

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5190402号
(P5190402)

(45) 発行日 平成25年4月24日(2013.4.24)

(24) 登録日 平成25年2月1日(2013.2.1)

(51) Int.Cl.		F 1			
FO2D 11/10	(2006.01)	FO2D 11/10		E	
FO2D 45/00	(2006.01)	FO2D 45/00	3 1 2 A		
FO2D 41/04	(2006.01)	FO2D 41/04	3 6 0 B		

請求項の数 4 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2009-81108 (P2009-81108)	(73) 特許権者	000002967 ダイハツ工業株式会社 大阪府池田市ダイハツ町1番1号
(22) 出願日	平成21年3月30日(2009.3.30)	(73) 特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社 愛知県豊田市トヨタ町1番地
(65) 公開番号	特開2010-229966 (P2010-229966A)	(74) 代理人	100085338 弁理士 赤澤 一博
(43) 公開日	平成22年10月14日(2010.10.14)	(74) 代理人	100148910 弁理士 宮澤 岳志
審査請求日	平成23年12月19日(2011.12.19)	(72) 発明者	飯田 隆弘 大阪府池田市桃園2丁目1番1号 ダイハツ工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

内燃機関またはそれに付帯する装置を複数の操作部を操作して制御するものであって、各操作部に与えるべき制御入力を反復的に演算するサーボコントローラと、前記サーボコントローラが算出する制御入力のうち特定の操作部に係る制御入力値に重み値を乗ずる補正制御部と

を具備し、

前記補正制御部が、制御出力とその目標値との偏差が増大する所定の事象が発生したときに前記重み値を極大値に設定し、その後時間経過とともに重み値を減少させてゆくことを特徴とする制御装置。

【請求項2】

内燃機関またはそれに付帯する装置の現在状況に関する指標値と、前記特定の操作部に係る制御入力に加味するべき加算値との関係を定めたマップを予め記憶しており、前記指標値をキーとして前記マップを検索することで前記加算値を知得し、その加算値を前記重み値を乗じた制御入力値に加味する請求項1記載の制御装置。

【請求項3】

前記特定の操作部がディーゼルエンジンに実装されたDスロットルバルブである請求項1または2記載の制御装置。

【請求項4】

前記サーボコントローラが算出する制御入力のうち前記特定の操作部以外の他の操作部に

係る制御入力値が閾値を越える場合には、前記補正制御部が、前記他の操作部に与える制御入力を当該閾値に設定するとともに、制御出力とその目標値との偏差の縮小に必要な補正量を前記重み値を乗じた制御入力値に加味する請求項 1、2 または 3 記載の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内燃機関またはそれに付帯する装置を制御する制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

下記特許文献 1 に開示されている排気ガス再循環 (Exhaust Gas Recirculation) システムは、過給機を備えた内燃機関の EGR 率 (または、EGR 量) を制御するものである。過給圧と EGR 率との間には相互干渉が存在し、1 入力 1 出力のコントローラで過給圧、EGR 率の両方を同時に制御することは難しい。しかも、内燃機関の運転領域によって応答性が異なる上、過給機にはターボラグ (むだ時間) がある。このような事情から、特許文献 1 に記載のシステムでは、非線形制御対象に対して有効な制御手法であるスライディングモード制御を採用し、相互作用を考慮した他入力多出力のコントローラを設計して EGR 制御をしている。

【0003】

多入力の制御系では、制御出力を目標値に追従させるために、複数の操作部を操作する。しかしながら、中にはあまり動作させたくない操作部も存在する。例えば、ディーゼルエンジンにおける D スロットルバルブは、その開度の縮小が吸気ロスを増大を招き、燃費の悪化につながることから、できるだけ開け放けたままにしておきたい。

【0004】

一方で、目標値が変更され制御出力と目標値との偏差の大きい過渡期には、この D スロットルバルブをも動作させて速やかに偏差を縮小したいという欲求がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2007 - 032462 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記の問題に着目してなされた本発明は、多入力の制御系において、ある特定の操作部につき、偏差の大きい過渡期にはこれを自在に動作させ、それ以外の時期にはその動作を抑制できるようにすることを所期の目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明では、内燃機関またはそれに付帯する装置を複数の操作部を操作して制御するものであって、各操作部に与えるべき制御入力を反復的に演算するサーボコントローラと、前記サーボコントローラが算出する制御入力のうち特定の操作部に係る制御入力値に重み値を乗ずる補正制御部とを具備し、前記補正制御部が、制御出力とその目標値との偏差が増大する所定の事象が発生したときに前記重み値を極大値に設定し、その後時間経過とともに重み値を減少させてゆくことを特徴とする制御装置を構成した。

【0008】

偏差の拡大をもたらす所定の事象 (例えば、アクセルの踏み込みに伴う EGR 率等の目標値の変更) が発生していない段階では、前記重み値を十分に小さくして、サーボコントローラが算出した特定の操作部 (例えば、D スロットルバルブ) に係る制御入力値を抑圧する。換言すれば、サーボコントローラによって特定の操作部が操作されないようにする。翻って、所定の事象が発生した暁には、重み値を大きくして、サーボコントローラが算

10

20

30

40

50

出した特定の操作部に係る制御入力値がそのまま制御に使用されるようにする。これにより、ある特定の操作部について、偏差の大きい過渡期にはサーボコントローラによってこれを自在に動作させながら、それ以外の時期にはその動作を抑制することが可能となる。

