力  $P_{us}$  の波形である。更に、図 5 (c) 中に示す破線は、その  $P_{us}$  推定値に基づいて計算される目標有効開口面積  $A_{eff_{t+1}}$  の波形である。

#### 【0044】

吸気通路 12 を流れる空気量の減衰は、主としてスロットル弁 24 の下流における圧力変動に起因して生ずる。換言すると、図 5 (a) 中に破線で示す空気量出力値の減衰は、スロットル上流圧力  $P_{us}$  の低下が主原因で生ずるものではない。このため、空気量出力値の減衰値がそのままスロットル上流圧力  $P_{us}$  の推定値に反映されてしまうと、その  $P_{us}$  推定値には過大な減衰が反映されてしまう (図 5 (b) 中に破線の部分)。更に、その値が基礎とされれば、 $P_{us}$  推定値が過大に減衰する期間において、目標有効開口面積  $A_{eff_{t+1}}$  は過大な値となる (図 5 (c) 中に破線の部分)。そして、このような目標有効開口面積  $A_{eff_{t+1}}$  が用いられる場合には、スロットル弁 24 の制御にハンチングが生じかねない。

#### 【0045】

上記のハンチングを防ぐ一つの手法としては、エアフロメータ 14 が発する空気量出力値を平滑化して、その振幅を小さくすることが考えられる。しかしながら、このような手法では、空気量出力値の過大な減衰部分はカットすることができるが、同時にその極大値周辺の値までもが小さな値に置き換えられてしまう。この場合、極大値近傍の吸入空気量  $dm$  を発生させるべきタイミングで、目標有効開口面積  $A_{eff_{t+1}}$  が過少な値となってしまう、要求される吸入空気量  $dm_{t+1}$  が得られない事態が生ずる。

#### 【0046】

このような不都合を回避するため、本実施形態では、空気量出力値から圧力脈動に起因する減衰部分だけをカットして空気量順流値を生成し、その空気量順流値を吸入空気量  $dm$  として扱うこととした。図 5 (a) 中に示す実線は、空気量順流値の波形イメージを示す。ここで、図 5 (a) に示す空気量順流値は、空気量出力値のものと同じ振幅周期及び極大値を有し、また、空気量出力値の中央値と等しい極小値を有している。

#### 【0047】

図 5 (b) 中に示す実線の波形は、上述した空気量順流値が吸入空気量  $dm$  として用いられた場合に得られるスロットル上流圧力  $P_{us}$  の推定値を示す。また、図 5 (c) 中に示す実線は、上記実線波形の  $P_{us}$  推定値に基づいて計算される目標有効開口面積  $A_{eff_{t+1}}$

10

20

30

40

50

$f_{t+1}$  の波形である。

【0048】

図5(a)に示す空気量順流値には、スロットル弁24下流の圧力変動に起因する減衰が含まれていない。このため、その値を吸入空気量  $d_m$  とすれば、図5(b)に示すように  $P_{us}$  推定値に過大な減衰が生じない。その結果、図5(c)に示すように、目標有効開口面積  $A_{eff_{t+1}}$  の極大値が過大になるのを避けることができる。このため、上記の手法によれば、スロットル制御にハンチングが生ずる可能性を効果的に排除することができる。

【0049】

また、空気量出力値が減衰している環境下では、そもそも有効開口面積  $A_{eff}$  を大きくしても、さほど吸入空気量  $d_m$  は増加しない。このため、空気量出力値がその中央値を下回る期間において、図5(c)に示すように目標有効開口面積  $A_{eff_{t+1}}$  の設定値が抑えられたとしても、その結果生ずる吸入空気量  $d_m$  が大きく減少することはない。このため、上記の手法によれば、スロットル制御のハンチングを有効に回避しつつ精度良く要求吸入空気量  $d_{m_{t+1}}$  を発生させることができる。

【0050】

[ 空気量順流値の生成手法 ]

