

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-299639

(P2005-299639A)

(43) 公開日 平成17年10月27日(2005.10.27)

(51) Int.C1.⁷

FO2D 13/02

FO1L 1/34

FO1L 13/00

F1

FO2D 13/02

FO2D 13/02

FO1L 1/34

FO1L 13/00

テーマコード(参考)

3GO18

3GO92

Z

3O1Y

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2005-36150 (P2005-36150)
 (22) 出願日 平成17年2月14日 (2005.2.14)
 (31) 優先権主張番号 特願2004-80514 (P2004-80514)
 (32) 優先日 平成16年3月19日 (2004.3.19)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000005108
 株式会社日立製作所
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
 (74) 代理人 100078330
 弁理士 笹島 富二雄
 (72) 発明者 岡本 直樹
 群馬県伊勢崎市柏川町1671番地1 株式会社日立製作所オートモティブシステムグループ内
 (72) 発明者 渡辺 正彦
 神奈川県厚木市恩名1370番地 株式会社日立製作所オートモティブシステムグループ内

最終頁に続く

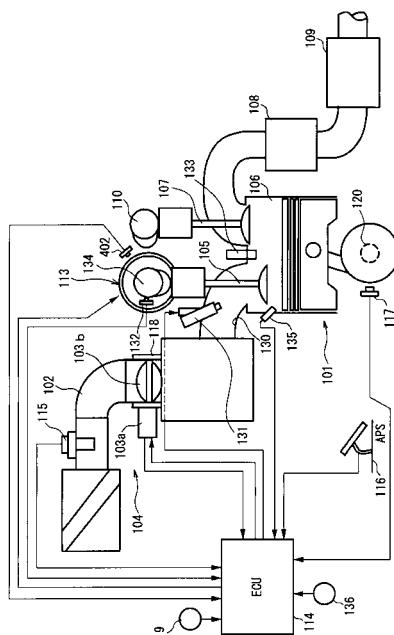
(54) 【発明の名称】内燃機関のバルブタイミング制御装置

(57) 【要約】

【課題】低回転時においても、高応答・高精度なバルブタイミング制御を行う。

【解決手段】クランク角センサ117及びカムセンサ132の出力信号に基づいて、カムシャフト132の回転周期毎にカムシャフト120に対するカムシャフト134の回転位相を検出できる第1回転位相検出手段と、カムシャフト134の回転周期にかかわらず、任意のタイミングで前記回転位相を検出できる第2回転位相検出手段と、を備える。そして、前記第1回転位相検出手段の検出した回転位相を基準に、前記第2回転位相検出手段の検出した回転位相を補正するための補正值を学習するようにし、低回転時等においては、前記第2回転位相検出手段の検出した回転位相を前記学習した補正值により補正してバルブタイミング制御を実行する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

内燃機関のクランクシャフトに対するカムシャフトの回転位相を変化させることで、吸気バルブ又は排気バルブの開閉タイミングを変化させる内燃機関のバルブタイミング制御装置であって、

前記クランクシャフトの基準回転位置を検出するクランク角センサ及び前記カムシャフトの基準回転位置を検出するカムセンサの出力信号に基づいて、前記カムシャフトの回転周期毎に前記回転位相を検出する第1回転位相検出手段と、

前記カムシャフトの回転周期にかかわらず、任意のタイミングで前記回転位相を検出可能な第2回転位相検出手段と、を備え、

前記第1回転位相検出手段により検出した回転位相に基づいて、前記第2回転位相検出手段の検出した回転位相を補正することを特徴とする内燃機関のバルブタイミング制御装置。

【請求項 2】

前記第1回転位相検出手段により検出した回転位相を基準として、前記第2回転位相検出手段の検出した回転位相を補正するための補正值を学習することを特徴とする請求項1記載の内燃機関のバルブタイミング制御装置。

【請求項 3】

前記補正值の学習は、前記第1回転位相検出手段又は前記第2回転位相検出手段の少なくとも一方の検出した回転位相の所定時間当たりの変化量が所定量以下であるときに行うことを行うことを特徴とする請求項2記載の内燃機関のバルブタイミング制御装置。

【請求項 4】

機関温度を検出する温度検出手段を備え、

前記補正值の学習は、検出した機関温度が所定範囲内にあるときに行うことを行うことを特徴とする請求項2又は請求項3に記載の内燃機関のバルブタイミング制御装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、内燃機関のクランクシャフトに対するカムシャフトの回転位相を変化させることで、機関の吸気バルブ又は排気バルブのバルブタイミング（開閉タイミング）を変化させる内燃機関のバルブタイミング制御装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

特許文献1に開示されているように、従来の内燃機関のバルブタイミング制御装置においては、クランクシャフトの基準回転位置でクランク角信号を出力するクランク角センサと、カムシャフトの基準回転位置でカム信号を出力するカムセンサと、を備え、その基準回転位置のずれ角に基づいて、クランクシャフトに対するカムシャフトの回転位相を検出していった。

【特許文献1】特開2000-303865号公報**【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【0003】**

ところで、上記従来の構成のもとでは、一定のクランク角（カムシャフトの回転周期）毎に回転位相が検出されることになるが、かかる回転位相の検出結果に基づく可変バルブタイミング機構のフィードバック制御（バルブタイミング制御）は、一般に微少単位時間毎に実行される。

このため、低回転時においては、バルブタイミング制御の実行周期よりも回転位相の検出周期の方が長くなってしまい、制御上十分な頻度で回転位相を検出できない。このような場合には、実際とは異なる回転位相に基づいて目標回転位相との偏差が算出され、誤った偏差に基づいてフィードバック操作量が算出されることになって、制御性が悪化してし

まうという問題があった。

【0004】

ここで、カムシャフトの回転周期とは無関係に任意のタイミングで回転位相の検出を可能とする回転位相検出手段を設け、バルブタイミング制御周期等の要求に応じて回転位相の検出を行うようにすることで、低回転時においても制御上十分な頻度で回転位相を検出することが可能となる。

しかし、任意のタイミングで回転位相を検出可能とした場合には、通常、上記従来のものに比べて、その回転位相検出手段（検出素子）の出力特性等が経時で変化する可能性が高く、この出力特性等の変化（ずれ）によって、回転位相の検出精度、ひいては、バルブタイミング制御の精度が悪化してしまうという新たな問題が生じる。

10

【0005】

本発明は、このような課題に着目してなされたものであり、任意のタイミングで回転位相を検出できる回転位相検出手段の出力特性等が変化してしまった場合であっても、これを修正することにより、低回転時においても、常に高応答・高精度のバルブタイミング制御を実現できるようにすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

このため、請求項1に記載の発明は、内燃機関のクランクシャフトに対するカムシャフトの回転位相を変化させることで、吸気バルブ又は排気バルブの開閉タイミングを変化させる内燃機関のバルブタイミング制御装置であって、クランクシャフトの基準回転位置を検出するクランク角センサ及びカムシャフトの基準回転位置を検出するカムセンサの出力信号に基づいて、カムシャフトの回転周期毎に前記回転位相を検出できる第1回転位相検出手段と、カムシャフトの回転周期にかかわらず、前記回転位相を任意のタイミングで検出できる第2回転位相検出手段と、を備え、第1回転位相検出手段により検出した回転位相に基づいて、第2回転位相検出手段により検出した回転位相を補正する。

20

【0007】

かかる構成によると、その検出周期が機関回転に応じて変動するものの、従来から安定して正確に回転位相を検出できる第1回転位相検出手段によって検出した回転位相（第1回転位相）に基づいて、機関回転の影響を受けずに任意のタイミングで検出することが可能であるものの、その出力特性等が変化するおそれのある第2回転位相検出手段によって検出した回転位相（第2回転位相）を補正してバルブタイミング制御に用いることができる。つまり、第2回転位相検出手段の出力特性等が経時変化した場合であっても、第1回転位相検出手段により検出される第1回転位相が正しいものとして、この第1回転位相を基準に第2回転位相を修正し、これをバルブタイミング制御に用いることができるので、特に低回転時におけるバルブタイミング制御の精度を向上させることができる。

30

【0008】

請求項2に記載の発明は、第1回転位相検出手段により検出した回転位相を基準として、第2回転位相検出手段の検出した回転位相を補正するための補正值を学習する。

かかる構成によると、第2回転位相を修正するための補正值を学習するので、第2回転位相検出手段の出力特性が経時変化等した場合であっても、第2回転位相を修正するための補正值を、常に、精度良く設定することができる。

40

【0009】

請求項3に記載の発明は、前記第1回転位相検出手段又は前記第2回転位相検出手段の少なくとも一方により検出した回転位相の所定時間当たりの変化量が所定量以下であるときに、前記補正值の学習を行う。

かかる構成によると、例えば、検出した回転位相の前回値と今回値との差（制御時間当たりの変化量）があらかじめ設定した所定量以下であるとき（0に近いとき）に、すなわち、回転位相が所定時間（ほぼ）一定となっていることを条件に補正值の学習が行われることになる。これにより、適正な補正值の学習を安定して行うことができる。

【0010】

50

請求項 4 に記載の発明は、検出した機関温度が所定範囲内にあるときに前記補正值の学習を行う。

このようにすると、第 2 回転位相検出手段の温度特性の影響を抑制して、適正な補正值の学習を安定して行うことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

以下、本発明の実施の形態を図に基づいて説明する。

図 1 は、実施形態における車両用内燃機関の構成図である。この図 1 において、内燃機関 101 の吸気管 102 には、スロットルモータ 103a でスロットルバルブ 103b を開閉駆動する電子制御スロットル 104 が介装され、該電子制御スロットル 104 及び吸気バルブ 105 を介して、燃焼室 106 内に空気が吸入される。
10

【0012】

機関の各燃焼室には点火プラグ 133 が設けられており、これにより火花点火して混合気を着火燃焼させる。燃焼排気は燃焼室 106 から排気バルブ 107 を介して排出され、フロント触媒 108 及びリア触媒 109 で浄化された後、大気中に放出される。

前記吸気バルブ 105 及び排気バルブ 107 は、それぞれ吸気側カムシャフト 134、排気側カムシャフト 110 に設けられたカムによって開閉駆動されるが、吸気側カムシャフト 134 には、可変バルブタイミング機構 (VTC) 113 が設けられている。

【0013】

この VTC 113 は、クランクシャフト 120 に対する吸気側カムシャフト 134 の回転位相を変化させることで吸気バルブ 105 の開閉タイミングを変化させる機構であり、その詳細については後述する。
20

なお、本実施形態では吸気バルブ 105 側にのみ VTC 113 を備える構成としたが、吸気バルブ 105 側に代えて又は吸気バルブ 105 側と共に、排気バルブ 107 側に VTC 113 を備える構成であっても良い。

【0014】

また、各気筒の吸気ポート 130 には、電磁式の燃料噴射弁 131 が設けられ、該燃料噴射弁 131 は、エンジンコントロールユニット (ECU) 114 からの噴射パルス信号によって開弁駆動されると、所定圧力に調整された燃料を吸気バルブ 105 に向けて噴射する。
30

マイクロコンピュータを内蔵する ECU 114 には、各種センサからの検出信号 (出力信号) が入力され、該信号に基づく演算処理によって、前記電子制御スロットル 104、VTC 113 及び燃料噴射弁 131 等を制御する。

