

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4351966号
(P4351966)

(45) 発行日 平成21年10月28日(2009.10.28)

(24) 登録日 平成21年7月31日(2009.7.31)

(51) Int. Cl.			F I		
G05B	13/02	(2006.01)	G05B	13/02	C
F01L	1/18	(2006.01)	F01L	1/18	A
F01L	1/34	(2006.01)	F01L	1/34	B
F01L	13/00	(2006.01)	F01L	13/00	301F
F02D	9/00	(2006.01)	F02D	9/00	A

請求項の数 6 (全 51 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2004-249213 (P2004-249213)
 (22) 出願日 平成16年8月27日(2004.8.27)
 (65) 公開番号 特開2006-65692 (P2006-65692A)
 (43) 公開日 平成18年3月9日(2006.3.9)
 審査請求日 平成18年11月28日(2006.11.28)

(73) 特許権者 000005326
 本田技研工業株式会社
 東京都港区南青山二丁目1番1号
 (74) 代理人 100095566
 弁理士 高橋 友雄
 (72) 発明者 安井 裕司
 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
 社本田技術研究所内
 (72) 発明者 下城 孝名子
 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
 社本田技術研究所内
 審査官 二階堂 恭弘

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】

規制部および当該規制部に当接することにより可動範囲が規制される可動部を有し、当該可動部を当該可動範囲内で駆動することにより、制御量を所定の制御範囲内で変更する可動機構と、

前記可動部の位置を検出する位置検出手段と、

当該検出された可動部の位置に応じて、前記制御量を算出する制御量算出手段と、

前記制御量の目標となる目標制御量を設定する目標制御量設定手段と、

前記検出された前記可動部の位置および前記算出された制御量の少なくとも一方に応じて、前記可動部が前記可動範囲の境界にあるか否かを判定する判定手段と、

当該判定手段により前記可動部が前記可動範囲の境界にあると判定されたときに算出された前記制御量と前記所定の制御範囲の限界値との比較結果に応じて、補正値を算出するとともに、当該算出された補正値で前記算出された制御量を補正する補正値算出手段と、

当該補正された制御量が前記目標制御量に追従するように、所定の制御アルゴリズムにより、前記可動機構を制御するための制御入力を算出する制御入力算出手段と、

を備え、

前記所定の制御アルゴリズムは、前記可動機構に加えられる外乱の影響を抑制するための外乱抑制パラメータを含み、

前記制御入力算出手段は、前記制御量および前記目標制御量の一方が前記所定の制御範囲の前記限界値付近の所定値よりも当該限界値側にあるとき、または前記検出された前記

可動部の位置が前記可動範囲の境界付近の所定位置よりも当該境界側にあるときには、それ以外のときよりも、前記外乱抑制パラメータを、当該外乱抑制パラメータによる前記外乱の影響の抑制度合いがより小さくなるように設定する外乱抑制パラメータ設定手段を有し、

前記目標制御量設定手段は、前記可動部を前記可動範囲の境界まで駆動すべきときには、前記目標制御量を前記所定の制御範囲外の所定値に設定することを特徴とする制御装置。

【請求項 2】

前記所定の制御アルゴリズムは、所定の目標値フィルタアルゴリズムと所定の応答指定型制御アルゴリズムとを組み合わせた、所定の目標値フィルタ型の 2 自由度制御アルゴリズムを含み、

前記外乱抑制パラメータは、当該所定の目標値フィルタ型の 2 自由度制御アルゴリズムにおける、前記制御量と前記目標制御量との偏差の収束速度および収束挙動を指定する応答指定パラメータであることを特徴とする請求項 1 に記載の制御装置。

【請求項 3】

前記可動機構は、内燃機関の吸気弁および排気弁の少なくとも一方のリフトであるバルブリフトを、前記制御量として変更する可変バルブリフト機構であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の制御装置。

【請求項 4】

前記可動機構は、内燃機関の吸気カムおよび排気カムの少なくとも一方のクランクシャフトに対する位相であるカム位相を、前記制御量として変更する可変カム位相機構であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の制御装置。

【請求項 5】

前記可動機構は、内燃機関の圧縮比を前記制御量として変更する可変圧縮比機構であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の制御装置。

【請求項 6】

前記可動機構は、内燃機関の吸気通路に設けられたスロットル弁の開度を前記制御量として変更するスロットル弁機構であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、制御量を所定の制御範囲内で変更可能な可動機構を介して、制御量を制御する制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、内燃機関の吸気弁のリフト（以下「バルブリフト」という）を制御する制御装置として、特許文献 1 に記載されたものが知られている。この内燃機関は、可変バルブリフト機構が気筒ごとに設けられている。この可変バルブリフト機構は、バルブリフトを所定の最小値と所定の最大値との間で連続的に変化させるものであり、クランクシャフトに連結された駆動軸と、この駆動軸に平行な制御軸などを備えている。この駆動軸には、揺動カムおよびリンクアームなどが設けられ、これらの揺動カムおよびリンクアームは、制御軸のロッカアームにそれぞれ連結されている。

【0003】

また、制御軸は、軸受により回転自在に支持されており、この軸受に近接する部位に、周面から外方に突出するピンを有している。この軸受には、突起が形成されており、制御軸が所定方向に回転すると、ピンが突起に当接し、それにより、制御軸の回転が阻止される。また、制御軸には、これを回転駆動する回転駆動機構が設けられており、この回転駆動機構は、電気モータおよびギヤ機構などを備えている。この回転駆動機構により、制御軸が回転駆動されると、上記揺動カムおよびリンクアームとロッカアームとの相対的な角

10

20

30

40

50

度位置関係が変更され、それにより、バルブリフトが変更される。特に、制御軸のピンが軸受の突起に当接した状態に保持されているときには、バルブリフトが所定の最小値に保持される。

【 0 0 0 4 】

一方、制御装置は、各種のセンサと、これらの各種のセンサおよび上記電気モータが接続されたコントローラなどを備えている。このコントローラでは、各種のセンサの検出信号に応じて、内燃機関の運転域が判定され、その運転域に応じて、可変バルブリフト機構を介してバルブリフトが制御され、それにより、吸入空気量が制御される。また、内燃機関がアイドル運転などの低負荷運転域にあると判定されたときには、制御軸が、そのピンが軸受の突起に当接する位置まで回転され、それにより、各気筒のバルブリフトが所定の最小値に制御される。

10

【 0 0 0 5 】

【特許文献1】特開2003-254100号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

上記従来の制御装置によれば、バルブリフトの制御において、内燃機関が低負荷運転域にあると判定された場合、制御軸がそのピンが軸受の突起に当接する位置まで回転するように駆動されるので、その回転速度が高いと、ピンが突起に当接する際の衝撃力により、ピンおよび突起が変形するおそれがある。これを回避する手法として、衝撃力を低下させるために制御軸の回転速度を低下させることや、衝撃力の影響を抑制するためにピンおよび突起に緩衝材を設けることなどが考えられる。しかし、制御軸の回転速度を低下させた場合、ピンを突起に当接する位置まで駆動するのに要する時間、すなわちバルブリフトの最小値への制御時間が長くなり、吸入空気量の適切な値への制御時間が長くなってしまふ。その結果、吸入空気量の制御性が低下し、アイドル運転中などの低負荷運転域にあるときには、エンジン回転数が不安定な状態になるおそれがある。一方、緩衝材をピンおよび突起に設けた場合、その分、製造コストが上昇するとともに、緩衝材分のスペースを確保する必要が生じることで、設計の自由度が低下してしまう。

20

【 0 0 0 7 】

本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、制御量を可動機構を介して制御する場合において、可動機構の可動部をその可動範囲の限界まで駆動する際の衝撃力の低減および駆動時間の短縮を両立させることができる制御装置を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

上記目的を達成するために、請求項1に係る制御装置1、1Aは、規制部(最小および最大リフトストッパ67a、67b、最遅角および最進角ストッパ73a、73b、最低および最高圧縮比ストッパ86a、86b、吸気管12および全開ストッパ93)および規制部に当接することにより可動範囲が規制される可動部(短アーム65、アーム74b、アーム85b、スロットル弁91)を有し、可動部を可動範囲(最小リフト位置と最大リフト位置との間、最遅角位置と最進角位置との間、最低圧縮比位置と最高圧縮比位置との間、全閉位置と全開位置との間)内で駆動することにより、制御量(バルブリフトLiftin、カム位相Cain、圧縮比Cr、スロットル弁開度TH)を所定の制御範囲(最小値Liftin_Lと最大値Liftin_Hとの間、最遅角値Cain_Lと最進角値Cain_Hとの間、最低値Cr_Lと最高値Cr_Hとの間、全閉値TH_Lと全開値TH_Hとの間)内で変更する可動機構(可変バルブリフト機構50、可変カム位相機構70、可変圧縮比機構80、スロットル弁機構90)と、可動部の位置を検出する位置検出手段(クランク角センサ20、回動角センサ23、カム角センサ24、制御角センサ25)と、検出された可動部の位置に応じて、制御量を算出する制御量算出手段(ECU2)と、制御量の目標となる目標制御量(目標バルブリフトLiftin_cmd、目標

40

50

カム位相 $Cain_cmd$ 、目標圧縮比 Cr_cmd 、目標スロットル弁開度 TH_cmd を設定する目標制御量設定手段 (ECU2、ステップ10, 22~24, 33~35, 36~38) と、検出された可動部の位置および算出された制御量の少なくとも一方に応じて、可動部が可動範囲の境界にあるか否かを判定する判定手段 (ECU2、ステップ14) と、判定手段により可動部が可動範囲の境界にあると判定されたときに算出された制御量と所定の制御範囲の限界値との比較結果に応じて、補正值 (リフト補正值 $Comp_Liftin$) を算出するとともに、算出された補正值で算出された制御量を補正する補正值算出手段 (ECU2、ステップ15) と、補正された制御量が目標制御量に追従するように、所定の制御アルゴリズム [式(3)~(10), (14)~(21), (25)~(32), (36)~(43)] により、可動機構を制御するための制御入力 (リフト制御入力 $Uliftin$ 、位相制御入力 $Ucain$ 、圧縮比制御入力 Ucr 、開度制御入力 Uth) を算出する制御入力算出手段 (ECU2、2自由度スライディングモードコントローラ102, 112, 122, 132、ステップ12, 26, 28, 30) と、を備え、所定の制御アルゴリズムは、可動機構に加えられる外乱の影響を抑制するための外乱抑制パラメータ (切換関数設定パラメータ $POLE_lf$, $POLE_ca$, $POLE_cr$, $POLE_th$) を含み、制御入力算出手段は、制御量および目標制御量の一方が所定の制御範囲の限界値 (最小値 $Liftin_L$ 、最大値 $Liftin_H$ 、最遅角値 $Cain_L$ 、最進角値 $Cain_H$ 、最低値 Cr_L 、最高値 Cr_H 、全閉値 TH_L 、全開値 TH_H) 付近の所定値 (所定のしきい値 $Liftin_VPL$, $Liftin_VPH$, $Cain_VPL$, $Cain_VPH$, Cr_VPL , Cr_VPH , TH_VPL , TH_VPH) よりも限界値側にあるとき、または検出された可動部の位置が可動範囲の境界付近の所定位置よりも境界側にあるときには、それ以外のときよりも、外乱抑制パラメータを、外乱抑制パラメータによる外乱の影響の抑制度合いがより小さくなるように設定する (切換関数設定パラメータ $POLE_lf$, $POLE_ca$, $POLE_cr$, $POLE_th$ を、所定値 $POLE_lf2$, $POLE_ca2$, $POLE_cr2$, $POLE_th2$ 側の値に設定する) 外乱抑制パラメータ設定手段 (ECU2、切換関数設定パラメータ算出部101, 111, 121, 131、ステップ11, 25, 27, 29) を有し、目標制御量設定手段は、可動部を可動範囲の限界まで駆動すべきときには、目標制御量を所定の制御範囲外の所定値 (最小および最大ホールド値 $Liftin_LL$, $Liftin_HH$ 、最遅角および最進角ホールド値 $Cain_LL$, $Cain_HH$ 、最低および最高ホールド値 Cr_LL , Cr_HH 、全閉および全開ホールド値 TH_LL , TH_HH) に設定することを特徴とする。

【0009】

この制御装置によれば、可動機構を制御するための制御入力が、補正された制御量が目標制御量に追従するように、所定の制御アルゴリズムにより算出され、この所定の制御アルゴリズムが、可動機構に加えられる外乱の影響を抑制するための外乱抑制パラメータを含んでいるとともに、制御量および目標制御量の一方が所定の制御範囲の限界値付近の所定値よりも限界値側にあるとき、または検出された可動部の位置が可動範囲の境界付近の所定位置よりも境界側にあるときには、それ以外のときよりも、外乱抑制パラメータが、これによる外乱の影響の抑制度合いがより小さくなるように設定される。この制御装置のように、可動機構を制御するための制御入力を、制御量が目標制御量に追従するように、所定の制御アルゴリズムにより算出する場合において、制御アルゴリズムが、可動機構に加えられる外乱の影響を抑制するための外乱抑制パラメータを含んでいるときには、外乱抑制パラメータが外乱の影響の抑制度合いが大きくなるように設定されると、制御入力は、外乱の影響をより効果的に抑制しながら、制御量の目標制御量への追従性すなわち制御量と目標制御量との偏差の値0への収束性を確保するために、可動部の駆動力がより大きくなるような値として算出される。これとは逆に、外乱抑制パラメータが外乱の影響の抑制度合いが小さくなるように設定されると、制御入力は、制御量と目標制御量との偏差を値0に収束させるための可動部の駆動力がより小さくなるような値として算出される。

【0010】

10

20

30

40

50

以上の理由により、この制御装置によれば、可動部が可動範囲の境界に向かって駆動された場合、言い換えれば制御量が所定の制御範囲の限界値に向かって制御された場合、可動部が可動範囲の境界付近の所定位置を越えた後には、制御量と目標制御量との偏差の発生時における可動部に作用する駆動力の増大度合いが、所定位置を越える前よりも小さな状態で、可動部が境界側に駆動される。すなわち、可動部が規制部に当接する直前において、制御量と目標制御量との偏差が発生したとしても、それを値0に収束させるために、大きな駆動力が可動部に急激に作用することがなくなるので、可動部が規制部に当接する際の衝撃力を低減することができ、それにより、可動部および規制部の変形などを回避できるとともに、可動機構の寿命を延ばすことができる。これに加えて、可動部の駆動速度を低下させることなく、衝撃力を低減できるので、駆動時間が長くなるのを回避できる。以上のように、衝撃力の低減および駆動時間の短縮を両立させることができる。これに加えて、緩衝材を設けるなどの構造上の設計変更を行う必要がないので、製造コストを削減できるとともに、設計の自由度を向上させることができる。

10

さらに、制御量が限界値付近の所定値を横切って限界値側に制御されたとき、または目標制御量が所定値よりも限界値側に設定されたときも、可動部が可動範囲の境界付近の所定位置を越えたときと同様に、可動部がより小さな駆動力で可動範囲の境界側に駆動されるので、上記のような作用効果を得ることができる。これに加えて、判定手段により、検出された可動部の位置および算出された制御量の少なくとも一方に応じて、可動部が可動範囲の境界にあるか否かが判定され、補正值算出手段により、可動部が可動範囲の境界にあると判定されたときに算出された制御量と限界値との比較結果に応じて、算出された制御量を補正するための補正值が算出されるので、それ以降、そのように算出された補正值で補正した制御量を用いながら制御を実行できる。すなわち、可動機構の経年変化などに起因する、算出された制御量と実際の値とのずれを反映させながら制御量を補正でき、位置検出手段の較正を適切に行うことができる。その結果、制御精度を向上させることができる。

20

また、一般に、可動機構では、その可動部を可動範囲の境界に駆動する際、目標制御量を所定の制御範囲の限界値に設定すると、可動機構の個体間の動作特性のばらつきおよび経年変化などに起因して、可動部が可動範囲の境界まで到達しない可能性がある。これに対して、この制御装置によれば、可動部を可動範囲の境界まで駆動すべきときには、目標制御量が所定の制御範囲外の所定値に設定されるので、可動部を、可動範囲の境界まで確実に駆動でき、規制部に確実に当接させることができる。それにより、可動部が規制部に当接した状態を意図的に作り出すことができ、例えば、そのような状態が必要となる位置検出手段の較正を行う場合には、較正を適切に行うことができる。

30

【0011】

請求項2に係る発明は、請求項1に記載の制御装置1，1Aにおいて、所定の制御アルゴリズムは、所定の目標値フィルタアルゴリズムと所定の応答指定型制御アルゴリズムとを組み合わせた、所定の目標値フィルタ型の2自由度制御アルゴリズム〔式(3)～(10)，(14)～(21)，(25)～(32)，(36)～(43)〕を含み、外乱抑制パラメータは、所定の目標値フィルタ型の2自由度制御アルゴリズムにおける、制御量と目標制御量との偏差(追従誤差 E_{lf} ， E_{ca} ， E_{cr} ， E_{th})の収束速度および収束挙動を指定する応答指定パラメータ(切換関数設定パラメータ $POLE_{lf}$ ， $POLE_{ca}$ ， $POLE_{cr}$ ， $POLE_{th}$)であることを特徴とする。

40

【0012】

この制御装置によれば、制御入力が、所定の目標値フィルタアルゴリズムと所定の応答指定型制御アルゴリズムとを組み合わせた、所定の目標値フィルタ型の2自由度制御アルゴリズムを含む制御アルゴリズムにより算出されるとともに、外乱抑制パラメータが、この所定の目標値フィルタ型の2自由度制御アルゴリズムにおける応答指定パラメータであるので、目標値フィルタアルゴリズムにより、制御量の目標制御量への追従速度を適切に設定できるとともに、制御量と目標制御量との偏差の収束速度および収束挙動を指定する応答指定パラメータの値を変更することにより、可動機構に加えられる外乱の

50

影響の抑制度合いを変更することができる。それにより、制御量を、オーバーシュートの発生を回避しながら、目標制御量に精度良く追従させることができる。その結果、可動部が可動範囲の境界に向かって駆動された場合、可動部が規制部に当接する際の衝撃力をより確実に低減することができる。

【0019】

請求項3に係る発明は、請求項1または2に記載の制御装置1において、可動機構は、内燃機関3の吸気弁4および排気弁7の少なくとも一方のリフトであるバルブリフトLiftinを、制御量として変更する可変バルブリフト機構50であることを特徴とする。

【0020】

この制御装置によれば、バルブリフトを可変バルブリフト機構を介して制御する場合において、前述したような作用効果を得ることができ、それにより、可変バルブリフト機構の寿命を延ばすことができる。

10

【0021】

請求項4に係る発明は、請求項1または2に記載の制御装置1において、可動機構は、内燃機関3の吸気カム6および排気カム9の少なくとも一方のクランクシャフト3dに対する位相であるカム位相Cainを、制御量として変更する可変カム位相機構70であることを特徴とする。

【0022】

この制御装置によれば、カム位相を可変カム位相機構を介して制御する場合において、前述したような作用効果を得ることができ、それにより、可変カム位相機構の寿命を延ばすことができる。

20

【0023】

請求項5に係る発明は、請求項1または2に記載の制御装置1において、可動機構は、内燃機関3の圧縮比Crを制御量として変更する可変圧縮比機構80であることを特徴とする。

【0024】

この制御装置によれば、圧縮比を可変圧縮比機構を介して制御する場合において、前述したような作用効果を得ることができ、それにより、可変圧縮比機構の寿命を延ばすことができる。

【0025】

30

請求項6に係る発明は、請求項1または2に記載の制御装置1において、可動機構は、内燃機関3の吸気通路12aに設けられたスロットル弁91の開度THを制御量として変更するスロットル弁機構90であることを特徴とする。

【0026】

この制御装置によれば、スロットル弁の開度をスロットル弁機構を介して制御する場合において、前述したような作用効果を得ることができ、それにより、スロットル弁機構の寿命を延ばすことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

以下、図面を参照しながら、本発明の第1実施形態に係る制御装置について説明する。図2に示すように、この制御装置1は、ECU2を備えており、このECU2は、後述するように、内燃機関(以下「エンジン」という)3の運転状態に応じて、バルブリフト制御、カム位相制御および圧縮比制御などの制御処理を実行する。

40

【0028】

図1および図3に示すように、エンジン3は、4組の気筒3aおよびピストン3b(1組のみ図示)を有する直列4気筒DOHC型ガソリンエンジンであり、図示しない車両に搭載されている。エンジン3は、気筒3aごとに設けられ、吸気ポートおよび排気ポートをそれぞれ開閉する吸気弁4および排気弁7と、吸気弁4駆動用の吸気カムシャフト5および吸気カム6と、吸気弁4を開閉駆動する可変式吸気動弁機構40と、排気弁7駆動用の排気カムシャフト8および排気カム9と、排気弁7を開閉駆動する排気動弁機構30と

50

、圧縮比を変更する可変圧縮比機構 8 0 と、燃料噴射弁 1 0 と、点火プラグ 1 1 (図 2 参照) などを備えている。

【 0 0 2 9 】

吸気弁 4 は、そのステム 4 a がガイド 4 b に摺動自在に嵌合しており、このガイド 4 b は、シリンダヘッド 3 c に固定されている。さらに、吸気弁 4 は、図 4 に示すように、上下のスプリングシート 4 c , 4 d と、これらの間に設けられたバルブスプリング 4 e とを備えており、このバルブスプリング 4 e により、閉弁方向に付勢されている。

【 0 0 3 0 】

また、吸気カムシャフト 5 および排気カムシャフト 8 はそれぞれ、図示しないホルダを介して、シリンダヘッド 3 c に回転自在に取り付けられている。この吸気カムシャフト 5 の一端部上には、吸気スプロケット 5 a が同軸に配置され、回転自在に設けられている (図 8 参照) 。この吸気スプロケット 5 a は、タイミングベルト 5 b を介してクランクシャフト 3 d に連結され、後述する可変カム位相機構 7 0 を介して吸気カムシャフト 5 に連結されている (図 8 参照) 。以上の構成により、吸気カムシャフト 5 は、クランクシャフト 3 d が 2 回転するごとに 1 回転する。また、吸気カム 6 は、吸気カムシャフト 5 上にこれと一体に回転するように気筒 3 a ごとに設けられている。

【 0 0 3 1 】

さらに、可変式吸気動弁機構 4 0 は、吸気カムシャフト 5 の回転に伴って、各気筒 3 a の吸気弁 4 を開閉駆動するとともに、吸気弁 4 のリフトおよびバルブタイミングを無段階に変更するものであり、その詳細については、後述する。なお、本実施形態では、「吸気弁 4 のリフト (以下「バルブリフト」という) 」は、吸気弁 4 の最大揚程を表すものとする。

