

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6495577号  
(P6495577)

(45) 発行日 平成31年4月3日 (2019.4.3)

(24) 登録日 平成31年3月15日 (2019.3.15)

(51) Int. Cl.

F I

F O 2 C 9/18 (2006.01)

F O 2 C 9/18

F O 2 C 9/00 (2006.01)

F O 2 C 9/00 A

F O 2 B 37/00 (2006.01)

F O 2 B 37/00 3 O 2 E

請求項の数 10 外国語出願 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2014-88709 (P2014-88709)  
 (22) 出願日 平成26年4月23日 (2014.4.23)  
 (65) 公開番号 特開2014-219000 (P2014-219000A)  
 (43) 公開日 平成26年11月20日 (2014.11.20)  
 審査請求日 平成29年4月18日 (2017.4.18)  
 (31) 優先権主張番号 13/891,807  
 (32) 優先日 平成25年5月10日 (2013.5.10)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 390041542  
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ  
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州 123  
 45、スケネクタデイ、リバーロード、1  
 番  
 (74) 代理人 100137545  
 弁理士 荒川 聡志  
 (74) 代理人 100105588  
 弁理士 小倉 博  
 (74) 代理人 100129779  
 弁理士 黒川 俊久  
 (74) 代理人 100113974  
 弁理士 田中 拓人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガスエンジンのためのガス流量の制御

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1のガス供給ラインからガスを受け取り、前記ガスを圧縮するように構成された圧縮機と、

第2のガス供給ラインを介して前記圧縮機から前記ガスを受け取り、前記ガスと燃料とを燃焼させるように構成された燃焼システムと、

前記第1のガス供給ラインに接続された一端と、前記第2のガス供給ラインに接続された反対側の端部とを有することで、前記第1および第2のガス供給ラインの一方からの前記ガスの全てではなく前記ガスの一部を前記第1および第2のガス供給ラインの他方へと迂回させるバイパスラインと、

輸送遅れ値に基づいてガス供給パラメータを制御するように構成され、前記輸送遅れ値が、ガス供給制御機構が調節される時間と、これに対応するガスの特性の調節がなされたガスを前記ガス供給制御機構から下流の所定の地点において受け取る時間との間の遅れに相当する制御システムと、

を備え、

前記制御システムが、少なくとも前記第2のガス供給ラインに沿って前記ガスの濃度を経時的に判定することによって、前記輸送遅れ値を計算するように構成される、ガスエンジン組立体。

【請求項 2】

前記ガス供給制御機構が、ガス/空気混合機であり、前記ガスが、空気と、空気以外のガ

スの混合物である、請求項 1 記載のガスエンジン組立体。

【請求項 3】

前記ガス供給制御機構が、前記第 1 のガス供給ラインに提供される空気以外のガスの量を調節するように構成されたガス流量調節弁である、請求項 1 又は 2 記載のガスエンジン組立体。

【請求項 4】

前記バイパスラインが、ターボチャージャーを備える前記ガスエンジン組立体において前記第 1 のガス供給ラインから前記第 2 のガス供給ラインへ前記ガスの前記一部を下流に送るように構成される、請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項記載のガスエンジン組立体。

【請求項 5】

前記制御システムが、前記ガスの圧力を測定することによって、前記ガスの前記濃度を計算するように構成される、請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項 記載のガスエンジン組立体。

【請求項 6】

前記第 1 のガス供給ラインに沿った第 1 のセンサと、

前記第 2 のガス供給ラインに沿った第 2 のセンサと

をさらに備え、

前記制御システムが、前記第 1 および第 2 のセンサからの測定値の経時的な分析に基づいて前記輸送遅れ値を計算するように構成される、請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項 記載のガスエンジン組立体。

【請求項 7】

前記第 1 および第 2 のセンサからの前記測定値を経時的に分析するステップが、第 1 のガス供給コマンド信号に相当する前記第 1 のセンサからの前記測定値において第 1 の特徴を検出するステップと、前記第 1 のガス供給コマンド信号に相当する前記第 2 のセンサからの前記測定値において第 2 の特徴を検出するステップと、前記第 1 の特徴の発生と第 2 の特徴の発生との間の時間差に基づいて前記輸送遅れ値を計算するステップとを含む、請求項 6 記載のガスエンジン組立体。

【請求項 8】

ガス供給源と燃焼システムの間のガス供給路に沿った少なくとも 1 つのセンサから測定値を受信し、ガス供給制御機構が調節される時間と、これに対応してガスの特性が調節されたガスが、前記ガス供給制御機構から下流の所定の地点に到達する時間との間の遅れに相当する輸送遅れ値を計算するように構成された輸送遅れ計算モジュールと、

前記輸送遅れ値に基づいて前記ガス供給制御機構を制御するために、ガス供給制御信号を生成するように構成されたガス供給機構制御モジュールと  
を備えるガスエンジン制御回路であって、

前記輸送遅れ計算モジュールが、前記ガス供給路に沿った少なくとも 2 つのセンサから少なくとも 2 セットの測定値を経時的に受信し、前記少なくとも 2 セットの測定値の経時的な分析に基づいて前記輸送遅れ値を計算するように構成され、

前記輸送遅れ計算モジュールが、前記少なくとも 2 セットの測定値に基づき前記ガス供給路に沿って前記ガスの濃度を経時的に判定することによって、前記輸送遅れ値を計算するように構成される、

ガスエンジン制御回路。

【請求項 9】

ガス供給源と燃焼システムの間のガス供給路に沿った少なくとも 1 つのセンサから測定値を受信し、ガス供給制御機構が調節される時間と、これに対応してガスの特性が調節されたガスが、前記ガス供給制御機構から下流の所定の地点に到達する時間との間の遅れに相当する輸送遅れ値を計算するように構成された輸送遅れ計算モジュールと、

前記輸送遅れ値に基づいて前記ガス供給制御機構を制御するために、ガス供給制御信号を生成するように構成されたガス供給機構制御モジュールと  
を備えるガスエンジン制御回路であって、

前記輸送遅れ計算モジュールが、前記ガスの全てではなく、前記ガスの一部が、前記ガス

10

20

30

40

50

供給源と圧縮機間の前記ガス供給路に沿って接続された一端と、前記圧縮機と前記燃焼システム間の前記ガス供給路に沿って接続された反対側の端部とを有するバイパスラインを通して迂回することを考慮することによって前記輸送遅れ値を計算するように構成され、

前記輸送遅れ計算モジュールが、ガス供給源から前記ガスを受け取り該ガスを圧縮するように構成された前記圧縮機と、前記圧縮機から前記ガスを受け取り前記バイパスラインに含まれる前記ガスと燃料とを燃焼させるように構成された前記燃焼システムと、を有するガスタービン前記ガス供給路の前記輸送遅れ値を計算するように構成され、前記輸送遅れ計算モジュールが、前記ガス供給路に沿って前記ガスの濃度を経時的に判定することによって、前記輸送遅れ値を計算するように構成される、  
ガスエンジン制御回路。

