

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

**特許第6704149号  
(P6704149)**

(45) 発行日 **令和2年6月3日(2020.6.3)**

(24) 登録日 令和2年5月14日(2020.5.14)

(51) Int. Cl. F I  
**FO2M 21/02 (2006.01)** FO2M 21/02 3 I 1 D  
 FO2M 21/02 P

請求項の数 11 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2019-62522 (P2019-62522)	(73) 特許権者	501204525
(22) 出願日	平成31年3月28日 (2019.3.28)		国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所
(62) 分割の表示	特願2015-54816 (P2015-54816) の分割		東京都三鷹市新川6丁目38番1号
原出願日	平成27年3月18日 (2015.3.18)	(74) 代理人	100098545
(65) 公開番号	特開2019-94908 (P2019-94908A)		弁理士 阿部 伸一
(43) 公開日	令和1年6月20日 (2019.6.20)	(74) 代理人	100087745
審査請求日	平成31年4月22日 (2019.4.22)		弁理士 清水 善廣
		(74) 代理人	100106611
			弁理士 辻田 幸史
		(74) 代理人	100189717
			弁理士 太田 貴章

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガスエンジンの空燃比制御装置及び空燃比制御装置付きガスエンジンを搭載した船舶

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

燃料ガスと空気とを混合して燃焼させ動力を得るガスエンジンの空燃比制御装置であつて、前記ガスエンジンへ供給する前記燃料ガスの燃料供給量を制御する燃料供給量制御手段と、前記空気を加圧するコンプレッサー及び前記ガスエンジンの排気ガスにより駆動されるタービンを有した過給機と、前記過給機の回転数を検出する過給機回転数検出手段と、前記燃料ガスの前記燃料供給量の設定変更がされた場合に前記過給機回転数検出手段の検出結果に基づいて前記燃料供給量制御手段による前記燃料ガスの前記燃料供給量の時間的変化を遅くするように制御する空燃比制御手段と、前記ガスエンジンにより駆動される可変ピッチプロペラとを備え、前記空燃比制御手段は、前記燃料ガスの前記供給量の設定変更がされた場合に前記過給機回転数検出手段の前記検出結果に基づいて前記可変ピッチプロペラを制御することを特徴とするガスエンジンの空燃比制御装置。

10

【請求項2】

前記燃料供給量制御手段は、デジタル的にオン/オフするソレノイド弁であることを特徴とする請求項1に記載のガスエンジンの空燃比制御装置。

【請求項3】

前記空燃比制御手段は、前記ソレノイド弁のデューティ比を制御することを特徴とする請求項2に記載のガスエンジンの空燃比制御装置。

【請求項4】

前記ガスエンジンのエンジン回転数を検出するエンジン回転数検出手段を備え、前記空

20

燃比制御手段は、前記エンジン回転数検出手段の検出結果に基づいて制御を行うことを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のうちの 1 項に記載のガスエンジンの空燃比制御装置。

【請求項 5】

前記過給機を加勢する加勢手段を備え、前記空燃比制御手段は、前記燃料ガスの前記燃料供給量の設定変更がされた場合に前記過給機回転数検出手段の前記検出結果に基づいて前記加勢手段を制御することを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のうちの 1 項に記載のガスエンジンの空燃比制御装置。

【請求項 6】

前記加勢手段は、前記過給機を駆動するとともに前記過給機により回転され発電を行う機能を有したモータ/ジェネレータであることを特徴とする請求項 5 に記載のガスエンジンの空燃比制御装置。 10

【請求項 7】

前記過給機の前記コンプレッサーと前記ガスエンジンの間の経路にスロットル弁を備え、前記空燃比制御手段は、前記燃料ガスの前記燃料供給量の設定変更がされた場合に前記過給機回転数検出手段の前記検出結果に基づいて前記スロットル弁を制御することを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のうちの 1 項に記載のガスエンジンの空燃比制御装置。

【請求項 8】

前記空燃比制御手段は、前記スロットル弁を定常負荷時は絞った位置に臨ませる制御を行うことを特徴とする請求項 7 に記載のガスエンジンの空燃比制御装置。 20

【請求項 9】

前記過給機の前記タービンの上流側に可変ノズルを備え、前記空燃比制御手段は、前記燃料ガスの前記燃料供給量の設定変更がされた場合に前記過給機回転数検出手段の前記検出結果に基づいて前記可変ノズルを制御することを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のうちの 1 項に記載のガスエンジンの空燃比制御装置。

【請求項 10】

前記過給機の前記タービンを迂回するバイパス経路と、前記バイパス経路を開閉するバイパス制御弁を備え、前記空燃比制御手段は、前記燃料ガスの前記燃料供給量の設定変更がされた場合に前記過給機回転数検出手段の前記検出結果に基づいて前記バイパス制御弁を制御することを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のうちの 1 項に記載のガスエンジンの空燃比制御装置。 30

【請求項 11】

請求項 1 から請求項 10 のうちの 1 項に記載のガスエンジンの空燃比制御装置を備えたことを特徴とする空燃比制御装置付きガスエンジンを搭載した船舶。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃料ガスと空気とを混合して燃焼させ動力を得るガスエンジンの空燃比制御装置、及び空燃比制御装置付きガスエンジンを搭載した船舶に関する。 40

【背景技術】

【0002】

燃料ガスと空気とを混合して燃焼させ動力を得るガスエンジンは環境に優しく、熱効率が高く、経済的であるため、コージェネレーションプラントの原動機として多く使用されており、また、環境規制が厳しくなっている船舶においてもガスエンジンが搭載され始めている。しかしながらガスエンジン、特に希薄燃焼ガスエンジンは負荷変動に弱く、特に船舶のエンジンとして使用する場合は、海が荒れることなどによる負荷変動に対処するため数多くの制御装置を設けて空燃比制御を行っている。