【0015】

前記各種センサとしては、アクセル開度を検出するアクセル開度センサ APS 116、機関 101 の吸入空気量 Q_a を検出するエアフローメータ 115、クランクシャフト 120 からクランク角 180° 每の基準回転位置で基準クランク角信号 R_E_F を取り出すと共に単位クランク角度毎の単位角度信号 P_O_S を取り出すクランク角センサ 117、スロットルバルブ 103b の開度 T_V_O を検出するスロットルセンサ 118、機関 101 の冷却水温度 T_w を検出する水温センサ 119、吸気側カムシャフト 134 からカム角 90° (クランク角 180°) 每の基準回転位置でカム信号 C_A_M を取り出すカムセンサ 132、燃焼室 106 内の燃焼圧力を検出する圧力センサ 135、バッテリ電圧 V_b を検出する電圧センサ 136 等が設けられている。なお、機関回転速度 N_e は、前記基準クランク角信号 R_E_F の周期、又は、単位時間当たりの単位角度信号 P_O_S の発生数に基づいて算出される。
40

【0016】

次に、前記 VTC 113 の構成を、図 2 ~ 図 9 に基づいて説明する。図 2 に示すように、本実施形態に係る VTC 113 は、前記吸気側カムシャフト (以下、単にカムシャフトという) 134 と、このカムシャフト 134 の前端部に相対回動できるように組み付けられ、タイミングチェーン (図示せず) を介してクランクシャフト 120 に連係されるタイ
50

ミングスプロケット 302 (駆動回転体) と、このタイミングスプロケット 302 とカムシャフト 134 の前方側 (図 2 において左側) に配置されて、カムシャフト 134 とタイミングスプロケット 302 との組付角を操作する組付角操作機構 304 と、この組付角操作機構 304 のさらに前方側に配置されて、同機構 304 を駆動する操作力付与手段 305 と、内燃機関の図外のシリンダヘッドとヘッドカバーの前面に跨って取り付けられて組付角操作機構 304 と操作力付与手段 305 の前面と周域を覆う図外の VTC カバーと、を備えている。なお、図 3 (及び図 5) は図 2 の A-A 断面に相当し、図 4 は図 2 の B-B 断面に相当する。

【0017】

タイミングスプロケット 302 は、段差状の挿通孔 306 を備えた短軸円筒状に形成され、外周には前記タイミングチェーンと噛み合う歯車部 303 を有している。そして、前記挿通孔 306 部分が、カムシャフト 134 の前端部に結合された従動軸部材 307 (従動回転体) に回転可能に組み付けられている。また、タイミングスプロケット 302 の前面 (カムシャフト 134 と逆側の面) には、図 3 に示すように、対面する平行な側壁を有する 3 個の径方向溝 308 (径方向ガイド) がタイミングスプロケット 302 のほぼ半径方向に沿うように形成されている。

【0018】

従動軸部材 307 は、図 2 に示すように、軸芯部を貫通するボルト 310 によってカムシャフト 134 に結合されている。また、カムシャフト 134 の前端部に突き合される基部側外周に拡径部 307a が形成されると共に、その拡径部よりも前方側の外周面に放射状に突出する三つのレバー (突起部) 309 が一体に形成されている。

各突起部 309 には、三つのリンク 311 の基端がピン 312 によって回転可能に連結される。前記各リンク 311 の先端には、前記各径方向溝 308 に摺動自由に係合する円柱状の突出部 313 が一体に形成されている。

【0019】

前記各リンク 311 は、各突出部 313 が対応する径方向溝 308 に係合した状態において、ピン 312 を介して従動軸部材 307 に連結されているため、リンク 311 の先端側が外力を受けて径方向溝 308 に沿って変位すると、タイミングスプロケット 302 と従動軸部材 307 とは、リンク 311 の作用によって相対回動する。

また、各リンク 311 の先端部には、軸方向前方側に開口する収容穴 314 が形成されている。この収容穴 314 には、後述する渦巻き溝 315 (渦巻き状ガイド) に係合する球面突起 316a を有する係合ピン 316 (転動部材) と、この係合ピン 316 を前方側 (渦巻き溝 315 側) に付勢するコイルばね 317 とが収容されている。

【0020】

一方、従動軸部材 307 の突起部 309 よりも前方側には、フランジ部 318a を有する円板状の中間回転体 318 が、軸受 329 を介して回転自在に支持されている。

この中間回転体 318 の後方側 (カムシャフト 134 側) には、断面半円状の前述の渦巻き溝 315 が形成され、この渦巻き溝 315 に、前記各リンク 311 の先端の係合ピン 316 が転動自在に係合されている。

【0021】

渦巻き溝 315 は、タイミングスプロケット 302 の回転方向に沿って次第に縮径するように形成されている。

従って、各リンク 311 の先端の係合ピン 316 が渦巻き溝 315 に係合した状態において、中間回転体 318 がタイミングスプロケット 302 に対して遅れ方向に相対回転すると、各リンク 311 の先端部は、径方向溝 308 に案内されつつ、渦巻き溝 315 の渦巻き形状に誘導されて半径方向内側に移動する。逆に、中間回転体 318 が進み方向に相対変位すると、半径方向外側に移動する。

【0022】

前記組付角操作機構 304 は、前記タイミングスプロケット 302 の径方向溝 308 、リンク 311 、突出部 313 、係合ピン 316 、突起部 309 、中間回転体 318 、渦巻

10

20

30

40

50

き溝 315 等によって構成されている。

そして、前記操作力付与手段 305 から中間回転体 318 に対して回動操作力が入力されると、渦巻き溝 315 と係合ピン 316 との係合部を通して、リンク 311 の先端を径方向に変位させ、リンク 311 と突起部 309 との作用によって、タイミングスプロケット 302 と従動軸部材 307 (従って、カムシャフト 134) との組付角を変化させる回動力として伝達する。

【0023】

操作力付与手段 305 は、中間回転体 318 をタイミングスプロケット 302 の回転方向に付勢するゼンマイばね 319 と、中間回転体 318 をタイミングスプロケット 302 の回転方向とは逆方向に回動させる制動力を発生するヒステリシスブレーキ 320 と、を備えている。そして、ECU 114 が、内燃機関 101 の運転状態に応じてヒステリシスブレーキ 320 の制動力を制御することにより、中間回転体 318 をタイミングスプロケット 302 に対して相対回転させ、その回転位置を維持できるようになっている。

【0024】

ゼンマイばね 319 は、タイミングスプロケット 302 に一体に取り付けられた円筒部材 321 にその外周端部が結合される一方で、内周端部が中間回転体 318 の円筒状の基部に結合され、全体が中間回転体 318 のフランジ壁 318a の前方側スペースに配置されている。

ヒステリシスブレーキ 320 は、中間回転体 318 の前端部にリテナプレート 322 を介して取り付けられた有底円筒状のヒステリシスリング 323 と、非回転部材である図外のVTCカバーに回転を規制した状態で取り付けられた磁界制御手段としての電磁コイル 324 と、電磁コイル 324 の磁気を誘導する磁気誘導部材であるコイルヨーク 325 と、を備える。そして、ECU 114 が、内燃機関 101 の運転状態に応じて前記電磁コイル 324 への通電を制御する。具体的には、ECU 114 は、電磁コイル 324 に対する通電量を、ディザ信号が重畠されたデューティ制御信号に基づいて制御する。

【0025】

ヒステリシスリング 323 は、図 6 に示すように、外部の磁界の変化に対して位相遅れをもって磁束力が変化する特性(磁気的ヒステリシス特性)を持つヒステリシス材(半硬質材)によって形成され、外周側の円筒部(壁) 323a が前記コイルヨーク 325 によって制動作用を受けるようになっている。

コイルヨーク 325 は、電磁コイル 324 を取り囲むように全体が略円筒形状に形成され、その外周面が図外のシリンダヘッドに固定されている。また、コイルヨーク 325 の内周面は、軸受 328 を介して従動軸部材 307 の先端部に回転可能に支持されている。

【0026】

そして、コイルヨーク 315 の後部面側(中間回転体 318 側)には、所定の隙間を有して向かい合う一対の対向面 326、327 が形成されている。

コイルヨーク 325 の両対向面 326、327 には、図 4 に示すように、夫々円周方向に沿って複数の凹凸が連続して形成され、これらの凹凸のうち凸部 326a、327a が磁極(磁界発生部)を構成している。

【0027】

そして、一方の対向面 326 の凸部 326a と他方の対向面 327 の凸部 327a とは円周方向に交互に配置され、対向面 326、327 相互の近接する凸部 326a、327a がすべて円周方向にずれている。

従って、両対向面 326、327 の近接する凸部 326a、327a 間には、電磁コイル 24 の励磁によって円周方向に傾きをもった向きの磁界が発生する(図 7 参照)。なお、前記ヒステリシスリング 323 の円筒部(壁) 323a は、両対向面 326、327 間の隙間に非接触状態で介装されている。

【0028】

ここで、このヒステリシスブレーキ 320 の作動原理を図 8 により説明する。図 8 (a) はヒステリシスリング 323 (ヒステリシス材) に最初に磁界をかけた状態を示し、図

10

20

30

40

50

8 (b) は上記 (a) の状態からヒステリシスリング 323 を変位 (回転) させた状態を示す。

図 8 (a) の状態においては、コイルヨーク 325 の両対向面 326、327 間における磁界の向き (対向面 327 の凸部 327a から他方の対向面 326 の凸部 326a に向かう磁界の向き) に沿うようにヒステリシスリング 323 内に磁束の流れが生じる。

【 0029 】

この状態からヒステリシスリング 323 が、外力 F1 を受けて図 8 (b) に示す状態に移動すると、外部磁界内をヒステリシスリング 323 が変位することとなるため、このときヒステリシスリング 323 の内部の磁束は位相遅れをもち、ヒステリシスリング 323 内部の磁束の向きは、対向面 326、327 間の磁界の向きに対してずれる (傾斜する) こととなる。10

【 0030 】

従って、対向面 327 の凸部 327a からヒステリシスリング 323 に入る磁束の流れ (磁力線) と、ヒステリシスリング 323 から他方の対向面 326 の凸部 326a に向かう磁束の流れ (磁力線) が歪められ、このとき、この磁束の流れの歪みを矯正するような引き合い力が対向面 326、327 とヒステリシスリング 323 との間に作用し、その引き合い力がヒステリシスリング 323 を制動する抗力 F2 として働く。

【 0031 】

つまり、ヒステリシスブレーキ 320 は、以上説明したように、ヒステリシスリング 323 が対向面 326、327 間の磁界内を変位するときに、ヒステリシスリング 323 内部の磁束の向きと磁界の向きのずれによって制動力を発生するものである。そして、その制動力は、ヒステリシスリング 323 の回転速度 (対向面 326、327 とヒステリシスリング 323 の相対速度) に関係なく、磁界の強さ、即ち、電磁コイル 324 の励磁電流の大きさに略比例した一定の値となる。20

【 0032 】

なお、図 9 は、ヒステリシスブレーキ 320 における回転速度と制動トルクの関係を、励磁電流を a ~ d (a < b < c < d) に変化させて調べた試験結果である。この試験結果から明らかかなように、このヒステリシスブレーキ 320 よれば、回転速度の影響を受けることがなく、常に励磁電流値に応じた制動力を得ることができる。

