

(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2020-101120

(P2020-101120A)

(43) 公開日 令和2年7月2日(2020.7.2)

(51) Int.Cl.
F02D 13/02 (2006.01)

F I
F02D 13/02 H

テーマコード(参考)
3G092

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2018-239419 (P2018-239419)
(22) 出願日 平成30年12月21日(2018.12.21)

(71) 出願人 000004260
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 110000028
特許業務法人明成国際特許事務所
(72) 発明者 鈴木 玄軌
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 中野 智章
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内
Fターム(参考) 3G092 AA11 DA01 DA08 EA03 GA01

(54) 【発明の名称】 バルブタイミング制御装置およびバルブタイミング制御方法

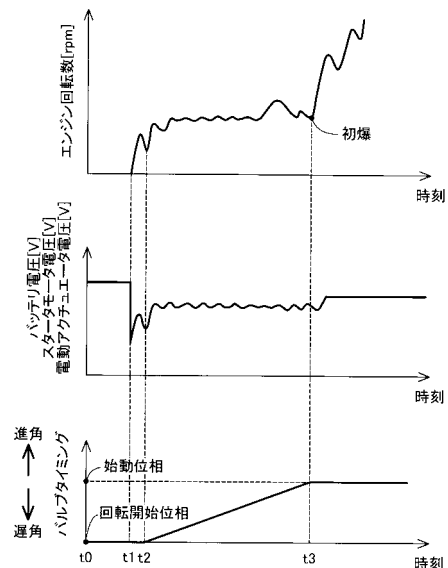
(57) 【要約】

【課題】内燃機関の始動時における位相を変更するタイミングを改善する。

【解決手段】クランクシャフト20から動力が伝達されるカムシャフト31の回転により開閉される吸気バルブ15のバルブタイミングを制御するバルブタイミング制御装置50は、回転位相を変更してバルブタイミングを調整する位相変更部52と、位相変更部を駆動する電動アクチュエータ54と、電動アクチュエータの動作を制御する制御部56と、を備え、制御部は、クランクシャフトの回転開始時におけるバルブタイミングを、基準位相よりも遅角側に設定された回転開始位相となるように制御し、内燃機関の気筒11、11aに配置されるピストン13、13aのクランクシャフトの回転開始後における最初の圧縮工程の上死点通過後から内燃機関の始動完了までの間に、バルブタイミングを回転開始位相よりも進角側に設定された始動位相となるように制御する始動時制御処理を実行する。

【選択図】 図5

Fig.5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内燃機関（10）において、クランクシャフト（20）から動力が伝達されるカムシャフト（31）の回転により開閉される吸気バルブ（15）のバルブタイミングを制御するバルブタイミング制御装置（50）であって、

前記クランクシャフトに対する前記カムシャフトの相対的な回転位相を変更して前記バルブタイミングを調整する位相変更部（52）と、

前記位相変更部を駆動する電動アクチュエータ（54）と、

前記電動アクチュエータの動作を制御する制御部（56）と、

を備え、

10

前記制御部は、前記クランクシャフトの回転開始時における前記バルブタイミングを、予め定められた基準位相よりも遅角側に設定された回転開始位相となるように制御し、前記内燃機関の気筒（11、11a）に配置されるピストン（13、13a）の前記クランクシャフトの回転開始後における最初の圧縮工程の上死点通過後から前記内燃機関の始動完了までの間に、前記バルブタイミングを前記回転開始位相よりも進角側に設定された始動位相となるように制御する始動時制御処理を実行する、

バルブタイミング制御装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のバルブタイミング制御装置において、

前記制御部は、

前記内燃機関の温度を取得し、

取得された前記温度が、低温状態であることを示す予め定められた閾値温度以下である場合に、前記始動時制御処理を実行する、

20

バルブタイミング制御装置。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載のバルブタイミング制御装置において、

前記回転開始位相は、最遅角付近に設定されている、

バルブタイミング制御装置。

【請求項 4】

請求項 1 から請求項 3 までのいずれか一項に記載のバルブタイミング制御装置において

30

、前記制御部は、前記始動時制御処理において、スタータモータ（25）に電力を供給するバッテリー（40）と前記バッテリーに接続される装置とのうちの少なくとも一方の端子に印加される電圧の値を利用して、前記上死点通過のタイミングを特定する、

バルブタイミング制御装置。

【請求項 5】

請求項 4 に記載のバルブタイミング制御装置において、

前記端子は、前記電動アクチュエータに設けられている、

バルブタイミング制御装置。

【請求項 6】

請求項 4 に記載のバルブタイミング制御装置において、

前記端子は、前記スタータモータに設けられている、

バルブタイミング制御装置。

40

【請求項 7】

請求項 4 から請求項 6 までのいずれか一項に記載のバルブタイミング制御装置において

、前記制御部は、前記始動時制御処理において、前記電圧の値の 2 回目の極小値を検知したタイミングを、前記上死点通過のタイミングと特定する、

バルブタイミング制御装置。

【請求項 8】

50

請求項 1 から請求項 7 までのいずれか一項に記載のバルブタイミング制御装置において

、
前記制御部は、前記始動時制御処理において、前記内燃機関が備える複数の前記気筒のうち、前記クランクシャフトの回転開始後に最初に圧縮工程となる第 1 気筒 (1 1 a) における第 1 ピストン (1 3 a) の最初の圧縮工程の前記上死点通過後から、前記クランクシャフトの回転開始後 2 番目に圧縮工程となる第 2 気筒 (1 1 b) における第 2 ピストン (1 3 b) の最初の圧縮工程の上死点通過までの間に、前記バルブタイミングを前記始動位相となるように制御する、

バルブタイミング制御装置。

【請求項 9】

内燃機関 (1 0) において、クランクシャフト (2 0) から動力が伝達されるカムシャフト (3 1) の回転により開閉される吸気バルブ (1 5) のバルブタイミングを、前記クランクシャフトに対する前記カムシャフトの相対的な回転位相を変更する位相変更部 (5 2) を駆動する電動アクチュエータ (5 4) の動作を制御することにより制御するバルブタイミング制御方法であって、

前記クランクシャフトの回転開始時における前記バルブタイミングを、基準位相よりも遅角側に設定された回転開始位相となるように制御する工程と、

前記内燃機関の気筒 (1 1 、 1 1 a) に配置されるピストン (1 3 、 1 3 a) の前記クランクシャフトの回転開始後における最初の圧縮工程の上死点通過後から前記内燃機関の始動完了までの間に、前記バルブタイミングを前記回転開始位相よりも進角側に設定された始動位相となるように制御する工程と、

を備える、

バルブタイミング制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、バルブタイミング制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、内燃機関の吸気バルブのバルブタイミングを制御する電動式のバルブタイミング制御装置が知られている。一般に、電動式のバルブタイミング調整装置では、クランクシャフトの回転開始直後からバルブタイミングを制御することが可能である。特許文献 1 に記載のバルブタイミング制御装置では、内燃機関のスタータモータがオンされてから内燃機関が始動されるまでの間に、始動に適した位相として最遅角位相と最進角位相とのほぼ中間の位相にバルブタイミングを制御している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特許第 4 6 0 6 4 7 3 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 に記載のバルブタイミング制御装置では、スタータモータがオンされた後に、具体的にどのタイミングで位相を始動に適した位相へと変更させるかについて、十分な検討がなされていない。このため、内燃機関の始動時における位相を変更するタイミングに関して、更なる改善の余地があった。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本開示は、以下の形態として実現することが可能である。

