

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4656295号
(P4656295)

(45) 発行日 平成23年3月23日 (2011. 3. 23)

(24) 登録日 平成23年1月7日 (2011. 1. 7)

(51) Int. Cl.

F 1

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

F O 2 C 9/40 A

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

F O 2 C 7/22 A

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

F O 2 C 7/228

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

F O 2 C 9/28 Z

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

F 2 3 R 3/28 D

請求項の数 6 (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2004-340594 (P2004-340594)
 (22) 出願日 平成16年11月25日 (2004. 11. 25)
 (65) 公開番号 特開2006-152818 (P2006-152818A)
 (43) 公開日 平成18年6月15日 (2006. 6. 15)
 審査請求日 平成19年9月27日 (2007. 9. 27)

(73) 特許権者 000000099
 株式会社 I H I
 東京都江東区豊洲三丁目 1 番 1 号
 (74) 代理人 100097515
 弁理士 堀田 実
 (72) 発明者 神本 長武
 東京都千代田区大手町 2 丁目 2 番 1 号 石
 川島播磨重工業株式会社内
 審査官 藤原 弘

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガスタービンの燃料制御方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

液体燃料及びガス燃料により燃焼を行う燃焼器と、該燃焼器へ液体燃料及びガス燃料を噴射する複数のメインノズルとを有するガスタービンの燃料制御方法であって、

出力増加過程において、液体燃料のみを使用する場合に、各メインノズルに供給される液体燃料量が、効率よく燃焼を行うための範囲内に留まるように、メインノズルの使用本数を増やすと、メインノズルの使用本数は、第 1 の出力範囲では、第 1 の使用本数となり、前記第 1 の出力範囲よりも出力が高い第 2 の出力範囲では、前記第 1 の使用本数から第 2 の使用本数に増え、

出力増加過程において、ガス燃料のみを使用する場合に、各メインノズルに供給されるガス燃料量が、効率よく燃焼を行うための範囲内に留まるように、メインノズルの使用本数を増やすと、メインノズルの使用本数は、前記第 1 の出力範囲と部分的に重複する第 3 の出力範囲では、前記第 1 の使用本数となり、前記第 2 の出力範囲と部分的に重複し前記第 3 の出力範囲よりも出力が高い第 4 の出力範囲では、前記第 1 の使用本数から前記第 2 の使用本数に増え、

ガスタービンの起動時から第 1 の切換出力まで液体燃料を前記複数のメインノズルの一部である前記第 1 の使用本数のメインノズルに供給し、

前記第 1 の切換出力になった時に、第 1 の切換出力を維持したままメインノズルの使用本数を前記第 1 の使用本数から前記第 2 の使用本数に増やし、

さらに、出力増加過程においてメインノズルへ供給する燃料を液体燃料からガス燃料へ

10

20

切り換える、ことを特徴とするガスタービンの燃料制御方法。

【請求項 2】

出力増加過程における液体燃料からガス燃料へ切り換えは、第 1 の切換出力以上の出力時に行われる、ことを特徴とする請求項 1 に記載のガスタービンの燃料制御方法。

【請求項 3】

出力が前記第 1 の切換出力より高く、ガス燃料を使用している状態からの出力減少過程において、第 2 の切換出力になった時に、第 2 の切換出力を維持したままメインノズルの使用本数を前記第 2 の使用本数から前記第 1 の使用本数に減らし、その後、ガス燃料から液体燃料へ切り換えることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のガスタービンの燃料制御方法。

10

【請求項 4】

前記第 1 の切換出力はガスタービンのアイドル時の出力以上であることを特徴とする請求項 1、2 または 3 に記載のガスタービンの燃料制御方法。

【請求項 5】

液体燃料からガス燃料へ切り換える場合には、液体燃料の供給量を徐々に減らしながらガス燃料の供給量を徐々に増やすことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載のガスタービンの燃料制御方法。

【請求項 6】

液体燃料及びガス燃料により燃焼を行う燃焼器と、
該燃焼器へ液体燃料及びガス燃料を噴射する複数のメインノズルと、
液体燃料及びガス燃料を前記メインノズルへ供給する燃料供給手段と、
出力増加過程と出力減少過程の一方または両方でガスタービンの出力に応じて前記メインノズルの使用本数を切り換えるノズル切換手段とを備え、

20

出力増加過程において、液体燃料のみを使用する場合に、各メインノズルに供給される液体燃料量が、効率よく燃焼を行うための範囲内に留まるように、メインノズルの使用本数を増やすと、メインノズルの使用本数は、第 1 の出力範囲では、第 1 の使用本数となり、前記第 1 の出力範囲よりも出力が高い第 2 の出力範囲では、前記第 1 の使用本数から第 2 の使用本数に増え、

