

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4171036号

(P4171036)

(45) 発行日 平成20年10月22日(2008.10.22)

(24) 登録日 平成20年8月15日(2008.8.15)

(51) Int.Cl. F I
FO2D 13/02 (2006.01) F O 2 D 13/02 G
FO1L 1/34 (2006.01) F O 2 D 13/02 H
F O 1 L 1/34 D

請求項の数 7 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2006-249653 (P2006-249653)	(73) 特許権者	000003207
(22) 出願日	平成18年9月14日(2006.9.14)		トヨタ自動車株式会社
(65) 公開番号	特開2008-69719 (P2008-69719A)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(43) 公開日	平成20年3月27日(2008.3.27)	(73) 特許権者	000004260
審査請求日	平成19年9月27日(2007.9.27)		株式会社デンソー
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
		(74) 代理人	100064746
			弁理士 深見 久郎
		(74) 代理人	100085132
			弁理士 森田 俊雄
		(74) 代理人	100112852
			弁理士 武藤 正
		(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、

前記可変バルブタイミング装置を作動させるアクチュエータを構成する電動機と、

前記アクチュエータの作動量に応じて前記バルブの開閉タイミングを変更するように構成された変更機構と、

少なくとも前記カムシャフトおよび前記電動機の回転速度を検知するセンサからの信号に基づいて前記開閉タイミングの現在値を求め、かつ、前記エンジンの運転状態に従って設定される目標値に従って前記開閉タイミングが変化するように、前記開閉タイミングの前記目標値および前記現在値の偏差に応じて前記電動機の作動指令値を生成する指令値生成手段と、

前記指令値生成手段からの作動指令値に従って前記電動機が作動するように、前記電動機への供給電力を制御する電動機駆動装置と、

前記電動機の回転速度に応じて、前記電動機駆動装置から前記電動機への供給電力についての判定基準値を可変設定する判定基準値設定手段と、

前記電動機駆動装置から前記電動機への供給電力を示す情報と前記判定基準値との比較に基づき、前記電動機および前記電動機駆動装置での発熱制限の要否を判定する過熱判定手段と、

前記過熱判定手段により前記発熱制限が必要と判定されたときに、前記電動機の作動指

10

20

令値を所定範囲内に制限するための指令値制限手段とを備える、可変バルブタイミング装置。

【請求項 2】

前記過熱判定手段は、前記情報によって示される前記電動機への供給電力が、第 1 の所定期間より長く継続的に前記判定基準値を超えたときに、前記発熱制限が必要と判定する、請求項 1 記載の可変バルブタイミング装置。

【請求項 3】

前記過熱判定手段は、前記発熱制限が必要と一旦判定した後は、前記情報によって示される前記電動機への供給電力が前記判定基準値以下となる期間が第 2 の所定期間より長く継続したときに、前記発熱制限を不要と判定する、請求項 2 記載の可変バルブタイミング装置。

10

【請求項 4】

前記過熱判定手段は、前記情報によって示される前記電動機への供給電力が前記判定基準値を超えた期間を積算するための積算手段を含み、

前記積算手段による積算期間は、前記情報によって示される前記電動機への供給電力が、第 2 の所定期間よりも長く継続的に前記判定基準値以下となったときにクリアされ、

前記第 2 の期間は、前記過熱判定手段によって前記発熱制限が必要と判定されている場合には、前記発熱制限が不要と判定されている場合と比較して相対的に長く設定される、請求項 2 記載の可変バルブタイミング装置。

【請求項 5】

20

前記変更機構は、前記バルブを駆動する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の正負および大きさに応じた方向および変化速度で、前記バルブの開閉タイミングを変更するように構成され、

前記指令値生成手段は、前記開閉タイミングの目標値に対する偏差に応じた前記回転速度差と、前記カムシャフトの回転速度との和に従って、前記電動機の回転速度指令値を前記作動指令値として生成し、

前記電動機駆動装置は、前記電動機の回転速度が前記回転速度指令値と一致するように前記電動機への供給電力を制御する、請求項 1 記載の可変バルブタイミング装置。

【請求項 6】

前記判定基準値設定手段は、前記エンジンの回転速度に応じて前記判定基準値を設定する、請求項 5 記載の可変バルブタイミング装置。

30

【請求項 7】

前記指令値制限手段による前記所定範囲は、前記エンジンの回転速度に応じて設定され、かつ、前記電動機の回転速度が前記カムシャフトの回転速度よりも早い領域および遅い領域、ならびに、前記電動機および前記カムシャフトの回転速度が等しい領域を含むように設定される、請求項 5 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可変バルブタイミング装置に関する。

40

【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。

【0003】

50

特に、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。しかしながら、電動モータでは、通電に伴いモータ巻線あるいは電動モータの駆動装置（電力変換回路）が発熱するために、発熱が過大とならないように電動モータを監視する必要があるが生じる。

【 0 0 0 4 】

たとえば、特開 2 0 0 4 - 1 8 3 5 9 1 号公報（特許文献 1）は、電動機を用いる可変動弁機構を備える内燃機関において、所定期間内に電動機に流れる電流値等に基づいて電動機が過熱状態であるかどうかを判断し、過熱状態であると判断されると動弁特性を所定の状態に固定して、このような運転モードに対するスロットル制御を行なう制御構成が開示されている。これにより、電動機の過剰な発熱を抑制することが可能となる。

10

【 0 0 0 5 】

また、特開 2 0 0 5 - 2 1 8 2 8 1 号公報（特許文献 2）では、リフト量可変機構等の電動アクチュエータの駆動制御装置において、電動アクチュエータの駆動電流レベルを検出するとともに、この駆動電流レベルの平均値を算出し、そして、駆動電流レベルの瞬時値が限界値以上である場合、および、平均値レベルが限界値以上である状態が所定時間以上継続したときに、電動アクチュエータの駆動を強制的に停止させる制御構成が開示される。これにより、電動アクチュエータおよびその駆動回路を過電流から保護するとともに、駆動回路基板の熱劣化を抑止することが可能となる。

20

【 0 0 0 6 】

さらに、特開平 5 - 2 8 4 7 5 5 号公報（特許文献 3）には、インバータ制御装置において、インバータ運転中におけるインバータ部の負荷電流検出値から、電動機およびインバータの発熱量の積算値を算出することが開示される。特許文献 3 のインバータ制御装置によれば、この積算値が保護機能動作レベル値あるいはそれより低い警告動作レベル値と比較され、積算値が警告動作レベル値以上のときには、インバータの出力を低下させることによってインバータの異常停止を未然に防止される。

【特許文献 1】特開 2 0 0 4 - 1 8 3 5 9 1 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 5 - 2 1 8 2 8 1 号公報

【特許文献 3】特開平 5 - 2 8 4 7 5 5 号公報

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 7 】

上記のように、電動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では、駆動装置（インバータ、コンバータ等）を含めた電動モータの過熱保護が重要な課題となる。特に、電動モータが過熱状態であるかどうかを判定するための判定基準が適切に設定されないと、過熱状態を検知し損ねることによる機器故障の発生が懸念される一方、過熱状態を過度に検知してもアクチュエータ作動制限によるバルブタイミング制御の性能低下が引き起こされる可能性もある。

【 0 0 0 8 】

40

この点について、特許文献 1 では、電動機を駆動する際のパルス幅変調制御（PWM 制御）に従う、電動機駆動部中のトランジスタのオン・オフ制御デューティ比を判定基準値と比較することで、電動モータが過熱状態であるかどうかを判定される。ただし、判定基準値の設定については、エンジン温度に応じて変更する変形例を開示するものの、判定基準値を電動モータの運転状態、特にモータ回転速度に応じて変更する必要性については何ら開示していない。

