

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5546113号
(P5546113)

(45) 発行日 平成26年7月9日(2014.7.9)

(24) 登録日 平成26年5月23日(2014.5.23)

(51) Int.Cl.		F I			
FO2C	9/00	(2006.01)	FO2C	9/00	A
FO2C	9/28	(2006.01)	FO2C	9/00	B
FO2C	9/46	(2006.01)	FO2C	9/28	C
			FO2C	9/46	

請求項の数 7 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2008-204016 (P2008-204016)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成20年8月7日(2008.8.7)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(65) 公開番号	特開2009-47164 (P2009-47164A)		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
(43) 公開日	平成21年3月5日(2009.3.5)	(74) 代理人	100137545
審査請求日	平成23年8月2日(2011.8.2)		弁理士 荒川 聡志
(31) 優先権主張番号	11/839, 708	(74) 代理人	100105588
(32) 優先日	平成19年8月16日(2007.8.16)		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	ジェイソン・ディー・フラー
			アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、シンプソンヴィル、ハムメル・コート、20番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 事象ベースの動作を使用して望ましくないガスタービン過渡応答を緩和する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

測定された基準排気温度と実際のタービン排気温度との間の遅延が燃焼ダイナミクス及び火炎損失の少なくとも1つをもたらす可能性がある望ましくないガスタービン過渡応答を事象ベースの動作を使用して緩和する方法であって、
 ガスタービン運転パラメータに関する入力データを感知する段階(310)と、
 感知された前記運転パラメータに基づいて、所定の複数の過渡事象のセット(310)からどの事象が生じたかを判定する段階と、
 所定の過渡事象(310)に対して所定の優先度の応答(320)、(350)を開始する段階と、
 を含み、
 前記複数の過渡事象のセット(310)が、短時間応答を必要とする過渡事象と、前記短時間応答より長い長時間応答を必要とする過渡事象と、短時間応答及び長時間応答を必要とする過渡事象とに分類されており、
 前記所定の優先応答を開始する段階が、
 短時間応答を必要とする過渡事象が判定されたときに短時間応答(350)を開始する段階と、
 長時間応答を必要とする過渡事象が判定されたときに長時間応答(320)を開始する段階と、
 短時間応答及び長時間応答を必要とする事象が判定されたときに短時間応答(350)及

び長時間応答（320）を開始する段階と
を含み、

前記長時間応答を必要とする過渡事象が判定されたときに長時間応答を開始する段階が、
エミッションモデルゲインのステップ変更を開始する段階（340）と、
閉ループエミッション制御アルゴリズムでエミッションを調整する段階と、
を含み、

エミッションモデルアルゴリズムゲインのステップ変更を開始する前記段階が、
長時間応答を必要とする過渡事象の発生に起因するエミッションモデルゲインの各ス
テップ変更において許容カウンタを増分する段階と、
閉ループエミッション制御アルゴリズムによる各調整において許容カウンタを減分する段
階と、

最大許容カウンタ値に達するまではエミッションモデルゲインアルゴリズムのステップ変
更を許容する段階（330）と、

を更に含む

ことを特徴とする、方法。

【請求項2】

前記短時間応答を開始する段階が、

前記ガスタービンのノズル内に流れる燃料と燃焼区域内に流れる前に空気と混合される燃
料との間のスプリットを調節するための燃料スプリット計画のステップ変更を開始する段
階（360）と、

所定の時間遅延の間に燃料スプリット計画のステップ変更を維持する段階（370）と、
所定の時間遅延の終了後に、燃料スプリット計画を通常の燃料スプリット計画に変更する
段階（380）と、

を含む、

請求項1に記載の事象ベースの動作を使用して望ましくないガスタービン過渡応答を緩和
する方法。

【請求項3】

基本負荷から部分負荷への過渡状態、圧縮器水洗浄オン過渡状態、予混合パーズへの移行
、グリッド過周波数事象、及び予混合状態下での負荷遮断のうちの少なくとも1つの発生
時に短時間応答（350）を開始する段階を更に含む、

請求項1又は2に記載の事象ベースの動作を使用して望ましくないガスタービン過渡応答
を緩和する方法。

【請求項4】

所定の時間遅延の間に前記燃料スプリット計画のステップ変更を維持する段階が、

終了していない所定の時間遅延の間に短時間応答を必要とする後続の過渡事象が判定され
た場合に、所定の時間遅延を延長する段階を含む、

請求項2に記載の事象ベースの動作を使用して望ましくないガスタービン過渡応答を緩和
する方法。

【請求項5】

圧縮器水洗浄オフ過渡状態、圧縮器水洗浄オン過渡状態、所定の時間期間よりも長い間に
調節されない閉ループエミッション制御、NOxエミッションの過渡的増大、ヒートソー
ク中のコールドスタート時の閉ループエミッション制御の損失のうちの少なくとも1つの
発生時に長時間応答（320）を開始する段階と、

を更に含む

請求項1乃至4のいずれか1項に記載の事象ベースの動作を使用して望ましくないガスタ
ービン過渡応答を緩和する方法。

【請求項6】

エミッションモデルアルゴリズムゲインのステップ変更を開始する前記段階が、

調整可能なタービン排気基準温度制御アルゴリズムへのエミッションモデルゲイン入力
を増大させることによって、タービン排気基準温度を引き上げる段階を更に含む、

10

20

30

40

50

請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の事象ベースの動作を使用して望ましくないガスタービン過渡応答を緩和する方法。

【請求項 7】

エミッションモデルアルゴリズムゲインのステップ変更を開始する前記段階が、補正パラメータ制御アルゴリズムへのエミッションモデルゲイン入力を増大させることによってタービン排気基準温度を引き上げる段階を更に含む、

請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の事象ベースの動作を使用して望ましくないガスタービン過渡応答を緩和する方法。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、総括的には、ガスタービンの燃焼システム用のコントローラに関する。具体的には、本発明は、乾式低 NO_x (DLN) 燃焼器用の燃焼器制御に関する。

【背景技術】

【0002】

産業用及び発電用ガスタービンは、これらの運転を監視し制御するコントローラを備えた制御システムを有する。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管理する。窒素酸化物 (NO_x) のエミッションを最小にするために、DLN 燃焼システムが開発され、使用されている。制御計画アルゴリズムは、コントローラによって実行され、DLN 燃焼システムを運転する。従来の DLN アルゴリズムは、入力として、タービンの排気温度及び実際の運転中の圧縮機の圧力比の測定値を受け取る。DLN 燃焼システムは、一般には、ガスタービンの運転状態 (例えば、タービン排気温度) を決定するために、タービン排気温度及び圧縮機の圧力比にのみ依存している。

20

【0003】

図 1 は、圧縮機 12、燃焼器 14、並びに圧縮機及び制御システムすなわちコントローラ 18 に駆動可能に結合されたタービン 16 を有するガスタービン 10 を示している。圧縮機への入口 20 は、周囲空気及び場合によっては注入水を圧縮機に供給する。この入口は、ダクト、フィルタ、スクリーン及び吸音装置を有する場合があり、これら各々は、入口 20 を通って圧縮機の入口ガイドベーン 21 内に流入する周囲空気の圧力損失の原因となる可能性がある。タービン用の排気ダクト 22 は、例えば、エミッション制御及び吸音装置を有するダクトを通して燃焼ガスをタービンの出口から導く。タービンは、電力を発生する発電機 24 を駆動することができる。

