

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5571285号
(P5571285)

(45) 発行日 平成26年8月13日(2014.8.13)

(24) 登録日 平成26年7月4日(2014.7.4)

(51) Int. Cl. F I
FO2C 9/18 (2006.01) FO2C 9/18
FO4D 27/02 (2006.01) FO4D 27/02 A

請求項の数 5 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2007-335463 (P2007-335463)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成19年12月27日(2007.12.27)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(65) 公開番号	特開2008-163947 (P2008-163947A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタデー、リバーロード、1番
(43) 公開日	平成20年7月17日(2008.7.17)	(74) 代理人	100137545
審査請求日	平成22年12月22日(2010.12.22)		弁理士 荒川 聡志
(31) 優先権主張番号	11/646, 813	(74) 代理人	100105588
(32) 優先日	平成18年12月28日(2006.12.28)		弁理士 小倉 博
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100129779
			弁理士 黒川 俊久
		(72) 発明者	ブライス・アレキサンダー・ロス
			アメリカ合衆国、オハイオ州、ウエスト・チェスター、アップルウッド・ドライブ、8947番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 流れ再循環を備えた圧縮システムの操作線制御

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

圧縮システム(160)の操作線(14)を制御するためのシステムであって、
 流入ガス流を加圧する圧縮システム(160)と、
 前記圧縮システム(160)内のブリード位置(120)からガスを抽出する抽気システム(140)と、
 前記抽気システムによって抽出したガスの少なくとも一部分を、前記圧縮システム(160)の上流に設置した支柱(110)に沿った複数のフィード位置において再導入する再循環システム(145)と、
 前記圧縮システムの定常状態における操作線(14)を変更し、それによって該圧縮システム(160)の失速マージンが増大するように再循環ガスを制御する制御システム(200)と、
 を含むシステム。

【請求項 2】

前記制御システムが、フィードバック制御システムであり、
 前記フィードバック制御システムが、流れパラメータを検知するためのセンサ(210)と、デジタル制御装置(230)と、再循環バルブ(125)とを含む、
 請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

前記再循環バルブ(125)が、再導入するガスの量を調整することができる調整バル

ブである、請求項 2 に記載のシステム。

【請求項 4】

ガスを加圧するための圧縮システムであって、
 複数の圧縮段を有する軸流圧縮機（160）と、
 前記軸流圧縮機（160）内のブリード位置（120）からガスを抽出するための抽気手段（140）と、
 前記抽気手段によって抽出したガスの少なくとも一部分を、前記軸流圧縮機（160）の上流に設置した支柱（110）に沿った複数のフィード位置において再導入するための再循環手段（145）と、
 前記軸流圧縮機（160）の定常状態における操作線（14）を変更して、それによって該軸流圧縮機の失速マージンが増大するように再循環ガスの量を制御するための制御手段（200）と、
 を含む圧縮システム。

10

【請求項 5】

流入空気の少なくとも一部分を加圧しかつその空気をバイパスストリーム内に流すファン（150）と、
 前記流入空気の少なくとも一部分を加圧する圧縮システム（160）と、
 前記圧縮システム（160）内のブリード位置（120）から空気を抽出するための抽気手段（140）と、
 前記抽気手段によって抽出した空気の少なくとも一部分を、前記圧縮システム（160）の上流に設置した支柱（110）に沿った複数のフィード位置において再導入するための再循環手段（145）と、
 前記ファンの定常状態における操作線（14）を変更し、それによって前記ファンの失速マージンが増大するように前記再循環手段（145）によって再循環させる空気の量を制御するための制御手段（200）と、
 を含むガスタービンエンジン（100）。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、総括的にはガスタービンエンジンに関し、より具体的には、ガスタービンエンジン内におけるファン、ブースタ及び圧縮機のような圧縮モジュールに関する。

