

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4263134号
(P4263134)

(45) 発行日 平成21年5月13日 (2009.5.13)

(24) 登録日 平成21年2月20日 (2009.2.20)

(51) Int. Cl.

F I

F O 2 D 13/02 (2006.01)

F O 2 D 13/02 G

F O 2 D 15/02 (2006.01)

F O 2 D 15/02 C

F O 2 D 45/00 (2006.01)

F O 2 D 45/00 3 6 2 A

F O 2 D 45/00 3 7 0 B

F O 2 D 45/00 3 7 6 A

請求項の数 27 (全 57 頁)

(21) 出願番号 特願2004-120533 (P2004-120533)
 (22) 出願日 平成16年4月15日 (2004.4.15)
 (65) 公開番号 特開2005-299596 (P2005-299596A)
 (43) 公開日 平成17年10月27日 (2005.10.27)
 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 米川 明之
 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 庄司 忠晴
 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 可動部駆動機構の制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

内燃機関の可動部の動作タイミングおよび動作量の少なくとも一方を変更するとともに、当該内燃機関のクランクシャフトの回転に伴って周期的に変化する振幅を有する周期的外乱が加えられる可動部駆動機構の制御装置であって、

前記周期的外乱を補償するための、前記クランクシャフトの回転に伴う前記周期的外乱の振幅変化の予測結果に応じて予め設定された複数の外乱補償値を記憶する外乱補償値記憶手段と、

前記内燃機関のクランクシャフトが所定角度、回転するごとに、それに対応する選択タイミングで、前記記憶されている複数の外乱補償値の中から当該選択タイミングに応じた外乱補償値を選択する外乱補償値選択手段と、

前記可動部駆動機構を制御するための制御入力を、前記選択された外乱補償値に応じて算出する制御入力算出手段と、

を備えることを特徴とする可動部駆動機構の制御装置。

【請求項2】

前記可動部駆動機構は、前記内燃機関の吸気カムシャフトおよび排気カムシャフトの少なくとも一方の前記クランクシャフトに対する位相であるカム位相を、前記可動部の前記動作タイミングとして変更する可変カム位相機構を含むことを特徴とする請求項1に記載の可動部駆動機構の制御装置。

【請求項3】

前記外乱補償値選択手段は、前記カム位相を表すカム位相パラメータにさらに応じて前記外乱補償値を選択することを特徴とする請求項 2 に記載の可動部駆動機構の制御装置。

【請求項 4】

前記内燃機関は、当該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変更する可変バルブリフト機構を備え、

前記複数の外乱補償値は、当該可変バルブリフト機構による前記バルブリフトの変更に伴う前記周期的外乱の前記振幅変化および挙動変化の少なくとも一方の予測結果にさらに応じて設定されており、

前記外乱補償値選択手段は、前記バルブリフトを表すバルブリフトパラメータにさらに応じて前記外乱補償値を選択することを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の可動部駆動機構の制御装置。

10

【請求項 5】

前記制御入力算出手段は、前記外乱補償値を前記内燃機関の回転数に応じて補正するとともに、当該補正した外乱補償値に応じて、前記制御入力を算出することを特徴とする請求項 2 ないし 4 のいずれかに記載の可動部駆動機構の制御装置。

【請求項 6】

前記制御入力算出手段は、前記内燃機関の回転数が所定回転数以上のときには、前記制御入力を、前記外乱補償値とは無関係に算出することを特徴とする請求項 2 ないし 5 のいずれかに記載の可動部駆動機構の制御装置。

【請求項 7】

20

前記カム位相の目標となる目標カム位相を設定する目標カム位相設定手段をさらに備え、

前記制御入力算出手段は、前記カム位相が前記目標カム位相に収束するように、所定の応答指定型制御アルゴリズムを用いて、前記制御入力を算出することを特徴とする請求項 2 ないし 6 のいずれかに記載の可動部駆動機構の制御装置。

【請求項 8】

前記可変カム位相機構における外乱およびモデル化誤差を補償するための外乱推定値を、当該外乱推定値と前記制御入力と前記カム位相との関係を定義したモデルに基づく所定の推定アルゴリズムにより算出する外乱推定値算出手段をさらに備え、

前記制御入力算出手段は、前記制御入力を、前記算出された外乱推定値にさらに応じて算出することを特徴とする請求項 2 ないし 6 のいずれかに記載の可動部駆動機構の制御装置。

30

【請求項 9】

前記外乱補償値と前記制御入力と前記カム位相との関係を定義したモデルのモデルパラメータを、オンボード同定するモデルパラメータ同定手段をさらに備え、

前記制御入力算出手段は、前記制御入力を、前記同定されたモデルパラメータにさらに応じて算出することを特徴とする請求項 2 ないし 6 のいずれかに記載の可動部駆動機構の制御装置。

【請求項 10】

前記可動部駆動機構は、前記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、前記可動部の前記動作量として変更する可変バルブリフト機構を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の可動部駆動機構の制御装置。

40

【請求項 11】

前記外乱補償値選択手段は、前記バルブリフトを表すバルブリフトパラメータにさらに応じて前記外乱補償値を選択することを特徴とする請求項 10 に記載の可動部駆動機構の制御装置。

【請求項 12】

前記内燃機関は、当該内燃機関の吸気カムシャフトおよび排気カムシャフトの少なくとも一方の前記クランクシャフトに対する位相であるカム位相を変更する可変カム位相機構を備え、

50

前記外乱補償値選択手段は、前記カム位相を表すカム位相パラメータにさらに応じて前記外乱補償値を選択することを特徴とする請求項 10 または 11 に記載の可動部駆動機構の制御装置。

【請求項 13】

前記制御入力算出手段は、前記外乱補償値を前記内燃機関の回転数に応じて補正するとともに、当該補正した外乱補償値に応じて、前記制御入力を算出することを特徴とする請求項 10 ないし 12 のいずれかに記載の可動部駆動機構の制御装置。

【請求項 14】

前記制御入力算出手段は、前記内燃機関の回転数が所定回転数以上のときには、前記制御入力を、前記外乱補償値とは無関係に算出することを特徴とする請求項 10 ないし 13 のいずれかに記載の可動部駆動機構の制御装置。

10

【請求項 15】

前記バルブリフトの目標となる目標バルブリフトを設定する目標バルブリフト設定手段をさらに備え、

前記制御入力算出手段は、前記バルブリフトが前記目標バルブリフトに収束するように、所定の応答指定型制御アルゴリズムを用いて、前記制御入力を算出することを特徴とする請求項 10 ないし 14 のいずれかに記載の可動部駆動機構の制御装置。

【請求項 16】

前記可変バルブリフト機構における外乱およびモデル化誤差を補償するための外乱推定値を、当該外乱推定値と前記制御入力と前記バルブリフトとの関係を定義したモデルに基づく所定の推定アルゴリズムにより算出する外乱推定値算出手段をさらに備え、

20

前記制御入力算出手段は、前記制御入力を、前記算出された外乱推定値にさらに応じて算出することを特徴とする請求項 10 ないし 14 のいずれかに記載の可動部駆動機構の制御装置。

【請求項 17】

前記外乱補償値と前記制御入力と前記バルブリフトとの関係を定義したモデルのモデルパラメータを、オンボード同定するモデルパラメータ同定手段をさらに備え、

前記制御入力算出手段は、前記制御入力を、前記同定されたモデルパラメータにさらに応じて算出することを特徴とする請求項 10 ないし 14 のいずれかに記載の可動部駆動機構の制御装置。

30

【請求項 18】

前記可動部駆動機構は、前記内燃機関のピストンのストロークを、前記可動部の前記動作量として変更することにより、前記内燃機関の圧縮比を変更する可変圧縮比機構を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の可動部駆動機構の制御装置。

【請求項 19】

前記外乱補償値選択手段は、前記圧縮比を表す圧縮比パラメータにさらに応じて前記外乱補償値を選択することを特徴とする請求項 18 に記載の可動部駆動機構の制御装置。

【請求項 20】

前記制御入力算出手段は、前記外乱補償値を前記内燃機関の回転数に応じて補正するとともに、当該補正した外乱補償値に応じて、前記制御入力を算出することを特徴とする請求項 18 または 19 に記載の可動部駆動機構の制御装置。

40

【請求項 21】

前記制御入力算出手段は、前記外乱補償値を前記内燃機関の負荷を表す負荷パラメータに応じて補正するとともに、当該補正した外乱補償値に応じて、前記制御入力を算出することを特徴とする請求項 18 または 19 に記載の可動部駆動機構の制御装置。

【請求項 22】

前記内燃機関は、当該内燃機関の吸気カムシャフトおよび排気カムシャフトの少なくとも一方の前記クランクシャフトに対する位相であるカム位相を変更する可変カム位相機構を備え、

前記負荷パラメータは、前記カム位相を表すカム位相パラメータを含むことを特徴とす

50

る請求項 2 1 に記載の可動部駆動機構の制御装置。

【請求項 2 3】

前記内燃機関は、当該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変更する可変バルブリフト機構を備え、

前記負荷パラメータは、前記バルブリフトを表すバルブリフトパラメータを含むことを特徴とする請求項 2 1 または 2 2 に記載の可動部駆動機構の制御装置。

【請求項 2 4】

前記制御入力算出手段は、前記内燃機関の回転数が所定回転数以上のときには、前記制御入力を、前記外乱補償値とは無関係に算出することを特徴とする請求項 2 0 ないし 2 3 のいずれかに記載の可動部駆動機構の制御装置。

10

【請求項 2 5】

前記圧縮比の目標となる目標圧縮比を設定する目標圧縮比設定手段をさらに備え、

前記制御入力算出手段は、前記圧縮比が前記目標圧縮比に収束するように、所定の応答指定型制御アルゴリズムを用いて、前記制御入力を算出することを特徴とする請求項 1 8 ないし 2 4 のいずれかに記載の可動部駆動機構の制御装置。

【請求項 2 6】

前記可変圧縮比機構における外乱およびモデル化誤差を補償するための外乱推定値を、当該外乱推定値と前記制御入力と前記圧縮比との関係を定義したモデルに基づく所定の推定アルゴリズムにより算出する外乱推定値算出手段をさらに備え、

前記制御入力算出手段は、前記制御入力を、前記算出された外乱推定値にさらに応じて算出することを特徴とする請求項 1 8 ないし 2 4 のいずれかに記載の可動部駆動機構の制御装置。

20

【請求項 2 7】

前記外乱補償値と前記制御入力と前記圧縮比との関係を定義したモデルのモデルパラメータを、オンボード同定するモデルパラメータ同定手段をさらに備え、

前記制御入力算出手段は、前記制御入力を、前記同定されたモデルパラメータにさらに応じて算出することを特徴とする請求項 1 8 ないし 2 4 のいずれかに記載の可動部駆動機構の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0 0 0 1】

本発明は、内燃機関の可動部の動作タイミングおよび動作量の少なくとも一方を変更するとともに、内燃機関の運転に伴って振幅が周期的に変化する周期的外乱が加えられる可動部駆動機構の制御装置に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

従来、内燃機関の可動部の動作タイミングおよび動作量の少なくとも一方を変更する可動部駆動機構の制御装置として、特許文献 1 に記載されたものが知られている。この可動部駆動機構は、吸気カムシャフトすなわち吸気カムのクランクシャフトに対する位相（以下「カム位相」という）を自在に変化させることにより、吸気弁のバルブタイミングを変化させるものであり、油圧駆動式の可変カム位相機構と、これにオイルポンプからの油圧を供給する電磁制御弁などで構成されている。また、制御装置は、クランクシャフトおよび吸気カムの角度位置に相当する信号をそれぞれ検出するクランク角センサおよびカム角センサと、これらのセンサの検出信号が入力されるコントローラとを備えている。

40

【0 0 0 3】

このコントローラは、クランク角センサおよびカム角センサの検出信号に基づいて実際のカム位相を算出し、内燃機関の運転状態に基づいて目標カム位相を算出するとともに、以下に述べるように、スライディングモード制御アルゴリズムにより、カム位相を目標カム位相に収束させるように、可変カム位相機構を制御する。すなわち、電磁制御弁への制御信号を制御入力とし、カム位相を出力とする系を、制御対象として見なすとともに、こ

50

の制御対象を連続時間系モデルとしてモデル化する。具体的には、制御対象の状態方程式を、カム位相の一次および二次の時間微分値を状態変数とする微分方程式として設定する。さらに、スライディングモード制御アルゴリズムにおける切換関数を、目標カム位相とカム位相との偏差、およびその時間微分値（すなわち変化速度）を状態変数とする線形関数として設定する。そして、以上のように設定した切換関数の状態変数である偏差およびその変化速度が切換直線上に載るように制御入力を算出することによって、すなわち偏差およびその変化速度が切換直線上をスライディングし、値0に収束するように制御入力を算出することによって、カム位相が目標カム位相に収束するように制御される。

【0004】

また、スライディングモード制御アルゴリズムを用いる制御装置として、特許文献2に記載されたものを本出願人はすでに提案している。この制御装置は、内燃機関のスロットル弁駆動装置を制御するものであり、適応スライディングモードコントローラ、オンボード同定器および状態予測器などを備えている。また、スロットル弁駆動装置は、スロットル弁を駆動することで、その開度を変化させるものであり、モータなどを備えている。

【0005】

この制御装置では、以下のようにスロットル弁駆動装置を制御するための制御入力が算出される。すなわち、モータへの制御信号のデューティ比を制御入力とし、スロットル弁の開度と目標開度との開度偏差を出力とする系を、制御対象として見なすとともに、その制御対象を、デューティ比、開度偏差および補償値の関係を定義した離散時間系モデルとしてモデル化する。この補償値は、制御対象モデルのモデル化誤差および外乱を補償するためのものである。

【0006】

そして、オンボード同定器により、制御対象モデルのモデルパラメータおよび補償値が同定演算され、それらの同定値を用いて、適応スライディングモードコントローラにおいて、スライディングモード制御アルゴリズムにより、制御入力が算出される。この制御装置では、以上のように制御入力が算出されるので、制御対象モデルのモデル化誤差および外乱を適切に補償することができ、それにより、高い制御精度が確保される。

【0007】

【特許文献1】特開2001-132482号公報

【特許文献2】特開2003-5804号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

上記特許文献1の制御装置では、(f1)制御対象に加えられる外乱の影響を考慮していないので、可変カム位相機構のような定常的な外乱を受けやすい制御対象の場合、定常的な外乱により制御の安定性および制御精度が低下してしまう。(f2)また、可変カム位相機構は、吸気カムのクランクシャフトに対するカム位相を自在に変化させるものであるため、吸気カムが吸気弁を開閉駆動する際、吸気弁のバルブスプリングの付勢力および反力に起因して、振幅が周期的に変化する周期的外乱を受けてしまう（後述する図12参照）。このような周期的外乱を受けると、その影響により、吸気弁の開弁時間が全体的に短くなり（後述する図14、15参照）、開弁時の吸入空気量が減少することで、内燃機関の発生トルクの低下を招くとともに燃焼状態が不安定になってしまう。

【0009】

(f3)また、制御対象モデルとして連続時間系モデルを用いているので、制御対象モデルのモデルパラメータを制御対象の実験データから直接同定することは困難である。そのため、具体的には、連続時間系モデルを離散時間系モデルに近似変換し、それに基づいてモデルパラメータを同定しなければならないので、このような近似変換の使用により、モデルパラメータの同定精度が低下してしまう。さらに、離散時間系モデルを連続時間系モデルに再度、近似変換しなければならないので、このような2回の近似変換の使用により、制御対象モデルのモデル化誤差も増大してしまう。その結果、制御の安定余裕を確保

するために、コントローラゲインを低く抑える必要が生じ、制御性がさらに低下してしまう。すなわち、特許文献1の制御装置では、スライディングモード制御特有のロバスト性および応答指定特性を確保できなくなる。

【0010】

以上のような特許文献1の問題点を解消するために、特許文献1の制御装置に特許文献2の制御手法を適用することが考えられる。このようにした場合、上述した特許文献1の(f1)および(f3)の問題は解決できるものの、特許文献2の制御手法では、補償値をオンボード同定器で演算しているため、その演算回数が所定値に達するまでの間、上記(f2)の問題を解消することができない。すなわち、周期的外乱の影響を補償し、抑制するのに時間が若干かかり、その間、制御の安定性および制御精度が低下してしまう可能性がある。

10

【0011】

本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、周期的外乱が可動部駆動機構に及ぼす影響をより迅速に補償し、抑制することができ、それにより制御の安定性および制御精度を向上させることができる可動部駆動機構の制御装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記目的を達成するために、請求項1に係る発明は、内燃機関3の可動部(吸気弁4、吸気カムシャフト5、ピストン3b)の動作タイミング(カム位相C a i n)および動作量(バルブリフトL i f t i n、ピストン3bのストローク)の少なくとも一方を変更するとともに、内燃機関3のクランクシャフト3dの回転に伴って周期的に変化する振幅を有する周期的外乱が加えられる可動部駆動機構(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)の制御装置1、1A、1Bであって、周期的外乱を補償するための、クランクシャフト3dの回転に伴う周期的外乱の振幅変化の予測結果に応じて予め設定された複数の外乱補償値(カム位相制御用の外乱補償値のマップ値R c y c _ b s _ c i n、バルブリフト制御用の外乱補償値のマップ値R c y c _ b s _ l i n、圧縮比制御用の外乱補償値のマップ値R c y c _ b s _ c r)を記憶する外乱補償値記憶手段(ECU2、ROM2c、補償要素102、112、122、202、212、222、302、312、322)と、内燃機関3のクランクシャフト3dが所定角度、回転するごとに、それに対応する選択タイミング(CRK信号の発生タイミング)で、記憶されている複数の外乱補償値の中から選択タイミングに応じた外乱補償値を選択する外乱補償値選択手段(ECU2、補償要素102、112、122、202、212、222、302、312、322、ステップ6、9、12)と、可動部駆動機構を制御するための制御入力(カム位相制御用のSLD制御入力R s l d、カム位相制御用の参照入力R s l d _ f、バルブリフト制御用のSLD制御入力R s l d'、バルブリフト制御用の参照入力R s l d _ f'、圧縮比制御用のSLD制御入力R s l d''、圧縮比制御用の参照入力R s l d _ f'')を、選択された外乱補償値に応じて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103、113、123、203、213、223、303、313、323、加算要素104、114、124、ステップ25～28)と、を備えることを特徴とする。

20

30

40

【0013】

この可動部駆動機構の制御装置によれば、周期的外乱を補償するための複数の外乱補償値が、周期的外乱の振幅変化の予測結果に応じて予め設定されており、外乱補償値記憶手段に記憶されており、これらの複数の外乱補償値の中から、内燃機関のクランクシャフトが所定角度、回転するごとに、それに対応する選択タイミングで、選択タイミングに応じた外乱補償値が選択されるので、この所定角度を適切に設定することにより、外乱補償値を、周期的外乱を適切かつ迅速に補償できる値として選択することができる。また、外乱補償値を選択するだけでよいとともに、そのように選択した外乱補償値に応じて、可動部駆動機構を制御するための制御入力が算出されるので、そのように算出された制御入力を

50

用いて可動部駆動機構を制御することにより、周期的外乱が可動部の動作タイミングおよび動作量の少なくとも一方に及ぼす影響を従来よりも迅速に補償し、抑制することができる。これにより、可動部駆動機構の制御の安定性および制御精度を向上させることができる（なお、本明細書における「外乱補償値の記憶」は、外乱補償値をメモリーなどに記憶することに限らず、外乱補償値を装置内に保持することも含む。また、「制御入力の算出」および「外乱推定値の算出」などの「算出」は、プログラムにより演算することに限らず、電気回路によりそれらを表す電気信号を生成することを含む）。

【0014】

請求項2に係る発明は、請求項1に記載の可動部駆動機構の制御装置1，1A，1Bにおいて、可動部駆動機構は、内燃機関3の吸気カムシャフト5および排気カムシャフト8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、可動部の動作タイミングとして変更する可変カム位相機構70を含むことを特徴とする。

10

【0015】

この可動部駆動機構の制御装置によれば、可動部駆動機構が可動部の動作タイミングとしてカム位相を変更する可変カム位相機構を含んでいるので、外乱補償値に応じて算出された制御入力により、可変カム位相機構を制御することによって、周期的外乱が可変カム位相機構に及ぼす影響を従来よりも迅速に補償し、抑制することができる。これにより、可変カム位相機構を吸気カムシャフト側のカム位相を変更するものに適用した場合、従来と異なり、周期的外乱の影響によって吸気弁の開弁時間が全体的に短くなるを回避でき、開弁時の吸入空気量が減少するのを回避できる。その結果、内燃機関の発生トルクを適切に確保できるとともに、安定した燃焼状態を確保できる。また、可変カム位相機構を排気カムシャフト側のカム位相を変更するものに適用した場合、周期的外乱の影響によって排気の開弁時間が全体的に短くなり、内部EGR量が減少するのを回避できる。その結果、安定した燃焼状態を確保できる。

20

【0016】

請求項3に係る発明は、請求項2に記載の可動部駆動機構の制御装置1，1A，1Bにおいて、外乱補償値選択手段は、カム位相を表すカム位相パラメータ（目標カム位相Caincmd）にさらに応じて外乱補償値（カム位相制御用の外乱補償値のマッピング値Rcycbscin）を選択することを特徴とする（ステップ6）。

30

【0017】

一般に、可変カム位相機構が内燃機関に設けられている場合、可変カム位相機構によりカム位相が変更されると、それに伴って、可変カム位相機構に加えられる周期的外乱の位相も変化する。これに対して、この制御装置によれば、外乱補償値は、カム位相を表すカム位相パラメータにさらに応じて選択されるので、外乱補償値を、カム位相の変更に伴う周期的外乱の位相変化を適切に補償できるような値として選択することができる。それにより、可変カム位相機構の制御における安定性および制御精度をさらに向上させることができる。

【0018】

請求項4に係る発明は、請求項2または3に記載の可動部駆動機構の制御装置1，1A，1Bにおいて、内燃機関3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を変更する可変バルブリフト機構50を備え、複数の外乱補償値は、可変バルブリフト機構50によるバルブリフトLiftinの変更に伴う周期的外乱の振幅変化および挙動変化の少なくとも一方の予測結果にさらに応じて設定されており、外乱補償値選択手段は、バルブリフトを表すバルブリフトパラメータ（バルブリフトLiftin）にさらに応じて外乱補償値（カム位相制御用の外乱補償値のマッピング値Rcycbscin）を選択することを特徴とする（ステップ6）。

40

【0019】

一般に、可変バルブリフト機構が内燃機関に設けられている場合、可変バルブリフト機構によりバルブリフトが変更されると、それに伴って、可変カム位相機構に加えられる周

50

期的外乱の振幅および挙動の少なくとも一方も変化する。これに対して、この制御装置によれば、複数の外乱補償値が、可変バルブリフト機構によるバルブリフトの変更に伴う周期的外乱の振幅変化および挙動変化の少なくとも一方の予測結果にさらに応じて設定されているとともに、外乱補償値は、バルブリフトを表すバルブリフトパラメータにさらに応じて選択されるので、外乱補償値を、バルブリフトの変更に伴う周期的外乱の振幅変化および挙動変化の少なくとも一方を適切に補償できるような値として選択することができる。それにより、可変カム位相機構の制御における安定性および制御精度をより一層、向上させることができる。

【0020】

請求項5に係る発明は、請求項2ないし4のいずれかに記載の可動部駆動機構の制御装置1、1A、1Bにおいて、制御入力算出手段は、外乱補償値（カム位相制御用の外乱補償値のマップ値 $R_{cyc_bs_cin}$ ）を内燃機関3の回転数 N_E に応じて補正する（ステップ7、8）とともに、補正した外乱補償値（カム位相制御用の外乱補償値 R_{cyc_cin} ）に応じて、制御入力（カム位相制御用の $S_L D$ 制御入力 R_{sld} 、カム位相制御用の参照入力 R_{sld_f} ）を算出することを特徴とする。

【0021】

一般に、内燃機関の回転数が変化すると、それに伴って、可変カム位相機構に加えられる周期的外乱の周波数も変化する。これに対して、この制御装置によれば、外乱補償値が内燃機関の回転数に応じて補正されるので、補正した外乱補償値に、内燃機関の回転数変化に伴う周期的外乱の周波数変化を反映させることができる。さらに、そのように補正した外乱補償値に応じて、制御入力が算出されるので、内燃機関の回転数変化に伴う周期的外乱の周波数変化を適切に補償しながら、可変カム位相機構を制御することができる。

