

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6182395号  
(P6182395)

(45) 発行日 平成29年8月16日 (2017. 8. 16)

(24) 登録日 平成29年7月28日 (2017. 7. 28)

(51) Int. Cl.

F 1

F 2 3 R 3/28 (2006. 01)

F 2 3 R 3/28 A

F 0 2 C 7/228 (2006. 01)

F 2 3 R 3/28 D

F 2 3 R 3/10 (2006. 01)

F 0 2 C 7/228

F 0 2 C 7/26 (2006. 01)

F 2 3 R 3/10

F 0 2 C 9/28 (2006. 01)

F 0 2 C 7/26 D

請求項の数 8 (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2013-178619 (P2013-178619)  
 (22) 出願日 平成25年8月29日 (2013. 8. 29)  
 (65) 公開番号 特開2015-48946 (P2015-48946A)  
 (43) 公開日 平成27年3月16日 (2015. 3. 16)  
 審査請求日 平成28年7月19日 (2016. 7. 19)

(73) 特許権者 514030104  
 三菱日立パワーシステムズ株式会社  
 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3  
 番1号  
 (74) 代理人 110001829  
 特許業務法人開知国際特許事務所  
 (74) 代理人 110000350  
 ポレール特許業務法人  
 (72) 発明者 三浦 圭祐  
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号  
 株式会社日立製作所  
 内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガスタービン燃焼器及びその制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

供給された燃料と供給された空気とを混合して燃焼させる円筒状の燃焼室と、前記燃焼室の上流側に位置し前記燃焼室に空気を供給する複数の空気孔を形成した空気孔プレートと、前記空気孔プレートの上流側に配置され前記空気孔プレートに形成した複数の空気孔に前記燃料を供給する複数の燃料ノズルと、前記複数の燃料ノズルと前記複数の空気孔とがそれぞれ対となるように配置して構成される複数のバーナと、前記複数のバーナのうちの前記燃焼室に面して前記空気孔プレートの軸中心に配置した起動用の F 1 バーナと、前記 F 1 バーナの外周部に複数個配置した F 2 バーナとを備えたガスタービン燃焼器において

前記 F 1 バーナの前記燃料ノズルと前記空気孔とは複数列の円周上に配置され、前記 F 1 バーナの前記空気孔は半径方向内側に配置された内周部空気孔と前記内周部空気孔の外周側に配置された外周部空気孔とを備え、

前記 F 1 バーナは、前記内周部空気孔に対応して配置される内周部燃料ノズルと、前記外周部空気孔に対応して配置される外周部燃料ノズルと、前記内周部燃料ノズルと前記外周部燃料ノズルとに燃料を供給する燃料ヘッダと、前記燃料ヘッダと前記内周部燃料ノズルとを連通する内周オリフィスと、前記燃料ヘッダと前記外周部燃料ノズルとを連通する外周オリフィスとを備え、

前記内周オリフィスの直径が前記外周オリフィスの直径よりも小さく、前記内周部空気孔の出口における燃空比が、前記外周部空気孔の出口における燃空比よりも小さいことを

10

20

特徴とするガスタービン燃焼器。

【請求項 2】

供給された燃料と供給された空気とを混合して燃焼させる円筒状の燃焼室と、前記燃焼室の上流側に位置し前記燃焼室に空気を供給する複数の空気孔を形成した空気孔プレートと、前記空気孔プレートの上流側に配置され前記空気孔プレートに形成した複数の空気孔に前記燃料を供給する複数の燃料ノズルと、前記複数の燃料ノズルと前記複数の空気孔とがそれぞれ対となるように配置して構成される複数のバーナと、前記複数のバーナのうち前記燃焼室に面して前記空気孔プレートの軸中心に配置した起動用の F 1 バーナと、前記 F 1 バーナの外周部に複数個配置した F 2 バーナとを備えたガスタービン燃焼器において

10

前記 F 1 バーナの前記燃料ノズルと前記空気孔とは複数列の円周上に配置され、前記 F 1 バーナの前記空気孔は半径方向内側に配置された内周部空気孔と前記内周部空気孔の外周側に配置された外周部空気孔とを備え、

前記 F 1 バーナの内周部空気孔の直径が、前記 F 1 バーナの外周部空気孔の直径よりも大きく、前記内周部空気孔の出口における燃空比が、前記外周部空気孔の出口における燃空比よりも小さいことを特徴とするガスタービン燃焼器。

【請求項 3】

供給された燃料と供給された空気とを混合して燃焼させる円筒状の燃焼室と、前記燃焼室の上流側に位置し前記燃焼室に空気を供給する複数の空気孔を形成した空気孔プレートと、前記空気孔プレートの上流側に配置され前記空気孔プレートに形成した複数の空気孔に前記燃料を供給する複数の燃料ノズルと、前記複数の燃料ノズルと前記複数の空気孔とがそれぞれ対となるように配置して構成される複数のバーナと、前記複数のバーナのうち前記燃焼室に面して前記空気孔プレートの軸中心に配置した起動用の F 1 バーナと、前記 F 1 バーナの外周部に複数個配置した F 2 バーナとを備えたガスタービン燃焼器において

20

前記 F 1 バーナの前記燃料ノズルと前記空気孔とは複数列の円周上に配置され、前記 F 1 バーナの前記空気孔は半径方向内側に配置された内周部空気孔と前記内周部空気孔の外周側に配置された外周部空気孔とを備え、

前記複数の空気孔には前記複数の燃料ノズルの先端がそれぞれ挿入されていて、

前記 F 1 バーナは、前記内周部空気孔に対応して配置される内周部燃料ノズルと、前記外周部空気孔に対応して配置される外周部燃料ノズルとを備え、

30

前記 F 1 バーナの内周部燃料ノズルの先端部の外径が、前記 F 1 バーナの外周部燃料ノズルの先端部の外径よりも小さく、前記内周部空気孔の出口における燃空比が、前記外周部空気孔の出口における燃空比よりも小さいことを特徴とするガスタービン燃焼器。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載のガスタービン燃焼器において、前記 F 1 バーナの内周部空気孔の総開口面積が、前記 F 1 バーナの外周部空気孔の総開口面積よりも小さいことを特徴とするガスタービン燃焼器。

【請求項 5】

供給された燃料と供給された空気とを混合して燃焼させる円筒状の燃焼室と、前記燃焼室の上流側に位置し前記燃焼室に空気を供給する複数の空気孔を形成した空気孔プレートと、前記空気孔プレートの上流側に配置され前記空気孔プレートに形成した複数の空気孔に前記燃料を供給する複数の燃料ノズルと、前記複数の燃料ノズルと前記複数の空気孔とがそれぞれ対となるように配置して構成される複数のバーナと、前記複数のバーナのうち前記燃焼室に面して前記空気孔プレートの軸中心に配置した起動用の F 1 バーナと、前記 F 1 バーナの外周部に複数個配置した F 2 バーナとを備えたガスタービン燃焼器において

40

前記 F 1 バーナの前記燃料ノズルと前記空気孔とは複数列の円周上に配置され、半径方向内側に配置された F 1 バーナ内周部と前記 F 1 バーナ内周部の外周側に配置された F 1 バーナ外周部とを有しており、

50

前記 F 1 バーナ内周部の燃料ノズルに前記燃料を供給する第 1 燃料系統と、  
前記 F 1 バーナ外周部の燃料ノズルに前記燃料を供給する第 2 燃料系統と、  
前記第 1 燃料系統に設けられ燃料流量を調整する第 1 流量調整弁と、  
前記第 2 燃料系統に設けられ燃料流量を調整する第 2 流量調整弁と、  
ガスタービンの起動 / 昇速時において、前記 F 1 バーナ内周部の空気孔の出口における燃空比が、前記 F 1 バーナ外周部の空気孔の出口における燃空比よりも小さくなるように前記第 1 流量調整弁と前記第 2 流量調整弁の開度を制御する制御装置を備えたことを特徴とするガスタービン燃焼器。