30

【背景技術】

【0002】

ターボファン航空機ガスタービンエンジンでは、運転中に空気は、ファンモジュール及び圧縮モジュール内で加圧される。ファンモジュールを流れる空気は、主にバイパスストリーム内に流れ、飛行中の航空機を推進するのに必要な推力の大部分を発生させるために使用される。圧縮モジュールを通して送られる空気は、燃焼器内で燃料と混合されかつ点火されて高温燃焼ガスを発生し、高温燃焼ガスは、タービン段を流れて、タービン段は、高温燃焼ガスからエネルギー取出して、ファン及び圧縮機ロータに動力を供給するようにする。ファン、ブースタ及び圧縮機モジュールは、一連のロータ段及びステータ段を有する。ファン及びブースタロータは一般的に、低圧タービンによって駆動され、また圧縮機ロータは、高圧タービンによって駆動される。ファン及びブースタは、圧縮機ロータに空気力学的に結合されるが、これらは通常、異なる機械的速度で動作する。

40

【0003】

ファン、ブースタ及び圧縮機のような圧縮システムの設計の基本は、離陸から、巡航、着陸までの運行のフライトエンベロップ全体にわたって十分な失速マージンで空気を加圧する際の効率である。しかしながら、加圧効率及び失速マージンは通常、効率を向上させることと逆の相関にあり、一般的に失速マージンの低下に対応する。失速マージンと効率との相反する要求条件は、特に、大きな補助出力抽出を必要とすると同時に依然として高

50

い圧縮効率と共に高い失速マーシンのレベルを必要とする高性能ジェットエンジンにおいて要求される。

【0004】

ガスタービンエンジンにおける圧縮システムの動作性は、従来から例えばファンについて図1に示すような動作マップ上に表現され、このマップでは、X軸に沿って入口補正流量を示し、Y軸上に圧力比を示している。図1では、操作線14、16及び失速線12を定速度線22、24と共に示している。ライン24は、低速度線を表し、またライン22は、高速度線を表している。従来の設計では、圧縮システムは、定速度線24のような定速度において絞られるので、入口補正流量は減少するが圧力比は増加し、圧縮システム動作は、失速線12により接近するように移動する。さらに、各動作条件は、対応する圧縮機効率を有し、従来から、所定の圧力比を達成するために必要となる理想(等エントロピー)仕事入力に対する実圧縮機仕事入力の比率として定義される。各動作条件の圧縮機効率は、従来から、図1に示すアイテム18、20のような一定効率の等高線の形態で圧縮機マップ上にプロット表示される。性能マップは、最小等高線20として図1に示す最高効率の領域を有し、経済的理由から可能な限り最高効率の領域で圧縮機を動作させることが望ましい。

10

【0005】

圧縮機の操作線は、その下流絞りオリフィスによって設定される。絞りオリフィスを拡大することは、操作線16の低下又は下降を生じさせることになるが、一方、オリフィス面積を減少させることは、操作線の上向きシフトを引き起こすことになることは、当技術分野では知られている。従来の設計では、絞り面積を変化させて、適切な失速マーシンを有すると共に動作性要件を同時に満たしながら、最高効率のリッジ近くに操作線を置くようにする。これは、例えば排気ノズルのような絞り面積が一定で変化させることができない用途においては不可能である。

20

【0006】

従来の設計では、圧縮システム操作線は、効率と動作性との間の最良のバランスが得られるように選択され、動作性の改善及び失速マーシンの拡大を実現するためにある程度の効率を犠牲にすることがしばしば必要とされている。このバランスは、特に、大きな入口歪み、高い高度動作又は高い補助動力抽出を有する用途において実現することは困難な課題である。固定面積ノズルの使用を必要とする用途では、部品操作線を低下させることによって十分な安定性マーシンを達成することは、エンジン性能を大きく低下させる可能性がある。単純に操作線を低下させかつ効率を犠牲にするのではなく、圧縮システムの失速マーシンを改善する手段を有することが望ましい。

