

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5244851号
(P5244851)

(45) 発行日 平成25年7月24日 (2013. 7. 24)

(24) 登録日 平成25年4月12日 (2013. 4. 12)

(51) Int. Cl.	F 1
F O 2 C 9/28 (2006.01)	F O 2 C 9/28 Z
F O 2 C 9/00 (2006.01)	F O 2 C 9/00 A
	F O 2 C 9/00 B

請求項の数 22 外国語出願 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2010-103781 (P2010-103781)	(73) 特許権者	507303402
(22) 出願日	平成22年4月28日 (2010. 4. 28)		ガス タービン エフィシエンシー スウ
(65) 公開番号	特開2010-261452 (P2010-261452A)		エーデン アクティブボラード
(43) 公開日	平成22年11月18日 (2010. 11. 18)		スウェーデン国, 1 7 5 2 7 イェルフ
審査請求日	平成22年7月8日 (2010. 7. 8)		ェラ, ダータベーゲン 9 アー
(31) 優先権主張番号	12/463, 060	(74) 代理人	100099759
(32) 優先日	平成21年5月8日 (2009. 5. 8)		弁理士 青木 篤
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100092624
			弁理士 鶴田 準一
		(74) 代理人	100102819
			弁理士 島田 哲郎
		(74) 代理人	100141081
			弁理士 三橋 庸良
		(74) 代理人	100123582
			弁理士 三橋 真二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガスタービン燃焼システムの自動チューニング

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ガスタービンの運転をチューニングするシステムであって、前記タービンが、前記タービンの運転パラメータを測定するセンサを有し、前記運転パラメータが、燃焼器のノズル内における燃焼器燃料供給配分、燃料ガス入口温度、又はタービン内における空燃比、の中の、1つ又は複数のものを含み、前記タービンがまた、前記運転パラメータの運転制御装置と、前記センサ用と制御装置用の通信リンクと、を有し、

前記システムが、

前記センサ及び前記制御装置と通信するコントローラを備え、タービン運転用の運転優先順位が、前記コントローラ内に設定され、タービンの運転データと比較するための運転基準が、前記運転優先順位に基づいて設定され、前記コントローラ内に保存され、タービン運転の論理的な調節を定義する上位チューニング基準が、前記コントローラによって、前記運転優先順位に基づいて設定され、

前記コントローラが、

前記センサから運転データを受信するステップと、

前記運転データを、保存されている運転基準と比較し、タービン運転が前記運転基準に従っているかどうかを判定するステップと、

前記運転制御装置と通信し、前記タービンの運転パラメータの選択された調節を実行するステップと、

タービンの運転が安定するのに十分な期間が経過したら、前記センサから、再度、運

転データを受信し、更なる増分調節が望ましいかどうかを判定するステップと、

一連の増分調節を完了した場合に、再度、上位チューニング基準に基づいて更なる運転パラメータ調節を選択するステップと、

前記センサから、更なる運転調節に基づいた運転データを受信し、更なる調節が望ましいかどうかを判定するステップと、

に従って、前記タービンの運転をチューニングする、システム。

【請求項 2】

前記コントローラによる前記チューニングが、タービン運転の運転優先順位を設定するステップを更に含み、前記運転優先順位が、最適 NOx 排出量と、最適パワー出力と、最適燃焼器動特性と、の中の 1 つ以上を含む、請求項 1 に記載のシステム。

10

【請求項 3】

前記コントローラによる前記チューニングが、前記タービン運転用の前記保存されている運転基準を前記設定された運転優先順位に基づいて選択するものである、請求項 2 に記載のシステム。

【請求項 4】

前記コントローラによる前記チューニングが、更に、データが運転基準に従っていないと判定された場合には、前記運転優先順位に基づいた上位チューニング基準に基づいて、タービン運転が前記運転基準に従っているかどうかを再度判定するステップを更に含み、請求項 2 に記載のシステム。

20

【請求項 5】

前記コントローラが、分散型制御システム (DCS) を通して前記タービンセンサ及び制御装置と通信する、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 6】

前記コントローラが、固定増分値を有する運転パラメータ調節を選択する、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 7】

前記コントローラが、定義された範囲を有する運転パラメータ調節を選択する、請求項 6 に記載のシステム。

【請求項 8】

それぞれの増分調節が、前記タービンの運転が安定するのに十分な時間間隔にわたって入力される、請求項 6 に記載のシステム。

30

【請求項 9】

前記時間間隔が固定されている、請求項 8 に記載のシステム。

【請求項 10】

前記コントローラによる前記チューニングが、更に、データが運転基準に従っていないと判定された場合には、前記運転優先順位に基づいた上位チューニング基準に基づいて、タービン運転が前記運転基準に従っているかどうかを再度判定するステップを更に含み、請求項 6 に記載のシステム。

【請求項 11】

前記選択された増分調節の値が、前記上位チューニング基準に基づいている、請求項 10 に記載のシステム。

40

【請求項 12】

更に選択された前記調節が、固定増分値及び定義された範囲を含み、それぞれの更なる増分調節は、設定された期間にわたって入力され、前記期間が、前記タービンの運転が安定するのに十分な期間である、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 13】

前記更なる運転パラメータが、前記コントローラが運転データを受信することにより、前記運転優先順位に基づいた上位チューニング基準に基づいて、運転が運転基準に準拠しているかどうか又は更なる調節が必要であるかどうかを判定することによって選択される、請求項 1 に記載のシステム。

50

【請求項 1 4】

ガスタービンの運転をチューニングするコントローラシステムであって、前記タービンが、前記タービンの運転パラメータを測定するセンサ手段と、前記タービンの前記運転パラメータの制御手段と、前記センサ手段及び前記運転パラメータの制御手段の通信リンクと、を含み、前記運転パラメータが、燃焼器のノズル内における燃焼器燃料供給配分、燃料ガス入口温度、又はタービン内における空燃比、の中の、1つ又は複数のものを含み、前記コントローラシステムが、