【0009】

内燃機関またはそれに付帯する装置の現在状況に関する指標値と、前記特定の操作部に係る制御入力に加味するべき加算値との関係を定めたマップを予め記憶しており、前記指標値をキーとして前記マップを検索することで前記加算値を知得し、その加算値を前記重み値を乗じた制御入力値に加味するものとすれば、所定の事象が発生していない段階においてマップに基づいた特定の操作部の操作量（開度）の固定を実現できるとともに、所定の事象が発生した以降はサーボコントローラによる操作制御を援用でき、柔軟な制御が可能となる。

10

【0010】

本発明は、ディーゼルエンジンに付帯するEGR装置のEGR率若しくはEGR量を制御するシステムへの適用に好適である。この場合、ディーゼルエンジンに実装されたDスロットルバルブが、前記特定の操作部となる。

【0011】

なお、前記サーボコントローラが算出する制御入力のうち前記特定の操作部以外の他の操作部に係る制御入力値が閾値を越える場合には、前記補正制御部が、前記他の操作部に与える制御入力を当該閾値に設定するとともに、制御出力とその目標値との偏差の縮小に必要な補正量を前記重み値を乗じた制御入力値に加味することが好ましい。例えば、顕著に高い目標EGR率が与えられた場合には、サーボコントローラがEGRバルブを開こうとして、EGRバルブの可動範囲を越える巨大な制御入力値を算出してしまうことがある。そのときに、EGRバルブに与える制御入力値を前記閾値にクリップし、なおかつ、EGRバルブ開度をクリップした分をDスロットルバルブに与える制御入力値の補正によって補う。即ち、サーボコントローラが算出する開度以上にDスロットルバルブを絞り、新気量を低減させてEGR率の増大を図る。

20

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、多入力の制御系において、ある特定の操作部につき、偏差の大きい過渡期にはこれを自在に動作させ、それ以外の時期にはその動作を抑制することができるようになる。

30

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の一実施形態におけるEGRシステムのハードウェア資源構成図。

【図2】同実施形態の制御装置の構成説明図。

【図3】同実施形態の適応スライディングモードコントローラのブロック線図。

【図4】特定の操作部に係る制御入力に乗ずる重み値 m の減衰の態様を示す図。

【図5】内燃機関の現在状況と加算値 u_{map} との関係を定めたマップを例示する図。

【図6】各制御入力と各制御出力との関係を定めたマップを例示する図。

【図7】EGRバルブ開度とEGR率との関係を定めたマップを例示する図。

40

【図8】スロットルバルブ開度とEGR率との関係を定めたマップを例示する図。

【発明を実施するための形態】

【0014】

本発明の一実施形態を、図面を参照して説明する。図1に示すものは、本発明の適用対象の一であるEGRシステムである。内燃機関2に付帯するこのEGRシステムは、吸排気系3、4における複数の流体圧または流量に関する値を検出するための計測器（または、センサ）11、12と、それらの値に目標値を設定し、各値を目標値に追従させるべく複数の操作部45、42、33を操作する制御装置たるECU（Electronic Control Unit）5とを具備してなる。

【0015】

50

内燃機関 2 は、例えば過給機を備えたディーゼルエンジンである。内燃機関 2 の吸気系 3 には、可変ターボのコンプレッサ 3 1 を配設するとともに、その下流に吸気冷却用のインタークーラ 3 2、及び吸入空気（新気）量を調節する D スロットルバルブ 3 3 を設ける。また、吸入空気量を計測する流量計 1 1、吸気管内圧力を計測する圧力計 1 2 をそれぞれ設置する。

【 0 0 1 6 】

内燃機関 2 の排気系 4 には、コンプレッサ 3 1 を駆動するタービン 4 1 を配設し、タービン 4 1 の入口には過給機の A / R 比を増減させるためのノズルベーン 4 2 を設ける。そして、内燃機関 2 の燃焼室より排出される排気ガスの一部を吸気系 3 に還流させる E G R 通路 4 3 を形成する。E G R 通路 4 3 は、吸気系 3 におけるスロットルバルブ 3 3 よりも下流に接続する。E G R 通路 4 3 には、排気冷却用の E G R クーラ 4 4 と、通過する排気ガス（E G R ガス）量を調節する外部 E G R バルブ 4 5 とを設ける。

10

【 0 0 1 7 】

本実施形態では、E G R 率（または、E G R 量）と、吸気管内圧力とについて各々目標値を設定し、双方の制御量を一括に目標値に向かわせるべく複数の操作部、即ち E G R バルブ 4 5、可変ターボのノズル 4 2 及びスロットルバルブ 3 3 を操作する制御を実施する。

【 0 0 1 8 】

E G R バルブ 4 5、ノズルベーン 4 2、スロットルバルブ 3 3 は、E C U 5 により統御されてその開度をリニアに変化させる。各操作部 4 5、4 2、3 3 は、駆動信号のデューティ比を増減させることで開度を変える電気式バルブや、あるいはバキュームコントロールバルブ等と組み合わされ弁体のリフト量を制御して開度を変える機械式バルブ等を用いてなる。