30

【0007】

エンジン動作性を改善するために利用可能な従来の改善手段は、機外抽気及び可変位置ステータの使用を含む。前者は、比較的単純かつ効果的な解決策であるが、幾つかの機外抽気経路を設ける必要がある。このことは、機外モールド配管を通すのを避けられなければならないような幾つかの用途では望ましくない可能性がある。可変位置ステータは、失速特性を改善するには効果的なものとなり得るが、機械的に複雑かつ高価である。

40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

失速を回避するためには、固定ノズル開口を備えたガスタービンエンジン内のファン、ブースタ及び圧縮機において、失速曲線12に対する十分な失速マーシンの幅広い動作範囲において失速が発生する前に効率を犠牲にしないで維持されるように操作線を制御する手段を有することが望ましい。下流に固定面積絞りオリフィスを有する圧縮システムの操作線を制御するための方法及び手段を有することが望ましい。圧縮システムが最高の可能巡航性能を生じさせる操作線を有し、かつ高度、出力抽出及び入口歪みの幅広い動作条件範囲にわたって高い動作性のレベルを有することが望ましい。

【課題を解決するための手段】

50

【 0 0 0 9 】

ガスタービンエンジンの操作線を制御するためのシステムは、流入ガス流を加圧する圧縮システムと、ガスが絞りオリフィスに流入する前に圧縮システム内のブリード位置からガスを抽出する抽気システムと、抽気システムによって抽出したガスの少なくとも一部分を圧縮システムの又は該圧縮システムの上流のフィード位置内に再導入する再循環システムと、圧縮システムの操作線が変更されて該圧縮システムの失速マージンが増大するように再循環ガスを制御する制御システムとを含む

本発明に関連する主題は、特許請求の範囲において具体的に指摘しかつ明確に請求している。好ましかつ例示的な実施形態により、本発明は、添付図面と関連させて行った以下の詳細な記述において、そのさらなる目的及び利点と共に説明する。

10

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 0 】

様々な図を通して同じ参照符号が同様の要素を表している図面を参照すると、図 1 は、本発明による、ガスタービンエンジン用の例示的なファン動作マップである。ファン、ブースタ又は圧縮機のような圧縮システムの「操作線」は、圧縮システム速度がその使用可能な動作範囲にわたって変化する時の定常状態動作条件の軌跡として定義される。2つの要素が、操作線を完全に定義するためのキーであり、それらは、排気ノズル 1 4 5 のような下流の絞りオリフィスとの直列連結において規定性能特性を有する、例えば図 2 及び図 3 に示すファン 1 5 0 又は圧縮機 1 6 0 のような圧縮システムであり、図 1 に示すような規定特性を有する。

20

【 0 0 1 1 】

図 2 に示すのは、ガスタービンエンジン 1 0 0 の長手方向断面図であり、ガスタービンエンジン 1 0 0 は、ファン 1 5 0、圧縮機 1 6 0、燃焼器 1 7 0、高圧タービン 1 8 0、低圧タービン 1 9 0、前方フレーム 1 3 0 及び排気ノズル 1 4 5 を含む。ファン 1 5 0 及び圧縮機 1 6 0 は、流入ガス流をバイパスファン流れストリーム 1 0 2 及び圧縮流れストリーム 1 0 3 に流しかつ加圧するように構成される。その圧縮機 1 6 0 内への流入の前にコアを通して流れる空気を加圧するブースタ（図示せず）もまた使用することができる。ファン、ブースタ、圧縮機及びタービンは、長手方向中心軸線 1 0 1 の周りに軸対象となっている。

【 0 0 1 2 】

前方フレームは、長手方向中心軸線 1 0 1 の周りに円周方向に間隔を置いて配置された複数の支柱 1 1 0 を含む。支柱 1 1 0 は、複数の入口案内ベーン（IGV）1 1 1 を有することもある。

30

【 0 0 1 3 】

ファンは、1つ又はそれ以上のファン段を含み、各段は、長手方向中心軸線 1 0 1 の周りでファンロータとして円周方向に配置された複数のファンブレード 1 5 1、1 5 3、1 5 5 を含む。各ロータ段の軸方向後方には、複数のステータベーン 1 5 2、1 5 4 を有するステータ段が設けられる。

