

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2013-506793

(P2013-506793A)

(43) 公表日 平成25年2月28日(2013.2.28)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO2C 9/54 (2006.01)	FO2C 9/54	3H021
FO4D 29/56 (2006.01)	FO4D 29/56 E	3H130
FO4D 27/00 (2006.01)	FO4D 27/00 IO1F	
FO2C 7/00 (2006.01)	FO2C 7/00 A	
FO2C 9/00 (2006.01)	FO2C 9/00 B	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2012-532645 (P2012-532645)
 (86) (22) 出願日 平成22年9月23日 (2010.9.23)
 (85) 翻訳文提出日 平成24年6月5日 (2012.6.5)
 (86) 国際出願番号 PCT/FR2010/052000
 (87) 国際公開番号 W02011/042636
 (87) 国際公開日 平成23年4月14日 (2011.4.14)
 (31) 優先権主張番号 0956958
 (32) 優先日 平成21年10月6日 (2009.10.6)
 (33) 優先権主張国 フランス (FR)

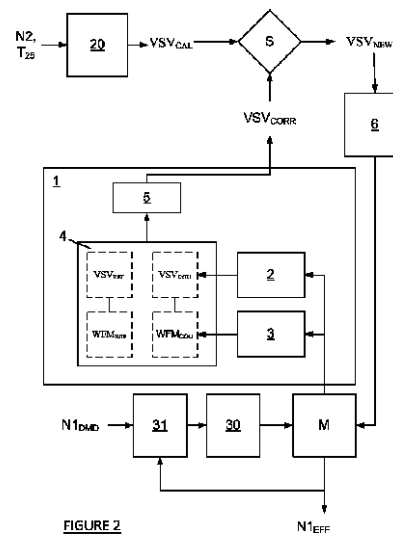
(71) 出願人 505277691
 スネクマ
 フランス国、75015・パリ、ブルーバール・ドユ・ジエネラル・マルシイアル・バラン、2
 (74) 代理人 110001173
 特許業務法人川口国際特許事務所
 (72) 発明者 ボワイエ, ダビド・ジュリアン
 フランス国、エフー94700・メゾン・アルフオール、リュ・ブルジュラ、17
 (72) 発明者 ジェラツシ, セドリツク
 フランス国、エフー91630・マロール・ザン・ウレポア、リュ・ドウ・ラルム、2

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ステータブレードの角度位置を制御するためのシステム、および前記角度位置を最適化するための方法

(57) 【要約】

本発明は、速度 (N1, N2) のうちの1つに従ってブレードの設定角度位置 (VSV_{CAL}) を計算するための手段 (20) と、設定位置 (VSV_{CAL}) を補正するためのモジュール (1) であって、ブレードの角度位置 (VSV) を決定するための手段 (2)、タービンエンジンの燃料流量 (WFM) を測定するための手段 (3)、ブレードの連続する角度位置 (VSV_{COU}, VSV_{REF}) が前記角度位置において測定されるタービンエンジンの燃料流量 (WFM_{COU}, WFM_{REF}) と組み合わせられるメモリユニット (4)、およびブレードの2つの連続する角度位置 (VSV_{COU}, VSV_{REF}) の間で測定される燃料流量 (WFM_{COU}, WFM_{REF}) の間の差に従って補正角度 (VSV_{CORR}) を決定するための手段 (5) を含むモジュールとを含むステータブレードの角度位置を制御するためのシステムに関する。また、本発明は、前記共通の角度位置を最適化するための方法にも関する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

それぞれが回転速度（それぞれ、 $N1$ および $N2$ ）を有する、定常速度で作動するタービンエンジン用の少なくとも 2 つのスプールを備えるタービンエンジン圧縮機の可変ピッチステータブレードの角度位置を制御するためのシステムであって、

速度（ $N1$ 、 $N2$ ）のうちの 1 つの関数としてブレードの角度設定位置（ VSV_{CAL} ）を計算するための手段（20）と、

設定位置（ VSV_{CAL} ）を補正するためのモジュール（1）であり、

ブレードの角度位置（ VSV ）を決定するための手段（2）、

タービンエンジンの燃料流量（ WFM ）を測定するための手段（3）、

ブレードの連続する角度位置（ VSV_{COU} 、 VSV_{REF} ）が前記角度位置（ VSV_{COU} 、 VSV_{REF} ）において測定されるタービンエンジンの燃料流量（ WFM_{COU} 、 WFM_{REF} ）と関係付けられるメモリ（4）、および

ブレードの 2 つの連続する角度位置（ VSV_{COU} 、 VSV_{REF} ）の間で測定される燃料流量（ WFM_{COU} 、 WFM_{REF} ）の間の差の関数として補正角度（ VSV_{COR} ）を計算するように配置される、補正角度（ VSV_{COR} ）を決定するための手段（5）

を備えるモジュール（1）と、

設定角度位置（ VSV_{CALC} ）に補正角度（ VSV_{COR} ）を加算することによって最適化された設定位置（ VSV_{NEW} ）を計算するように配置される加算器（5）と、

最適化された設定位置（ VSV_{NEW} ）の関数としてブレードの角度位置を制御するように配置されるアクチュエータ（6）と

を備える、システム。

【請求項 2】

補正モジュール（1）が、タービンエンジンの状態をチェックするための手段（8）と、ブレードの現在の角度位置（ VSV_{COU} ）の補正を禁止するための手段（7）とを備え、禁止手段（7）が、タービンエンジンの状態がブレードの角度位置の補正に適切でない場合に作動される、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

