

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4963406号
(P4963406)

(45) 発行日 平成24年6月27日 (2012. 6. 27)

(24) 登録日 平成24年4月6日 (2012. 4. 6)

(51) Int. Cl.

F 1

F O 2 C 7/22 (2006. 01)

F O 2 C 7/22

A

F O 2 C 6/00 (2006. 01)

F O 2 C 6/00

D

F O 2 C 6/18 (2006. 01)

F O 2 C 6/18

A

F O 2 C 9/40 (2006. 01)

F O 2 C 7/22

D

F O 2 C 3/22 (2006. 01)

F O 2 C 9/40

A

請求項の数 8 (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2006-310670 (P2006-310670)
 (22) 出願日 平成18年11月16日 (2006. 11. 16)
 (65) 公開番号 特開2008-128010 (P2008-128010A)
 (43) 公開日 平成20年6月5日 (2008. 6. 5)
 審査請求日 平成21年10月9日 (2009. 10. 9)

(73) 特許権者 000173809
 一般財団法人電力中央研究所
 東京都千代田区大手町 1 丁目 6 番 1 号
 (74) 代理人 100087468
 弁理士 村瀬 一美
 (72) 発明者 西田 啓之
 神奈川県横須賀市長坂 2 - 6 - 1 財団法人電力中央研究所 エネルギー技術研究所 内
 (72) 発明者 小沢 靖
 神奈川県横須賀市長坂 2 - 6 - 1 財団法人電力中央研究所 エネルギー技術研究所 内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガスタービン燃焼器並びにその運転方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ガス燃料を用いるガスタービン燃焼器において、燃焼器に供給する前の前記ガス燃料に前記ガス燃料の温度あるいはそれよりも低い温度で気化する液体燃料を液体のまま注入し、前記ガス燃料の温度で前記液体燃料を気化させるとともに前記ガス燃料と均一に混合する燃料予混合手段を備え、前記燃焼器に供給される圧縮空気によって前記ガス燃料と気化した液体燃料との混合燃料を予混合させてから前記燃焼器内に噴射させる予混合部とを備え、前記燃焼器内で前記予混合気を燃焼させてタービンを駆動する燃焼ガスを生成させるガスタービン燃焼器。

【請求項 2】

前記ガスタービン燃焼器は、タービンの後流に、排ガスの熱を回収し蒸気を発生する排ガスボイラーを備え、その蒸気を用いて蒸気タービンを回すガスタービンコンバインド発電プラントを構成するものである請求項 1 記載のガスタービン燃焼器。

【請求項 3】

前記ガス燃料は前記燃料予混合手段に達した際には燃焼に適した温度に昇温されているものである請求項 1 または 2 記載のガスタービン燃焼器。

【請求項 4】

前記液体燃料がアルコール系燃料である請求項 1 から 3 のいずれか 1 つに記載のガスタービン燃焼器。

【請求項 5】

10

20

前記アルコール系燃料が植物由来のバイオエタノールである請求項 4 記載のガスタービン燃焼器。

【請求項 6】

前記液体燃料が L P G または D M E の液化燃料である請求項 1 から 3 のいずれか 1 つに記載のガスタービン燃焼器。

【請求項 7】

運転停止時に前記液体燃料の供給系をパージする機構を備える請求項 1 から 6 のいずれか 1 つに記載のガスタービン燃焼器。

【請求項 8】

ガス燃料を用いるガスタービン燃焼器において、負荷運転以上の運転条件で、供給過程で温度が上昇したガス燃料中に前記ガス燃料の温度あるいはそれよりも低い温度で気化する液体燃料を注入して、前記ガス燃料の温度で前記液体燃料を気化させるとともに前記ガス燃料と均一に混合してから予混合部に供給し、圧縮空気と前記混合燃料とを予混合してから燃焼器内へ噴射させて燃焼させ、タービンを駆動する燃焼ガスを生成させることを特徴とするガスタービン燃焼器の運転方法。

10

【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並びにその運転方法に関する。さらに詳述すると、本発明は、アルコール系燃料またはジメチルエーテルや L P G などの僅かな圧力で液化可能な燃料と天然ガスとを混焼できるガスタービン燃焼器並びにその運転方法に関するものである。

20

【背景技術】

【0002】

近年、環境に悪影響を与える窒素酸化物 (N O x) や浮遊粒子状物質 (S P M) の発生を抑制することが求められており、かつ石油に代わる燃料として、バイオマス燃料の利用が求められている。