【 0 0 0 9 】

また、特許文献 2 および特許文献 3 では、電動モータ過熱判定のための判定基準値は基本的には固定値であり、特許文献 1 と同様に、電動モータの運転状態に応じて判定基準値を可変とすることについては開示されていない。

50

【 0 0 1 0 】

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って、この発明の目的は、電動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、電動モータの過熱をその運転状態に応じて適切に検出することによって、電動モータおよびその駆動装置の機器保護を図るとともに、過熱からの保護を過度に行なうことによってバルブタイミング制御性能が低下することを防止することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 1 】

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、電動機と、変更機構と、指令値生成手段と、電動機駆動装置と、判定基準値設定手段と、過熱判定手段と、指令値制限手段とを備える。電動機は、可変バルブタイミング装置を作動させるアクチュエータを構成する。変更機構は、アクチュエータの作動量に応じてバルブの開閉タイミングを変更するように構成される。指令値生成手段は、少なくともカムシャフトおよび電動機の回転速度を検知するセンサからの信号に基づいて開閉タイミングの現在値を求め、かつ、エンジンの運転状態に従って設定される目標値に従って開閉タイミングが変化するように、開閉タイミングの目標値および現在値の偏差に応じて電動機の作動指令値を生成する。電動機駆動装置は、指令値生成手段からの作動指令値に従って電動機が作動するように、電動機への供給電力を制御する。判定基準値設定手段は、電動機の回転速度に応じて、電動機駆動装置から電動機への供給電力についての判定基準値を可変設定する。過熱判定手段は、電動機駆動装置から電動機への供給電力を示す情報と判定基準値との比較に基づき、電動機および電動機駆動装置での発熱制限の要否を判定する。指令値制限手段は、過熱判定手段により発熱制限が必要と判定されたときに、電動機の作動指令値を所定範囲内に制限する。

【 0 0 1 2 】

上記可変バルブタイミング装置によれば、電動機の回転速度領域に応じて電動機および電動機駆動装置（電動機 E D U）中の過熱部位が変化することを反映して、発熱制限が必要な過熱状態であるかどうかの判定（過熱判定）を適切に行なうとともに、過熱状態発生時には電動機の作動量を所定範囲内に制限して発熱を抑制することができる。この結果、電動機および電動機駆動装置の過熱を適切に防止して機器保護を図るとともに、過度に過熱保護のための発熱制限を行なうことにより可変バルブタイミングの制御性能が低下することを防止することができる。

【 0 0 1 3 】

好ましくは、過熱判定手段は、情報によって示される電動機への供給電力が、第 1 の所定期間より長く継続的に判定基準値を超えたときに、発熱制限が必要と判定する。

【 0 0 1 4 】

このような構成とすることにより、電動機への供給電力が基準より大きい状態が連続したことに応答して、電動機およびその電動機駆動装置の過熱状態を適切に検出することができる。

【 0 0 1 5 】

また好ましくは、過熱判定手段は、発熱制限が必要と一旦判定した後は、情報によって示される電動機への供給電力が判定基準値以下となる期間が第 2 の所定期間より長く継続したときに、発熱制限を不要と判定する。

【 0 0 1 6 】

このような構成とすることにより、過熱状態の検出に従い発熱制限を一旦実行した後に、電動機への供給電力が制限された状態が継続したときには、発熱制限を解除した通常のバルブタイミング制御を再開することができる。これにより、制御性能を確保することが可能となる。

【 0 0 1 7 】

さらに好ましくは、過熱判定手段は、情報によって示される電動機への供給電力が判定

10

20

30

40

50

基準値を超えた期間を積算するための積算手段を含む。そして、積算手段による積算期間は、情報によって示される電動機への供給電力が、第2の所定期間よりも長く継続的に判定基準値以下となったときにクリアされ、第2の期間は、過熱判定手段によって発熱制限が必要と判定されている場合には、発熱制限が不要と判定されている場合と比較して相対的に長く設定される。

【0018】

このような構成とすることにより、過熱判定のための積算手段（カウンタ）の積算値に応じて過熱判定を実行することができ、かつ、過熱状態の発生前後で積算値のクリア条件を切換えることにより、過熱状態発生時には機器保護を十分図るとともに、過熱状態発生前では過度の機器保護を回避してバルブ開閉タイミングの制御性能を確保することができる。

10

【0019】

好ましくは、変更機構は、バルブを駆動するカムシャフトに対する電動機の相対的な回転速度差の正負および大きさに応じた方向および変化速度で、バルブの開閉タイミングを変更するように構成される。そして、指令値生成手段は、開閉タイミングの目標値に対する偏差に応じた回転速度差と、カムシャフトの回転速度との和に従って、電動機の回転速度指令値を作動指令値として生成し、電動機駆動装置は、電動機の回転速度が回転速度指令値と一致するように電動機への供給電力を制御する。

【0020】

このような構成とすることにより、カムシャフトに対する電動機の相対的な回転速度差に応じてバルブ開閉タイミングが変化される構成の変更機構において、アクチュエータである電動機および電動機駆動装置の過熱を適切に防止して機器保護を図ることができる。

20

【0021】

さらに好ましくは、判定基準値設定手段は、エンジンの回転速度に応じて判定基準値を設定する。

【0022】

このような構成とすることにより、上記構成の変更機構では、概略的には電動機の回転速度がエンジン回転速度に従って変化することを反映して、より変化が滑らかなエンジン回転速度に従って過熱判定のための判定基準値を設定することができる。これにより、判定基準値の変化が急変することを防止して、より安定的に電動機および電動機駆動装置の過熱判定を行なうことができる。

30

【0023】

あるいはさらに好ましくは、指令値制限手段による所定範囲は、エンジンの回転速度に応じて設定され、かつ、電動機の回転速度がカムシャフトの回転速度よりも早い領域および遅い領域、ならびに、電動機およびカムシャフトの回転速度が等しい領域を含むように設定される。

【0024】

このような構成とすることにより、過熱状態発生による発熱制限時にも、バルブ可変タイミングの変化方向を進角側および遅角側の両方に確保することができる。

【発明の効果】

40

【0025】

この発明によれば、電動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、電動モータの過熱を運転状態に応じて適切に検出することによって、電動モータおよびその駆動装置の機器保護を図るとともに、過熱からの保護を過度に行なうことによって可変バルブタイミングの制御性能が低下することを防止することである。

【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。

50

【 0 0 2 7 】

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。

【 0 0 2 8 】

エンジン 1 0 0 0 は、第 1 バンク 1 0 1 0 および第 2 バンク 1 0 1 2 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。

【 0 0 2 9 】

エンジン 1 0 0 0 には、エアクリーナ 1 0 2 0 から空気が吸入される。吸入空気量は、スロットルバルブ 1 0 3 0 により調整される。スロットルバルブ 1 0 3 0 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。

10

【 0 0 3 0 】

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。

20

【 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：r p m）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。

30

【 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。

40

【 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。

【 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（E C U）4 0 0 0 により制御され

50

る。電動モータ2060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、ECU4000に入力される。

【0037】

エキゾースト用VVT機構3000は、油圧により作動する。なお、インテーク用VVT機構2000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VVT機構3000を電動モータにより作動するようにしてもよい。

【0038】

ECU4000には、クランク角センサ5000からクランクシャフト1090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、ECU4000には、カムポジションセンサ5010から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。