20

【 0 0 1 9 】

E C U 5 は、プロセッサ、R A M (R a n d o m A c c e s s M e m o r y)、R O M (R e a d O n l y M e m o r y) またはフラッシュメモリ、A / D 変換回路、D / A 変換回路等を包有するマイクロコンピュータである。E C U 5 は、E G R 率及び吸気管内圧力を検出するための計測器 1 1、1 2 の他、エンジン回転数、アクセルペダルの踏込量、冷却水温、吸気温、外部の気温等を検出する各種計測器（図示せず）と電気的に接続し、これら計測器から出力される信号を受け取って各値を知得することができる。

30

【 0 0 2 0 】

因みに、本実施形態では、E G R 率を直接計測していない。内燃機関 2 のシリンダに入る空気量は、可変ターボのノズル開度を基に予測することが可能である。その空気量の予測値を g_{cy1} とおき、流量計 1 1 で計測される吸入空気量を g_a とおくと、推定 E G R 率 e_{egr} について、 $e_{egr} = 1 - g_a / g_{cy1}$ なる関係が成立する。E C U 5 の R O M またはフラッシュメモリには予め、可変ターボのノズル開度とシリンダに入る空気量との関係を定めたマップデータが記憶されている。E C U 5 は、可変ターボのノズル開度をキーとしてマップを検索し、シリンダに入る空気量の予測値を得、これと吸入空気量とを上記式に代入して E G R 率を算出する。

【 0 0 2 1 】

並びに、E C U 5 は、E G R バルブ 4 5、可変ターボのノズル 4 2、スロットルバルブ 3 3 や、燃料噴射を司るインジェクタ及び燃料ポンプ等（図示せず）と電気的に接続しており、これらを駆動するための信号を入力することができる。

40

【 0 0 2 2 】

E C U 5 で実行すべきプログラムは R O M またはフラッシュメモリに予め記憶されており、その実行の際に R A M へ読み込まれ、プロセッサによって解読される。E C U 5 は、プログラムに従い内燃機関 2 を制御する。例えば、エンジン回転数、アクセルペダルの踏込量、冷却水温等の諸条件に基づき要求される燃料噴射量（いわば、エンジン負荷）を決定し、その要求噴射量に対応する駆動信号をインジェクタ等に入力して燃料噴射を制御する。

50

【 0 0 2 3 】

フィードバック制御時、E C U 5 は、各種計測器（図示せず）が出力する信号を受け取ってエンジン回転数、アクセル踏込量、冷却水温、吸気温、外部の気温及び気圧等を知得し、要求噴射量を決定する。続いて、少なくともエンジン回転数及び要求噴射量に基づき、目標 E G R 率及び目標吸気管内圧力を設定する。E C U 5 の R O M またはフラッシュメモリには予め、エンジン回転数及び要求噴射量に応じて設定すべき各目標値を示すマップデータが記憶されている。E C U 5 は、エンジン回転数及び要求噴射量をキーとしてマップを検索し、E G R 率及び吸気管内圧力の目標値を得る。さらに、マップを参照して得た目標値を基本値とし、これを冷却水温、吸気温、外部の気温や気圧等に応じて補正して最終的な目標値とする。

10

【 0 0 2 4 】

そして、E C U 5 は、計測器 1 1、1 2 が出力する信号を受け取って E G R 率及び吸気管内圧力の現在値を知得し、各制御量の現在値と目標値との偏差から E G R バルブ 4 5 の開度、可変ターボのノズル 4 2 の開度及びスロットルバルブ 3 3 の開度を演算して、各々の操作量に対応する駆動信号をそれら操作部 4 5、4 2、3 3 に入力、開度を操作する。

【 0 0 2 5 】

その上で、E C U 5 は、プログラムに従い、図 2 及び図 3 に示すサーボコントローラ 5 1 及び補正制御部 5 2 としての機能を発揮する。

【 0 0 2 6 】

サーボコントローラ 5 1 は、スライディングモードコントローラであって、E G R 率及び吸気管内圧力のスライディングモード制御を担う。

20

【 0 0 2 7 】

E G R 率の適応スライディングモード制御に関して補記する。状態方程式及び出力方程式は、下式（数 1）の通りである。

【 0 0 2 8 】

【数 1】

$$\begin{aligned}\dot{X} &= AX + BU \\ Y &= CX\end{aligned}$$

30

【 0 0 2 9 】

本実施形態では、状態量ベクトル X を出力ベクトル Y から直接知得できる構造とする、換言すれば計測器 1 1、1 2 を介して検出可能な値を直接の制御対象とすることにより、状態推定オブザーバを排して推定誤差に伴う制御性能の低下を予防している。出力行列 C は既知、本実施形態では単位行列とする。

【 0 0 3 0 】

プラントのモデル化、即ち状態方程式（数 1）における係数行列 A 及び入力行列 B の同定にあたっては、各操作部 4 5、4 2、3 3 に様々な周波数からなる M 系列信号を入力して開度を操作し、E G R 率及び吸気管内圧力の値を観測して、その入出力データから行列 A、B を同定する。各操作部 4 5、4 2、3 3 に入力する M 系列信号は、互いに無相関なものとする。これにより、各値の相互干渉を考慮したモデルを作成することができる。