10

【請求項 10】

前記輸送遅れ計算モジュールが、前記ガスの圧力を測定することによって、前記ガスの前記濃度を計算するように構成される、請求項 8 又は 9 に記載のガスエンジン制御回路。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本明細書に開示される主題は、ガスエンジンのガス流量の制御に関し、より詳細にはターボチャージャーガスエンジンのガス供給ラインにおける輸送遅れを判定し、この輸送遅れに基づいてガス供給パラメータを制御することに関する。

20

【背景技術】

【0002】

ガスエンジンのガスタービンは、ガス、空気またはガス/空気混合物などの流体を圧縮機へと供給し、この流体を燃焼器によって加熱し、加熱した流体をタービン段を通して押しやることによって動力を生成する。タービン段は、シャフトに固定されたブレードまたは動翼を含み、これらは、加熱された流体がブレードまたは動翼に誘導される際、シャフトを回転させるように構成され、シャフトを回転させて動力を生成する。ターボチャージャータービンでは、このシャフトの回転を利用して、圧縮機におけるブレードを回転させ、強制的に空気を圧縮機へと誘導することができる。

30

【0003】

圧縮機および燃焼システムへのガスの供給は、ガス流量調節弁によって制御することができ、圧縮機および燃焼システムに供給される空気とガスの混合物は、ガス混合機によって調節することができる。しかしながら所望の量のガス、または所望のガス/空気混合物が燃焼器に流れるようにガス流量弁またはガス混合機に制御信号を送信する場合、ガス供給制御機構、例えばガス供給弁が調節される時間と、これに対応するガスの特性の変化をガス供給制御機構から下流の特定の地点において受け取る時間との間に遅れが生じる。

【先行技術文献】

【特許文献】

40

【0004】

【特許文献 1】米国特許出願公開第 2012/0095668 号明細書

【発明の概要】

【0005】

本発明の一態様によると、ガスエンジン組立体は、第 1 のガス供給ラインからガスを受け取り、このガスを圧縮するように構成された圧縮機を含む。燃焼システムが、第 2 のガス供給ラインを介して圧縮機からガスを受け取り、ガスと燃料とを燃焼させる。バイパスラインは、第 1 のガス供給ラインに接続された一端と、第 2 のガス供給ラインに接続された反対側の端部とを有することで、第 1 および第 2 のガス供給ラインの一方からのガスの全てではないガスの一部を第 1 および第 2 のガス供給ラインの他方へと迂回させる。制御

50

システムは、輸送遅れに基づいてガス供給パラメータを制御し、輸送遅れは、ガス供給機構が調節される時間と、これに対応するガスの特性の変化がガス供給制御機構から下流の所定の地点において検出される時間との間の遅れに相当する。

【0006】

本発明の別の態様によると、輸送遅れ計算モジュールが、ガス供給源と、燃焼システム間のガス供給路に沿った少なくとも1つのセンサから測定値を受信し、ガス供給機構が調節される時間と、これに対応してガスの特性が調節されたガスが燃焼システムに到達する時間との間の遅れに相当する輸送遅れ値を計算する。ガス供給機構コマンドモジュールが、ガス供給制御信号を生成し、輸送遅れ値に基づいてガス供給制御機構を制御する。

【0007】

本発明のさらに別の態様によると、ガスエンジン組立体の作動を制御する方法は、ガス供給路に沿った少なくとも1つのセンサから少なくとも1セットの測定値を取得するステップを含み、ガス供給路は、ガスタービンのガス供給源から圧縮機へ、および圧縮機から燃焼システムへとガスを供給するように構成される。ガスエンジン組立体は、ガス供給源と圧縮機との間のガス供給路に沿って接続された一端と、圧縮機と燃焼システムとの間のガス供給路に沿って接続された反対側の端部とを有するバイパスラインを含む。この方法は、ガス供給機構制御機構が調節される時間と、これに対応してガスの特性が調節されたガスをガス供給制御機構から下流の所定の地点において受け取る時間との間の遅れに相当する輸送遅れ値を計算するステップを含む。方法は、輸送遅れ値に基づいてガス供給制御機構を制御するためにガス供給制御信号を生成するステップを含む。

【0008】

これらのおよびその他の利点および特徴は、図面と併せて以下の記載からより明らかになるであろう。

【0009】

本発明として見なされる主題は、この明細書の終わりにある特許請求の範囲において詳細に指摘され、明白に主張される。本発明の上記のおよびその他の特徴および利点は、添付の図面と併せて以下の詳細な記載から明らかである。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の一実施形態によるガスエンジン組立体の図である。

【図2】本発明の別の実施形態によるガスエンジン組立体の図である。

【図3】本発明の別の実施形態によるガスエンジン組立体の図である。

【図4】本発明の一実施形態によるガスエンジン制御装置のブロック図である。

【図5】一実施形態によるガスエンジンを制御するための方法のフロー図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

詳細な記載は、一例として図面を参照して、利点および特徴と共に本発明の実施形態を説明している。

【0012】

ガスエンジンシステムにおいて、ガスまたは空気供給機構が調節される時間と、燃焼システムへのガス流におけるこれに対応する変化を燃焼システムにおいて受け取る時間との間には遅れが存在する。この遅れは、結果としてガス/空気供給システムにおける非効率または誤差につながる可能性がある。本発明の実施形態は、判定された輸送遅れに基づいてガス/空気混合物を調節することに関する。

【0013】

図1は、本発明の一実施形態によるガスエンジン組立体100を示す。組立体100は、ガス供給システム110、タービン構造体120、燃焼システム130およびエンジン制御組立体140を含む。作動中、ガス供給システムは、第1のガス供給ライン151に沿ってタービン構造体120までガスを供給する。タービン構造体120は、圧縮機121、タービン段122および、圧縮機121のブレードをタービン段122の動翼と接続

10

20

30

40

50

するシャフト１２３を含む。作動中、タービン構造体１２０は、シャフト１２３によって圧縮機１２１のブレード駆動することによりガスを圧縮機１２１へと強制的に誘導することによって、ターボチャージャーとして作動することができる。