【0022】

請求項6に係る発明は、請求項2ないし5のいずれかに記載の可動部駆動機構の制御装置1、1A、1Bにおいて、制御入力算出手段は、内燃機関3の回転数 N_E が所定回転数 N_{ERE1} 以上のときには、制御入力を、外乱補償値とは無関係に算出する（ $R_{cyc_cin} = 0$ ）ことを特徴とする。

【0023】

請求項2の制御装置では、外乱補償値が、内燃機関のクランクシャフトが所定角度、回転するごとに、それに対応する選択タイミングで選択されるので、内燃機関の回転数が高回転になると、外乱補償値の選択タイミングの間隔すなわち選択周期が極めて短くなり、そのような短い選択周期で選択された外乱補償値を用いて制御入力を算出した場合、可変カム位相機構の応答性の低さに起因して、外乱補償を適切に行うことができなくなり、制御性が低下する可能性がある。これに対して、この請求項6に係る制御装置では、制御入力が、内燃機関の回転数が所定回転数以上のときには、外乱補償値とは無関係に算出されるので、所定回転数を適切な値に設定することにより、高回転域での制御性の低下を回避しながら、可変カム位相機構を制御することができる。

【0024】

請求項7に係る発明は、請求項2ないし6のいずれかに記載の可動部駆動機構の制御装置1、1A、1Bにおいて、カム位相の目標となる目標カム位相 C_{ain_cmd} を設定する目標カム位相設定手段（ECU2、目標カム位相算出部101、201、301）をさらに備え、制御入力算出手段は、カム位相 C_{ain} が目標カム位相 C_{ain_cmd} に収束するように、所定の応答指定型制御アルゴリズムを用いて、制御入力を算出することを特徴とする。

【0025】

この可動部駆動機構の制御装置によれば、カム位相が目標カム位相に収束するように、所定の応答指定型制御アルゴリズムを用いて、制御入力が算出されるので、カム位相と目標カム位相との間に大きな偏差が生じた場合でも、そのような偏差に起因するオーバーシュートの発生を回避しながら、カム位相を目標カム位相に迅速に精度よく収束させることができる。その結果、制御の安定性および制御精度を格段に向上させることができる。

10

20

30

40

50

【0026】

請求項8に係る発明は、請求項2ないし6のいずれかに記載の可動部駆動機構の制御装置1Aにおいて、可変カム位相機構70における外乱およびモデル化誤差を補償するための外乱推定値（カム位相制御用の外乱推定値c1）を、外乱推定値と制御入力（カム位相制御用のSLD制御入力Rsl d）とカム位相C a i nとの関係を定義したモデル〔式（20）〕に基づく所定の推定アルゴリズムにより算出する外乱推定値算出手段（ECU2、適応外乱オブザーバ206）をさらに備え、制御入力算出手段は、制御入力を、算出された外乱推定値にさらに応じて算出することを特徴とする。

【0027】

この可動部駆動機構の制御装置によれば、可変カム位相機構における外乱およびモデル化誤差を補償するための外乱推定値が、外乱推定値と制御入力とカム位相との関係を定義したモデルに基づく所定の推定アルゴリズムにより算出され、制御入力が、算出された外乱推定値にさらに応じて算出されるので、可変カム位相機構に作用する定常的な外乱およびカム位相制御でのモデル化誤差も適切に補償することができ、カム位相を定常偏差が生じないように制御することができる。その結果、制御の安定性および制御精度を格段に向上させることができる。

【0028】

請求項9に係る発明は、請求項2ないし6のいずれかに記載の可動部駆動機構の制御装置1Bにおいて、外乱補償値R c y c _ c i nと制御入力（カム位相制御用のSLD制御入力Rsl d）とカム位相C a i nとの関係を定義したモデル〔式（40）〕のモデルパラメータb1, b2を、オンボード同定するモデルパラメータ同定手段（ECU2、部分パラメータ同定器307）をさらに備え、制御入力算出手段は、制御入力を、同定されたモデルパラメータにさらに応じて算出することを特徴とする。

【0029】

この可動部駆動機構の制御装置によれば、外乱補償値と制御入力とカム位相との関係を定義したモデルのモデルパラメータが、オンボード同定されるとともに、制御入力が、同定されたモデルパラメータにさらに応じて算出されるので、可変カム位相機構の動特性が変化した場合でも、そのような変化の影響を迅速に吸収しながら、可変カム位相機構を制御することができる。その結果、制御の安定性および制御精度を格段に向上させることができる。

【0030】

請求項10に係る発明は、請求項1に記載の可動部駆動機構の制御装置1, 1A, 1Bにおいて、可動部駆動機構は、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L i f t i nを、可動部の動作量として変更する可変バルブリフト機構50を含むことを特徴とする。

【0031】

この可動部駆動機構の制御装置によれば、可動部駆動機構が可動部の動作量としてバルブリフトを変更する可変バルブリフト機構を含んでいるので、外乱補償値に応じて算出された制御入力により、可変バルブリフト機構を制御することによって、周期的外乱が可変バルブリフト機構に及ぼす影響を従来よりも迅速に補償し、抑制することができ、可変バルブリフト機構の制御における安定性および制御精度を向上させることができる。これにより、周期的外乱の影響によって吸気弁および／または排気弁のリフトが変動するのを回避でき、開弁時の吸入空気量および／または内部E G R量が変動するのを回避できる。その結果、内燃機関の発生トルクを適切に確保できるとともに、安定した燃焼状態を確保できる。

【0032】

請求項11に係る発明は、請求項10に記載の可動部駆動機構の制御装置1, 1A, 1Bにおいて、外乱補償値選択手段は、バルブリフトを表すバルブリフトパラメータ（目標バルブリフトL i f t i n _ c m d）にさらに応じて外乱補償値（バルブリフト制御用の外乱補償値のマップ値R c y c _ b s _ l i n）を選択することを特徴とする（ステップ

10

20

30

40

50

9)。

【0033】

一般に、可変バルブリフト機構が内燃機関に設けられている場合、可変バルブリフト機構によりバルブリフトが変更されると、それに伴って、可変バルブリフト機構に加えられる周期的外乱の振幅も変化する。これに対して、この制御装置によれば、外乱補償値は、バルブリフトを表すバルブリフトパラメータにさらに応じて選択されるので、外乱補償値を、バルブリフトの変更に伴う周期的外乱の振幅変化を適切に補償できるような値として選択することができる。それにより、可変バルブリフト機構の制御における安定性および制御精度をさらに向上させることができる。

【0034】

請求項12に係る発明は、請求項10または11に記載の可動部駆動機構の制御装置1、1A、1Bにおいて、内燃機関3は、内燃機関3の吸気カムシャフト5および排気カムシャフト8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を変更する可変カム位相機構70を備え、外乱補償値選択手段は、カム位相を表すカム位相パラメータ(カム位相Cain)にさらに応じて外乱補償値(バルブリフト制御用の外乱補償値のマップ値Rcyc__bs__lin)を選択することを特徴とする(ステップ9)。

【0035】

一般に、可変カム位相機構が内燃機関に設けられている場合、可変カム位相機構によりカム位相が変更されると、それに伴って、可変バルブリフト機構に加えられる周期的外乱の位相も変化する。これに対して、この制御装置によれば、外乱補償値は、カム位相を表すカム位相パラメータにさらに応じて選択されるので、外乱補償値を、カム位相の変更に伴う周期的外乱の位相変化を適切に補償できるような値として選択することができる。それにより、可変バルブリフト機構の制御における安定性および制御精度をより一層、向上させることができる。

【0036】

請求項13に係る発明は、請求項10ないし12のいずれかに記載の可動部駆動機構の制御装置1、1A、1Bにおいて、制御入力算出手段は、外乱補償値(バルブリフト制御用の外乱補償値のマップ値Rcyc__bs__lin)を内燃機関3の回転数NEに応じて補正する(ステップ10、11)とともに、補正した外乱補償値(バルブリフト制御用の外乱補償値Rcyc__lin)に応じて、制御入力(バルブリフト制御用のSLD入力Rsl d'、バルブリフト制御用の参照入力Rsl d__f')を算出することを特徴とする。

【0037】

一般に、内燃機関の回転数が変化すると、それに伴って、可変バルブリフト機構に加えられる周期的外乱の周波数も変化する。これに対して、この制御装置によれば、外乱補償値が内燃機関の回転数に応じて補正されるので、補正した外乱補償値に、内燃機関の回転数変化に伴う周期的外乱の周波数変化を反映させることができる。さらに、そのように補正した外乱補償値に応じて、制御入力が算出されるので、内燃機関の回転数変化に伴う周期的外乱の周波数変化を適切に補償しながら、可変バルブリフト機構を制御することができる。

【0038】

請求項14に係る発明は、請求項10ないし13のいずれかに記載の可動部駆動機構の制御装置1、1A、1Bにおいて、制御入力算出手段は、内燃機関の回転数NEが所定回転数NEREF2以上のときには、制御入力を、外乱補償値とは無関係に算出する(Rcyc__lin=0)ことを特徴とする。

【0039】

請求項10の制御装置では、外乱補償値が、内燃機関のクランクシャフトが所定角度、回転するごとに、それに対応する選択タイミングで選択されるので、内燃機関の回転数が高回転になると、外乱補償値の選択タイミングの間隔すなわち選択周期が極めて短くなり

10

20

30

40

50

、そのような短い選択周期で選択された外乱補償値を用いて制御入力を算出した場合、可変バルブリフト機構の応答性の低さに起因して、外乱補償を適切に行うことができなくなり、制御性が低下する可能性がある。これに対して、この請求項 14 に係る制御装置では、制御入力が、内燃機関の回転数が所定回転数以上のときには、外乱補償値とは無関係に算出されるので、所定回転数を適切な値に設定することにより、高回転域での制御性の低下を回避しながら、可変バルブリフト機構を制御することができる。

【0040】

請求項 15 に係る発明は、請求項 10 ないし 14 のいずれかに記載の可動部駆動機構の制御装置 1、1A、1B において、バルブリフトの目標となる目標バルブリフト $Liftin_cmd$ を設定する目標バルブリフト設定手段（ECU2、目標バルブリフト算出部 111、211、311）をさらに備え、制御入力算出手段は、バルブリフト $Liftin$ が目標バルブリフト $Liftin_cmd$ に収束するように、所定の応答指定型制御アルゴリズムを用いて、制御入力を算出することを特徴とする。

10

【0041】

この可動部駆動機構の制御装置によれば、バルブリフトが目標バルブリフトに収束するように、所定の応答指定型制御アルゴリズムを用いて、制御入力が算出されるので、バルブリフトと目標バルブリフトとの間に大きな偏差が生じた場合でも、そのような偏差に起因するオーバーシュートの発生を回避しながら、バルブリフトを目標バルブリフトに迅速に精度よく収束させることができる。その結果、制御の安定性および制御精度を格段に向上させることができる。

20

【0042】

請求項 16 に係る発明は、請求項 10 ないし 14 のいずれかに記載の可動部駆動機構の制御装置 1A において、可変バルブリフト機構 50 における外乱およびモデル化誤差を補償するための外乱推定値（バルブリフト制御用の外乱推定値 $c1'$ ）を、外乱推定値と制御入力（バルブリフト制御用の SLD 制御入力 $Rsld'$ ）とバルブリフト $Liftin$ との関係を定義したモデルに基づく所定の推定アルゴリズムにより算出する外乱推定値算出手段（ECU2、適応外乱オブザーバ 216）をさらに備え、制御入力算出手段は、制御入力を、算出された外乱推定値にさらに応じて算出することを特徴とする。

【0043】

この可動部駆動機構の制御装置によれば、可変バルブリフト機構における外乱およびモデル化誤差を補償するための外乱推定値が、外乱推定値と制御入力とバルブリフトとの関係を定義したモデルに基づく所定の推定アルゴリズムにより算出され、制御入力が、算出された外乱推定値にさらに応じて算出されるので、可変バルブリフト機構に作用する定常的な外乱およびバルブリフト制御でのモデル化誤差も適切に補償することができ、バルブリフトを定常偏差が生じないように制御することができる。その結果、制御の安定性および制御精度を格段に向上させることができる。

30

【0044】

請求項 17 に係る発明は、請求項 10 ないし 14 のいずれかに記載の可動部駆動機構の制御装置 1B において、外乱補償値 Rcy_lin と制御入力（バルブリフト制御用の SLD 制御入力 $Rsld'$ ）とバルブリフト $Liftin$ との関係を定義したモデルのモデルパラメータ $b1'$ 、 $b2'$ を、オンボード 同定するモデルパラメータ同定手段（ECU2、部分パラメータ同定器 317）をさらに備え、制御入力算出手段は、制御入力を、同定されたモデルパラメータ $b1'$ 、 $b2'$ にさらに 応じて算出することを特徴とする。

40

【0045】

この可動部駆動機構の制御装置によれば、外乱補償値と制御入力とバルブリフトとの関係を定義したモデルのモデルパラメータが、オンボード 同定されるとともに、制御入力が、同定されたモデルパラメータにさらに 応じて算出されるので、可変バルブリフト機構の動特性が変化した場合でも、そのような変化の影響を迅速に吸収しながら、可変バルブリフト機構を制御することができる。その結果、制御の安定性および制御精度を格段に向上させることができる。

50

【0046】

請求項18に係る発明は、請求項1に記載の可動部駆動機構の制御装置1、1A、1Bにおいて、可動部駆動機構は、内燃機関3のピストン3bのストロークを、可動部の動作量として変更することにより、内燃機関3の圧縮比 C_r を変更する可変圧縮比機構80を含むことを特徴とする。

【0047】

一般に、可変圧縮比機構の場合、周期的外乱を受けると、その影響により圧縮比が変化することで、圧縮比と点火時期の間の適合性が低下してしまい、その結果、ノッキングが発生したり、燃焼効率が低下したりするおそれがある。これに対して、この制御装置によれば、外乱補償値に応じて算出された制御入力により、可変圧縮比機構を制御することによって、周期的外乱が可変圧縮比機構に及ぼす影響を従来よりも迅速に補償し、抑制することができるので、周期的外乱の影響による圧縮比の変化を回避でき、圧縮比と点火時期との間の適合性を良好な状態に維持できる。その結果、ノッキングの発生および燃焼効率の低下を回避することができ、安定した燃焼状態を確保できる。

10

【0048】

請求項19に係る発明は、請求項18に記載の可動部駆動機構の制御装置1、1A、1Bにおいて、外乱補償値選択手段は、圧縮比を表す圧縮比パラメータ（目標圧縮比 C_{r_cmd} ）にさらに応じて外乱補償値（圧縮比制御用の外乱補償値のマップ値 $R_{cyc_bs_cr}$ ）を選択することを特徴とする（ステップ12）。

20

【0049】

一般に、可変圧縮比機構が内燃機関に設けられている場合、可変圧縮比機構により圧縮比が変更されると、それに伴って、可変圧縮比機構に加えられる周期的外乱の振幅も変化する。これに対して、この制御装置によれば、外乱補償値は、圧縮比を表す圧縮比パラメータにさらに応じて選択されるので、外乱補償値を、圧縮比の変更に伴う周期的外乱の振幅変化を適切に補償できるような値として選択することができる。それにより、可変圧縮比機構の制御における安定性および制御精度をさらに向上させることができる。

【0050】

請求項20に係る発明は、請求項18または19に記載の可動部駆動機構の制御装置1、1A、1Bにおいて、制御入力算出手段は、外乱補償値（圧縮比制御用の外乱補償値のマップ値 $R_{cyc_bs_cr}$ ）を内燃機関3の回転数 N_E に応じて補正する（ステップ14、15）とともに、補正した外乱補償値（圧縮比制御用の外乱補償値 R_{cyc_cr} ）に応じて、制御入力（圧縮比制御用のSLD制御入力 $R_{sl d'}$ 、圧縮比制御用の参照入力 $R_{sl d_f'}$ ）を算出することを特徴とする。

30

【0051】

一般に、内燃機関の回転数が変化すると、それに伴って、可変圧縮比機構に加えられる周期的外乱の周波数も変化する。これに対して、この制御装置によれば、外乱補償値が内燃機関の回転数に応じて補正されるので、補正した外乱補償値に、内燃機関の回転数変化に伴う周期的外乱の周波数変化を反映させることができる。さらに、そのように補正した外乱補償値に応じて、制御入力が算出されるので、内燃機関の回転数変化に伴う周期的外乱の周波数変化を適切に補償しながら、可変圧縮比機構を制御することができる。

40

【0052】

請求項21に係る発明は、請求項18または19に記載の可動部駆動機構の制御装置1、1A、1Bにおいて、制御入力算出手段は、外乱補償値を内燃機関3の負荷を表す負荷パラメータ（カム位相 C_{ain} 、バルブリフト L_{ift_in} ）に応じて補正する（ステップ13、15）とともに、補正した外乱補償値（圧縮比制御用の外乱補償値 R_{cyc_cr} ）に応じて、制御入力を算出することを特徴とする。

【0053】

一般に、内燃機関の負荷が変化すると、それに伴って、可変圧縮比機構に加えられる周期的外乱の振幅も変化する。これに対して、この制御装置によれば、外乱補償値が内燃機関の負荷を表す負荷パラメータに応じて補正されるので、補正した外乱補償値に、内燃機

50

関の負荷の変動に伴う周期的外乱の振幅の変化を反映させることができる。さらに、そのように補正した外乱補償値に応じて、制御入力算出手段は、内燃機関の負荷の変化に伴う周期的外乱の振幅の変化を適切に補償しながら、可変圧縮比機構を制御することができる。

【0054】

請求項22に係る発明は、請求項21に記載の可動部駆動機構の制御装置1, 1A, 1Bにおいて、内燃機関3は、内燃機関3の吸気カムシャフト5および排気カムシャフト8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を変更する可変カム位相機構70を備え、負荷パラメータは、カム位相を表すカム位相パラメータ（カム位相Cain）を含むことを特徴とする。

10

【0055】

一般に、可変カム位相機構が内燃機関に設けられている場合、可変カム位相機構によりカム位相が変更されると、それに伴って、可変圧縮比機構に加えられる周期的外乱の振幅も変化する。これに対して、この制御装置によれば、負荷パラメータがカム位相を表すカム位相パラメータを含むので、外乱補償値がカム位相パラメータに応じて補正されることで、補正した外乱補償値に、内燃機関のカム位相の変動に伴う周期的外乱の振幅の変化を反映させることができ、その結果、周期的外乱の振幅の変化を適切に補償しながら、可変圧縮比機構を制御することができる。

【0056】

請求項23に係る発明は、請求項21または22に記載の可動部駆動機構の制御装置1, 1A, 1Bにおいて、内燃機関3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を変更する可変バルブリフト機構50を備え、負荷パラメータは、バルブリフトを表すバルブリフトパラメータ（バルブリフトLiftin）を含むことを特徴とする。

20

【0057】

一般に、可変バルブリフト機構が内燃機関に設けられている場合、可変バルブリフト機構によりバルブリフトが変更されると、それに伴って、可変圧縮比機構に加えられる周期的外乱の振幅も変化する。これに対して、この制御装置によれば、負荷パラメータがバルブリフトを表すバルブリフトパラメータを含むので、外乱補償値がバルブリフトパラメータに応じて補正されることで、補正した外乱補償値に、内燃機関のバルブリフトの変動に伴う周期的外乱の振幅の変化を反映させることができ、その結果、周期的外乱の振幅の変化を適切に補償しながら、可変圧縮比機構を制御することができる。

30

【0058】

請求項24に係る発明は、請求項20ないし23のいずれかに記載の可動部駆動機構の制御装置1, 1A, 1Bにおいて、制御入力算出手段は、内燃機関の回転数NEが所定回転数NEREF3以上のときには、制御入力を、外乱補償値とは無関係に算出する（Rcyccr=0）ことを特徴とする。

【0059】

請求項18の制御装置では、外乱補償値が、内燃機関のクランクシャフトが所定角度、回転するごとに、それに対応する選択タイミングで選択されるので、内燃機関の回転数が高回転になると、外乱補償値の選択タイミングの間隔すなわち選択周期が極めて短くなり、そのような短い選択周期で選択された外乱補償値を用いて制御入力を算出した場合、可変圧縮比機構の応答性の低さに起因して、外乱補償を適切に行うことができなくなり、制御性が低下する可能性がある。これに対して、この請求項24に係る制御装置では、制御入力が、内燃機関の回転数が所定回転数以上のときには、外乱補償値とは無関係に算出されるので、所定回転数を適切な値に設定することにより、高回転域での制御性の低下を回避しながら、可変圧縮比機構を制御することができる。

40

【0060】

請求項25に係る発明は、請求項18ないし24のいずれかに記載の可動部駆動機構の制御装置1, 1A, 1Bにおいて、圧縮比Crの目標となる目標圧縮比Crcmdを設

50

定する目標圧縮比設定手段（ECU 2、目標圧縮比算出部 121, 221, 321）をさらに備え、制御入力算出手段は、圧縮比 C_r を目標圧縮比 C_{r_cmd} に収束させるように、所定の応答指定型制御アルゴリズムを用いて、制御入力を算出することを特徴とする。

【0061】

この可動部駆動機構の制御装置によれば、圧縮比が目標圧縮比に収束するように、所定の応答指定型制御アルゴリズムを用いて、制御入力が算出されるので、圧縮比と目標圧縮比との間に大きな偏差が生じた場合でも、そのような偏差に起因するオーバーシュートの発生を回避しながら、圧縮比を目標圧縮比に迅速に精度よく収束させることができる。その結果、制御の安定性および制御精度を格段に向上させることができる。

10

【0062】

請求項 26 に係る発明は、請求項 18 ないし 24 のいずれかに記載の可動部駆動機構の制御装置 1A において、可変圧縮比機構 80 における外乱およびモデル化誤差を補償するための外乱推定値（圧縮比制御用の外乱推定値 $c_{1''}$ ）を、外乱推定値と制御入力（圧縮比制御用の SLD 制御入力 $R_{sld''}$ ）と圧縮比 C_r との関係を定義したモデルに基づく所定の推定アルゴリズムにより算出する外乱推定値算出手段（適応外乱オブザーバ 226）をさらに備え、制御入力算出手段は、制御入力を、算出された外乱推定値にさらに応じて算出することを特徴とする。

【0063】

この可動部駆動機構の制御装置によれば、可変圧縮比機構における外乱およびモデル化誤差を補償するための外乱推定値が、外乱推定値と制御入力と圧縮比との関係を定義したモデルに基づく所定の推定アルゴリズムにより算出され、制御入力が、算出された外乱推定値にさらに応じて算出されるので、可変圧縮比機構に作用する定常的な外乱および圧縮比制御でのモデル化誤差も適切に補償することができ、圧縮比を定常偏差が生じないように制御することができる。その結果、制御の安定性および制御精度を格段に向上させることができる。

20

【0064】

請求項 27 に係る発明は、請求項 18 ないし 24 のいずれかに記載の可動部駆動機構の制御装置 1B において、外乱補償値 R_{cyc_cr} と制御入力（圧縮比制御用の SLD 制御入力 $R_{sld''}$ ）と圧縮比 C_r との関係を定義したモデルのモデルパラメータ $b_{1''}$, $b_{2''}$ を、オンボード 同定するモデルパラメータ同定手段（部分パラメータ同定器 327）をさらに備え、制御入力算出手段は、制御入力を、同定されたモデルパラメータ $b_{1''}$, $b_{2''}$ にさらに 応じて算出することを特徴とする。

30

【0065】

この可動部駆動機構の制御装置によれば、外乱補償値と制御入力と圧縮比との関係を定義したモデルのモデルパラメータが、オンボード 同定されるとともに、制御入力が、同定されたモデルパラメータにさらに 応じて算出されるので、可変圧縮比機構の動特性が変化した場合でも、そのような変化の影響を迅速に吸収しながら、可変圧縮比機構を制御することができる。その結果、制御の安定性および制御精度を格段に向上させることができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0066】

【図 1】本願発明の第 1 実施形態に係る可動部駆動機構の制御装置が適用された内燃機関の概略構成を示す模式図である。

【図 2】可動部駆動機構の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位置にある状態と（b）最小リフト位置にある状態を示す図である。

50

【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】 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 4 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 4 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 10】 (a) 圧縮比が低圧縮比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) 圧縮比が高圧縮比に設定されているときの可変圧縮比機構における制御軸および圧縮比アクチュエータ付近の構成を示す図である。