出力増加過程において、ガス燃料のみを使用する場合に、各メインノズルに供給されるガス燃料量が、効率よく燃焼を行うための範囲内に留まるように、メインノズルの使用本数を増やすと、メインノズルの使用本数は、前記第 1 の出力範囲と部分的に重複する第 3 の出力範囲では、前記第 1 の使用本数となり、前記第 2 の出力範囲と部分的に重複し前記第 3 の出力範囲よりも出力が高い第 4 の出力範囲では、前記第 1 の使用本数から前記第 2 の使用本数に増え、

30

出力増加過程でメインノズルの使用本数を切り換える場合には、前記ノズル切換手段は、前記第 1 の切換出力において、第 1 の切換出力を維持したままメインノズルの使用本数を前記第 1 の使用本数から前記第 2 の使用本数に増やし、

出力減少過程でメインノズルの使用本数を切り換える場合には、前記ノズル切換手段は、前記第 2 の切換出力において、第 2 の切換出力を維持したままメインノズルの使用本数を前記第 2 の使用本数から前記第 1 の使用本数に減らし、

40

前記燃料供給手段は、出力増加過程と出力減少過程の一方または両方でメインノズルへ供給する燃料を切り換え、

出力増加過程で燃料を切り換える場合には、前記燃料供給手段はメインノズルへ供給する燃料を液体燃料からガス燃料へ切り換え、

出力減少過程で燃料を切り換える場合には、前記燃料供給手段はメインノズルへ供給する燃料をガス燃料から液体燃料へ切り換えることを特徴とするガスタービンの燃料制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

本発明は、ガスタービンにおける燃料制御方法及び装置に関し、特にメインノズル使用本数の切り換え及び液体燃料とガス燃料の切り換えの両方を行うガスタービンの燃料制御方法及び装置に関する。

【背景技術】

【0002】

ガスタービンの燃焼器は、例えばその内部にパイロットノズルと複数のメインノズルを有しており、燃焼器への燃料噴射に使用するメインノズルの本数を燃焼器に噴射される燃料の総量に応じて増減させるステージングと呼ばれる制御を行う。ステージングによって、メインノズル一本当たりに供給される燃料を適切な範囲内に留めている。これは、メインノズル1本当たりに供給される燃料が少なすぎると効率の良い燃焼ができず、多すぎると高温になりすぎるからである。このように、ガスタービンの出力がある程度増加又は減少すると、メインノズルの使用数を増加又は減少させる。

10

【0003】

次に、図5と図6を参照してステージングについて説明する。図5に示されるように、燃焼器の作動初期からガスタービンの出力を増大させる過程においては、図5に示すようにあらかじめ設定した第1中間出力P1に達するまで例えば図6の3本のメインノズル22aからなる第1グループへ燃料を供給してその供給量を漸増させ、第1中間出力P1に達した時点で例えば図6の3本のメインノズル22bからなる第2グループへも燃料供給を開始し、作動中の第1グループから火移りさせて第2グループも作動させる（アップステージング）とともに、第2グループへの燃料供給分に見合うだけ第1グループへの燃料供給量を減少させている。なお、図6において符号21はパイロットノズルを示す。

20

【0004】

高出力状態から出力を減少させる過程においては、第1中間出力P1よりもやや低い第2中間出力P2に達するまでは第1及び第2グループへの燃料供給量を漸減させ、第2中間出力P2に達した時点で第2グループへの燃料供給を停止して第2グループの作動を停止させる（ダウンステージング）とともに、第2グループへの燃料供給停止時の燃料減少分に見合うだけ第1グループへの燃料供給量を増加させている。

【0005】

このような、メインノズル使用本数切り換えについては以下の先行技術がある。

特許文献1の「ガスタービン用マルチノズル形燃焼器」には、増負荷時には、第1の中間出力まで漸増させていた第1メインノズルグループへの燃料供給量を、第2メインノズルグループへの燃料供給開始に伴い、その増加分に見合うだけ一部カットする上述の方法が開示されている。

30

特許文献2の「ガスタービンエンジンの燃料制御方法」には、アップステージングを行うべき中間出力を過ぎた時点から、所定の時間が経過した時点で燃料を供給するメインノズルの本数を増加させる燃料制御方法が開示されている。この方法により、負荷投入時においてアップステージングによるエンジンの回転数または出力の低下を防止している。