本実施形態に係る VTC113 は以上のような構成となっており、機関回転中 (例えは、停止前のアイドル運転中) にヒステリシスブレーキ 320 の電磁コイル 324 の励磁がオフされると、ゼンマイばね 319 の力によって中間回転体 318 がタイミングスプロケット 302 に対して機関回転方向に最大に回転される (図 3 参照)。これにより、クランクシャフト 120 に対するカムシャフト 134 の回転位相はバルブタイミングが最も遅れる最遅角側 (吸気バルブ 105 のバルブタイミングは最遅角タイミング) に維持される。30

【 0033 】

この状態から前記回転位相を最進角側に変更すべき指令が前記 ECU114 から発されると、ヒステリシスブレーキ 320 の電磁コイル 324 の励磁がオンにされて、ゼンマイばね 319 の力に抗する制動力が中間回転体 318 に付与される。これにより、中間回転体 318 がタイミングスプロケット 302 に対して回転移動し、それによってリンク 311 の先端の係合ピン 316 が渦巻き溝 315 に誘導されてリンク 311 の先端部が径方向溝 308 に沿って変位し、図 5 に示すように、リンク 311 の作用によってタイミングスプロケット 302 と從動軸部材 307 の組付角が最進角側に変更される。この結果、回転位相はバルブタイミングが最も進む最進角側 (吸気バルブ 105 のバルブタイミングは最進角タイミング) に変更される。40

【 0034 】

一方、この状態 (最進角側) から前記回転位相を最遅角側に変更すべき指令が前記 ECU114 から発されると、ヒステリシスブレーキ 320 の電磁コイル 324 の励磁がオフにされ、再度ゼンマイばね 319 の力によって中間回転体 318 が戻す方向に回転移動する。すると、渦巻き溝 315 による係合ピン 316 の誘導によってリンク 311 が上記と50

逆方向に揺動し、図3に示すように、そのリンク311の作用によってタイミングスプロケット302と従動軸部材307の組付角が再度最遅角側に変更される。

【0035】

なお、このVTC113によって変更される（クランクシャフトに対するカムシャフト134の）回転位相は、以上説明した最遅角と最進角の二種の位相ばかりでなく、ヒステリシスブレーキ320の制動力の制御によって任意の位相に変更することができ、ゼンマイばね319の力とヒステリシスブレーキ320の制動力のバランスによってその位相を保持することもできる。

【0036】

また、本実施形態に係るVTC113は、図10に示すように、カムシャフト134と共に回転する回転体401と、この回転体401の外周に近接配置された電磁式のギャップセンサ402とを備えている。

回転体401は直接又は他の部材を介して間接的にカムシャフト134に固定されており、その外周は、図10に示すように、カムシャフト134の中心からの距離が周方向で徐々に変化するよう形成されている。ギャップセンサ402は、カムシャフト134と回転に伴って変化する回転体401の外周とのギャップGpに応じた信号（電圧）をECU114に出力する。なお、回転体401は、吸気側カムシャフト134と共に回転するよう設けられていれば、その固定方法や固定位置等は問わず、また、ギャップセンサ402は、回転体401の外周とのギャップGpに応じた信号を連続的に出力できればその方式は問わない。

【0037】

ここで、ギャップセンサ402からの出力は、図11に示すように、回転体401の外周とのギャップに対してほぼ正比例の関係にあり、また、ギャップとカムシャフト134の回転角度とは1対1で対応するため、ギャップセンサ402の出力とカムシャフト134の回転角度とは、図12に示すように、ほぼ正比例の関係となる。従って、ECU114は、ギャップセンサ402からの出力信号に基づいて瞬時に（任意のタイミングで）カムシャフト134の回転角度を検出することができ、この検出した回転角度とクランク角センサ117から出力信号に基づくクランクシャフト120の回転角度とにより、クランクシャフト120に対するカムシャフト134の回転位相を検出できる。

【0038】

すなわち、本実施形態におけるECU114は、（1）クランク角センサ117及びカムセンサ132の出力信号に基づいて、吸気側カムシャフト134の回転周期毎に、クランクシャフト120に対する吸気側カムシャフト134の回転位相（吸気バルブ105のバルブタイミング）を検出できる（第1回転位相検出手段）と共に、（2）クランク角センサ117及びギャップセンサ402の出力信号に基づいて、任意のタイミングで連続的に前記回転位相（吸気バルブ105のバルブタイミング）を検出できる（第2回転位相検出手段）。

【0039】

具体的には、第1回転位相検出手段は、基準クランク角信号REFの発生からカム信号CAMの発生までの単位角度信号POSをカウントする（時間を計測する）ことで前記回転位相を検出（算出）し（図13～図15参照）、第2回転位相検出手段は、ギャップセンサ402の出力信号に基づいて検出した吸気側カムシャフト134の回転角度と、基準クランク角信号REFの発生から吸気側カムシャフト134の回転角度検出までの単位角度信号POSをカウントする（時間を計測する）ことで検出したクランクシャフト120の回転角度とから前記回転位相を検出（算出）する（図12参照）。

【0040】

なお、クランクシャフト120側にも中心からの距離が周方向で徐々に変化する回転体とギャップセンサを設け、該ギャップセンサと上記カムシャフト134側のギャップセンサ402との出力信号に基づいて回転位相を検出するように構成してもよい

そこで、本実施形態においては、前記第1回転位相検出による回転位相の検出周期（す

10

20

30

40

50

なわち、カムシャフト 134 の回転周期) がバルブタイミング制御周期よりも長くなる低回転時には、前記第2回転位相検出手段により検出した回転位相が所定の目標回転位相となるように VTC113 を制御することで、バルブタイミング制御周期に対して回転位相検出周期が長くなることで生じる不都合(制御性の悪化)を回避して、高応答・高精度なバルブタイミング制御を実現する。

【0041】

一方、上記のような不都合がない中・高回転時には、前記第1回転位相検出手段により検出した回転位相が所定の目標回転位相となるように VTC113 を制御することで、安定したバルブタイミング制御を実現するようにしている。

ここで、本実施形態において、ECU114 によって実行されるバルブタイミング(回転位相)制御について説明する。

【0042】

図13～15は、クランク角センサ及びカムセンサの出力信号に基づいて、すなわち、第1回転位相検出手段により回転位相(以下、これを第1回転位相 det1 という)を検出するフローチャートである。

図13は、単位角度信号 POS のカウント値 CPOS のリセット処理を行うフローチャートであり、クランク角センサ 117 から基準クランク信号 REF が出力されると実行される。S11 では、クランク角センサ 117 からの単位角度信号 POS のカウント値 CPOS を 0 とする。

【0043】

図14は、単位角度信号 POS のカウント値 CPOS のカウントアップ処理を行うフローチャートであり、クランク角センサ 117 から単位角度信号 POS が出力されると実行される。S21 では、カウント値 CPOS を 1 アップする。

以上の図13、14のフローにより、前記カウント値 CPOS は基準クランク角信号 REF の発生時に 0 にリセットされ、その後の単位角度信号 POS の発生数を計数した値となる。

【0044】

図15は、第1回転位相 det1 を検出するフローチャートであり、カムセンサ 132 からカム信号 CAM が出力されると実行される。

S31 では、基準クランク角信号 REF の発生からカム信号 CAM の発生までの前記カウント値 CPOS を読み込む。

S32 では、読み込んだカウント値 CPOS に基づいて第1回転位相 det1 を検出する。つまり、第1回転位相検出手段では、カム信号 CAM が出力される毎(クランク角 180° 毎)に、クランクシャフト 120 に対するカムシャフト 134 の回転位相(第1回転位相) det1 が検出されることになる。

【0045】

図16は、本実施形態に係るバルブタイミング(回転位相)制御のフローチャートであり、キースイッチが ON されると開始され、所定時間(例えば、10ms)毎に実行される。

S41 では、機関回転速度 Ne、吸入空気量 Qa、冷却水温度 Tw 等の機関運転状態を読み込む。

【0046】

S42 では、読み込んだ機関運転状態に基づいて目標回転位相(目標バルブタイミング) tg を設定する。

S43 では、機関回転速度 Ne が予め設定した所定回転速度 Ns 以上であるか否かを判定する。Ne > Ns であれば S44 に進み、前記図13～図15により検出した、すなわち、前記第1回転位相検出手段により検出した第1回転位相 det1(最新値)を読み込む。一方、Ne < Ns であれば S45 に進む。なお、前記所定回転速度 Ns は、前記第1回転位相検出手段による回転位相の検出周期が本フローの実行周期(バルブタイミング制御周期)よりも長くなる回転速度である。

10

20

30

40

50

【0047】

S45では、クランク角センサ117及びギャップセンサ402の出力信号に基づいて、すなわち、前記第2回転位相検出手段により回転位相（以下、これを第2回転位相det2という）を検出する。

S46では、検出した第2回転位相det2を、図に示すような補正テーブルを用いて補正する（det2 det2N）。かかる補正テーブルは、後述するように、所定の条件を満たした際にその内容が更新される（図17～図21参照）。

【0048】

S47では、S42で設定した目標回転位相tgと、S44で読み込んだ第1回転位相det1又はS46で補正した第2回転位相det2Nに基づいて、VTC11103の操作量（フィードバック操作量）UをPID制御等によって算出する。

S48では、算出した操作量UをVTC113に出力して本フローを終了する。

ところで、前記第2回転位相検出手段は、カムシャフト134の回転周期にかかわらず、任意のタイミングで回転位相（第2回転位相det1）を検出することができるが、ギャップセンサ402が回転体401の外周とのギャップに応じた信号を出力する構成であるため、ギャップGp自体やギャップGpに対する出力電圧が長期使用等によって変化してしまう場合もあり得る。このような場合には、第2回転位相検出手段による回転位相の検出が精度よく行えず、低回転時におけるバルブタイミング制御の制御性が悪化してしまうため、これを是正する必要がある。

【0049】

一方、第1回転位相検出手段により検出する第1回転位相det1は、低回転時にはその検出周期が長くなってしまうものの、その検出時には安定かつ正確な回転位相の検出が可能であることが従来から確認されており、検出誤差や特性変動が生じ難い。

そこで、本実施形態では、上述したように、低回転時には、補正テーブルを用いて第2回転位相det2を補正し、この補正後の第2回転位相det2Nに基づいてバルブタイミング制御を行う。ここで、かかる補正テーブルは、第1回転位相det1が正しいものとして更新され、ギャップセンサ402の出力特性の変化等による第2回転位相det2のズレを修正するものである。

【0050】

以下、補正テーブルの更新制御（すなわち、補正值の学習制御）について説明する。

図17は、補正テーブルの更新制御（1）を示すフローチャートであり、カムセンサ132からカム信号CAMが出力されると実行される。このフローでは、上記補正テーブルにおいて、予め分けられた領域の出力格子に対応する入力値を更新する。

S51では、第1回転位相det1、第2回転位相det2を読み込む。

【0051】

S52では、回転位相の前回値(-1)からの変化量が予め設定した所定量s(0)以下であるか否かを判定する。なお、かかる判定は、第1回転位相det1、第2回転位相det2のいずれを用いて行ってもよい。sであれば、VTC113が所定の回転位相を保持している（回転位相が変化していない）としてS53に進み、>sであればS60に進む。

【0052】

S53では、冷却水温度（機関温度）Twが予め定めた所定範囲内(Tw1 Tw Tw2)であるか否かを判定する。かかる判定を行うのは、ギャップセンサ402の温度特性を考慮したものである。冷却水温度Twが所定範囲内であればS54に進み、それ以外であればS60に進む。

