

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5281823号
(P5281823)

(45) 発行日 平成25年9月4日 (2013.9.4)

(24) 登録日 平成25年5月31日 (2013.5.31)

(51) Int.Cl.	F I
F O 2 C 9/40 (2006.01)	F O 2 C 9/40 B
F O 2 C 7/22 (2006.01)	F O 2 C 9/40 A
F O 2 C 7/224 (2006.01)	F O 2 C 7/22 A
	F O 2 C 7/22 B
	F O 2 C 7/224

請求項の数 3 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2008-133899 (P2008-133899)	(73) 特許権者	505347503
(22) 出願日	平成20年5月22日 (2008.5.22)		ヌオーヴォ ピニオーネ ソシエタ ペル
(65) 公開番号	特開2008-291845 (P2008-291845A)		アチオニ
(43) 公開日	平成20年12月4日 (2008.12.4)		イタリア国 50127 フィレンツェ
審査請求日	平成23年5月9日 (2011.5.9)		ヴィア フェリーチェ マッテウッチ 2
(31) 優先権主張番号	M12007A001047	(74) 代理人	100137545
(32) 優先日	平成19年5月23日 (2007.5.23)		弁理士 荒川 聡志
(33) 優先権主張国	イタリア (IT)	(74) 代理人	100105588
			弁理士 小倉 博
		(74) 代理人	100129779
			弁理士 黒川 俊久
		(72) 発明者	アントニオ・アスティ
			イアリア、パドヴァ、ヴィア・ポルトロー
			ズ・6番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガスタービンにおける燃焼を制御するための方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

入口ダクトを通してその中に導入された空気を加圧することができる少なくとも1つの圧縮機と、その中で前記加圧空気を供給ダクトから流入した気体燃料と混合する少なくとも1つの燃焼室と、前記燃焼室から流入したガスのエネルギーを1つ又はそれ以上の作業機械を作動させるために利用可能な仕事エネルギーに変換することができる少なくとも1つのタービンとを含むガスタービンにおける燃焼を制御する方法であって、

1つ又はそれ以上の適切な計器によって前記気体燃料の温度、発熱量及び相対密度を測定して、下記に定義したウォッベ指数 I_w 、

【数 1】

$$I_w = \frac{PC}{\sqrt{T_G * G_s}}$$

ここで、 PC は、前記気体燃料の発熱量（最高又は最低）であり、 T_G は、前記気体燃料の温度であり、また G_s は、前記気体燃料の比重である、
を求める段階と、

前記測定したウォッベ指数値を前記気体燃料についての事前定義ウォッベ指数値と比較する段階と、

少なくとも1つの熱交換器によって前記事前定義ウォッベ指数値に到達するように前記気体燃料の温度を調整する段階と、

前記ウォッベ指数値に基づいて、前記ガスタービンの機能を、前記ガスタービンの点火フェーズを表す拡散火炎から、前記ガスタービンの通常機能を表す予混合火炎に移行する段階と、

を含む、方法。

【請求項 2】

前記燃焼室に前記気体燃料のウォッベ指数とは異なるウォッベ指数を有する第 2 の気体燃料を供給する段階と、

前記計器によって前記第 2 の気体燃料の温度、発熱量及び相対密度を測定して該第 2 の気体燃料のウォッベ指数を求める段階と、

前記第 2 の気体燃料について測定したウォッベ指数値を前記気体燃料について測定したウォッベ指数値と比較する段階と、

前記気体燃料および前記第 2 の気体燃料のうちの 1 つ以上についての連続した 2 つのウォッベ指数値の測定値の差異が、前記気体燃料と前記第 2 の気体燃料のウォッベ指数値の差異に等しいか又はそれよりも大きい場合には、前記燃焼室の燃焼モード及び前記タービンが供給することができる電力値の制御手順を行う段階と、

をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記燃焼室に任意のかつ経時的に変化する割合の前記気体燃料と該気体燃料のウォッベ指数とは異なるウォッベ指数を有する第 2 の気体燃料とから成る混合気を供給する段階と、

