

(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2010-144581

(P2010-144581A)

(43) 公開日 平成22年7月1日(2010.7.1)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
F02D 9/02 (2006.01)	F02D 9/02 301Z	3G065
F02D 45/00 (2006.01)	F02D 45/00 364G	3G384
	F02D 9/02 351M	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2008-321381 (P2008-321381)	(71) 出願人	000003207
(22) 出願日	平成20年12月17日 (2008.12.17)		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	田中 聡
			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 CA22 DA04 GA05 GA10 GA41
			3G384 AA01 BA05 DA04 EB14 ED07
			EG10 FA01Z FA04Z

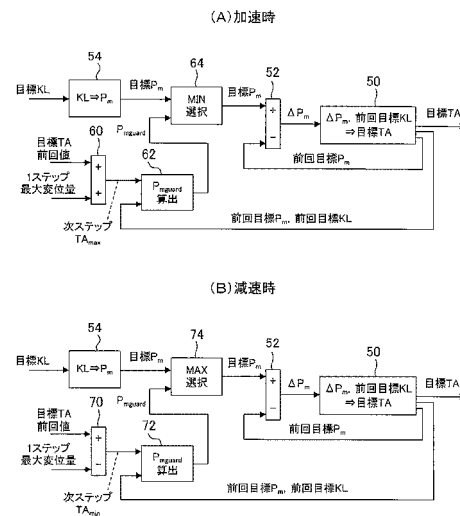
(54) 【発明の名称】 内燃機関の制御装置

(57) 【要約】

【課題】 目標吸入空気量或いは目標吸気管圧に基づいてスロットルを操作する内燃機関の制御装置において、スロットル開度の計算のための演算負荷を大きく増大させることなく、スロットルによる吸入空気量や吸気管圧の制御性を高める。

【解決手段】 エア逆モデル50、52を用いて目標 P_m を実現するための目標TAを算出する。その際、 P_m の可変範囲の最大値或いは最小値を目標 P_m の上限値或いは下限値として算出する。そして、目標 P_m の値が上限値としての $P_{m\text{guard}}$ を超える或いは下限値としての $P_{m\text{guard}}$ を下回る場合には、エア逆モデル50、52に入力する目標 P_m の値を $P_{m\text{guard}}$ によって制限する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

吸入空気量或いは吸気管圧を制御量とし、目標制御量に基づいてスロットルを操作する内燃機関の制御装置において、

前記スロットルの動作に対する前記制御量の応答をモデル化した吸気系モデルの逆モデルを具備し、前記逆モデルを用いて前記目標制御量を実現するためのスロットル開度を算出するスロットル開度算出手段と、

前記スロットル開度算出手段で算出されたスロットル開度を前記スロットルに操作量として出力する操作量出力手段と、

前記スロットルの操作による前記制御量の可変範囲の最大値或いは最小値を、前記目標制御量の上限値或いは下限値として算出する限界値算出手段と、

取得した目標制御量の値が前記上限値を超える或いは前記下限値を下回る場合には、前記スロットル開度の算出に使用される目標制御量の値を前記上限値或いは前記下限値によって制限する目標制御量制限手段と、
を備えることを特徴とする内燃機関の制御装置。

10

【請求項 2】

前記限界値算出手段は、前記逆モデルによる計算で用いられた前記目標制御量の前回値と、前記操作量の前回値から予測される前記操作量の最大今回値或いは最小今回値とに基づいて前記上限値或いは下限値を算出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。

20

【請求項 3】

前記限界値算出手段は、前記スロットルの操作に対する実際のスロットル開度の応答をモデル化したスロットル応答モデルを具備し、前記操作量の前回値を前記スロットル応答モデルに入力して得られる実際スロットル開度の推定値から前記操作量の最大今回値或いは最小今回値を予測す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】

前記目標制御量制限手段は、前記スロットルの全開時に得られる前記制御量の値と前記上限値との差が所定値以下の場合には、前記上限値による目標制御量の制限を解除若しくは緩和することを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか 1 項に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 5】

前記目標制御量制限手段は、前記内燃機関が加速状態にあることを条件にして前記上限値による目標制御量の制限の解除若しくは緩和を行うことを特徴とする請求項 4 記載の内燃機関の制御装置。

30

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、内燃機関の制御装置に関し、詳しくは、吸気系モデルの逆モデルを用いて目標吸入空気量或いは目標吸気管圧を実現するためのスロットル開度を計算する制御装置に関する。

【背景技術】

40

【0002】

スロットルの動作に対する吸入空気量の応答をモデル化し、それを数式で表した吸気系モデル（エアモデルという）が知られている。エアモデルは、スロットルモデル、吸気管モデル、及び吸気弁モデルから構成することができる。スロットルモデルは、スロットル開度とスロットル通過空気量との関係を数式で表した計算モデルである。吸気管モデルは、スロットル通過空気量及び吸入空気量と吸気管圧との関係を数式で表した計算モデルである。そして、吸気弁モデルは、吸気管圧と吸入空気量との関係を数式で表した計算モデルである。このようなエアモデルを用いることで、スロットルを操作することで実現できる吸入空気量を正確に推定することができる。

【0003】

50

また、実際の吸入空気量を目標吸入空気量にするのに必要なスロットル開度をエアモデルの逆モデル（エア逆モデルという）を用いて算出する方法も知られている。エア逆モデルは、エアモデルを逆方向に計算するものである。エア逆モデルを用いたスロットル開度の計算では、まず、吸気弁モデルの逆モデルによって目標吸入空気量が目標吸気管圧に変換される。次に、吸気管モデルの逆モデルによって目標吸気管圧からスロットル通過空気量の目標値が計算される。そして最後に、目標スロットル通過空気量を実現するのに必要なスロットル開度がスロットルモデルの逆モデルを用いて計算される。

