

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-31841

(P2010-31841A)

(43) 公開日 平成22年2月12日 (2010.2.12)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
F O 2 C 9/28 (2006.01)	F O 2 C 9/28 A	
F O 2 C 9/00 (2006.01)	F O 2 C 9/28 C	
F O 1 D 25/00 (2006.01)	F O 2 C 9/28 Z	
	F O 2 C 9/00 A	
	F O 1 D 25/00 V	
審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 13 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2009-125981 (P2009-125981)	(71) 出願人	390041542
(22) 出願日	平成21年5月26日 (2009.5.26)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
(31) 優先権主張番号	12/181,079		GENERAL ELECTRIC COMPANY
(32) 優先日	平成20年7月28日 (2008.7.28)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタディ、リバーロード、1番
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(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	100129779
			弁理士 黒川 俊久
		(72) 発明者	スリダール・アディビヤトラ
			アメリカ合衆国、オハイオ州、グレンデール、ロウリー・コート、6番

(54) 【発明の名称】 ガスタービンエンジン温度を制御するための方法及びシステム

(57) 【要約】

【課題】エンジン制御システム (200) が提供される。

【解決手段】本システムは、エンジン (10) 上に位置付けられた複数のセンサ (500) からエンジン運転状態値を受け取り、複数のエンジン運転パラメータ値 (512) を決定するようにプログラムされたエンジンモデル (214) を含む。本システムは更に、決定運転パラメータ値を運転パラメータの所定許容範囲に比較 (608) し、決定運転パラメータを所定許容範囲に戻すこと及び決定運転パラメータを所定許容範囲内に維持することの少なくとも1つを可能にするようエンジンの運転を制御 (610) し、決定運転パラメータ値をユーザに出力し、及び比較に基づいてメンテナンス要求 (220) を生成することのうちの少なくとも1つを行うように構成されている、プロセッサ (204) を含む。

【選択図】 図2

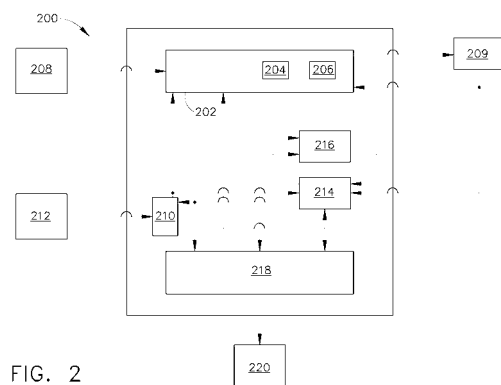


FIG. 2

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

エンジン（１０）上に位置付けられた複数のセンサ（５００）からエンジン運転状態値を受け取り、複数のエンジン運転パラメータ値（５１２）を決定するようにプログラムされたエンジンモデル（２１４）と、

プロセッサ（２０４）と、

を備えたエンジンコントローラシステム（２００）であって、

前記プロセッサ（２０４）が、

前記決定運転パラメータ値を前記運転パラメータの所定許容範囲に比較（６０８）し

、

前記決定運転パラメータを前記所定許容範囲に戻すこと及び前記決定運転パラメータを前記所定許容範囲内に維持することの少なくとも１つを可能にするよう前記エンジンの運転を制御（６１０）し、前記決定運転パラメータ値をユーザに出力し、及び前記比較に基づいてメンテナンス要求（２２０）を生成することのうちの少なくとも１つを行う、ように構成されている、

エンジンコントローラシステム（２００）。

【請求項 2】

前記プロセッサ（２０４）が更に、前記ガスタービンエンジン（１０）の正常性を表す前記モデル（２１４）のパラメータを更新するよう構成されている、

請求項 1 に記載のエンジンコントローラシステム（２００）。

【請求項 3】

前記モデル（２１４）が、前記決定運転パラメータ値（５１２）の各々についての多項式を含む、

請求項 1 または 2 に記載のエンジンコントローラシステム（２００）。

【請求項 4】

前記複数のエンジン運転パラメータ値（５１２）の少なくとも１つが、前記モデル（２１４）を用いて前記運転パラメータに関連付けられるセンサ（５００）のセットからの出力、前記センサのセットの第 1 のサブセット（５０４）、及び前記第 1 のサブセットの相互排他的な前記センサのセットの第 2 のサブセット（５０６）のうちの少なくとも１つを用いて決定される、

請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載のエンジンコントローラシステム（２００）。

【請求項 5】

エンジン運転状態を受け取る少なくとも１つの入力を有し、複数のガスタービンエンジン運転パラメータ値（５１２）を決定するよう構成されたエンジンモデル（２１４）と、

プロセッサユニット（２０４）と、

を備えたガスタービンエンジン（１０）の運転を制御するためのシステム（２００）であって、

前記プロセッサユニットが、

前記決定運転パラメータ値を前記運転パラメータの所定許容範囲に比較（６０８）し

、

前記決定運転パラメータを前記所定許容範囲に戻すこと及び前記決定運転パラメータを前記所定許容範囲内に維持することの少なくとも１つを可能にするよう前記エンジンの運転を制御（６１０）し、前記決定運転パラメータ値をユーザに出力し、及び前記比較に基づいてメンテナンス要求（２２０）を生成することのうちの少なくとも１つを行う、ようにプログラムされている、