【0006】

10

20

30

40

50

本開示の一形態によれば、バルブタイミング制御装置（５０）が提供される。このバルブタイミング制御装置は、内燃機関（１０）において、クランクシャフト（２０）から動力が伝達されるカムシャフト（３１）の回転により開閉される吸気バルブ（１５）のバルブタイミングを制御する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に対する前記カムシャフトの相対的な回転位相を変更して前記バルブタイミングを調整する位相変更部（５２）と；前記位相変更部を駆動する電動アクチュエータ（５４）と；前記電動アクチュエータの動作を制御する制御部（５６）と；を備え；前記制御部は、前記クランクシャフトの回転開始時における前記バルブタイミングを、予め定められた基準位相よりも遅角側に設定された回転開始位相となるように制御し、前記内燃機関の気筒（１１、１１a）に配置されるピストン（１３、１３a）の前記クランクシャフトの回転開始後における最初の圧縮工程の上死点通過後から前記内燃機関の始動完了までの間に、前記バルブタイミングを前記回転開始位相よりも進角側に設定された始動位相となるように制御する始動時制御処理を実行する。

10

【０００７】

この形態のバルブタイミング制御装置によれば、クランクシャフトの回転開始時におけるバルブタイミングを、予め定められた基準位相よりも遅角側に設定された回転開始位相となるように制御し、内燃機関の気筒に配置されるピストンのクランクシャフトの回転開始後における最初の圧縮工程の上死点通過後から内燃機関の始動完了までの間に、バルブタイミングを回転開始位相よりも進角側に設定された始動位相となるように制御する始動時制御処理を実行する。このため、クランクシャフトの回転開始後における最初の圧縮工程の上死点通過前に始動位相に制御する構成と比較して、ピストンを上昇させるためのクランクシャフトの回転に要するトルクを抑制できる。また、始動位相に制御することにより、内燃機関の始動時におけるエミッションを抑制できる。また、内燃機関の温度が低温状態である場合には、始動位相に制御することにより、燃焼室内の混合ガスの圧縮比を高めることができるので、燃焼までに要する時間を短縮でき、内燃機関の始動性の悪化を抑制できる。したがって、クランクシャフトの回転に要するトルクを抑制しつつ、内燃機関の始動時における不具合を抑制できる。このため、内燃機関の始動時における位相を変更するタイミングを改善できる。

20

【０００８】

本開示は、種々の形態で実現することも可能である。例えば、バルブタイミング制御方法、バルブタイミング制御装置を備える内燃機関システム等の形態で実現することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【０００９】

【図１】第１実施形態のバルブタイミング制御装置を備える内燃機関システムの概略構成を示す説明図である。

【図２】内燃機関の概略構成を示す説明図である。

【図３】バッテリーに接続される装置の接続関係を示す模式図である。

【図４】始動時制御処理の手順を示すフローチャートである。

【図５】エンジン回転数と電圧とバルブタイミングとの関係を示すタイミングチャートである。

40

【図６】第２実施形態における始動時制御処理の手順を示すフローチャートである。

【図７】最初に圧縮工程となる気筒と２番目に圧縮工程となる気筒とを示す説明図である。

。

【図８】第２実施形態におけるエンジン回転数と電圧とバルブタイミングとの関係を示すタイミングチャートである。

【図９】第３実施形態における始動時制御処理の手順を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【００１０】

A．第１実施形態：

50

A - 1 . 装置構成 :

図 1 に示す内燃機関システム 100 は、図示しない車両に搭載され、動力源として用いられる。内燃機関システム 100 は、内燃機関 10 と、バッテリー 40 と、バルブタイミング制御装置 50 と、電子制御ユニット 90 とを備える。

【 0011】

図 2 に示すように、内燃機関 10 は、4 つの気筒 11 が直列に配置された直列 4 気筒の吸気ポート噴射式エンジンにより構成されている。図 1 に示すように、内燃機関 10 は、気筒 11 と、クランクシャフト 20 と、吸気カムシャフト 31 と、排気カムシャフト 32 とを備える。図 1 では、図示の便宜上、或る 1 つの気筒 11 と、かかる気筒 11 に接続された管系のみを示している。内燃機関 10 は、吸気管 60 と、排気管 70 とにそれぞれ接続されている。

10

【 0012】

吸気管 60 は、内燃機関 10 に空気を供給する流路として機能する。吸気管 60 には、上流側から順に、エアクリーナ 61 と、エアフローメータ 62 と、スロットルバルブ 63 と、サージタンク 66 と、吸気マニホールド 67 とが設けられている。エアクリーナ 61 は、空気中の塵等の異物を除去する。エアフローメータ 62 は、吸入空気量を検出する。スロットルバルブ 63 は、電動モータ等のアクチュエータ 64 により駆動されて開度が調整されることにより、吸入空気量を調整する。スロットルバルブ 63 の開度は、スロットル開度センサ 65 により検出される。サージタンク 66 は、吸気脈動を抑制する。図 1 および図 2 に示す吸気マニホールド 67 は、各気筒 11 に空気を導入するために分岐して設けられている。図 1 に示すように、各吸気マニホールド 67 は、各吸気バルブ 15 を介して各気筒 11 とそれぞれ連通している。各吸気マニホールド 67 には、燃料噴射弁 69 がそれぞれ取り付けられている。燃料噴射弁 69 は、例えば電磁駆動式のインジェクタにより構成され、燃料としてのガソリンを噴射する。噴射された燃料は、吸気管 60 を介して導入された空気と混合される。

20

【 0013】

排気管 70 は、内燃機関 10 から排出されるガス（以下、単に「排出ガス」と呼ぶ）を、内燃機関システム 100 の外部へと排出する流路として機能する。排気管 70 には、上流側から順に、排気マニホールド 71 と、浄化装置 72 とが設けられている。排気マニホールド 71 は、各排気バルブ 16 を介して各気筒 11 とそれぞれ連通し、排出ガスを排出する。浄化装置 72 は、三元触媒等の触媒により排出ガスを浄化する。

30

【 0014】

内燃機関 10 が備える各気筒 11 は、それぞれシリンダブロック 12 と、ピストン 13 と、シリンダヘッド 14 と、吸気バルブ 15 と、排気バルブ 16 と、点火プラグ 17 とを有する。シリンダブロック 12 とピストン 13 とシリンダヘッド 14 とに囲まれる空間は、燃焼室 18 を構成している。燃焼室 18 では、空気と燃料との混合ガスが燃焼される。

【 0015】

シリンダブロック 12 には、図示しない冷却水流路が形成されており、冷却水温センサ 19 が設けられている。冷却水温センサ 19 は、冷却水流路を流れる冷却水の温度を、内燃機関 10 の温度として検出する。冷却水温センサ 19 によって検出された温度を示す信号は、電子制御ユニット 90 へと送信される。シリンダブロック 12 の内部には、ピストン 13 が往復可能に配置されている。

