

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7654417号
(P7654417)

(45)発行日 令和7年4月1日(2025.4.1)

(24)登録日 令和7年3月24日(2025.3.24)

(51)国際特許分類	F I				
<i>F 0 2 C</i>	7/00	(2006.01)	<i>F 0 2 C</i>	7/00	A
<i>F 0 1 D</i>	25/00	(2006.01)	<i>F 0 1 D</i>	25/00	V
<i>G 0 5 B</i>	23/02	(2006.01)	<i>G 0 5 B</i>	23/02	T

請求項の数 13 外国語出願 (全22頁)

(21)出願番号	特願2021-20262(P2021-20262)	(73)特許権者	515322297
(22)出願日	令和3年2月10日(2021.2.10)		ゼネラル エレクトリック テクノロジー
(65)公開番号	特開2021-139363(P2021-139363		ゲゼルシャフト ミット ベシュレンクテ
	A)		ル ハフツング
(43)公開日	令和3年9月16日(2021.9.16)		General Electric Te
審査請求日	令和6年1月26日(2024.1.26)		chnology GmbH
(31)優先権主張番号	16/809,134		スイス国 5 4 0 0 パーデン ブラウン
(32)優先日	令和2年3月4日(2020.3.4)		ボヴェリシュトラッセ 8
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		Brown Boveri Strass
			e 8, 5 4 0 0 Baden, Swi
			tzerland
		(74)代理人	100105588
			弁理士 小倉 博
		(74)代理人	100129779
			弁理士 黒川 俊久
最終頁に続く			

(54)【発明の名称】 ガスタービンシステム内の熱安定性を検出するためのシステム、プログラム製品及び方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ガスタービンシステム（11）及び複数のセンサ（106）と通信する少なくとも1つのコンピューティングデバイス（100）を備えるシステム（10）であって、
前記ガスタービンシステム（11）が、圧縮機（12）、燃焼器（24）及びタービン部品（32）を含んでおり、
前記複数のセンサ（106）のうちの少なくとも1つが前記ガスタービンシステム（11）内又は前記ガスタービンシステム（11）に隣接して配置され、前記複数のセンサ（106）の各センサ（106）が前記ガスタービンシステム（11）の複数の動作特性のうちの1つを測定し、
前記少なくとも1つのコンピューティングデバイス（100）が、
前記複数の測定された動作特性の各々について lag 出力を算出するステップであって、
前記算出された lag 出力が、
前記ガスタービンシステム（11）の前記測定された動作特性について算出された lag と前記測定された動作特性との間の差分、及び
前記複数の測定された動作特性の各々に関する時定数
に基づく、ステップと、
前記算出された lag 出力の各々が所定の閾値（110）よりも低いときを判定するステップであって、前記所定の閾値（110）が前記ガスタービンシステム（11）の前記複数の測定された動作特性及びビルドパラメータの各々に基づく、ステップと

を含むプロセスを実行することによって前記ガスタービンシステム（１１）内の熱安定性を検出するように構成されており、前記ビルドパラメータが、

- a) 前記圧縮機（１２）のタイプ、サイズ及びモデルの少なくとも１つ、
 - b) 前記燃焼器（２４）のタイプ、サイズ及びモデルの少なくとも１つ、
 - c) 前記タービン部品（３２）のタイプ、サイズ及びモデルの少なくとも１つ
- を含んでおり、

前記ガスタービンシステム（１１）の前記複数の測定された動作特性の各々についての前記 lag が、

【数１】

$$OC_{lag}(t) = OC_{lag}(t-1) + (OC_{measured}(t-1) - OC_{lag}(t-1))(1 - e^{-\frac{\Delta t}{\tau_{OC}}})$$

10

に基づいて算出され、

t は、第１の時間であり、

$t - 1$ は、前記第１の時間 t の前に発生する第２の時間であり、

$OC_{lag}(t)$ は、時間 t において測定された動作特性について算出された lag であり、

$OC_{lag}(t - 1)$ は、時間 $t - 1$ において測定された動作特性について算出された lag であり、

20

$OC_{measured}(t - 1)$ は、時間 $t - 1$ において測定された動作特性であり、

Δt は、前記第１の時間と前記第２の時間との間の差分であり、

τ_{OC} は、前記測定された動作特性に関する時定数である、

システム（１０）。

【請求項２】

前記ガスタービンシステム（１１）内の熱安定性を検出するために前記少なくとも１つのコンピューティングデバイス（１００）によって実行される前記プロセスが、

前記複数の測定された動作特性の各々について算出された lag 出力の各々が前記対応する所定の閾値（１１０）よりも低いことに応じて、前記ガスタービンシステム（１１）が

30

熱的に安定していることを検証すること

をさらに含む、請求項１に記載のシステム（１０）。

【請求項３】

前記複数の測定された動作特性が、

圧縮機（１２）入口温度、

圧縮機（１２）排出温度、

前記ガスタービンシステム（１１）の排気温度、

前記ガスタービンシステム（１１）の電力出力、

入口ガイドベーン位置、

前記ガスタービンシステム（１１）の燃料（２６）のフィールドストローク基準及び

40

前記ガスタービンシステム（１１）の燃料（２６）流量

からなる群から選択される、請求項１に記載のシステム（１０）

【請求項４】

前記ガスタービンシステム（１１）の前記複数の測定された動作特性の各々についての前記 lag 出力が、

【数２】

$$\dot{OC}_{lag} = \frac{\Delta OC_{lag}}{\tau_{OC}}$$

50

に基づいて算出され、

OC_{lag} は、前記算出された lag 出力であり、

ΔOC_{lag} は、前記判定された lag 差分であり、

τ_{oc} は、前記測定された動作特性の前記時定数である、請求項 1 に記載のシステム (10)。

【請求項 5】

前記ガスタービンシステム (11) 内の熱安定性を検出するために前記少なくとも 1 つのコンピューティングデバイス (100) によって実行される前記プロセスが、前記算出された lag 出力の各々が前記対応する所定の閾値 (110) よりも低いと判定したことに応じて、前記ガスタービンシステム (11) の電力出力を増加させるように前記ガスタービンシステム (11) の動作条件を調整すること
をさらに含む、請求項 1 に記載のシステム (10)。

10

【請求項 6】

前記ガスタービンシステム (11) 内の熱安定性を検出するために前記少なくとも 1 つのコンピューティングデバイス (100) によって実行される前記プロセスが、前記ガスタービンシステム (11) の動作モデルに基づいて、前記複数の測定された動作特性の各々の前記所定の閾値 (110) を算出すること
をさらに含んでおり、前記ガスタービンシステム (11) の前記動作モデルが、前記ガスタービンシステム (11) の前記ビルドパラメータと同一のビルドパラメータを含む、請求項 1 に記載のシステム (10)。

20

【請求項 7】

前記時定数が、前記ガスタービンシステム (11) の前記複数の測定された動作特性及び前記ビルドパラメータの各々に固有である、請求項 1 に記載のシステム (10)。

【請求項 8】

圧縮機 (12)、燃焼器 (24) 及びタービン部品 (32) を含むガスタービンシステム (11) 内の熱安定性を検出するための方法であって、当該方法が、前記ガスタービンシステム (11) 内又は前記ガスタービンシステム (11) に隣接の少なくとも一方で配置された複数のセンサ (106) によって測定された前記ガスタービンシステム (11) の複数の測定された動作特性の各々について lag 出力を算出するステップであって、前記算出された lag 出力が、
前記ガスタービンシステム (11) の前記測定された動作特性について算出された lag と前記測定された動作特性との間の差分、及び
前記複数の測定された動作特性の各々に関する時定数
に基づく、ステップと、

30

前記算出された lag 出力の各々が所定の閾値 (110) よりも低いときを判定するステップであって、前記所定の閾値 (110) が前記ガスタービンシステム (11) の前記複数の測定された動作特性及びビルドパラメータの各々に基づく、ステップと
を含んでおり、前記ビルドパラメータが、

a) 前記圧縮機 (12) のタイプ、サイズ及びモデルの少なくとも 1 つ、

b) 前記燃焼器 (24) のタイプ、サイズ及びモデルの少なくとも 1 つ、

c) 前記タービン部品 (32) のタイプ、サイズ及びモデルの少なくとも 1 つ

40

を含んでおり、

前記ガスタービンシステム (11) の前記複数の測定された動作特性の各々についての前記 lag が、

【数 3】

$$OC_{lag}(t) = OC_{lag}(t-1) + (OC_{measured}(t-1) - OC_{lag}(t-1))(1 - e^{-\frac{\Delta t}{\tau_{oc}}})$$

50

に基づいて算出され、

t は、第 1 の時間であり、

$t - 1$ は、前記第 1 の時間 t の前に発生する第 2 の時間であり、

$OC_{lag}(t)$ は、時間 t において測定された動作特性について算出された lag であり、

$OC_{lag}(t - 1)$ は、時間 $t - 1$ において測定された動作特性について算出された lag であり、

$OC_{measured}(t - 1)$ は、時間 $t - 1$ において測定された動作特性であり、

Δt は、前記第 1 の時間と前記第 2 の時間との間の差分であり、

τ_{OC} は、前記測定された動作特性に関する時定数である、

方法。

10

【請求項 9】

前記複数の測定された動作特性の各々について算出された lag 出力の各々が前記対応する所定の閾値 (110) よりも低いことに応じて、前記ガスタービンシステム (11) が熱的に安定していることを検証すること
をさらに含む、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記算出された lag 出力の各々が前記対応する所定の閾値 (110) よりも低いと判定したことに応じて、前記ガスタービンシステム (11) の電力出力を増加させるように前記ガスタービンシステム (11) の動作条件を調整すること
をさらに含む、請求項 8 に記載の方法。

