

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4952732号
(P4952732)

(45) 発行日 平成24年6月13日(2012.6.13)

(24) 登録日 平成24年3月23日(2012.3.23)

(51) Int.Cl.		F I			
FO2D 13/02	(2006.01)		FO2D 13/02		H
FO2D 9/02	(2006.01)		FO2D 13/02		D
			FO2D 9/02		Q

請求項の数 14 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2009-40843 (P2009-40843)	(73) 特許権者	000003137
(22) 出願日	平成21年2月24日 (2009.2.24)		マツダ株式会社
(65) 公開番号	特開2009-228674 (P2009-228674A)		広島県安芸郡府中町新地3番1号
(43) 公開日	平成21年10月8日 (2009.10.8)	(74) 代理人	100067828
審査請求日	平成22年3月29日 (2010.3.29)		弁理士 小谷 悦司
(31) 優先権主張番号	特願2008-44471 (P2008-44471)	(74) 代理人	100115381
(32) 優先日	平成20年2月26日 (2008.2.26)		弁理士 小谷 昌崇
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	山川 正尚
			広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内
		(72) 発明者	西本 敏朗
			広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内燃機関の制御方法および内燃機関の制御システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

往復移動するピストンを收容するとともに燃焼室を形成する気筒と、前記気筒内へ導入される空気が通過する吸気通路と、当該吸気通路から前記気筒内への空気の流入を遮断可能な吸気弁と、前記気筒内から排出される排気が通過する排気通路と、前記気筒内から前記排気通路への排気の流出を遮断可能な排気弁とを有する内燃機関を制御する方法であつて、

前記吸気弁の閉弁時期を、前記吸気通路から前記気筒内への空気の導入量が最大となる時期よりも遅角側であつて、前記内燃機関の回転数が同一の条件下において、前記気筒内に導入される空気量の目標値である目標空気充填量が大きくなるほど進角するように、かつ、前記目標空気充填量が最大であつて前記回転数が予め設定された基準回転数未満となる条件下において、前記回転数が上昇するほど進角するように制御することを特徴とする内燃機関の制御方法。

【請求項2】

往復移動するピストンを收容するとともに燃焼室を形成する気筒と、前記気筒内へ導入される空気が通過する吸気通路と、当該吸気通路から前記気筒内への空気の流入を遮断可能な吸気弁と、前記気筒内から排出される排気が通過する排気通路と、前記気筒内から前記排気通路への排気の流出を遮断可能な排気弁とを有する内燃機関を制御する方法であつて、

前記吸気弁の閉弁時期を、前記吸気通路から前記気筒内への空気の流入量が最大となる

時期よりも遅角側であって、前記内燃機関の回転数が同一となる条件下において、前記気筒内に導入される空気量の目標値である目標空気充填量が大きくなるほど進角するように制御するとともに、

前記目標空気充填量が最大となる条件下において前記回転数が予め設定された基準回転数未満の場合には、前記吸気弁の閉弁時期を当該回転数が上昇するほど進角するように制御する一方、前記目標空気充填量が最大となる条件下において前記回転数が前記基準回転数以上の場合には、前記吸気弁の閉弁時期を当該回転数の上昇に応じて遅角するように制御することを特徴とする内燃機関の制御方法。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の内燃機関の制御方法であって、

前記目標空気充填量が最大となる条件下において前記回転数が前記基準回転数以上の場合に、前記排気弁の開弁時期を当該回転数の上昇に応じて進角するように制御することを特徴とする内燃機関の制御方法。

【請求項 4】

請求項 2 または 3 に記載の内燃機関の制御方法であって、

前記目標空気充填量が最大となる条件下において前記回転数が前記基準回転数未満の場合に、当該回転数の上昇に応じて、前記吸気弁の開弁時期を進角するとともに排気弁の開弁時期を遅角するように制御することを特徴とする内燃機関の制御方法。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の内燃機関の制御方法であって、

前記目標空気充填量が予め設定された基準充填量以下となる運転領域では、その運転領域全域にわたり前記吸気弁の開弁時期を一定値に制御することを特徴とする内燃機関の制御方法。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の内燃機関の制御方法であって、

前記吸気通路に設けられて、当該吸気通路内の圧力を制御可能な圧力制御手段を用い、前記目標空気充填量が前記基準充填量以下の運転領域において、前記目標空気充填量が増加するに伴って、前記圧力制御手段により前記吸気通路内の圧力を高めることを特徴とする内燃機関の制御方法。

【請求項 7】

往復移動するピストンを収容するとともに燃焼室を形成する気筒と、前記気筒内へ導入されるガスが通過する吸気通路と、当該吸気通路から前記気筒内へのガスの流入を遮断可能な吸気弁と、前記気筒内から排出される排気が通過する排気通路と、前記気筒内から前記排気通路への排気の流出を遮断可能な排気弁とを有する内燃機関の制御システムであって、

前記吸気弁および排気弁を周期的に開閉させる弁駆動機構と、

前記弁駆動機構を制御する制御手段とを備え、

前記制御手段が、前記弁駆動機構を、前記吸気弁の閉弁時期が前記吸気通路から前記気筒内への空気の流入量が最大となる時期よりも遅角側になるように、制御するとともに、

前記制御手段が、前記弁駆動機構を、前記吸気弁の閉弁時期が、前記内燃機関の回転数が同一となる条件下において前記気筒内に導入される空気量の目標値である目標空気充填量が大きくなるほど進角側になるように、かつ、前記吸気弁の閉弁時期が、前記目標空気充填量が最大であって前記回転数が予め設定された基準回転数未満となる条件下において前記回転数が上昇するほど進角側になるように、制御することを特徴とする内燃機関の制御システム。

【請求項 8】

往復移動するピストンを収容するとともに燃焼室を形成する気筒と、前記気筒内へ導入されるガスが通過する吸気通路と、当該吸気通路から前記気筒内へのガスの流入を遮断可能な吸気弁と、前記気筒内から排出される排気が通過する排気通路と、前記気筒内から前記排気通路への排気の流出を遮断可能な排気弁とを有する内燃機関の制御システムであって

10

20

30

40

50

て、

前記吸気弁および排気弁を周期的に開閉させる弁駆動機構と、
前記弁駆動機構を制御する制御手段とを備え、

前記制御手段が、前記弁駆動機構を、前記吸気弁の閉弁時期が、前記吸気通路から前記気筒内への空気の流入量が最大となる時期よりも遅角側であって、前記内燃機関の回転数が同一となる条件下において、前記気筒内に導入される空気量の目標値である目標空気充填量が大きくなるほど進角側になるように制御するとともに、

前記制御手段が、前記弁駆動機構を、前記目標空気充填量が最大でかつ前記回転数が予め設定された基準回転数未満の条件下において前記吸気弁の閉弁時期が前記回転数が上昇するほど進角側になるように、かつ、前記目標空気充填量が最大でかつ前記回転数が前記基準回転数以上の条件下において前記吸気弁の閉弁時期が前記回転数の上昇するほど遅角側になるように、制御することを特徴とする内燃機関の制御システム。

10

【請求項 9】

請求項 8 に記載の内燃機関の制御システムであって、

前記制御手段が、前記目標空気充填量が最大となる条件下において前記回転数が前記基準回転数以上の場合に、前記排気弁の開弁時期を当該回転数の上昇に応じて進角するように、前記弁駆動機構を制御することを特徴とする内燃機関の制御システム。

【請求項 10】

請求項 8 または 9 に記載の内燃機関の制御システムであって、

前記弁駆動機構が、前記ピストンに接続されたクランクシャフトにより駆動されて前記吸気弁および排気弁を駆動するカムシャフトと、前記クランクシャフトに対する前記カムシャフトの位相を変化させる位相可変機構とを備え、

20

前記制御手段が、前記位相可変機構を駆動して前記クランクシャフトに対する前記カムシャフトの位相を変更することで、前記吸気弁の閉弁時期を制御することを特徴とする内燃機関の制御システム。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の内燃機関の制御システムであって、

前記制御手段が、前記目標空気充填量が予め設定された基準充填量以下となる運転領域では、その運転領域全域にわたり前記吸気弁の閉弁時期が一定となるように、前記弁駆動機構を制御することを特徴とする内燃機関の制御システム。