40

【 0016】

ピストン 13 は、コネクティングロッド 21 を介してクランクシャフト 20 に連結されている。コネクティングロッド 21 は、ピストン 13 の往復運動をクランクシャフト 20 の回転運動に変換する。

【 0017】

シリンダヘッド 14 は、シリンダブロック 12 の上部に配置されている。シリンダヘッド 14 には、吸気バルブ 15 と排気バルブ 16 と点火プラグ 17 とが設けられている。

【 0018】

50

吸気バルブ 15 は、燃焼室 18 へと混合ガスを供給するための吸気ポートを開閉する。吸気バルブ 15 が開かれていると、吸気マニホールド 67 から燃焼室 18 へと混合ガスが供給される。

【0019】

排気バルブ 16 は、燃焼室 18 から排出ガスを排出するための排気ポートを開閉する。排気バルブ 16 が開かれていると、燃焼室 18 から排気マニホールド 71 へと混合ガスが排出される。

【0020】

点火プラグ 17 は、燃焼室 18 において火花放電を生じさせて混合ガスに着火する。点火プラグ 17 は、イグナイタ 41 からの点火信号に基づいて作動し、点火コイル 42 から出力される高電圧が印加される。

10

【0021】

クランクシャフト 20 は、ピストン 13 の往復運動に応じて回転する。クランクシャフト 20 の外周近傍には、クランク角センサ 22 が配置されている。クランク角センサ 22 は、クランクシャフト 20 が一定角度回転する毎にパルス信号を出力する。かかるパルス信号は、電子制御ユニット 90 へと送信され、クランクシャフト 20 の回転角度であるクランク角の算出や、単位時間当りのクランクシャフト 20 の回転数であるエンジン回転速度の算出等に用いられる。クランクシャフト 20 は、スタータモータ 25 に接続されている。スタータモータ 25 は、内燃機関 10 の始動時にクランキングによってクランクシャフト 20 に回転力を付与する。

20

【0022】

吸気カムシャフト 31 は、クランクシャフト 20 からトルクが伝達されて回転する。吸気カムシャフト 31 には、各気筒 11 に対応して吸気カム 33 がそれぞれ設けられている。各吸気カム 33 は、略卵形の断面視形状を有し、互いに異なる角度で配置されている。各吸気カム 33 の回転に応じて、各気筒 11 の吸気バルブ 15 が開閉される。したがって、内燃機関 10 が備える 4 つの気筒 11 における各吸気バルブ 15 の開閉動作のタイミングは、気筒 11 毎に異なる。吸気カムシャフト 31 の外周近傍には、カム角センサ 45 が配置されている。カム角センサ 45 は、吸気カムシャフト 31 が一定角度回転する毎にパルス信号を出力する。かかるパルス信号は、電子制御ユニット 90 へと送信される。吸気カムシャフト 31 の端部には、後述するバルブタイミング制御装置 50 の位相変更部 52 が接続されている。

30

【0023】

排気カムシャフト 32 は、クランクシャフト 20 からトルクが伝達されて回転する。排気カムシャフト 32 には、各気筒 11 に対応して排気カム 34 がそれぞれ設けられている。各排気カム 34 は、略卵形の断面視形状を有し、互いに異なる角度で配置されている。各排気カム 34 の回転に応じて、各気筒 11 の排気バルブ 16 が開閉される。したがって、内燃機関 10 が備える 4 つの気筒 11 における各排気バルブ 16 の開閉動作のタイミングは、気筒 11 毎に異なる。

【0024】

本実施形態の内燃機関 10 は、各気筒 11 の内部においてピストン 13 が 2 往復する間に、吸気工程、圧縮工程、膨張工程および排気工程からなる一連の 4 工程を行なうと共に、圧縮工程および膨張工程の間に火花点火が行なわれるいわゆる 4 サイクルエンジンとして構成されている。各工程では、原則として次のような動作が行われる。

40

【0025】

吸気工程では、排気バルブ 16 が閉弁されるとともに吸気バルブ 15 が開弁され、かつ燃料噴射弁 69 から燃料が噴射される。ピストン 13 の下降に伴う燃焼室 18 内の圧力の低下によって、混合ガスが吸気管 60 から燃焼室 18 内へと吸入される。圧縮工程では、排気バルブ 16 に加えて吸気バルブ 15 が閉弁される。このため、ピストン 13 の上昇に伴って燃焼室 18 内の圧力が上昇し、混合ガスが昇圧、昇温される。膨張工程では、点火プラグ 17 により点火が行われ、混合ガスが着火、燃焼される。かかる燃焼によって、ピ

50

ストン 13 は、下向きの力が付与されて下降する。排気工程では、排気バルブ 16 が開弁される。このため、燃焼室 18 内で発生した排出ガスがピストン 13 の上昇に伴い排気管 70 へと排出される。

【0026】

バッテリー 40 は、リチウムイオン電池により構成され、車両における電力供給源の 1 つとして機能する。なお、リチウムイオン電池に代えて、ニッケル水素電池等の任意の二次電池により構成されてもよい。

【0027】

図 3 に示すように、バッテリー 40 は、スタータモータ 25 と、後述するバルブタイミング制御装置 50 を駆動する電動アクチュエータ 54 とに電氣的に接続されており、電力を供給する。また、図 1 および図 3 に示すように、バッテリー 40 は、スロットルバルブ 63 を駆動するアクチュエータ 64、イグナイタ 41、燃料噴射弁 69 等を含め、車両に搭載される他の補機類と電氣的に接続されて電力を供給する。図 3 に示すように、スタータモータ 25 と電動アクチュエータ 54 と他の補機類とは、並列に接続されてそれぞれバッテリー 40 から電力が供給される。

【0028】

図 1 に示すバルブタイミング制御装置 50 は、吸気バルブ 15 の開閉タイミング（以下、「バルブタイミング」とも呼ぶ）を制御する。バルブタイミングの位相は、クランク角（ $^{\circ}CA$ ）を用いて表される。より具体的には、ピストン 13 の下死点（ BDC : Bottom Dead Center）を $0^{\circ}CA$ としたときの、吸気バルブ 15 が閉弁するタイミングの遅角量（ $ABDC$: After Bottom Dead Center）により表される。本実施形態におけるバルブタイミングは、吸気バルブ 15 の開弁するタイミングから閉弁するタイミングまでの開弁期間が一定に保持された状態で、進角または遅角される。バルブタイミング制御装置 50 は、位相変更部 52 と、電動アクチュエータ 54 と、制御部 56 とを有する。

【0029】

位相変更部 52 は、電動アクチュエータ 54 により駆動され、クランクシャフト 20 に対する吸気カムシャフト 31 の相対的な回転位相を変更してバルブタイミングを調整する。本実施形態において、位相変更部 52 は、クランクシャフト 20 と連動して回転する図示しない駆動回転体と、吸気カムシャフト 31 と連動して回転する図示しない従動回転体と、図示しない減速機構とを有し、減速機構によって駆動回転体と従動回転体との相対回転位相を変更する。減速機構は、例えば遊星歯車機構により構成されている。

