

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6069062号
(P6069062)

(45) 発行日 平成29年1月25日 (2017. 1. 25)

(24) 登録日 平成29年1月6日 (2017. 1. 6)

(51) Int. Cl.

F 1

F O 2 B 19/12 (2006. 01)

F O 2 M 21/02 (2006. 01)

F O 2 D 19/02 (2006. 01)

F O 2 D 41/02 (2006. 01)

F O 2 B 19/12 E

F O 2 M 21/02 3 O 1 R

F O 2 M 21/02 3 O 1 F

F O 2 D 19/02 D

F O 2 D 41/02 3 2 5 K

請求項の数 6 (全 19 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2013-60683 (P2013-60683)
 (22) 出願日 平成25年3月22日 (2013. 3. 22)
 (65) 公開番号 特開2014-185574 (P2014-185574A)
 (43) 公開日 平成26年10月2日 (2014. 10. 2)
 審査請求日 平成28年2月15日 (2016. 2. 15)

(73) 特許権者 000000974
 川崎重工業株式会社
 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号
 (74) 代理人 110000556
 特許業務法人 有古特許事務所
 (72) 発明者 宮本 世界
 兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社 明石工場内
 (72) 発明者 岩▲崎▼ 英和
 兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社 明石工場内
 (72) 発明者 西村 元彦
 兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社 明石工場内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 副室式ガスエンジンの燃料供給制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ガス燃料を副室に供給する副室燃料供給弁と、
 前記副室燃料供給弁及び前記副室の間に介装され、前記副室からの逆流を阻止する逆止弁と、

前記逆止弁の動作状態を検出する弁状態検出装置と、
 クランクシャフトの回転角度又はカムシャフトの回転角度の少なくとも一方の回転角度を検出する回転角度検出装置と、

前記副室燃料供給弁の動作指令値を決定する制御装置と、を備え、

前記制御装置は、前記弁状態検出装置及び前記回転角度検出装置からの信号に基づいて前記回転角度と対応付けた前記逆止弁の実動作状態を計測し、当該実動作状態を目標動作状態に近付けるように前記副室燃料供給弁の動作指令値を補正する、副室式ガスエンジンの燃料供給制御装置。

10

【請求項 2】

ガスエンジンの運転状態を検出する運転状態検出装置を備え、
 前記制御装置は、前記運転状態検出装置からの信号に応じて前記目標動作状態を設定する、請求項 1 に記載の副室式ガスエンジンの燃料供給制御装置。

【請求項 3】

前記逆止弁の動作状態には、前記逆止弁の開弁時期が含まれ、
 前記制御装置は、前記弁状態検出装置及び前記回転角度検出装置からの信号に基づいて

20

前記回転角度と対応付けた前記逆止弁の実開弁時期を計測し、当該実開弁時期を目標開弁時期に近付けるように前記副室燃料供給弁の動作指令値を補正する、請求項 1 又は 2 に記載の副室式ガスエンジンの燃料供給制御装置。

【請求項 4】

前記実開弁時期が許容進角量を超えて前記目標開弁時期よりも進角している場合に、前記制御装置は前記副室燃料供給弁の開弁時期を遅角補正し、

前記実開弁時期が許容遅角量を超えて前記目標開弁時期よりも遅角している場合に、前記制御装置は前記副室燃料供給弁の開弁時期を進角補正する、請求項 3 に記載の副室式ガスエンジンの燃料供給制御装置。

【請求項 5】

前記逆止弁の動作状態には、前記逆止弁の開弁時期が含まれ、

前記制御装置は、前記弁状態検出装置及び前記回転角度検出装置からの信号に基づいて前記回転角度と対応付けた前記逆止弁の実開弁時期を計測し、当該実開弁時期を目標開弁時期に近付けるように前記副室燃料供給弁の動作指令値を補正する、請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の副室式ガスエンジンの燃料供給制御装置。

【請求項 6】

前記逆止弁は、前記副室に開口する燃料口を閉鎖する閉鎖位置と前記閉鎖位置から離れた全開位置との間で移動する弁体を有し、前記弁体が前記閉鎖位置から前記全開位置に向けて移動することで前記燃料口が開放されて前記逆止弁が開弁し、

前記弁状態検出装置は、前記弁体の移動量を検出可能であり、

前記制御装置は、前記弁状態検出装置及び前記回転角度検出装置からの信号に基づいて、前記回転角度と対応付けた前記弁体の移動量に関する移動量推移の実積分値を計測し、当該実積分値と前記移動量推移の目標積分値との比較結果に基づいて前記逆止弁が正常であるか否かを判断する、請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の副室式ガスエンジンの燃料供給制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、主燃焼室及び副室を備えた副室式ガスエンジンに適用される燃料供給制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

副室式ガスエンジンでは、主燃焼室の燃焼効率を高めて省エネルギー化を実現し、排ガス中の未燃炭化水素成分を含む不完全燃焼成分を抑制してクリーン化を実現するために、副室の燃焼状態を正常に保つことが肝要である。副室の燃焼状態を正常に保つには、適量のガス燃料を適時に副室に供給することが有効である。そこで、従来の副室式ガスエンジンでは、ガス燃料を副室に供給する副室燃料供給弁を電磁式とし、エンジン回転数等のエンジン運転状態に応じて副室燃料供給弁の開閉を制御している。例えば、副室燃料供給弁の開弁時期又は閉弁時期が、副室への燃料供給開始又は供給終了それぞれに適した時期に設定されたりしている。

【0003】

副室式ガスエンジンでは、逆止弁が副室燃料供給弁と副室との間に介装される。逆止弁は、副室燃料供給弁から副室への流れを許容する一方で副室からの逆流を阻止し、それにより副室内で発生した火災や燃焼ガスから副室燃料供給弁を保護しつつも副室への燃料供給を許容する。従来、副室式ガスエンジン用の逆止弁については、例えばバネ式、磁石式及びカム駆動式といった様々な動弁形式が提案されている。

【0004】

特許文献 1 はバネ式の逆止弁を開示している。当該逆止弁は、バネの弾発力で弁体を付勢することで常閉とされる。電磁弁（副室燃料供給弁）が開弁すると、電磁弁を通過したガス燃料の圧力により弁体が弾発力に抗して移動して逆止弁が開弁する。すると、ガス燃

10

20

30

40

50

料が逆止弁を通過して副室内へと供給されることとなる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2011-149308号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

逆止弁（特にバネ式や磁石式）は、経年劣化や異物噛込みにより、副室燃料供給弁の動作に対する応答性が変わることがある。しかし従来、例えば副室燃料供給弁が開弁すれば逆止弁は即座に開弁するといったような想定の下で、副室燃料供給弁を制御しているのが現状である。このような想定の下で制御を継続しても、副室への実際の燃料供給開始時期、燃料供給終了時期及び燃料供給期間が逆止弁の応答性の変化に伴って当初想定からズレ、ガス燃料を副室に適時に供給するという制御目的を達成できなくなるおそれがある。ひいては、副室の燃焼状態を正常に保ち、主燃焼室の燃焼効率を高め、排ガス中成分を改善することも難しくなる。

10

【0007】

そこで本発明は、ガス燃料をより適時に副室に供給可能な副室式ガスエンジンの燃料供給制御装置を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

20

【0008】

本発明に係る副室式ガスエンジンの燃料供給制御装置は、ガス燃料を副室に供給する副室燃料供給弁と、前記副室燃料供給弁及び前記副室の間に介装され、前記副室からの逆流を阻止する逆止弁と、前記逆止弁の動作状態を検出する弁状態検出装置と、クランクシャフトの回転角度又はカムシャフトの回転角度の少なくとも一方の回転角度を検出する回転角度検出装置と、前記副室燃料供給弁の動作指令値を決定する制御装置と、を備え、前記制御装置は、前記弁状態検出装置及び前記回転角度検出装置からの信号に基づいて前記回転角度と対応付けた前記逆止弁の実動作状態を計測し、当該実動作状態を目標動作状態に近付けるように前記副室燃料供給弁の動作指令値を補正する。

【0009】

30

前記構成によれば、弁状態検出装置及び回転角度検出装置からの信号を用いて、どのようなタイミングで逆止弁が開弁しているのか、どれくらいの期間に渡り逆止弁は開弁しているのか又はどのようなタイミングで逆止弁が閉弁しているのか等、逆止弁の動作状態を制御装置が把握する。制御装置は、この逆止弁の実動作状態を目標動作状態に近付けるように副室燃料供給弁の動作指令値を補正する。言い換えれば、制御装置は、逆止弁の動作状態が目標とされるものとなるようにフィードバック制御を実行し、そのフィードバック制御において副室燃料供給弁を操作する。