30

【0004】

ガスタービンの運転は、タービン、発電機及び環境の様々な状態を検出する幾つかのセンサ 26 によって監視することができる。例えば、温度センサは、ガスタービンの周りの周囲温度、圧縮機排出温度、タービン排出ガス温度、及びガスタービンを通過するガス流の他の温度測定値を監視することができる。圧力センサは、圧縮機入口及び出口、タービン排気、並びにガス流の他の場所における周囲圧力並びに静的及び動的圧力レベルを監視することができる。更に、湿度センサ、例えば、乾湿球温度計は、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 の運転に関する様々なパラメータを感知する、流量センサ、速度センサ、火炎検出器センサ、バルブ位置センサ、ガイドベーン角度センサ、又は同様のものを含むことができる。本明細書で使用される用語「パラメータ」及び類似の用語は、所定のタービン運転状態を表すのに使用することができるタービン内の定義された場所における、温度、圧力及び流量のようなタービンの運転状態を定義するのに使用することができる項目を意味する。

40

【0005】

燃料制御システム 28 は、燃料供給源から燃焼器 14 まで流れる燃料、すなわち様々なノズル内に流れる燃料と燃焼区域内に流れる前に空気と混合される燃料との間のスプリットを調節し、更に、燃焼器のために燃料の種類を選択することができる。この燃料制御シ

50

システムは、別個のユニットとすることができ、或いは、より大きなコントローラ 18 の構成要素とすることもできる。

【0006】

コントローラは、General Electric SPEEDTRONIC (商標) ガスタービン制御システムとすることができる。コントローラ 18 は、センサ入力及び人間のオペレータからの指示を使用して、ガスタービンの運転を制御するためにプログラムを実行するプロセッサ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、燃焼器 14 への燃料流量を調節する計画アルゴリズムを含むことができる。このコントローラによって生成された命令により、ガスタービン上のアクチュエータが、例えば、流量及び燃料の種類を調節する燃料供給源と燃焼器との間のバルブ、圧縮機上の入口ガイドベーン 21、及びガスタービン上の他の制御設定値を調整するようになる。

10

【0007】

コントローラ 18 は、該コントローラのコンピュータメモリ内に格納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。これらのアルゴリズムにより、コントローラ 18 は、タービン排気中の NO_x 及び一酸化炭素 (CO) エミッションを予め定義されたある限界内に維持し、燃焼器燃焼温度を予め定義された温度限界内に維持することができる。このアルゴリズムは、現在の圧縮機圧力比、圧縮機排出温度、周囲比湿度、入口圧力損失及びタービン排気背圧についてのパラメータを含む。

【0008】

燃焼器 14 は、DLN 燃焼システムとすることができる。制御システム 18 は、DLN 燃焼システムを制御するようにプログラム及び修正することができる。

20

【0009】

タービン運転温度及び基準タービン運転温度は、ガスタービン運転の制御において重要なパラメータである。Morgan 他による米国特許第 7,100,357 号は、タービン排気の基準温度を計算するためのアルゴリズムに組み込まれた多くの環境要因を含む目標基準排気温度を調整することによって、ガスタービンを制御するシステムを説明した。このアルゴリズムは、NO_x エミッション制限アルゴリズム、CO エミッション制限アルゴリズム、目標タービン燃焼温度アルゴリズム、及び目標タービン燃焼温度制限アルゴリズムに基づいて、制限タービン排気温度を設定する。このプロセスを用いて、特に周囲条件及びタービン運転パラメータが変化するとき、タービンエミッション及び燃焼温度を目標レベル以下に維持することができる。コントローラは、目標タービン排気温度を達成するよう燃料コントローラを調整する。このアルゴリズムは、補正パラメータ制御 (CPC) として周知である。

30

【0010】

様々な正常な過渡運転状態は、基準タービン運転温度と実際のタービン運転温度との間の一時的な差異をもたらすことができる。1つの実施例は、ユニットが無負荷になると、燃料が最初に減少するので、基準排気温度は通常、実際の温度よりも高くなることである。従って、入口ガイドベーンは、基準温度に対する実際の温度の誤差に反応するが、燃焼温度を維持するために燃料の減少には反応しない。

40

【0011】

残念ながら、入口ガイドベーンがタービン排気熱電対を使用して制御されると、タービン排気熱電対内には既知の遅延が存在する。タービン排気熱電対がより低い温度を登録するまでは、燃料は減少し続ける。これにより入口ガイドベーンは、燃焼未満状態をもたらす無負荷の間は常に燃料を「追跡」する結果となる。

【0012】

通常、燃焼未満ではあまり大きな悪影響を及ぼさないで、かなり大きなマージンが燃焼システムに存在する。しかしながら、最新の超低エミッション燃焼システムでは、マージンは遙かに厳しくなる。過渡の燃焼未満は、燃焼ダイナミックスすなわち火炎の損失をもたらす可能性がある。燃焼器内の燃焼ダイナミックスは、ハードウェアに損傷を与える

50

ことは周知である。燃焼における火災の損失は、大きな拡散をもたらす可能性があり、プラグが燃焼され、Lean Lean及び高エミッションモードの運転に戻される。また、ユニットトリップも大きな拡散で生じる可能性がある。

【特許文献1】米国特許第7,100,357号公報

【特許文献2】米国特許第6,912,856号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

従って、新しい制御アルゴリズムでは、燃焼ダイナミクス又は火災の損失を回避するために、ガスタービンユニットを識別して一時的に位置付けることが必要とされる。

10

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明の一態様によれば、圧縮機、燃焼器、及びタービンを含むガスタービンにおけるコントローラは燃料スプリット計画を備える。このコントローラは、実際のガスタービン運転パラメータに関するデータを受け取るセンサ入力と、運転パラメータに従って燃料スプリットを調整する燃料制御システムとを含む。

【0015】

コントローラ内のプロセッサは、測定された基準排気温度と実際のタービン排気温度との間の遅延が、燃焼ダイナミクス及び火災損失のうちの少なくとも1つを生じる場合がある、所定のガスタービン過渡事象のセットを含むプログラムを実行する。プロセッサは、センサ入力に基づいたガスタービン運転パラメータから過渡事象を認識する機能を含む。プロセスは、燃焼ダイナミクス及び火災損失に関するガスタービン過渡事象の影響を緩和するためにプログラムされた応答を提供する。

20

【0016】

本発明の別の態様によれば、測定された基準排気温度と実際のタービン排気温度との間の遅延が燃焼ダイナミクス及び火災損失のうちの少なくとも1つを生じる場合があるガスタービン運転における過渡事象に応答するための方法が提供される。本方法は、実際のガスタービン運転パラメータに関する入力データを感知する段階と、感知された運転パラメータに基づいて、所定の過渡事象のセットからどの事象が生じたかを判定する段階とを含む。本方法は、更に、所定の過渡事象に対して所定の優先応答を開始する。

30

【0017】

本発明の更に別の態様によれば、圧縮機、燃焼器、タービン、実際のガスタービン運転パラメータに関するデータを提供するセンサ、及び運転パラメータによる燃料スプリット計画を含む燃料制御システムを含むことができるガスタービンが提供される。ガスタービンはまた、実際のガスタービン運転パラメータに関するデータを受け取るセンサ入力を受信するコントローラを含む。このコントローラは更に、プログラムを実行するプロセッサを含む。プログラムは、測定された基準排気温度と実際のタービン排気温度との間の遅延が燃焼ダイナミクス及び火災損失のうちの少なくとも1つを生じる場合がある所定のガスタービン過渡事象のセットと、センサ入力に基づいてガスタービン運転パラメータから過渡事象を認識する機能と、燃焼ダイナミクス及び火災損失に関するガスタービン過渡事象の影響を緩和するためのプログラムされた応答とを含むことができる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