【0030】

電動アクチュエータ 54 は、位相変更部 52 の減速機構を駆動する。電動アクチュエータ 54 には、バッテリー 40 から電力が供給される。

【0031】

制御部 56 は、電動アクチュエータ 54 の動作を制御することにより、バルブタイミング制御装置 50 全体の動作を制御する。また、制御部 56 は、後述するように、内燃機関 10 の始動時に始動時制御処理を実行する。制御部 56 は、内燃機関システム 100 が備える電子制御ユニット 90 の一部として構成されている。

【0032】

電子制御ユニット 90 は、CPU と記憶装置とを有するマイクロコンピュータであり、CPU が記憶装置に予め記憶されている制御プログラムを実行することにより、制御部 56 として機能する。また、電子制御ユニット 90 は、スロットル開度や燃料の噴射量、火花点火のタイミング等を含め、内燃機関システム 100 全体の動作を制御する。電子制御ユニット 90 には、冷却水温センサ 19、クランク角センサ 22、カム角センサ 45、エアフローメータ 62、スロットル開度センサ 65、アクセルセンサ 47 等の各種センサから出力信号が出力される。アクセルセンサ 47 は、車両の運転者によるアクセルペダル 48 の踏み込み量を検出する。また、電子制御ユニット 90 には、イグニッションスイッチ 49 におけるオンオフ等の状態を示す信号が出力される。イグニッションスイッチ 49 のオンオフ等は、車両の運転者により切り替えられ、内燃機関システム 100 の起動および

10

20

30

40

50

停止を行うために用いられる。

【 0 0 3 3 】

本実施形態のバルブタイミング制御装置 5 0 は、電動アクチュエータ 5 4 により駆動されるため、油圧により駆動される構成とは異なり内燃機関 1 0 の始動時における制御が可能となっている。このため、本実施形態では、以下に説明する始動時制御処理を実行する。

【 0 0 3 4 】

A - 2 . 始動時制御処理 :

図 4 に示す始動時制御処理は、イグニッションスイッチ 4 9 がオン状態となって内燃機関システム 1 0 0 が起動すると実行される。

10

【 0 0 3 5 】

制御部 5 6 は、クランクシャフト 2 0 の回転開始時におけるバルブタイミングを、基準位相よりも遅角側に設定された回転開始位相となるように制御する (ステップ S 1 1 0) 。本実施形態において、基準位相は、クランクシャフト 2 0 と吸気カムシャフト 3 1 との回転位相が一致する位相として予め定められている。また、遅角側とは、吸気バルブ 1 5 が閉弁するタイミングが遅くなることを意味する。また、本実施形態において、回転開始位相は、最遅角付近に設定されている。最遅角付近とは、最遅角から 5° C A 以内の範囲における位相を意味し、例えば、吸気バルブ 1 5 の閉弁タイミングが約 90° A B D C とする位相であってもよい。

20

【 0 0 3 6 】

クランクシャフト 2 0 の回転開始時におけるバルブタイミングを回転開始位相に制御する理由を、以下に説明する。圧縮工程では、燃焼室 1 8 に導入された混合ガスを圧縮しながらピストン 1 3 を上昇させるため、トルクを要する。特に、ピストン 1 3 が静止している状態から動き始める場合、すなわち最初の圧縮工程の場合、機械的摩擦損失が大きいため、ピストン 1 3 を上昇させるために大きなトルクを要する。ここで、クランクシャフト 2 0 の回転開始時におけるバルブタイミングを最遅角付近に設定しておくことにより、吸気バルブ 1 5 が圧縮工程において遅くまで開弁していることとなる。このため、吸気工程で燃焼室 1 8 内に吸入された混合ガスの大部分は、吸気管 6 0 側に戻される。すなわち、圧縮工程においてピストン 1 3 の上昇に伴い圧縮されるべき混合ガスのうちの大部分が、圧縮されずに吸気管 6 0 側に戻されることとなる。このため、圧縮工程において圧縮される混合ガスの量が少なくなり、混合ガスを圧縮させながらピストン 1 3 を上昇させるために要するトルクが小さくなり、いわゆるデコンプの効果が得られる。

30

【 0 0 3 7 】

制御部 5 6 は、クランクシャフト 2 0 の回転開始後に最初に圧縮工程となる気筒 1 1 のピストン 1 3 が、最初の圧縮工程の上死点を通過したか否かを特定する (ステップ S 1 2 0) 。本実施形態では、以下に説明するように、バッテリー 4 0 の端子に印加される電圧の値を利用して、かかる上死点通過のタイミングを特定する。

【 0 0 3 8 】

図 5 に示すタイミングチャートにおいて、縦軸は、エンジン回転数 (r p m) 、バッテリー 4 0 の端子に印加される電圧 (V) 、バルブタイミングをそれぞれ示し、横軸は時刻を示している。ここで、バッテリー 4 0 の端子に印加される電圧は、スタータモータ 2 5 の端子に印加される電圧と、バルブタイミング制御装置 5 0 の電動アクチュエータ 5 4 の端子に印加される電圧とそれぞれ等しい。このため、図 5 の縦軸では、これらも併せて図示している。また、エンジン回転数は、クランクシャフト 2 0 の回転数に相当する。

40

【 0 0 3 9 】

時刻 t_0 は、イグニッションスイッチ 4 9 がオン状態となった時刻を示している。時刻 t_0 において、バルブタイミングは、最遅角付近に設定された回転開始位相に制御されている。

【 0 0 4 0 】

時刻 t_1 は、スタータモータ 2 5 が始動されてクランクシャフト 2 0 が回転し始めた時

50

刻を示している。バッテリー40の端子に印加される電圧は、時刻 t_0 から時刻 t_1 まで一定に保たれており、時刻 t_1 においてスターモータ25への突入電流によって急降下する。時刻 t_1 においてクランクシャフト20が回転し始めると、エンジン回転数が上昇する。

【0041】

時刻 t_2 は、クランクシャフト20の回転開始後に最初に圧縮工程となる気筒11のピストン13が最初の圧縮工程の上死点を通過する時刻を示している。圧縮工程の上死点を通過する際には、混合気を圧縮させながらピストン13を上昇させる必要があるため、トルクを要する。このため、圧縮工程の上死点を通過する際には、スターモータ25に大電流が流れることとなり、バッテリー40の電圧が低下する。また、エンジン回転数は、時刻 t_2 において、一時的に下降する。

10

【0042】

図4に示すステップS120において、制御部56は、バッテリー40の端子に印加される電圧の値の2回目の極小値を検知したタイミングを、最初に圧縮工程となる気筒11のピストン13が最初の圧縮工程の上死点通過のタイミングと特定する。図5に示す例では、時刻 t_1 における極小値が1回目の極小値に相当し、時刻 t_2 における極小値が2回目の極小値に相当する。なお、2回目の極小値とは、始動時制御処理の実行開始後に検出される電圧値の2回目の極小値を意味する。

【0043】

図4に示すように、クランクシャフト20の回転開始後に最初に圧縮工程となる気筒11のピストン13が最初の圧縮工程の上死点を通過していないと特定された場合(ステップS120:NO)、ステップS110に戻る。換言すると、バッテリー40の端子に印加される電圧の値の2回目の極小値が検知されていない場合、ステップS110に戻る。