【図 11】 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 12】 周期的外乱を説明するための、(a) 吸気カムが吸気弁を開弁方向に駆動しているときと (b) 吸気弁を閉弁方向に駆動しているときの動作説明図である。

【図 13】 カム位相制御における周期的外乱の影響を示すタイミングチャートである。

【図 14】 バルブリフトが高リフトである場合の、可変カム位相機構の有無を比較するためのバルブリフト曲線である。

【図 15】 バルブリフトが低リフトである場合の、可変カム位相機構の有無を比較するためのバルブリフト曲線である。

【図 16】 1つのシリンダ用のカム位相制御用の外乱補償値マップにおける、バルブリフトが最大値であるときのマップ値の一例を示す図である。

【図 17】 1つのシリンダ用のカム位相制御用の外乱補償値マップにおける、バルブリフトが最小値であるときのマップ値の一例を示す図である。

【図 18】 第 1 実施形態の補償要素で、カム位相制御用の外乱補償値マップにおける、バルブリフトが最大値であるときのマップ値の一例を示す図である。

【図 19】 第 1 実施形態の補償要素で、カム位相制御用の外乱補償値マップにおける、バルブリフトが最小値であるときのマップ値の一例を示す図である。

【図 20】 2 自由度スライディングモードコントローラの制御アルゴリズム、およびその導出に用いるモデルを示す図である。

【図 21】 加算要素の演算式および D S M コントローラの制御アルゴリズムを示す図である。

【図 22】 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 23】 バルブリフト制御用の外乱補償値マップにおける、目標バルブリフトが最大値であるときのマップ値の一例を示す図である。

【図 24】 バルブリフト制御用の外乱補償値マップにおける、目標バルブリフトが最小値であるときのマップ値の一例を示す図である。

【図 25】 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 26】 圧縮比制御用の外乱補償値のマップ値の検索に用いる外乱補償値マップの一例を示す図である。

【図 27】 カム位相制御用、バルブリフト制御用および圧縮比制御用の外乱補償値の算出処理を示すフローチャートである。

【図 28】 カム位相制御用の補正係数の算出に用いるテーブルの一例を示す図である。

【図 29】 バルブリフト制御用の補正係数の算出に用いるテーブルの一例を示す図である。

【図 30】 圧縮比制御用の第 1 補正係数の算出に用いるマップの一例を示す図である。

【図 31】 圧縮比制御用の第 2 補正係数の算出に用いるテーブルの一例を示す図である。

【図 32】 位相制御入力、リフト制御入力および圧縮比制御入力の算出処理を示すフローチャートである。

【図 33】 目標カム位相の算出に用いるマップの一例を示す図である。

【図 3 4】目標バルブリフトの算出に用いるマップの一例を示す図である。

【図 3 5】目標圧縮比の算出に用いるマップの一例を示す図である。

【図 3 6】第 1 実施形態に係る制御装置によるカム位相制御のシミュレーション結果の一例を、1 つのシリンダについて示した図である。

【図 3 7】カム位相制御用の外乱補償値のマップ値の算出に用いる外乱補償値マップの変形例を示す図である。

【図 3 8】第 2 実施形態の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 3 9】第 2 実施形態の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 4 0】第 2 実施形態の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。

10

【図 4 1】第 2 実施形態のカム位相コントローラの適応外乱オブザーバにおける外乱推定値の算出アルゴリズムおよびその導出に用いるモデルを示す図である。

【図 4 2】第 2 実施形態のカム位相コントローラの 2 自由度スライディングモードコントローラの制御アルゴリズムを示す図である。

【図 4 3】第 2 実施形態のカム位相コントローラの D S M コントローラの制御アルゴリズムを示す図である。

【図 4 4】第 3 実施形態の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 4 5】第 3 実施形態の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 4 6】第 3 実施形態の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。

20

【図 4 7】第 3 実施形態のカム位相コントローラの部分パラメータ同定器の同定アルゴリズムおよびその導出に用いるモデルを示す図である。

【図 4 8】第 3 実施形態のカム位相コントローラの 2 自由度スライディングモードコントローラの制御アルゴリズムを示す図である。

【図 4 9】第 3 実施形態のカム位相コントローラの D S M コントローラの制御アルゴリズムを示す図である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0067】

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。この制御装置 1 は、図 2 に示すように、E C U 2 を備えており、この E C U 2 は、後述する

30

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。

【0068】

図 1 および図 3 に示すように、エンジン 3 は、4 組のシリンダ 3 a およびピストン 3 b（1 組のみ図示）を有する直列 4 気筒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、シリンダ 3 a 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 4 0 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 3 0 と、可変圧縮比機構 8 0 などを備えている。

40

【0069】

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。

【0070】

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（図示せず）が同軸に配置され、回転自在に設けられている。この吸気スプロケットは、図示しないタイミングベルトを介してクランクシャフ

50

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。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シリンダ 3 a ごとに設けられている。

【0071】

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、各シリンダ 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。

10

【0072】

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。

【0073】

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図示しないタイミングベルト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シリンダ 3 a ごとに設けられている。

20

【0074】

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。

【0075】

一方、エンジン 3 には、クランク角センサ 2 0 が設けられている。このクランク角センサ 2 0 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。この C R K 信号は、クランク角 1 0 ° 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、各シリンダ 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。

30

【0076】

また、エンジン 3 の吸気管 1 0 には、上流側から順に、エアフローセンサ 2 1、スロットル弁 1 1、吸気管内絶対圧センサ 2 2 および燃料噴射弁 1 2 などが設けられている。

【0077】

このエアフローセンサ 2 1 は、熱線式エアフローメータで構成されており、スロットル弁 1 1 を通過する吸入空気量（以下「T H 通過吸入空気量」という）G T H を表す検出信号を E C U 2 に出力する。また、スロットル弁 1 1 は、吸気管 1 0 の途中に回転自在に設けられており、当該回転に伴う開度の変化により T H 通過吸入空気量 G T H を変化させる。さらに、スロットル弁 1 1 は、E C U 2 により、図示しないアクチュエータを介して、通常運転時、全開状態に保持されるとともに、可変式吸気動弁機構 4 0 の故障時またはマスタバック（図示せず）への負圧供給時には、開度が制御される。

40

【0078】

また、吸気管 1 0 のスロットル弁 1 1 よりも下流側の部分は、サージタンク 1 0 a になっており、このサージタンク 1 0 a に、吸気管内絶対圧センサ 2 2 が設けられている。この吸気管内絶対圧センサ 2 2 は、例えば半導体圧力センサなどで構成され、吸気管 1 0 内の絶対圧（以下「吸気管内絶対圧」という）P B A を表す検出信号を E C U 2 に出力する

50

。

【0079】

さらに、燃料噴射弁12は、ECU2からの駆動信号によって駆動され、燃料を吸気管10内に噴射する。また、エンジン3のシリンダヘッド3cには、点火プラグ13（図2参照）が取り付けられている。この点火プラグ13は、点火時期に応じた駆動信号がECU2から加えられることによって放電し、燃焼室内の混合気を燃焼させる。

【0080】

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。

10

【0081】

この可変バルブリフト機構50（可動部駆動機構）は、吸気カムシャフト5の回転に伴って吸気弁4（可動部）を開閉駆動するとともに、バルブリフト*L i f t i n*を所定の最大値*L i f t i n m a x*と最小値*L i f t i n m i n*との間で無段階に変更するものであり、シリンダ3a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。

【0082】

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3cに取り付けられている。

20

【0083】

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。

【0084】

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52aが取り付けられている。このアジャストボルト52a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4eの付勢力に抗しながら、ステム4aを上下方向に駆動し、吸気弁4を開閉する。

30

【0085】

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、連結ピン59が回動自在に取り付けられている。下リンク54は、この連結ピン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。

【0086】

一方、リフトアクチュエータ60は、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。

40

【0087】

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

50

られている。この回動軸 6 6 は、断面円形に形成され、エンジン 3 のヘッドカバー 3 g 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 6 6 の回動に伴い、長アーム 6 4 および短アーム 6 5 はこれと一体に回動する。

【0088】

さらに、短アーム 6 5 の他端部には、前述した連結ピン 5 9 が回動自在に取り付けられており、これにより、短アーム 6 5 は、連結ピン 5 9 を介して、下リンク 5 4 に連結されている。

【0089】

次に、以上のように構成された可変バルブリフト機構 5 0 の動作について説明する。この可変バルブリフト機構 5 0 では、E C U 2 からの後述するリフト制御入力 $U l i f t i n$ がリフトアクチュエータ 6 0 に入力されると、ねじ軸 6 1 a が回転し、それに伴うナット 6 2 の移動により、長アーム 6 4 および短アーム 6 5 が回動軸 6 6 を中心として回動するとともに、この短アーム 6 5 の回動に伴って、ロッカアーム機構 5 1 の下リンク 5 4 が、下ピン 5 8 を中心として回動する。すなわち、リフトアクチュエータ 6 0 により、下リンク 5 4 が駆動される。

【0090】

その際、E C U 2 の制御により、短アーム 6 5 の回動範囲は、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 5 4 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。

【0091】

下リンク 5 4 が最大リフト位置にある場合、ロッカアームシャフト 5 6、上下のピン 5 5、5 8 および連結ピン 5 9 によって構成される四節リンクでは、上ピン 5 5 および下ピン 5 8 の中心間の距離が、ロッカアームシャフト 5 6 および連結ピン 5 9 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 が回転すると、これとローラ 5 7 との当接点の移動量よりも、アジャストボルト 5 2 a の移動量の方が大きくなる。

【0092】

一方、下リンク 5 4 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 5 5 および下ピン 5 8 の中心間の距離が、ロッカアームシャフト 5 6 および連結ピン 5 9 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 5 7 との当接点の移動量よりも、アジャストボルト 5 2 a の移動量の方が小さくなる。

【0093】

以上の理由により、吸気弁 4 は、下リンク 5 4 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 $L i f t i n$ 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 5 4 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 $L i f t i n$ は、その最大値 $L i f t i n m a x$ を示す。一方、下リンク 5 4 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 $L i f t i n$ は、その最小値 $L i f t i n m i n$ を示す。

【0094】

したがって、この可変バルブリフト機構 5 0 では、アクチュエータ 6 0 を介して、下リンク 5 4 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 $L i f t i n$ を、最大値 $L i f t i n m a x$ と最小値 $L i f t i n m i n$ との間で無段階に変化させることができる。

【0095】

また、エンジン 3 には、回動角センサ 2 3 が設けられており（図 2 参照）、この回動角センサ 2 3 は、回動軸 6 6 すなわち短アーム 6 5 の回動角を検出して、その検出信号を E C U 2 に出力する。E C U 2 は、この回動角センサ 2 3 の検出信号に基づき、バルブリフ

10

20

30

40

50

ト Lift in を算出する。

【0096】

次に、前述した可変カム位相機構70（可動部駆動機構）について説明する。この可変カム位相機構70は、可動部としての吸気カムシャフト5のクランクシャフト3dに対する相対的な位相（以下「カム位相」という）Cainを無段階に進角側または遅角側に変更するものであり、吸気カムシャフト5の吸気スプロケット側の端部に設けられている。図8に示すように、可変カム位相機構70は、ハウジング71、3枚羽根式のペーン72、油圧ポンプ73および電磁弁機構74などを備えている。

【0097】

このハウジング71は、吸気カムシャフト5上の吸気スプロケットと一体に構成されており、互いに等間隔に形成された3つの隔壁71aを備えている。ペーン72は、吸気カムシャフト5の吸気スプロケット側の端部に同軸に取り付けられ、吸気カムシャフト5から外方に放射状に延びているとともに、ハウジング71内に回転可能に収容されている。また、ハウジング71では、隔壁71aとペーン72との間に、3つの進角室75および3つの遅角室76が形成されている。

【0098】

油圧ポンプ73は、クランクシャフト3dに連結された機械式のものであり、クランクシャフト3dが回転すると、それに伴って、エンジン3のオイルパン3eに蓄えられた潤滑用のオイルを、油路77cを介して吸い込むとともに、これを昇圧した状態で、油路77cを介して電磁弁機構74に供給する。

【0099】

電磁弁機構74は、スプール弁機構74aおよびソレノイド74bを組み合わせたものであり、進角油路77aおよび遅角油路77bを介して、進角室75および遅角室76にそれぞれ接続されているとともに、油圧ポンプ73から供給された油圧を、進角油圧Padおよび遅角油圧Prtとして、進角室75および遅角室76にそれぞれ出力する。電磁弁機構74のソレノイド74bは、ECU2に電氣的に接続されており、ECU2からの後述する位相制御入力Ucainが入力された際、スプール弁機構74aのスプール弁体を、位相制御入力Ucainに応じて所定の移動範囲内で移動させることにより、進角油圧Padおよび遅角油圧Prtをいずれも変化させる。

【0100】

以上の可変カム位相機構70では、油圧ポンプ73の動作中、電磁弁機構74が後述する位相制御入力Ucainに応じて作動することにより、進角油圧Padが進角室75に、遅角油圧Prtが遅角室76にそれぞれ供給され、それにより、ペーン72とハウジング71との間の相対的な位相が進角側または遅角側に変更される。その結果、前述したカム位相Cainが、最遅角値Cainrt（例えばカム角0°に相当する値）と最進角値Cainad（例えばカム角55°分に相当する値）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9に実線で示す最遅角タイミングと、図9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。

【0101】

なお、この可変カム位相機構70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、油圧ポンプ73からの供給油圧が低いときには、可変カム位相機構70の動作がロックされる。すなわち、可変カム位相機構70によるカム位相Cainの変更が禁止され、カム位相Cainがアイドル運転やエンジン始動に適した値にロックされる。

【0102】

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Lift inが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すなわち吸気弁4のバルブタイミングが前述した最遅角タイミングと最進角タイミングとの間で、無段階に変更される。また、ECU2により、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 *L i f t i n* およびカム位相 *C a i n* がそれぞれ制御される。

【0103】

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MR E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ECU2に出力する。ECU2は、このCAM信号および前述したCRK信号に基づき、カム位相 *C a i n* を算出する。

【0104】

次に、図10を参照しながら、前述した可変圧縮比機構80（可動部駆動機構）について説明する。この可変圧縮比機構80は、可動部としてのピストン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を所定の最大値Crm a xと最小値Crm i nとの間で無段階に変更するものであり、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、複合リンク機構81の動きを制御するための制御軸85と、制御軸85を駆動するための圧縮比アクチュエータ87などで構成されている。

【0105】

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。

【0106】

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。

【0107】

また、制御軸85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、シリンダブロックに回動自在に支持された回動軸部85aと、これと一体の偏心軸部85bおよびアーム86を備えている。この偏心軸部85bには、制御リンク84の下端部が回動自在に連結されている。また、アーム86の先端部は、フォーク部86aになっており、このフォーク部86aには、圧縮比アクチュエータ87の駆動軸87bの先端部が回動自在に連結されている。

【0108】

圧縮比アクチュエータ87は、モータおよび減速機構（いずれも図示せず）を組み合わせたものであり、これらを内蔵するケーシング87aと、このケーシング87aから出沒する方向に移動可能な駆動軸87bなどを備えている。この圧縮比アクチュエータ87では、ECU2からの後述する圧縮比制御入力Uc rによってモータが正逆回転方向に駆動されると、駆動軸87bが、ケーシング87aから最も突出する低圧縮比位置（図10（a）に示す位置）と、ケーシング87a側に最も退避する高圧縮比位置（図10（b）に示す位置）との間で移動する。

【0109】

以上の構成により、この可変圧縮比機構80では、アクチュエータ87の駆動軸87bが、低圧縮比位置から高圧縮比位置側に移動すると、アーム86を介して、制御軸85が回動軸部85aを中心として図中の反時計回りに回動するように駆動され、それに伴い、偏心軸部85bが下方に移動する。それにより、制御リンク84全体が押し下げられるのに伴い、下リンク83がクランクピン83bを中心として図中の時計回りに回動するとともに、上リンク82がピストンピン3fを中心として図中の反時計回りに回動する。その結果、ピストンピン3f、上ピン83aおよびクランクピン83bが、低圧縮比位置のと

10

20

30

40

50

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。

【0110】

一方、上記とは逆に、アクチュエータ 8 7 の駆動軸 8 7 b が、高圧縮比位置から低圧縮比位置側に移動すると、回動軸部 8 5 a が図中の時計回りに回動し、それに伴い、偏心軸部 8 5 b が上方に移動することで、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、反時計回りに回動するとともに、上リンク 8 2 が時計回りに回動する。これにより、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、制御軸 8 5 の回動角を変更することにより、圧縮比 C_r が前述した所定の最大値 C_{rmax} と最小値 C_{rmin} との間で無段階に変更される。

10

【0111】

また、エンジン 3 には、制御軸 8 5 の付近に、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、制御軸 8 5 の回動角を表す検出信号を 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。

【0112】

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 状態を表す信号を ECU 2 に出力する。

20

【0113】

ECU 2 は、CPU 2 a、RAM 2 b、ROM 2 c（外乱補償値記憶手段）および I/O インターフェース（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 2 0 ~ 2 6 の検出信号および IG・SW 2 7 の ON/OFF 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、ECU 2 は、後述するように、可変カム位相機構 7 0 および可変バルブリフト機構 5 0 を介して、カム位相 C_{ain} およびバルブリフト $Lift_{in}$ をそれぞれ制御するとともに、可変圧縮比機構 8 0 を介して、圧縮比 C_r を制御する。また、運転状態に応じて、点火プラグ 1 3 の点火時期を制御する。

30

【0114】

なお、本実施形態では、ECU 2 により、外乱補償値記憶手段、外乱補償値選択手段、制御入力算出手段、目標カム位相設定手段、目標バルブリフト設定手段および目標圧縮比設定手段が構成されている。また、本実施形態では、カム位相 C_{ain} が、可動部の動作タイミング、カム位相パラメータおよび負荷パラメータに相当し、バルブリフト $Lift_{in}$ が、可動部の動作量、バルブリフトパラメータおよび負荷パラメータに相当する。

40

【0115】

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、カム位相コントローラ 1 0 0（図 1 1 参照）、バルブリフトコントローラ 1 1 0（図 2 2 参照）および圧縮比コントローラ 1 2 0（図 2 5 参照）を備えており、これらはいずれも、具体的には、ECU 2 により構成されている。まず、カム位相コントローラ 1 0 0 について説明すると、このカム位相コントローラ 1 0 0 は、図 1 1 に示すように、目標カム位相算出部 1 0 1、補償要素 1 0 2、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）1 0 3、加算要素 1 0 4、および DSM コントローラ 1 0 5 を備えている。

50

【0116】

このカム位相コントローラ100では、以下に述べるように、位相制御入力Ucainが算出されるとともに、この位相制御入力Ucainが可変カム位相機構70に入力されることにより、カム位相Cainが目標カム位相Cain__cmdになるように制御される。

【0117】

まず、目標カム位相算出部101（目標カム位相設定手段）では、目標カム位相Cain__cmd（カム位相パラメータ）が、エンジン回転数NEおよびアクセル開度APに応じて、後述するマップ（図33参照）を検索することにより算出される。

【0118】

また、補償要素102（外乱補償値記憶手段、外乱補償値選択手段）では、後述するように、上記目標カム位相算出部101で算出された目標カム位相Cain__cmdなどに応じて、カム位相制御用の外乱補償値Rcyc__cinが算出される。

【0119】

さらに、2自由度SLDコントローラ103（制御入力算出手段）では、目標カム位相Cain__cmdおよびカム位相Cainに応じて、後述する制御アルゴリズムにより、カム位相制御用のSLD制御入力Rsl dが算出される。

【0120】

一方、加算要素104（制御入力算出手段）では、補償要素102で算出されたカム位相制御用の外乱補償値Rcyc__cinと、2自由度SLDコントローラ103で算出されたカム位相制御用のSLD制御入力Rsl dとの和として、カム位相制御用の参照入力Rsl d__f（制御入力）が算出される。さらに、DSMコントローラ105では、このカム位相制御用の参照入力Rsl d__fに応じて、後述する制御アルゴリズムにより、位相制御入力Ucainが算出される。

【0121】

次に、前述した補償要素102について説明する。この補償要素102では、以下に述べるように、カム位相制御用の外乱補償値Rcyc__cinが、目標カム位相Cain__cmd、クランク角カウンタの計数値C__crk、バルブリフトLiftinおよびエンジン回転数NEに応じて、算出される。なお、クランク角カウンタは、クランク角を計数するためのアップカウンタであり、その計数値C__crkは、後述するように、CRK信号の発生に同期して値10ずつインクリメントされるとともに、値720に達したときに値0にリセットされる。

【0122】

このカム位相制御用の外乱補償値Rcyc__cinは、エンジン3の運転中、吸気カムシャフト5の回転、すなわち吸気カム6の回転に伴って周期的に発生すると予想される周期的外乱を補償するためのものである。以下、周期的外乱およびそれを補償するための外乱補償値Rcyc__cinの算出手法を説明する。まず、理解の容易化のために、1つのシリンダ3aにおける場合（言い換えれば、単気筒エンジンの場合）を例にとって、図12～図17を参照しながら説明する。図12（a）に示すように、吸気カム6が、図中の矢印Y1方向に回転し、吸気弁4を開弁方向に駆動している状態では、吸気カム6は、吸気弁4のバルブスプリング4eの反力に起因して、図中の矢印Y2方向への回転モーメントとして作用する外乱を受ける。

【0123】

一方、図12（b）に示すように、吸気カム6が吸気弁4を閉弁方向に駆動している状態では、吸気カム6は、吸気弁4のバルブスプリング4eの付勢力に起因して、図中の矢印Y3方向への回転モーメントとして作用する外乱を受ける。以上のような外乱は、吸気カムシャフト5の回転に伴って周期的に発生し、その振幅も周期的に変化するので、以下、周期的外乱という。

【0124】

ここで、カム位相Cainが目標カム位相Cain__cmdに収束するようにフィード

10

20

30

40

50

バック制御を実行している場合において、以上のような周期的外乱を受けると、図13に示すように、目標カム位相 $Cain_cmd$ が一定に保持されているにもかかわらず、カム位相 $Cain$ が、吸気カム6により吸気弁4が開弁側に駆動されている間は遅角側にずれ、閉弁側に駆動されている間は進角側にずれてしまう

【0125】

このようなカム位相 $Cain$ のずれが発生すると、吸気弁4のバルブタイミングが、可変カム位相機構70がない場合と比べて変化してしまう。具体的には、図14および図15に示すように、吸気弁4のバルブリフト曲線は、エンジン3が可変カム位相機構70を備えている場合（図中に実線で示す曲線の場合）、これを備えていない場合（図中に破線で示す曲線）と比べて、吸気弁4の開弁時間が短くなり、その結果、吸入空気量に変化す

10

【0126】

これを回避するために、例えば吸気カム6のカムプロフィールを予め変更することが考えられる。しかし、図14および図15に示すバルブリフト曲線を比較すると明らかなように、エンジン3が可変バルブリフト機構50を備えている場合、バルブリフト $Liftin$ が所定の高リフト側の値に制御されているとき（図14に示すバルブリフト曲線のとき）と、バルブリフト $Liftin$ が所定の低リフト側の値に制御されているとき（図15に示すバルブリフト曲線のとき）とでは、吸気弁4のバルブタイミングの変化度合いが互いに異なってしまう。このため、本実施形態のように、エンジン3が可変カム位相機構70および可変バルブリフト機構50を双方とも備えている場合、吸気カム6のカムプロフィールを変更することで、周期的外乱の影響を回避することは困難である。

20

【0127】

本実施形態では、以上のような周期的外乱が可変カム位相機構70に加えられた際の影響を回避するために、可変カム位相機構70に加えられる周期的外乱の値を予測するとともに、その予測値の符号の正負を反転した値に相当する値を、カム位相制御用の外乱補償値 $Rcyc_cin$ として算出する。具体的には、カム位相制御用の外乱補償値 $Rcyc_cin$ は、バルブリフト $Liftin$ 、クランク角カウンタの計数値 C_crk および目標カム位相 $Cain_cmd$ に応じて、外乱補償値マップを検索することによりマップ値 $Rcyc_bs_cin$ を算出し、そのマップ値 $Rcyc_bs_cin$ をエンジン回