【 0 0 1 4 】

圧縮機 1 6 0 はまた、複数ロータ段と対応するステータ段とを含む。圧縮機ロータブレードは、あらゆる従来通りの方法で個別ディスク又は一体形ブリスク又は環状ドラムの形態になったロータハブ又は対応するロータから半径方向外向きに延びる。ロータブレード及びステータベーンは、軸方向段内で連続的に空気流を加圧するための対応する空気力学的輪郭又は外形を有する翼形部を形成する。動作中に、空気の圧力は、空気がステータ及びロータ翼形部を通して減速しかつ拡散するにつれて、増大する。

40

【 0 0 1 5 】

本明細書では、圧縮システムは、軸流ファン及び軸流圧縮機に関して説明しているが、操作線制御のための再循環システム概念、原理、システム及び利点はまた、遠心圧縮機のような下流絞りオリフィスを有する他の圧縮システムにも適用可能である。

【 0 0 1 6 】

50

本発明のこの好ましい実施形態を、図2に示している。この実施形態は、抽気システム及び手段140を含み、抽気システム及び手段140は、中間圧縮段近くのブリード位置120から加圧ガス的一部分を抽出する一連の圧縮機抽気ポート122を有する。それに代えて、加圧ガスは、圧縮システムの出口側の下流であるが絞りオリフィスの上流であるブリード位置から抽出することができる。圧縮機抽気ポート122内のガスの流量は、好ましくは空気流量を調整する能力があるバルブシステムであるバルブシステム125によって制御される。バルブシステム125はまた、再循環システム及び手段145に連結され、再循環システム及び手段145は、抽気ガスを前方位置に運ぶ一連の1つ又はそれ以上のダクト128と、マニホールド116と、前方フレーム130とを含む。前方フレーム130には、その外周部と一体形になったマニホールド116が構成され、前方フレーム130は、主流路を貫通しかつ中心ハブに取付けられた中空支柱110の組を含む。支柱110は、それらの後縁に取付けられた入口案内ベーン(IGV)としても知られている可動フラップ111を有することができる。再循環システムはまた、マニホールド116と主流路との間の流れ連通114を可能にする一連の開口、孔又は通路を有するフィード位置133を有する。これらの孔は、抽出した流れの選択流量を可能な限り均一に流路に戻して、入口においてあらゆる付加的流れ歪みが持ち込まれるのを回避するように、支柱の後縁118に沿って流路114の外周部の周りに、また流路112の内周部に沿って配置されるのが好ましい。さらに、孔はまた、エンジン動作における入口歪みの影響の幾らかを制御するような方式で配置することもできる。

【0017】

再循環流を再導入する好ましい手段は、上記のように前方フレーム130通してのものであるが、再循環流を再導入する他の可能な方法もまた、本発明では考えられ、例えば、再循環流を前方フレーム130の上流でエンジン入口の壁内に設置したポートを有するフィード位置133を通して及び/又は入口流路を貫通する支柱を通して再導入するような方法もある。さらに、これらの孔はまた、エンジン動作における入口歪みの影響の幾らかを制御するような方式で配置することができる。

【0018】

図3には、本発明の別の実施形態を示している。この実施形態では、再循環空気は、ファン吐出路から抽出される。この実施形態は、抽気システム140を含み、抽気システム140は、ファン吐出路から加圧ガスの一部分を抽出する一連の抽気ポート122を有する。この実施形態は、ファン吐出路からのより低温の空気を使用し、それによって前方フレームの機械的設計の困難性を容易化しかつ再導入空気によって引き起こされる温度歪みを減少させるという利点を有する。

【0019】

図2及び図3に示すようなファン150及び圧縮機160システムでは、これらのシステムの各々の操作線は、特定の圧縮システムから下流の絞りオリフィスによって設定される。ファン150の場合には、排気ノズル145のノズルスロート146が、絞りオリフィスである。圧縮機160の場合には、高圧タービン175が、絞りオリフィスの役割を果たす。燃焼器172(圧縮機吐出とその絞りオリフィスとの間の)内に生じた熱が、圧縮機及びファン操作線を設定するのに影響を与えことになり、これらの要因が通常、オリフィスサイズの選択において考慮されることは、当業者には知られている。しかしながら、本明細書に記載したような操作線を選択する上での同一の基本的考慮事項を、依然として適用する。