補正モジュール（1）が、補正角度（ VSV_{COR} ）の値を制限するための手段（9）を備え、前記手段が、補正角度（ VSV_{COR} ）の値を制限するように配置される、請求項 1 および 2 のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の制御システムを備える、タービンエンジン。

【請求項 5】

それぞれが速度（ $N1$ ； $N2$ ）で回転する、定常速度で作動するタービンエンジン用の少なくとも 2 つのスプールを備えるタービンエンジン圧縮機のステータブレードの現在の角度位置（ VSV_{COU} ）を最適化するための方法であって、

a) タービンエンジンの基準燃料流量（ WFM_{REF} ）が、ブレードの基準角度位置（ VSV_{REF} ）において決定され、

b) タービンエンジンの現在の燃料流量（ WFM_{COU} ）が、ブレードの現在の角度位置（ VSV_{COU} ）において決定され、

c) 補正角度（ VSV_{COR} ）が、燃料流量を低減するように基準燃料流量（ WFM_{REF} ）と現在の燃料流量（ WFM_{COU} ）との間の差の関数として計算され、

d) 前記補正角度（ VSV_{COR} ）が、最適化された設定位置（ VSV_{NEW} ）を得るように、予め計算された設定位置（ VSV_{CAL} ）に加算され、

e) ブレードの現在の角度位置（ VSV_{COU} ）が、最適化された設定位置（ VSV_{NEW} ）に対応するように修正される、方法。

【請求項 6】

ステップ（a）からステップ（e）が、先行する繰返しのステップ（b）の現在の角度

10

20

30

40

50

位置 ($V S V_{C O U}$) をステップ (a) の基準角度位置 ($V S V_{R E F}$) として使用することによって繰り返される、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

補正角度 ($V S V_{C O R R}$) が、最適化方法によって、好ましくは、ブレードの角度位置 ($V S V$) に対してタービンエンジンの燃料流量 ($W F M$) を規定する燃料関数 F の最急降下法によって計算される、請求項 5 および 6 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 8】

タービンエンジンの過度現象の発生を制限するために、補正角度 ($V S V_{C O R R}$) の値が制限される、請求項 5 から 7 のいずれか一項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、少なくとも 2 つのスプールを備え、ブレードが可変ピッチブレードである 1 つまたは複数のステータ段を備えるガスタービンエンジンの分野に関する。

【背景技術】

【0002】

本発明の目的は、タービンエンジンが定常速度で作動するときに燃料消費を低減するように前記ステータブレードの角度位置を最適化することである。「定常速度」とは、エンジンによって与えられる推力が実質的に経時的に一定であるエンジン速度を意味する。

【0003】

例として、ツインスプールガスタービンエンジンの各スプールは、少なくとも 1 つの圧縮機と、前記圧縮機の下流に取り付けられる 1 つのタービンとを備えている。慣例として、本出願では、用語「上流に (upstream)」および「下流に (downstream)」は、タービンエンジンでの空気の移動の方向に対して規定される。伝統的に、圧縮機は、エンジンで上流から下流に移動する空気流を加速かつ圧縮するために、いくつかのロータ段を備える。加速後に空気流を整流するために、ステータ段は、各ロータ段の出口に直接配置される。

【0004】

ステータ段は、ステータホイールの周囲に取り付けられる半径方向ステータブレードを有する、軸方向に延在する固定ホイールの形をとっている。ロータ段の下流のステータ段によって空気流の整流を最適化するために、ステータブレードの角度配向を修正することができ、このブレードは、可変ピッチブレードと呼ばれる。したがって、タービンエンジンは、圧縮機のステータブレードの角度位置を制御するためのシステムを備える。

【0005】

従来、概略図 1 A を参照して、ツインスプールタービンエンジン M のステータブレードの角度位置は、主として、高圧ロータの回転速度 N_2 、および圧縮機の入口の温度 T_{25} の関数として決定されている。したがって、制御システムは、ロータの所与の回転速度 N_2 について各ステータホイールのブレードの角度位置の設定値 $V S V_{C A L}$ を計算するための手段 20 を備える。計算された設定値 $V S V_{C A L}$ は、タービンエンジン M のステータブレードの現在の角度位置を修正するように配置される制御アクチュエータ 6 に伝送される。

【0006】

計算手段 20 は、余りにも最近の (工場出しの新しいエンジン) ものでもなく、また余りにも「使い古した」 (オーバーホールに備える) ものでもない「平均的な」エンジンに適合するために、予め決定されている数学法則によってプログラムに組み込まれる。

【0007】

実際には、現実のエンジンは、数学法則が計算している「平均的な」エンジンに対応していない。現在のシステムの数学法則は、エンジンのマージン要件 (経年変化に対するロバスト性についてのマージン、エンジンからエンジンまでのばらつきについてのマージン、汚損のマージン等) を考慮に入れる。この結果は、ブレードの角度位置が、実際のエン

10

20

30

40

50

ジンに対して最適化されないが、新しいエンジンにもまたは劣化したエンジンにもロバストであることである。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

解決策は、エンジン摩耗のパラメータ、およびエンジン間のばらつきを考慮に入れられるように、数学法則を修正することであろう。しかし、この解決策は、適用するのが困難であり、パラメータは、非常に多く、モデル化するのが困難である。

