

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4699310号
(P4699310)

(45) 発行日 平成23年6月8日(2011.6.8)

(24) 登録日 平成23年3月11日(2011.3.11)

(51) Int.Cl.		F I			
FO2D	13/02	(2006.01)	FO2D	13/02	G
FO1L	1/34	(2006.01)	FO1L	1/34	D
FO2D	45/00	(2006.01)	FO2D	45/00	362B

請求項の数 7 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2006-221036 (P2006-221036)	(73) 特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社
(22) 出願日	平成18年8月14日 (2006.8.14)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(65) 公開番号	特開2007-292038 (P2007-292038A)	(73) 特許権者	000004260 株式会社デンソー
(43) 公開日	平成19年11月8日 (2007.11.8)		愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
審査請求日	平成21年3月4日 (2009.3.4)	(74) 代理人	100064746 弁理士 深見 久郎
(31) 優先権主張番号	特願2006-85539 (P2006-85539)	(74) 代理人	100085132 弁理士 森田 俊雄
(32) 優先日	平成18年3月27日 (2006.3.27)	(74) 代理人	100112852 弁理士 武藤 正
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	益城 善一郎 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 可変バルブタイミング装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

エンジンに設けられたインテークバルブおよびエキゾーストバルブの少なくとも一方のバルブの開閉タイミングを変更する可変バルブタイミング装置であって、

アクチュエータと、

前記開閉タイミングが変更されるバルブを駆動するカムシャフトのクランクシャフトに対する回転位相差を、前記アクチュエータの作動量に応じた変化量で変化させることによって前記開閉タイミングを変更する変更機構と、

前記クランクシャフトの回転角を検出するための第1の検出手段と、

前記カムシャフトの回転角を検出するための第2の検出手段と、

前記アクチュエータの作動量を検出するための第3の検出手段と、

前記第1から前記第3の検出手段の出力に基づき、前記開閉タイミングが変更されるバルブの実開閉タイミングを検出する位相検出手段とを備え、

前記位相検出手段は、

前記クランクシャフトの回転角と前記カムシャフトの回転角との相対関係に基づき前記実開閉タイミングを算出する第1の算出手段と、

前記アクチュエータの作動量に応じた前記回転位相差の変化量の積算に基づき前記実開閉タイミングを算出する第2の算出手段と、

エンジン回転速度に応じて前記第1および前記第2の算出手段の一方を選択して前記実開閉タイミングを検出する第1の選択手段とを含み、

前記第 1 の選択手段は、前記エンジン回転速度が所定値より高いときに前記第 1 の算出手段を選択する一方で、前記エンジン回転速度が前記所定値以下のときには前記第 2 の算出手段を選択する、可変バルブタイミング装置。

【請求項 2】

前記第 1 の選択手段が前記第 2 の算出手段を選択するエンジン回転速度領域において、前記第 3 の検出手段に異常が発生した場合に、前記実開閉タイミングの検出を中止するとともに、前記アクチュエータによる前記開閉タイミングの変更を禁止する異常時処理手段をさらに備える、請求項 1 記載の可変バルブタイミング装置。

【請求項 3】

前記異常時処理手段は、前記エンジン回転速度領域において前記第 3 の検出手段に異常が発生した場合に、前記アクチュエータへの通電を遮断する通電停止手段を含む、請求項 2 記載の可変バルブタイミング装置。

10

【請求項 4】

前記位相検出手段は、

所定のエンジン回転速度領域において、前記第 1 および第 2 の算出手段の両方を選択して前記実開閉タイミングを検出する第 2 の選択手段と、

前記所定のエンジン回転速度領域において、前記第 1 の算出手段による算出値を、前記第 2 の算出手段による算出値によって修正することにより前記実開閉タイミングを算出するための第 3 の算出手段とをさらに含む、請求項 1 記載の可変バルブタイミング装置。

【請求項 5】

20

前記位相検出手段は、

前記所定のエンジン回転速度領域において前記第 3 の検出手段に異常が発生した場合に、前記第 2 の算出手段による算出値を用いることなく前記第 1 の算出手段による算出値に基づき、前記実開閉タイミングを算出するための第 4 の算出手段をさらに含む、請求項 4 記載の可変バルブタイミング装置。

【請求項 6】

前記アクチュエータは電動機で構成され、かつ、前記アクチュエータの作動量は、前記カムシャフトに対する前記電動機の相対的な回転速度差であり、

前記変更機構は、前記開閉タイミングが第 1 の領域にある場合と第 2 の領域にある場合とで、前記アクチュエータの作動量と前記開閉タイミングの変化量との比率が異なるように、かつ前記開閉タイミングの変化方向が同じであるように、前記開閉タイミングを変更し、

30

前記第 2 の算出手段は、

予め求められた前記開閉タイミングおよび前記比率の対応関係と、前記電動機の相対的な回転速度差とに基づき、前記実開閉タイミングの変化量を算出する手段と、

算出した変化量と前回算出した前記実開閉タイミングとの加算によって現在の前記実開閉タイミングを算出する手段とを有する、請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の可変バルブタイミング装置。

【請求項 7】

前記アクチュエータは電動機で構成され、かつ、前記アクチュエータの作動量は、前記カムシャフトに対する前記電動機の相対的な回転速度差であり、

前記可変バルブタイミング装置は、

要求される前記開閉タイミングの変化量に対応する前記電動機の相対的な回転速度差に応じて、前記電動機の回転速度指令値を設定する指令値設定手段と、

前記指令値設定手段による前記回転速度指令値に従って、前記電動機の回転速度を制御する電動機制御手段とをさらに備え、

前記電動機制御手段は、

前記指令値設定手段により設定された前記回転速度指令値および前記回転速度差に基づく設定制御および前記回転速度指令値に対する実際の回転速度偏差に基づくフィードバック制御の組み合わせによって、前記電動機への供給電力を制御する、請求項 1 から 5 のい

40

50

ずれか 1 項に記載の可変バルブタイミング装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、可変バルブタイミング装置に関し、より特定的には、電動機をアクチュエータとする（アクチュエータの作動量に応じた変化量でバルブの開閉タイミングを変更する機構を有する）可変バルブタイミング装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、インテークバルブやエキゾーストバルブが開閉する位相（クランク角）を運転状態に応じて変更する可変バルブタイミング（Variable Valve Timing：VVT）装置が知られている。一般的に、可変バルブタイミング装置では、インテークバルブやエキゾーストバルブを開閉駆動するカムシャフトをスプロケット等に対して相対的に回転させることにより位相を変更する。カムシャフトは、油圧や電動モータ等のアクチュエータにより回転される。

10

【0003】

このような可変バルブタイミング装置によりバルブタイミングを正確に制御するためには、現在の実バルブタイミング（すなわちカムシャフト位相）を高精度に検知する必要がある。この点につき、たとえば特許文献 1（特表平 4 - 506851 号公報）には、測定センサのオフセットを自動的に校正してカムシャフト位相をフィードバック制御する可変バルブタイミング装置が開示されている。

20

【0004】

また、油圧を駆動源とした可変バルブタイミング装置では、寒冷時やエンジン始動時に油圧が不足したり油圧制御の応答性が低下して、可変バルブタイミング制御精度が低下するという問題点があるため、駆動源として電動モータを用いた可変バルブタイミング装置が提案されている（たとえば、特許文献 2 ~ 3）。

【0005】

特許文献 2（特開 2003 - 295953 号公報）には、DC サーボモータをアクチュエータとする可変バルブタイミング装置において、被制御体の制御回転位置によって応答性能等の性能にばらつきが生じることを防止し、全ての制御回転位置において均一な制御応答性が得られるようにする構成が開示される。ただし、被制御体の回転角（位相）検出については、回転角度センサの出力を用いて検出することしか記載されておらず、その検出精度を向上させるための技術については言及されていない。

30

【0006】

一方、特許文献 3（特開 2004 - 162706 号公報）には、モータの回転速度をカムシャフトの回転速度に対して変化させることにより、バルブタイミングを可変にする可変バルブタイミング装置が開示される。特に、特許文献 3 では、このような可変バルブタイミング装置において、クランク角センサから出力されたクランク角信号およびカム角センサから出力されたカム角信号に基づいてカム角信号出力時の実バルブタイミングを算出する。さらに、このカム角信号出力時の実バルブタイミングに対するバルブタイミング変化量をモータとカムシャフトとの回転速度差に基づいて算出し、カム角信号出力時の実バルブタイミングとバルブタイミング変化量とを用いて、最終的な実バルブタイミングを算出する。これにより、カムシャフトが所定角度回転するたびに出力されるカム角信号の発生間のタイミングにおいても、バルブタイミングを補間的に検出することができる。

40

【特許文献 1】特表平 4 - 506851 号公報

【特許文献 2】特開 2003 - 295953 号公報

【特許文献 3】特開 2004 - 162706 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

50

しかしながら、カム角信号の発生間隔が短くなるエンジン高回転数時には、特許文献3のように補間的にバルブタイミング変化量演算を実行する必要性が低い。一方、エンジン低回転数時、特に、エンジン停止時やエンジン回転数が安定しない低回転数領域では、クランク角信号およびカム角信号に基づき実バルブタイミングを高精度に検出することが困難となる。このように、実バルブタイミングの検出精度は、エンジン回転数領域に影響を受ける。

【0008】

一方、特許文献3の可変バルブタイミング装置では、モータとカムシャフトとの回転速度差に基づいてバルブタイミング変化量を常時実行するため、バルブタイミング算出のための演算負荷が増大する。したがって、高速大容量処理が可能なプロセッサの適用等、コストアップが発生する可能性がある。また、特許文献1および2も、実バルブタイミングの検出において演算負荷を考慮する必要がある点について、何ら言及していない。

【0009】

この発明はこのような問題点を解決するためになされたものであり、この発明の目的は、エンジン回転速度の変化に対応させて、演算負荷を過度に増大させることなく実際のバルブタイミングの検出精度を確保できる可変バルブタイミング装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

この発明による可変バルブタイミング装置は、エンジンに設けられたインテークバルブおよびエキゾーストバルブの少なくとも一方のバルブの開閉タイミングを変更する可変バルブタイミング装置であって、アクチュエータと、変更機構と、第1から第3の検出手段と、位相検出手段とを備える。変更機構は、開閉タイミングが変更されるバルブを駆動するカムシャフトのクランクシャフトに対する回転位相差を、アクチュエータの作動量に応じた変化量で変化させることによって開閉タイミングを変更するように構成される。第1の検出手段は、クランクシャフトの回転角を検出するように構成される。第2の検出手段は、カムシャフトの回転角を検出するように構成される。第3の検出手段と、アクチュエータの作動量を検出するように構成される。位相検出手段は、第1から第3の検出手段の出力に基づき、開閉タイミングが変更されるバルブの実開閉タイミングを検出する。さらに、位相検出手段は、第1の算出手段と、第2の算出手段と、第1の選択手段とを含む。第1の算出手段は、クランクシャフトの回転角とカムシャフトの回転角との相対関係に基づき実開閉タイミングを算出する。第2の算出手段は、アクチュエータの作動量に応じた回転位相差の変化量の積算に基づき実開閉タイミングを算出する。第1の選択手段は、エンジン回転速度に応じて第1および第2の算出手段の一方を選択して実開閉タイミングを検出する。