【0006】

また、本発明に関連する燃料切り換えについて、以下の先行技術が存在する。

特許文献3の「ガスタービンシステム」には、複数の流量調節弁を制御することでタービンを停止することなくガス燃料から液体燃料に切り換える方法が開示されている。

40

特許文献4の「ガスタービン予混合燃焼器の燃料切替システム」には、ガス燃料から液体燃料へ切り換える時にはメインノズル、パイロットノズルの順に、液体燃料からガス燃料へ切り換える時には、パイロットノズル、メインノズルの順に切り換えてパイロット系統を常にガスの状態にし安定した連続燃焼がなされる方法が開示されている。

【0007】

【特許文献1】特開平08-312377 「ガスタービン用マルチノズル形燃焼器」

【特許文献2】特開平11-141354 「ガスタービンエンジンの燃料制御方法」

【特許文献3】特開2000-314326 「ガスタービンシステム」

【特許文献4】特開平11-229901 「ガスタービン予混合燃焼器の燃料切替シス

50

テム」

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかし、特許文献1又は2のようにガスタービンの起動時においてガス燃料を使用する場合には、安全のためにまず空気をパイロットノズル、メインノズルに通してあらかじめ残留ガスを抜いておく必要がある。従って、ガス燃料を用いてのガスタービンの起動はある程度の時間がかかり、速やかな起動ができない。

【0009】

また、引用文献3又は4の場合には、出力増加過程で燃料の切り換えを安定して行えても、同時に引用文献1又は2のようにメインノズル使用本数の切り換えにより効率の良い燃焼を確保できるか不明である。さらに、液体燃料はガス燃料よりも高価なので、液体燃料の使用量が増えればそれだけ燃料費がかかることになる。

【0010】

そこで、本発明の目的は、速やかにガスタービンを起動し、燃料コストを抑えることができ、効率の良い燃焼を実現するガスタービンの燃料制御方法及び装置を提供することにある。

【0011】

本発明の別の目的は、さらに燃焼状態の安定性の維持も実現できるガスタービン燃料制御方法及び装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明によると上記目的を達成するため、液体燃料及びガス燃料により燃焼を行う燃焼器と、該燃焼器へ液体燃料及びガス燃料を噴射する複数のメインノズルとを有するガスタービンの燃料制御方法であって、

出力増加過程において、液体燃料のみを使用する場合に、各メインノズルに供給される液体燃料量が、効率よく燃焼を行うための範囲内に留まるように、メインノズルの使用本数を増やすと、メインノズルの使用本数は、第1の出力範囲では、第1の使用本数となり、前記第1の出力範囲よりも出力が高い第2の出力範囲では、前記第1の使用本数から第2の使用本数に増え、

出力増加過程において、ガス燃料のみを使用する場合に、各メインノズルに供給されるガス燃料量が、効率よく燃焼を行うための範囲内に留まるように、メインノズルの使用本数を増やすと、メインノズルの使用本数は、前記第1の出力範囲と部分的に重複する第3の出力範囲では、前記第1の使用本数となり、前記第2の出力範囲と部分的に重複し前記第3の出力範囲よりも出力が高い第4の出力範囲では、前記第1の使用本数から前記第2の使用本数に増え、

ガスタービンの起動時から第1の切換出力まで液体燃料を前記複数のメインノズルの一部である前記第1の使用本数のメインノズルに供給し、

前記第1の切換出力になった時に、第1の切換出力を維持したままメインノズルの使用本数を前記第1の使用本数から前記第2の使用本数に増やし、

さらに、出力増加過程においてメインノズルへ供給する燃料を液体燃料からガス燃料へ切り換える、ことを特徴とするガスタービンの燃料制御方法が提供される。

【0013】

また、本発明によると、液体燃料及びガス燃料により燃焼を行う燃焼器と、

該燃焼器へ液体燃料及びガス燃料を噴射する複数のメインノズルと、

液体燃料及びガス燃料を前記メインノズルへ供給する燃料供給手段と、

出力増加過程と出力減少過程の一方または両方でガスタービンの出力に応じて前記メインノズルの使用本数を切り換えるノズル切換手段とを備え、

出力増加過程において、液体燃料のみを使用する場合に、各メインノズルに供給される液体燃料量が、効率よく燃焼を行うための範囲内に留まるように、メインノズルの使用本

10

20

30

40

50

数を増やすと、メインノズルの使用本数は、第 1 の出力範囲では、第 1 の使用本数となり、前記第 1 の出力範囲よりも出力が高い第 2 の出力範囲では、前記第 1 の使用本数から第 2 の使用本数に増え、

