(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第6154612号
(P6154612)

(45)発行日　平成29年6月28日(2017.6.28)　(24)登録日　平成29年6月9日(2017.6.9)

(51)Int.Cl.			F I		
F02C	9/28	(2006.01)	F02C	9/28	Z
F02C	7/00	(2006.01)	F02C	7/00	A
F02C	9/00	(2006.01)	F02C	9/00	B
F23R	3/48	(2006.01)	F23R	3/48	
F23R	3/00	(2006.01)	F23R	3/00	E

請求項の数 15　(全 10 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2013-5867(P2013-5867)
(22)出願日　平成25年1月17日(2013.1.17)
(65)公開番号　特開2013-148090(P2013-148090A)
(43)公開日　平成25年8月1日(2013.8.1)
審査請求日　平成28年1月8日(2016.1.8)
(31)優先権主張番号　13/352,496
(32)優先日　平成24年1月18日(2012.1.18)
(33)優先権主張国　米国(US)

(73)特許権者　390041542
ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
アメリカ合衆国、ニューヨーク州　１２３４５、スケネクタデイ、リバーロード、１番
(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
(74)代理人　100113974
弁理士　田中　拓人

最終頁に続く

(54)【発明の名称】燃焼器ブローアウト回復方法およびシステム

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
燃焼缶の希薄ブローアウトに応答してガスタービンの作動を制御する方法であって、ガスタービンが、少なくとも２つの燃焼缶を備えていて、第１の燃焼缶が第１の複数の燃料ノズルを含み、第２の燃焼缶が第２の複数の燃料ノズルを含んでおり、当該方法が、
前記第１の燃焼缶が、前記ガスタービンの全負荷作動中に消火したことを検知するステップと、
前記第１の燃焼缶の前記第１の複数の燃料ノズルの少なくとも１つと第２の燃焼缶の前記第２の複数の燃料ノズルの少なくとも１つとの間の燃料比を調整するステップと、
クロスファイアチューブに最も近い燃料ノズルである前記第２の複数の燃料ノズルの少なくとも１つに濃厚燃料混合物を送出するステップと、
前記クロスファイアチューブを介して前記第２の燃焼缶から前記第１の燃焼缶へクロスファイアを生成するステップと、
前記タービンの全負荷運転の回復を検出するステップと、
前記燃料比を、前記第１及び第２の複数の燃料ノズル間で均等化された燃料分布になるよう調整するステップと
を含む方法。
【請求項２】
燃料比を調整するステップは、前記第１及び第２の複数の燃料ノズル間での燃料比を調整するコマンドをコントローラによって生成することをさらに含む、請求項１に記載の方