【0011】

上記可変バルブタイミング装置によれば、クランクシャフトおよびカムシャフトの回転角検出により両者の回転位相の相対関係に基づいて実開閉タイミング（実バルブタイミング）を算出する第1の算出手段と、アクチュエータの作動量に応じた変更機構によるカムシャフト回転位相変化量の積算演算に基づき実バルブタイミングを算出する第2の算出手段とを、エンジン回転数領域に応じて適切に選択して実バルブタイミングを検出することができる。したがって、上記第2の算出手段による演算を常時実行して演算処理負荷を過度に増大させることなく、いずれのエンジン回転数領域においても実バルブタイミングの検出精度を確保できる。

【0012】

好ましくは、この発明による可変バルブタイミング装置では、第1の選択手段は、エンジン回転速度が所定値より高いときに第1の算出手段を選択する一方で、エンジン回転速度が所定値以下のときには第2の算出手段を選択する。

【0013】

上記可変バルブタイミング装置によれば、クランクシャフトおよびカムシャフトの回転

10

20

30

40

50

速度が低く、その回転速度が安定していない低回転速度領域においても、アクチュエータの作動量に応じた変更機構によるクランクシャフト位相変化量の積算演算（第2の算出手法）に基づき実バルブタイミングの検出精度を確保できる。また、クランクシャフトおよびカムシャフトの回転速度が比較的安定しており、かつ、クランクシャフトおよびカムシャフトの回転角検出に基づくバルブタイミングの算出頻度が高まる高回転速度領域において、上記第2の算出手法によるバルブタイミング算出を非実行とできるので、演算処理負荷を過度に増大させることなく、効率的に実バルブタイミングの検出精度を確保できる。

【0014】

さらに好ましくは、可変バルブタイミング装置は、異常時処理手段手段をさらに備える。異常時処理手段は、前記第1の選択手段が前記第2の算出手段を選択するエンジン回転速度領域において、前記第3の検出手段に異常が発生した場合に、前記実開閉タイミングの検出を中止するとともに、前記アクチュエータによる前記開閉タイミングの変更を禁止する。

10

【0015】

特にこのような構成では、異常時処理手段は、通電停止手段を含む。通電停止手段は、エンジン回転速度領域において前記第3の検出手段に異常が発生した場合に、前記アクチュエータへの通電を遮断する。

【0016】

このような構成とすることにより、アクチュエータ作動量に基づき実バルブタイミングが検出されるエンジン回転速度領域において、アクチュエータ作動量の検出に異常が生じた場合（代表的には、センサ故障）に、誤ったバルブタイミング検出に基づきバルブタイミング制御が異常に制御されることを防止できる。

20

【0017】

また好ましくは、この発明による可変バルブタイミング装置では、位相検出手段は、第2の選択手段と、第3の算出手段とをさらに含む。第2の選択手段は、所定のエンジン回転速度領域において、第1および第2の算出手段の両方を選択して実開閉タイミングを検出する。第3の算出手段は、所定のエンジン回転速度領域において、第1の算出手段による算出値を、第2の算出手段による算出値によって修正することにより実開閉タイミングを算出するように構成される。

【0018】

30

上記可変バルブタイミング装置によれば、所定のエンジン回転速度領域において、クランクシャフトおよびカムシャフトの回転角検出に基づくバルブタイミング算出（第1の算出手法）を、アクチュエータ作動量に応じたカムシャフト位相変化量の積算演算に基づくバルブタイミング算出（第2の算出手法）によってバックアップする態様で、実際のバルブタイミングを検出できる。これにより、たとえば、第1の算出手法が適した領域（高回転速度領域）および第2の算出手法が適した領域（低回転速度領域）の境界領域における実バルブタイミングの検出精度を向上できる。

【0019】

さらに好ましくは、位相検出手段は、第4の算出手段をさらに含む。第4の算出手段は、所定のエンジン回転速度領域において前記第3の検出手段に異常が発生した場合に、前記第2の算出手段による算出値を用いることなく前記第1の算出手段による算出値に基づき、前記実開閉タイミングを算出するように構成される。

40

【0020】

このような構成とすることにより、アクチュエータ作動量の検出に異常が生じた場合（代表的には、センサ故障）に、異常な検出値に基づいて実バルブタイミング検出に誤差が発生することを防止できる。

【0021】

さらに好ましくは、この発明による可変バルブタイミング装置では、アクチュエータは電動機で構成され、かつ、アクチュエータの作動量は、カムシャフトに対する電動機の相対的な回転速度差である。そして、変更機構は、開閉タイミングが第1の領域にある場合

50

と第2の領域にある場合とで、アクチュエータの作動量と開閉タイミングの変化量との比率が異なるように、かつ開閉タイミングの変化方向が同じであるように、開閉タイミングを変更する。さらに、第2の算出手段は、予め求められた開閉タイミングおよび比率の対応関係と、電動機の相対的な回転速度差とに基づき、実開閉タイミングの変化量を算出するとともに、算出した変化量と前回算出した実開閉タイミングとの加算によって現在の実開閉タイミングを算出する。

【0022】

上記可変バルブタイミング装置によれば、現在のバルブタイミングに応じてアクチュエータの作動量に対するバルブタイミング変化量の比率が変化する場合においても、アクチュエータ作動量に応じたカムシャフト位相変化量の積算演算に基づき、バルブ開閉タイミングの検出精度を確保することができる。

10

【0023】

あるいは、さらに好ましくは、この発明による可変バルブタイミング装置では、アクチュエータは電動機で構成され、かつ、アクチュエータの作動量は、カムシャフトに対する電動機の相対的な回転速度差である。さらに、可変バルブタイミング装置は、指令値設定手段と、電動機制御手段とをさらに備える。指令値設定手段は、要求される開閉タイミングの変化量に対応する電動機の相対的な回転速度差に応じて、電動機の回転速度指令値を設定する。電動機制御手段は、指令値設定手段による回転速度指令値に従って、電動機の回転速度を制御する。そして、電動機制御手段は、指令値設定手段により設定された回転速度指令値および回転速度差に基づく設定制御および回転速度指令値に対する実際の回転速度偏差に基づくフィードバック制御の組み合わせによって、電動機への供給電力を制御する。

20

【0024】

上記可変バルブタイミング装置によれば、電動機の制御量偏差（たとえば回転速度偏差）に基づく単純なフィードバック制御とした場合と比較して、アクチュエータ作動量に係る動作指令値（たとえば電動機の回転速度指令値）の変化に対して、アクチュエータ作動量（たとえば電動機の回転速度）を高速に追従させることができる。

【発明の効果】

【0025】

この発明による可変バルブタイミング装置によれば、エンジン回転速度の変化に対応させて、演算負荷を過度に増大させることなく実バルブタイミングの検出精度を確保できる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0026】

以下、図面を参照しつつ、本発明の実施の形態について説明する。以下の説明では、同一の部品には同一の符号を付してある。それらの名称および機能も同一である。したがって、それらについての詳細な説明は繰返さない。

【0027】

図1を参照して、本発明の実施の形態に係る可変バルブタイミング装置を搭載した車両のエンジンについて説明する。

40

【0028】

エンジン1000は、第1バンク1010および第2バンク1012に、それぞれ4つの気筒（シリンダ）からなる気筒群が設けられたV型8気筒エンジンである。なお、本発明の適用はエンジン形式を限定するものではなく、V型8気筒以外の形式のエンジンについても、以下に説明する可変バルブタイミング装置を適用可能である。

【0029】

エンジン1000には、エアクリーナ1020から空気が吸入される。吸入空気量は、スロットルバルブ1030により調整される。スロットルバルブ1030はモータにより駆動される電子スロットルバルブである。

【0030】

50

空気は、吸気通路 1 0 3 2 を通ってシリンダ 1 0 4 0 に導入される。空気は、シリンダ 1 0 4 0 の内部（燃焼室）において燃料と混合される。シリンダ 1 0 4 0 には、インジェクタ 1 0 5 0 から燃料が直接噴射される。すなわち、インジェクタ 1 0 5 0 の噴射孔はシリンダ 1 0 4 0 内に設けられている。

【 0 0 3 1 】

燃料は吸気行程において噴射される。なお、燃料が噴射される時期は、吸気行程に限らない。また、本実施の形態においては、インジェクタ 1 0 5 0 の噴射孔がシリンダ 1 0 4 0 内に設けられた直噴エンジンとしてエンジン 1 0 0 0 を説明するが、直噴用のインジェクタ 1 0 5 0 に加えて、ポート噴射用のインジェクタを設けてもよい。さらに、ポート噴射用のインジェクタのみを設けるようにしてもよい。

10

【 0 0 3 2 】

シリンダ 1 0 4 0 内の混合気は、点火プラグ 1 0 6 0 により着火されて燃焼する。燃焼後の混合気、すなわち排気ガスは、三元触媒 1 0 7 0 により浄化された後、車外に排出される。混合気の燃焼によりピストン 1 0 8 0 が押し下げられることにより、クランクシャフト 1 0 9 0 が回転する。

【 0 0 3 3 】

シリンダ 1 0 4 0 の頭頂部には、インテークバルブ 1 1 0 0 およびエキゾーストバルブ 1 1 1 0 が設けられる。インテークバルブ 1 1 0 0 はインテークカムシャフト 1 1 2 0 により駆動される。エキゾーストバルブ 1 1 1 0 はエキゾーストカムシャフト 1 1 3 0 により駆動される。インテークカムシャフト 1 1 2 0 およびエキゾーストカムシャフト 1 1 3 0 は、チェーンやギヤ等により連結されて、同じ回転速度（クランクシャフト 1 0 9 0 の回転速度の 2 分の 1）で回転する。なお、シャフト等の回転体の回転速度については、単位時間当たりの回転数（代表的には、毎分当たりの回転数：rpm）で表わすことが一般的であるため、以下では、回転体の回転速度の意味で単に「回転数」とも表記する。

20

【 0 0 3 4 】

インテークバルブ 1 1 0 0 は、インテークカムシャフト 1 1 2 0 に設けられたインテーク用 V V T 機構 2 0 0 0 により、その位相（開閉タイミング）が制御される。エキゾーストバルブ 1 1 1 0 は、エキゾーストカムシャフト 1 1 3 0 に設けられたエキゾースト用 V V T 機構 3 0 0 0 により、その位相（開閉タイミング）が制御される。