前記計器によって前記混合気の温度、発熱量及び相対密度を測定して該混合気のウォッベ指数を求める段階と、

前記混合気について測定したウォッベ指数値を該混合気についての事前定義ウォッベ指数値と比較する段階と、

前記熱交換器によって前記混合気についての事前定義ウォッベ指数値に到達するように該混合気の温度を調整する段階と、

をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ガスタービンにおける燃焼を制御するための方法及び装置に関し、より具体的には、大幅に異なりかつ経時的に変化するウォッベ指数を有する気体燃料の存在下での燃焼を制御するための方法及び装置に関する。

【背景技術】

【0002】

外部から吸込んだ空気を加圧する多段圧縮機と、加圧空気に付加した気体燃料の燃焼を行う燃焼室と、燃焼室から流入した気体を膨張させるタービン又はエキスパンダとで通常構成されたガスタービンを使用して電気エネルギーを生成することは、公知である。この時、タービンは、作業機械を作動させるために又は発電機に動力を供給するために利用可能な機械的エネルギーを発生することができる。

【0003】

ガスタービン内で燃料として使用することができる様々なタイプの気体又は気体混合気が存在する。それ故、同じ燃焼室内で各気体又は気体混合気が発生することができる発熱量、従ってエネルギーは、大幅に変化する可能性がある。燃料として使用する気体又は気体混合気の温度もまた、ガスタービンの性能に大きく影響することができる。

【0004】

気体又は気体混合気が一定の供給圧力で燃焼した時に該気体又は気体混合気が発生する熱を測定するために、「ウォッベ指数 (W o b b e 指数)」と呼ばれるパラメータの使用が知られている。このウォッベ指数は、次式、

【 0 0 0 5 】

【 数 1 】

$$I_w = \frac{PC}{\sqrt{T_G * G_s}}$$

ここで、

I_w = ウォッベ指数、

PC = 気体の発熱量（最高又は最低）、

T_G = 気体の温度、

G_s = 気体の相対密度（又は比重）、

に基づいたものであり、気体の最高（又は最低）発熱量と空気に対して測定した気体の相対密度の平方根との比に等しい。

【 0 0 0 6 】

従って、気体によって発生される熱は、ウォッベ指数に正比例すると共に、燃料として使用する気体がそこから流出するタービンノズルの面積に正比例する。従って、ウォッベ指数は、特定のガスタービン内で燃料として使用することができる異なる気体の互換性を判定するための重要なパラメータである。

【 0 0 0 7 】

現在、大多数の低エミッションガスタービンは、ウォッベ指数に関して僅かな差異を有する気体燃料で作動するように構成されている。同一のタービンにおける異なる燃料つまりウォッベ指数が大きく異なる燃料の使用は、実際には不規則な燃焼プロセスを招く可能性があり、これが、タービン自体の機能不良、燃焼システム構成要素の有効サイクルの低下、及びエネルギー発生中断の可能性を引き起こすおそれがある。

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 8 】

従って、開示した主題の有利な特徴の1つは、ガスタービンの燃焼を制御するための方法及び装置を提供することであり、本方法及び装置は、上記の欠点を効果的に解決することができる。

【 0 0 0 9 】

具体的には、開示した主題の有利な特徴のもう1つは、ガスタービンの燃焼を制御するための方法及び装置を提供することであり、本方法及び装置は、タービン自体の性能を損なわずにかつ燃焼室の同一のジオメトリを維持しながら、大幅に異なりかつ経時的に変化するウォッベ指数、従って発熱量を有する気体燃料の使用を可能にする。

【 0 0 1 0 】

本発明のさらに別の有利な特徴は、ガスタービンの燃焼を制御するための方法及び装置を提供することであり、本方法及び装置は、タービン自体に供給する気体燃料のタイプを急速に変更することを可能にする。

【 0 0 1 1 】

本発明のさらに別の有利な特徴は、ガスタービンの燃焼を制御するための方法及び装置を提供することであり、本方法及び装置は、異なるウォッベ指数を有する2つの異なる気体燃料を任意のかつ経時的に変化する割合で混合した状態でもタービン自体が正しく機能することを可能にする。