【課題を解決するための手段】

【0009】

これらの欠点を改善するために、本出願人は、それぞれが回転速度（それぞれ、 $N1$ および $N2$ ）を有する、定常速度で作動するタービンエンジン用の少なくとも2つのスプールの備えるタービンエンジン圧縮機の可変ピッチステータブレードの角度位置を制御するためのシステムであって：

速度（ $N1$ 、 $N2$ ）のうちの1つの関数としてブレードの角度設定位置を計算するための手段と、

設定位置を補正するためのモジュールであり：

ブレードの角度位置を決定するための手段、

タービンエンジンの燃料流量を測定するための手段、

ブレードの連続する角度位置が前記角度位置において測定されるタービンエンジンの燃料流量と関係付けられるメモリ、および

ブレードの2つの連続する角度位置の間で測定される燃料流量の間の差の関数として補正角度を計算するように配置される、補正角度を決定するための手段

を備えるモジュールと

を備えるシステムを提案している。

【0010】

本発明によるシステムであれば、有利なことに、タービンエンジンによって燃料の消費を最適化するブレードの角度位置を決定することができる。本出願人は、タービンエンジンの燃料流量が所与の定常速度においてブレードの角度位置の関数であり、この関数が局所的に極小点を有することを決定している。換言すれば、ブレードの角度位置を局所的に変更することによって、燃料流量を制限するようにブレードの現在の角度位置をどの程度まで修正することが必要であるかを決定することができる。本発明の補正モジュールにより、所与の定常速度においてエンジンの性能を改善するために、ブレードの角度位置を制御するための従来システムを補足することができる。

【0011】

ブレードの角度位置を決定するための法則が、エンジンパラメータまたはその摩耗パラメータのばらつきを考慮に入れることなくエンジンすべてについて静的である先行技術とは異なって、本発明によるシステムであれば、エンジンの状態の関数としてブレードの角度位置を調整することができる。エンジンの摩耗やばらつきのパラメータすべてを列挙し、かつ多様な複雑な数学法則を得る代わりに、本出願人は、燃料の消費に基づく角度の変化の影響を直接測定する。

【0012】

本発明によって、「平均的な」エンジンに対応する数学モデルを基礎として計算される理論的設定位置が補正される。この種のシステムは、現存するタービンエンジンにただ組み込まれることができる。解決されるべき問題のこの新しい公式化により、ブレードの角度位置の最適値を決定することができる。

【0013】

システムは、設定角度位置に補正角度を加算することによって最適化された設定位置を計算するように配置される加算器を備えることが好ましい。したがって、これは、燃料の消費を考慮に入れるように設定値を補正する。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 4 】

また、システムは、最適化された設定位置の関数としてブレードの角度位置を制御するように配置されるアクチュエータを備えることが好ましい。したがって、現在の角度位置は、最適化された設定位置「に従う」ようにアクチュエータによって修正される。

【 0 0 1 5 】

また、補正モジュールは、タービンエンジンの状態をチェックするための手段と、ブレードの現在の角度位置の補正を禁止するための手段とを備え、禁止手段は、タービンエンジンの状態がブレードの角度位置の補正に適切でない場合に作動されることが好ましい。

【 0 0 1 6 】

禁止手段は、タービンエンジンの状態がブレードの角度位置の補正に適切でない場合に作動される。禁止手段により、チェック手段からの指令に基づいて、タービンエンジンを危険にさらす恐れがあり、またはその作動状態に適切でないことになるブレードの角度位置の修正を防止することができる。

10

【 0 0 1 7 】

補正モジュールは、補正角度の値を制限するための手段を備え、前記手段は、リスクのない作動範囲内にとどまるために、補正角度の値を制限するように配置されることが好ましい。

【 0 0 1 8 】

また、本発明は、上で説明されたような制御システムを備えるタービンエンジンに関する。

20

【 0 0 1 9 】

また、本発明は、それぞれが速度 (N 1 ; N 2) で回転する、定常速度で作動するタービンエンジン用の少なくとも2つのスプールを備えるタービンエンジン圧縮機のステータブレードの現在の角度位置を最適化するための方法であって：

a) タービンエンジンの基準燃料流量が、ブレードの基準角度位置において決定され、
b) タービンエンジンの現在の燃料流量が、ブレードの現在の角度位置において決定され、

c) 補正角度が、燃料流量を低減するように基準燃料流量と現在の燃料流量との間の差の関数として計算され、

d) 前記補正角度が、最適化された設定位置を得るように、予め計算された設定位置に加算され、

30

e) ブレードの現在の角度位置が、最適化された設定位置に対応するように修正される、方法に関する。

【 0 0 2 0 】

ステップ (a) からステップ (e) は、先行する繰返しのステップ (b) の現在の角度位置をステップ (a) の基準角度位置として使用することによって繰返されることが好ましい。

【 0 0 2 1 】

有利なことに、これにより、「徐々に」ブレードの角度位置を最適化することができ、それにより、正確であり、過度現象の発生などの有害な副作用を有さない最適化が確実に

40

【 0 0 2 2 】

また、補正角度は、最適化方法によって、好ましくは、ブレードの角度位置に対してタービンエンジンの燃料流量を規定する燃料関数 F の最急降下法によって計算されることが好ましい。

【 0 0 2 3 】

燃料関数 F は、局所的な極小点を可能にし、それにより最適化方法の収束が確実に

。これは、時折凸であることができ、それにより最適角度位置の存在が確実に

【 0 0 2 4 】

今までどおり、補正角度の値は、リスクのない作動範囲 (過速度、サージ、温度上昇等

50

) 内にとどまるために制限されることが好ましい。

【0025】

本発明の他の実施形態によれば、エンジンの状態がチェックされ、ブレードの現在の角度位置の修正は、タービンエンジンの状態がブレードの角度位置の補正に適切でない場合には禁止される。