10

【0039】

さらに、ECU4000には、水温センサ5020からエンジン1000の水温（冷却水の温度）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。

20

【0041】

本実施の形態において、ECU4000は、図2に示すように、エンジン運転状態を示すパラメータ、代表的にはエンジン回転数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の目標位相を決定する。一般に、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。

【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。

30

【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。また、電動モータ2060を駆動制御するための電動機EDU4100が、電動モータ2060と一体的に作製される。なお、電動モータ2060および電動機EDU4100は、同一ケース内に格納してもよく、それぞれを別個ケース内に格納した上で両者を接合する構成としてもよい。

【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。

40

【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。

【0046】

50

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。

【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テークバルブ 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、インテークカムシャフト 1120 がスプロケット 2010 に対して相対回転せしめられる。

【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、インテークバルブ 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、インテークバルブ 1100 の位相がより進角されるようにしてもよい。

【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。

【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。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 7 】

内歯ギヤ 2 0 5 4 には、ガイドプレート 2 0 4 0 の凹部 2 0 4 4 に收容される凸部 2 0 5 6 が複数形成される。内歯ギヤ 2 0 5 4 は、電動モータ 2 0 6 0 の出力軸の軸心 2 0 6 4 に対して偏心して形成されたカップリング 2 0 6 2 の偏心軸 2 0 6 6 を中心に回転可能に支持される。

【 0 0 5 8 】

図 3 における D - D 断面を、図 8 に示す。内歯ギヤ 2 0 5 4 は、複数の歯のうちの一部の歯が外歯ギヤ 2 0 5 2 と噛合うように設けられる。電動モータ 2 0 6 0 の出力軸回転数がスプロケット 2 0 1 0 の回転数と同じである場合は、カップリング 2 0 6 2 および内歯ギヤ 2 0 5 4 は外歯ギヤ 2 0 5 2 (スプロケット 2 0 1 0) と同じ回転数で回転する。この場合、ガイドプレート 2 0 4 0 がスプロケット 2 0 1 0 と同じ回転数で回転し、インテークバルブ 1 1 0 0 の位相が維持される。

10

【 0 0 5 9 】

電動モータ 2 0 6 0 により、カップリング 2 0 6 2 が、軸心 2 0 6 4 を中心に外歯ギヤ 2 0 5 2 に対して相対的に回転されると、内歯ギヤ 2 0 5 4 全体が軸心 2 0 6 4 を中心に回転(公転)するとともに、内歯ギヤ 2 0 5 4 が偏心軸 2 0 6 6 を中心に自転する。内歯ギヤ 2 0 5 4 の回転運動により、ガイドプレート 2 0 4 0 がスプロケット 2 0 1 0 に対して相対的に回転せしめられ、インテークバルブ 1 1 0 0 の位相が変更される。

【 0 0 6 0 】

インテークバルブ 1 1 0 0 の位相は、電動モータ 2 0 6 0 の出力軸とスプロケット 2 0 1 0 との相対回転数(電動モータ 2 0 6 0 の作動量)が、減速機 2 0 5 0、ガイドプレート 2 0 4 0 およびリンク機構 2 0 3 0 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 2 0 6 0 の出力軸とスプロケット 2 0 1 0 との相対回転数を増速してインテークバルブ 1 1 0 0 の位相を変更するようにしてもよい。なお、電動モータ 2 0 6 0 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 5 0 5 0 が設けられる。モータ回転角センサ 5 0 5 0 は、一般的には、電動モータ 2 0 6 0 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 5 0 5 0 の出力に基づいて、電動モータ 2 0 6 0 の出力軸の回転数(以下、単に電動モータ 2 0 6 0 の回転数とも称する)を検知可能である。

20

【 0 0 6 1 】

図 9 に示すように、インテーク用 V V T 機構 2 0 0 0 全体の減速比 $R(\theta)$ 、すなわち、位相の変化量に対する電動モータ 2 0 6 0 の出力軸とスプロケット 2 0 1 0 との相対回転数の比は、インテークバルブ 1 1 0 0 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 2 0 6 0 の出力軸とスプロケット 2 0 1 0 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。

30

【 0 0 6 2 】

インテークバルブ 1 1 0 0 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 V V T 機構 2 0 0 0 全体の減速比は $R(1)$ となる。インテークバルブ 1 1 0 0 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 V V T 機構 2 0 0 0 全体の減速比は、 $R(2)$ ($R(1) > R(2)$) となる。

40

【 0 0 6 3 】

インテークバルブ 1 1 0 0 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 V V T 機構 2 0 0 0 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。

【 0 0 6 4 】

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 V V T 機構 2 0 0 0 の作用について説明する。

【 0 0 6 5 】

インテークバルブ 1 1 0 0 の位相(インテークカムシャフト 1 1 2 0)を進角させる場

50

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。

【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。

10

【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)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】

20

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。

【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、エンジン停止時等に、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。

30

【0071】

なお、電動モータ2060の相対回転方向と、位相の進角/遅角との対応関係については、電動モータ2060の出力軸の回転速度がスプロケット2010よりも低いときに、インテークバルブ位相が遅角側に变化するように設計することが好ましい。このようにすると、エンジン運転中にアクチュエータである電動モータ2060が動作不能となった場合に、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。すなわち、インテークバルブ位相制御が不能となっても、インテークバルブ位相について、エンジン1000の燃焼安定側の設定とすることができる。

40

【0072】

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。

【0073】

50

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。

【００７４】

次に、本実施の形態に係る可変バルブタイミング装置におけるインテークバルブ位相制御について、詳細に説明する。

【００７５】

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。

10

【００７６】

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 P_{iv} 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 P_{ca} 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には、所定の回転角度毎にモータ回転角信号 P_{mt} 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 P_{iv} 、クランク角信号 P_{ca} およびモータ回転角信号 P_{mt} は、ＥＣＵ４０００へ入力される。

20

【００７７】

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 N_{mref} を生成する。この回転数指令値 N_{mref} 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。

30

【００７８】

電動機ＥＤＵ（Electronic Drive Unit）４１００は、ＥＣＵ４０００からの回転数指令値 N_{mref} に従い、電動モータ２０６０の回転数制御を行なう。なお、図３に示したように、電動機ＥＤＵ４１００を電動モータ２０６０と一体的に作製する場合には、電動機ＥＤＵ４１００内にホール素子等で構成されるモータ回転角センサ５０５０を配置することによって装置全体の小型化を図ることも可能である。

40

【００７９】

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。

【００８０】

図１２を参照して、インテークバルブ位相のフィードバック制御を行なうための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。図１２に示された各要素は、ＥＣＵ４０００により実現される機能ブロックに相当し、代表的には、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その機能が実

50

現される。

【 0 0 8 1 】

バルブ位相検出部 6 0 1 0 は、クランク角センサ 5 0 0 0 からのクランク角信号 P c a、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 および、電動モータ 2 0 6 0 の回転角センサ 5 0 5 0 からのモータ回転角信号 P m t に基づき、現在のインテークバルブ 1 1 0 0 の実際の位相 I V (θ) (以下、「実インテークバルブ位相 I V (θ) 」とも表記する) を算出する。

【 0 0 8 2 】

バルブ位相検出部 6 0 1 0 は、バルブ位相検出部 6 0 1 0 は、クランク角センサ 5 0 0 0 からのクランク角信号 P c a、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 および、電動モータ 2 0 6 0 の回転角センサ 5 0 5 0 からのモータ回転角信号 P m t に基づき、実インテークバルブ位相 I V (θ) を算出する。