最適 NO_x 排出量と、最適パワー出力と、最適燃焼器動特性と、を含むグループの中の1つ以上を有する、タービン運転用の運転優先順位を設定する手段と、

前記センサ手段と通信し、タービン運転データを受信する受信手段と、

前記設定された運転優先順位に基づいて、前記受信したデータを既定の許容可能な値の組と比較し、チューニング調節が必要かどうかを判定する手段と、

前記制御手段と通信し、前記制御手段によって制御される選択された運転パラメータの定義された増分調節を実行する実行手段と、

前記増分調節が前記タービン運転を設定された値に適合させたかどうか、又は、更なる調節の実行が必要であるかどうか、を判定する手段と、

を備える、システム。

【請求項 1 5】

ガスタービンの運転をチューニングするシステムであって、前記タービンが、前記タービンの運転パラメータを測定するセンサ手段と、前記タービンの前記運転パラメータの制御手段と、前記センサ手段と前記運転パラメータの制御手段との間の通信リンクと、を有し、前記運転パラメータが、燃焼器のノズル内における燃焼器燃料供給配分、燃料ガス入口温度、又はタービン内における空燃比、の中の、1つ又は複数のものを含み、

前記システムが、

前記通信リンクを通して、前記センサ手段及び前記制御手段と通信する、コンピュータコントローラを備え、

前記コンピュータコントローラが、

前記タービンセンサ手段から運転データを受信するステップと、

前記運転データを、保存されている運転基準と比較し、前記運転パラメータの制御手段の調節が必要であるかどうかを判定するステップと、

調節が必要であると判定された場合には、前記通信リンクを通して前記運転パラメータの制御手段と通信し、前記タービンの運転パラメータの、定義された増分調節を実行するステップと、

前記タービンセンサ手段から前記タービンの前記調節済みの運転に関する運転データを受信し、前記運転データを、保存されている運転基準と比較し、運転パラメータの更なる増分調節が必要であるかどうかを判定するステップと、

に従って前記タービンの運転をチューニングする、システム。

【請求項 1 6】

請求項 1 に記載のシステムにおいて、ガスタービンの運転をチューニングする方法であって、前記タービンが、前記センサ及び前記運転制御装置と通信する分散型制御システム(DCS)を有する、方法であって、

前記方法が、

前記DCSとの間に通信リンクを確立し、前記センサからデータを受信するステップと、

、

前記受信したデータを、設定されている基準と比較し、前記運転制御装置内における調節が望ましいかどうかを判定するステップと、

前記DCSと通信し、前記制御装置によって制御される前記タービンの運転パラメータの、定義された増分調節を実行するステップと、

前記DCSを通して、前記センサから前記タービンの運転に関する更なるデータを受信し、前記調節が、タービンの運転を、設定されている基準に適合させているかどうか、又

10

20

30

40

50

は、更なる増分調節が望ましいかどうか、を判定するステップと、
を備える、方法。

【請求項 17】

請求項 1 に記載のシステムにおいて、ブールの階層的理論を使用して、ガスタービンの運転をチューニングするシステムの、前記運転優先順位に基づいた上位チューニング基準に基づいた判定をする、方法。

【請求項 18】

請求項 1 に記載のシステムにおいて、ガスタービンの燃料ガス入口温度の自動制御を、分散型制御システム（DCS）内における燃料ガス温度制御の設定点の自動修正によって行う、方法。

10

【請求項 19】

請求項 1 に記載のシステムにおいて、ガスタービンの燃料ガス入口温度の自動制御を、燃料ガス温度コントローラ内における燃料ガス温度制御の設定点の自動修正によって行う、方法。

【請求項 20】

請求項 1 に記載のシステムにおいて、前記センサ及び前記制御装置と通信するコントローラにタービン制御信号を転送する方法であって、外部制御装置を備える既存のガスタービン通信ネットワーク（例えば、プラントの分散型制御システム（DCS）との通信のために前記コントローラ上に存在する MODBUS（登録商標）シリアル又はイーサネット（登録商標）通信プロトコルポート）を利用して、タービン制御信号を転送する方法。

20

【請求項 21】

請求項 1 に記載のシステムにおいて、ガスタービンの運転をチューニングするシステムの自動チューニング要件と設定とを変更する方法であって、ユーザーの所望の最適化基準を選択するブール理論トグルスイッチを利用するユーザーインターフェイスディスプレイを介して変更する、方法。

【請求項 22】

前記最適化基準の中の 1 つが、最適燃焼エネルギーであり、これにより、前記スイッチの切り替えが、前記燃焼器動特性の制御設定を変化させる、請求項 21 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、燃焼システムの運転状態を検知し、予め設定された調節を実行してタービンの所望の運転を行なう自動システムに関する。

【背景技術】

【0002】

希薄予混合燃焼システムは、NO_xやCOなどの排ガスを低減するために、地上配備型のガスタービンエンジンに使用されている。これらのシステムは、これまで有効に稼働しており、いくつかのケースにおいては、測定能力の下限に位置する排ガスレベル、即ち、約 1～3 ppm の NO_x 及び CO しか生成していない。これらのシステムは、排ガス生成の観点からは、非常に有益であるが、従来の燃焼システムと比べた場合に、システムの運転範囲が大幅に低減されている。この結果、燃料の状態、供給、及び燃焼ゾーンへの噴射の制御が重要な運転パラメータとなっており、温度、湿度、及び圧力などの周辺大気の状態が変化した場合には、頻繁な調節が必要である。燃焼燃料の状態、供給、及び噴射の再調節をチューニングと呼ぶ。

40

【0003】

燃焼システムの運転の制御は、燃焼器の運転パラメータを、平均的運転状態で、手動で設定することを、一般に採用している。これらの設定は、セットアップの時点においては満足のゆくものであるが、条件は変化する可能性があり、数時間又は数日の間に、許容できない運転状態となろう。その他の方式では、数式を使用してガスタービンの運転パラメータに基づいて排ガス量を予測し、燃料ガス温度などのその他のパラメータを変更するこ

50

となしに、燃料の供給又は全体空燃比の設定点を選択している。これらの方式の場合には、タイムリーな変更が不可能であるか、実際の動特性及び排ガスデータを活用していないか、或いは、燃料供給、燃料温度、又はその他のタービン運転パラメータを変更していない。