【0020】

再循環ガスを使用して操作線制御を行う制御システム200を、図4に示している。これは、図3に示すファン流れ再循環システムを制御する好ましい手段である。この制御システムの中核を成すのは、図2及び図3に示す再循環流量バルブ125である。再循環バルブ125は、抽気システム140によって抽出されるガスの量及び再循環システム145によって再導入されるガスの量を制御する。

【0021】

図2及び図3で使用する制御システムの好ましい実施形態は、図4に示すような閉ループフィードバック制御システムである。この制御システムは、センサ210と、シグナルコンディショナ220と、全自動デジタル電子制御装置(F A D E C)プログラムと、抽出されかつ再導入されるガスの量を制御するバルブドライバ240、250とを含み、これらの全ては、エンジン100に結合される。この制御システムに対する入力信号は、例えば、図4においてD P / Pとラベル付けしたバイパスダクトのマッハ数センサ測定によるような、圧縮システムの流れパラメータ用の任意の適切なセンサにより引き出すことができる。この信号は、ファン操作線を表しており、適切な信号コンディショナ220によって処理した後に、デジタルエンジン制御装置F A D E C 230で使用して、必要な要求バルブ位置を計算しかつバルブドライバ240、250を制御して、全ての時点において最小ファン失速マージンを保証するようにすることができる。従来のエンジン設計では、D P / P信号は、可変面積ノズル開口を調節するために使用され、一方、本発明では、信号は、例えば図2及び図3に示すような流れ抽出及び再循環システムを制御するために使用される。

10

【0022】

固定面積排気ノズルを取付けている場合には、この制御ループは、最小の可能増分コストで再循環システムを能動制御するように使用することができる。圧縮機160の操作線を制御する目的のための流れ抽出及び再循環流量の調整はまた、従来のエンジン制御システムで使用する圧縮機吐出静圧センサ及び燃料流量センサのような従来型のエンジンセンサを使用して計画することができる。圧縮機での好ましい実施法は、圧縮機吐出静圧に対する燃料流量の比率が、ここでもまた図4に示すデジタルエンジン制御F A D E C 230内のテーブルルックアップ実施法を使用して、所定の閾値を超えないことを保証するように再循環抽気を計画されることになる。

20

【0023】

図2に示す好ましい実施形態の動作において、制御バルブ25が、流れの再循環を可能にするように開いている場合には、例えばファン150及び圧縮機160の両方の図1における参照符号14のような操作線が、低下することになる。ファン150操作線は、再循環システム145によって再導入されたガスが、そうでなければファン150によって吸込まれたであろう入口ガスの幾らかと置き換わる傾向になるので、低下する。従って、ファン150は、抽気がない場合と本質的に同一の補正流量を加圧しかつ流すが、下流のノズル145の開口146が通過させなければならない全流量は減少し、それによってファン操作線を低下させる。

30

【0024】

図5は、定速度線に沿ったファン動作点におけるシフトのプロット図を示している。このプロット図は、操作線におけるシフトを抽気流がない状態でのベースライン点310からの百分率差として示している。このケースでは、ファン補正速度は、一定に保たれ、また抽気は、再循環なし(図5のアイテム310)から約15%の圧縮機再循環(図5のアイテム320)までの範囲にわたって変化している。再循環流量が増加するにつれて、ファン操作線が、下方にかつ右側にシフトすることに留意されたい。図6には、圧縮機動作点におけるシフトの同様のプロット図を示しており、抽気流なしかつ再循環なしの状態でのベースライン点330と約15%の圧縮機再循環の状態でのデータ点340を示している。