【0003】

図 6 は従来の空燃比制御装置の概略構成図、図 7 は従来の空燃比制御装置のエンジン負 50

荷変動に対する空燃比制御を示す図、図 8 は空燃比制御の必要性を示す図である。

図 8 において、縦軸は正味平均有効圧 ( B M E P ) であり、横軸は空気過剰率 ( 理論上必要な空気に対する実際の空気量の比 ) である。希薄燃焼において、空気過剰率が所望の空気過剰率より小さい場合はノッキングを起こしやすくなり、大きい場合は失火を起こしやすくなる ( エンジンが停止しやすくなる ) となる。正味平均有効圧が高くなるほどノッキングや失火を起こさないための適性な空燃比の範囲が狭くなることが分かる。

従来の空燃比制御装置は、図 6 に示すように、ガスエンジン 1 0 0 と、タービン 2 1 0 及びコンプレッサー 2 2 0 を有する過給機 2 0 0 とを備える。また、空燃比制御手段 3 0 0 を備え、空燃比制御手段 3 0 0 によって、スロットルバルブ ( Throttle valve ) 3 1 0 、可変バルブタイミング機構 ( Variable valve timing ) 3 2 0 、可変ノズル ( Variable  
Geometry Turbo ) 3 3 0 、燃料供給手段 3 4 0 、排気ガスバイパス経路 3 5 0 、排気ガスバイパス制御弁 ( Waste gate valve ) 3 6 0 が制御される。

空気の量を調整制御するためには、過給機 2 0 0 のコンプレッサー 2 2 0 の出口にスロットルバルブ 3 1 0 を設けて空気供給量を制御すると同時に、過給機 2 0 0 のタービン 2 1 0 側に設けた可変ノズル 3 3 0 の制御、及び排気ガスバイパス制御弁 3 6 0 で余分な排気ガスを逃がす制御が必要である。更に、ガスエンジン 1 0 0 側に設けた吸、排気のタイミングを可変にする可変バルブタイミング機構 3 2 0 で排気エネルギーを調整する必要がある。このような制御によって空燃比制御ができ、舶用に耐える動特性が得られる。

しかしながら、従来の空燃比制御方法では、負荷変動等に対応してエンジンの出力を保持しようと燃料ガスと空気の供給量を変化させる場合において、過給機 2 0 0 よりも燃料供給手段 3 4 0 のほうの応答が速いため、燃料ガスと空気の混合バランスが崩れてしまい、図 7 に示すように空燃比が変動して燃焼が不安定になってしまう。

#### 【 0 0 0 4 】

ここで、特許文献 1 には、燃料供給通路中の燃料流量の検出値に基づき必要空気量を算出するとともに給気通路における給気圧力及び給気温度の検出値に基づき実空気量を算出し、実空気量が必要空気量に一致するように給気放出手段によって給気通路における給気量を制御する、ガスエンジンの空燃比制御方法が開示されている。

また、特許文献 2 には、エンジンに供給される燃料ガスの発熱量及びエンジンの始動時を含む運転時の最適熱量に対応する最適燃料ガス量を算出し、最適燃料ガス量と給気圧力検出値及び給気温度検出値に基づき算出された実際の空気量とに適合する過給機の最適回転数を算出し、最適過給機回転数になるように過給機に連結された電動モータを制御するモータコントローラを有してなる、モータ駆動過給機付きガスエンジンが開示されている。

また、特許文献 3 には、ガスエンジンから検出されたエンジン回転速度信号と、その目標値となる速度指令値信号との偏差に基づき燃料ガス流量指令値を演算し、燃料ガス流量指令値に応じて燃料流量制御バルブの燃料ガス流量を設定する速度制御工程と、燃料ガス流量指令値に対して適正空燃比となる混合気流量指令値を算出し、混合気流量指令値と実混合気流量との偏差に基づきスロットルバルブの目標開度を設定するフィードバック制御を行う空燃比制御工程とを備えたガスエンジンの統合制御方法が開示されている。

また、特許文献 4 には、給気圧力センサからの給気圧力の検出値及び負荷検出器からのエンジン負荷の検出値に基づき、燃料噴射量を給気圧力及びエンジン負荷にそれぞれ対応する目標燃料噴射量に調整するとともに、過給機回転数検出器あるいは排気圧力センサから入力される過給機回転数あるいは排気圧力の検出値に基づき、燃料噴射量を過給機回転数及び排気圧力のいずれか一方または双方にそれぞれ対応する目標燃料噴射量に調整する制御装置を備える発電用ディーゼルエンジンの燃料制御装置が開示されている。

#### 【 先行技術文献 】

#### 【 特許文献 】

#### 【 0 0 0 5 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 3 - 2 6 1 2 3 9 号公報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 7 - 2 1 8 2 2 3 号公報

10

20

30

40

50

【特許文献3】特開2009-57870号公報

【特許文献4】特開2006-307676号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ガスエンジン、特に希薄燃焼ガスエンジンがノッキングや失火を起こさず安定して燃焼するためには、負荷が変動した場合など燃料ガスの供給量の設定変更がされた場合であっても、空燃比を一定に制御する必要がある。しかしながら、空燃比を制御するための機器を多く追加しても応答性をはじめとする制御性の向上を図ることは難しく、機器点数が増え複雑になることにより信頼性の低下も招き易い。

10

特許文献1のガスエンジンの空燃比制御方法は、燃料流量、給気圧力及び給気温度を検出して必要空気量及び実空気量を算出する必要があるとともに、給気通路中の給気の一部を外部に放出するための給気放出手段等を必要とするものである。

また、特許文献2のモータ駆動過給機付きガスエンジンは、最適燃料ガス量を算出し、給気圧力及び給気温度を検出して過給機の最適回転数を算出して電動モータを制御するモータコントローラを必要とするものであるが、空燃比を制御するための機器の応答性を考慮して制御を行うものではないため、負荷変動時に空燃比を一定に保つことが難しい。