【0010】

このような制御を実行することで、逆止弁の応答性の変化があっても、これに対応して逆止弁を当初の想定どおりに動作させることができ、逆止弁を適時に開弁させる状況を担保することができる。よって、副室への実際の燃料供給開始時期、燃料供給終了時期及び燃料供給期間を適切に制御できるため、副室の燃焼状態を正常に維持し、ひいては主燃焼室の燃焼効率や排ガス成分を改善することができる。また、制御装置は逆止弁そのものを操作するわけではないので、複雑な動弁方式を逆止弁に採用する必要がない。また、現在稼働中の副室式ガスエンジンに関しても、エンジン本体（例えばシリンダヘッド周り）の大幅な形状変更を伴わずに、前述した作用をもたらし燃料供給制御装置を製作することができる。このように、容易にレトロフィット可能である点に照らしても有益である。

40

【0011】

ガスエンジンの運転状態を検出する運転状態検出装置を備え、前記制御装置は、前記運転状態検出装置からの信号に応じて前記目標動作状態を設定してもよい。

50

【 0 0 1 2 】

前記構成によれば、実動作状態がガスエンジンの運転状態に応じて設定された目標動作状態に近付くようにして、制御装置がフィードバック制御を実行するので、ガスエンジンの運転状態が変化しても、これに追従して逆止弁を当初の想定どおりに動作させ続けることができる。

【 0 0 1 3 】

前記逆止弁の動作状態には、前記逆止弁の開弁時期が含まれ、前記制御装置は、前記弁状態検出装置及び前記回転角度検出装置からの信号に基づいて前記回転角度と対応付けた前記逆止弁の実開弁時期を計測し、当該実開弁時期を目標開弁時期に近付けるように前記副室燃料供給弁の動作指令値を補正してもよい。

10

【 0 0 1 4 】

前記構成によれば、制御装置が、逆止弁の開弁時期をフィードバック制御するので、逆止弁を適時に開弁させることができ、それにより副室への燃料供給開始時期を適時に保つことができる。また、制御装置は、逆止弁の開弁時期のフィードバック制御の実行に際して副室燃料供給弁の動作指令値を補正するところ、この動作指令値は燃料供給制御において従前利用されているものであるので、前述の作用をもたらす制御を容易に実現できる。

【 0 0 1 5 】

前記実開弁時期が許容進角量を超えて前記目標開弁時期よりも進角している場合に、前記制御装置は前記副室燃料供給弁の開弁時期を遅角補正し、前記実開弁時期が許容遅角量を超えて前記目標開弁時期よりも遅角している場合に、前記制御装置は前記副室燃料供給弁の開弁時期を進角補正してもよい。

20

【 0 0 1 6 】

前記構成によれば、実開弁時期が目標開弁時期よりも進角していれば副室燃料供給弁の開弁時期が遅角補正されるので、実開弁時期をこれに応じて遅角することができ、目標開弁時期に近付けることができる。実開弁時期が目標開弁時期よりも進角しているときもこれと同様である。

【 0 0 1 7 】

前記逆止弁の動作状態には、前記逆止弁の開弁時期が含まれ、前記制御装置は、前記弁状態検出装置及び前記回転角度検出装置からの信号に基づいて前記回転角度と対応付けた前記逆止弁の実開弁時期を計測し、当該実開弁時期を目標開弁時期に近付けるように前記副室燃料供給弁の動作指令値を補正してもよい。

30

【 0 0 1 8 】

前記構成によれば、制御装置が、逆止弁の開弁時期をフィードバック制御するので、逆止弁の開弁期間を適当な期間に保ち、逆止弁を適時に閉弁させることができ、副室への燃料供給終了時期を適時に保つことができる。制御装置は、逆止弁の開弁時期のフィードバック制御の実行に際して副室燃料供給弁の動作指令値を補正するところ、この動作指令値は燃料供給制御において従前利用されているものであるので、前述の作用をもたらす制御を容易に実現できる。なお、閉弁期間を開弁時期と共にフィードバック制御した場合、開弁期間も当初の想定どおりに維持することができる。それにより副室への燃料供給量及び燃料供給期間を適切に保つことができる。

40

【 0 0 1 9 】

前記逆止弁は、前記副室に開口する燃料口を閉鎖する閉鎖位置と前記閉鎖位置から離れた全開位置との間で移動するのを許容された弁体を有し、前記弁体が前記閉鎖位置から前記全開位置に向けて移動することで前記燃料口が開放されて前記逆止弁が開弁し、前記弁状態検出装置は、前記弁体の移動量を検出可能であり、前記制御装置は、前記弁状態検出装置及び前記回転角度検出装置からの信号に基づいて、前期回転角度と対応付けた前記弁体の移動量に関する移動量推移の実積分値を計測し、当該計測された実積分値と前記移動量推移の目標積分値との比較結果に基づいて前記逆止弁が正常であるか否かを判断してもよい。

【 0 0 2 0 】

50

ここで、制御装置が逆止弁の開弁時期や閉弁時期を当初の想定から外れないようフィードバック制御を実行することに照らせば、逆止弁の移動量が行き過ぎであるか逆止弁の移動量が足りない場合に、目標積分値と実積分値との偏差が大きくなる。このように逆止弁の移動量が過大又は過小であれば、逆止弁を通過する燃料量又は燃料圧が当初の想定と比べて過大又は過小となり、副室内の燃焼状態を正常に保つことが困難となる。前記構成によれば、このような状況を把握し、逆止弁が正常であるか否かを判断することができる。

【発明の効果】

【0021】

以上の説明から明らかなように、本発明によれば、ガス燃料をより適時に副室に供給可能な副室式ガスエンジンの燃料供給制御装置を提供することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】実施形態に係るガスエンジンの全体構成を示す概念図である。

【図2】図1に示すガスエンジンに適用される燃料供給制御装置の概要構成を気筒の周辺構成と共に示した概念図である。

【図3】図2に示す逆止弁及び弁状態検出装置の構成の一例を示す概念図である。

【図4】図2に示す燃料供給制御装置の構成を示すブロック図である。

【図5】図4に示す制御装置により実行される燃料供給制御の手順を示すフローチャートである。

【図6】図3に示す逆止弁の実動作状態の一例と目標動作状態の一例とを概念的に示すグラフである。

20

【図7】図7(a)が目標動作状態の設定に用いる運転領域の一例を概念的に示すグラフ、図7(b)が目標動作状態の設定の一例を示すグラフ、図7(c)が目標動作状態の設定の他例を示すグラフである。

【図8】図8(a)は、実開弁時期が目標開弁時期に対して遅角、実閉弁時期が目標閉弁時期に対して進角している場合の一例を示すグラフ、図8(b)は、実開弁時期が目標開弁時期に対して進角、実閉弁時期が目標閉弁時期に対して遅角している場合の一例を示すグラフ、図8(c)は、実動作状態が目標動作状態に略適合する場合の一例を示すグラフである。

【図9】図3に示す逆止弁の動作量推移の実積分値の一例と目標積分値の一例とを概念的に示すグラフである。

30

【発明を実施するための形態】

【0023】

以下、実施形態について図面を参照しながら説明する。同一の又は対応する要素には全ての図を通じて同一の符号を付して重複する詳細な説明を省略する。

【0024】

〔ガスエンジンの全体構成〕

図1は、実施形態に係るガスエンジン1の全体構成を示す概念図である。図1に示すガスエンジン1は、ガス燃料及び給気の混合気を燃焼して出力軸2で回転出力を発生する。出力軸2は、交流発電機及び船用推進器等の負荷3に接続され、本実施形態に係るガスエンジン1は、発電機の駆動源及び船用主機等として好適に利用される。

40

【0025】

ガスエンジン1は、副室式、レシプロ式、4ストローク式のエンジンであり、エンジン本体内に複数の気筒4を有している。気筒4の配列方式は、図示の便宜のため例示した並列型に限らず、V型でもよい。ガスエンジン1には、給気通路5及び排気通路6が設けられている。給気通路5は、過給機からの給気を各気筒4に供給するための通路であり、気筒4に個別対応する複数の給気ポート7を含む。排気通路6は、各気筒4からの排気を過給機に供給し且つ/又は外気に排出するための通路であり、気筒4に個別対応する複数の排気ポート9を含む。

【0026】

50

ガスエンジン 1 には、燃料供給源からのガス燃料を各気筒 4 に供給するため燃料ライン 1 1 が設けられている。燃料ライン 1 1 は、燃料供給源から延びる共通ライン 1 2 と、気筒 4 に個別対応する複数の分岐ライン 1 3 とを含み、各分岐ライン 1 3 は、主燃料ライン 1 3 a と副室燃料ライン 1 3 b とを含む。主燃料ライン 1 3 a は、燃料供給源からのガス燃料に対応する気筒 4 の給気ポート 7 へと導く系統であり、例えば共通ライン 1 2 を当該給気ポート 7 に接続している。副室燃料ライン 1 3 b は、燃料供給源からのガス燃料に対応する気筒 4 の副室 2 4 (図 2 参照) へと導く系統であり、例えば共通ライン 1 2 を当該副室 2 4 に接続している。

【0027】

気筒 4 に個別対応して、主燃料供給弁 1 6、副室燃料供給弁 1 8、逆止弁 1 9 及び点火器 2 0 が設けられている。主燃料供給弁 1 6 は、対応する主燃料ライン 1 3 a 上に配置される。副室燃料供給弁 1 8 及び逆止弁 1 9 は、対応する副室燃料ライン 1 3 b 上に配置される。点火器 2 0 は、対応する副室 2 4 (図 2 参照) 内の混合気を点火する。