【００１４】

ガスは、圧縮機１２１から、第２のガス供給ライン１５２を介して燃焼システム１３０へと流れる。ガス供給ライン１５２は、吸気マニフォールド１３１において１つの流路から複数の流路へと分割させることで、例えばガスを複数の燃焼器に誘導することができる。ガスは、燃焼システムにおいて燃焼および加熱することができ、複数の流路を介して複数の燃焼器に対応する排気マニフォールド１３２から出力させることができる。ガスは、燃焼システム１３０から第３のガス供給ライン１５４を介してタービン段１２２へと誘導される。ガスは、排気経路１５５を介してタービン段１２２から放出され、この場合ガスは、空気中へと放出することができ、保管するために捕捉することができ、さらなる加熱または冷却作業のために再利用することができ、または任意の他の目的のために利用することができる。

10

【００１５】

本発明の実施形態では、バイパスライン１５３は、圧縮機１２１の上流で第１のガス供給ライン１５１に接続された第１の端部１５６と、圧縮機１２１の下流で第２のガス供給ライン１５２に接続された第２の端部１５７とを有する。第１のガス供給ライン１５１における圧力と、第２のガス供給ライン１５２における圧力との圧力比によって、ガスは、第１の端部１５６から第２の端部１５７へ、または第２の端部１５７から第１の端部１５６へのいずれかに流れることができる。例えば、エンジン組立体１００が、ターボチャージャーとして作動するように構成される場合、ガスは、バイパスライン１５３に沿って第１のガス供給ライン１５１に接続された端部１５６から、第２のガス供給ライン１５２に接続された第２の端部１５７へと、圧縮機１２１を迂回して流れることができる。バイパスライン１５３を介して送られるガスは、第１のガス供給ライン１５１からのガスのほんの一部であり、第１のガス供給ライン１５１を通して流れる残りのガスは、圧縮機１２１へと流れる。

20

【００１６】

バイパスライン１５３は、第１または第２のガス供給ライン１５１または１５２からのガスの一部を迂回させるため、ガス供給システム１１０における、あるいは第１または第２のガス供給ライン１５１、１５２に沿った、あるいはバイパスライン１５３に沿った弁などのガス供給機構を制御することで、ガス供給システム１１０と燃焼システム１３０の間のガスの流れにおいて非線形応答が生じることになる。換言すると、所定の量だけガス流を増加させるように弁を調節することは、結果として恐らく、燃焼システム１３０の吸気マニフォールド１３１における、例えばガスの濃度などのガスの特性の比例的なまたは線形の変化にはならない。

30

【００１７】

本発明の実施形態では、ガスは、純粋なガスまたはガス混合物、すなわち大気中の空気（本明細書では「空気」とも呼ばれる）と別のガス、例えば酸素、窒素または任意の他のガス、または大気中の空気以外の複数のガスの混合物との組み合わせであってよい。換言すると、本明細書における用語「ガス」は、この用語が使用される文脈によって、純粋なガスまたは空気以外のガスの混合物を指すか、またはガス／空気混合物を指す場合がある。例えば第１のガス供給ライン１５１および第２のガス供給ライン１５２を流れるガスは、ガス／空気混合物であってよく、その一方でガス供給源、例えば図２のガス供給源１１１から供給されるガスは、純粋なガスまたは空気以外のガスの混合物であってよい。

40

【００１８】

ガスエンジン組立体１００は、ガス供給制御機構１６２および１６４を含み、これらは本明細書では弁（Ｖ）１６２および１６４とも呼ばれ、バイパスライン１５３および第２のガス供給ライン１５２に沿って位置する。これらは組立体１００においてガス流を制御するための弁の一例として提供されており、本発明の実施形態は、追加の弁、組立体１０

50

0内の異なる場所に位置する弁、および弁以外の他のタイプのガス供給制御機構も包含する。

【0019】

ガスエンジン組立体100はまた、センサ(S)161および163を含む。センサ161は、第1のガス供給ライン151に沿って配置されてよく、センサ163は、第2のガス供給ライン152に沿って配置されてよい。センサ161および163は、一例として提供されているが、本発明の実施形態は、例えばバイパスライン153に沿った、ガス供給システム110内、タービン構造体120内、多数の流路131または132の1つまたは複数に沿った、第3のガス供給ライン154に沿った、または排気流路155に沿った組立体100内での任意の配置のセンサも包含する。センサ161および163は、任意のタイプのセンサ、例えば圧力センサ、温度センサ、流量センサまたは任意の他のタイプのセンサを含む場合もある。

10

【0020】

ガスの流路を第1の、第2のおよび第3のガス供給ライン151、152および154、バイパスライン153ならびに排気経路155として記載されてきたが、本発明の実施形態は、ラインまたは導管に限定されるものではなく、実施形態は、ガスの流れを制限し、誘導することができるいずれの構造体も包含する。一例の構造体には、ライン、管、ホースおよび例えばタービン構造体120などの構造体の中に穴あけされた、または形成された空洞、例えばフレーム構成要素もしくはタービン構造体120または任意の他の構造体などのフレーム構造体によって形成された空洞が含まれる。第1の、第2のおよび第3のガス供給ライン151、152および154、バイパスライン153および排気経路155は、いずれの形状も含むことができ、かつ例えば管状、実質的に平坦な、直線の、湾曲した、狭い、断面積が縮小する、断面積が拡大する、または組立体100の設計問題による任意の他の形状などの様々な形状を有する種々の部分を有することができる。

20

【0021】

ガスエンジン組立体100はさらに、エンジン制御組立体140を含み、これはガス供給システム110から燃焼システム130へのガスの供給を制御するように構成されている。一実施形態において、エンジン制御組立体140は、処理回路、メモリ、プログラム可能論理、受動電気構成要素および他の回路などの回路を含むことで、データを受信、記憶、分析および送信する。エンジン制御組立体140は、センサ161および163からの測定値141を受信し記憶する。測定値141は、フィードフォワード分析装置142において利用され、第1および第2のガス供給ライン151および152に沿ったガスの輸送遅れを測定し、その一方で、バイパスライン153を通るガス流の一部の分岐を考慮する。したがって、一実施形態においてフィードフォワード分析装置142は、非線形アルゴリズムを適用することで、フィードフォワード補償信号を生成する。

30

【0022】

一実施形態において、フィードフォワード分析装置142は、測定されたセンサデータを入力として受信し、ガスエンジン組立体100の輸送遅れに相当する1つまたは複数の値を出力として生成するアルゴリズムを表すように構成されたソフトウェアまたはハードウェアの一方またはその両方を含む。このアルゴリズムは、ガス供給路(例えばガス供給システム110を通る、第1のガス供給ライン151に沿った、圧縮機121を通る、第2のガス供給ライン152に沿った、およびバイパスライン153に沿った)に沿ったマニフォールド中のガス濃度の変化をエンジン状況の関数として記述する。いくつかの実施形態において、エンジン状況は、燃焼システム130の燃焼レベル、タービン構造体120の回転速度もしくはトルクレベル、燃料消費レベル、ガス流レベル、排気レベルまたは他のエンジン状況に相当する。