法。
【請求項３】
クロスファイアを生成するステップは、
前記第２の燃焼缶からの火炎を、前記第１の燃焼缶まで届くようにして前記第１の燃焼缶を再点火することをさらに含む、請求項１又は２に記載の方法。
【請求項４】
短い間隔を待ってから、負荷の回復を検知することをさらに含む、請求項１乃至３のいずれかに記載の方法。
【請求項５】
前記燃料比を、前記第１及び第２の複数の燃料ノズル間で均等化された燃料分布になるよう調整するステップは、前記燃料比を前記均等化された燃料分布に戻す信号を前記コントローラから生成することをさらに含む、請求項１乃至４のいずれかに記載の方法。
【請求項６】
各ステップは、自動的に実施される、請求項１乃至５のいずれかに記載の方法。
【請求項７】
ガスタービン用の制御システムにおいて、
圧縮機、第１の複数の燃料ノズルを含む第１の燃焼缶、第２の複数の燃料ノズルを含む第２の燃焼缶、前記圧縮機に駆動可能に結合されたタービン、及び制御システムを備える、制御システムであって、
コントローラをさらに備え、前記コントローラは、
第１の燃焼缶が、前記ガスタービンの全負荷作動中に消火したことを検知し、
前記第１の燃焼缶の前記第１の複数のノズルの少なくとも１つと前記第２の燃焼缶の前記第２の複数の燃料ノズルの少なくとも１つとの間の燃料比を調整し、
前記第１の燃焼缶に連通するクロスファイアチューブに最も近い前記第２の複数の燃料ノズルの少なくとも１つに濃厚燃料混合物を送出し、
前記第２の燃焼缶から前記第１の燃焼缶へクロスファイアを生成し、
前記タービンの全負荷運転の回復を検出し、
前記燃料比を、前記第１及び第２の複数の燃料ノズル間で均等化された燃料分布になるよう調整する
ように構成されたコントローラをさらに備える、制御システム。
【請求項８】
前記コントローラは、前記第１及び第２の複数の燃料ノズル間での燃料比を調整するコマンドを生成するようにさらに構成される、請求項７記載の制御システム。
【請求項９】
前記コントローラは、前記第２の燃焼缶からの火炎を、前記第１の燃焼缶まで届くように誘導して前記第１の燃焼缶を再点火するとによってクロスファイアを生成するようにさらに構成される、請求項７又は８に記載の制御システム。
【請求項１０】
前記コントローラは、短い間隔を待ってから、タービンパラメータを検知し、前記作動負荷が回復したかどうかを判定するようにさらに構成される、請求項７乃至９のいずれかに記載の制御システム。
【請求項１１】
前記コントローラは、燃焼缶の間で均等に前記燃料を分配する信号を前記コントローラから生成するようにさらに構成される、請求項７乃至１０のいずれかに記載の制御システム。
【請求項１２】
前記タービンパラメータは、前記タービン内の所定の場所における温度、圧力及びガス流量を含む、請求項１０記載の制御システム。
【請求項１３】
前記タービンパラメータは、所与のタービン作動条件を表す請求項１２記載の制御シス

テム。
【請求項１４】
燃料制御システムをさらに備え、前記燃料制御システムは、燃料供給部から前記第１の燃焼缶及び前記第２の燃焼缶に流れる燃料、前記第１及び第２の複数の燃料ノズル間での燃料流の分割、及び第２の燃焼缶内に流れる空気と混合される燃料の少なくとも１つを調節するように構成される、請求項７乃至１３のいずれかに記載の制御システム。
【請求項１５】
前記燃料制御システムは、前記第１の複数の燃料ノズルに流れる燃料の部分及び前記第２の複数の燃料ノズルに流れる燃料の部分を決定する燃料比コマンドを生成し実装するように構成される、請求項７乃至１４のいずれかに記載の制御システム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、一般に、ガスタービン用の燃焼システムのためのコントローラに関する。より具体的には、本発明は、制御アルゴリズムの実装によって、全負荷で作動するタービン燃焼器を再点火するための方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
産業用また発電用ガスタービンは、ガスタービンの作動を監視し制御する制御システムまたはコントローラを有する。これらのコントローラは、ガスタービンの燃焼システムを支配する。ガスタービンは、それぞれの局所燃焼ゾーンにおける燃料と空気の燃料希薄均質混合を達成するために精密な燃料送出を必要とし、これは、必要とされる低排出物レベルで作動するために必要である。ガスタービンは、希薄ブローアウト限界を超えて作動マージンを維持しなければならない。先進タービンの性能を落とすことなくタービン燃焼器内での火炎安定性を維持するために、局所燃焼の微細調整制御が必要である。
【０００３】
現行のガスタービンでは、１つの燃焼器または燃焼缶が火炎を失う場合、排気熱電対は、消火した燃焼缶と他の燃焼缶との間の高い温度差を認識し、制御システムは、タービンをシャットダウンすることによって反応する。こうした制御は、長い停止ならびに作動時間および収益の損失をもたらす場合がある。現行のガスタービン制御システムでは、ある信号が、消火した燃焼缶を検出するために使用されることができ、その信号は、燃焼缶から排出口熱電対への輸送遅延時間ならびに熱電対におけるその後の熱伝達および温度変化の性質が比較的緩徐であるため、排出口熱電対信号より速い。
【０００４】
現行の制御システム下で、負荷低下がガスタービンにおいて検出されると、制御システムは、負荷を増加させようとしてシステム内により多くの燃料を送出することになる。燃焼缶がブローアウトするまたは燃焼缶の火炎が消火すると、クロスファイアチューブに最も近い燃料ノズルは、燃料希薄状態で作動しており、その火炎は、弱く、クロスファイアチューブのさらに下流に配置される。この状態で燃焼缶内により多くの燃料を送出することは、消失した燃焼缶内へクロスファイアを促進するのに不適切である場合がある。燃料の分割の調整および燃料ノズルにおける燃料混合物のエンリッチ化は、未点火燃焼缶内へのクロスファイアを促進することになる。
【０００５】
消火した燃焼缶を点火するためにクロスファイアが起こり、同時に、スパンがガスタービンの作動または排出における影響を最小にするのに十分に短いように、非常に迅速に制御システムが燃料調整を実施できるようなアルゴリズムが必要とされる。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００６】
【特許文献１】米国特許第７９１７２７８号公報