【請求項 6】

請求項 5 に記載のガスタービン燃焼器において、前記制御装置は、ガスタービンの起動 / 昇速時に、前記 F 1 バーナの内周部の燃料ノズルの 1 本あたりの燃料供給量を、前記 F 1 バーナの外周部の燃料ノズルの 1 本あたりの燃料供給量よりも少なくなるように、前記第 1 流量調整弁と前記第 2 流量調整弁の開度を制御することを特徴とするガスタービン燃焼器。

10

【請求項 7】

請求項 5 または 6 に記載のガスタービン燃焼器において、前記 F 1 バーナの内周部空気孔の総開口面積が、前記 F 1 バーナの外周部空気孔の総開口面積よりも小さいことを特徴とするガスタービン燃焼器。

【請求項 8】

供給された燃料と供給された空気とを混合して燃焼させる円筒状の燃焼室と、  
前記燃焼室の上流側に位置し前記燃焼室に空気を供給する複数の空気孔を形成した空気孔プレートと、前記空気孔プレートの上流側に配置され前記空気孔プレートに形成した複数の空気孔に前記燃料を供給する複数の燃料ノズルと、前記複数の燃料ノズルと前記複数の空気孔とがそれぞれ対となるように配置して構成される複数のバーナと、前記複数のバーナのうち前記燃焼室に面して前記空気孔プレートの軸中心に配置した起動用の F 1 バーナと、前記 F 1 バーナの外周部に複数個配置した F 2 バーナとを備えたガスタービン燃焼器の制御方法において、

20

前記 F 1 バーナの前記燃料ノズルと前記空気孔とは複数列の円周上に配置され、ガスタービンの起動 / 昇速時に、前記 F 1 バーナの出口における半径方向外側の局所燃空比を、前記 F 1 バーナの出口における半径方向内側の局所燃空比よりも高くして運転することを

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はガスタービン燃焼器及びその制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

低 NOx 化と燃焼安定性に優れたガスタービン燃焼器を提供することを目的として、燃料を燃焼室に噴出する燃料ノズルと、空気を該燃焼室に噴出する空気孔とを備え、該燃料と該空気が複数の同軸噴流として前記燃焼室に噴出されるように、該燃料ノズルと該空気孔を配置することを特徴とするガスタービン燃焼器がある（例えば、特許文献 1 参照）。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2003 - 148734 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ガスタービンは、着火から定格負荷に移行するまでの幅広い運転条件を通して、安定した稼働が要求される。このため、燃焼器には、複数のバーナを設けたマルチバーナ方式が

50

広く採用されている。マルチバーナ方式の燃焼器では、例えば着火等の燃料供給量が少ないときには、中央に配置した１つのバーナ（以下、Ｆ１バーナという）のみから燃料を噴射し、燃料供給量の増加に応じて、Ｆ１バーナの外周部に配置された複数のバーナ（以下、Ｆ２バーナという）の燃料噴射個数を順次増加している。そして、定格負荷運転時には全てのバーナから燃料が噴射されるように運用している。

【０００５】

上述した特許文献１のガスタービン燃焼器のバーナは、その中心領域に内周部空気孔が配置され、その外周側に外周部空気孔が配置されていて、内周部空気孔から噴出した予混合気で形成される火炎と外周部空気孔出口との距離が確保されるように設計されている。このような距離を確保することで、外周部空気孔から噴出した予混合気が火炎と反応して燃焼するまでに更に燃料と空気が混合される。このことにより、低 $\text{NO}_x$ 燃焼が実現する。このように、低 $\text{NO}_x$ 燃焼の観点では、バーナにより形成される火炎は、内周部空気孔出口を起点に保炎する円錐状火炎である方が有利である。

10

【０００６】

しかしながら、ガスタービンの起動／昇速時のように空気温度が低く、マルチバーナのＦ１バーナのみ燃料を供給する場合に、Ｆ１バーナで円錐状の火炎を形成すると、Ｆ１バーナにおける外周部空気孔から噴出する予混合気には、火炎と反応する前に、Ｆ１バーナの周囲に配置されたＦ２バーナから噴出した低温の空気が干渉する場合がある。

このとき、干渉の度合いが強いほどＦ１バーナの外周部空気孔から噴出する予混合気の燃空比が低下し、燃焼反応が進行せず、未燃分の排出量が増加する。また、Ｆ１バーナを内周と外周で均一に予混合燃焼させ、かつ平坦な火炎を形成した場合には、燃焼振動が発生することが懸念される。

20

【０００７】

本発明は、上述の事柄に基づいてなされたものであって、その目的は、ガスタービンの起動／昇速時の未燃分の排出と燃焼振動を抑制し、ガスタービンの回転数を安定して増加し得るガスタービン燃焼器およびその制御方法を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【０００８】

上記課題を解決するために、例えば特許請求の範囲に記載の構成を採用する。本願は、上記課題を解決する手段を複数含んでいるが、その一例を挙げるならば、供給された燃料と供給された空気とを混合して燃焼させる円筒状の燃焼室と、前記燃焼室の上流側に位置し前記燃焼室に空気を供給する複数の空気孔を形成した空気孔プレートと、前記空気孔プレートの上流側に配置され前記空気孔プレートに形成した複数の空気孔に前記燃料を供給する複数の燃料ノズルと、前記複数の燃料ノズルと前記複数の空気孔とがそれぞれ対となるように配置して構成される複数のバーナと、前記複数のバーナのうち前記燃焼室に面して前記空気孔プレートの軸中心に配置した起動用のＦ１バーナと、前記Ｆ１バーナの外周部に複数個配置したＦ２バーナとを備えたガスタービン燃焼器において、前記Ｆ１バーナの前記燃料ノズルと前記空気孔とは複数列の円周上に配置され、前記Ｆ１バーナの前記空気孔は半径方向内側に配置された内周部空気孔と前記内周部空気孔の外周側に配置された外周部空気孔とを備え、前記Ｆ１バーナは、前記内周部空気孔に対応して配置される内周部燃料ノズルと、前記外周部空気孔に対応して配置される外周部燃料ノズルと、前記内周部燃料ノズルと前記外周部燃料ノズルとに燃料を供給する燃料ヘッダと、前記燃料ヘッダと前記内周部燃料ノズルとを連通する内周オリフィスと、前記燃料ヘッダと前記外周部燃料ノズルとを連通する外周オリフィスとを備え、前記内周オリフィスの直径が前記外周オリフィスの直径よりも小さく、前記内周部空気孔の出口における燃空比が、前記外周部空気孔の出口における燃空比よりも小さいことを特徴とする。

30

40

【発明の効果】

【０００９】

本発明によれば、ガスタービンの起動／昇速時の未燃分の排出と燃焼振動を抑制することができるので、起動用のＦ１バーナの運用範囲を拡大することができる。この結果、ガ

50

スタービンの回転数を安定して増加し得るガスタービン燃焼器およびその制御方法を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明のガスタービン燃焼器およびその制御方法の第1の実施の形態の要部の側断面図をガスタービンプラント全体の模式図と併せて表した概略構成図である。

【図2】本発明のガスタービン燃焼器およびその制御方法の第1の実施の形態の要部の側断面図を燃焼室内の燃焼ガスの流れを示す状況図と併せて表した概略構成図である。

【図3】本発明のガスタービン燃焼器およびその制御方法の第1の実施の形態を構成する空気孔プレートの一例を燃焼室側から見た正面図である。

10

【図4】本発明のガスタービン燃焼器およびその制御方法の第1の実施の形態を構成するF1バーナの一例の詳細側断面図を燃焼室内の燃焼ガスの流れを示す状況図と併せて表した概略構成図である。