30

【0128】

この外乱補償値マップとしては、図16に実線で示す $Cain_cmd = Cain_{rt} \& Liftin = Liftin_{max}$ 用のマップ値 $Rcyc_bs_cin$ と、図17に実線で示す $Cain_cmd = Cain_{rt} \& Liftin = Liftin_{min}$ 用のマップ値 $Rcyc_bs_cin$ と、 $Cain_cmd = Cain_{rt}$ で、かつバルブリフト $Liftin$ が最大値 $Liftin_{max}$ と最小値 $Liftin_{min}$ との間にあるときの補間演算用の、複数段階の $Liftin$ の値にそれぞれ対応して設定された複数のマップ値 $Rcyc_bs_cin$ （図示せず）と、を備えたものを用いる。

【0129】

以上の外乱補償値マップを検索する際、目標カム $Cain_cmd$ が最遅角値 $Cain_{rt}$ よりも進角側の値であるときには、周期的外乱の発生周期が進角側（図中の左側）にずれるので、外乱補償値もそれに応じて、例えば図16、17中の2点鎖線で示す値のように補正する必要がある。したがって、本実施形態の外乱補償値マップの検索では、目標カム $Cain_cmd$ の最遅角値 $Cain_{rt}$ に対する進角度合いを加味して、クランク角カウンタの計数値 C_crk を補正する。そして、そのように補正した計数値 C_crk およびバルブリフト $Liftin$ に応じて、上記のマップ値 $Rcyc_bs_cin$ のうちの、そのときのバルブリフト $Liftin$ に近い2つのマップ値 $Rcyc_bs_cin$ を選択するとともに、当該2つの選択値の補間演算により、カム位相制御用の外乱補償値のマップ値 $Rcyc_bs_cin$ を算出する。さらに、以上のように算出したマッ

40

50

プ値 $R_{cyc_bs_cin}$ を、後述するように、エンジン回転数 N_E に応じて補正することにより、カム位相制御用の外乱補償値 R_{cyc_cin} が算出される。

【0130】

1つのシリンダ3aで発生する周期的外乱を補償するための、カム位相制御用の外乱補償値 R_{cyc_cin} は、以上のように算出することが考えられる。これに対して、本実施形態のエンジン3は、4気筒タイプのものであるため、周期的外乱も1制御サイクル中にシリンダ3aごとに計4回、発生するとともに、互いの位相差に起因して互いに重なり合う状態で発生する。したがって、本実施形態では、そのような周期的外乱を補償するために、外乱補償値マップとして、前述したものに代えて、図18に示す $C_{ain_cmd} = C_{ain_rt} \& L_{ift_in} = L_{ift_in_max}$ 用のマップ値 $R_{cyc_bs_cin}$ と、図19に示す $C_{ain_cmd} = C_{ain_rt} \& L_{ift_in} = L_{ift_in_min}$ 用のマップ値 $R_{cyc_bs_cin}$ と、 $C_{ain_cmd} = C_{ain_rt}$ で、かつバルブリフト L_{ift_in} が最大値 $L_{ift_in_max}$ と最小値 $L_{ift_in_min}$ との間にあるときの補間演算用の、複数段階の L_{ift_in} の値にそれぞれ対応して設定された複数のマップ値 $R_{cyc_bs_cin}$ (図示せず) と、を備えたものを用いる。

10

【0131】

図18、19を参照すると明らかなように、この外乱補償値マップでは、カム位相制御用の外乱補償値のマップ値 $R_{cyc_bs_cin}$ は、周期的外乱の予測結果に応じ、クランク角カウンタの計数値 C_crk に対応する値として設定されている。すなわち、マップ値 $R_{cyc_bs_cin}$ は、周期的外乱の予測結果に応じて時系列的に設定されている。また、マップ値 $R_{cyc_bs_cin}$ の周期は、クランク角 180° 分に設定されている。これは、前述した理由により、可変カム位相機構70に加えられる周期的外乱の周期が、クランク角 180° 分となることによる。なお、この外乱補償値マップは、 $ROM2c$ 内に予め記憶されている。

20

【0132】

さらに、外乱補償値マップの検索は、前述した手法と同様に実行される。すなわち、クランク角カウンタの計数値 C_crk を、目標カム C_{ain_cmd} の最遅角値 C_{ain_rt} に対する進角度合いを加味して補正し、その補正した計数値 C_crk およびバルブリフト L_{ift_in} に応じて、上記のマップ値 $R_{cyc_bs_cin}$ のうちの、そのときのバルブリフト L_{ift_in} に近い2つのマップ値 $R_{cyc_bs_cin}$ を選択し、当該2つの選択値の補間演算により、カム位相制御用の外乱補償値のマップ値 $R_{cyc_bs_cin}$ (外乱補償値) を算出する。さらに、以上のように算出したマップ値 $R_{cyc_bs_cin}$ を、後述するように、エンジン回転数 N_E に応じて補正することにより、カム位相制御用の外乱補償値 R_{cyc_cin} が算出される。以上により、カム位相制御用の外乱補償値 R_{cyc_cin} は、周期的外乱の予測値の符号の正負を反転した値に相当するものとして算出される。なお、後述するように、カム位相制御用の外乱補償値 R_{cyc_cin} の算出は、 CRK 信号の発生に同期するタイミングで実行される。

30

【0133】

次に、前述した2自由度 S_{LD} コントローラ103について説明する。この2自由度 S_{LD} コントローラ103では、目標カム位相 C_{ain_cmd} およびカム位相 C_{ain} に応じて、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 [図20に示す式(1)～(8)] により、カム位相制御用の S_{LD} 制御入力 R_{sld} が算出される。

40

【0134】

これらの式(1)～(8)において、記号(k)付きの各離散データは、所定の制御周期 ΔT (本実施形態では 5 msec) に同期してサンプリング(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は今回の制御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は前回の制御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)などを適宜、省略する。

50

【0135】

この制御アルゴリズムでは、まず、式(1)に示す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 $Cain_cmd_f$ が算出される。同式(1)において、 POL_f は、目標値フィルタ設定パラメータであり、 $-1 < POL_f < 0$ の関係が成立する値に設定される。

【0136】

次いで、式(2)～(8)に示すスライディングモード制御アルゴリズムにより、カム位相制御用のSLD制御入力 Rsl_d が算出される。すなわち、式(2)に示すように、カム位相制御用のSLD制御入力 Rsl_d は、等価制御入力 Req 、到達則入力 $Rrch$ 、適応則入力 $Radp$ および非線形入力 Rnl の総和として算出される。この等価制御入力 Req は、式(3)により算出される。同式(3)において、 $a1$ 、 $a2$ 、 $b1$ 、 $b2$ は、後述するモデルのモデルパラメータを示しており、これらは所定値に設定されている。さらに、式(3)において、 POL は、切関数設定パラメータであり、 $-1 < POL_f < POL < 0$ の関係が成立する値に設定されている。

【0137】

また、到達則入力 $Rrch$ は、式(4)により算出される。この式(4)において、 $Rrch$ は、所定の到達則ゲインを表しており、 σ_s は、式(7)のように定義される切関数である。

【0138】

さらに、適応則入力 $Radp$ は、式(5)により算出され、この式(5)において、 $Kadp$ は、所定の適応則ゲインを表している。一方、非線形入力 Rnl は、式(6)により算出される。この式(6)において、 Knl は、所定の非線形ゲインを表しているとともに、 $sgn(\sigma_s)$ は、符号関数を表しており、その値は、 $\sigma_s \geq 0$ のときには $sgn(\sigma_s) = 1$ となり、 $\sigma_s < 0$ のときには $sgn(\sigma_s) = -1$ となる(なお、 $\sigma_s = 0$ のときに、 $sgn(\sigma_s) = 0$ と設定してもよい)。

【0139】

なお、以上の式(1)～(8)は以下のように導出される。すなわち、制御対象を、カム位相制御用のSLD制御入力 Rsl_d を入力とし、カム位相 $Cain$ を出力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、図20に示す式(9)が得られる。この式(9)のモデルに基づき、カム位相 $Cain$ が目標カム位相 $Cain_cmd$ 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(1)～(8)が導出される。

【0140】

一方、前述した加算要素104では、図21の式(10)に示すように、以上のように算出されたカム位相制御用の外乱補償値 $Rcyc_cin$ およびカム位相制御用のSLD制御入力 Rsl_d の和として、カム位相制御用の参照入力 Rsl_d_f が算出される。

【0141】

次に、前述したDSMコントローラ105について説明する。このDSMコントローラ105では、図21の式(11)～(16)で表される、 $\Delta\Sigma$ 変調アルゴリズムに基づいた制御アルゴリズムにより、位相制御入力 $Ucain$ が算出される。なお、これらの式(11)～(16)の制御アルゴリズムは、本出願人が特願2003-293009号において提案済みの制御アルゴリズムを適用したものである。

【0142】

図21の式(11)において、 $Lim(Rsl_d_f)$ は、カム位相制御用の参照入力 Rsl_d_f をリミット処理した制限値を表しており、具体的には、カム位相制御用の参照入力 Rsl_d_f を、所定の下限値 $Rmin$ と所定の上限値 $Rmax$ で規定される範囲内に制限した値として算出される。すなわち、 $Rsl_d_f < Rmin$ のときには $Lim(Rsl_d_f) = Rmin$ となり、 $Rmin \leq Rsl_d_f \leq Rmax$ のときには $Lim(Rsl_d_f) = Rsl_d_f$ となり、 $Rsl_d_f > Rmax$ のときには $Lim(Rsl_d_f) = Rmax$ となる。これらの上限値 $Rmax$ および下限値 $Rmin$ は、絶

10

20

30

40

50

対値が互いに等しい正負の所定値に設定されている。

【0143】

また、式(12)において、 r_2 は制限値偏差を、 $udsm_offset$ は所定のオフセット値をそれぞれ表している。さらに、式(13)において、 δ は偏差信号値を表しており、同式(13)に示すように、制限値偏差 r_2 と変調出力 u の前回値との偏差として算出される。

【0144】

一方、式(14)において、 σ は、偏差信号値 δ の積分値である偏差積分値を表しており、同式に示すように、その前回値と偏差信号値 δ との和として算出される。また、式(15)において、 $fnl(\sigma)$ は、非線形関数であり、その値は、 $\sigma \geq 0$ のときには $fnl(\sigma) = R$ となり、 $\sigma < 0$ のときには $fnl(\sigma) = -R$ となる(なお、 $\sigma = 0$ のときには、 $fnl(\sigma) = 0$ と設定してもよい)。また、この値 R は、 $R > |r_2|$ の関係が常に成立するような値に設定されている。

10

【0145】

本実施形態のDSMコントローラ105では、以上の制御アルゴリズムにより、位相制御入力 U_{cain} が、所定の上限値と下限値との間で頻繁に反転を繰り返す値として算出され、それにより、カム位相制御の制御精度を向上させることができる。

【0146】

次に、前述したバルブリフトコントローラ110について説明する。このバルブリフトコントローラ110は、図22に示すように、目標バルブリフト算出部111、補償要素112、2自由度SLDコントローラ113、加算要素114、およびDSMコントローラ115を備えている。

20

【0147】

このバルブリフトコントローラ110では、以下に述べるように、リフト制御入力 U_{liftin} が算出されるとともに、このリフト制御入力 U_{liftin} が可変バルブリフト機構50に入力されることにより、バルブリフト L_{iftin} が目標バルブリフト L_{iftin_cmd} になるように制御される。

【0148】

まず、目標バルブリフト算出部111(目標バルブリフト設定手段)では、目標バルブリフト L_{iftin_cmd} (バルブリフトパラメータ)が、エンジン回転数 NE およびアクセル開度 AP に応じて、後述するマップ(図34参照)を検索することにより算出される。

30

【0149】

また、補償要素112(外乱補償値記憶手段、外乱補償値選択手段)では、以下に述べるように、バルブリフト制御用の外乱補償値 R_{cyc_lin} が算出される。このバルブリフト制御用の外乱補償値 R_{cyc_lin} は、前述したカム位相制御用の外乱補償値 R_{cyc_cin} と同様に、エンジン3の運転中、吸気カム6の回転に伴って発生する周期的外乱の影響を補償するためのものである。すなわち、そのような周期的外乱が可変バルブリフト機構50に加えられると、バルブリフト L_{iftin} の変動に起因して、吸入空気量に変化してしまうので、そのような吸入空気量の変化を回避するために、可変バルブリフト機構50に加えられる周期的外乱の値を予測するとともに、その予測値の符号の正負を反転した値に相当する値を、バルブリフト制御用の外乱補償値 R_{cyc_lin} として算出する。

40

【0150】

具体的には、バルブリフト制御用の外乱補償値 R_{cyc_lin} は、前述した補償要素102と同様の手法により、算出される。すなわち、まず、カム位相 C_{ain} 、計数値 $C_{_crk}$ および目標バルブリフト L_{iftin_cmd} に応じて、外乱補償値マップを検索することによりマップ値 $R_{cyc_bs_lin}$ (外乱補償値)を算出する。

【0151】

この補償要素112では、外乱補償値マップとして、図23に示す L_{iftin_cm}

50

$d = Liftin_{max} \& Cain = Cain_{rt}$ 用のマップ値 $Rcyc_bs_lin$ と、図24に示す $Liftin_cmd = Liftin_{min} \& Cain = Cain_{rt}$ 用のマップ値 $Rcyc_bs_lin$ と、 $Cain = Cain_{rt}$ で、かつ目標バルブリフト $Liftin_cmd$ が最大値 $Liftin_{max}$ と最小値 $Liftin_{min}$ との間にあるときの補間演算用の、複数段階の $Liftin_cmd$ の値にそれぞれ対応して設定された複数のマップ値 $Rcyc_bs_lin$ (図示せず) とを備えたものを用いる。なお、この外乱補償値マップは、ROM2c内に予め記憶されている。

【0152】

以上の外乱補償値マップの検索では、カム位相 $Cain$ の最遅角値 $Cain_{rt}$ に対する進角度合いに応じて、クランク角カウンタの計数値 C_crk を補正し、そのように補正した計数値 C_crk および目標バルブリフト $Liftin_cmd$ に応じて、上記のマップ値 $Rcyc_bs_lin$ のうちの、そのときの目標バルブリフト $Liftin_cmd$ に近い2つのマップ値を選択し、当該2つの選択値の補間演算により、バルブリフト制御用の外乱補償値のマップ値 $Rcyc_bs_lin$ を算出する。

【0153】

次いで、以上のように算出したマップ値 $Rcyc_bs_lin$ を、後述するように、エンジン回転数 NE に応じて補正することにより、バルブリフト制御用の外乱補償値 $Rcyc_lin$ (補正した外乱補償値) が算出される。なお、後述するように、このバルブリフト制御用の外乱補償値 $Rcyc_lin$ の算出は、CRK信号の発生に同期するタイミングで実行される。

【0154】

一方、2自由度SLDコントローラ113(制御入力算出手段)では、目標バルブリフト $Liftin_cmd$ およびバルブリフト $Liftin$ に応じて、前述した2自由度SLDコントローラ103の制御アルゴリズム[式(1)~(8)]と同様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、バルブリフト制御用のSLD制御入力 $Rsl d'$ が算出される。

【0155】

すなわち、この2自由度SLDコントローラ113では、前述した図20の式(1)~(8)において、カム位相 $Cain$ 、目標カム位相 $Cain_cmd$ およびカム位相制御用のSLD制御入力 $Rsl d$ をそれぞれ、バルブリフト $Liftin$ 、目標バルブリフト $Liftin_cmd$ およびバルブリフト制御用のSLD制御入力 $Rsl d'$ に置き換えるとともに、各種の変数、パラメータおよび所定の設定値をそれぞれ、バルブリフト制御用の値に置き換えたアルゴリズムにより、バルブリフト制御用のSLD制御入力 $Rsl d'$ が算出される。

【0156】

また、前述した加算要素114(制御入力算出手段)では、補償要素112で算出されたバルブリフト制御用の外乱補償値 $Rcyc_lin$ と、2自由度SLDコントローラ113で算出されたバルブリフト制御用のSLD制御入力 $Rsl d'$ の和として、バルブリフト制御用の参照入力 $Rsl d_f'$ (制御入力) が算出される。

【0157】

さらに、前述したDSMコントローラ115では、バルブリフト制御用の参照入力 $Rsl d_f'$ に応じて、前述したDSMコントローラ105の制御アルゴリズム[式(11)~(16)]と同様の制御アルゴリズムにより、リフト制御入力 $Uliftin$ が算出される。すなわち、このDSMコントローラ115では、前述した図21の式(11)~(16)において、カム位相制御用の参照入力 $Rsl d_f$ および位相制御入力 $Ucain$ をそれぞれ、バルブリフト制御用の参照入力 $Rsl d_f'$ およびリフト制御入力 $Uliftin$ に置き換えるとともに、各種の関数および所定の設定値をそれぞれ、バルブリフト制御用の値に置き換えたアルゴリズムにより、リフト制御入力 $Uliftin$ が算出される。

【0158】

10

20

30

40

50

次に、前述した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、図25に示すように、目標圧縮比算出部121、補償要素122、2自由度SLDコントローラ123、加算要素124、およびDSMコントローラ125を備えている。

【0159】

この圧縮比コントローラ120では、以下に述べるように、圧縮比制御入力Ucrが算出されるとともに、この圧縮比制御入力Ucrが可変圧縮比機構80に入力されることにより、圧縮比Crが目標圧縮比Cr_cmdになるように制御される。

【0160】

まず、目標圧縮比算出部121（目標圧縮比設定手段）では、目標圧縮比Cr_cmd（圧縮比パラメータ）が、エンジン回転数NEおよびアクセル開度APに応じて、後述するマップ（図35参照）を検索することにより算出される。

【0161】

また、補償要素122（外乱補償値記憶手段、外乱補償値選択手段）では、以下に述べるように、圧縮比制御用の外乱補償値Rcy_c_rが算出される。この圧縮比制御用の外乱補償値Rcy_c_rは、エンジン3の運転中、燃焼圧に起因して発生する周期的外乱の影響を補償するためのものである。すなわち、そのような周期的外乱が可変圧縮比機構80に加えられると、圧縮比Crが変動し、それに伴って点火時期制御で設定された点火時期との間の適合性が低下してしまうことにより、ノッキングが発生したり、燃焼効率が低下したりするおそれがある。したがって、補償要素122では、そのような圧縮比の変化を回避するために、可変圧縮比機構80に加えられる周期的外乱の値を予測するとともに、その予測値の符号の正負を反転した値を、圧縮比制御用の外乱補償値Rcy_c_rとして算出する。

【0162】

具体的には、圧縮比制御用の外乱補償値Rcy_c_rは、以下のように算出される。まず、圧縮比Crおよびクランク角カウンタの計数値C_crkに応じて、外乱補償値マップを検索することによりマップ値Rcy_b_s_c_r（外乱補償値）を算出する。

【0163】

この補償要素122では、外乱補償値マップとして、図26に実線で示すCr_cmd = Cr_max用のマップ値Rcy_b_s_c_rと、同図に破線で示すCr_cmd = Cr_min用のマップ値Rcy_b_s_c_rと、目標圧縮比Cr_cmdが最大値Cr_maxと最小値Cr_minとの間にあるときの補間演算用の、複数段階のCr_cmdの値にそれぞれ対応して設定された複数のマップ値Rcy_b_s_c_r（図示せず）とを備えたものを用いる。この外乱補償値マップは、ROM2c内に予め記憶されている。なお、本実施形態では、可変圧縮比機構80のジオメトリに起因して、上記の外乱補償値マップを用いるが、可変圧縮比機構のジオメトリによっては、外乱補償値マップにおける、Cr_max用の値とCr_min用の値との関係が逆に設定される場合もある。

【0164】

また、圧縮比制御用の外乱補償値のマップ値Rcy_b_s_c_rは、上記のマップ値のうちの、そのときの目標圧縮比Cr_cmdに近い2つのマップ値を選択し、当該2つの選択値の補間演算により算出される。

【0165】

次いで、以上のように算出したマップ値Rcy_b_s_c_rを、後述するように、カム位相Cain、バルブリフトLift_inおよびエンジン回転数NEに応じて補正することにより、圧縮比制御用の外乱補償値Rcy_c_rが算出される。なお、後述するように、この圧縮比制御用の外乱補償値Rcy_c_rの算出は、CRK信号の発生に同期するタイミングで実行される。

【0166】

一方、2自由度SLDコントローラ123（制御入力算出手段）では、目標圧縮比Cr_cmdおよび圧縮比Crに応じて、前述した2自由度SLDコントローラ103の制御

アルゴリズム〔式(1)～(8)〕と同様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、圧縮比制御用のSLD制御入力 R_{sld}' が算出される。

【0167】

すなわち、この2自由度SLDコントローラ123では、前述した図20の式(1)～(8)において、カム位相 C_{ain} 、目標カム位相 C_{ain_cmd} およびカム位相制御用のSLD制御入力 R_{sld} をそれぞれ、圧縮比 C_r 、目標圧縮比 C_{r_cmd} および圧縮比制御用のSLD制御入力 R_{sld}' に置き換えるとともに、各種の変数、パラメータおよび所定の設定値をそれぞれ、圧縮比制御用の値に置き換えたアルゴリズムにより、圧縮比制御用のSLD制御入力 R_{sld}' が算出される。

【0168】

また、前述した加算要素124（制御入力算出手段）では、補償要素122で算出された圧縮比制御用の外乱補償値 R_{cyc_cr} と、2自由度SLDコントローラ123で算出された圧縮比制御用のSLD制御入力 R_{sld}' の和として、圧縮比制御用の参照入力 R_{sld_f}' （制御入力）が算出される。

【0169】

さらに、前述したDSMコントローラ125では、圧縮比制御用の参照入力 R_{sld_f}' に応じて、前述したDSMコントローラ105の制御アルゴリズム〔式(11)～(16)〕と同様の制御アルゴリズムにより、圧縮比制御入力 U_{cr} が算出される。すなわち、このDSMコントローラ125では、前述した図21の式(11)～(16)において、カム位相制御用の参照入力 R_{sld_f} および位相制御入力 U_{cain} をそれぞれ、圧縮比制御用の参照入力 R_{sld_f}' および圧縮比制御入力 U_{cr} に置き換えるとともに、各種の関数および所定の設定値をそれぞれ、圧縮比制御用の値に置き換えたアルゴリズムにより、圧縮比制御入力 U_{cr} が算出される。

【0170】

次に、ECU2により実行される各種の制御処理について説明する。まず、図27～図31を参照しながら、3つの外乱補償値 R_{cyc_cin} 、 R_{cyc_lin} 、 R_{cyc_cr} を算出する処理について説明する。この処理は、前述した補償要素102、112、122に相当するものであり、IG・SW27がONに切り換えられた後の、クランクシャフト3dが所定のクランク角位置（例えば所定のシリンダ3aがTDC位置となるようなクランク角位置）に達した時点以降、CRK信号の発生に同期するタイミングで実行される。すなわち、本処理の実行周期は、CRK信号の発生周期に相当し、これは、前述したように、周期的外乱の発生周期がクランク角180°分となるので、その1/18の値に相当する。

【0171】

図27に示すように、この処理では、まず、ステップ1（図では「S1」と略す。以下同じ）において、演算フラグ F_CAL が「1」であるか否かを判別する。この演算フラグ F_CAL は、IG・SW27がオンされたときに「0」に設定される。そのため、今回のループが1回目であるときには、ステップ1の判別結果がNOとなり、その場合には、ステップ2に進み、演算フラグ F_CAL を「1」に設定する。これにより、次回以降のループにおいて、ステップ1の判別結果がYESとなる。

【0172】

次いで、ステップ3で、クランク角カウンタの計数値 C_crk を値0に設定した後、後述するステップ6に進む。

【0173】

一方、ステップ1の判別結果がYESのときには、ステップ4に進み、クランク角カウンタの計数値 C_crk を値10分、インクリメントする。次いで、ステップ5で、クランク角カウンタの計数値 C_crk が値720であるか否かを判別する。この判別結果がNOのときには、後述するステップ6に進む。一方、この判別結果がYESのときには、前述したステップ3に進み、クランク角カウンタの計数値 C_crk を値0に設定した後、ステップ6に進む。

【0174】

ステップ3またはステップ5に続くステップ6では、カム位相制御用の外乱補償値のマップ値 Rcy_bs_cin を算出する。具体的には、カム位相制御用の外乱補償値のマップ値 Rcy_bs_cin は、前述したように、目標カム位相 $Cain_cmd$ 、クランク角カウンタの計数値 C_crk およびバルブリフト $Lift_in$ に応じて、前述したカム位相制御用の外乱補償値マップ（図18, 19）を検索することにより、算出される。

