

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4895465号
(P4895465)

(45) 発行日 平成24年3月14日 (2012. 3. 14)

(24) 登録日 平成24年1月6日 (2012. 1. 6)

(51) Int. Cl.

F I

F O 2 C 7/057 (2006. 01)

F O 2 C 7/057

F O 1 D 7/00 (2006. 01)

F O 1 D 7/00

F O 1 D 17/16 (2006. 01)

F O 1 D 17/16

A

F O 1 D 17/16

E

請求項の数 6 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2003-161427 (P2003-161427)
 (22) 出願日 平成15年6月6日 (2003. 6. 6)
 (65) 公開番号 特開2004-28098 (P2004-28098A)
 (43) 公開日 平成16年1月29日 (2004. 1. 29)
 審査請求日 平成18年6月1日 (2006. 6. 1)
 (31) 優先権主張番号 M12002A001231
 (32) 優先日 平成14年6月6日 (2002. 6. 6)
 (33) 優先権主張国 イタリア (IT)

(73) 特許権者 500445479
 ネオーヴォ ピニオーネ ホールディング
 ソシエタ ペル アチオニ
 Nuovo Pignone Holdi
 ng S. p. A.
 イタリア国 50127 フィレンツェ
 ヴィア フェリーチェ マッテウッチ 2
 (74) 代理人 100137545
 弁理士 荒川 聡志
 (74) 代理人 100105588
 弁理士 小倉 博
 (74) 代理人 100106541
 弁理士 伊藤 信和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 1 軸形ガスタービンの火炎温度の制御及び調節システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一連のパラメータに基づいたガスタービン (18) の数学的関数モデルを実行することができる少なくとも 1 つの演算ブロック (22) を備える少なくとも 1 つの直接作用ブラン
 ーチ (21) を含む形式の、1 軸形ガスタービン (18) の火炎温度の制御及び調節シ
 ステムであって、

該システムが、前記数学的モデルによって計画された性能に対する前記タービン (18)
) の性能の変動によって引き起こされるか又はモデル化誤差によって引き起こされる、前
 記直接作用ブランチ (21) の不正確さを修復することを可能にする、少なくとも 1 つの
 フィードバックブランチ (20) を更に含み、

前記直接作用ブランチ (21) 及び前記フィードバックブランチ (20) が、前記ガスタ
 ービン (18) の第 1 段の可変静翼付き分配器のブレード (13) に作用して、突発性負
 荷増大時の火炎温度の上昇を抑制して火炎温度が計画限界値より低くなるように、前記ブ
 レードに前記タービン (18) の圧縮機ユニット内に入る空気の方角に対する角度をとら
 せるよう構成され、

前記 1 軸形ガスタービン (18) が、直列配列で、加圧冷却用空気を移送できる軸流圧縮
 機 (10) と、ガス状燃料のためのヒータ (11) と、軸流タービン (12) とを含み、
 前記ヒータ (11) が切頭円錐形ヘッドを有し、該ヘッドの直ぐ下流に主燃焼領域が形成
 されており、

前記直接作用ブランチ及びフィードバックブランチ (20、21) が、前記軸流タービン

(1 2) の排出ガス温度の変動率、可燃ガスの流量、前記軸流タービンの速度、及び前記軸流タービン (1 2) 内に導入される空気の温度に対応して、前記分配器の前記ブレード (1 3) のポジションを定めることを可能にすることを特徴とする制御及び調節システム。

【請求項 2】

前記分配器のブレード (1 3) が、該分配器の内側リング (1 4) と外側リングとの間で前記軸流タービン (1 2) の本体に取り付けられて、前記ブレードを通過する空気及び燃料の流れの方向を保証し、前記軸流タービン (1 2) がまた、ロータの一連の回転ブレードを支持していることを特徴とする、請求項 1 に記載の制御及び調節システム。