【0004】

エア逆モデルを数式で表した場合、そこには微分要素が含まれる。詳しくは、目標吸気管圧から目標スロットル通過空気量を算出する過程において、目標吸気管圧の微分値が必要となる。このような計算をコンピュータ（内燃機関の制御装置）にて実施する場合、簡単には、目標吸気管圧の微分値を単位時間当たりの目標吸気管圧の変化量にて近似すればよい。より具体的には、今回ステップにおける目標吸気管圧の値と前回ステップにおける目標吸気管圧の値との差分によって近似すればよい。

【0005】

ところで、上述のようなエア逆モデルを用いてスロットル開度を計算する場合、目標吸入空気量が急激に変化したときにはスロットル開度の算出値（目標スロットル開度）も大幅に変化することになる。しかし、目標スロットル開度の入力に対するスロットルの応答速度には限界があるため、実際のスロットル開度は目標スロットル開度の急激な変化には追いつかず、実際の吸入空気量も目標吸入空気量の変化には追いつかなくなる。ところが、エア逆モデルによる計算は、スロットルが目標スロットル開度に従って動作し、それにより目標吸入空気量が実現されているとの前提で続行される。このため、次の計算タイミングでは、吸入空気量が目標吸入空気量になったときの定常のスロットル開度が目標スロットル開度として算出されることになる。つまり、目標吸入空気量と実際の吸入空気量との間に大きな差が残っていても、その差に応じてスロットルを大きく動かすことはできない。結果、吸入空気量を大きく変化させることができず、目標吸入空気量の達成が大きく遅れることになる。

【0006】

このような問題の解決策としては、例えば特開2006-144565号公報にも開示されているように、実際の吸入空気量や吸気管圧を推定してその推定値をエア逆モデルによる計算に反映させることが考えられる。具体的には、図10に示すように、目標スロットル開度（目標TA）に従いスロットルを操作したときの実際の吸気管圧（推定 P_m ）や吸入空気量（推定KL）をエアモデルの順モデルによって推定し、それら推定値をエア逆モデルに入力する。そして、エア逆モデルでは、目標吸入空気量（目標KL）から変換した目標吸気管圧（目標 P_m ）とエアモデルで計算した推定 P_m との差分（ ΔP_m ）を計算し、 ΔP_m とエアモデルで計算した推定KLとに基づいて目標TAを計算する。この方法によれば、スロットルの応答速度の限界により実際の吸気管圧が目標吸気管圧の変化に追いつかなかった場合、その遅れに応じてスロットルが大きく動かされることになる。結果、この方法によれば、目標吸入空気量の急激な変化に応じて実際の吸入空気量も速やかに大きく変化させることが可能であり、目標吸入空気量を速やかに達成することができる。

【特許文献1】特開2006-144565号公報

【特許文献2】特開2006-132498号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、エア逆モデルによる計算に加えてエアモデルによる計算も行う場合、内燃機関の制御装置にかかる演算負荷は多大なものになってしまう。制御装置では、吸入空気量の制御のみならず内燃機関の運転に係る様々な制御を同時に行っているので、一つの制御に係る演算負荷はできる限り低く抑えたい。

【0008】

本発明は、上述のような課題を解決するためになされたもので、目標吸入空気量或いは目標吸気管圧に基づいてスロットルを操作する内燃機関の制御装置において、スロットル開度の計算のための演算負荷を大きく増大させることなく、スロットルによる吸入空気量や吸気管圧の制御性を高めることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

第1の発明は、上記の目的を達成するため、吸入空気量或いは吸気管圧を制御量とし、目標制御量に基づいてスロットルを操作する内燃機関の制御装置において、

前記スロットルの動作に対する前記制御量の応答をモデル化した吸気系モデルの逆モデルを具備し、前記逆モデルを用いて前記目標制御量を実現するためのスロットル開度を算出するスロットル開度算出手段と、

前記スロットル開度算出手段で算出されたスロットル開度を前記スロットルに操作量として出力する操作量出力手段と、

前記スロットルの操作による前記制御量の可変範囲の最大値或いは最小値を、前記目標制御量の上限值或いは下限値として算出する限界値算出手段と、

取得した目標制御量の値が前記上限値を超える或いは前記下限値を下回る場合には、前記スロットル開度の算出に使用される目標制御量の値を前記上限値或いは前記下限値によって制限する目標制御量制限手段と、
を備えることを特徴としている。

【0010】

第2の発明は、第1の発明において、

前記限界値算出手段は、前記逆モデルによる計算で用いられた前記目標制御量の前回値と、前記操作量の前回値から予測される前記操作量の最大今回値或いは最小今回値とに基づいて前記上限値或いは下限値を算出することを特徴としている。

【0011】

第3の発明は、第2の発明において、

前記限界値算出手段は、前記スロットルの操作に対する実際のスロットル開度の応答をモデル化したスロットル応答モデルを具備し、前記操作量の前回値を前記スロットル応答モデルに入力して得られる実際スロットル開度の推定値から前記操作量の最大今回値或いは最小今回値を予測することを特徴としている。

【0012】

第4の発明は、第1乃至第3の何れか1つの発明において、

前記目標制御量制限手段は、前記スロットルの全開時に得られる前記制御量の値と前記上限値との差が所定値以下の場合には、前記上限値による目標制御量の制限を解除若しくは緩和することを特徴としている。

【0013】

第5の発明は、第4の発明において、

前記目標制御量制限手段は、前記内燃機関が加速状態にあることを条件にして前記上限値による目標制御量の制限の解除若しくは緩和を行うことを特徴としている。

【発明の効果】

【0014】

第1の発明によれば、取得した目標制御量がそのまま逆モデルに入力されるのではなく、スロットルの操作によって達成可能な範囲の限界値に目標制御量が制限され、制限された目標制御量に基づいて逆モデルによるスロットル開度の計算が行われる。このようにして計算されたスロットル開度に従いスロットルを操作することで、実際の制御量の変化に応じたスロットルの操作が可能となり、スロットルによる吸入空気量や吸気管圧の制御性は向上する。また、この発明によれば、実際に実現されている吸入空気量や吸気管圧を推定する必要は無いので、エアモデルを用いた計算は不要であり、制御装置の演算負荷を抑えることができる。