出力増加過程において、ガス燃料のみを使用する場合に、各メインノズルに供給されるガス燃料量が、効率よく燃焼を行うための範囲内に留まるように、メインノズルの使用本数を増やすと、メインノズルの使用本数は、前記第 1 の出力範囲と部分的に重複する第 3 の出力範囲では、前記第 1 の使用本数となり、前記第 2 の出力範囲と部分的に重複し前記第 3 の出力範囲よりも出力が高い第 4 の出力範囲では、前記第 1 の使用本数から前記第 2 の使用本数に増え、

出力増加過程でメインノズルの使用本数を切り換える場合には、前記ノズル切換手段は、前記第 1 の切換出力において、第 1 の切換出力を維持したままメインノズルの使用本数を前記第 1 の使用本数から前記第 2 の使用本数に増やし、

出力減少過程でメインノズルの使用本数を切り換える場合には、前記ノズル切換手段は、前記第 2 の切換出力において、第 2 の切換出力を維持したままメインノズルの使用本数を前記第 2 の使用本数から前記第 1 の使用本数に減らし、

前記燃料供給手段は、出力増加過程と出力減少過程の一方または両方でメインノズルへ供給する燃料を切り換え、

出力増加過程で燃料を切り換える場合には、前記燃料供給手段はメインノズルへ供給する燃料を液体燃料からガス燃料へ切り換え、

出力減少過程で燃料を切り換える場合には、前記燃料供給手段はメインノズルへ供給する燃料をガス燃料から液体燃料へ切り換えることを特徴とするガスタービンの燃料制御装置が提供される。

【 0 0 1 4 】

これにより、起動時に液体燃料を使用することで安全のためガス抜きを行う必要がなく速やかに起動でき、安価なガス燃料に切り換え、その後ガス燃料を使用し続けることで燃料コストを抑えることができる。さらに、出力増加過程及び/又は出力減少過程において、メインノズルの使用本数を適切に切り換えることで、低出力時及び高出力時において、1 本当たりのメインノズルに供給される燃料の量を燃焼効率の良い範囲内に留めることができる。

【 0 0 1 5 】

出力増加過程における液体燃料からガス燃料へ切り換えは、第 1 の切換出力以上の出力時に行われることが好ましい。

【 0 0 1 6 】

出力増加過程においてガス燃料のみを使用した場合にメインノズルの使用本数を増やす出力から出力増加過程で液体燃料のみを使用した場合にメインノズルの使用本数を増やす出力までの区間内において、前記増やした後のメインノズル使用本数は、ガス燃料にとっても液体燃料にとっても好適である。従って、出力を維持したまま、ガス燃料にとっても好適なメインノズル使用本数に切り換えてからガス燃料に切り換えるので、燃焼状態の安定性を維持したままノズル本数切り換え及び燃料切り換えるの両方を実行できる。

【 0 0 1 7 】

出力が前記第 1 の切換出力より高く、ガス燃料を使用している状態からの出力減少過程において、第 2 の切換出力になった時に、第 2 の切換出力を維持したままメインノズルの使用本数を前記第 2 の使用本数から前記第 1 の使用本数に減らし、その後、ガス燃料から液体燃料へ切り換えることが好ましい。

【 0 0 1 8 】

第 2 の切換出力は、出力減少過程でガス燃料のみを使用した場合にメインノズルの使用本数を減らす出力から出力減少過程で液体燃料のみを使用した場合にメインノズルの使用本数を減らす出力までの区間内において、前記減らした後のメインノズル使用本数は、ガス燃料にとっても液体燃料にとっても好適な範囲内にある。従って、出力を維持したまま

、液体燃料にとって好適なメインノズル使用本数に切り換えてから液体燃料に切り換えるので、燃焼状態の安定性を維持したままメインノズル本数切り換え及び燃料切り換えの両方を実行できる。

【0019】

前記出力増加中の切換出力はガスタービンのアイドル時の出力以上であることが好ましい。アイドル時以上の出力状態では燃焼が安定しているので、これにより出力減少過程においても燃焼状態の安定性を高く維持したままメインノズル本数切り換え及び燃料切り換えの両方を実行できる。

【0020】

液体燃料からガス燃料へ切り換える場合には、液体燃料の供給量を徐々に減らしながらガス燃料の供給量を徐々に増やすことが好ましい。これにより、燃焼状態をより安定させたまま燃料の切り換えを実行できる。