【0004】

希薄予混合燃焼システムに影響を与える更なる変数は、燃料組成である。燃料組成の大きな変動は、希薄予混合燃焼システムの熱放出を変化させることになる。このような変化は、排ガス変動、燃焼プロセスの不安定化、或いは、場合によっては、燃焼システムの停止をもたらす可能性がある。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

燃焼システムの誤操作は、圧力脈動の増大又は燃焼エネルギーの増大となって表れる。脈動は、燃焼システムを破壊するのに十分な力を有する可能性があり、燃焼ハードウェアの寿命を劇的に短縮可能である。更に、燃焼システムの不適切なチューニングは、排ガス変動に結び付くと共に、排ガス規制に違反する可能性もあろう。従って、希薄予混合燃焼システムの安定性を定期的又は周期的に適切な運転範囲内に維持するための手段が有益であり、産業界の注目を集めている。更に、タービンセンサから取得したリアルタイムのデータを利用して運転するシステムは、燃料供給、燃料ガス入口温度、又は全体空燃比の状態を調整するために、大きな価値を有することになる。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、タービンの運転パラメータを測定するセンサと、タービンの様々な運転要素を制御する制御装置と、を有するタイプのガスタービンの運転をチューニングする、コントローラ及び方法である。コントローラが受信するタービンの運転パラメータは、燃焼器動特性、タービン排ガス温度（全体空燃比）、及びタービンの排ガスの排出量、の中の、1つ又は複数のものを含むことができる。運転制御要素は、燃料供給、燃料温度、及びタービン排ガス温度、の中の、1つ又は複数のものを含むことができる。又、タービン／発電所システムは、分散型制御システム（Distributed Control System：DCS）などの通信リンクをも含む。リンクは、センサ及び運転制御装置との通信を行なう。又、チューニングコントローラは、通信リンクを通してタービンシステムにも接続されている。

【0007】

コントローラは、センサからデータを受信することにより、運転する。コントローラ内においてタービン用の運転優先順位を設定することができ、これらは、通常、最適NO_x排出量、最適パワー出力、又は最適燃焼器動特性の中から選択される。タービンセンサから受信したデータは、コントローラ内において、保存されている運転基準と比較される。選択される運転基準は、好ましくは、設定された運転優先順位に基づいている。タービンの運転が運転基準に従っているかどうかに関する判定が行われる。更に、データが運転基準に従っていないと判定された場合には、上位チューニング基準に関する更なる判定が再度行われる。この更なる判定は、予め設定された運転優先順位に基づいていることが好ましい。この論理的な判定が実行されたら、チューニングコントローラは、通信リンクを通して運転制御手段と通信し、タービンの運転パラメータの選択された調節を実行する。選択される運転調節は、上位チューニング基準に基づいていることが好ましく、予め設定された固定増分値及び定義された値の範囲を有する。それぞれの増分的な変更は、設定された期間にわたって入力されることが好ましく、この期間は、タービンの運転が安定するのに十分なものである。期間が経過したら、再度、運転データをタービンセンサ手段から受信し、更なる増分的な変更が望ましいかどうかを判定する。定義された範囲内における調節を完了した場合には、再度、上位チューニング基準に基づいて更なる運転パラメータ調節を選択し、更なる固定増分調節を実行することが好ましい。コントローラが運転データ

10

20

30

40

50

を受信することにより、チューニングプロセスは継続し、運転が運転基準に準拠しているかどうか又は更なる調節が必要であるかどうかを判定する。チューニングコントローラによって調節される運転パラメータは、燃焼器のノズル内における燃焼器燃料供給配分、燃料ガス入口温度、又はタービン内における空燃比、の中の、1つ又は複数のものを含むことができる。

【0008】

本発明の更なる態様においては、本システムは、ブールの階層的理論及び様々なレベルの制御設定を使用し、上位のガスタービン燃焼システムのチューニングシナリオを判定する方法を実行する。

【0009】

本発明の別の態様においては、実行される方法は、分散型制御システム（DCS）内における燃料ガス温度制御設定点の自動的な変更によるガスタービン入口燃料温度の自動的な制御に関する。

【0010】

本発明の更なる態様においては、ガスタービン入口燃料温度を自動制御する方法は、燃料ガス温度コントローラ内における燃料ガス温度制御設定点の自動的な変更によって定義される。

【0011】

本発明の別の態様においては、タービン制御信号をガスタービンコントローラに伝達する方法は、例えば、分散型制御システム（DCS）との通信のためにタービンコントローラ上に存在しているMODBUS（登録商標）シリアル又はイーサネット（登録商標）通信プロトコルポートなどの、外部制御装置を有する既存のガスタービン通信リンクを使用して実現される。

【0012】

本発明の更なる態様においては、ガスタービン燃焼システムを変更する方法は、ユーザーインターフェイスディスプレイを介した一連の自動チューニング設定によって定義されており、このユーザーインターフェイスディスプレイは、ブール理論トグルスイッチを利用し、ユーザーが所望する最適化基準を選択する。本方法は、最適燃焼エネルギーに基づいた最適化基準によって定義されていることが好ましく、これにより、このスイッチを切り替えることにより、1つ又は複数の燃焼器動特性制御設定の大きさが変化する。

【0013】

本発明の例示を目的として、添付図面には、現時点において好適である形態が示されている。本発明は、本発明の添付図面に示されている構成及び手段そのままに限定されるものではないことを、理解されたい。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】ガスタービントューニングコントローラを内蔵するガスタービンエンジンシステムを包含する、実動プラント通信システムの概略図を示す。

【図2】本発明のチューニングコントローラの、機能フローチャートを示す。

【図3】本発明において最適化モードを選択するための、ユーザーインターフェイスディスプレイを示す。

【図4】様々な最適化モード設定の、相互の関係の、概略図を示す。

【図5】本発明が想定しているガスタービンエンジンシステムの、運転チューニングの操作の実施形態を示す。

【図6】本発明が想定しているガスタービンエンジンシステムの、運転チューニングの操作の実施形態を示す。

【図7】本発明が想定しているガスタービンエンジンシステムの、運転チューニングの操作の実施形態を示す。

【図8】本発明が想定しているガスタービンエンジンシステムの、運転チューニングの操作の実施形態を示す。

10

20

30

40

50

【図9A】タービンシステムのチューニングを維持する場合の、本発明のチューニングコントローラの機能の、概略図である。

【図9B】タービンシステムのチューニングを維持する場合の、本発明のチューニングコントローラの機能の、概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