【0015】

第2の発明によれば、逆モデルによる計算で用いられた或いは得られた既存の情報を用いることで、スロットルの操作による制御量の可変範囲の限界値を少ない演算負荷で算出することができる。

【0016】

第3の発明によれば、スロットルの操作に対する実際のスロットル開度の応答遅れを考慮することで、制御量の可変範囲の限界値を高い精度で算出することができる。そして、その高い精度の限界値を用いて目標制御量を制限することにより、スロットルによる吸入空気量や吸気管圧の制御性をより向上させることができる。

【0017】

第4の発明によれば、限界値算出手段で算出される上限値がスロットルの全開時に得られる制御量の値に近くなったときには、目標制御量の制限を解除若しくは緩和することによって、スロットルが全開まで開かない状況を防止することができる。

【0018】

第5の発明によれば、加速時におけるスロットル全開制御の実行を確実にしめることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

実施の形態1.

本発明の実施の形態1について図1乃至図4を参照して説明する。

【0020】

まずは、本実施の形態の制御装置によって制御される内燃機関について説明する。図1は本実施の形態にかかる内燃機関の構成を示す概略図である。本実施の形態にかかる内燃機関は火花点火式の4ストロークエンジンである。内燃機関はピストン2とシリンダ壁面とによって区画された燃焼室14を備えている。燃焼室14の頂部には、燃焼室14内の燃料混合気に点火するための点火プラグ8が取り付けられている。また、燃焼室14には吸気通路16と排気通路18とが連通している。吸気通路16と燃焼室14との接続部には、吸気通路16と燃焼室14との連通状態を制御する吸気弁4が設けられている。排気通路18と燃焼室14との接続部には、排気通路18と燃焼室14との連通状態を制御する排気弁6が設けられている。また、本実施の形態にかかる内燃機関は多気筒機関であって、燃焼室14は気筒毎に存在する。吸気通路16は、各気筒につながる吸気マニホールド22と、吸気マニホールド22と吸気口とを接続する吸気ダクト20とによって形成されている。吸気ダクト20の中には電子制御式のスロットル12が配置されている。吸気マニホールド22の各吸気枝管には燃料噴射弁10が取り付けられている。

【0021】

本実施の形態の制御装置は、内燃機関に備えられる種々のアクチュエータを操作することで、内燃機関の運転を制御している。制御装置によって操作されるアクチュエータの1つが図1に示すスロットル12である。制御装置は、スロットル12の開度によって燃焼室14内に吸入される空気量を制御している。以下、図2を用いてスロットル開度によって吸入空気量を制御するための制御装置の構成について説明する。

【0022】

図2は、スロットル12の操作に着目したときの制御装置の構成を示すブロック図である。本実施の形態の制御装置は、(A)加速時と(B)減速時とで異なる構成を取る。なお、図2に示す構成は、制御装置のメモリに格納されたプログラムに従い制御装置のCPUが動作することで仮想的に実現される構成である。図2において、KLは燃焼室14に吸入される空気量(より正確にはそれを無次元化した充填効率)を意味している。P_mは吸気マニホールド圧(すなわち吸気管圧)を意味している。また、TAはスロットル開度を意味している。

【0023】

図2において(A)加速時と(B)減速時とで共通する制御装置の要素は、目標KLを目標P_mに変換する計算要素54と、目標P_mと前回目標P_mとの差であるΔP_mを計算

10

20

30

40

50

する計算要素 5 2 と、 ΔP_m 及び前回目標 KL に基づいて目標 TA を算出する計算要素 5 0 である。 KL と P_m は何れも内燃機関の制御量であって、後述するようにそれらには相関関係がある。したがって、目標 KL と目標 P_m の何れも内燃機関の目標制御量として扱うことができる。ただし、本実施の形態では、目標 P_m を内燃機関の目標制御量として扱うものとする。また、本実施の形態では、計算要素 5 0, 5 2 によって構成される計算モデルをエア逆モデル（吸気系モデルの逆モデル）として扱うものとする。

【0024】

各計算要素 5 0, 5 2, 5 4 によって行われる計算の内容について説明する。計算要素 5 4 は、次の式 1 及び式 2 によって目標 KL を目標 P_m に変換する。なお、目標 KL は内燃機関に要求されるトルクに基づいて決定される。要求トルクは、例えば、アクセルペダルの踏み込み量から算出される。

【数 1】

$$m_c = a \cdot KL \quad \dots \text{式1}$$

【数 2】

$$P_m = (m_c + b) / c \quad \dots \text{式2}$$

【0025】

式 1 において、 m_c は吸気マニホールド 2 2 から燃焼室 1 4 内に吸入される空気の流量 (g/sec) を意味している。 a は機関回転数に応じて定まる係数である。式 2 において、 b , c はそれぞれ機関回転数に応じて定まる係数である。制御装置には、各係数 a , b , c の値と機関回転数とを関連付けるマップが記憶されている。

【0026】

計算要素 5 2 は、次の式 3 に示すように今回の目標 $P_m(k)$ と前回の目標 $P_m(k-1)$ とから ΔP_m を計算する。 k は現時点におけるステップ数を示している。

【数 3】

$$\Delta P_m = P_m(k) - P_m(k-1) \quad \dots \text{式3}$$

【0027】

そして、計算要素 5 0 は、次の式 4 及び式 5 によってスロットル 1 2 の操作量としての目標 TA を計算する。

【数 4】

$$m_t = \frac{1}{T_a} \cdot \left\{ \Delta P_m \cdot \frac{V_m}{\Delta t \cdot \kappa \cdot R} + m_{co} \cdot T_m \right\} \quad \dots \text{式4}$$

【数 5】

$$TA = \mu A^{-1} \left(\frac{m_t}{\frac{P_a}{\sqrt{R \cdot T_a}} \cdot \Phi \left(\frac{P_{mo}}{P_a} \right)} \right) \quad \dots \text{式5}$$