40

【 0 0 3 1 】

図 3 に、本実施形態の適応スライディングモード制御系のブロック線図を示す。スライディングモードコントローラ 5 1 の設計手順には、切換超平面の設計と、状態量を切換超平面に拘束するための非線形切換入力の設計とが含まれる。1 形のサーボ系を構成するべく、当初の状態量ベクトル X に、目標値ベクトル R と出力ベクトル Y との偏差の積分値ベクトル Z を付加した新たな状態量ベクトル X₀ を定義すると、下式（数 2）に示す拡大系の状態方程式を得る。

【 0 0 3 2 】

50

【数 2】

$$\dot{X}_e = A_e X + B_e U + E_e R$$

$$\text{但し、 } X_e = \begin{bmatrix} Z \\ X \end{bmatrix}, \quad A_e = \begin{bmatrix} 0 & -C \\ 0 & A \end{bmatrix}, \quad B_e = \begin{bmatrix} 0 \\ B \end{bmatrix}, \quad E_e = \begin{bmatrix} I \\ 0 \end{bmatrix}$$

【0033】

安定余裕を考慮し、切換超平面の設計にはシステムの零点を用いた設計手法を用いる。即ち、上式(数2)の拡大系がスライディングモードを生じているときの等価制御系が安定となるように超平面を設計する。切換関数を式(数3)で定義すると、状態が超平面に拘束されている場合に $\sigma = 0$ かつ式(数4)が成立する。

10

【0034】

【数3】

$$\sigma = S X_e$$

【0035】

【数4】

$$\begin{aligned} \dot{\sigma} &= S \dot{X}_e \\ &= S(A_e X_e + B_e U + E_e R) \\ &= 0 \end{aligned}$$

20

【0036】

故に、スライディングモードが生じているときの線形入力(等価制御入力)は、下式(数5)となる。

【0037】

【数5】

$$U_{eq} = -(S B_e)^{-1} (S A_e X_e + S E_e R)$$

30

【0038】

上式(数5)の線形入力を拡大系の状態方程式(数2)に代入すると、下式(数6)の等価制御系となる。

【0039】

【数6】

$$\dot{X}_e = (A_e - B_e (S B_e)^{-1} S A_e) X_e + (E_e - B_e (S B_e)^{-1} S E_e) R$$

40

【0040】

この等価制御系が安定になるように超平面を設計することと、目標値Rを無視した系に対して設計することとは等価であるので、下式(数7)が成立する。

【0041】

【数7】

$$\dot{X}_e = (A_e - B_e (S B_e)^{-1} S A_e) X_e$$

50

【 0 0 4 2 】

上式(数7)の系に対して安定度を考慮し、最適制御理論を用いてフィードバックゲインを求め、それを超平面とすると、下式(数8)となる。

【 0 0 4 3 】

【数8】

$$S = B_e^T P_s$$

【 0 0 4 4 】

行列 P_s は、リカッチ方程式(数9)の正定解である。

10

【 0 0 4 5 】

【数9】

$$P_s A_e' + A_e'^T P_s - P_s B_e R_s^{-1} B_e^T P_s + Q_s = 0$$

$$A_e' = A_e + \varepsilon I$$

$$Q_s = \text{diag} [q_1, q_2, q_3, q_4]$$

$$R_s = \text{diag} [r_1, r_2, r_3]$$

【 0 0 4 6 】

リカッチ方程式(数9)における Q_s は制御目的の重み行列で、非負定な対称行列である。 q_1 、 q_2 は偏差の積分 Z に対する重みであり、制御系の周波数応答の速さの違いにより決定する。 q_3 、 q_4 は出力 Y に対する重みであり、ゲインの大きさの違いにより決定する。また、リカッチ方程式(数9)における R_s は制御入力の重み行列で、正定対称行列である。 ε は安定余裕係数で、0 となるように指定する。

20

【 0 0 4 7 】

なお、上記式(数8)、(数9)に替えて、以下に示す離散系の超平面構築式(数10)及び代数リカッチ方程式(数11)を用いてもよい。

【 0 0 4 8 】

【数10】

$$S = (R_s + B_e^T P_s B_e) B_e^T P_s A_e$$

30

【 0 0 4 9 】

【数11】

$$A_e'^T P_s A_e' - P_s - A_e'^T P_s B_e (B_e^T P_s B_e + R_s)^{-1} B_e^T P_s A_e' + Q_s = 0$$

【 0 0 5 0 】

超平面に拘束するための入力の設計には、最終スライディングモード法を用いる。ここでは、制御入力 U を、線形入力 U_{eq} と新たな入力即ち非線形入力(非線形制御入力) U_{nl} との和として、下式(数12)で表す。

40

【 0 0 5 1 】

【数12】

$$\begin{aligned} U &= U_{eq} + U_{nl} \\ &= -(SB_e)^{-1} (SA_e X_e + SE_e R) + U_{nl} \end{aligned}$$

【 0 0 5 2 】

切換関数 σ を安定させたいので、 σ についてのリアプノフ関数を下式(数13)のように選び、これを微分すると式(数14)となる。

50

【 0 0 5 3 】

【数 1 3】

$$V = \frac{1}{2} \sigma^T \sigma$$

【 0 0 5 4 】

【数 1 4】

$$\begin{aligned} \dot{V} &= \sigma^T \dot{\sigma} \\ &= \sigma^T S(A_e X_e + B_e U + E_e R) \end{aligned}$$