S54では、機関回転速度Neが予め定めた所定範囲内(Ne1 Ne Ne2)であるか否かを判定する。かかる判定を行うのは、機関回転速度Neの影響を排除するためである。機関回転速度Neが所定範囲内であればS55に進み、それ以外であればS60に進む。

【0053】

10

20

30

40

50

S 5 5 では、カウント値 C N T を 1 だけカウントアップする (C N T → C N T + 1)。このカウント値 C N T は、S 5 2 ~ S 5 4 の条件が全て成立してからの経過時間を示す。

S 5 6 では、カウントアップしたカウント値 C N T が予め設定した所定の値 C N T 1 に達したか否かを判定する。所定の値 C N T 1 に達していれば、全ての条件が成立してから所定時間経過したとして S 5 7 に進み、達していなければ S 5 2 に戻る。

【 0 0 5 4 】

S 5 7 では、読み込んだ第 1 回転位相 d e t 1 、第 2 回転位相 d e t 2 を、それぞれ前記補正テーブルにおける出力 x 、入力 x に設定する。ここでは、設定された出力 x 、入力 x が、区分けされた補正テーブルの N 領域に属するものとする。

S 5 8 では、N 領域の隣の領域 (N + 1 領域又は N - 1 領域) のいずれかで、すでに第 1 回転位相 d e t 1 、第 2 回転位相 d e t 2 が出力 x 、入力 y に設定されているか否かを判定する。設定されていれば S 5 9 に進み、そうでなければ S 6 0 に進む。

【 0 0 5 5 】

S 5 9 では、入出力設定済み領域間の出力格子に対応する入力値 x を算出し、更新する。例えば、図 1 8 に示すように、N 領域では出力 x 、入力 x が、N + 1 領域では出力 y 、入力 y が設定されている場合には、その間の出力格子 A n に対応する入力値 (補正テーブル値) を次式 (直線補間) により算出し、更新する。

$$= x + \{ (y - x) / (y - x) \} * (A n - x)$$

S 6 0 では、カウント値 C N T をクリアして本フローを終了する。

【 0 0 5 6 】

このように、第 2 回転位相 d e t 2 を補正するための補正テーブル (補正值) が第 1 回転位相 d e t 1 を基準に修正 (学習) され、この補正テーブルを用いて第 2 回転位相 d e t 2 を補正することで、ギャップセンサ 4 0 2 の出力特性の変化に対応して第 2 回転位相 d e t 2 のそれを修正することができる。

なお、以上では、補正テーブルにおける各出力格子 (A 1 、 A 2 、 … 、 A n - 1 、 A n 、 A n + 1 、 …) に対応する入力値のみを更新するようにしているが、図 1 9 に示すように、第 1 回転位相 d e t 1 、第 2 回転位相 d e t 2 を該当する領域 (N 領域) の補正テーブル値 (入力 n = d e t 2 、出力 n = d e t 1) として、入力値、出力値共に更新するようにしてもよい。このようにしても、第 1 回転位相 d e t 1 を基準に第 2 回転位相 d e t 2 を補正するための補正テーブル (補正值) が修正 (学習) される。

【 0 0 5 7 】

図 2 0 は、補正テーブルの更新制御 (2) を示すフローチャートであり、カムセンサ 1 3 2 からカム信号 C A M が出力されると実行される。このフローでは、上記補正テーブルにおいて、回転位相が最遅角側にあるときの入力値 (最遅角位置に対応する入力値) を更新する。

S 6 1 では、第 1 回転位相 d e t 1 、第 2 回転位相 d e t 2 を読み込む。

【 0 0 5 8 】

S 6 2 では、目標回転位相 t g が最遅角位置となっているか否かを判定する。最遅角位置となつていれば S 6 3 に進み、それ以外のときは S 7 0 に進む。

S 6 3 では、V T C 1 1 3 に最遅角用の操作量が出力されているか (例えば、d u t y = 0 であるか) 否かを判定する。最遅角用の操作量が出力されていれば S 6 4 に進み、それ以外のときは S 7 0 に進む。

【 0 0 5 9 】

S 6 4 ~ S 6 8 までは、図 1 8 の S 5 2 ~ S 5 6 と同様であるので説明を省略する。なお、本フローにおいて、回転位相の変化量が所定値以下であるということは、回転位相が最遅角側に制御されていることを意味し、また、カウント値 C N T は S 6 2 ~ S 6 6 の条件が全て成立してからの経過時間を示すことになる。そして、S 6 8 において、カウント値 C N T が所定の値 C N T 1 に達していれば S 6 9 に進み、達していなければ S 6 2 に戻る。

【 0 0 6 0 】

10

20

30

40

50

S 6 9 では、読み込んだ第 2 回転位相 $d_{e t 2}$ を補正テーブルの最遅角位置（出力値）に相当する入力値として更新する。

S 7 0 では、カウント値 C N T をクリアして（ C N T = 0 ）、本フローを終了する。

これにより、最遅角位置に対応する入力値（補正テーブル値）が、ホール素子の出力特性の変化に応じて修正（更新）される。

【 0 0 6 1 】

図 2 1 は、補正テーブルの更新制御（ 3 ）を示すフローチャートであり、カムセンサ 1 3 2 からカム信号 C A M が出力されると実行される。このフローでは、上記補正テーブルにおいて、回転位相が最進角側にあるときの入力値（最進角位置に対応する入力値）を更新する。

このフローは、 S 7 2 で目標回転位相 t_g が最進角位置となっているか否かを判定すること、 S 7 3 で V T C 1 1 3 に最進角用の操作量が出力されているか否かを判定すること、及び、 S 7 9 で読み込んだ第 2 回転位相 $d_{e t 2}$ を補正テーブルの最進角位置（出力値）に対応する入力値として更新することが上記図 2 0 のフローと相違しており、これにより、最進角位置に対応する入力値（補正テーブル値）が、ホール素子の出力特性の変化に応じて修正（更新）される。なお、その他のステップについては図 2 0 と同じであるのでその説明は省略する。

【 0 0 6 2 】

そして、以上の補正テーブルの更新制御（ 1 ）～（ 3 ）が繰り返されることで各出力格子、最遅角位置及び最進角位置に対応する入力値（補正テーブル値）が更新され、第 2 回転位相 $d_{e t 2}$ を補正するための補正テーブル（補正值）がギャップセンサ 4 0 2 の出力特性等の変化に応じて修正されることになるから、ギャップセンサ 4 0 2 の出力特性が経時変化等した場合であっても、この補正テーブルを用いて第 2 回転位相（検出値） $d_{e t 2}$ を補正し、補正後の値（ $d_{e t 2 N}$ ）に基づいてバルブタイミング制御を実行することで低回転時におけるバルブタイミング制御の精度を高く維持することができる。

【 0 0 6 3 】

ところで、上記実施形態では、吸気バルブ 1 0 5 の実際のバルブタイミング（実回転位相） $d_{e t}$ を任意のタイミングで連続的に検出する第 2 回転位相検出手段として、クランク角センサ 1 1 7 及びギャップセンサ 4 0 2 を用いているが、これに限られるものではない。例えば、上記 V T C （以下、「第 1 V T C」という） 1 1 3 に対して以下のように構成した V T C （以下、「第 2 V T C」という） 2 1 3 を用いることで、吸気バルブ 1 0 5 の実際のバルブタイミング（実回転位相） $d_{e t}$ を任意のタイミングで連続的に検出するようにしてもよい。

【 0 0 6 4 】

以下、第 2 V T C 2 1 3 の構成を、図 2 2 ～図 2 9 を参照して説明する。

なお、この第 2 V T C 2 1 3 も、ゼンマイばねの力とヒステリシスブレーキの制動力とによって位相を変更・保持するものであり、上述した第 1 V T C 1 1 3 と同一又は類似する構成要素を有しているが、便宜上、全構成について説明する。なお、第 1 V T C 1 1 3 では各構成要素の符号として 3 0 0 番台を用いるのに対して、第 2 V T C 2 1 3 では 5 0 0 番台を用いる。

【 0 0 6 5 】

第 2 V T C 2 1 3 は、図 2 2 に示すように、カムシャフト 1 3 4 の前端部に相対回動できるように組み付けられ、タイミングチェーン（図示せず）を介してクランクシャフト 1 2 0 に連係されるタイミングスプロケット 5 0 2 と、このタイミングスプロケット 5 0 2 の内周側に配置されて、タイミングスプロケット 5 0 2 とカムシャフト 1 3 4 との組付角を操作する組付角操作機構 5 0 4 と、この組付角操作機構 5 0 4 よりもカムシャフト 1 3 4 よりの後方側に配置されて、該組付角操作機構 5 0 4 を駆動する操作力付与手段 5 0 5 と、前記タイミングスプロケット 5 0 2 に対するカムシャフト 1 3 4 の相対回転変位角（回転位相）を検出する相対変位検出手段 5 0 6 と、シリンダヘッドのヘッドカバーに取り付けられて、前記組付角操作機構 5 0 4 及び相対変位検出手段 5 0 6 の前面を覆う V T C

10

20

30

40

50

カバー 5 3 2 とを備えている。

【 0 0 6 6 】

ここで、図 2 と図 2 2 とを比較すれば明らかのように、第 1 V T C 1 1 3 と第 2 V T C 2 1 3 とは、概して次の点において相違している。

まず、第 2 V T C 2 1 3 では、操作力付与手段 5 0 5 が組付角操作機構 5 0 4 のカムシャフト 1 3 4 側に配置されていることである。従って、第 2 V T C 2 1 3 の組付角操作機構 5 0 4 及び操作力付与手段 5 0 5 の構成要素の配置は、V T C 1 1 3 の組付角操作機構 3 0 4 及び操作力付与手段 3 0 5 の構成要素の配置と、図で見て左右逆転している（もちろん、この相違に伴う変更等もある）。

【 0 0 6 7 】

次に、タイミングスプロケット 5 0 2 に対するカムシャフト 1 3 4 の相対変位角を検出する相対変位角検出手段 5 0 6 が設けられていることである。この相対変位角検出手段 5 0 6 が前記第 2 回転位相検出手段に相当し、吸気バルブ 1 0 5 の実際のバルブタイミング（実回転位相）¹⁰ *de t* を任意のタイミングで連続的に検出する。従って、第 2 V T C 2 1 3 においては、第 1 V T C 1 1 3 における回転体 4 0 1 及びギャップセンサ 4 0 2 は不要となる。

【 0 0 6 8 】

第 2 V T C 2 1 3 において、前記カムシャフト 1 3 4 の端部には、従動軸部材 5 0 7 がカムボルト 5 1 0 によって固定されている。

前記従動軸部材 5 0 7 には、フランジ 5 0 7 a が一体に設けられている。

前記タイミングスプロケット 5 0 2 は、前記タイミングチェーンが噛み合う歯車部 5 0 3 が形成された大径の円筒部 5 0 2 a と、小径の円筒部 5 0 2 b と、前記円筒部 5 0 2 a と円筒部 5 0 2 b との間を連結する円板部 5 0 2 c とから構成される。

【 0 0 6 9 】

前記円筒部 5 0 2 b は、前記従動軸部材 5 0 7 のフランジ 5 0 7 a に対してボールベアリング 5 3 0 によって回転可能に組み付けられている。

