



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

燃焼動態制御システムであって、  
燃料噴射孔を介して予混合燃料（４２）を受けよう構成された燃料噴射装置（４０）と、  
制御信号に応答して燃料噴射孔（５２）全体にわたる圧力摂動が実質的にゼロになるように駆動することで、制御信号に応答して前記燃料噴射孔（５２）全体にわたる燃料流量の摂動を実質的にゼロにするように構成された音響ドライバ（５０）と  
を備える、燃焼動態制御システム。

**【請求項 2】**

前記燃料噴射装置（４０）が、アビオニクス用のガスタービン燃料噴射装置と、発電用のガスタービン燃料噴射装置から選択される、請求項 1 に記載の燃焼動態制御システム。

**【請求項 3】**

前記燃料噴射孔（５２）の全体にわたる音響圧力を測定し、それに基づいて信号を生成するように構成されたセンサ（６０）と、  
前記センサ信号を調整し、それに基づいて調整されたセンサ信号を生成するように構成された信号調整器（６２）と、  
前記調整されたセンサ信号に응答して、音響ドライバ制御信号を生成するように構成されたコントローラ（６４）と  
を備える、請求項 1 に記載の燃焼動態制御システム。

**【請求項 4】**

前記信号調整器（６２）が、時間領域センサ信号を周波数領域センサ信号に変換して前記調整されたセンサ信号を生成するように構成された、請求項 3 に記載の燃焼動態制御システム。

**【請求項 5】**

前記信号調整器（６２）が、前記センサ信号をバンドパスフィルタリングして前記調整されたセンサ信号を生成するように構成された、請求項 3 に記載の燃焼動態制御システム。

**【請求項 6】**

ガスタービンエンジンの燃焼動態制御システムであって、  
燃料噴射装置（４０）と、  
予混合燃料管噴射孔（５２）を介して予混合燃料（４２）を前記燃料噴射装置（４０）に供給するように構成された予混合燃料管（５４）と、  
制御信号に응答して前記予混合燃料管噴射孔（５２）全体にわたる圧力摂動が実質的にゼロになるように駆動することで、制御信号に응答して前記予混合燃料管噴射孔（５２）全体にわたる燃料流量の摂動を実質的にゼロにするように構成された音響ドライバ（５０）と  
を備える、燃焼動態制御システム。

**【請求項 7】**

前記ガスタービンエンジンが、アビオニクス用ガスタービンエンジンと発電用ガスタービンエンジンとから選択される、請求項 6 に記載の燃焼動態制御システム。

**【請求項 8】**

前記予混合燃料噴射孔（５２）全体にわたる音響圧力を測定し、それに基づいて信号を生成するように構成されたセンサ（６０）と、  
前記センサ信号を調整し、それに基づいて調整されたセンサ信号を生成するように構成された信号調整器（６２）と、  
前記調整されたセンサ信号に응答して、前記音響ドライバ制御信号を生成するように構成されたコントローラ（６４）と  
を更に備える、請求項 6 に記載の燃焼動態制御システム。

**【請求項 9】**

前記信号調整器(62)が、時間領域センサ信号を周波数領域センサ信号に変換して前記調整されたセンサ信号を生成するように構成された、請求項8に記載の燃焼動態制御システム。

【請求項10】

前記信号調整器(62)が、前記センサ信号をバンドパスフィルタリングして前記調整されたセンサ信号を生成するように構成された、請求項8に記載の燃焼動態制御システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般に燃焼動態に関し、特に、燃料噴射位置における燃料流量変動の音響制御及び/又は相殺を介した航空機用及び発電用の両方のガスタービンにおける燃焼動態制御のためのシステム及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

燃焼動態は、火炎の元来の不安定さが燃焼器の固有モードと結びつき、フィードバックサイクルを確立すると発生し、高振幅の圧力摂動を引き起こし、対応するハードウェアに潜在的損傷を招く。燃焼動態は、発電、原動機、航空機、及び船舶の用途のガスタービンを損なう。

【0003】

燃焼動態は、予混合燃焼システムの導入以来、ガスタービンメーカーの共通の問題であり、メーカーが直面する最大の課題の1つである。燃焼動態に対処するために、発電機構の改変、燃焼器の寸法又は減衰の変更、及び能動/受動デバイス/方法の使用による問題の制御/抑制を含むがそれらに限定されない様々な技術が使用されてきた。