10

【 0 0 8 3 】

カムシャフト位相変化量算出部 6 0 2 0 は、演算部 6 0 2 2 と、必要位相変化量算出部 6 0 2 5 とを有する。演算部 6 0 2 2 は、実インテークバルブ位相 I V (θ) の目標位相 I V (θ) r に対する偏差 Δ I V (θ) (Δ I V (θ) = I V (θ) - I V (θ) r) を求める。必要位相変化量算出部 6 0 2 5 は、演算部 6 0 2 2 により求められた偏差 Δ I V 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 Δ θ を算出する。

【 0 0 8 4 】

20

たとえば、単一の制御周期での位相変化量 Δ θ の最大値である最大制御量 θ m a x が予め設定され、必要位相変化量算出部 6 0 2 5 は、この最大制御量 θ m a x の範囲内で、偏差 Δ I V (θ) に応じた位相変化量 Δ θ を決定する。なお、この際の最大制御量 θ m a x 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 Δ I V (θ) 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 5 】

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 Δ θ 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 Δ N m を算出する。たとえば、この相対回転数 Δ 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 (Δ 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 (Δ 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 (Δ θ = 0) には略零 (Δ N m = 0) に設定される。

30

【 0 0 8 6 】

ここで、制御周期に相当する単位時間 Δ T 当たりでの位相変化量 Δ θ と相対回転数 Δ 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 (θ) 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。

【 0 0 8 7 】

$$\Delta \theta = \Delta N m \cdot 360^\circ \cdot (1 / R(\theta)) \cdot \Delta T \quad \dots (1)$$

40

したがって、相対回転数設定部 6 0 3 0 は、制御周期 Δ T にて要求されるカムシャフト位相変化量 Δ θ を生じさせるための電動モータ 2 0 6 0 の相対回転数 Δ 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 8 】

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

50

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 1090 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。

【0089】

回転数指令値生成部 6050 は、カムシャフト回転数検出部 6040 によって求められたインテークカムシャフト 1120 の実回転数 I V N と、相対回転数設定部 6030 により設定された相対回転数 $\Delta N m$ とを加算して、電動モータ 2060 の回転数指令値 $N m r e f$ を生成する。このように、アクチュエータ作動量設定部 6000 は、インテークバルブ位相を検出するとともに、目標位相への追従を行なうためのインテークバルブ位相のフィードバック制御を行なうように、電動モータ 2060 の回転数指令値 $N m r e f$ を生成する。

10

【0090】

さらに、本実施の形態では、電動モータ 2060 および電動機 E D U 4100 の過熱防止のために、判定基準値設定部 6100、過熱判定部 6200 および回転数指令値制限部 6300 が設けられる。

【0091】

過熱判定部 6200 は、判定基準値設定部 6100 により設定された判定基準値 $D T Y_j$ と、電動機 E D U 4100 からの電動機制御に関する情報との比較に基づき、電動モータ 2060 および電動機 E D U 4100 での発熱制限が必要かどうかの過熱判定を行なう。過熱判定部 6200 は、過熱判定に用いられる、タイマとしての機能を有するカウンタ 6210 を含む。判定基準値設定部 6100 は、電動モータ 2060 の回転数に応じて過熱判定の判定基準値 $D T Y_j$ を設定する。

20

【0092】

回転数指令値制限部 6300 は、過熱判定部 6200 により発熱制限が必要であると判定されたときに、アクチュエータ作動量設定部 6000 によって設定された回転数指令値 $N m r e f$ を所定範囲内に制限した上で、電動機 E D U 4100 へ送出する。一方、過熱判定部 6200 により発熱制限が不要と判定されたときには、回転数指令値制限部 6300 が回転数指令値 $N m r e f$ を制限することなく、アクチュエータ作動量設定部 6000 によって設定された回転数指令値 $N m r e f$ がそのまま電動機 E D U 4100 へ送出される。

【0093】

次に、電動機 E D U 4100 による電動モータ 2060 の制御について説明する。

30

電動機 E D U 4100 は、電動モータ 2060 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 4100 は、回転数指令値 $N m r e f$ に対する電動モータ 2060 の実回転数 $N m$ の回転数偏差 ($N m r e f - N m$) に応じて、電動モータ 2060 への供給電力 (代表的には、モータ電流やモータ印加電圧振幅) 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。

【0094】

特に、電動機 E D U 4100 は、モータ制御性を向上させるために、電動モータ 2060 への供給電力を制御する調整量であるデューティ比 $D T Y$ を下記 (2) 式に従って制御する。

40

【0095】

$$D T Y = D T Y (S T) + D T Y (F B) \quad \dots (2)$$

(2) 式において、 $D T Y (F B)$ 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、P I 制御等) に基づくフィードバック項である。

【0096】

(2) 式中の $D T Y (S T)$ は、図 13 に示すように、電動モータ 2060 の回転数指令値 $N m r e f$ に基づいて設定されるプリセット項である。

【0097】

50

図13を参照して、相対回転数 $\Delta Nm = 0$ のとき、すなわち、回転数指令値 Nm_{ref} 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に従って設定される。あるいは、デューティ比特性6060に従う基準値から、相対回転数 ΔNm に応じたデューティ比の値を相対的に増減させることにより設定してもよい。

【0098】

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 Nm_{ref} 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。

【0099】

図14は、電動機EDU4100の具体的な構成例を説明する機能ブロック図である。

図14を参照して、電動機EDU4100は、パルスカウンタ4110、4120と、減算回路4130と、制御演算回路4140と、デューティプリセット回路4150と、加算回路4155と、駆動回路4160と、フィルタコイル4250と、電力変換回路4300とを含む。

【0100】

パルスカウンタ4110は、ECU4000からの回転数指令値 Nm_{ref} を示すパルス信号 P_{ref} のパルス数をカウントする。パルス信号 P_{ref} は、回転数指令値 Nm_{ref} に応じた周波数を有する。パルスカウンタ4120は、モータ回転角信号 P_{mt} のパルス数をカウントする。減算回路4130は、パルスカウンタ4110、4120のそれぞれでのパルスカウント数差 ΔNp を示す信号を出力する。すなわち、減算回路4130の出力信号は、電動モータ2060の回転数指令値 Nm_{ref} に対する回転数偏差に相当する。

【0101】

制御演算回路4140は、P制御あるいはPI制御等の周知の制御演算方式に従って、上記回転数偏差に応じた調整量、すなわち上記(2)式中でのフィードバック項 $DTY(FB)$ を示す制御電圧 V_{fb} を出力する。一方、デューティプリセット回路4150は、パルスカウンタ4110の出力に基づき、図14に示したデューティ比特性6060に従って、上記(2)式中でのプリセット項 $DTY(ST)$ を示す制御電圧 V_{st} を出力する。

【0102】

そして、加算回路4155は、制御演算回路4140からの制御電圧 V_{fb} およびデューティプリセット回路4150からの制御電圧 V_{st} の和に従う制御電圧 V_{dty} を出力する。制御電圧 V_{dty} は、上記(2)式中でのデューティ比 DTY を示す電圧である。

【0103】

電力変換回路4300は、一般的なインバータ、コンバータ等で構成され、直流電源4200から、フィルタコイル4250を経由して供給された直流電力を、電力用半導体素子の代表例として示されるトランジスタ4350のオン・オフ制御(スイッチング制御)によって、モータ2060を駆動するためのモータ供給電力 P_{wm} に変換する。このように、電動モータ2060への供給電力 P_{wm} は、トランジスタ4350のスイッチング制御におけるデューティ比 DTY に応じて可変制御される。