また、特許文献3のガスエンジンの制御方法は、検出したエンジン回転速度に基づいて各演算を行い、スロットルバルブの目標開度を設定するフィードバック制御を必要とするものであるが、過給機の応答性を考慮して制御を行うものではないため負荷変動時に空燃比を一定に保つことが難しい。

20

また、特許文献4の発電用ディーゼルエンジンの燃料制御装置は、給気圧力、エンジン負荷、過給機回転数、及び排気圧力など複数の検出値を制御に用いるものであるが、燃料-空気制御系における適度な応答性を保持するものであり、過給機の応答性を考慮して制御を行うものではないため、負荷変動時に空燃比を一定に保つことが難しい。また、発電用ディーゼルエンジンに関する制御装置であり、ディーゼルエンジンよりも細かい制御が求められるガスエンジンに関するものではない。

【0007】

そこで本発明は、空燃比を制御するための機器を多く追加することなく、負荷が変動した場合など燃料ガスの燃料供給量の設定変更がされた場合であっても、空燃比を一定に保つことができる応答性に優れたガスエンジンの空燃比制御装置及び空燃比制御装置付きガスエンジンを搭載した船舶を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0008】

請求項1記載に対応したガスエンジンの空燃比制御装置においては、燃料ガスと空気を混合して燃焼させ動力を得るガスエンジンの空燃比制御装置であって、ガスエンジンへ供給する燃料ガスの燃料供給量を制御する燃料供給量制御手段と、空気を加圧するコンプレッサ及びガスエンジンの排気ガスにより駆動されるタービンを有した過給機と、過給機の回転数を検出する過給機回転数検出手段と、燃料ガスの燃料供給量の設定変更がされた場合に過給機回転数検出手段の検出結果に基づいて燃料供給量制御手段による燃料ガスの燃料供給量の時間的変化を遅くするように制御する空燃比制御手段と、ガスエンジンにより駆動される可変ピッチプロペラとを備え、空燃比制御手段は、燃料ガスの供給量の設定変更がされた場合に過給機回転数検出手段の検出結果に基づいて可変ピッチプロペラを制御することを特徴とする。

40

負荷が変動した場合には、過給機の応答が遅れるが、燃料供給量制御手段は過給機よりも応答が速いので、負荷変動が生じた場合など燃料ガスの燃料供給量の設定が変更された際は、空気供給量よりも燃料ガスの燃料供給量のほうが先に必要量に到達するため空燃比が変動して燃焼が不安定になってしまう。そこで、請求項1に記載の本発明によれば、過給機の回転数に基づいて燃料ガスの燃料供給量の時間的変化を燃料供給量制御手段にて遅くする、即ち燃料ガスの燃料供給量が必要量に到達するまでの時間を空気供給量に合わせて

50

遅くすることで、空燃比を制御する機器を多く増やすことなく空燃比を一定にして、ガスエンジンにおける燃焼を安定させることができる。また、応答の速い可変ピッチプロペラのピッチを変えてガスエンジンにかかる負荷を増減することで、空燃比を一定に保ち易くできる。

【0009】

請求項2記載の本発明は、燃料供給量制御手段が、デジタル的にオン/オフするソレノイド弁であることを特徴とする。請求項2に記載の本発明によれば、燃料供給量制御手段に一般的なオン/オフ型のソレノイド弁を使用することで、燃料供給量制御手段を複雑にすることなく安価に、また信頼性も高く構成することができる。

【0010】

請求項3記載の本発明は、空燃比制御手段が、ソレノイド弁のデューティ比を制御することを特徴とする。請求項3に記載の本発明によれば、ソレノイド弁のデューティ比を制御することによって、燃料供給量制御手段による燃料ガスの燃料供給量の制御が自由にでき、時間的変化を遅くすることができる。

【0011】

請求項4記載の本発明は、ガスエンジンのエンジン回転数を検出するエンジン回転数検出手段を備え、空燃比制御手段は、エンジン回転数検出手段の検出結果に基づいて制御を行うことを特徴とする。請求項4に記載の本発明によれば、エンジンの回転数を考慮してガス流量を算出することができるので、空燃比制御手段は、より正確なガス流量に基づいて燃料ガスの燃料供給量の時間的変化を制御することができる。

【0012】

請求項5記載の本発明は、過給機を加勢する加勢手段を備え、空燃比制御手段は、燃料ガスの燃料供給量の設定変更がされた場合に過給機回転数検出手段の検出結果に基づいて加勢手段を制御することを特徴とする。請求項5に記載の本発明によれば、例えば過給機の回転数が必要回転数より低い場合つまり空気供給量が不足する場合には、加勢手段により過給機を加勢することで過給機の回転数を上げて必要空気量を速く確保することができる。

【0013】

請求項6記載の本発明は、加勢手段は、過給機を駆動するとともに過給機により回転され発電を行う機能を有したモータ/ジェネレータであることを特徴とする。請求項6に記載の本発明によれば、過給機の回転数が必要回転数より低い場合つまり空気供給量が不足している場合には、過給機を加勢するモータとして使用して過給機の回転数を上げて必要空気量を確保し、過給機の回転数が必要回転数より高い場合つまり空気供給量が過多の場合には、ジェネレータとして発電することで過給機の回転を抑えて空気供給量を減らすことができる。

【0014】

請求項7記載の本発明は、過給機のコンプレッサーとガスエンジンの間の経路にスロットル弁を備え、空燃比制御手段は、燃料ガスの燃料供給量の設定変更がされた場合に過給機回転数検出手段の検出結果に基づいてスロットル弁を制御することを特徴とする。請求項7に記載の本発明によれば、例えば過給機の回転数が必要回転数より低い場合つまり空気供給量が不足する場合には、応答の速いスロットル弁を開けることで空気供給量を速く増やすことができる。