【0028】

図 2 は、図 1 に示すガスエンジン 1 に適用される燃料供給制御装置 1 0 0 の概要構成を気筒 4 の周辺構成と共に示した概念図である。先ず、図 2 を参照して気筒 4 の周辺構成について説明する。図 2 は 1 つの気筒 4 のみ図示しているが、他の気筒も同様である。図 2 に示すように、気筒 4 内にはピストン 2 1 が往復動可能に挿入される。ピストン 2 1 はコネクティングロッド 2 2 を介して出力軸 2 に連結される。気筒 4 のうちピストン 2 1 の上面側の空間は主燃焼室 2 3 を成す。主燃焼室 2 3 は、隔壁 2 5 を介して副室 2 4 と区画される一方、隔壁 2 5 に形成された連通孔 2 6 を介して副室 2 4 と連通する。給気ポート 7 及び排気ポート 9 は主燃焼室 2 3 の天井部位に開口している。給気弁 2 7 は給気ポート 7 を開閉し、排気弁 2 8 は排気ポート 9 を開閉する。

【0029】

隔壁 2 5 は、その上部で開放された椀状に形成され、副室 2 4 はその内側に形成される。隔壁 2 5 は、その下部で主燃焼室 2 3 の天井部位を部分的に構成し、連通孔 2 6 は当該下部を貫通している。隔壁 2 5 は取付具 2 9 で上から覆われ、取付具 2 9 は、その下部で副室 2 4 の天井部位を部分的に構成する。取付具 2 9 は、点火器 2 0 を収納する点火器孔 3 0 と、副室燃料ライン 1 3 b の下流端部を構成する燃料通路 3 1 とを有する。点火器孔 3 0 は取付具 2 9 の下部で開口している。図 2 では、点火器 2 0 として、火花を発生する電極が点火器孔 3 0 の開口より副室 2 4 内へと突出するよう点火器孔 3 0 内で位置決めされた点火プラグを例示しているが、点火器 2 0 はパイロット燃料噴射弁でもよい。

【0030】

給気行程では、給気弁 2 7 及び主燃料供給弁 1 6 が開弁する。燃料供給源からのガス燃料は、主燃料供給弁 1 6 を通過し、主燃料ライン 1 3 a の下流端に配置された燃料ノズル 1 7 より給気ポート 7 内に噴射され、給気と共に主燃焼室 2 3 内へと供給される。圧縮行程では、混合気が主燃焼室 2 3 内で圧縮され、圧縮された混合気が連通孔 2 6 を介して副室 2 4 内にも供給される。点火器 2 0 は圧縮行程が終了する時期近傍で作動し、副室 2 4 内の混合気を燃焼させる。副室 2 4 内で生じた火炎は連通孔 2 6 を介して主燃焼室 2 3 内へと伝播し、それにより主燃焼室 2 3 内の混合気も燃焼する。膨張行程後の排気行程では、排気弁 2 8 が排気ポート 9 を開き、主燃焼室 2 3 内及び副室 2 4 内の燃焼ガスが排気通路 6 へと排出される。

【0031】

燃料通路 3 1 は、取付具 2 9 の下部に形成されて副室 2 4 の天井部位に開口する燃料口 3 2 を有し、副室燃料ライン 1 3 b は、当該燃料口 3 2 を介して副室 2 4 と連通する。逆止弁 1 9 は、副室燃料ライン 1 3 b 上であって副室燃料供給弁 1 8 と副室 2 4 との間に介装される。逆止弁 1 9 は、副室燃料供給弁 1 8 (ひいては燃料供給源) から副室 2 4 内へと向かうガス燃料の流れを許容する一方、副室 2 4 から副室燃料供給弁 1 8 に向かう逆流を阻止する。本実施形態では、逆止弁 1 9 は、取付具 2 9 に装着されて燃料通路 3 1 内に収容され、燃料通路 3 1 又は燃料口 3 2 を開閉する。逆止弁 1 9 は、通常は燃料口 3 2 を

10

20

30

40

50

閉鎖した閉弁状態で前記逆流を阻止し、燃料口 3 2 を開放した開弁状態で前記流れを許容する。

【 0 0 3 2 】

副室燃料供給弁 1 8 は、給気行程中の適時に開弁して圧縮行程中又は排気行程中の適時に閉弁する。副室燃料供給弁 1 8 は、電磁弁であり、詳細には、常閉弁であり、また、開閉弁である。なお、図 2 では、副室燃料供給弁 1 8 を取付具 2 9 の外に配置した場合を例示しているが、副室燃料供給弁 1 8 は取付具 2 9 上又はその内に配置されてもよい。ガスエンジン 1 には、電磁式の副室燃料供給弁 1 8 を制御する制御装置 6 0 が設けられる。制御装置 6 0 は、副室燃料供給弁 1 8 の動作指令値（開弁時期、閉弁時期及び開弁期間）を決め、その動作指令値に従って副室燃料供給弁 1 8 を駆動する。

10

【 0 0 3 3 】

副室燃料供給弁 1 8 の開弁期間中、燃料供給源からのガス燃料は、副室燃料供給弁 1 8 を通過し、燃料通路 3 1 内へと供給される。逆止弁 1 9 は副室燃料供給弁 1 8 の開弁にตอบสนองするように開弁し、それによりガス燃料が逆止弁 1 9 を通過し、燃料口 3 2 を介して副室 2 4 内へと供給される。副室燃料供給弁 1 8 が閉弁すると、逆止弁 1 9 もこれにตอบสนองするように閉弁し、ガス燃料の副室 2 4 への供給が止まる。逆止弁 1 9 は、副室燃料供給弁 1 8 の閉弁期間中である膨張行程及び排気行程で、燃焼ガスが副室 2 4 から副室燃料ライン 1 3 b に沿って逆流するのを阻止し、それにより電磁式である副室燃料供給弁 1 8 を燃焼ガスから保護する。

【 0 0 3 4 】

20

副室 2 4 内の混合気は、主燃焼室 2 3 から供給された混合気に副室燃料ライン 1 3 b に導かれたガス燃料を混合したものとなり、主燃焼室 2 3 内の混合気よりもリッチに調製される。副室燃料供給弁 1 8 の開弁期間は、副室 2 4 内で生成される混合気の空気過剰率が所要値となるために必要な燃料量を燃料口 3 2 から副室 2 4 内へと供給できるように、エンジン運転状態に応じて決められる。燃料圧は共通ライン 1 2 上で概して一定に調整されているため、開弁期間の調整を通じて副室燃料供給弁 1 8 を通過する燃料量を調整可能である。副室燃料供給弁 1 8 の開弁時期及び閉弁時期は、副室 2 4 の内圧が圧縮行程の進行のため上昇途上にあっても当該内圧に対抗して上記必要な燃料量を燃料口 3 2 から副室 2 4 内へと適切に供給できるように、また、燃料口 3 2 から供給されたガス燃料を点火時期までに副室 2 4 内に満遍無く行き渡らせて燃料濃度分布を副室 2 4 内で均一化できるように、エンジン運転状態に応じて決められる。

30

【 0 0 3 5 】

このように決められた動作指令値（開弁時期、閉弁時期及び開弁期間）に従って副室燃料供給弁 1 8 が動作することで、エンジン運転状態に応じてガス燃料を副室 2 4 内に適時適量供給し、副室 2 4 内の混合気の空気過剰率及び燃料濃度分布を目標どおりに制御することが図られる。これにより、副室 2 4 内の燃焼状態を正常に保ち、ひいては主燃焼室 2 3 に火炎を適切に伝播させて主燃焼室 2 3 内の燃焼状態を正常に保ち、気筒 4 内の燃焼効率を高め、排ガス中成分を改善することが図られる。

【 0 0 3 6 】

副室燃料供給弁 1 8 を通過したガス燃料は、逆止弁 1 9 を通過しなければ副室 2 4 内に到達し得ないので、上記制御目的の達成には、副室燃料供給弁 1 8 の開閉に対する逆止弁 1 9 の応答性が想定どおりであることを要求される。そこでこのガスエンジン 1 には、逆止弁 1 9 の動作を当初の想定どおりに維持するための制御を実行する燃料供給制御装置 1 0 0 が適用されている。この燃料供給制御装置 1 0 0 によれば、逆止弁 1 9 に劣化や噛込みや個体差が生じて、また、逆止弁 1 9 がアクティブに開閉制御できない動弁方式（例えば、パネ式及び磁石式）を採用していても、逆止弁 1 9 の動作を安定化させ続けることができる。

40

【 0 0 3 7 】

[燃料供給制御装置]