【0003】

軽油や A 重油などの化石燃料由来の液体燃料を用いるガスタービン燃焼器は、L N G (液化天然ガス) などのガス燃料を用いるガスタービン燃焼器と比べて高濃度の N O x を排出するとともに、S P M の原因となるスモークを排出する可能性もある。このため、燃料の噴射方法の改善やバーナーの構造の工夫、および水または水蒸気の燃焼器内への噴射などによって、その低減が図られているが、十分な効果が得られているとはいえないものである。特に、N O x については十分な低減効果が得られておらず、高価な排煙脱硝装置の設置が行われている。さらに、水または水蒸気を噴射するとエネルギー損失が増大する問題もある。

30

【0004】

一方、我が国は京都議定書の締結によって二酸化炭素 (C O 2) などの温室効果ガスの排出量の削減義務が課されているが、バイオマスの燃焼によって排出される C O 2 は、生物の成長過程で大気中から吸収した C O 2 であることから、バイオマスの燃焼は C O 2 を増加させない。このため、石油系燃料をバイオマス燃料で代替することにより、C O 2 の排出削減に大きく貢献することができる。さらに、我が国では「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法」(R P S 法) が施行され、電気事業者に対し、バイオマスを含む新エネルギーにより発電された電気を一定の割合で利用することを義務付けている。

40

【0005】

そこで、木屑などの固形バイオマス燃料を石炭に混入して発電用ボイラーで燃焼させる方法、発電用ガスタービン燃焼器で燃焼させる方法およびガス化して発電用ガスタービン燃焼器で燃焼させる方法などが検討されている。

【0006】

50

例えば、固形バイオマス燃料をガスタービン燃焼器で燃焼する方法が提案されている（特許文献１）。この方法では、化石燃料、バイオマス燃料を適宜選択して燃焼ガスを生成すること、生成された燃焼ガスに含まれる不純物をサイクロンセパレータで除去した後にガスタービンに供給すること、サイクロンセパレータ出口温度が８００℃を下回らないようにすることなどが必要とされている。その理由は、固形バイオマス燃料の発熱量が低く、バイオマス燃料のみでは起動運転および部分負荷運転ができないこと、固形バイオマス燃料の燃焼によって生成する灰を除去しないとタービン翼に灰が付着すること、固形バイオマス燃料中にダイオキシンの原因物質が含まれるため、８００℃以上にしないとダイオキシンを発生することに起因している。

【０００７】

また、固形バイオマス燃料などをガス化して発電用ガスタービン燃焼器で燃焼する方法が提案されている（特許文献２）。この方法では、ガス化した気体燃料の圧縮機に水噴霧手段を設け、気体燃料の圧縮過程で水を噴霧して圧縮機内で蒸発させ、このときの吸熱作用を利用して圧縮に伴うガス温度の上昇を抑えること、および気体燃料のガス温度を３００℃以上にすることが必要とされている。その理由は、温度の高い気体燃料を圧縮すると、さらに温度が高くなって圧縮エネルギーがガスタービンで発生するエネルギーに比べ同じ程度の大きさになり、出力されるエネルギーが減ってしまうこと、およびバイオマスなどをガス化した可燃性ガスは低温になると液化するタール分と呼ばれる成分を含み、ガス温度が低くなった時に粘性の高い液体となって配管や機器などに付着し、閉塞などの問題を起こすことに起因している。また、特許文献２では、タール分による問題を回避する従来の方法として、ガス化温度を高くしてタール分を熱分解する方法、ガスを水洗してタールを除去する方法が記載されているが、エネルギー損失の発生および設備の複雑化などの欠点があること、さらに、気体燃料の圧縮を不要とする従来の方法として、ガス化を加圧で行う方法があるが、耐圧容器が必要となり、安全上の問題を生じるとともに、運転費が増加する欠点を有している。

【０００８】

既設ＬＮＧガスタービンを利用してＣＯ₂の抑制を図るためには、ＬＮＧガスタービンを植物由来の液体燃料との混焼が可能になるように改造する方法が合理的である。そこで、固形またはガス化バイオマス燃料に対し、植物油を燃料としてガスタービン燃焼器で燃焼する方法も提案されている（特許文献３及び４）。植物油メチルエステルを成分とする液体燃料の場合、単純に燃料ノズルから噴霧すると、粘度が高いために噴霧粒径が大きくなり、着火が難しくなる。液体燃料の場合、燃料が液体のままでは空気と反応して燃焼することはできず、液体が蒸発して気体になった状態で始めて空気と反応し燃焼することから、噴射された液体燃料が蒸発しやすい状況を作り出しておく必要がある。このため、起動をより着火しやすい石油系燃料で行う必要が生じる。そこで、これらの方法は、始動時に灯油、軽油などの液体燃料または都市ガスなどの気体燃料を燃焼して燃焼室温度を上昇させ、その後燃料を改質された天ぷら油などの植物廃油に切り替えて燃焼させてガスタービンを駆動するものである。