【 0 0 3 5 】

本実施の形態においては、インテークカムシャフト 1 1 2 0 およびエキゾーストカムシャフト 1 1 3 0 が V V T 機構により回転されることにより、インテークバルブ 1 1 0 0 およびエキゾーストバルブ 1 1 1 0 の位相が制御される。なお、位相を制御する方法はこれに限らない。

30

【 0 0 3 6 】

インテーク用 V V T 機構 2 0 0 0 は、電動モータ 2 0 6 0（図 3 において図示）により作動する。電動モータ 2 0 6 0 は、電子制御ユニット（ECU）4 0 0 0 により制御される。電動モータ 2 0 6 0 の電流や電圧は電流計（図示せず）および電圧計（図示せず）により検知され、ECU 4 0 0 0 に入力される。

【 0 0 3 7 】

エキゾースト用 V V T 機構 3 0 0 0 は、油圧により作動する。なお、インテーク用 V V T 機構 2 0 0 0 を油圧により作動するようにしてもよく、エキゾースト用 V V T 機構 3 0 0 0 を電動モータにより作動するようにしてもよい。

40

【 0 0 3 8 】

ECU 4 0 0 0 には、クランク角センサ 5 0 0 0 からクランクシャフト 1 0 9 0 の回転数およびクランク角を表す信号が入力される。また、ECU 4 0 0 0 には、カムポジションセンサ 5 0 1 0 からインテークカムシャフト 1 1 2 0 およびエキゾーストカムシャフト 1 1 3 0 の位相（回転方向におけるカムシャフトの位置）を表す信号が入力される。

【 0 0 3 9 】

さらに、ECU 4 0 0 0 には、水温センサ 5 0 2 0 からエンジン 1 0 0 0 の水温（冷却

50

水の温度)を表す信号が、エアフローメータ5030からエンジン1000の吸入空気量(エンジン1000に吸入される空気量)を表す信号が入力される。

【0040】

ECU4000は、これらのセンサから入力された信号、メモリ(図示せず)に記憶されたマップおよびプログラムに基づいて、エンジン1000が所望の運転状態になるように、スロットル開度、点火時期、燃料噴射時期、燃料噴射量、インテークバルブ1100の位相、エキゾーストバルブ1110の位相などを制御する。

【0041】

本実施の形態において、ECU4000は、図2に示すように、エンジン回転数NEと吸入空気量KLとをパラメータとしたマップに基づいて、インテークバルブ1100の位相を決定する。インテークバルブ1100の位相を決定するためのマップは、水温別に複数記憶される。

10

【0042】

以下、インテーク用VVT機構2000についてさらに説明する。なお、エキゾースト用VVT機構3000を、以下に説明するインテーク用VVT機構2000と同じ構成にするようにしてもよく、インテーク用VVT機構2000およびエキゾースト用VVT機構3000の各々を、以下に説明するインテーク用VVT機構2000と同じ構成にしてもよい。

【0043】

図3に示すように、インテーク用VVT機構2000は、スプロケット2010、カムプレート2020、リンク機構2030、ガイドプレート2040、減速機2050、および電動モータ2060から構成される。

20

【0044】

スプロケット2010は、チェーン等を介してクランクシャフト1090に連結される。スプロケット2010の回転数は、インテークカムシャフト1120およびエキゾーストカムシャフト1130と同様に、クランクシャフト1090の2分の1の回転数である。スプロケット2010の回転軸と同心軸で、スプロケット2010に対して相対的に回転可能であるように、インテークカムシャフト1120が設けられる。

【0045】

カムプレート2020は、ピン(1)2070によりインテークカムシャフト1120に連結される。カムプレート2020は、スプロケット2010の内部において、インテークカムシャフト1120と一体的に回転する。なお、カムプレート2020とインテークカムシャフト1120とを一体的に形成するようにしてもよい。

30

【0046】

リンク機構2030は、アーム(1)2031とアーム(2)2032とから構成される。図3におけるA-A断面である図4に示すように、インテークカムシャフト1120の回転軸に対して点対称になるように、一对のアーム(1)2031がスプロケット2010内に設けられる。各アーム(1)2031は、ピン(2)2072を中心として揺動可能であるようにスプロケット2010に連結される。

【0047】

図3におけるB-B断面である図5、および図5の状態からインテークバルブ1100の位相を進角させた状態である図6に示すように、アーム(1)2031とカムプレート2020とが、アーム(2)2032により連結される。

40

【0048】

アーム(2)2032は、ピン(3)2074を中心として、アーム(1)2031に対して揺動可能であるように支持される。また、アーム(2)2032は、ピン(4)2076を中心として、カムプレート2020に対して揺動可能であるように支持される。

【0049】

一对のリンク機構2030により、インテークカムシャフト1120がスプロケット2010に対して相対的に回転し、インテークバルブ1100の位相が変更される。そのた

50

め、一对のリンク機構 2030 のうちのいずれか一方が破損等して折れた場合であっても、他方のリンク機構によりインターカムバルブ 1100 の位相を変更することが可能である。

【0050】

図3に戻って、各リンク機構 2030 (アーム(2) 2032) のガイドプレート 2040 側の面には、制御ピン 2034 が設けられる。制御ピン 2034 は、ピン(3) 2074 と同心軸に設けられる。各制御ピン 2034 は、ガイドプレート 2040 に設けられたガイド溝 2042 内を摺動する。

【0051】

各制御ピン 2034 は、ガイドプレート 2040 のガイド溝 2042 内を摺動することにより、半径方向に移動される。各制御ピン 2034 が半径方向に移動されることにより、インターカムシャフト 1120 がスプロケット 2010 に対して相対回転せしめられる。

10

【0052】

図3における C - C 断面である図7に示すように、ガイド溝 2042 は、ガイドプレート 2040 が回転することにより各制御ピン 2034 を半径方向に移動させるように、渦巻形状に形成される。なお、ガイド溝 2042 の形状はこれに限らない。

【0053】

制御ピン 2034 がガイドプレート 2040 の軸心から半径方向に離れるほど、インターカムバルブ 1100 の位相はより遅角される。すなわち、位相の変化量は、制御ピン 2034 が半径方向に変化することによるリンク機構 2030 の作動量に対応した値になる。なお、制御ピン 2034 がガイドプレート 2040 の軸心から半径方向に離れるほど、インターカムバルブ 1100 の位相がより進角されるようにしてもよい。

20

【0054】

図7に示すように、制御ピン 2034 がガイド溝 2042 の端部に当接すると、リンク機構 2030 の作動が制限される。そのため、制御ピン 2034 がガイド溝 2042 の端部に当接する位相が、最遅角もしくは最進角の位相になる。

【0055】

図3に戻って、ガイドプレート 2040 には、ガイドプレート 2040 と減速機 2050 とを連結するための凹部 2044 が、減速機 2050 側の面において複数設けられる。

30

【0056】

減速機 2050 は、外歯ギヤ 2052 および内歯ギヤ 2054 から構成される。外歯ギヤ 2052 は、スプロケット 2010 と一体的に回転するように、スプロケット 2010 に対して固定される。

【0057】

内歯ギヤ 2054 には、ガイドプレート 2040 の凹部 2044 に収容される凸部 2056 が複数形成される。内歯ギヤ 2054 は、電動モータ 2060 の出力軸の軸心 2064 に対して偏心して形成されたカップリング 2062 の偏心軸 2066 を中心に回転可能に支持される。

40

【0058】

図3における D - D 断面を、図8に示す。内歯ギヤ 2054 は、複数の歯のうちの一部の歯が外歯ギヤ 2052 と噛合うように設けられる。電動モータ 2060 の出力軸回転数がスプロケット 2010 の回転数と同じである場合は、カップリング 2062 および内歯ギヤ 2054 は外歯ギヤ 2052 (スプロケット 2010) と同じ回転数で回転する。この場合、ガイドプレート 2040 がスプロケット 2010 と同じ回転数で回転し、インターカムバルブ 1100 の位相が維持される。

【0059】

電動モータ 2060 により、カップリング 2062 が、軸心 2064 を中心に外歯ギヤ 2052 に対して相対的に回転されると、内歯ギヤ 2054 全体が軸心 2064 を中心に回転(公転)するとともに、内歯ギヤ 2054 が偏心軸 2066 を中心に自転する。内歯

50

ギヤ 2054 の回転運動により、ガイドプレート 2040 がスプロケット 2010 に対して相対的に回転せしめられ、インテークバルブ 1100 の位相が変更される。

【0060】

インテークバルブ 1100 の位相は、電動モータ 2060 の出力軸とスプロケット 2010 との相対回転数（電動モータ 2060 の作動量）が、減速機 2050、ガイドプレート 2040 およびリンク機構 2030 において減速されることにより変化する。なお、電動モータ 2060 の出力軸とスプロケット 2010 との相対回転数を増速してインテークバルブ 1100 の位相を変更するようにしてもよい。なお、電動モータ 2060 の出力軸には、この出力軸の回転角（回転方向における出力軸の位置）を表す信号を出力するモータ回転角センサ 5050 が設けられる。モータ回転角センサ 5050 は、一般的には、電動モータ 2060 の出力軸が所定角度回転する度にパルス信号を発生するように構成される。このモータ回転角センサ 5050 の出力に基づいて、電動モータ 2060 の出力軸の回転数（以下、単に電動モータ 2060 の回転数とも称する）を検知可能である。

10

【0061】

図 9 に示すように、インテーク用 VVT 機構 2000 全体の減速比 R （）、すなわち、位相の変化量に対する電動モータ 2060 の出力軸とスプロケット 2010 との相対回転数の比は、インテークバルブ 1100 の位相に応じた値をとり得る。なお、本実施の形態においては、減速比が大きいほど、電動モータ 2060 の出力軸とスプロケット 2010 との相対回転数に対する位相の変化量がより小さくなる。

【0062】

インテークバルブ 1100 の位相が最遅角から $CA(1)$ までの第 1 の領域にある場合は、インテーク用 VVT 機構 2000 全体の減速比は $R(1)$ となる。インテークバルブ 1100 の位相が $CA(2)$ （ $CA(2)$ は $CA(1)$ よりも進角側）から最進角までの第 2 の領域にある場合には、インテーク用 VVT 機構 2000 全体の減速比は、 $R(2)$ （ $R(1) > R(2)$ ）となる。

20

【0063】

インテークバルブ 1100 の位相が $CA(1)$ から $CA(2)$ までの第 3 の領域にある場合には、インテーク用 VVT 機構 2000 全体の減速比は、予め定められた変化率（ $(R(2) - R(1)) / (CA(2) - CA(1))$ ）で変化する。