【0028】

式 4 において、 m_t はスロットル 1 2 を通過して吸気マニホールド 2 2 に流れ込む空気の流量 (g/sec) を意味している。 T_a は大気温度を、 V_m は吸気マニホールド 2 2 の容積を、 Δt は計算時間間隔を、 κ は比熱比を、 R は気体定数を、 T_m は吸気マニホールド 2 2 の温度をそれぞれ示している。また、 m_{co} は前回の目標 $KL(k-1)$ から算出される筒内吸入空気流量である。式 5 において、 μA^{-1} は μA の逆関数を意味している。 μA は流量係数 μ_t とスロットル 1 2 の開口面積 A_t とをひとまとめにして表したものであって、スロットル開度 TA の関数である。 Φ は次の式 6 によって表される $P_{mo}/$

10

20

30

40

50

P_a の関数である。 P_{mo} は前回の目標 $P_m(k-1)$ を、 P_a は大気圧をそれぞれ示している。

【数 6】

$$\Phi\left(\frac{P_{mo}}{P_a}\right) = \sqrt{\frac{\kappa}{2 \cdot (\kappa + 1)}} \quad \text{if } \frac{P_{mo}}{P_a} \leq \frac{1}{\kappa + 1}$$

$$= \sqrt{\left\{ \frac{\kappa - 1}{2 \cdot \kappa} \cdot \left(1 - \frac{P_{mo}}{P_a}\right) + \frac{P_{mo}}{P_a} \right\} \cdot \left(1 - \frac{P_{mo}}{P_a}\right)} \quad \text{if } \frac{P_{mo}}{P_a} > \frac{1}{\kappa + 1} \quad \dots \text{式6}$$

10

【0029】

以上の計算要素 50, 52, 54 によって順次計算を行うことによって、目標 KL からスロットル 12 の操作量である目標 TA を算出することができる。しかし、背景技術でも述べたように、これらの計算要素 50, 52, 54 のみを用いて算出した目標 TA では、目標 KL が急激に変化したときに実際の KL を目標 KL の変化に速やかに追従させることができない。

【0030】

具体例を挙げて説明すると、ステップ $k-2$ からステップ $k-1$ にかけて目標 KL が離散的に急増したとする。この場合、目標 $P_m(k-1)$ と目標 $P_m(k-2)$ との間には差が生じるので、式 3、式 4、式 5 から理解されるように、目標 TA ($k-1$) は目標 TA ($k-2$) に対して大きく開くことになる。次のステップ $k-1$ からステップ k にかけては目標 KL に変化はないので、目標 $P_m(k)$ と目標 $P_m(k-1)$ との差はゼロとして算出されることになる。ところが、目標 TA の入力に対するスロットル 12 の応答速度には限界があるため、実際の TA は目標 TA の急激な変化には追いつかず、実際の P_m は目標 P_m の変化には追いついていない。つまり、ステップ $k-1$ における実際の P_m は目標 $P_m(k-1)$ ほどには上昇していない。実際の P_m を目標 P_m に追従させて大きく上昇させるにはスロットル 12 をさらに大きく開く必要があるが、目標 $P_m(k)$ と目標 $P_m(k-1)$ との間に差が無いために目標 TA (k) は目標 TA ($k-1$) の開度に維持されることになる。

20

30

【0031】

上述の問題に関し、特開 2006-144565 号公報に代表される従来技術では、図 10 に示すように、前回の目標 P_m の代わりに、エアモデル（順モデル）によって算出した推定 P_m を用いている。つまり、目標 P_m と推定 P_m との差 (ΔP_m) に基づいて目標 TA を計算している。これによれば、実際の吸気管圧の変化を目標 TA の計算に反映させることができるので、目標 KL の急激な変化に応じて実際の KL も速やかに大きく変化させることが可能となる。しかし、エア逆モデルによる計算に加えてエアモデルによる計算も行う場合、制御装置には多大な演算負荷がかかることになる。

【0032】

そこで、本実施の形態の制御装置では、エアモデルを用いることなく、図 2 に示す計算要素 60, 62, 64 或いは計算要素 70, 72, 74 を用いることで上述の問題に対応することにした。

40

【0033】

まず、(A) 加速時に用いる計算要素 60, 62, 64 について説明する。計算要素 60 は、目標 TA の前回値に 1 ステップでの最大変位量を加算することで、次回ステップでとりうる最大開度 TA_{max} を算出する。1 ステップでの最大変位量はスロットル 12 を駆動するモータの能力によって決まる値であって、実験によって得られた値が制御装置に記憶されている。

【0034】

計算要素 62 は、 TA_{max} で得られるスロットル通過空気流量を次の式 7 によって計

50

算する。式 7 により算出される m_{tmax} は、スロットル 12 の操作により次回ステップで実現可能な m_t の範囲の最大値である。式 7 における P_{mo} は前回の目標 P_m である。

【数 7】

$$m_{max} = \mu A(TA_{max}) \cdot \Phi\left(\frac{P_{mo}}{P_a}\right) \quad \dots \text{式7}$$

【0035】

さらに、計算要素 62 は、式 7 で算出した m_{tmax} を用いて次の式 8 によって目標 P_m のガード値 P_{mguard} を計算する。式 8 により算出される P_{mguard} は、スロットル 12 の操作によって次回ステップで実現可能な P_m の範囲の最大値である。本実施の形態では、この最大値を目標 P_m の上限値として設定する。式 8 における m_{co} は前回の目標 KL から算出される筒内吸入空気流量である。

【数 8】

$$P_{mguard} = P_{mo} + \frac{\Delta t \cdot \kappa \cdot R}{V_m} \cdot (m_{max} \cdot T_a - m_{co} \cdot T_m) \quad \dots \text{式8}$$