20

【請求項 11】

前記ガスタービンシステム (11) の動作モデルに基づいて、前記複数の測定された動作特性の各々の前記所定の閾値 (110) を算出すること
をさらに含んでおり、前記ガスタービンシステム (11) の前記動作モデルが、前記ガスタービンシステム (11) の前記ビルドパラメータと同一のビルドパラメータを含む、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 12】

前記時定数が、前記ガスタービンシステム (11) の前記複数の測定された動作特性及び前記ビルドパラメータの各々に固有である、請求項 11 に記載の方法。

30

【請求項 13】

前記ガスタービンシステム (11) の前記複数の測定された動作特性の各々の前記 lag 出力が、

【数 4】

$$OC_{lag} = \frac{\Delta OC_{lag}}{\tau_{OC}}$$

に基づいて算出され、

40

OC_{lag} は、前記算出された lag 出力であり、

ΔOC_{lag} は、前記判定された lag 差分であり、

τ_{OC} は、前記測定された動作特性の前記時定数である、請求項 8 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、一般に、ガスタービンシステムに関し、より詳細には、ガスタービンシステム内の熱安定性を検出するためのシステム、プログラム製品及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

50

従来の電力システムでは、システムが所望の性能及び／又は最高の動作効率で動作していることを確保するために、動作パラメータを継続的に監視する。例えば、ガスタービンシステム内の様々な動作パラメータを測定及び／又は監視して、ガスタービンシステムが所望の性能で動作しているか否か及び／又は所望の／必要な量の電力出力を生成しているか否かを判定する。そのような動作パラメータとしては、ガスタービンシステムの様々な段階における流体の温度及び／又は圧力が挙げられる。従来のシステムでは、ガスタービンシステムの動作状態を判定又は推定するために、動作パラメータを経時的に観察し得る。例えば、これらの動作パラメータを経時的に観察することができ、これにより、ガスタービンシステムのオペレータは、動作パラメータが一定のままである場合にはシステムが熱的に安定していると想定できる。ガスタービンシステムの熱安定性は、ガスタービンシステムを所望の効率で動作させる上で重要であり得、特に、例えば、システムが、定常状態の動作モデルにおける熱的に安定なシステムの動作パラメータに依拠及び／又はこれを利用する場合に重要であり得る。これらの動作モデルは、電力出力、動作効率、排出量及び／又は他の同様の特性を増加及び／又は改善するようにガスタービンシステムを調整するために動作パラメータを使用する。

10

【 0 0 0 3 】

しかしながら、従来のシステムでは、オペレータは、動作パラメータデータのみに基づいて、ガスタービンシステムの動作状態を不適切に想定する場合がある。例えば、オペレータは、追加のセンサによって検出された動作パラメータデータに変化がないこと或いは変化が最小限であることに基づいて、ガスタービンシステムの部品が十分に／完全にヒートソーク及び／又は動作温度に加熱されたと誤って結論付ける場合がある。つまり、ガスタービンシステムが熱的に安定しており、よってこれ以上動作の「始動」又は「ランブアップ」段階では動作していない可能性があり、「定常状態」で動作しているはずであると不適切に判断される場合がある。この判断の結果として、システムが所望の電力出力を生成していることを確保するために、流量、燃焼温度及び／又は燃料供給などの動作パラメータが増加し得る。しかしながら、ガスタービンシステムが熱的に安定していない及び／又はシステムの部品が完全にヒートソークされていない、時期尚早の「定常状態」動作への移行は、実際にはシステムの動作効率を低下させかねない及び／又はシステムの部品を望ましくない動作パラメータ（例えば、流体温度）に曝しかねない。望ましくない動作パラメータに曝されることにより、例えば、ガスタービンシステムの部品への損傷（例えば、クリープ）のリスクが増大し得る。

20

30

【発明の概要】

【 0 0 0 4 】

本開示の第 1 の態様は、ガスタービンシステム及び複数のセンサと通信する少なくとも 1 つのコンピューティングデバイスを備えるシステムを提供するが、複数のセンサのうちの少なくとも 1 つはガスタービンシステム内又はガスタービンシステムに隣接して配置され、複数のセンサの各センサはガスタービンシステムの複数の動作特性のうちの 1 つを測定し、少なくとも 1 つのコンピューティングデバイスは、複数の測定された動作特性の各々について l a g 出力を算出するステップであって、算出された l a g 出力が、ガスタービンシステムの測定された動作特性について算出された l a g と測定された動作特性との間の差分、及び複数の測定された動作特性の各々に関する時定数に基づく、ステップと、算出された l a g 出力の各々が所定の閾値よりも低いときを判定するステップであって、所定の閾値がガスタービンシステムの複数の測定された動作特性及びビルドパラメータの各々に基づく、ステップとを含むプロセスを実行することによってガスタービンシステム内の熱安定性を検出するように構成される。

40

【 0 0 0 5 】

本開示の第 2 の態様は、少なくとも 1 つのコンピューティングデバイスによって実行されると、ガスタービンシステム内又はガスタービンシステムに隣接の少なくとも一方で配置された複数のセンサによって測定されたガスタービンシステムの複数の測定された動作特性の各々について l a g 出力を算出するステップであって、算出された l a g 出力が、

50

ガスタービンシステムの測定された動作特性について算出された l a g と測定された動作特性との間の差分、及び複数の測定された動作特性の各々に関する時定数に基づく、ステップと、算出された l a g 出力の各々が所定の閾値よりも低いときを判定する ステップ であって、所定の閾値がガスタービンシステムの複数の測定された動作特性及びビルドパラメータの各々に基づく、ステップとを含むプロセスを実行することによってガスタービンシステム内の熱安定性を少なくとも1つのコンピューティングデバイスに検出させる、プログラムコードを含むコンピュータプログラム製品を提供する。

【 0 0 0 6 】

本開示の第3の態様は、ガスタービンシステム内の熱安定性を検出するための方法であって、本方法は、ガスタービンシステム内又はガスタービンシステムに隣接の少なくとも一方で配置された複数のセンサによって測定されたガスタービンシステムの複数の測定された動作特性の各々について l a g 出力を算出する ステップ であって、算出された l a g 出力が、ガスタービンシステムの測定された動作特性について算出された l a g と測定された動作特性との間の差分、及び複数の測定された動作特性の各々に関する時定数に基づく、ステップと、算出された l a g 出力の各々が所定の閾値よりも低いときを判定する ステップ であって、所定の閾値がガスタービンシステムの複数の測定された動作特性及びビルドパラメータの各々に基づく、ステップとを含む、方法を提供する。

【 0 0 0 7 】

本開示の例示的な態様は、本明細書で説明される問題及び / 又は検討されていない他の問題を解決するように設計されている。

【 0 0 0 8 】

本開示のこれら及び他の特徴は、本開示の様々な実施形態を図示する添付の図面と併せて、本開示の様々な態様に関する以下の詳細な説明から、さらに容易に理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 9 】

【図1】本開示の様々な実施形態による、制御システムを備えるガスタービンシステムの概略図である。

【図2】本開示の実施形態による、ガスタービンシステムの動作特性の l a g 出力の安定性活性化関数グラフである。

【図3】本開示の実施形態による、図1のガスタービンシステムの熱安定性を検出するための例示的なプロセスを示す図である。

【図4】本開示の実施形態による、図1のガスタービンシステムの熱安定性のための制御システムを含む環境を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 0 】

本開示の図面は、原寸に比例していないことに留意されたい。図面は、本開示の典型的な態様だけを図示することを意図しており、したがって、本開示の範囲を限定するものと考えべきではない。図面では、類似する符号は、図面間で類似する要素を表す。

【 0 0 1 1 】

最初の問題として、本開示を明確に説明するために、組み合わせられたサイクル発電プラント内の関連する機械部品を参照して説明するときに、特定の専門用語を選択することが必要になる。これを行う場合、可能な限り、一般的な工業専門用語が、その受け入れられた意味と同じ意味で使用及び利用される。別途記載のない限り、このような専門用語は、本出願の文脈及び添付の特許請求の範囲と一致する広義の解釈を与えられるべきである。当業者であれば、多くの場合、特定の構成要素がいくつかの異なる又は重複する用語を使用して参照されることがあることを理解するであろう。単一の部品であるとして本明細書に記載し得るものは、複数の構成要素からなるものとして別の文脈を含み、かつ別の文脈で参照されてもよい。或いは、複数の構成要素を含むものとして本明細書に記載し得るものは、単一の部品として他の場所で参照されてもよい。

【 0 0 1 2 】

また、本明細書ではいくつかの記述上の用語を繰り返し使用する場合があり、本項の始めでこれらの用語を定義することが有用であるはずである。これらの用語及びその定義は、別途記載のない限り、以下の通りである。本明細書で使用する場合、「下流」及び「上流」とは、タービンエンジンを通る作動流体、又は例えば、燃焼器を通る空気の流れ、もしくはタービンの部品システムのうちの1つを通る冷却剤などの流体の流れに対する方向を示す用語である。「下流」という用語は、流体の流れの方向に対応し、「上流」という用語は、流れの反対の方向を指す。「前方」及び「後方」という用語は、別途指定のない限り、方向を指し、「前方」はエンジンの前方又は圧縮機端を指し、「後方」はエンジンの後方又はタービン端を指す。多くの場合、中心軸線に関して異なる半径方向位置にある部品を記述することが要求される。「半径方向」という用語は、軸線に垂直な移動又は位置を指す。このような場合、第1の構成要素が第2の構成要素よりも軸線に近接して位置する場合には、本明細書では、第1の構成要素は第2の構成要素の「半径方向内側」又は「内方」にあると述べる。一方、第1の構成要素が第2の構成要素よりも軸線から遠くに位置する場合には、本明細書では、第1の構成要素は第2の構成要素の「半径方向外側」又は「外方」にあると述べるができる。「軸方向」という用語は、軸線に平行な移動又は位置を指す。最後に、「円周方向」という用語は、軸線周りの移動又は位置を指す。このような用語は、タービンの中心軸線に関連して適用することができることが理解されよう。