【 0 0 3 2 】

一方、排気弁 7 は、そのステム 7 a がガイド 7 b に摺動自在に嵌合しており、このガイド 7 b は、シリンダヘッド 3 c に固定されている。さらに、排気弁 7 は、上下のスプリングシート 7 c , 7 d と、これらの間に設けられたバルブスプリング 7 e とを備えており、このバルブスプリング 7 e により、閉弁方向に付勢されている。

【 0 0 3 3 】

また、排気カムシャフト 8 は、これと一体の排気スプロケット (図示せず) を備え、この排気スプロケットおよびタイミングベルト 5 b を介してクランクシャフト 3 d に連結されており、それにより、クランクシャフト 3 d が 2 回転するごとに 1 回転する。さらに、排気カム 9 は、排気カムシャフト 8 上にこれと一体に回転するように気筒 3 a ごとに設けられている。

【 0 0 3 4 】

さらに、排気動弁機構 3 0 は、ロッカアーム 3 1 を備えており、このロッカアーム 3 1 が排気カム 9 の回転に伴って回転することにより、バルブスプリング 7 e の付勢力に抗しながら、排気弁 7 を開閉駆動する。

【 0 0 3 5 】

一方、燃料噴射弁 1 0 は、気筒 3 a ごとに設けられ、燃料を燃焼室内に直接噴射するように、傾斜した状態でシリンダヘッド 3 c に取り付けられている。すなわち、エンジン 3 は直噴エンジンとして構成されている。また、燃料噴射弁 1 0 は、E C U 2 に電氣的に接続されており、E C U 2 により、開弁時間および開弁タイミングが制御され、それにより、燃料噴射制御が実行される。

【 0 0 3 6 】

また、点火プラグ 1 1 も、気筒 3 a ごとに設けられ、シリンダヘッド 3 c に取り付けられている。点火プラグ 1 1 は、E C U 2 に電氣的に接続されており、E C U 2 により、点火時期に応じたタイミングで燃焼室内の混合気を燃焼させるように、放電状態が制御され、それにより、点火時期制御が実行される。

【 0 0 3 7 】

一方、エンジン 3 には、クランク角センサ 2 0 および水温センサ 2 1 が設けられている

10

20

30

40

50

。このクランク角センサ 20 は、マグネットロータおよび M R E ピックアップで構成されており、クランクシャフト 3 d の回転に伴い、いずれもパルス信号である C R K 信号および T D C 信号を E C U 2 に出力する。なお、本実施形態では、クランク角センサ 20 は、位置検出手段に相当する。

【 0 0 3 8 】

C R K 信号は、所定クランク角（例えば 10° ）ごとに 1 パルスが出力され、E C U 2 は、この C R K 信号に基づき、エンジン 3 の回転数（以下「エンジン回転数」という）N E を算出する。また、T D C 信号は、各気筒 3 a のピストン 3 b が吸気行程の T D C 位置よりも若干、手前の所定のクランク角位置にあることを表す信号であり、所定クランク角ごとに 1 パルスが出力される。

10

【 0 0 3 9 】

また、水温センサ 21 は、例えばサーミスタなどで構成されており、エンジン水温 T W を表す検出信号を E C U 2 に出力する。このエンジン水温 T W は、エンジン 3 のシリンダブロック 3 h 内を循環する冷却水の温度を表すものである。

【 0 0 4 0 】

さらに、エンジン 3 の吸気管 12 では、スロットル弁機構が省略されているとともに、その吸気通路 12 a が大口径に形成されており、それにより、流動抵抗が通常のエンジンよりも小さくなるように設定されている。この吸気管 12 には、エアフローセンサ 22 が設けられている。このエアフローセンサ 22 は、熱線式エアフローメータで構成されており、吸気通路 12 a 内を流れる空気の流量 G_{in} を表す検出信号を E C U 2 に出力する。

20

【 0 0 4 1 】

次に、前述した可変式吸気動弁機構 40 について説明する。この可変式吸気動弁機構 40 は、図 4 に示すように、吸気カムシャフト 5、吸気カム 6、可変バルブリフト機構 50 および可変カム位相機構 70 などで構成されている。本実施形態では、可変バルブリフト機構 50 および可変カム位相機構 70 が可動機構に相当する。

【 0 0 4 2 】

この可変バルブリフト機構 50 は、吸気カムシャフト 5 の回転に伴って吸気弁 4 を開閉駆動するとともに、バルブリフト $Liftin$ を所定の最大値 $Liftin_H$ と所定の最小値 $Liftin_L$ との間で無段階に変更するものであり、気筒 3 a ごとに設けられた四節リンク式のロッカアーム機構 51 と、これらのロッカアーム機構 51 を同時に駆動するリフトアクチュエータ 60（図 5 参照）などを備えている。

30

【 0 0 4 3 】

各ロッカアーム機構 51 は、ロッカアーム 52 および上下のリンク 53、54 などで構成されている。この上リンク 53 の一端部は、上ピン 55 を介して、ロッカアーム 52 の上端部に回動自在に取り付けられており、他端部は、ロッカアームシャフト 56 に回動自在に取り付けられている。このロッカアームシャフト 56 は、図示しないホルダを介して、シリンダヘッド 3 c に取り付けられている。

【 0 0 4 4 】

また、ロッカアーム 52 の上ピン 55 上には、ローラ 57 が回動自在に設けられている。このローラ 57 は、吸気カム 6 のカム面に当接しており、吸気カム 6 が回転する際、そのカム面に案内されながら吸気カム 6 上を転動する。これにより、ロッカアーム 52 は上下方向に駆動されるとともに、上リンク 53 が、ロッカアームシャフト 56 を中心として回動する。

40

【 0 0 4 5 】

さらに、ロッカアーム 52 の吸気弁 4 側の端部には、アジャストボルト 52 a が取り付けられている。このアジャストボルト 52 a は、吸気カム 6 の回転に伴ってロッカアーム 52 が上下方向に移動すると、バルブスプリング 4 e の付勢力に抗しながら、ステム 4 a を上下方向に駆動し、吸気弁 4 を開閉する。

【 0 0 4 6 】

また、下リンク 54 の一端部は、下ピン 58 を介して、ロッカアーム 52 の下端部に回

50

動自在に取り付けられており、下リンク54の他端部には、連結軸59が回動自在に取り付けられている。下リンク54は、この連結軸59を介して、リフトアクチュエータ60の後述する短アーム65に連結されている。

【0047】

一方、リフトアクチュエータ60は、ECU2により駆動されるものであり、図5に示すように、モータ61、ナット62、リンク63、長アーム64および短アーム65などを備えている。このモータ61は、ECU2に接続され、エンジン3のヘッドカバー3gの外側に配置されている。モータ61の回転軸は、雄ねじが形成されたねじ軸61aになっており、このねじ軸61aに、ナット62が螺合している。このナット62は、リンク63を介して、長アーム64に連結されている。このリンク63の一端部は、ピン63aを介して、ナット62に回動自在に取り付けられ、他端部は、ピン63bを介して、長アーム64の一端部に回動自在に取り付けられている。

10

【0048】

また、長アーム64の他端部は、回動軸66を介して短アーム65の一端部に取り付けられている。この回動軸66は、断面円形に形成され、エンジン3のヘッドカバー3gを貫通しているとともに、これに回動自在に支持されている。この回動軸66の回動に伴い、長アーム64および短アーム65はこれと一体に回動する。

【0049】

さらに、短アーム65の他端部には、前述した連結軸59が回動自在に取り付けられており、これにより、短アーム65は、連結軸59を介して、下リンク54に連結されている。また、短アーム65の付近には、最小リフトストッパ67aおよび最大リフトストッパ67bが互いに間隔を存して設けられており、これらの2つのストッパ67a, 67bにより、短アーム65は、その回動範囲が後述するように規制される。なお、本実施形態では、短アーム65が可動部に相当し、最小リフトストッパ67aおよび最大リフトストッパ67bが規制部に相当する。

20

【0050】

次に、以上のように構成された可変バルブリフト機構50の動作について説明する。この可変バルブリフト機構50では、ECU2からの後述するリフト制御入力U1iftinがリフトアクチュエータ60に入力されると、ねじ軸61aが回転し、それに伴うナット62の移動により、長アーム64および短アーム65が回動軸66を中心として回動するとともに、この短アーム65の回動に伴って、ロッカアーム機構51の下リンク54が、下ピン58を中心として回動する。すなわち、リフトアクチュエータ60により、下リンク54が駆動される。

30

【0051】

図5(a)に示すように、短アーム65が図中の反時計回りに回動すると、短アーム65は、最大リフトストッパ67bに当接し、これに係止される。それにより、下リンク54も、図4に実線で示す最大リフト位置に係止される。一方、図5(b)に示すように、短アーム65が図中の時計回りに回動すると、短アーム65は、最小リフトストッパ67aに当接し、これに係止される。それにより、下リンク54も、図4に2点鎖線で示す最小リフト位置に係止される。

40

【0052】

以上のように、短アーム65の回動範囲は、2つのストッパ67a, 67bにより、図5(a)に示す最大リフト位置と図5(b)に示す最小リフト位置との間に規制され、それにより、下リンク54の回動範囲も、図4に実線で示す最大リフト位置と、図4に2点鎖線で示す最小リフト位置との間に規制される。

【0053】

下リンク54が最大リフト位置にある場合、ロッカアームシャフト56、上下のピン55, 58および連結軸59によって構成される四節リンクでは、上ピン55および下ピン58の中心間の距離が、ロッカアームシャフト56および連結軸59の中心間の距離よりも長くなるように構成されており、それにより、図6(a)に示すように、吸気カム6が

50

回転すると、これとローラ57との当接点の移動量よりも、アジャストボルト52aの移動量の方が大きくなる。

【0054】

一方、下リンク54が最小リフト位置にある場合、上記四節リンクでは、上ピン55および下ピン58の中心間の距離が、ロッカアームシャフト56および連結軸59の中心間の距離よりも短くなるように構成されており、それにより、図6(b)に示すように、吸気カム6が回転すると、これとローラ57との当接点の移動量よりも、アジャストボルト52aの移動量の方が小さくなる。

【0055】

以上の理由により、吸気弁4は、下リンク54が最大リフト位置にあるときには、最小リフト位置にあるときよりも大きなバルブリフトLiftinで開弁する。具体的には、吸気カム6の回転中、吸気弁4は、下リンク54が最大リフト位置にあるときには、図7の実線で示すバルブリフト曲線に従って開弁し、バルブリフトLiftinは、その最大値Liftin_Hを示す。一方、下リンク54が最小リフト位置にあるときには、図7の2点鎖線で示すバルブリフト曲線に従って開弁し、バルブリフトLiftinは、その最小値Liftin_Lを示す。

10

【0056】

以上のように、この可変バルブリフト機構50では、アクチュエータ60を介して、下リンク54を最大リフト位置と最小リフト位置との間で回動させることにより、バルブリフトLiftinを、最大値Liftin_Hと最小値Liftin_Lとの間で無段階に変更することができる。本実施形態では、最大値Liftin_Hおよび最小値Liftin_Lが制御範囲の限界値に相当する。

20

【0057】

なお、この可変バルブリフト機構50には、図示しないロック機構が設けられており、このロック機構により、リフト制御入力ULiftinが後述する故障時用値ULiftin_fsに設定されているときや、断線などによりECU2からのリフト制御入力ULiftinがリフトアクチュエータ60に入力されないときには、可変バルブリフト機構50の動作がロックされる。すなわち、可変バルブリフト機構50によるバルブリフトLiftinの変更が禁止され、バルブリフトLiftinが最小値Liftin_Lに保持される。なお、この最小値Liftin_Lは、カム位相Cainが後述する最遅角値Cain_Lに保持されかつ圧縮比Crが最低値Cr_Lに保持されている場合において、吸入空気量として所定の故障時用値が確保されるような値に設定されており、この所定の故障時用値は、停車中はアイドル運転やエンジン始動を適切に行うことができると同時に、走行中は低速走行状態を維持できるような吸入空気量の値に設定されている。

30

【0058】

また、エンジン3には、回動角センサ23が設けられており(図2参照)、この回動角センサ23は、短アーム65の回動角liftを検出して、それを表す検出信号をECU2に出力する。この短アーム65の回動角liftは、短アーム65が最大リフト位置と最小リフト位置との間のどの位置にあるかを表すものであり、ECU2は、この回動角liftに基づき、バルブリフトLiftinを算出する。本実施形態では、回動角センサ23が位置検出手段に相当する。

40

【0059】

次に、前述した可変カム位相機構70について説明する。この可変カム位相機構70は、以下に述べるように、カム位相Cainを電磁力により無段階に変更する電磁式のものであり、図8~図10に示すように、遊星歯車装置71および電磁ブレーキ72などを備えている。

【0060】

この遊星歯車装置71は、吸気カムシャフト5およびスプロケット5aの間で回転を伝達するものであり、リングギヤ71a、3つのプラネタリピニオンギヤ71b、サンギヤ71cおよびプラネタリキャリア71dを備えている。このリングギヤ71aは、電磁ブ

50

レーキ72の後述するアウトケーシング73に連結されており、これと同軸かつ一体に回転する。また、サンギヤ71cは、吸気カムシャフト5の先端部に同軸かつ一体に回転するように取り付けられている。

【0061】

一方、プラネタリキャリア71dは、ほぼ三角形に形成され、それらの3つの角部にシャフト71eがそれぞれ突設されている。プラネタリキャリア71dは、これらのシャフト71eを介してスプロケット5aに連結されており、それにより、スプロケット5aと同軸かつ一体に回転するように構成されている。

【0062】

また、各プラネタリピニオンギヤ71bは、プラネタリキャリア71dの各シャフト71eに回転自在に支持され、サンギヤ71cとリングギヤ71aの間に配置され、これらと常に噛み合っている。

10

【0063】

さらに、前述した電磁ブレーキ72は、ECU2により駆動されるものであり、アウトケーシング73、コア74、電磁石75およびリターンズプリング76を備えている。アウトケーシング73は、中空に形成され、その内部にコア74が相対的に回転自在に設けられている。コア74は、断面円形の基部74aと、これから放射状に延びる2つのアーム74b、74bを備えている。コア74は、その基部74aがプラネタリキャリア71dに取り付けられており、それにより、プラネタリキャリア71dと同軸かつ一体に回転する。

20

【0064】

一方、アウトケーシング73の内周面には、一对の最遅角ストッパ73aおよび最進角ストッパ73bを1組として、計2組のストッパ73a、73bが互いに間隔を存して設けられている。コア74の各アーム74bは、一对のストッパ73a、73b間に配置されており、それにより、コア74は、アーム74bが最遅角ストッパ73aに当接し、係止される最遅角位置(図10に実線で示す位置)と、最進角ストッパ73bに当接し、係止される最進角位置(図10に2点鎖線で示す位置)との間で、アウトケーシング73に対して相対的に回転可能に構成されている。本実施形態では、アーム74bが可動部に相当し、最遅角および最進角ストッパ73a、73bが規制部に相当する。

【0065】

30

また、リターンズプリング76は、圧縮された状態で、最進角ストッパ73bの一つと、これと対向するアーム74bとの間に掛け渡されており、このリターンズプリング76の付勢力Fsprにより、アーム74bは最遅角ストッパ73a側に付勢されている。

【0066】

一方、電磁石75は、リターンズプリング76と反対側の最進角ストッパ73bに取り付けられており、この最進角ストッパ73bの、アーム74bと対向する側の端部に面一の状態に設けられている。この電磁石75は、ECU2に電氣的に接続されており、ECU2からの位相制御入力Ucain(電圧信号)により励磁されると、その電磁力Fsolにより、対向するアーム74bを、リターンズプリング76の付勢力Fsprに抗しながら吸引し、最進角ストッパ73b側に回転させる。

40

【0067】

以上のように構成された可変カム位相機構70の動作について説明する。この可変カム位相機構70では、電磁ブレーキ72の電磁石75が励磁されていないときには、コア74は、リターンズプリング76の付勢力Fsprにより、そのアーム74bが最遅角ストッパ73aに当接する最遅角位置に保持され、それにより、カム位相Cainは、最遅角値Cain_L(図11参照)に保持される。

【0068】

その状態で、エンジン運転中のクランクシャフト3dの回転に伴って、スプロケット5aが図10の矢印Y1方向に回転すると、プラネタリキャリア71dおよびリングギヤ71aが一体に回転することにより、プラネタリピニオンギヤ71bが回転せず、サンギヤ

50

71cがプラネタリキャリア71dおよびリングギヤ71aと一体に回転する。すなわち、スプロケット5aと吸気カムシャフト5が一体に矢印Y1方向に回転する。

【0069】

また、コア74が最遅角位置に保持されている状態で、電磁石75がECU2からの位相制御入力Ucainにより励磁されると、電磁石75の電磁力Fsolにより、コア74のアーム74bが、リターンスプリング76の付勢力Fsprに抗しながら、最進角ストッパ73b側すなわち最進角位置側に吸引され、電磁力Fsolと付勢力Fsprとが互いに釣り合う位置まで回転する。言い換えれば、アウトケーシング73が、コア74に対して相対的に矢印Y1と逆方向に回転する。

【0070】

これにより、リングギヤ71aがプラネタリキャリア71dに対して相対的に図9の矢印Y2方向に回転し、それに伴い、プラネタリピニオンギヤ71bが図9の矢印Y3方向に回転することで、サンギヤ71cが図9の矢印Y4方向に回転する。その結果、吸気カムシャフト5が、スプロケット5aに対して相対的にスプロケットの回転方向(すなわち図9の矢印Y2と逆方向)に回転することになり、カム位相Cainが進角される。

【0071】

この場合、アウトケーシング73の回転がリングギヤ71a、プラネタリピニオンギヤ71bおよびサンギヤ71cを介して、吸気カムシャフト5に伝達されるので、遊星歯車装置70の増速作用により、吸気カムシャフト5は、スプロケット5aに対してアウトケーシング73の回転角度が増幅された角度分、回転することになる。すなわち、吸気カム5のカム位相Cainの進角量は、アウトケーシング73の回転角度を増幅した値になるように設定されている。これは、電磁石75の電磁力Fsolが作用可能な距離には限界があるので、それを補償し、カム位相Cainをより広範囲で変化させるためである。

【0072】

以上のように、可変カム位相機構70では、電磁力Fsolがカム位相Cainを進角させる方向に作用し、リターンスプリング76の付勢力Fsprがカム位相Cainを遅角させる方向に作用するとともに、電磁力Fsolが変化しない場合、カム位相Cainは、電磁力Fsolと付勢力Fsprとが互いに釣り合う値に保持される。また、コア74の回転範囲は、2つのストッパ73a, 73bにより、図10に実線で示す最遅角位置と図10に2点鎖線で示す最進角位置との間の範囲に規制され、それにより、カム位相Cainの制御範囲も、最遅角値Cain_Lと最進角値Cain_Hとの間の範囲に規制される。本実施形態では、最遅角値Cain_Lおよび最進角値Cain_Hが制御範囲の限界値に相当する。

【0073】

次に、以上のように構成された可変カム位相機構70の動作特性を説明する。図11に示すように、可変カム位相機構70においては、カム位相Cainは、電磁石75への位相制御入力Ucainが所定値Ucain1よりも小さい範囲では、最遅角値Cain_Lに保持され、所定値Ucain2よりも大きい範囲では、最進角値Cain_Hに保持される。また、Ucain1 < Ucain < Ucain2の範囲では、最遅角値Cain_L(例えばカム角0°)と最進角値Cain_H(例えばカム角55°)の間で連続的に変化し、それにより、吸気弁4のバルブタイミングは、図12に実線で示す最遅角タイミングと、図12に2点鎖線で示す最進角タイミングとの間で、無段階に変更される。なお、図示しないが、この可変カム位相機構70は、位相制御入力Ucainが増大する方向のときのカム位相Cainの値と、位相制御入力Ucainが減少する方向のときのカム位相Cainの値とが互いに若干異なる、いわゆるヒステリシス特性を有している。

【0074】

また、この可変カム位相機構70では、位相制御入力Ucainが後述する故障時用値Ucain_fsに設定されているとき、および断線などにより位相制御入力Ucainが電磁石75に入力されないときには、カム位相Cainが最遅角値Cain_Lに保持される。この最遅角値Cain_Lは、前述したように、バルブリフトLiftinが最

10

20

30

40

50

小値 $Liftin_L$ に保持され、かつ圧縮比 Cr が最低値 Cr_L に保持されている場合において、吸入空気量として所定の故障時用値を確保できるような値に設定されている。

【0075】

以上のように、本実施形態の可変式吸気動弁機構 40 では、可変バルブリフト機構 50 により、バルブリフト $Liftin$ が、前述した最大値 $Liftin_H$ と最小値 $Liftin_L$ との間で無段階に変更されるとともに、可変カム位相機構 70 により、カム位相 $Cain$ が、前述した最遅角値 $Cain_L$ と最進角値 $Cain_H$ との間で無段階に変更される。

【0076】

一方、吸気カムシャフト 5 の可変カム位相機構 70 と反対側の端部には、カム角センサ 24 (図 2 参照) が設けられている。このカム角センサ 24 は、例えばマグネットロータおよび MRE ピックアップで構成されており、吸気カムシャフト 5 の回転に伴い、パルス信号である CAM 信号を所定のカム角 (例えば 1°) ごとに ECU 2 に出力する。ECU 2 は、この CAM 信号および前述した CRK 信号に基づき、カム位相 $Cain$ を算出する。本実施形態では、カム角センサ 24 が位置検出手段に相当する。

【0077】

次に、図 13 を参照しながら、前述した可変圧縮比機構 80 について説明する。この可変圧縮比機構 80 は、ピストン 3b の上死点位置すなわちピストン 3b のストロークを変更することにより、圧縮比 Cr を所定の最高値 Cr_H と所定の最低値 Cr_L との間で無段階に変更するものであり、各気筒 3a のピストン 3b とクランクシャフト 3d の間に連結された複合リンク機構 81 と、この複合リンク機構 81 に連結された圧縮比アクチュエータ 85 などで構成されている。本実施形態では、可変圧縮比機構 80 が可動機構に相当する。

【0078】

複合リンク機構 81 は、上リンク 82、下リンク 83 および制御リンク 84 などで構成されている。上リンク 82 は、いわゆるコンロッドに相当するものであり、その上端部がピストンピン 3f を介してピストン 3b に回動自在に連結され、下端部がピン 83a を介して、下リンク 83 の一端部に回動自在に連結されている。

【0079】

下リンク 83 は、三角形形状のものであり、上リンク 82 との連結端部以外の 2 つの端部はそれぞれ、クランクピン 83b を介してクランクシャフト 3d に、制御ピン 83c を介して制御リンク 84 の一端部に回動自在に連結されている。以上の構成により、ピストン 3b の往復運動が、複合リンク機構 81 を介してクランクシャフト 3d に伝達され、クランクシャフト 3d の回転運動に変換される。