【0104】

電動モータ2060は、代表的には、DCブラシレスモータにより構成される。図14に示した電動機EDU4100により、電動モータ2060の回転数が回転数指令値 Nm_{ref} と合致するように、モータ供給電力 P_{wm} が制御されることになる。

【0105】

ここで、判定基準値設定部6100、過熱判定部6200および回転数指令値制限部6

10

20

30

40

50

300による、電動モータ2060および電動機EDU4100の過熱保護制御について詳細に説明する。

【0106】

図15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では、アクチュエータである電動モータ2060の発熱制限要否を判断する過熱判定を、上記(2)式に従って設定されたトランジスタ4350のデューティ比DTYと、図12に示した判定基準値設定部6100によって設定された判定基準値としてのデューティ比基準値DTY_jとの比較に基づいて実行する。

【0107】

具体的には、 $DTY > DTY_j$ の領域を「連続使用不可領域」と定義する一方で、 $DTY < DTY_j$ の領域を「連続使用可能領域」と定義する。そして、連続使用不可領域でのデューティ比設定が所定時間以上継続した場合に、電動モータ2060および/または電動機EDU4100が過熱状態であると判定することとする。

【0108】

図15に示されるように、過熱判定の判定基準値であるデューティ比基準値DTY_jは、モータ回転数Nmに応じて可変に設定されるが、その理由は以下のとおりである。

【0109】

電動モータ2060および電動機EDU4100の各部位は、モータ回転数に応じてその発熱特性が異なり、また各部位ごとに許容発熱量も設計上異なってくる。たとえば、電動モータ2060のコイル巻線部や、コイル巻線へ電流を供給する電力変換回路4300(図14)内のトランジスタ4350では、低回転数時ほど特定相にモータ電流が連続的に流れることになるため、モータ低回転数領域ではこれらの部位の過熱を監視する必要がある。一方、モータ高回転数領域では、上記のようなコイル巻線部およびトランジスタ(電力用半導体素子)での発熱が軽減されるのに対して、フィルタコイル4250(図14)での発熱が相対的に大きくなるので、フィルタコイル部の過熱を監視する必要性が生じる。

【0110】

この結果、図15に示すように、モータ回転数Nmの上昇に従ってデューティ比基準値DTY_jが上昇するように設定することで、各モータ回転数領域での各部位の発熱特性を反映して、電動モータ2060および/または電動機EDU4100が過熱状態であるかどうかをより適切に判定することができる。なお、デューティ比基準値DTY_jについては、温度(エンジン冷却水温等)をさらに考慮して設定してもよい。具体的には、同一のモータ回転数Nmに対して、高温時ほどデューティ比基準値DTY_jが相対的に低くなるように設定することができる。

【0111】

また、デューティ比DTYは、モータ供給電力PWMを示す情報の代表的なものとして例示される。あるいは、電動モータ2060への印加電圧あるいは印加電流等の検出値に基づいてモータ供給電力PWMを評価してもよい。

【0112】

また、図12に示したように、本実施の形態による可変バルブタイミング装置では、インテークバルブ位相の変化量に応じた相対回転数ΔNmと、エンジン回転数の1/2であるカムシャフト回転数IVNとの和に従って電動モータ2060の回転数指令値が生成される。過熱状態は、モータ供給電力PWMが大きい状態が所定期間以上継続した場合に発生するので、モータ回転数Nmに代えて、エンジン回転数(またはカムシャフト回転数IVN)に応じて、判定基準値であるデューティ比基準値DTY_jを設定してもよい。モータ回転数Nmと比較して、エンジン回転数の方が変動量は小さいため、エンジン回転数に応じてデューティ比基準値DTY_jを設定することにより、判定基準値が急激に変化することを防止して、より安定的な過熱判定を実行することが可能となる。

【0113】

なお、デューティ比基準値DTY_jは、電動モータ2060の相対回転数ΔNm = 0の

10

20

30

40

50

とき（すなわち、電動モータ 2060 をインテークカムシャフト 1120 と同一回転数とするとき）に必要なモータ供給電力に対応したデューティ比（図 13 の特性線 6060 に対応するデューティ比）よりも高い領域に設定される。

【0114】

図 16 は、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電動モータ 2060 および電動機 EDU4100 の過熱保護制御を説明するフローチャートである。図 16 に示したフローチャートは、ECU4000 に格納された所定プログラムを所定の制御周期前に実行することにより実現される。

【0115】

図 16 を参照して、ECU4000 は、ステップ S100 では、モータ回転数あるいは、エンジン回転数（またはカムシャフト回転数 IVN）に応じて、図 15 に示すようにデューティ比基準値 DTYj を設定する。ステップ S100 における処理は、図 12 に示した判定基準値設定部 6100 の機能に対応する。

10

【0116】

ECU4000 は、さらにステップ S120 により、電動機 EDU4100 でのデューティ比 DTY と、ステップ S100 で求めたデューティ比基準値 DTYj との比較に基づき、現在のデューティ比 DTY が連続使用不可領域内であるかどうかを判定する。そして、連続使用不可領域内であるときには、その連続時間をカウンタ 6210（図 12）により積算する。

【0117】

20

そして ECU4000 は、ステップ S140 により、カウンタ積算値が第 1 の所定期間に対応する所定値 T1 を超えているかどうかを判定する。カウンタ積算値が T1 を超えている場合（ステップ S140 の YES 判定時）には、過熱状態であるために発熱制限が必要であると判定されて、発熱制限フラグがオンされる。一方、カウンタ積算値が T1 以下である場合（ステップ S140 の NO 判定時）には、過熱状態でないため発熱制限は不要であると判定されて、発熱制限フラグはオフされる。すなわちステップ S120 および S140 による処理は、図 12 における過熱判定部 6200 の機能に対応する。

【0118】

ECU4000 は、発熱制限実行時（ステップ S140 の YES 判定時）には、さらにステップ S160 により、アクチュエータ作動量設定部 6000 によって設定された回転数指令値 Nmref が上限回転数指令値 Nmmax を超えているかどうかを判定する。

30

【0119】

たとえば、上限回転数指令値 Nmmax は、図 15 に示したデューティ比基準値 DTYj により電動モータ 2060 を駆動制御した場合における電動モータ 2060 の回転数に対応して設定される。なお、図 15 に示したように、デューティ比基準値 DTYj が特性線 6060 に対応するデューティ比よりも高い領域に設定されることにより、発熱制限時にも、変化速度は制約されるもののインテークバルブ位相を遅角側および進角側の両方向に変化させることが可能となる。

【0120】

ECU4000 は、Nmref > Nmmax のとき（ステップ S160 の YES 判定時）には、ステップ S170 により、Nmref = Nmmax に修正して電動モータ 2060 の回転数を制限する。すなわち、発熱制限時には、ECU4000 から電動機 EDU4100 へ与えられる回転数指令値 Nmref は上限回転数指令値 Nmmax 以下の値とされて、電動モータ 2060 は、図 15 に示した連続使用可能領域内で駆動制御される。

40

【0121】

一方、ECU4000 は、発熱制限の非実行時（ステップ S140 の NO 判定時）および、発熱制限実行時ではあるものの Nmref < Nmmax のとき（ステップ S160 の NO 判定時）には、ステップ S180 により、アクチュエータ作動量設定部 6000 により設定された回転数指令値 Nmref をそのまま電動機 EDU4100 へ送出する。