40

【0025】

図7は、失速マージンの増大が、図2及び図3に示すような流れ再循環システムを使用して得ることができることを示している。図7において、アイテム420は、250hpの補助的出力抽出の存在下では、低いファン補正流量条件において失速マージンが減少することを示している。流れ再循環を使用すると、より広範囲のファン補正流量変動にわたってまたより大きな補助的出力抽出の存在下において、失速マージンを維持することができる。

【0026】

50

様々な特定の実施形態に関して本発明を説明してきたが、本発明が特許請求の範囲の技術思想及び技術的範囲内の変更で実施することができることは、当業者には分かるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】本発明による、ガスタービンエンジンの例示的なファン動作マップ。

【図2】本発明の好ましい実施形態を組み入れた、圧縮機抽気を備えたガスタービンエンジンの長手方向断面図。

【図2A】図2に示すガスタービンエンジンの前方から後方を見た図。

【図3】本発明の別の実施形態を組み入れた、ファン抽気を示すガスタービンエンジンの長手方向断面図。

【図4】ガスタービンエンジン内へのガスの再循環を制御するための制御システムの概略図。

【図5】本発明による、抽気の変化した時のファン動作点におけるシフトのプロット図。

【図6】本発明による、抽気の変化した時の圧縮機動作点におけるシフトのプロット図。

【図7】本発明による、補助的出力抽出の存在下における失速マージンの例示的な増大結果を示す図。

【符号の説明】

【0028】

- 12 失速線
- 14、16 操作線
- 100 ガスタービンエンジン
- 110 支柱
- 111 入口案内ベーン
- 117 ケーシング
- 118、133 フィード位置
- 120 ブリード位置
- 125 再循環バルブ
- 130 前方フレーム
- 150 ファン
- 140 抽気システム
- 145 排気ノズル
- 151、153、155 ファンブレード
- 152、154 ステータベーン
- 160 圧縮機
- 170 燃焼器
- 180 高圧タービン
- 190 低圧タービン
- 200 制御システム
- 210 センサ
- 230 デジタル制御装置