【0026】

本発明は、添付の図面を使ってよりよく理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1A】先行技術によるブレードの角度位置を制御するためのシステムを示す図である

10

【図1B】本発明による角度位置を補正するためのモジュールを有する、ブレードの角度位置を制御するためのシステムを示す図である。

【図2】補正角度を計算するように配置されるタービンエンジンのステータブレードの角度制御システムの第1の実施形態の概略図である。

【図3】補正禁止手段を有する制御システムの第2の実施形態の概略図である。

【図4】補正角度の値を制限するための手段を有する制御システムの第3の実施形態の概略図である。

【図5】エンジンの決定された定常速度に対して、エンジンのステータブレードの角度位置の関数としてエンジンの燃料流量の変化を示す曲線の図である。

20

【発明を実施するための形態】

【0028】

本発明によるタービンエンジンのHP圧縮機のステータブレードの角度位置を制御するためのシステムが、ツインスプールエンジン、すなわち回転速度 N_1 を有する低圧LPスプールおよび回転速度 N_2 を有する高圧HPスプールに対して、図1Bに示されている。スロットルの助けによって、エンジンは、所望の推力をこれに指示することによって制御され、推力は、低圧LPスプールの速度に直接結合される。したがって、推力設定は、LPスプールの回転速度設定 N_{1_DMD} を強制する。明快さのために、LPスプールの回転速度に関する参照符号 N_1 はまた、これらの2つのパラメータの間の直接結合のため、エンジン推力に対しても使用される。同様に、参照符号 N_1 は、エンジン推力との直接結合を有する他のパラメータ、特に、当業者にはよく知られている「エンジン圧力比(Engine Pressure Ratio)」に対応するパラメータEPRに対応することができる。

30

【0029】

従来、タービンエンジンは、高圧本体の回転速度 N_2 、および高圧(HP)スプールの温度 T_{25} の関数としてステータブレードの設定角度位置 V_{SV_CAL} を計算するための手段20を備えている。計算手段20は、HPスプールの回転速度 N_2 の関数として設定角度位置 V_{SV_CAL} の計算を可能にする、当業者によく知られている数学法則によってプログラムに組み込まれる。

【0030】

40

また、本発明による制御システムは、エンジンMのステータブレードの設定位置 V_{SV_CAL} を補正するためのモジュール1を備えている。補正モジュール1により、燃料の消費を最適化する補正角度 V_{SV_CORR} を決定することができる。また、制御システムは、その2つの入力パラメータ(V_{SV_CORR} , V_{SV_CAL})の全体に対応する最適化された設定値 V_{SV_NEW} を出力として伝送するために、計算された設定値 V_{SV_CAL} および補正角度 V_{SV_CORR} を入力として受け取るように配置される加算器Sを備える。また、制御システムは、最適化された設定値 V_{SV_NEW} の関数としてブレードの現在の角度位置 V_{SV_COU} を修正する制御アクチュエータ6を備える。

【0031】

今までどおり図1Bを参照して、制御システムは、補正ネットワークとも呼ばれる、回

50

転速度 N_1 を維持するために必要な燃料を評価するためのモジュール 31 を備え、これは、所望の回転速度、すなわち所望の推力レベルに対応する速度設定 N_{1DMD} を入力として受け取る。また、制御システムは、補正ネットワーク 31 によって制御され、かつ、たとえば回転速度センサによって測定される、エンジンの有効回転速度 N_{1EFF} の関数として燃料流量を修正することができる燃料制御装置 30 を備える。

【0032】

エンジン M に供給される燃料流量が要請される推力を実現することができない (N_{1EFF} が N_{1DMD} よりも小さい) 場合には、補正ネットワーク 31 は、エンジン M に供給される燃料流量を増大させ、したがって所望の速度 N_{1DMD} と有効速度 N_{1EFF} との間の差を補償するように燃料制御装置 30 に加えられるべき指令を決定する。

10

【0033】

図 2 を参照して、本発明の第 1 の実施形態による補正モジュール 1 は、それ自体が知られている、たとえば位置センサの形をとるブレードの角度位置 V_{SV} を決定するための手段 2 と、ブレードの所与の角度位置 V_{SV} でタービンエンジンの燃料流量 W_{FM} を決定するための手段 3 とを備えている。流量を決定するためのこれらの手段 3 は、直接的であり - これらは、タービンエンジン燃焼室のインジェクタの上流に取り付けられるたとえばセンサの形をとる -、または間接的である - タービンエンジンの燃料管の通路の部分を封鎖する要素の直線位置がたとえば測定され、この部分の寸法は知られている - ことができる。一般に、これらの決定手段 2、3 は、ブレードの角度位置および燃料消費を絶えず監視するために連続的に作動される。

20

【0034】

また、補正モジュール 1 は、ブレードの連続する角度位置 V_{SV} が前記角度位置 V_{SV} において測定されるタービンエンジンの燃料流量 W_{FM} と関係付けられるメモリ 4 を備えている。経時的に、補正モジュール 1 のメモリ 4 は、前記決定手段 2、3 によって補足される。実際には、メモリ 4 は、いくつかの値の対 (V_{SV} , W_{FM}) だけを保持し、最も古い対は、より最近の対によって置き換えられる。例として、メモリ 4 は、少なくとも 2 つの対、すなわち一对の現在値 ($V_{SV_{COU}}$, $W_{FM_{COU}}$)、および基準値 ($V_{SV_{REF}}$, $W_{FM_{REF}}$) と呼ばれる一对の以前の値を備える。