【 0 0 1 2 】

本発明のさらに別の有利な特徴は、ガスタービンの燃焼を制御するための方法及び装置を提供することであり、本方法及び装置は、タービンに連結された全てのものによって要求される出力における突然の変動にタービン自体が対処すること（負荷制限）を可能にする。

【 課題を解決するための手段 】

10

20

30

40

50

【 0 0 1 3 】

本発明の第 1 の態様に基づいて、ガスタービンにおける燃焼を制御する方法は、例えば熱量計又はガスクロマトグラフのような 1 つ又はそれ以上の適切な計器によって気体燃料の温度、発熱量及び相対密度を測定して、ウォッペ指数を求める段階と、測定したウォッペ指数値を気体燃料について予め定義されたウォッペ指数値と比較する段階と、少なくとも 1 つの熱交換器によって予め定義されたウォッペ指数値に到達するように気体燃料の温度を調整する段階とを含む。

【 0 0 1 4 】

本発明のもう 1 つの態様は、入口ダクトを通してその中に導入された空気を加圧することができる少なくとも 1 つの圧縮機と、その中で加圧空気を供給ダクトから流入した気体燃料と混合する少なくとも 1 つの燃焼室と、燃焼室から流入したガスのエネルギーを 1 つ又はそれ以上の作業機械を作動させるために利用可能な仕事エネルギーに変換することができる少なくとも 1 つのタービンとを含む形式のガスタービンにおける燃焼を制御するための装置に関する。本装置は、気体燃料の供給ダクトに沿って配置されかつ該気体燃料を加熱することができる少なくとも 1 つの熱交換器と、気体燃料のウォッペ指数を測定するための、例えば熱量計又はガスクロマトグラフのような 1 つ又はそれ以上の計器とを含む。

10

【 0 0 1 5 】

本発明によるガスタービンにおける燃焼を制御するための方法及び装置の特徴及び利点は、添付の概略図を参照して以下の例示的かつ非限定的実施例から一層明確になるであろう。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 6 】

特に図 1 を参照すると、この図は、一般的なガスタービンを概略的に示しており、このガスタービンは、入口ダクト 1 2 を通してその中に導入された空気を加圧することができる圧縮機 1 0 を含む。加圧空気は次に、燃焼室 1 4 に送られて、供給ダクト 1 6 から流入した気体燃料と混合される。燃焼は、ガス流の温度、流量及びボリウムを増大させ、従ってその中に含まれるエネルギーを増大させる。このガス流は、ダクト 1 8 を通してタービン 2 0 に向かって導かれ、タービン 2 0 は、ガスのエネルギーを、例えばシャフト 2 4 によってタービン 2 0 に連結された発電機 2 2 のような作業機械を作動させるために利用可能な仕事エネルギーに変換する。タービン 2 0 はまた、関連するシャフト 2 6 を通して圧縮機 1 0 を作動させるのに必要なエネルギーを供給し、一方、放出ガスは、出口ダクト 2 8 を通してタービン 2 0 から排出される。

30

【 0 0 1 7 】

本発明によると、一層詳しく後述するように、気体燃料の供給ダクト 1 6 上には気体燃料を加熱することができる少なくとも 1 つの熱交換器 3 0 が設けられ、同時にこの熱交換器 3 0 の上流及び下流には、例えば熱量計又はガスクロマトグラフのようなウォッペ指数を測定するための 1 つ又はそれ以上の計器 3 2 が配置される。これらの装置のおかげで、燃料自体に関連する最も適正なウォッペ指数値を保証するために気体燃料の加熱を連続的に調整することが可能になる。燃料供給を異なるウォッペ指数を有する燃料に急速に変更した場合には、このシステムはまた、この供給変更による影響を最少にするようにガスタービン構成要素を能動的に制御するのを可能にする。

40

【 0 0 1 8 】

図 3 ~ 図 6 のブロック図及び図 2 の表に示した気体燃料混合気の 2 つの例示的類型を参照しながら、本発明による燃焼を制御する方法について以下に説明する。