【0064】

以上のような構造に基づき発現する、本実施の形態に係る可変バルブタイミング装置のインテーク用 VVT 機構 2000 の作用について説明する。

30

【0065】

インテークバルブ 1100 の位相（インテークカムシャフト 1120）を進角させる場合、電動モータ 2060 を作動させ、ガイドプレート 2040 をスプロケット 2010 に対して相対的に回転させると、図 10 に示すように、インテークバルブ 1100 の位相が進角される。

【0066】

インテークバルブ 1100 の位相が最遅角と $CA(1)$ との間の第 1 の領域にある場合、電動モータ 2060 の出力軸とスプロケット 2010 との相対回転数が減速比 $R(1)$ で減速されて、インテークバルブ 1100 の位相が進角される。

40

【0067】

インテークバルブ 1100 の位相が $CA(2)$ と最進角との間の第 2 の領域にある場合、電動モータ 2060 の出力軸とスプロケット 2010 との相対回転数が減速比 $R(2)$ で減速されて、インテークバルブ 1100 の位相が進角される。

【0068】

インテークバルブ 1100 の位相を遅角する場合は、位相を進角する場合とは逆方向に電動モータ 2060 の出力軸がスプロケット 2010 に対して相対回転される。位相を遅角する場合も、進角する場合と同様に、最遅角と $CA(1)$ との間の第 1 の領域において、電動モータ 2060 の出力軸とスプロケット 2010 との相対回転数が減速比 $R(1)$

50

で減速されて、位相が遅角される。また、CA(2)と最進角との間の第2の領域において、電動モータ2060の出力軸とスプロケット2010との相対回転数が減速比R(2)で減速され、位相が遅角される。

【0069】

これにより、電動モータ2060の出力軸とスプロケット2010との相対的な回転方向が同じである限り、最遅角とCA(1)との間の第1の領域およびCA(2)と最進角との間の第2の領域の両方の領域においてインテークバルブ1100の位相を進角させたり、遅角させたりすることができる。このとき、CA(2)と最進角との間の第2の領域において、位相をより大きく進角させたり、遅角させたりすることができる。そのため、大きな範囲で位相を変化させることができる。

10

【0070】

また、最遅角とCA(1)との間の第1の領域においては、減速比が大きいため、エンジン1000の運転に伴ってインテークカムシャフト1120に作用するトルクにより電動モータ2060の出力軸を回転させるためには大きなトルクが必要になる。そのため、電動モータ2060の停止時等において、電動モータ2060がトルクを発生しない状態であっても、インテークカムシャフト1120に作用するトルクにより電動モータ2060の出力軸が回転されることを抑制することができる。そのため、制御上の位相から実際の位相が変化することを抑制することができる。また、アクチュエータである電動モータ2060の通電停止時に、意図しない位相変化が発生することを抑制できる。

【0071】

20

ところで、インテークバルブ1100の位相がCA(1)とCA(2)との間の第3の領域にある場合、予め定められた変化率で変化する減速比で、電動モータ2060の出力軸とスプロケット2010との相対回転数が減速されて、インテークバルブ1100の位相が進角されたり、遅角されたりする。

【0072】

これにより、位相が第1の領域から第2の領域に、もしくは第2の領域から第1の領域に変化する場合において、電動モータ2060の出力軸とスプロケット2010との相対回転数に対する位相の変化量を漸増もしくは漸減させることができる。そのため、位相の変化量がステップ状に急変することを抑制して、位相が急変することを抑制することができる。その結果、位相の制御性を向上することができる。

30

【0073】

以上のように、本実施の形態に係る可変バルブタイミング装置のインテーク用VV機構によれば、インテークバルブの位相が最遅角からCA(1)までの領域にある場合には、インテーク用VV機構2000全体の減速比はR(1)となる。インテークバルブの位相がCA(2)から最進角までの領域にある場合には、インテーク用VV機構2000全体の減速比は、R(1)よりも小さいR(2)となる。これにより、電動モータの出力軸の回転方向が同じである限り、最遅角とCA(1)との間の第1の領域およびCA(2)と最進角との間の第2の領域の両方の領域においてインテークバルブの位相を進角させたり、遅角させたりすることができる。このとき、CA(2)と最進角との間の第2の領域において、位相をより大きく進角させたり、遅角させたりすることができる。そのため、大きな範囲で位相を変化させることができる。また、最遅角とCA(1)との間の第1の領域においては、減速比が大きいため、エンジンの運転に伴ってインテークカムシャフトに作用するトルクにより電動モータの出力軸が回転されることを抑制することができる。そのため、制御上の位相から実際の位相が変化することを抑制することができる。その結果、大きな範囲で位相を変化させ、かつ、位相を精度よく制御することができる。

40

【0074】

図11は、本実施の形態に係る可変バルブタイミング装置によるインテークバルブ位相の制御構成を説明する概略ブロック図である。

【0075】

図11を参照して、図1でも説明したように、エンジン1000は、クランクシャフト

50

1090からの動力がタイミングチェーン1200（またはタイミングベルト）により各スプロケット2010、2012を介してインテークカムシャフト1120およびエキゾーストカムシャフト1130に伝達されるように構成されている。また、インテークカムシャフト1120の外周側には、所定のカム角毎にカム角信号Pivを出力するカムポジションセンサ5010が取付けられている。一方、クランクシャフト1090の外周側には、所定のクランク角毎にクランク角信号Pcaを出力するクランク角センサ5000が取付けられている。また、電動モータ2060の回転子（図示せず）には、所定の回転角度毎にモータ回転角信号Pmtを出力するモータ回転角センサ5050が取付けられている。これらのカム角信号Piv、クランク角信号Pcaおよびモータ回転角信号Pmtは、ECU4000へ入力される。

10

【0076】

ECU4000は、さらに、エンジン1000の状態を検出するためのセンサ群の出力および運転条件（運転者ペダル操作、現車速等）に基づき、エンジン1000に対して要求される出力が得られるように、エンジン1000の動作を制御する。そのエンジン制御の一環として、ECU4000は、図2に示したマップに基づき、インテークバルブ1100およびエキゾーストバルブ1110の位相の目標値を設定する。さらに、ECU4000は、インテークバルブ1100の位相をこの目標値（目標位相）に合致させるように、インテーク用VVT機構2000へのアクチュエータである電動モータ2060の回転数指令値Nmrrefを生成する。この回転数指令値Nmrrefは、以下に説明するように、アクチュエータ作動量に相当する電動モータ2060の出力軸とスプロケット2010（インテークカムシャフト1120）との相対回転数に対応させて決定される。

20

【0077】

電動機EDU（Electronic Drive Unit）4100は、ECU4000からの回転数指令値Nmrrefに従い、電動モータ2060の回転数制御を行なう。

【0078】

図12は、本発明の実施の形態によるインテーク用VVT機構2000のアクチュエータである電動モータ2060の回転数制御を説明するブロック図である。

【0079】

図12を参照して、アクチュエータ作動量設定部6000は、バルブ位相検出部6010と、カムシャフト位相変化量算出部6020と、相対回転数設定部6030と、カムシャフト回転数検出部6040と、回転数指令値生成部6050とを含む。アクチュエータ作動量設定部6000の動作は、ECU4000に予め格納された所定プログラムに従う制御処理を所定の制御周期毎に実行することによって実現される。

30

【0080】

バルブ位相検出部6010は、クランク角センサ5000からのクランク角信号Pca、カムポジションセンサ5010からのカム角信号Pivおよび、電動モータ2060の回転角センサ5050からのモータ回転角信号Pmtに基づき、現在のインテークバルブ1100の実際の位相IV（ ）（以下、「実インテークバルブ位相IV（ ）」とも表記する）を算出する。

【0081】

すなわち、本実施の形態におけるクランク角センサ5000は本発明での「第1の検出手段」に相当し、カムポジションセンサ5010は本発明での「第2の検出手段」に相当し、モータ回転角センサ5050は、本発明における「第3の検出手段」に相当する。なお、バルブ位相検出部6010によるインテークバルブ位相IV（ ）の検出については後程詳細に説明する。

40

【0082】

カムシャフト位相変化量算出部6020は、演算部6022と、必要位相変化量算出部6025とを有する。演算部6022は、実インテークバルブ位相IV（ ）の目標位相IV（ ）rに対する偏差IV（ ）（IV（ ）=IV（ ）-IV（ ）r）を求める。必要位相変化量算出部6025は、演算部6022により求められた偏差IV

50

に応じて、この制御周期でのインテークカムシャフト 1 1 2 0 の必要位相変化量 を算出する。

【 0 0 8 3 】

たとえば、単一の制御周期での位相変化量の最大値が予め設定され、必要位相変化量算出部 6 0 2 5 は、この最大値の範囲内で、偏差 $I V ()$ に応じた位相変化量を決定する。なお、この際の最大値については所定の固定値としてもよく、あるいは、必要位相変化量算出部 6 0 2 5 が、エンジン 1 0 0 0 の運転状態（回転数、吸入空気量等）や偏差 $I V ()$ の大きさに応じて可変に設定する構成としてもよい。

【 0 0 8 4 】

相対回転数設定部 6 0 3 0 は、必要位相変化量算出部 6 0 2 5 によって求められた必要位相変化量 を生じさせるのに必要な、スプロケット 2 0 1 0（インテークカムシャフト 1 1 2 0）の回転数に対する電動モータ 2 0 6 0 の出力軸の相対的な回転数 $N m$ を算出する。たとえば、この相対回転数 $N m$ は、インテークバルブ位相を進角させるときには正值（ $N m > 0$ ）に設定され、反対にインテークバルブ位相を遅角させるときには負値（ $N m < 0$ ）に設定され、現在のインテークバルブ位相を維持するとき（ $= 0$ ）には略零（ $N m = 0$ ）に設定される。

10

【 0 0 8 5 】

ここで、制御周期に相当する単位時間 T 当たりでの位相変化量 と相対回転数 $N m$ との関係は、下記（ 1 ）式で示される。なお、（ 1 ）式中において、 $R ()$ は、図 9 に示された、インテークバルブ位相に応じて変化する減速比である。

20

【 0 0 8 6 】

$$N m \cdot 360^\circ \cdot (1 / R ()) \cdot T \dots (1)$$

したがって、相対回転数設定部 6 0 3 0 は、制御周期 T にて要求されるカムシャフト位相変化量 を生じさせるための電動モータ 2 0 6 0 の相対回転数 $N m$ を、（ 1 ）式に従った演算処理によって求めることができる。

【 0 0 8 7 】

カムシャフト回転数検出部 6 0 4 0 は、スプロケット 2 0 1 0 の回転数、すなわちインテークカムシャフト 1 1 2 0 の実回転数 $I V N$ を、クランクシャフト 1 0 9 0 の回転数の 2 分の 1 として求める。なお、カムシャフト回転数検出部 6 0 4 0 は、カムポジションセンサ 5 0 1 0 からのカム角信号 $P i v$ に基づいてインテークカムシャフト 1 1 2 0 の実回転数 $I V N$ を算出する構成としてもよい。ただし、一般的に、インテークカムシャフト 1 1 2 0 の 1 回転当たりのカム角信号出力数は、クランクシャフト 1 0 9 0 の 1 回転当たりのクランク角信号出力数よりも少ないので、クランクシャフト 1 0 9 0 の回転数に基づいてカムシャフト回転数 $I V N$ を検出することにより、検出精度を向上することができる。

