

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-151441
(P2008-151441A)

(43) 公開日 平成20年7月3日(2008.7.3)

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)			
F23R	3/34	(2006.01)	F23R	3/34	ZAB	3G071
F23C	99/00	(2006.01)	F23C	11/00	311	3K065
F23R	3/30	(2006.01)	F23R	3/30		
F23R	3/28	(2006.01)	F23R	3/28	D	
FO2C	7/042	(2006.01)	FO2C	7/042		

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2006-341082 (P2006-341082)
(22) 出願日 平成18年12月19日 (2006.12.19)

(71) 出願人 00000974
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 100087941
弁理士 杉本 修司
(72) 発明者 佐々江 啓介
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 足利 貢
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 鴨頭 義人
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

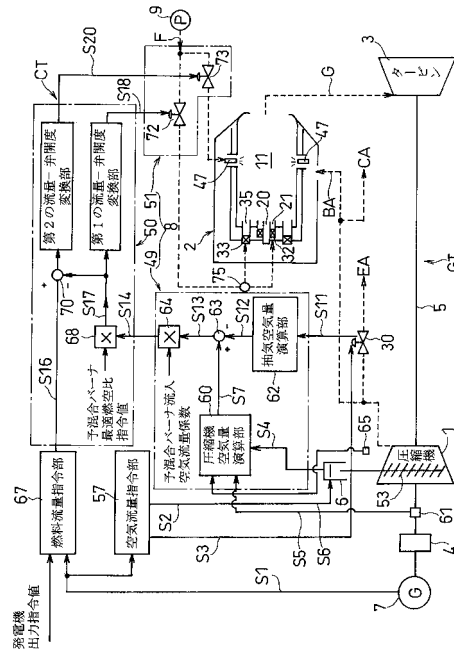
(54) 【発明の名称】 希薄予混合型燃焼装置とその制御方法

(57) 【要約】

【課題】 負荷が急激に変動した過渡状態でも予混合バーナの空燃比を一定に保持して安定した希薄予混合燃焼を維持しながら、負荷変動に対し良好な追従性を有する希薄予混合型燃焼装置とこれを制御する方法を提供する。

【解決手段】 予混合バーナ21, 35と、拡散燃焼型の追焚きバーナ47と、予混合バーナ21, 35を通る予混合バーナ空気流量を求める空気流量取得手段49と、求められた予混合バーナ空気流量に基づいて一定の空燃比となるように予混合バーナ21, 35への第1燃料供給量を設定し、負荷に対応した総燃料供給量から第1燃料供給量を差し引いて追焚きバーナ47への第2燃料供給量を設定する燃料流量設定部50と、設定された第1および第2燃料供給量となるように予混合バーナ21, 35と追焚きバーナ47のそれぞれに燃料Fを供給する燃料供給弁部51とを備える。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

圧縮機から供給される圧縮空気と燃料を燃焼させて燃焼ガスをタービンに供給する燃焼装置であって、

少なくとも一つの予混合バーナと、

少なくとも一つの拡散燃焼型の追焚きバーナと、

前記圧縮空気のうち前記予混合バーナを通る予混合バーナ空気流量を求める空気流量取得手段と、

求められた前記予混合バーナ空気流量に基づいて一定の空燃比となるように前記予混合バーナへの第 1 燃料供給量を設定し、負荷に対応した総燃料供給量から前記第 1 燃料供給量を差し引いて前記追焚きバーナへの第 2 燃料供給量を設定する燃料流量設定部と、

設定された前記第 1 および第 2 燃料供給量となるように前記予混合バーナと前記追焚きバーナのそれぞれに燃料を供給する燃料供給弁部と、

を備えた希薄予混合型燃焼装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 において、前記空気流量取得手段は、前記圧縮機の圧力比と空気流量の関係を示すコンプレッサマップを使用して前記予混合バーナ空気流量を求める希薄予混合型燃焼装置。

【請求項 3】

請求項 2 において、前記空気流量取得手段は、前記コンプレッサマップから前記圧縮機の回転速度および圧力比と可変静翼角度とに基づき圧縮機空気量を求め、この圧縮機空気量と前記圧縮空気の一部を外部に放出する抽気弁の開度とに基づき前記予混合バーナ空気流量を求める希薄予混合型燃焼装置。

20

【請求項 4】

少なくとも一つの予混合バーナと少なくとも一つの拡散燃焼型の追焚きバーナとを備え、圧縮機から供給される圧縮空気と燃料を燃焼させて燃焼ガスをタービンに供給する燃焼装置を制御する方法であって、

前記圧縮空気のうち前記予混合バーナを通る予混合バーナ空気流量を求めるステップと、

求められた前記予混合バーナ空気流量に基づいて一定の空燃比となるように前記予混合バーナへの第 1 燃料供給量を設定し、負荷に対応した総燃料供給量から前記第 1 燃料供給量を差し引いて前記追焚きバーナへの第 2 燃料供給量を設定するステップと、