前記円板部 5 0 2 c の円筒部 5 0 2 b 側の面には、図 2 3 ~ 図 2 5 (図 2 2 の A - A 断面に相当する) に示すように、三つ溝 5 0 8 がタイミングスプロケット 5 0 2 の半径方向に沿って放射状に形成されている。

【 0 0 7 0 】

また、前記従動軸部材 5 0 7 のフランジ部 5 0 7 a のカムシャフト 1 3 4 側端面には、径方向に放射状に突出する 3 つの突起部 5 0 9 が一体に形成されている。

各突起部 5 0 9 には、3 つのリンク 5 1 1 の基端がそれぞれピン 5 1 2 によって回転可能に連結される。

前記各リンク 5 1 1 の先端には、前記各溝 5 0 8 に摺動自在に係合する円柱状の突出部 5 1 3 が一体に形成されている。

【 0 0 7 1 】

前記各リンク 5 1 1 は、各突出部 5 1 3 が対応する溝 5 0 8 に係合した状態において、ピン 5 1 2 を介して前記従動軸部材 5 0 7 に連結されているため、リンク 5 1 1 の先端側が外力を受けて溝 5 0 8 に沿って変位すると、タイミングスプロケット 5 0 2 と従動軸部材 5 0 7 とは、各リンク 5 1 1 の作用によって相対的に回動する。

また、前記各リンク 5 1 1 の突出部 5 1 3 には、カムシャフト 1 3 4 側に向けて開口する収容穴 5 1 4 が形成される。

【 0 0 7 2 】

前記収容穴 5 1 4 には、後述する渦巻き溝 5 1 5 に係合する係合ピン 5 1 6 と、この係合ピン 5 1 6 を前記渦巻き溝 5 1 5 側に向けて付勢するコイルばね 5 1 7 とが収容されている。

一方、前記突起部 5 0 9 よりもカムシャフト 1 3 4 側の従動軸部材 5 0 7 には、円板状の中間回転体 5 1 8 が軸受 5 2 9 を介して回転自在に支持されている。

【 0 0 7 3 】

10

20

30

40

50

この中間回転体 518 の端面（突起部 509 側）には、渦巻き溝 515 が形成され、この渦巻き溝 515 に、前記各リンク 511 の先端の係合ピン 516 が係合される。

前記渦巻き溝 515 は、タイミングスプロケット 502 の回転方向に沿って次第に縮径するように形成されている。

従って、各係合ピン 516 が渦巻き溝 515 に係合した状態において、中間回転体 518 がタイミングスプロケット 502 に対して遅れ方向に相対変位すると、各リンク 511 の先端部は、溝 508 に案内されつつ渦巻き溝 515 に誘導されて半径方向内側に向けて移動する。

【0074】

逆に、中間回転体 518 がタイミングスプロケット 502 に対して進み方向に相対変位すると、各リンク 511 の先端部は半径方向外側に向けて移動する。

前記組付角操作手段 504 は、前記タイミングスプロケット 502 の溝 508、リンク 511、突出部 513、係合ピン 516、中間回転体 518、渦巻き溝 515 等によって構成されている。

【0075】

前記操作力付与手段 505 から中間回転体 518 に対して回動操作力が入力されると、リンク 511 の先端が径方向に変位し、該変位がリンク 511 を介してタイミングスプロケット 502 と従動軸部材 507 との相対変位角を変化させる回動力として伝達される。

前記操作力付与手段 505 は、中間回転体 518 をタイミングスプロケット 502 の回転方向に付勢するゼンマイばね 519 と、中間回転体 518 をタイミングスプロケット 502 の回転方向とは逆方向に回動させる制動力を発生するヒステリシスブレーキ 520 を備える。

【0076】

ここで、前記 ECU 114 が、内燃機関 101 の運転状態に応じてヒステリシスブレーキ 520 の制動力を制御することにより、ゼンマイばね 519 の付勢力と前記ヒステリシスブレーキ 520 の制動力とがバランスする位置にまで、中間回転体 518 をタイミングスプロケット 502 に対して相対回転させることができるようになっている。

前記ゼンマイばね 519 は、図 26 に示すように、前記タイミングスプロケット 502 の円筒部 502a 内に配置され、その外周端部 519a が円筒部 502a の内周に係合され、内周端部 519b が中間回転体 518 の基部 518a の係合溝 518b に係合されている。

【0077】

前記ヒステリシスブレーキ 520 は、ヒステリシスリング 523 と、磁界制御手段としての電磁コイル 524 と、該電磁コイル 524 の磁気を誘導するコイルヨーク 525 を備える。

前記ヒステリシスリング 523 は、前記中間回転体 518 の後端部に対して、リテナプレート 522、及び、該リテナプレート 522 の後端面に一体に設けられた突起 522a を介して取り付けられる。

【0078】

前記電磁コイル 524 への通電（励磁電流）は、機関の運転状態に応じて ECU 114 が制御する。

前記ヒステリシスリング 523 は、円筒部 523a と、この円筒部 523a がビス 523c によって結合される円板状の基部 523b とから構成される。

前記基部 523a は、円周方向の等間隔位置に設けられたブッシュ 521 内に前記各突起 522a が圧入されることによって、リテナプレート 522 に対して結合されるようになっている。

【0079】

また、前記ヒステリシスリング 523 は、外部の磁界変化に対して位相遅れをもって磁束が変化する特性をもつ材料によって形成され（第 1 VTC と同様であり、図 6 参照）、前記円筒部 523a が前記コイルヨーク 525 によって制動作用を受けるようになっている。

10

20

30

40

50

る。

前記コイルヨーク 525 は、電磁コイル 524 を取り囲むように形成され、外周面が図外のシリンダヘッドに固定されている。

【0080】

また、前記コイルヨーク 525 の内周側は、ニードル軸受 528 を介してカムシャフト 134 を回転自在に支持していると共に、ボールベアリング 531 によって前記ヒステリシスリング 523 の基部 523a 側を回転自在に支持している。

そして、前記コイルヨーク 525 の中間回転体 518 側には、環状の隙間を介して向かい合う一対の対向面 526、527 が形成されている。

【0081】

前記対向面 526、527 には、磁界発生部を構成する複数の凸部 526a、527a が周方向に沿って等間隔に形成されている（第1VTC と同様であり、図4参照）。

そして、一方の対向面 526 の凸部 526a と他方の対向面 527 の凸部 527a とは円周方向に交互に配置され、対向面 526、527 相互の近接する凸部 526a、527a がすべて円周方向にずれている。

【0082】

従って、両対向面 526、527 の近接する凸部 526a、527a 間には、電磁コイル 524 の励磁によって円周方向に傾きをもった向きの磁界が発生する（第1VTC と同様であり、図7、図8参照）。

そして、両対向面 526、527 間の隙間には、前記ヒステリシスリング 523 の円筒部 523a が非接触状態で介装されている。

【0083】

前記ヒステリシスリング 523 が対向面 526、527 間の磁界内を変位するときに、ヒステリシスリング 523 内部の磁束の向きと磁界の向きのずれによって制動力が発生する。前記制動力は、対向面 526、527 とヒステリシスリング 523 との相対速度に関係なく、磁界の強さ、即ち、電磁コイル 524 の励磁電流の大きさに略比例した値となる（第1VTC 113 と同様であり、図9参照）。

【0084】

前記相対変位検出手段 506 は、図22、27、28 に示すように、前記従動軸部材 507 側に設けられた磁界発生機構と、固定部側であるVTCカバー 532 側に設けられて、前記磁界発生機構からの磁界の変化を検出するセンサ機構とから構成されている。

前記磁界発生機構は、前記従動軸部材 507 のフランジ 507a の前端側に固定された非磁性材からなるマグネットベース 533 と、該マグネットベース 533 の先端部に形成された溝 533a 内に収容され、ピン 533c によって固定される永久磁石 534 と、前記タイミングスプロケット 502 の円筒部 502b の先端縁に固定されたセンサベース 535 と、該センサベース 535 の前端面に円筒状のヨークホルダー 536 を介して固定された第1、2ヨーク部材 537、538 とを備えている。なお、前記マグネットベース 533 の外周面と前記センサベース 535 の内周面との間には、センサ機構へのゴミなどの侵入を防止するシール部材 551 が介装されている。

【0085】

前記マグネットベース 533 は、図27 に示すように、図で見て上下が開放される溝 533a を形成する一対の突起壁 533b、533b を有し、この両突起壁 533b、533b の間に前記永久磁石 534 が収容される。

前記永久磁石 534 は、溝 533a の形状に対応するよう小判型に形成されており、その上端部中央と下端部中央とが、それぞれN極とS極の中心に設定されている。

【0086】

前記第1ヨーク部材 537 は、図27 及び図28 に示すように、前記センサベース 535 に固定されるプレート状の基部 537a と、該基部 537a の内周縁に一体に設けられる扇状ヨーク部 537b と、該扇状ヨーク部 537b の要の部分に一体に設けられた円柱状の中央ヨーク部 537c とから構成されている。なお、前記中央ヨーク部 537c は、

10

20

30

40

50

その後端面が前記永久磁石 534 の前面に配置されている。

【0087】

前記第2ヨーク部材538は、センサベース535に固定されるプレート状の基部538aと、該基部538aの上端縁に一体に設けられたプレート状の円弧ヨーク部538bと、該円弧ヨーク部538bの後端部に同じ曲率で一体に設けられた円環ヨーク部538cとから構成されている。なお、前記円環ヨーク部538cは、後述する第4ヨーク部材542の外周側を囲むように配置されている。

【0088】

前記センサ機構は、円環状の素子ホルダー540と、整流ヨークである第3ヨーク部材541と、整流ヨークである有底円筒状の第4ヨーク部材542と、合成樹脂製の保護キヤップ543と、保護部材544と、ホール素子545とを備えている。

前記素子ホルダー540は、前記VTCカバー532の内側に配置され、圧入等により固定されるボールベアリング539を介して前記ヨークホルダー536の前端部を回転自在に支持する。また、図27に示すように、円周方向等間隔に3つの突起部540aが一体に設けられていると共に、該各突起部540aに穿設された固定用孔にピン546の一端がそれぞれ圧入固定されている。

【0089】

また、VTCカバー532の内面と第4ヨーク部材542との間に介装されたコイルスプリング549のばね力によって、前記ボールベアリング539の外輪をカムシャフト134方向に付勢して軸方向の位置決めとガタの発生を防止している。

VTCカバー532の内部側には、円周方向に等間隔で三つの孔532aが形成されており、各孔532aの内部にゴムブッシュ547がそれぞれ固定される。各ゴムブッシュ547の中央に穿設された孔には、前記ピン546の他端部が挿通され、これにより、素子ホルダー540を前記VTCカバー532に支持する。なお、VTCカバー532には、前記各保持孔506aの外側開口を閉塞する栓体548が螺着されている。

【0090】

前記第3ヨーク部材541は、ほぼ円形状に形成されており、前記第1ヨーク部材537の中央ヨーク部537cに対して所定量（例えば、約1mm）のエアギャップGを介して対向配置される。なお、第2ヨーク部材538の円環ヨーク部538cの内周面と第4ヨーク部材542の円筒部542bの外周面との間に、エアギャップG1が形成されている。