30

【請求項 12】

請求項 10 または 11 に記載の内燃機関の制御システムであって、

前記制御手段が、前記位相可変機構を駆動して前記クランクシャフトに対する前記カムシャフトの位相を変更することで、前記目標空気充填量が最大となる条件下において前記回転数が前記基準回転数未満の場合に、当該回転数の上昇に応じて、前記吸気弁の開弁時期を進角するとともに前記排気弁の閉弁時期を遅角するように制御することを特徴とする内燃機関の制御システム。

【請求項 13】

請求項 7 ~ 12 のいずれかに記載の内燃機関の制御システムであって、

前記気筒の幾何学的圧縮比が 1.3 以上であることを特徴とする内燃機関の制御システム

40

【請求項 14】

請求項 7 ~ 13 のいずれかに記載の内燃機関の制御システムであって、

前記吸気通路内に設けられて、当該吸気通路の流路面積を変更可能なスロットル弁と、
前記スロットル弁を駆動するスロットル駆動機構とを有し、

前記制御手段が、前記目標空気充填量が前記基準充填量以下の運転領域において、前記スロットル弁が前記目標空気充填量の増大に伴い前記開口面積を増大するように、前記スロットル駆動機構を制御することを特徴とする内燃機関の制御システム。

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内燃機関において吸気通路から気筒内への空気の流入を遮断可能な吸気弁の開弁時期制御に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、排ガス性能の向上等を目的として、内燃機関の吸気弁の開弁時期あるいは閉弁時期を運転条件に応じて制御する方法が開発されている。

【0003】

例えば、特許文献1には、排気弁と吸気弁の開閉時期を制御する方法が開示されている。この方法では、中負荷領域において、吸気弁の閉弁時期を下死点より遅角側に制御している。一方、全負荷領域においては、吸気弁の閉弁時期を中負荷領域における時期よりも進角させている。つまり、負荷の低下に伴い吸気閉弁時期を遅角させることで気筒空気充填量を低下させている。その結果、この方法を用いれば、スロットル弁による空気量制御の必要性が低下し、吸気管圧力低下ひいては吸気行程中の気筒内圧力低下に伴うポンプ損失が抑制されて、機関の運転効率を高めることが出来る。

【0004】

また、前記方法は、全負荷領域において吸気弁の閉弁時期を回転数の増加に伴い吸気の吹き返しが無い範囲で遅角させている。すなわち、吸気閉弁時期を吸気慣性の大きい高回転ほど遅角させ、全ての回転数における高い充填効率を実現し、出力の確保を図っている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2002-242709号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

前記特許文献1の方法は、内燃機関の運転効率を高めながら、出力を高めることが出来る。しかしながら、更に運転効率及び出力を高めるために、内燃機関の膨張比を高めようとすると、以下のような課題があり、対応することが出来ない。つまり、膨張比を高めるためには、内燃機関の幾何学的圧縮比を高める必要がある。幾何学的圧縮比が高いときに、内燃機関の速度すなわち回転数が低く気筒内のガス流動が小さい条件下で気筒空気充填率が高いならば、圧縮行程時に気筒内の混合気が過熱され、未燃混合気が火花点火前に自着火したり、火花点火後に筒内混合気の未燃部分が火炎伝播前に過剰圧縮されて過剰に高温となり自着火するといった現象、すなわち異常燃焼が生じるおそれが高まる。

【0007】

本発明は、このような事情に鑑み、異常燃焼の発生を回避しながら、内燃機関の運転効率と出力を向上することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

前記課題を解決するための手段として、本発明の一つの観点によれば、往復移動するピストンを収容するとともに燃焼室を形成する気筒と、前記気筒内へ導入される空気が通過する吸気通路と、当該吸気通路から前記気筒内への空気の流入を遮断可能な吸気弁と、前記気筒内から排出される排気が通過する排気通路と、前記気筒内から前記排気通路への排気の流出を遮断可能な排気弁とを有する内燃機関を制御する方法が提供される。この方法は、前記吸気弁の閉弁時期を、前記吸気通路から前記気筒内への空気の導入量が最大となる時期よりも遅角側であって、前記内燃機関の回転数が同一の条件下において、前記気筒内に導入される空気量の目標値である目標空気充填量が大きくなるほど進角するように、

10

20

30

40

50

かつ、前記目標空気充填量が最大であって前記回転数が予め設定された基準回転数未満となる条件下において、前記回転数が上昇するほど進角するように制御する（請求項1）。

【0009】

この方法によれば、高負荷低回転領域における吸気の閉弁時期が、空気の導入量が最大となる時期よりも十分に遅角側、すなわち、気筒内から吸気通路側への空気の吹き返しが十分に生じるような時期に制御される。これにより、機関運転効率を高めるために膨張比を高めることで圧縮比が高まって異常燃焼が生じる可能性が高まったとしても、異常燃焼発生可能性の高い高負荷低回転領域において、スロットル弁の絞りによるポンプ損失を高めることなく気筒内に導入される空気量が抑制され、圧縮時の気筒内の温度上昇が抑制されて、異常燃焼の発生の回避が可能となる。結果として、この方法によれば、高膨張比と低ポンプ損失により高負荷低回転領域における機関運転効率をより高めることが出来る。

10

【0010】

一方、前記低回転領域よりも回転数が高い領域では、異常燃焼発生可能性は低下する。それに対応して、この方法では、吸気の閉弁時期が回転数の増加とともに進角側に制御されて空気の吹き返しが抑制されるので、気筒空気充填量が高められ、増加した空気量に応じて増加した燃料の燃焼により出力が向上する。結果として、この方法によれば、広範囲な運転領域において、機関運転効率を高めるとともに、機関出力を向上させることが出来る。

【0011】

20

また、本発明の別の観点によれば、往復移動するピストンを収容するとともに燃焼室を形成する気筒と、前記気筒内へ導入される空気が通過する吸気通路と、当該吸気通路から前記気筒内への空気の流入を遮断可能な吸気弁と、前記気筒内から排出される排気が通過する排気通路と、前記気筒内から前記排気通路への排気の流出を遮断可能な排気弁とを有する内燃機関を制御する方法であって、前記吸気弁の閉弁時期を、前記吸気通路から前記気筒内への空気の流入量が最大となる時期よりも遅角側であって、前記内燃機関の回転数が同一となる条件下において、前記気筒内に導入される空気量の目標値である目標空気充填量が大きくなるほど進角するように制御するとともに、前記目標空気充填量が最大となる条件下において前記回転数が予め設定された基準回転数未満の場合には、前記吸気弁の閉弁時期を当該回転数が上昇するほど進角するように制御する一方、前記目標空気充填量が最大となる条件下において前記回転数が前記基準回転数以上の場合には、前記吸気弁の閉弁時期を当該回転数の上昇に応じて遅角するように制御することを特徴とする内燃機関の制御方法が提供される（請求項2）。

30

【0012】

この方法によれば、高負荷低回転領域における吸気の閉弁時期が、空気の導入量が最大となる時期よりも十分に遅角側、すなわち、気筒内から吸気通路側への空気の吹き返しが十分に生じるような時期に制御される。これにより、機関運転効率を高めるために膨張比を高めることで圧縮比が高まって異常燃焼が生じる可能性が高まったとしても、異常燃焼発生可能性の高い高負荷低回転領域において、スロットル弁の絞りによるポンプ損失を高めることなく、気筒内に導入される空気量が抑制される。これにより、圧縮時の気筒内の温度上昇が抑制され、異常燃焼の発生は回避可能となる。結果として、本方法によれば、高膨張比と低ポンプ損失により高負荷低回転領域における機関運転効率をより高めることが出来る。

40

【0013】

さらに、本方法では、機関回転数の上昇に応じて異常燃焼の発生の可能性が低下するのに対応して、吸気の閉弁時期が、回転数が基準回転数未満の領域では回転数の増加とともに進角側に制御されて空気の吹き返しが抑制されるので、気筒空気充填量が高められる。一方、回転数が基準回転数以上の領域では、機関回転数の上昇に伴う吸気流の慣性の増大とともに気筒空気充填量が最大となる吸気閉弁時期が遅角するのに対応して、回転数の増加とともに吸気閉弁時期が遅角側に制御されており、これにより、気筒空気充填量が高め