【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００７】
必要とされるものは、その輸送遅延時間内に、高速信号、たとえば負荷を使用して、消火した燃焼缶を検出し、それぞれの燃焼缶内の燃料ノズル間の燃料分割を調節し、コントローラが負荷回復を検出するまで、それを保持するコントローラである。
【課題を解決するための手段】
【０００８】
一実施形態では、燃焼缶の希薄ブローアウトに応答してガスタービンの作動を制御する方法が開示される。ガスタービンは、少なくとも２つの燃焼缶を備え、方法は、第１の燃焼缶が、ガスタービンの全負荷作動中に消火したことを検知するステップと、燃料ノズル間の燃料比を調整するステップと、クロスファイアチューブに最も近い燃料ノズルにおいて燃料比をエンリッチ化するステップと、第２の燃焼缶から第１の燃焼缶へクロスファイアを生成するステップと、タービン負荷の回復を検出するステップと、燃料比を、第１の燃焼缶と第２の燃焼缶との間で通常の均等化された燃料分布になるよう調整するステップとを含む。
【０００９】
別の実施形態では、ガスタービン用の制御システムが開示される。制御システムは、圧縮機、２つ以上の燃焼缶、圧縮機に駆動可能に結合されたタービン、及び制御システムを含む。制御システムはまた、コントローラを含む。コントローラは、第１の燃焼缶が、ガスタービンの全負荷作動中に消火したことを検知し、クロスファイアチューブに最も近いノズルに濃厚燃料混合物を送出するために、燃料ノズル間の燃料比を調整し、第２の燃焼缶から第１の燃焼缶へクロスファイアを生成し、タービン負荷の回復を検出し、燃料比を、燃料ノズル間で通常の均等化された燃料分布になるよう調整するようにプログラムされる。
【００１０】
さらに別の実施形態では、ガスタービンエンジンの燃焼缶の希薄ブローアウトを判定するための、非一時的なコンピュータ可読媒体上で具現化されかつマイクロプロセッサコントローラによって実行可能なコンピュータプログラム製品が開示される。コンピュータプログラム製品は、第１の燃焼缶が、ガスタービンの全負荷作動中に消火したことを検知し、第１の燃焼缶に連通するクロスファイアチューブに隣接する少なくとも１つの燃料ノズルに燃料混合物の増加分を送出するために、燃料ノズル間の燃料比を調整し、クロスファイアチューブを介して第２の燃焼缶から第１の燃焼缶へ火炎を生成し、タービン負荷の回復を検出し、燃料比を、燃料ノズル間で通常の均等化された燃料分布になるよう調整する命令を含む。
【００１１】
開示される方法の利点は、より確実に作動するために、希薄ブローアウトに対するマージンが少ない状態で運転する低排出物ユニットについての能力である。
【００１２】
開示される方法およびシステムの別の利点は、タービン機械がオフラインになることを防止することによって信頼性を増加させることであり、防止することは、たとえば液化天然ガス（ＬＮＧ）トレインアプリケーションであって、ガスタービンがＬＮＧ生産について連続して作動することが要求される、ＬＮＧトレインアプリケーションにとって非常に重要である。
【００１３】
さらに別の利点は、燃焼缶の間の高い温度差のためにガスタービンがトリップする前に隣接する燃焼缶を再点火するために、複数の燃料ノズル間で燃料流を迅速に調節する能力である。
【００１４】
本発明の他の特徴および利点は、本発明の原理を例として示す添付図面に関連して考え