【０００９】

さらに、近年、天然ガスやＣＯ₂ニュートラルであるバイオマス等から製造されるＤＭＥ（ジメチルエーテル）やメタノール、エタノールをはじめとするアルコール系燃料が新燃料として着目されている。そして、これら新燃料や工業的アルコール燃料などを、エネルギー危機に備えての燃料の多様化の一環として、熱効率の高い発電での使用が望まれる。近年、ガスタービンの後流に、排ガスの熱を回収し蒸気を発生する排ガスボイラーを備え、その蒸気を用いて蒸気タービンを回すガスタービンコンバインド発電プラント（GTCC）が注目されているが、このプラントでは発電効率が５０％を越え、従来の発電設備の効率を大きく上回っている。一方、天然ガスや石炭およびバイオマスなどを起源とするＤＭＥ、また、アルコール系燃料は、生産コストが高い傾向がある。効率の高いGTCCでこのような生産コストの高い燃料を使うことにより、発電量あたりのコストを抑制することが可能である。現在、電気事業用として用いられている大型ガスタービンの大半、また中小型ガス

10

20

30

40

50

タービンにおいてもその多くが、窒素酸化物（NO_x）低減のために天然ガスを燃料としており、DMEなどの液化ガスやアルコール系燃料などの液体燃料を使用することができない状態である。

【0010】

【特許文献1】特開2004-218532号

【特許文献2】特開2002-221047号

【特許文献3】特開2003-184576号

【特許文献4】特開2004-11628号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0011】

しかしながら、木屑などの固形バイオマス燃料を利用するこれらの方法は、固形バイオマスの質量あたりの発熱量が低い上に、さらに収集効率および輸送効率も悪く、かつ生成する灰またはスラグの処理も必要となり、経済性に劣るなどの問題がある。

【0012】

また、特許文献1記載の方法では、サイクロンセパレータが必要となり設備の大型化および設備費の増加を招くとともに、高温の灰によるサイクロンの摩耗を生じる恐れがある。さらに、サイクロン入口および出口の温度管理が必要となり、そのための制御が複雑になる。また、サイクロンセパレータの耐熱性の問題のため、ガス温度に制限があり、エネルギー損失も大きい。当然のことながら、固形バイオマス燃料中に含まれるナトリウム、カリウムなどの微量成分がタービンなどの材料を劣化させるが、その対策がとられていない。

20

【0013】

また、特許文献2の方法では、純水が必要になるとともに、水の供給装置および制御装置も必要となり、設備費、運転費が増加する。また、燃料のガス化に伴うエネルギー損失を防ぐことはできない。さらに、固形バイオマス燃料の収集効率および輸送効率が悪いこと、および生成する灰またはスラグの処理費用が必要になることは共通の課題として残っている。さらに、固形バイオマス燃料中に含まれるナトリウム、カリウムなどの微量成分がタービンなどの材料を劣化させるが、その対策がとられていない。

【0014】

30

また、特許文献3及び4記載の方法では、化石燃料由来の液体燃料を起動用燃料として使用する場合、希薄予混合燃焼を利用できないため、NO_xを多量に排出する。一方、気体燃料を起動用燃料として使用の場合は、希薄予混合燃焼を行えば、NO_xの排出を抑制できるが、液体のバイオマス燃料に切り替えた後は希薄予混合燃焼が難しく、バイオマス燃料が液体のまま燃焼器内に噴射されることで非予混合燃焼になるため、多量のNO_xを排出する問題がある。

【0015】

前述のようにガスタービンではガス燃料を使用するものが多く、非常に制御が難しい希薄予混合燃焼方式になっているため、液体燃料を使用できるようにするにはガスの希薄予混合燃焼に影響が少なくなるように噴霧のための装置を追設する方法が採られる。この場合にはガス燃料から液体燃料あるいは液体燃料からガス燃料への切り替えの場合をのぞき、定常的に両者を使用することはなく、ガス燃料あるいは液体燃料のいずれか一方のみを使用する。このようにしたガス、液体燃料が使えるデュアル燃ガスタービンでは、液体燃料を用いると非予混合燃焼となるため、低NO_x化のために蒸気や水などを噴射して局所的な高温領域をなくす方策がとられているが、熱損失の増大、蒸気や水のコスト増大、その供給系統や制御が複雑になるなどの問題があった。また、ガス燃料、液体燃料いずれか一方の燃料しか使えないため、両者とも十分な量が確保できていないときにはプラントの運用が制限されるという問題があった。