図1は、ガスタービンエンジン（図示せず）の通信ダイアグラムであり、本発明のチューニングコントローラ10は、この中において運転する。タービンシステムの様々な要素の中において通信を実行するために、通信リンク又はハブが備えられている。図示のように、通信リンクは、参照符号20によって識別された分散型制御システム（DCS）である。タービン制御の大部分は、DCS20を通して実行される。タービンコントローラ30は、ガスタービン及びDCS20と直接的に通信している。本発明においては、タービンの動特性やタービン排ガスの排出量などのタービンの運転に関連する情報は、DCS20を通してチューニングコントローラ10に送付される。チューニングコントローラ10は、PLC（Programmable Logical Controller）として稼働するために使用されるスタンドアロンのPCであるものと想定されている。チューニングコントローラ10は、好ましくは、タービンコントローラ30とは別個のコンピュータであり、タービンコントローラ30とは直接的に通信しておらず、DCS20を通してのみ通信している。チューニングコントローラ10からの信号は、システム上に存在する又はこれに付加されたMODBUS（登録商標）シリアル又はイーサネット（登録商標）通信プロトコルポートなどの、外部制御装置を使用し、タービンコントローラ30又はシステム内のその他の制御装置に転送可能である。

【0016】

関連する運転データは、タービンと関連するセンサ手段から受信する。例えば、タービン排ガスの排出量の読取値は、DCSに接続された連続排ガス監視システム（Continuous Emissions Monitoring System: CEMS）40により、排気管の排ガスから取得される。燃焼エネルギーは、タービン燃焼器の燃焼領域内に配置された動的圧力検知プローブを使用して検知される。図示のように、連続動特性監視システム（Continuous Dynamics Monitoring System: CDM S）50が提供されており、これは、DCSと通信している。CDM S 50は、好ましくは、直接的に取り付けられた又は導波路接続された圧力又は光検知プローブを使用して燃焼エネルギーを測定する。別の関連する運転パラメータは、燃料ガス温度である。この温度情報も、DCS20を通して燃料加熱装置60からチューニングコントローラ10に送信される。チューニング運転の一部として燃料温度の調節が含まれる可能性があるため、チューニングコントローラ10と燃料加熱装置60の間には、双方向の通信が存在する可能性がある。

【0017】

タービンからの関連運転データは、毎分数回にわたって収集される。このデータ収集により、リアルタイムのシステムチューニングが可能である。大部分の関連タービン運転データは、リアルタイムでチューニングコントローラによって収集される。しかしながら、タービン排ガスの排出量は、通常、現在の運転状態とは2～8分のタイムラグを伴って、センサからチューニングコントローラ10によって受信される。このタイムラグに起因し、チューニングコントローラ10は、関連情報を受信した後に、運転のチューニング調節を実行する前に、タイムラグに相当するだけ、その情報をバッファリングしておく必要がある。このチューニングコントローラ10のチューニング調節のタイムラグは、（排ガスの排出量を含む）運転データのすべてが、調節が実行される前後の安定したタービン運転を表すことを確実にしている。データが安定していると判定されたら、チューニングコントローラ10は、チューニングパラメータの調節が必要かどうかを判定する。調節が必要でない場合には、チューニングコントローラ10は、現在のチューニングを維持し、次のデータセットの受信を待つ。変更が望ましい場合には、チューニングが開始される

。

【0018】

タービンチューニングの必要性に関するすべての判定は、チューニングコントローラ10内において実行される。チューニング運転は、予め設定された運転基準から外れた運転データを受信した場合に生成される「警報」に基づいて開始される。チューニング運転を開始するには、警報と、従って、データ異常が、既定の期間にわたって継続しなければならない。

【0019】

チューニング調節の一例は、燃焼エネルギーを調節するための燃料ノズル圧力比の変更である。高い火炎温度及び効率を実現するための高い燃焼温度の要件により、タービン燃焼器は、所与の燃焼器容積において多くのエネルギーを放出しなければならない。排ガスの排出量は、しばしば、燃焼反応ゾーンの上流における燃料と空気の混合比を増大させることによって実現される。この混合比の増大は、しばしば、燃料ノズル出口における圧力低下を大きくすることによって実現される。混合比が燃焼器内において増大するのに伴って、燃焼によって生成される乱流が、しばしば、燃焼器内における雑音に結び付き、音波の生成に結び付く可能性がある。通常、音波は、燃焼火炎の音響波が燃焼器容積又は燃料システム自体の音響特性と合致した場合に生成される。

【0020】

音波は、チャンバ内の内部圧力に影響を及ぼす可能性がある。燃料ノズルの近傍の圧力が上昇すると、ノズルを通して流れる燃料の流量及び付随する圧力低下が減少する。この代わりに、ノズルの近傍の圧力の低下は、燃料の流れの増大を引き起こすことになる。燃料ノズル圧力の小さな低下が燃料の流れの振動を起こさせる場合には、燃焼器は、増幅された圧力振動を受ける可能性がある。燃焼器内における圧力振動を制御するために、燃焼エネルギーを監視する。空燃比及び燃料ノズル圧力比を変更し、燃焼器圧力の望ましくない変動を低減又は除去し、これにより、警報状況を是正するか又は燃焼システムを許容可能な燃焼エネルギーのレベルに戻すことができる。

【0021】

図2に示されているように、燃焼器動特性(50)、タービン排ガスの排出量(40)、及びその他の関連タービン運転パラメータ(30)の検知手段から受信したデータは、DCS20を通してチューニングコントローラ10に送付される。次に、これらの入力値は、タービンの運転データの基準又は運転データのターゲットと比較される。保存されている運転基準は、少なくとも部分的にタービンの運転優先順位設定に基づいている。これらの優先順位設定は、チューニングコントローラ10のメインユーザーインターフェイス12上において定義されており、図3に図示されている。優先順位設定に基づいて、DCS20を通して接続されたタービンコントローラ10により、タービン運転に対して一連の調節が実行される。これらの調節は、燃料加熱装置60(図1)及びタービンの様々なその他の運転要素80(図2)を含む制御手段に対して指示される。