【0015】

請求項8記載の本発明は、空燃比制御手段は、スロットル弁を定常負荷時は絞った位置に臨ませる制御をすることを特徴とする。請求項8に記載の本発明によれば、定常負荷時にはスロットル弁を絞っておくことによって、負荷上昇時に備えて余力を持たせることができる。

【0016】

請求項9記載の本発明は、過給機のタービンの上流側に可変ノズルを備え、空燃比制御手段は、燃料ガスの燃料供給量の設定変更がされた場合に過給機回転数検出手段の検出結

10

20

30

40

50

果に基づいて可変ノズルを制御することを特徴とする。請求項 9 に記載の本発明によれば、例えば過給機の回転数が必要回転数より低い場合つまり空気供給量が不足する場合には、応答の速い可変ノズルのノズル翼の向きや角度によって排気ガス通路を変化させてガスエンジンから供給される排気ガスの流速を調整して加圧空気の加圧特性を改善し、空気供給量を速く増やすことができ、空燃比を一定に保ち易くなる。

**【 0 0 1 7 】**

請求項 10 に記載の本発明は、過給機のタービンを迂回するバイパス経路と、バイパス経路を開閉するバイパス制御弁を備え、空燃比制御手段は、燃料ガスの燃料供給量の設定変更がされた場合に過給機回転数検出手段の検出結果に基づいてバイパス制御弁を制御することを特徴とする。請求項 10 に記載の本発明によれば、過給機の回転数が必要回転数より低い場合つまり空気供給量が不足する場合には、予め開けてあるバイパス経路の開度を応答の速いバイパス制御弁で絞り過給機の回転数を増し空気供給量を速く増やすことができる。また、過給機の回転数が必要回転数より大きい場合には、バイパス制御弁を開いてバイパス経路に排気ガスを流してタービンを迂回させることで過給機の回転数を下げて空気供給量を速く減少させることができる。

**【 0 0 1 8 】**

請求項 11 に記載に対応した空燃比制御装置付きガスエンジンを搭載した船舶においては、請求項 1 から請求項 10 のうちの 1 項に記載のガスエンジンの空燃比制御装置を備えたことを特徴とする。請求項 11 に記載の本発明によれば、過給機の回転数に基づいて燃料ガスの燃料供給量の時間的変化を燃料供給量制御手段にて遅くする、即ち燃料ガスの燃料供給量が必要量に到達するまでの時間を空気供給量に合わせて遅くすることで、空燃比を制御する機器を多く増やすことなく空燃比を一定にして、ガスエンジンにおける燃焼を安定させることができる空燃比制御装置付きのガスエンジンを搭載した船舶を提供することができる。

**【 発明の効果 】****【 0 0 1 9 】**

本発明によれば、過給機の回転数に基づいて燃料ガスの燃料供給量の時間的変化を燃料供給量制御手段にて遅くする、即ち燃料ガスの燃料供給量が必要量に到達するまでの時間を空気供給量に合わせて遅くすることで、空燃比を制御する機器を多く増やすことなく空燃比を一定にして、ガスエンジンにおける燃焼を安定させることができる。また、応答の速い可変ピッチプロペラのピッチを変えてガスエンジンにかかる負荷を増減することで、空燃比を一定に保ち易くできる。

**【 0 0 2 0 】**

また、燃料供給量制御手段が、デジタル的にオン/オフするソレノイド弁である場合には、燃料供給量制御手段に一般的なオン/オフ型のソレノイド弁を使用することで、燃料供給量制御手段を複雑にすることなく安価に、また信頼性も高く構成することができる。

**【 0 0 2 1 】**

また、空燃比制御手段が、ソレノイド弁のデューティ比を制御する場合には、ソレノイド弁のデューティ比を制御することによって、燃料供給量制御手段による燃料ガスの燃料供給量の制御が自由にでき、時間的変化を遅くすることができる。

**【 0 0 2 2 】**

また、ガスエンジンのエンジン回転数を検出するエンジン回転数検出手段を備え、空燃比制御手段は、エンジン回転数検出手段の検出結果に基づいて制御を行う場合には、エンジンの回転数を考慮してガス流量を算出することができるので、空燃比制御手段は、より正確なガス流量に基づいて燃料ガスの燃料供給量の時間的変化を制御することができる。

**【 0 0 2 3 】**

また、過給機を加勢する加勢手段を備え、空燃比制御手段は、燃料ガスの燃料供給量の設定変更がされた場合に過給機回転数検出手段の検出結果に基づいて加勢手段を制御する場合には、例えば過給機の回転数が必要回転数より低い場合つまり空気供給量が不足する場合には、加勢手段により過給機を加勢することで過給機の回転数を上げて必要空気量を

速く確保することができる。

【0024】

また、加勢手段は、過給機を駆動するとともに過給機により回転され発電を行う機能を有したモータ/ジェネレータである場合には、過給機の回転数が必要回転数より低い場合つまり空気供給量が不足している場合には、過給機を加勢するモータとして使用して過給機の回転数を上げて必要空気量を確保し、過給機の回転数が必要回転数より高い場合つまり空気供給量が過多の場合には、ジェネレータとして発電することで過給機の回転を抑えて空気供給量を減らすことができる。

【0025】

また、過給機のコンプレッサーとガスエンジンの間の経路にスロットル弁を備え、空燃比制御手段は、燃料ガスの燃料供給量の設定変更がされた場合に過給機回転数検出手段の検出結果に基づいてスロットル弁を制御する場合には、例えば過給機の回転数が必要回転数より低い場合つまり空気供給量が不足する場合には、応答の速いスロットル弁を開けることで空気供給量を速く増やすことができる。

【0026】

また、空燃比制御手段は、スロットル弁を定常負荷時は絞った位置に臨ませる制御をする場合には、定常負荷時にはスロットル弁を絞っておくことによって、負荷上昇時に備えて余力を持たせることができる。