50

られる。そして、増加した空気量に応じて増加した燃料を燃焼させることで出力が向上する。結果として、本方法によれば、広範囲な運転領域において、機関運転効率を高めるとともに、機関出力を向上させることができる。

【0014】

また、この方法において、前記目標空気充填量が最大となる条件下において前記回転数が前記基準回転数以上の場合に、前記排気弁の開弁時期を当該回転数の上昇に応じて進角するように制御すれば、回転数の上昇に応じて排気抵抗をより小さく抑えることができ、機関運転効率を向上させることができる（請求項3）。

【0015】

さらに、この方法において、前記目標空気充填量が最大となる条件下において前記回転数が前記基準回転数未満の場合に、当該回転数の上昇に応じて、前記吸気弁の開弁時期を進角するとともに排気弁の開弁時期を遅角して吸気弁と排気弁とがいずれも開弁しているオーバーラップ期間を大きくすれば、回転数の上昇に応じて気筒内の掃気性ひいては気筒内の新気量が高められ機関出力が向上して、機関運転効率をより向上させることができる（請求項4）。

【0016】

また、本発明において、前記目標空気充填量が予め設定された基準充填量以下となる運転領域では、その運転領域全域にわたり前記吸気弁の開弁時期を一定値に制御してもよい（請求項5）。

【0017】

そして、この場合には、前記吸気通路に設けられて、当該吸気通路内の圧力を制御可能な圧力制御手段を用い、前記目標空気充填量が前記基準充填量以下の運転領域において、前記目標空気充填量が増加するに伴って、前記圧力制御手段により前記吸気通路内の圧力を高めるようにすれば、吸気弁の制御幅を小さく抑えつつ、気筒内の空気量をより確実に前記目標空気充填量とすることができる（請求項6）。

【0018】

また、本発明の別の観点によれば、往復移動するピストンを収容するとともに燃焼室を形成する気筒と、前記気筒内へ導入されるガスが通過する吸気通路と、当該吸気通路から前記気筒内へのガスの流入を遮断可能な吸気弁と、前記気筒内から排出される排気が通過する排気通路と、前記気筒内から前記排気通路への排気の流出を遮断可能な排気弁とを有する内燃機関の制御システムであって、前記吸気弁および排気弁を周期的に開閉させる弁駆動機構と、前記弁駆動機構を制御する制御手段とを備え、前記制御手段が、前記弁駆動機構を、前記吸気弁の開弁時期が前記吸気通路から前記気筒内への空気の流入量が最大となる時期よりも遅角側になるように、制御するとともに、前記制御手段が、前記弁駆動機構を、前記吸気弁の開弁時期が、前記内燃機関の回転数が同一となる条件下において前記気筒内に導入される空気量の目標値である目標空気充填量が大きくなるほど進角側になるように、かつ、前記吸気弁の開弁時期が、前記目標空気充填量が最大であって前記回転数が予め設定された基準回転数未満となる条件下において前記回転数が上昇するほど進角側になるように、制御することを特徴とする内燃機関の制御システムが提供される（請求項7）。

【0019】

この内燃機関の制御システムでは、前記制御手段による前記弁駆動機構の制御により、高負荷低回転領域における吸気の開弁時期が、空気の導入量が最大となる時期よりも十分に遅角側、すなわち、気筒内から吸気通路側への空気の吹き返しが十分に生じるような時期に制御される。これにより、機関運転効率を高めるために膨張比を高めることで圧縮比が高まって異常燃焼が生じる可能性が高まったとしても、異常燃焼発生可能性の高い高負荷低回転領域において、スロットル弁の絞りによるポンプ損失を高めることなく、気筒内に導入される空気量が抑制される。そのため、圧縮時の気筒内の温度上昇が抑制され、異常燃焼の発生が回避され得る。結果として、本制御システムによれば、高膨張比と低ポン

10

20

30

40

50

プ損失により高負荷低回転領域における機関運転効率をより高めることが出来る。

【0020】

一方、前記低回転領域よりも回転数が高い領域では、異常燃焼発生可能性は低下する。それに対応して、本制御システムでは、吸気の閉弁時期が回転数の増加とともに進角側に制御されて空気の吹き返しが抑制されるので、気筒空気充填量が高められ、増加した空気量に応じて増加した燃料を燃焼させることで出力が向上する。結果として、本制御システムによれば、広範囲な運転領域において、機関運転効率を高めるとともに、機関出力を向上させることが出来る。

【0021】

本発明の更に別の観点によれば、往復移動するピストンを収容するとともに燃焼室を形成する気筒と、前記気筒内へ導入されるガスが通過する吸気通路と、当該吸気通路から前記気筒内へのガスの流入を遮断可能な吸気弁と、前記気筒内から排出される排気が通過する排気通路と、前記気筒内から前記排気通路への排気の流出を遮断可能な排気弁とを有する内燃機関の制御システムであって、前記吸気弁および排気弁を周期的に開閉させる弁駆動機構と、前記弁駆動機構を制御する制御手段とを備え、前記制御手段が、前記弁駆動機構を、前記吸気弁の閉弁時期が、前記吸気通路から前記気筒内への空気の流入量が最大となる時期よりも遅角側であって、前記内燃機関の回転数が同一となる条件下において、前記気筒内に導入される空気量の目標値である目標空気充填量が大きくなるほど進角側になるように制御するとともに、前記制御手段が、前記弁駆動機構を、前記目標空気充填量が最大でかつ前記回転数が予め設定された基準回転数未満の条件下において前記吸気弁の閉弁時期が前記回転数が上昇するほど進角側になるように、かつ、前記目標空気充填量が最大でかつ前記回転数が前記基準回転数以上の条件下において前記吸気弁の閉弁時期が前記回転数の上昇するほど遅角側になるように、制御することを特徴とする内燃機関の制御システムが提供される（請求項8）。

【0022】

この内燃機関の制御システムでは、前記制御手段による前記弁駆動機構の制御により、高負荷低回転領域における吸気の閉弁時期が、空気の導入量が最大となる時期よりも十分に遅角側、すなわち、気筒内から吸気通路側への空気の吹き返しが十分に生じるような時期に制御される。これにより、機関運転効率を高めるために膨張比を高めることで圧縮比が高まって異常燃焼が生じる可能性が高まったとしても、異常燃焼発生の可能性の高い高負荷低回転領域において、スロットル弁の絞りによるポンプ損失を高めることなく、気筒内に導入される空気量が抑制される。そのため、圧縮時の気筒内の温度上昇が抑制され、異常燃焼の発生が回避され得る。結果として、高膨張比と低ポンプ損失により高負荷低回転領域における機関運転効率をより高めることが出来る。

【0023】

さらに、本制御システムでは、前記制御手段による前記弁駆動機構の制御により、機関回転数の上昇に応じて異常燃焼発生の可能性が低下するのに対応して、吸気の閉弁時期が回転数が基準回転数未満の領域では回転数の増加とともに進角側に制御されて、空気の吹き返しが抑制されるので、気筒空気充填量が高められる。一方、回転数が基準回転数以上の領域では、機関回転数の上昇に伴う吸気流の慣性の増大とともに気筒空気充填量が最大となる吸気閉弁時期が遅角するのに対応して、回転数の増加とともに吸気閉弁時期が遅角側に制御されるので、気筒空気充填量が高められる。そして、このように空気充填量が高められると、この増加した空気量に応じて増加した燃料を燃焼させることで出力が向上する。

【0024】

また、この制御システムにおいて、前記制御手段が、前記目標空気充填量が最大となる条件下において前記回転数が前記基準回転数以上の場合に、前記排気弁の開弁時期を当該回転数の上昇に応じて進角するように、前記弁駆動機構を制御すれば、回転数の上昇に応じて排気抵抗をより小さく抑えることができ、機関運転効率を向上させることができる（請求項9）。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 5 】