【0022】

図3に示されているインターフェイスディスプレイ12は、スイッチから構成されている(このそれぞれが、オン/オフ標識を有する)。これらのスイッチにより、ユーザーは、タービン運転の望ましいチューニング優先順位を指定することができる。スイッチングされる運転優先順位は、最適NOx排ガス14、最適パワー16、及び最適燃焼器動特性18を含む。これらのスイッチのそれぞれは、タービンの好ましい運転を調節するためにユーザーによって設定される。チューニングコントローラ内には、スイッチによって設定された優先順位において運転する機能が存在している。最適NOx排ガススイッチ12と最適パワースwitch14の両方が「オン」に設定された場合には、コントローラ10は、最適パワーではなく、最適NOxモードで稼働することが好ましい。従って、最適パワーモードにおいて稼働するためには、最適NOx排ガススイッチ12が「オフ」でなければならない。図4は、インターフェイスディスプレイスイッチの相互の関係の図を示している。

10

20

30

40

50

【0023】

図2を再度参照すれば、チューニングコントローラ10内において実行される判定及び計算の論理フローの図が示されている。チューニングコントローラ10は、タービンコントローラ30を通してタービンの実際の運転パラメータを、CDMS50を通して燃焼器動特性を、そして、CEMS40を通してタービン排ガスの排出量データを受信する。このセンサデータは、DCS20を通してチューニングコントローラ10に送付される。受信したセンサデータは、保存されている運転基準と比較され、タービン運転が望ましい設定に従っているかどうか判定される。運転基準は、チューニングコントローラ10（図3）のメインユーザーインターフェイスディスプレイ12上のスイッチ14、16、18によって定義されるタービンの予め設定された運転優先順位に基づいている。

10

【0024】

予め設定された運転優先順位に基づいて、ハードコーディングされたブールの階層的理論方式により、運転優先順位に基づいて上位チューニング基準を判定する。この論理的な選択結果から、チューニングコントローラ10は、最大調節範囲（例えば、大きな値と小さな値）内においてタービンの運転パラメータを変更するための固定増分調節値を実行する。チューニングの変更は、既定の時間増分にわたって、一貫性を有する既定の方向において実行され、現在の上位チューニング基準に依存している。チューニング調節を判定するために数式的又は関数的な計算を実行するのではなく、むしろ、それぞれのパラメータ及びそれぞれのチューニング基準用の増分調節、調節の方向、調節間の時間スパン、及び調節の最大範囲がチューニングコントローラ10内に保存されるものと想定している。

20

【0025】

図2に示されているように、チューニングコントローラ10は、排ガスが基準に従っているかどうか100、並びに、燃焼器動特性が許容可能なレベルにあるかどうか102を判定する。これらの両方が、設定された運転基準に準拠している場合には、チューニングコントローラ10は、CEMS40又はCDMS50からの次のデータセットを、或いは、その他の運転データ80を待つ。受信したデータが運転基準に従っていない場合には104、チューニング運転は、次のチューニングステップに進む。タービン運転の論理的な調節は、上位チューニング基準106によって定義されており、上位チューニング基準は、少なくとも部分的に、ユーザーインターフェイス12内において設定されている予め設定された運転優先順位に基づいている。

30

【0026】

好適な運転においては、チューニングコントローラ10は、まず、タービン燃焼器の燃料配分を変化させるように試みることになる108。燃料配分は、それぞれの燃焼器内における燃料ノズルへの燃料の流れの供給を決定する。これらの調節により、チューニングの課題を解決することができず、運転データを運転基準との準拠状態に戻すことができない場合には、更なる調節が実行される。特定の状況においては、次の増分調節は、燃料ガス温度設定点の変更であってよい。この調節段階においては、チューニングコントローラ10は、変更された燃料ガス入口温度信号をDCS20に送り、この信号は、燃料加熱装置60に送付される。

40

【0027】

もし、燃焼器燃料配分又は燃料ガス入口温度の変更が、チューニングの課題110を解決することができない場合には、チューニングコントローラ10は、次に、112で、全体空燃比を変更する。この方法は、既定の時間量にわたって固定増分変化を利用してタービンの熱サイクルに変更を加える。このステップは、チューニングコントローラ10のメモリ内に保持されたタービン運転用の既定の標準制御曲線に応じた空気と燃料の比率の調節による排ガス温度の調節（増大又は低減）を意図したものである。

【0028】

本発明においては、チューニングコントローラによって指示されるすべての制御変更がDCSを通してタービンシステムにフィードバックされるものと想定している。これらの変更は、システム内の様々なコントローラ手段内において直接的に又はタービンコントロ

50

ーラを通して実行される。運転データが望ましい運転基準に戻った場合には、チューニング設定は、チューニングコントローラによってその位置に保持され、DCSを通してセンサ手段から受信された、基準に従わないデータの結果の警報は、保留状態となる。

【0029】

チューニングコントローラからタービンコントローラ又は関連するコントローラ手段に送付される調節は、大きさが固定されていることが望ましい。従って、これらの調節は、新しいデータによって再計算されたり、或いは、ターゲットに対して最適化されたりはしない。これらの調節は、「オープンループ」の一部である。一旦始まると、途中の調節によって運転データが運転基準の遵守状態とならない限り、調節は、予め設定された最大値に又は指定された範囲内の最大値に向かって増大する。大部分の状況下においては、1つの運転パラメータの増分範囲が一杯になった場合には、チューニングコントローラは、予め設定された運転優先順位によって定義される次の運転パラメータに進む。チューニングコントローラのロジックは、チューニングコントローラのメモリ内に保存されている「探索」テーブル及び予め設定された運転優先順位に基づいて運転パラメータの調節を駆動する。

10

【0030】

チューニングコントローラは、好ましくは、一度に1つの運転パラメータのみを取り扱う。例えば、実行される第1の調節は、上位チューニング基準によって決定される。前述の望ましい例においては、まず、燃料供給と燃料配分パラメータが調節される。図2に示されているように、まず、燃料系統1の燃料配分（燃焼器内の中央ノズル）が対象となり、この後に、燃料系統2の燃料配分（燃焼器内の外側のノズル）が続く。一般には、燃料配分の調節の後に、必要に応じて、燃料ガス入口温度の調節が実行される。それぞれのステップには、増分調節の後に、調節済みのタービン運転を安定させるためのライムラグが存在する。タイムラグの後に、チューニングコントローラによって分析された現在の運転データが、タービン運転が依然として運転基準から外れた状態に留まっていると通知した場合には、次の増分調節が実行される。それぞれのステップごとに、このパターンが反復される。大部分の状況下においては、チューニングコントローラは、1つの調節ステップが完了した場合に、次の運転パラメータに進む。