40

【0016】

さらに、DME、アルコールなどの液体燃料を天然ガスと共に燃焼器内に噴射させて混

50

焼しようとしても、液体のまま燃焼器内に噴霧して燃焼させると非予混合燃焼となってしまうため、局所的高温域が発生して NO_x 増大を招く虞がある。即ち、燃焼器内で温度むらや燃焼性のむらを生じ、 NO_x の増加、一酸化炭素や未燃炭化水素の増加、タービンや燃焼器の寿命低下、予混合部内への逆火を生じる恐れがある。

【0017】

本発明は、 NO_x の増加を伴わずに液体燃料とガス燃料との混焼が可能なガスタービン燃焼器並びにガスタービン運転方法を提供することを目的とする。さらには、本発明は、既存の天然ガス用ガスタービン燃焼器に僅かな改造を加えるだけで、液体燃料だけを燃焼させるガスタービン燃焼器よりも二酸化炭素、窒素酸化物の排出が少なく、かつ天然ガスだけを燃料として用いる場合よりも二酸化炭素排出量を低減できる天然ガス用ガスタービン燃焼器を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0018】

かかる目的を達成するため、請求項1記載の発明にかかるガスタービン燃焼器は、燃焼器に供給する前のガス燃料にガス燃料の温度あるいはそれよりも低い温度で気化する液体燃料を液体のまま注入し、ガス燃料の温度で液体燃料を気化させるとともにガス燃料と均一に混合する燃料予混合手段を備え、燃焼器に供給される圧縮空気によってガス燃料と気化した液体燃料との混合燃料を予混合させてから燃焼器内に噴射させる予混合部とを備え、燃焼器内で予混合気を燃焼させてタービンを駆動する燃焼ガスを生成させるようにしている。また、本発明にかかるガスタービン燃焼器の運転方法は、負荷運転以上の運転条件で、供給過程で温度が上昇したガス燃料中にガス燃料の温度あるいはそれよりも低い温度で気化する液体燃料を注入して、ガス燃料の温度で液体燃料を気化させるとともにガス燃料と均一に混合してから予混合部に供給し、圧縮空気と混合燃料とを予混合してから燃焼器内へ噴射させて燃焼させ、タービンを駆動する燃焼ガスを生成させるようにしている。

20

【0019】

これらガスタービン燃焼器並びにその運転方法によると、ガス燃料が燃焼器の予混合部内に噴射される前に、このガス燃料中に注入される液体燃料がガス燃料の温度で完全に気化されて均一に混合される。このとき、液体燃料とガス燃料とは酸化剤と接触していないので、燃焼を開始することなく均一に混合される。そして、ガス燃料と液体燃料とは完全に混合された状態で燃焼器の予混合部内に噴射されて燃焼用空気と予混合されて希薄予混合気として燃焼器内に噴射され、燃焼器内で希薄予混合燃焼を起こす。

30

【0020】

ここで、ガス燃料は燃料予混合手段に達した際には燃焼に適した温度に昇温されている。また、液体燃料としてはアルコール系燃料、より好ましくは植物由来のアルコール系燃料であるバイオエタノールの使用であり、さらにはLPGまたはDMEなどの非アルコール系の液化燃料の使用も可能である。

【0021】

また、本発明のガスタービン燃焼器は、液体燃料の供給系をパージする機構を備えるようにしている。

【発明の効果】

40

【0022】

本発明のガスタービン燃焼器並びにその運転方法によると、液体燃料をガス燃料自体の温度で完全に気化させ尚かつガス燃料と均一に混合してから燃焼器の予混合部内に噴射し、その後燃焼用空気と混合して希薄予混合気を得るようにしているため、燃焼器内での温度むらや燃焼性のむらの発生を抑制でき、 NO_x の増加を防ぐと共に一酸化炭素や未燃炭化水素の増加を抑え、タービンや燃焼器の寿命が低下するのを防止できる。しかも、液体燃料とガス燃料とは、それらが混合される際には酸化剤と接触しておらず、完全に混合された後に燃焼器の予混合部内で大量の燃焼用空気と混合されて希薄予混合気とされてから燃焼器内に噴射されるので、予混合部内への逆火を生じる恐れがなく、安全に運転できる。

50

【 0 0 2 3 】

また、ガス燃料自体の温度を利用して液体燃料を完全に気化させて天然ガスとの完全混合燃料を生成した後に予混合部で燃焼用空気と混合させるものであるため、既存の希薄予混合燃焼式低 NO_x 燃焼構造例えば天然ガス専焼燃焼器などのノズル以降の低 NO_x 燃焼構造をそのまま利用して液体燃料とガス燃料との混焼を可能にする。その結果、液体燃料専焼の燃焼器と比べて著しい NO_x 低減効果が得られる。また、燃料供給系および気化手段の予混合部の上流への追加設置のみの僅かなシステム改造によって既存の天然ガス用ガスタービン燃焼器を用いて液体燃料と天然ガスとの混焼を実現できるので、燃焼器の開発費用および開発期間の短縮が可能になる。しかも、燃焼器内への水または水蒸気の噴射、または排煙脱硝装置の追設などの環境対策の強化およびそれに伴う環境対策費用の増加を行う必要が無く、エネルギー効率の低下も招かない。