【0035】

この場合は、定常速度においてエンジンの作動に限界があり、エンジンによって供給される推力は、実質的に経時的に一定である。例として、定常運転では、回転速度 N_1 は一定であり、またはパラメータ EPR は一定である。定常速度では、有利なことに、制御システム 1 のメモリ 4 の対によって規定される、あとで燃料関数 F と呼ばれる離散関数を解析することによって、ステータブレードの角度の値 $V_{SV_{COU}}$ の関数として燃料流量 $W_{FM_{COU}}$ の変化を監視することができる。

30

【0036】

「イソ N_1 (iso N_1)」とも呼ばれる、一定の回転速度 N_1 でのタービンエンジンの作動の場合には、本出願人は、ブレードの角度位置 $V_{SV_{COU}}$ に対して燃料流量 $W_{FM_{COU}}$ を規定する燃料関数 F を研究しており、かつ、この燃料関数 F は局所的に凸であり、したがって燃料の消費が最も少ないブレードの角度位置があり、この最適角度位置は、参照される $V_{SV_{OPT}}$ であることを決定した。図 5 は、エンジンの決定された定常速度に対して、燃料関数 F および最適角度位置を示している。

40

【0037】

角度位置 $V_{SV_{OPT}}$ は、2 つの理由のためにエンジンの最適位置と呼ばれている。第 1 に、これは、エンジンの決定された定常速度に関して最適であり、最適角度位置は、所与の速度の関数として変化する。第 2 に、これは、したがってエンジンに関して最適であり、角度位置 $V_{SV_{OPT}}$ は、その摩耗の状態および製造ばらつきを当然考慮に入れることによって、エンジンに「適合する」ように規定される。換言すれば、製造マージンおよび取付けに関連する変化に従って、所与のエンジンは、同じシリーズの別のエンジンと厳密に同じ挙動を有するとは限らず、結果として、各エンジンは、これに対して特定の最適

50

角度位置 $V S V_{OPT}$ を有することになる。

【0038】

また、補正モジュール1は、補正角度 $V S V_{CORR}$ を決定するための手段5を備え、前記手段は、ブレードの2つの連続する角度位置の間で測定される燃料流量の間の差の関数として補正角度 $V S V_{CORR}$ を計算するように配置される。換言すれば、補正角度 $V S V_{CORR}$ は、エンジンの固有パラメータの解析によってではなく、可能な最少燃料消費 $W F M_{OPT}$ を得るように所望の結果の最適化によって計算される。

【0039】

したがって、補正角度 $V S V_{CORR}$ を決定するための手段5は、イソN1において燃料関数Fの局所的な極小点を決定するように配置され、これは、この関数の少数の値(すぐ前の連続する角度位置)だけを知って行われる。補正角度 $V S V_{CORR}$ を決定するための手段5は、この例では最適化関数によってプログラムに組み込まれ、その関数は、その値を制限しながら補正角度 $V S V_{CORR}$ を決定することになる。具体的には、ブレードの現在の角度位置 $V S V_{COU}$ が、値が高すぎる補正角度 $V S V_{CORR}$ によって修正される場合には、エンジンを損傷する恐れがある過度現象が、エンジンに発生する。

10

【0040】

最適化の原理は、現在の角度位置の修正の仕方についてそれから経験で教えられるために、有効燃料流量に基づいてこの角度変化の影響を測定する際に、ブレードの現在の角度位置を局所的に変化させることから成る。

【0041】

したがって、本発明による最適化関数により、過度現象の発生を制限することによって、安全な方法でエンジンの効率を改善することができる。最適化関数は、最急降下法について説明されることになるが、また、最小二乗法等による最適化のような他の最適化方法も適切であろう。最急降下法により、簡単な方法で角度位置を最適化することができる。

20

【0042】

メモリ4に格納される値の対 ($V S V_{COU}$, $W F M_{COU}$; $V S V_{REF}$, $W F M_{REF}$) について、最急降下法は、その先行する角度位置 $V S V_{REF}$ に対してブレードの現在の角度位置 $V S V_{COU}$ において燃料関数Fの勾配の値を計算する。したがって、燃料関数Fの収束の方向はそこから推論される。線形最適化手法によって、補正角度 $V S V_{CORR}$ は、現在の角度位置 $V S V_{COU}$ における勾配の値、ならびに飽和増加量 $S A T_1$ および収束速度 μ の関数として計算され、収束速度 μ は、最適角度位置 $V S V_{OPT}$ の高速な収束と、タービンエンジンの過度現象の発生に対する保護との間の妥協を生むように選択される。

30

【0043】

最適化関数のおかげで、最適化された設定値 $V S V_{NEW}$ を得るために設定位置 $V S V_{CAL}$ に加算されなければならない補正角度 $V S V_{CORR}$ の値は、それから推論される。制御アクチュエータ6により、最適化された設定位置 $V S V_{NEW}$ に対応するためにブレードの現在の角度位置 $V S V_{COU}$ を修正することができる。現在の角度位置 $V S V_{COU}$ のかなりの修正によって圧縮機がサージする恐れがあるので、最適化された設定位置 $V S V_{NEW}$ は、最適角度位置 $V S V_{OPT}$ に必ずしも対応するとは限らない。最適化は、繰返しによって徐々に行われることが好ましい。