【請求項 3】

一連のパラメータに基づいたガスタービン (1 8) の数学的関数モデルを実行することができる少なくとも 1 つの演算ブロック (2 2) を備える少なくとも 1 つの直接作用ブランチ (2 1) を含む形式の、1 軸形ガスタービン (1 8) の火災温度の制御及び調節システムであって、

該システムが、前記数学的モデルによって計画された性能に対する前記タービン (1 8) の性能の変動によって引き起こされるか又はモデル化誤差によって引き起こされる、前記直接作用ブランチ (2 1) の不正確さを修復することを可能にする、少なくとも 1 つのフィードバックブランチ (2 0) を更に含み、

可燃ガスの流量、前記ガスタービン (1 8) の取入口における空気温度、及び前記ガスタービン (1 8) の速度の値に関する信号 (2 3 、 2 4 、 2 5) が、前記演算ブロック (2 2) に入力されており、前記信号 (2 3 、 2 4 、 2 5) は対応するトランスジューサ (2 6 、 2 7 、 2 8) の出力において取り出され、該トランスジューサの入力 (2 9 、 3 0 、 3 1) は前記ガスタービン (1 8) で直接測定された該それぞれの信号からなっており、

前記演算ブロック (2 2) が、入力 (3 2) として、前記ガスタービンの排出ガスの第 1 の温度値を表す少なくとも 1 つの別の信号 (3 2) を有し、

前記演算ブロック (2 2) が、出力として、前記タービン (1 8) の排出ガスの第 1 の温度値を得るために必要とされる、前記分配器ブレード (1 3) のポジションの算定値を表す信号 (3 3) を供給し、該算定値は、ガス流量、前記タービン (1 8) の速度、及び前記タービン (1 8) に導入される空気の温度の現在値信号 (2 9 、 3 0 、 3 1) により、計画限界値より低い火災温度になるように算定され、

前記フィードバックブランチ (2 0) が、入力として誤差信号 (3 5) を有する少なくとも 1 つの比例積分レギュレータ (3 4) を備え、前記誤差信号 (3 5) は、排出ガスに必要とされる前記温度値 (3 2) と、前記ガスタービン (1 8) のトランスジューサ (3 7) による出力において取り出される信号 (3 6) からなる現在値 (3 8) との間の差分として得られる

ことを特徴とする制御及び調節システム。

【請求項 4】

前記比例積分レギュレータ (3 4) が、出力として、前記分配器ブレード (1 3) のポジションの補正算定値を得るために、前記演算ブロック (2 2) によって出力される別の信号 (3 3) に付加される信号 (3 9) を有し、前記算定値は、前記タービンから排出されるガスの前記第 1 の温度値を、流量、速度及び前記空気の温度の前記現在値 (2 9 、 3 0 、 3 1) により、前記計画限界値より低い火災温度になるように得るために必要とされることを特徴とする、請求項 3 に記載の制御及び調節システム。

【請求項 5】

前記フィードバックブランチ (2 0) の前記比例積分レギュレータ (3 4) が、前記直接作用ブランチ (2 1) の不正確さを修復することを可能とし、前記不正確さは、前記ガスタービン (1 8) の数学的モデルを構成する前記演算ブロック (2 2) によって計画された性能に対する前記ガスタービン (1 8) の性能の変動によって引き起こされるか又はモデル化誤差によって引き起こされることを特徴とする、請求項 4 に記載の制御及び調節シ

10

20

30

40

50

ステム。

【請求項 6】

前記フィードバックブランチ（20）が、前記ガスタービン（18）に導入され又は該ガスタービン（18）から排出される空気の温度の変動率、及び前記ヒータ（11）の可燃ガスの流量に対応して、前記分配器のブレード（13）のポジションを定めることを可能とし、その結果、前記ガスタービン（18）調節システムの実行が、過渡運転状態及び通常運転の両方において、計画限界値より低い前記算定火炎温度を維持した状態の最適制御を得ることを可能にすることを特徴とする、請求項 5 に記載の制御及び調節システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10