【0091】

前記第4ヨーク部材542は、前記素子ホルダー540の内周にボルト等により固定されており、素子ホルダー540に固定される円板状基部542aと、該基部542aのホール素子545側端面に一体に設けられる小径の円筒部542bと、該円筒部542bで囲まれる底壁に設けられる円柱状の突起542cを備える。前記突起542cは、前記永久磁石534、第1ヨーク部材537の中央ヨーク部537c、第3ヨーク部材541と同軸に配置される。

【0092】

前記保護キヤップ543は、前記第4ヨーク部材542の円筒部542bの内周面に固定されて、前記第3ヨーク部材541を保持する。

前記保護部材544は、前記第4ヨーク部材542の円柱状突起542cの外周に嵌着される。

前記ホール素子545は、前記第3ヨーク541と第4ヨーク542の突起542cとの間に保持され、そのリード線545aは、前記ECU114に接続されている。

【0093】

以上のような構成の第2VTC213においても、機関回転中（例えば、停止前のアイドル運転中）にヒステリシスブレーキ520の電磁コイル524の励磁がオフされると、ゼンマイばね519の力によって中間回転体318がタイミングスプロケット302に対して機関回転方向に最大に回転される（図23参照）。これにより、クランクシャフト1

10

20

20

30

40

50

20に対するカムシャフト134の回転位相は、吸気バルブ105のバルブタイミングが最も遅れる最遅角側（最遅角タイミング）に維持される。

【0094】

この状態から前記回転位相を最進角側に変更すべき指令が前記ECU114から発されると、ヒステリシスブレーキ520の電磁コイル524の励磁がオンされ、ゼンマイばね519の力に抗する制動力が中間回転体518に付与される。これにより、中間回転体518がタイミングスプロケット502に対して回転移動し、リンク511の先端の係合ピン516が渦巻き溝515に誘導されてリンク511の先端部が径方向溝508に沿って変位し、タイミングスプロケット502と従動軸部材507の組付角が最進角側に変更される（図24参照）。この結果、前記回転位相は、吸気バルブ105のバルブタイミングが最も進む最進角側（最進角タイミング）となる。

【0095】

さらに、この状態（最進角側）から前記回転位相を最遅角側に変更すべき指令が前記ECU114から発されると、ヒステリシスブレーキ520の電磁コイル524の励磁がオフにされ、再度ゼンマイばね519の力によって中間回転体518が戻す方向に回転移動する。すると、渦巻き溝515による係合ピン516の誘導によってリンク511が上記と逆方向に揺動し、図24に示すように、タイミングスプロケット502と従動軸部材507の組付角が再度最遅角側に変更される。

【0096】

なお、この第2VTC213も、第1VTC113と同様に、例えば図2に示す中間的な進角状態のように、ヒステリシスブレーキ520の制動力の制御によって任意の位相に変更することができ、ゼンマイばね519の力とヒステリシスブレーキ520の制動力のバランスによってその位相を保持することもできる。

また、機関停止中は電磁コイル524の励磁がオフされることになるが、機関停止中はフリクションが大きく前記中間回転体518を回転させるには、より大きな力が必要となるため、機関回転中のように前記ゼンマイばね519の力のみで前記中間回転体518を遅角側（戻す方向）へと回転させることはできない。このため、機関停止中は、停止直前に制御されたバルブタイミングがほとんどそのまま維持されることになる。

【0097】

ここで、前記相対変位検出手段506による相対変位角度（回転位相）の検出について説明する。相対変位角度の検出は以下のようにして行われる。なお、図29は、相対変位検出手段506を模式的に示したものである。

図29に示すように、前記カムシャフト134とタイミングスプロケット502との相対回転位相が変化して、前記永久磁石534が、例えば角度だけ回転すると、N極の中心Pから出力された磁界Zは、第1ヨーク部材537の扇状ヨーク部537bに伝達され、中央ヨーク部537cに伝達され、更に、エアギャップGを介して第3ヨーク部材541を経てホール素子545に伝達される。

【0098】

前記ホール素子545に伝達された磁界Zは、ホール素子545から第4ヨーク部材542の突起542cを介して第4ヨーク部材542の円筒部542bに伝達され、さらにはここからエアギャップG1を介して第2ヨーク部材538の円環ヨーク部538cに伝達され、円弧ヨーク部538bを介して永久磁石534のS極に戻るようになっている。

前記永久磁石534の回転角度の連続的な変化によって前記磁界Zの磁束密度が連続的に変化することから、この磁束密度の連続的な変化を前記ホール素子545が検出してその電圧変化を前記ECU114に出力する。

【0099】

ECU114は、ホール素子545からリード線545aを介して出力された連続的な検出信号（電圧変化）に基づいてクランクシャフト120に対するカムシャフト13の相対回転変位角（回転位相の進角値）を演算によって求める。

このように、第2VTC213では、永久磁石534の回転角度の変化による磁束密度

10

20

30

40

50

の変化を検出するホール素子 545 が前記第 2 回転位相検出手段に相当することになる。

【0100】

従って、第 1 V T C 113 に代えて第 2 V T C 213 を用いた場合において、ホール素子 545 の出力特性が経時変化等してしまったとしても、このホール素子 545 により検出した第 2 回転位相 $d_{e t 2}$ を補正する補正テーブルが更新されることとなり、補正後の値 ($d_{e t 2 N}$) に基づいてバルブタイミング制御を実行することで、特に低回転時におけるバルブタイミング制御の精度を高く維持することができる。

【0101】

なお、以上説明した実施形態では、吸気バルブ 105 に V T C 113、213 を備えたものについて説明しているが、排気バルブ 107 側に備えた場合であっても同様である。

また、第 2 回転位相検出手段は、クランクシャフト 120 に対する吸気側カムシャフト 134 の回転位相を任意のタイミングで検出できれば上述したものに限るものではなく、また、少なくとも吸気側カムシャフト 134 の回転周期よりも短い周期で回転位相を検出できるものであれば、第 2 回転位相検出手段として用いることができる。

【0102】

さらに、以上では電磁式の V T C について説明したが、油圧式の V T C (例えは、機関始動時に油圧を上昇させる手段を備えたもの) に対して適用してもよい。

ここで、以上説明した実施形態から把握し得る請求項以外の技術的思想について、その効果と共に以下に記載する。

(イ) 請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載の内燃機関のバルブタイミング制御装置において、

前記第 2 回転位相検出手段は、

前記クランクシャフトの回転位置 (角度) を検出する第 1 の回転角度検出手段と、

前記カムシャフトの回転角度 (角度) を検出する第 2 の回転角度検出手段と、を有し、前記第 1 の回転位置検出手段及び前記第 2 の回転位置検出手段の出力信号に基づいて、前記クランクシャフトに対するカムシャフトの回転位相を検出することを特徴とする。

【0103】

このようにすると、第 2 の回転角度検出手段 (ギャップセンサ 402) の出力信号はカムシャフトの回転位置に 1 対 1 で対応するため、この第 2 の回転角度検出手段の出力信号に基づいてカムシャフトの回転位置を任意のタイミングで瞬時に求めることできる。これにより、クランクシャフトに対するカムシャフトの回転位相を、カムシャフトの回転周期とは無関係に任意のタイミングで検出することができ、低回転時であっても回転位相の検出に遅れ (実際の回転位相と制御上認識している回転位相とのズレ) が生じることはない。

(ロ) 上記 (イ) 記載の内燃機関のバルブタイミング制御装置において、

前記第 2 の回転角度検出手段は、

前記カムシャフトと共に回転し、該カムシャフトの中心からその外周までの距離が周方向で変化する回転体と、

前記回転体の外周に近接配置され、該回転体の外周との間に形成されるギャップに応じた信号を出力するギャップセンサと、

を備えることを特徴とする。

【0104】

このようにすると、カムシャフトの回転に伴って回転体の外周とギャップセンサと間に形成されるギャップが変化するため、比較的簡単な構成としつつ、ギャップセンサの出力信号に基づいてカムシャフトの回転位置 (回転角度) を迅速かつ正確に検出することができる。

(ハ) 請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載の内燃機関のバルブタイミング制御装置において、

前記第 2 回転位相検出手段は、

前記クランクシャフト又は前記カムシャフトの一方に設けられる永久磁石と、

10

20

30

40

50

前記クランクシャフト又は前記カムシャフトの他方に設けられ、前記クランクシャフトと前記カムシャフトの相対回転に応じて前記永久磁石の磁極中心からの磁界の磁束密度が変化するように形成されたヨーク部材と、を有し、

前記磁束密度の変化に基づいて前記回転位相を検出することを特徴とする。

【0105】

このようにすると、永久磁石のヨーク部材に作用する磁力の強弱が、クランクシャフトに対するカムシャフトの相対変位角の変化に応じて連続的に変化するので、磁束密度の検出結果を変化することにより、開閉タイミングを任意のタイミングで検出できる。

(二) 上記(ハ)記載の内燃機関のバルブタイミング制御装置において、

前記磁束密度の変化をホール素子によって検出することを特徴とする。

10

【0106】

かかる構成によると、ホール素子の出力信号から開閉タイミングを任意のタイミングで検出できる。

(ホ) 請求項1~3、上記(イ)~(二)のいずれか1つに記載の内燃機関のバルブタイミング制御装置において、

機関回転速度が予め設定した所定回転速度以上のときは、前記第1回転位相検出手段により検出した回転位相に基づいて前記可変バルブタイミング機構を制御する一方、機関回転速度が前記所定回転速度を下回るときは、前記第2回転位相検出手段により検出した回転位相に基づいて前記可変バルブタイミング機構を制御する制御手段を備えることを特徴とする。

20

【0107】

このようにすれば、クランクシャフトの基準回転位置を検出するクランク角センサ及びカムシャフトの基準回転位置を検出するカムセンサの出力信号に基づいて回転位相(第1回転位相)を検出する場合に、バルブタイミング制御周期よりも回転位相の検出周期の方が短くなる中・高回転時には、従来と同様、第1回転位相に基づいて安定したバルブタイミング制御を実現すると共に、バルブタイミング制御周期よりも回転位相の検出周期の方が長くなる低回転時には、任意のタイミングで検出できる第2回転位相に基づいて(検出された第2回転位相又は補正された第2回転位相に基づいて)バルブタイミング制御を行うことで、低回転時においても高応答・高精度のバルブタイミング制御を実現できる。