10

【 0 0 1 3 】

上述のように、本開示は、一般に、ガスタービンシステムに関し、より詳細には、ガスタービンシステム内の熱安定性を検出するためのシステム、プログラム製品及び方法に関する。

20

【 0 0 1 4 】

これら及び他の実施形態は、図1～図4を参照して以下に説明される。しかし、当業者であれば、これらの図に関して本明細書に与えられた詳細な説明は説明の目的のためのものに過ぎず、限定するものとして解釈すべきではないことを容易に理解するであろう。

【 0 0 1 5 】

図1は、本開示の様々な実施形態によるガスタービンシステム11を含むシステム10の概略図を示している。システム10のガスタービンシステム11は、圧縮機12と、圧縮機12に結合もしくは配置された及び/又は圧縮機12の入口の上流に配置された可変又は調節可能入口ガイドベーン(IGV)18とを備え得る。圧縮機12は、IGV18を通して圧縮機12に流入することができる流体20(例えば、空気)の入って来る流れを圧縮する。本明細書で説明するように、IGV18は、流体20がIGV18を通して圧縮機12に流れるとき、流体20の質量流量又は流量を調整することができる。圧縮機12は、圧縮流体22の流れ(例えば、圧縮空気)を燃焼器24に送る。燃焼器24は、圧縮流体22の流れを、燃料供給源28によって供給される燃料26の加圧された流れと混合し、混合気を点火して燃焼ガス30の流れを生成する。

30

【 0 0 1 6 】

次に、燃焼ガス30の流れは、複数のタービンブレード(図示せず)を通常含むタービン部品32に供給される。燃焼ガス30の流れはタービン部品32を駆動して機械的仕事を生成する。タービン部品32で生成された機械的仕事は、シャフト34を介して圧縮機12を駆動し、電力を生成及び/又は負荷を生成するように構成された発電機36(例えば、外部構成要素)を駆動するために使用することができる。タービン部品32のタービンブレードを通して流れて駆動する燃焼ガス30は、排気ハウジング又は排気管38を介してタービン部品32から排出され、大気中に放出されるか、或いは別のシステム(例えば、蒸気タービンシステム)によって(再)使用し得る。

40

【 0 0 1 7 】

図1では、ガスタービンシステム11が単一シャフト構成を備えるとして示されているが、他の非限定的な例では、ガスタービンシステム11は、二重シャフト又はロータ構成

50

を備え得ることを理解されたい。

【 0 0 1 8 】

図 1 に示すように、システム 1 0 はまた、ガスタービンシステム 1 1 に動作可能に結合された、並びに / 又はガスタービンシステム 1 1 内の熱安定性を検出するように及び / もしくは検出された熱安定性に基づいてガスタービンシステム 1 1 の動作パラメータを調整するように構成された少なくとも 1 つのコンピューティングデバイス 1 0 0 を備え得る。

1 以上のコンピューティングデバイス 1 0 0 は、任意の適切な電子通信部品又は技術を介して、ガスタービンシステム 1 1 及びその様々な部品（例えば、圧縮機 1 2、I G V 1 8 及びタービン部品 3 2 など）に有線及び / 又は無線で接続及び / 又は通信し得る。本明細書に記載の通り、1 以上のコンピューティングデバイス 1 0 0 は、ガスタービンシステム 1 1 が熱的に安定したときを検出するため及び / 又はガスタービンシステム 1 1 の動作機構もしくは部品が動作温度に加熱された（例えば、十分にヒートソークされた）ときを判定するために、ガスタービンシステム 1 1 の様々な部品（明確にするために図示せず）と通信し得る。様々な実施形態において、1 以上のコンピューティングデバイス 1 0 0 は、ガスタービンシステム 1 1 の動作特性を取得又は測定するために、本明細書で説明するように、熱安定性システム 1 0 2、制御システム 1 0 4 及び複数のセンサ 1 0 6 を備え得る。本明細書に記載の通り、熱安定性システム 1 0 2 は、ガスタービンシステム 1 1 内の熱安定性を検出するために使用し得る一方、制御システム 1 0 4 は、検出された熱安定性に基づいてガスタービンシステム 1 1 及びその様々な部品の動作パラメータを制御 / 調整し得る。

【 0 0 1 9 】

システム 1 0 の 1 以上のコンピューティングデバイス 1 0 0 は、複数のセンサ 1 0 6 を備え得る及び / 又は複数のセンサ 1 0 6 と電氣的に通信し得る。図 1 の非限定的な例に示されるように、1 以上のコンピューティングデバイス 1 0 0 の及び / 又は 1 以上のコンピューティングデバイス 1 0 0 に接続された少なくとも 1 つ又は複数のセンサ 1 0 6（ファントムで示される部分）は、動作中にガスタービンシステム 1 1 の動作特性を測定、検出及び / 又は取得するために、ガスタービンシステム 1 1 内又はガスタービンシステム 1 1 に隣接して様々な場所に配置し得る。このため、ガスタービンシステム 1 1 に対する 1 以上のセンサの位置及び / 又は 1 以上のセンサ 1 0 6 のタイプ / 構成によって、測定又は検出される動作特性が決まり得る。例えば、複数のセンサ 1 0 6 のうちの 1 つは、圧縮機 1 2 に直接隣接して及び / 又は圧縮機 1 2 の上流に、より具体的には、I G V 1 8 を備える圧縮機 1 2 の入口に配置し得る。この非限定的な例では、このセンサ 1 0 6 は、一般に圧縮機入口温度と呼ばれる圧縮機 1 2 に流れる流体 2 0 の入口温度を測定、検出又は取得し得る任意の適切なセンサから構成及び / 又は形成し得る。追加的又は代替的に、I G V 1 8 を備える圧縮機 1 2 の入口内に及び / 又は圧縮機 1 2 内に直接（かつ I G V 1 8 の下流に）配置された別個の 1 以上のセンサ 1 0 6 も配置し得る、構成し得る、及び / 又は、流体 2 0 に基づいて圧縮機入口温度を測定、検出、もしくは取得し得る任意の適切なセンサから形成し得る。

【 0 0 2 0 】

図 1 に示す非限定的な例では、コンピューティングデバイス 1 0 0 は、ガスタービンシステム 1 1 全体に配置された追加の 1 以上のセンサ 1 0 6 を備え得る。例えば、複数の別個の 1 以上のセンサ 1 0 6 を、タービン部品 3 2、発電機 3 6、排気管 3 8、圧縮機 1 2 / タービン部品 3 2 と燃焼器 2 4 との間の供給ライン（図示せず）及びシャフト 3 4（図示せず）などの内に、隣接して及び / 又は通信して配置し得る。これらの 1 以上のセンサ 1 0 6 の各々は、ガスタービンシステム 1 1 の追加又は別個の動作特性を特定、検出及び / 又は測定するように配置及び / 又は構成し得る。別個の動作特性は、流体 2 0 に基づく圧縮機入口温度とは異なり得る。加えて、また本明細書に記載の通り、別個の動作特性は、ガスタービンシステム 1 1 の熱安定性を検出するために明示的に使用し得る、並びに / 又はガスタービンシステム 1 1 の様々な部品が動作温度に加熱されたとき及び / もしくは維持されたとき（例えば、ヒートソークされた）を判定するために使用し得る。動作特性

としては、圧縮機 12 から流れる圧縮流体 22 の排出温度、排気管 38 を流れる燃焼ガス 30 の排気温度、例えば発電機 36 の動作に基づくガスタービンシステム 11 の電力出力、IGV 18 の位置（例えば、角度又は開放の度合い）、燃料供給源 28 によって供給されるガスタービンの燃料のフィールドストローク基準又は燃料流量及び燃料供給源 28 によって供給されるガスタービンシステム 11 の燃料流量などが挙げられるが、これらに限定されない。

【0021】

7つのセンサ 106 が示されているが、他の非限定的な例では、システム 10 は、1 以上のコンピューティングデバイス 100、特に熱安定性システム 102 及び制御システム 104 に、動作中のガスタービンシステム 11 の動作特性に関連する情報又はデータを提

10

【0022】

非限定的な例では、1 以上のセンサ 106 は、動作中のガスタービンシステム 11 の 1 以上の動作特性に関連するデータを断続的に感知、検出及び／又は取得することができる。1 以上のセンサがデータを取得する断続的な間隔又は周期は、例えば、ガスタービンシステム 11 の動作時間、ガスタービンシステム 11 の動作寿命、動作状態（例えば、始動、定常状態）及び 1 以上のセンサ 106 によって取得されるデータのタイプなどによって判定し得る。別の非限定的な例では、1 以上のセンサ 106 は、動作中のガスタービンシステム 11 の 1 以上の動作特性に関連するデータを連続的に感知、検出及び／又は取得