設定された前記第 1 および第 2 燃料供給量となるように前記予混合バーナと前記追焚きバーナのそれぞれに燃料を供給するステップと、

を備えた希薄予混合型燃焼装置の制御方法。

30

【請求項 5】

請求項 4 において、前記圧縮機の圧力比と空気流量の関係を示すコンプレッサマップを使用して前記予混合バーナ空気流量を求める希薄予混合型燃焼装置の制御方法。

【請求項 6】

請求項 5 において、前記コンプレッサマップから前記圧縮機の回転速度および圧力比と可変静翼角度とに基づき圧縮機空気量を求め、この圧縮機空気量と前記圧縮空気の一部を外部に放出する抽気弁の開度とに基づき前記予混合バーナ空気流量を求める希薄予混合型燃焼装置の制御方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、負荷が急激に変動した場合にも希薄予混合燃焼を安定に維持できるとともに、燃料供給量の負荷変動に対する追従性の向上を図った希薄予混合型燃焼装置とその制御方法に関するものである。

【背景技術】

50

【0002】

ガスタービンにおいては、排ガス組成に関して厳しい環境基準が設けられており、特に、窒素酸化物（以下、 NO_x という。）の排出量の低減が望まれている。低 NO_x 化の手段として、燃焼室内に水や蒸気を噴射して燃焼火炎温度を低下させる方法が以前により採用されていたが、この方法では、エンジン熱効率の低下や悪い水質によるタービンの腐食に伴う寿命低下などの種々の欠点があった。近年では、水や蒸気を用いないドライ式で NO_x を低減する手段として、希薄予混合燃焼方式が有効であることがよく知られている。この希薄予混合燃焼方式は、空気と燃料を予め混合して燃料濃度を均一化した混合気として燃焼させるため、局所的に火炎温度が高温となる燃焼領域が存在せず、かつ燃料の希薄化により全体的にも火炎温度を低くできることから、 NO_x 発生量を効果的に低減することができる。

10

【0003】

ところが、この希薄予混合燃焼方式では、 NO_x の発生量が少なく、かつ失火の発生無しに高い燃焼効率で安定に燃焼させることができる空燃比の範囲が極めて狭い。したがって、空燃比が高過ぎると不完全燃焼が生じて燃焼安定性が著しく低下し、逆に空燃比が低くなり過ぎると燃料過濃になって生成される NO_x が指数関数的に増加する。そのため、ガスタービンの広い負荷範囲において低 NO_x で、かつ高い燃焼効率を維持するためには、ガスタービンの作動条件にかかわらず空気と燃料の混合比（空燃比）を一定範囲内に維持するように正確に制御する必要がある。

20

【0004】

この空燃比を一定範囲内に維持するために、負荷が増大するのに対応して複数のメイン予混合バーナをオン・オフ制御することによりメイン予混合バーナの作動数を増加させるとともに、追焚きバーナへの燃料供給量を負荷の変化に応じて連続的に制御することにより、負荷に応じた出力制御を行うようにしたガスタービンの燃焼器が知られている（特許文献1参照）。また、燃焼器の空燃比制御を、燃料流量指令に基づき所定の空燃比になる空気流量のフィードフォワード信号を求め、このフィードフォワード信号により空気流量調節機構を制御する方法も開示されている（特許文献2参照）。

【0005】

【特許文献1】特開平8-210641号公報

【特許文献2】特開平7-269373号公報

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献1の燃焼器では、負荷が増大するのに対応して複数のメイン予混合バーナのうちの作動数を順次増加させる際に、同一作動数において負荷が増大していくと、空気量が一定であるのに対し燃料供給量が増加するので、燃料が濃くなって NO_x 発生量が増大していき、燃焼中のメイン予混合バーナの理論空燃比に近づいて NO_x 発生量が大幅に増えた時点でメイン予混合バーナの作動数を増加させ、これにより燃料濃度を薄くして NO_x 発生量を急激に低下させる動作を繰り返すので、負荷が急激に増加または減少した場合に NO_x 排出量の増加減が大きくなるという課題がある。

40

【0007】

また、特許文献3の空燃比制御手段では、燃料流量指令に基づき求めた所定の空燃比となる空気流量のフィードフォワード信号により空気流量調節機構の制御を行うと、空気流量制御系と燃料流量制御系の各々の応答速度が相違することから、負荷が急激に変動した過渡状態において空燃比を一定に保つのが困難となる。すなわち、一般に、空気流量制御系の応答は燃料流量制御系に比べて遅いので、図6(a)に示すようにガスタービンの負荷が急激に減少した場合には、同図(b)に示す予混合バーナへの燃料供給量が同図(c)に示す予混合バーナへの空気供給量よりも先に減少するので、同図(d)に示すように空燃比が大きくなって失火が発生し、安定燃焼を維持することができなくなる。

【0008】

50

このような失火の発生を防止するために、予め空燃比を小さく設定して空気流量を少なくするように図ると、燃焼火炎温度が高くなって NO_x 発生量が増加することになるので、空燃比をあまり小さく設定することができない。一方、空気流量制御系と燃料流量制御系の各々の応答速度の相違に起因する空燃比の変化を無くするために、燃料流量制御系を応答速度の遅い空気流量制御系に合わせて制御することが考えられるが、そのようにした場合には、ガスタービンの負荷追従性が悪くなるという別の課題が生じる。