10

【 0 0 5 5 】

式(数 1 2)を式(数 1 4)に代入すると、下式(数 1 5)となる。

【 0 0 5 6 】

【数 1 5】

$$\dot{V} = \sigma^T (S B_e) U_{nl}$$

【 0 0 5 7 】

非線形入力 U_{nl} を下式(数 1 6)とすると、リアプノフ関数の微分は式(数 1 7)となる。

【 0 0 5 8 】

【数 1 6】

$$U_{nl} = -k (S B_e)^{-1} \frac{\sigma}{\|\sigma\|}$$

【 0 0 5 9 】

【数 1 7】

$$\dot{V} = -k \frac{\sigma^T \sigma}{\|\sigma\|}$$

20

30

【 0 0 6 0 】

従って、切換ゲイン k を正とすれば、リアプノフ関数の微分値を負とすることができ、スライディングモードが保証される。このときの制御入力 U は、下式(数 1 8)である。

【 0 0 6 1 】

【数 1 8】

$$U = -(S B_e)^{-1} \left(S A_e X_e + S E_e R + k \frac{\sigma}{\|\sigma\| + \eta} \right)$$

40

【 0 0 6 2 】

はチャタリング低減のために導入した平滑化係数であって、 $\eta > 0$ である。

【 0 0 6 3 】

スライディングモード制御では、状態量を超平面に拘束するために非線形ゲインを大きくする必要がある。だが、非線形ゲインを大きくすると、制御入力にチャタリングが発生する。そこで、モデルの不確かさを、構造が既知でパラメータが未知な確定部分と、構造が未知だがその上界値が既知な不確定部分とに分ける。状態方程式(数 1)に不確かさ(

50

$f + \Delta f$) を加え、下式 (数 19) で表す。

【 0 0 6 4 】

【数 19】

$$\begin{aligned}\dot{X} &= AX + B(f + \Delta f) + BU \\ &= AX + Bf + B\Delta f + BU\end{aligned}$$

但し、 確定部分 : $f = h\theta$ 、 h は既知関数、 θ は未知パラメータ、

不確定部分 : Δf 、 $|\Delta f| = \phi$ 、 ϕ は上界値

10

【 0 0 6 5 】

不確かさの確定部分 f は、未知パラメータ θ を同定することで補償される。さすれば、切替ゲインは不確かさの不確定部分 Δf のみにかかることとなり、切替ゲインが不確定成分全体 ($f + \Delta f$) にかかる場合と比べて制御入力のチャタリングを大幅に低減できる。

【 0 0 6 6 】

制御入力 U は、式 (数 18) に適応項 U_{ad} を追加した下式 (数 20) となる。

【 0 0 6 7 】

【数 20】

$$\begin{aligned}U &= U_{eq} + U_{nl} + U_{ad} \\ &= -(SB_e)^{-1} \left(SA_e X_e + SE_e R + k \frac{\sigma}{\|\sigma\| + \eta} \right) - h\tilde{\theta}\end{aligned}$$

20

但し、 $\tilde{\theta}$ は θ の推定パラメータであり、調整則 $\dot{\tilde{\theta}} = \Gamma_1 h^T \sigma$ で同定される

【 0 0 6 8 】

制御入力 (数 20) における Γ_1 は、適応ゲイン行列である。関数 h は、一般には状態量 x 及び θ または未知パラメータ θ の関数とするが、本実施形態では h を x 及び θ に無関係な単純式、定数とすることにより、 x を速やかに収束させ、 Γ_1 の適応速度を高めるようにしている。特に、 $h = 1$ とした場合、推定パラメータを下式 (数 21) に則って同定することができる。

30

【 0 0 6 9 】

【数 21】

$$\begin{aligned}\dot{\tilde{\theta}} &= \Gamma_1 \sigma \\ \tilde{\theta} &= \Gamma_1 \int \sigma dt \\ \Gamma_1 &= \text{diag} [\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3]\end{aligned}$$

40

【 0 0 7 0 】

本実施形態では、EGR率 y_1 及び吸気管内圧力 y_2 を制御出力変数とし、EGRバルブ 45 の開度 u_1 、可変ターボのノズル 42 の開度 u_2 及びスロットルバルブ 33 の開度 u_3 を制御入力変数とした 3 入力 2 出力のフィードバック制御を行う。状態変数の個数 (システムの次数) は、当初の系 (数 1) では出力変数の個数と同じく 2、拡大系 (数 2) では 4 となる。制御出力及び状態量をこのように特定することで、排気ガスに直接触れる箇所に流量計等の計測器を設置する必要がなくなる。

【 0 0 7 1 】

尤も、本実施形態のような 3 入力 2 出力のシステムでは、 $\det(SB_e) = 0$ が成立し、行列 (SB_e) は正則とはならない。そこで、逆行列 $(SB_e)^{-1}$ を、一般化逆行列と