本発明のこれら及び他の特徴、態様並びに利点は、図面全体を通じて同様の符号が同様の要素を示している添付図面を参照しながら以下の詳細な説明を読めばより理解されるであろう。

【0019】

本発明の以下の実施形態は、指定過渡状態の間の燃焼ダイナミクス及びフラームアウトを回避すること、及び目標とするNOxレベルでの連続運転を可能にすることを含む、多くの利点を有する。

50

【 0 0 2 0 】

本発明は、ガスタービン運転中に通常見られ、且つ望ましくない運転及び場合によってはハードウェア破損の原因となる可能性がある過渡事象を管理する方法に関する。ある過渡運転の間に、基準排気温度と実際のタービン排気温度との間に遅延が見られることがある。この遅延は、可変の大きさ及び持続時間の燃焼システム内での燃焼未満状態を生じる可能性がある。燃料スプリット計画又は制御アルゴリズムのいずれかは、燃焼ダイナミックス又は火災の損失を阻止するようにこれらの過渡状態の間に位置付けることができる。燃焼ダイナミックスは、即時のハードウェア交換を必要とする可能性のある損傷を引き起こすことが知られている。過渡状態が完了すると、通常の制御運転が再開される。

【 0 0 2 1 】

また、運転中、システムコントローラは、エミッション、特にNO_xエミッションを移動平均に基づいた最大レベルに制限するように設計されている。本発明がなければ、目標NO_xレベルにおける長時間運転は可能ではない。

【 0 0 2 2 】

図2は、従来技術の制御体系の下での基本負荷から部分負荷への過渡事象を示している。入口ガイドベーン位置210、メガワット出力215、排気温度22及び燃料基準230を含む運転パラメータは、基本負荷から部分負荷までの出力過渡状態の間追跡される。燃料基準230は、1で移動し始める。入口ガイドベーン210は、2までは閉鎖が開始されず、タービンは、排気温度220で示されるように一時的に冷却に向かうことが可能になる。排気温度は、3の周辺までは燃料減少にตอบสนองして降下し続け、その後回復する。燃料基準の減少と入口ガイドベーン210の閉鎖との間の遅延260に起因する排気温度220の一時的な降下は、燃料が迅速に供給されない場合には、燃焼ダイナミックス又は希薄消焰を生じる可能性がある。

【 0 0 2 3 】

図3は、従来技術の制御体系の下での水洗浄オン過渡事象を示している。グラフで識別された運転パラメータは、入口ガイドベーン位置310、燃料スプリット320、メガワット出力330及び水洗浄オンのシーケンス340を含む。1において、水洗浄オン340が開始され、2で完全に流れている。メガワットパワー出力330は、3において水洗浄に迅速にตอบสนองし、約1.5メガワットだけ増大する。しかしながら、従来技術の制御では、燃料スプリット320は、タービンへの水の流入によって引き起こされるステップ状出力にตอบสนองして即座には調整されない。従って、タービン内で冷却が起こり、場合によっては、燃焼ダイナミックス又はフレイムアウトにつながる。

【 0 0 2 4 】

水洗浄流れは、本ケースの場合には、4での少なくともグラフの時間の間(144秒)継続されるが、水洗浄の頻度及び時間は、個々の現場オペレータによって決定付けられる。水洗浄は、数時間でも維持することができる。更に、ユニットに押し込まれる水の量は、洗浄される機械の数、詰まった水洗浄ノズルの数及び他の要因に依存し、ガスタービン製造者の管理下にはない。その結果、水洗浄に対する影響の予測を確定することはできない。従って、円滑な運転及びNO_x制御を維持するためには、即時応答及び長時間応答の両方が必要とされる。

【 0 0 2 5 】

本発明の態様は2つの部分に分けられる。燃料スプリット動作は、即時応答の主要なものである。制御アルゴリズム動作は、エミッションモデルゲインを調整することによって、より長時間の応答に対してユニットを運転限界から更に推し進める。

【 0 0 2 6 】

場合によっては、即時応答は、燃焼ダイナミックス又は火災の損失を防止するために、ユニットを過渡的に位置付けることが要求される。これらの過渡事象に対する解決法は、ガス燃料スプリットを迅速に動かすことであり、これは燃焼作動性に即時的な影響を与えることになる。残りの制御アルゴリズムは、燃料スプリットがシフトされたことを認識していないので、過渡事象が消えた後にその変更をランプ制御で元に戻す必要がある。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 7 】

ガス燃料スプリットは、ガスタービン制御の既存の制御アルゴリズム内でプログラムされる。この燃料スプリットは、特定の運転状態についての様々な燃料経路の間で分配されることになるガス燃料の量を決定付ける。燃料スプリットを変えることにより、幾分エミッションは大きくなるが、より安定した火炎となる。変更した燃料スプリットは、所定時間期間の間維持される。燃料スプリットの変更がもはや必要とされなくなると、過渡状態はランプオフすることができる。作動試験では、調整された燃料スプリットに対する所定時間期間は、即時応答を必要とする幾つかの作動過渡状態については約60秒に設定することができるが、この所定期間は、様々な運転過渡状態に対してより短く又はより長く設定できることが示された。

10

【 0 0 2 8 】

ガスタービンのNOx制御は、最大時間平均PPM出力に関して指定することができる。従って、平均的PPM出力を上回らない条件下で、即時応答の調整された燃料スプリット間のような、NOxエミッションの限定的な過渡的増大は許容することができる。

【 0 0 2 9 】

ユニットの作動中、アルゴリズムは、潜在的リスクとして識別される過渡事象を継続的に探している。過渡事象が識別され、「克服する」ために即時動作が必要とされる場合には、ガス燃料スプリットのステップ状変化が適用される。調整されたガス燃料スプリットでは、燃焼ダイナミクス及び希薄消焰の両方に対する大きなマージンが存在する。

20

【 0 0 3 0 】

リスクが通り過ぎると、アルゴリズムはガス燃料スプリットを計画値に戻るようランプ制御する。複数の過渡事象を同時に有することも可能である。コントローラは事象について連続的に監視し、各事象は、複数の事象が短い時間フレームで発生する場合にはホールドタイムを引き延ばすことによってシーケンスを開始する。過渡状態が収まると、燃料スプリットは計画値に戻る。例示的な過渡状態のセットにおいて、燃料スプリット調整の即時応答に関するホールドタイムは60秒とすることができる。しかしながら、特定の過渡事象に個別のホールドタイムを適用することも実施可能な場合がある。最初の過渡状態に関するホールドタイムの間に、1つ又はそれ以上の後続の過渡事象が識別された場合、後続の事象に関するホールドタイムを付加し、即時応答の持続時間を延長することができる。ホールドタイムの終わりには、即時応答は計画値までランプオフすることができる。

30

【 0 0 3 1 】

他の過渡状況では、タービン作動性に対する悪影響を回避するために長時間応答を必要とする。1つの実施例は水洗浄の間である。水洗浄は、圧縮機ブレードを洗浄する目的で、水及び利用可能な洗浄剤を圧縮機内に取り込み、圧縮機を通して流す作業である。水がタービンセクションに達すると、水塊がタービンを通る流れ全体を冷却する傾向があり、場合によっては、燃焼ダイナミクス又はフレームアウトを生じる。即時応答は、初期燃焼ダイナミクス及びフレームアウトの可能性に対処するために必要とされる。