図6中に示す実線は、本実施形態において用いることのできる第1の手法で生成した空気量順流値の波形である。図6に示す空気量順流値は、エアフロメータ14から発せられる空気量出力値から中央値を下回る値をカットすることで得ることができる。ECU15は、サンプリング時刻毎に、過去1サイクル以上の所定期間に渡る空気量出力値に基づいて、その中央値を計算することができる。そして、ECU15は、サンプリングした空気量出力値がその中央値を下回る場合に限りそのサンプリング値を中央値に置き換えることで、図6に示す空気量順流値を得ることができる。

【0051】

図7は、本実施形態において用いることのできる空気量順流値の生成方法の第2の例を説明するための図である。図7に示す空気量順流値は、エアフロメータが発する空気量出力値が有するものと同じ振幅周期及び極大値を有し、かつ、空気量出力値の中央値と等しい極小値を有している。ECU15は、サンプリング時刻毎に、過去1サイクル以上の所定期間に渡る空気量出力値に基づいて、その振幅周期、極大値、及び中央値を計算することができる。ECU15は更に、その振幅周期でその極大値とその中央値の間を増減する振幅波形をシミュレートすることができる。そして、ECU15は、サンプリングした空気量出力値がその振幅波形値を下回る場合に限りそのサンプリング値を振幅波形値に置き換えることで、図7に示す空気量順流値を得ることができる。

【0052】

[ ECUが実行する具体的処理 ]

図8は、上述したスロットル制御を実現するためにECU15が実行するルーチンの流れを説明するためのフローチャートである。このルーチンは、内燃機関10の始動後、8ms毎に起動される。

【0053】

このルーチンが起動されると、まず、スロットル制御の実行条件が成立しているか否かが判断される(ステップ100)。

【0054】

実行条件の成立が認められると、エアフロメータ14の出力値、即ち空気量出力値が取得される(ステップ102)。

【0055】

次いで、その空気量出力値に基づいて、スロットル制御用の吸入空気量  $d_m$ 、即ち空気量順流値が検出される(ステップ104)。具体的には、ここでは、図6を参照して説明した手法より空気量出力値から空気量順流値( $d_m$ )が計算されるものとする。

【0056】

10

20

30

40

50

次に、過給圧センサ 26 の出力に基づいてスロットル下流圧力  $P_{ds}$  が検知され、また、吸気温度センサの出力に基づいてスロットル上流温度  $T_{us}$  が検知される（ステップ 106）。

【0057】

次いで、現サンプリング時刻  $t$  におけるスロットル上流圧力  $P_{us}$  が推定される（ステップ 108）。具体的には、上記ステップ 104 で計算した  $d_m$ 、上記ステップ 106 で検知した  $P_{ds}$  及び  $T_{us}$ 、並びに前回のサンプリング時刻  $t-1$  において推定されたスロットル上流圧力  $P_{us\_t-1}$  に基づいて  $P_{us}$  の推定値が計算される。（上記段落 [0027] ~ [0038] 参照）。

【0058】

$P_{us}$  の推定が終了すると、次に、次のサンプリング時刻  $t+1$  において実現すべき目標有効開口面積  $A_{eff\_t+1}$  が算出される（ステップ 110）。具体的には、ここでは先ず、車両に対する要求等に基づいて時刻  $t+1$  に達成すべき要求吸入空気量  $d_{m\_t+1}$  が設定される。そして、その  $d_{m\_t+1}$  を、上記ステップ 108 で計算した  $P_{us}$  推定値、並びに上記ステップ 104 及び 106 で検知した  $P_{ds}$  及び  $T_{us}$  と共に上記（9）式の関係に当てはめることで、目標有効開口面積  $A_{eff\_t+1}$  が算出される。