【0004】

燃焼動態は、極めて高い振幅で観察されると燃焼器の壊滅的な損傷/故障を引き起こしてきた。それほど重大ではない場合でも、燃焼動態は、ガスタービンの動作包絡線を制約し、可能な最高の性能を妨げる。燃焼動態は、依然として既存の、及び新設のガスタービンに知られている問題である。更に、排ガス規制の強化、及び燃料の多様化と共に、燃焼動態に関連する問題はより悪化するものと予測される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】米国特許第7775052B2号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記を鑑みて、排ガス及び電力出力に関して最適な動作性能を達成するため、航空機用及び発電用の両方のガスタービンにおける燃焼動態を制御するシステム及び方法が必要とされる。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一実施形態は、

燃料噴射孔を介して予混合燃料を受けるように構成された燃料噴射装置と、

制御信号に応答して燃料噴射孔全体にわたる圧力摂動が実質的にゼロになるように駆動することで、制御信号に応答して燃料噴射孔全体にわたる燃料流量の摂動を実質的にゼロにするように構成された音響ドライバと、を備える燃焼動態制御システムに関する。

【0008】

本発明の別の実施形態は、

燃料噴射装置と、

10

20

30

40

50

予混合燃料管噴射孔を介して予混合燃料を燃料噴射装置に供給するように構成された予混合燃料管と、

制御信号に応答して予混合燃料管噴射孔全体にわたる圧力摂動が実質的にゼロになるように駆動することで、制御信号に応答して予混合燃料管噴射孔全体にわたる燃料流量の摂動を実質的にゼロにするように構成された音響ドライバと、を備えるガスタービンエンジンの燃焼動態制御システムに関する。

【 0 0 0 9 】

更に別の実施形態によれば、ガスタービンエンジンの動作方法は、

予混合燃料管噴射孔を介して予混合燃料をガスタービンエンジンの燃料噴射装置の主流路内に噴射するステップと、

予混合燃料が主流路内に噴射されている間に音響パルスを主流路内に送信して、音響パルスが制御信号に応答して予混合燃料管噴射孔全体にわたる圧力摂動が実質的にゼロになるように駆動することで、制御信号に応答して予混合燃料管噴射孔全体にわたる燃料流量の摂動を実質的にゼロにするステップと、を含む。

【 0 0 1 0 】

本発明の上記及びその他の特徴、態様並びに利点は、添付図面を参照して以下の詳細な説明を読むことによってより明解に理解される。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 1 】

【 図 1 】一実施形態による、予混合燃料噴射位置における燃料流量変動の音響制御 / 相殺による燃焼動態制御を利用するのに適するガスタービンエンジンを示す図である。

【 図 2 】一実施形態による、ガスタービンエンジンの燃焼動態制御システムを示す図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 2 】

上記の図面は本発明の代替実施形態を示すが、考察において記載のように本発明の別の実施形態も考えられる。いかなる場合も、本開示は本発明の図示した実施形態を説明目的で提示するものであって、限定的なものではない。当業者は、本発明の原理の範囲及び趣旨に含まれる多くの別の修正及び実施形態を考案することができる。

【 0 0 1 3 】

燃料流量の摂動に起因する当量比変動は、ガスタービン内の燃焼動態の主原因の 1 つであることが知られている。本明細書に記載の実施形態は、ガスタービンの燃料噴射位置における燃料流量を音響的に制御することにより、航空機用及び発電用の両方のガスタービンでの燃焼動態の制御に関連する課題を解決する機能を果たす。本明細書に記載の実施形態によれば、燃料噴射位置で圧力節が発生するように音響波が生成され、ノズルを通して送信される。このようにして、噴射孔 / 穴全体にわたる圧力変動が除去されることにより燃料流量の摂動が除去され、従って、予混合燃焼システムに伴う高い燃焼動態の原因と考えられている基本的メカニズムの 1 つが除去される。

【 0 0 1 4 】

図 1 は、例示的ガスタービンシステム 10 を示す。タービンシステム 10 は、その他のシステムの他にガスタービンエンジン 20 を有する。ガスタービンエンジンは、圧縮機セクション 22 と、複数の燃焼器缶 26 及び対応する点火システム 27 を含む燃焼器セクション 24 と、圧縮機セクション 22 に接続されたタービンセクション 28 とを含む。排気セクション 30 は排ガスをガスタービンエンジン 20 から排出する。