【0009】

本発明は、前記従来課題に鑑みてなされたもので、負荷が急激に変動した過渡状態でも予混合バーナの空燃比を一定に保持して安定な希薄予混合燃焼を維持しながらも、負荷の変動に対し良好な追従性を有する希薄予混合型燃焼装置とこれを制御する方法を提供することを目的としている。

10

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記目的を達成するために、本発明に係る希薄予混合型燃焼装置は、圧縮機から供給される圧縮空気と燃料を燃焼させて燃焼ガスをタービンに供給する燃焼装置であって、少なくとも一つの予混合バーナと、少なくとも一つの拡散燃焼型の追焚きバーナと、前記圧縮空気のうち前記予混合バーナを通る予混合バーナ空気流量を求める空気流量取得手段と、求められた前記予混合バーナ空気流量に基づいて一定の空燃比となるように前記予混合バーナへの第1燃料供給量を設定し、負荷に対応した総燃料供給量から前記第1燃料供給量を差し引いて前記追焚きバーナへの第2燃料供給量を設定する燃料流量設定部と、設定された前記第1および第2燃料供給量となるように前記予混合バーナと前記追焚きバーナのそれぞれに燃料を供給する燃料供給弁部と、を備えている。

20

【0011】

この構成によれば、圧縮機から供給される圧縮空気のうち予混合バーナを通る予混合バーナ空気流量に基づいて一定の空燃比になるように予混合バーナへの第1燃料供給量を設定しているため、燃料供給制御系による予混合バーナへの燃料供給量は、空気流量制御系による予混合バーナ空気流量に対応するように制御されるから、負荷が急激に変動した場合であっても、予混合バーナへの空燃比が常に一定に維持されるので、失火や不完全燃焼などが生じるおそれのない安定燃焼を保持でき、 NO_x の発生を抑制できる。しかも、空燃比は、予混合バーナ空気流量に基づいて設定することから、希薄燃焼を達成するために可及的に大きく設定することが可能となり、これにより、 NO_x の発生を効果的に抑制することができる。また、負荷の急激な変動に対応して設定する総燃料供給量から第1燃料供給量を差し引いた第2燃料供給量を拡散燃焼型の追焚きバーナに供給するので、総燃料供給量のうちの急激な負荷変動に伴う増加分または減少分が時間遅れなく追焚きバーナに供給されるから、負荷の急激な変動に対する追従性が向上する。ここで、拡散燃焼型の追焚きバーナは、安定燃焼のための空燃比の範囲が広いので、燃料供給量が急激に増減しても失火や不完全燃焼のおそれが少ない。また、追焚きバーナは予混合バーナによる高温燃焼ガス中で燃焼を行うので、 NO_x 排出量を増加させない。

30

【0012】

本発明において、前記空気流量取得手段は、前記圧縮機の圧力比と空気流量の関係を示すコンプレッサマップを使用して前記予混合バーナ空気流量を求めることが好ましい。この構成によれば、負荷の急激な変動時にも予混合バーナ空気流量を容易、かつ正確に求めることができる。

40

【0013】

また、前記コンプレッサマップを使用するに際して、前記空気流量取得手段は、前記コンプレッサマップから前記圧縮機の可変静翼角度に基づき圧縮機空気量を求め、この圧縮機空気量と前記圧縮空気の一部を外部に放出する抽気弁の開度とに基づき前記予混合バーナ空気流量を求めることが好ましい。この構成によれば、予混合バーナへの第1燃料供給量を、予混合バーナ空気流量に基づいて一定の空燃比になるように設定することから、予混合バーナの空気流量は負荷変動に追従して制御する必要がないので、空気量調節機

50

構として安価で応答速度の遅い可変静翼および抽気弁を採用しても、予混合バーナの空燃比を負荷の変動によらず常に一定に保つことができる。ここでいう圧縮機空気量とは、圧縮機から送給される圧縮空気の総量であって、燃焼器に送られる分と抽出して外部に排出される余剰分とを含んでいる。

【0014】

本発明に係る希薄予混合型燃焼装置の制御方法によっても上述した希薄予混合型燃焼装置と同様の効果が得られる。

【発明の効果】

【0015】

本発明の希薄予混合型燃焼装置とその制御方法によれば、燃料供給制御系による予混合バーナへの燃料供給量を、応答性の遅い空気流量制御系による予混合バーナ空気流量に対応して制御するようにしたので、負荷が急激に変動した場合であっても、予混合バーナへの空燃比を常に一定に維持して失火や不完全燃焼などが生じるおそれのない安定燃焼を保持でき、 NO_x の発生を抑制できる。また、総燃料供給量から第1燃料供給量を差し引いた第2燃料供給量を拡散燃焼型の追焚きバーナに供給するようにしたので、負荷の急激な変動に対する燃料供給量の追従性が向上する。しかも、追焚きバーナは拡散燃焼型であるから、安定燃焼のための空燃比の範囲が広いので、燃料供給量を急激に増減させても失火や不完全燃焼のおそれが少ない。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