40

【0023】

一実施形態において、アルゴリズムは、ガス供給機構と吸気マニフォールド131間の輸送遅れを表す非線形アルゴリズムである。このアルゴリズムは、第1および第2のガス供給ライン151および152からのガスの一部をバイパスライン153を通るように迂回

50

させることを考慮している。

【0024】

エンジン制御組立体140はまた、目標値生成器143を含む。目標値は、ガスパラメータの値など特定のエンジン状況に相当する。一実施形態において、目標値は、燃焼システム130の吸気マニフォールド131において所望されるガスの濃度に相当する。一実施形態において、目標値は、ユーザからのデータ入力、ガスタービンを制御するためのモデルデータ、または任意の他の基準データなどの基準データに基づいて計算される。例えばガスエンジン組立体100は、シャフト123の回転速度、シャフト122のトルクレベル、事前定義された排気出力レベル、所定の燃料消費レベル、所定のガス消費レベル、これらのレベルの何らかの組み合わせ、または出力に対応する任意の他の判定基準などの所望の出力レベルを達成するように目標値を計算する特定のモデルに従って制御することができる。

10

【0025】

目標値は、フィードバック分析装置144に提供され、この装置は、目標値を測定値141と比較することで誤差値を生成する。フィードフォワード分析値と、誤差値は、制御信号生成器145に提供され、ガスエンジン組立体100の作動を制御する制御信号を生成する。制御信号の例には、弁162および164を制御するための制御信号、ガス供給システム110からのガスの供給を制御するための制御信号、燃焼システム130に供給される燃料を制御するための制御信号、またはガスエンジン組立体100の任意の他の可変パラメータを制御するための制御信号が含まれる。

20

【0026】

一実施形態において、フィードフォワード分析装置142は、圧力センサおよび温度センサからの圧力データと温度データの一つのみまたはその両方に基づいて輸送遅れを計算する。別の実施形態において、フィードフォワード分析装置142は、圧力センサから圧力データ、温度センサからの温度データ、圧縮機121、シャフト123またはタービン段122の回転速度データ、およびガス供給機構を通るガス流の量のうちの1つのみまたはその複数に基づいて輸送遅れを計算する。換言すると、ガスエンジン組立体100は、任意の数および任意のタイプのセンサを含むことができ、フィードフォワード分析装置142は、種々のセンサの各々を利用して、輸送遅れを計算することができる、またはフィードフォワード分析装置142は、圧力センサ、温度センサおよびタービン構造体120の回転速度センサのみのセンサのサブセットのみを利用して輸送遅れを計算する場合もある。

30

【0027】

一実施形態において、ガスエンジン組立体100は、ラムダセンサおよび酸素濃度センサの一方またはその両方を含まない。このような一実施形態において、フィードフォワード分析装置142は、システムに関する輸送遅れを計算することで、例えば圧力センサ、温度センサ、回転速度センサおよびガス流センサなどのガス供給路に沿った他のセンサに基づいてガス供給制御信号145を調節する。別の実施形態において、ガスエンジン組立体100は、ラムダセンサおよび酸素濃度センサの一方またはその両方を含む。このような一実施形態において、フィードフォワード分析装置142は、輸送遅れを計算することでシステムの冗長性を提供することができる。このような一実施形態において、フィードフォワード分析装置142によって計算された輸送遅れは、ラムダセンサおよび酸素濃度センサの一方またはその両方によって生成されたデータと比較され、センサの故障、ソフトウェアの故障、またはガスエンジン組立体100における他の異常を検出する。

40

【0028】

図1は、ガスエンジン組立体100の構成を示しており、これはバイパスライン153の第1の端部156の上流でガス供給システム110から噴射されるガスを有する。しかしながら本発明の実施形態は、ガスおよび空気供給ライン151および152に沿ったいずれの地点でのガスの噴射も包含する。例えば、一実施形態においてバイパスライン153の第1端部156は、ガス供給システム110の上流に位置する。このような一実施形

50

態において、空気をガス供給システム 110 に供給することができ、この空気は、バイパスライン 153 の第 1 の端部 156 においてバイパスライン 153 の開口を横切るように流れることができる。上記で考察したように、ガス供給システム 110 によってガスを空気ストリーム内に混合させることができる。

【0029】

さらに別の実施形態において、ガス供給システム 110 は、弁 164 より前で、ガスバイパスライン 153 の第 2 の端部 157 から下流でガスを供給ライン 152 へと噴射する場合もあり、この弁は、絞り弁 164 と呼ばれる場合もある。換言すると、本発明の実施形態は、ガス供給システム 110 から第 1 および第 2 のガス供給ライン 151 および 152 へとガスを取り込む任意の構成を包含する。

10

【0030】

図 2 は、本発明の別の実施形態によるガスエンジン組立体 200 を示す。図 1 のもとの同様のガスエンジン組立体 200 の要素は、予め記載されているため、図 2 に関して繰り返し記載されない。図 2 に示されるように一実施形態において、ガス供給システム 110 は、ガス供給源 111、ガス流量調節弁 (V) 112、センサ (S) 113 および空気/ガス混合物 (M) 114 を含む。ガス供給源 111 は、貯蔵容器、濾過システムまたはガスエンジン組立体 200 に空気以外のガスを提供する他のシステムまたは経路であってよい。

【0031】

ガス流量調節弁 112 は、ガスエンジン組立体 200 への空気以外のガスの流れを調節し、センサ 113 は、圧力、温度、濃度、流量または任意の他の特性などの空気以外のガスの特性を検出する。混合機 114 は、燃焼システム 130 に供給すべき空気以外のガスに加えられる空気の量を調節する。結果として生じるガス（これは空気以外のガス、または空気と空気以外のガスの混合物、すなわちガス/空気混合物であってよい）が、圧縮機 121 に供給され、図 1 に関して考察したように一部をバイパスライン 153 を通るように迂回させることができる。

20

【0032】

一実施形態において圧縮機 121 からのガスは、ガスの温度を管理する中間冷却器 168 に供給される。弁 164 は、これは絞り弁 164 と呼ばれる場合もあり、燃焼システム 130 へのガスの流れを制御する。センサ 165 は、絞り弁 164 から下流に位置しており、吸気マニフォールド 131 におけるガスの特性を検出する。一実施形態において、吸気マニフォールド 131 の複数の流路の各々は、別個のセンサ 165 を含む。