10

【発明の効果】

【0021】

ガスタービンの起動時には液体燃料を用い、出力増加中にガス燃料へ切り換え。その後は安価なガス燃料を使用し続けることで、速やかに起動することができ燃料費を抑えることができる。また、出力増加過程、出力減少過程において適切な出力範囲でメインノズルの使用本数を切り換えるので、メインノズル1本当たりに供給される燃料の量を燃焼効率が良い範囲内に留めておくことができる。これらの効果はメインノズル使用本数の切り換え及び燃料切り換えにより実現される。さらに、本発明によると、燃料切り換えは、出力を維持したまま、液体燃料又はガス燃料にとって好適なメインノズル使用本数に切り換えてから液体燃料又はガス燃料に切り換えるので、燃焼状態の安定性が維持される。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

本発明の好ましい実施形態を図面を参照して説明する。なお、各図において共通する部分には同一の符号を付し、重複した説明を省略する。

【0023】

最初に本発明の原理を明確にするための実施形態を説明し、その後具体的な実施例について説明する。

30

【0024】

図1は、本発明の実施形態によるガスタービンの燃料制御装置10を示しており、図中の実線は液体燃料の供給ラインであり破線はガス燃料の供給ラインである。図1において液体燃料源から液体燃料をパイロットノズル7及びメインノズル8に供給する場合には流量制御弁2を開け、ガス燃料源からガス燃料をパイロットノズル7及びメインノズル8に供給する場合には流量制御弁3を開ける。遮断弁9aを開けることでパイロットノズル7へ液体燃料を供給する。また、遮断弁5aを開けて、x本のメインノズル8へ液体燃料を供給し、遮断弁5aだけでなく遮断弁5bも開けてx+y本のメインノズル8へ液体燃料を供給する。遮断弁9bを開けることでパイロットノズル7へガス燃料を供給する。また、遮断弁6aを開けて、x本のメインノズル8へガス燃料を供給し、遮断弁6aだけでなく遮断弁6bも開けてx+y本のメインノズル8へガス燃料を供給する。流量制御弁2又は3の開度を大きく又は小さくすることでガスタービンの出力を増加又は減少させる。以下において、図1の燃料制御装置により使用するメインノズルの切り換え及び燃料の切り換えを行う。

40

【0025】

図2は本発明の原理を示す図である。図2の実線は液体燃料のみを用いた場合のガスタービン出力とメインノズル1本当たりの燃料流量との関係を示している。図2の実線に示されるように、液体燃料のみを用いる場合には、起動時から出力を増加し出力P1になるまでは、図1の遮断弁5aを開け遮断弁5bを閉じてx本のメインノズル8を使用し、出力P1の時点で遮断弁5a及び5bの両方を開けてメインノズル8の使用本数をx本から

50

$x + y$ 本に切り換える。切り換え後、さらに出力を増加させていく。一方、液体燃料のみを用いての出力減少過程では、出力が P_1 よりも高くメインノズル 8 の使用本数が $x + y$ である高出力状態から、出力を P_1 より低い P_2 まで下げる。そして、出力 P_2 の時点で遮断弁 5 b を閉じてメインノズルの使用本数を $x + y$ 本から x 本に切り換える。

【0026】

出力増加過程と減少過程とでメインノズル 8 の使用本数を切り換える時の出力はそれぞれ P_1 と P_2 とで離れている。これは、出力 P_1 、 P_2 近傍で負荷変動が生じてメインノズル使用数の切り換えが頻繁に行われることを防止するためである。

【0027】

これに対して、図 2 の破線はガス燃料のみを用いた場合のガスタービン出力とメインノズル 1 本当たりの燃料流量との関係を示している。ガス燃料のみを用いる場合も、液体燃料のみの場合と同じ手順でメインノズルの使用本数を x 本と $x + y$ 本との間で切り換える。出力増加過程では出力が P_3 になった時にメインノズルの使用本数を x 本から $x + y$ 本に切り換え、出力減少過程では出力が P_3 よりも低い P_4 になった時にメインノズルの使用本数を $x + y$ 本から x 本に切り換える。

【0028】

図 2 に示されるように、出力増加過程では、液体燃料のみを用いる場合のノズル本数の切り換え時である出力 P_1 は、ガス燃料のみを用いる場合のノズル本数の切り換え時である出力 P_3 から高出力側へずれている。これは、液体燃料とガス燃料の単位体積当たりの発熱量が異なることによる。同じ理由で、出力減少過程において、液体燃料のみを用いる場合のノズル使用数の切り換え時 P_2 も、ガス燃料のみを用いる場合のノズル使用数の切り換え時 P_4 から高出力側へずれている。