20

以下、本発明の好ましい実施形態について図面を参照しながら説明する。

図1は本発明の一実施形態の希薄予混合型燃焼装置が適用されるガスタービン発電装置を示した概略構成図である。ガスタービンGTは圧縮機1、燃焼器2およびタービン3を主構成要素として有し、圧縮機1から供給される圧縮空気Aを燃焼器2で燃焼させ、それにより発生する高温高圧の燃焼ガスGをタービン3に供給する。圧縮機1は回転軸5を介してタービン3により駆動される。圧縮機1には、その上段の静翼の角度を変更して圧縮機空気量を調節する角度調節機構6が取り付けられている。また、圧縮機1と燃焼器2を接続する圧縮空気通路には、一部の圧縮空気Aを外部に放出するための抽気弁30が設けられている。前記タービン3はまた、減速機4を介して発電機7を駆動する。燃焼器2には、燃料供給装置9から送給される天然ガスのようなガス燃料または液体燃料が、燃料制御装置8を介して供給される。前記燃焼器2および燃料制御装置8が本発明の希薄予混合型燃焼装置の一部を構成する。

30

【0017】

図2は前記燃焼器2を示す縦断面図である。同図において、この燃焼器2は、円筒状のハウジングH内に、ほぼ円筒状の燃焼筒10が同心状の配置で収納されており、この燃焼筒10内に燃焼室11が形成されている。この燃焼器2が、複数、例えば6つ、ガスタービンの回転軸心回りに等間隔で配置されている。ハウジングHは、その基端側に設けられたフランジ14を介して、圧縮機1およびタービン3を覆うメインハウジング13に設けたフランジ13aに、ボルト(図示せず)により結合されている。ハウジングHの先端側にはエンドカバー12がボルト(図示せず)により固定されている。

40

【0018】

ハウジングHの頭部には支持筒52の基端部が連結されており、この支持筒52の先端部(図の右端部)に燃焼筒10の頭部が固定されて、燃焼筒10が支持筒52を介してハウジングHに支持されている。燃焼筒10の基端部は、タービン3へ燃焼ガスGを導入する遷移ダクトの入口部54に嵌入されている。ハウジングHと燃焼筒10との間に、圧縮機1からの圧縮空気Aを燃焼筒10の頭部へ導く環状の空気通路16が形成されている。また、支持筒52の内側には空気導入室17が形成されており、この支持筒52に、空気通路16を通して送られてきた圧縮空気Aを空気導入室17内に導く複数の空気導入孔18が設けられている。

【0019】

50

燃焼筒 10 の頭部の中央部には、燃料 F を燃焼室 11 内に直接噴出する拡散燃焼式の単一のパイロットバーナ 20 が設けられている。このパイロットバーナ 20 の外周には、燃料 F と圧縮空気 A とを予め混合して生成した混合気 M を燃焼室 11 内に噴出する希薄予混合燃焼式のプライマリ予混合バーナ 21 が設けられている。

【0020】

プライマリ予混合バーナ 21 は、エンドカバー 12 に支持された内周管 22 とこれと同心の外周管 23 との間で環状の予混合通路 24 を形成し、この予混合通路 24 に放射状に延びる複数のプライマリ燃料ノズル 25 が配置され、プライマリ燃料ノズル 25 の上流側にスワラ 26 が配置されている。内周管 22 の内側に燃料導管 27 が同心状に配置され、この燃料導管 27 の内側にパイロットバーナ用の燃料通路 28 が形成され、燃料導管 27 と内周管 22 との間にプライマリ予混合バーナ 21 用の燃料通路 29 が形成されている。

10

【0021】

パイロットバーナ 20 は、内周管 22 の先端部にパイロット用の複数のパイロット噴射孔 19 を有する。燃料導管 27 の内側の燃料通路 28 は、内周管 22 に設けたパイロット燃料導入口 31 に接続されている。予混合通路 24 に臨む各プライマリ燃料ノズル 25 は径方向に並んだ複数の燃料噴射孔を有し、内周管 22 の内側の燃料通路 29 に連通し、この燃料通路 29 が、内周管 22 に設けたプライマリ燃料導入口 32 に接続されている。

【0022】

プライマリ予混合バーナ 21 の外周には、これと同心状の環状の予混合通路 34 を有する希薄予混合燃焼式のセカンダリ予混合バーナ 35 が設けられている。このセカンダリ予混合バーナ 35 の径方向外方に開口した環状の空気入口 36 に複数のセカンダリ燃料ノズル 37 が、周方向に等間隔で配置されている。セカンダリ燃料ノズル 37 はエンドカバー 12 に設けたセカンダリ燃料導入口 33 に接続されている。また、空気入口 36 には、セカンダリ燃料ノズル 37 の下流に位置するスワラ 38 が配置されている。前記パイロット燃料導入口 31、プライマリ燃料導入口 32 およびセカンダリ燃料導入口 33 には、図 1 の燃料供給装置 9 から燃料制御装置 8 を介して燃料 F が供給される。