られる、好ましい実施形態の以下のより詳細な説明から明らかになるであろう。
【図面の簡単な説明】
【００１５】
【図１】燃料制御システムを有するガスタービンの例示的な実施形態の略図である。
【図２】燃焼缶点火回復システムの実施形態のフロー図である。
【図３】ガスタービンの燃焼缶の間に接続された例示的なクロスファイアチューブを示す図である。
【図４】例示的なマルチバーナー燃焼缶の部分断面図である。
【発明を実施するための形態】
【００１６】
図１は、圧縮機１２、一対の燃焼器または燃焼缶１４、１５、圧縮機に駆動可能に結合されたタービン１６、および制御システム（コントローラ）１８を有するガスタービン１０を示す。圧縮機への入口ダクト２０は、周囲空気、おそらく注入空気を圧縮機に送給する。入口ダクトは、圧縮機の入口ダクト２０を通って入口案内翼２１内に流れる周囲空気の圧力損失に寄与する、ダクト、フィルタ、スクリーン、および音吸収デバイスを有することができる。タービン用の排気ダクト２２は、タービンの出口からの燃焼ガスを、たとえば排出物制御および音吸収デバイスを通して送る。排気ダクト２２は、音吸収材料、および、タービンに背圧を加える排出物制御デバイスを含むことができる。入口圧力損失量および背圧は、ダクト２０、２２に対する構成要素の付加ならびに埃および汚れによる入口ダクトおよび排気ダクトの目詰まりによって経時的に変動する場合がある。タービン１６は、電力を生成する発電機２４を駆動することができる。圧縮機に対する入口損失およびタービン排気圧損失は、ガスタービンを通る補正流量の関数である傾向がある。さらに、入口損失量およびタービン背圧は、ガスタービンを通る流量と共に変動する場合がある。
【００１７】
ガスタービンの作動は、タービン、発電機、および周囲環境の種々の条件を検出するいくつかのセンサ２６によって監視されることができる。たとえば、温度センサ２６は、ガスタービンを囲む室温、圧縮機吐出温度、タービン排気ガス温度、およびガスタービンを通るガスストリームの他の温度測定値を監視することができる。圧力センサ２６は、周囲圧力、ならびに、圧縮機入口および出口、タービン排気口、ガスタービンを通るガスストリームの他の場所における静圧レベルおよび動圧レベルを監視することができる。湿度センサ２６、たとえば湿球および乾球温度計は、圧縮機の入口ダクト内の周囲湿度を測定する。センサ２６はまた、ガスタービン１０の作動に関連する種々のパラメータを検知する、流量センサ、速度センサ、火炎検出センサ、弁位置センサ、案内翼角度センサ、または同様なものを備えることができる。本明細書で使用される場合、「パラメータ(parameter)」は、タービン内の予め規定された場所における温度、圧力、およびガス流量などの、タービンの作動条件を規定するために使用されうるアイテムを指す。これらのパラメータは、所与のタービン作動条件を表すために使用されうる。
【００１８】
燃料制御システム２８は、燃料供給部から燃焼缶１４に流れる燃料、１次燃料ノズル内に流れる燃料と２次燃料ノズル内に流れる燃料との比、および、燃焼室内に流れる２次空気と混合される燃料を調節する。燃料コントローラはまた、燃焼缶用の燃料のタイプを選択することができる。燃料制御システム２８は、別個のユニットとすることができる、または、より大きなコントローラ１８の構成要素とすることができる。燃料制御システムはまた、複数の１次燃料ノズルに流れる燃料の部分および複数の２次燃料ノズルに流れる燃料の部分を決定する燃料比コマンドを生成し実装することができる。
【００１９】
コントローラ１８は、たとえば、GE Industrial & Power systems of Schenectady, N.Y.によって出版されたRowen, W.I.「SPEEDTRONIC.TM. Mark V Gas Turbine Control System」GE-3658Dに記載されるようなゼネラルエレクトリックＳＰＥＥＤＴＲＯＮＩＣ．Ｔ