【図5】本発明のガスタービン燃焼器およびその制御方法の第1の実施の形態を構成するF1バーナの起動/昇速時の火炎形態を示す特性図である。

【図6】図2の他の例であって、F1バーナにおいて、外周部の燃空費が空気孔出口に火炎が保炎できる燃空費よりも低い場合の火炎形態を示す状況図と併せて表した概略構成図である。

【図7】本発明のガスタービン燃焼器およびその制御方法の第1の実施の形態を構成するF1バーナの他の例を示す詳細側断面図である。

20

【図8】図7に示すF1バーナの他の例を燃焼室側から見た正面図である。

【図9】本発明のガスタービン燃焼器およびその制御方法の第2の実施の形態の要部の側断面図を燃焼室内の燃焼ガスの流れを示す状況図と併せて表した概略構成図である。

【図10】本発明のガスタービン燃焼器およびその制御方法の第2の実施の形態を構成する空気孔プレートの一例を燃焼室側から見た正面図である。

【図11】本発明のガスタービン燃焼器およびその制御方法の第2の実施の形態を構成するF1バーナの全バーナ火炎形成時における火炎形態を示す特性図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明のガスタービン燃焼器およびその制御方法の実施の形態を図面を用いて説明する。

30

【実施例1】

【0012】

図1は本発明のガスタービン燃焼器およびその制御方法の第1の実施の形態の要部の側断面図をガスタービンプラント全体の模式図と併せて表した概略構成図である。

図1に示すガスタービンプラント9は、主として、吸い込み空気15を加圧して高压空気16を生成する圧縮機1と、圧縮機1で生成した高压空気16とガス燃料50とを燃焼させて高温燃焼ガス19を生成する燃焼器2と、燃焼器2で生成した高温燃焼ガス19によって駆動されるタービン3と、タービン3の駆動によって回転され電力を発生させる発電機8と、圧縮機1、タービン3及び発電機8を一体に連結するシャフト7とを備えている。

40

【0013】

燃焼器2は、ケーシング4の内部に格納されている。

燃焼器2は、頭部に配設されたマルチバーナ6と、高压空気16とガス燃料50とを燃焼させる燃焼室5を形成する概略円筒状の燃焼器ライナ10と、燃焼器ライナ10の外周にほぼ同心円の円筒状に配設され、高压空気16を流下させる空気流路を形成する外周壁となるフロースリーブ11と、燃焼器ライナ10の下流側に配設され、燃焼室5で発生した高温燃焼ガス19をタービン3に導くための尾筒内筒12と、尾筒内筒12の外周側に配設された尾筒外筒13とを備えている。

【0014】

50

図 1 において、吸い込み空気 15 は、圧縮機 1 によって圧縮された後に高圧空気 16 となる。高圧空気 16 は、ケーシング 4 内に充満した後、尾筒内筒 12 と尾筒外筒 13 の間の空間に流入し、尾筒内筒 12 を外壁面から対流冷却する。

【0015】

尾筒内筒 12 を外壁面から対流冷却した高圧空気 16 は、フロースリーブ 11 と燃焼器ライナ 10 との間に形成された環状の流路を通して燃焼器 2 の頭部に向かって流れる。高圧空気 16 は流れる途中で、燃焼器ライナ 10 の対流冷却に使用される。

【0016】

また、高圧空気 16 の一部は、燃焼器ライナ 10 に設けられた多数の冷却孔（図しせず）から燃焼器ライナ 10 内へ流入し、燃焼器ライナ 10 のフィルム冷却に使用される。

10

【0017】

高圧空気 16 のうち燃焼器ライナ 10 のフィルム冷却に使用されなかった残りの高圧空気 16 は、燃焼用空気 16A として燃焼室 5 の上流側壁面に位置する空気孔プレート 31 に設けられた多数の空気孔 32 に流入する。

【0018】

空気孔 32 に流入した燃焼用空気 16A は、そのまま空気噴流 17 として燃焼室 5 に噴出されるか、燃料ノズル 25 から噴出された燃料と混合されて予混合気 18 として燃焼室 5 に流入し、燃焼して高温燃焼ガス 19 を生成する。この高温燃焼ガス 19 は尾筒内筒 12 を通じてタービン 3 に供給される。

【0019】

20

高温燃焼ガス 19 は、タービン 3 を駆動した後に排出されて、排気ガス 20 となる。タービン 3 で得られた駆動力は、シャフト 7 を通じて圧縮機 1 及び発電機 8 に伝えられる。圧縮機 1 に伝えられた駆動力は、空気を加圧し高圧空気 16 を生成することに用いられ、発電機 8 に伝えられた駆動力は電気エネルギーに変換される。

【0020】

ガスタービンプラント 9 は、マルチバーナ 6 にガス燃料 50 を供給するために、3 個の燃料系統 51, 52, 53 を備えている。燃料系統 51 ~ 53 には、燃料流量調整弁 61 ~ 63 がそれぞれ設けられている。ガスタービンプラント 9 の発電量は、各燃料系統の流量を制御することで制御される。具体的には、制御装置 65 からの指令信号によって燃料流量調整弁 61 ~ 63 の弁開度を調節することで制御される。3 個の燃料系統 51, 52, 53 は、上流側で合流していて、この合流配管には、燃料を遮断するための燃料遮断弁 60 が設けられている。

30

【0021】

次に、バーナ構造について図 2 乃至図 5 を用いて説明する。図 2 は本発明のガスタービン燃焼器およびその制御方法の第 1 の実施の形態の要部の側断面図を燃焼室内の燃焼ガスの流れを示す状況図と併せて表した概略構成図、図 3 は本発明のガスタービン燃焼器およびその制御方法の第 1 の実施の形態を構成する空気孔プレートの一例を燃焼室側から見た正面図、図 4 は本発明のガスタービン燃焼器およびその制御方法の第 1 の実施の形態を構成する F1 バーナの一例の詳細側断面図を燃焼室内の燃焼ガスの流れを示す状況図と併せて表した概略構成図、図 5 は本発明のガスタービン燃焼器およびその制御方法の第 1 の実施の形態を構成する F1 バーナの起動 / 昇速時の火炎形態を示す特性図である。図 2 乃至図 5 において、図 1 に示す符号と同符号のものは同一部分であるので、その詳細な説明は省略する。

40

【0022】

図 2 及び図 3 に示すように、本実施の形態におけるマルチバーナ 6 は、燃焼器 5 の軸方向中央に配置された起動用の F1 バーナ 66 と、その外周の同心円上に配置された 6 つの F2 バーナ 67 とから構成されている。

【0023】

各バーナ 66, 67 は多数の燃料ノズル 25 と、燃料を多数の燃料ノズル 25 に分配する燃料ヘッダ 23 と、空気および燃料が通過する空気孔 32 が燃料ノズル 25 に 1 対 1 に

50

対応して配置された空気孔プレート 3 1 とを備えたバーナである。

【 0 0 2 4 】

また、各バーナ 6 6、6 7 の空気孔プレート 3 1 に設けられた空気孔 3 2 は、図 3 に示すように、各バーナの軸心を中心とした 3 列の同心円上に設けられている。F 1 バーナ 6 6 は、F 1 バーナ 6 6 の軸心を含む F 1 バーナ内周部 6 6 a とその周囲に配置された F 1 バーナ外周部 6 6 b とに分けられ、本実施の形態においては、F 1 バーナ内周部 6 6 a は空気孔 3 2 の軸心から 1 列目を含み、F 1 バーナ外周部 6 6 b は空気孔 3 2 の 2 列目と 3 列目を含む。