40

【0044】

ブレードの角度位置の最適化によって、エンジンは、より少ない燃料流量で所与の速度に調整される。図1Bを参照して、燃料制御装置30は、ブレードの現在の角度位置の修正によるHPスプールの挙動の修正にもかかわらず、同じ速度N1を保持するように補正ネットワーク31に指令する。したがって、このことは、燃料の節約を生じる。

【0045】

図4を参照して、補正モジュール1は、ブレードの現在の角度位置 $V S V_{COU}$ の修正時に振動の発生を防止するように、勾配飽和 $S A T_2$ の閾値によって補正角度を制限するように配置される、補正角度 $V S V_{CORR}$ の値を制限するための手段9を備えることが

50

好ましい。また、これにより、最適化方法の収束の速度をチェックすることができる。飽和関数 $SAT2$ および飽和増加量 $SAT1$ は、一緒に、または独立して使用され得る。

【0046】

例として、最急降下最適化方法は、下記に再現される数学的関係に従うことができる。

【0047】

$$VSV_{CORR}(t) = -SAT1 [Gradient F(VSV_{COU}) \times \mu] + VSV_{CORR}(t-1)$$

$$VSV_{CORR}'(t) = sign(VSV_{CORR}(t)) * \min(|VSV_{CORR}(t)|, SAT2)$$

$$VSV_{NEW}(t) = VSV_{CAL}(t) + VSV_{CORR}'(t)$$

10

【0048】

最適化手順を始めるために、最適化を実行しかつプロセスを始めるためにブレードの現在の角度位置を極く僅かに修正することが必要であり得る。次いで、最適化方法は、「システムの「励起 (excitation)」によって始められると言われている。また、初期設定は、燃料流量 WFM の減少をもたらすブレードの角度位置 VSV の変化の方向を示す数学モデルから生じ得る。

【0049】

本発明の好ましい実施形態によれば、図3を参照して、補正モジュール1は、補正角度を決定するための手段5によって、計算された補正角度 VSV_{CORR} の値を相殺するように配置される禁止手段7を備えている。これにより、エンジンが定常速度で作動していないときに制御アクチュエータ6によってブレードの角度位置の補正を防止することができる。

20

【0050】

制限手段9および禁止手段7は、1つの同じ制御システム1に使用されることもできることは言うまでもない。

【0051】

この実施形態では、禁止手段7は、エンジンの状態、すなわち「その健康状態」を測定するための手段8に接続される「OR」論理ゲートの形をとっている。例として、エンジンの状態を測定するための手段8は、下記のものを用意している：

サージ型の事象を保存する手段。サージがタービンエンジンの寿命中に検出されている場合には、論理は、禁止手段7によって禁止される。

30

所定のマージンに対して、EGT「Exhaust Gas Temperature (排気ガス温度)」マージンパラメータと呼ばれる、排気ガスの温度マージンを測定するための手段。不十分なマージンがある場合には、論理は、禁止手段7によって禁止される。

高圧圧縮機の流量および効率の係数を測定するためのセンサによってタービンエンジンの圧縮機の状態を評価するための手段。エンジンの状態を表すこれらの係数は、「健康な」エンジン、すなわち良好な状態のエンジンに対して所定の閾値の値と比較される。閾値を超えられてしまう場合には、論理は、禁止手段7によって禁止される。

たとえばLPスプールの速度 ($N1_{EFF}$)、HPスプールの速度 ($N2$)、およびこれらの変化などの値を測定するように配置される、エンジンの安定性を測定するための手段。万一過度現象の場合には、論理は、禁止手段7によって禁止される。

40

【0052】

同様に、航空機の操縦士がスロットルを作動することによってエンジンを加速または減速するように望む場合には、補正は禁止され、ブレードの角度位置は、最適化されない。このチェックは、エンジンの過度現象を監視するための、図示していない手段によって行われる。

【0053】

また、本発明は、定常速度で作動するタービンエンジン用の、それぞれがある速度で回転する少なくとも2つのスプールの備えるタービンエンジン圧縮機のステータブレードの現在の角度位置を最適化するための方法にも関し：

50

- a) タービンエンジンの基準燃料流量 WFM_{REF} は、ブレードの基準角度位置 VSV_{REF} において決定され、
- b) タービンエンジンの現在の燃料流量 WFM_{COU} は、ブレードの現在の角度位置 VSV_{COU} において決定され、
- c) 補正角度 VSV_{CORR} は、燃料流量を低減するように基準燃料流量 WFM_{REF} と現在の燃料流量 WFM_{COU} との間の差の関数として計算され、
- d) 補正角度 VSV_{CORR} は、最適化された設定位置 VSV_{NEW} を計算するように、設定位置 VSV_{CAL} に加算され、
- e) ブレードの現在の角度位置 VSV_{COU} は、最適化された設定位置 VSV_{NEW} に対応するように修正される。

10

【0054】

ステップ (a) からステップ (e) は、先行する繰返しのステップ (b) の現在の角度位置 VSV_{COU} をステップ (a) の基準角度位置 VSV_{REF} として使用することによって繰り返されることが好ましい。