【図面の簡単な説明】

30

【0108】

【図1】実施形態に係る内燃機関のシステム構成図である。

【図2】実施形態に係る可変バルブタイミング機構(第1VTC)を示す断面図である。

【図3】図2のA-A断面に相当する図である。

【図4】図2のB-B断面に相当する図である。

【図5】上記第1VTCの作動状態を示す断面図(A-A断面図に相当する)。

【図6】ヒステリシス材の磁束密度の変化特性を示す図である。

【図7】図4の部分拡大図であり、ヒステリシスブレーキにおける磁界の向きを示す図である。

【図8】図7の部品を直線状に展開した模式図であり、初期状態(a)とヒステリシスリングが回転したとき(b)の磁束の流れを示す図である。

40

【図9】機関回転速度-VTCのブレーキ(制動)トルクとの関係を示す図である。

【図10】第2回転位置検出手段を構成する回転体401とギャップセンサ402とを説明する図である。

【図11】ギャップとギャップセンサ出力との関係を示す図である。

【図12】ギャップセンサ出力とカムシャフト(回転体)の回転角度との関係を示す図である。

【図13】基準クランク角信号REF毎のCPOSリセット処理を示すフローチャートである。

【図14】単位角度信号POS毎のCPOSのカウントアップ処理を示すフローチャート

50

である。

【図15】カム信号CAM毎の進角値det1の検出処理を示すフローチャートである。

【図16】本実施形態に係るバルブタイミング制御を示すフローチャートである。

【図17】補正テーブルの更新制御1(補正值の学習制御1)を示すフローチャートである。

【図18】補正テーブルの更新制御1(補正值の学習制御1)の内容を説明する図である。

【図19】別の補正テーブルの更新制御(補正值の学習制御)の内容を説明する図である。

【図20】補正テーブルの更新制御2(補正值の学習制御2)を示すフローチャートである。

【図21】補正テーブルの更新制御3(補正值の学習制御3)を示すフローチャートである。

【図22】他の構成のVTC(第2VTC)を示す断面図である。

【図23】上記第2VTCの最遅角状態を示す図である。

【図24】上記第2VTCの最進角状態を示す図である。

【図25】上記第2VTCの中間的進角状態を示す図である。

【図26】上記第2VTCにおけるゼンマイばねの取り付け状態を示す図である。

【図27】上記第2VTCの相対変位検出手段を示す分解斜視図である。

【図28】図23の部分拡大図である。

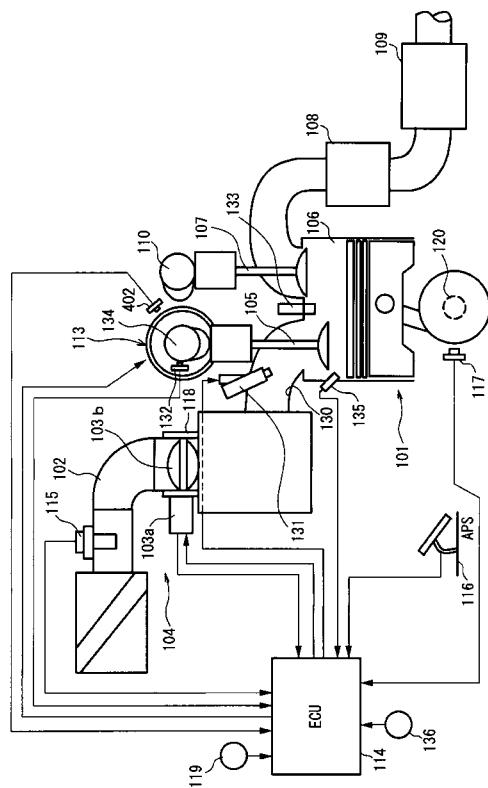
【図29】上記第2VTCの相対変位検出手段を模式的に示した図である。

【符号の説明】

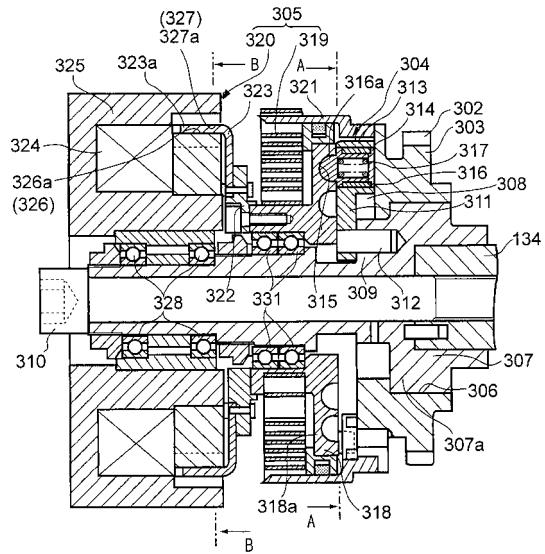
【0109】

101...内燃機関、105...吸気バルブ、113、213...VTC(可変バルブタイミング機構)、114...ECU(エンジンコントロールユニット)、クランク角センサ...117、120...クランクシャフト、132...カムセンサ、134...吸気側カムシャフト、401...回転体、402...ギャップセンサ、534...永久磁石、535...ホール素子