【0080】

また、圧縮比アクチュエータ 85 は、ECU 2 に接続されたモータと減速機構 (いずれも図示せず) を組み合わせたものであり、ECU 2 により後述するように駆動される。圧縮比アクチュエータ 85 は、ケーシング 85a、アーム 85b および制御軸 85c などを備えており、このケーシング 85a 内には、モータおよび減速機構が内蔵されている。アーム 85b の一端部は、減速機構の回転軸 85d の先端部に固定されており、それにより、アーム 85b は、モータの回転に伴い、回転軸 85d を中心として回動する。

【0081】

このアーム 85b の他端部には、制御軸 85c が回動自在に連結されている。制御軸 85c は、クランクシャフト 3d と同様に、図中の奥行き方向に延びており、この制御軸 85c には、制御リンク 84 の他端部が連結されている。

【0082】

さらに、アーム 85b の付近には、最低圧縮比ストッパ 86a および最高圧縮比ストッパ 86b が互いに間隔を存して設けられており、これらの 2 つのストッパ 86a, 86b により、アーム 85b は、その回動範囲が規制される。すなわち、アーム 85b は、EC

10

20

30

40

50

U 2 からの後述する圧縮比制御入力 U_{cr} によって、モータが正逆回転方向に駆動されると、最低圧縮比ストッパ 8 6 a に当接し、係止される最低圧縮比位置（図 1 3 (a) に示す位置）と、最高圧縮比ストッパ 8 6 b に当接し、係止される最高圧縮比位置（図 1 3 (b) に示す位置）との間の範囲内で回転する。本実施形態では、アーム 8 5 b が可動部に相当し、最低圧縮比および最高圧縮比ストッパ 8 6 a , 8 6 b が規制部に相当する。

【 0 0 8 3 】

以上の構成により、この可変圧縮比機構 8 0 では、アーム 8 5 b が最低圧縮比ストッパ 8 6 a 側にある状態で、圧縮比アクチュエータ 8 5 の回転軸 8 5 d が、図中の反時計回りに回転すると、それに伴ってアーム 8 5 b が図中の反時計回りに回転する。それにより、制御リンク 8 4 全体が押し下げられるのに伴い、下リンク 8 3 がクランクピン 8 3 b を中心として図中の時計回りに回転するとともに、上リンク 8 2 がピストンピン 3 f を中心として図中の反時計回りに回転する。その結果、ピストンピン 3 f、上ピン 8 3 a およびクランクピン 8 3 b が、最低圧縮比位置のときよりも直線状に近づくことで、ピストン 3 b が上死点に到達したときのピストンピン 3 f とクランクピン 8 3 b を結ぶ直線距離が長くなり（すなわちピストン 3 b のストロークが長くなり）、燃焼室の容積が小さくなることによって、圧縮比 C_r が高くなる。

【 0 0 8 4 】

一方、上記とは逆に、アーム 8 5 b が最高圧縮比ストッパ 8 6 b 側にある状態で、アクチュエータ 8 5 の回転軸 8 5 d が、図中の時計回りに回転すると、それに伴ってアーム 8 5 b が図中の時計回りに回転することで、制御リンク 8 4 全体が押し上げられる。これにより、上記とは全く逆の動作により、下リンク 8 3 が、反時計回りに回転するとともに、上リンク 8 2 が時計回りに回転する。その結果、ピストン 3 b が上死点に到達したときのピストンピン 3 f とクランクピン 8 3 b を結ぶ直線距離が短くなり（すなわちピストン 3 b のストロークが短くなり）、燃焼室の容積が大きくなることによって、圧縮比 C_r が低くなる。以上のように、この可変圧縮比機構 8 0 では、アーム 8 5 b が最低圧縮比ストッパ 8 6 a と最高圧縮比ストッパ 8 6 b との間で回転することにより、圧縮比 C_r が前述した最低値 C_{r_L} と最高値 C_{r_H} との間で無段階に変更される。本実施形態では、最低値 C_{r_L} および最高値 C_{r_H} が制御範囲の限界値に相当する。

【 0 0 8 5 】

なお、この可変圧縮比機構 8 0 には、図示しないロック機構が設けられており、このロック機構により、圧縮比制御入力 U_{cr} が後述する故障時値 U_{cr_fs} に設定されているとき、および断線などにより圧縮比制御入力 U_{cr} が圧縮比アクチュエータ 8 5 に入力されないときには、可変圧縮比機構 8 0 の動作がロックされる。すなわち、可変圧縮比機構 8 0 による圧縮比 C_r の変更が禁止され、圧縮比 C_r が最低値 C_{r_L} に保持される。この最低値 C_{r_L} は、前述したように、バルブリフト $Liftin$ が最小値 $Liftin_L$ に保持され、かつカム位相 $CaIn$ が最遅角値 $CaIn_L$ に保持されている場合において、吸入空気量として所定の故障時値を確保できるような値に設定されている。

【 0 0 8 6 】

また、圧縮比アクチュエータ 8 5 のケーシング 8 5 a 内には、制御角センサ 2 5 が設けられており（図 2 参照）、この制御角センサ 2 5 は、回転軸 8 5 d すなわちアーム 8 5 b の回転角 cr を表す検出信号を ECU 2 に出力する。ECU 2 は、この制御角センサ 2 5 の検出信号に基づき、圧縮比 C_r を算出する。本実施形態では、制御角センサ 2 5 が位置検出手段に相当する。

【 0 0 8 7 】

さらに、図 2 に示すように、ECU 2 には、アクセル開度センサ 2 6 およびイグニッション・スイッチ（以下「IG・SW」という）2 7 が接続されている。このアクセル開度センサ 2 6 は、車両の図示しないアクセルペダルの踏み込み量（以下「アクセル開度」という）AP を表す検出信号を ECU 2 に出力する。また、IG・SW 2 7 は、イグニッションキー（図示せず）操作により ON/OFF されるとともに、その ON/OFF 状態を

10

20

30

40

50

表す信号を ECU2 に出力する。

【0088】

ECU2 は、CPU、RAM、ROM および I/O インターフェース（いずれも図示せず）などからなるマイクロコンピュータで構成されており、前述した各種のセンサ 20 ~ 26 の検出信号および IG・SW 27 の出力信号などに応じて、エンジン 3 の運転状態を判別するとともに、各種の制御を実行する。具体的には、ECU2 は、後述するように、可変バルブリフト機構 50 および可変カム位相機構 70 を介して、バルブリフト Liftin およびカム位相 Cain をそれぞれ制御するとともに、可変圧縮比機構 80 を介して、圧縮比 Cr を制御する。

【0089】

なお、本実施形態では、ECU2 が、制御量算出手段、目標制御量設定手段、制御入力算出手段、外乱抑制パラメータ設定手段、判定手段および補正值算出手段に相当する。

【0090】

次に、本実施形態の制御装置 1 について説明する。この制御装置 1 は、バルブリフト制御を実行するバルブリフトコントローラ 100（図 14 参照）と、カム位相制御を実行するカム位相コントローラ 110（図 16 参照）と、圧縮比制御を実行する圧縮比コントローラ 120（図 18 参照）とを備えており、これらはいずれも、具体的には、ECU2 により構成されている。

【0091】

まず、バルブリフトコントローラ 100 について説明する。このバルブリフトコントローラ 100 は、可変バルブリフト機構 50 を制御するためのリフト制御入力 Uliftin を算出するものであり、図 14 に示すように、切換関数設定パラメータ算出部 101 および 2 自由度スライディングモードコントローラ（以下「2 自由度 SLD コントローラ」という）102 を備えている。

【0092】

この切換関数設定パラメータ算出部 101 では、バルブリフト Liftin に応じて、図 15 に示すテーブルを検索することにより、切換関数設定パラメータ POLE_lf が算出される。同図 15 において、POLE_lf1 は、値 0 に近い負の所定値（例えば値 - 0.2）に設定され、POLE_lf2 は、値 - 1 に近い負の所定値（例えば値 - 0.99）に設定されている。

【0093】

また、同図において、Liftin_LL, Liftin_ML, Liftin_VPL, Liftin_VPH, Liftin_MH, Liftin_HH は、下式（1）、（2）が成立するように設定されたバルブリフト Liftin の所定値である。Liftin_LL, Liftin_HH はそれぞれ、所定の最小ホールド値および所定の最大ホールド値であり、前述したリフトアクチュエータ 60 の短アーム 65 を最小リフトストッパ 67a および最大リフトストッパ 67b に当接した状態に保持するために用いられる。また、Liftin_VPL, Liftin_VPH は、所定のしきい値であり、下式（2）の Dliftin_vpole は、正の所定値である。

【0094】

【数 1】

$$\text{Liftin}_{LL} < \text{Liftin}_L < \text{Liftin}_{ML} < \text{Liftin}_{VPL} < \text{Liftin}_{VPH} < \text{Liftin}_{MH} < \text{Liftin}_H < \text{Liftin}_{HH} \dots \dots (1)$$

$$\text{Liftin}_H - \text{Liftin}_{VPH} = \text{Liftin}_{VPL} - \text{Liftin}_L = \text{Dliftin}_{vpole} \dots \dots (2)$$

【0095】

このテーブルでは、切換関数設定パラメータ POLE_lf は、Liftin Lift

10

20

30

40

50

t_{in_ML} , $Liftin_MH$ $Liftin$ の範囲では、所定値 $POLE_lf2$ に設定され、 $Liftin_VPL$ $Liftin$ $Liftin_VPH$ の範囲では、所定値 $POLE_lf1$ に設定されている。また、 $Liftin_ML < Liftin < Liftin_VPL$ の範囲では、切換関数設定パラメータ $POLE_lf$ は、バルブリフト $Liftin$ が大きいほど、より大きい値に設定され、 $Liftin_VPH < Liftin < Liftin_MH$ の範囲では、バルブリフト $Liftin$ が大きいほど、より小さい値に設定されている。切換関数設定パラメータ $POLE_lf$ が以上のように設定されている理由については後述する。

【0096】

本実施形態では、バルブリフトコントローラ100が制御入力算出手段に相当し、切換関数設定パラメータ算出部101が外乱抑制パラメータ設定手段に相当し、切換関数設定パラメータ $POLE_lf$ が外乱抑制パラメータおよび応答指定パラメータに相当する。さらに、最小および最大ホールド値 $Liftin_LL$, $Liftin_HH$ が、制御範囲外の所定値に相当し、しきい値 $Liftin_VPL$, $Liftin_VPH$ が限界値付近の所定値に相当する。

10

【0097】

一方、2自由度 SLD コントローラ102では、リフト制御入力 U_{liftin} が、バルブリフト $Liftin$ および目標バルブリフト $Liftin_cmd$ に基づき、以下の式(3)~(10)に示す目標値フィルタ型2自由度スライディングモード制御アルゴリズムにより算出される。すなわち、リフト制御入力 U_{liftin} は、バルブリフト $Liftin$ を目標バルブリフト $Liftin_cmd$ に追従・収束させるための値として算出される。以下の式(3)~(10)において、記号(k)付きの各離散データは、後述する所定の制御周期 T でサンプリング(または算出)されたデータであることを示しており、記号 k は各離散データのサンプリングサイクルの順番を表している。例えば、記号 k は今回のサンプリングタイミングでサンプリングされた値であることを、記号 $k-1$ は前回のサンプリングタイミングでサンプリングされた値であることをそれぞれ示している。この点は、以下の離散データにおいても同様である。なお、以下の説明では、各離散データにおける記号(k)を適宜省略する。

20

【0098】

$$Liftin_cmd_f(k) = -POLE_f_lf \cdot Liftin_cmd_f(k-1) + (1 + POLE_f_lf) \cdot Liftin_cmd(k) \quad \dots\dots (3)$$

30

$$U_{liftin}(k) = U_{eq_lf}(k) + U_{rch_lf}(k) + U_{adp_lf}(k) + U_{nl_lf}(k) \quad \dots\dots (4)$$

【0099】

【数2】

$$U_{eq_lf}(k) = \frac{1}{b_{1_lf}} \{ (1 - a_{1_lf} - POLE_lf) \cdot Liftin(k) + (POLE_lf - a_{2_lf}) \cdot Liftin(k-1) - b_{2_lf} \cdot U_{liftin}(k-1) + Liftin_cmd_f(k) + (POLE_lf - 1) \cdot Liftin_cmd_f(k-1) - POLE_lf \cdot Liftin_cmd_f(k-2) \} \quad \dots\dots (5)$$

$$U_{rch_lf}(k) = - \frac{K_{rch_lf}}{b_{1_lf}} \cdot \sigma_lf(k) \quad \dots\dots (6)$$

$$U_{adp_lf}(k) = - \frac{K_{adp_lf}}{b_{1_lf}} \cdot \sum_{i=0}^k \sigma_lf(i) \quad \dots\dots (7)$$

$$U_{nl_lf}(k) = - \frac{K_{nl_lf}}{b_{1_lf}} \cdot \text{sgn}(\sigma_lf(k)) \quad \dots\dots (8)$$

【0100】

$$_lf(k) = E_lf(k) + POLE_lf \cdot E_lf(k-1) \quad \dots\dots (9)$$

$$E_lf(k) = Liftin(k) - Liftin_cmd_f(k) \quad \dots\dots (10)$$

【0101】

この制御アルゴリズムでは、まず、式(3)に示す目標値フィルタアルゴリズムすなわち一次遅れフィルタアルゴリズムにより、目標バルブリフトのフィルタ値 $Liftin_cmd_f$ が算出される。同式(3)において、 $POLE_lf$ は、目標値フィルタ設定パラメータであり、 $-1 < POLE_lf < 0$ の関係が成立する値に設定される。

【0102】

次いで、式(4)～(10)に示すスライディングモード制御アルゴリズムにより、リフト制御入力 U_{liftin} が算出される。すなわち、式(4)に示すように、リフト制御入力 U_{liftin} は、等価制御入力 U_{eq_lf} 、到達則入力 U_{rch_lf} 、適応則入力 U_{adp_lf} および非線形入力 U_{nl_lf} の総和として算出される。

【0103】

等価制御入力 U_{eq_lf} は、式(5)により算出される。同式(5)において、 a_{1_lf} 、 a_{2_lf} 、 b_{1_lf} 、 b_{2_lf} は、後述する式(11)のプラントモデルのモデルパラメータを示しており、所定値に設定されている。

【0104】

また、到達則入力 U_{rch_lf} は、式(6)により算出される。同式(6)において、 K_{rch_lf} は、所定の到達則ゲインを表しており、 $_lf$ は、式(9)のように定義される切換関数である。同式(9)の E_lf は、式(10)により算出される追従誤差(偏差)である。

【0105】

さらに、適応則入力 U_{adp_lf} は、式(7)により算出される。同式(7)において、 K_{adp_lf} は、所定の適応則ゲインを表している。また、非線形入力 U_{nl_lf} は、式(8)により算出される。同式(8)において、 K_{nl_lf} は、所定の非線形ゲインを表しているとともに、 $\text{sgn}(_lf)$ は、符号関数を表しており、その値は、 $_lf > 0$ のときには $\text{sgn}(_lf) = 1$ となり、 $_lf < 0$ のときには $\text{sgn}(_lf) = -1$ となる(なお、 $_lf = 0$ のときに、 $\text{sgn}(_lf) = 0$ と設定してもよい)。

10

20

30

40

50

【0106】

以上の式(3)～(10)は以下のように導出される。すなわち、プラントを、リフト制御入力 U_{liftin} を入力とし、バルブリフト L_{iftin} を制御量とする系として定義するとともに、離散時間系モデルとしてモデル化すると、下式(11)が得られる。この式(11)のモデルに基づき、バルブリフト L_{iftin} が目標バルブリフト L_{iftin_cmd} に追従・収束するように、目標値フィルタ型2自由度スライディングモード制御理論を適用すると、前述した式(3)～(10)が導出される。

$$Liftin(k+1) = a1_lf \cdot Liftin(k) + a2_lf \cdot Liftin(k-1) + b1_lf \cdot Uliftin(k) + b2_lf \cdot Uliftin(k-1) \quad \dots\dots (11)$$

【0107】

以上の2自由度SLDコントローラ100の制御アルゴリズムでは、切換関数設定パラメータ $POLE_lf$ を $-1 < POLE_lf < 0$ の範囲内で変更することにより、追従誤差 E_lf の値0への収束速度および収束挙動を変更することができる。この点を図16を参照しながら具体的に説明する。同図は、ステップ状の外乱が可変バルブリフト機構50に入力される場合において、切換関数設定パラメータ $POLE_lf$ の値を3つの所定値 $POLE_ref1 \sim POLE_ref3$ に変化させた場合の追従誤差 E_lf の変化を示している。また、所定値 $POLE_ref1$ は、値0に近い負値(例えば -0.2)に、 $POLE_ref2$ は、値0と値 -1 の中間の値(例えば -0.5)に、 $POLE_ref3$ は、値 -1 に近い負値(例えば -0.99)にそれぞれ設定されている。

【0108】

同図を参照すると明らかなように、切換関数設定パラメータ $POLE_lf$ が値0に近いほど、追従誤差 E_lf が値0に収束するのに要する時間が短くなるとともに、追従誤差 E_lf の最大値がより小さくなり、外乱抑制能力が高くなる。言い換えれば、切換関数設定パラメータ $POLE_lf$ が値 -1 に近いほど、追従誤差 E_lf が値0に収束するのに要する時間が長くなるとともに、追従誤差 E_lf の最大値がより大きくなり(すなわち、バルブリフト L_{iftin} の目標バルブリフト L_{iftin_cmd} に対する乖離度合いが大きくなり)、外乱抑制能力が小さくなる。また、リフト制御入力 U_{liftin} による可変バルブリフト機構50の制御中、切換関数設定パラメータ $POLE_lf$ の値を変更した場合でも、スライディングモード制御アルゴリズムの特性により、可変バルブリフト機構50における短アーム65の回動速度は、低下することなく、変更前の値に保たれる。

【0109】

以上の制御アルゴリズムの特性を利用し、可変バルブリフト機構50において、短アーム65が最小および最大リフトストッパ67a, 67bに当接する際の衝撃力を低減するために、本実施形態では、切換関数設定パラメータ $POLE_lf$ は、前述した図15に示すテーブルのように設定されている。すなわち、バルブリフト L_{iftin} が、減少側に制御されている場合において、最小値 L_{iftin_L} 付近のしきい値 L_{iftin_VPL} を下回ったときには、バルブリフト L_{iftin} が小さいほど、切換関数設定パラメータ $POLE_lf$ が、より所定値 $POLE_lf2$ に近い値に設定される。すなわち、切換関数設定パラメータ $POLE_lf$ が追従誤差 E_lf の増大化を許容し、外乱抑制能力がより小さくなるように設定される。その結果、リフトアクチュエータ60における短アーム65が、切換関数設定パラメータ $POLE_lf$ の設定変更前の回動速度を保ちながら、追従誤差 E_lf の増減に対する短アーム65の駆動力の増減感度が設定変更前よりも低い状態(すなわち追従誤差 E_lf の増大に対する短アーム65の駆動力の増大度合いがより小さい状態)で、最小リフトストッパ67a側に駆動され、それにより、短アーム65が最小リフトストッパ67aに当接する際の衝撃力を低減することができる。

【0110】

一方、バルブリフト L_{iftin} が、増大側に制御されている場合において、最大値 L

liftin__H付近のしきい値liftin__VPHを上回ったときにも、上記と同様に、切換関数設定パラメータPOLE__lfが、バルブリフトliftinが大きいほど、より所定値POLE__lf2に近い値に設定される。すなわち、切換関数設定パラメータPOLE__lfが、追従誤差E__lfの増大化を許容し、外乱抑制能力がより小さくなるような値に設定される。その結果、リフトアクチュエータ60における短アーム65が、切換関数設定パラメータPOLE__lfの設定変更前の回転速度を保ちながら、追従誤差E__lfの増減に対する短アーム65の駆動力の増減感度が設定変更前よりも低い状態で、最大リフトストッパ67b側に駆動され、それにより、短アーム65が最大リフトストッパ67bに当接する際の衝撃力を低減することができる。

【0111】

10

また、liftin__VPL liftin liftin__VPHの範囲では、切換関数設定パラメータPOLE__lfが値0に近い所定値POLE__lf1に設定され、それにより、バルブリフトliftinの目標バルブリフトliftin__cmdへの追従性、良好な収束挙動および外乱抑制能力をいずれも高いレベルで確保することができる。

【0112】

本実施形態では、バルブリフトliftinが制御量に、目標バルブリフトliftin__cmdが目標制御量に、リフト制御入力Uliftinが制御入力にそれぞれ相当する。

【0113】

なお、図15のテーブルにおいて、しきい値liftin__VPL, liftin__VPHを、 $liftin__VPL - liftin__L$ ($liftin__H - liftin__VPH$)となるような値に設定してもよい。また、切換関数設定パラメータPOLE__lfの算出において、バルブリフトliftinに代えて、目標バルブリフトliftin__cmdに応じて、図15のテーブルを検索するように構成してもよい。

20

【0114】

次に、カム位相コントローラ110について説明する。このカム位相コントローラ110は、可変カム位相機構70を制御するための位相制御入力Ucainを算出するものであり、図17に示すように、切換関数設定パラメータ算出部111および2自由度SLDコントローラ112を備えている。

【0115】

30

この切換関数設定パラメータ算出部111では、カム位相Cainに応じて、図18に示すテーブルを検索することにより、切換関数設定パラメータPOLE__caが算出される。同図において、POLE__ca1は、値0に近い負の所定値(例えば値-0.2)に設定され、POLE__ca2は、値-1に近い負の所定値(例えば値-0.99)に設定されている。

【0116】

また、Cain__LL, Cain__ML, Cain__VPL, Cain__VPH, Cain__MH, Cain__HHは、下式(12), (13)が成立するように設定されたカム位相Cainの所定値である。Cain__LL, Cain__HHはそれぞれ、所定の最遅角ホールド値および最進角ホールド値であり、前述した電磁ブレーキ72のアーム74bを最遅角ストッパ73aおよび最進角ストッパ73bに当接した状態に保持するために用いられる。また、Cain__VPL, Cain__VPHは、所定のしきい値であり、下式(13)のDcain__vpoleは、正の所定値である。