30

【0033】

一実施形態において、ガスエンジン組立体は、センサ 166 および 167 を含むことで、排気マニフォールド 132 およびタービン段 122 からの排ガス出力の特性をそれぞれ検出する。本発明の実施形態において、ガス供給機構が制御される時間と、吸気マニフォールド 131 においてこれに対応するガス流の特徴を受け取るまでの時間との間の輸送遅れは、センサ 113、161、163、165、166 および 167 の 1 つまたは複数から検出されたデータに基づいて計算することができる。一実施形態において輸送遅れは、センサ 113、161、163、165、166 および 167 の 2 つ以上からのデータに基づいて計算される。一実施形態において輸送遅れは、センサ 113、161、163、165、166 および 167 の 2 つ以上からのデータの経時的な分析作業に基づいて計算される。

40

【0034】

例えば、一実施形態において、ガス供給制御信号が混合機 114 に送信され、第 1 のガス供給ライン 151 に供給されるガスと空気の比率を調節する。ガス流の特性の変化、例えばガスの圧力または温度の変化が、センサ 161 によって検出され、これに対応する特徴が、センサ 161 によってエンジン制御組立体 140 に提供されるデータセットにおいて検出される。ガス流の特性の変化、例えば圧力または温度の変化はまた、センサ 165 によっても検出され、これに対応する特徴が、センサ 165 によってエンジン制御組立体

50



140に提供されるデータセットにおいて検出される。一実施形態において、センサ161および165からのデータセットにおいて検出された特徴は、空気とガスの比率の変化に対して非線形の関係性を有するが、ガスの少なくとも一部を分岐させて圧縮機121を迂回させる（または第2のガス供給ライン152から第1のガス供給ライン151に戻るよう供給させる）バイパスライン153に少なくとも一部起因している。一実施形態において、エンジン制御組立体140のフィードフォワード分析装置142は、流れの特性における変化に対応する特徴が、センサ161および165からのデータセットに現れる時間を分析し、混合機114が設定を変える時間と、ガス特性における変化（例えばガスの濃度の変化）を有するガスの対応する部分が吸気マニフォールド131に達した時間との間の輸送遅れを判定する。制御信号生成器145はこのとき、計算された輸送遅れ値を考慮しつつ、制御信号を調節または生成し、または他のガス供給制御機構を制御する。

10

#### 【0035】

図1および図2は、一段式のガスタービンを示しているが、本開示の実施形態は、一段式に限定されるものではなく、例えば図3は、本発明の実施形態による二段式のガスエンジン組立体300を示している。

#### 【0036】

二段式ガスエンジン組立体300は、二段式ガスエンジン組立体300が、低圧タービン構造体320と、高圧タービン構造体330を含むこと以外は、図1および図2のガスエンジン組立体100および200と同様である。2つのタービン段320および330が図3に示されているが、本発明の実施形態は、任意の数のタービン構造を包含する。

20

#### 【0037】

二段式ガスエンジン組立体300は、ガス供給システム310、低圧タービン構造体320、高圧タービン構造体330および燃焼システム350を含む。ガス供給システム310は、ガス供給源311、ガス流量調節弁(V)312、センサ(S)313および空気/ガス混合機(M)314を含む。ガス供給源311、ガス流量調節弁(V)312、センサ(S)313および空気/ガス混合機(M)314は、図2にガス供給源111、ガス流量調節弁(V)112、センサ(S)113および/または空気/ガス混合機(M)114に関して予め記載されている。

#### 【0038】

空気/ガス混合機314から出力されたガス（これは、空気以外のガス、または空気と空気以外のガスの混合物、すなわちガス/空気混合物であってよい）は、低圧タービン構造体320の圧縮機321へと供給される。低圧タービン構造体は、圧縮機321と、タービン段322と、タービン段322へのガスの供給に基づいて回転するシャフト323とを含む。一部の状況では、空気/ガス混合機314からのガスの一部が（ガス流の全てではない）、バイパスライン340および344の一方またはその両方を通るように分岐される。ガスは圧縮機321から中間冷却器362へと供給されることで、ガスの温度が制御され、ガスは、高圧タービン構造体330の圧縮機331に送られる。高圧タービン構造体330は、圧縮機331と、タービン段332と、タービン段332へのガスの供給に基づいて回転するシャフト333とを含む。一部の状況では、圧縮機321からのガスの一部が（ガス流の全てではない）、バイパスライン342および344の一方またはその両方を通るように分岐される。

30

40

#### 【0039】

ガスは、圧縮機331から中間冷却器364および混合機370へと供給される。混合機370は、ガス供給源368から空気以外のガスを受け取り、ガスの流れは、ガス供給制御機構(V)369によって制御することができる。2つの混合機370および314が図3に示されているが、一実施形態では、空気のみが第1の圧縮機321に供給され、二段式ガスタービン300は、ガス供給システム310を含まない。このような一実施形態では、混合機370は、吸気マニフォールド351に供給されるガスと空気の比率を調節するように構成された空気/ガス混合機370である。2つのガス供給源311および368が存在し、2つの混合機314および370が存在する別の実施形態において、混合

50

機 3 7 0 は、燃焼システム 3 5 0 へと流れる空気 / ガス混合物に対するガス供給源 3 1 1 からのガスと同一のガスまたはそれと異なるガスの追加を調節する。

【 0 0 4 0 】

絞り弁 3 7 1 は、吸気マニフールド 3 5 1 へのガスの流れを制御し、加熱され燃焼したガスが、排気マニフールド 3 5 1 から流れ出て、タービン段 3 3 2 および 3 2 2 へと流れる。ガス供給制御機構は、これは弁 ( V ) 3 1 2、3 6 6、3 6 7、3 6 8、3 6 9 および 3 7 1 と呼ばれ、ガス供給源 3 1 1 および 3 6 8 から燃焼システム 3 5 0 へのガスのおよび空気 / ガス混合物の流れを制御する。弁 3 1 2、3 6 6、3 6 7、3 6 8、3 6 9 および 3 7 1 は、エンジン制御組立体、例えば図 1 に示されるエンジン制御組立体 1 4 0 などによって制御されることで、ガスおよび空気 / ガス混合物の流れを制御する。センサ 3 1 3、3 6 3、3 6 5、3 7 2、3 7 3、3 7 4 および 3 7 5 が、2 段式ガスエンジン組立体 3 0 0 におけるガスと、空気 / ガス混合物の特性を測定する。センサ 3 1 3、3 6 3、3 6 5、3 7 2、3 7 3、3 7 4 および 3 7 5 は、図 1 および図 2 のセンサ 1 1 3、1 6 1、1 6 3、1 6 5、1 6 6 および 1 6 7 と同様であり、これは予め記載されている。

10

【 0 0 4 1 】

図 1 および図 2 に関して上記で考察したように、1 つまたは複数のセンサ 3 1 3、3 6 3、3 6 5、3 7 2、3 7 3、3 7 4 および 3 7 5 からの測定値は、エンジン制御組立体 1 4 0 に供給され、2 段式ガスエンジン組立体 3 0 0 の輸送遅れを計算する。エンジン制御組立体 1 4 0 は、この輸送遅れを考慮してガス供給機構制御信号を生成することで、ガス供給機構 3 1 2、3 6 6、3 6 7、3 6 8、3 6 9 および 3 7 1 を制御する。