システム（２００）。

【請求項 6】

前記プロセッサ（２０４）が更に、前記ガスタービンエンジン（１０）の正常性を表す前記モデル（２１４）のパラメータを更新するよう構成されている、

請求項 5 に記載のシステム（２００）。

10

20

30

40

50

【請求項 7】

前記モデル(214)が、前記決定運転パラメータ値(512)の各々についての多項式を含む、

請求項 5 または 6 に記載のシステム(200)。

【請求項 8】

前記複数のエンジン運転パラメータ値(512)の少なくとも 1 つが、センサの少なくとも 1 つがそこに存在しない、又はそこにあるセンサが不良である前記エンジン(10)上の位置に対応するガスタービンエンジン運転パラメータ値を含む、

請求項 5 乃至 7 のいずれか 1 項に記載のシステム(200)。

【請求項 9】

前記複数のエンジン運転パラメータ値(512)の少なくとも 1 つが、前記モデル(214)を用いた前記運転パラメータに関連付けられるセンサ(500)のセットからの出力を用いて決定される、

請求項 5 乃至 7 のいずれか 1 項に記載のシステム(200)。

【請求項 10】

前記複数のエンジン運転パラメータ値(512)の少なくとも 1 つが、前記センサ(500)のセットの第 1 のサブセット(504)を用いて決定される、

請求項 9 に記載のシステム(200)。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般にガスタービンエンジンに関し、より詳細には、ガスタービンエンジンを制御する運転パラメータの決定に関する。

【背景技術】

【0002】

少なくとも一部の既知の回転機械において、例えば、ガスタービンエンジン、タービンブレード、及び/又はノズルの温度は、ガスタービンエンジンの安全な運転を確保し、エンジン構成部品の所望の寿命を保証するために制限する必要がある。しかしながら、これらの構成部品が悪環境で動作することに起因して、ガス通路温度を測定する従来の技法である熱電対又は RTD を用いてはこれらの温度が測定可能ではない。

【0003】

現在の生産エンジンで使用される 1 つの既知の技法は、温度プローブが耐え抜くのに十分低温の場所にある高圧タービン構成部品の下流側の排気ガス温度(EGT)を測定することを含む。この技法は、サンプリング問題、プローブの熱遅延、及びガス測定温度を上流側の所望のメタル温度に相関付ける際の誤差を生じ易い。更に、ガス通路温度が高くなるにつれて、プローブ寿命が短くなり、コストは増大する。第 2 の測定技法では、パイロメータを用いて関心のあるメタル温度を測定する。この技法は高価であり、見通し線、レンズ曇り、及び感知系の信頼性欠如に関する問題の影響を受けやすい。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】米国特許第 7,305,825 号公報

【特許文献 2】米国特許第 6,873,902 号公報

【特許文献 3】米国特許第 6,272,427 号公報

【特許文献 4】米国特許第 6,076,510 号公報

【特許文献 5】米国特許第 4,541,386 号公報

【特許文献 6】米国特許第 4,259,835 号公報

【特許文献 7】米国特許第 4,039,804 号公報

【特許文献 8】米国特許公開第 20070047616 号公報

【特許文献 9】米国特許公開第 20020022911 号公報

【特許文献 10】米国特許第 7, 379, 799 号公報

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0005】

1つの実施形態において、エンジンコントローラシステムは、エンジン上に位置付けられた複数のセンサからエンジン運転状態値を受け取るようにプログラムされたエンジンモデルを含む。エンジンモデルは、複数のエンジン運転パラメータ値を決定するようにプログラムされ、決定された複数のエンジン運転パラメータ値の少なくとも一部が、複数のセンサから受け取ったエンジン運転状態値に相当する。本システムは更に、決定されたエンジン運転パラメータ値を複数のセンサから受け取ったエンジン運転状態値と比較するよう構成された比較器を含む。本システムはまた、決定運転パラメータ値を運転パラメータの所定許容範囲に比較し、決定運転パラメータを所定許容範囲に戻すこと及び決定運転パラメータを所定許容範囲内に維持することの少なくとも1つを可能にするようエンジンの運転を制御し、決定運転パラメータ値をユーザに出力し、及び/又は比較に基づいてメンテナンス要求を生成するように構成されたプロセッサを含む。

10

【0006】

別の実施形態において、エンジン運転を制御する方法は、エンジン上の対応する感知位置に関連する複数のセンサからデータを受け取る段階と、受け取ったデータをコンピュータ内に格納されたモデルに適用する段階とを含み、該コンピュータモデルがエンジンの運転をシミュレートするよう構成される。本方法はまた、コンピュータモデルからの出力に基づいてエンジンの運転パラメータを決定する段階と、決定運転パラメータを運転パラメータの所定許容範囲に比較する段階と、決定運転パラメータを所定許容範囲に戻すこと及び決定運転パラメータを所定許容範囲内に維持することの少なくとも1つを可能にするようエンジンの運転を制御し、決定運転パラメータ値をユーザに出力し、及び/又は比較に基づいてメンテナンス要求を生成する段階とを含む。

20

【0007】

更に別の実施形態において、ガスタービンエンジンの運転を制御するためのシステムは、エンジン運転状態を受け取る少なくとも1つの入力を有し、複数のガスタービンエンジン運転パラメータ値を決定するよう構成されたエンジンモデルを含む。本システムはまた、決定された運転パラメータ値を受け取ったセンサ値と比較するよう構成された比較器と、当該比較を用いてモデルを更新するようプログラムされたプロセッサユニットとを含む。プロセッサはまた、決定された運転パラメータ値を運転パラメータの所定許容範囲と比較し、決定運転パラメータを所定許容範囲に戻すこと及び決定運転パラメータを所定許容範囲内に維持することの少なくとも1つを可能にするようガスタービンエンジンの運転を制御し、決定運転パラメータ値をユーザに出力し、及び/又は比較に基づいてメンテナンス要求を生成するよう構成されている。