【0059】

その後、設定された目標有効開口面積  $A_{eff\_t+1}$  を発生させるべく、スロットル弁 24 に対して開度指令が発せられる（ステップ 112）。ECU15 は、スロットル開度と有効開口面積  $A_{eff}$  との関係を決めたマップを記憶している。ここでは、先ず、そのマップに従って  $A_{eff\_t+1}$  を発生させるのに必要なスロットル開度が決定される。そして、決定されたスロットル開度に応じた指令がスロットル弁 24 に与えられる。上記の処理が終わると、ECU15 は、今回の処理が終了したものとこのルーチンを終了させる。

【0060】

ECU15 が以上の処理を実行することにより、本実施形態のシステムでは、制御上のハンチングを生じさせることなく、スロットル弁 24 がフィードフォワード的に精度良く制御される。このため、このシステムによれば、優れたドライバビリティを実現することができる。

【0061】

ところで、上述した実施の形態 1 では、スロットル上流温度  $T_{us}$ 、及びスロットル下流圧力  $P_{ds}$  を、それぞれセンサにより実測することとしているが、本発明はこのような構成に限定されるものではない。すなわち、スロットル上流温度  $T_{us}$ 、及びスロットル下流圧力  $P_{ds}$  は、モデル等を用いた周知の推定方法により取得することとしてもよい。

【0062】

また、上述した実施の形態 1 では、ノズル式（1）に当てはめる吸入空気温度をスロットル上流温度  $T_{us}$  に限定しているが、本発明はこのような構成に限定されるものではない。すなわち、その温度に顕著な相違が生じない範囲においては、ノズル式（1）に当てはめる吸入空気温度をスロットル弁 24 の下流で得た温度としてもよい。

【0063】

また、上述した実施の形態 1 では、内燃機関 10 が、ターボチャージャ 16 を備えるディーゼル機関に限定されているが、本発明はこれに限定されるものではない。すなわち、本発明は、ガソリン機関に適用することも可能であり、また、ターボチャージャ 16 を具備しない機関に適用することも可能である。

【0064】

また、上述した実施の形態 1 では、ステップ 104 において、ECU15 が、図 6 を参照して説明した手法により空気量順流値を計算することとしているが、本発明はこれに限定されるものではない。すなわち、ECU15 は、ステップ 104 において、上記図 7 を参照して説明した手法により空気量順流値を計算することとしてもよい。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 5 】

また、上述した実施の形態 1 では、サンプリング間隔を 8 m s としているが、本発明はこの構成に限定されるものではなく、サンプリング間隔は、設計上の要求に従って適宜設定された時間であればよい。

## 【 0 0 6 6 】

尚、上述した実施の形態 1 においては、空気量出力値の中央値が、前記第 1 の発明における「設定値」及び「代替値」に相当している。また、実施の形態 1 では、ステップ 1 0 4 の処理が実行されることにより第 1 の発明における「順流値生成手段」が、ステップ 1 0 6 の処理が実行されることにより第 1 の発明における「下流圧力取得手段」及び「空気温取得手段」が、ステップ 1 0 8 の処理が実行されることにより第 1 の発明における「上流圧力推定手段」が、ステップ 1 1 0 の処理が実行されることにより第 1 の発明における「目標面積設定手段」が、ステップ 1 1 2 の処理が実行されることにより第 1 の発明における「スロットル開度制御手段」が、それぞれ実現されている。

10

## 【 0 0 6 7 】

また、上述した実施の形態 1 では、ステップ 1 0 4 の処理中で、空気量出力値の中央値が計算されることにより第 2 の発明における「中央値計算手段」が実現されている。

## 【 符号の説明 】

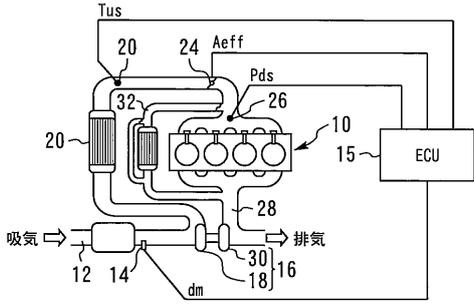
## 【 0 0 6 8 】

1 0 内燃機関  
 1 4 エアフロメータ  
 1 5 E C U  
 2 2 吸気温センサ  
 2 4 スロットル弁  
 2 6 過給圧センサ  
 d m 吸入空気量  
 T <sub>u s</sub> スロットル上流温度  
 P <sub>d s</sub> スロットル下流圧力  
 A <sub>e f f</sub> 有効開口面積  
 d m <sub>- t + 1</sub> 要求吸入空気量  
 A <sub>e f f - t + 1</sub> 目標の有効開口面積  
 比熱比