前記弁駆動機構等の具体的な構成は特に限定されるものではないが、例えば、前記弁駆動機構は、前記ピストンに接続されたクランクシャフトにより駆動されて前記吸気弁および前記排気弁を駆動するカムシャフトと、前記クランクシャフトに対する前記カムシャフトの位相を変化させる位相可変機構とを備え、前記制御手段は、前記位相可変機構を駆動して前記クランクシャフトに対する前記カムシャフトの位相を変更することで、前記吸気弁の開弁時期を制御するものが挙げられる（請求項 1 0）。

【 0 0 2 6 】

また、前記内燃機関の制御システムにおいて、前記制御手段は、前記目標空気充填量が予め設定された基準充填量以下となる運転領域では、その運転領域全域にわたり前記吸気弁の開弁時期が一定となるように、前記弁駆動機構を制御してもよい（請求項 1 1）。

10

【 0 0 2 7 】

さらに、前記制御手段が、前記位相可変機構を駆動して前記クランクシャフトに対する前記カムシャフトの位相を変更することで、前記目標空気充填量が最大となる条件下において前記回転数が前記基準回転数未満の場合に、当該回転数の上昇に応じて、前記吸気弁の開弁時期を進角するとともに前記排気弁の開弁時期を遅角して吸気弁と排気弁とがいずれも開弁しているオーバーラップ期間を大きくするように制御すれば、回転数の上昇に応じて気筒内の掃気性ひいては気筒内の新気量が高められ機関出力が増大して、機関運転効率をより向上させることができる（請求項 1 2）。

【 0 0 2 8 】

ここで、気筒の幾何学的圧縮比が 1 3 以上となるような高圧縮比の内燃機関では、圧縮によって気筒内の温度が高くなりやすく異常燃焼が生じる可能性が高い。そのため、このような高圧縮比の内燃機関に前記内燃機関の制御システムを適用すれば効果的である（請求項 1 3）。

20

【 0 0 2 9 】

また、前記吸気通路内に設けられて、当該吸気通路の開口面積を変更可能なスロットル弁と、前記スロットル弁を駆動するスロットル駆動機構とを設け、前記制御手段によって、前記スロットル弁が前記目標空気充填量の増大に伴い前記開口面積を増大するように、前記スロットル駆動機構が制御されるのが好ましい（請求項 1 4）。

【 0 0 3 0 】

このようにすれば、吸気弁の開弁時期の制御幅を小さく抑えつつ、スロットル弁によって気筒内の空気量をより確実に前記目標空気充填量とすることができる。

30

【 発明の効果 】

【 0 0 3 1 】

以上のように、本発明によれば、広範囲な運転領域において、機関運転効率を高めるとともに機関出力を向上させることが出来る。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 2 】

【 図 1 】本発明に係る内燃機関の制御方法が適用されるエンジンシステムの全体構造の概略図である。

40

【 図 2 】本発明に係る制御方法の制御手順を説明するためのフローチャートである。

【 図 3 】回転数と目標空気充填量に対する吸気バルブの開閉タイミングを示す図である。

【 図 4 】回転数と目標空気充填量に対するスロットル弁の開度を示す図である。

【 図 5 】（ a ）低負荷領域での吸気バルブおよび排気バルブのバルブタイミングを示す図である。（ b ）高負荷低回転領域での吸気バルブおよび排気バルブのバルブタイミングを示す図である。（ c ）高負荷中回転領域での吸気バルブおよび排気バルブのバルブタイミングを示す図である。（ d ）高負荷高回転領域での吸気バルブおよび排気バルブのバルブタイミングを示す図である。

【 図 6 】吸気バルブの開タイミングと空気充填量との関係を説明するための図である。

【 図 7 】回転数毎の吸気バルブの開タイミングと空気充填量との関係を説明するための図

50

である。

【図8】回転数と目標空気充填量に対する排気バルブの開閉タイミングを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0033】

本発明の好ましい実施形態について図面を参照しながら説明する。

【0034】

図1は本発明が適用されるエンジンシステムの全体構造を概略的に示したものである。このエンジンシステムは、エンジン本体（内燃機関）1と、このエンジン本体1に付随する様々なアクチュエータを制御するためのエンジン制御器（制御手段）100とを有している。

10

【0035】

前記エンジン本体1は、自動車等の車両に搭載される4サイクルの火花点火式内燃機関であって、前記車両を推進すべく、その出力軸は変速機を介して駆動輪に連結されている。このエンジン本体1は、シリンダーブロック12とその上に載置されるシリンダヘッド13とを備えている。このシリンダーブロック12とシリンダヘッド13との内部には複数のシリンダ（気筒）11が形成されている。これらシリンダ11の数は特に限定されるものではないが、例えば4つのシリンダ11が形成されている。また、前記シリンダーブロック11には、ジャーナル、ベアリングなどによってクランクシャフト14が回転自在に支持されている。

【0036】

前記各シリンダ11内にはピストン15がそれぞれ摺動自在に嵌挿されており、各ピストン15の上方にはそれぞれ燃焼室17が区画されている。

20

【0037】

ここで、本実施形態では、前記ピストン15が上死点に位置するときの燃焼室17の容積と、ピストン15が下死点に位置するときの燃焼室17の容積との比であるエンジン本体1の幾何学的圧縮比がほぼ1.4に設定されている。もちろん、この幾何学的圧縮比の値は1.4に限らない。例えば、機関効率の向上といった観点からは前記幾何学的圧縮比はより高い方が好ましい。しかしながら、幾何学的圧縮比を高くしていくと、圧縮行程において気筒内の温度が高くなりすぎてしまい予期せぬタイミングで自着火が生じる可能性が高くなる。そのため、前記エンジン本体1の幾何学的圧縮比としては1.3以上1.6以下が好ましい。

30

【0038】

前記シリンダヘッド13には、各燃焼室17に連通する2つの吸気ポート18と2つの排気ポート19とが形成されている。また、前記シリンダヘッド13には、各吸気ポート18をそれぞれ前記燃焼室17から遮断するための吸気バルブ（吸気弁）21と、各排気ポート19をそれぞれ前記燃焼室17から遮断するための排気バルブ（排気弁）22とが設けられている。前記吸気バルブ21は後述する吸気弁駆動機構（弁駆動機構）30により駆動されることで、所定のタイミングで各吸気ポート18を開閉する。一方、前記排気バルブ22は後述する排気弁駆動機構（弁駆動機構）40により駆動されることで、前記各排気ポート19を開閉する。

40

【0039】

前記吸気弁駆動機構30および前記排気弁駆動機構40は、それぞれ吸気カムシャフト31と排気カムシャフト41とを有している。この吸気カムシャフト31および排気カムシャフト41は、周知のチェーン/スプロケット機構等の動力伝達機構を介してクランクシャフト14に連結されている。前記動力伝達機構は、前記クランクシャフト14が2回転する間に、カムシャフト31、41が1回転するように構成されている。

【0040】

また、前記吸気弁駆動機構30には、前記動力伝達機構と前記吸気カムシャフト31との間に吸気カムシャフト位相可変機構（位相可変機構）32が設けられている。この吸気カムシャフト位相可変機構32は、吸気バルブ21のバルブタイミングを変更するための

50

ものであり、前記吸気カムシャフト31と同軸に配置されてクランクシャフト14により直接駆動される被駆動軸と吸気カムシャフト31との間の位相差を変更することで、前記クランクシャフト14と前記吸気カムシャフト31との間の位相差を変更する。

【0041】

この吸気カムシャフト位相可変機構32は、例えば、前記被駆動軸と前記吸気カムシャフト31との間に周方向に並ぶ複数の液室を有し、これら液室間に圧力差を設けることで前記位相差を変更する液圧式機構や、前記被駆動軸と前記吸気カムシャフト31との間に設けられた電磁石を有し、前記電磁石に電力を付与することで前記位相差を変更する電磁式機構等が挙げられる。この吸気カムシャフト位相可変機構32は、後述するエンジン制御器100で算出された吸気バルブ21のバルブタイミングに基づいて、前記位相差を変更する。そして、本実施形態では、前記吸気カムシャフト位相可変機構32は、吸気バルブ21の開弁期間及びリフト量つまりバルブ・プロファイルは一定に保ったまま、前記位相差を変更することで、吸気バルブ21の開タイミング（開弁時期）I V Oと閉タイミング（閉弁時期）I V Cとを変更する。吸気カムシャフト31の位相角は、カム位相センサ39により検出され、その信号 I V C _ A はエンジン制御手段100に送信される。