燃料供給制御装置 1 0 0 は、前述の副室燃料供給弁 1 8 、逆止弁 1 9 及び制御装置 6 0

50

の他、弁状態検出装置 5 1 及び回転角度検出装置 5 6 を備える。副室燃料供給弁 1 8、逆止弁 1 9 及び弁状態検出装置 5 1 は気筒 4 毎に設けられる（図 1 参照）。回転角度検出装置 5 6 及び制御装置 6 0 は単一であり複数の気筒 4 に共通している。回転角度検出装置 5 6 は、出力軸（クランクシャフト）2 の回転角度又は図示しないカムシャフトの回転角度の少なくとも一方の回転角度を検出する。制御装置 6 0 は、例えば CPU、ROM、RAM 及び入出力インターフェイスを主体に構成される。制御装置 6 0 の出力側は、複数の気筒 4 それぞれに設けられた複数の副室燃料供給弁 1 8 に接続されている。制御装置 6 0 は、副室燃料供給弁 1 8 毎にその動作指令値を決める。制御装置 6 0 の出力側は、主燃料供給弁 1 6 及び点火器 2 0 に接続されていてもよい。

【0038】

制御装置 6 0 の入力側は、複数の弁状態検出装置 5 1 及び単一の回転角度検出装置 5 6 に接続されている。各弁状態検出装置 5 1 は、対応する逆止弁 1 9 の動作状態を検出する。動作状態には、逆止弁 1 9 が開弁状態であるか否かが含まれる。また、後述のように逆止弁 1 9 がリフト逆止弁であれば、動作状態には逆止弁 1 9 のリフト量が含まれてもよい。そして制御装置 6 0 が、リフト量を参照して開弁状態であるか否かを計測してもよい。

【0039】

図 3 は、図 2 に示す逆止弁 1 9 及び弁状態検出装置 5 1 の構成の一例を示す概念図である。図 3 に示すように、逆止弁 1 9 は、副室 2 4 に開口する燃料口 3 2 を閉鎖する閉鎖位置と当該閉鎖位置から離れた全開位置との間で移動するのを許容された弁体 4 1 を有する。弁体 4 1 が閉鎖位置から全開位置に向けて移動することで燃料口 3 2 が開放される。

【0040】

本実施形態では、逆止弁 1 9 が、燃料圧の作用で弁体 4 1 を移動させるという動弁方式を採用したリフト逆止弁で構成され、ポペット式である。具体的には、弁棒 4 2 が、燃料口 3 2 内に移動可能に燃料通路 3 1 内に収容され、その移動方向開き側（図 4 紙面の下側）の端部 4 2 a で、低背円錐形状又は茸状の弁体 4 1 の頂部 4 1 a に連結される。副室燃料供給弁 1 8 が閉弁すると、燃料通路 3 1 への燃料供給が止まり、弁体 4 1 及び弁棒 4 2 が付勢部材 4 3 の付勢力で移動方向閉じ側（図 4 紙面の上側）に付勢され、弁体 4 1 のフェース部 4 1 b が燃料口 3 2 周囲の弁座 3 2 a に副室 2 4 内から着座し、弁体 4 1 及び弁棒 4 2 が閉鎖位置で停止し、燃料口 3 2 が閉鎖され、逆止弁 1 9 が閉弁状態になる。副室燃料供給弁 1 8 が開弁すると、弁体 4 1 のフェース部 4 1 b のうち燃料通路 3 1 内に臨んだ面が燃料圧を受圧し、弁体 4 1 及び弁棒 4 2 が付勢力に抗して閉鎖位置から移動方向開き側に移動することができる。これにより弁体 4 1 が弁座 3 2 a から離間し、燃料口 3 2 が開放され、逆止弁 1 9 が開弁状態になる。全開位置は、閉鎖位置から移動方向開き側に最大リフト量 LM だけ離れている。弁体 4 1 及び弁棒 4 2 は、その移動方向（すなわち、弁棒 4 2 の軸線方向、燃料口 3 2 の法線方向且つ弁座 3 2 a から直角方向）開き側に、閉鎖位置から全開位置まで移動するのを許容される。

【0041】

図 3 では、付勢部材 4 3 として、弾発力を前述の付勢力として発揮するバネを例示しているが、付勢部材 4 3 は、磁着力を前述の付勢力として発揮する磁石でもよい（すなわち、動弁方式はバネ式に限られず磁石式でもよい）。図 3 では、バネとして、弁棒 4 2 の外周側に配置されて燃料通路 3 1 内で弁棒 4 2 の移動方向に変形するコイル式を例示しているが、バネの配置及び形状は適宜変更可能である。逆止弁 4 1 はポペット式に限られず、ニードル式やボール式など、他形式に適宜変更可能である。

【0042】

本実施形態では、弁状態検出装置 5 1 がギャップセンサで構成される。ギャップセンサは、弁棒 4 2 の移動方向閉じ側（図 4 紙面の上側）の端部 4 2 b から該閉じ側に離れて配置されるように取付具 2 9 に装着され、自身と弁棒 4 2（特に、弁棒 4 2 の閉じ側端部 4 2 b）との間のギャップ G を検出する。ギャップセンサの検出方式は特に限定されず、例えば渦電流式や静電容量式や超音波式等を採用可能である。ギャップ G は弁体 4 1 及び弁棒 4 2 のリフト量 L に応じて変わる。ギャップセンサが本構成において検出可能なギャッ

10

20

30

40

50

プ範囲のうち最小値 G_m を検出するとき、弁体 4 1 及び弁棒 4 2 のリフト量 L はゼロであり、弁体 4 1 及び弁棒 4 2 は閉鎖位置にある。ギャップセンサが前記ギャップ範囲のうち最大値 G_M を検出するとき、弁体 4 1 及び弁棒 4 2 のリフト量 L は前述の最大リフト量 L_M であり、弁体 4 1 及び弁棒 4 2 は全開位置にある。このようにギャップセンサは、実質的にリフト量 L を検出するリフト量センサとして機能する。

【 0 0 4 3 】

図 4 は、図 2 に示す燃料供給制御装置 1 0 0 の構成を示すブロック図である。回転角度検出装置 5 6 は、給気、圧縮、膨張及び排気の 4 行程で構成される 1 エンジンサイクル内での回転角度を検出する。「回転角度」は、1 エンジンサイクル（すなわち、ピストン 2 1 が 2 往復して出力軸 2 が 2 回転する期間）内でのピストン 2 1 の位置及びクランク角（出力軸 2 の回転角）に相当する。なお、図 2 では、回転角度検出装置 5 6 として、出力軸 2 付近に配置されてクランク角を検出するクランク角センサを例示しているが、給排気弁 2 7, 2 8 の駆動用カムシャフトのように出力軸 2 と連動する回転部材の回転角を検出してもよい。

10

【 0 0 4 4 】

制御装置 6 0 は、回転角度検出装置 5 6 からの信号に基づいてエンジン回転数（出力軸 2 の角速度）を計測することができる。よって、回転角度検出装置 5 6 は、エンジン運転状態の一例としてのエンジン回転数を検出する回転数検出装置としての機能を有し、エンジン運転状態を検出する運転状態検出装置 5 5 の一例でもある。

【 0 0 4 5 】

20

制御装置 6 0 の入力側は、エンジン運転状態を検出する運転状態検出装置 5 5 とも接続されている。運転状態検出装置 5 5 には、ガスエンジン 1 の負荷又は制御装置 6 0 が負荷の推定演算を実行するために必要なパラメータを検出する負荷検出装置や、冷却水温を検出する水温検出装置や、排気温を検出する排気温検出装置や、過給圧を検出する過給圧検出装置や、ガス燃料の性状（例えば、元圧又はメタン価）又は制御装置 6 0 が燃料性状の推定演算を実行するために必要なパラメータを検出する燃料性状検出装置が含まれてもよい。すなわち、エンジン運転状態に、エンジン回転数、負荷、冷却水温、排気温、過給圧及び燃料性状が含まれてもよい。

【 0 0 4 6 】

制御装置 6 0 は、弁状態検出装置 5 1、回転角度検出装置 5 6 及び運転状態検出装置 5 5 による検出値を微小な所定制御周期（例えば、5 msec）おきに逐次入力する。制御装置 6 0 は、弁状態検出装置 5 1 及び回転角度検出装置 5 6 からの信号に基づいて逆止弁 1 9 の動作状態を回転角度と対応付けて実動作状態を計測し、当該計測された実動作状態を目標動作状態に近付けるように副室燃料供給弁 1 8 の動作指令値を補正し、当該動作指令値に従って副室燃料供給弁 1 8 を駆動する。言い換えれば、制御装置 6 0 は、逆止弁 1 9 の動作状態について回転角度と関連付けしてフィードバック制御を実行するにあたり、副室燃料供給弁 1 8 を操作する。また、制御装置 6 0 は、運転状態検出装置 5 5 からの信号に基づいて、副室燃料供給弁 1 8 の補正前の動作指令値と、逆止弁 1 9 の目標動作状態とを設定する。