【0122】

50

このような構成とすることにより、電動モータ 2060 の回転数制御におけるデューティ比 DTY が、発熱大となる連続使用不可領域内で所定期間を超えて継続的に設定された場合には、電動モータ 2060 および / または電動機 EDU4100 の発熱を制限するように電動モータ 2060 の回転数を制限する。これにより、電動モータ 2060 および / または電動機 EDU4100 の過熱を防止して機器保護を図ることができる。

【0123】

次に図 17 を用いて、連続使用不可領域での連続使用時間を強化するカウンタ 6210 (図 12) の動作を説明する。図 17 に示すフローチャートは、図 16 のステップ S120 を詳細に説明したものに相当する。

【0124】

図 17 を参照して、ECU4000 は、ステップ S122 により、電動機 EDU4100 でのデューティ比 DTY と、ステップ S100 で設定されたデューティ比基準値 DTYj とを比較する。そして、 $DTY > DTYj$ のとき (ステップ S122 の YES 判定時) には、連続使用不可領域での使用であるから、ECU4000 は、ステップ S124 により、カウンタ 6210 による発熱カウンタ値を所定値加算する。発熱カウンタ値は、図 16 のステップ S140 でのカウンタ積算値に相当する。なお、ステップ S124 での発熱カウンタ値の加算値は、温度 (エンジン冷却水温等) に応じて可変に設定してもよい。具体的には、発熱が起こり易い高温時には、加算値を非高温時よりも大きい値に設定することができる。

【0125】

さらに、ECU4000 は、ステップ S126 により、解除カウンタ値をクリアする。解除カウンタ値は、発熱カウンタ値と同様にカウンタ 6210 によりカウントされるが、発熱カウンタ値とは反対に、連続使用可能領域での継続的な使用時間を示すカウンタ値である。

【0126】

図 16 および図 17 に示すフローチャートは所定期間で実行されるため、ステップ S124 の処理により、発熱カウンタ値は、デューティ比 DTY が連続使用不可領域に設定された時間に応じて増加する。

【0127】

一方、ECU4000 は、 $DTY \leq DTYj$ のとき (ステップ S122 の NO 判定時) には、ステップ S128 により、解除カウンタ値を所定値加算する (ステップ S128)。この際の加算値についても、温度 (エンジン冷却水温等) に応じて可変に設定してもよい。具体的には、放熱し易い非高温時には、加算値を高温時よりも大きい値に設定することができる。

【0128】

さらに、ECU4000 は、ステップ S130 により、解除カウンタ値が第 2 の所定期間に対応する所定値 T2 を超えているかどうかを判定する。そして、解除カウンタ値が T2 より大きいとき (ステップ S130 の YES 判定時)、すなわち、デューティ比 DTY が連続使用可能領域に第 2 の所定期間を超えて継続的に設定使用されている場合には、ECU4000 は、ステップ S130 により、発熱カウンタ値をクリアあるいは所定値減算する。一方、ステップ S130 の NO 判定時には、ECU4000 は、ステップ S132 を実行することなく制御処理を終了する。

【0129】

図 17 に示した一連の処理により、電動モータ 2060 の連続使用不可領域での使用時間が発熱カウンタ値によって示される。そして、発熱カウンタ値が所定値 T1 を超えることに伴って発熱制限が実行される。一方、連続使用不可領域から、発熱制限により連続使用可能領域へ遷移した場合には、連続使用可能領域での使用が所定期間 (所定値 T2 に対応) を超えて継続することに対応して、発熱カウンタ値がクリアあるいは減少されることに伴い、ステップ S140 (図 16) での判定が切換えられて発熱制限が解除されることになる。

10

20

30

40

50

【 0 1 3 0 】

この際に、連続使用可能領域での連続期間が所定期間を超えるまでは発熱カウンタ値をホールドするため、一旦発生した過熱状態が確実に解消されるまでに発熱カウンタ値がクリアまたは減少されて、発熱制限が解除されることを防止できる。なお、上記ホールドの期間を示す所定値 T 2 (S 1 3 0) は、発熱制限フラグのオン・オフに応じて切換えることが好ましい。具体的には、発熱制限中 (発熱制限フラグのオン時) には、一旦発生した過熱状態が解消されるのにある程度の期間が必要であることからホールド期間を長く (所定値 T 2 を大きく) 設定することが必要となる。その一方で、発熱非制限中 (発熱制限フラグのオフ時) には、連続使用可能領域での使用により、温度は速やかに低下することが予想される。したがって、ホールド期間は、発熱制限フラグのオン時と比較して短く (所定値 T 2 を小さく) 設定することが好ましい。これにより、電動モータ 2 0 6 0 および電動機 E D U 4 1 0 0 の過熱保護制御を過度に行なって、インテークバルブ位相制御の性能が低下することを防止できる。

10

【 0 1 3 1 】

以上説明したように本発明の実施の形態によれば、可変バルブタイミング装置の特徴を考慮して、アクチュエータの過熱判定に用いる判定基準値を電動モータ 2 0 6 0 の回転数に応じて可変設定することにより、アクチュエータの過熱判定および過熱保護制御を適切に実行することが可能となる。これにより、アクチュエータである電動モータ 2 0 6 0 および電動機 E D U 4 1 0 0 の過熱防止による機器保護、ならびに、過度の過熱保護制御によるバルブタイミング制御性能低下の防止を図ることができる。

20

【 0 1 3 2 】

また、モータ供給電力に基づく過熱判定とするので温度センサを設けることなく過熱判定を実行することができ、かつ、実際の温度上昇に対して予防的に過熱防止のための発熱制限を効果的に実行することが可能となる。

【 0 1 3 3 】

なお、以上説明した実施の形態において、V V T 機構 2 0 0 0 は、本発明での「変更機構」に対応し、電動機 E D U 4 1 0 0 は本発明での「電動機駆動装置」に対応する。さらに、アクチュエータ作動量設定部 6 0 0 0 は、本発明における「指令値生成手段」に相当し、判定基準値設定部 6 1 0 0 およびステップ S 1 0 0 (図 1 6) は本発明での「判定基準値設定手段」に対応する。また、過熱判定部 6 2 0 0 およびステップ S 1 2 0 , S 1 4 0 (図 1 6) は、本発明での「過熱判定手段」に対応し、回転数指令値制限部 6 3 0 0 およびステップ S 1 6 0 , S 1 7 0 (図 1 6) は、本発明での「指令値制限手段」に対応する。

30

【 0 1 3 4 】

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 】

【 0 1 3 5 】

【 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。

40

【 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 V V T 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 V V T 機構全体として減速比を示す図である。

50

【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】図 11 に示した制御構成におけるフィードバック制御ループの形成を説明する概略ブロック図である。

【図 13】電動モータの回転数制御を説明する概念図である。

【図 14】電動機 E D U の具体的な構成例を説明する機能ブロック図である。

【図 15】本実施の形態に係る可変バルブタイミング装置における電動モータおよび電動機 E D U の過熱判定を説明する概念図である。

10

【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電動モータおよび電動機 E D U の過熱保護制御を説明する第 1 のフローチャートである。

【図 17】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電動モータおよび電動機 E D U の過熱保護制御を説明する第 2 のフローチャートである。