【 0 0 1 9 】

図 2 は、ガスタービンにおいて一般に使用される 2 つの気体燃料を比較している。「H」で表した燃料は、 $53.673 \text{ MJ} / \text{Nm}^3$ に等しい最大ウォッペ指数値及び低い不活性生成物含有量を特徴としている。他方、燃料 H の代替物としてより低い頻度であるが使用される「G」で表した燃料は、 $44.3 \text{ MJ} / \text{Nm}^3$ に等しい最大ウォッペ指数値及び

50

燃料Hと比べて僅かに高い不活性生成物含有量（約15%）を特徴としている。

【0020】

図3のブロック図には、技術的な特殊用語で「自力起動」と呼ばれる状態の下での、つまりプラント全体が電源から遮断された後にガスタービンが再始動される場合での本発明によるガスタービンにおける燃焼を制御する方法を示している。これらの状態の下では、気体燃料を加熱するために必要な蒸気が使用不能であり、タービンは、低温の燃料で始動することができなくてはならない。

【0021】

本方法は、特に高いウォッペ指数を有する使用気体燃料、例えば燃料「H」の温度、発熱量（最低）及び相対密度を熱量計32によって測定する初期フェーズを想定している。燃焼室14に送られる最適燃料流量がひとたび設定されると、前述したように低温燃料（約-5～約25）で実行されるガスタービンの点火フェーズが行われる。

10

【0022】

機械の正常機能は、空気を気体燃料と予混合することによって行われるが、このフェーズに到達するのは、拡散火炎で実行される上記の点火フェーズの後である。その結果、拡散火炎（点火フェーズ）から予混合火炎（正常機能）への移行を抑制するか又は抑制しないかにすることができる「予混合ロックアウト」ブール制御変数の設定フェーズが設けられる。

【0023】

従って、機械は、一定量の蒸気が気体を加熱するために使用可能になるまで待機する。この待機状態は、蒸気発生用のボイラが既に一定の温度に達している場合には、1時間～4時間続き、ボイラがまだこれから活動化させなくてはならない場合には、6時間～8時間続く。蒸気が使用可能になった時、熱交換器30は、燃焼室14に対応して測定して約125～約165の範囲にある温度まで気体燃料を加熱し始める。加熱が完了した時に、気体のウォッペ指数の対応した変化があるはずであり、それは、燃料Hの場合に指数自体の初期値の約2.5%に等しい。気体温度の上昇に基づいて事前定義したこのウォッペ指数値に到達した時に、拡散火炎から予混合火炎（これは、より低い汚染物質エミッションに特徴がある）への移行が可能である状態もまた達せられることになる。

20

【0024】

その後、事前定義ウォッペ指数に到達した更なる制御は、結果が明確な場合には、機械の正常機能モードを設定するために、「予混合ロックアップ」ブール制御変数がゼロにされることを可能にすることになる。事前定義ウォッペ指数値に到達していない場合には、熱交換器30は、正常機能状態が尊重されることを可能にするように調整されなくてはならないことになる。

30

【0025】

図4のブロック図は、正常始動状態の下での、本発明によるガスタービンにおける燃焼を制御する方法を示している。これらの状態の下では、タービンの始動フェーズにおいて気体の加熱用蒸気を調整するために熱交換器30を介入させる必要はない。従って、この制御方法は、蒸気の使用可能性の待機フェーズと気体の加熱後に変化したウォッペ指数に到達させるその後の制御相とが行なわれないことを除けば、「自力起動」状態の下で実行された方法と同様である。

40

【0026】

一般的に、ガスタービンの全ての始動状態の下でかつあらゆる種類の気体混合気の存在下で、本方法は常に、熱量計32によって測定した気体燃料の温度、発熱量及び相対密度に基づいて最適燃料を自動設定することを想定している。

【0027】

図5のブロック図は、1つの気体燃料から別の気体燃料への急速移行状態の下での、本発明によるガスタービンにおける燃焼を制御する方法を示している。例えば燃料Gから燃料Hへのように1つ単一の燃料から別の燃料に移行するようにタービン20に燃料供給することができ、或いは2つの燃料を可変割合で混合することができる。