【 0 0 2 5 】

ガスタービン は 起動 から 定格 負荷 条件 まで 幅広い 運転 条件 を 安定 に 燃焼 させる ため、起動時や負荷の低い条件では F 1 バーナ 6 6 単独で運用し、負荷の上昇とともに燃料を供給する F 2 バーナ 6 7 の個数を増やし、最後にすべてのバーナに燃料を供給して運用する。このような運転をすることでバーナそれぞれにおける燃空比を一定以上に保つことで安定に火炎 4 2 を保持することができる。

【 0 0 2 6 】

図 4 において、F 1 バーナ内周部 6 6 a は、内周燃料ノズル 2 5 a と、内周空気孔 3 2 a と、燃料ヘッダ 2 3 と内周燃料ノズル 2 5 a とを連通する内周オリフィス 2 2 a とを備えている。また、F 1 バーナ外周部 6 6 b は、外周燃料ノズル 2 5 b と、外周空気孔 3 2 b と、燃料ヘッダ 2 3 と外周燃料ノズル 2 5 b とを連通する外周オリフィス 2 2 b とを備えている。

【 0 0 2 7 】

空気孔プレート 3 1 に配設した空気孔 3 2 a、3 2 b は、バーナ中心軸 4 4 に対して傾斜している。このことにより、予混合気噴流 1 8 にバーナ周方向速度成分が付与され、バーナ下流で外側に広がりながら旋回する旋回流 4 0 が形成される。この結果、バーナ中心部には、循環流 4 1 が形成される。この循環流 4 1 によって高温の燃焼ガスが、燃焼室 5 の下流から空気孔 3 2 a、3 2 b の出口近傍まで戻るため、火炎 4 2 を安定に保つことができる。

【 0 0 2 8 】

次に、図 4 及び図 5 を用いて F 1 バーナ 6 6 の局所燃空比に対する火炎形態について説明する。

まず、図 4 に示す F 1 バーナ内周部 6 6 a の内周燃料ノズル 2 5 a に供給される燃料流量を  $F_{1in}$ 、内周空気孔 3 2 a に流入する空気量を  $A_{1in}$  と定義して、F 1 バーナ外周部 6 6 b の外周燃料ノズル 2 5 b に供給される燃料流量を  $F_{1out}$ 、外周空気孔 3 2 b に流入する空気量を  $A_{1out}$  と定義する。そして、F 1 バーナ 6 6 の内周空気孔 3 2 a 出口における局所燃空比を  $F_{1in}/A_{1in}$ 、F 1 バーナ 6 6 の外周空気孔 3 2 b 出口における局所燃空比を  $F_{1out}/A_{1out}$  と定義する。

【 0 0 2 9 】

図 5 において、横軸は F 1 バーナ 6 6 の内周空気孔 3 2 a 出口における局所燃空比  $F_{1in}/A_{1in}$  を示し、縦軸は F 1 バーナ 6 6 の外周空気孔 3 2 b 出口における局所燃空比を  $F_{1out}/A_{1out}$  を示している。また、一点鎖線で示す線 1 1 1 は、F 1 バーナ内周部 6 6 a の量論混合比条件を示し、一点鎖線で示す線 1 1 2 は、F 1 バーナ外周部 6 6 b の量論混合比条件を示している。

【 0 0 3 0 】

燃料と空気が予め混合された状態で燃焼する予混合火炎は、量論混合比条件近傍で最も燃焼速度（火炎が予混合気を伝播する速度）が速くなり、量論混合比条件から燃料濃度が薄くなる、または濃くなるにつれて燃焼速度が遅くなり、ある一定の比率に到達すると、予混合気噴流の流速と燃焼速度が釣り合う点が空気孔出口近傍で存在しなくなることによって火炎がリフト、または失火する。この一定の比率は、図 5 において、F 1 バーナ内周部 6 6 a 側の下減として内周部下限線 1 0 1、上限として内周部上限線 1 0 2 で示している。同様に、F 1 バーナ外周部 6 6 b 側の下減として外周部下限線 1 0 3、上限として外

周部上限線 104 で示している。

【0031】

このため、F1バーナの内周空気孔32a出口に火炎42が保炎する条件は、内周部下限線101と内周部上限線102の2つの線の間に限られる。同様にF1バーナ外周空気孔32b出口に火炎42が保炎する条件は、外周部下限線103と外周部上限線104の2つの線の間に限られる。

【0032】

空気孔出口近傍に火炎42が保炎できるかどうかは、予混合気の燃空比の大きさが支配的であるが、隣り合う空気孔から噴出される予混合気流が漏れ込んでくるため、内周部上限線102、内周部下限線101は、 $F1_{out}/A1_{out}$ が高いほど少しずつ $F1_{in}/A1_{in}$ の低い値にシフトしており、同様に外周部上限線104、外周部下限線103は $F1_{in}/A1_{in}$ が高いほど $F1_{out}/A1_{out}$ の低い値にシフトしている。

10

【0033】

図5において、内周部上限線102と内周部下限線101と外周部上限線104と外周部下限線103とに囲まれた範囲は、すべての空気孔の出口に火炎が保炎する。このため、図2に示す起動/昇速時のようにF1バーナ66単独で燃焼する場合にF2バーナ67からの空気噴流17がF1バーナ66の下流に向かって流入しても、F1バーナ66からの予混合気噴流18は十分に燃焼反応が進行し、未燃分の排出を抑制することができる。

【0034】

一方、図5のF1バーナ内周部局所燃空比とF1バーナ外周部局所燃空比がほぼ等しくなる条件105では、F1バーナ66全体で火炎の形成位置が同じで、かつ局所燃空比がほぼ同じであることから火炎が一様に変動しやすい。このため、火炎が変動することによって燃焼室5内の圧力が変動し、燃焼室5の圧力変動によってF1バーナ66に供給する燃料流量が変動し、さらに火炎が変動する。この結果、圧力変動と火炎変動がお互いに増幅し合って、燃焼振動が発生する可能性が生じる。

20

【0035】

したがって、 $F1_{in}/A1_{in} = F1_{out}/A1_{out}$ の近傍条件105を避けてF1バーナ66を運用すれば、燃焼振動の発生を回避できる。具体的には、F1バーナ内周部66aとF1バーナ外周部66bとで局所燃空比をオフセットすることにより、内周部と外周部とで燃焼速度に差が生じ、火炎が変動した際に、火炎が変動して圧力が変動する変動時間

30

【0036】

次に、 $F1_{in}/A1_{in}$ は内周部上限線102と内周部下限線101の範囲内で、 $F1_{out}/A1_{out}$ は外周部上限線104よりも高いか、外周部下限線103よりも低い場合について図6を用いて説明する。図6は図2の他の例であって、F1バーナにおいて、外周部の燃空費が空気孔出口に火炎が保炎できる燃空費よりも低い場合の火炎形態を示す状況図と併せて表した概略構成図である。図6において、図1乃至図5に示す符号と同符号のものは同一部分であるので、その詳細な説明は省略する。

【0037】

この場合、内周空気孔出口には火炎が保炎する一方、外周空気孔出口周囲には火炎は保炎しないため、図6に示すように円錐状の火炎42が形成される。このため、 $F1_{out}/A1_{out}$ が外周部下限線103よりも低い場合に、起動/昇速時のようにF1バーナ66単独で燃焼する際、F1バーナ66の外周部空気孔から噴出された予混合気噴流18は、燃焼反応が十分に進行する前にF2バーナ67から噴出された空気噴流17によって希釈される。このことにより、さらに燃空比が低下して燃焼反応が進行せず、未燃分が大量に発生する。

40

【0038】

一方、 $F1_{out}/A1_{out}$ が外周部上限線104よりも高い場合には、燃焼反応が十分に進行する前にF2バーナ67から噴出された空気噴流17によって希釈されたとしても、