【 0 0 1 5 】

一般に、圧縮機セクション 22 は、燃焼器セクション 24 に流入する空気を圧縮し、燃焼器セクションで圧縮空気を燃料と混合させて混合燃料を燃焼させ、高圧高速度ガスを発生させる。タービンセクション 28 は、燃焼器セクション 24 から流れる高圧高速度ガスからエネルギーを抽出する。具体化された燃焼動態制御プロセスを例示するのに有用なガスタービンシステム 10 の態様のみ説明して、簡潔に明瞭化する。

## 【 0 0 1 6 】

圧縮機セクション 2 2 は、空気を圧縮できるどのようなデバイスを含んでもよい。この圧縮空気は燃焼器セクション 2 4 の吸込口へと向けられてもよい。燃焼器セクション 2 4 は圧縮空気を燃料と混合し、混合燃料を燃焼器セクション 2 4 の 1 つ又は複数の燃焼器缶 2 6 に供給するように構成された複数の燃料噴射装置を含む。一実施形態による好適な燃料噴射装置について、図 2 を参照して本明細書に記載する。各燃焼器缶 2 6 に供給される燃料は、ディーゼル又は天然ガスなどのいずれかの液体又は気体燃料を含む。いずれかの燃焼器缶 2 6 に供給される燃料は、燃焼して燃焼副生成物の高圧混合物を形成する。燃焼器セクション 2 4 から生じた高温且つ高圧の混合物はタービンセクション 2 8 に向けられてもよい。次いで燃焼ガスは、排気セクション 3 0 を介して大気に排出される前に、タービンセクション 2 8 から流出する。

10

## 【 0 0 1 7 】

図 2 は、燃焼器缶 2 6 に接続された燃料噴射装置 4 0 の一実施形態を示す簡略図である。燃料噴射装置 4 0 は、予混合燃料 4 2 と圧縮空気 4 4 とを燃焼のために燃焼器缶 2 6 に供給する。燃料流量の摂動に起因する当量比変動は、前述のようにガスタービンにおける燃焼動態の主因の 1 つであることが知られている。

## 【 0 0 1 8 】

燃料噴射装置 4 0 の幾つかの実施形態は、濃度が異なる燃料及び空気を燃焼器セクション 2 4 に供給する複数の流路を含む。これらの複数の流路は、主流路 4 6 とパイロット流路 4 8 とを含む。主流路 4 6 は予混合された希釈燃料 - 空気混合物 4 2 と 4 4 とを燃焼器缶 2 6 に供給する。主燃料は燃焼器缶 2 6 内で燃焼して予混合火炎 5 6 を生成する。予混合火炎は、燃料と空気とが先ず燃料噴射装置 4 0 内で混合され、次いで燃焼器缶 2 6 内で燃焼する際に生成される火炎である。パイロット流路 4 8 は、圧縮空気と共に加圧された燃料噴霧を燃焼器缶 2 6 へと付加的に供給する。パイロット流路 4 8 は、燃焼器缶 2 6 で燃焼して拡散火炎 5 6 を生成する。拡散火炎 5 6 は、燃料と空気とが同時に混合され、燃焼する際に生成される火炎である。拡散火炎 5 6 は、予混合火炎よりも温度が高く、燃焼プロセスを安定化し、希薄吹き消えを防止する局所的な高温火炎の役割を果たす。