Ｍ．ガスタービン制御システムモデルＭａｒｋ　Ｖ、Ｍａｒｋ　Ｖｅ、Ｍａｒｋ　ＶＩ、またはＭａｒｋ　ＶＩｅのうちの１つとすることができる。コントローラ１８は、センサ入力および人間オペレータからの命令を使用してガスタービンの作動を制御するプログラムを実行するプロセッサ（複数可）を有するコンピュータシステムとすることができる。コントローラ１８によって実行されるプログラムは、燃焼缶１４への燃料流を調節するためのスケジューリングアルゴリズムを含むことができる。コントローラによって生成されるコマンドは、ガスタービン上のアクチュエータに、たとえば、燃焼缶に流れる流量(flow)、燃料分割、および燃料のタイプを調節する、燃料供給部と燃焼缶との間の弁（アクチュエータ３２）を調整させ、圧縮機上の入口案内翼２１（アクチュエータ３０）を調整させ、ガスタービン上の他の制御設定を起動させる。

【００２０】

コントローラ１８は、コントローラに関連するコンピュータメモリに記憶されたアルゴリズムに部分的に基づいてガスタービンを調節する。作動中に、制御システムが、迅速に検出される信号の使用によって作動負荷の変化、たとえばメガワットを検出する場合、制御システムは、点火した燃焼缶から消火した燃焼缶へ火炎をクロスファイアさせるために、燃焼缶の間の燃料分割を調節することができる。コントローラは、消火した燃焼缶が火炎を回復することができたと認識すると、燃焼缶の間の燃料分割をタービンの通常作動値に調整する。再点火プロセスが起こる速度が重要である。燃焼缶が十分に迅速に再点火しない場合、制御システムは、燃焼缶の消火のせいで、排気熱電対から高い温度差の指示を受取り、ガスタービンをトリップさせる。しかし、仮に燃焼缶が再点火する場合、制御システムは、熱電対測定値の通常分布への回復を検知し、回復の前に排気熱電対によって指示された高い温度差を無視することになり、タービンは通常作動に戻ることになる。コントローラは、燃焼缶が再点火できなかったと判定する場合、高い温度分散限界を受容し、タービンをトリップさせることになる。

【００２１】

図２を参照すると、全負荷において消火した燃焼缶の再点火を制御するための方法の例示的な実施形態が示される。ガスタービン１０の全負荷作動中に、ステップ１００にて、燃焼缶１４が消火する。次に、ステップ１０２にて、作動負荷のわずかな減少がコントローラ１８によって検出される。ステップ１０４にて、コントローラ１８は、再点火ステップを始動させることによって、作動負荷のアップセットまたは減少の検知に反応する。次に、ステップ１０６にて、コントローラ１８は、作動燃焼缶１５に濃厚燃料混合物を送出するために燃焼缶１４、１５の間の燃料分割を調整するコマンドを生成する。作動燃焼缶１５への濃厚燃料混合物の導入は、クロスファイア火炎を生成し、クロスファイア火炎は、ステップ１０８にて、作動燃焼缶１５からの火炎を、クロスファイアチューブ１１（図３）を通して、消火した燃焼缶１４まで届くようにする。次に、ステップ１１０にて、短い間隔の後に、制御システムは、負荷が再び均等化されているかどうかを判定するために負荷分担を検知する（負荷回復が検出されることを示す）。ステップ１１０にて、負荷回復が検出される場合、コントローラ１８は、燃料分割を、燃料ノズル１４と１５との間で通常の均等化された燃料分布になる（ステップ１１４）よう調整する信号を生成する（ステップ１１２）。