【0036】

計算要素 64 は、 P_{mguard} と目標 P_m とを比較してより小さい値を最終的な目標 P_m として選択する。したがって、内燃機関の加速時において目標 P_m が P_{mguard} 以下であれば、計算要素 54 で算出された目標 P_m がそのまま計算要素 52 へ入力される。一方、目標 P_m が P_{mguard} を超えている場合には、 P_{mguard} が目標 P_m として計算要素 52 へ入力されることになる。

【0037】

次に、(B) 減速時に用いる計算要素 70, 72, 74 について説明する。計算要素 70 は、目標 TA の前回値から 1 ステップでの最大変位量を減算することで、次回ステップでとりうる最小開度 TA_{min} を算出する。

【0038】

計算要素 72 は、 TA_{min} で得られるスロットル通過空気流量を次の式 9 によって計算する。式 9 により算出される m_{tmin} は、スロットル 12 の操作により次回ステップで実現可能な m_t の範囲の最小値である。式 9 における P_{mo} は前回の目標 P_m である。

【数 9】

$$m_{min} = \mu A(TA_{min}) \cdot \Phi\left(\frac{P_{mo}}{P_a}\right) \quad \dots \text{式9}$$

【0039】

さらに、計算要素 72 は、式 9 で算出した m_{tmin} を用いて次の式 10 によって目標 P_m のガード値 P_{mguard} を計算する。式 10 により算出される P_{mguard} は、スロットル 12 の操作によって次回ステップで実現可能な P_m の範囲の最小値である。本実施の形態では、この最小値を目標 P_m の下限値として設定する。式 10 における m_{co} は前回の目標 KL から算出される筒内吸入空気流量である。

【数 10】

$$P_{mguard} = P_{mo} + \frac{\Delta t \cdot \kappa \cdot R}{V_m} \cdot (m_{min} \cdot T_a - m_{co} \cdot T_m) \quad \dots \text{式10}$$

【0040】

計算要素 74 は、 P_{mguard} と目標 P_m とを比較してより大きい値を最終的な目標

10

20

30

40

50

P_m として選択する。したがって、内燃機関の減速時において目標 P_m が $P_{m\text{ guard}}$ 以上であれば、計算要素54で算出された目標 P_m がそのまま計算要素52へ入力される。一方、目標 P_m が $P_{m\text{ guard}}$ を下回っている場合には、 $P_{m\text{ guard}}$ が目標 P_m として計算要素52へ入力されることになる。

【0041】

以上のように、本実施の形態では、加速時には計算要素60、62、64による計算を目標TAの計算に加え、また、減速時には計算要素70、72、74による計算を目標TAの計算に加えることにした。図3には、本実施の形態における目標TAの計算手順がフローチャートで示されている。最初のステップS2では、制御装置は従来方法と同様に目標KLから目標 P_m を算出する。しかし、制御装置は目標 P_m をそのままエア逆モデルに入力することはしない。次のステップS4では、制御装置は内燃機関の加速／減速状況に応じて $P_{m\text{ guard}}$ を算出する。加速時にはスロットル12の操作によって達成可能な P_m の範囲の最大値が $P_{m\text{ guard}}$ として算出され、減速時には前記範囲の最小値が $P_{m\text{ guard}}$ として算出される。次のステップS6では、制御装置は $P_{m\text{ guard}}$ によって目標 P_m を制限（ガード処理）する。そして、ステップS8では、制御装置は制限された目標 P_m とその前回値との差である ΔP_m を計算し、この ΔP_m から目標TAを算出する。

【0042】

このようにして計算された目標TAを操作量とすることで、実際のKLや P_m の変化に応じてスロットル12を操作することができ、結果、目標KLが急激に変化したときにはそれに応じて実際のKLも速やかに大きく変化させることが可能となる。この点に関して図4を用いて説明する。図4には、エア逆モデルに入力される目標 P_m の変化を加速時における目標KLの変化と対応させて示している。図4において実線で示す目標 P_m の変化は $P_{m\text{ guard}}$ によるガード処理を施した場合の変化であり、破線で示す目標 P_m の変化は $P_{m\text{ guard}}$ によるガード処理が無い場合の変化である。加速時、ステップk-2からステップk-1にかけて目標KLがステップ的に急増した場合、ガード処理が無い場合には目標 P_m もそれに合わせてステップ的に増加する。結果、次のステップk-1からステップkにかけて目標 P_m には変化が生じないことになって、目標TA(k)は目標TA(k-1)の開度に維持されてしまう。これに対して、本実施の形態のようなガード処理を行う場合には、目標 P_m の変化はスロットル12の操作によって実現可能な変化を示すようになる。結果、次のステップk-1からステップkにかけて目標 P_m は増大し、それに応じて目標TA(k)は目標TA(k-1)の開度からさらに開かれることになる。

【0043】

以上説明したように、本実施の形態の制御装置によれば、スロットル12による吸入空気量や吸気管圧の制御性において優れた効果を得ることができる。また、本実施の形態の制御装置によれば、実際の吸入空気量や吸気管圧を推定する必要は無いので、エアモデルを用いた計算を不要にすることができる。また、計算要素60、62、64や計算要素70、72、74による計算では、 $\mu A(TA_{max})$ や $\mu A(TA_{min})$ を新たに計算する以外は、エア逆モデルによる計算で用いられた、或いはエア逆モデルで得られた既存の情報（例えば、 P_{m0} や m_{c0} ）を用いることができる。したがって、本実施の形態の制御装置によれば、エアモデルによる計算を行う場合に比較して、制御装置にかかる演算負荷を非常に低く抑えることができる。

【0044】

以上、本発明の実施の形態1としての制御装置について説明した。実施の形態1と本発明との対応関係は次の通りである。実施の形態1では、吸気管圧の目標値が目標制御量となっている。そして、図2に示す計算要素50、52によって第1の発明の「スロットル開度算出手段」が構成されている。また、計算要素60、62或いは計算要素70、72によって第1及び第2の発明の「限界値算出手段」が構成されている。そして、計算要素64或いは計算要素74が第1の発明の「目標制御量制限手段」に相当している。

【0045】

実施の形態 2.