【0027】

また、過給機のタービンの上流側に可変ノズルを備え、空燃比制御手段は、燃料ガスの燃料供給量の設定変更がされた場合に過給機回転数検出手段の検出結果に基づいて可変ノズルを制御する場合には、例えば過給機の回転数が必要回転数より低い場合つまり空気供給量が不足する場合には、応答の速い可変ノズルのノズル翼の向きや角度によって排気ガス通路を変化させてガスエンジンから供給される排気ガスの流速を調整して加圧空気に加圧特性を改善し、空気供給量を速く増やすことができ、空燃比を一定に保ち易くなる。

【0028】

また、過給機のタービンを迂回するバイパス経路と、バイパス経路を開閉するバイパス制御弁を備え、空燃比制御手段は、燃料ガスの燃料供給量の設定変更がされた場合に過給機回転数検出手段の検出結果に基づいてバイパス制御弁を制御する場合には、過給機の回転数が必要回転数より低い場合つまり空気供給量が不足する場合には、予め開けてあるバイパス経路の開度を応答の速いバイパス制御弁で絞り過給機の回転数を増し空気供給量を速く増やすことができる。また、過給機の回転数が必要回転数より大きい場合には、バイパス制御弁を開いてバイパス経路に排気ガスを流してタービンを迂回させることで過給機の回転数を下げて空気供給量を速く減少させることができる。

【0029】

また、請求項1から請求項10のうちの1項に記載のガスエンジンの空燃比制御装置を船舶に備えた場合には、過給機の回転数に基づいて燃料ガスの燃料供給量の時間的変化を燃料供給量制御手段にて遅くする、即ち燃料ガスの燃料供給量が必要量に到達するまでの時間を空気供給量に合わせて遅くすることで、空燃比を制御する機器を多く増やすことなく空燃比を一定にして、ガスエンジンにおける燃焼を安定させることができる空燃比制御装置付きのガスエンジンを搭載した船舶を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】本発明の一実施形態による空燃比制御装置付きガスエンジンを搭載した船舶の概略構成図

【図2】同ガスエンジンの空燃比制御装置の概略構成図

【図3】同空燃比制御装置のエンジン負荷変動に対する空燃比制御を示す図

【図4】本発明の他の実施形態によるガスエンジンの空燃比制御装置の概略構成図

【図5】同空燃比制御装置のエンジン負荷変動に対する空燃比制御を示す図

【図6】従来の空燃比制御装置の概略構成図

10

20

30

40

50

【図 7】同空燃比制御装置のエンジン負荷変動に対する空燃比制御を示す図

【図 8】空燃比制御の必要性を示す図

【発明を実施するための形態】

【0031】

以下に、本発明の実施形態によるガスエンジンの空燃比制御装置、及び空燃比制御装置付きガスエンジンを搭載した船舶について説明する。

図 1 は本発明の一実施形態による空燃比制御装置付きガスエンジンを搭載した船舶の概略構成図、図 2 は同ガスエンジンの空燃比制御装置の概略構成図、図 3 は同空燃比制御装置のエンジン負荷変動に対する空燃比制御を示す図である。

【0032】

図 1 に示すように、本実施形態の空燃比制御装置付きガスエンジンを搭載した船舶は、船体 1 の船尾 2 側に、プロペラ 3 を駆動する駆動源 4 を備えている。

駆動源 4 は、燃料ガスと空気とを混合して燃焼させ動力を得る希薄燃焼式のガスエンジン 10 と、過給機 20 を有する。過給機 20 は、ガスエンジン 10 から排気された排気ガスにより駆動され、ガスエンジン 10 に加圧空気を供給する。

なお、ガスエンジン 10 は希薄燃焼式以外の超希薄燃焼式や負荷変動時に同様な課題を有する他の方式のガスエンジンであってもよい。

【0033】

次に、図 2 を用いて同ガスエンジンの空燃比制御装置について説明する。

本実施形態のガスエンジンの空燃比制御装置は、ガスエンジン 10 へ供給する燃料ガスの供給量を制御する燃料供給量制御手段 30 と、過給機 20 の回転数を検出する過給機回転数検出手段 31 と、空気と燃料ガスとの混合比である空燃比を制御する空燃比制御手段 32 とを備える。

過給機 20 は、ガスエンジン 10 の排気経路に設けられ排気ガスにより駆動されるタービン 21 と、このタービン 21 によって動作し空気を加圧するコンプレッサー 22 と、タービン 21 の上流側（排気ガス導入側）に配置される可変ノズル 23 とを有する。

可変ノズル 23 は、ノズル翼の向きや角度によって排気ガス通路を変化させてガスエンジン 10 から供給される排気ガスの流速を調整して加圧空気の加圧特性を改善することができる。

過給機 20 からガスエンジン 10 までの間の経路には空気冷却器（図示無し）を有しており、コンプレッサー 22 で加圧され高温となった空気は、空気冷却器で冷却されてガスエンジン 10 に導入される。

燃料供給量制御手段 30 にはデジタル的にオン/オフするソレノイド弁を用いている。一般的なオン/オフ型のソレノイド弁を用いることで、燃料供給量制御手段 30 を複雑にすることなく安価に、また信頼性も高く構成することができる。

【0034】

空燃比制御手段 32 は、ガバナーの指示変更、負荷変動、又は外乱などによって燃料ガスの供給量が変動する場合、つまり燃料ガスの供給量の設定変更がされた場合に、過給機回転数検出手段 31 の検出結果に基づいてソレノイド弁 30 のデューティー比を制御することによって、ソレノイド弁 30 による燃料ガスの供給量の制御が自由にでき、時間的変化を遅くすることができる。