20

【0023】

プライマリ予混合バーナ 21 およびセカンダリ予混合バーナ 35 から燃焼室 11 内に噴射された予混合気 M が燃焼室 11 内で燃焼して第 1 の燃焼領域 11 a を形成する。燃焼筒 10 における第 1 の燃焼領域 11 a よりも下流側には、短いパイプを貫通させて形成された複数の追焚用空気孔 44 が周方向に等間隔に配設されている。ハウジング H における各追焚用空気孔 44 に対向する部分には、拡散燃焼型の追焚きバーナ 47 が、各々の燃料噴出孔を追焚用空気孔 44 に臨ませて取り付けられている。この追焚きバーナ 47 は、図 1 の燃料供給装置 9 から燃料制御装置 8 を介して供給された燃料 F を、追焚用空気孔 44 を通じて燃焼筒 10 内に噴射して、燃焼室 11 内の第 1 の燃焼領域 11 a の下流側に第 2 の燃焼領域 11 b を形成する。燃焼筒 10 におけるパイロットバーナ 20 および予混合バーナ 21、35 の下流側で追焚きバーナ 47 の上流側に点火プラグ 40 が装着されている。

30

【0024】

つぎに、燃焼器 2 の動作について説明する。この燃焼器 2 は、起動時および拡散運転（非低 NO_x 運転）中のみパイロットバーナ 20 を作動させ、その燃料通路 28 のパイロット噴射孔 19 から燃料 F を噴射して拡散燃焼させる。低 NO_x 運転中は、プライマリおよびセカンダリ予混合バーナ 21、35 を作動させ、第 1 の燃焼領域 11 a において希薄燃焼させる。これにより、燃焼温度が低下して、 NO_x の発生が抑制される。さらに、追焚きバーナ 47 から噴出された燃料 F は、第 1 の燃焼領域 11 a によりかなりの高温になっている第 2 の燃焼領域 11 b に導入されるので、拡散燃焼であっても NO_x の発生が抑制される。

40

【0025】

図 3 は燃料制御装置 8 を含むガスタービン GT 全体のコントローラ CT と燃焼器 2 とを備えた希薄予混合型燃焼装置を示す系統図である。この希薄予混合型燃焼装置は、構成を

50

大別すると、圧縮機 1 からの圧縮空気 A のうち予混合バーナ 2 1 , 3 5 を通る予混合バーナ空気流量を求める空気流量取得手段 4 9 と、求められた予混合空気流量に基づいて一定の空燃比となるように予混合バーナ 2 1 , 3 5 への第 1 燃料供給量を設定し、発電機出力指令値から、すなわちガスタービン G T の負荷に対応した総燃料供給量から第 1 燃料供給量を差し引いて追焚きバーナ 4 7 への第 2 燃料供給量を設定する燃料流量設定部 5 0 と、設定された第 1 および第 2 燃料供給量となるように予混合バーナ 2 1 , 3 5 と追焚きバーナ 4 7 のそれぞれに燃料 F を供給する燃料供給弁部 5 1 とを有している。これら空気流量取得手段 4 9、燃料流量設定部 5 0 および燃料供給弁部 5 1 が、図 1 の燃料制御装置 8 を構成している。

【 0 0 2 6 】

図 3 の空気流量取得手段 4 9 は、稼働に先立って予め実験的に得たコンプレッサマップを使用して予混合バーナ空気流量を求めるようになっている。まず、このコンプレッサマップについて説明する。図 1 のガスタービン発電装置を実際に作動させて、図 3 の可変静翼角度調節機構 6 により調節される圧縮機 1 の可変静翼 5 3 の実角度と、回転速度計 6 1 により得られた回転軸 5 の回転速度、つまり圧縮機 1 の回転速度と、圧力センサ 6 5 により得られた圧縮機 1 の出口圧力とに基づき、図 4 に示すような圧縮機 1 の圧力比と空気流量との関係を示すコンプレッサマップを取得する。図 4 はコンプレッサマップの一例を示したもので、C 1 および C 2 は、それぞれ圧縮機 1 の回転数が 1 0 0 % (定格回転数) 時に可変静翼 5 3 の実角度が定格値の基準角度に対し 1 0 ° および 5 ° ずれたときの各特性曲線であり、C 3 および C 4 は、それぞれ圧縮機 1 の回転数が 9 0 % 時に可変静翼 5 3 の実角度が定格値の基準角度に対し 1 0 ° および 5 ° ずれたときの各特性曲線である。このコンプレッサマップは、図 3 の圧縮機空気量演算部 6 0 にデータテーブルとして記憶されている。

【 0 0 2 7 】

空気流量指令部 5 7 は、発電機 7 の電力を計測した発電機出力検出信号 S 1 に対応する負荷率 (定格負荷に対する比率) を算出して、その負荷率に基づき求めた可変静翼角度指令信号 S 2 および抽気弁開度指令信号 S 3 をそれぞれ可変静翼角度調節機構 6 および抽気弁 3 0 に対し出力する。可変静翼角度調節機構 6 は、可変静翼 5 3 の取付角度を可変静翼角度指令信号 S 2 に基づき調整して可変静翼 5 3 の流出角を変更することにより、圧縮機 1 を通過する圧縮機空気量を調節する。抽気弁 3 0 は、抽気弁開度指令信号 S 3 に対応する弁開度に調節して、圧縮機 1 から送られる圧縮空気 A のうちの燃焼器 2 に送給する燃焼用空気 B A および冷却用空気 C A の各空気量に対し余剰となって外部に放出する抽気空気 E A の放出量を調節する。これら可変静翼角度調節機構 6 と抽気弁 3 0 により、燃焼器 2 へ供給される空気量を発電機 7 の出力変動 (負荷変動) に対応するように調節する。