50

して算定する。一般化逆行列には、例えばムーア・ペンローズ型の逆行列 $(S B_e)^{\dagger}$ を用いる。

【0072】

しかして、補正制御部52は、スライディングモードコントローラ51が反復的に演算している制御入力Uを補正する。本実施形態では、EGR率及び/または吸気管内圧力の偏差が大きい過渡期にはDスロットルバルブ33を開閉して速やかに偏差を縮小させる一方、それ以外の時期にはDスロットルバルブ33の動作を抑制、特にDスロットルバルブ33の開度をできるだけ大きく開けたままにして燃費及び燃焼安定性の向上を図ることに主眼を置いている。そのために、補正制御部52は、スライディングモードコントローラ51が算出したDスロットルバルブ33に係る制御入力値 u_3 に、重み値 m 、加算値 u_{map} による補正を加える。最終的に、EGRバルブ45の開度EGR v 、ノズルベン42の開度VNT及びDスロットルバルブ33の開度Dthは下式(数22)となる。

【0073】

【数22】

$$\begin{bmatrix} \text{EGR}v \\ \text{VNT} \\ \text{Dth} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ m u_3 + u_{map} \end{bmatrix}$$

【0074】

重み値 m は、EGR率及び/または吸気管内圧力の偏差が大きい過渡期には $0 < m < 1$ の正值をとる。過渡期以外の時期には、 $m = 0$ とする。即ち、スライディングモードコントローラ51が算出した制御入力値 u_3 を制御に使用しない。

【0075】

補正制御部52は、EGR率及び/または吸気管内圧力の偏差が増大する所定の事象が発生したときに重み値 m を極大値 m_0 とし、その後時間経過とともに重み値 m を減少させてゆく。所定の事象とは、例えば、アクセルの踏み込み量の変動や、要求燃料噴射量の変動その他のEGR率及び/または吸気管内圧力の目標値の変更を生じさせる事象をいう。補正制御部52は、アクセル踏み込み量の変化量、燃料噴射量の変化量または目標値の変化量が所定の閾値を越えたときに、所定の事象が発生したものと判断し、重み値 m を初期値 m_0 に設定する。

【0076】

初期値 m_0 は常に一定ではなく、所定の事象の度合いに応じて増減し得る。本実施形態では、初期値 m_0 を、アクセル踏み込み量の変化量、燃料噴射量の変化量または目標値の変化量の関数とし、それら変化量大きいほど初期値 m_0 を高くすることとしている。

【0077】

ECU5のROMまたはフラッシュメモリには予め、上記の変化量と初期値 m_0 との関係を定めたマップデータが記憶されている。補正制御部52は、上記の変化量をキーとしてマップを検索し、初期値 m_0 を知得する。

【0078】

そして、補正制御部52は、この重み値 m を徐々に減少させる。図4に示すように、重み値 m の減少の過程は一次減衰系、いわゆる一次遅れ要素のインパルス応答に相似とする。所定の事象が発生し、重み値 $m = m_0$ とした時点の時刻 $t = 0$ とおくと、時刻 t における重み値 $m(t)$ は下式(数23)となる。

【0079】

【数23】

$$m(t) = m_0 e^{-t/T}$$

【0080】

10

20

30

40

50

Tは時定数であり、適宜に定める。所定の事象が発生した後、時間の経過とともに重み値mは減少して0に漸近する。

【0081】

さらに、補正制御部52は、内燃機関2またはそれに付帯する装置の現在状況に関する指標値に応じて、Dスロットルバルブ33に係る制御入力 u_3 に加味すべき加算値 u_{map} を設定する。指標値は、例えばエンジン回転数及び燃料噴射量である。

【0082】

ECU5のROMまたはフラッシュメモリには予め、エンジン回転数及び燃料噴射量と、加算値 u_{map} との関係を定めたマップが記憶されている。マップの概要を、図5に例示する。エンジン回転数が低く、燃料噴射量が少ない状況下では、EGR通路43を還流するEGRガスの量が減少するので、所要の目標EGR率を達成するためにDスロットルバルブ33の開度を絞る必要がある。そこで、エンジン回転数が低いほど、また燃料噴射量が少ないほど、加算値 u_{map} を大きな値とする。但し、Dスロットルバルブの開度については、制御入力値Dth（または、 u_3 、 u_{map} ）が大きい側がバルブの閉止、制御入力値Dthが小さい側がバルブの開放を意味している。従って、加算値 u_{map} が大きくなれば、Dスロットルバルブ33の実際の開度は絞られることになる。補正制御部52は、エンジン回転数及び燃料噴射量をキーとしてマップを検索し、加算値 u_{map} を知得する。

【0083】

本実施形態では、内燃機関2またはそれに付帯する装置を複数の操作部45、42、33を操作して制御するものであって、各操作部45、42、33に与えるべき制御入力 u_1 、 u_2 、 u_3 を反復的に演算するサーボコントローラ51と、サーボコントローラ51が算出する制御入力 u_1 、 u_2 、 u_3 のうち特定の操作部33に係る制御入力値 u_3 に重み値mを乗ずる補正制御部52とを具備し、前記補正制御部52が、制御出力とその目標値との偏差が増大する所定の事象が発生したときに前記重み値mを極大値 m_0 に設定し、その後時間経過とともに重み値mを減少させてゆく制御装置を構成したので、所定の事象が発生していない段階では前記重み値mを十分に小さくし、所定の事象が発生した暁には重み値mを大きくして、特定の操作部33の動作を切り換えることが可能となる。

【0084】

本実施形態によれば、偏差の大きい過渡期にはサーボコントローラ51にDスロットルバルブ33を操作させて制御出力の目標値への収束を速めながら、定常期にはDスロットルバルブ33をサーボコントローラ51の操作に委ねずにその開度を u_{map} に維持することができる。結果、過渡期における排気ガスの良化と、定常期における燃費及び燃焼安定性の向上とが両立する。