30

【 0 0 8 8 】

回転数指令値生成部 6 0 5 0 は、カムシャフト回転数検出部 6 0 4 0 によって求められたインテークカムシャフト 1 1 2 0 の実回転数 $I V N$ と、相対回転数設定部 6 0 3 0 により設定された相対回転数 $N m$ とを加算して、電動モータ 2 0 6 0 の回転数指令値 $N m r e f$ を生成する。回転数指令値生成部 6 0 5 0 によって生成された回転数指令値 $N m r e f$ は、電動機 $E D U 4 1 0 0$ へ送出される。

40

【 0 0 8 9 】

電動機 $E D U 4 1 0 0$ は、リレー回路 4 2 5 0 を介して電源 4 2 0 0 と接続される。リレー回路 4 2 5 0 のオン・オフは、制御信号 $S R L$ によって制御される。電源 4 2 0 0 は、一般的には、エンジン作動時に充電可能な二次電池で構成される。このため、制御信号 $S R L$ によるリレー回路 4 2 5 0 のオフにより、電動モータ 2 0 6 0 の通電を停止することができる。また、以下に説明するように、電動モータ 2 0 6 0 の通電停止制御は、電動機 $E D U 4 1 0 0$ によっても実行することができる。

【 0 0 9 0 】

電動機 $E D U 4 1 0 0$ は、電動モータ 2 0 6 0 の回転数を回転数指令値 $N m r e f$ に合致させるような回転数制御を行なう。たとえば、電動機 $E D U 4 1 0 0$ は、回転数指令値

50

N_{mref} に対する電動モータ2060の実回転数 N_m の回転数偏差($N_{ref} - N_m$)に応じて、電動モータ2060への供給電力(代表的にはモータ電流 I_{mt})を制御するように、電力用半導体素子(トランジスタ等)のスイッチングを制御する。たとえば、このような電力用半導体素子のスイッチング動作におけるデューティ比が制御される。また、リレー回路4250をオンした状態でも、電動機EDU4100内のインバータ、コンバータ等を構成する電力用半導体素子のスイッチング動作の停止(オフ固定)等により、電動機EDU4100の制御によって通電停止を行なうことができる。

【0091】

たとえば、回転数指令値 N_{mref} に比例した周波数を有するパルス信号によって、電動機EDU4100へ回転数指令値 N_{mref} を指示する構成では、通常使用される回転数指令値 N_{mref} の所定範囲を予め定めておき、電動機EDU4100に電動モータ2060への通電停止指示を行なう場合には、当該所定範囲以外に上記パルス信号の周波数を設定する構成とすることができる。この場合には、信号数を増大させることなく電動機EDU4100へ通電停止指示を与えることができる。

10

【0092】

特に、電動機EDU4100は、モータ制御性を向上させるために、回転数制御における調整量となるデューティ比 DTY を下記(2)式に従って制御する。

【0093】

$$DTY = DTY(ST) + DTY(FB) \quad \dots (2)$$

(2)式において、 $DTY(FB)$ は、上記回転数偏差および所定の制御ゲインによる制御演算(代表的には、一般的なP制御、PI制御等)に基づくフィードバック項である。

20

【0094】

(2)式中の $DTY(ST)$ は、図13に示すように、電動モータ2060の回転数指令値 N_{mref} および設定された相対回転数 N_m に基づいて設定されるプリセット項である。

【0095】

図13を参照して、相対回転数 $N_m = 0$ のとき、すなわち、回転数指令値 N_{mref} に対して、電動モータ2060をスプロケット2010と同一回転数で回転するとき($N_m = 0$ のとき)に必要なモータ電流値に対応させたデューティ比特性6060が予めテーブル化される。そして、(2)式中の $DTY(ST)$ は、デューティ比特性6060に従う基準値から、相対回転数 N_m に応じた電流値を相対的に増減させることにより設定される。このように、プリセット項およびフィードバック項を組み合わせることで電動モータ2060への供給電力を制御する回転数制御とすることにより、電動機EDU4100は、単純なフィードバック制御、すなわち(2)式の $DTY(FB)$ 項のみによる回転数制御と比較して、回転数指令値 N_{mref} の変化に対して電動モータ2060の回転数を高速に追従させることができる。

30

【0096】

ここで、図12に示した電動モータ2060の回転数制御によって、インテーク用VV機構2000によるパルブタイミング制御を正確化するためには、実際のインテークバルブ位相を正確に検出する必要がある。

40

【0097】

この点につき、一般的には、クランク角信号 Pca およびカム角信号 Piv に基づいて、たとえば、カム角信号 Piv の発生時に、クランク角信号 Pca の発生に対するカム角信号 Piv の時間差を、クランクシャフト1090およびインテークカムシャフト1120の間の回転位相差に換算することによって、現在のインテークカムシャフト1120の位相、すなわち、実インテークバルブ位相が算出される(第1の位相算出方式)。

【0098】

ここで、第1の位相算出方式では、エンジン回転数(すなわち、クランクシャフト1090およびインテークカムシャフト1120の回転数に相当)の不安定領域、具体的には、比較的低回転数の領域(たとえば1000rpmより低回転数の領域)において、位相

50

検出精度を確保することが困難となる。

【0099】

一方、本発明の実施の形態によるインテーク用VVT機構2000では、アクチュエータである電動モータ2060の作動量(相対回転数Nm)に基づいて、インテークバルブの位相変化量を正確にトレースすることができる。具体的には、各センサからの出力に基づいて実際の相対回転数Nmを算出し、算出された実際の相対回転数Nmに基づく上記(1)式に従った演算処理により、単位時間(制御周期)毎での実インテークバルブ位相の変化量dIV()を算出することができる。そして、実位相変化量dIV()を積算することによって、現在のインテークカムシャフト1120の位相、すなわち、実インテークバルブ位相を逐次算出することができる(第2の位相算出方式)。

10

【0100】

しかしながら、この第2の位相算出方式では、実際の相対回転数Nmおよび実インテークバルブ位相の変化量dIV()を算出するための演算処理を各制御周期で実行する必要があるため、演算負荷が増大する。このため、高速大容量処理が可能なプロセッサのECU4000への適用等、コストアップが発生する可能性がある。

【0101】

また、エンジン低回転数領域では、カム角信号の発生間隔が長くなるので位相算出頻度も減少するため、第1の位相算出方式では位相検出精度の確保が困難となる。一方、カム角信号の発生間隔が短くなるエンジン高回転数領域では、第1の位相算出方式により比較的高精度に位相検出を行なうことができる。このように、位相検出精度は、エンジン回転数領域に影響を受ける。

20

【0102】

したがって、本発明の実施の形態による可変バルブタイミング装置では、図14に示すフローチャートに従い、エンジン回転数に応じて位相算出方式を切換えて実インテークバルブ位相を検出する。図14のフローチャートに従うインテークバルブの位相検出は、インテーク用VVT機構2000によるバルブタイミング制御の一部として、制御周期毎にバルブ位相検出部6010(図12)により実行される。

【0103】

図14を参照して、バルブ位相検出部6010は、ステップS100により、クランク角センサ5000からのクランク角信号Pcaに基づき、エンジン回転数が所定回転数N1より高いかどうかを判定する。所定回転数N1は、たとえば1000(rpm)程度に設定される。

30

【0104】

そして、エンジン回転数が所定回転数N1より高い場合(ステップS100によるYES判定時)には、バルブ位相検出部6010は、ステップS110により、カム角信号とクランク角信号とに基づき、インテークカムシャフト1120およびクランクシャフト1090の間での回転角の相対関係を実際に求めることにより、両者の回転位相差に対応する実インテークバルブ位相IV()を算出する。これは、上述の第1の位相算出方式に対応する。

【0105】

これに対して、エンジン回転数が所定回転数N1以下であるとき(ステップS100におけるNO判定時)には、バルブ位相検出部6010は、ステップS120およびS130により、上記第2の位相算出方式に従って、アクチュエータ(電動モータ2060)の作動量に基づいて実インテークバルブ位相IV()を算出する。

40

【0106】

バルブ位相検出部6010は、ステップS120により、スプロケット2010(インテークカムシャフト1120)の回転数に対する電動モータ2060の実際の相対回転数Nmを検出する。たとえば、以下に例示するように、クランク角信号の分周信号およびモータ回転角信号に基づいて、実際の相対回転数Nmを算出できる。

【0107】

50

図15に示すように、回転角センサ5050は、電動モータ2060の回転子が15°回転するたびに、HレベルからLレベル、またはLレベルからHレベルへのレベル遷移が生じるように、モータ回転角信号Pmtを発生する。この場合には、モータ回転角信号Pmtに対応させたクランク角信号Pcaの分周により、クランクシャフト1090が30°回転するたびに発生するように、クランク角分周信号Pcaを発生させる。

【0108】

そして、モータ回転角信号Pmtのレベル遷移発生毎にカウント値をインクリメント(+1)するとともに、クランク角分周信号Pcaの発生毎にカウント値をデクリメント(-1)するカウンタ(図示せず)を設けることにより、各制御周期内においてこのカウント値に基づいて、実際の相対回転数Nmを演算できる。

10

【0109】

さらに、図9に示したインテークバルブ位相に対する減速比R()を予め格納したテーブルを、現在の実インテークバルブ位相を引数として参照することによって得られた減速比R()と、上記のように求めた相対回転数Nmとの積に基づいて、各制御周期における実インテークバルブ位相の変化量dIV()を算出できる。

【0110】

そして、バルブ位相検出部6010は、ステップS130では、前回の制御周期での実インテークバルブ位相IV()に、ステップS120で求めた変化量dIV()を加算することにより、現在の実インテークバルブ位相IV()を算出することができる。

【0111】

このようにして、クランク角信号およびカム角信号に基づく第1の位相算出方式では位相検出精度の確保が困難であるエンジン低回転数領域においても、インテーク用VV機構2000におけるアクチュエータ作動量に応じた位相変化量の逐次積算による第2の位相算出方式によって実インテークバルブ位相IV()を正確に検出できる。そして、上記第1の位相算出方式により位相検出精度の確保が容易となるエンジン高回転数領域では、第2の位相算出方式による演算処理を中止して、第1の位相算出方式により実インテークバルブ位相IV()を検出する。したがって、エンジン回転速度の変化に対応させて、ECU4000の演算負荷を過度に増大させることなく実インテークバルブ位相IV()を正確に検出することにより、インテークバルブ1100の開閉タイミングを正確に制御できる。