30

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明の例示的な実施形態による、例示的な可変サイクルガスタービンエンジンの概略図。

40

【図2】本発明の例示的な実施形態による、モデルベースエンジン制御システムの概略ブロック図。

【図3】本発明の例示的な実施形態による、回帰ベースの例示的なモデルの概略ブロック図。

【図4】本発明の例示的な実施形態による、物理ベース推定器を含む例示的なガスタービンエンジンシステムの概略ブロック図。

【図5】本発明の例示的な実施形態による、図2に示すシステムの一部の概略ブロック図。

【図6】図1に示すエンジンの運転を制御する例示的な方法のフロー図。

【発明を実施するための形態】

50

【 0 0 0 9 】

図 1 ~ 6 は、本明細書で説明される方法及びシステムの例示的な実施形態を示している。

【 0 0 1 0 】

以下の詳細な説明は、限定ではなく例示として本発明の実施形態を示している。本発明には、産業上、商業上、及び住宅用途において、対象となる位置から離れた位置にあるセンサを用いて運転パラメータを決定する分析的及び系統的実施形態に対して、一般的な応用がある点は企図される。

【 0 0 1 1 】

本明細書で使用する場合に、不定冠詞で始まり単数形で記載された要素又はステップは、そうではないことを明確に述べていない限り複数のそのような要素又はステップを除外するものではないことを理解されたい。更に、本発明の「 1 つの実施形態」という表現は、記載の特徴を同様に組み入れた付加的な実施形態の存在を除外すると解釈されることを意図していない。

【 0 0 1 2 】

図 1 は、長手方向中心線 1 1 を有する例示的な可変サイクルガスタービンエンジン 1 0 の概略図である。ガスタービンエンジン 1 0 は、周囲空気 1 4 を受けるための環状入口 1 2 と、その後に軸流の関係で続くファン組立体 1 6 と、高圧圧縮機 (H P C) 2 0、燃焼器 2 2 及び高圧タービン (H P T) 2 4 を有するコアガスタービンエンジン 1 7 と、低圧タービン (L P T) 2 6 と、オーグメンタ 2 8 とを含む。 H T P 2 4 は、第 1 のシャフト 3 0 を通じて H P C 2 0 に動力を供給する。 L P T 2 6 は、第 2 のシャフト 3 2 によりファン組立体 1 6 に動力を供給する。エンジン 1 0 は更に、前方セクション 3 8 を有する内側ケーシング 3 6 から間隔を置いて配置されてバイパスダクト 4 0 を定める外側ケーシング 3 4 を含む。例示的な実施形態において、オーグメンタ 2 8 はディフューザライナ 4 2 を含む。

【 0 0 1 3 】

例示的な実施形態において、ガスタービンエンジン 1 0 はまた、バイパスダクト 4 0 内に結合されたバルブ組立体 1 0 0 を含む。より具体的には、バルブ組立体 1 0 0 は、バイパスダクト 4 0 を半径方向内側バイパスダクト 4 4 と半径方向外側バイパスダクト 4 6 とに分離可能にするように位置付けられる。より具体的には、例示的な実施形態において、内側バイパスダクト 4 4 と外側バイパスダクト 4 6 は、実質的に同心円状に整列される。従って、例示的な実施形態において、バイパスダクト 4 0 に流入するファンバイパス流 4 8 は、内側バイパス流 5 0 と外側バイパス流 5 2 とに分割される。更に、例示的な実施形態において、バルブ組立体 1 0 0 は、内側バイパスダクト 4 4 を通って送られる内側バイパス流 5 0 の量と、外側バイパスダクト 4 6 を通って送られる外側バイパス流 5 2 の量とを調整可能にする。

【 0 0 1 4 】

例示的な実施形態において、分離ライナ 5 4 は、バルブ組立体 1 0 0 の尾部 1 0 1 と接触し、内側バイパスダクト 4 4 を通って内側バイパス流 5 0 を送ることができるようディフューザライナ 4 2 に結合される。更に、分離ライナ 5 4 はまた、外側バイパスダクト 4 6 を通って外側バイパス流 5 2 を送ることを可能にする。シール 5 6 は、バルブ尾部 1 0 1 と分離ライナ 5 4 との間に延びて、外側バイパス流 5 2 の内側バイパスダクト 4 4 への漏出の低減を可能にする。

【 0 0 1 5 】

作動時、入口 1 2 を通ってエンジン組立体 1 0 に流入する空気は、ファン組立体 1 6 により加圧される。ファン組立体 1 6 から出る加圧空気の流れは、第 1 の空気流部分 6 0 がコアタービンエンジン 1 7 内に送られ、第 2 の空気流部分すなわちバイパス空気 6 2 がバイパスダクト 4 0 を通って送られるように分離される。第 1 の空気流部分 6 0 は更に、高圧圧縮機 2 0 により加圧され、燃焼器 2 2 に送られる。燃焼器 2 2 から吐出された空気流は、回転タービン 2 4、2 6 を駆動した後、排気管 6 4 を通ってエンジン 1 0 から吐出さ