40

【0117】

【数3】

$$Cain_LL < Cain_L < Cain_ML < Cain_VPL < Cain_VPH < Cain_MH < Cain_H < Cain_HH$$

$$\dots\dots (12)$$

$$Cain_H - Cain_VPH = Cain_VPL - Cain_L = Dcain_vpole$$

$$\dots\dots (13)$$

【0118】

このテーブルでは、切換関数設定パラメータPOLE__caは、Cain Cain__ML, Cain__MH Cainの範囲では、所定値POLE__ca2に設定され、Cain__VPL Cain Cain__VPHの範囲では、所定値POLE__ca1に設定されている。また、Cain__ML < Cain < Cain__VPLの範囲では、切換関数設定パラメータPOLE__caは、カム位相Cainが大きいほど、より大きい値に設定され、Cain__VPH < Cain < Cain__MHの範囲では、カム位相Cainが大きいほど、より小さい値に設定されている。

10

【0119】

図18のテーブルにおいて、以上のように切換関数設定パラメータPOLE__caが設定されている理由は、前述した図15のテーブルにおける切換関数設定パラメータPOLE__lfの設定理由と同じであり、その詳細については後述する。

20

【0120】

本実施形態では、カム位相コントローラ110が制御入力算出手段に相当し、切換関数設定パラメータ算出部111が外乱抑制パラメータ設定手段に相当し、切換関数設定パラメータPOLE__caが外乱抑制パラメータおよび応答指定パラメータに相当する。さらに、最遅角および最進角ホールド値Cain__LL, Cain__HHが、制御範囲外の所定値に相当し、しきい値Cain__VPL, Cain__VPHが限界値付近の所定値に相当する。

【0121】

一方、2自由度SLDコントローラ112では、位相制御入力Ucainが、カム位相Cainおよび目標カム位相Cain__cmdに基づき、以下の式(14)~(21)に示す目標値フィルタ型2自由度スライディングモード制御アルゴリズムにより算出される。すなわち、位相制御入力Ucainは、カム位相Cainを目標カム位相Cain__cmdに追従・収束させるための値として算出される。

30

【0122】

$$Cain_cmd_f(k) = -POLE_f_ca \cdot Cain_cmd_f(k-1) + (1 + POLE_f_ca) \cdot Cain_cmd(k) \dots\dots (14)$$

$$Ucain(k) = Ueq_ca(k) + Urch_ca(k) + Uadp_ca(k) + Unl_ca(k) \dots\dots (15)$$

【0123】

【数4】

$$U_{eq_ca}(k) = \frac{1}{b_{1_ca}} \{ (1 - a_{1_ca} - POLE_ca) \cdot C_{ain}(k) + (POLE_ca - a_{2_ca}) \cdot C_{ain}(k-1) - b_{2_ca} \cdot U_{cain}(k-1) + C_{ain_cmd_f}(k) + (POLE_ca - 1) \cdot C_{ain_cmd_f}(k-1) - POLE_ca \cdot C_{ain_cmd_f}(k-2) \} \quad \dots\dots (16)$$

$$U_{rch_ca}(k) = - \frac{K_{rch_ca}}{b_{1_ca}} \cdot \sigma_{ca}(k) \quad \dots\dots (17)$$

$$U_{adp_ca}(k) = - \frac{K_{adp_ca}}{b_{1_ca}} \cdot \sum_{i=0}^k \sigma_{ca}(i) \quad \dots\dots (18)$$

$$U_{nl_ca}(k) = - \frac{K_{nl_ca}}{b_{1_ca}} \cdot \text{sgn}(\sigma_{ca}(k)) \quad \dots\dots (19)$$

【0124】

$$E_{ca}(k) = E_{ca}(k) + POLE_ca \cdot E_{ca}(k-1) \quad \dots\dots (20)$$

$$E_{ca}(k) = C_{ain}(k) - C_{ain_cmd_f}(k) \quad \dots\dots (21)$$

【0125】

この制御アルゴリズムでは、まず、式(14)に示す目標値フィルタアルゴリズムすなわち一次遅れフィルタアルゴリズムにより、目標カム位相のフィルタ値 $C_{ain_cmd_f}$ が算出される。同式(14)において、 $POLE_f_ca$ は、目標値フィルタ設定パラメータであり、 $-1 < POLE_f_ca < 0$ の関係が成立する値に設定される。

【0126】

次いで、式(15)～(21)に示すスライディングモード制御アルゴリズムにより、位相制御入力 U_{cain} が算出される。すなわち、式(15)に示すように、位相制御入力 U_{cain} は、等価制御入力 U_{eq_ca} 、到達則入力 U_{rch_ca} 、適応則入力 U_{adp_ca} および非線形入力 U_{nl_ca} の総和として算出される。

【0127】

この等価制御入力 U_{eq_ca} は、式(16)により算出される。同式(16)において、 a_{1_ca} 、 a_{2_ca} 、 b_{1_ca} 、 b_{2_ca} は、後述する式(22)のプラントモデルのモデルパラメータを示しており、所定値に設定されている。

【0128】

また、到達則入力 U_{rch_ca} は、式(17)により算出される。同式(17)において、 K_{rch_ca} は、所定の到達則ゲインを表しており、 σ_{ca} は、式(20)のように定義される切換関数である。同式(20)の E_{ca} は、式(21)により算出される追従誤差(偏差)である。

【0129】

さらに、適応則入力 U_{adp_ca} は、式(18)により算出される。同式(18)において、 K_{adp_ca} は、所定の適応則ゲインを表している。また、非線形入力 U_{nl_ca} は、式(19)により算出される。同式(19)において、 K_{nl_ca} は、所定の非線形ゲインを表しているとともに、 $\text{sgn}(\sigma_{ca})$ は、符号関数を表しており、その値は、 $\sigma_{ca} > 0$ のときには $\text{sgn}(\sigma_{ca}) = 1$ となり、 $\sigma_{ca} < 0$ のときには $\text{sgn}(\sigma_{ca}) = -1$ となる(なお、 $\sigma_{ca} = 0$ のときに、 $\text{sgn}(\sigma_{ca}) = 0$ と設定してもよい)。

【0130】

10

20

30

40

50

以上の式(14)~(21)は、前述した式(3)~(10)の導出手法と同様の手法により導出される。すなわち、プラントを、位相制御入力 U_{cain} を入力とし、カム位相 C_{ain} を制御量とする系として定義するとともに、離散時間系モデルとしてモデル化すると、下式(22)が得られる。この式(22)のモデルに基づき、カム位相 C_{ain} が目標カム位相 C_{ain_cmd} に収束するように、目標値フィルタ型2自由度スライディングモード制御理論を適用すると、前述した式(14)~(21)が導出される。

$$C_{ain}(k+1) = a1_ca \cdot C_{ain}(k) + a2_ca \cdot C_{ain}(k-1) \\ + b1_ca \cdot U_{cain}(k) + b2_ca \cdot U_{cain}(k-1) \quad \dots\dots (22)$$

【0131】

以上の2自由度SLDコントローラ112の制御アルゴリズムでは、前述したように、切換関数設定パラメータ $POLE_ca$ を $-1 < POLE_ca < 0$ の範囲内で変更することで、外乱抑制能力を変更することができる。したがって、前述した図18のテーブルでは、電磁ブレーキ72のアーム74bが最遅角および最進角ストッパ73a, 73bに当接する際の衝撃力を低減するために、切換関数設定パラメータ $POLE_ca$ が前述したように設定されている。すなわち、カム位相 C_{ain} を最遅角値 C_{ain_L} 側に制御している場合において、最遅角値 C_{ain_L} 付近のしきい値 C_{ain_VPL} よりも遅角側の値になったときには、カム位相 C_{ain} が遅角側の値であるほど、切換関数設定パラメータ $POLE_ca$ が、より所定値 $POLE_ca2$ に近い値に設定される。すなわち、切換関数設定パラメータ $POLE_ca$ が、追従誤差 E_ca の増大化を許容し、外乱抑制能力がより小さくなるような値に設定される。それにより、電磁ブレーキ72のアーム74bが、切換関数設定パラメータ $POLE_ca$ の設定変更前の回転速度を保ちながら、追従誤差 E_ca の増減に対するアーム74bの駆動力の増減感度が設定変更前よりも低い状態で、最遅角ストッパ73a側に駆動され、その結果、アーム74bが最遅角ストッパ73aに当接する際の衝撃力を低減することができる。

【0132】

一方、上記とは逆に、カム位相 C_{ain} を進角側に制御している場合において、最進角値 C_{ain_H} 付近のしきい値 C_{ain_VPH} よりも進角側の値になったときにも、切換関数設定パラメータ $POLE_ca$ が、より所定値 $POLE_ca2$ に近い値に設定される。すなわち、切換関数設定パラメータ $POLE_ca$ が、追従誤差 E_ca の増大化を許容し、外乱抑制能力がより小さくなるような値に設定される。それにより、電磁ブレーキ72のアーム74bが、切換関数設定パラメータ $POLE_ca$ の設定変更前の回転速度を保ちながら、追従誤差 E_ca の増減に対するアーム74bの駆動力の増減感度が設定変更前よりも低い状態で、最進角ストッパ73b側に駆動され、その結果、アーム74bが最進角ストッパ73bに当接する際の衝撃力を低減することができる。

【0133】

また、 C_{ain_VPL} C_{ain} C_{ain_VPH} の範囲では、切換関数設定パラメータ $POLE_ca$ が値0に近い所定値 $POLE_ca1$ に設定されることにより、カム位相 C_{ain} の目標カム位相 C_{ain_cmd} への追従性、良好な収束挙動および外乱抑制能力をいずれも高いレベルで確保することができる。

【0134】

本実施形態では、カム位相 C_{ain} が制御量に、目標カム位相 C_{ain_cmd} が目標制御量に、位相制御入力 U_{cain} が制御入力にそれぞれ相当する。

【0135】

なお、図18のテーブルにおいて、しきい値 C_{ain_VPL} , C_{ain_VPH} を、 $C_{ain_VPL} - C_{ain_L}$ $C_{ain_H} - C_{ain_VPH}$ となるような値に設定してもよい。また、切換関数設定パラメータ $POLE_ca$ の算出において、カム位相 C_{ain} に代えて、目標カム位相 C_{ain_cmd} に応じて、図18のテーブルを検索するように構成してもよい。

【0136】

次に、圧縮比コントローラ120について説明する。この圧縮比コントローラ120は

10

20

30

40

50

、可変圧縮比機構 80 を制御するための圧縮比制御入力 U_{cr} を算出するものであり、図 19 に示すように、切換関数設定パラメータ算出部 121 および 2 自由度 SLD コントローラ 122 を備えている。

【0137】

この切換関数設定パラメータ算出部 121 では、圧縮比 Cr に応じて、図 20 に示すテーブルを検索することにより、切換関数設定パラメータ $POLE_{cr}$ が算出される。同図において、 $POLE_{cr1}$ は、値 0 に近い負の所定値（例えば値 -0.2）に設定され、 $POLE_{cr2}$ は、値 -1 に近い負の所定値（例えば値 -0.99）に設定されている。

【0138】

また、 Cr_{LL} 、 Cr_{ML} 、 Cr_{VPL} 、 Cr_{VPH} 、 Cr_{MH} 、 Cr_{HH} は、下式 (23)、(24) が成立するように設定された圧縮比 Cr の所定値である。 Cr_{LL} 、 Cr_{HH} はそれぞれ、所定の最低ホールド値および最高ホールド値であり、前述した圧縮比アクチュエータ 85 のアーム 85b を最低圧縮比ストッパ 86a および最高圧縮比ストッパ 86b に当接した状態に保持するために用いられる。また、 Cr_{VPL} 、 Cr_{VPH} は、所定のしきい値であり、下式 (24) の Dcr_{vpole} は、正の所定値である。

【0139】

【数 5】

$$Cr_{LL} < Cr_L < Cr_{ML} < Cr_{VPL} < Cr_{VPH} < Cr_{MH} < Cr_H < Cr_{HH} \quad \dots\dots (23)$$

$$Cr_H - Cr_{VPH} = Cr_{VPL} - Cr_L = Dcr_{vpole} \quad \dots\dots (24)$$

【0140】

このテーブルでは、切換関数設定パラメータ $POLE_{cr}$ は、 Cr_{ML} 、 Cr_{MH} 、 Cr の範囲では、所定値 $POLE_{cr2}$ に設定され、 Cr_{VPL} 、 Cr_{VPH} の範囲では、所定値 $POLE_{cr1}$ に設定されている。また、 $Cr_{ML} < Cr < Cr_{VPL}$ の範囲では、切換関数設定パラメータ $POLE_{cr}$ は、圧縮比 Cr が高いほど、より大きい値に設定され、 $Cr_{VPH} < Cr < Cr_{MH}$ の範囲では、圧縮比 Cr が高いほど、より小さい値に設定されている。

【0141】

図 20 のテーブルにおいて、以上のように切換関数設定パラメータ $POLE_{cr}$ が設定されている理由は、前述した図 15 のテーブルにおける切換関数設定パラメータ $POLE_{lf}$ の設定理由と同じであり、その詳細については後述する。

【0142】

本実施形態では、圧縮比コントローラ 120 が制御入力算出手段に相当し、切換関数設定パラメータ算出部 121 が外乱抑制パラメータ設定手段に相当し、切換関数設定パラメータ $POLE_{cr}$ が外乱抑制パラメータおよび応答指定パラメータに相当する。さらに、最低および最高ホールド値 Cr_{LL} 、 Cr_{HH} が、制御範囲外の所定値に相当し、しきい値 Cr_{VPL} 、 Cr_{VPH} が限界値付近の所定値に相当する。

【0143】

一方、2 自由度 SLD コントローラ 122 では、圧縮比制御入力 U_{cr} が、圧縮比 Cr および目標圧縮比 Cr_{cmd} に基づき、以下の式 (25) ~ (32) に示す目標値フィルタ型 2 自由度スライディングモード制御アルゴリズムにより算出される。すなわち、圧縮比制御入力 U_{cr} は、圧縮比 Cr を目標圧縮比 Cr_{cmd} に追従・収束させるための値として算出される。

【0144】

$$Cr_{cmd_f}(k) = -POLE_f_cr \cdot Cr_{cmd_f}(k-1)$$

10

20

30

40

50

$$+ (1 + \text{POLE_f_cr}) \cdot \text{Cr_cmd}(k) \quad \dots\dots (25)$$

$$\text{Ucr}(k) = \text{Ueq_cr}(k) + \text{Urch_cr}(k) + \text{Uadp_cr}(k) + \text{Unl_cr}(k) \quad \dots\dots (26)$$

【 0 1 4 5 】

【 数 6 】

$$\begin{aligned} \text{Ueq_cr}(k) = \frac{1}{b1_cr} \{ & (1 - a1_cr - \text{POLE_cr}) \cdot \text{Cr}(k) \\ & + (\text{POLE_cr} - a2_cr) \cdot \text{Cr}(k-1) - b2_cr \cdot \text{Ucr}(k-1) \\ & + \text{Cr_cmd_f}(k) + (\text{POLE_cr} - 1) \cdot \text{Cr_cmd_f}(k-1) \\ & - \text{POLE_cr} \cdot \text{Cr_cmd_f}(k-2) \} \quad \dots\dots (27) \end{aligned}$$

10

$$\text{Urch_cr}(k) = - \frac{\text{Krch_cr}}{b1_cr} \cdot \sigma_cr(k) \quad \dots\dots (28)$$

$$\text{Uadp_cr}(k) = - \frac{\text{Kadp_cr}}{b1_cr} \cdot \sum_{i=0}^k \sigma_cr(i) \quad \dots\dots (29)$$

$$\text{Unl_cr}(k) = - \frac{\text{Knl_cr}}{b1_cr} \cdot \text{sgn}(\sigma_cr(k)) \quad \dots\dots (30)$$

20

【 0 1 4 6 】

$$_cr(k) = E_cr(k) + \text{POLE_cr} \cdot E_cr(k-1) \quad \dots\dots (31)$$

$$E_cr(k) = \text{Cr}(k) - \text{Cr_cmd_f}(k) \quad \dots\dots (32)$$

【 0 1 4 7 】

この制御アルゴリズムでは、まず、式(25)に示す目標値フィルタアルゴリズムすなわち一次遅れフィルタアルゴリズムにより、目標圧縮比のフィルタ値 Cr_cmd_f が算出される。同式(25)において、 POLE_f_cr は、目標値フィルタ設定パラメータであり、 $-1 < \text{POLE_f_cr} < 0$ の関係が成立する値に設定される。

30

【 0 1 4 8 】

次いで、式(26)～(32)に示すスライディングモード制御アルゴリズムにより、圧縮比制御入力 Ucr が算出される。すなわち、式(26)に示すように、圧縮比制御入力 Ucr は、等価制御入力 Ueq_cr 、到達則入力 Urch_cr 、適応則入力 Uadp_cr および非線形入力 Unl_cr の総和として算出される。

【 0 1 4 9 】

この等価制御入力 Ueq_cr は、式(27)により算出される。同式(27)において、 $a1_cr$ 、 $a2_cr$ 、 $b1_cr$ 、 $b2_cr$ は、後述する式(33)のプラントモデルのモデルパラメータを示しており、所定値に設定されている。

40

【 0 1 5 0 】

また、到達則入力 Urch_cr は、式(28)により算出される。同式(28)において、 Krch_cr は、所定の到達則ゲインを表しており、 σ_cr は、式(31)のように定義される切換関数である。同式(31)の E_cr は、式(32)により算出される追従誤差(偏差)である。

【 0 1 5 1 】

さらに、適応則入力 Uadp_cr は、式(29)により算出される。同式(29)において、 Kadp_cr は、所定の適応則ゲインを表している。また、非線形入力 Unl_cr は、式(30)により算出される。同式(30)において、 Knl_cr は、所定の非線形ゲインを表しているとともに、 $\text{sgn}(\sigma_cr)$ は、符号関数を表しており、

50

その値は、 $u_{cr} = 0$ のときには $sgn(u_{cr}) = 1$ となり、 $u_{cr} < 0$ のときには $sgn(u_{cr}) = -1$ となる（なお、 $u_{cr} = 0$ のときに、 $sgn(u_{cr}) = 0$ と設定してもよい）。

【0152】

以上の式(25)～(32)は、前述した式(3)～(10)の導出手法と同様の手法により導出される。すなわち、プラントを、圧縮比制御入力 u_{cr} を入力とし、圧縮比 C_r を制御量とする系として定義するとともに、離散時間系モデルとしてモデル化すると、下式(33)が得られる。この式(33)のモデルに基づき、圧縮比 C_r が目標圧縮比 C_{r_cmd} に収束するように、目標値フィルタ型2自由度スライディングモード制御理論を適用すると、前述した式(25)～(32)が導出される。

10

$$C_r(k+1) = a1_{cr} \cdot C_r(k) + a2_{cr} \cdot C_r(k-1) + b1_{cr} \cdot u_{cr}(k) + b2_{cr} \cdot u_{cr}(k-1) \dots\dots (33)$$

【0153】

以上の2自由度SLDコントローラ122の制御アルゴリズムでは、前述したように、切換関数設定パラメータ $POLE_{cr}$ を $-1 < POLE_{cr} < 0$ の範囲内で変更することにより、外乱抑制能力を変更することができる。したがって、本実施形態では、可変圧縮比機構80において、圧縮比アクチュエータ85のアーム85bが最低圧縮比ストッパ86aおよび最高圧縮比ストッパ86bに当接する際の衝撃力を低減するために、切換関数設定パラメータ $POLE_{cr}$ が、前述した図20のテーブルのように設定されている。すなわち、圧縮比 C_r が、最低値 C_{r_L} 側に制御されている場合において、最低値 C_{r_L} 付近のしきい値 C_{r_VPL} よりも最低値 C_{r_L} 側の値になったときには、切換関数設定パラメータ $POLE_{cr}$ が、圧縮比 C_r が最低値 C_{r_L} 側の値であるほど、より所定値 $POLE_{cr2}$ に近い値に設定される。すなわち、切換関数設定パラメータ $POLE_{cr}$ が、追従誤差 E_{cr} の増大化を許容し、外乱抑制能力がより小さくなるような値に設定される。それにより、アーム85bが、切換関数設定パラメータ $POLE_{cr}$ の設定変更前の回動速度を保持しながら、追従誤差 E_{cr} の増減に対するアーム85bの駆動力の増減感度が設定変更前よりも低い状態で、最低圧縮比ストッパ86a側に駆動されることになり、その結果、アーム85bが最低圧縮比ストッパ86aに当接する際の衝撃力を低減することができる。

20

【0154】

一方、これとは逆に、圧縮比 C_r が、最高値 C_{r_H} 側に制御されている場合において、最高値 C_{r_H} 付近のしきい値 C_{r_VPH} よりも最高値 C_{r_H} 側の値になったときには、切換関数設定パラメータ $POLE_{cr}$ が、圧縮比 C_r が最高値 C_{r_H} 側の値であるほど、より所定値 $POLE_{cr2}$ に近い値に設定される。すなわち、切換関数設定パラメータ $POLE_{cr}$ が、追従誤差 E_{cr} の増大化を許容し、外乱抑制能力がより小さくなるような値に設定される。それにより、圧縮比アクチュエータ85のアーム85bが、切換関数設定パラメータ $POLE_{cr}$ の設定変更前の回動速度を保持しながら、追従誤差 E_{cr} の増減に対するアーム85bの駆動力の増減感度が設定変更前よりも低い状態で、最高圧縮比ストッパ86b側に駆動されることになり、その結果、アーム85bが最高圧縮比ストッパ86bに当接する際の衝撃力を低減することができる。

30

40

【0155】

また、 $C_{r_VPL} < C_r < C_{r_VPH}$ の範囲では、切換関数設定パラメータ $POLE_{cr}$ を値0に近い所定値 $POLE_{cr1}$ に設定することにより、圧縮比 C_r の目標圧縮比 C_{r_cmd} への追従性、良好な収束挙動および外乱抑制能力をいずれも高いレベルで確保することができる。

【0156】

本実施形態では、圧縮比 C_r が制御量に、目標圧縮比 C_{r_cmd} が目標制御量に、圧縮比制御入力 u_{cr} が制御入力にそれぞれ相当する。

【0157】

なお、図20のテーブルにおいて、しきい値 C_{r_VPL} , C_{r_VPH} を、 C_{r_V}

50

$PL - Cr_L - Cr_H - Cr_VPH$ となるような値に設定してもよい。また、切換関数設定パラメータ $POLE_ca$ の算出において、圧縮比 Cr に代えて、目標圧縮比 Cr_cmd に応じて、図 20 のテーブルを検索するように構成してもよい。

【0158】

以下、図 21 を参照しながら、ECU2 により実行される可変機構制御処理について説明する。なお、以下の説明では、可変バルブリフト機構 50、可変カム位相機構 70 および可変圧縮比機構 80 をまとめて「3つの可変機構」という。本処理は、3つの可変機構を制御するための3つの制御入力 $Uliftin$ 、 $Ucain$ 、 Ucr を算出するものであり、所定の制御周期 T (例えば 5 msec) で実行される。