【 0 0 3 2 】

しかしながら、水洗浄が開始されると、実際に圧縮機に入る水の量は、機器製造者の制御外の様々な要因に依存している。この要因は、その時点で洗浄しているタービンの数及びユニット当たりの閉塞した水洗浄ノズルの数を含むことができる。各水洗浄の影響を予測することは不可能であるので、タービンエミッション制御アルゴリズムの長時間調整が必要とされる。補正パラメータ制御(CPC)アルゴリズムがMorgan他による米国特許第7,100,357号に関して上述された。長時間応答を必要とする過渡状態がコントローラによって識別されると、CPCアルゴリズムは、ユニットが燃焼ダイナミクス及びフレームアウト可能性に対するマージンを増大させるより大きなエミッションレベルで過渡的に動作するように「拡張」される。次に、閉ループエミッション制御は、安定状態水洗浄運転が構築された後、エミッションフィードバックデータを使用してユニットを望ましいエミッションレベルに再調整し、コントローラアルゴリズムを調整する。

40

【 0 0 3 3 】

50

補正パラメータ制御（CPC）は、超低エミッションプログラムで使用されるが、本発明の一部としては必要ではない。CPCは、エミッション限界のような指定された境界限界内でタービン運転を維持する排気温度基準を生成する。

【0034】

別の選択肢は、エミッションモデルゲインをステップ化することによって、長時間応答を適用することである。通常この応答は、予測できない過渡状態において使用される。モデルゲインがステップ化されると、閉ループエミッション制御は、モデル及びタービンを再調整し、安定状態運転状況に戻すことになる。エミッションモデルのステップ化は、直接燃料スプリット計画反応を有さないが、燃料スプリット及び排気温度基準を必要に応じて調整することになる。

10

【0035】

閉ループエミッション制御がオフラインの間に過渡事象が生じた場合でも、エミッションモデルは、依然としてステップ化される。しかしながら、ユニットを調節するために閉ループエミッション制御がなければ、エミッションは、要求よりも僅かに大きくなる可能性がある。長時間応答を必要とする付加的な過渡状態が起こった場合、エミッションモデルは、引き続きステップ化されることになる。境界がなければ、これらの過渡状態が引き続き閉ループエミッション制御オフラインによって生じる場合、タービンをエミッション適合ウィンドウ外にすることが可能になる。従って、許容カウンタが長時間動作に加えられ、閉ループエミッション制御オフラインでのエミッションモデル調整の過度なステップ化を回避する。例えば、複数の連続した長時間過渡状態が生じた場合、エミッションモデルは、少なくとも1つの閉ループエミッション制御調整が行なわれるまで、後続の動作の実施からロックアウトされるようにする。

20

【0036】

即時応答又は長時間応答を開始する決定、或いは、両応答が必要とされるか否かは、現場の経験的動作及び試験に基づいている。付加的な過渡状態を識別し、アルゴリズムに加えることができる。過渡状態が検出された後に行なわれる応答はまた、即時応答から長時間応答に容易に変更することができ、その逆もまた同様である。システム運転は、基準排気温度と実際の排気温度との不一致から生じる可能性がある過渡事象について評価を行っている。例示的な運転について、即時応答、長時間応答、又は両方の応答が必要とされるか否かに関して表1に分類した。

30

【0037】

【表 1】

【表 1】

事象	即時応答	長時間応答
基本負荷から部分負荷	有	無
水洗浄オン	有	有
水洗浄オフ	無	有
予混合ページへの移行	有	無
入口抽気熱トリップ	有	無
X時間よりも大きくないように調整された閉ループエミッション制御	無	有
拡張事象又はDLNモードレス	無	有
予混合での負荷遮断	有	無
データ有効/無効	無	有
DLN1+回復モード	無	無
グリッド過周波数-FSRNが降下する	有	無
グリッド不足周波数-基本負荷	無	無
グリッド不足周波数-部分負荷	無	無
圧縮機抽気バルブ故障	無	無
部分負荷/無負荷 事前選択	無	無
部分負荷/無負荷 手動負荷低減	無	無
部分負荷/無負荷 手動負荷上昇	無	無
ヒートソーク中のコールドスタート時のCLECの損失	無	有
拡張事象-燃焼トラブルアラーム	無	無

図 4 は、本発明の過渡事象ベースの制御アルゴリズムの実施形態を示している。アルゴリズムはステップ 300 で始まる。ステップ 310 において、システムパラメータは、可能性のある過渡事象について監視される。ステップ 320 において、長時間動作が必要とされるか否かが判断される。長時間動作が必要とされない場合、ステップ 350 で、即時動作が必要とされるか否かが判断される。

【0038】

ステップ 320 において、長時間動作が必要とされる場合、ステップ 330 で、許容カウンタが所定の限界を下回るか否かを判断するチェックが行なわれる。ステップ 330 において、許容カウンタが限界を下回っていない場合、ステップ 350 で、即時動作が必要とされるか否かが判断される。ステップ 330 において、許容カウンタが限界を下回っている場合、ゲインを使用してエミッションモデル基準に対するステップ変更が行われ、ステップ 350 に従って、即時動作に関するチェックが行なわれる。アルゴリズムの更に別の態様においては、許容カウンタが所定の限界を下回ったままである場合、閉ループエミッション制御調整が介在せず、エミッションモデル基準ゲインに対し変更が行われる。

【0039】

ステップ 350 に従って即時動作が必要とされない場合、ステップ 310 に従って、可能性のある過渡状態についての監視が継続される。ステップ 350 によって即時動作が必要とされる場合、燃料スプリットにおいてステップ変更が行なわれ、ステップ 360 に従って、ホールドタイマが初期化される。ステップ 370 において、ホールドタイマが完了したか否かを判断するチェックが行なわれる。ホールドタイマが完了していない場合、該ホールドタイマが完了するまでチェックが継続される。ホールドタイマが完了すると、ステップ 380 に従って、燃料スプリット基準のステップ変更がランプアウトされる。ホー

ルドタイマの更に別の態様においては、該ホールドタイマは、短時間動作を必要とする別の過渡事象を識別することによってリセットすることができる。次に、可能性のある過渡事象について監視が継続される。

【0040】

図5A及び図5Bは、本発明の制御アルゴリズムの実施形態の下での基本負荷から部分負荷への過渡事象を示している。入口ガイドベーン位置510、メガワット出力515、燃料基準速度520、燃料基準温度525、排気基準温度530、排気温度535、過渡状態検出540及び燃料スプリット550を含む運転パラメータは、基本負荷から部分負荷への出力過渡状態の間に追跡される。燃料基準速度520は、1において、燃料基準温度525と交差すると燃料を減少し始め、基本負荷555から部分負荷560まで、メガワット出力515において起こる出力低減と一致する燃焼器への燃料低減を開始する。入口ガイドベーン位置510は、2から閉鎖が始まり、タービンは、当分の間、排気温度535で示されているように3において過渡的に冷却を開始することが可能になる。基準排気温度530は、部分負荷状態の新規の高温設定570を反映するように上昇する。本発明のアルゴリズムの実施形態によれば、過渡事象560は4において検出される。即時応答は、7において、燃料スプリット550のステップ変更の形態で実施される。燃料スプリットの変化は、上述のように、火炎を維持し且つ燃焼ダイナミクスを回避するのを助ける。所定の即時応答時間の終わりに、燃料スプリットの変更が9でランプオフされ、この即時応答は、所定の固定時間の間継続する。