【0175】

次いで、ステップ7に進み、カム位相制御用の補正係数 $Krcyc_cin$ を、エンジン回転数 NE に応じて、図28に示すテーブルを検索することにより算出する。同図に示すように、このテーブルでは、補正係数 $Krcyc_cin$ は、エンジン回転数 NE が低いほど、より大きな値に設定されている。これは、低回転数域では、周期的外乱の周波数が低くなり、外力に対するカム位相制御系の応答ゲインが高くなるような周波数となるため、吸気カム6の周期的変位が大きくなるので、それを補償するためである。

10

【0176】

また、このテーブルでは、補正係数 $Krcyc_cin$ は、所定回転数 NE_REF1 （例えば 4000 rpm ）以上の範囲では値に0に設定されている。これは、高回転域では、アクチュエータとしての電磁弁機構74の応答性が十分でないことで、周期的外乱の補償を正確に行うのが困難であることに加えて、周期的外乱が高周波になるのに対して、可変カム位相機構70は、その応答特性（ローパス特性）により、高周波の周期的外乱の影響を受けなくなることによる。

20

【0177】

ステップ7に続くステップ8では、カム位相制御用の外乱補償値 Rcy_cin を、上記ステップ6, 7で算出したマップ値 Rcy_bs_cin および補正係数 $Krcyc_cin$ の積に設定し、RAM2b内に記憶する。

【0178】

次に、ステップ9で、バルブリフト制御用の外乱補償値のマップ値 Rcy_bs_lin を算出する。具体的には、バルブリフト制御用の外乱補償値のマップ値 Rcy_bs_lin は、前述したように、目標バルブリフト $Lift_in_cmd$ 、カム位相 $Cain$ およびクランク角カウンタの計数値 C_crk に応じて、前述したバルブリフト制御用の外乱補償値マップ（図23, 24）を検索することにより、算出される。

30

【0179】

次いで、ステップ10に進み、バルブリフト制御用の補正係数 $Krcyc_lin$ を、エンジン回転数 NE に応じて、図29に示すテーブルを検索することにより算出する。同図に示すように、このテーブルでは、補正係数 $Krcyc_lin$ は、エンジン回転数 NE が低いほど、より大きな値に設定されている。これは、低回転数域では、前述したように、周期的外乱の周波数が低くなり、外力に対するバルブリフト制御系の応答ゲインが高くなるような周波数となるため、バルブリフト $Lift_in$ の周期的変位が大きくなるので、それを補償するためである。

40

【0180】

また、このテーブルでは、補正係数 $Krcyc_lin$ は、所定回転数 NE_REF2 （例えば 5000 rpm ）以上の範囲では、値0に設定されている。これは、高回転域では、リフトアクチュエータ60の応答性が十分でないことで、周期的外乱の補償を正確に行うのが困難であることに加えて、周期的外乱が高周波になるのに対して、可変バルブリフト機構50は、その応答特性（ローパス特性）により、高周波の周期的外乱の影響を受けなくなることによる。

【0181】

ステップ10に続くステップ11では、バルブリフト制御用の外乱補償値 Rcy_lin を、上記ステップ9, 10で算出したマップ値 Rcy_bs_lin および補正係数 $Krcyc_lin$ の積に設定する。

50

【0182】

次いで、ステップ12に進み、圧縮比制御用の外乱補償値のマップ値 $R_{cyc_bs_cr}$ を算出する。具体的には、このマップ値 $R_{cyc_bs_cr}$ は、前述したように、クランク角カウンタの計数值 C_{crk} および目標圧縮比 C_{r_cmd} に応じて、前述した圧縮比制御用の外乱補償値マップ（図26）を検索することにより、算出される。

【0183】

次に、ステップ13で、圧縮比制御用の第1補正係数 K_{cyc_cr1} を、カム位相 C_{ain} およびバルブリフト L_{ift_in} 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。なお、図中に示すバルブリフトの所定値 $L_{ift_in1} \sim 3$ は、 $L_{ift_in1} > L_{ift_in2} > L_{ift_in3}$ の関係が成立するように設定されている。

10

【0184】

同図に示すように、このマップでは、第1補正係数 K_{cyc_cr1} は、カム位相 C_{ain} が進角側の値であるほど、またはバルブリフト L_{ift_in} が小さいほど、より小さい値に設定されている。これは、カム位相 C_{ain} が進角側の値であるほど、内部 EGR 量の増大により混合気の燃焼温度が低くなり、燃焼圧が低くなることで、周期的外乱の振幅がより小さくなるためである。また、第1補正係数 K_{cyc_cr1} は、バルブリフト L_{ift_in} が小さいほど、より小さい値に設定されている。これは、バルブリフト L_{ift_in} が小さい値であるほど、吸入空気量が小さくなり、燃焼圧が低くなることで、周期的外乱の振幅がより小さくなるためである。

【0185】

20

次いで、ステップ14で、圧縮比制御用の第2補正係数 K_{cyc_cr2} を、エンジン回転数 N_E に応じて、図31に示すテーブルを検索することにより、算出する。同図に示すように、このテーブルでは、第2補正係数 K_{cyc_cr2} は、エンジン回転数 N_E が所定回転数 N_{EREF3} （例えば 3000 rpm ）より低い領域では、 $N_E = N_{EREF4}$ （ $< N_{EREF3}$ ）のときに最大値を示すように設定されている。これは、低回転数域では、慣性質量の影響により、周期的外乱の振幅が $N_E = N_{EREF4}$ のときに最大値を示すので、それを補償するためである。

【0186】

また、このテーブルでは、第2補正係数 K_{cyc_cr2} は、 $N_E \geq N_{EREF3}$ の領域では、値0に設定されている。これは、高回転域では、圧縮比アクチュエータ87の応答性が十分でないことで、周期的外乱の補償を正確に行うのが困難であることに加えて、燃焼圧に起因する周期的外乱が高周波になるのに対して、可変圧縮比機構80は、その応答特性（ローパス特性）により、高周波の周期的外乱の影響を受けなくなることによる。

30

【0187】

ステップ14に続くステップ15では、圧縮比制御用の外乱補償値 R_{cyc_cr} を、上記ステップ12～14で算出したマップ値 $R_{cyc_bs_lin}$ と、第1および第2補正係数 K_{cyc_cr1} 、 K_{cyc_cr2} との積に設定し、その後、本処理を終了する。

【0188】

40

次に、図32を参照しながら、前述した3つの制御入力 U_{cain} 、 U_{lift_in} 、 U_{cr} を算出する処理について説明する。この処理は、プログラムタイマの設定により、所定の制御周期 ΔT （本実施形態では 5 msec ）で実行される。

【0189】

図32に示すように、この処理では、まず、ステップ20において、可変機構正常フラグ F_{VDOk} が「1」であるか否かを判別する。この可変機構正常フラグ F_{VDOk} は、可変カム位相機構70、可変バルブリフト機構50および可変圧縮比機構80がいずれも正常であるときには「1」に設定され、それ以外のときには「0」に設定される。

【0190】

ステップ20の判別結果がNOで、3つの可変機構50、70、80の少なくとも1つ

50

が故障しているときには、ステップ32に進み、位相制御入力U c a i n、リフト制御入力U l i f t i nおよび圧縮比制御入力U c rをいずれも値0に設定した後、本処理を終了する。なお、このように3つの制御入力がいずれも値0に設定されたときには、可変カム位相機構70により、カム位相C a i nが最遅角値C a i n r tに保持され、可変バルブリフト機構50により、バルブリフトL i f t i nがアイドル運転やエンジン始動に適した値に保持されるとともに、可変圧縮比機構80により、圧縮比C rが最小値C r m i nに保持される。

【0191】

一方、ステップ20の判別結果がY E Sで、3つの可変機構50, 70, 80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が「1」であるか否かを判別する。このエンジン始動フラグF _ E N G S Tは、エンジン3の始動中は「1」に設定され、エンジン3が始動済みであるときには「0」に設定される。この判別結果がY E Sで、エンジン始動中であるときには、ステップ22に進み、目標カム位相C a i n _ c m dを所定の始動時用値C a i n _ c m d _ s tに設定する。

10

【0192】

次に、ステップ23, 24において、目標バルブリフトL i f t i n _ c m dおよび目標圧縮比C r _ c m dをそれぞれ、所定の始動時用値L i f t i n _ c m d _ s t, C r _ c m d _ s tに設定する。

【0193】

次いで、ステップ25に進み、R A M 2 bに現在記憶されている3つの外乱補償値R c y c _ c i n, R c y c _ l i n, R c y c _ c rの値を読み込む。すなわち、これらの値をサンプリングする。

20

【0194】

ステップ25に続くステップ26では、位相制御入力U c a i nを、算出された目標カム位相C a i n _ c m d、および読み込まれたカム位相制御用の外乱補償値R c y c _ c i nを用い、前述した式(1)～(8), (10)～(16)の制御アルゴリズムにより算出する。

【0195】

次に、ステップ27で、リフト制御入力U l i f t i nを算出する。このリフト制御入力U l i f t i nは、前述したように、上記位相制御入力U c a i nと同様の制御アルゴリズムにより算出される。すなわち、算出された目標バルブリフトL i f t i n _ c m d、および読み込まれたバルブリフト制御用の外乱補償値R c y c _ l i nを用い、式(1)～(8), (10)～(16)と同様の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が算出される。

30

【0196】

次いで、ステップ28で、圧縮比制御入力U c rを算出する。この圧縮比制御入力U c rも、前述したように、上記位相制御入力U c a i nと同様の制御アルゴリズムにより算出される。すなわち、算出された目標圧縮比C r _ c m d、および読み込まれた圧縮比制御用の外乱補償値R c y c _ c rを用い、式(1)～(8), (10)～(16)と同様の制御アルゴリズムにより、圧縮比制御入力U c rが算出される。その後、本処理を終了する。

40

【0197】

一方、ステップ21の判別結果がN Oで、エンジン始動済みであるときには、ステップ29に進み、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33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、アクセル開度A Pの所定値A P 1～A P 3は、A P 1 > A P 2 > A P 3の関係が成立するように設定されており、この関係は以下の説明でも同様である。

【0198】

このマップでは、目標カム位相C a i n _ c m dは、A P = A P 1で、高負荷である場合には、エンジン回転数N Eが高いほど、より遅角側の値に設定されている。また、A P

50

=AP2で、中負荷である場合、目標カム位相Cain_cmdは、低回転域から中回転域では、エンジン回転数NEが高いほど、より進角側の値に設定されているとともに、中回転域から高回転域では、エンジン回転数NEが高いほど、より遅角側の値に設定されている。さらに、AP=AP3で、低負荷である場合も、目標カム位相Cain_cmdは、中負荷である場合とほぼ同様の傾向に設定されている。この理由については、後述する。

【0199】

ステップ29に続くステップ30では、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34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、目標バルブリフトLiftin_cmdは、AP=AP1で、高負荷である場合には、エンジン回転数NEが高いほど、より大きな値に設定されている。また、AP=AP2で、中負荷である場合、目標カム位相Cain_cmdは、低回転域では、エンジン回転数NEが高いほど、より大きな値に設定され、中回転域では、エンジン回転数NEに対して、ほとんど変わらない値に設定されているとともに、高回転域では、エンジン回転数NEが高いほど、より大きな値に設定されている。さらに、目標バルブリフトLiftin_cmdは、AP=AP3で、低負荷である場合も、中負荷である場合とほぼ同様の傾向に設定されている。

10

【0200】

目標バルブリフトLiftin_cmdが以上のように設定され、かつ目標カム位相Cain_cmdが前述したように設定されている理由は、以下による。すなわち、低負荷域／低回転域では、バルブリフトLiftinを低リフトに制御し、かつカム位相Cainを進角側の値に制御することで、オットーサイクルよりも吸気弁4が早く閉じる早閉じのミラーサイクルを実現する。それにより、ポンピングロス低減させるとともに、低リフト化による筒内流動を増大化させることで、燃焼の急速化を図り、燃焼効率を向上させるためである。

20

【0201】

また、中負荷域／中回転域では、バルブリフトLiftinを中程度のリフトに制御し、かつカム位相Cainを進角側の値に制御することで、バルブオーバーラップを増大させ、内部EGR量を増大させるとともに、早閉じのミラーサイクルの実現により、ポンピングロスの低減および燃費の向上を図るためである。

30

【0202】

さらに、高負荷域／高回転域では、バルブリフトLiftinを高リフトに制御し、かつカム位相Cainを遅角側の値に制御することで、吸入空気量を増大させ、エンジントルクを増大させるためである。これに加えて、そのような制御の際、内部EGR量の減少と、圧縮行程の初期では、吸気の慣性力によって吸気挙動が継続するので、それを充填効率の向上に利用すべく、カム位相Cainを遅角側の値に制御するためである。

【0203】

ステップ30に続くステップ31では、目標圧縮比Cr_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35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Cr_cmdは、APが大きく、高負荷であるほど、または、エンジン回転数NEが高いほど、より小さな値に設定されている。これは、エンジン回転数NEおよびアクセル開度APが大きいほど（すなわち高負荷であるほど）、点火時期に対する最適な圧縮比Crの値がより小さくなることによる。すなわち、高回転／高負荷時に圧縮比Crを高圧縮比側の値に設定すると、ノッキングが発生するのを防止するために点火時期のリタード側への制御が必要となることで、発生トルク（効率）の低下を招くおそれがあるので、それを回避するためである。

40

【0204】

次いで、前述したように、ステップ25～28を実行し、3つの制御入力Ucain, Uliftin, Ucrを算出した後、本処理を終了する。

【0205】

50

以上のように、本実施形態の制御装置1では、3つの外乱補償値 R_{cyc_cin} , R_{cyc_lin} , R_{cyc_cr} が、予想される周期的外乱を補償するための、周期的外乱の正負を反転させた値として、CRK信号の発生に同期するタイミングで、マップ検索およびテーブル検索などにより算出される。さらに、そのように算出された外乱補償値 R_{cyc_cin} , R_{cyc_lin} , R_{cyc_cr} に応じて、3つの制御入力 U_{cain} , U_{liftin} , U_{cr} がそれぞれ、前述した制御アルゴリズム [式(1)～(8), (10)～(16)] およびこれと同様の制御アルゴリズムにより算出される。

【0206】

したがって、そのように算出された制御入力 U_{cain} , U_{liftin} , U_{cr} により、カム位相 C_{ain} 、バルブリフト L_{iftin} および圧縮比 C_r をそれぞれフィードフォワード的に制御することで、周期的外乱がカム位相 C_{ain} 、バルブリフト L_{iftin} および圧縮比 C_r に及ぼす影響を、従来よりも迅速に補償し、抑制することができる。その結果、カム位相制御およびバルブリフト制御においては、周期的外乱に起因する、吸気弁4の開弁時の吸入空気量の変化を回避できることで、エンジン3の発生トルクの変動を回避できるとともに、安定した燃焼状態を確保できる。また、圧縮比制御においては、周期的外乱の影響による圧縮比 C_r の変化を回避でき、圧縮比 C_r と点火時期との間の適合性を良好な状態に維持できる。その結果、ノッキングの発生および燃焼効率の低下を回避することができる。

【0207】

また、制御入力 U_{cain} , U_{liftin} , U_{cr} の算出において、目標値フィルタ型2自由度制御アルゴリズムが用いられるので、カム位相 C_{ain} を目標カム位相 C_{ain_cmd} に、バルブリフト L_{iftin} を目標バルブリフト L_{iftin_cmd} に、圧縮比 C_r を目標圧縮比 C_{r_cmd} にそれぞれ迅速かつ安定した挙動で収束させることができる。例えば、カム位相 C_{ain} と目標カム位相 C_{ain_cmd} との間に大きな偏差が生じた場合でも、そのような偏差に起因するオーバーシュートの発生を回避しながら、カム位相 C_{ain} を目標カム位相 C_{ain_cmd} に迅速かつ精度よく収束させることができる。

【0208】

また、カム位相制御用の外乱補償値 R_{cyc_cin} の算出では、そのマップ値 $R_{cyc_bs_cin}$ が、バルブリフト L_{iftin} および目標カム位相 C_{ain_cmd} に応じて算出されるので、外乱補償値 R_{cyc_cin} を、バルブリフト L_{iftin} の変更に伴う周期的外乱の振幅変化および挙動変化の少なくとも一方と、カム位相 C_{ain} の変更に伴う周期的外乱の位相変化とをいずれも適切に補償できるような値として算出できる。さらに、補正係数 K_{rcyc_cin} が、図28のテーブルを用い、エンジン回転数 NE に応じて算出され、この補正係数 K_{rcyc_cin} でマップ値 $R_{cyc_bs_cin}$ を補正することにより、外乱補償値 R_{cyc_cin} が算出されるので、これにエンジン回転数 NE の変化に伴う周期的外乱の周波数変化を適切に反映させることができる。

【0209】

これに加えて、補正係数 K_{rcyc_cin} は、所定回転数 NE_{REF1} 以上の範囲では値0に設定されるので、可変カム位相機構70の応答性が十分でない（すなわちアクチュエータとしての電磁弁機構74の応答性が低い）ことで、周期的外乱の補償を正確に行うのが困難な高回転域では、外乱補償値 R_{cyc_cin} による外乱補償が回避され、それにより、制御性の低下を回避できる。

【0210】

さらに、バルブリフト制御用の外乱補償値 R_{cyc_lin} の算出では、そのマップ値 $R_{cyc_bs_lin}$ が、目標バルブリフト L_{iftin_cmd} およびカム位相 C_{ain} に応じて算出されるので、外乱補償値 R_{cyc_lin} を、バルブリフト L_{iftin} の変更に伴う周期的外乱の振幅変化および挙動変化の少なくとも一方と、カム位相 C_{ain} の変更に伴う周期的外乱の位相変化とをいずれも適切に補償できるような値として算出できる。また、補正係数 K_{rcyc_lin} が、図29のテーブルを用い、エンジン回

10

20

30

40

50

転数NEに応じて算出されるとともに、この補正係数 K_{rcyc_lin} でマップ値 $R_{cyc_bs_lin}$ を補正することにより、外乱補償値 R_{cyc_lin} が算出されるので、これにエンジン回転数NEの変化に伴う周期的外乱の周波数変化を適切に反映させることができる。

【0211】

これに加えて、補正係数 K_{rcyc_lin} は、所定回転数 NE_{REF2} 以上の範囲では値0に設定されるので、可変バルブリフト機構50の応答性が十分でない（すなわちリフトアクチュエータ60の応答性が低い）ことで、周期的外乱の補償を正確に行うのが困難な高回転域では、外乱補償値 R_{cyc_lin} による外乱補償が回避され、それにより、制御性の低下を回避できる。

10

【0212】

また、圧縮比制御用の外乱補償値 R_{cyc_cr} の算出では、そのマップ値 $R_{cyc_bs_cr}$ が、目標圧縮比 C_{r_cmd} に応じて算出されるので、外乱補償値 R_{cyc_cr} を、圧縮比 C_r の変更に伴う周期的外乱の振幅変化を適切に補償できるような値として算出できる。さらに、第1補正係数 K_{rcyc_cr1} が、図30のマップを用い、カム位相 C_{ain} およびバルブリフト L_{ift_in} に応じて算出され、この第1補正係数 K_{rcyc_cr1} でマップ値 $R_{cyc_bs_cr}$ を補正することにより、外乱補償値 R_{cyc_cr} が算出されるので、外乱補償値 R_{cyc_cr} を、バルブリフト L_{ift_in} およびカム位相 C_{ain} の変更に伴う周期的外乱の振幅変化を適切に補償できるような値として算出できる。

20

【0213】

これに加えて、第2補正係数 K_{rcyc_cr2} が、図31のテーブルを用い、エンジン回転数NEに応じて算出され、この第2補正係数 K_{rcyc_cr2} でマップ値 $R_{cyc_bs_cr}$ を補正することにより、外乱補償値 R_{cyc_cr} が算出されるので、これにエンジン回転数NEの変化に伴う周期的外乱の周波数変化を適切に反映させることができる。また、第2補正係数 K_{rcyc_cr2} は、所定回転数 NE_{REF3} 以上の範囲では値0に設定されるので、可変圧縮比機構80の応答性が十分でない（すなわち圧縮比アクチュエータ87の応答性が低い）ことで、周期的外乱の補償を正確に行うのが困難な高回転域では、外乱補償値 R_{cyc_cr} による外乱補償が回避され、それにより、制御性の低下を回避できる。

30

【0214】

以上のように、カム位相制御、バルブリフト制御および圧縮比制御のいずれにおいても、制御の安定性および制御精度を格段に向上させることができる。

【0215】

図36は、以上のような制御手法により算出された位相制御入力 U_{cain} を用い、目標カム位相 C_{ain_cmd} を一定値に保持しながら、カム位相 C_{ain} を制御した場合のシミュレーション結果を、1つのシリンダ3aのみにおけるものを例にとって示したものである。同図と前述した図13とを比較すると明らかなように、本実施形態の制御装置1によれば、前述したようなカム位相制御用の外乱補償値 R_{cyc_cin} を用いることにより、周期的外乱の影響を効果的に抑制できることが判る。

40

【0216】

なお、第1実施形態は、3つの外乱補償値 R_{cyc_cin} 、 R_{cyc_lin} 、 R_{cyc_cr} の選択タイミングとしての算出タイミング（すなわち図27の処理の実行タイミング）を、CRK信号の発生タイミングに設定した例であるが、3つの外乱補償値の選択タイミングはこれに限らず、クランクシャフト3dが所定角度、回転するごとの、それに対応するタイミングに設定すればよい。例えば、CAM信号の発生に同期するタイミングに設定しても良い。その場合には、補償要素102、112、122において、外乱補償値 R_{cyc_cin} 、 R_{cyc_lin} 、 R_{cyc_cr} の算出に用いるマップを、クランク角カウンタの計数値 C_crk に代えて、CAM信号の発生に同期して所定のカム角分、インクリメントされるカウンタの計数値に応じて設定したものを用いればよい。

50

【0217】

また、補償要素102において、外乱補償値のマップ値 $R_{cyc_bs_cin}$ を、バルブリフト L_{ift_in} および目標カム位相 C_{ain_cmd} に代えて、バルブリフトパラメータとしての目標バルブリフト $L_{ift_in_cmd}$ 、およびカム位相パラメータとしてのカム位相 C_{ain} にそれぞれ応じて算出するようにしてもよい。さらに、補償要素112においても、外乱補償値のマップ値 $R_{cyc_bs_lin}$ を、目標バルブリフト $L_{ift_in_cmd}$ およびカム位相 C_{ain} に代えて、バルブリフトパラメータとしてのバルブリフト L_{ift_in} 、およびカム位相パラメータとしての目標カム位相 C_{ain_cmd} にそれぞれ応じて算出するようにしてもよい。

【0218】

10

これと同様に、補償要素122において、外乱補償値のマップ値 $R_{cyc_bs_cr}$ を、目標圧縮比 C_{r_cmd} に代えて、圧縮比パラメータとしての圧縮比 C_r に応じて算出するようにしてもよく、第1補正係数 K_{rcyc_cr1} を、バルブリフト L_{ift_in} およびカム位相 C_{ain} に代えて、バルブリフトパラメータとしての目標バルブリフト $L_{ift_in_cmd}$ 、およびカム位相パラメータとしての目標カム位相 C_{ain_cmd} にそれぞれ応じて算出するようにしてもよい。

【0219】

また、第1実施形態は、カム位相制御用の外乱補償値のマップ値 $R_{cyc_bs_cin}$ の算出において、目標カム位相 C_{ain_cmd} に応じてクランク角カウンタの計数値 C_{crk} を補正し、これとバルブリフト L_{ift_in} に応じて、1種類の外乱補償値マップ（図18、19）を検索する手法を用いた例であるが、マップ値 $R_{cyc_bs_cin}$ の算出で用いる外乱補償値マップとして、目標カム位相 C_{ain_cmd} の複数の値に応じてそれぞれ設定された複数種類のものを用いてもよい。例えば、 $C_{ain_cmd} = C_{ain_{rt}}$ 用のものと、 $C_{ain_cmd} = C_{ain_{ad}}$ 用のものと、これらの間の複数段階の目標カム位相 C_{ain_cmd} の値用に設定された複数のものを準備し、これらの外乱補償値マップのうちの、そのときの目標カム位相 C_{ain_cmd} に近い2つの外乱補償値マップを選択し、当該2つの選択マップにおけるマップ値の補間演算により、マップ値 $R_{cyc_bs_cin}$ を算出してもよい。これと同様に、外乱補償値 R_{cyc_lin} のマップ値 $R_{cyc_bs_lin}$ の算出において、外乱補償値マップとして、目標バルブリフト $L_{ift_in_cmd}$ の複数の値に応じてそれぞれ設定された複数種類のものを用いてもよい。