50

【 0 0 2 8 】

この場合もまた熱量計 3 2 によって、流入気体燃料の温度、発熱量（最低）及び相対密度を測定した後に、2つの連続測定値のデータが比較される。ウォッペ指数の2つの連続測定値間の差異が、タービン内で燃料として使用する2つの気体、例えばG及びHのウォッペ指数間の差異と等しいか又はそれよりも高い場合には、機械は、1つの燃料から別の燃料への急速移行状態に置かれる。この時点で、機械の燃焼モードの制御手順が実行され、その制御の結果に基づいて、機械が供給する電力値がその結果的として調整されることになる。

【 0 0 2 9 】

1つの燃料から別の燃料への、例えば気体Gから気体Hへの急速移行が実行されたら、機械が新しい燃料で実際に作動しているかどうかを確認するために、ウォッペ指数が再び計算されることになる。この条件が満たされている場合には、次に混合火炎機能に移行することまた機械の正常機能モードを設定することが可能になることになる。

【 0 0 3 0 】

図6のブロック図は、使用する燃料のタイプに基づいたガスタービンの正常機能モードを示している。特に高いウォッペ指数は有しておらずまたタービンが正しく作動するのを可能にするために熱交換器 3 0 によって加熱する必要がない燃料Gが供給される場合には、ウォッペ指数に関連するパラメータの如何なる制御も実行することは必要ない。他方、燃料Hが供給される場合には、熱交換器 3 0 の下流の温度を制御することが必要である。

【 0 0 3 1 】

タービンに燃料G及びHの組合せのケースのような気体燃料混合気が供給される場合に、熱量計 3 2 により、混合気の温度、発熱量（最低）及び相対密度を測定して、該混合気自体のウォッペ指数を求めることになる。ウォッペ指数が、使用している混合気についての事前定義値と異なる場合には、熱交換器 3 0 の機能温度が変更されることになる。

【 0 0 3 2 】

提案したシステムは、熱交換器 3 0 によって実行される温度調整を待たずに、最大6電気出力MWまでの要求出力変動を吸収することができる。従って本システムは、最大6電気出力MWまでの殆ど瞬間的な要求出力変化にされる耐えることができる。

【 0 0 3 3 】

従って、本発明によるガスタービンにおける燃焼を制御するための方法及び装置は、前述した目的を達成することが理解できるであろう。具体的には、タービンは、大幅に異なるウォッペ指数を有する気体燃料の両方でまたそれらの気体燃料を任意の割合での混合気でも変わりなく作動することができ、また1つの燃料から別の燃料に急速に移行することもそして突然の負荷制限を吸収することもできる。

【 0 0 3 4 】

このように着想した本発明のガスタービンにおける燃焼を制御するための方法及び装置は、あらゆる場合において、それら全てが同じ発明概念に含まれる多数の修正及び変更を行うことができる。従って、本発明の保護範囲は、提出した特許請求の範囲によって定まる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 5 】

【 図 1 】 本発明による燃焼を制御するための装置を備えたガスタービンの概略図。

【 図 2 】 2つの実施例の燃料気体混合気のもル組成、発熱量及び密度に関する値を含む表。

【 図 3 】 いわゆる「自力起動」状態の下での、本発明によるガスタービンにおける燃焼を制御する方法を示すブロック図。

【 図 4 】 正常始動状態の下での、本発明によるガスタービンにおける燃焼を制御する方法を示すブロック図。

【 図 5 】 1つの気体燃料から別の気体燃料への急速移行状態の下での、本発明によるガスタービンにおける燃焼を制御する方法を示すブロック図。

10

20

30

40

50

【図 6】正常機能状態の下での、本発明によるガスタービンにおける燃焼を制御する方法を示すブロック図。

【符号の説明】

【0036】

- 10 圧縮機
- 12 入口ダクト
- 14 燃焼室
- 16 供給ダクト
- 18 ダクト
- 20 タービン
- 22 発電機
- 24 シャフト
- 26 シャフト
- 28 出口ダクト
- 30 熱交換器
- 32 計器