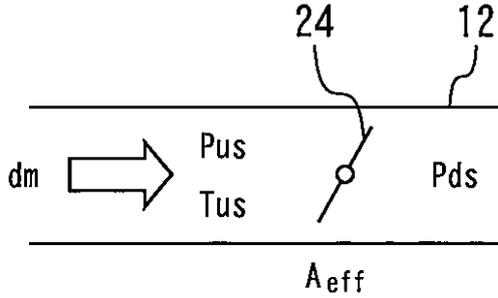
20

30

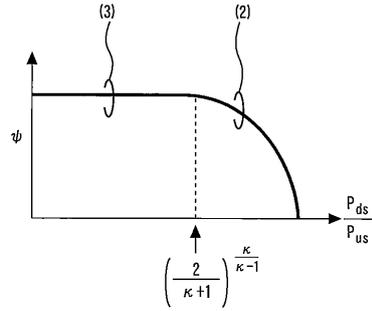
【 図 1 】



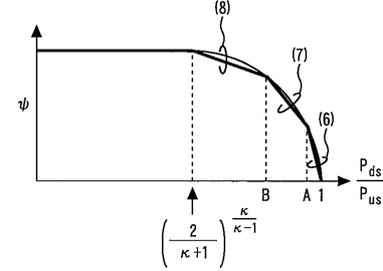
【 図 2 】



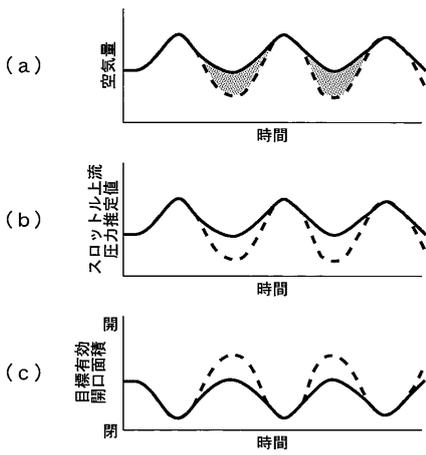
【 図 3 】



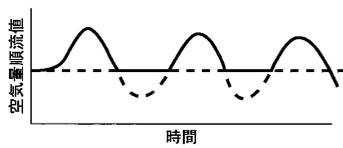
【 図 4 】



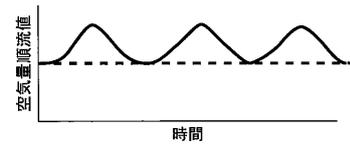
【 図 5 】



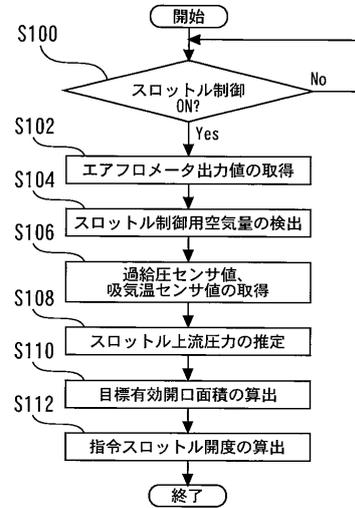
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



---

フロントページの続き

Fターム(参考) 3G301 HA02 JA06 LA01 NB02 NB06 PA01Z PA07Z PA10Z PA11Z  
3G384 AA03 BA04 BA05 DA10 FA01Z FA04Z FA08Z