30

【 0 0 4 7 】

40

制御装置 6 0 は、かかる制御を実行するための機能ブロックとして、指令値設定部 6 1、計測部 6 2、目標状態設定部 6 3、目標状態記憶部 6 4、比較部 6 5、指令値決定部 6 6 及び駆動部 6 7 を有する。指令値設定部 6 1、計測部 6 2、目標状態設定部 6 3、比較部 6 5 及び指令値決定部 6 6 は、制御装置 6 0 のソフトウェア要素（例えば、ROM に予め記憶されたプログラム）で実現される。目標状態記憶部 6 4 は、制御装置 6 0 のハードウェア要素（例えば、ROM）で実現され、駆動部 6 7 は、制御装置 6 0 の又はその出力側に接続されるハードウェア要素（例えば、副室燃料供給弁 1 8 のためのドライバ）で実現される。

【 0 0 4 8 】

図 5 は、図 4 に示す制御装置 6 0 により実行される燃料供給制御の手順を示すフローチ

50

ャートである。以下、図 5 に示す手順に沿って図 4 に示すブロック 6 1 ~ 6 7 の動作又は作用について説明し、ガスエンジン 1 及び燃料供給制御装置 1 0 0 の構成要素には図 1 ~ 図 4 に付された参照符号を適宜付す。図 5 に示す一連の処理は、1 エンジンサイクル毎に実行される。所定複数のエンジンサイクルが経過するたび 1 回ずつ実行されてもよいし、所定実時間が経時するたび 1 回ずつ実行されてもよい。

【 0 0 4 9 】

図 5 に示すように、まず、指令値設定部 6 1 が、運転状態検出装置 5 5 からの信号に応じて副室燃料供給弁 1 8 の動作指令値を設定する（ステップ S 1 1）。目標状態設定部 6 3 が、運転状態検出装置 5 5 からの信号に基づいて逆止弁 1 9 の目標動作状態を設定する（ステップ S 1 2）。計測部 6 2 が、弁状態検出装置 5 1 及び回転角度検出装置 5 6 からの信号に基づいて逆止弁 1 9 の動作状態を回転角度と対応付けて計測し、逆止弁 1 9 の実動作状態を得る（ステップ S 1 3）。ステップ S 1 1 ~ S 1 3 の順序は、適宜変更可能である。

【 0 0 5 0 】

（補正前動作指令値の設定）

ステップ S 1 1 において、動作指令値は、副室燃料供給弁 1 8 の開弁時期、閉弁時期及び開弁期間を含むが、これら 3 つのうち 2 つを設定すると残り 1 つが自ずと決まる。このため、指令値設定部 6 1 は、少なくとも 2 つの動作指令値を設定すればよい。ここでは説明の便宜上、動作指令値として開弁時期及び閉弁時期を設定するものとする。

【 0 0 5 1 】

動作指令値は、前述のとおりガス燃料を副室 2 4 に適時適量供給し、副室 2 4 内で生成される混合気の空気過剰率を目標値とし且つ燃料濃度分布を副室 2 4 内で均一化すべく、エンジン運転状態に応じて決められる。図示省略するが、制御装置 6 0 はエンジン運転状態に応じた動作指令値の対応関係（例えば、マップ又は演算式）を予め記憶しており、指令値設定部 6 1 は当該対応関係に従って動作指令値を決める。

【 0 0 5 2 】

（実動作状態の計測）

図 6 は、図 3 に示す逆止弁 1 9 の実動作状態の一例と目標動作状態の一例とを概念的に示すグラフである。図 6 では、回転角度が進行していくにつれてどのようにして逆止弁 1 9 のリフト量 L が推移するのかが示す移動量推移が、横軸に回転角度をとり縦軸にリフト量 L をとった二次元直交座標系で、直線及び / 又は曲線として表されている。二点鎖線は、弁状態検出装置 5 1 の一例であるギャップセンサで検出されたリフト量を回転角度検出装置 5 6 の一例であるクランク角センサで検出されるクランク角と対応付けて計測することによって得られた実移動量推移 C_r の一例を表している。実線は、制御装置 6 0 が予め記憶し又はエンジン運転状態に応じて設定する目標移動量推移 C_i の一例を表している。以降の説明では、上記直交座標系で表される直線及び / 又は曲線を「リフトカーブ」と称する場合もある。

【 0 0 5 3 】

ステップ S 1 3 において、計測部 6 2 は、回転角度と対応付けた逆止弁 1 9 の実動作状態として、逆止弁 1 9 が閉弁状態から開弁状態に切り換わる実時期（回転角度）である実開弁時期 T_{r1} と、逆止弁 1 9 が開弁状態から閉弁状態に切り換わる実時期（回転角度）である実閉弁時期 T_{r2} とを計測する。後に詳述するが、計測部 6 2 は、実移動量推移 C_r を表す実リフトカーブの実積分値 S_r （図 9 参照）も計測する。

【 0 0 5 4 】

弁状態検出装置 5 1 がリフト量 L を検出する構成となっているので、制御装置 6 0 は、実移動量推移 C_r の実積分値 S_r を計測することができる。逆に、弁状態検出装置 5 1 は開弁状態であるか否かを直接的に検出する構成とはなっていないが、制御装置 6 0 は、回転角度と対応付けられたリフト量 L を開弁判定のための閾値 L_1 と閉弁判定のための閾値 L_2 とそれぞれ比較することで、状態切換え時期（実開弁時期 T_{r1} 及び実閉弁時期 T_{r2} ）を計測することができる。図 6 では、説明の便宜のため、2 つの閾値 L_1 , L_2 とし

て、互いに異なるゼロよりも大きい一定値を例示しているが、閾値 L_1 , L_2 は、一定値としてのゼロに設定されてもよく（図 8 参照）、互いに同じ値に設定されてもよく（図 8 参照）、エンジン運転状態に応じて可変的に設定されてもよい（図示省略）。

【 0 0 5 5 】

計測部 6 2 は、増加傾向にあるリフト量 L が開弁閾値 L_1 と等しく又はこれを上回った時期（回転角度）を実開弁時期 T_{r1} として計測する。また、計測部 6 2 は、減少傾向にあるリフト量 L が閉弁閾値 L_2 と等しく又はこれを下回った時期（回転角度）を実閉弁時期 T_{r2} として計測する。例えば開弁閾値 L_1 が一定値としてのゼロである場合（図 8 参照）、計測部 6 2 は、リフト量 L がゼロから増加に転じてゼロを上回った時期 T_{rs} （すなわち、弁体 4 1 及び弁棒 4 2 が閉鎖位置から開き側に移動開始した時期）を実開弁時期 T_{r1} として計測する。例えば閉弁閾値 L_2 が一定値としてのゼロである場合（図 8 参照）、計測部 6 2 は、リフト量 L が正からゼロに等しくなった時期 T_{re} （すなわち、閉じ側に移動している弁体 4 1 及び弁棒 4 2 が閉鎖位置で停止した時期）を実閉弁時期 T_{r2} として計測する。

【 0 0 5 6 】

（目標動作状態の設定）

ステップ S 1 2 において、目標状態設定部 6 3 は、目標動作状態を設定し、例えば目標動作状態には、目標開弁時期 T_{i1} 、目標閉弁時期 T_{i2} 及び目標積分値 S_i （図 9 参照）が含まれる。

【 0 0 5 7 】

目標開弁時期 T_{i1} は、リフト量 L が実開弁時期 T_{r1} の計測に用いる条件と同一の条件を充足すべき目標時期である。例えば開弁閾値 L_1 がゼロであれば、目標開弁時期 T_{i1} は、リフト量 L がゼロから増加に転じてゼロを上回るべき目標時期 T_{is} である（図 8 参照）。目標閉弁時期 T_{i2} は、リフト量 L が実閉弁時期 T_{r2} の計測に用いる条件と同一の条件を充足すべき目標時期である。例えば閉弁閾値 L_2 がゼロであれば、目標閉弁時期 T_{i2} は、リフト量 L が正からゼロに等しくなるべき目標時期 T_{ie} である（図 8 参照）。

【 0 0 5 8 】

図 6 に示す目標移動量推移 C_i の一例によれば、リフト量 L は、目標開弁時期 T_{i1} からの微小な期間内で開弁閾値 L_1 から最大リフト量 L_M まで増加し、或る期間最大リフト量 L_M を維持し、副室燃料供給弁 1 8 の閉弁後これにตอบสนองするようにして目標閉弁時期 T_{i2} までの微小な期間内で最大リフト量 L_M から閉弁閾値 L_2 まで減少する。図 6 では、最大リフト量 L_M への増加傾向及び最大リフト量からの減少傾向として、線形を例示しているが、これらの傾向は非線形に変更可能である。

【 0 0 5 9 】

指令値設定部 6 1 は副室燃料供給弁 1 8 の動作指令値をエンジン運転状態に応じて設定するところ、この副室燃料供給弁 1 8 の動作に逆止弁 1 9 の動作を適切にตอบสนองさせるため、目標状態設定部 6 3 は、目標開弁時期 T_{i1} 及び目標閉弁時期 T_{i2} をエンジン運転状態に応じて設定する。すなわち、目標移動量推移 C_i の始期 T_{is} 及び終期 T_{ie} が、エンジン運転状態（ひいては副室燃料供給弁 1 8 の開弁時期、閉弁時期及び開弁期間）に応じて変更される。