20

【0044】

他方、バッテリー40の端子に印加される電圧の値の2回目の極小値が検知されて、クランクシャフト20の回転開始後に最初に圧縮工程となる気筒11のピストン13が最初の圧縮工程の上死点を通過したと特定された場合(ステップS120:YES)、制御部56は、パルブタイミングを始動位相となるように制御する(ステップS130)。始動位相は、回転開始位相よりも進角側に設定されている。進角側とは、吸気バルブ15が閉弁するタイミングが早くなることを意味する。本実施形態において、始動位相は、最遅角位相と最進角位相とのほぼ中間の位相に設定されている。なお、始動位相は、最遅角位相と最進角位相とのほぼ中間の位相に限らず、ABDC45°CAにおいて吸気バルブ15が閉弁するパルブタイミングよりも進角側に設定された、混合ガスを燃焼可能な任意の位相に設定されていてもよい。

30

【0045】

最初に圧縮工程となる気筒11のピストン13が最初の圧縮工程の上死点を通過した後、パルブタイミングを始動位相に制御する理由を、以下に説明する。内燃機関10の始動時には、燃焼室18内の混合ガスを燃焼しやすくするために、圧縮比を高めることが望ましい。圧縮比を高めることにより、燃焼までに要する時間を短縮して内燃機関10の始動性を向上できる。また、最初に圧縮工程となる気筒11のピストン13が最初の圧縮工程の上死点を乗り越えた後は、慣性によってクランクシャフト20が容易に回転し、クランクシャフト20の回転に大きなトルクを要しなくなる。したがって、本実施形態では、最初に圧縮工程となる気筒11のピストン13の最初の圧縮工程の上死点通過を検出したタイミングから進角を開始し、パルブタイミングを回転開始位相よりも進角側に設定された始動位相に制御することで、クランクシャフト20の回転に要するトルクを抑制しつつ、始動性が悪化することを抑制する。また、始動位相に制御することにより、内燃機関10の始動時におけるエミッションを低減できる。

40

【0046】

本実施形態において、制御部56は、図5に示すように、上死点通過が特定された時刻 t_2 において進角を開始し、時刻 t_2 から時刻 t_3 までに亘ってパルブタイミングを回転

50

開始位相から始動位相へと徐々に進角させる。ここで、時刻 t_3 は、内燃機関 10 の初爆のタイミングを示している。内燃機関 10 の初爆とは、内燃機関 10 が備える複数の気筒 11 のうち、少なくとも 1 つの気筒 11 において燃焼を開始したタイミングを意味する。なお、時刻 t_2 から時刻 t_3 までの間にバルブタイミングを回転開始位相から始動位相へと徐々に進角させることに限らず、回転開始位相から始動位相へと段階的に進角させてもよく、一気に進角させてもよい。

【0047】

図 4 に示すように、制御部 56 は、内燃機関 10 の始動が完了したか否かを特定する（ステップ S140）。内燃機関 10 の始動完了とは、内燃機関 10 が完爆した状態に相当する。内燃機関 10 の完爆とは、内燃機関 10 が自立運転できる状態を意味しており、内燃機関 10 の運転に際してスタータモータ 25 による補助が不要となった状態を意味する。本実施形態では、エンジン回転数を利用して、内燃機関 10 の始動が完了したか否かを特定する。より具体的には、エンジン回転数が所定時間以上に亘って所定回転数以上となった場合に、内燃機関 10 の始動が完了したと特定する。なお、例えば、エンジン回転数の上昇割合等に基づいて検知される初爆のタイミングを基準としたエンジン回転数の変化量と所要時間とに基づいて特定してもよく、クランクシャフト 20 が所定角度回転するのに要する時間の差で求められる加速度に基づいて特定してもよい。

【0048】

内燃機関 10 の始動が完了していないと特定された場合（ステップ S140：NO）、ステップ S130 に戻る。この場合、図 5 に示すように、時刻 t_3 以降においても始動位相が維持される。他方、図 4 に示すように、内燃機関 10 の始動が完了したと特定された場合（ステップ S140：YES）、制御部 56 は、始動時制御処理を終了し、通常のパルブタイミング制御処理を実行する。通常のパルブタイミング制御処理は、内燃機関 10 の始動時以外の場合におけるパルブタイミングの制御処理を意味し、アクセルセンサ 47 の検出結果等に基づく内燃機関 10 の運転状況に応じて設定される目標位相にパルブタイミングを制御する。

【0049】

以上説明した第 1 実施形態のパルブタイミング制御装置 50 によれば、クランクシャフト 20 の回転開始時におけるパルブタイミングを、基準位相よりも遅角側に設定された回転開始位相となるように制御し、内燃機関 10 が備える複数の気筒 11 のうち、クランクシャフト 20 の回転開始後に最初に圧縮工程となる気筒 11 に配置されるピストン 13 の最初の圧縮工程の上死点通過後に、パルブタイミングを回転開始位相よりも進角側に設定された始動位相となるように制御する。このため、クランクシャフト 20 の回転開始後における最初の圧縮工程の上死点通過前に始動位相に制御する構成と比較して、ピストン 13 を上昇させるためのクランクシャフト 20 の回転に要するトルクを抑制できる。また、始動位相に制御することにより、内燃機関 10 の始動時におけるエミッションを抑制できる。また、内燃機関 10 の温度が低温状態である場合には、始動位相に制御することにより、燃焼室 18 内の混合ガスの圧縮比を高めることができるので、燃焼までに要する時間を短縮でき、内燃機関 10 の始動性の悪化を抑制できる。したがって、クランクシャフト 20 の回転に要するトルクを抑制しつつ、内燃機関 10 の始動時における不具合を抑制できる。このため、内燃機関 10 の始動時における位相を変更するタイミングを改善できる。

【0050】

また、回転開始位相が最遅角付近に設定されているので、最初の圧縮工程では、吸気バルブ 15 が最も遅くまで開弁していることとなり、吸気工程で燃焼室 18 内に吸入された混合ガスの大部分が吸気管 60 側に戻される。このため、最初の圧縮工程において圧縮される混合ガスの量が少なくなり、混合ガスを圧縮させながらピストン 13 を上昇させるために要するトルクをさらに抑制できる。

【0051】

また、スタータモータ 25 に電力を供給するバッテリー 40 の端子に印加される電圧の値

を利用することにより、内燃機関 10 が備える複数の気筒 11 のうちクランクシャフト 20 の回転開始後に最初に圧縮工程となる気筒 11 に配置されるピストン 13 の最初の圧縮工程の上死点通過のタイミングを特定できる。また、バッテリー 40 の端子に印加される電圧の値を利用するので、かかる上死点通過のタイミングを直接的に特定でき、特定精度の低下を抑制できる。

【0052】

また、バッテリー 40 の端子に印加される電圧の値の 2 回目の極小値を検知したタイミングを、かかる上死点通過のタイミングと特定するので、特定基準が明確であり、特定精度の低下を抑制できる。

【0053】

B．第 2 実施形態：

図 6 に示す第 2 実施形態のバルブタイミング制御装置 50 において実行される始動時制御処理では、ステップ S 130 に代えてステップ S 130 a が実行される点において、第 1 実施形態の始動時制御処理と異なる。装置構成を含めた他の構成は第 1 実施形態のバルブタイミング制御装置 50 と同じであるので、同一の構成には同一の符号を付し、それらの詳細な説明を省略する。