50

燃焼反応が進行するために十分な燃空比となっているので、内周部空気孔出口に形成された火炎の燃焼ガスによって外周部空気孔から噴出された予混合気噴流 18 も燃焼反応が進行し、未燃分の排出は抑制される。

【0039】

次に、図 5 に示す  $F_{1out}/A_{1out}$  は外周部上限線 104 と外周部下限線 103 の範囲内で、 $F_{1in}/A_{1in}$  は内周部上限線 102 よりも高いか、内周部下限線 101 よりも低い場合は、外周空気孔出口には火炎が保炎する一方、内周空気孔出口周囲には火炎は保炎しない。このため、内周部が浮き上がった火炎が形成される。しかし、内周部が浮き上がったとしても、周囲を  $F_1$  バーナ外周部空気孔出口に保炎した火炎で囲まれているため、高温の燃焼ガスによって燃焼反応が進行し、未燃分の排出が抑制される。

10

【0040】

一方、図 5 に示す  $F_{1in}/A_{1in}$  が内周部上限線 102 よりも高いか、内周部下限線 101 よりも低く、かつ  $F_{1out}/A_{1out}$  も外周部上限線 104 よりも高いか、外周部下限線 103 よりも低い場合は、空気孔出口に火炎が保炎できず、失火するカリフトし、リフトする場合は火炎位置が定まらず大きな圧力変動が生じる恐れがある。

【0041】

以上の  $F_1$  バーナ 66 の局所燃空比に対する火炎形態の説明から、 $F_1$  バーナ 66 の局所燃空比を図 5 に示す安定燃焼範囲 107 の内側と安定燃焼範囲 108 の内側に設定することで、未燃分と燃焼振動の発生を抑制し、安定に燃焼させることができる。

【0042】

20

また、 $F_{1in}/A_{1in} < F_{1out}/A_{1out}$  である安定燃焼範囲 107 では、 $F_{1in}/A_{1in}$  が内周下限線 101 より低くても、 $F_{1out}/A_{1out}$  が外周部上限線 104 と外周部下限線 103 の間に入っていれば未燃分の排出を抑制しつつ安定に燃焼することができる。このため、安定燃焼範囲 108 より安定燃焼範囲 107 の方がより広範囲に安定燃焼させることができ、 $F_1$  バーナ 66 の運用性をさらに向上させることができる。

【0043】

安定燃焼範囲 107 で運用する場合、 $F_{1in}/A_{1in}$  に比べ  $F_{1out}/A_{1out}$  の運用できる範囲が広い。本実施の形態では、図 3 に示すように  $F_1$  バーナ内周部 66a に対し  $F_1$  バーナ外周部 66b の空気孔数を多くし、 $F_1$  バーナ外周部 66b に流入する空気量の総量を多くしている。このため、 $F_1$  バーナ 66 を安定に運用できる  $F_{1out}$  の流量範囲を拡大することができ、 $F_1$  バーナ 66 全体の燃焼負荷量を広い範囲にとることができる。この結果、 $F_1$  バーナ 66 の運用性を高めることができる。

30

【0044】

次に、図 4 に戻り、 $F_1$  バーナ 66 の局所燃空比の設定について説明する。

本実施の形態における  $F_1$  バーナ 66 は、図 4 に示すように  $F_1$  バーナ内周部 66a に対応した内周燃料ノズル 25a と、 $F_1$  バーナ外周部 66b に対応した外周燃料ノズル 25b とに供給する燃料の配分を調整するために内周オリフィス 22a、外周オリフィス 22b とがそれぞれ設けられている。

【0045】

ここで、内周燃料ノズル 25a に設けた内周オリフィス 22a の直径を  $D_{in}$ 、外周燃料ノズル 25b に設けた外周オリフィス 22b の直径を  $D_{out}$  と定義すると、本実施の形態においては、 $D_{in} < D_{out}$  となるように設定している。

40

【0046】

図 4 に示すように、内周燃料ノズル 25a と外周燃料ノズル 25b とは同一の燃料ヘッダ 23 に接続されているため、 $F_{1in} < F_{1out}$  となる。一方、 $F_1$  バーナ内周部 66a に配置した内周空気孔 32a の直径  $D_{ain}$  と  $F_1$  バーナ内周部 66b に配置した外周空気孔 32b の直径  $D_{aout}$  とは同一径としているため、それぞれの空気孔 32a、32b に流入する空気量  $A_{1in}$  と  $A_{1out}$  とは同じ値となる。この結果、本実施の形態の構成によれば、 $F_{1in}/A_{1in} < F_{1out}/A_{1out}$  とすることができる。

【0047】

50

本実施の形態のように、燃料ノズル 25 a、25 b に設けたオリフィス 22 a、22 b の直径で  $F1_{in}/A1_{in} < F1_{out}/A1_{out}$  となるように設定した場合、各燃料ノズルおよび空気孔の流量配分は常に一定となる。このため、例えば図 5 に示す F1 バーナ運転線 109 上で F1 バーナ 66 の燃空比条件を設定することができ、そのうち安定燃焼範囲 110 で、未燃分の排出を抑制しつつ、安定燃焼させることができる。

【0048】

次に、F1 バーナ 66 の局所燃空比の設定の他の例について図 7 及び図 8 を用いて説明する。図 7 は本発明のガスタービン燃焼器およびその制御方法の第 1 の実施の形態を構成する F1 バーナの他の例を示す詳細側断面図、図 8 は図 7 に示す F1 バーナの他の例を燃焼室側から見た正面図である。図 7 及び図 8 において、図 1 乃至図 6 に示す符号と同符号のものは同一部分であるので、その詳細な説明は省略する。

10

【0049】

図 7 及び図 8 に示すように、F1 バーナ 66 の局所燃空比の設定の他の例として、燃料ノズル 25 a、25 b に設けたオリフィス 22 a、22 b の直径は内周と外周とで同じ大きさとし、燃料ノズル 1 本あたりに供給する燃料流量を同じとする一方で、内周空気孔 32 a の直径  $D_{a in}$  を外周空気孔 32 b の直径  $D_{a out}$  より大きくしてもよい。この場合でも、内周空気孔に流入する空気量を外周空気孔に流入する空気量よりも多くすることで  $F1_{in}/A1_{in} < F1_{out}/A1_{out}$  とすることができる。

【0050】

20

本実施の形態のように燃料ノズル 25 a、25 b を空気孔内部に挿入している場合、空気の流入量を調節する手段として、空気孔径を変えるほかに燃料ノズル 25 a、25 b の外径を変えてもよい。 $F1_{in}/A1_{in} < F1_{out}/A1_{out}$  とするには、例えば空気孔径および燃料ノズルのオリフィス径を一定とした場合、F1 バーナの内周燃料ノズル 25 a の先端部の外径を外周燃料ノズル 25 b の先端部の外径より小さくし、内周空気孔 32 a の流路断面積を外周空気孔 32 b の流路断面積より大きくしても良い。

【0051】

上述した本発明のガスタービン燃焼器およびその制御方法の第 1 の実施の形態によれば、ガスタービンの起動 / 昇速時の未燃分の排出と燃焼振動を抑制することができるので、起動用の F1 バーナ 66 の運用範囲を拡大することができる。この結果、ガスタービンの回転数を安定して増加し得るガスタービン燃焼器およびその制御方法を提供できる。

30

【0052】

また、上述した本発明のガスタービン燃焼器およびその制御方法の第 1 の実施の形態によれば、燃料の系統数が少なく、簡便な構造によって、ガスタービンの起動 / 昇速時の未燃分の排出と燃焼振動を抑制することができる。