【符号の説明】

【0136】

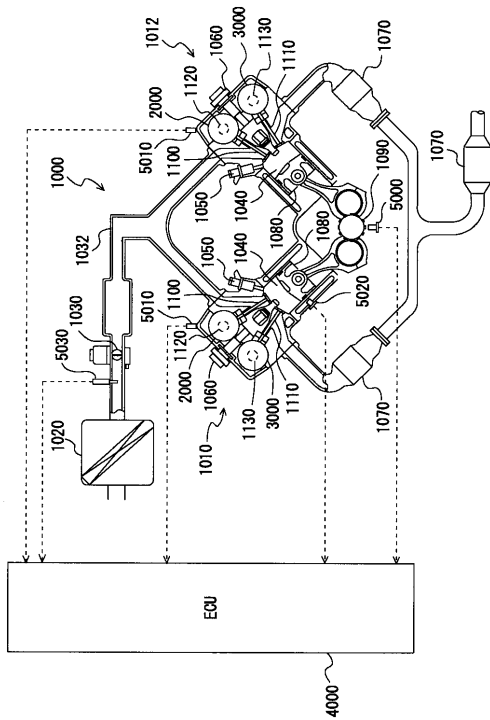
1000 エンジン、1010、1012 バンク、1020 エアクリーナ、1030 スロットルバルブ、1032 吸気通路、1040 シリンダ、1050 インジェクタ、1060 点火プラグ、1070 三元触媒、1080 ピストン、1090 クランクシャフト、1100 インテークバルブ、1110 エキゾーストバルブ、1120 インテークカムシャフト、1130 エキゾーストカムシャフト、1200 タイミングチェーン、1210、1212 スプロケット、2020 カムプレート、2030 リンク機構、2034 制御ピン、2040 ガイドプレート、2042 ガイド溝、2044 凹部、2050 減速機、2052 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 インテーク用 V V T 機構、3000 エキゾースト用 V V T 機構、4000 E C U、4100 電動機 E D U、4110、4120 パルスカウンタ、4130 減算回路、4140 制御演算回路、4150 デューティプリセット回路、4155 加算回路、4160 駆動回路、4200 直流電源、4250 フィルタコイル、4300 電力変換回路、4350 トランジスタ（電力用半導体素子）、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（ $\Delta N m = 0$ ）、6100 判定基準値設定部、6200 過熱判定部、6210 カウンタ（タイマ）、6300 回転数指令値制限部、D T Y デューティ比（トランジスタ）、D T Y j デューティ比基準値（判定基準値）、I V (θ) インテークバルブ位相、I V (θ) r 目標位相、I V N カムシャフト回転数、N E エンジン回転数、N m モータ回転数、N m m a x 上限回転数指令値（電動モータ）、N m r e f 回転数指令値（電動モータ）、P c a クランク角信号、P i v カム角信号、P m モータ供給電力、P m t モータ回転角信号、P r e f パルス信号、 $\Delta N m$ 相対回転数（電動モータ/インテークカムシャフト）。