20

【0023】

本明細書に記載の通り、コンピューティングデバイス 100、より具体的にはコンピューティングデバイス 100 の熱安定性システム 102 は、ガスタービンシステム 11 が熱的に安定しているときを検出することができる。熱安定性システム 102 は、ガスタービンシステム 11 が熱的に安定しているときを検出するため及び／又はガスタービンシステム 11 の動作機構又は部品が動作温度に加熱された（例えば、十分にヒートソークされた）ときを判定するために、コンピューティングデバイス 100 のセンサ 106 によって測定されるガスタービンシステム 11 の 1 以上の動作特性を利用し得る。ガスタービンシステム 11 内の熱安定性を検出するために、熱安定性システム 102 は、測定された動作特性を一連の算出において利用することができる。1つの非限定的な例では、熱安定性システム 102 は、本明細書に記載の通り、単一の測定された動作特性に関連する及び／又は対応する単一の lag 出力が測定された動作特性の所定の閾値よりも低いことに応じて、ガスタービンシステム 11 が熱的に安定であることを検出及び／又は判定することができる。別の非限定的な例では、また本明細書に記載の通り、熱安定性システム 102 は、各測定された動作特性に関連する及び／又は対応する各及び／又はすべての lag 出力が測定された動作特性の所定の閾値よりも低いことに応じて、ガスタービンシステム 11 が熱的に安定であることを検出及び／又は判定することができる。つまり、ガスタービンシステム 11 の熱安定性は、複数の測定された動作特性の各々に対応するすべての算出された lag 出力が所定の閾値よりも低くなった場合にのみ、熱安定性システム 102 によって検出し得る。

30

40

【0024】

非限定的な例では、センサ 106 がガスタービンシステム 11 の動作特性を検出、判定、取得及び／又は測定すると、熱安定性システム 102 は、測定された動作特性を使用して、測定された動作特性の各々について lag 又は lag 関数を算出することができる（以下、「lag」又は「算出された lag」）。算出された lag は、ガスタービンシ

50

テム 11 の複数の測定された動作特性及びビルドパラメータ（例えば、圧縮機 / 燃焼器 / タービン部品のタイプ / サイズ / モデルなど）の各々に基づき得る。例えば、ガスタービンシステム 11 の複数の測定された動作特性の各々の lag は、

【数 1】

$$OC_{lag}(t) = OC_{lag}(t-1) + (OC_{measured}(t-1) - OC_{lag}(t-1))(1 - e^{(\frac{\Delta t}{\tau_{oc}})})$$

に基づいて算出することができ、 t は、第 1 の時間であり、 $t - 1$ は、第 1 の時間 t の前に発生する第 2 の時間であり、 $OC_{lag}(t)$ は、時間 t において測定された動作特性について算出された lag であり、 $OC_{lag}(t - 1)$ は、時間 $t - 1$ において測定された動作特性について算出された lag であり、 $OC_{measured}(t - 1)$ は、時間 $t - 1$ において測定された動作特性であり、 Δt は、第 1 の時間と第 2 の時間との間の差分であり、 τ_{oc} は、測定された動作特性に関する時定数である。非限定的な例では、測定された動作特性の lag を判定するための算出は、熱伝導材料内の温度を判定する又は解くために使用される一次の非定常状態の熱伝達条件に少なくとも部分的に基づき得る。加えて、時定数 (τ_{oc}) は、測定された動作特性に固有であり得る。例えば、圧縮機入口温度に関する時定数（例えば、 τ_{CTIM} ）は、IGV 18 の位置に関する時定数（例えば、 τ_{IGVP} ）とは異なり得る。さらに、時定数（例えば、 τ_{oc} ）は、ガスタービンシステム 11 のビルドパラメータに固有であり得る。つまり、圧縮機入口温度に関する時定数（例えば、 τ_{CTIM} ）は、システムごとに異なり得る及び / 又はガスタービンシステム 11 の圧縮機 12 からのビルドパラメータ（例えば、タイプ、サイズ、モデルなど）に依存し得る。そのため、ガスタービンシステム 11 の圧縮機 12 とは異なるタイプ / サイズ / モデルの圧縮機を有する別個のガスタービンシステムはまた、圧縮機入口温度の別個に関する時定数（例えば、 τ_{CTIM} ）を含み得る。

【0025】

測定された動作特性の各々の lag（例えば、 $OC_{lag}(t)$ ）が算出されると、次いで熱安定性システム 102 は、ガスタービンシステム 11 の測定された動作特性の各々の算出された lag と測定された動作特性との間の差分を判定することができる。より具体的には、熱安定性システム 102 は、センサ 106 によって測定された動作特性の各々と、測定された動作特性の各々の算出された lag との間の絶対差分を判定することができる。非限定的な例では、絶対差分又は lag 差分は、

$$\Delta OC_{lag} = OC_{measured} - OC_{lag}$$

に基づいてよく、 ΔOC_{lag} はこの絶対差分であり、 $OC_{measured}$ はセンサ 106 によって測定された動作特性のデータであり、 OC_{lag} は測定された動作特性について算出された lag であり得る。

【0026】

絶対差分（例えば、 ΔOC_{lag} ）を算出した後、複数の測定された動作特性の各々の最終的な lag 出力を判定し得る。より具体的には、熱安定性システム 102 は、1 以上のコンピューティングデバイス 100 のセンサ 106 によって測定し得る複数の動作特性の各々について lag 出力を判定又は算出することができる。測定された動作特性の各々の算出された lag 出力は、測定された動作特性の各々の算出された lag と測定された動作特性の各々に関する時定数との間の算出された / 判定された絶対差分（例えば、 ΔOC_{lag} ）に基づき得る。つまり、lag 出力は、センサ 106 によって測定された動作特性の各々と（例えば、 $OC_{measured}$ ）、測定された動作特性の各々の算出された lag（例えば、 OC_{lag} ）との間の差分、及び複数の測定された動作特性の各々に関する時定数（例えば、 τ_{oc} ）に基づいて算出し得る。そのため、ガスタービンシステム（11）の複数の測定された動作特性の各々についての lag 出力が、

【数 2】

$$\dot{OC}_{lag} = \frac{\Delta OC_{lag}}{\tau_{OC}}$$

に基づいて算出してよく、 OC_{lag} は、算出された $\underline{lag}$ 出力であり、 ΔOC_{lag} は、判定された $\underline{lag}$ 差分であり、 τ_{OC} は、測定された動作特性に関する時定数であり得る。非限定的な例では、算出された $\underline{lag}$ 出力（例えば、 OC_{lag} ）は、測定された動作特性（例えば、 OC_{lag} ）の各々の入力的一次導関数であり得る。

【0027】

算出された出力を得ることにより、熱安定性システム102は、ガスタービンシステム11が熱的に安定しているときを検出することができる。より具体的には、複数の測定された動作特性の各々の算出された $\underline{lag}$ 出力（例えば、 OC_{lag} ）を使用して、1以上のコンピューティングデバイス100の熱安定性システム102は、ガスタービンシステム11が熱的に安定したときを判定、検出及び／もしくは特定し得る、並びに／又はガスタービンシステム11の様々な部品が動作温度に加熱された及び／もしくは維持されている（例えば、ヒートソークされた）ときを判定し得る。非限定的な例では、熱安定性システム102は、複数の測定された動作特性の各々の算出された $\underline{lag}$ 出力（例えば、 OC_{lag} ）を所定の閾値と比較することによって、ガスタービンシステム11内の熱安定性を判定又は検出することができる。所定の閾値は、センサ106によって測定される複数の測定された動作特性及びガスタービンシステム11のビルドパラメータ（例えば、圧縮機／燃焼器／タービン部品のタイプ／サイズ／モデルなど）の各々に基づき得る。例えば、所定の閾値は、複数の測定された動作特性の各々に固有であり得、ガスタービンシステム11の動作モデルに基づいて、複数の測定された動作特性の各々について判定、定義及び／又は算出し得る。ガスタービンシステム11の動作モデルは、ガスタービンシステム11と同一のモデル（例えば、同一のビルドパラメータ、同一の圧縮機／燃焼器／タービン部品タイプなど）の理想的な、最適化された、抑制されていない及び／又は「新しい清浄なシステム」の性能又は動作に少なくとも部分的に基づき得る。つまり、動作モデルは、ガスタービンシステム11の動作の理想的なシナリオをモデリングするためのガスタービンシステム11のビルドパラメータと同一のビルドパラメータを含む。そのため、ガスタービンシステム11の動作モデルは、センサ106によって測定された動作特性の各々の所定の閾値を算出及び／又は生成するために使用し得る。ガスタービンシステム11の動作モデルによって算出される動作特性の各々の所定の閾値は、本明細書に記載の通り、ガスタービンシステム11が熱的に安定していることを示す動作特性の値を提供し得る。

【0028】

ガスタービンシステム11の動作モデルに基づいて、熱安定性システム102によって算出された所定の閾値を使用して、熱安定性システム102は、ガスタービンシステム11が熱的に安定であるときを検出することができる。例えば、熱安定性システム102は、複数の測定された動作特性について算出された $\underline{lag}$ 出力（例えば、 OC_{lag} ）の各々が対応する所定の閾値よりも低いときに判定、検証（verified）及び／又は確認（confirmed）し得る。すべての算出された $\underline{lag}$ 出力（例えば、 OC_{lag} ）が所定の閾値よりも低いと熱安定性システム102が判定した場合、ガスタービンシステム11は熱的に安定であり得る。つまり、熱安定性システム102は、複数の測定された動作特性の各々の算出された $\underline{lag}$ 出力の各々が対応する所定の閾値よりも低いことに応じて、ガスタービンシステム11が熱的に安定である及び／又はガスタービンシステムのすべての部品が、動作温度に加熱された（例えば、ヒートソークされた）ことを検証（verify）及び／又は確認（confirm）することができる。