20

30

【0220】

さらに、第1実施形態は、カム位相制御用の参照入力 R_{sld} を算出するため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、カム位相制御用の参照入力 R_{sld} を算出するための制御アルゴリズムはこれに限らず、カム位相制御用の参照入力 R_{sld} を、カム位相 C_{ain} を目標カム位相 C_{ain_cmd} に収束させるような値として算出できる制御アルゴリズムであればよい。例えば、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用いてもよく、バックステッピング制御アルゴリズムなどの応答指定型制御アルゴリズムを用いてもよい。これと同様に、バルブリフト制御用の参照入力 R_{sld}' または圧縮比制御用の参照入力 R_{sld}'' を算出するための制御アルゴリズムとして、PI制御アルゴリズムおよび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や、バックステッピング制御アルゴリズムなどの応答指定型制御アルゴリズムを用いてもよい。

40

【0221】

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、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、応答指定型制御アルゴリズムはこれに限らず、バックステッピング制御アルゴリズムなどの、目標値に対する制御対象の出力の収束速度および収束挙動を指定できるアルゴリズムであればよい。

【0222】

また、第1実施形態は、カム位相コントローラ100における位相制御入力 U_{cain}

50

の算出において、DSMコントローラ105を用いた例であるが、これを省略し、カム位相制御用の参照入力 Rsl_d_f をそのまま位相制御入力 $Ucain$ として可変カム位相機構70に入力するように構成してもよい。さらに、バルブリフトコントローラ110におけるリフト制御入力 $Uliftin$ の算出において、DSMコントローラ115を省略し、バルブリフト制御用の参照入力 Rsl_d_f' をそのまま、リフト制御入力 $Uliftin$ として、可変バルブリフト機構50に入力するように構成してもよい。これと同様に、圧縮比コントローラ120における圧縮比制御入力 Ucr の算出においても、DSMコントローラ125を省略し、圧縮比制御用の参照入力 Rsl_d_f'' をそのまま、圧縮比制御入力 Ucr として、可変圧縮比機構80に入力するように構成してもよい。

【0223】

さらに、第1実施形態は、負荷パラメータとして、カム位相 $Cain$ およびバルブリフト $Liftin$ を用いた例であるが、負荷パラメータはこれに限らず、エンジン3の負荷を表すものであればよい。例えば、負荷パラメータとして、目標カム位相 $Cain_cmd$ および目標バルブリフト $Liftin_cmd$ をそれぞれ用いてもよく、吸気管内絶対圧 PBA 、TH通過吸入空気量 GTH およびアクセル開度 AP を用いてもよい。

【0224】

また、可変カム位相機構として、第1実施形態の油圧式の可変カム位相機構70に代えて、本出願人が特願2003-293009号において提案済みの電磁式の可変カム位相機構を用いてもよい。このようにした場合、電磁式の可変カム位相機構では、カム位相 $Cain$ がソレノイドの電磁力とばねの付勢力との釣り合いによって変更されるため、周期的外乱は進角側または遅角側のみに作用する。したがって、そのような周期的外乱を補償するために、カム位相制御用の外乱補償値 $Rcyc_cin$ を算出する場合、そのマップ値 $Rcyc_bs_cin$ は、図37に実線または破線で示すようなマップを用いて算出すればよい。

【0225】

次に、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、前述した第1実施形態の制御装置1と比べると、一部を除いて同様に構成されているので、以下、第1実施形態の制御装置1と異なる点を中心として説明する。図38～図40に示すように、この制御装置1Aは、カム位相コントローラ200、バルブリフトコントローラ210および圧縮比コントローラ220を備えており、これらはいずれも、具体的にはECU2（外乱推定値算出手段）により構成されている。

【0226】

まず、カム位相コントローラ200について説明すると、このカム位相コントローラ200は、図38に示すように、目標カム位相算出部201（目標カム位相設定手段）、補償要素202（外乱補償値記憶手段、外乱補償値選択手段）、2自由度SLDコントローラ203（制御入力算出手段）、DSMコントローラ205および適応外乱オブザーバ206（外乱推定値算出手段）を備えている。このカム位相コントローラ200では、目標カム位相算出部201および補償要素202は、前述したカム位相コントローラ100のものと同様に構成されているので、それらの説明はここでは省略する。

【0227】

また、適応外乱オブザーバ206は、モデル化誤差および外乱を補償するための、カム位相制御用の外乱推定値 $c1$ を算出するものである。具体的には、この適応外乱オブザーバ206では、カム位相 $Cain$ 、カム位相制御用の外乱補償値 $Rcyc_cin$ およびカム位相制御用のSLD制御入力 Rsl_d に応じて、図41の式(17)～(19)で表される、固定ゲイン法の同定アルゴリズムにより、カム位相制御用の外乱推定値 $c1$ が算出される。式(17)の $Cain_hat$ はカム位相の同定値を表し、式(18)の e_id は、同定誤差を表している。また、式(19)の P' は、同定ゲインを表している。

【0228】

なお、以上の式(17)～(19)は以下のように導出される。すなわち、前述した図20の式(9)のモデルにおいて、外乱を補償するために、カム位相制御用の外乱推定値

10

20

30

40

50

c 1 および外乱補償値 R_{cyc_cin} を付加すると、図 4 1 に示す式 (20) が得られる。この式 (20) において、右辺をカム位相の同定値 C_{ain_hat} に置き換え、そのように置き換えたモデルに基づき、カム位相の同定値 C_{ain_hat} とカム位相 C_{ain} との偏差が最小になるように、統計処理に基づく固定ゲイン法の同定アルゴリズムを適用すると、前述した式 (17) ~ (19) が導出される。

【0229】

以上の式 (17) ~ (19) のアルゴリズムにより、この適応外乱オブザーバ 206 では、カム位相制御用の外乱推定値 c_1 が、モデル化誤差および外乱を適切に補償することができる値として算出される。

【0230】

また、2 自由度 SLD コントローラ 203 では、図 4 2 の式 (21) ~ (27) で表される目標値フィルタ型 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、カム位相制御用の SLD 制御入力 $R_{sl d}$ (制御入力) が算出される。これらの式 (21) ~ (27) を参照すると明らかなように、この 2 自由度 SLD コントローラ 203 の制御アルゴリズムは、等価制御入力 R_{eq} の算出式に、カム位相制御用の外乱補償値 R_{cyc_cin} および外乱推定値 c_1 を含んでいる点と、SLD 制御入力 $R_{sl d}$ の算出において適応則入力 $R_{ad p}$ を用いない点とが、前述した 2 自由度 SLD コントローラ 103 のものと異なっている。

【0231】

さらに、DSM コントローラ 205 では、上記のように算出されたカム位相制御用の SLD 制御入力 $R_{sl d}$ に基づいて、前述した DSM コントローラ 105 と同様の制御アルゴリズム [図 4 3 に示す式 (28) ~ (33)] により、位相制御入力 U_{cain} が算出される。

【0232】

カム位相コントローラ 200 は、以上のように構成されており、これと同様に、バルブリフトコントローラ 210 も構成されている。すなわち、図 3 9 に示すように、バルブリフトコントローラ 210 は、目標バルブリフト算出部 211 (目標バルブリフト設定手段)、補償要素 212 (外乱補償値記憶手段、外乱補償値選択手段)、2 自由度 SLD コントローラ 213 (制御入力算出手段)、DSM コントローラ 215 および適応外乱オブザーバ 216 (外乱推定値算出手段) を備えている。このバルブリフトコントローラ 210 では、目標バルブリフト算出部 211 および補償要素 212 は、前述したバルブリフトコントローラ 110 のものと同様に構成されているので、それらの説明はここでは省略する。

【0233】

また、適応外乱オブザーバ 216 では、カム位相コントローラ 200 の適応外乱オブザーバ 206 と同様のアルゴリズムにより、バルブリフト制御用の外乱推定値 c_1' が算出される。すなわち、前述した図 4 1 の式 (17) ~ (19) において、 C_{ain} を $Lift_{in}$ に、 C_{ain_cmd} を $Lift_{in_cmd}$ に、 R_{cyc_cin} を R_{cyc_llin} に、 c_1 を c_1' に、 $R_{sl d}$ を $R_{sl d}'$ にそれぞれ置き換えるとともに、各係数などをバルブリフト制御用の値に置き換えたアルゴリズムにより、バルブリフト制御用の外乱推定値 c_1' が算出される。

【0234】

また、2 自由度 SLD コントローラ 213 では、カム位相コントローラ 200 の 2 自由度 SLD コントローラ 203 と同様のアルゴリズムにより、バルブリフト制御用の SLD 制御入力 $R_{sl d}'$ が算出される。すなわち、前述した図 4 2 の式 (21) ~ (27) において、上述したように、各パラメータおよび各係数などをバルブリフト制御用の値に置き換えたアルゴリズムにより、バルブリフト制御用の SLD 制御入力 $R_{sl d}'$ (制御入力) が算出される。

【0235】

さらに、DSM コントローラ 215 では、上記のように算出されたバルブリフト制御用

10

20

30

40

50

のSLD制御入力 R_{sld} に基づいて、カム位相コントローラ200のDSMコントローラ205と同様の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、図43の式(28)～(33)において、各パラメータおよび各係数などをバルブリフト制御用の値に置き換えたアルゴリズムにより、リフト制御入力 U_{liftin} が算出される。

【0236】

一方、圧縮比コントローラ220も、カム位相コントローラ200と同様に構成されている。すなわち、図40に示すように、圧縮比コントローラ220は、目標圧縮比算出部221(目標圧縮比設定手段)、補償要素222(外乱補償値記憶手段、外乱補償値選択手段)、2自由度SLDコントローラ223(制御入力算出手段)、DSMコントローラ225および適応外乱オブザーバ226(外乱推定値算出手段)を備えている。この圧縮比コントローラ220では、目標圧縮比算出部221および補償要素222は、前述した圧縮比コントローラ120のものと同様に構成されているので、それらの説明はここでは省略する。

【0237】

また、適応外乱オブザーバ226では、カム位相コントローラ200の適応外乱オブザーバ206と同様のアルゴリズムにより、圧縮比制御用の外乱推定値 $c_{l'}$ が算出される。すなわち、前述した図41の式(17)～(19)において、 C_{ain} を C_r に、 C_{ain_cmd} を C_r_cmd に、 R_{cyc_cin} を R_{cyc_cr} に、 c_l を $c_{l'}$ に、 R_{sld} を $R_{sld'}$ にそれぞれ置き換えるとともに、各係数などを圧縮比制御用の値に置き換えたアルゴリズムにより、圧縮比制御用の外乱推定値 $c_{l'}$ が算出される。

【0238】

また、2自由度SLDコントローラ223では、カム位相コントローラ200の2自由度SLDコントローラ203と同様のアルゴリズムにより、圧縮比制御用のSLD制御入力 $R_{sld'}$ (制御入力)が算出される。すなわち、前述した図42の式(21)～(27)において、上述したように、各パラメータおよび各係数などを圧縮比制御用の値に置き換えたアルゴリズムにより、圧縮比制御用のSLD制御入力 $R_{sld'}$ が算出される。

【0239】

さらに、DSMコントローラ225では、上記のように算出された圧縮比制御用のSLD制御入力 $R_{sld'}$ に基づいて、カム位相コントローラ200のDSMコントローラ205と同様の制御アルゴリズムにより、圧縮比制御入力 U_{cr} が算出される。すなわち、図43の式(28)～(33)において、各パラメータおよび各係数などを圧縮比制御用の値に置き換えたアルゴリズムにより、圧縮比制御入力 U_{cr} が算出される。

【0240】

この制御装置1Aでは、位相制御入力 U_{cain} 、 U_{liftin} 、 U_{cr} をECU2で算出する場合、前述した図32のステップ26において、式(21)～(33)により、位相制御入力 U_{cain} が算出される。また、ステップ27において、式(21)～(33)の各変数および各係数などをバルブリフト制御用の値に置き換えたアルゴリズムにより、リフト制御入力 U_{liftin} が算出されるとともに、ステップ28において、同じ手法により、圧縮比制御入力 U_{cr} が算出される。

【0241】

以上のように構成された本実施形態の制御装置1Aによれば、第1実施形態の制御装置1と同様に、3つの外乱補償値 R_{cyc_cin} 、 R_{cyc_lin} 、 R_{cyc_cr} に応じて、3つの制御入力 U_{cain} 、 U_{liftin} 、 U_{cr} がそれぞれ算出されるので、そのように算出された制御入力 U_{cain} 、 U_{liftin} 、 U_{cr} により、カム位相 C_{ain} 、バルブリフト L_{iftin} および圧縮比 C_r をそれぞれフィードフォワード的に制御することで、周期的外乱がカム位相 C_{ain} 、バルブリフト L_{iftin} および圧縮比 C_r に及ぼす影響を迅速に補償し、抑制することができる。その結果、カム位相制御、バルブリフト制御および圧縮比制御において、前述した制御装置1と同様の作用効果を得ることができる。

【0242】

これに加えて、外乱推定値 c_1 , c_1' , c_1'' が、適応外乱オブザーバ 206, 216, 226 により、モデル化誤差および外乱を補償するような値として算出されるとともに、そのような外乱推定値 c_1 , c_1' , c_1'' に応じて、制御入力 U_{cain} , U_{liftin} , U_{cr} が算出される。したがって、これらの制御入力 U_{cain} , U_{liftin} , U_{cr} により、カム位相 C_{ain} 、バルブリフト L_{iftin} および圧縮比 C_r を、定常偏差が生じないように制御することができるとともに、周期的外乱がカム位相 C_{ain} 、バルブリフト L_{iftin} および圧縮比 C_r に及ぼす影響を、第1実施形態の制御装置1よりも、迅速に補償し、抑制することができる。以上により、制御装置1と比べて、制御の安定性および制御精度をさらに向上させることができる。

10

【0243】

次に、本発明の第3実施形態に係る制御装置1Bについて説明する。本実施形態の制御装置1Bは、前述した第2実施形態の制御装置1Aと比べると、一部を除いて同様に構成されているので、以下、第2実施形態の制御装置1Aと異なる点を中心として説明する。図44～図46に示すように、この制御装置1Bは、カム位相コントローラ300、バルブリフトコントローラ310および圧縮比コントローラ320を備えており、これらはいずれも、具体的にはECU2（モデルパラメータ同定手段）により構成されている。

【0244】

まず、カム位相コントローラ300について説明すると、このカム位相コントローラ300は、図44に示すように、目標カム位相算出部301（目標カム位相設定手段）、補償要素302（外乱補償値記憶手段、外乱補償値選択手段）、2自由度SLDコントローラ303（制御入力算出手段）、DSMコントローラ305および部分パラメータ同定器307（モデルパラメータ同定手段）を備えている。このカム位相コントローラ300は、前述したカム位相コントローラ200と比較して、前述した外乱オブザーバ206に代えて、部分パラメータ同定器307を備えている点と、それに伴って2自由度SLDコントローラ303の制御アルゴリズムの一部とが異なっている。

20

【0245】

この部分パラメータ同定器307では、カム位相 C_{ain} 、カム位相制御用の外乱補償値 R_{cyc_cin} およびカム位相制御用のSLD制御入力 R_{slid} に応じて、図47の式(34)～(39)で表される、固定ゲイン法の逐次型同定アルゴリズムにより、パラメータベクトル θ が同定される。このパラメータベクトル θ は、その転置行列が式(38)のように表されるベクトルであり、同式(38)の d_1 は、外乱補償値ゲインであり、可変カム位相機構70の経年変化および個体間のばらつきなどに起因して、周期的外乱の振幅が変化するのを補償するためのものである。また、式(34)の W は仮想出力を表し、式(35)の W_hat は、仮想出力の同定値を表している。さらに、式(37)の e_id' は、式(36)のように定義される同定誤差であり、 P'' は所定の同定ゲインを表しており、 ζ はその転置行列が式(39)のように表されるベクトルである。

30

【0246】

なお、以上の式(34)～(39)は以下のように導出される。すなわち、前述した図41の式(20)のモデルに、外乱補償値ゲイン d_1 を付加すると、図47に示す式(40)が得られる。この式(40)において、各変数を離散時間1つ分シフトさせ、パラメータ b_1 , b_2 、外乱補償値ゲイン d_1 および外乱補償値 R_{cyc_cin} を離散化し、 C_{ain} の項を左辺に移項させると、同図の式(41)が得られる。この式(41)において、左辺を W と定義し、右辺を W_hat と定義すると、上記式(34), (35)が得られる。ここで、 W は仮想的な制御対象の出力と考え、 W_hat は、そのような制御対象の出力の同定値と考えることができるとともに、式(35)は、そのような仮想的な制御対象のモデルと考えることができる。したがって、仮想出力 W が仮想出力の同定値 W_hat に近づくように、仮想的な制御対象のモデルパラメータの同定を行うべく、固定ゲイン法の逐次型同定アルゴリズムを適用すると、上記(34)～(39)が導出される。

40

。

50

【0247】

以上の式(34)～(39)の同定アルゴリズムにより、この部分パラメータ同定器307では、モデルパラメータ b_1 、 b_2 、外乱推定値 c_1 および外乱補償値ゲイン d_1 が、逐次同定される。

【0248】

また、2自由度SLDコントローラ303では、図48の式(42)～(48)で表される目標値フィルタ型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、カム位相制御用のSLD制御入力 R_{sld} が算出される。これらの式(42)～(48)を参照すると明らかなように、この2自由度SLDコントローラ303の制御アルゴリズムは、前述した2自由度SLDコントローラ203のものと比較すると、等価制御入力 R_{eq} の算出において、カム位相制御用の外乱補償値 R_{cyc_cin} に、外乱補償値ゲイン d_1 が乗算されている点のみが異なっている。

10

【0249】

さらに、DSMコントローラ305では、上記のように算出されたカム位相制御用のSLD制御入力 R_{sld} に基づいて、前述したDSMコントローラ205と同じ制御アルゴリズム〔図49に示す式(49)～(54)〕により、位相制御入力 U_{cin} が算出される。

【0250】

次に、バルブリフトコントローラ310に説明すると、このバルブリフトコントローラ310も、上記カム位相コントローラ300と同様に構成されている。具体的には、図45に示すように、バルブリフトコントローラ310は、目標バルブリフト算出部311(目標バルブリフト設定手段)、補償要素312(外乱補償値記憶手段、外乱補償値選択手段)、2自由度SLDコントローラ313(制御入力算出手段)、DSMコントローラ315および部分パラメータ同定器317(モデルパラメータ同定手段)を備えている。このバルブリフトコントローラ310は、前述したバルブリフトコントローラ210と比較して、前述した外乱オブザーバ216に代えて、部分パラメータ同定器317を備えている点と、それに伴って2自由度SLDコントローラ303の制御アルゴリズムの一部とが異なっている。

20

【0251】

この部分パラメータ同定器317では、バルブリフト制御用の、モデルパラメータ b_1' 、 b_2' 、外乱推定値 c_1' および外乱補償値ゲイン d_1' が、カム位相コントローラ300の部分パラメータ同定器307と同様のアルゴリズムにより、逐次同定される。すなわち、前述した図47の式(34)～(39)において、 b_1 、 b_2 、 c_1 、 d_1 を b_1' 、 b_2' 、 c_1' 、 d_1' に、 C_{ain} を $Lift_{in}$ に、 R_{cyc_cin} を R_{cyc_lin} に、 R_{sld} を R_{sld}' にそれぞれ置き換えるとともに、各係数などをバルブリフト制御用の値に置き換えたアルゴリズムにより、バルブリフト制御用の、モデルパラメータ b_1' 、 b_2' 、外乱推定値 c_1' および外乱補償値ゲイン d_1' がそれぞれ、逐次同定される。

30

【0252】

また、2自由度SLDコントローラ313では、カム位相コントローラ300の2自由度SLDコントローラ303と同様のアルゴリズムにより、バルブリフト制御用のSLD制御入力 R_{sld}' が算出される。すなわち、前述した図48の式(42)～(48)において、上述したように、各パラメータおよび各係数などをバルブリフト制御用の値に置き換えたアルゴリズムにより、バルブリフト制御用のSLD制御入力 R_{sld}' が算出される。

40

【0253】

さらに、DSMコントローラ315では、上記のように算出されたバルブリフト制御用のSLD制御入力 R_{sld}' に基づいて、カム位相コントローラ300のDSMコントローラ305と同様の制御アルゴリズムにより、リフト制御入力 $U_{lift_{in}}$ が算出される。すなわち、図49の式(49)～(54)において、各パラメータおよび各係数など

50

をバルブリフト制御用の値に置き換えたアルゴリズムにより、リフト制御入力 U_{lift} が算出される。

【0254】

一方、圧縮比コントローラ 320 も、カム位相コントローラ 300 と同様に構成されている。すなわち、図 46 に示すように、圧縮比コントローラ 320 は、目標圧縮比算出部 321（目標圧縮比設定手段）、補償要素 322（外乱補償値記憶手段、外乱補償値選択手段）、2 自由度 SLD コントローラ 323（制御入力算出手段）、DSM コントローラ 325 および部分パラメータ同定器 327（モデルパラメータ同定手段）を備えている。

【0255】

この部分パラメータ同定器 327 では、圧縮比制御用の、モデルパラメータ b_1' , b_2' , 外乱推定値 c_1' および外乱補償値ゲイン d_1' が、カム位相コントローラ 300 の部分パラメータ同定器 307 と同様のアルゴリズムにより、逐次同定される。すなわち、前述した図 47 の式 (34) ~ (39) において、 b_1 , b_2 , c_1 , d_1 を b_1' , b_2' , c_1' , d_1' に、 C_{ain} を C_r に、 R_{cyc_cin} を R_{cyc_cr} に、 R_{sld} を R_{sld}' にそれぞれ置き換えるとともに、各係数などを圧縮比制御用の値に置き換えたアルゴリズムにより、圧縮比制御用の、モデルパラメータ b_1' , b_2' , 外乱推定値 c_1' および外乱補償値ゲイン d_1' がそれぞれ、逐次同定される。

【0256】

また、2 自由度 SLD コントローラ 313 では、カム位相コントローラ 300 の 2 自由度 SLD コントローラ 303 と同様のアルゴリズムにより、圧縮比制御用の SLD 制御入力 R_{sld}' が算出される。すなわち、前述した図 48 の式 (42) ~ (48) において、上述したように、各パラメータおよび各係数などを圧縮比制御用の値に置き換えたアルゴリズムにより、圧縮比制御用の SLD 制御入力 R_{sld}' が算出される。

【0257】

さらに、DSM コントローラ 325 では、上記のように算出された圧縮比制御用の SLD 制御入力 R_{sld}' に基づいて、カム位相コントローラ 300 の DSM コントローラ 305 と同様の制御アルゴリズムにより、圧縮比制御入力 U_{cr} が算出される。すなわち、図 49 の式 (49) ~ (54) において、各パラメータおよび各係数などを圧縮比制御用の値に置き換えたアルゴリズムにより、圧縮比制御入力 U_{cr} が算出される。

【0258】

以上のように構成された本実施形態の制御装置 1B によれば、第 1 および第 2 実施形態の制御装置 1, 1A と同様に、3 つの外乱補償値 R_{cyc_cin} , R_{cyc_lin} , R_{cyc_cr} に応じて、3 つの制御入力 U_{cain} , U_{lift} , U_{cr} がそれぞれ算出されるので、そのように算出された制御入力 U_{cain} , U_{lift} , U_{cr} により、カム位相 C_{ain} 、バルブリフト L_{ift} および圧縮比 C_r をそれぞれフィードフォワード的に制御することで、周期的外乱がカム位相 C_{ain} 、バルブリフト L_{ift} および圧縮比 C_r に及ぼす影響を迅速に補償し、抑制することができる。その結果、カム位相制御、バルブリフト制御および圧縮比制御において、前述した制御装置 1 と同様の作用効果を得ることができる。