【発明の属する技術分野】

本発明は、1 軸形ガスタービンの火炎温度の制御及び制御システムに関する。

【0002】

【従来技術】

ガスタービンは、1 つ又はそれ以上の段を有する遠心圧縮機含む機械であり、該遠心圧縮機では、任意選択的に、遷音速の軸流段（低出力レベルのタービン用）、多段軸流段（中出力及び高出力レベルのタービン用）、或いは遠心段が後置された幾つかの軸流段を備える複合段（中出力レベルのタービン用）が前置されることが知られている。

【0003】

特に、1 軸形ガスタービンにおいては、圧縮機及びターボ膨張機の本体全部が同じ軸上に取り付けられ、この軸はまたユーザ機械の軸にもなっている。

20

【0004】

液状或いはガス状の燃料が、インジェクタによって燃焼室内部に噴射され、このガスが、燃焼室の出口において化学量論的計量による燃焼に対応する温度よりもかなり低い温度になっている必要性から、燃焼室自身の典型的な構造は火炎チューブの構造であり、この構造により、空気の 1 部が主に渦流装置を経由して前方領域に導入されて、燃焼を開始しかつ高温ガスの再循環の領域を発生させるようになっている。

【0005】

完全燃焼させるための空気の別の流れが、火炎チューブに設けられた第 1 の一連の孔を介して導入され、下流において空気の残りの部分が燃焼ガスと徐々に混合され、ついには燃焼室出口において望ましい温度が得られる。

30

【0006】

最も高い温度に達する内部火炎チューブは、高い圧力差を受ける外側ケースから構造的に分離され、この点で、工業的用途においては、最も一般に使用される燃焼室は単一の、すなわち幾つかの火炎チューブが収容された単一の外側ケースになっている。

【0007】

更に、外燃タービンにおいては、蒸気発生器と概念的に類似するヒータ内部でガスが加熱される。

【0008】

具体的には、中出力及び高出力レベルのガスタービンにおいては、実際のタービン又はターボ膨張機は多段軸流式であって、蒸気タービンのブレード配列と材料の選択以外では類似するブレード配列を有し、その材料は、高温及び腐食に対する最適な機械的耐性を有してなければならず、この点で、使用されるブレードは通常超合金製であり、或いは、最も高温に曝される第 1 段の分配器ブレードはセラミック材料製である。

40

【0009】

過度に高くない最高温度については、圧縮機から抽気されブレードの基部の間並びにロータディスク表面内に設けられた経路内を循環するようにされた空気を用いる冷却方法が使用され、燃焼ガスのより高い温度が、ブレードの全表面を冷却する手段によってのみ許容できるようになる。火炎の安定性の特性を改善するために、一般的に混合管の出口の近傍にパイロット火炎を発生させることができる平行燃料供給システムが更に設けられ、高温高

50

圧ガスが、対応する管路を経由してタービンの種々の段に到達し、ガスのエンタルピーがユーザに利用できる機械的エネルギーに変換される。

【0010】

いずれの場合でも、発電用途用のガスタービンは、一般的に機械のスイッチの切断によって引き起こされる、或いは、ガスタービンが絶縁回路網に接続されている場合には、電気使用量の変化によって引き起こされる電気負荷の突発性変動を受ける。

【0011】

特に、負荷の突発性増大時に、計画火炎温度に急激な上昇が発生し、この上昇温度は許容限界値を大きく超える。

【0012】

この観点からは、現在使用されている、軸流圧縮機の手速度又は補正速度に関連して、或いは、タービン排気温度を調節する方法に関連して、分配器ブレードのポジションを対応させるようになった所定の関数を使用することに基づいている制御システムは、過渡運転状態及び通常運転の両方において、計画された限界値より低い算定火炎温度を維持する点で望ましい性能レベルに未だ達していない。

【特許文献1】

米国特許第5394689号

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

従って、本発明の目的は、前述の欠点を排除し、具体的には、機械スイッチの切断或いは電気使用量の変化によって引き起こされる電気負荷の突発性変動に伴う火炎温度ピークを抑制することを可能にする、1軸形ガスタービンの火炎温度の制御及び調節システムを提供することである。