本発明の実施の形態 2 について図 5 及び図 6 を参照して説明する。

【0046】

本実施の形態の制御装置と実施の形態 1 の制御装置との違いは、スロットル 12 の操作に着目したときの加速時の構成にある。図 5 は、本実施の形態の制御装置がとる加速時の構成を示すブロック図である。減速時の構成は実施の形態 1 と同様であって、図 2 の (B) に示す構成がとられる。図 5 に示す構成において、図 2 の (A) に示すものと共通する要素については同一の符号を付している。

【0047】

図 2 の (A) に示す構成によれば、加速時には、目標 P_m の上限が P_{m_guard} で制限されることになる。 P_{m_guard} の値は次ステップ $T A_{max}$ や目標 P_m の前回値を用いて計算されるので、加速時には P_{m_guard} の値は目標 $T A$ の増加に応じて次第に増加していき、やがては大気圧の P_a になる。 P_{m_guard} の値が P_a になれば、それにより上限を制限されている目標 P_m も P_a に張り付くようになり、目標 $T A$ として全開開度が算出されるようになる。ところが、例えば計算要素 62 での計算誤差の影響によって、加速状態にあるにもかかわらず P_{m_guard} の最大値が P_a より若干小さい値にとどまってしまう可能性がある。そのような場合、目標 P_m の値も P_a よりも小さい値にとどまってしまうため、目標 $T A$ として全開開度を算出できなくなってしまう。

【0048】

図 5 に示す構成は、加速時、スロットル 12 を確実に全開に開くことを可能にするための構成である。本実施の形態の制御装置は、 P_{m_guard} の値を補正するための計算要素 66 を備えている。計算要素 66 は、目標 $T A$ が全開に近くなってきたら、計算要素 62 で算出された P_{m_guard} に所定値 α を加算し、 α を加算した P_{m_guard} を最終的な P_{m_guard} として計算要素 64 に供給する。目標 $T A$ が全開に近くなったかどうかは、計算要素 62 で算出された P_{m_guard} の値が P_a に近づいたかどうかによって判断することができる。具体的には、 P_a と P_{m_guard} との差が所定値以下になったかどうか、或いは、 P_a に対する P_{m_guard} の比が 1 よりも若干小さい所定値になったかどうかによって判断する。 P_{m_guard} の値が P_a に近づいたら P_{m_guard} の値を α だけ大きくすることで、 P_{m_guard} の値を P_a を超える値に設定することができる。これにより、 P_{m_guard} による目標 P_m の制限は実質的に解除されることになるので、エア逆モデルに入力される目標 P_m の値を確実に P_a まで上昇させることができ、ひいては、目標 $T A$ として全開開度を算出することを確実にならしめることができるようになる。

【0049】

図 6 には、本実施の形態における目標 $T A$ の計算手順がフローチャートで示されている。最初のステップ S2 では、制御装置は従来方法と同様に目標 $K L$ から目標 P_m を算出する。次のステップ S4 では、制御装置は内燃機関の加速／減速状況に応じて P_{m_guard} を算出する。次のステップ S10 では、制御装置は内燃機関が加速している状況において P_{m_guard} の値が P_a に近づいているかどうかを判定する。その判定結果が Yes であれば、制御装置はステップ S12 の処理を行い、 P_{m_guard} の値に α を加算する。そして、次のステップ S6 では、制御装置は α を加算した P_{m_guard} によって目標 P_m を制限（ガード処理）する。一方、 P_{m_guard} の値が P_a から離れている場合や、内燃機関が減速している場合には、制御装置は P_{m_guard} の値をそのまま用いて目標 P_m を制限する。ステップ S8 では、制御装置は P_{m_guard} によって制限された目標 P_m とその前回値との差である ΔP_m を計算し、この ΔP_m から目標 $T A$ を算出する。

【0050】

以上、本発明の実施の形態 2 としての制御装置について説明した。実施の形態 2 では、図 5 に示す計算要素 64、66 によって第 4 及び第 5 の発明の「目標制御量制限手段」が構成されている。その他の本発明との対応関係については実施の形態 1 の場合と同様である。

10

20

30

40

50

【0051】

なお、加速時に目標 TA として全開開度を算出できないという問題は、特開 2006-144565 号公報に代表される従来技術でも発生する。以下、これについて説明しておく。

【0052】

図 10 に示す従来技術の構成においても、エア逆モデルで算出される目標 TA は ΔP_m に応じて決まる。詳しくは、 ΔP_m からスロットル通過空気流量が決まり、スロットル通過空気流量から必要なスロットル開口面積が決まる。そして、必要なスロットル開口面積から目標 TA が決まるわけであるが、スロットル開口面積の最大値を A としたとき、スロットル開口面積は $A \cdot \cos(TA)$ で表される。したがって、スロットル開度が 90 度（全開）付近にあるときには、スロットル開口面積の微小な変化によって、より詳しくは、それを生じさせる ΔP_m の微小な変化によってスロットル開度は大きく変化することになる。

【0053】

図 10 に示す構成の従来技術の場合、 ΔP_m は目標 P_m と推定 P_m との差であり、推定 P_m はエアモデルによって計算される。したがって、エアモデルによる推定 P_m の計算に誤差が含まれている場合には、目標 P_m が大気圧になっているにもかかわらず推定 P_m は大気圧から僅かにずれた値となり、結果、 ΔP_m に誤差が含まれることになる。大気圧付近で ΔP_m に誤差が生じると、目標 TA として全開開度からずれた値が算出されることになる。また、上述のようにスロットル開度が全開付近にあるときには ΔP_m に対するスロットル開度の感度は高いので、エアモデルによる推定 P_m の計算誤差にスロットルが過敏に変化してハンチングが発生してしまう場合もある。

【0054】

特開 2006-144565 号公報には上記問題の解決策に関する記述はない。これに対し、本実施の形態によれば、加速時における制御装置の構成として図 5 に示す構成をとったことで、上述のような問題を解決することができた。

【0055】

実施の形態 3.