10

【図 1】

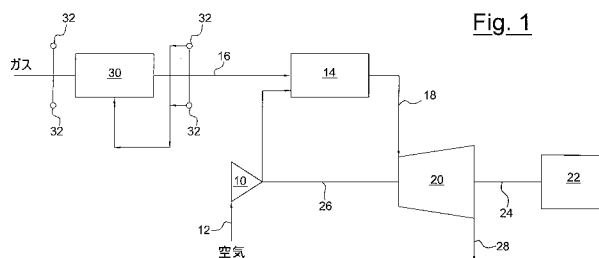


Fig. 1

【図 2】

・ 気体「G」のモル組成

成分	平均%
N ₂	14.35
CH ₄	81.30
CO ₂	0.89
C ₂ H ₆	2.85
C ₃ H ₈	0.37
C ₄ H ₁₀	0.14
C ₅ H ₁₂	0.09
最低発熱量 (MJ/Nm ³)	31.7
最高発熱量 (MJ/Nm ³)	35.1
密度 (kg/m ³)	0.833

・ 気体「H」のモル組成

成分	平均%
Ar	0.06
H ₂	0.03
N ₂	2.15
CH ₄	90.17
CO ₂	1.04
C ₂ H ₆	4.77
C ₃ H ₈	1.21
C ₄ H ₁₀	0.41
C ₅ H ₁₂	0.16
最低発熱量 (MJ/Nm ³)	37.35
最高発熱量 (MJ/Nm ³)	41.32
密度 (kg/m ³)	0.80

Fig. 2

【図 3】

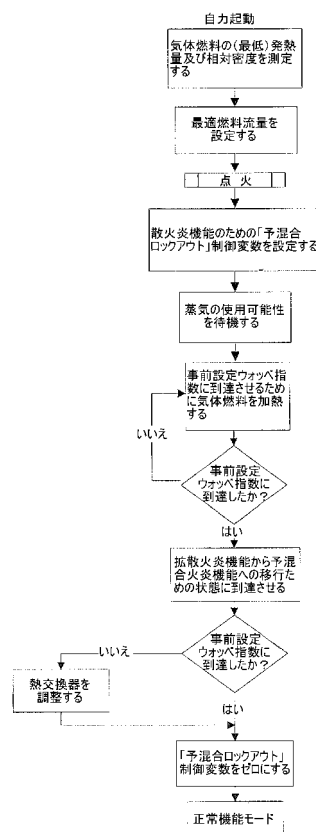
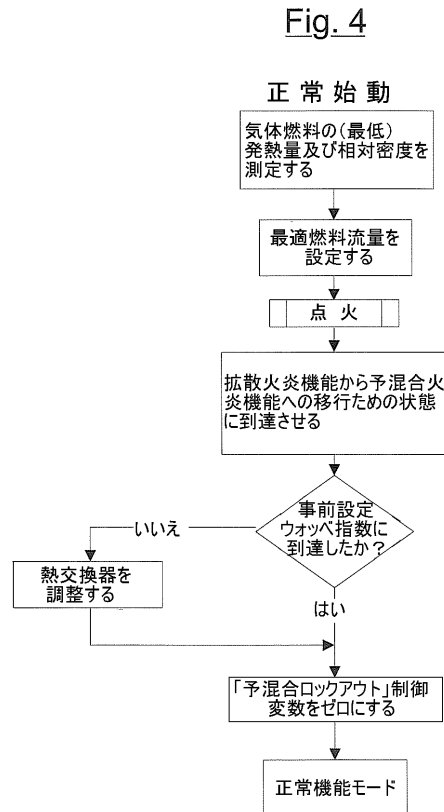
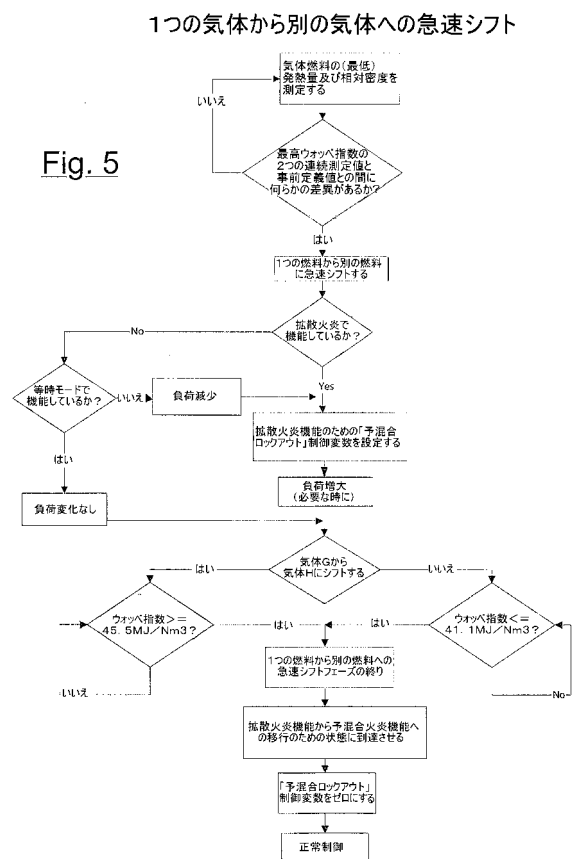