20

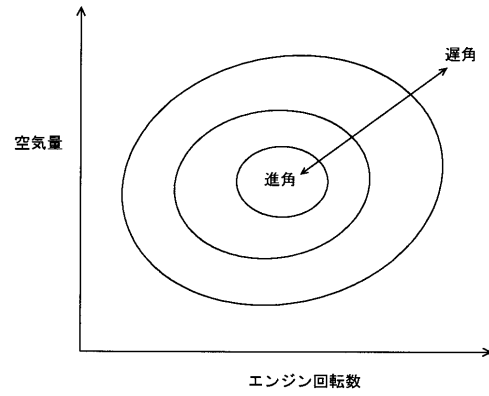
30

40

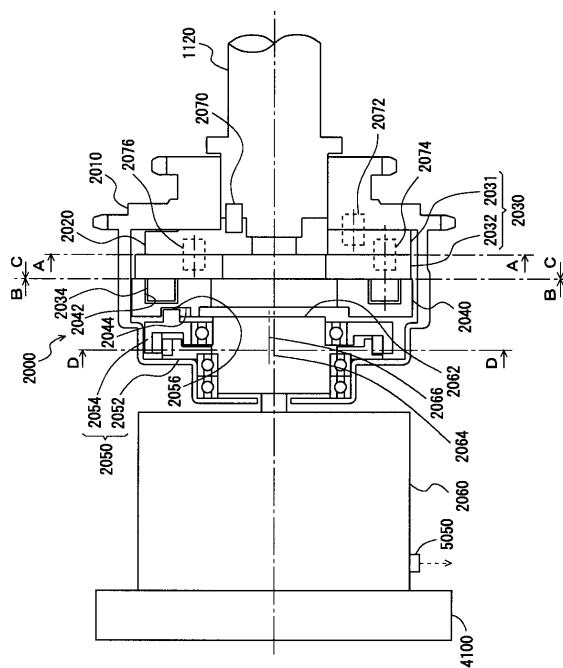
【 図 1 】



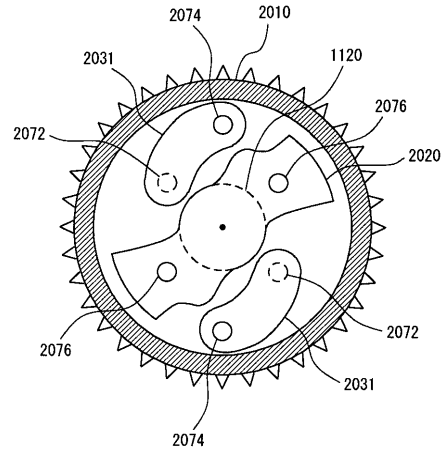
【 図 2 】



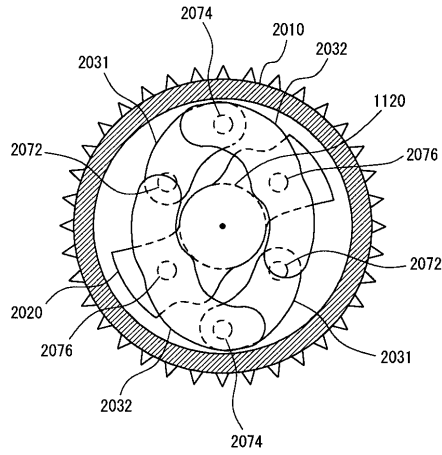
【圖 3】



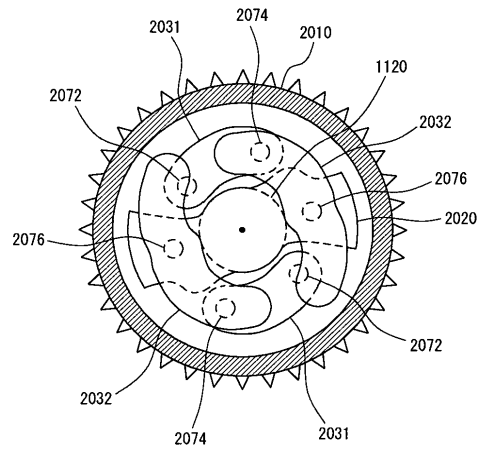
【 図 4 】



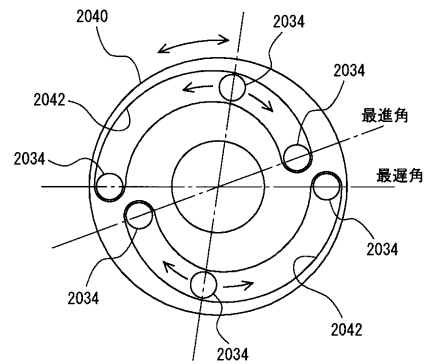
【図 5】



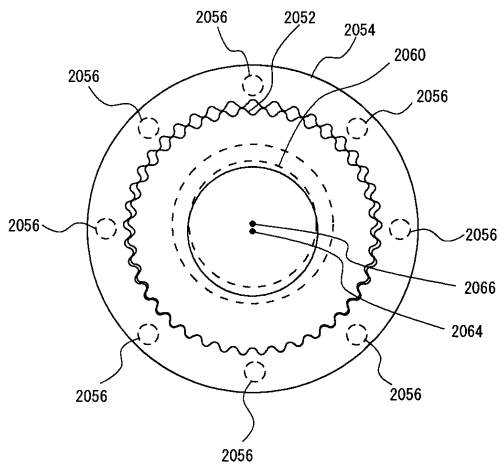
【図 6】



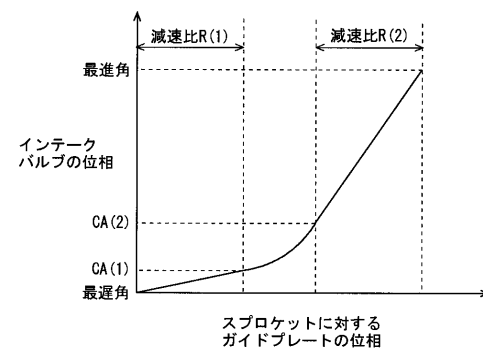
【図 7】



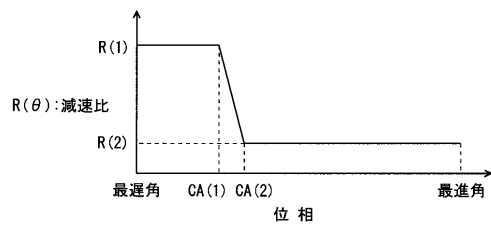
【図 8】



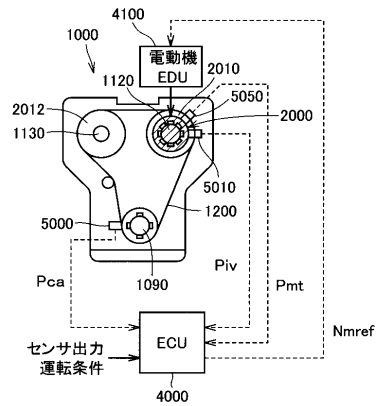
【図 10】



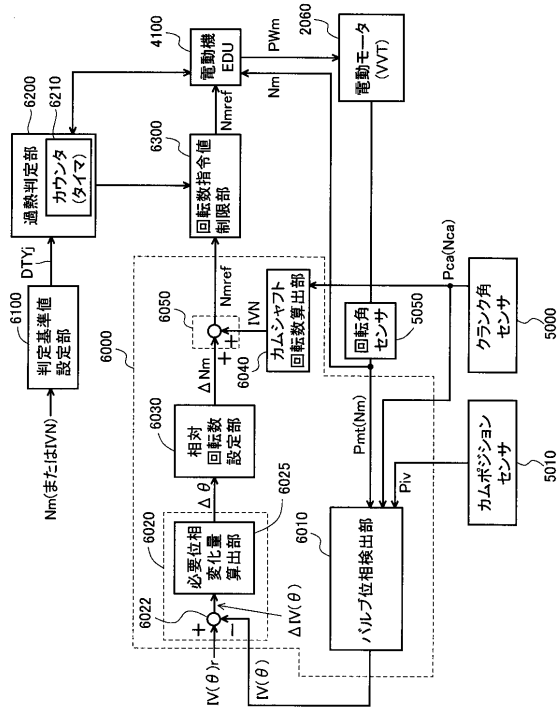
【図 9】



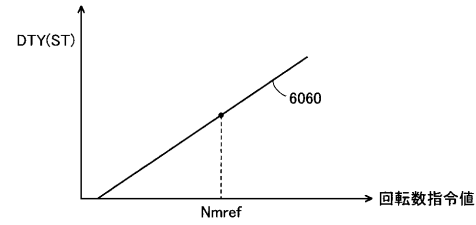
【図 11】



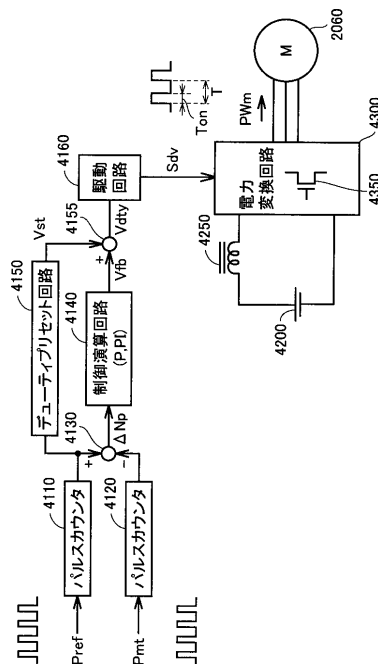
【図 12】



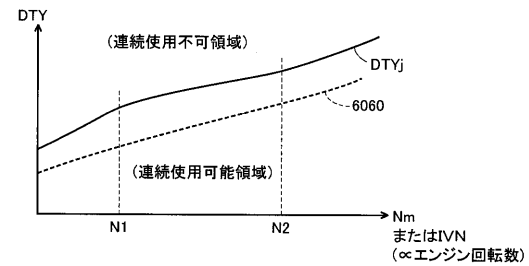
【図 13】



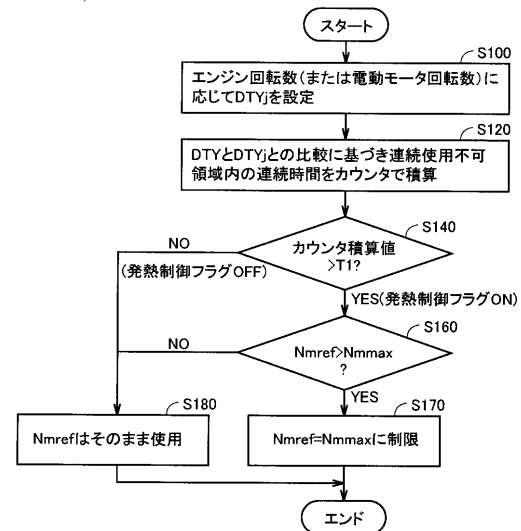
【図 14】



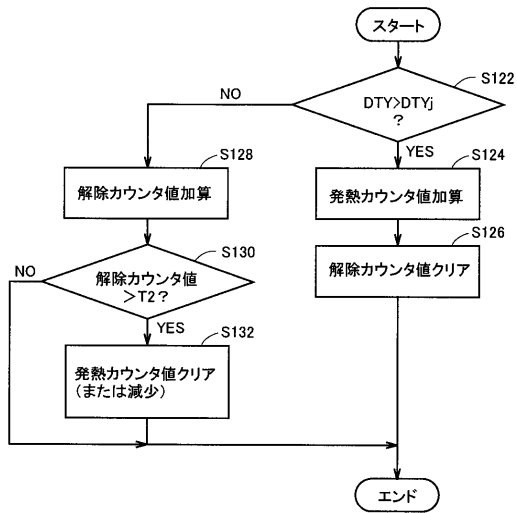
【図 15】



【図 16】



【図 17】



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 服部 正敬
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 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
- (72)発明者 井上 正臣
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
- (72)発明者 竹村 優一
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
- (72)発明者 田中 敏和
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 鹿角 剛二

- (56)参考文献 特開2004-183591(JP,A)
特開2004-190663(JP,A)
特開2004-300924(JP,A)
特開2005-105891(JP,A)
特開2005-218281(JP,A)
特開2006-070754(JP,A)

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