【0055】

図5に示されるように、ブレードの角度位置 VSV_{COU} は、燃料の消費を最小限にするように、各繰返し (I_1, I_2, I_3) の後に最適化される。有利なことに、これにより、ブレードの角度位置の急激な変化の場合にはエンジンを破壊する可能性が高い過度現象の発生を防止すると同時に、所与の速度において燃料の消費を最適化する最適角度位置 VSV_{OPT} に接近させることができる。

20

【0056】

また、エンジン速度の安定性が試験され、本発明による制御システムで説明されたように、ブレードの現在の角度位置 VSV_{COU} の修正は、安定性試験が失敗した場合には禁止されることが好ましい。

【図1A】

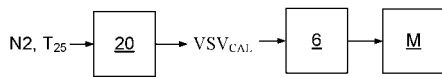


FIGURE 1A

【図1B】

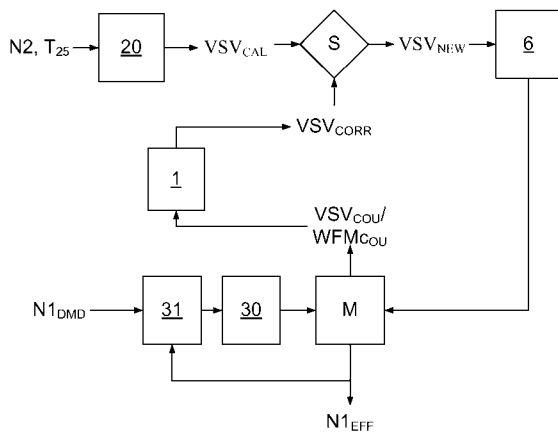


FIGURE 1B

【図2】

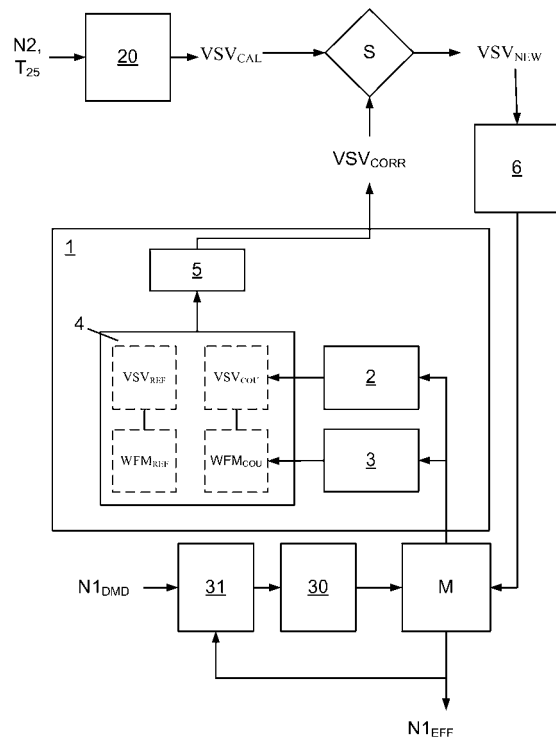


FIGURE 2

【 図 3 】

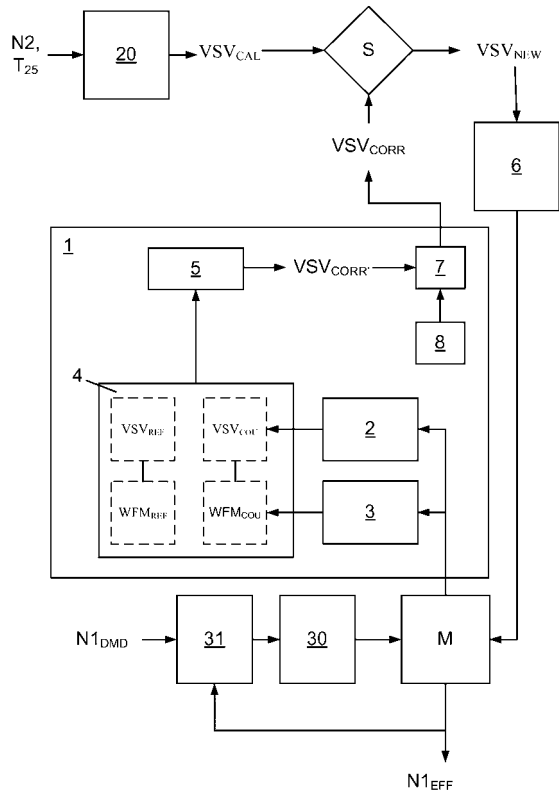


FIGURE 3

【 図 4 】

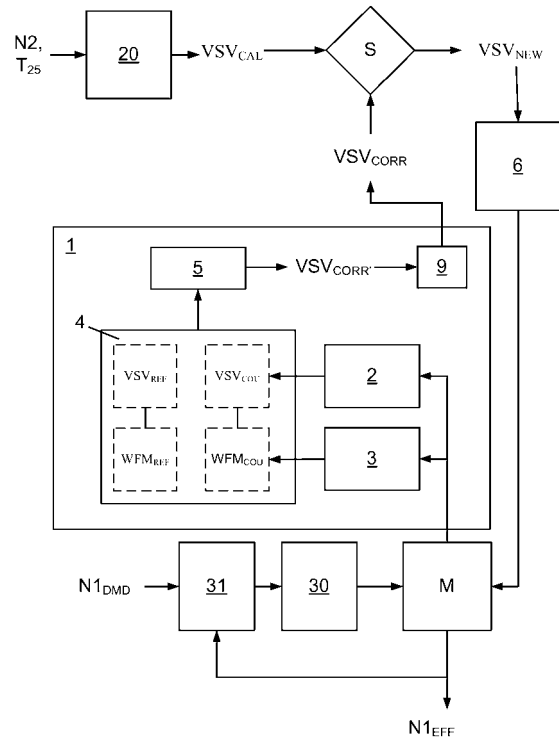


FIGURE 4

【 図 5 】

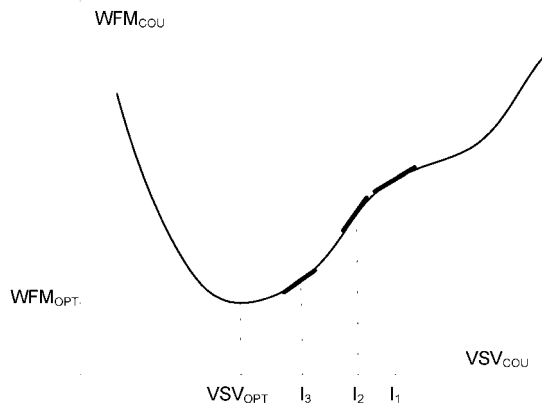


FIGURE 5

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

CORRECTED VERSION

		International application No PCT/FR2010/052000
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. F01D17/16 F02C9/20 F02C9/22		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) F01D F02C		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 036 924 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 20 September 2000 (2000-09-20)	1-4
Y	column 7, line 30 - line 37 column 1, line 33 - line 36 column 3, line 19 - line 22 column 3, line 35 - line 47 paragraphs [0009], [0028] -----	5-8
Y	GB 2 009 858 A (GEN ELECTRIC) 20 June 1979 (1979-06-20) figure 1 -----	5-8
X	EP 1 286 031 A1 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]) 26 February 2003 (2003-02-26)	1-4
A	paragraph [0007] paragraph [0012] column 29, line 23 - line 36 figure 6 -----	5-8
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 24 janvier 2011		Date of mailing of the international search report 15/04/2011
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Angelucci, Stefano

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2010/052000

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1036924	A2	20-09-2000	DE 60029660 T2 26-07-2007
			JP 2000310128 A 07-11-2000
			US 6164057 A 26-12-2000
GB 2009858	A	20-06-1979	DE 2852911 A1 13-06-1979
			FR 2411308 A1 06-07-1979
			IT 1100530 B 28-09-1985
			JP 1363319 C 09-02-1987
			JP 54095819 A 28-07-1979
			JP 61030142 B 11-07-1986
			US 4184327 A 22-01-1980
EP 1286031	A1	26-02-2003	CA 2398522 A1 23-02-2003
			CN 1401888 A 12-03-2003
			DE 60225639 T2 02-04-2009
			JP 4056232 B2 05-03-2008
			JP 2003065082 A 05-03-2003
			US 2005262849 A1 01-12-2005
			US 2004011020 A1 22-01-2004

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

VERSION CORRIGEE