Fig. 3

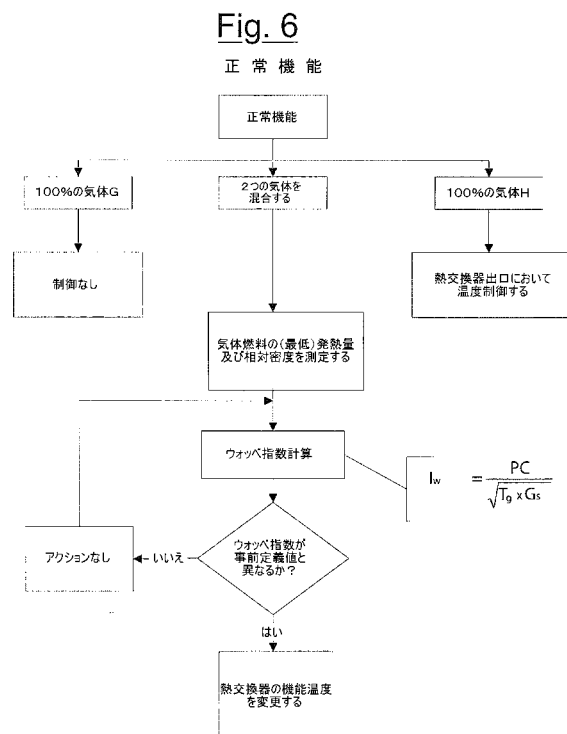
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

- (72)発明者 マリアテレサ・パチ
イタリア、フィレンツェ、ヴィア・カセティーノ・２５番
- (72)発明者 ミシェル・デアール
イタリア、フィレンツェ、ヴィア・デエイ・ピアストリ・５７番
- (72)発明者 マッシモ・ベッティ
イタリア、エンポリ、ヴィア・ディーノ・カポニ・４２ノビー番
- (72)発明者 シモーン・ベイ
イタリア、プラート、ヴィア・デル・フィオダリーソ・１２番
- (72)発明者 ジョバンニ・トンノ
イタリア、フィレンツェ、ヴィア・ヴィアル・コルシカ・５５番
- (72)発明者 ジェス・スチュワート
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、テイラーズ、デイ・ブレイク・コート、１０２番
- (72)発明者 フランチェスコ・オルジェロ
イタリア、フィレンツェ、ヴィア・アーバノ・ラタッチ・２ノデー番

審査官 寺町 健司

- (56)参考文献 欧州特許出願公開第１６４５８０４（ＥＰ，Ａ１）
特開平１１－３２４７２７（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－１０１５２８（ＪＰ，Ａ）
特開昭６１－２５５２２５（ＪＰ，Ａ）

- (58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
F 0 2 C 1 / 0 0 - 9 / 5 8
F 2 3 R 3 / 0 0 - 7 / 0 0