20

【0031】

チューニングコントローラは、好ましくは、燃焼運転を制御することにより、変化可能な周辺温度、湿度、及び圧力の状態において適切なチューニングを維持する。周辺温度、湿度、及び圧力は、いずれも、時間と共に変化し、タービンの運転に大きな影響を有している。又、チューニングコントローラは、燃料組成が変化した場合にも、タービンのチューニングを維持することができる。燃料組成の変化は、熱放出の変化を生じる可能性があり、熱放出の変化は、許容できない排ガス、不安定な燃焼、或いは、場合によっては、吹き消えをもたらす可能性もある。チューニングコントローラは、燃料組成を調節して補正するために機能するのではなく、むしろ、運転パラメータ（燃料ガス供給、燃料ガス入口温度、又はタービン空燃比）をチューニングすることにより、燃焼出力及び排ガスに影響を与えることが好ましい。

30

【0032】

その他のチューニング動特性においては、別の順序の調節も考えられる。例えば、上位の運転優先順位が、最適NO_x排出量である場合には、燃料温度調節をスキップし、運転制御曲線に直接進むことも可能である。但し、動特性が運転優先順位である場合には（また、最適NO_x排ガスイッチ14がオフである場合には）、運転制御曲線に進む前に、増分燃料温度調節を実行することができる。或いは、この代わりに、運転制御曲線に応じて調節を実行するステップを完全に遮断することもできる。

40

【0033】

図5～図8には、稼動中のタービンシステムからの運転データに基づいた本発明のチューニングコントローラのチューニング運転の様々な実施形態の運転が示されている。図5においては、燃焼器動特性が最適な動特性用の設定済みの運転優先順位から外れた場合に

50

動特性警報が生成されるのに応答し、燃焼器燃料配分の変更を行っている。このグラフにおいては、例えば、C D M S 5 0 から受信した実際の燃焼器動特性データは、C D として示されている。又、このグラフにおいては、燃焼器動特性の移動平均は、A C D として示されている。燃焼器動特性が、設定された期間 T A にわたって動特性限度値 D L を超過した場合には、チューニングコントローラ内において警報が起動される。この警報は、第 1 イベント E 1 を生成し、この結果、燃焼器燃料配分のチューニングパラメータが増分調節される。図示のように、燃料配分の増分的な増大は、燃焼器動特性 C D の対応する低下をもたらし、平均燃焼器動特性 A C D が動特性警報限度 D L を下回ることになる。時間の経過に伴って、このチューニングは、チューニングコントローラによって保持され、平均燃焼器動特性 A C D は、その運転位置を動特性限度 D L 未満に維持する。従って、更なる調節は不要であり、警報も発信されない。

10

【0034】

図 6 においては、チューニング基準は、N O x 排ガスである。N O x 排ガスデータ N E がチューニングコントローラから受信されるのに伴って、時間 T A が経過した後に、警報が発信される。警報は、N O x 排ガス N E が運転基準又はチューニング限度 E L を超過することにより、発信される。警報は、第 1 イベント E 1 を起動し、この結果、燃料配分 F S の増分的な増大がもたらされる。第 1 イベント E 1 から期間 T 2 の後に、予め設定されたチューニング限度 E L を超過する N O x 排ガス N E に起因し、N O x 警報が依然として起動される。時刻 T 2 の後のこの継続した警報は、第 2 イベント E 2 を生成し、この結果、燃料配分値 F S の第 2 の増分的な増大がもたらされる。この第 2 の増大は、第 1 の増分的増大に等しい。第 2 イベント E 2 により、N O x 排ガス N E は、レビュー期間内において、予め設定された限度 D L を下回り、従って、警報は停止する。N O x 排ガス N E が限度 E L 未満に留まっていることから、この燃料配分 F S のチューニングは保持され、タービン運転は、定義された運転パラメータに従って継続する。

20

【0035】

図 7 においても、チューニング基準は N O x 排ガスであり、チューニングコントローラによって受信された小さな読取値によって警報が発信される。図示のように、N O x チューニング限度 N L が定義されている。データ受信から設定された期間が経過した場合に、警報が発信され、第 1 イベント E 1 が発生する。第 1 イベント E 1 において、燃料配分は、下方に増分的に調節される。イベント E 1 から設定された期間が経過した後に、更なる排ガスデータ N E が受信され、予め設定された限度 E L と比較される。N O x が依然として警報レベル E L 未満であるため、第 2 イベント E 2 が発生し、この結果、燃料配分値 F S の更なる低減がもたらされる。イベント E 2 から更に時間が経過し、更なるデータが受信される。この場合にも、N O x データは小さく、従って、警報が維持され、更なるイベント E 3 が結果的に発生する。イベント E 3 において、燃料配分値 F S は、再度、同一の増分量だけ低減される。この第 3 の増分的調節は、予め設定された限度 E L を上回る N O x 排ガス N E の上昇を結果的にもたらし、この結果、警報が除去される。イベント E 3 の後に設定された燃料配分 F S のチューニング値は、チューニングコントローラにより、その位置に保持される。

30

【0036】

図 8 においても、チューニングコントローラによって受信された N O x 排ガスデータ N E は、排ガスの下限 E L に沿って推移している。第 1 チューニングイベント E 1 において、燃料配分値 F S が増分的に低減され、この結果、下限 E L を上回る N O x 排ガス N E の対応する増大がもたらされる。この第 1 の増分的調節の後に、N O x 排ガスは、ある期間にわたって限度 E L 超を保持し、次に、再度低下を開始している。第 2 チューニングイベント E 2 において、燃料配分値 F S が、再度、指定された固定増分値だけ調節されている。この結果、この第 2 の調節により、燃料配分値 F S は、予め設定された値の範囲内のその定義された最小値に配置されている。この値限度に起因し、チューニング運転は、次の運転パラメータに進むことになり、次の運転パラメータは、通常、第 2 燃料系統の調節である。この提供されている例においては、この第 2 系統値（図示せず）は、既にその設定