【0029】

ガスタービンシステム11が熱的に安定していることを判定、検証（verifying）及び／又は確認（confirming）する際に、ガスタービンシステム11に対

して追加のプロセスを実行することができる。例えば、算出された lag 出力の各々が対応する所定の閾値よりも低く、最終的にガスタービンシステム 11 が熱的に安定であると判定したことに応じて、ガスタービンシステム 11 の動作条件及び / 又はパラメータが調整し得る。具体的には、1 以上のコンピューティングデバイス 100 の制御システム 104 は、ガスタービンシステム 11 の動作条件及び / 又はパラメータを調整して、例えば、ガスタービンシステム 11 の電力出力を増加させることができる。非限定的な例では、制御システム 104 は、ガスタービンシステム 11 の圧縮機 12 によって導入及び / 又は圧縮される流体 20 の量を変更するためにシャフト 34 の動作速度を調整すること及び / 又は IGV 18 の位置（例えば、動作条件）を調整することによって、ガスタービンシステム 11 の電力出力を増加させるのを支援することができる。他の非限定的な例では、ガスタービンシステム 11 が熱的に安定である及び / 又はそこに含まれる部品が動作温度に加熱された（例えば、ヒートソークされた）と判定されると、コンピューティングデバイス 100 は、ガスタービンシステム 11 に対する追加の診断及び / 又は動作監視プロセスを実行することができる。つまり、ガスタービンシステム 11 が熱的に安定であると判定されると、ガスタービンシステム 11 の動作特性の追加の測定及び / 又は算出は、ガスタービンシステム 11 が熱的に不安定であるときに判定し得る測定 / 算出と比較して、正確及び / 又は精密であり得ることを理解されたい。そのため、ガスタービンシステム 11 のオペレータは、本明細書に記載の通り、システムの検出された熱安定性に基づいて、ガスタービンシステム 11 の動作をより正確に監視することができる。

【0030】

図 2 を、図 1 を引き続き参照しながら参照すると、1 以上のコンピューティングデバイス 100 の熱安定性システム 102（図 1 を参照）によって使用される安定性活性化関数グラフ 108（以下、「グラフ 108」）の非限定的な例が示されている。非限定的な例では、グラフ 108 は、熱安定性システム 102 が、複数の測定された動作特性について算出された lag 出力（例えば、 OC_{lag} ）を、算出された lag 出力が所定の閾値よりも低いと判定し、ひいてはガスタービンシステム 11（図 1 を参照）が熱的に安定しているときを検出するための絶対値（例えば、 $(0, 1)$ ）に変換する非限定的な例を表し得る。非限定的な例では、所定の閾値 110 は、本明細書に記載の通り、ガスタービンシステム 11 が熱的に安定していることを示す動作特性の値を表し得る。具体的には、また本明細書に記載の通り、測定された動作特性について算出された lag 出力（例えば、 OC_{lag} ）が所定の閾値 110 よりも低い場合、熱安定性システム 102 は、ガスタービンシステム 11 が熱的に安定であることを示し得る、又は検出し得る。

【0031】

別の非限定的な例では、また図 2 に示すように、熱安定性システム 102 はまた、グラフ 108 の基準線 118、120 によって規定される範囲 112 を特定し得る。範囲 112 は、所定の閾値 110 よりも低い可能性があるが、ガスタービンシステム 11 内の熱安定性を必ずしも確保及び / 又は保証しない可能性がある、測定された動作特性について算出された lag 出力（例えば、 OC_{lag} ）の一部を規定し得る。つまり、範囲 112 は、所定の閾値 110 よりも低い可能性があるが、ガスタービンシステム 11 が熱的に安定であることを必ずしも確保しない可能性がある、測定された動作特性について算出された lag 出力（例えば、 OC_{lag} ）を含み得る。範囲 112 のサイズ及び / 又は値は、測定された動作特性及び / 又は動作特性を測定するために使用されたセンサ 106 に関連する情報に少なくとも部分的に依存し得る。例えば、範囲 112 は、センサ 106 の所定又は既知の不確かさに少なくとも部分的に依存し得る。具体的には、センサ 106 は、動作及び / 又は製造の変数に基づく所定の不確かさ、感度及び / 又はデータ検出偏差を含み得る。そのため、ガスタービンシステム 11 及び 1 以上のコンピューティングデバイス 100 のオペレータ又はユーザは、測定された動作特性に関連するデータ値が、センサの既知の不確かさに基づいて歪められる可能性があることを理解し得る。ガスタービンシステム 11 が熱的に安定していることを確保するために、熱安定性システム 102 は、センサ 106 の所定の不確かさを使用して、範囲 112 を確立することができる。非限定的な例では、

測定された動作特性について算出された lag 出力（例えば、OC lag）が所定の閾値 110 よりも低く、かつ範囲 112 の外側にある場合、熱安定性システム 102 は、ガスタービンシステム 11 が熱的に安定である及び / 又はガスタービンシステム 11 の部品が動作温度に加熱された（例えば、ヒートソークされた）ことを検出し得る。

【0032】

図 3 は、ガスタービンシステム 11 が熱的に安定したときを検出するための非限定的な例示的なプロセスを示すフローチャートを示している。これらのプロセスは、例えば、本明細書で説明するように、熱安定性システム 102 及び制御システム 104 を備える少なくとも 1 つのコンピューティングデバイス 100（図 1 を参照）によって実行し得る。他の場合には、これらのプロセスは、ガスタービンシステム 11 内の熱安定性を検出するためのコンピュータ実施方法にしたがって実行し得る。さらに他の実施形態では、これらのプロセスは、1 以上のコンピューティングデバイス 100 上でコンピュータプログラムコードを実行し、1 以上のコンピューティングデバイス 100、特に熱安定性システム 102 及び制御システム 104 にガスタービンシステム 11 が熱的に安定しているときを検出させることによって実行し得る。

【0033】

プロセス P1 において、ガスタービンシステムの 1 以上の動作特性が測定算出し得る。 より具体的には、ガスタービンシステムの複数の動作特性は、ガスタービンシステムに隣接して及び / 又はガスタービンシステム内に配置された複数のセンサを使用して測定し得る。測定された動作特性としては、ガスタービンシステムの圧縮機に流れる流体の圧縮機入口温度、圧縮機から流れる圧縮流体の排出温度、ガスタービンシステムの排気管を流れる燃焼ガスの排気温度、例えば 1 以上の発電機の動作に基づくガスタービンシステムの電力出力、IGV の位置（例えば、角度又は開放の度合い）、燃料供給源によって供給されるガスタービンの燃料のフィールドストローク基準及び燃料供給源によって供給されるガスタービンシステムの燃料流量などが挙げられるが、これらに限定されない。

【0034】

プロセス P2 において、複数の測定された動作特性の各々について lag が算出される。つまり、プロセス P1 で測定された複数の動作特性の各々について、lag 又は lag 関数が算出される。算出された lag は、ガスタービンシステムの複数の測定された動作特性及びビルドパラメータ（例えば、圧縮機 / 燃焼器 / タービン部品のタイプ / サイズ / モデルなど）の各々に基づき得る。加えて、算出された lag は、複数の測定された動作特性の各々に関する時定数に基づき得る。非限定的な例では、各測定された動作特性の lag を判定するための算出は、熱伝導材料内の温度を判定する又は解くために使用される一次の非定常状態の熱伝達条件に少なくとも部分的に基づき得る。時定数は、測定された動作特性に固有であり得る。つまり、複数の測定された動作特性の各々の lag は、個々の測定された動作特性に固有の及び / 又は対応する時定数によって算出し得る。さらに、時定数は、ガスタービンシステムのビルドパラメータに固有であり得る。つまり、動作特性（例えば、圧縮機入口温度）に関する時定数は、システムごとに異なり得る及び / 又はガスタービンシステムの圧縮機からのビルドパラメータ（例えば、タイプ、サイズ、モデルなど）に依存し得る。

【0035】

プロセス P3 において、lag 差分が判定し得る。より具体的には、ガスタービンシステムの測定された複数の動作特性の各々の lag 差分が判定、算出及び / 又は特定し得る。lag 差分は、ガスタービンシステムの測定された動作特性の各々の算出された lag（例えば、プロセス P2）と対応する測定された動作特性（例えば、プロセス P1）との間の差分を含み得る。非限定的な例では、判定された lag 差分は、測定された動作特性の各々と、測定された動作特性の各々の算出された lag との間の絶対値の差分であり得る。

【0036】

プロセス P4 において、lag 出力が算出し得る。つまり、複数の測定された動作特性

の各々について l a g 出力が算出又は判定し得る。測定された動作特性の各々の算出された l a g 出力は、測定された動作特性の各々の算出された l a g (例えば、プロセス P 3) と測定された動作特性の各々に関する時定数との間の算出された / 判定された (絶対) 差分に基づき得る。つまり、l a g 出力は、センサによって測定された動作特性の各々と、測定された動作特性の各々の算出された l a g との間の差分、及び複数の動作特性の各々に関する時定数に基づいて算出し得る。算出された l a g 差分は、l a g 出力を算出するために、対応する動作特性に関する時定数で除算し得る。非限定的な例では、算出された l a g 出力は、測定された動作特性 (例えば、プロセス P 2) の各々の入力的一次導関数であり得る。