10

【0041】

図6は、本発明の制御アルゴリズムの実施形態での水洗浄オンの過渡事象を示している。メガワット出力615、水洗浄オンステータス620、燃料スプリット630及びエミッションモデルゲイン635を含む運転パラメータが追跡される。上述のように、水洗浄オンの過渡事象は、圧縮機を通してタービン内に水を導き、燃料スプリット630で示されているように、燃料が提供されるのに対して、4においてタービンから付加的な熱が取り出される。冷却は、燃焼ダイナミクス又はフレームアウトの可能性を高める。水洗浄オンの過渡事象620は、1で本発明のコントローラによって感知される。コントローラは、即時応答を開始し、3で燃料スプリットの変化に影響を与えることによって燃料配分を修正し、これにより、火炎を安定化させるように動作する。所定の即時応答時間の終わりに、燃料スプリットは、6でランプオフされ、この即時応答が所定の固定時間の間続く。

20

30

【0042】

水洗浄オンの過渡事象は更に、コントローラから長時間応答を誘起する。1でオン選択された水洗浄に対応して、エミッションモデルゲイン635は7で増大される。閉ループエミッション制御は、エミッションモデルゲインを望ましいエミッションを維持するのに必要な値に調整する一方、安定状態の後の水洗浄において、水洗浄オンエミッションデータが8で利用可能となる。

【0043】

事象ベース動作を使用して望ましくないガスタービン過渡事象を緩和するために長時間応答を組み込んだコントローラのブロック図が図7に提供される。長時間応答に対する制御は、閉ループエミッション制御、及び全体のタービン運転制御に送られるタービン排気基準温度を決定する補正パラメータ制御を含むことができる。より高いタービン排気基準温度信号にตอบสนองして、タービン制御は、燃料の量及び/又は燃焼器に送られる燃料スプリットの変化に影響を与え、従って、これらの長時間過渡状態の間に燃焼ダイナミクスに対するマージンの増大を可能にすることができる。

40

【0044】

図7は、閉ループエミッション制御(CLEC)ブロック605、及びタービン制御部635に対する基準排気温度626を共に構築する補正パラメータ制御(CPC)ブロック625を含む。タービンコントローラ635は、ガスタービン640に対して直接制御を提供する。ガスタービン640からの排気650は、タービン排気熱電対655からの

50

温度 656 及びタービンエミッション 660 を含むパラメータについて監視されている。タービン排気熱電対温度 656 は、タービン制御部 635 にフィードバックされ、タービンエミッション 660 は、CLEC 605 のエミッション監視装置 606 によって感知される。

【0045】

タービン制御システム 635 の検出要素（例示的な要素 671 ~ 674）は、燃焼ダイナミクスを回避するための長時間応答を必要とする予め定められた過渡状態の発生を識別する。

【0046】

Morgan 他による米国特許第 7,100,357 号に記載のように、補正パラメータコントローラ 625 は、様々なタービン運転パラメータを利用して、タービンコントローラ 635 に提供されるタービン排気基準温度 626 を決定する。エミッション制限アルゴリズム 629 を含む 4 つの制限アルゴリズムは、各々制限温度出力を提供する。選択アルゴリズム 630 に従って選択制限アルゴリズム出力の 1 つを選択して、タービン排気基準温度 634 を求めることができる。

10

【0047】

運転中、エミッションゲイン信号 624 は、閉ループエミッション制御部 605 により CPC 625 のエミッション制限アルゴリズム 629 に提供される。エミッションゲイン信号 624 は、エミッション監視センサ 606 によって感知されたエミッションデータ 660 及び予測エミッション信号 611 に基づくことができる。予測エミッション信号 611 は、CPC 625 のエミッションアルゴリズム 629 からの出力温度 633 及びタービン運転状態パラメータ 615 を利用して、エミッション予測器 610 によって求めることができる。

20

【0048】

例示的な長時間過渡事象 671 ~ 674 が識別されると、ゲイン選択機能 623 は、増大したゲイン係数 608 を有するゲイン入力 609 を一時的に選択することができる。増大したゲイン入力によって、エミッション制限アルゴリズム 629 へのエミッションゲイン信号 624 が増大し、従って、エミッション制限アルゴリズム 629 の制限温度出力 633 が上昇する。エミッション制限アルゴリズム 629 からの出力を増大させる効果は、タービン排気基準温度 634、及び/又は燃料スプリットを増大させ、従って、燃焼ダイナミクスに対するマージンが増大する。

30

【0049】

一例として、増大したタービン排気温度では、タービン排気 650 のエミッション 660 が上昇する傾向にある。これに応じて、エミッション監視装置 606 へのエミッション入力 660 が増大する。閉ループエミッション制御のエミッション監視装置 606 及び予測エミッション信号 611 からの差動フィードバックは、CPC 625 に提供されるエミッションゲイン 624 をより正常な値に回復させる（調整する）傾向がある。このフィードバックは、エミッションレベルを許容可能な運転制限内にまで回復させる傾向がある。しかしながら、長時間過渡事象がタービンの運転状態を変化させる範囲（例えば、よりエネルギーを抽出する水洗浄）までエミッションゲイン 624 が十分に回復されない場合がある。

40

【0050】

この実施形態は、基準排気温度の設定のために CPC を使用する一方で、長時間過渡事象を示す信号にตอบสนองすることができる調整可能なタービン排気基準温度用の他の制御機構は、本発明の範囲内にあると考えることができる。

【0051】

様々な実施形態を本明細書において説明したが、その中で、様々な構成要素の組み合わせ、変形又は改良を行なうことができ、これらは本発明の範囲内にあることは本明細書から明らかであろう。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 5 2 】

【図 1】燃料制御システムを有するガスタービンを示す図。

【図 2】従来技術制御下での基本負荷から部分負荷への過渡事象を示す図。

【図 3】従来技術制御下での水洗浄オン過渡事象を示す図。

【図 4】本発明の過渡事象ベースの制御アルゴリズムの実施形態を示す図。

【図 5 A】本発明の制御アルゴリズムの実施形態による基本負荷から部分負荷への過渡事象を示す図。

【図 5 B】本発明の制御アルゴリズムの実施形態による基本負荷から部分負荷への過渡事象を示す図。

【図 6】本発明の制御アルゴリズムの実施形態による水洗浄オン過渡事象を示す図。

10

【図 7】事象ベースの動作を使用して望ましくないガスタービン過渡状態を緩和する長時間応答を組み込んだコントローラを示す図。

【符号の説明】

【 0 0 5 3 】

- 1 0 ガスタービン
- 1 2 圧縮機
- 1 4 燃焼器
- 1 6 タービン
- 1 8 制御システム
- 2 0 入口
- 2 1 入口ガイドベーン
- 2 2 排気ダクト
- 2 4 発電機
- 2 6 センサ
- 2 8 燃料制御システム
- 2 1 0 入口ガイドベーン位置
- 2 1 5 メガワット出力
- 2 2 0 排気温度
- 2 3 0 燃料基準
- 2 6 0 遅延
- 3 1 0 入口ガイドベーン位置
- 3 2 0 燃料スプリット
- 3 3 0 メガワット出力
- 3 4 0 水洗浄オン
- 5 1 0 入口ガイドベーン位置
- 5 1 5 メガワット出力
- 5 2 0 燃料基準速度
- 5 2 5 燃料基準温度
- 5 3 0 排気基準温度
- 5 3 5 排気温度
- 5 4 0 過渡状態検出
- 5 5 0 燃料スプリット
- 5 5 5 基本負荷
- 5 6 0 部分負荷
- 5 7 0 高温設定
- 6 1 5 メガワット出力
- 6 2 0 水洗浄オン状態
- 6 3 0 燃料スプリット
- 6 3 5 エミッションゲインモデル