【0014】

本発明の別の目的は、液状及び/又はガス状燃料を供給されるガスタービンの火炎温度の制御及び調節システムを提供することであり、このシステムはまた、燃焼室内での、良好な火炎安定性及び圧力変動の減少を得ることを可能にする。

【0015】

本発明の他の目的は、高レベルの燃焼効率を保証する、ガスタービンの火炎温度の制御及び調節システムを提供することである。

【0016】

本発明の更なる目的は、高温に曝される構成部品の平均耐用期間を延長させることを可能にする、制御及び調節システムを提供することである。

【0017】

本発明の付加的な目的は、特に信頼性があり、簡単で、機能的であり、かつ得られるその利点が、比較的低い製造及び保守コストで実行できる、1軸形ガスタービンの火炎温度の制御及び調節システムを提供することである。

【0018】

【課題を解決するための手段】

本発明によるこれらの目的及び他の目的は、一連の所定のパラメータから始めてガスタービンを関数化する数学的モデルを実行することができる少なくとも1つの演算ブロックを備える少なくとも1つの第1の直接作用ブランチ又はレギュレータを含む形式の、1軸形ガスタービンの火炎温度の制御及び調節システムを提供することによって達成され、該システムは、前記数学的モデルによって計画された性能に対するタービンの性能の変動によって引き起こされるか又はモデル化誤差によって引き起こされる、前記直接作用レギュレータのあらゆる不正確さを修復することを可能にする、1つの第2のフィードバックブランチ又はレギュレータを更に含むことを特徴とする。

【0019】

頭字語VIGV(「Variable Inlet Guided Vanes(可変入口案内羽根)»)として知られているガスタービンの可変静翼式分配器のブレードは、該ブレードに圧縮機に導入され

10

20

30

40

50

る空気の方角に対して最適な角度をとらせて、圧縮機の手度、空気の手量、及びヒータに送られる燃料の手量の観念からタービン全体の手能レベルを向上させるように調節できるのが好都合である。

【0020】

具体的には、本発明による制御システムは、負荷の突発性増大時に、許容限界値を大きく越える、算定火炎温度における急激な上昇が起る現象の発生を抑制することを可能にする。

【0021】

具体的には、分配器ブレード（VIGV）のポジションを、タービン排出ガスの温度の変動率、可燃ガスの手量、タービン手度、及びタービンに導入される空気の手温度に対応させて、タービン全体の手度に正確なモデル化が得られるようにすることを保証することによって、適切な制御が得られる。

10

【0022】

1軸形ガスタービンの火炎温度の制御及び調節のための、本発明によるシステムの特徴及び利点は、添付の概略図を参照して非限定的な実施例によってなされた以下の記述からより明らかとなり一層明白になるであろう。

【0023】

【発明の実施の形態】

特に図1及び図2を参照すると、ガスタービン18は、実質的に、軸流圧縮機10と、ガス状燃料の汚染物質低エミッションのヒータ11と、公知の形式の軸流タービン12とを備える。

20

【0024】

図示された実施例においては、ヒータ11は切頭円錐形ヘッドを有し、該ヘッドの直ぐ下流に実際の燃焼領域又は主火炎領域が形成される。

【0025】

この組立体はまた、冷却用空気のための空間によって囲まれており、該冷却用空気は、軸流圧縮機10によって加圧されて、ヒータ11から出る燃焼生成物の流れの方角と反対の方角である図2の矢印Fの方角に循環する。

【0026】

タービン12の本体には、分配器の内側リング14と外側リング15との間に設けられかつ分配器保持リング17に取り付けられた一連の分配器ブレード（VIGV）13又は第1段分配器のブレード（これは最高温度に曝される）と、任意選択にそれを支持するディスクと一体化された一連のロータの回転ブレード16とが取り付けられる。