すなわち、ガスエンジン 10 に係る負荷が増加又は減少した場合には、ガスエンジン 10 の回転数を維持するために、空気供給量及びガス燃料供給量が増加又は減少するように制御される。その制御において、まず、検出した過給機 20 の回転数から実際の空気供給量を算出し、必要空気量に到達するまでの空気供給量の増加速度又は減少速度を求める。次に、必要空気量に到達するまでの空気供給量の増加速度又は減少速度と、予め定められた適正空燃比とに基づいて、適正空燃比から外れずに燃料ガスの供給量が必要量に到達するように燃料ガスの供給量の増加速度又は減少速度を設定する。そして、設定した燃料ガスの供給量の増加速度又は減少速度に基づいて、空燃比制御手段 32 はソレノイド弁 30 を制御する。

10

20

30

40

50



## 【 0 0 3 5 】

負荷が変動した場合には、過給機 2 0 の応答が遅れるが、ソレノイド弁 3 0 は過給機 2 0 よりも応答が速いので、燃料ガスの供給量の設定が変更された場合は、空気の供給量よりも燃料ガスの供給量のほうが先に必要量に到達するため空燃比が変動して燃焼が不安定になってしまう。そこで、本実施形態のように、過給機 2 0 の回転数を検出し、その検出結果に基づいてソレノイド弁 3 0 による燃料ガスの供給量の時間的変化を遅くする（燃料ガスの供給量が必要量に到達するまでの増加速度又は減少速度を緩やかにする）ことで、空気の供給量の時間的変化に合わせ、空燃比が変動することを防止して一定にすることができる（図 3 参照）。したがって、ガスエンジン 1 0 における燃焼を安定させることができる。

10

なお、図 3 に示すように、ガスエンジン 1 0 の負荷が上昇した際に空燃比は一定であるが、ガスエンジン 1 0 の回転数は大きく低下している。しかし、負荷が発電機であって回転数低下による停電を防止するために回転数を一定に維持する必要がある場合等とは異なり、本実施形態のように負荷が船舶のプロペラ 3 である場合には、ガスエンジン 1 0 の回転数が低下しても一定の推進力を保つことができるため、回転数を一定に維持するよりも空燃比を一定に維持する制御を優先させることができる。

## 【 0 0 3 6 】

また、本実施形態のガスエンジンの空燃比制御装置は、ガスエンジン 1 0 のエンジン回転数を検出するエンジン回転数検出手段 3 3 を備えている。

空燃比制御手段 3 2 は、ガスエンジン 1 0 の回転数を考慮して実際のガス流量を算出し、そのガス流量を、燃料ガスの供給量が必要量に到達するまでの燃料ガスの供給量の増加速度又は減少速度の算出に用いる。燃料ガスの供給量が必要量に到達するまでの燃料ガスの供給量の増加速度又は減少速度を設定する際のパラメータとして実際のガス流量を用いることで、より正確に燃料ガスの供給量の時間的変化を制御することができる。

20

さらに、エンジン回転数検出手段 3 3 でガスエンジン 1 0 の回転数を検出できることを利用し、負荷が上昇したときに空燃比を保とうとしてガスエンジン 1 0 の回転数が下限を超える場合（ガスエンジン 1 0 が停止してしまうような場合）、又は負荷が減少したときにガスエンジン 1 0 の回転数が上限を超えて危険になる場合には、空燃比制御装置による空燃比制御を中止するように制御することができる。

## 【 0 0 3 7 】

また、過給機 2 0 のコンプレッサー 2 2 とガスエンジン 1 0 の間の経路にはスロットル弁 2 6 を備えている。

30

スロットル弁 2 6 は、空燃比制御手段 3 2 の制御によって定常負荷時は絞った位置に臨ませている。そして、燃料ガスの供給量の設定が変更された場合は、空燃比制御手段 3 2 は、過給機回転数検出手段 3 1 による過給機 2 0 の回転数の検出結果が必要回転数より小さいつまり空気供給量が不足すると判断すると、スロットル弁 2 6 を開放して空気供給量を増加させる。定常負荷時にはスロットル弁 2 6 を絞って余力を持たせておき、負荷が上昇した際は応答の速いスロットル弁 2 6 を開放して空気供給量を速く増加させることで必要空気量に到達するまでの時間を短縮することができ、空燃比を一定に保ち易くなる。

## 【 0 0 3 8 】

また、空燃比制御手段 3 2 は、燃料ガスの供給量の設定が変更された場合は、過給機回転数検出手段 3 1 による過給機 2 0 の回転数の検出結果に基づいて可変ノズル 2 3 を制御する。例えば過給機 2 0 の回転数が必要回転数より低い場合つまり空気供給量が不足する場合には、応答の速い可変ノズル 2 3 のノズル翼の向きや角度によって排気ガス通路を変化させてガスエンジン 1 0 から供給される排気ガスの流速を調整して加圧空気の加圧特性を改善し、空気供給量を速く増やすことができ、空燃比を一定に保ち易くなる。

40

## 【 0 0 3 9 】

また、ガスエンジン 1 0 とタービン 2 1 との間の排気ガス通路から分岐し、過給機 2 0 のタービン 2 1 を迂回してタービン 2 1 の下流側の排気ガス通路に合流するバイパス経路 2 4 と、バイパス経路 2 4 に設けられてバイパス経路 2 4 を開閉するバイパス制御弁 2 5

50

を備える。

空燃比制御手段 3 2 は、燃料ガスの供給量の設定が変更された場合は、過給機回転数検出手段 3 1 による過給機 2 0 の回転数の検出結果に基づいて、バイパス制御弁 2 5 の開閉制御を行う。すなわち、過給機 2 0 の回転数が必要回転数より低い場合つまり空気供給量が不足する場合には、予め開けてあるバイパス経路 2 4 の開度を応答の速いバイパス制御弁 2 5 で絞り、過給機 2 0 の回転数を増し空気供給量を速く増やすことができる。また、過給機 2 0 の回転数が必要回転数より大きい場合にはバイパス制御弁 2 5 を開いてバイパス経路 2 4 に排気ガスを流し、タービン 2 1 を迂回させることで過給機 2 0 の回転数を下げて空気供給量を速く減少させることができる。