れる。

【 0 0 1 6 】

例示的な実施形態において、エンジン 1 0 は複数のセンサを含み、これらはエンジン動作を監視し、エンジン動作中のリアルタイムの実際のエンジンセンサデータをエンジンモデル（図 1 には図示せず）に入力する。1 つの実施形態において、センサは、エンジンロータ速度、エンジン温度、及びエンジン圧力を監視する。周囲飛行条件データもまた、エンジンモデル 1 0 に入力される。周囲飛行条件データ入力には、限定ではないが、周囲温度、周囲圧力、航空機マッハ数、及びファン速度又はエンジン圧力比のようなエンジン出力設定パラメータが含まれる。例示的なセンサ配置には、限定ではないが、ファン入口温度センサ 7 0、圧縮機入口総圧力センサ 7 2、ファン吐出静圧センサ 7 4、圧縮機吐出静圧センサ 7 6、排気ダクト静圧センサ 7 8、排気ライナ静圧センサ 8 0、火炎検出器 8 2、排気ガス温度センサ 8 4、圧縮機吐出温度センサ 8 6、圧縮機入口温度センサ 8 8、ファン速度センサ 9 0、及びコア速度センサ 9 2 が含まれる。

10

【 0 0 1 7 】

例示的な実施形態において、ガスタービンエンジン 1 0 は、F 1 1 0 のような軍用ジェットエンジンである。他の実施形態において、エンジン 1 0 は、例えば限定ではないが、各々オハイオ州 Cincinnati 所在の General Electric Company から商業的に入手可能な CFM 5 6 ガスタービンエンジン又は CF 3 4 - 1 0 ガスタービンエンジンのような、商用エンジンの他の軍用エンジンとすることができる。他の実施形態では、ガスタービンエンジン 1 0 は、F 1 3 6 エンジンのような同様の構成部品を含むいずれかのガスタービンエンジン、又は LM 6 0 0 0 のような船舶用 / 産業用エンジンとすることができ、両方とも General Electric Company から商業的に入手可能である。

20

【 0 0 1 8 】

図 2 は、本発明の例示的な実施形態による、モデルベースエンジン制御システム 2 0 0 の概略ブロック図である。システム 2 0 0 は、プロセッサ 2 0 4 及びメモリユニット 2 0 6 を有することができる制御ロジック 2 0 2 を含む。制御ロジック 2 0 2 は、コマンド入力モジュール 2 0 8 に通信可能に結合され、該モジュールは、限定ではないが、パイロット、オートパイロット、フライバイワイヤ（fly-by-wire）システム、及び遠隔コマンドシステムなどの、複数のコマンド入力源からのコマンドを受け取るように構成される。制御ロジック 2 0 2 はまた、エンジン 1 0 上のアクチュエータ 2 0 9 に通信可能に結合される。制御ロジック 2 0 2 は、アクチュエータ 2 0 9 にモーションコマンドを送信し、該アクチュエータ 2 0 9 からアクチュエータ位置情報を受け取るように構成される。制御ロジック 2 0 2 はまた、入力信号処理モジュール 2 1 0 に通信可能に結合され、該処理モジュール 2 1 0 は、エンジン 1 0 上に位置付けられた、及びエンジン 1 0 外の他の場所に位置付けられた複数のセンサからセンサ値を受け取るように構成される。入力信号処理モジュール 2 1 0 は、センサ 2 1 2 の動作及び出力値を監視するように、且つエンジン 1 0 並びに他の監視されているシステム及び構成要素上の動作を最も正確に表すことができるセンサ 2 1 2 の組み合わせを選択するように構成される。例えば、エンジン 1 0 の運転パラメータは、複数のセンサによりモニタすることができる。複数のセンサの 1 つ又はそれ以上が機能せず、或いは異常な出力又は不正確と判断される出力を供給する場合には、入力信号処理モジュール 2 1 0 は、入力を生成するのに使用されるセンサの数が少ないために、動作パラメータの堅牢性が低下するという理由で、不良センサからの信号を無効にし、運転パラメータを監視している残りのセンサからの出力を再び組み合わせる制御ロジックに対する入力を提供することができるが、正確な出力を提供するセンサだけが入力を生成するのに使用されるので、この入力により正確なものとなる。

30

40

【 0 0 1 9 】

エンジンモデル 2 1 4 は、ロータ速度、温度及び圧力などの感知されたパラメータを推定し、推進力、空気流、失速マージン、及びタービン入口温度などのパラメータを計算するのに使用される。計算されたパラメータは、例えば、限定ではないが、環境条件、出力

50

設定パラメータ、及びエンジンモデル 2 1 4 に対するアクチュエータ位置入力に基づいている。例示的な実施形態において、エンジンモデル 2 1 4 は、物理ベースの空気熱力学モデルである。別の実施形態において、エンジンモデル 2 1 4 は、回帰フィットモデルである。

【0020】

例示的な実施形態において、エンジンモデル 2 1 4 内の各構成部品（例えば、入口 1 2、ファン組立体 1 6、H P C 2 0 及び燃焼器 2 2 及び H P T 2 4 を含むコアガスタービンエンジン 1 7、L P T 2 6、並びにオーグメンタ 2 8）が個々にモデル化され、次いで物理ベースのエンジンモデルのような特定のエンジンモデルに構築されるので、エンジンモデル 2 1 4 は、構成部品レベルモデル（Component Level Model（CLM））である。エンジンモデル 2 1 4 は、飛行条件、制御変数入力、及び高圧圧縮機抽気を考慮した高速過渡エンジンサイクルを提示するようプログラムされている。更に、エンジンモデル 2 1 4 は、エンジン構成部品の効率及び調整又は調節することができる流れなどのパラメータを含む。これらのパラメータは、パラメータ推定アルゴリズムを用いて修正し、これにより通常の又は平均的なエンジンのモデルを特定のエンジンのモデルに修正することができる。