20

30

【0112】

なお、位相算出方式の切換え領域における位相検出精度を確保するために、図16に示すようなフローチャートに従って実インテークバルブ位相を検出することも可能である。

【0113】

図16を参照して、本発明の実施の形態による可変バルブタイミング装置における実インテークバルブ位相検出の他の例によれば、バルブ位相検出部6010は、ステップS100により、現在のエンジン回転数が所定回転数N0より高いかどうかを判定する。ここで、所定回転数N0は、ステップS100での所定回転数N1よりも低く、たとえば400(rpm)程度に設定される。

【0114】

図16に示されたフローチャートでは、バルブ位相検出部6010は、エンジン回転数<N0のとき(ステップS100のNO判定時)に「低回転数領域」と判定して、図14と同様のステップS120およびS130の処理により、インテーク用VV機構2000におけるアクチュエータ作動量に応じた位相変化量を逐次積算(第2の位相算出方式)によって、実インテークバルブ位相IV()を算出する。

40

【0115】

これに対して、エンジン回転数N0のとき(ステップS100のYES判定時)には、インテークバルブ位相検出部6010は、図14と同様のステップS110の処理により、クランク角信号およびカム角信号に基づいて(第1の位相算出方式)実インテークバルブ位相IV()を算出するとともに、ステップS200~S220の処理をさらに

50

実行する。

【0116】

バルブ位相検出部6010は、ステップS200では、エンジン回転数が、ステップS100と同様の所定回転数N1より高いかどうかを判定する。そして、エンジン回転数が所定回転数N1よりも高いとき（ステップS200のYES判定時）には、バルブ位相検出部6010は、「高回転数領域」と判定して、ステップS110で求めた実インテークバルブ位相IV() aを最終的な検出値とする（すなわち、IV() = IV() a）。

【0117】

一方、S200のNO判定時、すなわちN0 < エンジン回転数 N1のときには、バルブ位相検出部6010は、「中回転数領域」と判定して、ステップS210により、ステップS120およびS130と同様の処理により、インテーク用VVT機構2000におけるアクチュエータ作動量に応じた位相変化量の積算（第2の位相算出方式）によって、実インテークバルブ位相IV() bを算出する。

【0118】

そして、バルブ位相検出部6010は、ステップS210による算出値IV() bを用いて、ステップS110による算出値IV() aを必要に応じて修正することにより、最終的な実インテークバルブ位相IV() を算出する（ステップS220）。たとえば、中回転数領域での実インテークバルブ位相IV() は、下記(3)式に従って算出される。

【0119】

$$IV() = (1 - k) \cdot IV() a + k \cdot IV() b \dots (3)$$

ただし、kは、修正係数（k < 1.0）であり、修正係数kは、固定値としてもよく、両位相算出方式間での算出値の偏差 | IV() a - IV() b | に応じた可変値としてもよい。

【0120】

このようなインテークバルブ1100の位相検出とすることにより、図14と同様の高回転数領域および低回転数領域の間での位相算出方式の切換えを行なうとともに、両者の境界領域（中回転数領域）における位相検出精度を向上することができる。

（電動モータのセンサ異常時における処置）

上述のバルブ位相検出部6010によれば、アクチュエータ作動量を検出するセンサ、具体的には、電動モータ2060の回転角センサ5050の異常時には、実インテークバルブ位相IV() の算出が不能となるケースが存在する。このようなセンサ異常時における処置について以下に説明する。

【0121】

図17には、図14に示した実インテークバルブ位相検出におけるセンサ異常時の処置を説明するフローチャートが示される。

【0122】

図17に示す実インテークバルブ位相検出は、図14に示したフローチャートと比較して、ステップS300～S320をさらに備える。

【0123】

バルブ位相検出部6010は、ステップS100でのNO判定時、すなわち、エンジン回転数が所定回転数N1以下である場合には、ステップS120およびS130による、上記第2の位相算出方式に従った実インテークバルブ位相IV() の算出処理の前に、ステップS300を実行する。

【0124】

バルブ位相検出部6010は、ステップS300では、アクチュエータ作動量の検出に異常が生じているか否かを、回転角センサ5050からのモータ回転角信号Pmtが異常となっているかどうかにより判定する。図15に示すように、モータ回転角信号Pmtは、正常時には、電動モータ2060の回転子の回転に従ったパルス信号状となる。したが

10

20

30

40

50

って、S 3 0 0における判定は、たとえば、電動モータ2 0 6 0の回転数指令値N m r e fに応じた所定期間を超えて信号レベルが不変となる異常状態（LレベルあるいはHレベルのまま遷移しない状態）を検知することによって実行できる。なお、このような異常状態については電動機E D U 4 1 0 0によって検出する構成として、その検出結果をE C U 4 0 0 0（バルブ位相検出部6 0 1 0）へ送出する構成としてもよい。あるいは、回転角センサ5 0 5 0自体からの故障発生を報知するフェイル信号等を受けて、S 3 0 0での判定に反映することも可能である。

【 0 1 2 5 】

そして、バルブ位相検出部6 0 1 0は、ステップS 3 0 0のNO判定時（すなわち、回転角センサ5 0 5 0からの信号正常時）に限って、図1 4に示したステップS 1 2 0およびS 1 3 0による、上記第2の位相算出方式に従ったアクチュエータ作動量に基づく、実インテークバルブ位相I V（ ）の算出を実行する。

10

【 0 1 2 6 】

一方、エンジン低回転数域では、ステップS 3 0 0のYES判定時（すなわち、回転角センサ5 0 5 0からの信号異常時）には、アクチュエータ作動量が把握不能となり、実インテークバルブ位相I V（ ）を正確に把握することができなくなる。したがって、バルブ位相検出部6 0 1 0は、ステップS 3 1 0により、インテークバルブ位相の検出を中止し、かつ、以降のインテークバルブ位相の制御を禁止する。

【 0 1 2 7 】

さらに、ステップS 3 2 0により、アクチュエータである電動モータ2 0 6 0への通電が停止される。上述のように、リレー回路4 2 5 0をオフさせるように制御信号S R Lを設定することにより、あるいは、電動モータ2 0 6 0への電力供給を停止するように電動機E D U 4 1 0 0を制御することによって、電動モータ2 0 6 0の通電が停止される。これにより、回転数が不明な状態で電動機2 0 6 0を運転させることを回避して、機器保護を図ることができる。

20

【 0 1 2 8 】

電動モータ2 0 6 0が通電停止に伴って停止すると、エンジン停止時（スプロケット2 0 1 0の回転数も零）にはインテークバルブ位相の変化も停止する。一方、エンジン作動時に電動モータ2 0 6 0が停止すると、電動モータ2 0 6 0に対するスプロケット2 0 1 0の相対回転数、すなわちアクチュエータ作動量は負となり、インテークバルブ位相は、遅角側へ徐々に変化し、最終的には、最遅角位置まで行き着くこととなる。したがって、インテークバルブ位相制御を禁止しても、エンジン1 0 0 0での燃焼条件としては、一般に燃焼安定側の設定とすることができる。

30

【 0 1 2 9 】

さらに、バルブ位相検出部6 0 1 0は、ステップS 3 2 0では、V V T機構（可変バルブタイミング装置）の点検等を促す報知（ダイアグモニタ等）を搭乗者に対して発生させる。特に、異常診断により検出された異常内容を特定するための情報であるダイアグコードのうちの1つを、「可変バルブタイミング装置においてアクチュエータである電動モータのセンサ異常が発生した」ことを示すように規定しておくことにより、ステップS 3 2 0の処理時に、このダイアグコードを併せて記憶させることができる。これにより、V V T機構の点検時に適切なメンテナンスを行なうことが容易となる。

40

【 0 1 3 0 】

上記のようなインテークバルブ1 1 0 0の位相検出とすることにより、アクチュエータ作動量に基づき実バルブタイミングが検出されるエンジン回転速度領域（低回転数領域）において、アクチュエータ作動量の検出に異常が生じた場合（代表的には、電動モータのセンサ故障）に、誤ったバルブタイミング検出に基づきバルブタイミング制御が異常に制御されることを防止できる。また、アクチュエータとしての電動機2 0 6 0の機器保護を図ることができる。

【 0 1 3 1 】

図1 8には、図1 6に示した実インテークバルブ位相検出におけるセンサ異常時の処置

50

を説明するフローチャートが示される。

【 0 1 3 2 】

図 1 8 に示す実インテークバルブ位相検出は、図 1 6 に示したフローチャートと比較して、ステップ S 3 0 0 ~ S 3 2 0 および S 3 5 0 , S 3 6 0 をさらに備える。

【 0 1 3 3 】

バルブ位相検出部 6 0 1 0 は、ステップ S 1 0 0 での N O 判定時には、図 1 7 に示したフローチャートと同様に、ステップ S 3 0 0 以降の処理を実行する。すなわち、アクチュエータ作動量に基づき実バルブタイミングが検出されるエンジン低回転数領域では、バルブ位相検出部 6 0 1 0 は、アクチュエータ作動量の検出に異常が生じた場合（代表的には、電動モータのセンサ故障）に、誤ったバルブタイミング検出に基づきバルブタイミング制御が異常に制御されることを防止する。

10

【 0 1 3 4 】

バルブ位相検出部 6 0 1 0 は、ステップ S 1 0 0 での Y E S 判定時には、図 1 6 と同様に、ステップ S 1 1 0 および S 2 0 0 を実行し、ステップ S 2 0 0 により、エンジンが高回転数領域および中回転数領域のいずれであるかを判定する。

【 0 1 3 5 】

エンジン高回転数領域（ステップ S 2 0 0 での Y E S 判定時）における処理は、図 1 6 に示したフローチャートと同様であるので、説明は繰り返さない。

【 0 1 3 6 】

一方、バルブ位相検出部 6 0 1 0 は、ステップ S 2 0 0 での N O 判定時、すなわちエンジン中回転数領域では、図 1 6 に示したステップ S 2 1 0 および S 2 2 0 による実インテークバルブ位相 I V () の算出処理の前に、ステップ S 3 5 0 を実行する。

20

【 0 1 3 7 】

バルブ位相検出部 6 0 1 0 は、ステップ S 3 5 0 では、アクチュエータ作動量の検出が正常であるか否かを、回転角センサ 5 0 5 0 からのモータ回転角信号 P m t が正常であるかどうかにより判定する。ステップ S 3 5 0 での判定は、上述のステップ S 3 0 0 と同様の手法に従い、かつ、その逆論理を取ることににより実行できる。