【 0 0 6 0 】

例えば、目標開弁時期 T_{i1} は、エンジン運転状態に応じて決まる副室燃料供給弁 1 8 の開弁時期に、必要とされる応答性を加味した時期であり、副室燃料供給弁 1 8 の開弁時期と同時又はその直後の適時となるよう、エンジン運転状態に応じて設定される。目標閉弁時期 T_{i2} も同様であり、副室燃料供給弁 1 8 の閉弁時期と同時又はその直後の適時となるよう、エンジン運転状態に応じて設定される。

【 0 0 6 1 】

図 7 (a) は、目標動作状態の設定に用いる運転領域の一例を概念的に示すグラフ、図 7 (b) は、目標動作状態の設定の一例を示すグラフ、図 7 (c) は、目標動作状態の設

10

20

30

40

50

定の他例を示すグラフである。目標状態設定部 63 は、運転状態検出装置 55 からの信号に基づいてエンジンの運転領域を特定する。図 7 (a) に例示するように、運転領域は、エンジン回転数の領域 a ~ c と負荷の領域 I ~ IV との組合せ (例えば I-a, II-b など) で構成されてもよい。他のエンジン運転状態が用いられてもよい。

【0062】

図 7 (b) に示すように、目標状態記憶部 64 は、複数の運転領域それぞれに対応した複数の目標移動量推移 C_i を予め記憶していてもよい。この場合、目標状態設定部 63 は、特定された運転領域に応じて、複数の目標移動量推移 C_i から 1 つの目標移動量推移 C_i を選択設定する。図 7 (c) に示すように、目標状態記憶部 64 は、単一の目標移動量推移 C_i を記憶していてもよい。この場合、目標状態設定部 63 は、特定された運転領域に応じて目標移動量推移 C_i を補正し、それによりエンジン運転領域に応じた目標移動量推移 C_i を設定する。例えば、運転領域が高負荷域又は高回転域であると、必要な燃料量が比較的多くなるので、目標開弁期間は比較的に長くなるように設定される。

10

【0063】

なお、目標移動量推移 C_i (目標リフトカーブ) は、説明の便宜のため図示されている。目標移動量推移 C_i が実移動量推移 C_r と直接的に比較されない限りにおいては、目標状態記憶部 64 は、目標移動量推移 C_i そのものを記憶していなくてもよい。本実施形態のように目標移動量推移 C_i を表す目標リフトカーブの目標積分値 C_i が実測値と比較対象となる場合であっても、目標積分値 C_i は目標リフトカーブが定めれば事前に取得可能な値であるので、その目標積分値 C_i を記憶しておけばよい。

20

【0064】

(動作指令値の補正)

図 5 に戻り、ステップ S11 ~ S13 の後、比較部 65 は、計測部 62 で計測された実動作状態を目標状態設定部 63 で設定された目標動作状態と比較し、比較結果に基づいて副燃料噴射弁 18 の開弁時期及び閉弁時期を補正する。

【0065】

比較部 65 は、実開弁時期 T_{r1} の目標開弁時期 T_{i1} に対する偏差が許容範囲 ΔT_{p1} (図 8 参照) 内にあるか否かを判定し (ステップ S21)、偏差が許容範囲 ΔT_{p1} 内になれば (S21: YES)、実開弁時期 T_{r1} が目標開弁時期 T_{i1} に対して進角しているのか否かを判定する (ステップ S22)。この許容範囲 ΔT_{p1} はゼロを含む概念であり、ステップ S21 において、実開弁時期 T_{r1} が目標開弁時期 T_{i1} と一致しているか否かを判定してもよい。後述のステップ S31 でも同様である。

30

【0066】

実開弁時期 T_{r1} が目標開弁時期 T_{i1} に対して許容範囲 ΔT_{p1} を超えて進角している場合 (S22: YES)、指令値決定部 66 が、指令値設定部 61 で設定された副室燃料供給弁 18 の開弁時期を遅角補正する (ステップ S23)。実開弁時期 T_{r1} が目標開弁時期 T_{i1} に対して許容範囲 ΔT_{p1} を超えて遅角している場合 (S22: NO)、指令値決定部 66 が、指令値設定部 61 で設定された副室燃料供給弁 18 の開弁時期を進角補正する (ステップ S24)。進角及び遅角補正量は、偏差に関わらず予め定められた一定値であってもよく、偏差に応じて比例的に設定されてもよく、比例的に設定する場合には補正量上限を定めてもよい。後述のステップ S33, S34 でも同様である。

40

【0067】

開弁時期の補正後はステップ S31 に進む。また、実開弁時期 T_{r1} が目標開弁時期 T_{i1} に対して許容範囲 ΔT_{p1} 内になれば (S21: YES)、指令値決定部 66 は、指令値設定部 61 で設定された開弁時期を補正せず、ステップ S31 に進む。

【0068】

比較部 65 は、実閉弁時期 T_{r2} の目標閉弁時期 T_{i2} に対する偏差が許容範囲 ΔT_{p2} (図 8 参照) 内にあるか否かを判定し (ステップ S31)、偏差が許容範囲内になれば (S31: YES)、実閉弁時期 T_{r2} が目標閉弁時期 T_{i2} に対して進角しているのか否かを判定する (ステップ S32)。

50

【 0 0 6 9 】

実閉弁時期 T_{r2} が目標閉弁時期 T_{i2} に対して許容範囲 ΔT_{p2} を超えて進角している場合 (S 3 2 : Y E S)、指令値決定部 6 6 が、指令値設定部 6 1 で設定された副室燃料供給弁 1 8 の閉弁時期を遅角補正する (ステップ S 3 3)。実閉弁時期 T_{r2} が目標閉弁時期 T_{i2} に対して許容範囲 ΔT_{p2} を超えて遅角している場合 (S 3 2 : N O)、指令値決定部 6 6 が、指令値設定部 6 1 で設定された副室燃料供給弁 1 8 の閉弁時期を進角補正する (ステップ S 3 4)。

【 0 0 7 0 】

閉弁時期の補正後はステップ S 4 1 に進む。また、実閉弁時期 T_{r2} が目標閉弁時期 T_{i2} に対して許容範囲 ΔT_{p2} 内にあれば (S 3 1 : Y E S)、指令値決定部 6 6 は指令値設定部 6 1 で設定された閉弁時期を補正せず、ステップ S 4 1 に進む。

10

【 0 0 7 1 】

駆動部 6 7 は、指令値決定部 6 6 で決められた開弁時期で副室燃料供給弁 1 8 が開弁するように、指令値決定部 6 6 で決められた閉弁時期で副室燃料供給弁 1 8 が閉弁するように、副室燃料供給弁 1 8 を駆動する。なお、開弁時期の補正に関連するステップ S 2 1 ~ 2 4 は、閉弁時期の補正に関連するステップ S 3 1 ~ S 3 4 の後に実行されてもよい。

【 0 0 7 2 】

図 8 (a) は、実開弁時期 T_{r1} が目標開弁時期 T_{i1} に対して遅角し且つ実閉弁時期 T_{r2} が目標閉弁時期 T_{i2} に対して進角している場合の一例を示すグラフ、図 8 (b) は、実開弁時期 T_{r1} が目標開弁時期 T_{i1} に対して進角し且つ実閉弁時期 T_{r2} が目標閉弁時期 T_{i2} に対して遅角している場合の一例を示すグラフ、図 8 (c) は、実動作状態が目標動作状態に略適合する場合の一例を示すグラフである。

20

【 0 0 7 3 】

図 8 (a) に示すように、実開弁時期 T_{r1} が目標開弁時期 T_{i1} に対して遅角している場合には、逆止弁 1 9 の応答性が何らかの理由で当初の想定から悪くなり過ぎているものと考えられる。上記制御によれば、このような状況下で副室燃料供給弁 1 8 の開弁時期が進角補正されるので (図 5 のステップ S 2 2 , S 2 4 参照)、逆止弁 1 9 の応答性の変化が相殺され、逆止弁 1 9 の実開弁時期 T_{r1} が進角するように修正される。これにより逆止弁 1 9 の実開弁時期 T_{r1} を目標開弁時期 T_{i1} に近付けることができる (図 8 (c) 参照)。実閉弁時期 T_{r2} が目標閉弁時期 T_{i2} に対して遅角している場合も、同様である (図 5 のステップ S 3 2 , S 3 4、図 8 (b) 及び (c) 参照)。

30

【 0 0 7 4 】

図 8 (b) に示すように、実開弁時期 T_{r1} が目標開弁時期 T_{i1} に対して進角している場合には、逆止弁 1 9 の応答性が何らかの理由で当初の想定から良くなり過ぎているものと考えられる。上記制御によれば、このような状況下で副室燃料供給弁 1 8 の開弁時期が遅角補正されるので (図 5 のステップ S 2 2 , S 2 3 参照)、逆止弁 1 9 の応答性の変化が相殺され、逆止弁 1 9 の実開弁時期 T_{r1} が遅角するように修正される。これにより逆止弁 1 9 の実開弁時期 T_{r1} を目標開弁時期 T_{i1} に近付けることができる (図 8 (c) 参照)。実閉弁時期 T_{r2} が目標閉弁時期 T_{i2} に対して進角している場合も、同様である (図 5 のステップ S 3 2 , S 3 3、図 8 (a) 及び (c) 参照)。