20

## 【 0 0 1 9 】

本明細書に更に詳細に記載する幾つかの実施形態によれば、燃焼制御システムは、燃料噴射装置 4 0 内の圧力パルスを監視し、これに応じて 1 つ又は複数の対応する音響ドライバ 5 0 の動作を制御する。適当な音響ドライバ 5 0 は、電気、機械、又はその他の形態のエネルギーを、対応する燃料噴射ノズル 4 0 を介して送信される音響波を生成するのに十分な音響エネルギーに変換して、燃料噴射位置 5 2 で圧力節が生成されるようにするいずれかのトランスデューサを備える。より具体的には、燃料噴射位置、すなわち燃料噴射管 5 4 の孔全体にわたる圧力摂動をゼロになるように駆動することが、燃料噴射管 5 4 の孔全体にわたる流量の摂動もゼロに駆動する。このようにして、燃料噴射位置 5 2 において結果として生じた圧力節は、対応する燃料噴射位置 5 2 で燃料流量を音響的に制御することによって、燃料噴射ノズル 4 0 で燃料流量の変動を抑制及び / 又は相殺する。噴射管 5 4 の孔 / 穴全体の圧力変動の上記の抑制 / 相殺が実質的に燃料流量の摂動を除去することで、予混合燃焼システムに関連する高い燃焼動態の原因であると考えられる基本的メカニズムの 1 つを除去する。音響ドライバ 5 0 のタイプは、その能力を含めて、使用される燃料のタイプ、燃料噴射装置の物理的形狀、流路などを含むがそれらに限定されない特定用途向けの要件に基づいて選択される。いずれかの適当な音響ドライバ 5 0 は、燃料噴射位置、すなわち燃料噴射管 5 4 の孔全体にわたる圧力摂動をゼロになるように駆動し、ひいては燃料噴射管 5 4 の孔全体にわたる流量摂動をゼロになるように駆動するだけでよい。

30

40

## 【 0 0 2 0 】

引き続き図 2 を参照すると、燃料位置 5 2 における圧力パルスを検知するために燃焼器 2 4 に流体接続された、例えば圧電センサであるセンサ 6 0 を介して、燃料噴射管 5 4 の孔全体にわたる音響パルスを監視する。センサ 6 0 は、燃料位置 5 2 における圧力パルスを環境上の悪条件にさらされずに正確に検知し得る位置に配置される。センサ 6 0 は、燃

50

料位置 5 2 での圧力パルスに対応する信号を生成する。センサ信号を時間領域から周波数領域へと変換すること、及び所定の周波数範囲内の信号に対応するコントローラ 6 4 を通過できるようにセンサ信号をバンドパスフィルタリングすることを含むがそれに限定されない、1 つ又は複数の信号調整動作を行う信号調整器 6 2 に、センサ信号を送信する。コントローラ 6 4 は、信号調整器 6 2 を介して生成された信号と、1 つ又は複数の閾値とを比較し、この比較に応じて音響ドライバ 5 0 の作動を制御するように構成される。音響ドライバ 5 0 のこのような制御されたフィードバック作動は、前述のように燃料噴射位置 5 2、すなわち燃料噴射管 5 4 の孔全体にわたる圧力摂動をゼロになるように駆動し、ひいては燃料噴射管 5 4 の孔全体にわたる流量摂動をゼロになるように駆動する機能を果たす。

10

#### 【 0 0 2 1 】

燃料噴射装置 4 0 は、長手軸の周囲に同心に配置された内管 4 8 と外管 4 6 とを有する概ね管状構造を有する。燃料噴射装置 4 0 の外管 4 6 は予混合筒 5 4 を備え、内管 4 8 はパイロットを備える。内管 4 8 と外管 4 6 との間の環状スペースは、主燃料流を燃焼器缶 2 6 に供給する主流路を含む。図 1 に示す圧縮機セクション 2 2 からの圧縮空気は、流入する圧縮空気を渦動させ、主供給燃料を構成する良好に混合された燃料 - 空気混合物の生成を促すために燃料噴射装置 4 0 に取り付けられた複数の湾曲した、又は直線的なブレードを含み得る空気旋回器（図示せず）を介して燃料噴射装置 4 0 に向けられる。

#### 【 0 0 2 2 】

燃焼動態は、前述のように極めて高い振幅で観察されると燃焼器の壊滅的な損傷 / 故障を引き起こすことがある。それほど重大ではない場合でも、燃焼動態は、ガスタービンの動作包絡線を制約し、可能な最高の性能を妨げる。本明細書に記載の実施形態は、機械の不慮の動作停止を緩和し、同時に排ガス及び電力出力に関する最良の動作性能を達成して、最小限の排ガスでより信頼性が高く効率のよいガスタービンを提供するために機械を補助するように有利に機能する。

20

#### 【 0 0 2 3 】

本明細書では、特定の構成の燃料噴射装置 4 0 を用いて燃焼動態制御プロセスを記載したが、本開示の燃焼動態制御プロセスは、パイロット燃料供給及び主燃料供給が燃焼器セクションに送られるいずれのタービンエンジンにも応用できる。本明細書に記載の通り、本発明のある特徴のみを図示し、記載したが、当業者には多くの修正と変更が考えられよう。従って、添付の請求項は、本発明の真の趣旨に含まれるこのような修正と変更の全てを包含することを意図するものである。