20

【 0 0 4 2 】

図 4 は、本発明の一実施形態によるガスエンジン制御装置 4 0 0 を示す。ガスエンジン制御装置 4 0 0 は、例えば図 1 のエンジン制御組立体 1 4 0 に相当する可能性がある。ガスエンジン制御装置 4 0 0 は、軌道生成器 4 0 2 を含み、これには、例えば図 1 から図 3 のガスタービン組立体 1 0 0、2 0 0 および 3 0 0 などのガスエンジン組立体の作動状況間の移行を記述するアルゴリズムを表すハードウェアおよびソフトウェアの一方またはその両方が含まれる。換言すると、軌道生成器 4 0 2 は、ユーザから、メモリに記憶された、別の制御システムから、または任意の他の供給源から入力データとして基準データを受信する。軌道生成器 4 0 2 は、エンジン組立体の現在の状況および目標とする状況を判定する。軌道生成器 4 0 2 は、現在の状況から目標状況までの軌道を計算し、この軌道に沿った特定の地点に対応する目標値を出力する。ガスエンジン組立体の目標状況の例には、任意の測定可能なパラメータ、例えば出力レベル、シャフトまたはタービン段の回転速度、燃焼システムの温度または圧力、消費される燃料、ガス流またはガスエンジン組立体の任意の他の状況が含まれる。

30

【 0 0 4 3 】

ガスエンジン制御装置 4 0 0 はまた、ガスエンジン組立体のセンサからの測定値と、軌道生成器 4 0 2 からの目標値を入力として受信する比較装置 4 0 4 を含む。比較装置 4 0 4 は、現在測定されたデータと、目標値との差に相当する誤差値を生成する。この誤差値は、特定の数字、特定の範囲の数字、サブセットの値を定義する式または任意の他の値であってよい。誤差値は、補償信号生成器 4 0 6 に出力され、これは、この誤差値に基づいてガスエンジン組立体のガス供給機構を制御する補償信号を生成する。

40

【 0 0 4 4 】

ガスエンジン制御装置 4 0 0 はまた、輸送遅れ計算機 4 0 8 を含む。輸送遅れ計算機 4 0 8 は、図 1 のフィードフォワード分析装置 1 4 2 に相当する可能性がある。輸送遅れ計算機は、測定されたセンサデータを入力として受信し、ガスエンジン組立体の輸送遅れに相当する 1 つまたは複数の値を出力として生成するアルゴリズムを表すように構成されたソフトウェアおよびハードウェアの一方またはその両方を含む。このアルゴリズムは、エンジン状況の関数として、ガス供給路に沿ったマニフールドにおけるガス濃度の変化を記述する。エンジン状況は、燃焼システムの燃焼レベル、タービン構造体の回転速度もしく

50

はトルクレベル、または任意の他のエンジン状況に相当する場合がある。

【 0 0 4 5 】

一実施形態において、アルゴリズムは、ガス供給機構と吸気マニフォールド間の輸送遅れを表す非線形アルゴリズムである。アルゴリズムは、一部のガス（ガスの全てではない）が、ガストリームが中を流れる圧縮機から上流および下流に接続された端部を有するガスエンジン組立体のバイパスラインを通るように分岐させることを考慮している。

【 0 0 4 6 】

補償信号および輸送遅れ値は、輸送遅れ補償装置 4 1 0 に提供され、この輸送遅れ信号に基づいて補償信号を調節する。調節された補償信号は、制御信号生成器 4 1 2 に出力され、これは、ガスエンジン組立体におけるガス供給制御機構に対する 1 つまたは複数の適切な制御信号を生成することで、ガスエンジンシステムの燃焼システムへのガスまたは空気 / ガス混合物の流れを制御する。

10

【 0 0 4 7 】

いくつかの実施形態において、軌道生成器 4 0 2、比較装置 4 0 4、補償信号生成器 4 0 6、輸送遅れ計算機 4 0 8、輸送遅れ補償装置 4 1 0 および制御信号生成器 4 1 2 は、同一のコンピュータチップ、マイクロコントローラ回路、集積回路、回路基板または処理回路およびメモリを封入する筐体を有するコンピュータに組み入れられる。他の実施形態において、軌道生成器 4 0 2、比較装置 4 0 4、補償信号生成器 4 0 6、輸送遅れ計算機 4 0 8、輸送遅れ補償装置 4 1 0 および制御信号生成器 4 1 2 の 1 つまたは複数のコンピュータチップ、マイクロコントローラ回路、集積回路、回路基板またはコンピュータに分散されて組み入れられる。

20

【 0 0 4 8 】

図 5 は、一実施形態によるガスエンジン組立体を制御する方法のフローチャートを示している。ブロック 5 0 2 において、ガスエンジン組立体におけるセンサ測定値が取得される。センサ測定値には、圧力センサ、温度センサ、エンジン速度センサおよびガス流センサが含まれてよい。一実施形態において、センサ測定値は、ラムダセンサおよび酸素濃度センサの一方またはその両方を除外する。センサ測定値は、ガス供給源と燃焼システム間のガス供給のガスの特性と、ガスタービンの特性、例えば回転速度のうちの一方またはその両方に相当する。いくつかの実施形態において、センサ測定値は、ガス供給源と燃焼システム間のガス / 空気混合物のガス / 空気混合物特性に相当する。

30

【 0 0 4 9 】

ブロック 5 0 4 において、測定値は、1 つまたは複数の目標値と比較され、誤差値を生成する。一実施形態において、目標値は、ガスエンジン組立体の現在の状況と、ガスエンジン組立体の目標状況に対応する軌道に基づいて計算される。このような一実施形態において、目標値は、この軌道に沿った地点に相当し、誤差値は、現在測定されたガスタービンの特性と、目標のガスタービンの特性との差に相当する。

【 0 0 5 0 】

ブロック 5 0 6 において、測定値は経時的に分析し、輸送遅れを計算する。一実施形態において、輸送遅れは、測定されたセンサデータを入力として受信し、ガスエンジン組立体の輸送遅れに相当する 1 つまたは複数の値を出力として生成するアルゴリズムに基づいて判定される。このアルゴリズムは、エンジン状況の関数として、ガス供給路に沿ったマニフォールドにおけるガス濃度の変化を記述する。いくつかの実施形態において、エンジン状況は、燃焼システムの燃焼レベル、タービン構造体の回転速度もしくはトルクレベルまたは任意の他のエンジン状況に相当する。一実施形態においてアルゴリズムは、ガス供給機構と吸気マニフォールド間の輸送遅れを表す非線形アルゴリズムである。アルゴリズムは、ガストリームが中を流れる圧縮機から上流および下流に接続された端部を有する、ガスエンジン組立体のバイパスラインを通るようにガスの一部を分岐させることを考慮する。