10

【 0 0 2 4 】

加えて、請求項2記載の発明によると、エネルギー効率が他の方式よりも格段に高いGTCCで液体燃料を使用することで、エネルギーを有効に使うことができる。

【 0 0 2 5 】

また、請求項3記載の発明によると、ガス燃料は燃料予混合手段に達するまでの昇温により、気化させる液体燃料の限界量を飛躍的に増大させることができると共に廃熱回収を図ることができる。

【 0 0 2 6 】

また、請求項4記載の発明によると、アルコール系燃料は比較的低温で気化するため、燃焼器に供給されるガス燃料の温度によって確実に気化させて希薄予混合燃焼を実現することができる。これによりガスタービン燃焼器において使用でき燃料の多様化を実現できる。

20

【 0 0 2 7 】

また、植物由来のバイオエタノールを液体燃料として用いる請求項5記載の発明によると、固体バイオマス燃料と比べて収集効率および輸送効率が高いので、バイオマス燃料を使う際の重大な障害であった燃料の安定供給の実現を可能とすると共に運転コストを低廉なものとできる。しかも、植物由来の液体燃料は、灰やスラグの原因となる無機成分、ダイオキシンの原因となる塩素、タービンなどの材料の腐食の原因となるナトリウムやカリウム、およびスモークや輝炎の原因となる芳香族炭化水素や環状炭化水素などを含まない

ので、それらに起因する問題を一切なくすることができる。つまり、灰、スラグ、ダイオキシンを排出せず、タービンなどの材料の寿命延伸を図れる。さらに、液体燃料としてそのまま使用されるため、高温で燃料をガス化する必要もなければ、タールの発生もタールの除去のための純水も必要としない。しかも、バイオマス燃料なので燃焼時に排出される CO_2 は元々大気中の CO_2 に起因するものであり、新たな CO_2 の発生に繋がらず、 CO_2 の排出削減に大きく寄与できる。依って、天然ガス用ガスタービン燃焼器において天然ガスのみを燃焼させるときよりも、 CO_2 の排出削減に大きく寄与でき、 NO_x 並びにスモークの排出量の増加も対処可能な範囲の僅かな量に抑えることができる。

30

【 0 0 2 8 】

さらに、液体燃料としてバイオエタノールを用いると、ガスタービン燃焼器に供給するために圧縮された後のガス燃料の温度で完全に気化が可能であることから、ガス燃料を加熱するための手段などを特に必要とせず、ガスタービン燃焼器設備への追加設備を少なくすることができる。

40

【 0 0 2 9 】

また、請求項6記載の発明によると、廃プラスチック、褐炭、超重質油などの低品位燃料を原料として合成するジメチルエーテルを液体燃料として用いても、ボイラー蒸気タービン発電と比べて、ガスタービン複合発電のエネルギー効率は高いので、燃料消費量を低減できることから、 CO_2 の生成量も低減できる。LPG、工業用アルコールを液体燃料として用いる場合についても同様である。しかも、従来利用価値が低かった褐炭や超重質油、費用をかけて廃棄せざるを得なかった廃プラスチックなどを有効利用できると共に、

50

既存のガスタービン設備を用いて天然ガスなどのガス燃料との混焼を可能とするので、燃料の多様化を実現できる。さらに、バイオマスを原料として製造したジメチルエーテルを用いると、大きなCO₂削減効果が得られる。

【0030】

また、請求項7記載の発明によると、運転停止時に液体燃料の供給系をパージできるため、起動開始時に昇温が十分でないガス燃料に液体燃料が注入されて気化不良による一部液体燃料の噴射に伴う問題を解消でき、高温酸化によるコーキングが原因となる液体燃料供給系の閉塞も防止できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0031】