【 0 0 2 8 】

前記空気流量取得手段 4 9 では以下のような演算を行って予混合バーナ 2 1 , 3 5 の空気流量を求める。すなわち、圧縮機空気量演算部 6 0 は、可変静翼角度調節機構 6、回転速度計 6 1 および圧力センサ 6 5 からそれぞれ入力される可変静翼角度検出信号 S 4、圧縮機回転速度検出信号 S 5 および圧力検出信号 S 6 より求める圧力比を図 4 に示したコンプレッサマップと対照することにより圧縮機空気量を求め、圧縮機空気量信号 S 7 を出力する。ここで、圧縮機空気量とは、圧縮機 1 から送給される圧縮空気 A の総量であって、燃焼器 2 に送られる分と抽気弁 3 0 により抽出して放出される余剰分とを含んでいる。

【 0 0 2 9 】

一方、抽気空気量演算部 6 2 は、抽気弁 3 0 から入力する抽気弁開度検出信号 S 1 1 に基づき抽気空気 E A の流量を算出して、抽気空気量信号 S 1 2 を出力する。第 1 の加減算器 6 3 は、前記圧縮機空気量信号 S 7 から前記抽気空気量信号 S 1 2 を減算して燃焼器空気量を算出し、燃焼器空気量信号 S 1 3 を出力する。さらに、第 1 の乗算器 6 4 は、燃焼器空気量信号 S 1 3 に予め求めた予混合バーナ流入空気流量係数を乗算して予混合バーナ空気流量を算出し、予混合バーナ空気流量信号 S 1 4 を出力する。

【 0 0 3 0 】

10

20

30

40

50

燃料流量指令部 67 は、発電機出力指令値（負荷指令値）と発電機出力検出信号（負荷検出信号）S1 とに基づいて、負荷変動に対応してフィードバック制御するための総燃料供給量、つまり所定の発電機出力を得るのに必要な総燃料供給量を算出し、総燃料供給量指令信号 S16 を出力する。前記燃料流量設定部 50 において、第 2 の乗算器 68 は、第 1 の乗算器 64 からの予混合バーナ空気流量信号 S14 に NO_x 排出量が最小となる予混合バーナ最適燃空比を乗算し、常に、一定の空燃比となるように予混合バーナ 21, 35 に供給する燃料流量である第 1 燃料供給量を算出して、第 1 の流量 - 弁開度変換部 69 に第 1 燃料供給量指令信号 S17 を出力する。第 1 の流量 - 弁開度変換部 69 は、第 1 燃料供給量指令信号 S17 が示す燃料供給量を得るための予混合バーナ弁 72 の弁開度を演算により算出して、予混合バーナ弁開度指令信号 S18 を出力する。

10

【0031】

一方、燃料流量設定部 50 の第 2 の加減算器 70 は、総燃料供給量指令信号 S16 の総燃料供給量から第 1 燃料供給量指令信号 S17 の第 1 燃料供給量を減算して追焚きバーナ 47 に供給する燃料流量である第 2 燃料供給量を算出して、第 2 の流量 - 弁開度変換部 71 に第 2 燃料供給量指令信号 S19 を出力する。第 2 の流量 - 弁開度変換部 71 は、第 2 燃料供給量指令信号 S19 が示す燃料供給量を得るための追焚きバーナ弁 73 の弁開度を演算により算出して、追焚きバーナ弁開度指令信号 S20 を出力する。

【0032】

前記燃料供給弁部 51 では、予混合バーナ弁 72 が、第 1 の流量 - 弁開度変換部 69 からの予混合バーナ弁開度指令信号 S18 に対応する弁開度に調節されて、第 1 燃料供給量の燃料 F を予混合バーナ 21, 35 に供給する。このとき、燃料 F は分配器 75 によりプライマリ予混合バーナ 21 とセカンダリ予混合バーナ 35 とに分配される。この予混合バーナ 21, 35 への第 1 燃料供給量は、上述のように負荷変動に対応した予混合バーナ空気量に基づき最適空燃比となるように設定された燃料流量であるので、負荷の急激な変動が発生した場合であっても、希薄予混合燃焼方式である予混合バーナ 21, 35 の空燃比が常に所要の一定値となるように制御されることから、失火や不完全燃焼などが生じるおそれのない安定燃焼を保持できるので、 NO_x の発生を抑制できる。起動時および拡散運転中のパイロットバーナ 20 への燃料供給の制御は、図示しないパイロットバーナ弁の弁開度の調節によりなされる。