【0054】

図 6 に示すように、クランクシャフト 20 の回転開始後に最初に圧縮工程となる気筒 11 のピストン 13 が最初の圧縮工程の上死点を通過したと特定された場合（ステップ S 120：YES）、ステップ S 130 a に進む。

【0055】

図 7 に示すように、以降の説明では、クランクシャフト 20 の回転開始後に最初に圧縮工程となる気筒 11 を、第 1 気筒 11 a と呼び、第 1 気筒 11 a に配置されるピストン 13 を、第 1 ピストン 13 a と呼ぶ。また、クランクシャフト 20 の回転開始後に 2 番目に圧縮工程となる気筒 11 を、第 2 気筒 11 b と呼び、第 2 気筒 11 b に配置されるピストン 13 を、第 2 ピストン 13 b と呼ぶ。

【0056】

図 6 に示すように、制御部 56 は、クランクシャフト 20 の回転開始後に 2 番目に圧縮工程となる第 2 気筒 11 b における第 2 ピストン 13 b の最初の圧縮工程の上死点通過までの間に、バルブタイミングを始動位相となるように制御する（ステップ S 130 a）。

【0057】

図 8 に示すタイミングチャートにおいて、エンジン回転数とバッテリー 40 の端子に印加される電圧とは、図 5 に示す第 1 実施形態のタイミングチャートと同様である。

【0058】

時刻 t_2 は、第 1 気筒 11 a の第 1 ピストン 13 a が最初の圧縮工程の上死点を通過する時刻を示している。また、時刻 $t_{2.5}$ は、第 2 気筒 11 b の第 2 ピストン 13 b が最初の圧縮工程の上死点を通過する時刻を示している。

【0059】

本実施形態の制御部 56 は、ステップ S 130 a において、電動アクチュエータ 54 に印加する電圧を直ちに増加させることにより、時刻 t_2 から時刻 $t_{2.5}$ までの間にバルブタイミングを始動位相となるように制御する。なお、例えば、時刻 t_2 から予め定められた期間以内に進角を開始させて、時刻 t_2 から時刻 $t_{2.5}$ までの間に始動位相となるように制御してもよい。ステップ S 130 a の完了後、ステップ S 140 に進む。

【0060】

以上説明した第 2 実施形態のバルブタイミング制御装置 50 によれば、第 1 実施形態のバルブタイミング制御装置 50 と同様な効果を奏する。加えて、クランクシャフト 20 の回転開始後に 2 番目に圧縮工程となる第 2 気筒 11 b における第 2 ピストン 13 b の最初の圧縮工程の上死点通過までの間に、バルブタイミングを始動位相となるように制御する。このため、最もトルクが要求される、最初に圧縮工程となる第 1 気筒 11 a における第 1 ピストン 13 a の上死点通過の際のトルクを抑制できる。また、最初の圧縮工程と比較

10

20

30

40

50

してトルクが要求されない2番目に圧縮工程となる第2気筒11bにおいては、始動位相に制御されているので、圧縮比を上げて燃焼を促進できる。したがって、より効果的にトルクを抑制でき、内燃機関10の始動時における位相を変更するタイミングをより改善できる。

【0061】

C. 第3実施形態：

図9に示す第3実施形態のバルブタイミング制御装置50において実行される始動時制御処理では、ステップS110の前に、ステップS102とステップS104とが実行される点において、第1実施形態の始動時制御処理と異なる。装置構成を含めた他の構成は第1実施形態のバルブタイミング制御装置50と同じであるので、同一の構成には同一の符号を付し、それらの詳細な説明を省略する。

10

【0062】

イグニッションスイッチ49がオン状態となって内燃機関システム100が起動すると、制御部56は、内燃機関10の温度を取得する(ステップS102)。本実施形態では、冷却水温センサ19によって検出された温度を、内燃機関10の温度として取得する。なお、冷却水温センサ19に限らず、例えば燃焼室18内に配置される温度センサ等により内燃機関10の温度を取得してもよい。

【0063】

制御部56は、取得された内燃機関10の温度が、低温状態であることを示す予め定められた閾値温度以下であるか否かを特定する(ステップS104)。本実施形態において、かかる閾値温度は、マイナス20に設定されている。なお、マイナス20に限らず、マイナス10や0、10等、低温状態であることを示す任意の温度に設定されていてもよい。閾値温度は、予め設定されて電子制御ユニット90の記憶装置に記憶されている。

20

【0064】

取得された内燃機関10の温度が、閾値温度以下でないと特定された場合(ステップS104:NO)、すなわち閾値温度を超えると特定された場合、制御部56は、始動時制御処理を終了する。なお、制御部56は、始動時制御処理の終了後、内燃機関10の温度に応じて予め設定されたバルブタイミング制御処理を実行してもよい。

【0065】

取得された内燃機関10の温度が、閾値温度以下であると特定された場合(ステップS104:YES)、ステップS110に進む。このように、第2実施形態では、取得された内燃機関10の温度が、低温状態であることを示す予め定められた閾値温度以下である場合に、第1実施形態と同様の始動時制御処理を実行する。

30

【0066】

内燃機関10が低温状態の場合に第1実施形態と同様の始動時制御処理を実行する理由を、以下に説明する。内燃機関10が低温状態の場合、内燃機関10を潤滑するエンジンオイルの粘度が高く、機械的摩擦損失が特に大きい。このため、最初の圧縮工程においてピストン13を上昇させるために特に大きなトルクを要する。本実施形態では、クランクシャフト20の回転開始時におけるバルブタイミングを、低温状態の場合に最遅角付近に設定することで、効果的にトルクを抑制している。また、内燃機関10が低温状態の場合には、位相変更部52を潤滑するエンジンオイルの粘度が高いため、位相変更部52の応答速度が遅くなる。このため、バルブタイミングの変更に時間を要するおそれがある。また、内燃機関10が低温状態の場合には、回転開始位相から始動位相へと変更するタイミングが遅すぎると、十分な圧縮比が得られずに内燃機関10の始動性が悪化するおそれがある。加えて、燃焼室18内の温度が低いことに起因して、混合ガスに点火しても燃焼が起こりにくい。本実施形態では、低温状態の場合に最初の圧縮工程におけるピストン13の上死点通過後に始動位相に制御することで、内燃機関10の始動性の悪化を抑制している。

40

【0067】

50

以上説明した第3実施形態のバルブタイミング制御装置50によれば、第1実施形態のバルブタイミング制御装置50と同様な効果を奏する。加えて、内燃機関10の温度が低温状態であることを示す予め定められた閾値温度以下である場合に、第1実施形態と同様の始動時制御処理を実行する。このため、エンジンオイルの粘度が高く機械的摩擦損失が特に大きい低温状態において、トルクを効果的に抑制できる。また、特に大きなトルクを要する最初の圧縮工程におけるピストン13の上死点通過後に始動位相に制御するので、回転開始位相から始動位相へと変更するタイミングが遅くなることを抑制できる。このため、クランクシャフト20の回転開始後の比較的早い段階で圧縮比を高めることができ、内燃機関10の始動性の悪化を抑制できる。したがって、クランクシャフト20の回転に要するトルクをさらに抑制しつつ、始動性が悪化することをさらに抑制できる。このため、内燃機関10の始動時における位相を変更するタイミングをより改善できる。また、内燃機関10の温度に関わらず常に始動時制御処理を実行する構成と比較して、ノッキングの発生や自己着火の発生を抑制できる。