40

50

された最大値又は最小値にある。従って、チューニング運転は、次の運転パラメータに進む。チューニング運転は、負荷制御曲線に進む。図示のように、イベント E 2 において、負荷制御曲線値 LC の増分的な調節が実行されている。LC 値の増大は、最小値 EL を上回る値への NOx 排ガスの対応する増大を結果的にもたらし、警報を除去する。警報の除去の場合に、チューニング設定は保持され、更なる調節は実行されない。次に、チューニングコントローラは、DCS を通じたセンサ手段からのデータ受信に進み、設定された運転基準（最小 NOx 排出限度 EL を含む）との比較を継続的に実行する。

【0037】

図 9 A 及び図 9 B は、想定された発明におけるチューニングコントローラの運転の概略図である。タービンの運転は、NOx 及び CO の両方であるタービンの排ガス量出力、タービンの動特性、及び火炎の安定性によって定義される。図 9 A においては、チューニングされたシステムが、運転ダイヤの中心における好ましい運転範囲によって定義されている。この好ましい運転範囲は、通常、タービンシステムの事前のスタートアップ又は運転に基づいて手動で設定される。しかしながら、暑い及び寒いという両方の天候の変化及びタービンシステム内における機械的な変化により、運転ダイヤ内におけるドリフトが発生する。従って、好ましい範囲内にタービン運転を維持するために、チューニングが望ましい。図 9 B においては、好ましい運転範囲から外れたタービン運転のドリフトの警告として機能するために、定義されたバッファ又はマージンが運転ダイヤ内に設定されている。検知された運転値の中の 1 つが、定義されたバッファライン又は限度に到達したら、警報が発信され、チューニングイベントが生成される。ドリフトの方向に基づいて、チューニングコントローラは、チューニングニーズの内容を満たすために予め設定された反応を生成する。この予め設定された反応とは、タービン運転範囲をバッファ限度から引き離し、望ましい範囲内に戻すための手段であるタービン運転パラメータの定義された増分的なシフトである。

【0038】

以上、いくつかの実施形態の実施例との関係において本発明について説明及び図示した。当業者であれば、以上の内容から、本発明の精神及び範囲を逸脱することなしに、添付の請求項に記述された本発明の範囲内において、様々なその他の変更、省略、及び追加を実施することができることを理解するであろう。