20

【0033】

一方、追焚きバーナ弁 73 は、第 2 の流量 - 弁開度変換部 71 からの追焚きバーナ弁開度指令信号 S20 に対応する弁開度に調節されて、前記第 2 燃料供給量の燃料 F を追焚きバーナ 47 に供給する。この第 2 燃料供給量は、指令された発電機出力を得るのに必要な総燃料供給量（S16 に対応）から前記第 1 燃料供給量（S17 に対応）を差し引いたものであるから、第 1 燃料供給量が負荷の変動に対して遅れて変動しても、第 2 燃料供給量（S20 に対応）は急激に変動する。つまり、第 1 と第 2 の燃料供給量の合計は常に燃料流量指令部 67 で算出した総燃料供給量に一致するよう制御される。換言すれば、負荷の急激な変動に対応するよう総燃料供給量のうちの負荷変動による増加分または減少分が、第 2 燃料供給量として、時間遅れなく追焚きバーナ 47 に供給される。

30

【0034】

ここで、追焚きバーナ 47 は、拡散燃焼型であるから、安定燃焼のための空燃比範囲が広いので、燃料供給量を急激に増減させても、失火や不完全燃焼のおそれが少ない。また、追焚きバーナ 47 は、第 1 の燃焼領域 11a からの高温の燃焼ガス G によって高温になっている第 2 の燃焼領域 11b に燃料 F を噴射するので、 NO_x の発生量を増加させない。特に、拡散バーナのみで燃焼させる場合と比べて、 NO_x の発生量が少なくなる。実測によると、追焚きバーナ 47 に供給する第 2 燃料供給量は、総燃料供給流量に対し 20 ~ 25 % までの供給割合の範囲内において、追焚きしない場合と比べて NO_x が全く増加せず、むしろ僅かに減少することが確認されている。これにより、 NO_x の発生を抑制しながら、負荷の急激な変動に対する燃料供給量の追従性が向上する。

40

【0035】

50

つぎに、図5のタイミングチャートを参照しながら、負荷の急激な変動時における動作について説明する。同図(a)に示すように、負荷を急激に低下させる指令が出された場合、同図(d)に示すように、予混合バーナ21, 35への空気供給量が負荷変動に対応して減少するように制御されるが、この空気供給量の制御は、可変静翼53の角度の変更による圧縮機1の空気流量の調節および抽気弁30の弁開度の可変による抽気空気EAの放出量の調節によって行われるので、応答速度が遅い。

【0036】

これに対し、同図(b)に示すように、希薄予混合燃焼式の予混合バーナ21, 35に供給する第1燃料供給量は、可変静翼53の角度および抽気弁30の弁開度から求めた圧縮機空気量から抽気空気量を差し引いて燃焼器空気量を算出したのち、この燃焼器空気量に基づき算出した予混合バーナ21, 35への空気供給量に基づき設定されるので、応答性の遅い予混合バーナ21, 35への空気供給量の変化に対応したものとなる。これにより、同図(e)に示すように、予混合バーナ21, 35の空燃比は、負荷の急激な変動にもかかわらず常に所要の一定値を維持するので、安定燃焼を保持して NO_x の発生を抑制できる。

10

【0037】

一方、同図(c)に示すように、追焚きバーナ47に供給される第2燃料供給量は、負荷の急激な低下に対応するように設定された総燃料供給量のうちの第1燃料供給量の減少度合いが遅いのに伴って余剰となる燃料量だけリアルタイムに減少される。これにより、負荷の急激な低減に対する発電機出力の追従性が向上する。

20

【0038】

なお、前記実施形態では、予混合バーナ21, 35への予混合バーナ空気流量を求めるに際して、コンプレッサマップを用いる場合を例示して説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、圧縮機空気量もしくは予混合バーナ空気流量を空気流量計によって直接計測できる場合、コンプレッサマップは不要になる。

【0039】

また、燃焼器2は、複数に限られず、いわゆる単缶式燃焼装置に見られるように、1つでもよい。拡散燃焼型バーナである追焚きバーナ47は、予混合バーナ21, 35の下流側に配置される必要はなく、上流側またはガス流れ方向の同一位置に配置してもよい。

30

【図面の簡単な説明】

【0040】

【図1】本発明の希薄予混合型燃焼装置が適用されるガスタービン発電装置を示した概略構成図である。

【図2】同上のガスタービン発電装置における燃焼器を示す縦断面図である。

【図3】同上の燃焼器を用いて構成した本発明の一実施形態に係る希薄予混合型燃焼装置を示す系統図である。

【図4】同上の希薄予混合型燃焼装置で使用するコンプレッサマップの一例を示す特性図である。

【図5】(a)~(e)は同上の希薄予混合型燃焼装置における負荷、第1および第2燃料供給量、予混合バーナ空気供給量および予混合バーナ空燃比をそれぞれ示すタイミングチャートである。