40

【 0 0 7 5 】

上記のように本実施形態に係る燃料供給制御装置 1 0 0 では、逆止弁 1 9 の実開弁時期 T_{r1} 及び実閉弁時期 T_{r2} のフィードバック制御が実行され、当該フィードバック制御において副室燃料供給弁 1 8 が操作される。エンジンサイクルの経過に伴ってこのフィードバック制御は何度も繰り返される。逆止弁 1 9 の経年劣化や異物噛込みが生じて、また、逆止弁 1 9 がその開閉をアクティブに制御することができない動弁方式を採用していても、これに対応して逆止弁 1 9 の実開弁時期 T_{r1} 及び実閉弁時期 T_{r2} を目標開弁時期 T_{i1} 及び目標閉弁時期 T_{i2} それぞれに収束させることができ、副室 2 4 内にガス燃料を適時適量供給し続けることができる。したがって、副室 2 4 への実際の燃料供給開始時期、燃料供給終了時期を適切に制御できるため、副室 2 4 の燃焼状態を正常に維持し、

50

ひいては主燃焼室 2 3 の燃焼効率や排ガス成分を改善することができる。

【 0 0 7 6 】

また、現在稼働中の副室式ガスエンジンに関しても、エンジン本体（例えばシリンダヘッド周り）の大幅な形状変更を伴わずに（すなわち、弁状態検出装置 5 1 を逆止弁 1 9 付近に取り付け、計測部 6 2、目標状態設定部 6 3、比較部 6 5 及び設定値決定部 6 6 を実現するソフトウェア要素を制御装置 6 0 に追加すれば）、かかる作用をもたらす燃料供給制御装置 1 0 0 を製作することができる。本実施形態は、このように容易にレトロフィット可能である点に照らしても有益である。

【 0 0 7 7 】

また、本実施形態に係る燃料供給制御装置 1 0 0 では、気筒 4 に個別対応する複数の副室燃料供給弁 1 8 それぞれに動作指令値を求め、各副室燃料供給弁 1 8 を互いに独立して駆動制御する。このため、副室燃料供給弁 1 8 に対する逆止弁 1 9 の応答性に気筒 4 間で個体差があっても、副室燃料供給弁 1 8 の開弁時期及び閉弁時期の補正によって当該個体差を相殺することができる。したがって、全ての気筒 4 においてガス燃料を副室 2 4 内に適時適量供給することができ、気筒 4 の負荷分担を均一化することができる。

【 0 0 7 8 】

（積分値の比較）

図 5 に戻り、動作指令値の補正要否判定のため及び補正要の場合における補正量決定のためのステップ S 2 1 ~ S 2 4 , S 3 1 ~ S 3 4 の後、計測部 6 2 が、逆止弁 1 9 の移動量推移の実積分値 S_r （図 9 参照）を計測し、目標状態設定部 6 3 が、逆止弁 1 9 の移動量推移の目標積分値 S_i （図 9 参照）を設定する（ステップ S 4 1）。次に、比較部 6 5 が、実積分値 S_r を目標積分値 S_i と比較し、実積分値 S_r の目標積分値 S_i に対する比率又は偏差が許容範囲内にあるか否かを判定する（ステップ S 4 2）。例えば比較部 6 5 は、実積分値 S_r が目標積分値 S_i の所定割合 α 以上であるか否か（ $S_r \geq S_i \times \alpha$, $\alpha < 100\%$ ）を判定する。比率又は偏差が許容範囲内であれば（S 4 2 : YES）、一連の処理を終了し、再びステップ S 1 1 に戻って次の処理が再開する。比率又は偏差が許容範囲内になければ（S 4 2 : NO）、制御装置 6 0 は異常信号を出力する（ステップ S 4 3）。

【 0 0 7 9 】

図 9 は、図 3 に示す逆止弁 1 9 の動作量推移の実積分値 S_r の一例と、目標積分値 S_i の一例とを概念的に示すグラフである。図 9 では、図 6 と同様、実移動量推移 C_r 及び目標移動量推移 C_i の一例が、横軸に回転角度をとり縦軸にリフト量 L をとった二次元直交座標系でリフトカーブとして表されている。

【 0 0 8 0 】

実積分値 S_r は、実移動量推移 C_r を表す実リフトカーブの時間積分値である（図 9 の右下向きハッチ域を参照）。リフト量 L は微小な所定制御周期 ΔT （例えば 5 msec）おきに制御装置 6 0 に逐次入力されることに照らして、計測部 6 2 は、リフト量 L がゼロから増加に転じた時期 T_{rs} からリフト量 L がゼロに戻った時期 T_{re} までの期間 D_r 内に逐次入力されたリフト量 L を総積算することで求められてもよい。また、実積分値 S_r は、実リフトカーブを表す関数を同期間 D_r 内で積分することで求めてもよい。なお、開弁閾値 L_1 がゼロであれば、実開弁時期 T_{r1} が前記時期 T_{rs} と等しくなって積分区間の区間下端となる。閉弁閾値 L_2 がゼロであれば、実閉弁時期 T_{r2} が前記時期 T_{re} と等しくなって積分区間の区間上端となる。本実施形態では、弁状態検出装置 5 1 にリフト量 L を検出するギャップセンサを採用しているため、計測部 6 2 が実積分値 S_r を測定することができる。

【 0 0 8 1 】

このように計測部 6 2 が実積分値 S_r を計測するので、制御装置 6 0（例えば、目標状態記憶部 6 4）は、移動量推移の目標積分値 S_i を予め記憶している。目標積分値 S_i は、目標移動量推移 C_i を表す目標リフトカーブの時間積分値であり（図 9 の左下向きハッチ域を参照）、目標移動量推移 C_i を定めれば取得可能な値である。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 2 】

このようにして得られる積分値 S_r , S_i は、逆止弁 19 を通過して副室 24 に供給されるガス燃料量と正の相関を有している。一方、前述のとおり、逆止弁 19 の実開弁時期 T_{r1} 及び実閉弁時期 T_{r2} は目標開弁時期 T_{i1} 及び目標閉弁時期 T_{i2} それぞれに近付くように制御されている。このため、実積分値 S_r が目標積分値 S_i に対して顕著に小さい値であるときには、弁体 41 が正常に移動し得なかったり、燃料元圧が低下していたり、副室燃料ライン 13b のうち副室燃料供給弁 18 と逆止弁 19 との間で燃料が漏れていたりとする等、副室燃料供給弁 18 の動作指令値を補正するだけでは対処しきれない何らかの異常が発生している状況下にあると推定できる。このような状況下であれば、副室 24 内の燃焼状態を正常に維持してガスエンジン 1 を稼働し続けることは困難である。本実施形態では実積分値 S_r の目標積分値 S_i に対する比率又は偏差が許容範囲内になれば、異常信号が出力される。つまり、制御装置 60 は、弁状態検出装置 51 及び回転角度検出装置 56 からの信号に基づいて、回転角度と対応付けた逆止弁 19 の弁体 41 の移動量に関する移動量推移の実積分値 S_r を計測し、この実積分値 S_r と移動量推移の目標積分値 S_i との比較結果に基づいて逆止弁 19 が正常に働いているか否かを判断する。このように、本実施形態に係るガスエンジン 1 は、この異常信号に基づいてフェイルセーフ制御を開始したりガスエンジン 1 の運転を停止したりすることができ、上記のような状況にも好適に対処することができる。

10

【 0 0 8 3 】

これまで実施形態について説明したが、上記構成は一例に過ぎず、本発明の趣旨を逸脱しない範囲内で適宜変更、削除及び追加することができる。例えば、上記実施形態では、副室燃料ラインに単一の逆止弁を設けているが、複数の逆止弁が直列に並んでいてもよい。この場合、最下流に配置された逆止弁の動作状態を上記同様にフィードバック制御すれば、上記同様の作用効果を得ることができる。