以下、本発明の構成を図面に示す実施形態に基づいて詳細に説明する。

図1に、本発明の天然ガス用ガスタービン燃焼器を用いた発電システムの一実施形態を示す。この実施形態のガスタービン発電システムは、天然ガス用ガスタービン燃焼器10と、該天然ガス用ガスタービン燃焼器10から供給される燃焼ガス13で駆動されるタービン12と、天然ガス用ガスタービン燃焼器10に圧縮空気14を供給する空気圧縮機11と、空気圧縮機11並びにタービン12と同軸に配置されている発電機（図示省略）と、起動時に発電機をモータとして駆動するための切替器（図示省略）とを備え、燃焼器10で生成した燃焼ガス13をタービン12に供給して発電機を回し、電力を発生させるようにしている。なお、図示していないが、空気圧縮機11とタービン12との間の連結シャフト16にはクラッチが備えられ、必要に応じて断続できる構造となっている。また、図中の符号15は圧縮前の空気である。

【0032】

ガスタービン燃焼器10は、燃焼用空気とガス燃料とを混合して希薄予混合気を生成する予混合部（図示省略）を備える希薄予混合燃焼方式の低NO_x燃焼構造であり、予混合部の上流側に主燃料たる燃料としてのガス燃料4と従たる燃料としての液体燃料5とを混合してガス状の混合燃料を生成する燃料予混合手段1を備えている。そして、液体燃料5としては、燃焼器10に供給されるガス燃料4の温度あるいはそれよりも低い温度で気化するものが使用され、液体のまま燃料予混合手段1に注入されるように設けられている。燃料予混合手段1では、ガス燃料4の温度で注入された液体燃料5を完全に気化させるとともにガス燃料4と均一に混合する。つまり、燃料予混合手段1は気化器並びに混合器として機能するものである。さらに、この燃料予混合手段1を出るときにはガス燃料4と液体燃料5とは完全に混合されたガス状の混合燃料9として燃焼器10の予混合部に供給される。そして、予混合部では燃焼器10に供給される圧縮空気14と混合燃料9を混合させて予混合気としてから燃焼器10の予混合部内に噴射するように設けられている。

【0033】

ここで、液体燃料5の一部が配管内で気化することになると、燃料予混合手段1内での噴射口の差圧が変動し、噴霧が不安定になり、燃料流量も変動を生じ、安定に運転できなくなる。このため、配管5内では液体の状態を保つことが好ましい。そこで、液体燃料は、気化しない温度、通常は液体燃料供給系統の液体燃料タンク3から液体燃料5を加温せずにそのままの状態では配管を通して燃料予混合手段1に供給するようにしている。つまり、液体燃料5は、ガス燃料4の温度よりも低温の液体状態として燃料予混合手段1に供給され、ガスタンク2から配管や図示していない調節弁などを通して供給されるガス燃料・天然ガスと気化した状態で混合される。この結果、昇温したガス燃料よりも低温で燃料予混合手段1に供給される。液体燃料の気化温度が燃焼器10に供給するために圧縮されたガス燃料の温度よりも遙かに低い場合には、配管5を二重管にして外側に冷却用の空気や水などの冷却媒体を循環させるなどの方法によって、配管5を冷却して配管5内で気化しないようにすることが好ましい。液体燃料は液状で燃料予混合手段1に噴射されるのであれば、特に冷却や加温する必要はなく、供給するだけで十分である。尚、燃料予混合手段1に達した際のガス燃料・天然ガスは、昇圧するための断熱圧縮に伴う熱（所謂圧縮熱）あるいは熱交換器などを利用したガスタービンで仕事を終えた後の排ガスの熱を利用した

10

20

30

40

50

熱交換などによって、燃焼に適した温度に昇温されている。また、図示していないが、液体燃料供給系統およびガス燃料供給系統には温度センサーが設置されており、燃料温度が監視される。

【 0 0 3 4 】

液体燃料 5 としては、燃焼器 1 0 の予混合部に供給する直前のガス燃料 4 の温度、即ち燃焼器 1 0 への供給過程で温度が上昇したガス燃料 4 の温度あるいはそれよりも低い温度で気化する液体燃料が使用可能であり、好ましくはあらゆるアルコール系燃料、より好ましくは植物由来のアルコール系燃料、さらに好ましくはバイオエタノールの使用である。さらに、液体燃料としては、L P G または D M E などの液化燃料の使用も可能である。さらに、アルコール系燃料としては、工業用アルコール、バージンアルコール系燃料などが

10

【 0 0 3 5 】

この液体燃料のガス燃料中に気化させる限界量、即ちガス燃料中に気化させる液体燃料の割合は、ガス燃料の圧力と温度に依存する。すなわち、気化混合後の燃料温度が、各燃料の飽和温度よりも高くなければならないという条件で制限される。例えば、ガス会社から供給される中圧の天然ガス（供給圧力約0.5MPa）に液体燃料であるメタノールを気化混合する場合を考えると、高圧のガスタービン（約2MPa）に供給するためにガスを3MPa程度に圧縮する必要がある。このとき、断熱圧縮により、ガス温度は約220℃にまで上昇する。図2に燃料温度と飽和蒸気温度の関係を示す。図2の例では、混合後の燃料温度がエタノールの飽和温度より高い、つまり、ガス燃料中に気化させるエタノールの混合限界割合