40

【図6】従来の希薄予混合型燃焼装置における負荷、予混合バーナ燃料供給量、予混合バーナ空気供給量および予混合バーナ空燃比をそれぞれ示すタイミングチャートである。

【符号の説明】

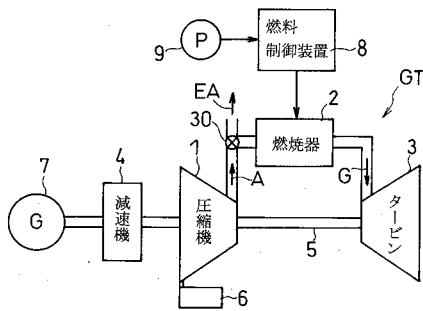
【0041】

- 1 圧縮機
- 3 タービン
- 21, 35 予混合バーナ
- 30 抽気弁
- 47 追焚きバーナ

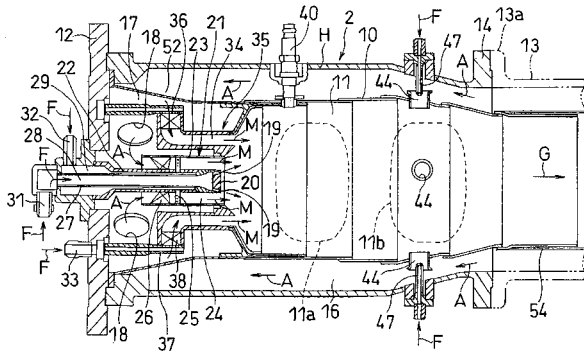
50

- 49 空気流量取得手段
- 50 燃料流量設定部
- 51 燃料供給弁部
- 53 可変静翼
- A 圧縮空気

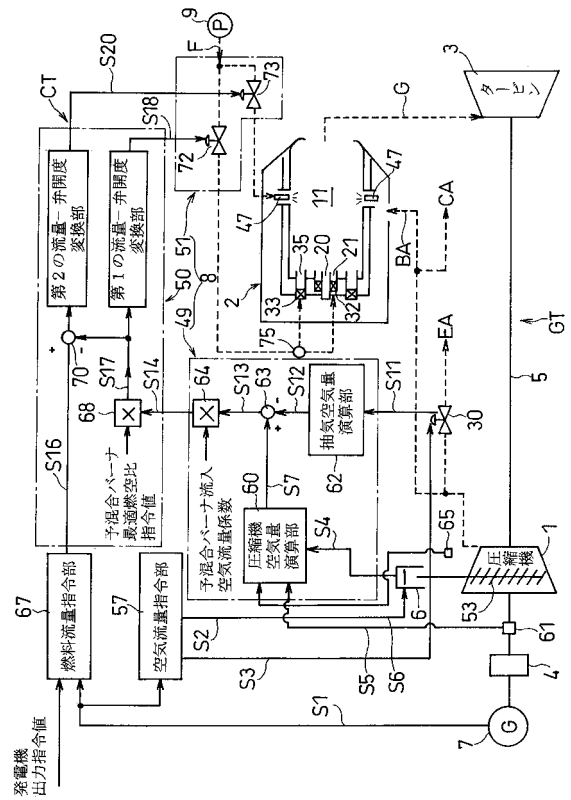
【 図 1 】



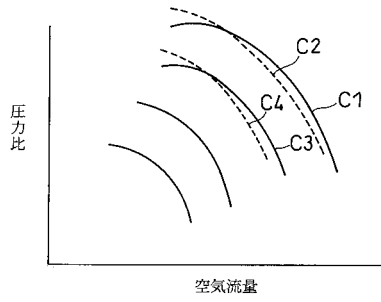
【 図 2 】



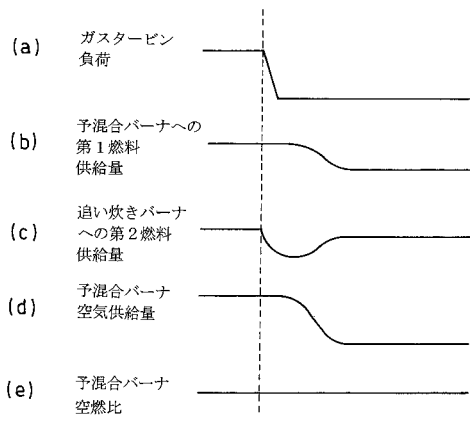
【 図 3 】



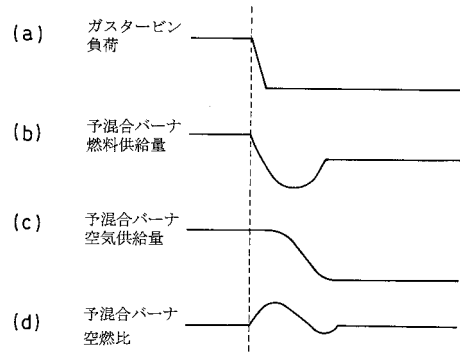
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



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	6/08	(2006.01)	F 0 2 C	6/08		
F 0 1 D	17/00	(2006.01)	F 0 1 D	17/00	F	
F 0 2 C	9/20	(2006.01)	F 0 1 D	17/00	G	
F 0 2 C	9/18	(2006.01)	F 0 2 C	9/20		
F 0 2 C	9/34	(2006.01)	F 0 2 C	9/18		
			F 0 2 C	9/34		

- (72)発明者 藤岡 良磨
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 木村 武清
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 奥戸 淳
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 大歳 雅洋
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 杉本 智彦
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

Fターム(参考) 3G071 AB01 BA09 BA11
3K065 TA01 TB04 TC08 TD01 TD04 TD05 TF02