【 0 0 3 7 】

プロセス P 5 において、算出された l a g 出力 (例えば、プロセス P 4) が所定の閾値よりも低いか否かが判定し得る。具体的には、各算出された l a g 出力を所定の閾値と比較することによって、複数の測定された動作特性の各々の算出された l a g 出力が対応する所定の閾値よりも低いか否かが判定し得る。所定の閾値は、プロセス P 1 においてセンサによって測定される複数の測定された動作特性及びガスタービンシステムのビルドパラメータ (例えば、圧縮機 / 燃焼器 / タービン部品のタイプ / サイズ / モデルなど) の各々に基づき得る。例えば、所定の閾値は、複数の測定された動作特性の各々に固有であり得、ガスタービンシステムの動作モデルに基づいて、複数の測定された動作特性の各々について判定、定義及び / 又は算出し得る。動作モデルは、ガスタービンシステムの動作の理想的なシナリオをモデリングするためのガスタービンシステムのビルドパラメータと同一のビルドパラメータを含む。そのため、ガスタービンシステムの動作モデルは、測定された動作特性の各々の所定の閾値を算出及び / 又は生成するために使用し得る。動作特性の各々の所定の閾値は、本明細書に記載の通り、ガスタービンシステムが熱的に安定していることを示す動作特性の値を提供し得る。

【 0 0 3 8 】

複数の測定された動作特性の各々及び / 又はそのうちの 1 つの算出された l a g が対応する所定の閾値よりも低くない (例えば、P 5 において「いいえ」) と判定したことに応じて、プロセス P 1 ~ P 5 が繰り返し得る。つまり、複数の測定された動作特性の各々及び / 又はそのうちの 1 つの算出された l a g が、対応する所定の閾値よりも低くない (例えば、P 5 において「いいえ」) と判定された場合、ガスタービンシステムが熱的に安定していると検証できず (例えば、プロセス P 6)、ガスタービンシステムが熱的に安定していることが検証できるまで、プロセス P 1 ~ P 5 が繰り返し得る。

【 0 0 3 9 】

しかしながら、複数の測定された動作特性の各々の算出された l a g が対応する所定の閾値よりも低い (例えば、P 5 において「はい」) と判定したことに応じて、プロセス P 6 において、ガスタービンシステムが熱的に安定していることが検証し得る。つまり、プロセス P 6 において、複数の測定された動作特性の各々の算出された l a g 出力の各々が対応する所定の閾値よりも低いことに応じてガスタービンシステムが熱的に安定していることを検証 (v e r i f i e d) 又は確認 (c o n f i r m e d) することができる。ガスタービンシステムが熱的に安定していることを検証することはまた、ガスタービンシステムのすべての部品が動作温度に加熱された (例えば、ヒートソークされた) ことを示し得る。

【 0 0 4 0 】

プロセス P 6 においてガスタービンシステムが熱的に安定していることを検証した後、熱的に安定なガスタービンシステムに対して追加のプロセスを実行することができる。例えば、算出された l a g 出力の各々が対応する所定の閾値よりも低いと判定し、最終的にガスタービンシステムが熱的に安定であると検証したことに応じて、プロセス P 7 においてガスタービンシステムの動作条件及び / 又はパラメータが調整し得る。具体的には、ガスタービンシステムの動作条件及び / 又はパラメータは、例えば、ガスタービンシステムの電力出力を増加させるように調整し得る。非限定的な例では、ガスタービンシステムの

圧縮機によって導入及び／又は圧縮される流体の量を変更するためにシステム内のシャフト 3 4 の動作速度を調整すること及び／又は I G V の位置（例えば、動作条件）を調整することによって、ガスタービンシステム 1 1 の電力出力を増加させることができる。

【 0 0 4 1 】

他の非限定的な例では、ガスタービンシステムが熱的に安定である及び／又はそこに含まれる部品が動作温度に加熱された（例えば、ヒートソークされた）と検証されると（例えば、プロセス P 6 ）、追加の診断及び／又は動作監視プロセスがガスタービンシステムに対して実行し得る。つまり、ガスタービンシステムが熱的に安定であると検証されると、ガスタービンシステムの動作特性の追加の測定及び／又は算出は、ガスタービンシステムが熱的に不安定であるとき（例えば、始動時）に判定し得る測定／算出と比較して、正確及び／又は精密であり得ることを理解されたい。そのため、ガスタービンシステムのオペレータは、ガスタービンシステムに対して追加の診断及び／又は動作監視プロセスを実行して、検出された熱安定性に基づいてシステムの動作をより正確に監視することができる。

10

【 0 0 4 2 】

加えて、図 3 に示すように、プロセス P 1 ~ P 6 は、連続的に及び／又は所定のサイクルで実行し得ることを理解されたい。プロセス P 1 ~ P 6 は、ガスタービンシステムの熱安定性が動作中に常に又は断続的に把握し得るように、連続的に及び／又は所定のサイクルで実行し得る。そのため、算出された l a g 出力が所定の閾値よりも低いと判定され（例えば、プロセス P 5 において「はい」）、ガスタービンシステムが熱的に安定していることが検証された場合（例えば、プロセス P 6 ）でも、プロセス P 1 ~ P 6 は、ガスタービンシステムが依然として熱的に安定している及び／又は熱的に安定したままであることを検証し続けるために、その後、すなわち、直後又は所定の期間の後のいずれかに再び実行し得る。

20

【 0 0 4 3 】

本明細書に図示及び記載されるフローチャートにおいて、図示していない他のプロセス又は動作を実行することもできることが理解されよう。プロセスの順序もまた様々な実施形態にしたがって再配置されてもよい。例えば、順次実行されるものとして示されているが、プロセス P 6 及び P 7 は同時に実行されてもよい。さらに、本明細書に記載の通り、ガスタービンシステムの動作を改善するために及び／又はガスタービンシステム内の熱安定性を検出もしくは判定するのを支援するために、プロセス P 1 ~ P 7 は、連続して順次実行し得る及び／又はプロセス P 1 は、他のプロセスの実行とは無関係に、連続的又は断続的に実行し得る。本明細書に図示及び記載されるプロセスのフローは、様々な実施形態に限定されるとみなすべきではない。

30

【 0 0 4 4 】

図 4 は、例示的な環境を示している。このために、環境は、ガスタービンシステム 1 1 内の熱安定性を検出するために、本明細書に記載の様々なプロセスステップを実行することができる 1 以上の コンピューティングデバイス 1 0 0 を含む。特に、1 以上の コンピューティングデバイス 1 0 0 は、本開示のプロセスステップのうちの 1 つ又は複数を実行することによって、コンピューティングデバイス 1 0 0 がガスタービンシステム 1 1 内の熱安定性を検出し、ガスタービンシステム 1 1 の動作を制御する及び／又は動作条件を調整することを可能にする熱安定性システム 1 0 2 及び制御システム 1 0 4 を含むとして示されている。

40

【 0 0 4 5 】

ストレージ部品 1 4 6、処理部品 1 4 8、入力／出力（I / O）部品 1 5 0 及びバス 1 5 2 を備える 1 以上の コンピューティングデバイス 1 0 0 が示されている。さらに、1 以上の コンピューティングデバイス 1 0 0 は、ガスタービンシステム 1 1 及び／又はセンサ 1 0 6 と通信するように示されている。当技術分野で知られているように、一般に、処理部品 1 4 8 は、ストレージ部品 1 4 6 又は外部ストレージ部品（図示せず）に記憶された熱安定性システム 1 0 2 及び制御システム 1 0 4 などのコンピュータプログラムコードを

50

実行する。処理部品 148 は、コンピュータプログラムコードを実行している間に、熱安定性システム 102 及び制御システム 104 などのデータをストレージ部品 146 及び / 又は I / O 部品 150 との間で読み出し及び / 又は書き込むことができる。バス 152 は、1 以上のコンピューティングデバイス 100 の部品の各々の間の通信リンクを提供する。I / O 部品 150 は、1 以上のユーザ 153 が 1 以上のコンピューティングデバイス 100 と対話することを可能にする任意のデバイス、又は 1 以上のコンピューティングデバイス 100 が 1 つもしくは複数の他のコンピューティングデバイスと通信することを可能にする任意のデバイスを含むことができる。入力 / 出力デバイス (限定はしないが、キーボード、ディスプレイ、ポインティングデバイスなどを含む) を、直接又は介在する I / O コントローラを通してシステムに結合することができる。

10

【 0046 】

いずれにしても、1 以上のコンピューティングデバイス 100 は、ユーザ 153 がインストールしたコンピュータプログラムコードを実行することができる任意の汎用コンピューティング製品 (例えば、パーソナルコンピュータ、サーバ、ハンドヘルドデバイスなど) を含むことができる。しかし、1 以上のコンピューティングデバイス 100 及び熱安定性システム 102 / 制御システム 104 は、本開示の様々なプロセスステップを実行することができる様々な可能な同等のコンピューティングデバイスのうちの代表的なものに過ぎないことが理解される。このために、他の実施形態では、1 以上のコンピューティングデバイス 100 は、特定の機能を実施するためのハードウェア及び / 又はコンピュータプログラムコードを含む任意の特定用途向けコンピューティング製品、特定用途向け及び汎用のハードウェア / ソフトウェアの組み合わせを含む任意のコンピューティング製品などを備えてもよい。いずれの場合も、プログラムコード及びハードウェアは、各々標準的なプログラミング技術及びエンジニアリング技術を使用して作成することができる。