【0085】

なお、本発明は以上に詳述した実施形態に限られるものではない。例えば、顕著に高い目標EGR率が設定されると、サーボコントローラ51がEGRバルブ45を開こうとしてEGRバルブ45の可動範囲を越える巨大な制御入力値 u_1 を算出してしまうことがある。このように、前記所定の事象が発生した後、EGRバルブ45に係る制御入力値 u_1 が所定の閾値 u_H を越えてしまう場合には、補正制御部52が、EGRバルブ45に与える制御入力EGRvを当該閾値 u_H に設定するとともに、制御出力とその目標値との偏差の縮小に必要な補正量 u_D をDスロットルバルブ33に与える制御入力Dthに加味する補正を行うことが好ましい。これにより、 $u_1 > u_H$ が成立する間、EGRバルブ45の開度EGRv、ノズルベーン42の開度VNT及びDスロットルバルブ33の開度Dthは下式（数24）となる。

【0086】

10

20

30

40

【数 2 4】

$$\begin{bmatrix} \text{EGRv} \\ \text{VNT} \\ \text{Dth} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_H \\ u_2 \\ mu_3 + u_{map} + u_D \end{bmatrix}$$

【0087】

ECU5のROMまたはフラッシュメモリには予め、プラントの入出力特性を示すマップが記憶されている。マップの概要を、図6に例示している。マップは、EGRバルブ45の開度とEGR率との関係を表したマップ、ノズルベーン42の開度とEGR率との関係を表したマップ、スロットルバルブ33の開度とEGR率との関係を表したマップ、EGRバルブ45の開度と吸気管内圧力との関係を表したマップ、ノズルベーン42の開度と吸気管内圧力との関係を表したマップ、スロットルバルブ33の開度と吸気管内圧力との関係を表したマップ、都合6枚が存在する。但し、ノズルベーン42の開度については、制御入力値VNT（または、 u_2 ）が大きい（グラフの右方）側がバルブの閉止、制御入力値VNTが小さい（グラフの左方）側がバルブの開放を意味している。既に述べた通り、Dスロットルバルブ33の開度についても同様である。

10

【0088】

補正制御部52は、これらマップデータを基に、Dスロットルバルブ33に与える制御入力Dthに加味する補正量 u_D を決定する。まず、図7に示すように、EGRバルブ45の開度とEGR率との関係を表したマップを参照して、スライディングモードコントローラ51の算出した制御入力 u_1 に対応するEGR率と、閾値 u_H に対応するEGR率との差分 $eegr$ を知得する。差分 $eegr$ は、EGRバルブ45に与える制御入力 $(u_1 - u_H)$ だけ小さくなることに起因して発生する偏差と考えることができる。

20

【0089】

次いで、図8に示すように、Dスロットルバルブ33の開度とEGR率との関係を表したマップを参照して、補正量 u_D を加味する前の制御入力 $(mu_3 + u_{map})$ に対応するEGR率を知得した上、これに $eegr$ を加算したEGR率を実現するのに必要な制御入力Dthを知得する。両者の差分が、Dスロットルバルブ33に係る制御入力に加味すべき補正量 u_D となる。いわば、入出力特性のマップを介して偏差を補正量に変換したことになる。

30

【0090】

EGR制御における制御入力変数は、EGRバルブ開度、可変ノズルターボ開度及びスロットルバルブ開度には限定されない。制御出力変数も、EGR率（または、EGR量）及び吸気管内圧力には限定されない。新たな入力変数、出力変数を付加して、4入力3出力の3次システムを構築するようなことも可能である。例えば、吸気系に過給機（のコンプレッサ）をバイパスする通路が存在している場合、その通路上に設けられたバルブをも操作することがある。このとき、当該バイパス通路内の圧力または流量等を制御出力変数に含め、当該バイパス通路上のバルブの開度を制御入力変数に含めることができる。

40

【0091】

また、重み値が乗じられる特定の操作部も、Dスロットルバルブには限定されない。

【0092】

サーボコントローラが実現する多入力フィードバック制御の手法はスライディングモード制御には限定されず、スライディングモード制御以外の手法、例えば最適制御、H制御、バックステッピング制御等を採用しても構わない。

【0093】

その他各部の具体的構成は、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変形が可能である。

【産業上の利用可能性】

【0094】

50

本発明は、例えば、過給機を備えた内燃機関に付帯するEGR装置のEGR率を制御するための制御コントローラとして利用することができる。

【符号の説明】

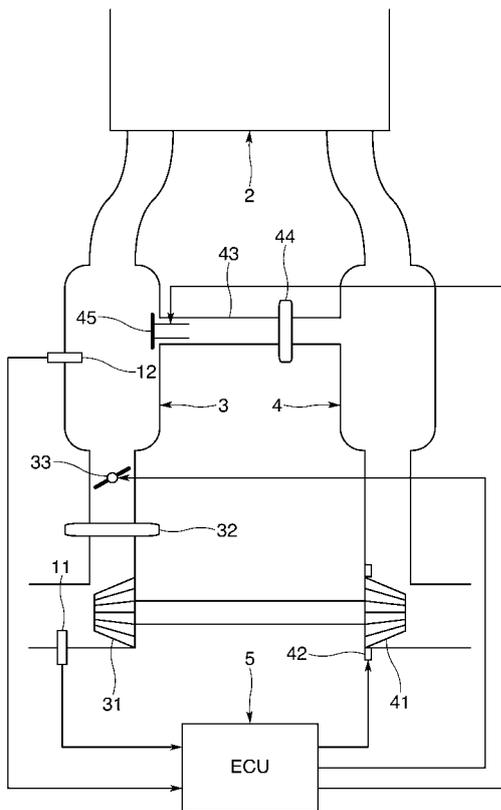
【0095】

5 ... ECU (制御装置)