30

【0027】

分配器ブレード13は、該ブレードを通過する空気及び/又は燃料の一方又は両方が、所定の流れ方角を有し、主火炎の安定化を助けるようになることを保証する。

【0028】

最後に、燃焼領域において、一連の平行バーナが取り付けられることができ、該バーナは、中心の主火炎に対して同心状になっている環状に連なった対応する付加的火炎を形成することができる。

40

【0029】

具体的には、冷却用空気が軸流圧縮機10によって加圧され、燃焼室又はヒータ11を冷却し、その結果、予混合室に入る空気は加熱され、従って燃焼用空気として働く。

【0030】

加えて、図には詳細に示されていない噴射装置が、液体燃料を供給しそれにより中央又は主燃焼火炎をつくり出し、一方で、付加的液体燃料を供給することによって円周方角の一連のバーナが、切頭円錐形ヘッドの直ぐ下流の燃焼室内で、中央の主火炎に対して同心状になっている環状に連なった対応する付加的パイロット火炎をつくり出す。

【0031】

本説明において提案する解決法の手目的是、負荷の突発性変動に伴う火炎温度ピークを、可

50

変静翼付き分配器のブレード 13 のポジションを適切に制御することによって抑制することである。

【0032】

より具体的には、ブレード 13 の制御は、図 3 に概略的に示すような調節システムによってもたらされる。図で明らかなように、このシステムは、全体を符号 20 として示されるフィードバックブランチと、符号 21 として示される直接作用ブランチとを備える。

【0033】

次に、ブランチ 21 は、演算ブロック 22 を備え、該演算ブロックは、付属の駆動装置で作動される、ガスタービン 18 の単純化された運転モデルを実行する。

【0034】

符号 23、24、25 として示され、可燃ガス流量、タービン 12 の取入口における空気温度、及びタービン 12 の速度にそれぞれ関係する信号は、ブロック 22 に入力され、該信号は、対応するトランスジューサ 26、27、28 の出力において取り出され、該トランスジューサの入力 29、30、31 は、ガスタービン 18 で直接測定されたそれぞれの信号からなっている。

【0035】

ブロック 22 の別の入力信号は信号 32 によって示され、この信号はタービンの排出ガスの温度についての所望の値を表す。ブロック 22 はまた、出力として信号 33 を供給し、この信号は、タービン排出ガスの温度の前記所望の値を得るために必要とされる、分配器ブレード 13 のポジションの算定値を表し、この算定値は、ガス流量、タービンの速度、及びタービンの取入口における空気温度の現在値信号 29、30、31 により算定され、かつ所定の限界値より低い火炎温度になるように算定される。

【0036】

制御システムはまた、フィードバックブランチ 20 を備え、該フィードバックブランチ 20 は、図 3 に全体として符号 34 で示される比例積分レギュレータ (PI レギュレータ) を備え、該レギュレータはその入力として誤差信号 35 を有し、この誤差信号は、排出ガスにおいて必要とされる温度の値 (信号 32) と、実際にはトランスジューサ 37 からの出力で取り出される信号 36 からなる排出ガスの現在値との差分として得られる。

【0037】

レギュレータ 34 の出力 (信号 39) は、次いで、測定ブロック 22 から出力される信号 33 に加えられ、その結果、タービンから排出されるガスの温度についての所望の値 (信号 32) を得るために必要とされる分配器ブレード 13 のポジションの補正算定値 (信号 40) が、ガスの流量、速度及び温度の現在値 (信号 29、30、31) により、計画限界値より低い火炎温度になるように得られるようになる。

【0038】

従って、フィードバックブランチ 20 のレギュレータ 34 は、所定の関数によって実行され、また、それによって分配器ブレード 13 のポジションを軸流圧縮機 10 又はタービン 12 の速度又は該速度の補正值に対応させる直接作動制御 (ブランチ 21) のあらゆる不正確さを修復することを可能にする。