10

【0042】

前記排気弁駆動機構40にも、前記動力伝達機構と前記排気カムシャフト41との間に排気カムシャフト位相可変機構（位相可変機構）42が設けられている。この排気カムシャフト位相可変機構42は、排気バルブ22のバルブタイミングを変更するためのものであり、その具体的な構造は前記吸気カムシャフト位相可変機構32と同様である。そして、排気バルブ22の開弁期間及びリフト量つまりバルブ・プロファイルは一定に保たれたまま、排気バルブ22の開タイミング（開弁時期）E V Oと閉タイミング（閉弁時期）E V Cとが変更される。

20

【0043】

前記吸気ポート18は、吸気マニホールド55を介してサージタンク55aに連通している。このサージタンク55aの上流の吸気通路にはスロットルボデー（スロットル駆動機構）56が設けられている。このスロットルボデー56の内部には、外部から前記サージタンク55aに向かう吸気流量を調整するためのスロットル弁57（圧力制御手段）が枢動自在に設けられている。このスロットル弁57は、前記吸気通路の開口面積すなわち流路面積を変更して吸気流量を変更するとともに、スロットル弁下流の吸気通路内の圧力を変更することが出来る。このスロットル弁57は、スロットルアクチュエータ58により駆動される。このスロットルアクチュエータ58は、前記スロットル弁57の開度T V Oが後述するエンジン制御器100で算出された目標スロットル開度T V O₀となるようにこのスロットル弁57を駆動する。ここで、請求項における吸気通路とは、このスロットル弁57下流の、前記吸気ポート18、吸気マニホールド55およびサージタンク55a全てを含む。本実施形態では、このスロットル弁57の開度と前記吸気バルブ21の閉タイミングとを調整することで、前記シリンダ11内に充填される空気量すなわちシリンダ11内の空気充填量C Eを適切な値に制御する。

30

【0044】

前記排気ポート19は、排気マニホールド60を介して排気管に連通している。この排気管には排ガス浄化システムが配置されている。この排ガス浄化システムの具体的構成は特に限定されるものではないが、例えば三元触媒、リーンN O x触媒、酸化触媒等の触媒コンバータ61を有するものが挙げられる。

40

【0045】

前記吸気マニホールド55と前記排気マニホールド60とはE G Rパイプ62によって連通しており、排ガスの一部が吸気側に循環するよう構成されている。前記E G Rパイプ62には、このE G Rパイプ62を通して吸気側に循環するE G Rガスの流量を調整するためのE G Rバルブ63が設けられる。このE G Rバルブ63は、E G Rバルブアクチュエータ64により駆動される。このE G Rバルブアクチュエータ64は、前記E G Rバルブ63の開度が後述するエンジン制御器100で算出されたE G R開度E G R_{open}と

50

なるようにこのEGRバルブ63を駆動し、これにより前記EGRガスの流量を適切な値に調整する。

【0046】

前記シリンダヘッド13には、先端が前記燃焼室17に臨むように点火プラグ51が取り付けられている。この点火プラグ51は、点火システム52により後述するエンジン制御器100で算出された点火時期SAに基づいて通電されると、前記燃焼室17内に火花を発生させる。

【0047】

また、前記シリンダヘッド13には、燃料を燃焼室17内に直接噴射するための燃料噴射弁53がその先端が前記燃焼室17に臨むように取り付けられている。より詳細には、この燃料噴射弁53は、その先端が、上下方向において前記2つの吸気ポート18の下方に位置するよう、かつ、水平方向において前記2つの吸気ポート18の中間に位置するように配置されている。この燃料噴射弁53は、その内部に設けられたソレノイドが、燃料システム54により後述するエンジン制御器100で算出された燃料噴射量FPに基づいて所定期間だけ通電されることで、前記燃焼室17内に所定量の燃料を噴射する。

【0048】

前記エンジン制御器100は、周知のマイクロコンピュータをベースとするコントローラであって、プログラムを実行するためのCPUと、RAMやROMからなりプログラム及びデータを格納するメモリと、各種信号の入出力を行なうI/Oバスとを備えている。

【0049】

前記エンジン制御器100には、前記I/Oバスを介して、エアフローメータ71により検出された吸入空気量AF、吸気圧センサ72により検出された吸気マニホールド55内の空気圧MAP、クランクアングルセンサ73により検出されたクランク角パルス信号、酸素濃度センサ74により検出された排ガスの酸素濃度EGO、アクセル開度センサ75により検出された自動車のドライバーによるアクセルペダルの踏み込み量、車速センサ76により検出された車速VSPといった各種の情報が入力される。そして、このエンジン制御器100は、前記各入力情報に基づいて、シリンダ11内の空気充填量や点火時期等が運転条件に応じて適切な値になるように、各種アクチュエータに対する指令値を計算する。例えば、スロットル開度TVO、燃料噴射量FP、点火時期SA、吸気バルブタイミングの目標値、排気バルブタイミングの目標値、EGR開度EGR_{open}等の指令値を計算し、それらを、前記スロットルアクチュエータ58、燃料システム54、点火システム52、吸気カムシャフト位相可変機構32およびEGRバルブアクチュエータ64等に出力する。

【0050】

前記エンジン制御器100における具体的な演算手順を図2のフローチャートを用いて説明する。

【0051】

まず、前記アクセルペダルの踏み込み量等の各種信号を読み込む(ステップS1)。

【0052】

次に、前記アクセルペダルの踏み込み量、前記クランク角パルス信号から算出されるエンジン本体1の回転数 N_{ENG} および前記車速CSPに基づき目標トルク TQ_D を算出する(ステップS2)。算出された目標トルク TQ_D および回転数 N_{ENG} に基づき、燃料噴射量FP、目標空気充填量(シリンダ11内の空気充填量CEの目標値) CE_D および点火時期SAを算出する(ステップS3)。

【0053】

そして、前記ステップS3で算出された目標空気充填量 CE_D と回転数 N_{ENG} とに基づき、前記吸気バルブ21の閉タイミングIVCの目標値 IVC_D を算出する。ここで、本実施形態では前述のように吸気バルブ32の開弁期間は一定に保たれており、この吸気バルブ21の閉タイミングIVOの目標値 IVC_D の算出と同時に吸気バルブ21の開タイミングIVOの目標値 IVO_D も算出される。また、前記ステップS3で

10

20

30

40

50

算出された目標空気充填量 $C E_D$ と回転数 $N_{E N G}$ とに基づき、前記排気バルブ 22 のバルブタイミングの目標値、すなわち、排気バルブ 22 の開タイミング $E V O$ の目標値 $E V O_D$ および閉タイミング $E V C$ の目標値 $E V C_D$ を算出する（ステップ S4）。さらに、前記算出された目標空気充填量 $C E_D$ と回転数 $N_{E N G}$ とに基づき、前記スロットル弁 57 の開度 $T V O$ の目標値である目標スロットル開度 $T V O_D$ を算出する（ステップ S5）。前記吸気バルブ 21 の閉タイミング $I V C$ の目標値 $I V C_D$ および目標スロットル開度 $T V O_D$ の算出方法の詳細については後述する。