【 0 1 3 8 】

そして、バルブ位相検出部 6 0 1 0 は、ステップ S 3 5 0 の Y E S 判定時（すなわち、回転角センサ 5 0 5 0 からの信号正常時）に限って、図 1 6 に示したステップ S 2 1 0 および S 2 2 0 による、上記第 1 の位相算出方式による算出値を、必要に応じて上記第 2 の位相算出方式による算出値によって修正するように、実インテークバルブ位相 I V () の算出を実行する。

30

【 0 1 3 9 】

一方、エンジン中回転数域において、ステップ S 3 5 0 の N O 判定時（すなわち、回転角センサ 5 0 5 0 からの信号異常時）には、アクチュエータ作動量が把握不能となり、上記第 2 の位相算出方式を正常に実行することができなくなる。したがって、このような場合には、バルブ位相検出部 6 0 1 0 は、ステップ S 3 6 0 により、アクチュエータ作動量に基づく位相算出値を用いることなく、カムシャフトステップ S 1 1 0 によるインテークカムシャフト 1 1 2 0 およびクランクシャフト 1 0 9 0 の間での回転角の相対関係に基づく算出値を用いてインテークバルブ位相 I V () を算出する。

40

【 0 1 4 0 】

エンジン中回転数領域では、回転角センサ 5 0 5 0 が異常となっても実インテークバルブ位相 I V () の算出を継続することは可能であるので、インテークバルブ位相の検出については中止しない。ただし、回転数の把握が不能な状態で電動機 2 0 6 0 の作動を継続することは機器保護の点から好ましくないため、ステップ S 3 6 0 の処理に引き続いて、以降のインテークバルブ位相の制御を禁止し、かつ、ステップ S 3 2 0 と同様に、電動モータ 2 0 6 0 の通電停止処理およびダイアグ出力処理を実行することが好ましい。

【 0 1 4 1 】

上記のようなインテークバルブ 1 1 0 0 の位相検出とすることにより、図 1 7 と同様の

50

効果を得るとともに、エンジン中回転数領域において、アクチュエータ作動量の検出に異常が生じた場合（代表的には、センサ故障）に、異常な検出値に基づいて位相検出精度が低下することを防止できる。

【0142】

なお、以上説明した実施の形態において、バルブ位相検出部6010（図12）は、本発明における「位相検出手段」に対応し、ステップS110は本発明での「第1の算出手段」に対応し、ステップS120およびS130は本発明での「第2の算出手段」に対応する。さらに、ステップS100またはS100は、本発明での「第1の選択手段」に対応し、ステップS200は本発明での「第2の選択手段」に対応し、ステップS220（図16）は、本発明での「第3の算出手段」に対応する。また、ステップS310（図17, 図18）は、本発明での「異常時処理手段」に対応し、ステップS320（図17, 図18）は、本発明での「通電停止手段」に対応し、ステップS360（図18）は、本発明における「第4の算出手段」に対応する。

10

【0143】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【図面の簡単な説明】

【0144】

20

【図1】本発明の実施の形態に係る可変バルブタイミング装置が搭載された車両のエンジンを示す概略構成図である。

【図2】インテークカムシャフトの位相を定めたマップを示す図である。

【図3】インテーク用VVT機構を示す断面図である。

【図4】図3のA-A断面図である。

【図5】図3のB-B断面図（その1）である。

【図6】図3のB-B断面図（その2）である。

【図7】図3のC-C断面図である。

【図8】図3のD-D断面図である。

【図9】インテーク用VVT機構全体として減速比を示す図である。

30

【図10】スプロケットに対するガイドプレートの位相とインテークカムシャフトの位相との関係を示す図である。

【図11】本実施の形態に係る可変バルブタイミング装置によるインテークバルブ位相の制御構成を説明する概略ブロック図である。

【図12】本実施の形態に係る可変バルブタイミング装置のアクチュエータである電動モータの回転数制御を説明するブロック図である。

【図13】電動モータの速度制御を説明する概念図である。

【図14】本発明の実施の形態による可変バルブタイミング装置における実際のインテークバルブ位相検出の第1の例を説明するフローチャートである。

【図15】電動モータ2060の相対回転数の検出手法を説明する波形図である。

40

【図16】本発明の実施の形態による可変バルブタイミング装置における実際のインテークバルブ位相検出の第2の例を説明するフローチャートである。

【図17】図14に示したインテークバルブ位相検出におけるセンサ異常時の処置を説明するフローチャートである。

【図18】図16に示したインテークバルブ位相検出におけるセンサ異常時の処置を説明するフローチャートである。

【符号の説明】

【0145】

1000 エンジン、1010, 1012 パンク、1020 エアクリーナ、1030 スロットルバルブ、1032 吸気通路、1040 シリンダ、1050 インジェ

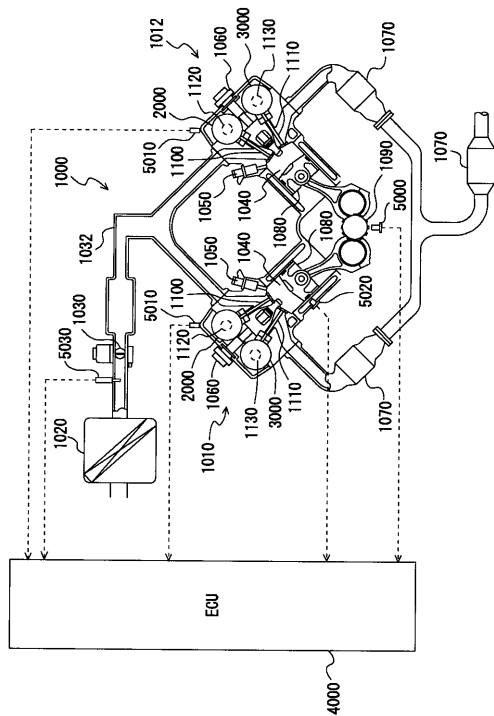
50

クタ、1060 点火プラグ、1070 三元触媒、1080 ピストン、1090 クランクシャフト、1100 インテークバルブ、1110 エキゾーストバルブ、1120 インテークカムシャフト、1130 エキゾーストカムシャフト、1200 タイミングチェーン、1210、1212 スプロケット、2020 カムプレート、2030 リンク機構、2034 制御ピン、2040 ガイドプレート、2042 ガイド溝、2044 凹部、2050 減速機、2052 外歯ギヤ、2054 内歯ギヤ、2056 凸部、2060 電動モータ、2062 カップリング、2064 軸心、2066 偏心軸、2000 エキゾースト用VVT機構、3000 エキゾースト用VVT機構、4000 ECU、4100 電動機EDU、5000 クランク角センサ、5010 カムポジションセンサ、5020 水温センサ、5030 エアフローメータ、5050 モータ回転角センサ、6000 アクチュエータ作動量設定部、6010 バルブ位相検出部、6020 カムシャフト位相変化量算出部、6022 演算部、6025 必要位相変化量算出部、6030 相対回転数設定部、6040 カムシャフト回転数検出部、6050 回転数指令値生成部、6060 デューティ比特性、 I_{mt} モータ電流、 $I_V()$ 実インテークバルブ位相、 $I_V()_r$ 目標位相、 I_{VN} カムシャフト回転数、 I_{VN} 実回転数(カムシャフト)、 N_m 実回転数(電動モータ)、 N_{mref} 回転数指令値(電動モータ)、 P_{ca} クランク角信号、 P_{ca} クランク角分周信号、 P_{iv} カム角信号、 P_{mt} モータ回転角信号、 $R()$ 減速比、 $dI_V()$ 実位相変化量、 N_m 相対回転数(電動モータ)、カムシャフト位相変化量。