10

【0021】

エンジンモデル 2 1 4 は、飛行条件、制御変数入力、及び高圧圧縮機抽気の影響を受けやすい。エンジンモデル 2 1 4 の品質パラメータは、主要な各回転構成部品についての流れ及び効率修正因子を含む。このような品質パラメータは、1 つ又はそれ以上の入力に対する各構成部品の応答を定義する多項式の定数として具現化することができる。例示的な実施形態において、多項式定数は、テストデータを用いて導出される。テストデータは、定数が導出されるエンジンの環境要件及び適用要件を適正に表す運転中に測定される。或いは、テストデータは、エンジン 1 0 のシミュレーションから得られる排気温度を含むことができる。

20

【0022】

ファン組立体 1 6、圧縮機 2 0、H P タービン 2 4、及び L P タービン 2 6 の各々は、流れ修正因子及び効率修正因子を有する。パラメータの品質は、上述の感知されたエンジン構成部品パラメータに基づいている。これらの品質パラメータは、その公称値から調整されることにより、モデル計算に影響を与えることができる。これらの品質パラメータを適正に操作することにより、モデルは特定のエンジンの挙動をより正確にシミュレートし、エンジン毎の製造ばらつき、エンジン劣化、エンジン部品の損傷の影響を考慮することが可能になる。加えて、物理ベースのモデル 1 0 は、空気入口 1 2、燃焼器 2 2、及びバイパスダクト 4 0 に関連する構成要素及び感知パラメータを含む。

30

【0023】

エンジンモデル 2 1 4 は、感知された場所に対応する運転パラメータと、同じ場所においてそれぞれ決定された運転パラメータとを比較するよう構成された追跡フィルタ 2 1 6 に通信可能に結合される。追跡フィルタ 2 1 6 は、構成部品の摩耗、構成部品効率、及び / 又は構成部品故障の変化に関係なく、モデル 2 1 4 が連続的にエンジン 1 0 を確実に表現できるようにする。

40

【0024】

正常性監視及び故障診断モジュール 2 1 8 は、モデル 2 1 4 及び追跡フィルタ 2 1 6 に通信可能に結合される。例示的な実施形態において、正常性監視及び故障診断モジュール 2 1 8 は、決定された運転パラメータ又は「仮想センサ」及びモデル 2 1 4 からのモデルパラメータに関するデータを受け取る。正常性監視及び故障診断モジュール 2 1 8 は、受信データに基づいた不良コード、勧告、及びメンテナンス命令 2 2 0 を発生する。

【0025】

図 3 は、本発明の例示的な実施形態による、回帰ベースの例示的なモデル 2 1 4 の概略ブロック図である。例示的な実施形態において、モデル 2 1 4 は、センサ入力に基づく出力変数の変化を決定する回帰ベースモデルである。モデル 2 1 4 は、決定された出力値に

50

直接関連する場合がある、或いは関連しない場合がある複数のデータポイントに対する曲線の当てはめを含む。曲線の当てはめを記述する、例えば多項式のような数学的関係はまた、それぞれの出力を決定するのに使用される。多項式の係数のような数学的関係のパラメータは、「トレーニングデータ」を用いて得られる。トレーニングデータは、多数の事例を含み、各事例が、入力パラメータ (X) と、タービン温度のような関心のある少なくとも1つのパラメータ (Y) とを含む。トレーニングデータは、センサバイアス有及び無しで複数の運転条件で新しい及び劣化したエンジンを含むシミュレートしたエンジン (サイクルモデル) から得ることができる。実エンジンテストが後で回帰モデルにより計算されることになるパラメータを測定又は計算する手段を含む場合、トレーニングデータはまた、こうした実エンジンテストから得ることができる。例えば、テストエンジンは、L Pタービン出口温度 T5 のようなタービン温度を測定するために、種々の円周方向及び半径方向位置に複数の熱電対を収容するレーキを備えることができる。こうしたレーキは、テストセルにおける測定には有効であるが、高コスト及び作動寿命が極めて短いことに起因して製品エンジン上での実施には好適ではない。

10

20

30

40

50

【0026】

例示的な実施形態において、モデル 214 は、複数のセンサ S (1)、S (2)、 $\dots$ S (n) からのセンサ入力 302 を受け取る。モデル 214 は、回帰ベースアルゴリズム 304、例えば、1つ又はそれ以上の出力 306 に対する出力を生成するために入力 302 の少なくとも1つに対応する多項式を含む。多の実施形態において、アルゴリズム 304 は、入力 302 に基づく出力 306 を記述する関数の組み合わせを含むことができる。回帰ベースモデル 214 は、例えば物理ベースモデルを設計するために因果関係が十分に理解されていない場合に、他のアルゴリズムよりもより有用とすることができる。

【0027】

図 4 は、本発明の例示的な実施形態による物理ベースの推定器 402 を含む、例示的なガスタービンエンジンシステム 400 の概略ブロック図である。例示的な実施形態において、推定器 402 は、物理ベースモデルとして具現化され、エンジン 10 の物理的特性ベースのセンサ入力傾向偏差に基づく出力変数の変化を決定するモデル 214 を含む。場合によっては、エンジン 10 の物理的特性は、完全なモデルを生成するには不十分な場合がある。このような場合、エンジン 10 の物理的特性は、経験ベースのモデル部分が取って代わり、モデル 214 の精度を確保することができる。