【0054】

その後、算出された燃料噴射量 $F P$ 、点火時期 $S A$ 、吸気バルブ 21 の開タイミング $I V O$ の目標値 $I V O_D$ 、吸気バルブ 21 の閉タイミング $I V C$ の目標値 $I V C_D$ 、排気バルブ 22 の開タイミング $E V O$ の目標値 $E V O_D$ 、排気バルブ 22 の閉タイミング $E V C$ の目標値 $E V C_D$ 、目標スロットル開度 $T V O_D$ に基づき、これらの目標値が満足されるように各アクチュエータを駆動する（ステップ S6）。具体的には、信号 $I V O_D$ および $I V C_D$ は吸気カムシャフト位相可変機構 32 に出力される。そして、吸気カムシャフト 31 のクランクシャフト 14 に対する位相が $I V O_D$ および $I V C_D$ に対応した値となるように、前記吸気カムシャフト位相可変機構 32 が動作する。信号 $E V O_D$ および $E V C_D$ は排気カムシャフト位相可変機構 42 に出力される。そして、排気カムシャフト 41 のクランクシャフト 14 に対する位相が $E V O_D$ および $E V C_D$ に対応した値となるように、この排気カムシャフト位相可変機構 42 が動作する。信号 $T V O_D$ はスロットルアクチュエータ 58 に出力される。そして、スロットル弁 57 の開度 $T V O$ が $T V O_D$ に対応した値となるように、前記スロットルアクチュエータ 58 が動作する。信号 $F P$ は、燃料システム 54 に出力される。1 気筒サイクル当り $F P$ に対応した量の燃料が燃料噴射弁 53 から噴射される。そして、信号 $S A$ は、点火システム 52 に出力される。気筒サイクル中の $S A$ に対応した時期に、点火プラグ 51 が発火して、燃焼室 17 内の混合気を着火する。これにより、必要とされる量の空気、燃料からなる混合気を、適切な時期に着火して燃焼させることで、主に前記アクセルペダルの踏み込み量 から求められる目標トルクがエンジン本体 1 から発生される。

【0055】

次に、前記吸気バルブ 21 の開閉タイミングの目標値 $I V O_D$ 、 $I V C_D$ 、前記排気バルブ 22 の開閉タイミングの目標値 $E V O_D$ 、 $E V C_D$ および目標スロットル開度 $T V O_D$ の計算方法すなわち吸気バルブ 21、排気バルブ 22 およびスロットル弁 57 の具体的な制御方法について説明する。なお、以下の説明の中で吸気バルブ 21 および排気バルブ 22 の開閉タイミング等についての時期及び期間を表す数値はクランク角によるものであり、また、 $B T D C$ は上死点前、 $A T D C$ は上死点后、 $B B D C$ は下死点前、 $A B D C$ は下死点后を意味する。

【0056】

エンジンの負荷が低く目標空気充填量 $C E_D$ が予め設定された基準充填量 $C E_D_b a s e$ よりも低い領域（図 3、図 4 および図 8 の領域 A）では、前記吸気バルブ 21 の開閉タイミング $I V O$ 、 $I V C$ および排気バルブ 22 の開閉タイミング $E V O$ 、 $E V C$ は回転数 $N_{E N G}$ に抛らず一定に制御され、前記スロットル開度 $T V O$ は目標空気充填量 $C E_D$ に応じて変化するように制御される。例えば、図 5 の（a）に示すように、吸気バルブ 21 の開タイミング $I V O$ は $T D C$ から遅角した $A T D C 30 A$ 程度の値に制御され、吸気バルブ 21 の閉タイミング $I V C$ は $B D C$ から十分に遅角した $A B D C 100 A$ 程度の値に制御される。また、排気バルブ 22 の開タイミング $E V O$ は $B D C$ から進角した $B B D C 25 C A$ 程度の値に制御され、排気バルブ 22 の閉タイミング $E V C$ は $T D C$ から遅角した $A T D C 20 A$ 程度の値に制御される。そして、スロットル開度 $T V O$ は図 4 に示すように目標空気充填量 $C E_D$ の増加に伴い開き側、すなわち、吸気通路の開口面積が大きくなる側に制御される。ここで、例えば、前記基準充填量 $C E_D_b a s e$ はエンジン本体 1 における最大空気充填量の半分程度の値である。

【0057】

図6に示すように、シリンダ11内の空気充填量 CE は、低回転領域においては、吸気バルブ21の閉タイミング IVC が BDC 付近において最も大きくなり、それよりも遅角側ではシリンダ11内の空気が吸気通路側へ吹き返すために減少していく。従って、吸気バルブ21の閉タイミング IVC が前述のように空気充填量 CE が最大となる時期よりも遅角側となるような $ABDC100$ A程度に制御されると、シリンダ11内の空気充填量 CE は十分に小さく抑えられる。

【0058】

また、エンジンの負荷が高く目標空気充填量 CE_D が前記基準充填量 CE_{D_base} よりも高い領域(図3、図4および図8の領域B)では、前記スロットル開度 TVO は目標空気充填量 CE_D によらず回転数 N_{ENG} 毎に一定に制御され、吸気バルブ21の開閉タイミング IVO 、 IVC は目標空気充填量 CE_D に応じて変化するように制御される。具体的には、前記スロットル開度 TVO は全開付近に制御される。そして、前記吸気バルブ21の閉タイミング IVC は、空気充填量 CE が最大となる時期よりも遅角側において、目標空気充填量 CE_D の増加とともに図6の矢印に示すように進角側に制御され、これに対応して吸気バルブ21の開タイミング IVO は目標空気充填量 CE_D の増加とともに進角側に制御される。

10

【0059】

前述のように、空気充填量 CE が最大となる時期よりも遅角側では、吸気バルブ21の閉タイミング IVC が遅角するほど空気充填量 CE は減少する。従って、前記領域Bでは、吸気バルブ21の閉タイミング IVC が進角側に制御されることで、空気充填量 CE が増加し目標空気充填量 CE_D が満足されることになる。特に、本実施形態では、前記スロットル開度 TVO が全開付近に制御されており、スロットル弁57によって吸気通路の開口面積が絞られることによるポンピングロスが低減されるので、機関運転効率が高くなる。

20

【0060】

ここで、スロットル開度 TVO は、全てのエンジン運転領域において、回転数 N_{ENG} に応じて変化するように制御される。具体的には、回転数 N_{ENG} の増加とともに開き側に制御される。そして、吸気バルブ21の閉タイミング IVC および開タイミング IVO は、前記領域Bおよびエンジンの全負荷領域(図3、図4および図8の目標空気充填量 CE_D が最大となる領域C)、すなわち基準充填量 CE_{D_base} より大きい領域において、回転数 N_{ENG} に応じて変化するように制御される。具体的には、回転数 N_{ENG} が基準回転数未満の領域では回転数 N_{ENG} の増加とともに進角側に制御され、回転数 N_{ENG} が基準回転数以上の領域では回転数の増加とともに遅角側に制御される。この領域における吸気バルブ21の閉タイミング IVC の制御の詳細について以下に説明する。

30

【0061】

まず、回転数 N_{ENG} が $N1$ と低く目標空気充填量 CE_D が最大するとき、吸気バルブ21の閉タイミング IVC は、空気充填量 CE が最大となる時期よりも十分に遅角側の、例えば、図5の(b)および図7の点P1に示すような $ABDC60$ A程度に制御される。

【0062】

ここで、低回転領域では、シリンダ11内の空気流動が小さいために圧縮時の温度上昇に伴いシリンダ11内で自着火が生じる可能性が高い。そのため、この領域では、シリンダ11内の空気充填量 CE を小さく抑え温度が上がりすぎると抑制することが望ましい。これに対して、本制御では、前記のように吸気バルブ21の閉タイミング IVC は十分に遅角側に制御されており、シリンダ11内の空気充填量 CE ひいては圧縮時のシリンダ11内の温度が過剰になるのが抑制されるので、前記自着火の発生が抑制される。特に、本エンジン本体1は、その幾何学的圧縮比が1.4と比較的高い値に設定されており自着火しやすいので、この制御はより効果的に作用する。

40

【0063】

この回転数 N_{ENG} が $N1$ で目標空気充填量 CE_D が最大の際の前記吸気バルブ21

50

の開タイミングI V Oは、前記吸気バルブ2 1の開タイミングI V Cに対応して、例えば、B T D C 1 0 A程度に制御される。そして、排気バルブ4 1の開タイミングE V Oは、例えば、A T D C 5 A程度に制御され、吸気バルブ2 1と排気バルブ4 1とがいずれも開弁しているオーバーラップ期間が1 5 A程度に制御される。このとき、前記排気バルブ4 1の開タイミングE V Cは、前記開タイミングE V Oに対応して、B B D C 4 0 A程度に制御される。