20

【産業上の利用可能性】

【 0 0 8 4 】

本発明は、副室式ガスエンジンに適用すると有益であり、本発明を適用した副室式ガスエンジンは、例えば発電設備及び船用主機など、種々用途で原動機として利用される。

【符号の説明】

【 0 0 8 5 】

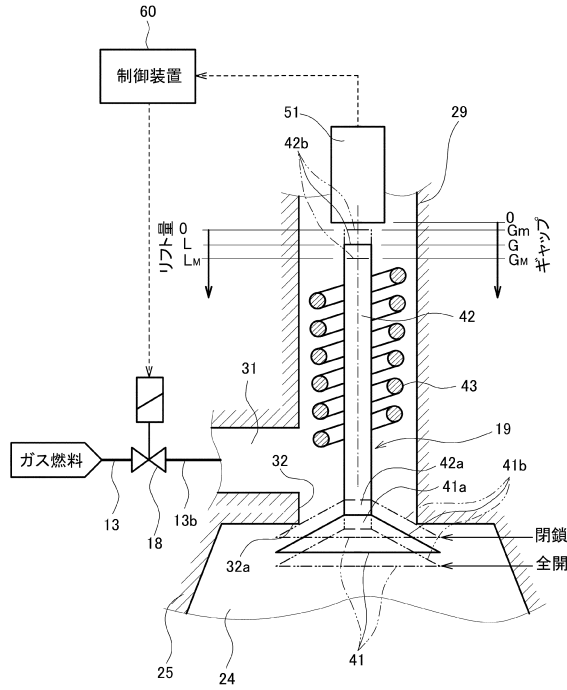
30

- 1 ガスエンジン
- 2 出力軸（クランクシャフト）
- 18 副室燃料供給弁
- 19 逆止弁
- 24 副室
- 32 燃料口
- 41 弁体
- 51 弁状態検出装置
- 55 運転状態検出装置
- 56 回転角度検出装置
- 60 制御装置
- 100 燃料供給制御装置
- T_{r1} 実開弁時期
- T_{r2} 実閉弁時期
- T_{i1} 目標開弁時期
- T_{i2} 目標閉弁時期
- C_r 実移動量推移
- C_i 目標移動量推移
- S_r 実積分値
- S_i 目標積分値

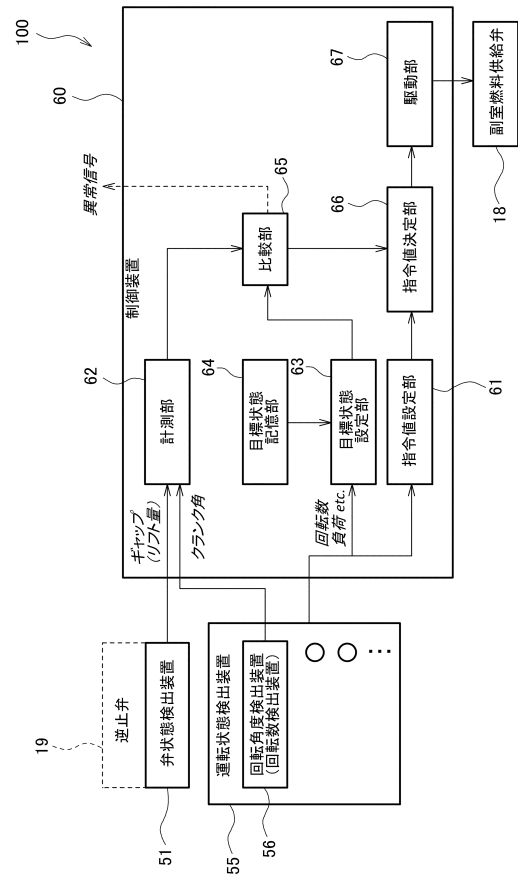
40

50

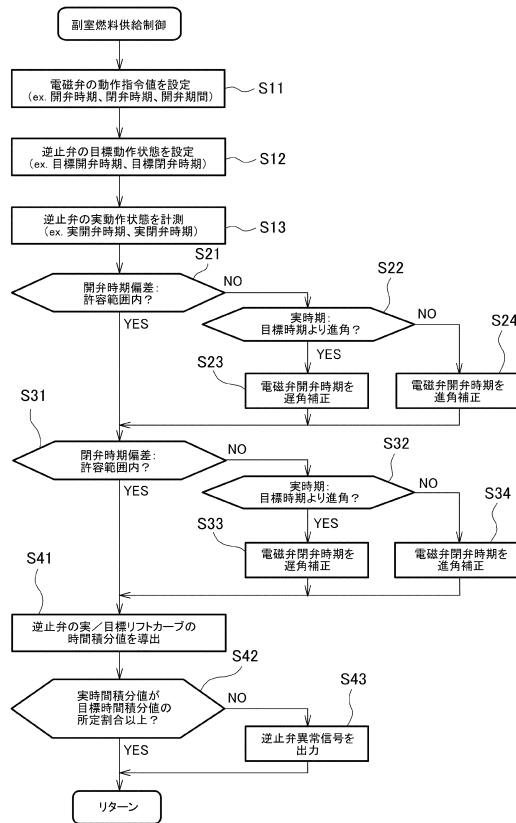
【図 3】



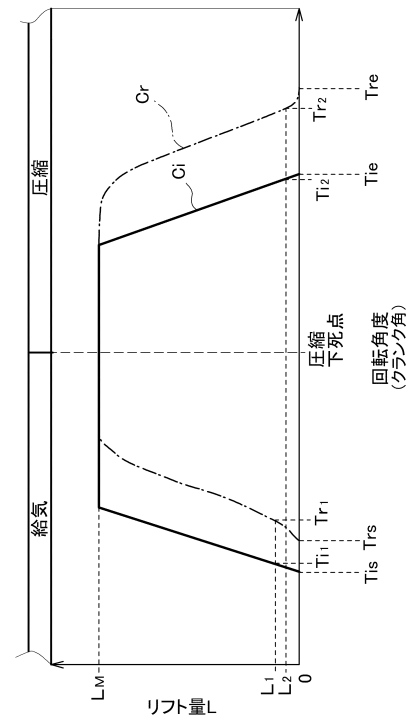
【図 4】



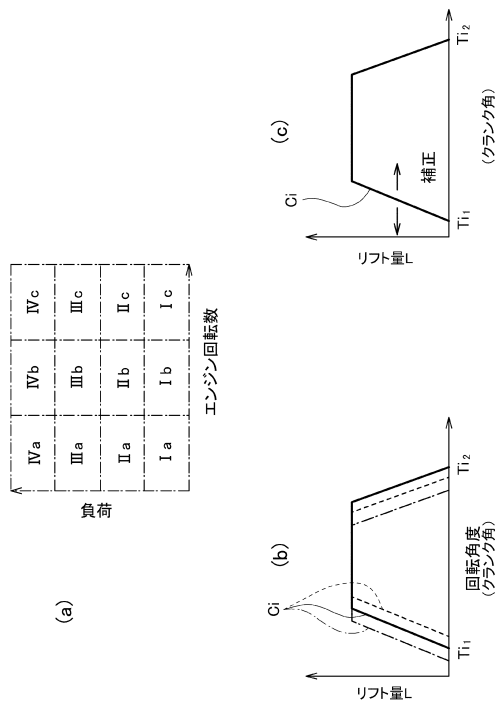
【図 5】



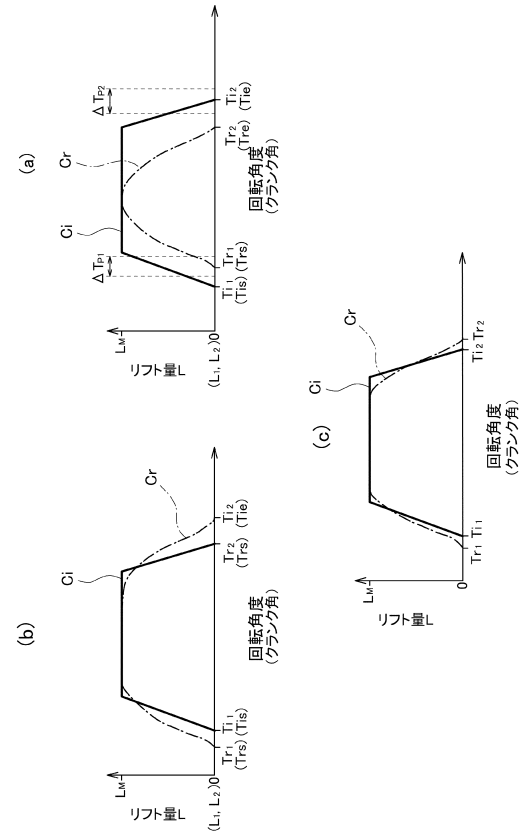
【図 6】



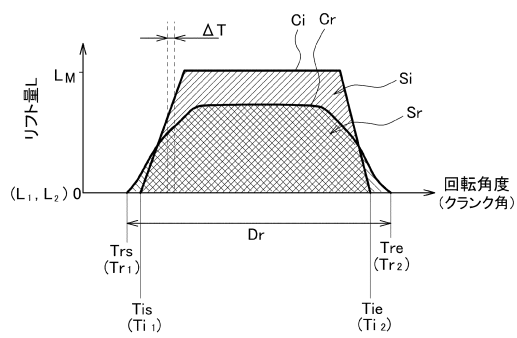
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
F 0 2 D 41/02 3 3 5

(72)発明者 野中 洋輔
兵庫県神戸市中央区東川崎町 3 丁目 1 番 1 号 川崎重工業株式会社 神戸工場内

審査官 稲村 正義

(56)参考文献 特開平 8 - 1 0 5 8 2 0 (J P , A)
特開平 1 1 - 2 8 0 5 0 2 (J P , A)
特開 2 0 1 1 - 1 4 9 3 0 8 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 0 / 0 3 8 3 7 3 (W O , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
F 0 2 B 1 9 / 1 2
F 0 2 D 1 9 / 0 2、4 1 / 0 2
F 0 2 M 2 1 / 0 2