20

30

40

【図1】

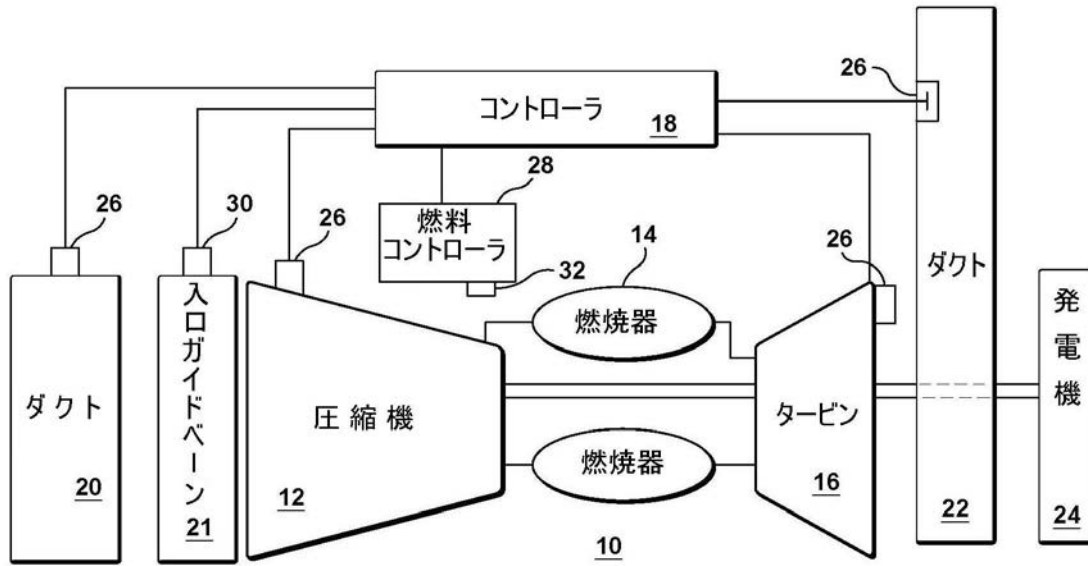


FIG. 1

【図2】

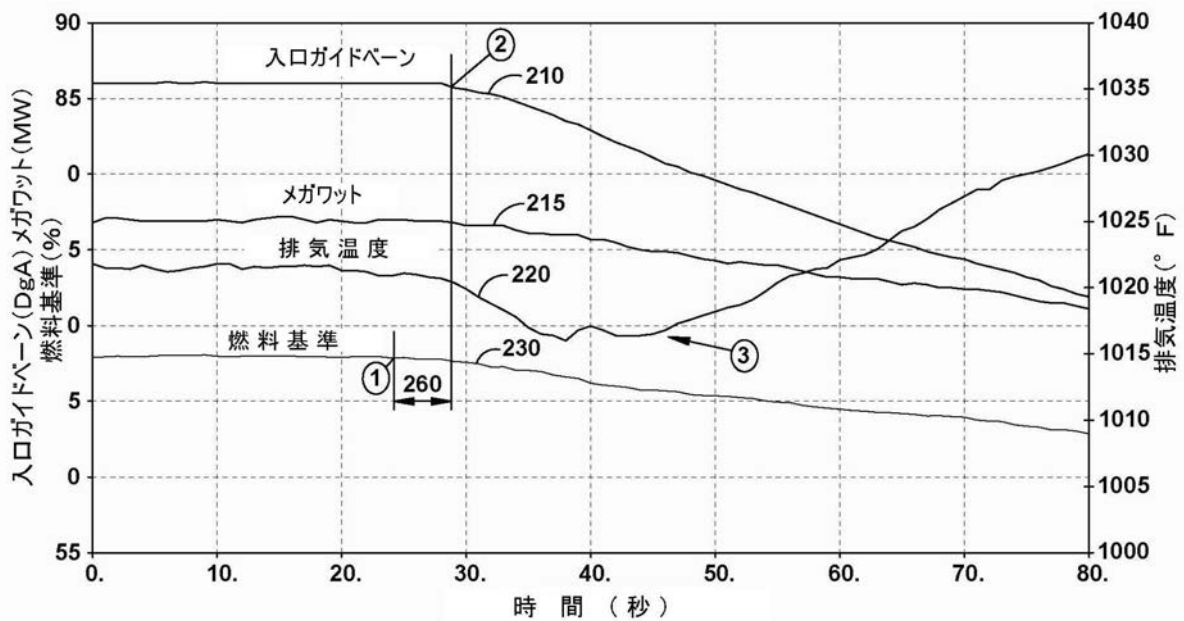


FIG. 2

【 図 3 】

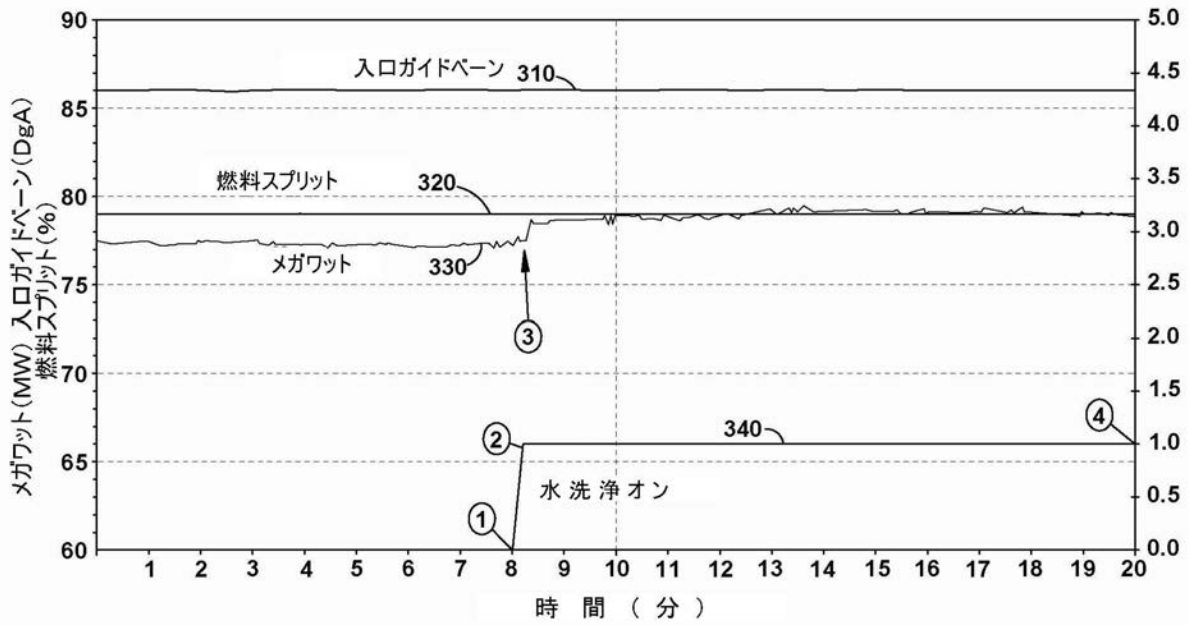


FIG. 3

【 図 4 】

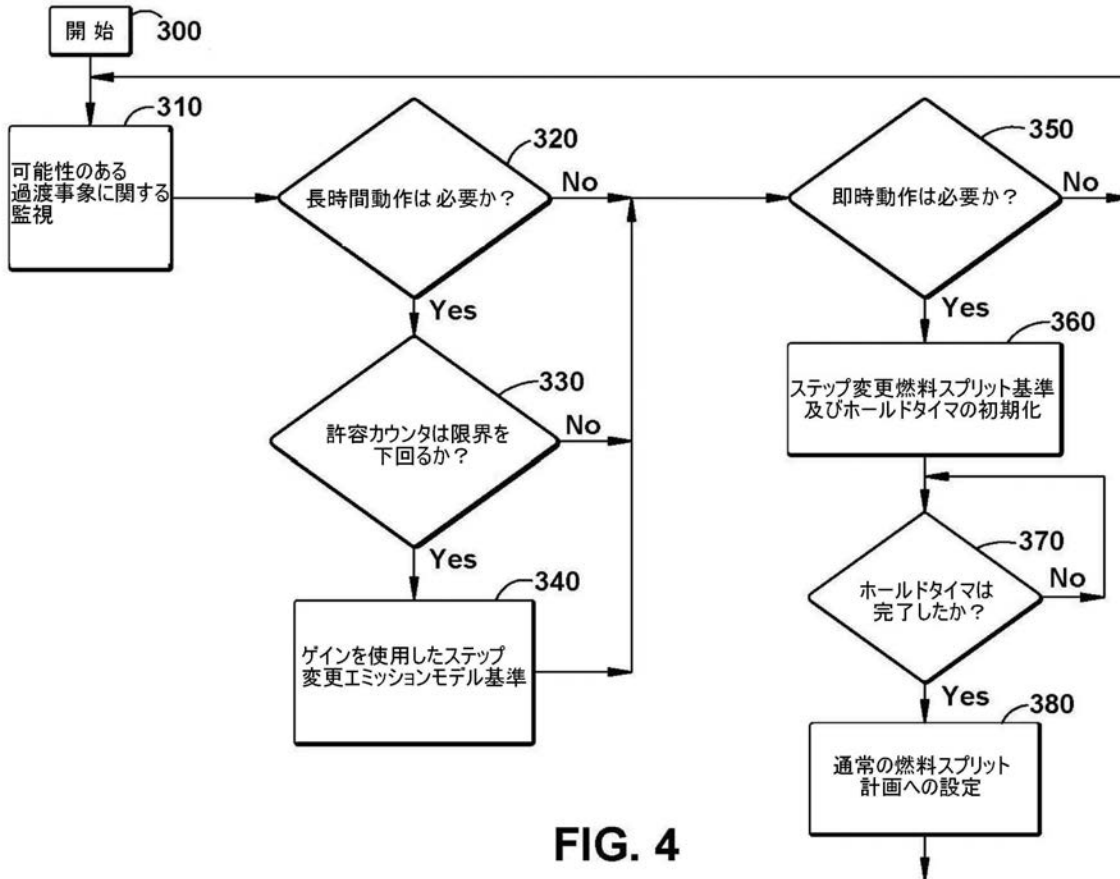


FIG. 4

【 図 5 A 】

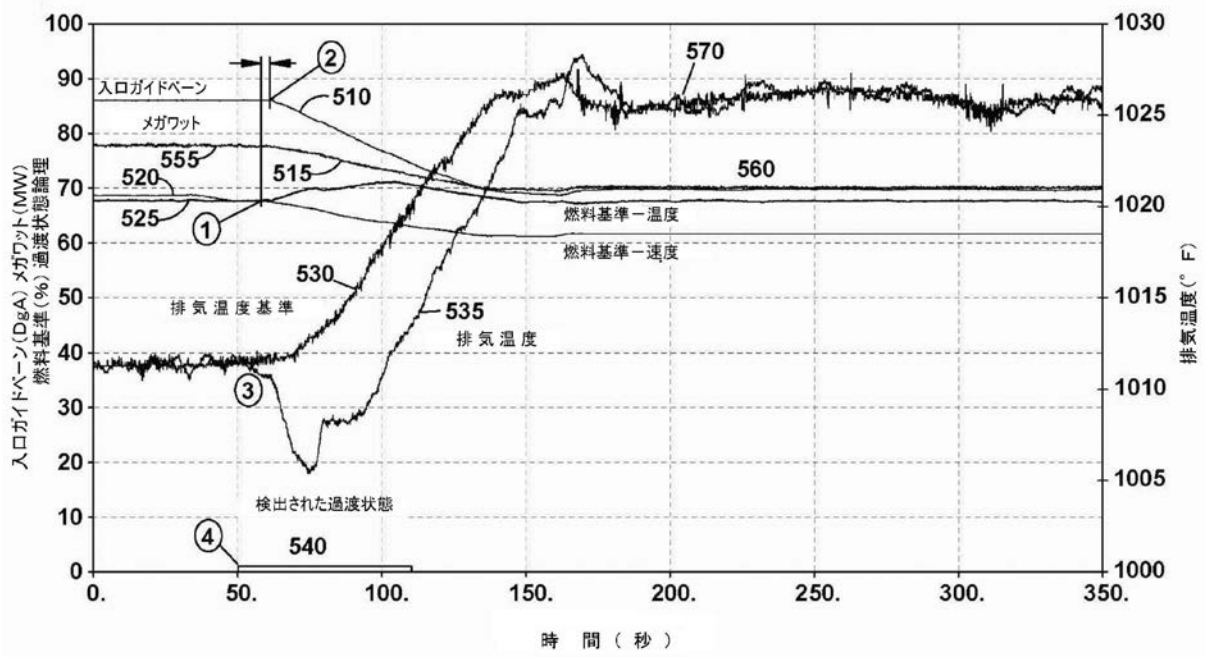


FIG. 5A

【 図 5 B 】