【0064】

次に、回転数 N_1 から基準回転数 $N_2 (> N_1)$ の領域では、吸気バルブ2 1の開タイミングI V Cは、空気充填量 C_E が最大となる時期よりも遅角側に制御されるとともに、回転数 N_{ENG} の上昇に伴い進角側に制御される。例えば、吸気バルブ2 1の開タイミングI V Cは、回転数 N_2 で目標空気充填量 C_{ED} が最大するとき、図5の(c)および図7の点P2に示すように、空気充填量 C_E が最大となるA B D C 3 0 A程度にまで進角される。エンジン回転数 N_{ENG} が増加して空気流動が大きくなり異常燃焼の発生の可能性が小さくなると、シリンダ1 1内の空気充填量 C_E を高めることができる。従って、この領域では、エンジン回転数 N_{ENG} の上昇に伴い吸気バルブ2 1の開タイミングI V Cを進角側に制御してシリンダ1 1内の空気充填量 C_E を高めて、より多くの燃料を燃焼させることで、エンジン出力ひいては機関運転効率を高める。

【0065】

ここで、図7に示すように、回転数 N_{ENG} が増加すると、吸気の慣性が大きくなることにより空気充填量 C_E が最大となる時期は遅角側に移動していく。また、前述のように、空気充填量 C_E が最大となる時期よりも遅角側では、吸気バルブ2 1の開タイミングI V Cが進角するほど空気の吸気通路への吹き返し量が減少して空気充填量 C_E は増加する。従って、前記のように回転数の上昇に伴い吸気バルブ2 1の開タイミングI V Cが進角側に制御されると、吹き返し量の減少効果と慣性増大の効果とによりシリンダ1 1の空気充填量 C_E が十分に高められることになる。特に、吸気バルブ2 1の開タイミングI V Cを空気充填量 C_E が最大となる時期付近にまで進角すれば充填効率が高まる。

【0066】

また、この回転数 N_{ENG} が N_1 から N_2 であって目標空気充填量 C_{ED} が最大となる領域では、回転数 N_{ENG} の上昇に伴い、吸気バルブ2 1の開タイミングI V Oが進角側に制御されるとともに排気バルブ2 2の開タイミングE V Cおよび開タイミングE V Oが遅角側に制御される。そして、これにより、回転数 N_{ENG} の上昇に伴って前記吸気バルブ2 1と排気バルブ4 1のオーバーラップ期間が増加するように制御される。ここで、回転数 N_{ENG} が低い領域ではこのオーバーラップ期間が長いと排気が吸気側に逆流してしまい充填効率が低下するが、回転数 N_{ENG} が高い領域ではこのオーバーラップ期間を大きくすることでシリンダ1 1内の掃気性を高めることができる。従って、前記のように回転数 N_{ENG} の上昇に伴って前記オーバーラップ期間を増加するように制御することで、シリンダ1 1内の新気量を適切に高め、高まった空気量に応じて増量した燃料を燃料噴射弁5 3から噴射して燃焼させることで、機関出力が向上し、機関運転効率が高められる。例えば、回転数 N_2 で目標空気充填量 C_{ED} が最大のための前記吸気バルブ2 1の開タイミングI V OはB T D C 4 0 A程度に制御され、排気バルブ4 1の開タイミングE V CはA T D C 2 0 A程度に制御され、前記オーバーラップ期間は前記回転数 N_1 でのオーバーラップ期間の値1 5 Aよりも長い6 0 A程度に制御される。このとき、前記排気バルブ4 1の開タイミングE V Oは、前記閉タイミングE V Cに対応して、B B D C 2 5 A程度に制御される。

【0067】

前記回転数 N_1 は例えば1 0 0 0 r p m程度の値であり、基準回転数 N_2 は例えば2 0 0 0 r p m程度の値である。

【0068】

最後に、回転数 N_2 から回転数 $N_3 (> N_2)$ の領域では、吸気バルブ2 1の開タイミングI V Cは、回転数 N_{ENG} の上昇に伴い遅角側に制御される。例えば、回転数 N_3 で

10

20

30

40

50

目標空気充填量 $C E_D$ が最大するとき、図 5 の (d) および図 7 の点 P 3 に示すように、A B D C 6 0 A 程度にまで遅角される。前記回転数 N_3 は、例えば 7 0 0 0 r p m 程度の値である。

【 0 0 6 9 】

本実施形態では、目標空気充填量 $C E_D$ が最大で回転数 $N_{E N G}$ が N_2 のとき、吸気バルブ 2 1 の閉タイミング I V C は、空気充填量 $C E$ が最大となる時期付近に制御されている。そして、回転数 $N_{E N G}$ が増加すると、前述のように、吸気の慣性により空気充填量 $C E$ が最大となる時期は遅角側に移動していく。そのため、この回転数 N_2 から回転数 N_3 の高回転領域では、吸気バルブ 2 1 の閉タイミング I V C が回転数 $N_{E N G}$ の上昇に伴い遅角側に制御されることで、空気充填量 $C E$ は最大値において略一定に維持される。

10

【 0 0 7 0 】

前述のとおり回転数 $N_{E N G}$ の増加とともに異常燃焼が発生する可能性は低下しており、回転数が回転数 N_2 を越える領域においては異常燃焼発生の可能性はほぼない。従って、この回転数 $N_{E N G}$ が N_2 以上で目標空気充填量 $C E_D$ が最大となる領域では、吸気バルブ 2 1 の閉タイミング I V C を回転数 $N_{E N G}$ の上昇に伴い遅角側に制御して空気充填量 $C E$ を最大値に維持することで、最大量の燃料の燃焼を可能とし、機関出力ひいては機関運転効率を最大に維持する。

【 0 0 7 1 】

さらに、この回転数 $N_{E N G}$ が N_2 以上で目標空気充填量 $C E_D$ が最大となる領域では、回転数 $N_{E N G}$ の上昇に伴い排気バルブ 2 2 の開タイミング E V O が進角側に制御されており、回転数 $N_{E N G}$ の上昇に応じて排気抵抗をより小さく抑えることで機関運転効率をより確実に維持している。例えば、回転数 N_3 で目標空気充填量 $C E_D$ が最大の条件にて、排気バルブ 2 2 の開タイミング E V O は B B D C 3 5 A 程度にまで進角される。なお、この条件にて、排気バルブ 2 2 の閉タイミング E C V は前記排気バルブ 2 2 の開タイミング E V O に対応して A T D C 1 0 A 程度に進角され、吸気バルブ 2 1 の開タイミング I V O は前記吸気バルブ 2 1 の閉タイミング I V C に対応して B T D C 1 0 A 程度に遅角される。

20

【 0 0 7 2 】

以上のような制御により、本エンジン本体 1 では、低回転領域においてシリンダ 1 1 の空気充填量 $C E$ が十分に抑制されることで自着火がより確実に抑制されるとともに、中、高回転領域にてシリンダ 1 1 の空気充填量 $C E$ が十分に確保されることで出力が維持されることになる。

30

【 0 0 7 3 】

ここで、回転数 N_2 から N_3 の領域において、吸気バルブ 2 1 の閉タイミング I V C を空気充填量 $C E$ が最大となる時期よりも遅角側に制御してもよい。また、回転数 N_2 から N_3 の領域において吸気バルブ 2 1 の閉タイミング I V C を遅角側にする制御を行わず、全回転数に対して高回転に向かうにつれ閉タイミング I V C を進角側にする制御を行ってもよい。

【 0 0 7 4 】

また、前記低負荷領域 A においても吸気バルブ 2 1 の閉タイミング I V C を変化させるようにしてもよい。ただし、低負荷領域 A において吸気バルブ 2 1 の閉タイミング I V C を一定に保つようによれば、全体として吸気バルブ 2 1 のバルブタイミング I V C の制御幅が小さく抑えられる。そのため、このバルブタイミングの変化に伴う悪影響を抑制することができる。例えば、閉タイミング I V C の変化に伴って吸気バルブ 2 1 の開タイミング I V O が変化することで排気バルブ 2 2 とのオーバーラップ量を適切に維持できなくなるといった事態をより確実に回避できる。これは、特に、本実施形態のように吸気バルブ 2 1 の開弁期間が一定に保たれている場合に有効である。