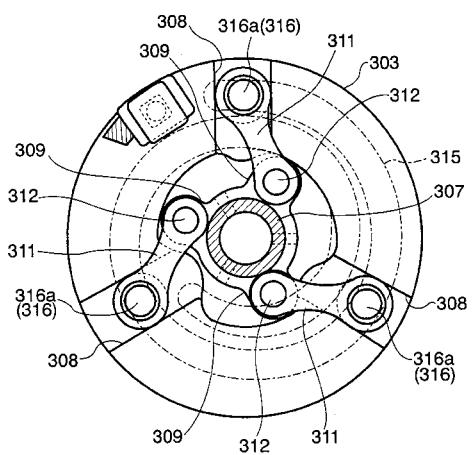
【 図 1 】



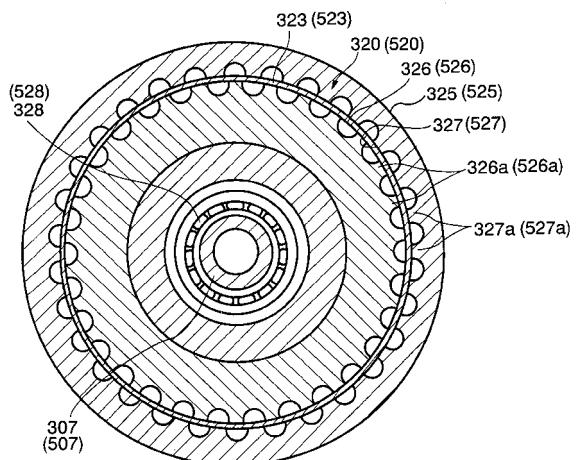
【 図 2 】



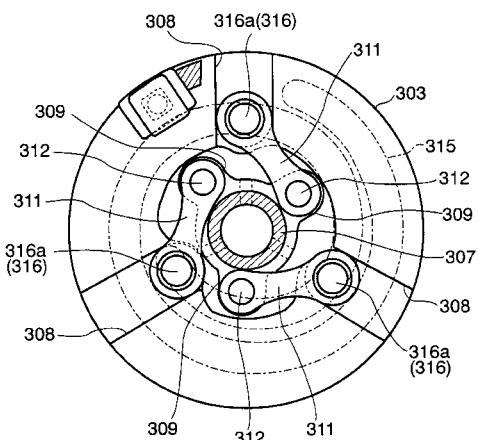
【図3】



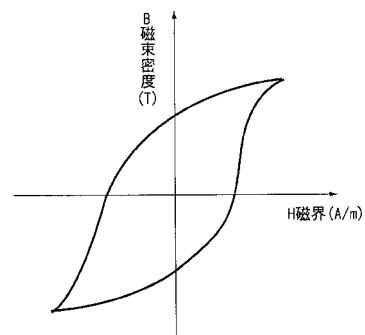
【 図 4 】



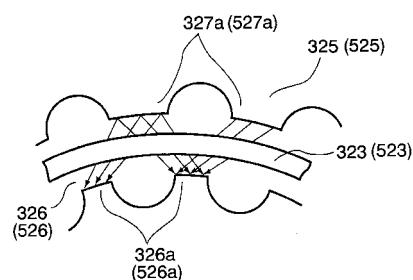
【図5】



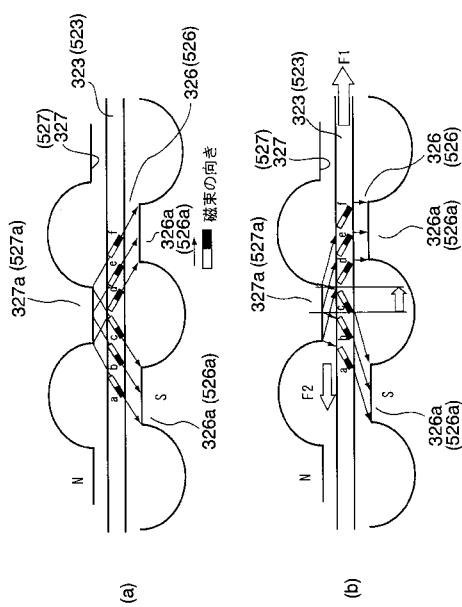
【図6】



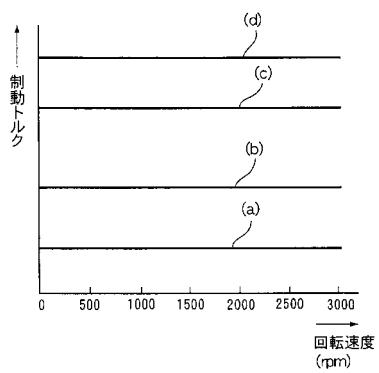
【図7】



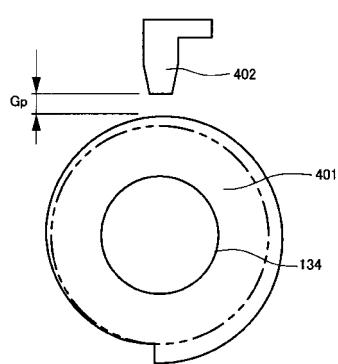
【図8】



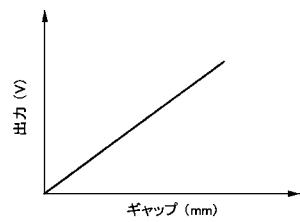
【図9】



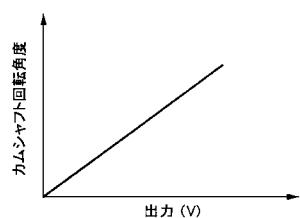
【図10】



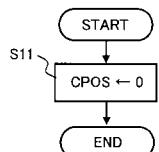
【図11】



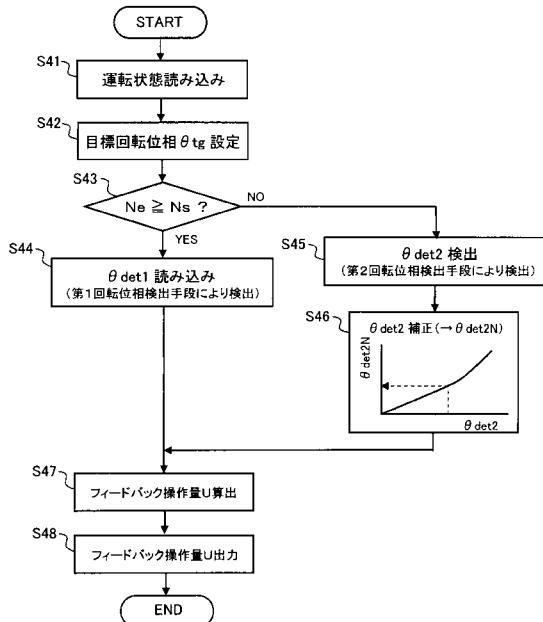
【図12】



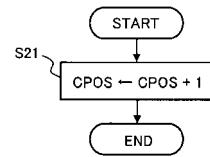
【図13】



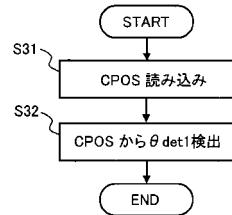
【図16】



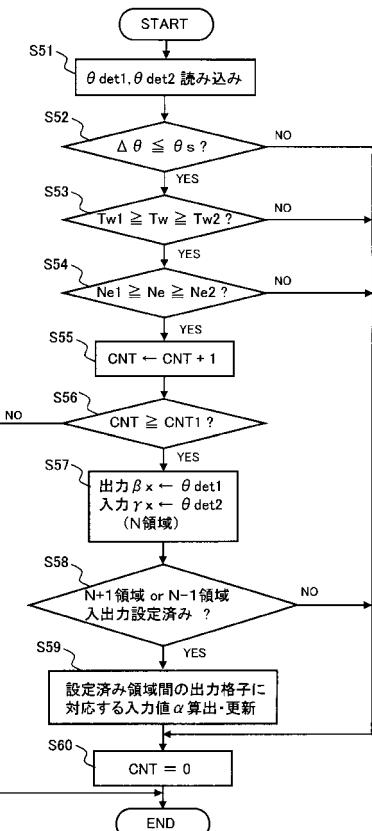
【図14】



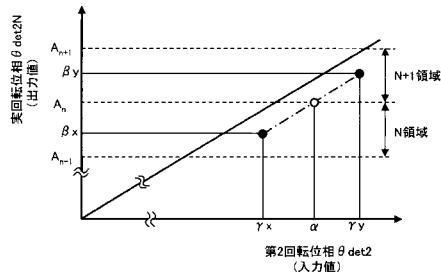
【図15】



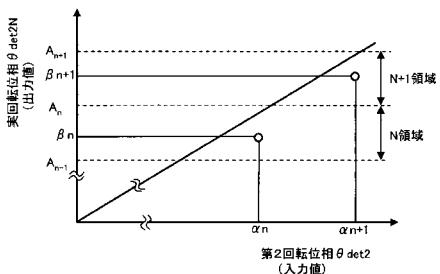
【図17】



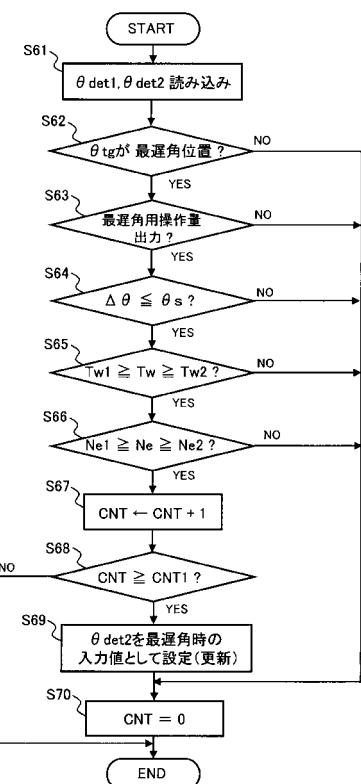
【図18】



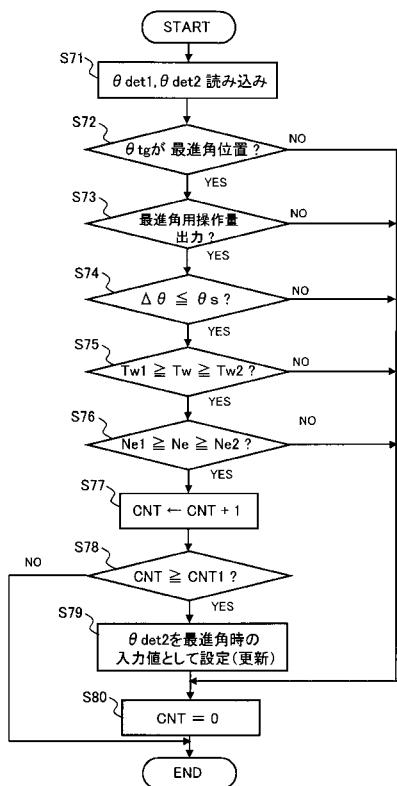
【図19】



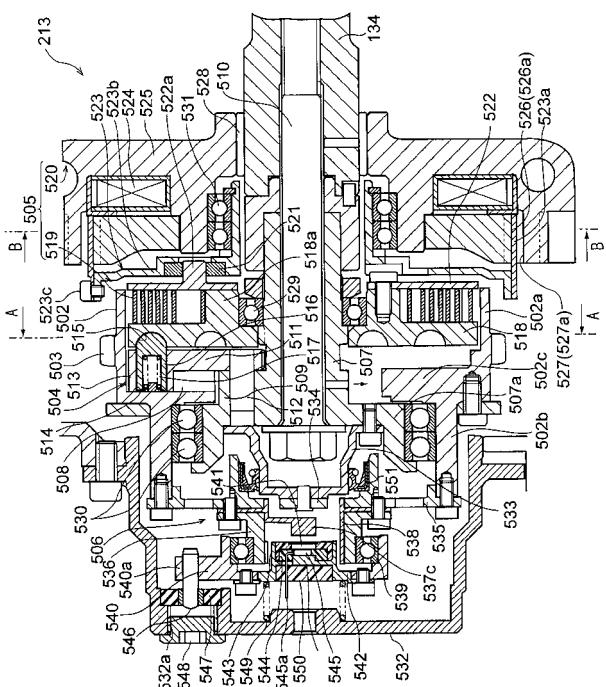
【図20】



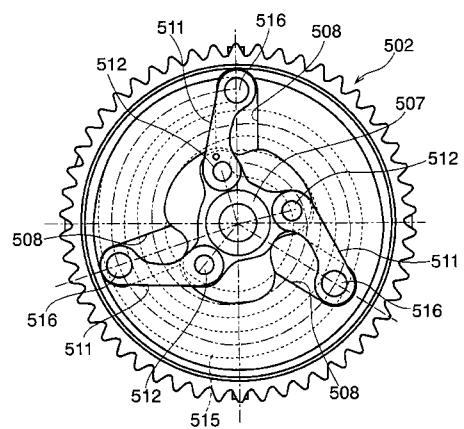
【図21】



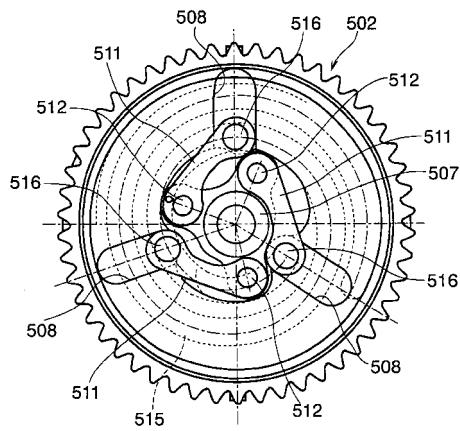
【図22】



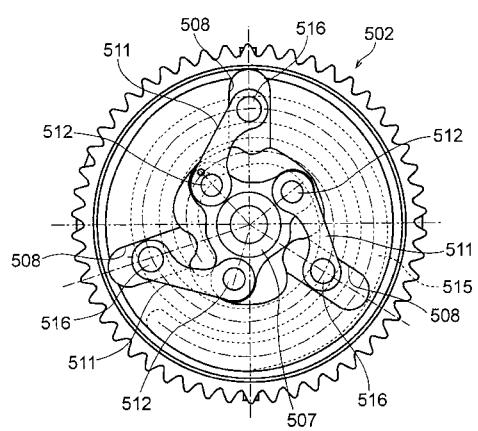
【図23】



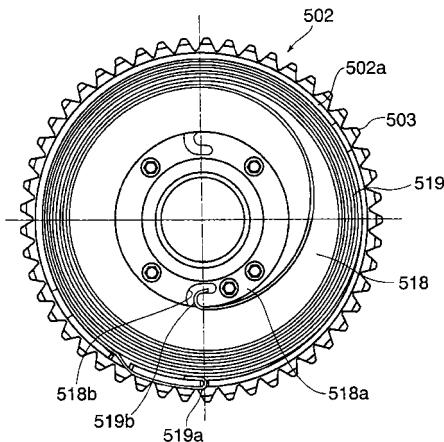
【図24】



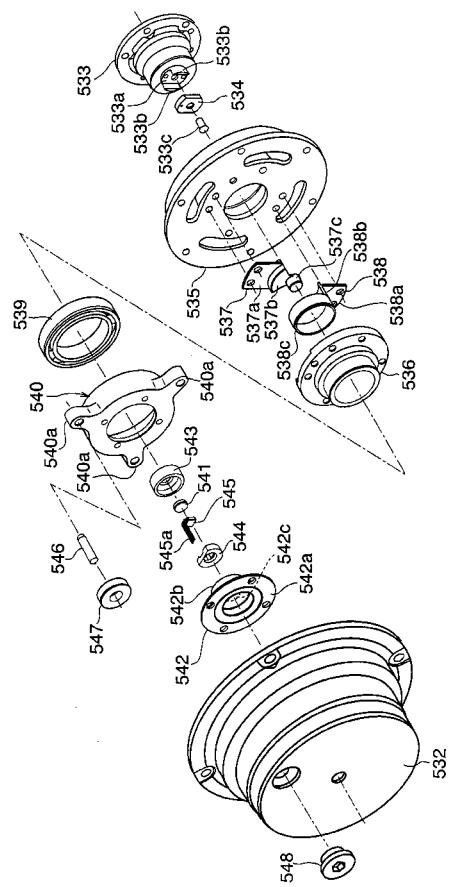
【図25】



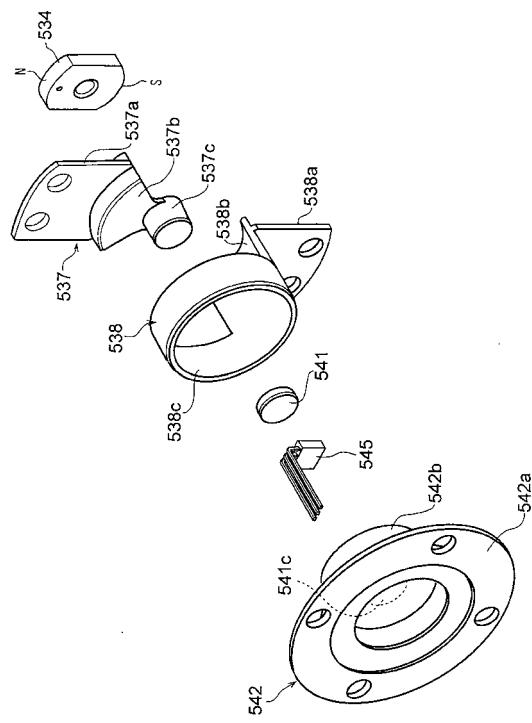
【図26】



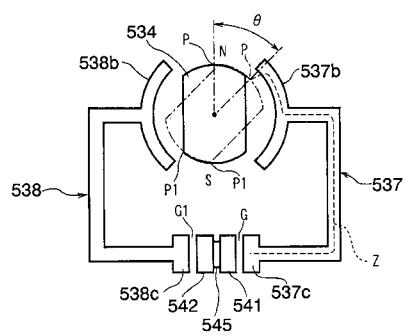
【図27】



【図28】



【図29】



フロントページの続き

(72)発明者 小林 喜幸

神奈川県厚木市恩名1370番地 株式会社日立製作所オートモティブシステムグループ内

Fターム(参考) 3G018 AB02 BA09 BA32 CA09 CA12 DA23 EA02 EA17 EA20 FA07

GA02

3G092 AA11 DA09 DG02 EC01 EC05 GA02 GA17 HA13X HE01 HE08