20

【 0 0 3 6 】

発電所などの大規模に天然ガスを消費する施設では、液体天然ガスを直接受け入れていることが多い。このような場合には、液化ガスの一部を気化させて圧力を上昇させ、その後、熱交換によってすべての液化ガスを気化させることが多い。このような施設を設けた発電プラントでは、ガスタービンに供給される天然ガスは、高圧常温である。図3に常温状態で3MPaの天然ガスを供給した場合のエタノールの混合限界割合を示す。この図によると、常温のガス燃料に対するエタノールの混合限界割合は約3.4%と、220℃で供給した場合の1/10以下となることがわかる。このことから、ガス燃料への液体燃料の注入は、より温度が高い状態で行うことが混合量を増やす上で不可欠である。一方、ガスタービンでは高温部を冷却した空気あるいは蒸気などの冷媒の熱や、圧縮機の途中で空気を取り出して（抽気）を冷却するなど、廃熱として処理される熱源がある。この熱を用いて燃料を加熱し、本方式により液体燃料を供給可能にすれば、廃熱回収が進み省エネ効果も得られる。つまり、ガス燃料の加熱・昇温は、廃熱回収のみならず、気化させる液体燃料の限界量を増やす上でも好ましいものとなる。

30

40

【 0 0 3 7 】

また、液体燃料によってはその供給を停止した場合に、供給系統内に残留した液体燃料が流動しなくなる恐れがある。そこで、このような液体燃料を用いる場合のガスタービンエンジンでは、液体燃料供給系をパージする機構を付加することによって、液体燃料の供給停止時などに、パージガスで燃料予混合手段1と液体燃料タンク3との間の配管中に残留する液体燃料を燃料予混合手段1へ押し出して残留液体燃料による配管の詰まりなどの問題を解消することが望まれる。パージガスとしては蒸気や窒素などの不活性ガスが好ましい。パージガス例えば蒸気や窒素などを運転停止時に燃料供給系統を通して燃料ノズル

50

に噴射して、燃料供給系統並びに燃料ノズルに残留する液体燃料を一掃することにより、不慮の閉塞などを防止できる。なお、符号 8 はパージガス源、7 は流量制御弁、6 はパージガスである。

【0038】

以上のように構成されたガスタービン燃焼器並びにそれを利用したガスタービン発電システムによると、ガス燃料に液体燃料を混合しても完全な希薄予混合燃焼が成立する。

【0039】

ここで、液体燃料の供給は、負荷運転以上の運転条件においてのみ行い、ガスタービン燃焼器の起動および停止は通常の天然ガス用ガスタービン燃焼器と同じ方法で天然ガスのみを燃焼させることで実施される。例えば図示していない発電機をモータとして駆動することにより、同軸に連結されている空気圧縮機 11 を駆動し、圧縮空気をガスタービン燃焼器に供給する。その結果、起動、停止時に、液体燃料の追加による特別な配慮が不要となり、起動、停止時の制御が容易になるとともに、ガスタービンの開発に要する費用および期間を短縮できる。

【0040】

負荷運転に切り替えられた後は、液体燃料タンク 3 から従たる燃料として液体燃料が燃料予混合手段 1 に供給されて、燃料予混合手段 1 の内部で主燃料のガス燃料と混合される。このとき、天然ガスは加圧して燃焼器に供給されるため、圧縮熱によって温度が上昇しているか、熱交換により温度が上昇している。その中に液体燃料が混入することにより、昇温したガス燃料の温度により液体燃料が気化する。そして、液体燃料の全部が蒸発し、天然ガスと完全に混合して斑のない均一状態の完全なガス状の混合燃料 9 として燃焼器 10 の予混合部（図示省略）へと供給される。さらに、このガス状の混合燃料 9 は予混合部内で燃焼用空気 14 と混合してガス燃料と同じ状態で希薄予混合気となって燃焼器 10 の内部即ち燃焼器ライナー内に噴射される。そして、天然ガスだけの場合と変わらない状態の希薄予混合燃焼を実現する。

【0041】

このとき、ガス状の混合燃料 9 と燃焼用空気との予混合気は天然ガスの予混合器と同じ状態であるため、天然ガス用燃焼器の構造をそのまま利用して燃焼させることが可能になる。天然ガス専焼の燃焼器は、希薄予混合燃焼などを利用した特殊な低 NOx 燃焼構造を採用しており、液体燃料とガス燃料とのガス状混合燃料を天然ガスと同じノズルから燃焼器に供給することにより、天然ガスに匹敵する低 NOx 燃焼が可能になる。その結果、液体燃料専焼の燃焼器と比べて著しい NOx 低減効果が得られる。また、燃料供給系、および燃料ノズルなどの燃料供給構造の変更のみで、従来の天然ガス用燃焼器本体の構造はそのまま適用できるので、燃焼器の開発費用および開発期間の短縮が可能になる。