40

【 0 0 7 5 】

また、各種アクチュエータの詳細な構造は前記に限らない。

【 0 0 7 6 】

50

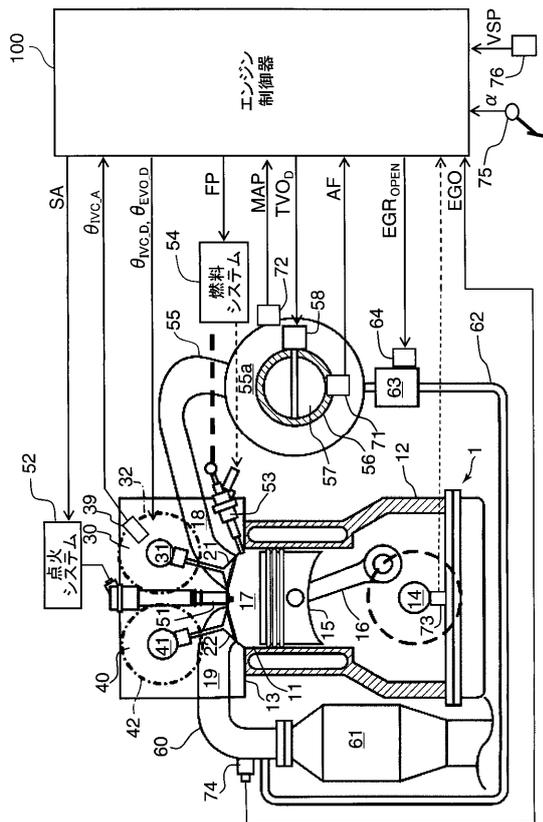
また、前記吸気バルブ 2 1 の開閉タイミング I V O、I V C、排気バルブ 2 2 の開閉タイミング E V O、E C V、前記基準充填量、回転数 N 1、N 2、N 3 等の具体的な値は前記に限らない。

【符号の説明】

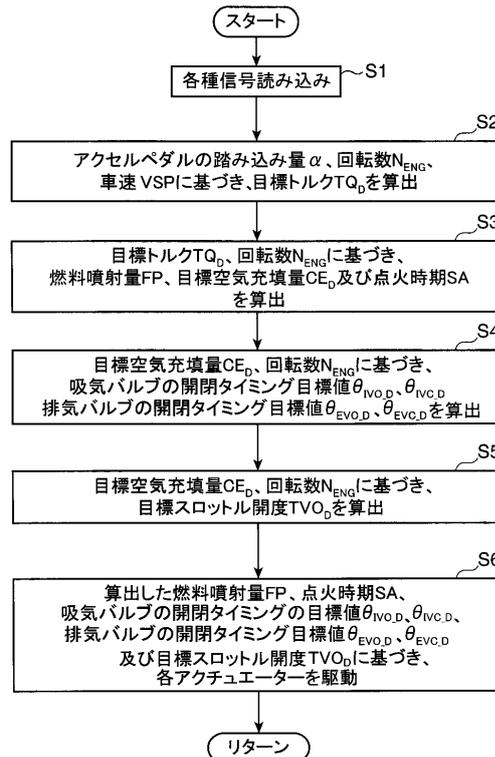
【 0 0 7 7 】

- 1 エンジン本体
- 1 1 気筒
- 1 4 クランクシャフト
- 1 7 燃焼室
- 2 1 吸気バルブ（吸気弁）
- 2 2 排気バルブ（排気弁）
- 3 0 吸気弁駆動機構（弁駆動機構）
- 3 1 吸気カムシャフト（カムシャフト）
- 4 0 排気弁駆動機構（弁駆動機構）
- 5 6 スロットルポデー（スロットル駆動機構）
- 5 7 スロットル弁（圧力制御手段）
- 1 0 0 エンジン制御器（制御手段）

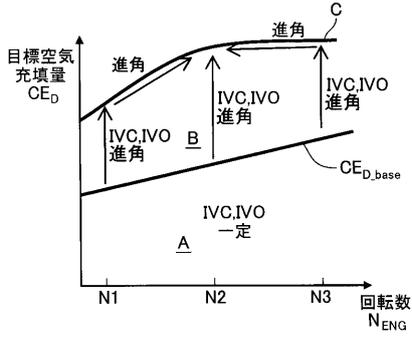
【 図 1 】



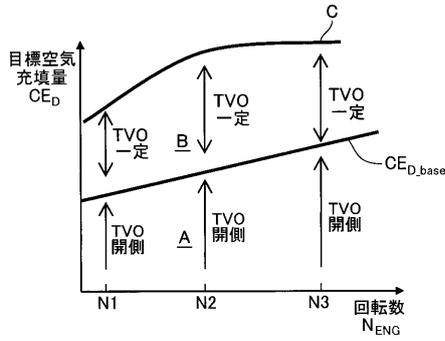
【 図 2 】



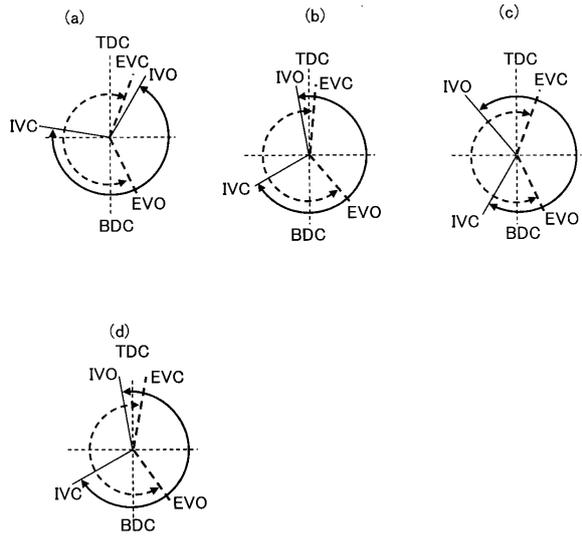
【図3】



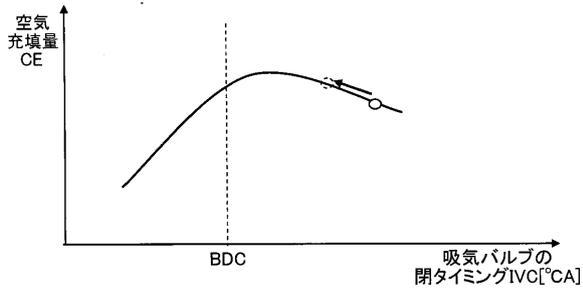
【図4】



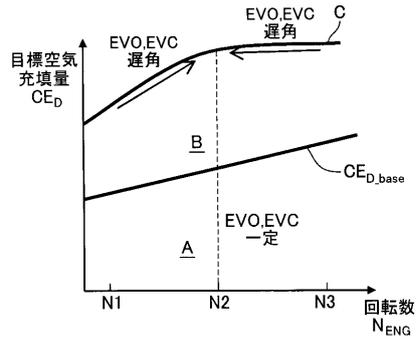
【図5】



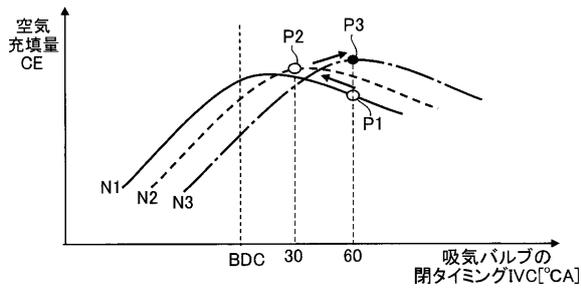
【図6】



【図8】



【図7】



フロントページの続き

- (72)発明者 松浦 弘和
広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内
- (72)発明者 養祖 隆
広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

審査官 村山 達也

- (56)参考文献 特開2002-038911(JP,A)
特開2002-242711(JP,A)
特開平03-202640(JP,A)
特開2002-322920(JP,A)
特開2004-124743(JP,A)
特開2004-011478(JP,A)
特開2007-292065(JP,A)
特開2002-089300(JP,A)
特開2002-227669(JP,A)
特開2002-242709(JP,A)
特開2002-242714(JP,A)
特開平11-093713(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02D 13/00 - 28/00
F02D 9/00 - 11/10