【0028】

例示的な実施形態において、推定器 402 は、モデル 214 及び追跡フィルタ 216 を含む。推定器 402 は、未知のアクチュエータ位置バイアス値 406 によりバイアスされたエンジンアクチュエータ位置情報 404 と、公称エンジン品質情報 408 とを受け取る。エンジン 10 上に位置付けられたセンサからのエンジンセンサ出力値 410 と仮想センサ出力推定値 412 とが比較され、その差違がセンサ誤差 416 として追跡フィルタ 216 に送信される。センサ誤差 416 は、エンジン品質シフト推定値 418 及びアクチュエータバイアスシフト推定値 420 を生成するのに追跡フィルタ 216 によって使用される。エンジン品質シフト推定値 418 は、公称エンジン品質情報 408 と組み合わせられ、モデル 214 に送信される。アクチュエータバイアスシフト推定値 420 は、アクチュエータシフト推定値 426 と組み合わせられ、実エンジン品質推定値 423 を得て、モデル 214 に送信される。モデル 214 は、エンジン 10 上に設置された実センサにより直接測定されていない運転パラメータの仮想センサ出力を生成する。例示的な実施形態において、モデル 214 は、既知のセンサ出力をエンジン 10 の物理的特性の表現に関連付けて、過酷な環境にあることにより既知のセンサが耐え抜くことができない位置、又はセンサが故障した位置、或いはセンサの設置が非実際的もしくは高コストである位置で運転パラメータの出力を生成する。追跡フィルタ 216 は、センサ誤差信号 416 を用いて、モデル 214 の各項及びパラメータを調節し、センサ誤差 416 を低減する。調節は、例えば、限定ではないが、比例プラス積分制御ループ、Kalman フィルタ、又はニューラルネットワークなどのパラメータ識別方式を用いて実施される。

【 0 0 2 9 】

図 5 は、本発明の例示的な実施形態による、システム 2 0 0 (図 2 に示した) の一部の海略ブロック図である。例示的な実施形態において、システム 2 0 0 は、エンジン 1 0 上に位置付けられ、エンジン 1 0 に近接し、又はエンジン 1 0 から遠隔にある複数のセンサ 5 0 0 を含む。モデル 2 1 4 は、センサ出力に基づいて仮想センサの値を決定し、該センサ出力は、モデル 2 1 4 を通じて仮想センサ値に関連付ける。モデル 2 1 4 は、回帰ベースモデル、物理的ベースモデル、或いは、限定ではないが、マップモデル、ニューラルネットワークモデル、又は上記モデルの組み合わせなどの他のモデルとすることができる。

【 0 0 3 0 】

例示的な実施形態において、システム 2 0 0 は、1 0 個のセンサを用いて、エンジン 1 0 (図 1 に示す) の運転パラメータ 5 1 2 を決定する。入力信号処理モジュール 2 1 0 は、センサ 5 0 0 の各々を監視し、適正な運転を検証する。1 0 個のセンサ 5 0 0 の運転が適正である場合、システム 2 0 0 は、1 0 個のセンサ 5 0 0 全て及びモデル 5 0 2 を用いて運転パラメータ 5 1 2 を決定する。モデル 5 0 2 は、回帰ベースモデル、物理ベースのモデル、或いは限定ではないが、マップモデル、ニューラルネットワークモデル、又は上述のモデルの組み合わせなどの他のモデルとすることができる。入力信号処理モジュール 2 1 0 がセンサ 5 0 0 の 1 つの故障を検出した場合、システム 2 0 0 は、センサ 5 0 0 の選択可能なサブセットを用いて運転パラメータ 5 1 2 を決定する。例えば、センサ 5 0 0 の第 1 のサブセット 5 0 4 は、センサ 5 0 0 の第 2 のサブセット 5 0 6 の冗長部とすることができ、センサ 5 0 0 及びモデル 5 0 2、第 1 のサブセット 5 0 4 及びモデル 5 0 5、及び / 又は第 2 のサブセット 5 0 6 及びモデル 5 0 7 を用いて、運転パラメータ 5 1 2 を決定することができるようにする。例示的な実施形態において、第 1 のサブセット 5 0 4 は、第 2 のサブセット 5 0 6 の相互排他的なものであり、第 1 のサブセット 5 0 4 内のセンサ 5 0 0 の故障が第 2 のサブセット 5 0 6 及びそのそれぞれのモデル 5 0 7 により運転パラメータ 5 1 2 の決定に影響を与えないようにされ、その逆もまた同様である。デフォルトのモデル値 5 0 8 は、入力信号処理モジュール 2 1 0 が両方のサブセットにわたって複数のセンサ 5 0 0 での故障を検出する発生する可能性が低い事象においての運転パラメータ 5 1 2 で規定されている。選択モジュール 2 1 0 は、入力信号処理モジュール 2 1 0 からのセンサ故障に関する情報を用いて、モデル 5 0 2、5 0 5、5 0 7 の出力とデフォルト 5 0 8 とから選択する。1 0 個のセンサ 5 0 0 全てを用いることにより、運転パラメータ 5 1 2 の決定がより堅牢にできると同時に、センサ 5 0 0 の複数のサブセットのうちの 1 つを交互に使用できることにより、この決定の信頼性をより高くすることができる。

【 0 0 3 1 】

図 6 は、エンジン 1 0 (図 1 に示す) の運転を制御する例示的な方法 6 0 0 のフロー図である。例示的な実施形態において、方法 6 0 0 は、エンジン上の対応する感知位置に関連する複数のセンサからのデータを受け取る段階 6 0 2 と、コンピュータ内に格納されてエンジンの運転をシミュレートするよう構成されたモデルに対して受け取ったデータを適用する段階 6 0 4 と、コンピュータモデルからの出力に基づいてエンジンの運転パラメータを決定する段階 6 0 6 とを含む。方法 6 0 0 はまた、決定された運転パラメータを該運転パラメータの所定の許容範囲に比較する段階 6 0 8 と、決定運転パラメータを所定許容範囲に戻すこと及び決定運転パラメータを所定許容範囲内に維持することの少なくとも 1 つを可能にするようエンジンの運転を制御し、決定運転パラメータをユーザに出力し、及び / 又は比較に基づいてメンテナンス要求を生成する段階 6 1 0 を含む。