【００２２】

クロスファイアチューブは、当技術分野でよく知られている。次に、図３を参照すると、例示的なクロスファイアチューブ構成が示される。クロスファイアチューブ１１は、第１の燃焼缶１４と第２の燃焼缶１５との間に延在し、圧縮機吐出空気の流れに開口している容器１７によって囲まれる。クロスファイアチューブ１１は、入れ子式関係で接合した一対のテーパ付き管状セクション３８、４０を備えることができる。複数のパージ空気送給孔３６は、セクション４０との入れ子式接合部に隣接するセクション３８内に穿孔される。管状セクション３８および４０は、クロスファイアチューブの中央セクションの大きな径から端部４２、４４の小さな径にそれぞれテーパが付き、端部は、燃焼缶１４および

１５に接合される。クロスファイアチューブ１１の端部におけるテーパは、パージ空気流を、加速し、パージ空気がチューブの対向端の全断面を満たすようにチューブ壁に押し付ける。

【００２３】

図４は、例示的な燃焼缶１４、１５を示す。クロスファイアチューブ１１は、燃料ノズル３３の前方の燃焼缶１４、１５の壁を貫通して配置される。クロスファイアチューブ１１は、隣接する燃焼缶１４、１５に接続されることができる。燃焼缶１４、１５は、複数のノズル３３および／またはクロスファイアチューブ１１を有することができる。

【００２４】

先に述べたように、本アプリケーションの範囲内の実施形態は、機械可読媒体であって、機械可読媒体上に記憶された機械実行可能命令またはデータ構造を運ぶまたは有するための、機械可読媒体を備えるプログラム製品を含む。こうした機械可読媒体は、汎用または専用コンピュータあるいはプロセッサを有する他の機械によってアクセスされうる任意の入手可能な媒体でありうる。例として、こうした機械可読媒体は、ＲＡＭ、ＲＯＭ、ＥＰＲＯＭ、ＥＥＰＲＯＭ、ＣＤ－ＲＯＭまたは他の光ディスク記憶装置、磁気ディスク記憶装置または他の磁気記憶デバイス、あるいは、機械実行可能命令またはデータ構造の形態で所望のプログラムコードを運ぶまたは記憶するために使用され、かつ、汎用または専用コンピュータあるいはプロセッサを有する他の機械によってアクセスされうる任意の他の媒体を備えうる。情報が、ネットワークまたは別の通信接続（有線か、無線か、または有線と無線の組合せ）を通じて機械に転送または提供されるとき、機械は、適宜、その接続を機械可読媒体とみなす。そのため、任意のこうした接続は、適宜、機械可読媒体と呼ばれる。上記の組合せはまた、機械可読媒体の範囲内に含まれる。機械実行可能命令は、たとえば、汎用コンピュータ、専用コンピュータ、または専用処理機械に、ある機能または機能の群を実施させる命令およびデータを含む。

【００２５】

本発明のいくつかの構成の技術的効果は、より確実に作動するための、低排出物タービンユニットについての能力、タービン機械がオフラインになることを防止すること、および、ガスタービンがトリップする前に隣接する燃焼缶を再点火するための複数の燃料ノズル間での燃料流の迅速な調節を含む。

【００２６】

本明細書の図は、特定の順序の方法ステップを示すことができるが、これらのステップの順序は、示されるものと異なる場合があることが理解されることが留意されるべきである。同様に、２つ以上のステップが、同時にまたは部分的に同時に実施されることができる。こうした変形は、選択されたソフトウェアおよびハードウェアシステムならびに設計者選択に依存することになる。全てのこうした変形は、アプリケーションの範囲内にあることが理解される。同様に、ソフトウェア実装形態は、種々の接続ステップ、処理ステップ、比較ステップ、および決定ステップを達成するために、ルールベース論理または他の論理を有する標準的なプログラミング技法によって達成されうる。