【0029】

本発明の実施形態によると起動時には液体燃料を用い、出力増加途中でガス燃料に切り換える。起動時に液体燃料を用いるのは、速やかな起動のためである。上述したように、起動時にガス燃料を用いると、安全のためまずパイロットノズル、メインノズルに空気を通して残留ガスを抜いてからガス燃料をパイロットノズル、メインノズルに供給する必要がある分だけ起動が遅くなるからである。また、途中でガス燃料に切り換えるのはガス燃料の方が安価だからである。

【0030】

本発明の実施形態によると、出力増加過程において起動時から出力 P_3 の時点までは液体燃料を用い燃料噴射に x 本のメインノズル 8 を使用する。その後、出力増加過程において図 2 の出力 P_3 と P_1 との間の区間 a 内にある第 1 の切換出力になった時に第 1 の切換出力を維持したままメインノズルの使用本数を x 本から $x + y$ 本に切り換える。メインノズル使用本数を $x + y$ 本に切り換えたら、速やかに液体からガスへの燃料切り換えを行う。このように本発明の実施形態によると、図 2 の区間 a においてまずメインノズル使用本数をこの区間でガス燃料にとっても液体燃料にとっても好適なメインノズル使用本数 $x + y$ に切り換えておいてから、ガス燃料への燃料切り換えを行うので、ガス燃料への切り換え時にはガス燃料にとってもその時の出力に好適なメインノズル本数 $x + y$ になっている。よって、燃焼状態の安定性を維持したままノズル本数切り換え及び燃料切り換の両方を

【0031】

このように区間 a よりも高い出力の時は、メインノズル 8 の使用本数は $x + y$ であり、ガス燃料を用いている。このような高出力状態から出力を減少される場合について説明する。区間 a よりも高い出力状態から図 2 の区間 b に至るまで出力を減少させ区間 b 内にある第 2 の切換出力において、第 2 の切換出力を維持したままメインノズル使用本数を $x + y$ 本から x 本へ切り換える。このノズル使用数の切り換え後、速やかに燃料をガスから液体へ切り換える。本発明の実施形態によると、図 2 の区間 b においてまずメインノズル使用本数をこの区間で液体燃料にとってもガス燃料にとっても好適な範囲内であるメインノズル使用本数 x に切り換えておいてから、液体燃料への燃料切り換えを行うので、液体燃

料への切り換え時にはその時の出力に好適なメインノズル本数 x になっている。よって、燃焼状態の安定性を維持したままノズル本数の切り換え及び燃料の切り換えの両方を実行できる。

【0032】

なお、図1の液体燃料源、ガス燃料源、流量調整弁2、3、液体燃料供給ライン、ガス燃料供給ライン及びガスタービンの出力を検知しこれに基づき流量調整弁2、3の開閉を制御する制御部（図示せず）は燃料供給手段を構成する。また、図1の遮断弁5a、5b、6a、6b及びガスタービンの出力を検知しこれに基づき遮断弁5a、5b、6a、6bの開閉を制御する制御部（図示せず）はノズル切換手段を構成する。

【0033】

以上が本発明の原理である。次に、本発明の具体的な実施例を説明する。

【実施例】

【0034】

まず、参考のために灯油等の液体燃料のみを使用してガスタービンを運転させる場合について図3を参照して説明する。図3においてガスタービン起動時に流量制御弁2と遮断弁9を開いて液体燃料源からパイロットノズル7に液体燃料を供給し、パイロットノズル7から燃料を噴射させて着火を行う。

【0035】

その後、液体燃料源からの燃料供給量を漸増させるべく流量制御弁2の開度を次第に大きくしていく。上述のように効率よく燃焼を行うにはメインノズル8に供給される燃料量は適切な範囲内に留まっている必要がある。そのため、流量制御弁2の開度の増加に伴って使用するメインノズル8の数も増やしていくことが好ましい。液体燃料のみを用いた場合に、ガスタービン始動時から高出力までのメインノズル8の使用本数は、一般的には図4の実線が示すように増加する。図4の例では、ガスタービンの出力の増大につれて3回のタイミングのそれぞれにおいて、メインノズル8の使用数を0→2→4→6の順に増加させている。この使用数の増加は遮断弁11a、11b、11cをそれぞれのタイミングで開けることでなされる。これにより、メインノズルから噴射されるガス燃料量は、高温になりすぎず効率よく燃焼させるのに適切な範囲内に留めておくことができる。