【 0 0 3 2 】

当業者には理解されるように、物理ベース、経験ベース、ニューラルネットワークベース、及び回帰ベースのモデルが例証として本明細書で説明されたが、他のモデル化手法もまた、本発明の方法に従って使用するのに好適とすることができる。

【 0 0 3 3 】

本明細書で使用する場合、プロセッサという用語は、中央処理装置、マイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、縮小命令セット回路 (R I S C)、特定用途向け集積回路 (

10

20

30

40

50

A S I C)、ロジック回路、及び本明細書で説明した機能を実行できるあらゆる他の回路又はプロセッサを意味する。

【 0 0 3 4 】

本明細書で使用する場合、用語「ソフトウェア」及び「ファームウェア」は同義的であり、プロセッサ 2 9 によって実行するためメモリ内に格納されるあらゆるコンピュータプログラムを含む。メモリ 2 0 6 は、可変の、揮発性の、又は不揮発性のメモリ、或いは変更不能すなわち固定メモリのあらゆる適切な組み合わせを用いて実装することができる。可変メモリは、揮発性又は不揮発性であるかに関わらず、スタティック又はダイナミック R A M (R a n d o m A c c e s s M e m o r y)、フロッピー（登録商標）ディスク及びハードドライブ、書き込み可能又は書き換え可能光学ディスク及びディスクドライ
10
ブ、ハードディスク、及び / 又はフラッシュメモリのうちのいずれか 1 つ又はそれ以上を用いて実装することができる。同様に、変更不能又は固定メモリは、R O M (R e a d - O n l y M e m o r y)、P R O M (P r o g r a m m a b l e R e a d - O n l y M e m o r y)、E P R O M (E r a s a b l e P r o g r a m m a b l e R e a d - O n l y M e m o r y)、E E P R O M (E l e c t r i c a l l y E r a s a b l e P r o g r a m m a b l e R e a d - O n l y M e m o r y)、C D - R O M 又は D V D - R O M ディスクなどの光学 R O M ディスク、及び / 又はディスク
20
ドライブのうちのいずれか 1 つ又はそれ以上を用いて実装することができる。上述のメモリタイプは、単なる例示的なものに過ぎず、従って、コンピュータプログラムの記憶装置に使用可能なメモリのタイプに関して限定するものではない。

【 0 0 3 5 】

以上の明細書に基づいて理解されるように、本開示の上述の実施形態は、コンピュータソフトウェア、ファームウェア、或いはそのあらゆる組み合わせ又はサブセットを含むコンピュータプログラム又はエンジニアリング技術を使用して実装することができ、この技術的作用は、制御システムが既に利用可能な他の測定変数に基づいて、例えば燃焼器の下流側の関心のある運転パラメータをコンピュータモデルを用いて計算することである。これらの測定変数は、例えば燃焼器の上流側のアクチュエータ位置、ロータ速度、ガス通路圧力、及び温度測定値を含む。モデルは、回帰ベース又は物理ベースとすることができる。更に、温度は、H P T ブレード、H P T ノズル、L P T ブレード、又は L P T ノズル上の特定の位置など複数の位置で計算され、エンジン制御システムにおける最も限定的なパラメータを用いる。本方法は、タービン温度測定値を必要とせず、ガス通路平均又はメタル温度を提供し、温度遅延を受けず、制御運転を最も限定的なパラメータに適応的に制限
30
する能力を提供する。コンピュータ読取り可能コード手段を有するこのような結果として得られるあらゆるプログラムは、1 つ又はそれ以上のコンピュータ読取り可能媒体内で具現化され又は提供され、これにより本開示の検討された実施形態による、コンピュータプログラム製品すなわち製造物品を形成することができる。コンピュータ読取り可能媒体は、例えば、限定ではないが、固定（ハード）ドライブ、ディスク、光学ディスク、磁気テープ、読取り専用メモリ（R O M）のような半導体メモリ、及び / 又はインターネット或いは他の通信ネットワークもしくはリンクのようなあらゆる送信 / 受信媒体とすることが
40
できる。コンピュータコードを含む製造物品は、1 つの媒体からコードを直接実行することによって、又は 1 つの媒体から他の媒体にコードをコピーすることによって、或いはネットワーク上でコードを送信することによって実施及び / 又は利用することができる。

【 0 0 3 6 】

例えば限定ではないがガスタービンエンジンのような機械の温度などの運転パラメータを制御する方法及びシステムの上記の実施形態は、機械の実センサ出力に基づいて仮想センサ出力を決定する、コスト効果があり且つ信頼性のある手段を提供する。より具体的には、本明細書で記載された本方法及びシステムは、運転パラメータを決定するのに使用されるセンサの冗長性を管理可能にする。加えて、上述の方法及びシステムは、運転パラメータを許容限度内に維持する及び / 又は運転パラメータを許容限度に戻すように機械運転
50

の変更に影響を与えるアクチュエータ制御信号を出力することができる。結果として、本明細書で記載された本方法及びシステムは、コスト効果があり且つ信頼性のある手法で機械運転を制御可能にする。