【実施例 2】

【0053】

以下、本発明のガスタービン燃焼器およびその制御方法の第 2 の実施の形態を図面を用いて説明する。図 9 は本発明のガスタービン燃焼器およびその制御方法の第 2 の実施の形態の要部の側断面図を燃焼室内の燃焼ガスの流れを示す状況図と併せて表した概略構成図、図 10 は本発明のガスタービン燃焼器およびその制御方法の第 2 の実施の形態を構成する空気孔プレートの一例を燃焼室側から見た正面図、図 11 は本発明のガスタービン燃焼器およびその制御方法の第 2 の実施の形態を構成する F1 バーナの全バーナ火炎形成時における火炎形態を示す特性図である。図 9 乃至図 11 において、図 1 乃至図 8 に示す符号と同符号のものは同一部分であるので、その詳細な説明は省略する。

40

【0054】

図 9 及び図 10 に示す本発明のガスタービン燃焼器およびその制御方法の第 2 の実施の形態は、大略第 1 の実施の形態と同様の機器で構成されるが、以下の構成が異なる。本実施の形態においては、F1 バーナ 66 において、燃料ヘッダ 23 を内周燃料ヘッダ 23 a と外周燃料ヘッダ 23 b とに区分けして設けている。内周燃料ヘッダ 23 a は、F1 バー

50

ナ内周部 6 6 a に対応した内周燃料ノズル 2 5 a に燃料を供給するもので、内周側燃料流量調整弁 6 1 a が設けられた内周燃料系統 5 1 a が接続されている。同様に、外周燃料ヘッド 2 3 b は、F 1 バーナ外周部 6 6 b に対応した外周燃料ノズル 2 5 b に燃料を供給するもので、外周側燃料流量調整弁 6 1 b が設けられた外周燃料系統 5 1 b が接続されている。

【 0 0 5 5 】

制御装置 6 5 は、内周側燃料流量調整弁 6 1 a と外周側燃料流量調整弁 6 1 b とを個別に開度調節することで、F 1 バーナ内周部 6 6 a と F 1 バーナ外周部 6 6 b に供給する燃料流量を別々に制御できる。

【 0 0 5 6 】

本実施例の形態においては、このように、制御装置 6 5 で F 1 バーナ内周部 6 6 a と F 1 バーナ外周部 6 6 b との局所燃空比を調節することができるため、第 1 の実施の形態のように燃料ノズル 2 5 a、2 5 b に設けたオリフィス 2 2 a、2 2 b や空気孔 3 2 a、3 2 b の直径を F 1 バーナ内周部 6 6 a と F 1 バーナ外周部 6 6 b とで変える必要がない。

【 0 0 5 7 】

本実施の形態においても、F 1 バーナ 6 6 の火炎形態は、図 5 の特性で整理することができる。F 1 バーナの内周空気孔 3 2 a 出口に火炎が保炎する条件は、図 5 に示す内周部下限線 1 0 1 と内周部上限線 1 0 2 の 2 つの線の間に限られ、同様に F 1 バーナ外周空気孔 3 2 b 出口に火炎が保炎する条件は、外周部下限線 1 0 3 と外周部上限線 1 0 4 の 2 つの線の間に限られる。

【 0 0 5 8 】

一方、内周部上限線 1 0 2、内周部下限線 1 0 1、外周部上限線 1 0 4、外周部下限線 1 0 3 に囲まれた範囲では、すべての空気孔の出口に火炎が保炎する。このため、タービン起動 / 昇速時のように F 1 バーナ 6 6 単独で燃焼する場合に、図 9 に示すように F 2 バーナ 6 7 からの空気噴流 1 7 が F 1 バーナ 6 6 の下流に向かって流入しても F 1 バーナ 6 6 からの予混合気噴流 1 8 は十分に燃焼反応が進行し、未燃分の排出を抑制することができる。

【 0 0 5 9 】

しかし、図 5 の F 1 バーナ内周部局所燃空比  $F 1 in / A 1 in$  と F 1 バーナ外周部局所燃空比  $F 1 out / A 1 out$  とがほぼ一致する条件 1 0 5 では、第 1 の実施の形態の場合と同様に F 1 バーナ 6 6 全体で火炎の形成位置が同じで、かつ局所燃空比がほぼ同じであることから火炎が一様に変動しやすくなる。このため、火炎が変動することによって燃焼室 5 内の圧力が変動し、燃焼室 5 の圧力変動によって F 1 バーナ 6 6 に供給する燃料流量が変動し、さらに火炎が変動する。この結果、圧力変動と火炎変動がお互いに増幅し合って、燃焼振動が発生する可能性が生じる。

【 0 0 6 0 】

そこで、本実施の形態においては、内周側燃料流量調整弁 6 1 a と外周側燃料流量調整弁 6 1 b の開度を調整して、 $F 1 in / A 1 in = F 1 out / A 1 out$  の近傍条件 1 0 5 を避けて F 1 バーナ 6 6 を運用することにより、燃焼振動の発生を回避できる。具体的には、F 1 バーナ内周部 6 6 a と F 1 バーナ外周部 6 6 b とで局所燃空比をオフセットすることにより、内周部と外周部とで燃焼速度に差が生じ、火炎が変動した際に、火炎が変動して圧力が変動する変動時間にずれが生じる。このことにより、内周部と外周部とが同一周期で変動することを防止できるので、燃焼振動が抑制される。

【 0 0 6 1 】

次に、 $F 1 in / A 1 in$  は内周部上限線 1 0 2 と内周部下限線 1 0 1 の範囲内で、 $F 1 out / A 1 out$  は外周部上限線 1 0 4 よりも高いか、外周部下限線 1 0 3 よりも低い場合について説明する。この場合、内周空気孔出口には火炎が保炎する一方、外周空気孔出口周囲には火炎は保炎しないため、円錐状の火炎が形成される。このため、 $F 1 out / A 1 out$  が外周部下限線 1 0 3 よりも低い場合に、起動 / 昇速時のように F 1 バーナ 6 6 単独で燃焼する際、F 1 バーナ 6 6 の外周部空気孔から噴出された予混合気噴流 1 8 は、燃焼反応が十

10

20

30

40

50

分に進行する前にF 2バーナ6 7から噴出された空気噴流1 7によって希釈される。このことにより、さらに燃空比が低下して燃焼反応が進行せず、未燃分が大量に発生する。

【0 0 6 2】

一方、F 1 out/A 1 outが外周部上限線1 0 4よりも高い場合には、燃焼反応が十分に進行する前にF 2バーナ6 7から噴出された空気噴流1 7によって希釈されたとしても、燃焼反応が進行するために十分な燃空比となっているので、内周部空気孔出口に形成された火炎の燃焼ガスによって外周部空気孔から噴出された予混合気噴流1 8も燃焼反応が進行し、未燃分の排出は抑制される。

【0 0 6 3】

次に、図5に示すF 1 out/A 1 outは外周部上限線1 0 4と外周部下限線1 0 3の範囲内で、F 1 in/A 1 inは内周部上限線1 0 2よりも高いか、内周部下限線1 0 1よりも低い場合は、外周空気孔出口には火炎が保炎する一方、内周空気孔出口周囲には火炎は保炎しない。このため、内周部が浮き上がった火炎が形成される。しかし、内周部が浮き上がったとしても、周囲をF 1バーナ外周部空気孔出口に保炎した火炎で囲まれているため、高温の燃焼ガスによって燃焼反応が進行し、未燃分の排出が抑制される。

【0 0 6 4】

一方、図5に示すF 1 in/A 1 inが内周部上限線1 0 2よりも高いか、内周部下限線1 0 1よりも低く、かつF 1 out/A 1 outも外周部上限線1 0 4よりも高いか、外周部下限線1 0 3よりも低い場合は、空気孔出口に火炎が保炎できず、失火するカリフトし、リフトする場合は火炎位置が定まらず大きな圧力変動が生じる恐れがある。