10

20

30

40

【図1】

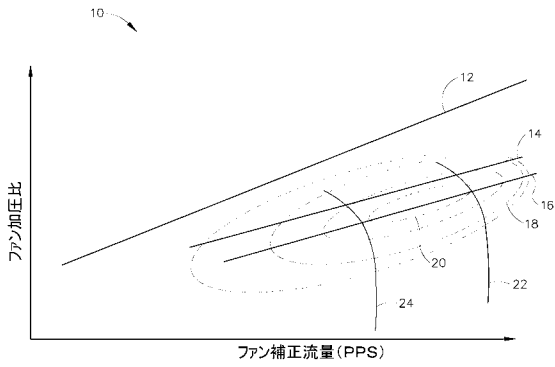


FIG. 1

【図2A】

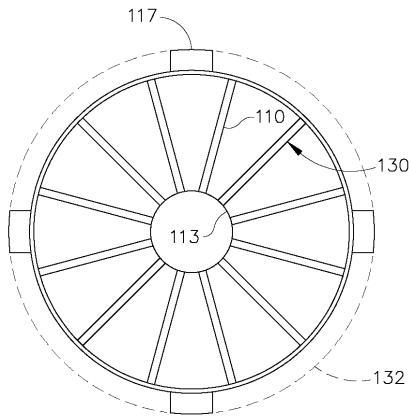


FIG. 2A

【図2】

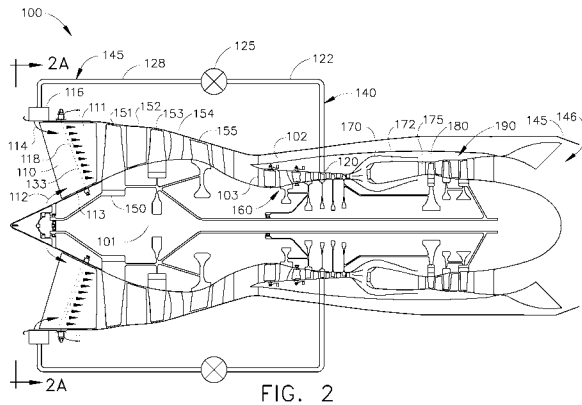


FIG. 2

【図3】

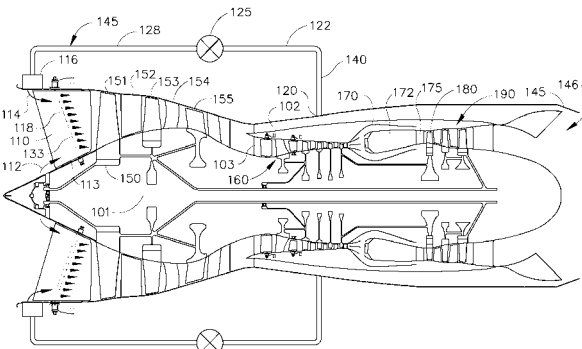


FIG. 3

【図5】

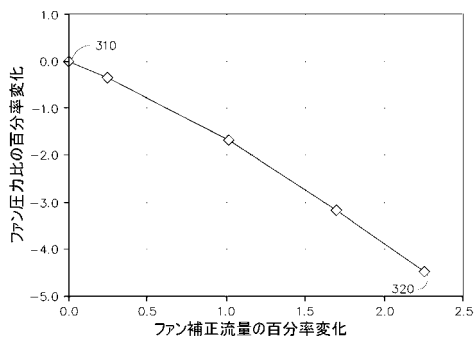


FIG. 5

【図4】

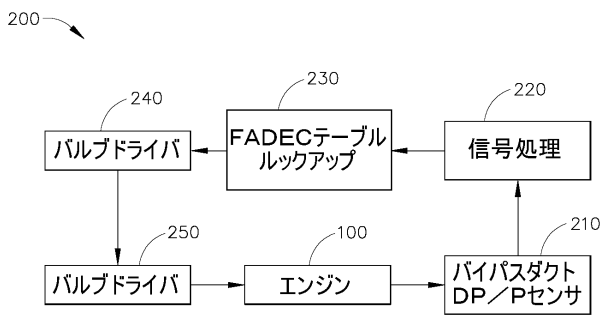


FIG. 4

【図6】

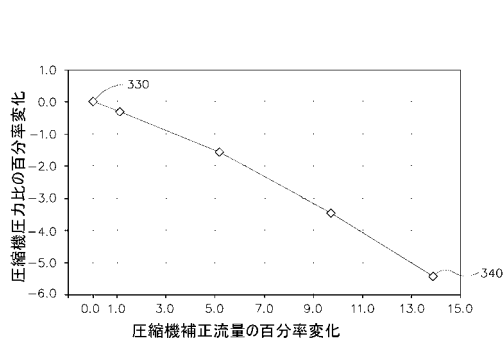
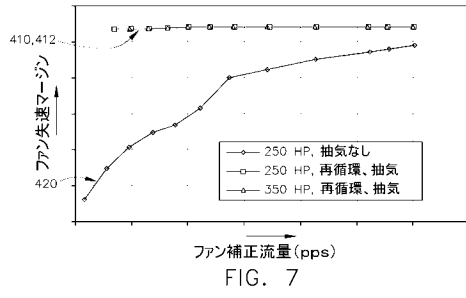


FIG. 6

【図7】



フロントページの続き

審査官 寺町 健司

- (56)参考文献 特開2001-020760(JP,A)
特開2004-124946(JP,A)
特開2000-046688(JP,A)
特表2007-510091(JP,A)
特表平09-503567(JP,A)
米国特許第05782603(US,A)
実開昭60-141499(JP,U)
実開平04-119389(JP,U)
特開平11-141307(JP,A)
特表平5-509143(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F04D 1/00-13/16
F04D 15/00-02
F04D 17/00-19/02
F04D 21/00-25/16
F04D 27/00-02
F04D 29/00-35/00
F02C 1/00-9/58
F23R 3/00-7/00
F01D 5/16