本発明の実施の形態 3 について図 7 及び図 8 を参照して説明する。

【0056】

本実施の形態の制御装置の一つの特徴は、実施の形態 1 の制御装置の構成において、スロットルの操作に対する実際のスロットル開度の応答をモデル化したスロットル応答モデルを新たに備えたことである。図 7 は、本実施の形態の制御装置がとる加速時の構成を示すブロック図である。図 7 に示す構成において、図 2 の (A) に示すものと共通する要素については同一の符号を付している。減速時の構成については図示を省略するが、図 7 に示す加速時の構成と共通の概念で設計されている。

【0057】

図 7 に示す構成において、新たに追加された計算要素 80 がスロットル応答モデルである。スロットル応答モデルを数式で表すと次の式 11 のようになる。式 11 において TA_{act} は実際のスロットル開度を、 $TA_{act,0}$ は実際スロットル開度の前回値を、 TA_{ref} は目標スロットル開度を、 K は係数をそれぞれ示している。 K は 1 よりも小さい固定値である。

【数 11】

$$TA_{act} = TA_{act,0} + (TA_{ref} - TA_{act,0}) \cdot K \quad \cdots \text{式 11}$$

【0058】

実施の形態 1 では、次回ステップでとりうる最大開度 TA_{max} を計算する場合に目標 TA の前回値を基準にしている。しかし、式 11 から明らかなように、過渡時においては実際の TA は目標 TA と一致しない。 TA_{max} をより正確に計算するためには、目標

TAの前回値ではなく、現時点における実際TAを用いることが望ましい。

【0059】

本実施の形態の制御装置は、図7に示すように、目標TAをスロットル応答モデルである計算要素80に入力して実際TAの推定値（推定実TA）を算出する。そして、得られた推定実TAを計算要素60に入力し、推定実TAに1ステップでの最大変位量を加算することで TA_{max} を算出する。図示はしないが、減速時には推定実TAから1ステップでの最大変位量を減算することで TA_{min} を算出する。このようにして算出された TA_{max} や TA_{min} を用いれば、目標 P_m の限界値である P_{mguard} を高い精度で算出することが可能となる。本実施の形態の制御装置は、このような高精度の P_{mguard} を用いて目標 P_m を制限することで、スロットル12による吸入空気量や吸気管圧の制御性においてより優れた効果を得ることができる。

10

【0060】

図8には、本実施の形態における目標TAの計算手順がフローチャートで示されている。最初のステップS2では、制御装置は従来方法と同様に目標KLから目標 P_m を算出する。次のステップS20では、制御装置はスロットル応答モデルを用いて目標TAの前回値から推定実TAを算出する。次のステップS4では、制御装置は推定実TAに基づいて P_{mguard} を算出し、さらに次のステップS6では、制御装置は P_{mguard} によって目標 P_m を制限（ガード処理）する。そして、ステップS8では、制御装置は P_{mguard} によって制限された目標 P_m とその前回値との差である ΔP_m を計算し、この ΔP_m から目標TAを算出する。

20

【0061】

以上、本発明の実施の形態3としての制御装置について説明した。実施の形態3では、図7に示す計算要素60、62、80によって第3の発明の「限界値算出手段」が構成されている。その他の本発明との対応関係については実施の形態1の場合と同様である。

【0062】

実施の形態4.

本発明の実施の形態4について図9を参照して説明する。

【0063】

本実施の形態の制御装置と実施の形態1の制御装置との違いは、ガード対象を目標 P_m ではなく目標KLとしたことにある。図9は、本実施の形態の制御装置がとる加速時の構成を示す図である。図9に示す構成において、図2の(A)に示すものと共通する要素については同一の符号を付している。

30

【0064】

本実施の形態と実施の形態1とで共通する制御装置の要素は、計算要素50、52、54である。本実施の形態では、これらの計算要素50、52、54によって構成される計算モデルをエア逆モデルとして扱うものとする。また、本実施の形態では、目標KLを内燃機関の目標制御量として扱うものとする。

【0065】

本実施の形態の制御装置は、計算要素90、92、94をさらに備える。計算要素90は、目標TAの前回値に1ステップでの最大変位量を加算することで、次回ステップでとりうる最大開度 TA_{max} を算出する。

40

【0066】

計算要素92は、上記式7を用いて TA_{max} から m_{tmax} を計算し、さらに、上記式8を用いて m_{tmax} から P_{mguard} を計算する。そして、上記式1及び式2を用いて P_{mguard} を KL_{guard} に変換する。 KL_{guard} は、スロットル12の操作によって次回ステップで実現可能なKLの範囲の最大値である。本実施の形態では、この最大値を目標KLの上限値として設定する。

【0067】

計算要素94は、 KL_{guard} と目標KLとを比較してより小さい値を最終的な目標KLとして選択する。したがって、内燃機関の加速時において目標KLが KL_{guard}

50

以下であれば、目標 KL がそのまま計算要素 54 へ入力される。一方、目標 KL が KL_{guard} を超えている場合には、 KL_{guard} が目標 KL として計算要素 54 へ入力されることになる。

【0068】

なお、減速時の構成については図示を省略するが、図 9 に示す加速時の構成と共通の概念で設計されている。つまり、次回ステップで実現可能な KL の範囲の最小値として KL_{guard} が算出され、目標 KL と KL_{guard} のうちより大きい値が最終的な目標 KL として選択されるような構成とされている。

【0069】

本実施の形態の制御装置によれば、実施の形態 1 と同様に、スロットル 12 による吸入空気量や吸気管圧の制御性において優れた効果を得ることができる。なお、実施の形態 2, 3 に係る各技術的特徴は、本実施の形態にも適用することができる。