【0159】

この処理では、まず、ステップ 1 (図では「S1」と略す。以下同じ) で、回動角センサ 23 の検出信号に基づき、バルブリフトの検出値 $Liftin_ad$ を算出する。

【0160】

次いで、ステップ 2 に進み、リフト故障フラグ F_LIFTNG が「1」であるか否かを判別する。このリフト故障フラグ F_LIFTNG は、 $IG \cdot SW27$ が OFF 状態から ON されたときに「0」に設定され、後述する条件が成立したときに「1」に設定される。

【0161】

ステップ 2 の判別結果が NO のとき、例えば $IG \cdot SW27$ が ON された直後のときには、ステップ 3 に進み、初期化終了フラグ F_ini_done が「1」であるか否かを判別する。この初期化終了フラグ F_ini_done は、 $IG \cdot SW27$ が OFF 状態から ON されたときに「0」に設定され、後述するように、リフト補正值 $Comp_Liftin$ が算出されたときに「1」に設定される。

【0162】

ステップ 3 の判別結果が NO のとき、例えば $IG \cdot SW27$ が ON された直後のときには、ステップ 4 に進み、ステップ 1 で算出した検出値 $Liftin_ad$ をバルブリフト $Liftin$ として設定する。

【0163】

次に、ステップ 5 に進み、可変バルブリフト機構 50 の初期化処理を実行する。この処理は、回動角センサ 23 の較正を行うとともに、可変バルブリフト機構 50 の故障判定を行うものであり、具体的には、図 22 に示すように実行される。まず、ステップ 10 で、初期化タイマの計時値 Tm_ini に応じて、図 23 に示すテーブルを検索することにより、目標バルブリフト $Liftin_cmd$ を算出する。この初期化タイマは、初期化処理の実行時間、すなわち $IG \cdot SW27$ が OFF 状態から ON された以降の時間を計時するものであり、アップカウント式のタイマで構成されている。

【0164】

同図 23 において、 $Tm1$ は所定値を、 $Liftin_inist$ は所定の初期値を、 $Liftin_iniok$ は所定のしきい値をそれぞれ表しており、これらの値は、 $Liftin_L < Liftin_iniok < Liftin_inist$ の関係が成立するような値に設定されている。このしきい値 $Liftin_iniok$ は、後述するように、短アーム 65 が氷結などの理由により最小リフトストッパ 67a 側に回動不能となっているか否かを判別するのに用いられる値であり、そのため、バルブリフトの最小値 $Liftin_L$ よりも若干、大きい値に設定されている。

【0165】

このテーブルでは、目標バルブリフト $Liftin_cmd$ は、 $Tm_ini < Tm1$ の範囲では、計時値 Tm_ini が大きいほど、より小さい値に設定され、 $Tm1 < Tm_ini$ の範囲では、前述した最小ホールド値 $Liftin_LL$ に設定されている。これは、 $IG \cdot SW27$ が OFF 状態から ON された以降、短アーム 65 を、時間の経過に伴って最小リフトストッパ 67a 側に回動させ、最終的にこれに確実に当接させるためである。

10

20

30

40

50

【0166】

ステップ10に続くステップ11では、バルブリフトL i f t i nに依じて、前述した図15のテーブルを検索することにより、切換関数設定パラメータP O L E _ l fを算出する。

【0167】

次いで、ステップ12で、前述した式(3)~(10)のアルゴリズムにより、リフト制御入力U l i f t i nを算出する。その後、ステップ13に進み、バルブリフトの今回値L i f t i nと前回値L i f t i n Z (= L i f t i n (k - 1))との偏差を、リフト変化量D l i f t i nとして設定する。

【0168】

次に、ステップ14で、D l i f t i n < D l i f t i n _ s t pおよびL i f t i n < L i f t i n _ i n i o kがいずれも成立しているか否かを判別する。これらの2つの条件は、具体的には、短アーム65が最小リフトストッパ67aに当接した状態に保持されているか否かを判別するためのものであり、D l i f t i n _ s t pは、バルブリフトL i f t i nが変化していないことを判別するための所定のしきい値である。

【0169】

このステップ14の判別結果がN Oのとき、すなわちバルブリフトL i f t i nがしきい値L i f t i n _ i n i o kに達していないか、またはバルブリフトL i f t i nが変化しているときには、ステップ17に進み、初期化タイムの計時値T m _ i n iが所定の故障判定値T M _ I N I _ N Gよりも大きいか否かを判別する。この判別結果がN Oのときは、そのまま本処理を終了する。

【0170】

一方、ステップ14の判別結果がY E Sのとき、すなわちバルブリフトL i f t i nがしきい値L i f t i n _ i n i o kよりも小さくなりかつ変化していないことで、短アーム65が最小リフトストッパ67aに当接している状態にあるときには、ステップ15に進み、リフト補正值C o m p _ L i f t i nを、バルブリフトの検出値から最小値を減算した値(L i f t i n _ a d - L i f t i n _ L)に設定する。このリフト補正值C o m p _ L i f t i nは、後述するように、バルブリフトの検出値L i f t i n _ a dを補正するために用いられる。すなわち、回動角センサ23の較正に用いられる。

【0171】

次いで、ステップ16に進み、初期化処理が終了したことを表すために、初期化終了フラグF _ i n i _ d o n eを「1」に設定した後、本処理を終了する。

【0172】

一方、ステップ17の判別結果がY E Sのときには、時間が十分に経過したにもかかわらず、バルブリフトL i f t i nが、しきい値L i f t i n _ i n i o kに達していないかまたはその変化度合いが大きいことで、可変バルブリフト機構50が故障状態にあるとして、ステップ18に進み、それを表すためにリフト故障フラグF _ L I F T N Gを「1」に設定した後、本処理を終了する。

【0173】

図22に戻り、ステップ5の初期化処理を以上のように実行した後、本処理を終了する。

【0174】

一方、ステップ3の判別結果がY E Sのとき、すなわち、前述したステップ5の初期化処理で、リフト補正值C o m p _ L i f t i nを算出済みであるときには、ステップ6に進み、バルブリフトL i f t i nを、バルブリフトの検出値からリフト補正值を減算した値(L i f t i n _ a d - C o m p _ L i f t i n)に設定する。すなわち、バルブリフトL i f t i nが、検出値L i f t i n _ a dをリフト補正值C o m p _ L i f t i nで補正することにより算出され、このように回動角センサ23の較正が行われる。以上のようにステップ6でバルブリフトL i f t i nを算出した後、ステップ7に進む。一方、ステップ2の判別結果がY E Sのときにも、ステップ7に進む。

10

20

30

40

50

【 0 1 7 5 】

ステップ2または6に続くステップ7では、故障判定処理を実行する。この故障判定処理では、以下に述べるように、3つの可変機構の少なくとも1つが故障しているか否かが判定されるとともに、少なくとも1つが故障していると判定されたときには、それを表すために、可変機構故障フラグF_V D N Gが「1」に設定され、それ以外のときには、可変機構故障フラグF_V D N Gが「0」に設定される。

【 0 1 7 6 】

より具体的には、可変バルブリフト機構50の故障判定は、前述したリフト故障フラグF_L I F T N Gの値に応じて実行される。また、可変カム位相機構70の故障判定は、以下のように実行される。すなわち、カム位相C a i nと目標カム位相C a i n__c m dとの偏差の絶対値が所定のしきい値を超える状態が所定時間以上、継続したとき、または位相制御入力U c a i nの絶対値が所定のしきい値を超える状態が、所定時間以上、継続したときには、可変カム位相機構70が故障していると判定され、それ以外のときには、可変カム位相機構70が正常であると判定される。

10

【 0 1 7 7 】

さらに、可変圧縮比機構80の故障判定は、以下のように実行される。すなわち、圧縮比C rと目標圧縮比C r__c m dとの偏差の絶対値が所定のしきい値を超える状態が所定時間以上、継続したとき、または圧縮比制御入力U c rの絶対値が所定のしきい値を超える状態が、所定時間以上、継続したときには、可変圧縮比機構80が故障していると判定され、それ以外のときには、可変圧縮比機構80が正常であると判定される。

20

【 0 1 7 8 】

ステップ7に続くステップ8で、以下に述べるように制御入力算出処理を実行した後、本処理を終了する。

【 0 1 7 9 】

次に、図24を参照しながら、上記制御入力算出処理について説明する。この処理では、まず、ステップ20で、可変機構故障フラグF_V D N Gが「1」であるか否かを判別する。この判別結果がN Oで、3つの可変機構がいずれも正常であるときには、ステップ21に進み、エンジン始動フラグF_E N G S T A R Tが「1」であるか否かを判別する。

【 0 1 8 0 】

このエンジン始動フラグF_E N G S T A R Tは、図示しない判定処理において、エンジン回転数N EおよびI G・S W 2 7の出力信号に応じて、エンジン始動制御中すなわちクランキング中であるか否かを判定することにより設定されるものであり、具体的には、エンジン始動制御中であるときには「1」に、それ以外のときには「0」にそれぞれ設定される。

30

【 0 1 8 1 】

ステップ21の判別結果がY E Sで、エンジン始動制御中であるときには、ステップ22に進み、目標バルブリフトL i f t i n__c m dを、エンジン水温T Wに応じて、図25に示すテーブルを検索することにより算出する。

【 0 1 8 2 】

このテーブルでは、目標バルブリフトL i f t i n__c m dは、エンジン水温T Wが所定値T W R E F 1より高い範囲では、エンジン水温T Wが低いほど、より大きな値に設定されているとともに、T W T W R E F 1の範囲では、所定値L i f t i n r e fに設定されている。これは、エンジン水温T Wが低い場合、可変バルブリフト機構50のフリクションが増大するので、それを補償するためである。

40

【 0 1 8 3 】

なお、ステップ22における目標バルブリフトL i f t i n__c m dの算出では、テーブル検索値が最小値L i f t i n__Lになったときには、目標バルブリフトL i f t i n__c m dが最小値L i f t i n__Lよりも小さい最小ホールド値L i f t i n__L Lに設定されるとともに、テーブル検索値が最大値L i f t i n__Hになったときには、目標バ

50

ルブリフト $L i f t i n_c m d$ が、最大値 $L i f t i n_H$ よりも大きい最大ホールド値 $L i f t i n_H H$ に設定される。これは、前述したように、短アーム 65 を最小および最大リフトストッパ 67 a , 67 b に確実に当接させるためであり、後述するステップ 33 , 36 のマップ検索においても、同じ理由により上記と同様の手法で、目標バルブリフト $L i f t i n_c m d$ が算出される。

【0184】

次いで、ステップ 23 で、目標カム位相 $C a i n_c m d$ を、エンジン水温 $T W$ に応じて、図 26 に示すテーブルを検索することにより算出する。

【0185】

このテーブルでは、目標カム位相 $C a i n_c m d$ は、エンジン水温 $T W$ が所定値 $T W R E F 2$ より高い範囲では、エンジン水温 $T W$ が低いほど、より遅角側の値に設定されているとともに、 $T W < T W R E F 2$ の範囲では、所定値 $C a i n r e f$ に設定されている。これは、エンジン水温 $T W$ が低い場合、カム位相 $C a i n$ をエンジン水温 $T W$ が高い場合よりも遅角側に制御し、バルブオーバーラップを小さくすることで、吸気流速を上昇させ、燃焼の安定化を図るためである。

【0186】

なお、ステップ 23 における目標カム位相 $C a i n_c m d$ の算出では、テーブル検索値が最遅角値 $C a i n_L$ になったときには、目標カム位相 $C a i n_c m d$ が最遅角値 $C a i n_L$ よりも遅角側の最遅角ホールド値 $C a i n_L L$ に設定されるとともに、テーブル検索値が最進角値 $C a i n_H$ になったときには、目標カム位相 $C a i n_c m d$ が、最進角値 $C a i n_H$ よりも進角側の最進角ホールド値 $C a i n_H H$ に設定される。これは、電磁ブレーキ 72 のアーム 74 b を最遅角および最進角ストッパ 73 a , 73 b に確実に当接させるためであり、後述するステップ 34 , 37 のマップ検索においても、同じ理由により上記と同様の手法で、目標カム位相 $C a i n_c m d$ が算出される。

【0187】

次に、ステップ 24 で、目標圧縮比 $C r_c m d$ を所定の始動時用値 $C r_c m d_c r k$ に設定する。この始動時用値 $C r_c m d_c r k$ は、クランキング中のエンジン回転数 $N E$ を上昇させ、未燃 $H C$ の発生を抑制できるような低圧縮比側の値に設定されている。

【0188】

次いで、ステップ 25 に進み、前述したように、切換関数設定パラメータ $P O L E_l f$ を、バルブリフト $L i f t i n$ に応じて、図 15 に示すテーブルを検索することにより算出する。その後、ステップ 26 で、前述した式 (3) ~ (10) の目標値フィルタ型 2 自由度スライディングモード制御アルゴリズムにより、リフト制御入力 $U l i f t i n$ を算出する。

【0189】

次に、ステップ 27 に進み、前述したように、切換関数設定パラメータ $P O L E_c a$ を、カム位相 $C a i n$ に応じて、図 18 に示すテーブルを検索することにより算出する。その後、ステップ 28 で、前述した式 (14) ~ (21) の目標値フィルタ型 2 自由度スライディングモード制御アルゴリズムにより、位相制御入力 $U c a i n$ を算出する。

【0190】

次いで、ステップ 29 に進み、前述したように、切換関数設定パラメータ $P O L E_c r$ を、圧縮比 $C r$ に応じて、図 20 に示すテーブルを検索することにより算出する。その後、ステップ 30 で、前述した式 (25) ~ (32) の目標値フィルタ型 2 自由度スライディングモード制御アルゴリズムにより、圧縮比制御入力 $U c r$ を算出する。以上のステップ 30 で、圧縮比制御入力 $U c r$ を算出した後、本処理を終了する。

【0191】

一方、ステップ 21 の判別結果が $N O$ で、エンジン始動制御中でないときには、ステップ 31 に進み、アクセル開度 $A P$ が所定値 $A P R E F$ より小さいか否かを判別する。この判別結果が $Y E S$ で、アクセルペダルが踏まれていないときには、ステップ 32 に進み、

10

20

30

40

50

触媒暖機タイマの計時値 T_{cat} が所定値 T_{cat_limit} より小さいか否かを判別する。この触媒暖機タイマは、触媒暖機制御処理の実行時間を計時するものであり、アップカウンタ式のタイマで構成されている。

【0192】

この判別結果が YES で、 $T_{cat} < T_{cat_limit}$ のときには、触媒暖機制御を実行すべきであるとして、ステップ 33 に進み、目標バルブリフト $Liftin_cmd$ を、触媒暖機タイマの計時値 T_{cat} およびエンジン水温 TW に応じて、図 27 に示すマップを検索することにより算出する。同図において、 $TW1 \sim TW3$ は、 $TW1 < TW2 < TW3$ の関係が成立するエンジン水温 TW の所定値を示しており、この点は以下の説明においても同様である。

10

【0193】

このマップでは、目標バルブリフト $Liftin_cmd$ は、エンジン水温 TW が低いほど、より大きな値に設定されている。これは、エンジン水温 TW が低いほど、触媒の活性化に要する時間が長くなるので、排気ガスボリュームを大きくすることで、触媒の活性化に要する時間を短縮するためである。これに加えて、このマップでは、目標バルブリフト $Liftin_cmd$ は、触媒暖機タイマの計時値 T_{cat} が小さい領域では、計時値 T_{cat} が大きいほど、より大きな値に設定され、計時値 T_{cat} が大きい領域では、計時値 T_{cat} が大きいほど、より小さな値に設定されている。これは、触媒暖機制御の実行時間が経過するのに伴い、エンジン 3 の暖機が進むことで、フリクションが低下した場合において、吸入空気量を低減しないと、エンジン回転数 NE を目標値に維持するために点火時期が過剰にリタード制御された状態となり、燃焼状態が不安定になってしまうので、それを回避するためである。

20

【0194】

次いで、ステップ 34 で、目標カム位相 $Cain_cmd$ を、触媒暖機タイマの計時値 T_{cat} およびエンジン水温 TW に応じて、図 28 に示すマップを検索することにより算出する。

【0195】

このマップでは、目標カム位相 $Cain_cmd$ は、エンジン水温 TW が低いほど、より進角側の値に設定されている。これは、エンジン水温 TW が低いほど、上述したように触媒の活性化に要する時間が長くなるので、ポンピングロスを減少させ、吸入空気量を増大させることで、触媒の活性化に要する時間を短縮するためである。これに加えて、このマップでは、目標カム位相 $Cain_cmd$ は、触媒暖機タイマの計時値 T_{cat} が小さい領域では、計時値 T_{cat} が大きいほど、より遅角側の値に設定され、計時値 T_{cat} が大きい領域では、計時値 T_{cat} が大きいほど、より進角側の値に設定されている。これは、図 27 の説明で述べたのと同じ理由による。

30

【0196】

次に、ステップ 35 で、目標圧縮比 Cr_cmd を所定の暖機制御用値 Cr_cmd_ast に設定する。この暖機制御用値 Cr_cmd_ast は、触媒の活性化に要する時間を短縮するために、熱効率を低下させ、排ガス温度を高めることができるような低圧縮比側の値に設定されている。

40

【0197】

ステップ 35 に続いて、前述したように、ステップ 25 ~ 30 を実行した後、本処理を終了する。

【0198】

一方、ステップ 31 または 32 の判別結果が NO のとき、すなわちアクセルペダルが踏まれているとき、または $T_{cat} = T_{cat_limit}$ であるときには、ステップ 36 に進み、目標バルブリフト $Liftin_cmd$ を、エンジン回転数 NE およびアクセル開度 AP に応じて、図 29 に示すマップを検索することにより算出する。同図において、 $AP1 \sim AP3$ は、 $AP1 < AP2 < AP3$ の関係が成立するアクセル開度 AP の所定値を示しており、この点は以下の説明においても同様である。

50

【 0 1 9 9 】

このマップでは、目標バルブリフト $L i f t i n_c m d$ は、エンジン回転数 $N E$ が高いほど、またはアクセル開度 $A P$ が大きいほど、より大きな値に設定されている。これは、エンジン回転数 $N E$ が高いほど、またはアクセル開度 $A P$ が大きいほど、エンジン 3 に対する要求出力が大きいことで、より大きな吸入空気量が要求されることによる。

【 0 2 0 0 】

次いで、ステップ 37 で、目標カム位相 $C a i n_c m d$ を、エンジン回転数 $N E$ およびアクセル開度 $A P$ に応じて、図 30 に示すマップを検索することにより算出する。このマップでは、目標カム位相 $C a i n_c m d$ は、アクセル開度 $A P$ が小さくかつ中回転域にあるときには、それ以外のときよりも進角側の値に設定されている。これは、そのような運転状態では、内部 $E G R$ 量を増大し、ポンピングロスを減少させる必要があるためである。

10

【 0 2 0 1 】

次に、ステップ 38 で、目標圧縮比 $C r_c m d$ を、エンジン回転数 $N E$ およびアクセル開度 $A P$ に応じて、図 31 に示すマップを検索することにより算出する。このマップでは、目標圧縮比 $C r_c m d$ は、エンジン回転数 $N E$ が高いほど、またはアクセル開度 $A P$ が大きいほど、より小さな値に設定されている。これは、高負荷域になるほど、すなわちノッキングが発生しやすくなるほど、低圧縮比化することで、点火時期が過剰にリタード制御された状態となるのを回避し、燃焼効率の低下を回避するためである。

【 0 2 0 2 】

なお、ステップ 38 における目標圧縮比 $C r_c m d$ の算出では、マップ検索値が最低値 $C r_L$ になったときには、目標圧縮比 $C r_c m d$ が最低値 $C r_L$ よりも最低ホールド値 $C r_L L$ に設定されるとともに、マップ検索値が最高値 $C r_H$ になったときには、目標圧縮比 $C r_c m d$ が、最高値 $C r_H$ よりも高い最高ホールド値 $C r_H H$ に設定される。これは、アーム 85b を最低圧縮比および最高圧縮比ストッパ 86a, 86b に確実に当接させるためである。

20

【 0 2 0 3 】

ステップ 38 に続いて、前述したように、ステップ 25 ~ 30 を実行した後、本処理を終了する。

【 0 2 0 4 】

一方、ステップ 20 の判別結果が $Y E S$ で、3つの可変機構の少なくとも1つが故障しているときには、ステップ 39 に進み、リフト制御入力 $U l i f t i n$ を所定の故障時値 $U l i f t i n_f s$ に、位相制御入力 $U c a i n$ を所定の故障時値 $U c a i n_f s$ に、圧縮比制御入力 $U c r$ を所定の故障時値 $U c r_f s$ にそれぞれ設定した後、本処理を終了する。これにより、前述したように、バルブリフト $L i f t i n$ が最小値 $L i f t i n_L$ に、カム位相 $C a i n$ が最遅角値 $C a i n_L$ に、圧縮比 $C r$ が最低値 $C r_L$ にそれぞれ保持され、これにより、停車中はアイドル運転やエンジン始動を適切に行うことができると同時に、走行中は低速走行状態を維持することができる。

30

【 0 2 0 5 】

次に、以上のように構成された本実施形態の制御装置 1 による制御結果について説明する。図 32 は、前述した可変バルブリフト機構 50 の初期化処理を実行した際の制御結果例を示している。同図に示すように、 $I G \cdot S W 27$ が $O F F$ 状態から $O N$ された以降（時刻 $t 0$ 以降）、目標バルブリフト $L i f t i n_c m d$ が、時間の経過に伴って最小ホールド値 $L i f t i n_L L$ 側に変化し、最終的に最小ホールド値 $L i f t i n_L L$ になると、バルブリフト $L i f t i n$ すなわち検出値 $L i f t i n_a d$ がしきい値 $L i f t i n_i n i o k$ を横切り、しきい値 $L i f t i n_V P L$ を下回った時点（時刻 $t 1$ ）以降、切換関数設定パラメータ $P O L E_1 f$ が所定値 $P O L E_1 f 1$ から所定値 $P O L E_1 f 2$ 側に変化し、最終的に所定値 $P O L E_1 f 2$ に設定される。

40

【 0 2 0 6 】

このように、切換関数設定パラメータ $P O L E_1 f$ の値が値 - 1 に近い所定値 $P O L$

50

E_{lf2}側の値に設定されることで、外乱抑制能力が低下し、追従誤差E_{lf}の増大を許容する状態となるので、短アーム65の最小リフトストッパ67a側への回動速度を、所定値POLE_{lf1}のときの値を保ったままで、リフト制御入力U_{liftin}による短アーム65の駆動力が低減され、短アーム65が最小リフトストッパ67aに当接する際の衝撃力が低減される。これに加えて、目標バルブリフトL_{iftin_cmd}が最小ホールド値L_{iftin_LL}に設定されることにより、短アーム65が最小リフトストッパ67aに確実に当接した状態に保持され、それにより、補正值Comp_{Liftin}が適切に算出される。その結果、バルブリフトL_{iftin}が、可変バルブリフト機構50の経年変化などの影響を受けることのない、実際のバルブリフトの値を示すものとして算出される。すなわち、回動角センサ23の較正が適切に行われる。