40

【 0 0 5 1 】

一実施形態において、測定値の経時的な分析は、ガス供給制御信号に相当する第 1 のセ

50

ンサからの第1のセットの測定値において第1の特徴を特定するステップと、同一のガス供給制御信号に相当する第2のセンサからの第2のセットの測定値において第2の特徴と特定するステップとを含む。輸送遅れはこの後、第1の特徴と第2の特徴の間の時間差に基づいて計算される。

【0052】

ブロック508において、制御信号が生成され、計算された誤差値と、輸送遅れ値に基づいて1つまたは複数のガス供給機構を制御する。

【0053】

本発明の実施形態は、ガス供給路に沿って燃焼システムまでのバイパスラインによって少なくとも一部が導入される非線形特性を考慮した輸送遅れ値に基づいてガスエンジン組立体を制御する。本発明の実施形態は、任意のタイプのセンサ、例えば圧力、温度、エンジン速度およびガス流センサを含むシステムを包含し、一実施形態において、システムは、ラムダセンサまたは酸素濃度センサを含まない。実施形態は、一段式および多段式タービン組立体を包含する。

10

【0054】

本発明の実施形態は、タービン組立体、エンジン制御システム、回路、組立体、プログラムおよびモデル、ならびに出力を制御するために設けられたガス供給ラインを含み、かつガス供給ラインに沿ったバイパスラインを含む他のエンジン組立体を包含する。本発明の実施形態はまた、例えばタービン組立体を制御するための方法、輸送遅れ値を計算するための方法、ガス供給制御信号を生成するための方法を包含する。

20

【0055】

本発明を、限られた数の実施形態のみに関連して詳細に記載してきたが、本発明はこのような開示される実施形態に限定されるものではないことを容易に理解すべきである。むしろ本発明は、これまで記載されていないが、本発明の精神および範囲に見合った任意の数の変形形態、代替形態、代用形態または等価な構成を組み込むように修正することができる。これに加えて、本発明の種々の実施形態を記載してきたが、本発明の態様は、記載される実施形態の一部のみを含むことができるものと理解すべきである。したがって本発明は、前述の記載によって制限されるものと理解すべきではなく、添付の特許請求の範囲によってのみ制限されるものである。

30

【符号の説明】

【0056】

- 100 ガスエンジン組立体
- 110 ガス供給システム
- 120 タービン構造体
- 121 圧縮機
- 122 タービン段
- 123 シャフト
- 130 燃焼システム
- 131 吸気マニフォールド
- 132 排気マニフォールド
- 140 エンジン制御組立体
- 141 測定値
- 142 フィードフォワード分析装置
- 143 目標値生成器
- 144 フィードバック分析装置
- 145 制御信号生成器
- 151 第1のガス供給ライン
- 152 第2のガス供給ライン
- 153 バイパスライン
- 154 第3のガス供給ライン

40

50

1 5 5	排気経路	
1 5 6	第 1 の端部	
1 5 7	第 2 の端部	
1 6 1	センサ	
1 6 2	弁	
1 6 3	センサ	
1 6 4	弁	
1 6 5	センサ	
1 6 6	センサ	
1 6 7	センサ	10
1 6 8	中間冷却器	
3 0 0	2 段式ガスエンジン組立体	
3 1 0	ガス供給システム	
3 1 1	ガス供給源	
3 1 2	ガス流量調節弁	
3 1 3	センサ	
3 1 4	空気 / ガス混合機	
3 2 0	低圧タービン構造体	
3 2 1	圧縮機	
3 2 2	タービン段	20
3 2 3	シャフト	
3 3 0	高圧タービン構造体	
3 3 1	圧縮機	
3 3 2	タービン段	
3 3 3	シャフト	
3 4 0	バイパスライン	
3 4 2	バイパスライン	
3 4 4	バイパスライン	
3 5 0	燃焼システム	
3 5 1	吸気マニフォールド	30
3 5 2	排気マニフォールド	
3 6 1	センサ	
3 6 2	中間冷却器	
3 6 3	センサ	
3 6 4	中間冷却器	
3 6 5	センサ	
3 6 6	ガス供給機構	
3 6 7	ガス供給機構	
3 6 8	ガス供給源	
3 6 9	ガス供給制御機構	40
3 7 0	混合機	
3 7 1	絞り弁	
3 7 2	センサ	
3 7 3	センサ	
3 7 4	センサ	
3 7 5	センサ	
4 0 0	ガスエンジン制御装置	
4 0 2	軌道生成器	
4 0 4	比較装置	
4 0 6	補償信号生成器	50

- 4 0 8 輸送遅れ計算機
- 4 1 0 輸送遅れ補償装置
- 4 1 2 制御信号生成器
- 5 0 2 フローチャートブロック
- 5 0 4 フローチャートブロック
- 5 0 6 フローチャートブロック
- 5 0 8 フローチャートブロック