このように、排気ガスは過給機 2 0 の回転数に応じてタービン 2 1 を迂回させることで、過給機 2 0 の回転数を調整することができ、空燃比を一定に保ち易くなる。 10

#### 【 0 0 4 0 】

また、本実施形態において、プロペラ 3 は可変ピッチプロペラとしている。可変ピッチプロペラ 3 は、ガスエンジン 1 0 により駆動され、油圧やモータ等によりピッチが変更される。

空燃比制御手段 3 2 は、燃料ガスの供給量の設定が変更された場合は、過給機回転数検出手段 3 1 による過給機 2 0 の回転数の検出結果に基づいて、可変ピッチプロペラ 3 のピッチ制御を行う。すなわち、過給機 2 0 の回転数が必要回転数より小さい場合又は大きい場合には応答の速い可変ピッチプロペラ 3 のピッチを変えてガスエンジン 1 0 にかかる負荷を増減することで、空燃比を一定に保ち易くなる。 20

#### 【 0 0 4 1 】

なお、本実施形態において燃料供給量制御手段（ソレノイド弁）3 0 は、燃料ガスの供給量を制御するものとして説明したが、予め燃料ガスと空気とを混合し、この空気を混合した燃料ガスの供給量を制御するものであってもよく、例えば予混合リーンバーン燃焼方式ガスエンジンにも適用することができる。また、燃料供給量制御手段 3 0 には、パイロット燃料を供給する型式のパイロット燃料弁や、追加燃料の供給を行う型式の複数の燃料供給弁等、およそ燃料供給に係わる手段は全て含むものとする。また、過給機回転数検出手段 3 1 の検出結果は、負荷変動時の制御以外にも、定常運転時の運転の監視や過給機 2 0 の管理に役立てることができる。また、過給機回転数は、過給機特性と加圧圧力等を用いて間接的に検出してもよい。 30

#### 【 0 0 4 2 】

図 4 及び図 5 を用いて、本発明の他の実施形態によるガスエンジンの空燃比制御装置について説明する。図 4 は本発明の他の実施形態によるガスエンジンの空燃比制御装置の概略構成図、図 5 は同空燃比制御装置のエンジン負荷変動に対する空燃比制御を示す図である。なお、上記した実施形態と同一機能部材には同一符号を付して説明を省略する。

本実施形態によるガスエンジンの空燃比制御装置は、可変ノズル 2 3、バイパス経路 2 4、バイパス制御弁 2 5、スロットル弁 2 6、及びエンジン回転数検出手段 3 3 を備えず、加勢手段であるモータ/ジェネレータ 4 0 を備える点において上記した実施形態と異なる。 40

#### 【 0 0 4 3 】

モータ/ジェネレータ 4 0 は、過給機 2 0 に接続されている。

空燃比制御手段 3 2 は、燃料ガスの供給量の設定が変更された場合は、過給機回転数検出手段 3 1 による過給機 2 0 の回転数の検出結果に基づいて、モータ/ジェネレータ 4 0 の制御を行う。すなわち、過給機 2 0 の回転数が必要回転数より小さい場合つまり空気供給量が不足する場合には、過給機 2 0 を加勢するモータとして使用して過給機 2 0 の回転数を上げて必要空気量を速く確保し、過給機 2 0 の回転数が必要回転数より大きい場合つまり空気供給量が過多の場合には、ジェネレータとして発電することで過給機 2 0 の回転を抑えて空気供給量を減らす。モータとしての加勢又はジェネレータとしての発電は電氣的なものであるため、その動作は瞬時に行われる。したがって、過給機 2 0 の回転数の検出結果に基づいて、モータ/ジェネレータ 4 0 の制御を行った場合には、図 5 ( a ) に示 50

すように、空燃比の変動を一定以下に抑え易くなると共に、エンジン回転数の落ち込みも比較的短時間に留めることができる。

さらに、本実施形態において空燃比制御手段 3 2 は、過給機回転数検出手段 3 1 の検出結果に基づいて、モータ/ジェネレータ 4 0 の制御に加えて、ソレノイド弁 3 0 による燃料ガスの供給量の時間的変化を遅くする制御を併せて行うため、図 5 ( b ) に示すように、空燃比を一定にすることができる。

なお、加勢手段 4 0 は、ジェネレータ機能を有さないモータであってもよく、また、空気圧縮機など空気圧や油圧を利用して過給機 2 0 を加勢するものであってもよい。

#### 【 0 0 4 4 】

以上、各実施形態で説明したように、本発明のガスエンジンの空燃比制御装置は、過給機 2 0 の回転数を検出し、その検出結果に基づいて燃料供給量制御手段 3 0 による燃料ガスの供給量の時間的変化を遅くすることで空気の供給量の時間的変化に合わせ、空燃比を一定にすることができる。したがって、ガスエンジン 1 0 における燃焼を安定させることができる。

また、その空燃比制御装置付きガスエンジン 1 0 を搭載した船舶を提供することができる。

#### 【 産業上の利用可能性 】

#### 【 0 0 4 5 】

本発明のガスエンジンの空燃比制御装置は、過給機の回転数に基づいて燃料供給量制御手段による燃料ガスの供給量の時間的変化を遅くすることで、空燃比を一定に保つことができるため、船舶をはじめとした陸船産業用の各種のガスエンジンに適用することができる。