10

【0207】

また、図33は、可変バルブリフト機構50を介して、バルブリフトL_{iftin}を最小値L_{iftin_L}と最大値L_{iftin_H}との間で制御した場合の制御結果例を示している。同図に示すように、目標バルブリフトL_{iftin_cmd}のテーブル検索値またはマップ検索値が最大値L_{iftin_H}になると(時刻t10)、目標バルブリフトL_{iftin_cmd}が最大ホールド値L_{iftin_HH}に設定される。そして、バルブリフトL_{iftin}が所定のしきい値L_{iftin_VPH}を横切った時点(時刻t11)で、切換関数設定パラメータPOLE_{lf}が所定値POLE_{lf1}から値-1に近い所定値POLE_{lf2}側に変化するように設定される。これにより、短アーム65の最大リフトストッパ67b側への回動速度を、切換関数設定パラメータPOLE_{lf}の変化前の値を保持したままで、リフト制御入力U_{liftin}による短アーム65の駆動力が低減され、短アーム65が最大リフトストッパ67bに当接する際の衝撃力が低減される。

20

【0208】

また、目標バルブリフトL_{iftin_cmd}のテーブル検索値またはマップ検索値が最大値L_{iftin_H}を下回ると(時刻t12)、目標バルブリフトL_{iftin_cmd}がその検索値に設定される。そして、バルブリフトL_{iftin}が所定のしきい値L_{iftin_VPH}を横切った時点(時刻t13)で、切換関数設定パラメータPOLE_{lf}が所定値POLE_{lf2}から値0に近い所定値POLE_{lf1}値側に変化するように設定される。これにより、短アーム65の最小リフトストッパ67a側への駆動力が増大する。その後、目標バルブリフトL_{iftin_cmd}のテーブルまたはマップ検索値が最小値L_{iftin_L}になると(時刻t14)、目標バルブリフトL_{iftin_cmd}が最小ホールド値L_{iftin_LL}に設定される。そして、バルブリフトL_{iftin}が所定のしきい値L_{iftin_VPL}を横切った時点(時刻t15)で、切換関数設定パラメータPOLE_{lf}が切換関数設定パラメータPOLE_{lf}が所定値POLE_{lf1}から値-1に近い所定値POLE_{lf2}側に変化するように設定される。それにより、短アーム65が最小リフトストッパ67aに当接する際の衝撃力が低減される。

30

【0209】

以上のように、本実施形態の制御装置1によれば、可変バルブリフト機構50を制御するためのリフト制御入力U_{liftin}が、バルブリフトL_{iftin}が目標バルブリフトL_{iftin_cmd}に追従・収束するように、式(3)~(10)の目標値フィルタ型2自由度スライディングモード制御アルゴリズムにより算出される。この制御アルゴリズムは、スライディングモード制御アルゴリズムを含んでいるので、切換関数設定パラメータPOLE_{lf}の値を $-1 < POLE_{lf} < 0$ の範囲内で変更するだけで、制御系の安定性を損なうことなく、外乱抑制能力を迅速に変更することができる。より具体的には、切換関数設定パラメータPOLE_{lf}が値-1に近い値に設定されるほど、外乱抑制能力がより小さくなるように、リフト制御入力U_{liftin}が算出される。この場合、前述したように、切換関数設定パラメータPOLE_{lf}は、 $L_{iftin} < L_{iftin_VPL}$, $L_{iftin_VPH} < L_{iftin}$ の範囲にあるときには、それ以外の

40

50

範囲にあるときよりも値 - 1 側の値に設定され、特に、 $L i f t i n \quad L i f t i n _ M L$ 、 $L i f t i n _ M H \quad L i f t i n$ の範囲では、値 - 1 に近い所定値 $P O L E _ l f 2$ に設定される。

【0210】

したがって、アクチュエータ60の短アーム65が最小リフトストップ67a側または最大リフトストップ67b側に駆動される際、バルブリフト $L i f t i n$ がしきい値 $L i f t i n _ V P L$ またはしきい値 $L i f t i n _ V P H$ に達したとき、すなわち短アーム65が最小リフトストップ67aまたは最大リフトストップ67b付近の位置に達したときには、アクチュエータ60の短アーム65が、追従誤差 $E _ l f$ の増減に対する短アーム65の駆動力の増減感度が設定変更前よりも低い状態で、最小リフトストップ67aまたは最大リフトストップ67b側に駆動される。その結果、最小リフトストップ67aまたは最大リフトストップ67bに当接する際の衝撃力を低減することができ、それにより、短アーム65、最小リフトストップ67aおよび最大リフトストップ67bの変形などを回避できるとともに、可変バルブリフト機構50の寿命を延ばすことができる。これに加えて、制御アルゴリズムの特性により、短アーム65の回転速度を低下させることなく、衝撃力を低減できるので、駆動時間が長くなるのを回避できる。以上のように、衝撃力の低減および駆動時間の短縮を両立させることができる。これに加えて、短アーム65、最小リフトストップ67aおよび最大リフトストップ67bに緩衝材を設けるなどの構造上の設計変更を行う必要がないので、製造コストを削減できるとともに、設計の自由度を向上させることができる。

【0211】

また、前述したように、リフト制御入力 $U l i f t i n$ が目標値フィルタ型2自由度スライディングモード制御アルゴリズムにより算出されるので、目標値フィルタアルゴリズムにより、バルブリフト $L i f t i n$ の目標バルブリフト $L i f t i n _ c m d$ への追従速度を適切に設定できるとともに、スライディングモード制御アルゴリズムにより、バルブリフト $L i f t i n$ の目標バルブリフトのフィルタ値 $L i f t i n _ c m d _ f$ への追従挙動、すなわちバルブリフト $L i f t i n$ の目標バルブリフト $L i f t i n _ c m d$ への追従挙動を適切に設定することができる。それにより、バルブリフト $L i f t i n$ を、オーバーシュートの発生を回避しながら、目標バルブリフト $L i f t i n _ c m d$ に精度良く追従させることができる。その結果、短アーム65が最小リフトストップ67a側または最大リフトストップ67b側に駆動された場合、短アーム65が最小リフトストップ67a側または最大リフトストップ67bに当接する際の衝撃力をより確実に低減することができる。

【0212】

また、一般に、可変バルブリフト機構50などの可動機構では、短アーム65を最小リフトストップ67aまたは最大リフトストップ67bまで駆動する際、目標バルブリフト $L i f t i n _ c m d$ を最小値 $L i f t i n _ L$ または最大値 $L i f t i n _ H$ に設定すると、可変バルブリフト機構50の個体間の動作特性のばらつきおよび経年変化などに起因して、短アーム65が最大リフトストップ67bまたは最大リフトストップ67bまで到達しない可能性がある。これに対して、この制御装置1によれば、目標バルブリフト $L i f t i n _ c m d$ のテーブル検索値またはマップ検索値が最大値 $L i f t i n _ H$ になったときには、目標バルブリフト $L i f t i n _ c m d$ が最大値 $L i f t i n _ H$ よりも大きい所定の最大ホールド値 $L i f t i n _ H H$ に設定されるので、短アーム65を、最大リフトストップ67bまで確実に駆動し、当接させることができる。これと同様に、目標バルブリフト $L i f t i n _ c m d$ のテーブル検索値またはマップ検索値が最小値 $L i f t i n _ L$ になったときには、目標バルブリフト $L i f t i n _ c m d$ が最小値 $L i f t i n _ L$ よりも小さい所定の最小ホールド値 $L i f t i n _ L L$ に設定されるので、短アーム65を、最小リフトストップ67aまで確実に駆動し、当接させることができる。

【0213】

それにより、前述した初期化処理において、短アーム65を最小リフトストップ67a

10

20

30

40

50

に当接した状態を意図的に作り出し、リフト補正值 $Comp_Liftin$ を適切に算出することができるとともに、このリフト補正值 $Comp_Liftin$ で検出値 $Liftin_ad$ を補正したバルブリフト $Liftin$ を用いながら、バルブリフト制御を実行することができる。すなわち、可変バルブリフト機構 50 の経年変化などに起因する検出値 $Liftin_ad$ と実際の値 $Liftin_L$ とのずれを反映させながら、バルブリフト $Liftin$ を補正でき、回動角センサ 23 の較正を適切に行うことができる。それにより、制御精度を向上させることができる。

【0214】

また、位相制御入力 $Ucin$ も、上記リフト制御入力 $ULiftin$ の場合と同様の制御アルゴリズム [式(14)~(21)] で算出されるとともに、切換関数設定パラメータ $POLE_ca$ も、切換関数設定パラメータ $POLE_lf$ と同様に設定されるので、前述した作用効果を得ることができる。すなわち、電磁ブレーキ 72 のアーム 74b を 2 つのストッパ 73a, 73b 側に駆動する場合、ストッパ 73a, 73b に当接する際の衝撃力の低減および駆動時間の短縮を両立させることができる。

10

【0215】

さらに、圧縮比制御入力 Ucr も、上記リフト制御入力 $ULiftin$ の場合と同様の制御アルゴリズム [式(25)~(32)] で算出されるとともに、切換関数設定パラメータ $POLE_cr$ も、切換関数設定パラメータ $POLE_lf$ と同様に設定されるので、前述した作用効果を得ることができる。すなわち、圧縮比アクチュエータ 85 のアーム 85b が 2 つのストッパ 86a, 86b に当接する際の衝撃力の低減および駆動時間の短縮を両立させることができる。

20

【0216】

なお、第 1 実施形態は、本発明の制御装置 1 を、可動部を 2 つの規制部に当接させる可動機構に適用した例であるが、本発明の制御装置 1 はこれに限らず、可動部を 1 つまたは 3 つ以上の規制部に当接させる可動機構に適用可能である。例えば、可動機構として、最大リフトストッパ 67b のみを備えた可変バルブリフト機構 50 を用いてもよい。さらに、可変バルブリフト機構 50 において、出没可能なストッパを、短アーム 65 の回動範囲における、最大リフトストッパ 67b と最小リフトストッパ 67a との間の位置に設け、必要に応じて、短アーム 65 をこのストッパに当接させるように構成してもよい。

【0217】

また、第 1 実施形態は、図 15 のテーブルを検索することにより、短アーム 65 が最小リフトストッパ 67a 付近または最大リフトストッパ 67 付近まで駆動された際、切換関数設定パラメータ $POLE_lf$ の値を所定値 $POLE_lf1$ から所定値 $POLE_lf2$ に変更するように構成した例であるが、切換関数設定パラメータ $POLE_lf$ の値を変更する手法はこれに限らず、短アーム 65 が最小リフトストッパ 67a 付近または最大リフトストッパ 67 付近まで駆動された際、切換関数設定パラメータ $POLE_lf$ の値が所定値 $POLE_lf1$ から所定値 $POLE_lf2$ に変更される手法であればよい。例えば、図 15 のテーブルにおける横軸を、回動角センサ 23 により検出された短アーム 65 の回動角 $lift$ の所定値に置き換えたテーブルを用い、回動角 $lift$ の検出値に応じて、そのテーブルを検索することにより、切換関数設定パラメータ $POLE_lf$ の値を算出するとともに、回動角 $lift$ が、短アーム 65 が最小リフトストッパ 67a 付近または最大リフトストッパ 67 付近まで駆動されたことを表す値のときには、切換関数設定パラメータ $POLE_lf$ を、所定値 $POLE_lf1$ から所定値 $POLE_lf2$ に変更するように構成してもよい。

30

40

【0218】

さらに、第 1 実施形態は、制御量が目標制御量に追従するように、可動機構を制御するための制御入力を算出する所定の制御アルゴリズムとして、目標値フィルタ型 2 自由度スライディングモード制御アルゴリズムを用いた例であるが、所定の制御アルゴリズムはこれに限らず、制御量が目標制御量に追従するように制御入力を算出できるものであればよい。例えば、PID 制御アルゴリズムなどの一般的なフィードバック制御アルゴリズムを

50

用いてもよい。

【0219】

また、第1実施形態は、応答指定型制御アルゴリズムとして、スライディングモード制御アルゴリズムを用いた例であるが、応答指定型制御アルゴリズムはこれに限らず、バックステップ制御アルゴリズムなどの、制御量の目標制御量への応答速度を指定できる制御アルゴリズムであればよい。

【0220】

さらに、第1実施形態は、2自由度制御アルゴリズムとして、目標値フィルタ型2自由度スライディングモード制御アルゴリズムを用いた例であるが、2自由度制御アルゴリズムはこれに限らないことは言うまでもない。例えば、2自由度制御アルゴリズムとして、1次遅れフィルタアルゴリズムなどの目標値フィルタアルゴリズムに、PID制御アルゴリズムなどのフィードバック制御アルゴリズムを組み合わせたものを用いてもよい。

10

【0221】

また、第1実施形態は、3つの制御入力 U_{liftin} 、 U_{cain} 、 U_{cr} をそれぞれ3つの可変機構にそのまま入力した例であるが、各制御入力を他の電気回路およびコントローラなどにより処理した値を各可変機構に入力するように構成してもよい。例えば、位相制御入力 U_{cain} を変調アルゴリズムに基づく制御アルゴリズムにより変調し、その変調した値を可変カム位相機構70に入力するようにしてもよい。

【0222】

さらに、第1実施形態は、可変バルブリフト機構50の初期化処理をIG・SW27がOFF状態からONされたときに実行した例であるが、初期化処理の実行タイミングはこれに限らないことは言うまでもない。例えば、初期化処理を、エンジン3の停止後や、フューエルカット運転中、アイドル運転中に実行するようにしてもよい。さらに、可変カム位相機構70および可変圧縮比機構80の初期化処理を、図22の可変バルブリフト機構50の初期化処理と同様の手法により実行してもよい。

20

【0223】

次に、図34～36を参照しながら、本発明の第2実施形態に係る制御装置1Aについて説明する。本実施形態の制御装置1Aは、内燃機関の吸気管12に設けられたスロットル弁機構90を制御するものである。なお、以下の説明では、第1実施形態と同じ構成に関しては、同じ符号を付すとともに、その説明は省略する。

30

【0224】

図34に示すように、スロットル弁機構90は、電子制御式のものであり、吸気管12の途中に設けられたスロットル弁91と、これを開閉駆動するTHアクチュエータ92と、スロットル弁91の回動を規制する全開ストッパ93などを備えている。本実施形態では、スロットル弁機構90が可動機構に相当し、スロットル弁91が可動部に相当し、吸気管12および全開ストッパ93が規制部に相当する。

【0225】

スロットル弁91は、吸気管12に回動自在に取り付けられた回動軸91aと、これと一体に回動する弁体91bなどで構成されており、弁体91bが吸気管12の内壁に当接する全閉位置(図34に実線で示す位置)と、弁体91bが全開ストッパ93に当接する全開位置(図34に2点鎖線で示す位置)との間で回動自在に設けられている。スロットル弁91が全閉位置にあるときには、スロットル弁91により吸気通路12aが全閉状態に保持されるとともに、全開位置にあるときには、吸気通路12a内を流れる空気の流量 G_{in} がその最大値を示すようになっている。スロットル弁91の回動軸91aには、断面扇形のギヤ91cが固定されている。

40

【0226】

また、THアクチュエータ92は、ECU2に接続されたモータ92aと、その回転軸の一端部に固定されたギヤ92bなどを備えており、このギヤ92bは、上記ギヤ91cと常に噛み合うように設けられている。THアクチュエータ92は、ECU2からの開度制御入力 U_{th} で駆動されることにより、スロットル弁91を全閉位置と全開位置との間

50

で回動させ、それにより、吸気通路 1 2 a 内を流れる空気の流量 G_{in} を変化させる。

【 0 2 2 7 】

また、スロットル弁 9 1 の回動軸 9 1 a には、スロットル弁 9 1 を開弁方向および閉弁方向にそれぞれ付勢する 2 つのばね（いずれも図示せず）が取り付けられており、これら 2 つのばねの付勢力により、スロットル弁 9 1 は、開度制御入力 U_{th} が TH アクチュエータ 9 2 に入力されていないとき、または開度制御入力 U_{th} が後述する故障時用値 U_{th_fs} に設定されているときには、所定の初期開度に保持される。この初期開度は、全閉位置に近くかつエンジン 3 の始動に必要な吸入空気量を確保できる値（例えば 6° ）に設定されている。

【 0 2 2 8 】

さらに、TH アクチュエータ 9 2 には、例えばポテンショメータなどで構成されたスロットル弁開度センサ 2 8 が設けられている。このスロットル弁開度センサ 2 8 は、スロットル弁 9 1 の回動軸 9 1 a の回動角度 θ_{th} を表す検出信号を ECU 2 に出力する。この回動軸 9 1 a の回動角 θ_{th} は、スロットル弁 9 1 が全閉位置と全開位置との間のどの位置にあるかを表すものであり、ECU 2 は、この回動角 θ_{th} に基づき、スロットル弁開度 TH を算出する。本実施形態では、スロットル弁開度センサ 2 8 が位置検出手段に相当する。

【 0 2 2 9 】

以上のスロットル弁機構 9 0 では、TH アクチュエータ 9 2 により、スロットル弁 9 1 が全閉位置と全開位置との間で駆動され、それにより、スロットル弁開度 TH が所定の全閉値 TH_L と所定の全開値 TH_H との間で変化する。本実施形態では、全閉値 TH_L および全開値 TH_H が制御範囲の限界値に相当する。

【 0 2 3 0 】

次に、本実施形態の制御装置 1 A について説明する。この制御装置 1 A は、図 3 5 に示すように、スロットル弁開度コントローラ 1 3 0 を備えており、このスロットル弁開度コントローラ 1 3 0 は、スロットル弁機構を制御するための開度制御入力 U_{th} を算出するものである。同図に示すように、スロットル弁開度コントローラ 1 3 0 は、切換関数設定パラメータ算出部 1 3 1 および 2 自由度 SLD コントローラ 1 3 2 を備えており、これらは、具体的には ECU 2 により構成されている。

【 0 2 3 1 】

この切換関数設定パラメータ算出部 1 3 1 では、スロットル弁開度 TH に応じて、図 3 6 に示すテーブルを検索することにより、切換関数設定パラメータ $POLE_th$ が算出される。同図において、 $POLE_th1$ は、値 0 に近い負の所定値（例えば値 - 0.2）に設定され、 $POLE_th2$ は、値 - 1 に近い負の所定値（例えば値 - 0.99）に設定されている。

【 0 2 3 2 】

また、 TH_LL 、 TH_ML 、 TH_VPL 、 TH_VPH 、 TH_MH 、 TH_HH は、下式（34）、（35）が成立するように設定されたスロットル弁開度 TH の所定値である。 TH_LL 、 TH_HH はそれぞれ、所定の全閉ホールド値（制御範囲外の所定値）および全開ホールド値（制御範囲外の所定値）であり、スロットル弁 9 1 を全閉位置および全開位置（すなわち吸気管 1 2 の内壁および全開ストッパ 9 3 に当接した状態）に保持するために用いられる。また、 TH_VPL 、 TH_VPH は、所定のしきい値（限界値付近の所定値）であり、下式（35）の D_{th_vpo1e} は、正の所定値である。

【 0 2 3 3 】

10

20

30

40

【数7】

$$TH_LL < TH_L < TH_ML < TH_VPL < TH_VPH < TH_MH < TH_H < TH_HH$$

..... (34)

$$TH_H - TH_VPH = TH_VPL - TH_L = Dth_vpole$$

..... (35)

【0234】

このテーブルでは、切換関数設定パラメータ $POLE_th$ は、 TH 、 TH_ML 、 TH_MH 、 TH の範囲では、所定値 $POLE_th2$ に設定され、 TH_VPL 、 TH_VPH の範囲では、所定値 $POLE_th1$ に設定されている。また、 $TH_ML < TH < TH_VPL$ の範囲では、切換関数設定パラメータ $POLE_th$ は、スロットル弁開度 TH が大きいほど、より大きい値に設定され、 $TH_VPH < TH < TH_MH$ の範囲では、スロットル弁開度 TH が大きいほど、より小さい値に設定されている。

10

【0235】

図36のテーブルにおいて、以上のように切換関数設定パラメータ $POLE_th$ が設定されている理由は、前述した図15のテーブルにおける切換関数設定パラメータ $POLE_lf$ の設定理由と同じであり、その詳細については後述する。

【0236】

本実施形態では、スロットル弁開度コントローラ130が制御入力算出手段に相当し、切換関数設定パラメータ算出部131が外乱抑制パラメータ設定手段に相当し、切換関数設定パラメータ $POLE_th$ が外乱抑制パラメータおよび応答指定パラメータに相当する。さらに、全閉および全開ールド値 TH_LL 、 TH_HH が、制御範囲外の所定値に相当し、しきい値 TH_VPL 、 TH_VPH が限界値付近の所定値に相当する。

20

【0237】

一方、2自由度SLDコントローラ132では、開度制御入力 U_{th} が、スロットル弁開度 TH および目標スロットル弁開度 TH_cmd に基づき、以下の式(36)~(43)に示す目標値フィルタ型2自由度スライディングモード制御アルゴリズムにより算出される。すなわち、開度制御入力 U_{th} は、スロットル弁開度 TH を目標スロットル弁開度 TH_cmd に追従・収束させるための値として算出される。

30

【0238】

$$TH_cmd_f(k) = -POLE_f_th \cdot TH_cmd_f(k-1) + (1 + POLE_f_th) \cdot TH_cmd(k)$$

..... (36)

$$U_{th}(k) = U_{eq_th}(k) + U_{rch_th}(k) + U_{adp_th}(k) + U_{nl_th}(k)$$

..... (37)

【0239】

【数 8】

$$U_{eq_th}(k) = \frac{1}{b1_th} \{ (1 - a1_th - POLE_th) \cdot TH(k) + (POLE_th - a2_cr) \cdot TH(k-1) - b2_th \cdot U_{th}(k-1) + TH_cmd_f(k) + (POLE_th - 1) \cdot TH_cmd_f(k-1) - POLE_th \cdot TH_cmd_f(k-2) \} \quad \dots\dots (38)$$

$$U_{rch_th}(k) = - \frac{K_{rch_th}}{b1_th} \cdot \sigma_th(k) \quad \dots\dots (39)$$

$$U_{adp_th}(k) = - \frac{K_{adp_th}}{b1_th} \cdot \sum_{i=0}^k \sigma_th(i) \quad \dots\dots (40)$$

$$U_{nl_th}(k) = - \frac{K_{nl_th}}{b1_th} \cdot \text{sgn}(\sigma_th(k)) \quad \dots\dots (41)$$