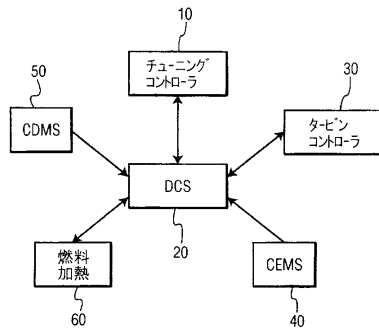
【符号の説明】

【0039】

- 10 チューニングコントローラ
- 20 DCS
- 30 タービンコントローラ
- 40 CEMS
- 50 CDMS
- 60 燃料加熱

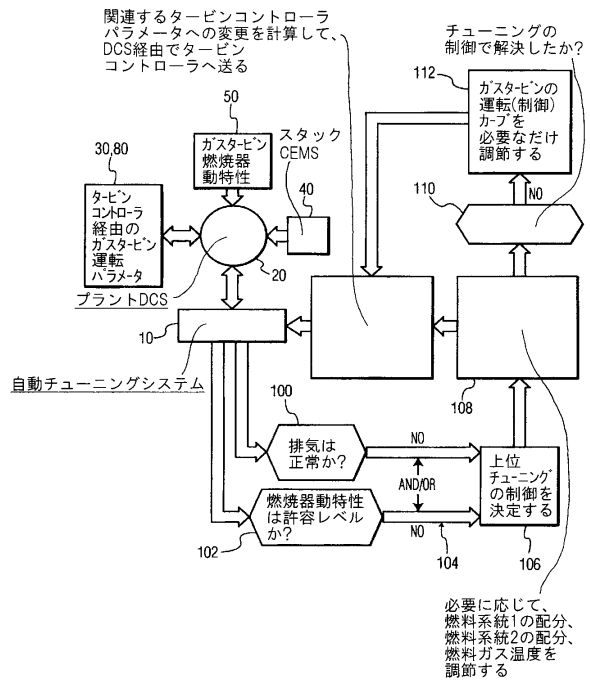
【図 1】

図1



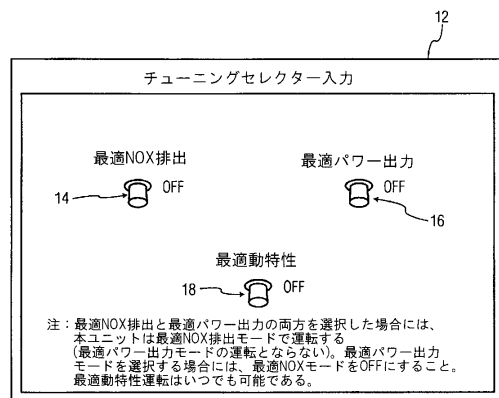
【図 2】

図2



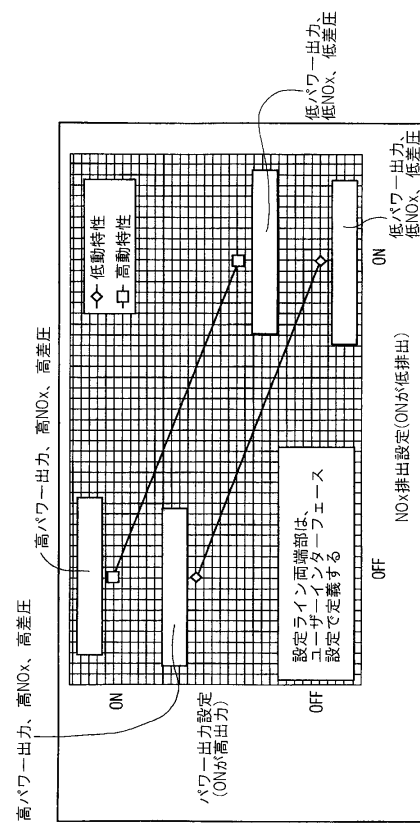
【図 3】

図3



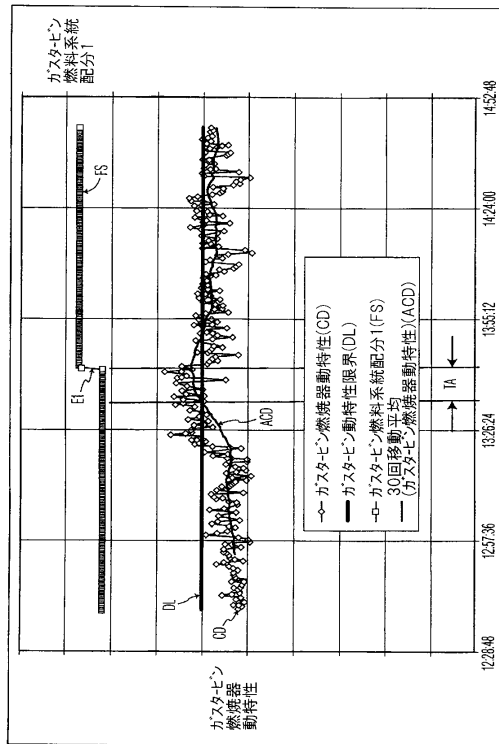
【図 4】

図4



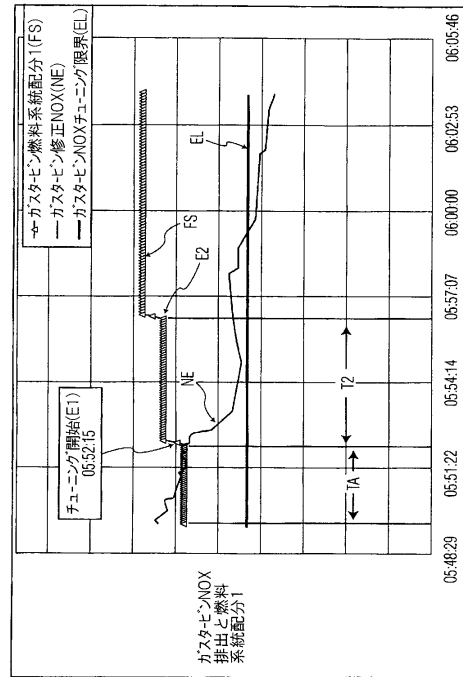
【図 5】

図5



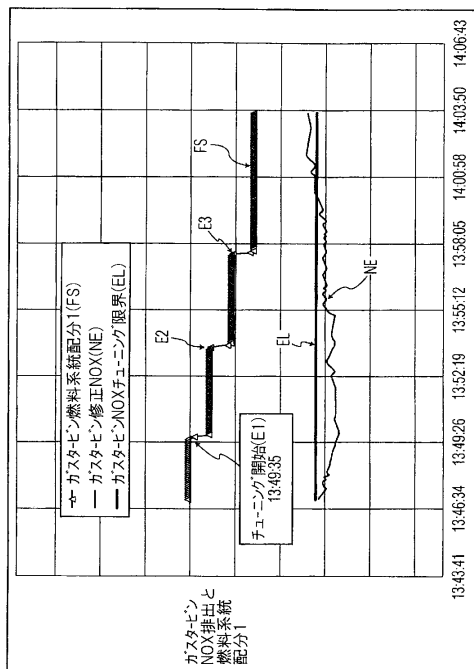
【図 6】

図6



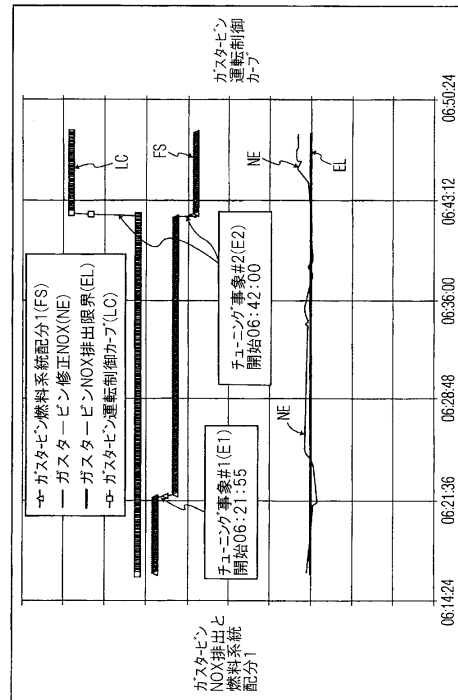
【図 7】

図7



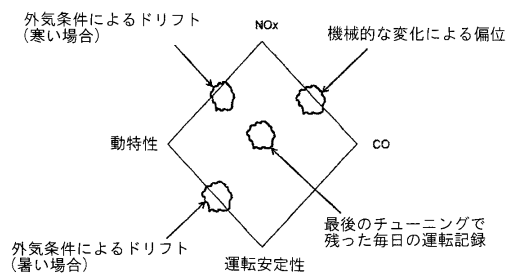
【図 8】

図8



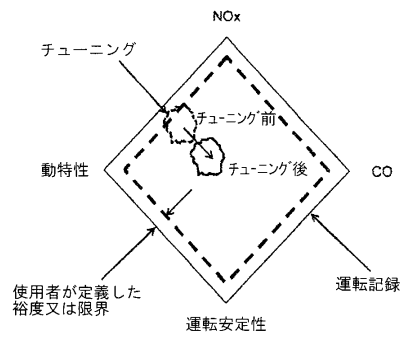
【図 9 A】

図9A



【図 9 B】

図9B



フロントページの続き

(74)代理人 100147555

弁理士 伊藤 公一

(72)発明者 クリストファー チャンドラー

アメリカ合衆国, テキサス 78739, オースティン, ゴーハム グレン レーン 5619

審査官 寺町 健司

(56)参考文献 特開2010-159954 (JP, A)

特開平08-042361 (JP, A)

特開2007-138949 (JP, A)

特開2006-144796 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02C 1/00-9/58

F23R 3/00-7/00