Demande internationale n°

PCT/FR2010/052000

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. F01D17/16 F02C9/20 F02C9/22		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) F01D F02C		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 1 036 924 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 20 septembre 2000 (2000-09-20)	1-4
Y	colonne 7, ligne 30 - ligne 37 colonne 1, ligne 33 - ligne 36 colonne 3, ligne 19 - ligne 22 colonne 3, ligne 35 - ligne 47 alinéas [0009], [0028]	5-8
Y	----- GB 2 009 858 A (GEN ELECTRIC) 20 juin 1979 (1979-06-20) figure 1	5-8
X	----- EP 1 286 031 A1 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]) 26 février 2003 (2003-02-26)	1-4
A	alinéa [0007] alinéa [0012] colonne 29, ligne 23 - ligne 36 figure 6 -----	5-8
<input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent	"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention	
"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date	"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément	
"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)	"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier	
"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens	"&" document qui fait partie de la même famille de brevets	
"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale	
24 janvier 2011	15/04/2011	
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Fonctionnaire autorisé Angelucci, Stefano	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2010/052000

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1036924	A2	20-09-2000	DE 60029660 T2	26-07-2007
			JP 2000310128 A	07-11-2000
			US 6164057 A	26-12-2000

GB 2009858	A	20-06-1979	DE 2852911 A1	13-06-1979
			FR 2411308 A1	06-07-1979
			IT 1100530 B	28-09-1985
			JP 1363319 C	09-02-1987
			JP 54095819 A	28-07-1979
			JP 61030142 B	11-07-1986
			US 4184327 A	22-01-1980

EP 1286031	A1	26-02-2003	CA 2398522 A1	23-02-2003
			CN 1401888 A	12-03-2003
			DE 60225639 T2	02-04-2009
			JP 4056232 B2	05-03-2008
			JP 2003065082 A	05-03-2003
			US 2005262849 A1	01-12-2005
			US 2004011020 A1	22-01-2004

フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)
F 0 2 C 9/28 (2006.01) F 0 2 C 9/28 A

(81) 指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(72) 発明者 リコルドー, ジュリアン・アレクシ・ルイ

フランス国、エフ - 7 5 0 1 2 ・パリ、アブニユ・ルドリュ・ロラン・8 6

Fターム(参考) 3H021 AA01 BA06 CA04 CA06 DA11 DA26 EA04 EA07 EA13 EA16
 3H130 AA13 AB27 AB52 AC17 BA66B BA66H BA76B BA76H CA03 DA02Z
 DD09Z DF01X EA03B EA03H