【0 0 6 5】

以上のF 1バーナ6 6の局所燃空比に対する火炎形態の説明から、F 1バーナ6 6の局所燃空比を図5に示す安定燃焼範囲1 0 7の内側と安定燃焼範囲1 0 8の内側に設定することで、未燃分と燃焼振動の発生を抑制し、安定に燃焼させることができる。

また、F 1 in/A 1 in < F 1 out/A 1 outである安定燃焼範囲1 0 7では、F 1 in/A 1 inが内周部下限線1 0 1より低くても、F 1 out/A 1 outが外周部上限線1 0 4と外周部下限線1 0 3の間に入っていれば未燃分の排出を抑制しつつ安定に燃焼することができる。このため、安定燃焼範囲1 0 8より安定燃焼範囲1 0 7の方がより広範囲に安定燃焼させることができ、F 1バーナ6 6の運用性をさらに向上させることができる。

【0 0 6 6】

安定燃焼範囲1 0 7で運用する場合、F 1 in/A 1 inに比べF 1 out/A 1 outの運用できる範囲が広い。本実施の形態では、第1の実施の形態と同様に、図10に示すようにF 1バーナ内周部6 6 aの空気孔数よりF 1バーナ外周部6 6 bの空気孔数を多くし、F 1バーナ外周部6 6 bに流入する空気量の総量を多くしている。このため、F 1バーナ6 6を安定に運用できるF 1 outの流量範囲を拡大することができ、F 1バーナ6 6全体の燃焼負荷量を広い範囲にとることができる。この結果、F 1バーナ6 6の運用性を高めることができる。

【0 0 6 7】

次に、全バーナ火炎形成時におけるF 1バーナの火炎形態について説明する。第1の実施の形態で説明したタービン起動/昇速時において、F 1 in/A 1 inが図5に示す内周部上限線1 0 2と内周部下限線1 0 1の範囲内で、F 1 out/A 1 outが外周部下限線1 0 3より小さい場合には、前述したように未燃分が大量に発生してしまう。しかし、定格負荷条件など、F 2バーナ6 7のすべてに火炎が形成されているような場合には、F 1バーナの外周部空気孔3 2 bから噴出される予混合気1 8が希釈されて未燃分が大量排出されることがないので、このような条件内でも安定に燃焼させることができる。

【0 0 6 8】

このような、全バーナ火炎形成時におけるF 1バーナの火炎形態を図11に示している。図11に示すように、F 1 in/A 1 in > F 1 out/A 1 outの安定燃焼範囲1 0 8は、図5に示す起動/昇速時における安定燃焼範囲1 0 8に比べて拡大している。

【0 0 6 9】

本実施の形態においては、F 1 バーナ内周部 6 6 a に配置した内周空気孔 3 2 a の開口面積を F 1 バーナ外周部 6 6 b に配置した外周空気孔 3 2 b の開口面積より小さくすると共に、F 1 バーナの内周燃料ノズル 2 5 a と F 1 バーナの外周燃料ノズル 2 5 b とに供給する燃料の比率を自由に定めることができる。このことにより、定格負荷条件では図 1 1 に示す安定燃焼範囲 1 0 8 内で運用し、 $F 1_{in}/A 1_{in} > F 1_{out}/A 1_{out}$  とすることで燃空比が高くなる予混合気量を最小限とすることができる。この結果、NO<sub>x</sub> 排出量を最小限とすることができる。

#### 【 0 0 7 0 】

上述した本発明のガスタービン燃焼器およびその制御方法の第 2 の実施の形態によれば、第 1 の実施の形態と同様の効果を得ることができる。

10

#### 【 0 0 7 1 】

また、上述した本発明のガスタービン燃焼器およびその制御方法の第 2 の実施の形態によれば、F 1 バーナ 6 6 の内周部と外周部に供給する燃料配分を内周側燃料流量調整弁 6 1 a と外周側燃料流量調節弁 6 1 b の開度で制御できるので、起動 / 昇速時における安定燃焼範囲 1 0 8 を確保できると共に、定格負荷条件時においても、拡大した安定燃焼範囲 1 0 8 での運転が可能となる。この結果、全運転範囲において NO<sub>x</sub> 排出量を最小限とすることができる。

#### 【 0 0 7 2 】

なお、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、上記の各構成、機能、処理部、処理手段等は、それらの一部又は全部を、例えば集積回路で設計する等によりハードウェアで実現してもよい。また、上記の各構成、機能等は、プロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈し、実行することによりソフトウェアで実現してもよい。

20

#### 【 符号の説明 】

#### 【 0 0 7 3 】

|       |            |
|-------|------------|
| 1     | 圧縮機        |
| 2     | 燃焼器        |
| 3     | タービン       |
| 4     | ケーシング      |
| 5     | 燃焼室        |
| 6     | マルチバーナ     |
| 7     | シャフト       |
| 8     | 発電機        |
| 9     | ガスタービンプラント |
| 1 0   | 燃焼器ライナ     |
| 1 1   | フロースリーブ    |
| 1 2   | 尾筒内筒       |
| 1 3   | 尾筒外筒       |
| 1 5   | 吸い込み空気     |
| 1 6   | 高圧空気       |
| 1 7   | 空気噴流       |
| 1 8   | 予混合気噴流     |
| 1 9   | 高温燃焼ガス     |
| 2 0   | 排気ガス       |
| 2 2   | オリフィス      |
| 2 2 a | 内周オリフィス    |
| 2 2 b | 外周オリフィス    |
| 2 3   | 燃料ヘッド      |