【0042】

なお、上述の実施形態は本発明の好適な実施の一例ではあるがこれに限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々変形実施可能である。例えば本実施形態では、既存の希薄予混合燃焼式低 NOx 燃焼構造である天然ガス専焼のガスタービン燃焼器を用いたガスタービン発電システム及びその運転方法について主に説明したが、これに特に限られないことは言うまでもなく、その他のガスタービン燃焼器や自動車用天然ガスタービン燃焼器などに適用することも可能である。特に、本発明のガスタービン燃焼器は、図示していないが、タービン 12 の後流に、排ガスの熱を回収し蒸気を発生する排ガスボイラーを備え、その蒸気を用いて蒸気タービンを回すガスタービンコンバインド発電プラント（GTCC）を構成することが好ましい。エネルギー効率が他の方式よりも格段に高い GTCC で液体燃料を使用することで、エネルギーを有効に使うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0043】

【図 1】本発明にかかるガスタービン燃焼器の実施形態を示す概略構成図である。

【図 2】高温のガス燃料中に気化させる液体燃料の限界量とその混合機の温度との関係を示すグラフである。

10

20

30

40

50

【図 3】低温のガス燃料中に気化させる液体燃料の限界量とその混合機の温度との関係を示すグラフである。

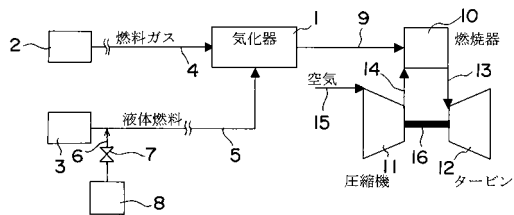
【符号の説明】

【 0 0 4 4 】

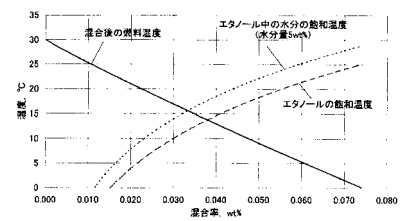
- 1 燃料予混合手段
- 2 天然ガスタンク
- 3 液体燃料タンク
- 4 ガス燃料
- 5 液体燃料
- 6 パージガス
- 9 ガス状の混合燃料
- 10 燃焼器

10

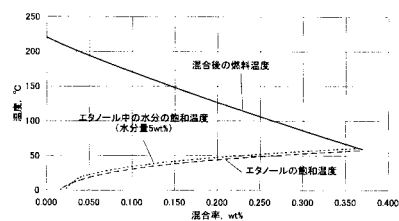
【図 1】



【図 3】



【図 2】



 フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	
<i>F 2 3 R</i>	<i>3/30</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 2 C</i> <i>3/22</i>
<i>F 2 3 R</i>	<i>3/36</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 2 3 R</i> <i>3/30</i>
<i>F 0 1 K</i>	<i>23/10</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 2 3 R</i> <i>3/36</i>
<i>F 0 2 C</i>	<i>7/232</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 1 K</i> <i>23/10</i> <i>T</i>
<i>F 0 2 C</i>	<i>7/224</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 2 C</i> <i>7/232</i> <i>C</i>
			<i>F 0 2 C</i> <i>7/224</i>

(72)発明者 多田 安伸
 神奈川県横須賀市長坂 2 - 6 - 1 財団法人電力中央研究所 エネルギー技術研究所内

(72)発明者 橋本 望
 神奈川県横須賀市長坂 2 - 6 - 1 財団法人電力中央研究所 エネルギー技術研究所内

審査官 中村 則夫

(56)参考文献 特表 2 0 0 6 - 5 0 3 2 5 9 (J P , A)
 特開 2 0 0 3 - 0 4 9 6 1 0 (J P , A)
 特開 2 0 0 4 - 2 1 8 5 6 9 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

<i>F 0 2 C</i>	<i>7 / 0 0</i>
<i>F 0 1 K</i>	<i>2 3 / 1 0</i>
<i>F 0 2 C</i>	<i>3 / 0 0</i>
<i>F 0 2 C</i>	<i>6 / 0 0</i>
<i>F 0 2 C</i>	<i>9 / 0 0</i>
<i>F 2 3 R</i>	<i>3 / 0 0</i>