【0259】

これに加えて、制御装置 1B のカム位相コントローラ 300 では、モデルパラメータ b_1 , b_2 、外乱推定値 c_1 および外乱補償値ゲイン d_1 が、逐次同定されるとともに、2 自由度 SLD コントローラ 303 により、そのように同定された値 b_1 , b_2 , c_1 , d_1 およびカム位相制御用の外乱補償値 R_{cyc_cin} に応じて、カム位相制御用の SLD 制御入力 R_{sld} が算出され、これに基づいて位相制御入力 U_{cain} が算出される。したがって、この位相制御入力 U_{cain} により、可変カム位相機構 70 の経年変化および個体間のばらつきなどに起因して、周期的外乱の振幅が変化した場合でも、それを適切に補償しながら、カム位相 C_{ain} を目標カム位相 C_{ain_cmd} に迅速に精度よく収束させることができる。すなわち、周期的外乱がカム位相 C_{ain} に及ぼす影響を、第 2 実施形態のカム位相コントローラ 200 よりも、迅速に補償し、抑制することができる。

以上により、第2実施形態のカム位相コントローラ200と比べて、カム位相制御の安定性および制御精度をさらに向上させることができる。

【0260】

これに加えて、バルブリフトコントローラ310および圧縮比コントローラ320でも、上記カム位相コントローラ300と同様の作用効果を得ることができ、それにより、第2実施形態のバルブリフトコントローラ210および圧縮比コントローラ220と比べて、バルブリフト制御および圧縮比制御の安定性および制御精度をさらに向上させることができる。

【0261】

本実施形態のカム位相コントローラ300は、部分パラメータ同定器307により、モデルパラメータの一部(b1, b2)、外乱推定値c1および外乱補償値ゲインd1を同定するように構成した例であるが、部分パラメータ同定器307に代えて、全てのモデルパラメータa1, a2, b1, b2、外乱推定値c1および外乱補償値ゲインd1を同定するパラメータ同定器を用いてもよく、また、部分パラメータ同定器に代えて、外乱補償値ゲインd1のみを同定する同定器を用いてもよい。

10

【0262】

さらに、部分パラメータ同定器307では、その同定アルゴリズムとして固定ゲイン法を用いたが、これに代えて他の同定アルゴリズムを用いてもよい。例えば、可変ゲイン法や、固定ゲイン法の改良アルゴリズムである δ 修正法または σ 修正法、モデルパラメータスケジューラと δ 修正法を組み合わせた同定アルゴリズムを用いてもよい。これに加えて、コントローラ310, 320においても、部分パラメータ同定器317, 327を上記のように構成してもよいことは言うまでもない。

20

【0263】

なお、以上の各実施形態は、本発明の制御装置を、可動部駆動機構として可変カム位相機構70、可変バルブリフト機構50および可変圧縮比機構80の制御に適用した例であるが、本発明の制御装置はこれに限らず、周期的外乱が加えられる各種の産業機械の可動部駆動機構の制御に適用可能であることは言うまでもない。

【0264】

また、各実施形態は、可変カム位相機構70を、吸気カムシャフト5のクランクシャフト3dに対する位相Cainを変更するものとして構成した例であるが、可変カム位相機構はこれに限らず、排気カムシャフト8のクランクシャフト3dに対する位相を変更するものとして構成してもよく、さらに、吸気カムシャフト5および排気カムシャフト8の双方のクランクシャフト3dに対する位相を変更するものとして構成してもよい。このように可変カム位相機構を構成し、前述した制御アルゴリズムでこれを制御した場合、前述した作用効果に加えて、排気動弁系に作用する周期的外乱の影響を迅速に補償し、抑制することができる。その結果、周期的外乱の影響によって内部EGR量が減少するのを回避でき、安定した燃焼状態を確保できる。

30

【0265】

さらに、各実施形態は、可変バルブリフト機構50を、吸気弁4のリフトLiftinを変更するものとして構成した例であるが、可変バルブリフト機構はこれに限らず、排気弁7のリフトを変更するものとして構成してもよく、さらに、吸気弁4および排気弁7の双方のリフトを変更するものとして構成してもよい。このように可変バルブリフト機構を構成し、前述した制御アルゴリズムでこれを制御した場合、前述した作用効果に加えて、排気動弁系に作用する周期的外乱の影響を迅速に補償し、抑制することができる。その結果、周期的外乱の影響によって内部EGR量が変動するのを回避でき、安定した燃焼状態を確保できる。

40

【符号の説明】

【0266】

1, 1A, 1B 制御装置

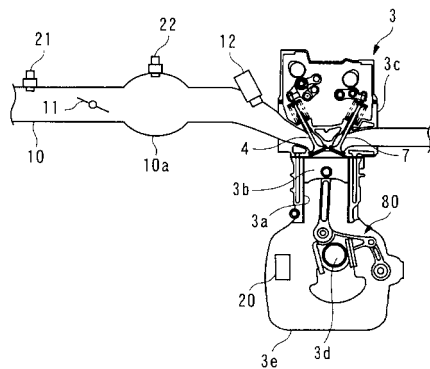
2 ECU (外乱補償値記憶手段、外乱補償値選択手段、制御入力算出手段、

50

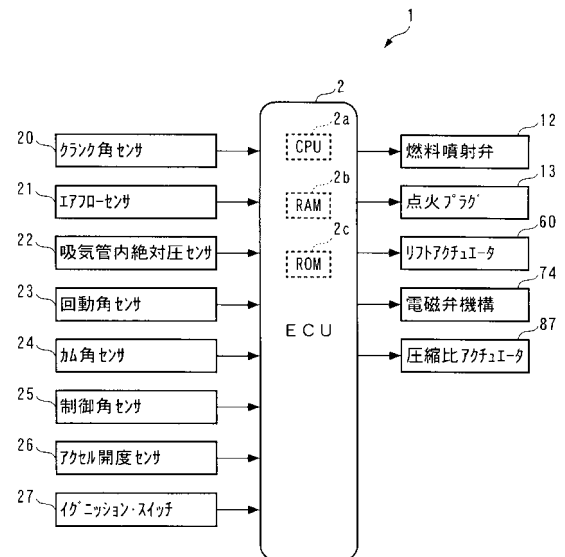
	目標カム位相設定手段、外乱推定値算出手段、モデルパラメータ同定手段、目標バルブリフト設定手段、目標圧縮比設定手段)	
2c	ROM (外乱補償値記憶手段)	
3	内燃機関	
3b	ピストン (可動部)	
3d	クランクシャフト	
4	吸気弁 (可動部)	
5	吸気カムシャフト (可動部)	
7	排気弁	
8	排気カムシャフト	10
50	可変バルブリフト機構 (可動部駆動機構)	
70	可変カム位相機構 (可動部駆動機構)	
80	可変圧縮比機構 (可動部駆動機構)	
101,201,301	目標カム位相算出部 (目標カム位相設定手段)	
111,211,311	目標バルブリフト算出部 (目標バルブリフト設定手段)	
121,221,321	目標圧縮比算出部 (目標圧縮比設定手段)	
102,112,122	補償要素 (外乱補償値記憶手段、外乱補償値選択手段)	
202,212,222	補償要素 (外乱補償値記憶手段、外乱補償値選択手段)	
302,312,322	補償要素 (外乱補償値記憶手段、外乱補償値選択手段)	
103,113,123	2自由度スライディングモードコントローラ (制御入力算出手段)	20
203,213,223	2自由度スライディングモードコントローラ (制御入力算出手段)	
303,313,323	2自由度スライディングモードコントローラ (制御入力算出手段)	
104,114,124	加算要素	
206,216,226	適応外乱オブザーバ (外乱推定値算出手段)	
307,317,327	部分パラメータ同定器 (モデルパラメータ同定手段)	
NE	内燃機関の回転数	
NEREF1	所定回転数	
NEREF2	所定回転数	
NEREF3	所定回転数	
Cain	カム位相 (可動部の動作タイミング、カム位相パラメータ、負荷パラメータ)	30
Cain_cmd	目標カム位相 (カム位相パラメータ)	
Rcyc_cin	カム位相制御用の外乱補償値 (補正した外乱補償値)	
Rcyc_bs_cin	カム位相制御用の外乱補償値のマップ値 (外乱補償値)	
Rsld	カム位相制御用のSLD制御入力 (制御入力)	
Rsld_f	カム位相制御用の参照入力 (制御入力)	
c1	カム位相制御用の外乱推定値	
b1,b2	モデルパラメータ	
Liftin	バルブリフト (可動部の動作量、バルブリフトパラメータ、負荷パラメータ)	40
Liftin_cmd	目標バルブリフト (バルブリフトパラメータ)	
Rcyc_lin	バルブリフト制御用の外乱補償値 (補正した外乱補償値)	
Rcyc_bs_lin	バルブリフト制御用の外乱補償値のマップ値 (外乱補償値)	
Rsld'	バルブリフト制御用のSLD制御入力 (制御入力)	
Rsld_f'	バルブリフト制御用の参照入力 (制御入力)	
c1'	バルブリフト制御用の外乱推定値	
b1',b2'	モデルパラメータ	
Cr	圧縮比	
Cr_cmd	目標圧縮比 (圧縮比パラメータ)	
Rcyc_cr	圧縮比制御用の外乱補償値 (補正した外乱補償値)	50

Rcyb_bs_cr 圧縮比制御用の外乱補償値のマップ値（外乱補償値）
 Rslld'' 圧縮比制御用のSLD制御入力（制御入力）
 Rslld_f'' 圧縮比制御用の参照入力（制御入力）
 c1'' 圧縮比制御用の外乱推定値
 b1'', b2'' モデルパラメータ

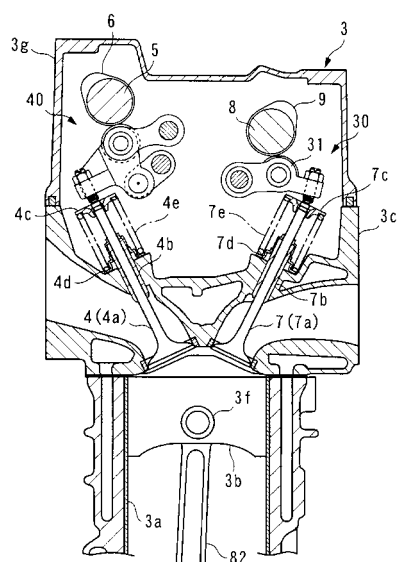
【図1】



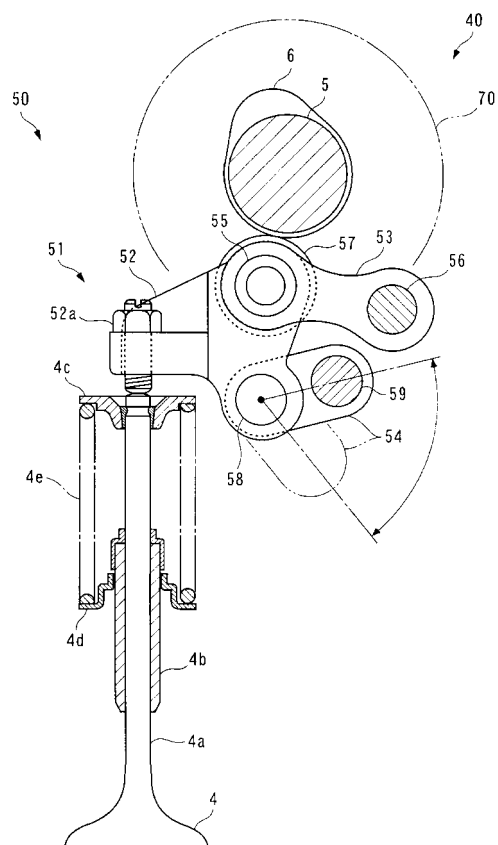
【図2】



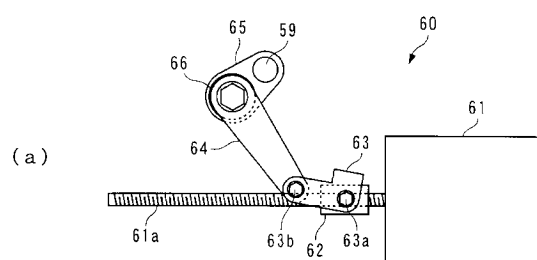
【図 3】



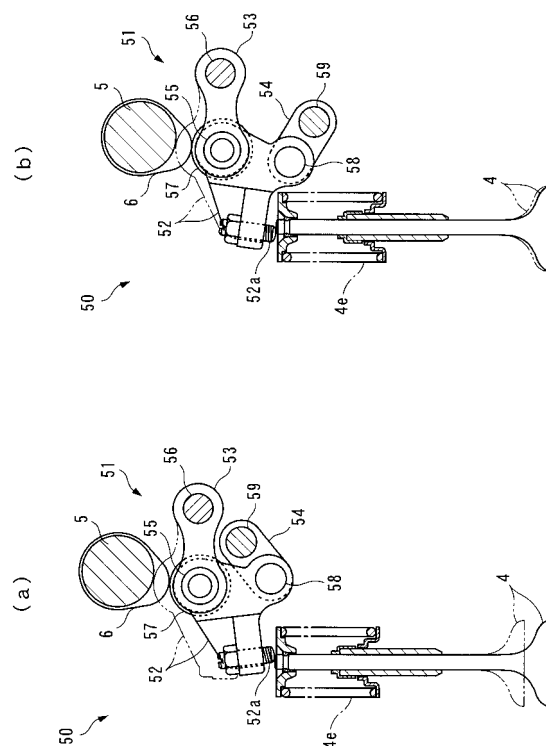
【図 4】



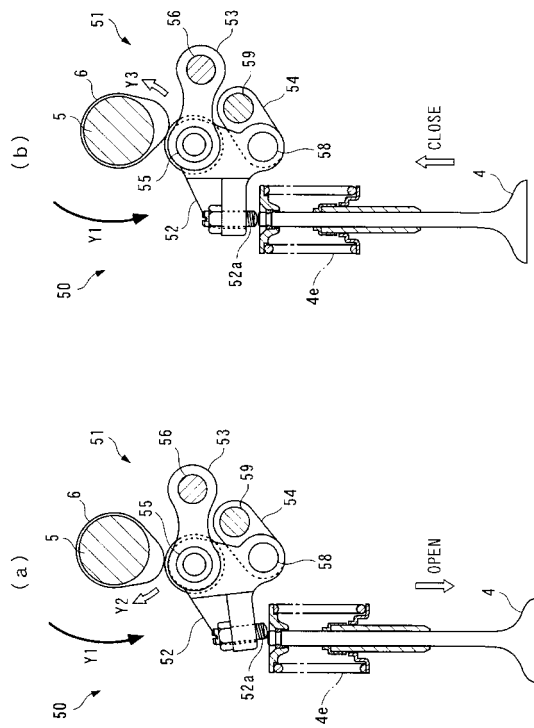
【図 5】



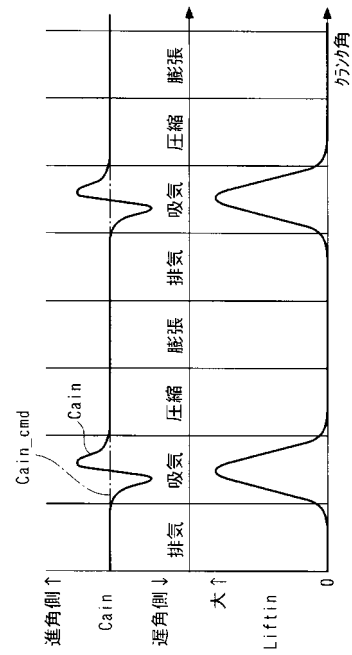
【図 6】



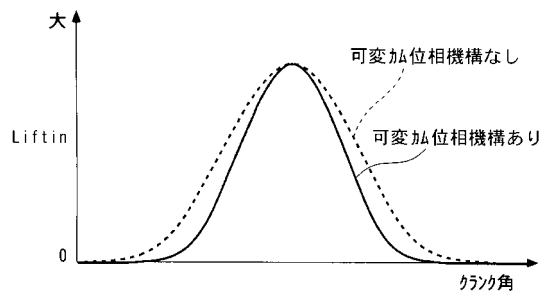
【図 1 2】



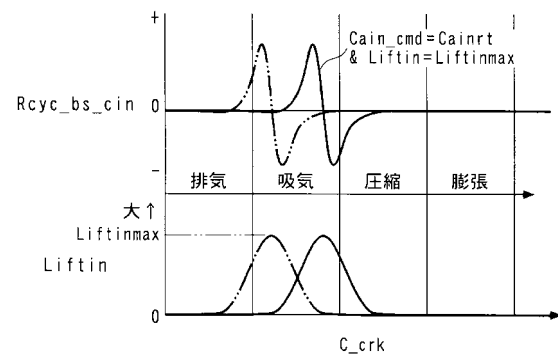
【図 1 3】



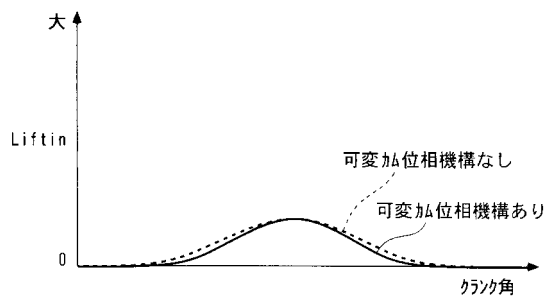
【図 1 4】



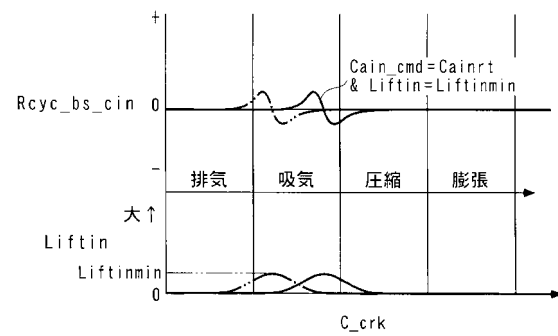
【図 1 6】



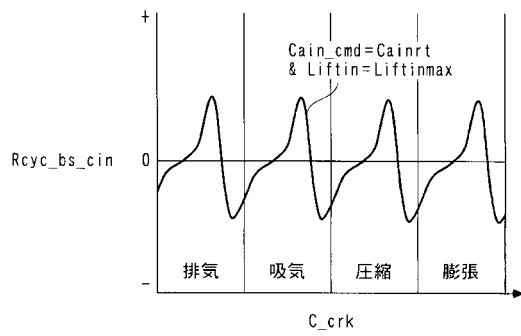
【図 1 5】



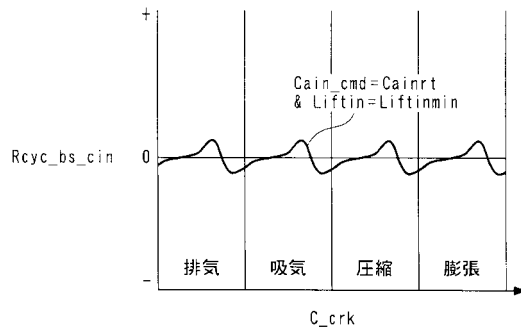
【図 1 7】



【図 18】



【図 19】



【図 20】

$$\text{Cain_cmd_f}(k) = -\text{POLE_f} \cdot \text{Cain_cmd_f}(k-1) + (1 + \text{POLE_f}) \cdot \text{Cain_cmd}(k) \quad \dots (1)$$

$$\text{Rsid}(k) = \text{Req}(k) + \text{Rrch}(k) + \text{Radp}(k) + \text{Rnl}(k) \quad \dots (2)$$

$$\begin{aligned} \text{Req}(k) = & \frac{1}{b1} \{ (1 - a1 - \text{POLE}) \cdot \text{Cain}(k) + (\text{POLE} - a2) \cdot \text{Cain}(k-1) \\ & - b2 \cdot \text{Rsid}(k-1) + \text{Cain_cmd_f}(k) \\ & + (\text{POLE} - 1) \cdot \text{Cain_cmd_f}(k-1) - \text{POLE} \cdot \text{Cain_cmd_f}(k-2) \} \quad \dots (3) \end{aligned}$$

$$\text{Rrch}(k) = \frac{-Krch}{b1} \cdot \sigma s(k) \quad \dots (4)$$

$$\text{Radp}(k) = \frac{-Kadp}{b1} \cdot \sum_{i=0}^k \sigma s(i) \quad \dots (5)$$

$$\text{Rnl}(k) = \frac{-Knl}{b1} \cdot \text{sgn}(\sigma s(k)) \quad \dots (6)$$

$$\sigma s(k) = e(k) + \text{POLE} \cdot e(k-1) \quad \dots (7)$$

$$e(k) = \text{Cain}(k) - \text{Cain_cmd_f}(k-1) \quad \dots (8)$$

$$\begin{aligned} \text{Cain}(k+1) = & a1 \cdot \text{Cain}(k) + a2 \cdot \text{Cain}(k-1) + b1 \cdot \text{Rsid}(k) + b2 \cdot \text{Rsid}(k-1) \\ & \dots (9) \end{aligned}$$