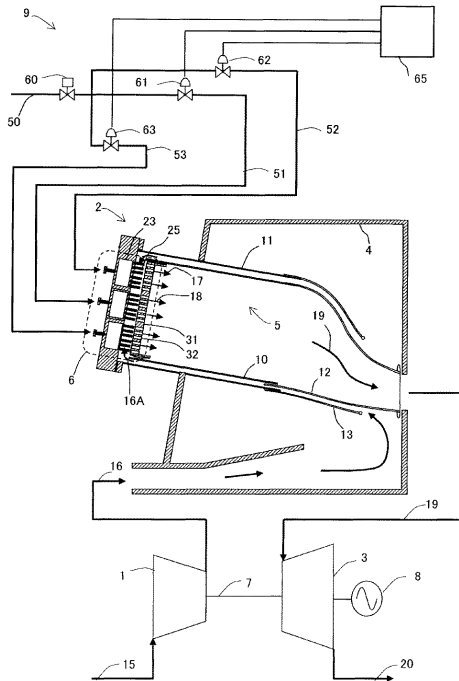
30

40

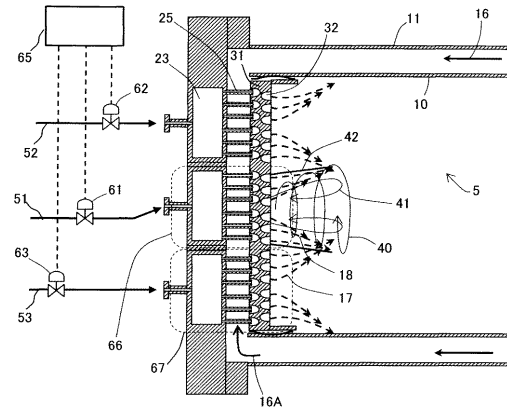
50

|         |                                  |    |
|---------|----------------------------------|----|
| 2 3 a   | 内周燃料ヘッド                          |    |
| 2 3 b   | 外周燃料ヘッド                          |    |
| 2 5     | 燃料ノズル                            |    |
| 2 5 a   | 内周燃料ノズル                          |    |
| 2 5 b   | 外周燃料ノズル                          |    |
| 3 1     | 空気孔プレート                          |    |
| 3 2     | 空気孔                              |    |
| 3 2 a   | 内周空気孔                            |    |
| 3 2 b   | 外周空気孔                            |    |
| 4 0     | 旋回流                              | 10 |
| 4 1     | 循環流                              |    |
| 4 2     | 火炎                               |    |
| 4 4     | バーナ中心軸                           |    |
| 5 0     | ガス燃料                             |    |
| 5 1     | 燃料系統                             |    |
| 5 1 a   | 第 1 燃料系統                         |    |
| 5 1 b   | 第 2 燃料系統                         |    |
| 5 2、5 3 | 燃料系統                             |    |
| 6 0     | 燃料遮断弁                            |    |
| 6 1     | 燃料流量調節弁                          | 20 |
| 6 1 a   | 第 1 燃料流量調整弁                      |    |
| 6 1 b   | 第 2 燃料流量調整弁                      |    |
| 6 2、6 3 | 燃料流量調節弁                          |    |
| 6 5     | 制御装置                             |    |
| 6 6     | F 1 バーナ                          |    |
| 6 6 a   | F 1 バーナ内周部                       |    |
| 6 6 b   | F 1 バーナ外周部                       |    |
| 6 7     | F 2 バーナ                          |    |
| 1 0 1   | F 1 バーナ内周部局所燃空比下限線               |    |
| 1 0 2   | F 1 バーナ内周部局所燃空比上限線               | 30 |
| 1 0 3   | F 1 バーナ外周部局所燃空比下限線               |    |
| 1 0 4   | F 1 バーナ外周部局所燃空比上限線               |    |
| 1 0 5   | F 1 バーナ内周部局所燃空比と外周部局所燃空比が等しくなる条件 |    |
| 1 0 7   | 安定燃焼領域                           |    |
| 1 0 8   | 安定燃焼領域                           |    |
| 1 0 9   | F 1 バーナ運転線                       |    |
| 1 1 0   | F 1 バーナ安定燃焼運転範囲                  |    |
| 1 1 1   | F 1 バーナ内周部量論混合比条件                |    |
| 1 1 2   | F 1 バーナ外周部量論混合比条件                |    |

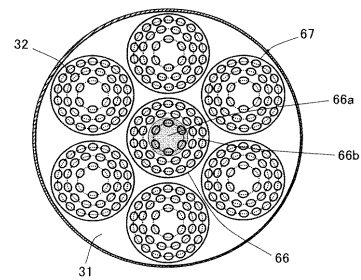
【図 1】



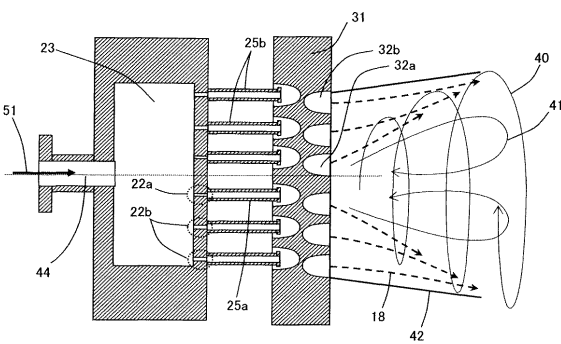
【図 2】



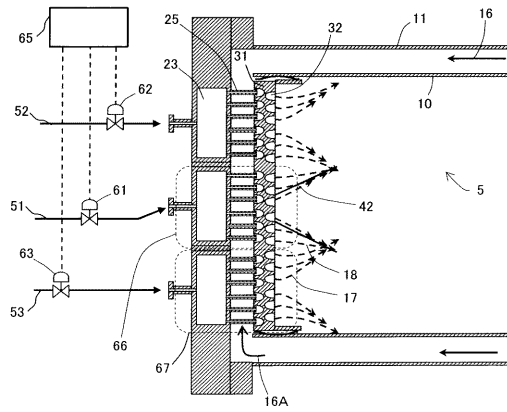
【図 3】



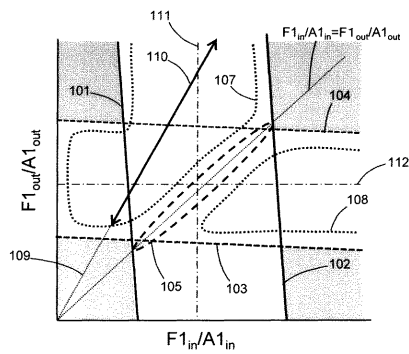
【図 4】



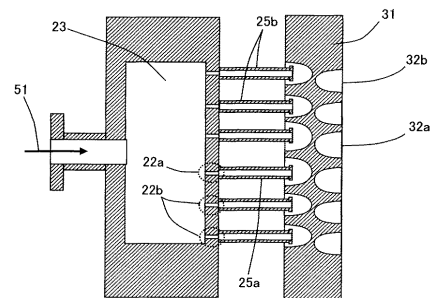
【図 6】



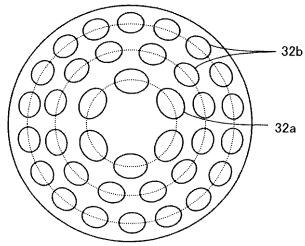
【図 5】



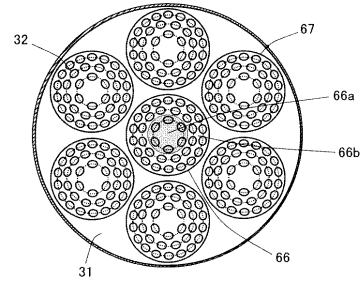
【図 7】



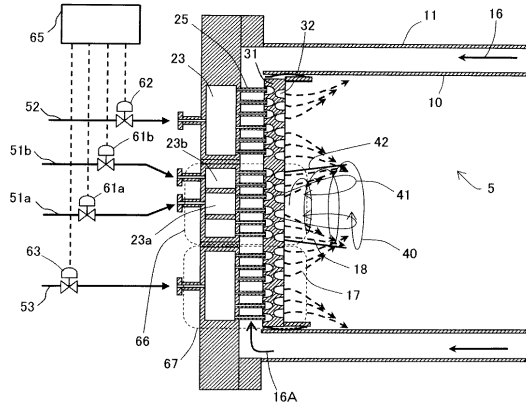
【図 8】



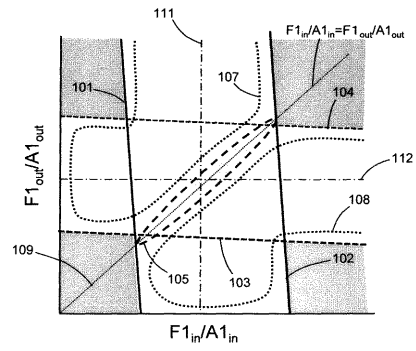
【図 10】



【図 9】



【図 11】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
F 0 2 C 9/28 C

(72)発明者 小金沢 知己  
東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 株式会社日立製作所内  
(72)発明者 阿部 一幾  
東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 株式会社日立製作所内  
(72)発明者 松原 慶典  
東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 株式会社日立製作所内

審査官 高吉 統久

(56)参考文献 特開 2 0 1 2 - 0 3 7 1 0 4 ( J P , A )  
特開 2 0 1 2 - 1 4 9 8 6 8 ( J P , A )  
特開 2 0 1 1 - 0 7 5 1 7 2 ( J P , A )  
特開平 0 6 - 3 2 3 5 4 3 ( J P , A )  
米国特許出願公開第 2 0 1 0 / 0 1 9 2 5 8 1 ( U S , A 1 )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
F 0 2 C 7 / 2 2 8  
F 0 2 C 7 / 2 6  
F 0 2 C 9 / 2 8  
F 2 3 R 3 / 1 0  
F 2 3 R 3 / 2 8