【 0 0 3 7 】

以上で、センサによって直接監視されない機械領域における機械の運転パラメータを自動的に連続して決定する例示的な方法及びシステムが詳細に説明された。例示のシステムは、本明細書で説明した特定の実施形態に限定されるものでなく、むしろ、各々の構成部品は、本明細書で説明した他の構成部品から独立して別個に利用することができる。各システム構成部品はまた、他のシステム構成部品と組み合わせて使用することもできる。

【 0 0 3 8 】

本発明を種々の特定の実施形態について説明してきたが、本発明は請求項の精神及び範囲内にある変更形態で実施可能である点は当業者であれば理解されるであろう。

【 符号の説明 】

【 0 0 3 9 】

- 2 0 0 エンジンコントローラシステム
- 2 0 2 制御ロジック
- 2 0 4 プロセッサ
- 2 0 6 メモリユニット
- 2 0 8 コマンド入力モジュール
- 2 0 9 アクチュエータ
- 2 1 0 入力信号処理モジュール
- 2 1 2 センサ
- 2 1 4 エンジンモデル
- 2 1 6 追跡フィルタ
- 2 1 8 正常性監視及び故障診断モジュール
- 2 2 0 メンテナンス要求

10

20

【図 1】

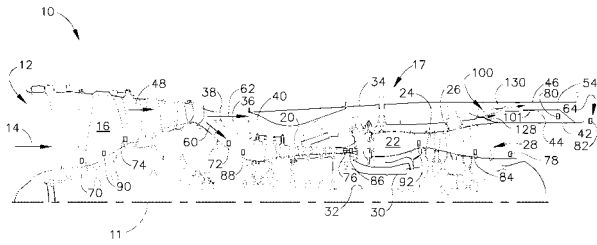


FIG. 1

【図 2】

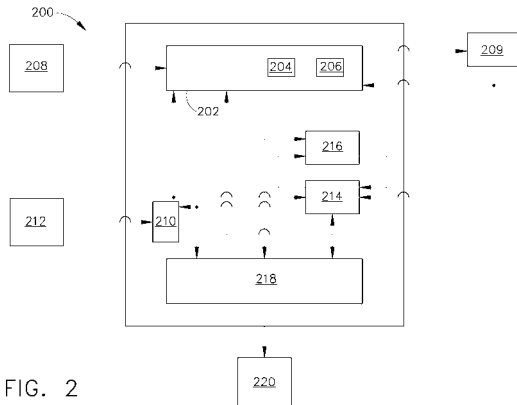


FIG. 2

【図 3】

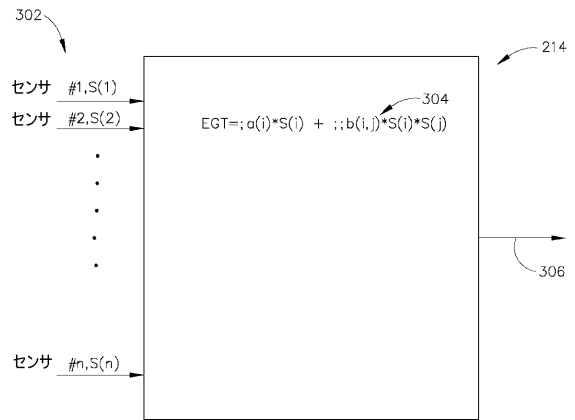


FIG. 3

【図 4】

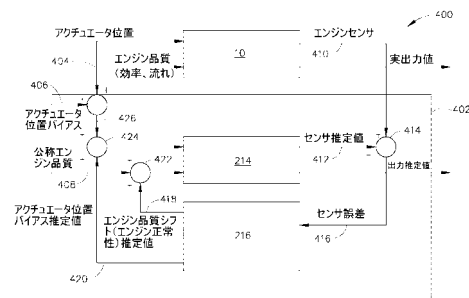


FIG. 4

【図 5】

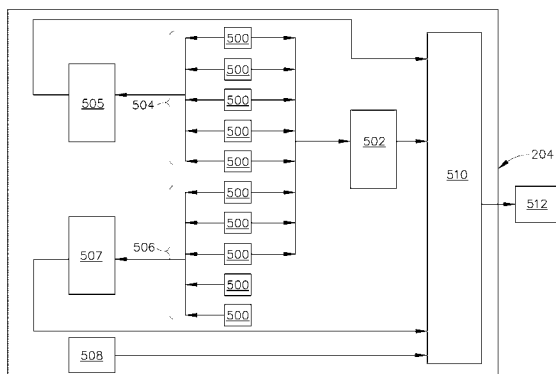


FIG. 5

【図 6】

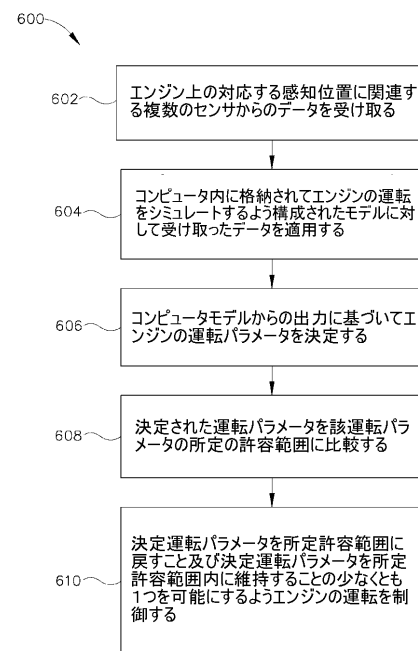


FIG. 6

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 1 D 25/00	W
	F 0 1 D 25/00	X