【0070】

以上、本発明の実施の形態 4 としての制御装置について説明した。実施の形態 4 と本発明との対応関係は次の通りである。実施の形態 4 では、吸入空気量の目標値が目標制御量となっている。そして、図 9 に示す計算要素 50, 52, 54 によって第 1 の発明の「スロットル開度算出手段」が構成されている。また、計算要素 90, 92 によって第 1 及び第 2 の発明の「限界値算出手段」が構成されている。そして、計算要素 94 が第 1 の発明の「目標制御量制限手段」に相当している。

【0071】

その他、

本発明は上述の実施の形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができる。

【図面の簡単な説明】

【0072】

【図 1】本発明の実施の形態 1 にかかる内燃機関の構成を示す概略図である。

【図 2】本発明の実施の形態 1 の制御装置の構成を示すブロック図である。

【図 3】本発明の実施の形態 1 における目標 TA の計算手順を示すフローチャートである。

【図 4】本発明の実施の形態 1 の効果を説明するための図である。

【図 5】本発明の実施の形態 2 の制御装置の構成を示すブロック図である。

【図 6】本発明の実施の形態 2 における目標 TA の計算手順を示すフローチャートである。

【図 7】本発明の実施の形態 3 の制御装置の構成を示すブロック図である。

【図 8】本発明の実施の形態 3 における目標 TA の計算手順を示すフローチャートである。

【図 9】本発明の実施の形態 4 の制御装置の構成を示すブロック図である。

【図 10】従来の制御装置の構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

【0073】

12 スロットル

14 燃焼室

16 吸気通路

22 吸気マニホールド

P_m 吸気管圧

$P_{m_{guard}}$ 吸気管圧の上限値或いは下限値

KL 吸入空気量

KL_{guard} 吸入空気量の上限値或いは下限値

TA スロットル開度

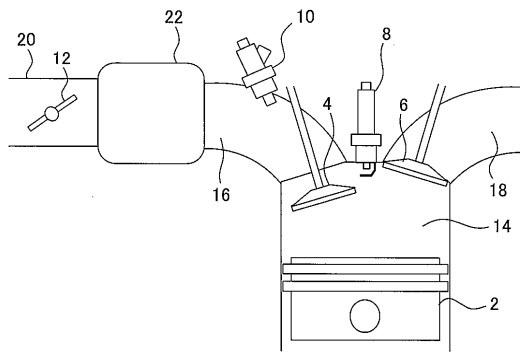
10

20

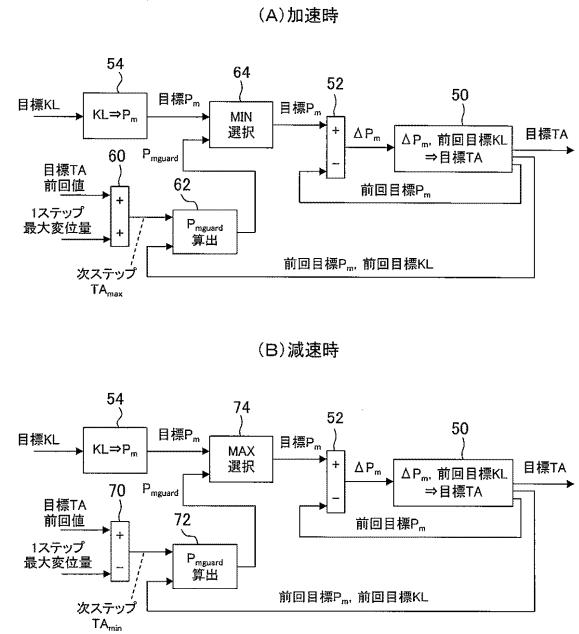
30

40

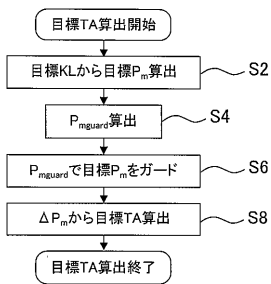
【図 1】



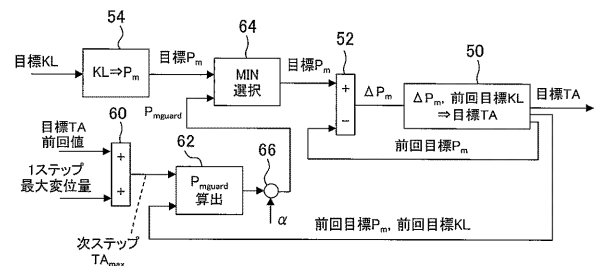
【図 2】



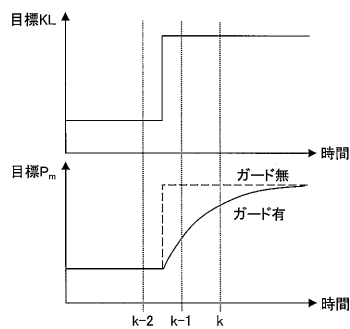
【図 3】



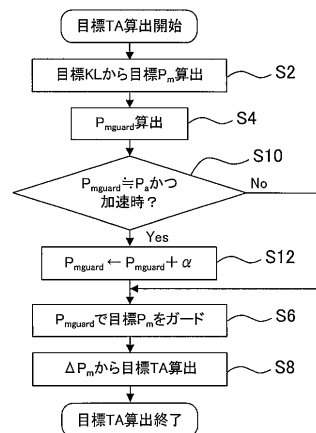
【図 5】



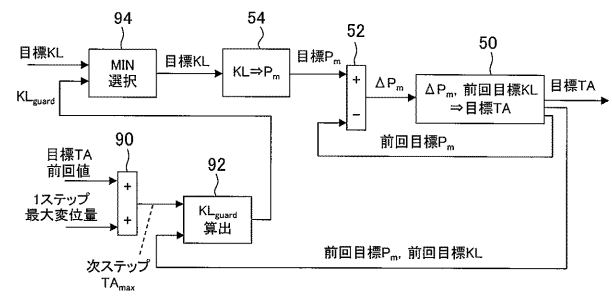
【図 4】



【図 6】



【图 9】



【図 10】