10

20

30

40

50

【0068】

D. 他の実施形態：

(1) 上記各実施形態の始動時制御処理において、回転開始位相は、最遅角付近に設定されていたが、最遅角付近よりも進角側の位相であってトルクを抑制してデコンプの効果が得られる任意の位相に設定されていてもよい。また、イグニッションスイッチ49がオン状態となって内燃機関システム100が起動すると、バルブタイミングが回転開始位相となるように制御されていたが、イグニッションスイッチ49がオン状態となる以前から、バルブタイミングが回転開始位相となる位置に位相変更部52が制御されていてもよい。このような構成によっても、上記各実施形態と同様な効果を奏する。

【0069】

(2) 上記各実施形態の始動時制御処理では、バッテリー40の端子に印加される電圧の値の2回目の極小値を検知したタイミングを、最初に圧縮工程となる気筒11のピストン13が最初の圧縮工程の上死点通過のタイミングと特定していたが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、バッテリー40の端子に限らず、スタータモータ25の端子に印加される電圧の値の2回目の極小値を検知したタイミングを、上死点通過のタイミングと特定する態様であってもよい。かかる態様によれば、上死点通過のタイミングを直接的に特定でき、特定精度の低下を抑制できる。また、例えば、バルブタイミング制御装置50の電動アクチュエータ54の端子に印加される電圧の値の2回目の極小値を検知したタイミングを、上死点通過のタイミングと特定する態様であってもよい。かかる態様によれば、位相変更部52に過電流が流れることを抑制するためにモニタしている電圧値を利用できるので、装置構成の複雑化を抑制できる。また、例えば、車両に搭載されてバッテリー40から電力が供給される他の任意の補機に設けられた端子に印加される電圧の値の2回目の極小値を検知したタイミングを、上死点通過のタイミングと特定してもよい。また、電圧値の2回目の極小値を検知したタイミングに限らず、例えば、1回目の極小値から予め設定された期間が経過したタイミングや、1回目の極大値から予め設定された期間が経過したタイミングを、上死点通過のタイミングと特定してもよい。すなわち一般には、スタータモータ25に電力を供給するバッテリー40と、バッテリー40に接続される装置とのうちの少なくとも一方の端子に印加される電圧の値を利用して、上死点通過のタイミングを特定してもよい。かかる構成によっても、上記各実施形態と同様な効果を奏する。

【0070】

(3) 上記各実施形態の始動時制御処理では、バッテリー40の端子に印加される電圧の値を利用して上死点通過のタイミングを特定していたが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、スタータモータ25を流れる電流の値を利用して上死点通過のタイミングを特定してもよい。また、例えば、位相変更部52を制御する電動アクチュエータ54の実回転数または実回転位置を表すモータ回転信号に基づいて上死点通過のタイミングを特定してもよい。このような構成によっても、上記各実施形態と同様な効果を奏する。

【0071】

(4) 上記第1、3実施形態の始動時制御処理では、最初に圧縮工程となる気筒11、11aにおけるピストン13、13aの最初の圧縮工程の上死点通過後から内燃機関10の初爆のタイミングまでの間にバルブタイミングを始動位相となるように制御していたが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、最初に圧縮工程となる気筒11、11aにおけるピストン13、13aの最初の圧縮工程の上死点を通過したタイミングを基準として予め設定された期間経過までの間に始動位相となるように制御してもよい。また、例えば、2番目に圧縮工程となる第2気筒11bにおける第2ピストン13bの最初の圧縮工程の上死点を通過したタイミングを特定し、かかるタイミングから進角を開始させて始動位相となるように制御してもよい。かかるタイミングの特定には、例えば、バッテリー40の端子に印加される電圧値等が利用されてもよい。また、例えば、少なくとも2つの気筒11において燃焼が開始されるタイミングまでの間に始動位相となるように制御してもよく、全ての気筒11において燃焼が開始されるタイミングまでの間に始動位相となるように制御してもよい。すなわち一般には、内燃機関10の気筒11に配置されるピストン13のクランクシャフト20の回転開始後における最初の圧縮工程の上死点通過後から内燃機関10の始動完了までの間に、バルブタイミングを回転開始位相よりも進角側に設定された始動位相となるように制御する始動時制御処理を実行してもよい。かかる構成によっても、上記各実施形態と同様な効果を奏する。

10

【0072】

(5) 上記各実施形態のバルブタイミング制御装置50は、直列4気筒の内燃機関10に適用されていたが、例えば直列6気筒の内燃機関やV型等の内燃機関に適用されてもよく、単気筒の内燃機関に適用されてもよい。また、吸気ポート噴射式に限らず、筒内噴射式の内燃機関に適用されてもよい。また、バルブタイミング制御装置50の制御部56は、内燃機関システム100が備える電子制御ユニット90の一部として構成されていたが、電子制御ユニット90とは異なる他のECUにより構成されていてもよい。このような構成によっても、上記各実施形態と同様な効果を奏する。

20

【0073】

本開示は、上述の各実施形態に限られるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲において種々の構成で実現することができる。例えば、発明の概要の欄に記載した形態中の技術的特徴に対応する各実施形態中の技術的特徴は、上述の課題の一部又は全部を解決するために、あるいは、上述の効果の一部又は全部を達成するために、適宜、差し替えや、組み合わせを行うことが可能である。また、その技術的特徴が本明細書中に必須なものとして説明されていなければ、適宜、削除することが可能である。

30

【0074】

本開示に記載の制御部及びその手法は、コンピュータプログラムにより具体化された一つ乃至は複数の機能を実行するようにプログラムされたプロセッサ及びメモリーを構成することによって提供された専用コンピュータにより、実現されてもよい。あるいは、本開示に記載の制御部及びその手法は、一つ以上の専用ハードウェア論理回路によってプロセッサを構成することによって提供された専用コンピュータにより、実現されてもよい。もしくは、本開示に記載の制御部及びその手法は、一つ乃至は複数の機能を実行するようにプログラムされたプロセッサ及びメモリーと一つ以上のハードウェア論理回路によって構成されたプロセッサとの組み合わせにより構成された一つ以上の専用コンピュータにより、実現されてもよい。また、コンピュータプログラムは、コンピュータにより実行されるインストラクションとして、コンピュータ読み取り可能な非遷移有形記録媒体に記憶されていてもよい。