20

【 0047 】

同様に、1 以上のコンピューティングデバイス 100 は、本開示を実施するための様々なタイプのコンピュータインフラストラクチャの例示に過ぎない。例えば、一実施形態では、1 以上のコンピューティングデバイス 100 は、本開示の様々なプロセスステップを実施するために、ネットワーク、共有メモリなどの任意のタイプの有線及び / 又は無線通信リンクを介して通信する 2 つ以上のコンピューティングデバイス (例えば、サーバクラスタ) を備える。通信リンクがネットワークを備えるとき、ネットワークは、1 つ又は複数のタイプのネットワーク (例えば、インターネット、広域ネットワーク、ローカルエリアネットワーク、仮想プライベートネットワークなど) の任意の組み合わせを含むことができる。ネットワークアダプタもまた、介在するプライベートネットワーク又は公衆ネットワークを介して、データ処理システムが他のデータ処理システム又はリモートプリンタもしくは記憶デバイスに結合できるように、システムに結合することができる。モデム、ケーブルモデム及びイーサネットカードは、現在利用可能なタイプのネットワークアダプタのごく一部である。とにかく、コンピューティングデバイス間の通信は、様々なタイプの伝送技術の任意の組み合わせを利用することができる。

30

【 0048 】

本明細書で上述及び論じたように、熱安定性システム 102 は、ガスタービンシステム 11 が熱的に安定しているときを 1 以上のコンピューティングデバイス 100 が検出することを可能にする一方、制御システム 104 は、1 以上のコンピューティングデバイス 100 がガスタービンシステム 11 の動作を制御する及び / 又は動作条件を調整することを可能にする。このために、熱安定性システム 102 及び制御システム 104 の各々が、測定された動作特性データ 154、所定の閾値データ 156、1 a g、1 a g 差分、及び 1 a g 出力に関連する算出を含む 1 a g 算出データ 158、動作条件データ 160、並びに診断データ 162 を含む様々なモジュールを含むとして示されている。これらのデータの各々の動作について、本明細書でさらに説明する。しかし、図 4 に示す様々なデータのいくつかは、独立して実装され、組み合わせられ及び / 又は、1 以上のコンピューティングデバイス 100 に含まれる 1 つもしくは複数の別々のコンピューティングデバイスのための

40

50

メモリに格納し得ることが理解される。さらに、データ及び／又は機能のいくつかは、実施されなくてもよく、或いは追加のデータ及び／又は機能が1以上のコンピューティングデバイス100の一部として含まれてもよいことを理解されたい。

【0049】

図中のフローチャート及びブロック図は、本開示の様々な実施形態による、システム、方法及びコンピュータプログラム製品の可能な実施態様のアーキテクチャ、機能性及び動作を示している。これに関連して、フローチャート又はブロック図における各ブロックは、モジュール、セグメント、又はコードの一部を表すことができ、それは、所定の1以上の論理機能を実現するための1つ又は複数の実行可能命令を含む。いくつかの代替的な実施態様では、ブロックで説明した機能は図で説明した順序と異なる順序で行われてもよいことにも留意されたい。例えば、連続して示す2つのブロックが、実際に、実質的に同時に実行されてもよいし、又はそれらのブロックが含まれる機能性に応じて時には逆の順序で実行されてもよい。ブロック図及び／もしくはフローチャート図の各ブロック、並びにブロック図及び／もしくはフローチャート図中のブロックの組み合わせが、所定の機能もしくは動作を実施する専用のハードウェアベースのシステム、又は専用ハードウェア及びコンピュータ命令の組み合わせによって実現することができることもまた留意されたい。

10

【0050】

本明細書に記載の通り、様々なシステム及び構成要素は、データを「取得する」（例えば、1以上の動作特性を取得／測定するなど）として説明される。対応するデータは、任意の解決策を使用して取得することができることが理解される。例えば、対応するシステム／部品は、データを生成し、かつ／又はデータを生成するために使用され、1つ又は複数のデータ記憶装置（例えば、データベース）からデータを取り出し、別のシステム／部品からデータを受信することなどができる。特定のシステム／部品によってデータが生成されないとき、図示のシステム／部品とは別に、データを生成してシステム／部品に提供する及び／又はシステム／部品によるアクセスのためにデータを記憶する、別のシステム／部品を実装することができることが理解される。

20

【0051】

当業者によって理解されるように、本開示は、システム、方法、又はコンピュータプログラム製品として具体化されてもよい。したがって、本開示は、完全にハードウェアの実施形態、完全にソフトウェアの実施形態（ファームウェア、常駐ソフトウェア、マイクロコード等を含む）、又は、本明細書において「回路」、「モジュール」及び／もしくは「システム」とすべて一般的に呼ぶことができるソフトウェア及びハードウェア態様を組み合わせた実施形態の形式をとることができる。さらに、本開示は、媒体内に具現化されたコンピュータ使用可能プログラムコードを有する表現の任意の有形な媒体で具現化されるコンピュータプログラム製品の形態をとることができる。

30

【0052】

1つ以上のコンピュータ使用可能媒体又はコンピュータ可読媒体の任意の組み合わせが利用されてもよい。コンピュータ使用可能媒体又はコンピュータ可読媒体は、例えば、これらに限定されないが、電子、磁気、光学、電磁気、赤外線、又は半導体システム、装置、デバイス、又は伝搬媒体とすることができる。コンピュータ可読媒体のより具体的な例（非包括的リスト）には、1つ以上の配線を有する電気接続、ポータブルコンピュータディスク、ハードディスク、ランダムアクセスメモリ（RAM）、リードオンリーメモリ（ROM）、消去可能プログラマブルリードオンリーメモリ（EPROM又はフラッシュメモリ）、光ファイバ、ポータブルコンパクトディスクリードオンリーメモリ（CD-ROM）、光学ストレージデバイス、インターネットもしくはイントラネットなどをサポートする媒体などの伝送媒体、又は磁気ストレージデバイスが含まれる。コンピュータ使用可能媒体又はコンピュータ可読媒体は、プログラムを印刷した紙又は別の適切な媒体でもよく、プログラムは、例えば、その紙又は他の媒体の光学スキャンを介して電子的に取り込むことができ、その後、必要に応じて、適切な様式で編集、解釈、又は処理することができ、その後、コンピュータメモリに格納することができることに留意されたい。本明

40

50

細書の文脈では、コンピュータ使用可能媒体又はコンピュータ可読媒体は、命令実行システム、装置、もしくはデバイスによって、又はそれと併せて使用されるプログラムを包含、格納、通信、伝搬、又は輸送することができる任意の媒体であってもよい。コンピュータ使用可能媒体は、ベースバンドに又は搬送波の一部として具現化されたコンピュータ使用可能プログラムコードを有する伝搬されたデータ信号を含んでもよい。コンピュータ使用可能プログラムコードは、無線、有線、光ファイバケーブル、RFなどを含むがこれらに限定されない任意の適切な媒体を使用して送信することができる。

【0053】

本開示の動作を実行するためのコンピュータプログラムコードは、Java、Smalltalk、C++などのオブジェクト指向プログラミング言語及び「C」プログラミング言語又は同様のプログラミング言語などの従来の手続き型プログラミング言語を含む1つ又は複数のプログラミング言語の任意の組み合わせで記述されてもよい。プログラムコードは、完全にユーザのコンピュータで、部分的にユーザのコンピュータで、独立したソフトウェアパッケージとして、部分的にユーザのコンピュータで、部分的に遠隔コンピュータで、又は完全に遠隔コンピュータもしくはサーバで実行することができる。後者のシナリオでは、リモートコンピュータは、ローカルエリアネットワーク(LAN)又は広域ネットワーク(WAN)を含む任意のタイプのネットワークを介してユーザのコンピュータに接続されてもよく、或いは、外部コンピュータに(例えば、インターネットサービスプロバイダを使用したインターネットを介して)接続されてもよい。

【0054】

本開示は、本開示の実施形態による、方法、装置(システム)及びコンピュータプログラム製品のフローチャート及び/又はブロック図を参照して本明細書に記載されている。フローチャート及び/又はブロック図の各ブロック並びにフローチャート及び/又はブロック図のブロックの組み合わせは、コンピュータプログラム命令によって実施することができることが理解されよう。これらのコンピュータプログラム命令は、機械を製造するために汎用コンピュータ、専用コンピュータ、又は他のプログラム可能データ処理装置のプロセッサに供給されてもよく、これにより、コンピュータ又は他のプログラム可能データ処理装置のプロセッサによって実行されるこれらの命令は、フローチャート及び/又はブロック図のブロック又は複数のブロックで所定の機能/動作を実施するための手段をもたらす。

【0055】

これらのコンピュータプログラム命令は、コンピュータ又は他のプログラム可能なデータ処理装置に対して特定の様式で機能するように指示することができるコンピュータ可読媒体に格納することもでき、これにより、コンピュータ可読媒体に格納された命令は、フローチャート及び/又はブロック図のブロック又は複数のブロックで指定される機能/動作を実施する命令手段を含む製品を製造する。

【0056】

コンピュータ又は他のプログラム可能な装置で一連の動作ステップを実行させてコンピュータ実行処理を生成するために、コンピュータプログラム命令をコンピュータ又は他のプログラム可能なデータ処理装置にロードすることもでき、これにより、コンピュータ又は他のプログラム可能な装置で実行される命令は、フローチャート及び/又はブロック図のブロック又は複数のブロックで指定される機能/動作を実施するためのプロセスを提供する。

【0057】

技術的効果は、ガスタービンシステムが熱的に安定しているときを検出するためのシステム、プログラム製品及び方法を提供することである。具体的には、システムは、ガスタービンシステムの熱安定性を検出するためにガスタービンシステムの測定された動作特性を使用し得る、並びに/又はガスタービンシステムの様々な部品が動作温度に加熱されたとき及び/もしくは維持されたとき(例えば、ヒートソークされた)を判定するために使用し得る。ガスタービンシステムがいつ熱的に安定しているときを判定できることにより