【図 21】

$$\text{Rsid_f}(k) = \text{Rsid}(k) + \text{Rcyc_cin}(k) \quad \dots (10)$$

$$r1(k) = \text{Lim}(\text{Rsid_f}(k)) \quad \dots (11)$$

$$r2(k) = r1(k) - \text{udsm_oft} \quad \dots (12)$$

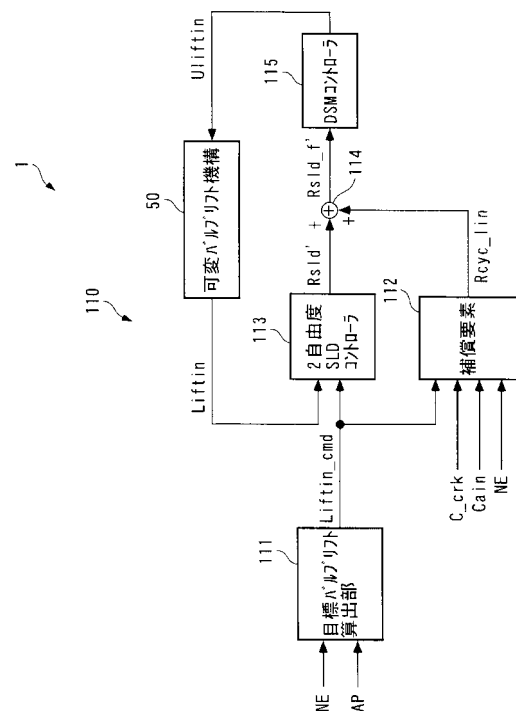
$$\delta(k) = r2(k) - u(k-1) \quad \dots (13)$$

$$\sigma(k) = \sigma(k-1) + \delta(k) \quad \dots (14)$$

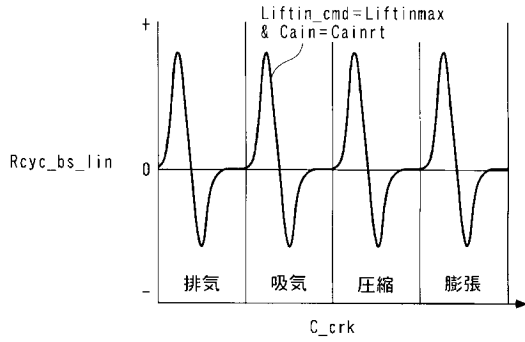
$$u(k) = \text{fnl}(\sigma(k)) \quad \dots (15)$$

$$\text{Ucain}(k) = \text{udsm_oft} + u(k) \quad \dots (16)$$

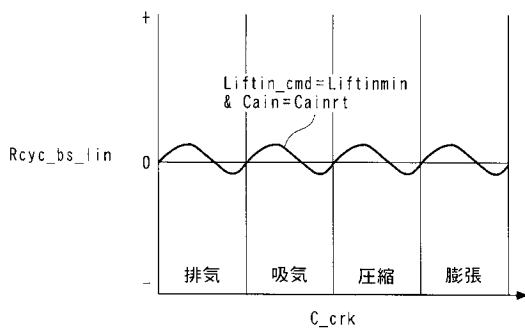
【図 22】



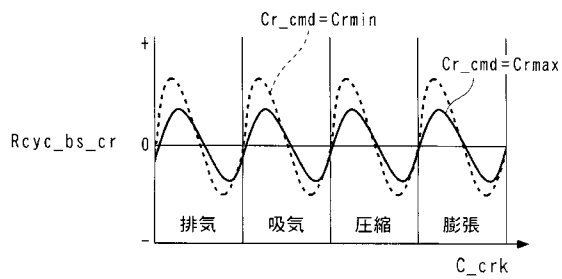
【図 2 3】



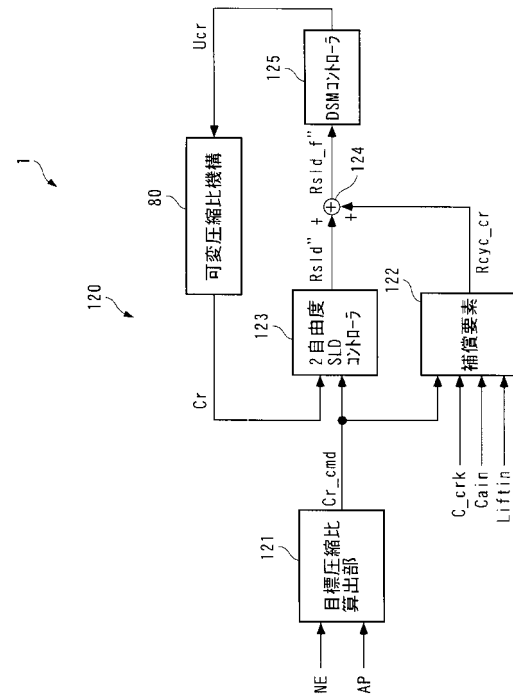
【図 2 4】



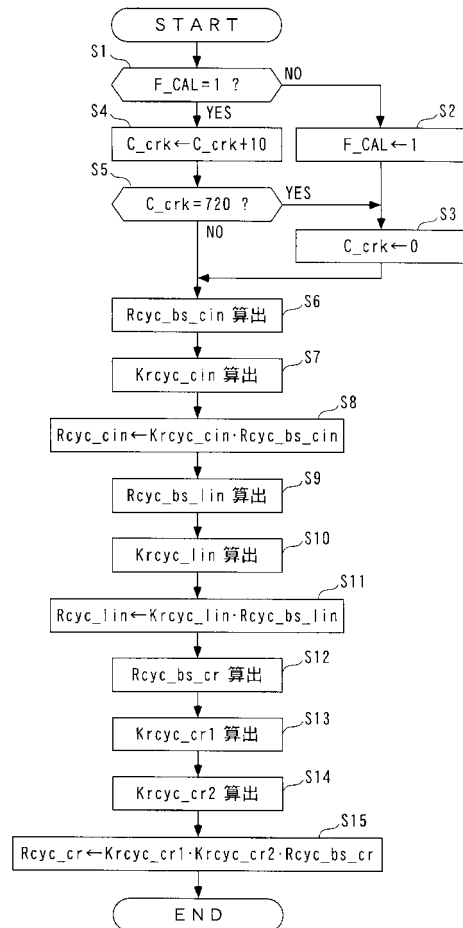
【図 2 6】



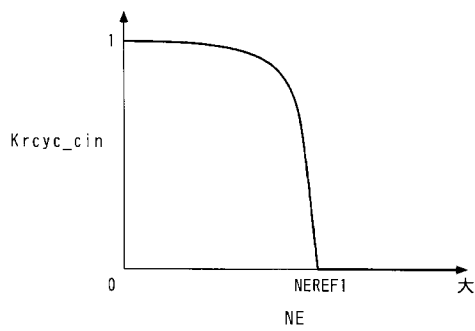
【図 2 5】



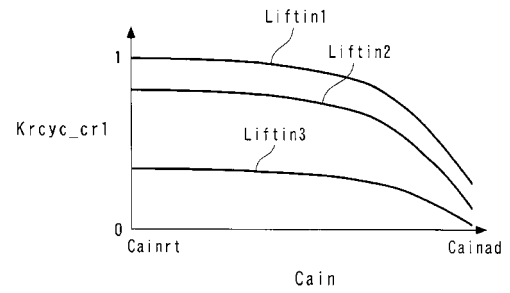
【図 2 7】



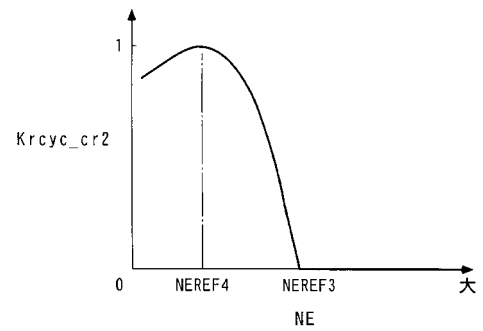
【図 28】



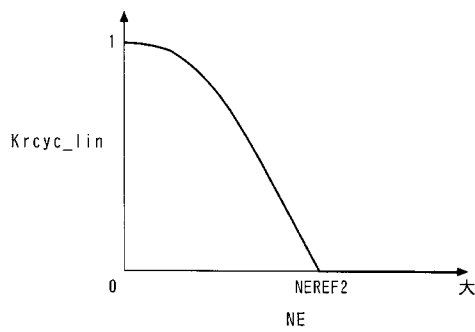
【図 30】



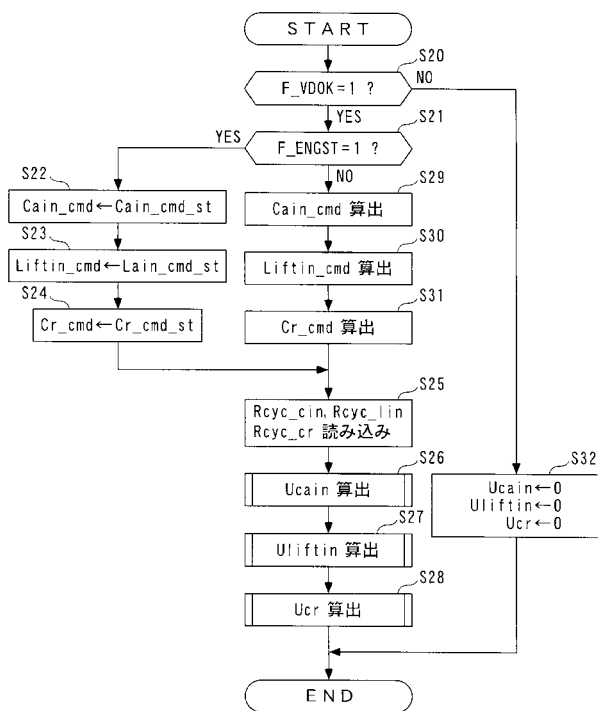
【図 31】



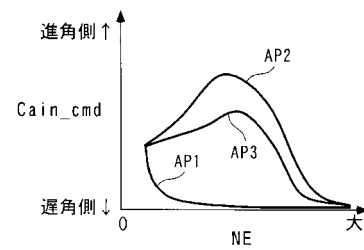
【図 29】



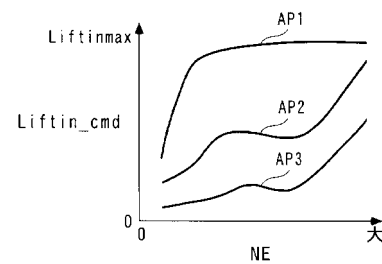
【図 32】



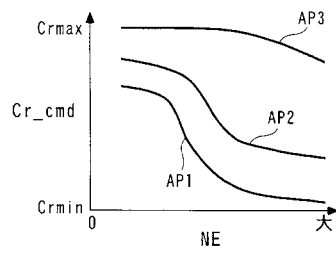
【図 33】



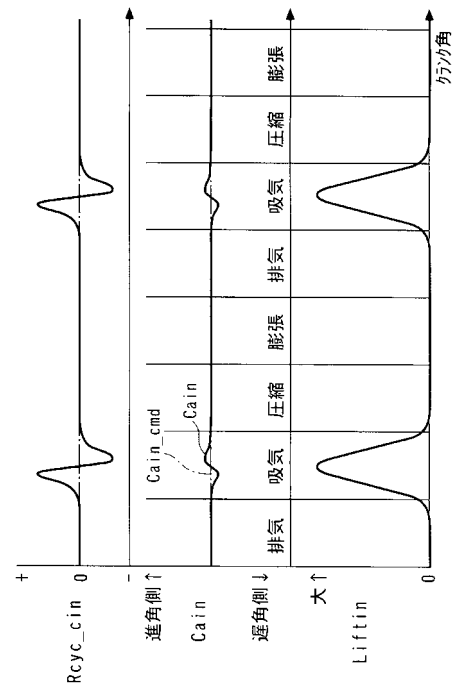
【図 34】



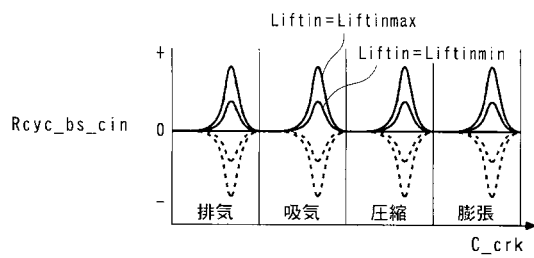
【図 3 5】



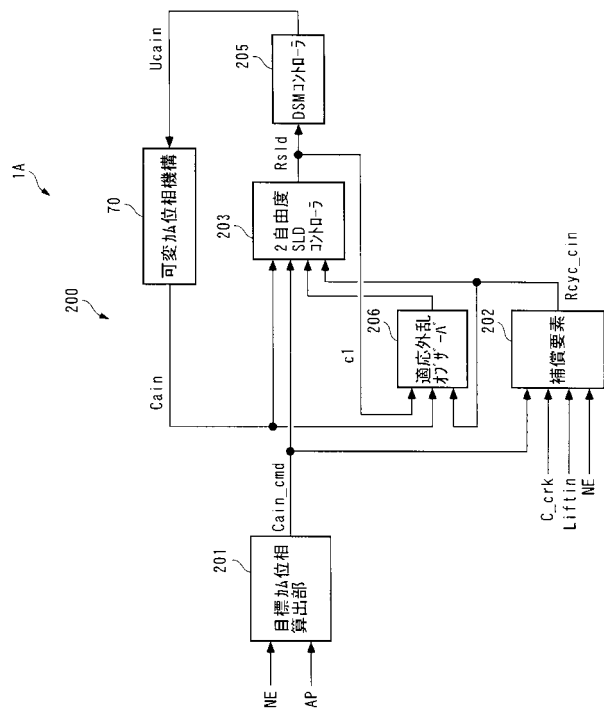
【図 3 6】



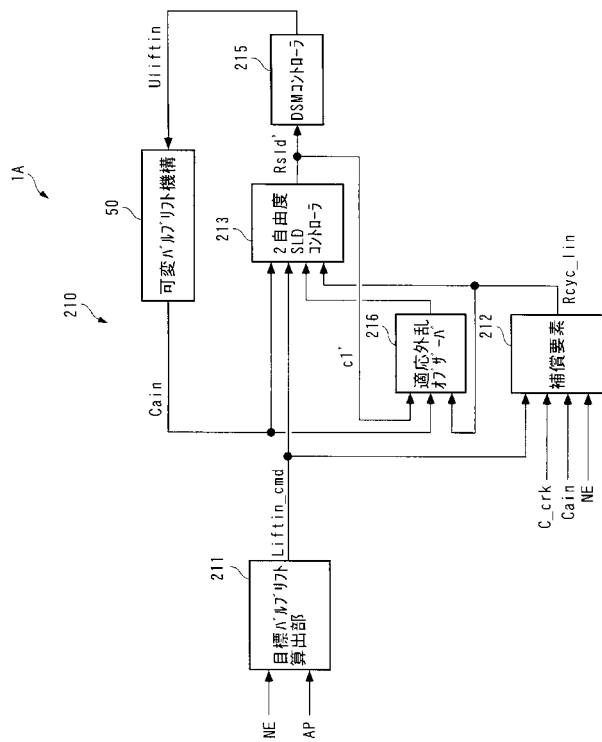
【図 3 7】



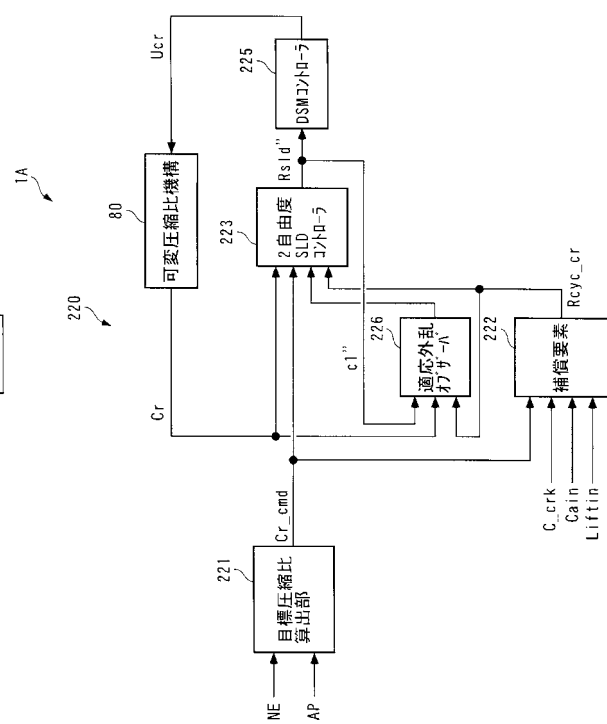
【図 3 8】



【図 39】



【図 40】



【図 41】

$$\begin{aligned} \text{Cain_hat}(k) = & a1 \cdot \text{Cain}(k-1) + a2 \cdot \text{Cain}(k-2) \\ & + b1 \cdot \text{Rsid}(k-1) + b2 \cdot \text{Rsid}(k-2) + c1(k-1) - \text{Rcyc_cin}(k) \end{aligned}$$

..... (17)

$$e_id(k) = \text{Cain}(k) - \text{Cain_hat}(k)$$

..... (18)

$$c1(k) = c1(k-1) + \frac{p}{1+p} \cdot e_id(k)$$

..... (19)

$$\begin{aligned} \text{Cain}(k+1) = & a1 \cdot \text{Cain}(k) + a2 \cdot \text{Cain}(k-1) \\ & + b1 \cdot \text{Rsid}(k) + b2 \cdot \text{Rsid}(k-1) + c1 - \text{Rcyc_cin} \end{aligned}$$

..... (20)

$$\text{Cain_cmd_f}(k) = -\text{POLE_f} \cdot \text{Cain_cmd_f}(k-1) + (1 + \text{POLE_f}) \cdot \text{Cain_cmd}(k)$$

..... (21)

$$\text{Rsid}(k) = \text{Req}(k) + \text{Rrch}(k) + \text{Rnl}(k)$$

..... (22)

$$\begin{aligned} \text{Req}(k) = & \frac{1}{b1} \{ (1 - a1 - \text{POLE}) \cdot \text{Cain}(k) + (\text{POLE} - a2) \cdot \text{Cain}(k-1) - b2 \cdot \text{Rsid}(k-1) \\ & + \text{Cain_cmd_f}(k) + (\text{POLE} - 1) \cdot \text{Cain_cmd_f}(k-1) \\ & - \text{POLE} \cdot \text{Cain_cmd_f}(k-2) - c1(k) + \text{Rcyc_cin}(k) \} \end{aligned}$$

..... (23)

$$\text{Rrch}(k) = \frac{-Krch}{b1} \cdot \sigma_s(k)$$

..... (24)

$$\text{Rnl}(k) = \frac{-Knl}{b1} \cdot \text{sgn}(\sigma_s(k))$$

..... (25)

$$\sigma_s(k) = e(k) + \text{POLE} \cdot e(k-1)$$

..... (26)

$$e(k) = \text{Cain}(k) - \text{Cain_cmd_f}(k-1)$$

..... (27)

【図 42】

【図 4 3】

$$r1(k) = \text{Lim}(Rsid(k)) \quad \dots (28)$$

$$r2(k) = r1(k) - u_{dsm_oft} \quad \dots (29)$$

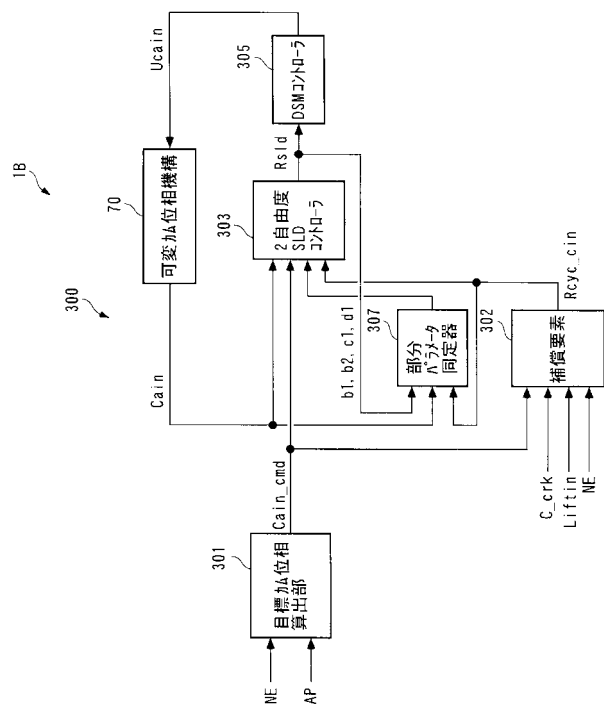
$$\delta(k) = r2(k) - u(k-1) \quad \dots (30)$$

$$\sigma(k) = \sigma(k-1) + \delta(k) \quad \dots (31)$$

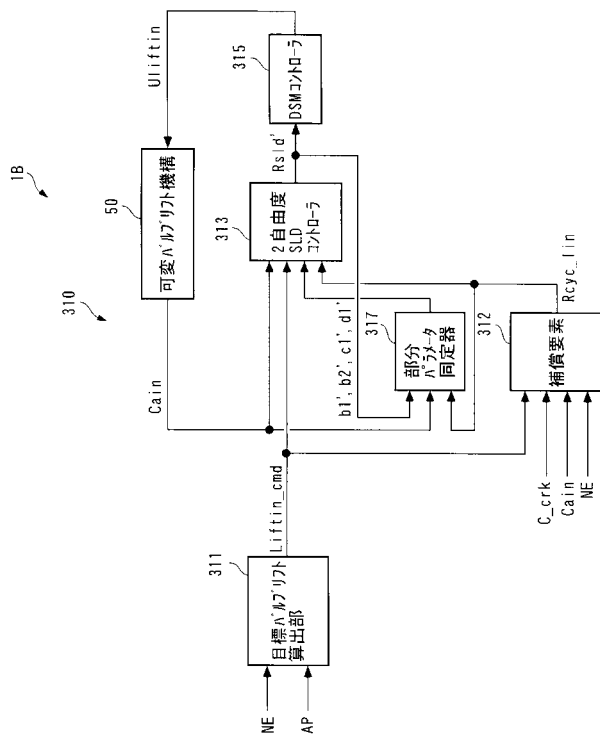
$$u(k) = \text{fnl}(\sigma(k)) \quad \dots (32)$$

$$U_{cain}(k) = u_{dsm_oft} + u(k) \quad \dots (33)$$

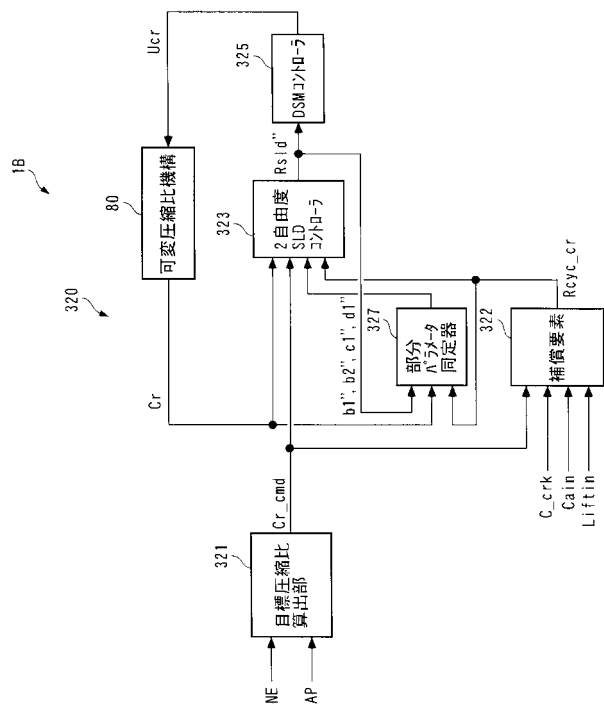
【図 4 4】



【図 4 5】



【図 4 6】



【図 4 7】

$$W(k) = \text{Cain}(k) - a_1 \cdot \text{Cain}(k-1) - a_2 \cdot \text{Cain}(k-2)$$

$$\begin{aligned} W_{\text{hat}}(k) &= \theta^T(k-1) \cdot \zeta(k) \\ &= b_1(k-1) \cdot \text{Rsld}(k-1) + b_2(k-1) \cdot \text{Rsld}(k-2) \\ &\quad + c_1(k-1) - d_1(k-1) \cdot \text{Rcyc_cin}(k) \end{aligned}$$

$$e_{\text{id}}'(k) = W(k) - W_{\text{hat}}(k)$$

$$\theta(k) = \theta(k-1) + \frac{P^n \cdot \zeta(k)}{1 + \zeta(k)^T \cdot P^n \cdot \zeta(k)} \cdot e_{\text{id}}'(k)$$

$$\theta^T(k) = [b_1(k), b_2(k), c_1(k), -d_1(k)]$$

$$\zeta^T(k) = [\text{Rsld}(k-1), \text{Rsld}(k-2), 1, \text{Rcyc_cin}(k)]$$

$$\begin{aligned} \text{Cain}(k+1) &= a_1 \cdot \text{Cain}(k) + a_2 \cdot \text{Cain}(k-1) \\ &\quad + b_1 \cdot \text{Rsld}(k) + b_2 \cdot \text{Rsld}(k-1) + c_1 - d_1 \cdot \text{Rcyc_cin} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cain}(k) - a_1 \cdot \text{Cain}(k-1) - a_2 \cdot \text{Cain}(k-2) &= b_1(k) \cdot \text{Rsld}(k-1) + b_2(k) \cdot \text{Rsld}(k-2) \\ &\quad + c_1(k) - d_1(k) \cdot \text{Rcyc_cin}(k) \end{aligned}$$

$$\text{Cain_cmd_f}(k) = -\text{POLE_f} \cdot \text{Cain_cmd_f}(k-1) + (1 + \text{POLE_f}) \cdot \text{Cain_cmd}(k)$$

$$\text{Rsld}(k) = \text{Req}(k) + \text{Rrch}(k) + \text{Rnl}(k)$$

$$\text{Req}(k) = \frac{1}{b_1(k)} \{ (1 - a_1 - \text{POLE}) \cdot \text{Cain}(k) + (\text{POLE} - a_2) \cdot \text{Cain}(k-1) \\ - b_2(k) \cdot \text{Rsld}(k-1) + \text{Cain_cmd_f}(k) \\ + (\text{POLE} - 1) \cdot \text{Cain_cmd_f}(k-1) - \text{POLE} \cdot \text{Cain_cmd_f}(k-2) \\ - c_1(k) + d_1(k) \cdot \text{Rcyc_cin}(k) \}$$

$$\text{Rrch}(k) = \frac{-K_{\text{rch}}}{b_1(k)} \cdot \sigma_s(k)$$

$$\text{Rnl}(k) = \frac{-K_{\text{nl}}}{b_1(k)} \cdot \text{sgn}(\sigma_s(k))$$

$$\sigma_s(k) = e(k) + \text{POLE} \cdot e(k-1)$$

$$e(k) = \text{Cain}(k) - \text{Cain_cmd_f}(k-1)$$

【図 4 9】

$$r_1(k) = \text{Lim}(\text{Rsld}(k))$$

$$r_2(k) = r_1(k) - \text{udsm_oft}$$

$$\delta(k) = r_2(k) - u(k-1)$$

$$\sigma(k) = \sigma(k-1) + \delta(k)$$

$$u(k) = \text{fnl}(\sigma(k))$$

$$U_{\text{cain}}(k) = \text{udsm_oft} + u(k)$$

フロントページの続き

(72)発明者 齊藤 光宣

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 後藤 信朗

(56)参考文献 特開2004-011510 (JP, A)

特開2004-086526 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02D 13/02

F02D 15/02

F02D 45/00