【００２７】

本発明は、好ましい実施形態を参照して述べられたが、本発明の範囲から逸脱することなく、種々の変更が行われ、また、等価物が、実施形態の要素と置換されることができることが当業者によって理解されるであろう。さらに、本発明の本質的な範囲から逸脱することなく、本発明の教示に特定の状況または材料を適応させるために多くの修正が行われることができる。したがって、本発明は、本発明を実施するために企図される最良の形態として開示される特定の実施形態に限定されるのではなく、本発明は、添付特許請求の範囲内に入る全ての実施形態を含むことが意図される。

【符号の説明】

【００２８】

１０　ガスタービン
１１　クロスファイアチューブ

１２　圧縮機
１４　燃焼器
１５　燃焼器
１６　タービン
１７　容器
１８　コントローラ
２０　入口ダクト
２１　入口案内翼
２２　排気ダクト
２４　発電機
２６　センサ
２８　燃料制御システム
３０　アクチュエータ
３３　ノズル
３６　パージ空気送給孔
３８　セクション
４０　セクション
４２　端部
４４　端部

【図１】

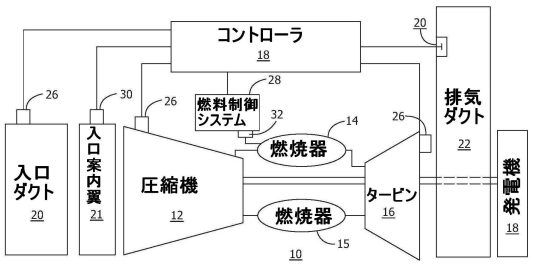


FIG. 1

【図２】

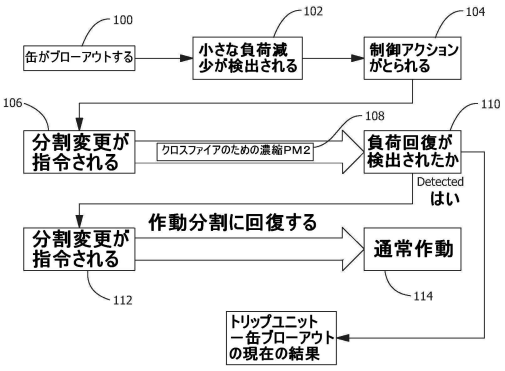


FIG. 2

【図３】

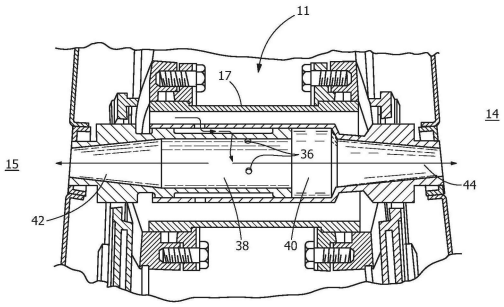


FIG. 3

【図４】

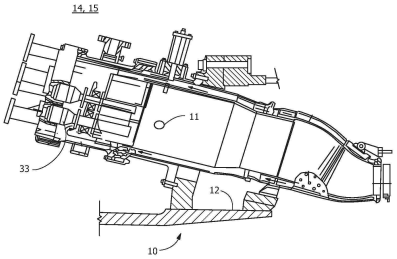


FIG. 4

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
F02C 7/228 (2006.01) F02C 7/228

(72)発明者 ブライアン・ウェズリー・ロミグ
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・３００６６、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、３００番
(72)発明者 デリック・ウォルター・シモンズ
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・３００６６、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、３００番
(72)発明者 ヴェンカット・ナラ
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・３００６６、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、３００番

審査官 筑波 茂樹

(56)参考文献 特開平１１－１４８３７０（ＪＰ，Ａ）
特開２００９－０５２５５７（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２０１２／０００６０３２（ＵＳ，Ａ１）
米国特許第０６３３４２９４（ＵＳ，Ｂ１）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｆ０２Ｃ ７／００，７／２２８
Ｆ０２Ｃ ９／００，９／２８
Ｆ２３Ｒ ３／００，３／４８