、オペレータは、ガスタービンシステムの正確な性能情報を取得することができる及び／又はガスタービンシステムの効率を改善するために動作特性もしくはパラメータを調整する（例えば、電力出力を増加させる）ことができる。

【0058】

本明細書で使用される専門用語は、単に特定の実施形態を説明するためのものに過ぎず、本開示を限定するものではない。本明細書で使用する場合、単数形「1つの(a)」、「1つの(an)」及び「この(the)」は、特に明示しない限り、複数形も含むことを意図している。「備える(comprise)」及び／又は「備えている(comprising)」という用語は、本明細書で使用する場合、記載した特徴、整数、ステップ、動作、要素及び／又は構成要素が存在することを明示するが、1つ又は複数の他の特徴、整数、ステップ、動作、要素、構成要素及び／又はそれらの組が存在すること又は追加することを除外しないことがさらに理解されよう。「任意の」又は「任意に」は、後で述べられる事象又は状況が、起こる場合も起こらない場合もあることを意味し、この記述は、その事象が起こる事例と、起こらない事例とを含む。

10

【0059】

本明細書及び特許請求の範囲を通してここで使用される、近似を表す文言は、関連する基本的機能に変化をもたらすことなく、差し支えない程度に変動し得る任意の量的表現を修飾するために適用することができる。したがって、「およそ」、「約」及び「実質的に」などの用語によって修飾された値は、明記された厳密な値に限定されるものではない。少なくともいくつかの例では、近似を表す文言は、値を測定するための機器の精度に対応することができる。ここで、並びに本明細書及び特許請求の範囲を通して、範囲の限定は組み合わせ及び／又は置き換えが可能であり、文脈及び文言が特に指示しない限り、このような範囲は特定され、それに包含されるすべての部分範囲を含む。範囲の特定の値に適用される「約」は、両方の値に適用され、値を測定する機器の精度に特に依存しない限り、記載された値の+/-10%を示すことができる。

20

【0060】

添付の特許請求の範囲におけるミーンズプラスファンクション又はステッププラスファンクションの要素すべての、対応する構造、材料、動作及び均等物は、具体的に請求された他の請求要素と組み合わせてその機能を遂行するための、一切の構造、材料又は動作を包含することが意図されている。本開示の記述は、例示及び説明の目的で提示されたもので、網羅的であることも、又は本開示を開示した形態に限定することも意図されていない。当業者には、本開示の範囲及び趣旨から逸脱することなく多くの修正及び変形が明らかであろう。本開示の原理及び実際の用途を最良に説明し、想定される特定の使用に適するように様々な修正を伴う様々な実施形態の本開示を他の当業者が理解することができるようにするために、本実施形態を選択し、かつ説明した。

30

【符号の説明】

【0061】

10 システム

11 ガスタービンシステム

12 圧縮機

40

18 入口ガイドベーン(IGV)

20 流体

22 圧縮流体

24 燃焼器

26 燃料

28 燃料供給源

30 燃焼ガス

32 タービン部品

34 シャフト

36 発電機

50

- 3 8 排気管
- 1 0 0 コンピューティングデバイス
- 1 0 2 熱安定性システム
- 1 0 4 制御システム
- 1 0 6 センサ
- 1 0 8 グラフ
- 1 1 0 所定の閾値
- 1 1 2 範囲
- 1 1 8、1 2 0 基準線
- 1 4 6 ストレージ部品
- 1 4 8 処理部品
- 1 5 0 入力／出力（I／O）部品
- 1 5 2 バス
- 1 5 3 ユーザ
- 1 5 4 動作特性データ
- 1 5 6 所定の閾値データ
- 1 5 8 l a g算出データ
- 1 6 0 動作条件データ
- 1 6 2 診断データ

【図面】

【図 1】

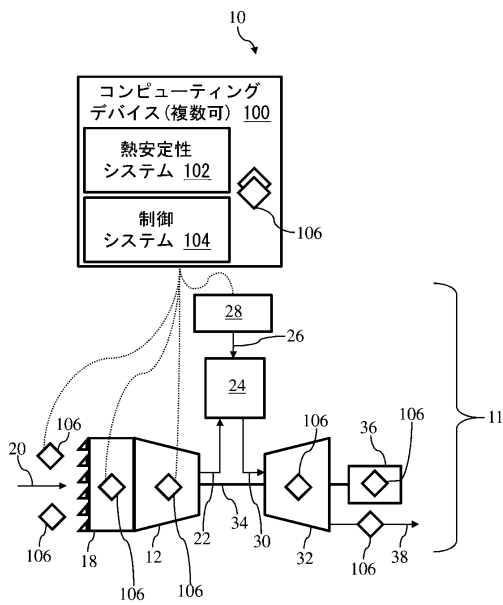


FIG. 1

【図 2】

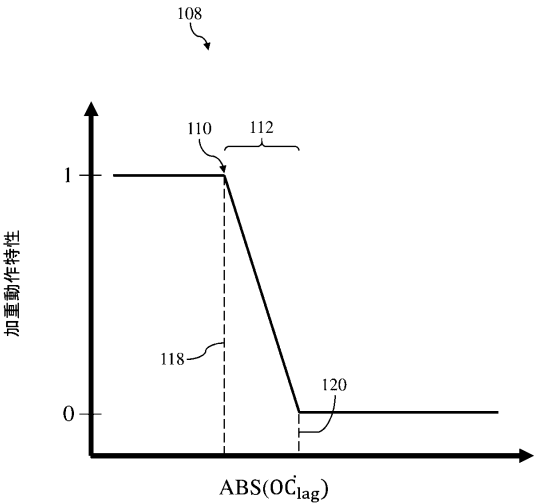


FIG. 2

10

20

30

40

50

【 図 3 】

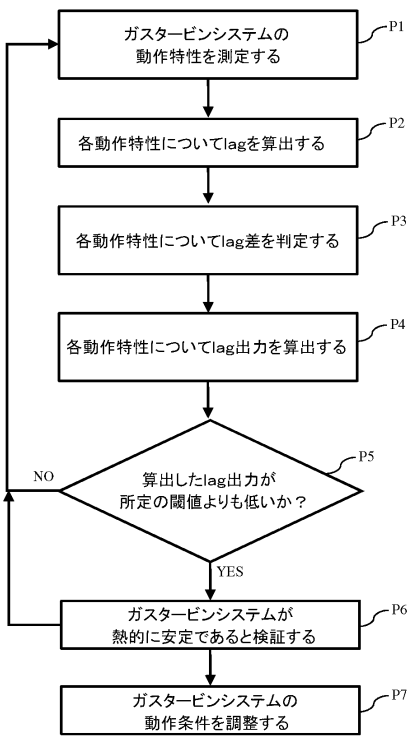


FIG. 3

【 図 4 】

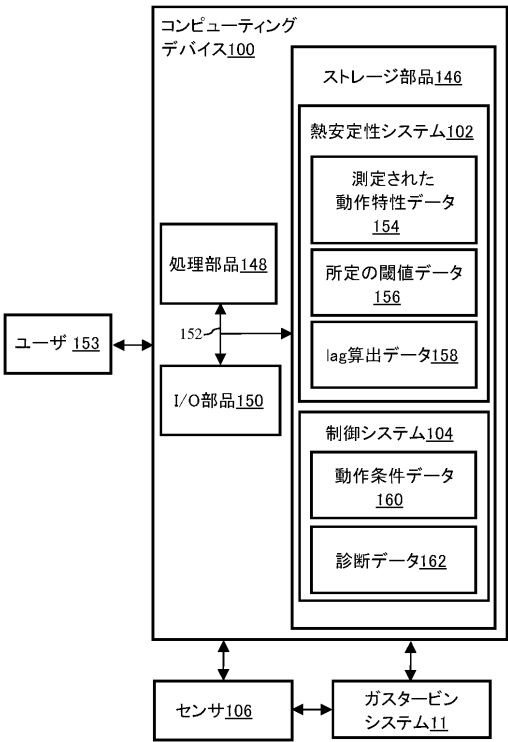


FIG. 4

フロントページの続き

- (74)代理人 100151286
弁理士 澤木 亮一
- (72)発明者 ヴェーラッパン・ムサイア
インド 5 6 0 0 6 6 バンガロール, ホワイトフィールド フェーズ 2 . イーピーアイピー 1 2 2
- (72)発明者 ティモシー・アンドリュー・ヘーリー
アメリカ合衆国 サウスカロライナ州 2 9 6 1 5 グリーンビル, ガーリントン ロード 3 0 0
- (72)発明者 ランディ・スコット・ロツソン
アメリカ合衆国 サウスカロライナ州 2 9 6 1 5 グリーンビル, ガーリントン ロード 3 0 0
- (72)発明者 ハロルド・ラマー・ジョーダン
アメリカ合衆国 サウスカロライナ州 2 9 6 1 5 グリーンビル, ガーリントン ロード 3 0 0
- (72)発明者 カウシク・ナラヤナスワミー
インド 5 6 0 0 6 6 バンガロール, ホワイトフィールド フェーズ 2 . イーピーアイピー プロ
ットナンバー 1 2 2
- 審査官 佐々木 淳
- (56)参考文献 特開 2 0 1 2 - 0 2 1 5 2 7 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 0 1 / 0 0 0 1 8 4 5 (U S , A 1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
- F 0 2 C 7 / 0 0
F 0 1 D 2 5 / 0 0
G 0 5 B 2 3 / 0 2