【0240】

$$_th(k) = E_th(k) + POLE_th \cdot E_th(k-1) \quad \dots\dots (42)$$

$$E_th(k) = TH(k) - TH_cmd_f(k) \quad \dots\dots (43)$$

【0241】

この制御アルゴリズムでは、まず、式(36)に示す目標値フィルタアルゴリズムすなわち一次遅れフィルタアルゴリズムにより、目標スロットル弁開度のフィルタ値 TH_cmd_f が算出される。同式(36)において、 $POLE_f_th$ は、目標値フィルタ設定パラメータであり、 $-1 < POLE_f_th < 0$ の関係が成立する値に設定される。

【0242】

次いで、式(37)～(43)に示すスライディングモード制御アルゴリズムにより、開度制御入力 U_{th} が算出される。すなわち、式(37)に示すように、開度制御入力 U_{th} は、等価制御入力 U_{eq_th} 、到達則入力 U_{rch_th} 、適応則入力 U_{adp_th} および非線形入力 U_{nl_th} の総和として算出される。

【0243】

この等価制御入力 U_{eq_th} は、式(38)により算出される。同式(38)において、 $a1_th$ 、 $a2_th$ 、 $b1_th$ 、 $b2_th$ は、後述する式(44)のプラントモデルのモデルパラメータを示しており、所定値に設定されている。

【0244】

また、到達則入力 U_{rch_th} は、式(39)により算出される。同式(39)において、 K_{rch_th} は、所定の到達則ゲインを表しており、 $_th$ は、式(42)のように定義される切換関数である。同式(42)の E_th は、式(43)により算出される追従誤差(偏差)である。

【0245】

さらに、適応則入力 U_{adp_th} は、式(40)により算出される。同式(40)において、 K_{adp_th} は、所定の適応則ゲインを表している。また、非線形入力 U_{nl_th} は、式(41)により算出される。同式(41)において、 K_{nl_th} は、所定の非線形ゲインを表しているとともに、 $\text{sgn}(_th)$ は、符号関数を表しており、その値は、 $_th > 0$ のときには $\text{sgn}(_th) = 1$ となり、 $_th < 0$ のときには $\text{sgn}(_th) = -1$ となる(なお、 $_th = 0$ のときに、 $\text{sgn}(_th) = 0$ と設定してもよい)。

10

20

30

40

50

【 0 2 4 6 】

以上の式 (3 6) ~ (4 3) は、前述した手法と同様の手法により導出される。すなわち、プラントを、開度制御入力 U_{th} を入力とし、スロットル弁開度 TH を制御量とする系として定義するとともに、離散時間系モデルとしてモデル化すると、下式 (4 4) が得られる。この式 (4 4) のモデルに基づき、スロットル弁開度 TH が目標スロットル弁開度 TH_{cmd} に収束するように、目標値フィルタ型 2 自由度スライディングモード制御理論を適用すると、前述した式 (3 6) ~ (4 3) が導出される。

$$TH(k+1) = a1_{th} \cdot TH(k) + a2_{th} \cdot TH(k-1) + b1_{th} \cdot U_{th}(k) + b2_{th} \cdot U_{th}(k-1) \dots \dots (4 4)$$

【 0 2 4 7 】

以上の 2 自由度 SLD コントローラ 1 3 2 の制御アルゴリズムでは、前述したように、切換関数設定パラメータ $POLE_{th}$ を $-1 < POLE_{th} < 0$ の範囲内で変更することにより、外乱抑制能力を変更することができる。したがって、前述した図 3 6 のテーブルでは、スロットル弁 9 1 が吸気管 1 2 の内壁および全開ストッパ 9 3 に当接する際の衝撃力を低減するために、切換関数設定パラメータ $POLE_{ca}$ が前述したように設定されている。すなわち、スロットル弁開度 TH が、全閉値 TH_L 側に制御されている場合において、全閉値 TH_L 付近のしきい値 TH_{VPL} よりも全閉値 TH_L 側の値になったときには、スロットル弁開度 TH が全閉値 TH_L 側の値であるほど、切換関数設定パラメータ $POLE_{th}$ が所定値 $POLE_{th2}$ により近い値に設定される。すなわち、切換関数設定パラメータ $POLE_{th}$ が、追従誤差 E_{th} の増大化を許容し、外乱抑制能力がより小さくなるような値に設定される。それにより、スロットル弁 9 1 が、切換関数設定パラメータ $POLE_{th}$ の設定変更前の回転速度を保ちながら、追従誤差 E_{th} の増減に対するスロットル弁 9 1 の駆動力の増減感度が設定変更前よりも低い状態で、吸気管 1 2 の内壁側に駆動されることになり、その結果、スロットル弁 9 1 が吸気管 1 2 の内壁に当接する際の衝撃力を低減することができる。

【 0 2 4 8 】

一方、スロットル弁開度 TH が、全開値 TH_H 側に制御されている場合において、全開値 TH_H 付近のしきい値 TH_{VPH} よりも全開値 TH_H 側の値になったときにも、上記と同様に、スロットル弁開度 TH が全開値 TH_H 側の値であるほど、切換関数設定パラメータ $POLE_{th}$ が所定値 $POLE_{th2}$ により近い値に設定される。すなわち、切換関数設定パラメータ $POLE_{th}$ が、追従誤差 E_{th} の増大化を許容し、外乱抑制能力がより小さくなるような値に設定される。それにより、スロットル弁 9 1 が、切換関数設定パラメータ $POLE_{th}$ の設定変更前の回転速度を保ちながら、追従誤差 E_{th} の増減に対するスロットル弁 9 1 の駆動力の増減感度が設定変更前よりも低い状態で、全開位置ストッパ 9 3 側に駆動されることになり、その結果、スロットル弁 9 1 が全開位置ストッパ 9 3 に当接する際の衝撃力を低減することができる。

【 0 2 4 9 】

また、 $TH_{VPL} \sim TH_{VPH}$ の範囲では、切換関数設定パラメータ $POLE$ が値 0 に近い所定値 $POLE_{th1}$ に設定されることにより、スロットル弁開度 TH の目標スロットル弁開度 TH_{cmd} への追従性、良好な収束挙動および外乱抑制能力をいずれも高いレベルで確保することができる。

【 0 2 5 0 】

本実施形態では、スロットル弁開度 TH が制御量に、目標スロットル弁開度 TH_{cmd} が目標制御量に、開度制御入力 U_{th} が制御入力にそれぞれ相当する。

【 0 2 5 1 】

なお、図 3 6 のテーブルにおいて、しきい値 TH_{VPL} , TH_{VPH} を、 $TH_{VPL} - TH_L \sim TH_H - TH_{VPH}$ となるような値に設定してもよい。また、切換関数設定パラメータ $POLE_{th}$ の算出において、スロットル弁開度 TH に代えて、目標スロットル弁開度 TH_{cmd} に応じて、図 3 6 のテーブルを検索するように構成してもよい。

10

20

30

40

50

【 0 2 5 2 】

また、スロットル弁機構 9 0 の制御処理に関しては、その具体的な内容は図示しないが、前述した図 2 1 ~ 2 5 の制御処理と同様に実行される。特に、スロットル弁機構 9 0 の初期化処理は、図 2 2 の可変バルブリフト機構 5 0 の初期化処理と同様の手法により実行される。

【 0 2 5 3 】

以上のような第 2 実施形態の制御装置 1 A によれば、第 1 実施形態の制御装置 1 と同様の作用効果を得ることができる。すなわち、スロットル弁 9 1 を全閉位置側または全開位置側に駆動する場合において、吸気管 1 2 の内壁および全開ストッパ 9 3 に当接する際の衝撃力の低減と、駆動時間の短縮とを両立させることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 2 5 4 】

【図 1】本発明の第 1 実施形態に係る制御装置を適用した内燃機関の概略構成を示す模式図である。

【図 2】制御装置の概略構成を示すブロック図である。

【図 3】内燃機関の可変式吸気動弁機構および排気動弁機構の概略構成を示す断面図である。

【図 4】可変式吸気動弁機構の可変バルブリフト機構の概略構成を示す断面図である。

【図 5】(a) リフトアクチュエータの短アームが最大リフトストッパに当接している状態と (b) 最小リフトストッパに当接している状態を示す図である。

【図 6】(a) 可変バルブリフト機構の下リンクが最大リフト位置にあるときの吸気弁の開弁状態と (b) 最小リフト位置にあるときの吸気弁の開弁状態を示す図である。

【図 7】可変バルブリフト機構の下リンクが最大リフト位置にあるときの吸気弁のバルブリフト曲線 (実線) と、最小リフト位置にあるときのバルブリフト曲線 (2 点鎖線) をそれぞれ示す図である。

【図 8】可変カム位相機構の概略構成を模式的に示す図である。

【図 9】遊星歯車装置を図 8 の A - A 線に沿う方向から見た模式図である。

【図 1 0】電磁ブレーキを図 8 の B - B 線に沿う方向から見た模式図である。

【図 1 1】可変カム位相機構の動作特性を示す特性曲線である。

【図 1 2】可変カム位相機構により、カム位相が最遅角値に設定されているときの吸気弁のバルブリフト曲線 (実線) と、カム位相が最進角値に設定されているときの吸気弁のバルブリフト曲線 (2 点鎖線) をそれぞれ示す図である。

【図 1 3】(a) 圧縮比が最低値に設定されているときの可変圧縮比機構の全体構成を模式的に示す図と、(b) 圧縮比が最高値に設定されているときの可変圧縮比機構における圧縮比アクチュエータ付近の構成を示す図である。

【図 1 4】バルブリフトコントローラの概略構成を示すブロック図である。

【図 1 5】切換関数設定パラメータ P O L E _ l f の算出に用いるテーブルの一例を示す図である。

【図 1 6】外乱が可変バルブリフト機構に入力された際の追従誤差 E _ l f の変化を示すタイミングチャートである。

【図 1 7】カム位相コントローラの概略構成を示すブロック図である。

【図 1 8】切換関数設定パラメータ P O L E _ c a の算出に用いるテーブルの一例を示す図である。

【図 1 9】圧縮比コントローラの概略構成を示すブロック図である。

【図 2 0】切換関数設定パラメータ P O L E _ c r の算出に用いるテーブルの一例を示す図である。

【図 2 1】可変機構の制御処理を示すフローチャートである。

【図 2 2】可変バルブリフト機構の初期化処理を示すフローチャートである。

【図 2 3】初期化処理中、目標バルブリフト L i f t i n _ c m d の算出に用いるテーブルの一例を示す図である。

10

20

30

40

50

【図24】制御入力算出処理を示すフローチャートである。

【図25】エンジン始動中、目標バルブリフト $L i f t i n _ c m d$ の算出に用いるテーブルの一例を示す図である。

【図26】エンジン始動中、目標カム位相 $C a i n _ c m d$ の算出に用いるテーブルの一例を示す図である。

【図27】触媒暖機制御中、目標バルブリフト $L i f t i n _ c m d$ の算出に用いるマップの一例を示す図である。

【図28】触媒暖機制御中、目標カム位相 $C a i n _ c m d$ の算出に用いるマップの一例を示す図である。

【図29】通常運転中、目標バルブリフト $L i f t i n _ c m d$ の算出に用いるマップの一例を示す図である。 10

【図30】通常運転中、目標カム位相 $C a i n _ c m d$ の算出に用いるマップの一例を示す図である。

【図31】通常運転中、目標圧縮比 $C r _ c m d$ の算出に用いるマップの一例を示す図である。

【図32】可変バルブリフト機構の初期化処理を実行した際の制御結果例を示すタイミングチャートである。

【図33】バルブリフト $L i f t i n$ を最小値 $L i f t i n _ L$ と最大値 $L i f t i n _ H$ との間で制御した場合の制御結果例を示すタイミングチャートである。

【図34】本発明の第2実施形態に係る制御装置およびこれを適用したスロットル弁機構の概略構成を示す模式図である。 20

【図35】スロットル弁開度コントローラの概略構成を示すブロック図である。

【図36】切換関数設定パラメータ $P O L E _ t h$ の算出に用いるテーブルの一例を示す図である。

【符号の説明】

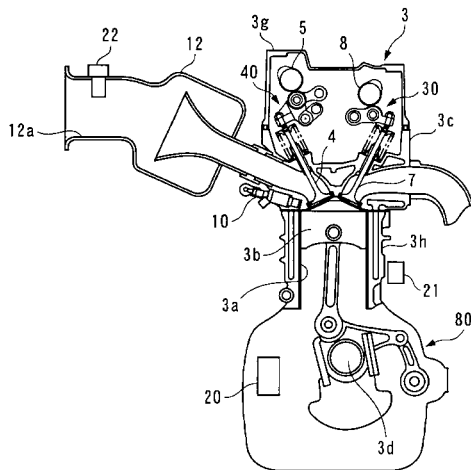
【0255】

- | | | |
|-------|---|----|
| 1, 1A | 制御装置 | |
| 2 | ECU (制御量算出手段、目標制御量設定手段、制御入力算出手段、外乱抑制パラメータ設定手段、判定手段、補正值算出手段) | |
| 3 | 内燃機関 | 30 |
| 3d | クランクシャフト | |
| 4 | 吸気弁 | |
| 6 | 吸気カム | |
| 7 | 排気弁 | |
| 9 | 排気カム | |
| 12 | 吸気管 (規制部) | |
| 12a | 吸気通路 | |
| 20 | クランク角センサ (位置検出手段) | |
| 23 | 回動角センサ (位置検出手段) | |
| 24 | カム角センサ (位置検出手段) | 40 |
| 25 | 制御角センサ (位置検出手段) | |
| 28 | スロットル弁開度センサ (位置検出手段) | |
| 50 | 可変バルブリフト機構 (可動機構) | |
| 65 | 短アーム (可動部) | |
| 67a | 最小リフトストッパ (規制部) | |
| 67b | 最大リフトストッパ (規制部) | |
| 70 | 可変カム位相機構 (可動機構) | |
| 73a | 最遅角ストッパ (規制部) | |
| 73b | 最進角ストッパ (規制部) | |
| 74b | アーム (可動部) | 50 |

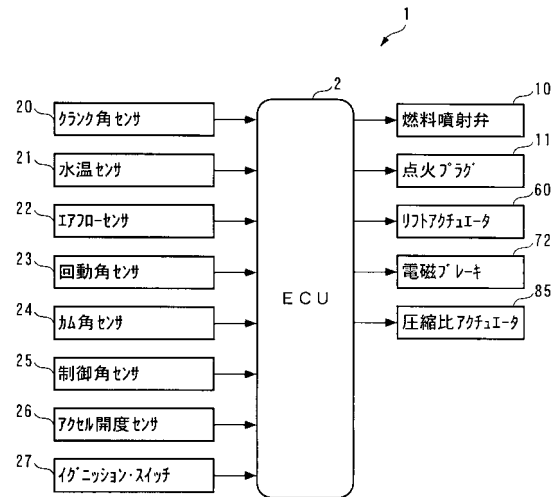
8 0	可変圧縮比機構 (可動機構)	
8 5 b	アーム (可動部)	
8 6 a	最低圧縮比ストッパ (規制部)	
8 6 b	最高圧縮比ストッパ (規制部)	
9 0	スロットル弁機構 (可動機構)	
9 1	スロットル弁 (可動部)	
9 3	全開ストッパ (規制部)	
1 0 0	バルブリフトコントローラ (制御入力算出手段)	
1 0 1	切換関数設定パラメータ算出部 (外乱抑制パラメータ設定手段)	
1 1 0	カム位相コントローラ (制御入力算出手段)	10
1 1 1	切換関数設定パラメータ算出部 (外乱抑制パラメータ設定手段)	
1 2 0	圧縮比コントローラ (制御入力算出手段)	
1 2 1	切換関数設定パラメータ算出部 (外乱抑制パラメータ設定手段)	
1 3 0	スロットル弁開度コントローラ (制御入力算出手段)	
1 3 1	切換関数設定パラメータ算出部 (外乱抑制パラメータ設定手段)	
	L i f t i n	バルブリフト (制御量)
	L i f t i n _ L	最小値 (制御範囲の限界値)
	L i f t i n _ H	最大値 (制御範囲の限界値)
	L i f t i n _ V P L	所定のしきい値 (限界値付近の所定値)
	L i f t i n _ V P H	所定のしきい値 (限界値付近の所定値)
	L i f t i n _ L L	最小ホールド値 (制御範囲外の所定値)
	L i f t i n _ H H	最大ホールド値 (制御範囲外の所定値)
	L i f t i n _ c m d	目標バルブリフト (目標制御量)
	U l i f t i n	リフト制御入力 (制御入力)
	P O L E _ l f	切換関数設定パラメータ (外乱抑制パラメータ、応答指定パラメータ)
	E _ l f	追従誤差 (偏差)
C o m p _	L i f t i n	リフト補正值 (補正值)
	C a i n	カム位相 (制御量)
	C a i n _ L	最遅角値 (制御範囲の限界値)
	C a i n _ H	最進角値 (制御範囲の限界値)
	C a i n _ V P L	所定のしきい値 (限界値付近の所定値)
	C a i n _ V P H	所定のしきい値 (限界値付近の所定値)
	C a i n _ L L	最遅角ホールド値 (制御範囲外の所定値)
	C a i n _ H H	最進角ホールド値 (制御範囲外の所定値)
	C a i n _ c m d	目標カム位相 (目標制御量)
	U c a i n	位相制御入力 (制御入力)
	P O L E _ c a	切換関数設定パラメータ (外乱抑制パラメータ、応答指定パラメータ)
	E _ c a	追従誤差 (偏差)
	C r	圧縮比 (制御量)
	C r _ L	最低値 (制御範囲の限界値)
	C r _ H	最高値 (制御範囲の限界値)
	C r _ V P L	所定のしきい値 (限界値付近の所定値)
	C r _ V P H	所定のしきい値 (限界値付近の所定値)
	C r _ L L	最低ホールド値 (制御範囲外の所定値)
	C r _ H H	最高ホールド値 (制御範囲外の所定値)
	C r _ c m d	目標圧縮比 (目標制御量)
	U c r	圧縮比制御入力 (制御入力)
	P O L E _ c r	切換関数設定パラメータ (外乱抑制パラメータ、応答指定パラ
		50

- メータ)
- E_c r 追従誤差 (偏差)
 - TH スロットル弁の開度 (制御量)
 - TH_L 全閉値 (制御範囲の限界値)
 - TH_H 全開値 (制御範囲の限界値)
 - TH_VPL 所定のしきい値 (限界値付近の所定値)
 - TH_VPH 所定のしきい値 (限界値付近の所定値)
 - TH_LL 全閉ホールド値 (制御範囲外の所定値)
 - TH_HH 全開ホールド値 (制御範囲外の所定値)
 - TH_cmd 目標スロットル弁開度 (目標制御量)
 - Uth 開度制御入力 (制御入力)
 - POLE_th 切換関数設定パラメータ (外乱抑制パラメータ、応答指定パラメータ)
 - E_th 追従誤差 (偏差)

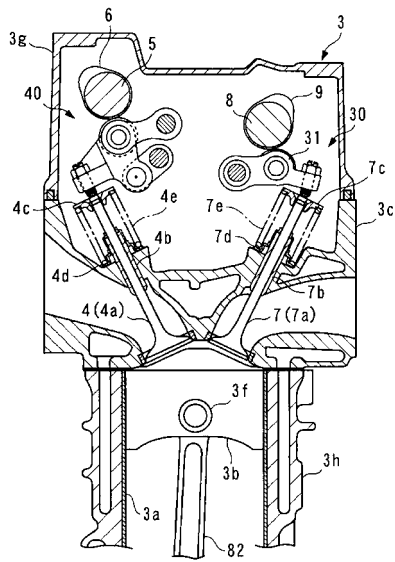
【図1】



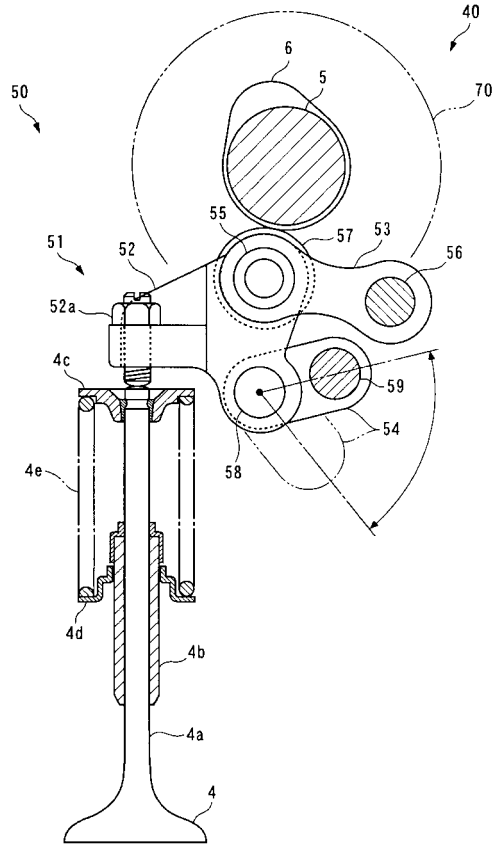
【図2】



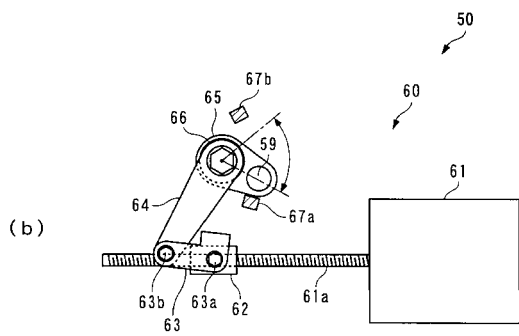
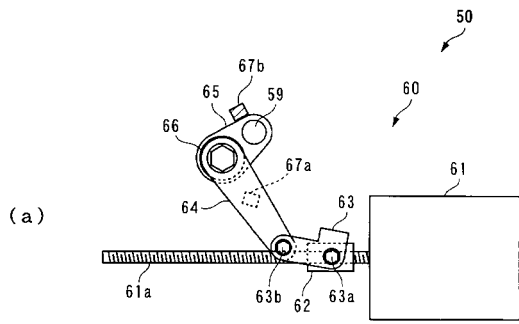
【 図 3 】