30

#### 【 符号の説明 】

#### 【 0 0 2 4 】

- 1 0 ガスタービンシステム
- 2 0 ガスタービンエンジン
- 2 2 圧縮機セクション
- 2 4 燃焼器セクション
- 2 6 燃焼器缶
- 2 7 点火システム
- 2 8 タービンセクション
- 3 0 排気セクション
- 4 0 燃料噴射装置
- 4 2 予混合燃料
- 4 4 圧縮空気
- 4 6 主流路
- 4 8 パイロット流路
- 5 0 音響ドライバ
- 5 2 燃料噴射位置
- 5 4 燃料噴射予混合筒

40

50

- 5 6 拡散火炎
- 6 0 圧力パルスセンサ
- 6 2 信号調整器
- 6 4 コントローラ

【図 1】

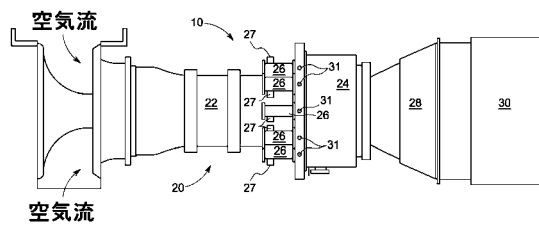


FIG. 1

【図 2】

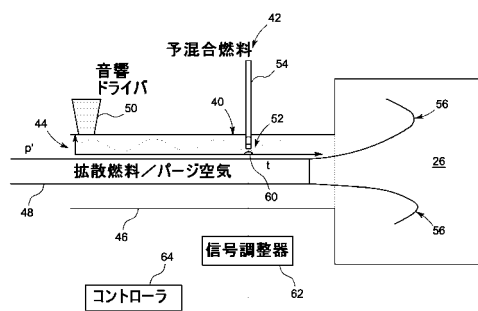


FIG. 2

## フロントページの続き

| (51) Int.Cl.                                                                                                        | F I          | テーマコード (参考) |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------|--|
|                                                                                                                     | F 0 2 C 7/00 | A           |  |
|                                                                                                                     | F 0 2 C 9/00 | A           |  |
| (72) 発明者 カピル・クマール・シン<br>アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、ビルディング・ケイ 1 - 3 エイ 5 9、ワン・リサーチ・サークル、ゼネラル・エレクトリック・カンパニー・グローバル・リサーチ     |              |             |  |
| (72) 発明者 フェイ・ハン<br>アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、ビルディング・ケイ 1 - 3 エイ 5 9、ワン・リサーチ・サークル、ゼネラル・エレクトリック・カンパニー・グローバル・リサーチ          |              |             |  |
| (72) 発明者 シヴァ・スウリニヴァサン<br>アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、ビルディング・ケイ 1 - 3 エイ 5 9、ワン・リサーチ・サークル、ゼネラル・エレクトリック・カンパニー・グローバル・リサーチ    |              |             |  |
| (72) 発明者 シヴァ・スウリニヴァサン<br>アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、ビルディング・ケイ 1 - 3 エイ 5 9、ワン・リサーチ・サークル、ゼネラル・エレクトリック・カンパニー・グローバル・リサーチ    |              |             |  |
| (72) 発明者 クワンウー・キム<br>アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、ビルディング・ケイ 1 - 3 エイ 5 9、ワン・リサーチ・サークル、ゼネラル・エレクトリック・カンパニー・グローバル・リサーチ        |              |             |  |
| (72) 発明者 ブリータム・パラスブラマニラム<br>アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、ビルディング・ケイ 1 - 3 エイ 5 9、ワン・リサーチ・サークル、ゼネラル・エレクトリック・カンパニー・グローバル・リサーチ |              |             |  |
| (72) 発明者 キングオ・ツァン<br>アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、ビルディング・ケイ 1 - 3 エイ 5 9、ワン・リサーチ・サークル、ゼネラル・エレクトリック・カンパニー・グローバル・リサーチ        |              |             |  |

【外国語明細書】  
2012102733000001.pdf