【0039】

實際上、直接作動ブランチの前記潜在的な不正確さは、ガスタービン 18 の数学的モデルを構成するブロック 22 によって計画された性能に対する機械の性能の変動によって引き起こされるか又はモデル化誤差によって引き起こされ、従って、更なるフィードバックブランチ 20 の存在が、ブレード 13 (VIGV) のポジションを、タービン 12 に導入される空気又は該タービン 12 から排出される空気の温度の変動率のみならずヒータユニット 11 の可燃ガスの流量に対応させることを可能にする。

【0040】

このように、説明した調節システムをタービンに実装することは、最適制御の点での優れた結果を得ることを可能にし、この手段によって、実行されたシミュレーションで計画されたように、過渡運転状態及び通常運転の両方において、計画限界値より低い算定火炎温

10

20

30

40

50

度を維持するという良好な性能レベルが確立される。

【 0 0 4 1 】

上記の説明により、本発明の主題である、1軸形ガスタービンの火炎温度の制御及び調節システムの特徴を明らかにし、また対応する利点を明らかにしたが、それらを記憶にとどめると以下が含まれる。

- 汚染物質エミッションのレベルの低下。
- 燃焼室における圧力変動の減少及び良好な火炎安定性。
- 高レベルの燃焼効率。
- 高温に曝される構成部品の平均耐用期間の延長。
- 簡単で信頼性がある使用法。
- 公知技術と比較して相対的に低い製造及び維持コスト。
- 所定の限界値より低い算定火炎温度の維持。

10

【 0 0 4 2 】

最後に、その全てが本発明の保護範囲内に属する多くの修正及び変更を、1軸形ガスタービンの火炎温度の制御及び調節のための上述のように設計されたシステムに対して行うことができるのは明らかである。

【 0 0 4 3 】

更に、全ての細部は、技術的に等価である要素で置き換えることができ、実施において、技術的な要求に応じて、如何なる材料、形態及び寸法も使用できる。なお、特許請求の範囲に記載された符号は、理解容易のためであってなんら発明の技術的範囲を実施例に限縮するものではない。

20

【図面の簡単な説明】

【図 1】 従来型の1軸形ガスタービンの概略側面図。

【図 2】 ロータディスクの表面部分に対応する、図 1 におけるタービンの一部の概略部分断面図。

【図 3】 本発明による1軸形ガスタービンの火炎温度の制御及び調節システムのブロック作動ダイアグラムの、非限定的な実施例として示した実施形態の図。

【符号の説明】

- 1 8 ガスタービン
- 2 0 フィードバックブランチ
- 2 1 直接作用ブランチ
- 2 2 演算ブロック
- 2 8 速度の現在値信号
- 2 9 可燃ガス流量の現在値信号
- 3 0 空気温度の現在値信号
- 3 2 排出ガス温度の所望値信号
- 3 3 ブレードポジションの算定値信号
- 3 4 P I レギュレータ
- 3 8 排出ガス温度の現在値信号
- 4 0 ブレードポジションの補正算定値信号

30

40

フロントページの続き

- (72)発明者 ステファノ・グロツピ
イタリア、ピストイア、５１０５・モスンマノ・テルメ、２７、ピアッツァ・デル・ポポロ（番地なし）
- (72)発明者 アンドレア・カソーニ
イタリア、５０１３７・フィレンツェ、５、ヴィーア・デラコライオ（番地なし）

審査官 藤原 弘

- (56)参考文献 特開２００１－１９３４８０（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－００８８２９（ＪＰ，Ａ）
特開昭６３－０９７８３５（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－２００７３０（ＪＰ，Ａ）
米国特許第５８９６７３６（ＵＳ，Ａ）
特開２０００－３１０１２８（ＪＰ，Ａ）
米国特許第３８６６１０９（ＵＳ，Ａ）
特開平０５－０２６０５７（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)

F01D 7/00
F01D 17/16
F02C 7/057
F02C 9/20
F02C 9/22
F02C 9/54