【0036】

同様に、参考のためにLNG等のガス燃料のみを使用してガスタービンを運転させる場合についても図4を参照して説明する。ガス燃料のみの場合は、一般的には、液体燃料の場合のようにメインノズルへの燃料供給量の増加に伴って、図4の破線が示すように使用するメインノズルの数を5回のタイミングで0→1→3→4→5→6の順に増加させる。これにより、メインノズルから噴射される液体燃料の量を高温になりすぎず効率よく燃焼を行える適切な範囲内に留めておくことができる。

【0037】

図4から分かるように、燃焼状態が比較的安定しているアイドル時以降において、液体燃料のみの場合とガス燃料のみの場合とでメインノズルの使用本数が重複しているのは4本と6本の時である。そこで、本発明の実施例では、燃料の切り換えはメインノズルの使用本数が4本又は6本の時に行い、ガスタービンの全出力範囲において使用するメインノズルの本数を0本、4本、6本のいずれかにする。これにより、図4のように細かく使用本数を切り換える場合と比較すると燃焼効率はやや低下するが、切り換え頻度が減らされ動作が簡単になる。

【0038】

次にメインノズル使用本数の切り換え及び燃料の切り換えを行うガスタービンの燃料制御方法の本発明の実施例について図1及び図2を参照して説明する。なお、パイロットノズルとメインノズルは図6に示されるものと同様の配列であってよい。なお、本発明の実施例では、図1及び図2の x 本は4本であり y 本は2本である。

【0039】

また、上述したようにガス燃料よりも液体燃料を用いた方がガスタービンを速やかに起

10

20

30

40

50

動させることができるので、起動時は液体燃料を用いる。

【 0 0 4 0 】

ガスタービンを起動し出力を増加させる場合には、図 1 の流量制御弁 2 と遮断弁 9 a を開けてパイロットノズル 7 から液体燃料を噴射させ点火を行い、その後遮断弁 5 a を開け 4 本 (図 1 の x 本に対応する) のメインノズル 8 を使用状態にする。続いて、流量制御弁 2 の開度を徐々に大きくし液体燃料源からの燃料供給量を増加させる。そして出力が図 2 の区間 a 内にある第 1 の切換出力において、第 1 の切換出力を維持したまま遮断弁 5 b を開けて 6 本 (図 1 の x + y 本に対応する) のメインノズルに液体燃料を供給すると同時に遮断弁 6 a 、 6 b も開ける。このように区間 a においてメインノズル使用本数を 4 本から 6 本に切り換えたら、速やかに液体燃料用の流量制御弁 2 の開度を徐々に小さくし、かつ 10
、ガス燃料用の流量制御弁 3 の開度を徐々に大きくしていく。これにより液体燃料用の流量制御弁 2 を完全に閉じたら遮断弁 5 a 及び 5 b も閉じ、最終的には液体燃料からガス燃料へ切り換わる。なお、上記において遮断弁 5 a 、 5 b 、 6 a 、 6 b を開けてメインノズル使用本数を 4 本から 6 本に切り換える時に、パイロットノズル 7 用の遮断弁 9 b も開ける。遮断弁 9 a は起動時からガス燃料に完全に切り換わるまで開けておき、ガス燃料に完全に切り換わったら閉じるのが好ましい。

【 0 0 4 1 】

このように、図 2 から分かるように液体燃料からガス燃料へ切り換える時には、メインノズルの使用本数はガス燃料にとってその時の出力に好適な 6 本に切り換わっているので、燃焼状態を安定させたままメインノズル使用本数の切り換え及び燃料切り換えるの両方を 20
実行できる。燃料をガスに完全に切り換えた後は、流量制御弁 3 の開度を大きくさせて出力をさらに上げることができる。

【 0 0 4 2 】

このように、ガス燃料を用いている高出力状態では、流量制御弁 3 及び遮断弁 6 a 、 6 b 、 9 b が開いており、流量制御弁 2 及び遮断弁 5 a 、 5 b 、 9 a が閉じている。ガス燃料に完全に切り換わっているこのような高出力状態から流量制御弁 3 の開度を小さくして出力を減少させる過程でも、図 1 の区間 b 内にある第 2 の切換出力において、第 2 の切換出力を維持したまま遮断弁 6 b を閉じ遮断弁 5 a 、 9 a を開けることで、遮断弁 5 a 、 6 a 、 9 a 、 9 b を開いた状態とし遮断弁 5 b 、 6 b を閉じた状態にする。これによりメインノズル使用本数を 6 本から 4 本へ切り換えたら、速やかにガス燃料用の流量制御弁 3 の 30
開度を徐々に小さくしていくと同時に液体燃料用の流量制御弁 2 の開度を徐々に大きくしていく。これによりガス燃料用の流量制御弁 3 を完全に閉じたら遮断弁 6 a 、 9 b も閉じ、最終的にはガス燃料から液体燃料へ切り換わる。ガスから液体へ燃料を完全に切り換えた後、ガスタービンを停止させる場合には、流量調整弁 2 の開度を徐々に小さくする。