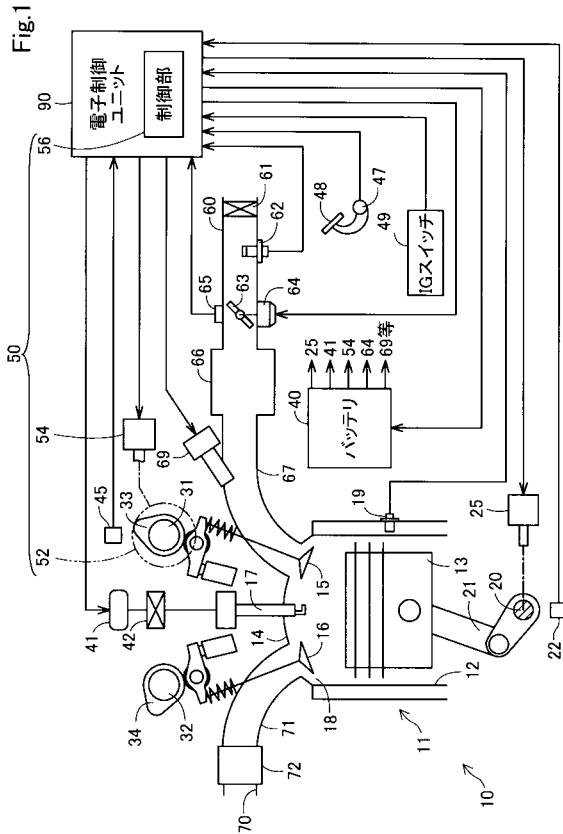
40

【符号の説明】

【0075】

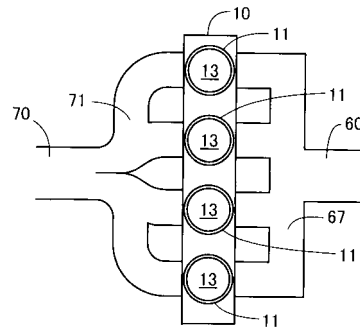
10 内燃機関、11 気筒、13 ピストン、15 吸気バルブ、20 クランクシャフト、31 吸気カムシャフト(カムシャフト)、50 バルブタイミング制御装置、52 位相変更部、54 電動アクチュエータ、56 制御部

【図1】



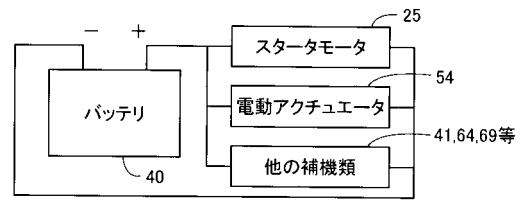
【図2】

Fig.2



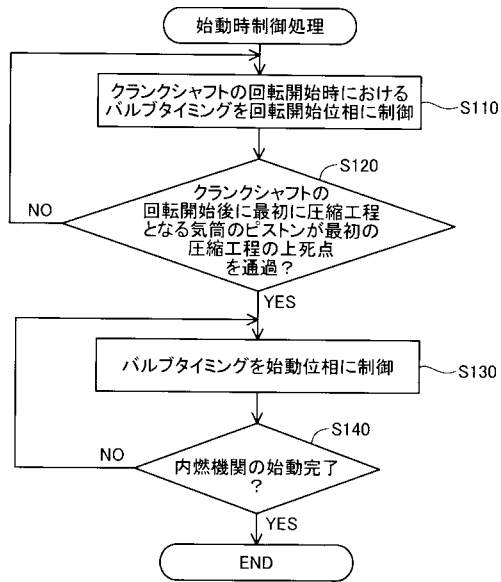
【図3】

Fig.3



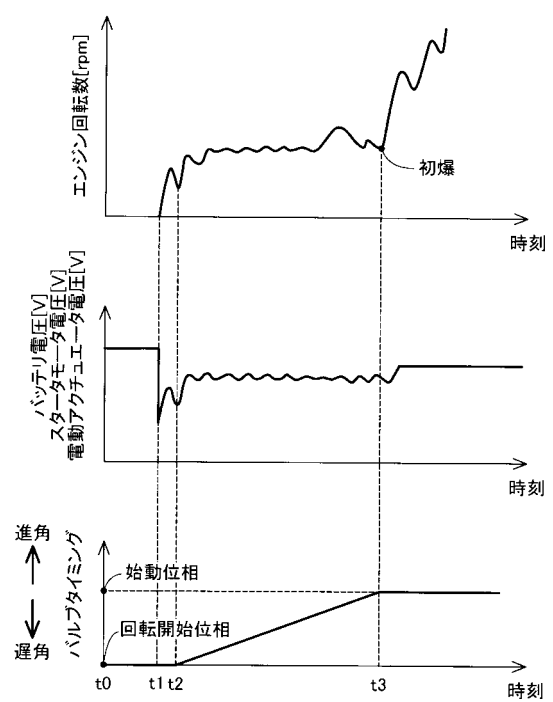
【図4】

Fig.4



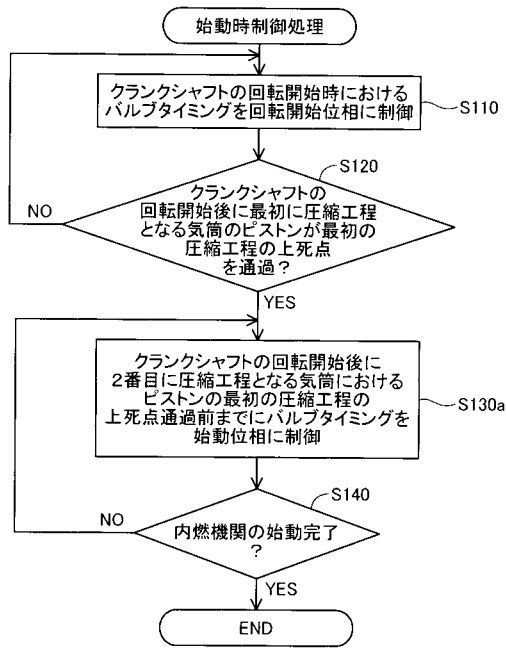
【図5】

Fig.5



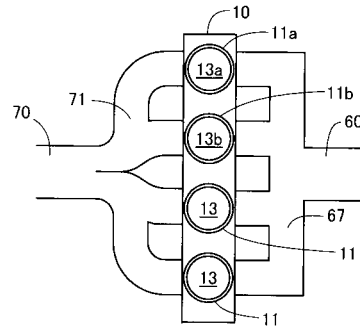
【 図 6 】

Fig.6



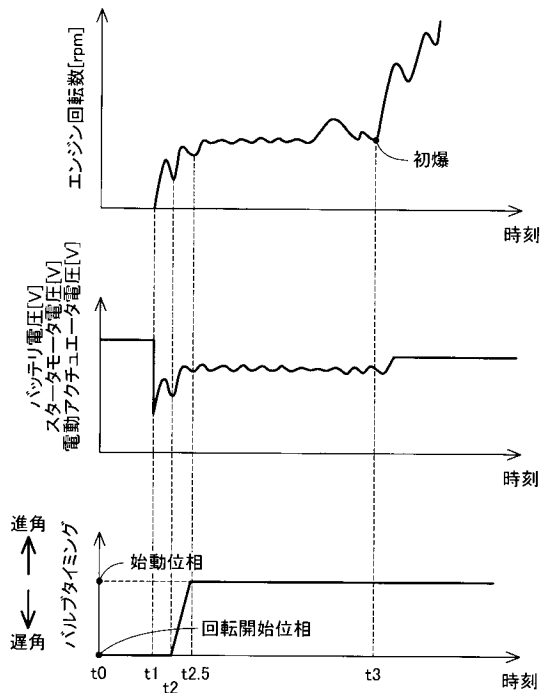
【 図 7 】

Fig.7



【 図 8 】

Fig.8



【 図 9 】

Fig.9