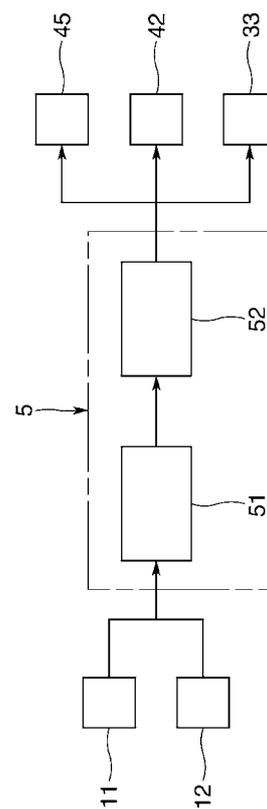
51 ... 適応スライディングモードコントローラ (サーボコントローラ)

52 ... 補正制御部

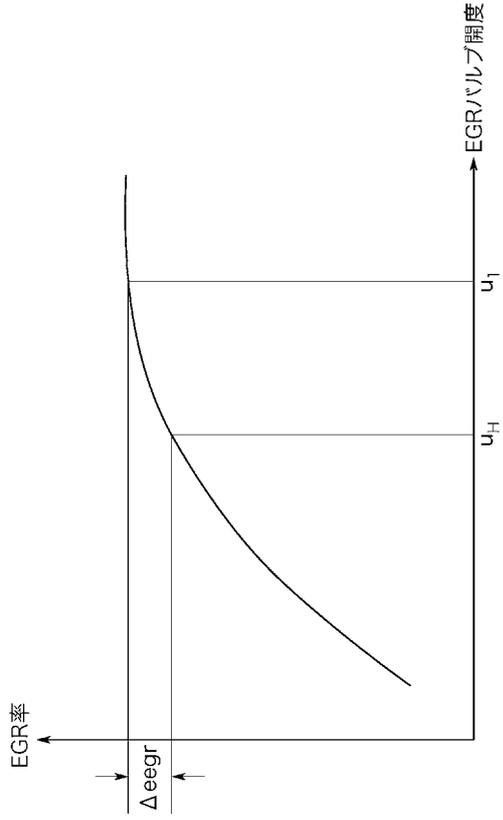
【図1】



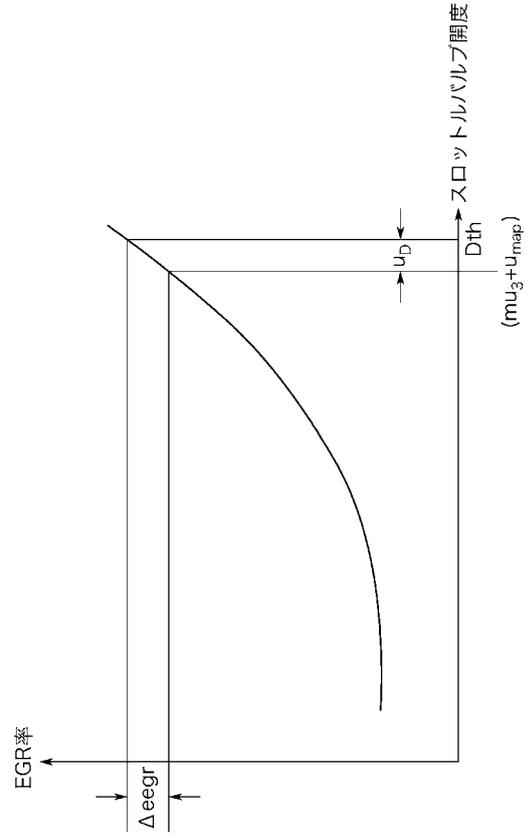
【図2】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

- (72)発明者 村上 直英
大阪府池田市桃園 2丁目 1番 1号 ダイハツ工業株式会社内
- (72)発明者 石原 健太
大阪府池田市桃園 2丁目 1番 1号 ダイハツ工業株式会社内
- (72)発明者 友定 仁
大阪府池田市桃園 2丁目 1番 1号 ダイハツ工業株式会社内
- (72)発明者 松永 彰生
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 榎本 弘
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 板津 俊郎
愛知県豊田市トヨタ町 1番地 トヨタ自動車株式会社内

審査官 後藤 信朗

- (56)参考文献 特開 2008 - 38625 (JP, A)
特開 2000 - 170588 (JP, A)
特開 2008 - 248859 (JP, A)
特開 2008 - 248863 (JP, A)
特開 2002 - 266707 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 0 2 D 1 1 / 1 0
F 0 2 D 4 1 / 0 4
F 0 2 D 4 5 / 0 0