【 0 0 4 3 】

なお、本発明は上述した実施形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々変更を加え得ることは勿論である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 4 】

【図 1】本発明の実施形態によるガスタービンの燃料制御装置を示す図である。 40

【図 2】本発明の原理を説明するための図である。

【図 3】液体燃料のみを用いる場合の燃料制御装置を示す図である。

【図 4】液体燃料のみを用いた場合とガス燃料のみを用いた場合のメインノズルの使用本数の切り換えを示す図である。

【図 5】従来のアップステージングとダウンステージングの説明図である。

【図 6】パイロットノズルと複数のメインノズルの配置を示す図である。

【符号の説明】

【 0 0 4 5 】

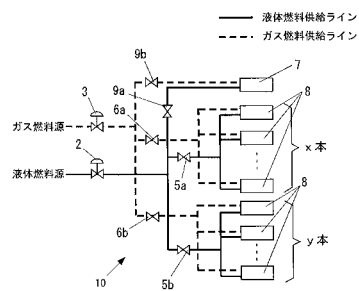
2 液体燃料用の流量制御弁

3 ガス燃料用の流量制御弁

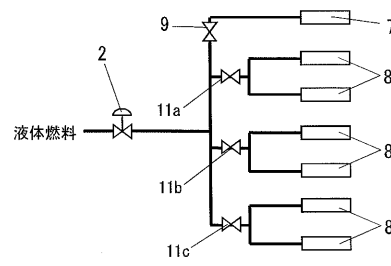
- 5 a、5 b、6 a、6 b、9 a、9 b 遮断弁
 7 パイロットノズル
 8 メインノズル
 10 燃料制御装置
 11 a、11 b、11 c 遮断弁

10

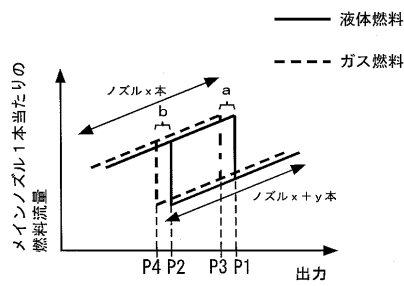
【図 1】



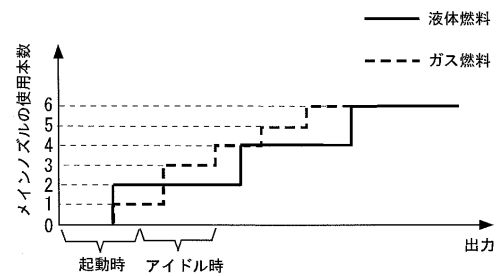
【図 3】



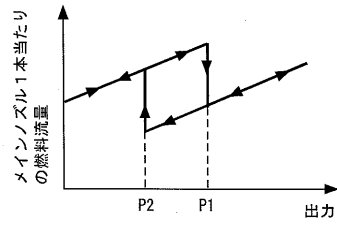
【図 2】



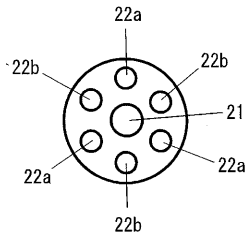
【図 4】



【図 5】



【図 6】



 フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I	
F 2 3 R	3/34	(2006.01)	F 2 3 R	3/34
F 2 3 R	3/36	(2006.01)	F 2 3 R	3/36

(56)参考文献 特開 2 0 0 1 - 2 0 8 3 4 3 (J P , A)
 特開平 0 9 - 1 5 9 1 4 3 (J P , A)
 特開昭 6 3 - 1 5 9 6 2 8 (J P , A)
 特開 2 0 0 3 - 0 9 7 2 9 0 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

F 0 2 C	7 / 2 2
F 0 2 C	7 / 2 2 8
F 0 2 C	9 / 2 8
F 0 2 C	9 / 4 0
F 2 3 R	3 / 2 8
F 2 3 R	3 / 3 4
F 2 3 R	3 / 3 6