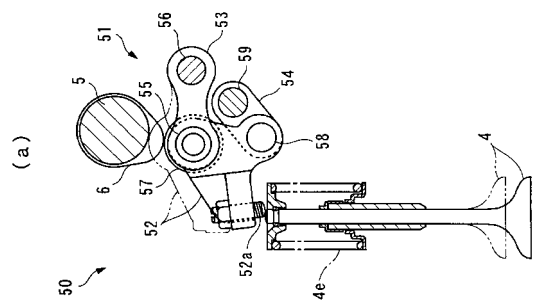
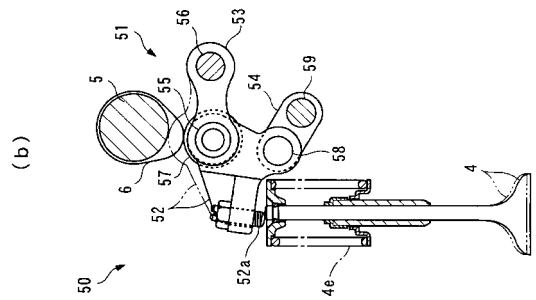
【 図 4 】



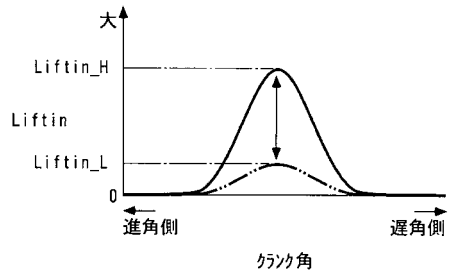
【 図 5 】



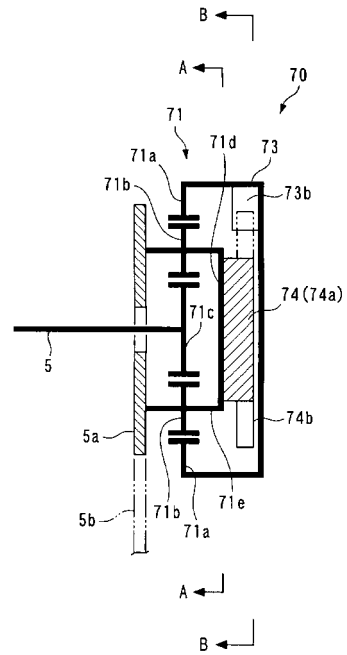
【 図 6 】



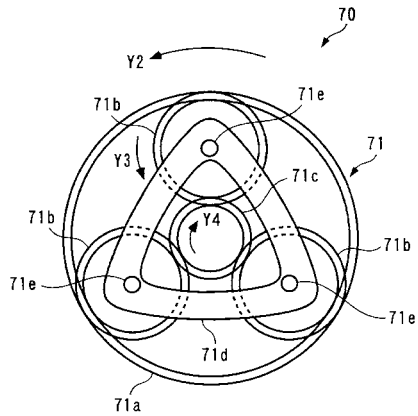
【図7】



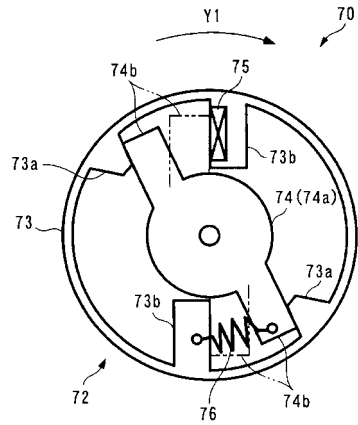
【図8】



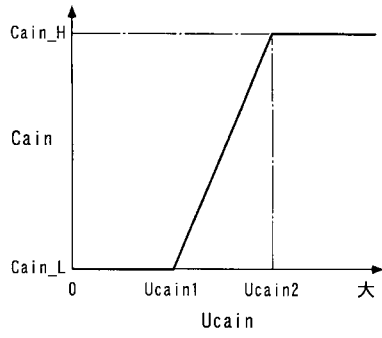
【図9】



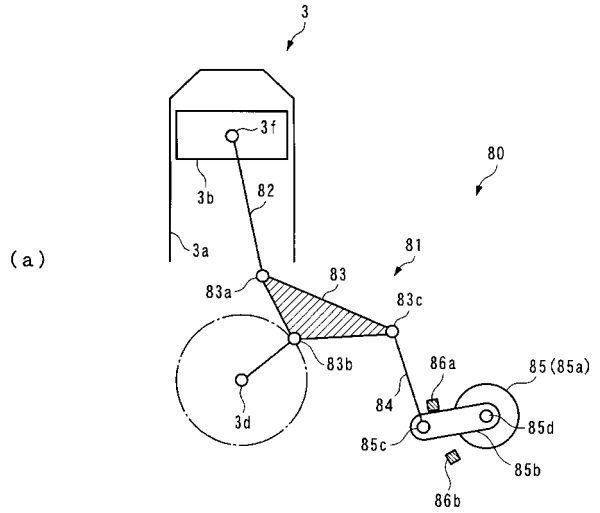
【図10】



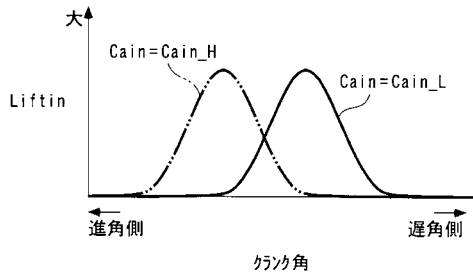
【図11】



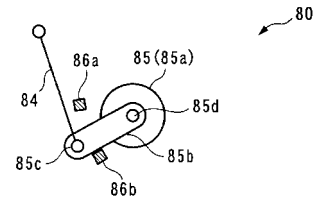
【図13】



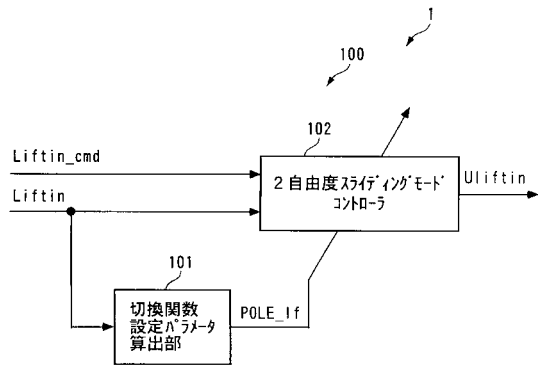
【図12】



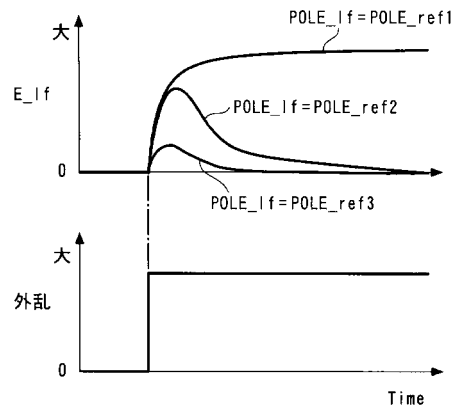
(b)



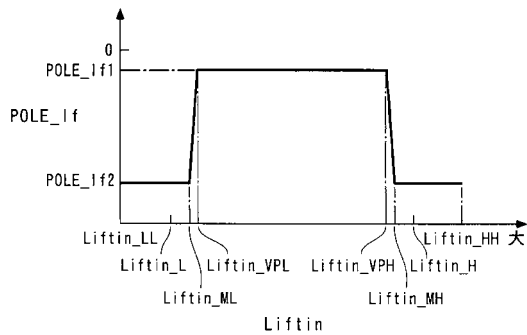
【図14】



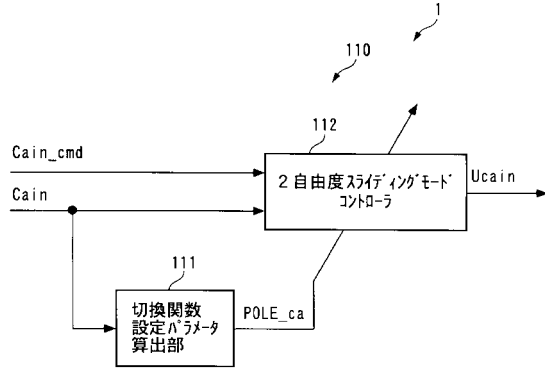
【図16】



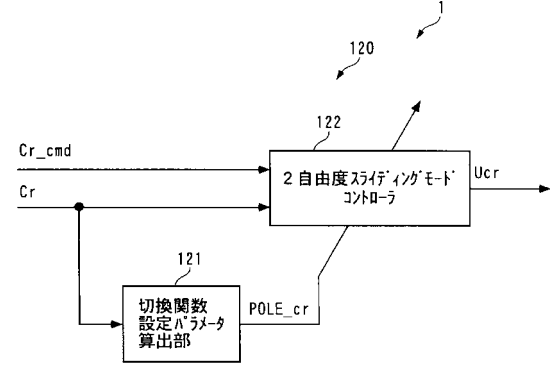
【図15】



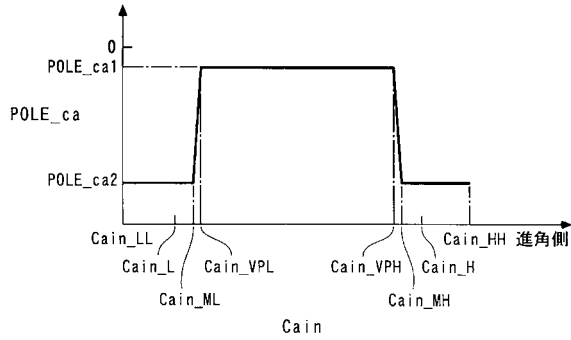
【図17】



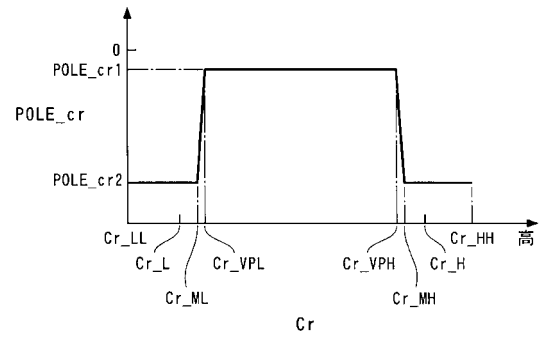
【図19】



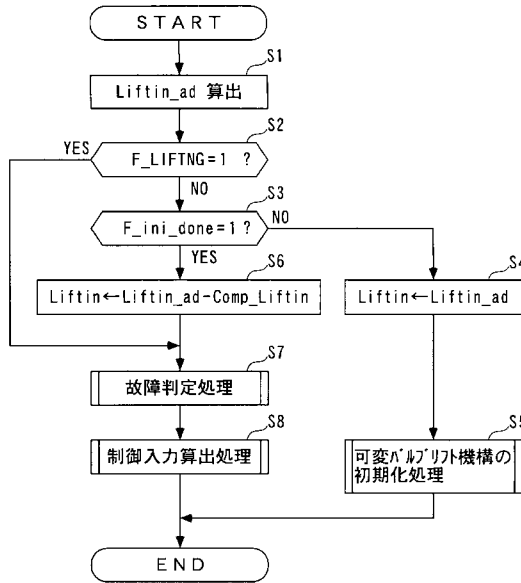
【図18】



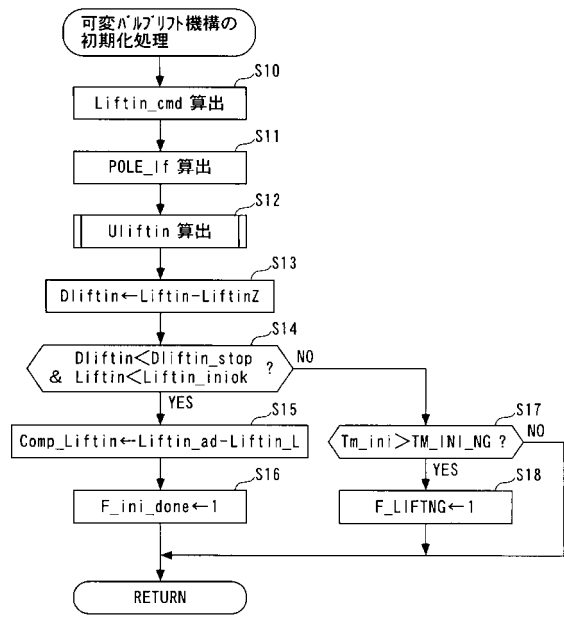
【図20】



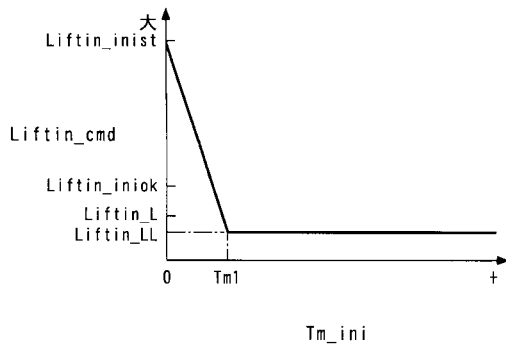
【図21】



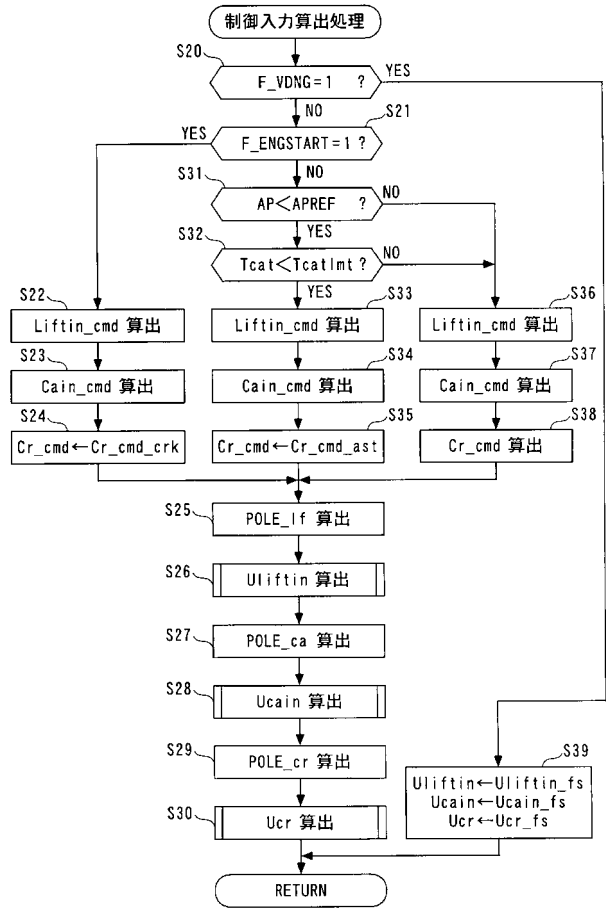
【図22】



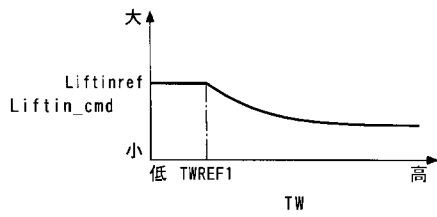
【図 23】



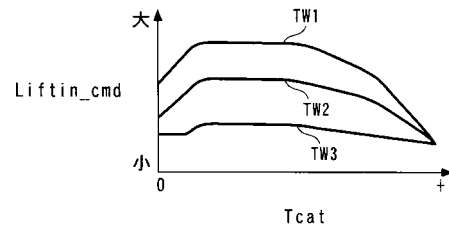
【図 24】



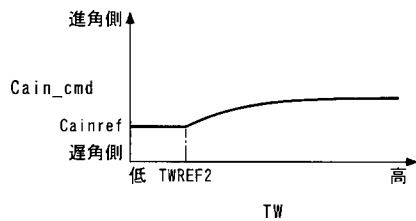
【図 25】



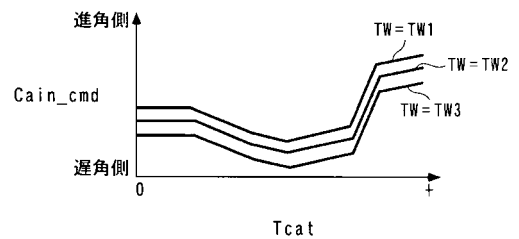
【図 27】



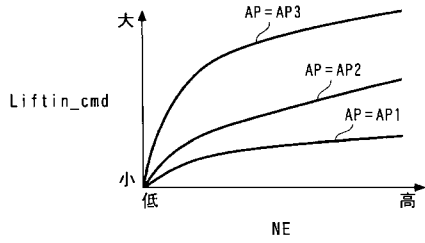
【図 26】



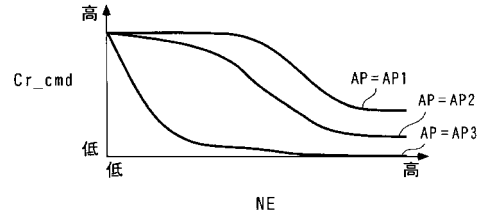
【図 28】



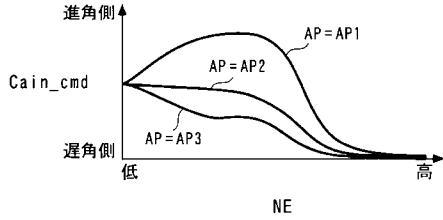
【図29】



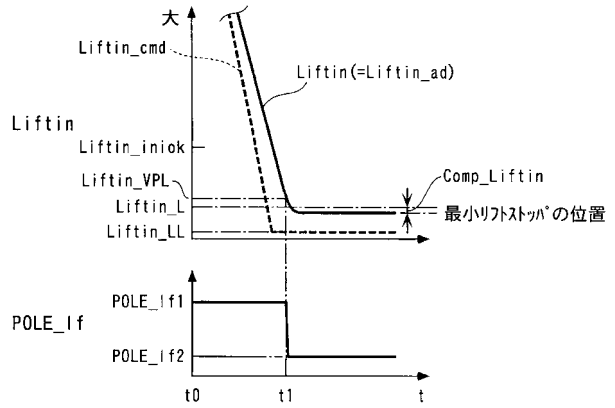
【図31】



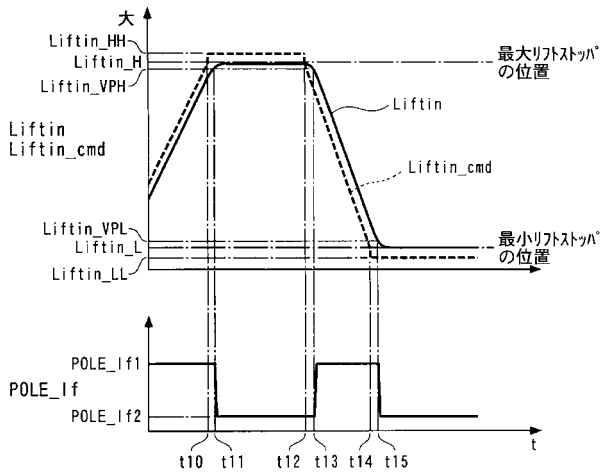
【図30】



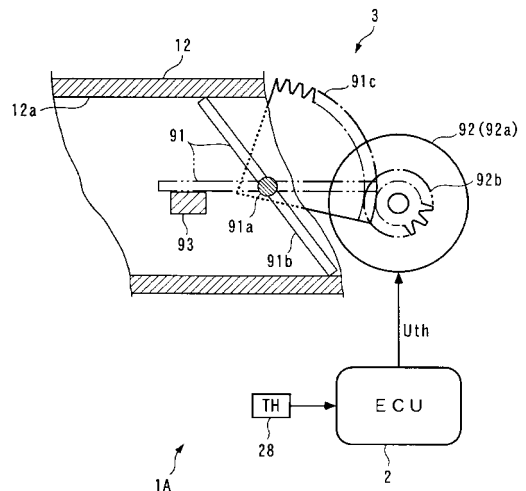
【図32】



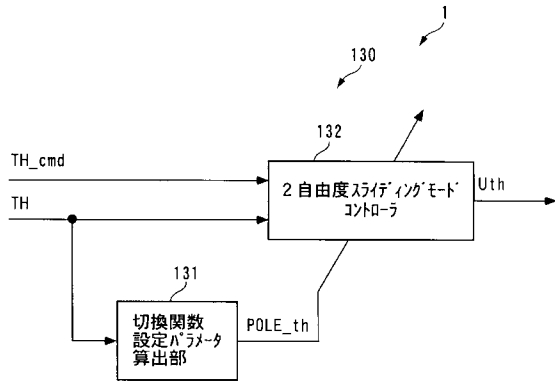
【図33】



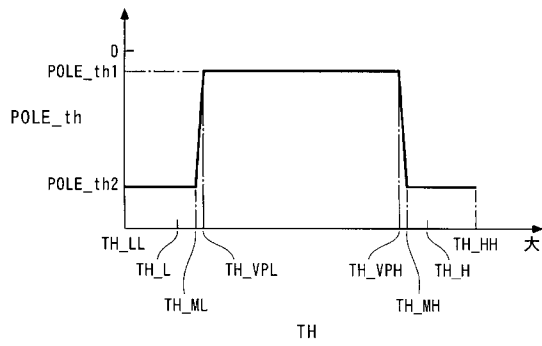
【図34】



【図35】



【図36】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	
<i>F 0 2 D</i>	<i>9/02</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 2 D 9/02 3 5 1 M</i>
<i>F 0 2 D</i>	<i>11/10</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 2 D 11/10 F</i>
<i>F 0 2 D</i>	<i>13/02</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 2 D 13/02 G</i>
<i>F 0 2 D</i>	<i>15/00</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 2 D 13/02 J</i>
<i>F 0 2 D</i>	<i>41/04</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 2 D 15/00 E</i>
<i>F 0 2 D</i>	<i>45/00</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 2 D 41/04 3 1 0 Z</i>
			<i>F 0 2 D 41/04 3 2 0</i>
			<i>F 0 2 D 45/00 3 2 0 Z</i>
			<i>F 0 2 D 45/00 3 7 0 B</i>

- (56)参考文献 特開平05 - 282048 (JP, A)
 特開平04 - 261790 (JP, A)
 特開平02 - 201604 (JP, A)
 特開平06 - 187005 (JP, A)
 特開2003 - 254100 (JP, A)
 特開2002 - 276434 (JP, A)
 特開2003 - 256004 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 5 B 1 1 / 0 0 - 1 3 / 0 4
 F 0 1 L 1 / 1 8
 F 0 1 L 1 / 3 4
 F 0 1 L 1 3 / 0 0
 F 0 2 D 9 / 0 0
 F 0 2 D 9 / 0 2
 F 0 2 D 1 1 / 1 0
 F 0 2 D 1 3 / 0 2
 F 0 2 D 1 5 / 0 0
 F 0 2 D 4 1 / 0 4
 F 0 2 D 4 5 / 0 0