#### 【 符号の説明 】

#### 【 0 0 4 6 】

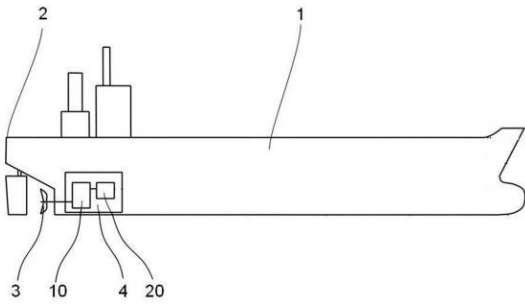
- 1 0 ガスエンジン
- 2 0 過給機
- 2 1 タービン
- 2 2 コンプレッサ
- 2 3 可変ノズル
- 2 4 バイパス経路
- 2 5 バイパス制御弁
- 2 6 スロットル弁
- 3 0 燃料供給量制御手段 (ソレノイド弁)
- 3 1 過給機回転数検出手段
- 3 2 空燃比制御手段
- 3 3 エンジン回転数検出手段
- 4 0 加勢手段 (モータ/ジェネレータ)

10

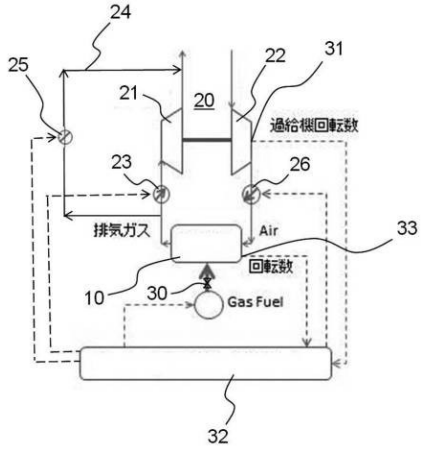
20

30

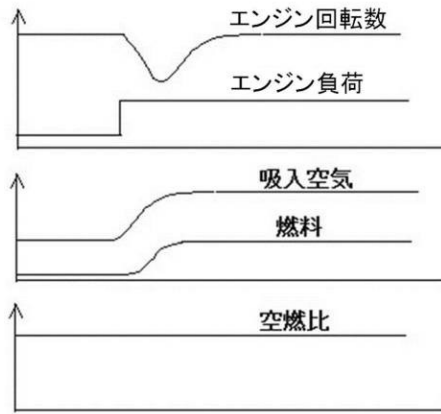
【図 1】



【図 2】

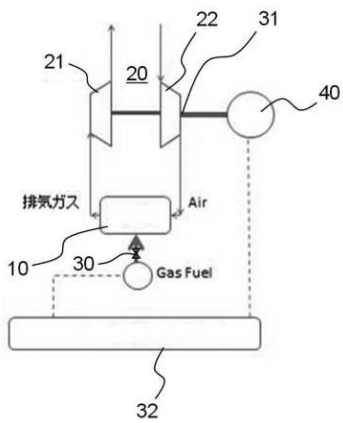


【図 3】

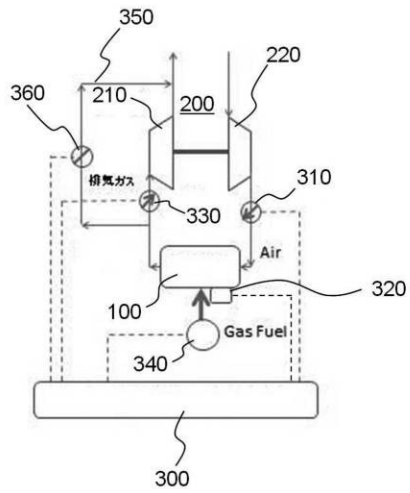


10

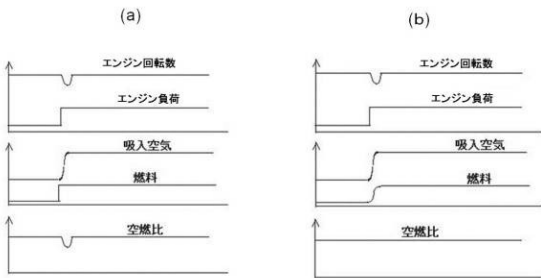
【図 4】



【図 6】

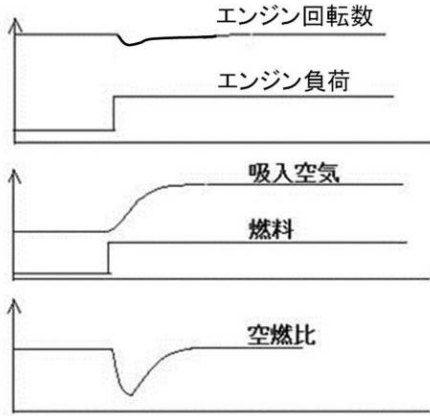


【図 5】

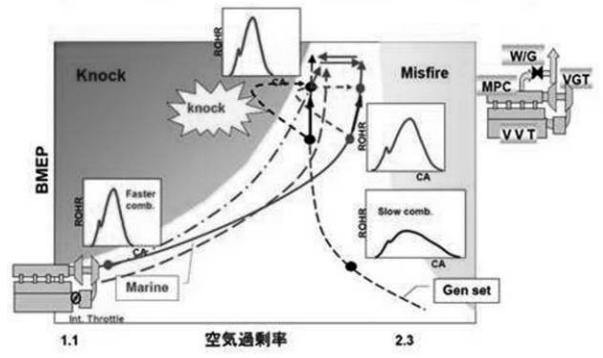


40

【 図 7 】



【 図 8 】



## フロントページの続き

(72)発明者 ボンダレンコ オレクシー

東京都三鷹市新川6丁目38番1号 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所内

(72)発明者 福田 哲吾

東京都三鷹市新川6丁目38番1号 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所内

(72)発明者 栗原 敏郎

東京都三鷹市新川6丁目38番1号 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所内

(72)発明者 市川 泰久

東京都三鷹市新川6丁目38番1号 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所内

審査官 種子島 貴裕

(56)参考文献 特開2007-263127(JP,A)

特開2009-057870(JP,A)

特開2007-132298(JP,A)

特開2013-181444(JP,A)

特開平06-221207(JP,A)

特開2007-218223(JP,A)

特開2000-145524(JP,A)

特開平09-184425(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02M 21/02