【図 1】

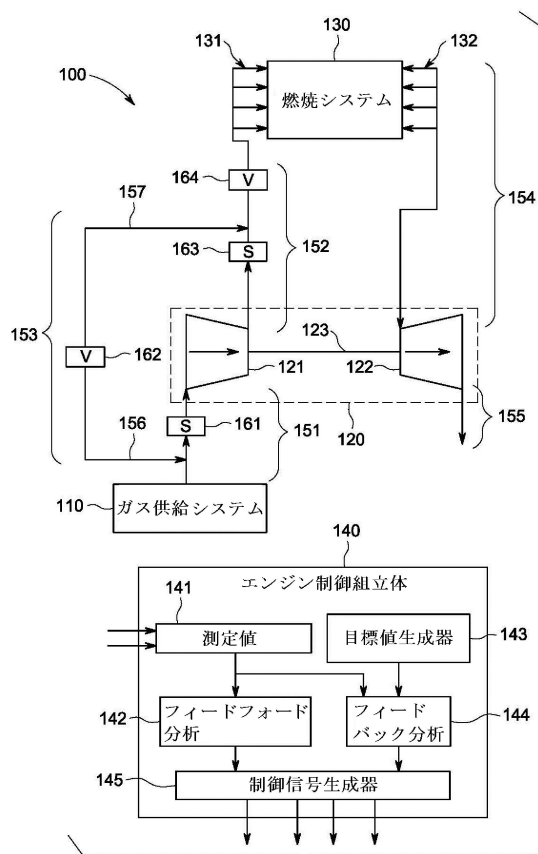


FIG. 1

【図 2】

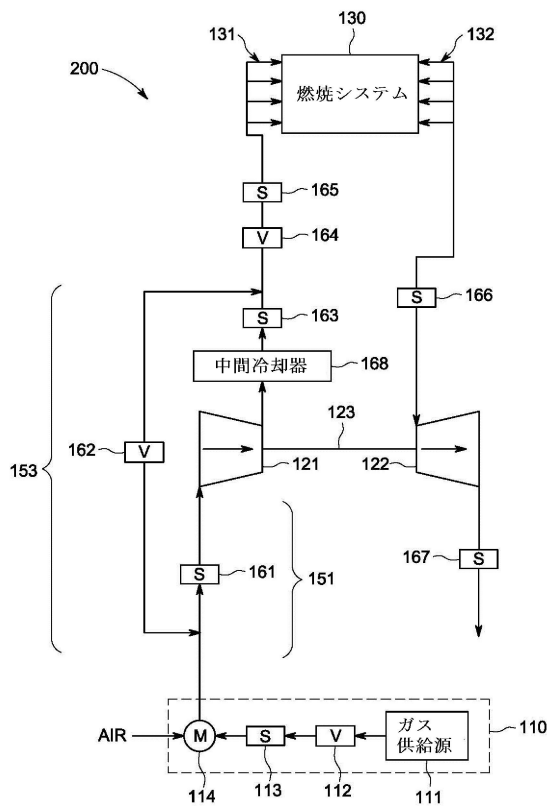


FIG. 2

【図 3】

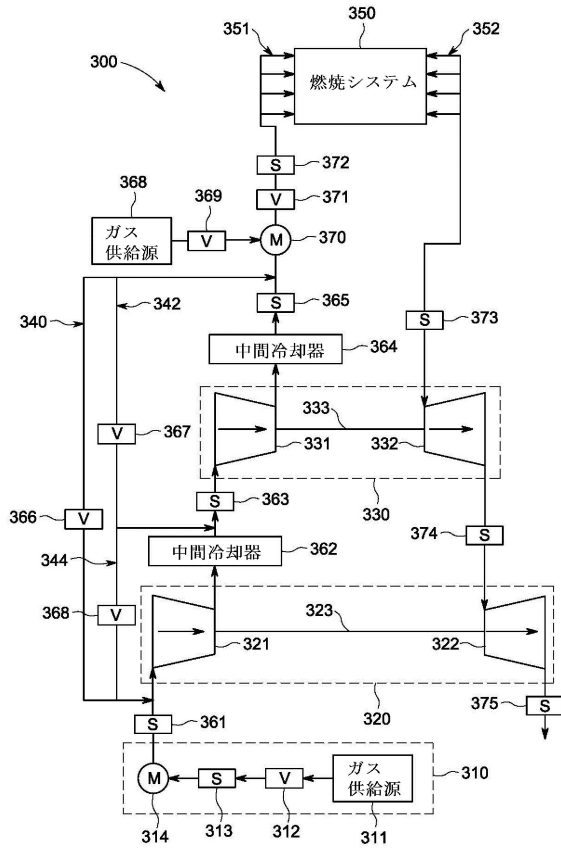


FIG. 3

【図 4】

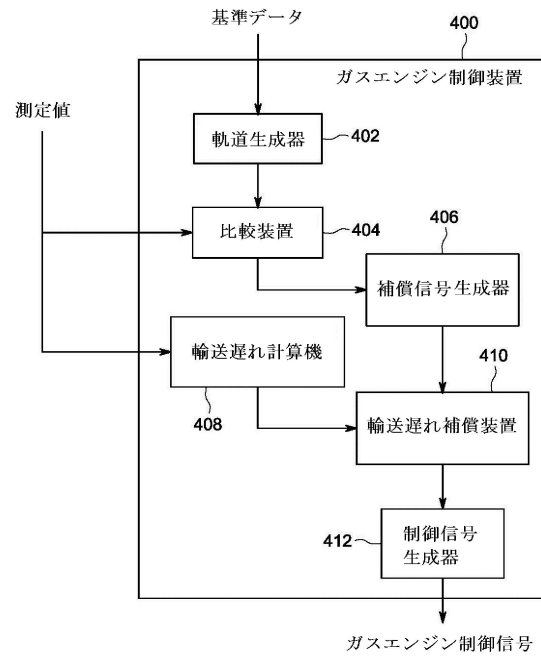


FIG. 4

【図 5】

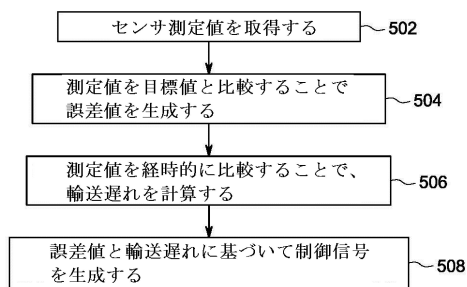


FIG. 5

## フロントページの続き

- (72)発明者 オスカー・エデュアルド・サルミエント・ペヌエラ  
ドイツ、90411、ニュールンバーク、コンチネンタル・エイジー
- (72)発明者 ラファエル・ルパート・バークメア  
ドイツ、デー - 85748、ガルヒン・ベイ・ミュンヘン、フライジンガー・ラントストラッセ・  
50番、ジーイー・グローバル・リサーチ
- (72)発明者 ヨハネス・ヒューバー  
オーストリア、エイ - 6060、ハル・イン・チロル、インスティテュート・フォー・オートメイ  
ション・アンド・コントロール・エンジニアリング
- (72)発明者 メディ・サトリア  
ドイツ、デー - 85748、ガルヒン・ベイ・ミュンヘン、フライジンガー・ラントストラッセ・  
50番、ジーイー・グローバル・リサーチ
- (72)発明者 ローザ・カスターネ・セルガ  
ドイツ、デー - 85748、ガルヒン・ベイ・ミュンヘン、フライジンガー・ラントストラッセ・  
50番、ジーイー・グローバル・リサーチ
- (72)発明者 ブラシャント・スリニヴァサン  
インド、560066、カルナタカ、バンガロール、ホワイトフィールド・ロード、フーディー・  
ヴィレッジ、イーピーアイピー・フェイズ・II、プロット・122、ジョン・エフ・ウェルチ・  
テクノロジー・センター・プライベート・リミテッド

審査官 金田 直之

- (56)参考文献 特開2013-076357(JP, A)  
特開2009-138722(JP, A)  
米国特許出願公開第2007/0079614(US, A1)  
特表2011-522159(JP, A)  
特開2011-241752(JP, A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02C 3/24, 7/22,  
9/00 - 9/58  
F02B 33/00 - 41/10