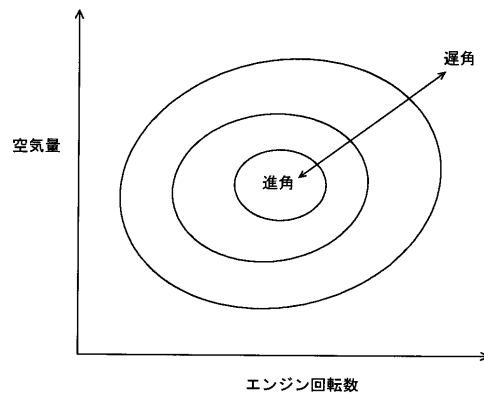
10

20

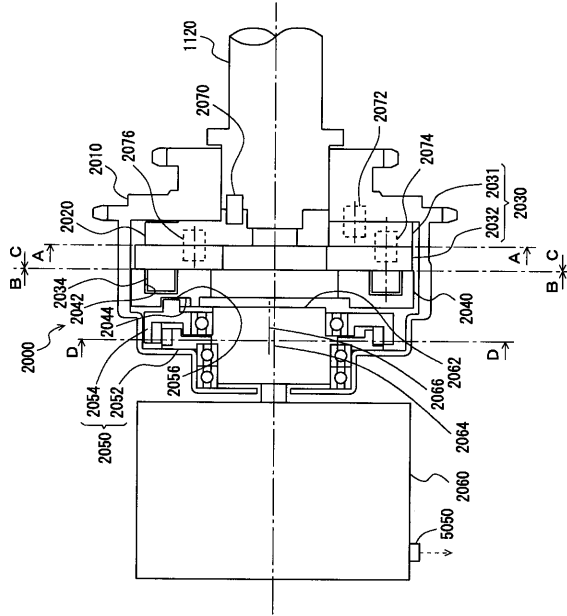
【図1】



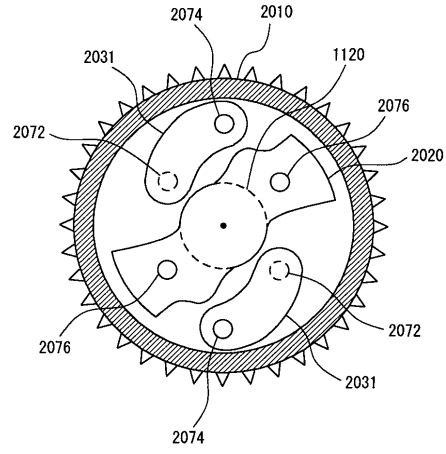
【図2】



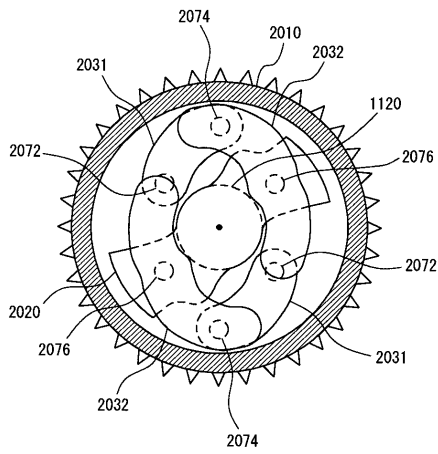
【 図 3 】



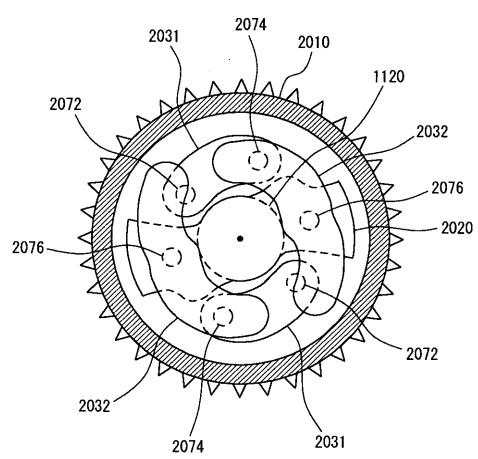
【 図 4 】



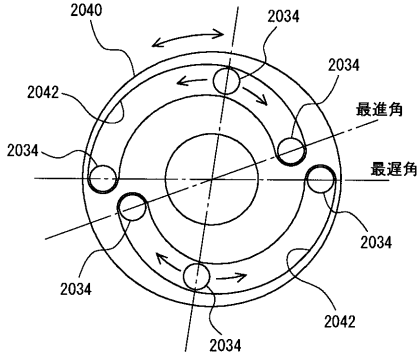
【 図 5 】



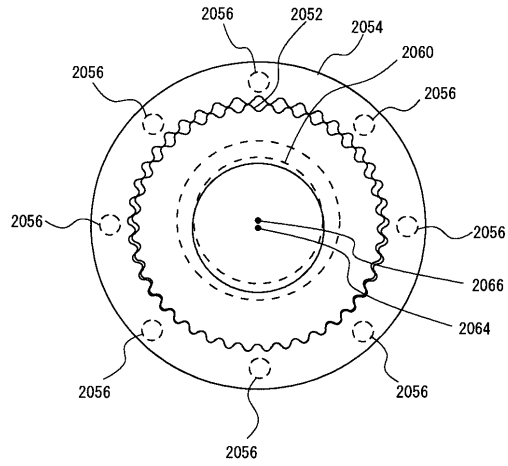
【 図 6 】



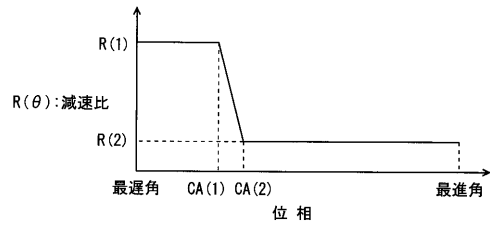
【図7】



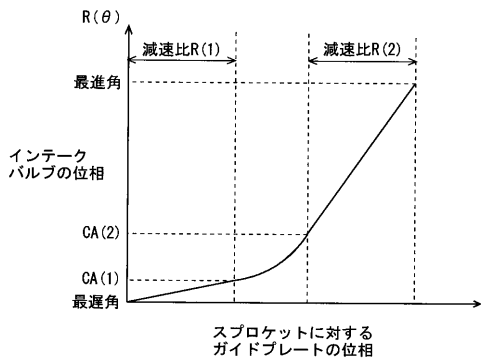
【図8】



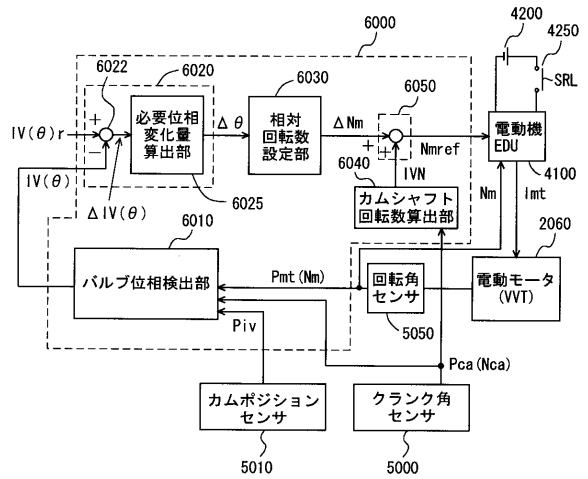
【図9】



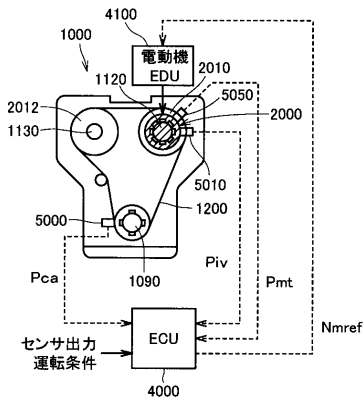
【図10】



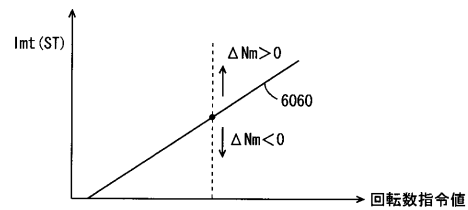
【図12】



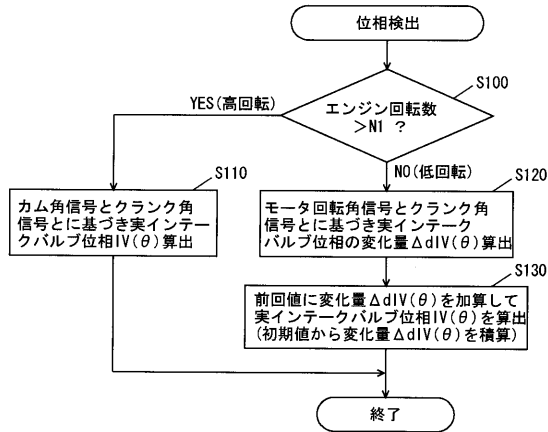
【図11】



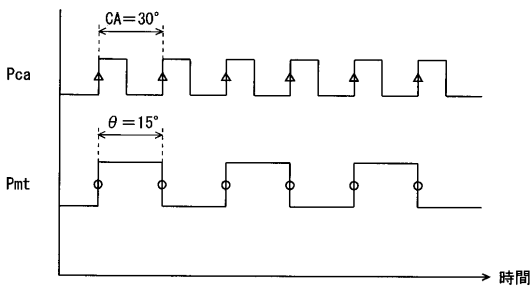
【図13】



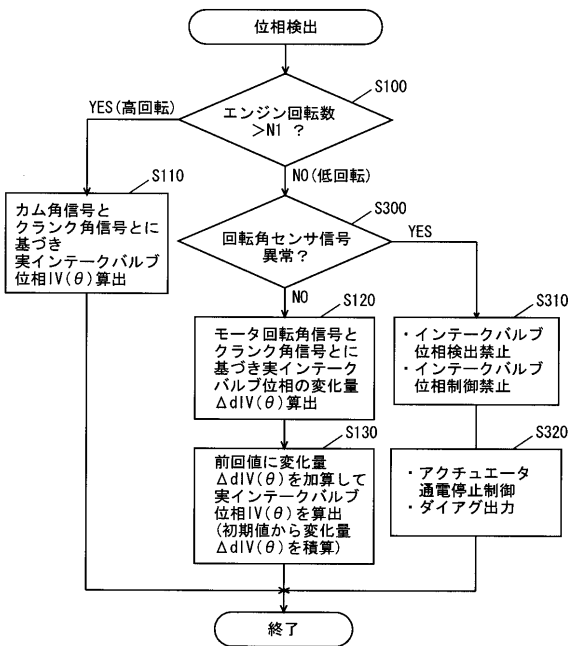
【図14】



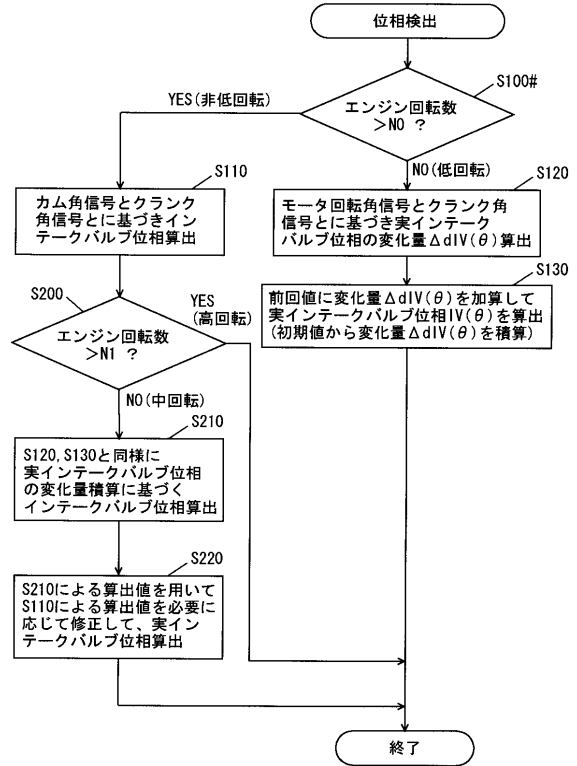
【図15】



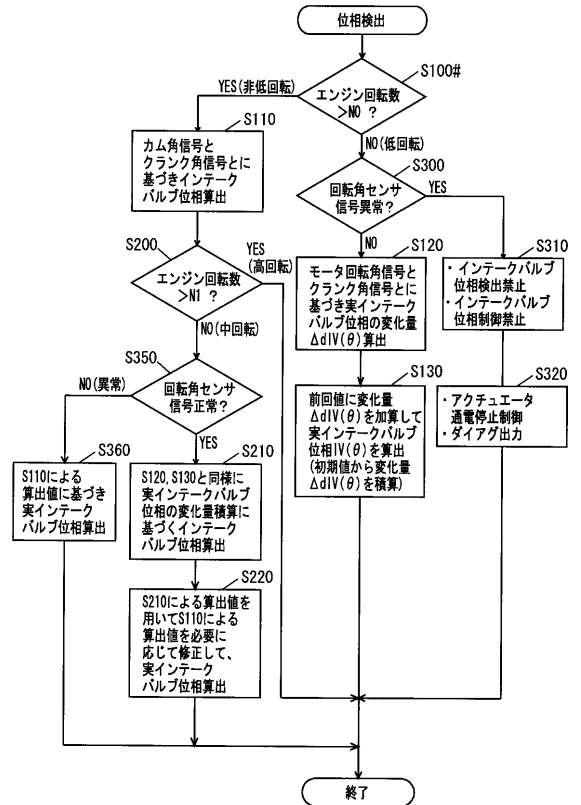
【図17】



【図16】



【図18】



フロントページの続き

- (72)発明者 井上 靖通
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 高木 登
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 守谷 嘉人
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 漆畑 晴行
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

審査官 後藤 信朗

- (56)参考文献 特開2004-257249(JP,A)
特開2004-197675(JP,A)
特開2002-250240(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------|
| F02D | 13/02 |
| F01L | 1/34 |
| F02D | 45/00 |