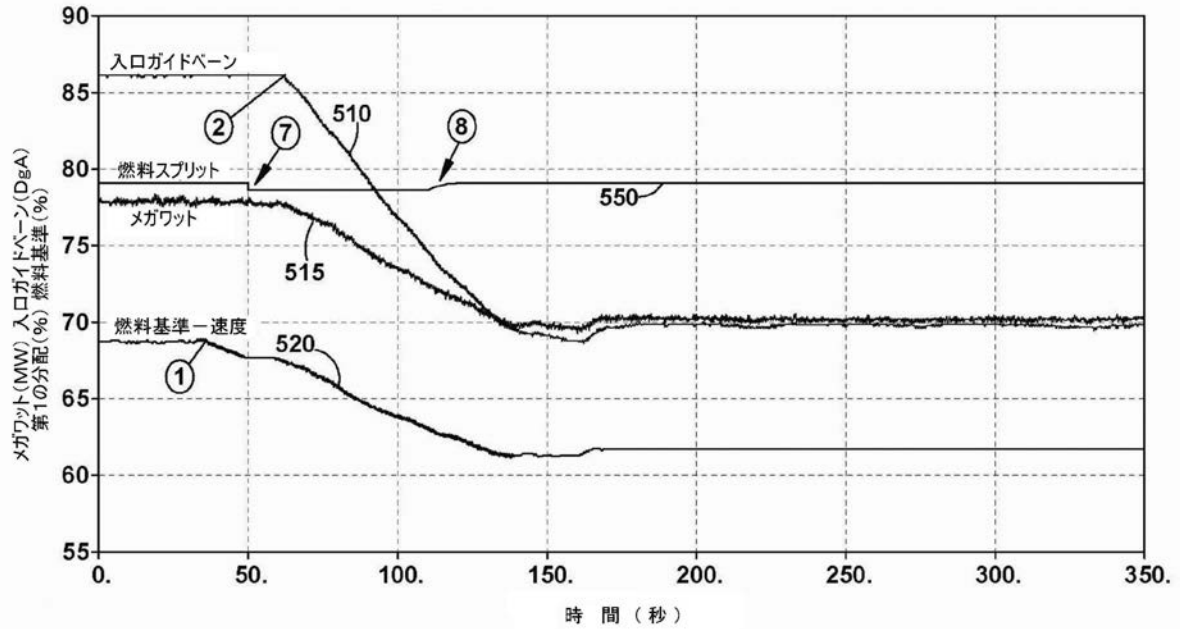


FIG. 5B

【 図 6 】

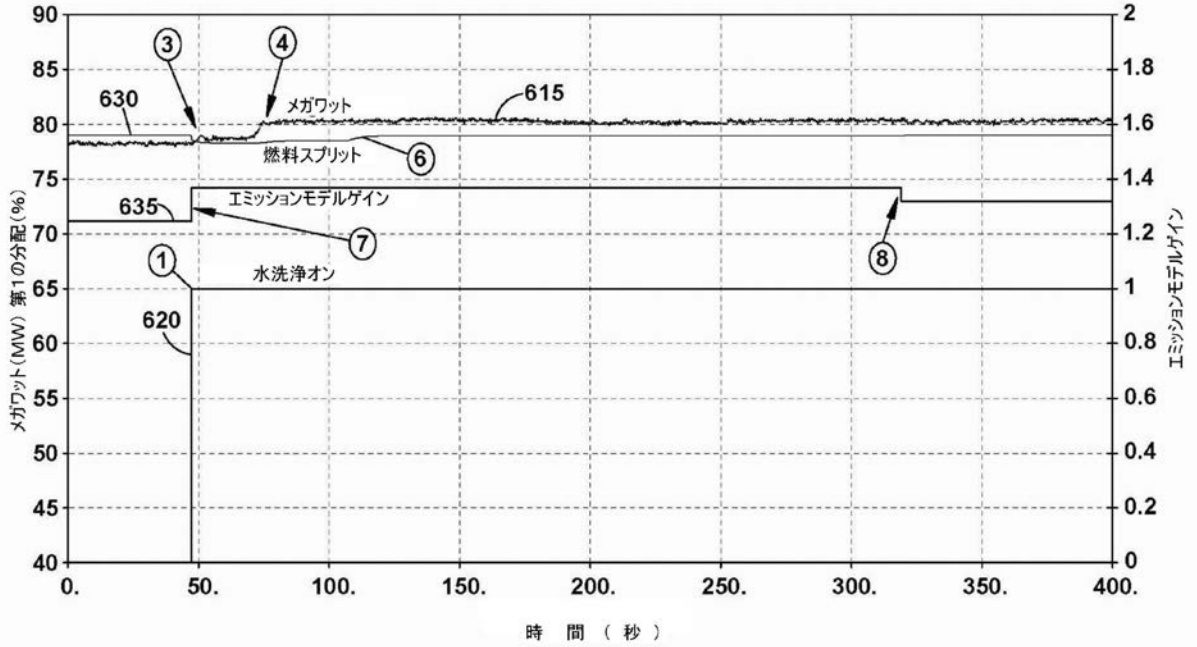


FIG. 6

【 図 7 】

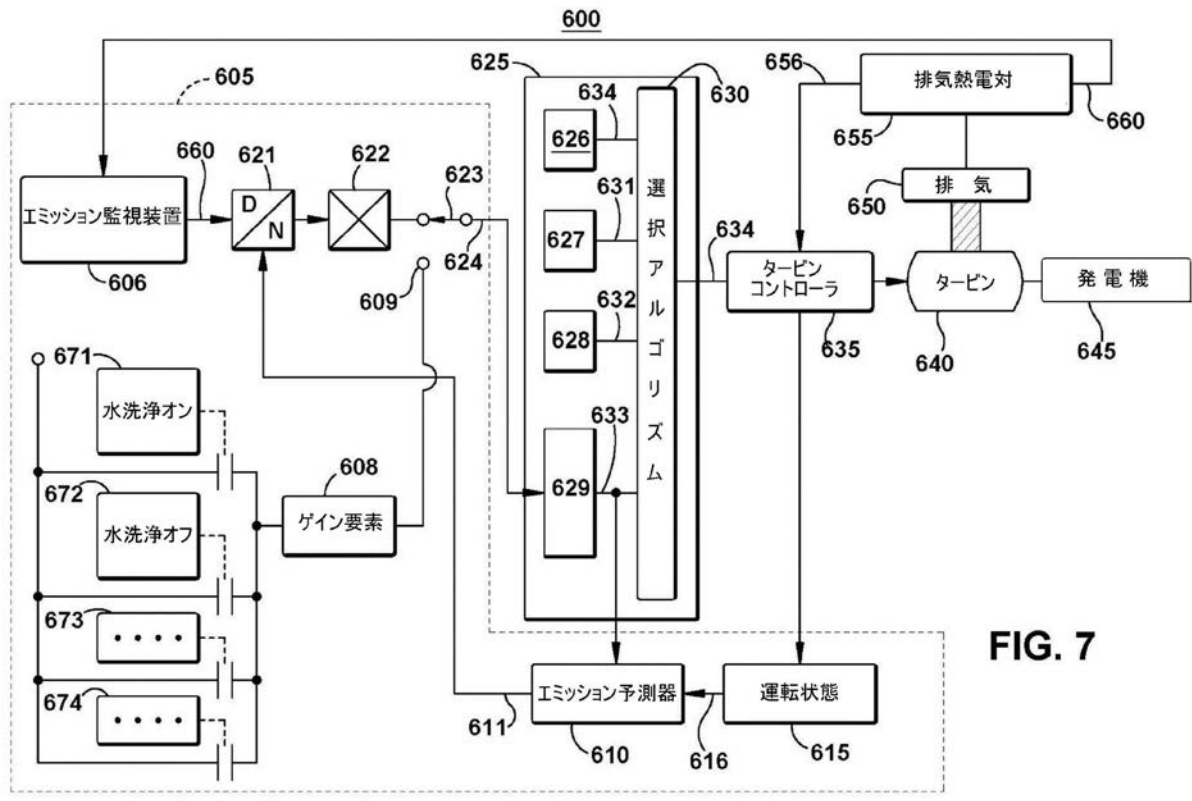


FIG. 7

フロントページの続き

- (72)発明者 デリック・ダブリュー・サイモンズ
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、グリアー、ペルハム・フォールズ・ドライブ、315番
- (72)発明者 ダグラス・イー・ディーン
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、グリアー、シルバー・クリーク・ロード、223番
- (72)発明者 クリストファー・ティー・メドゥズ
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、シンプソンヴィル、カーソンス・ボンド・ドライブ、121番

審査官 石黒 雄一

- (56)参考文献 特開2004-108315(JP,A)
米国特許第07100357(US,B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02C 1/00 - 9/58
F23R 3/00 - 7/00