

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4806012号  
(P4806012)

(45) 発行日 平成23年11月2日(2011.11.2)

(24) 登録日 平成23年8月19日(2011.8.19)

(51) Int. Cl.	F I	
<b>FO2C</b> 9/00 (2006.01)	FO2C	9/00 A
<b>F23R</b> 3/18 (2006.01)	F23R	3/18
<b>FO2C</b> 9/28 (2006.01)	FO2C	9/00 B
<b>FO2C</b> 9/32 (2006.01)	FO2C	9/28 C
<b>FO2C</b> 9/54 (2006.01)	FO2C	9/32

請求項の数 23 (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2008-510571 (P2008-510571)  
 (86) (22) 出願日 平成18年5月10日(2006.5.10)  
 (65) 公表番号 特表2008-540911 (P2008-540911A)  
 (43) 公表日 平成20年11月20日(2008.11.20)  
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2006/062183  
 (87) 国際公開番号 W02006/120206  
 (87) 国際公開日 平成18年11月16日(2006.11.16)  
 審査請求日 平成20年3月6日(2008.3.6)  
 (31) 優先権主張番号 05010543.6  
 (32) 優先日 平成17年5月13日(2005.5.13)  
 (33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP)

(73) 特許権者 390039413  
 シーメンス アクチエンゲゼルシャフト  
 Siemens Aktiengesellschaft  
 ドイツ連邦共和国 D-80333 ミュンヘン  
 ヴィッテルスバッハープラッツ 2  
 Wittelsbacherplatz  
 2, D-80333 Muenchen, Germany  
 (74) 代理人 100075166  
 弁理士 山口 巖  
 (74) 代理人 100133167  
 弁理士 山本 浩

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガスタービン燃焼室の動作系を制御するための方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ガスタービン設備(1)の動作系を制御するための制御方法であって、  
 少なくとも1つの制御量を検出するステップと、  
 検出された制御量を所定の基準量と比較するステップと、  
 制御量と基準量との比較に基づいて少なくとも1つの操作量を算定するステップと、  
 算定された操作量を、ガスタービン設備(1)の燃焼室(12)への空気供給量および/または燃料供給量を調節する少なくとも1つの操作機構(31、32)に対して出力するステップとを含み、安定性限界への火災の接近を表示する制御量が前記少なくとも1つの制御量として使用される制御方法において、  
前記制御量としてバーナフランジの少なくとも1つの交番圧力の時間的変化が使用されることを特徴とする制御方法。

【請求項 2】

前記制御量としてさらに、少なくとも1つの燃焼室加速度の時間的変化が使用されることを特徴とする請求項1記載の制御方法。

【請求項 3】

前記制御量としてさらに、少なくとも1つの燃焼パラメータが使用されることを特徴とする請求項1または2記載の制御方法。

【請求項 4】

燃焼排気中のNO<sub>x</sub>含有量および/または燃焼排気中のCO含有量および/または燃焼

室の圧力降下が燃焼パラメータとして使用されることを特徴とする請求項3記載の制御方法。

【請求項5】

少なくとも1つのバーナパラメータまたは1つの燃焼室パラメータの絶対値が他の制御量として検出されることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1つに記載の制御方法。

【請求項6】

ガスタービン出力の変更をもたらす少なくとも1つの量および/または燃焼ガスの補正温度の変更をもたらす1つの量および/またはパイロットガス質量流量の変更をもたらす1つの量が操作量として出力されることを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1つに記載の制御方法。

10

【請求項7】

検出された制御量と基準量との比較および/またはこの比較に基づく操作量の算定がファジィ論理を基に行われることを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1つに記載の制御方法。

【請求項8】

検出された制御量と基準量との比較とこの比較に基づく操作量の算定との結合がニューラルネットワークを用いて行われることを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1つに記載の制御方法。

【請求項9】

検出された制御量と基準量との比較、および/またはこの比較に基づく操作量の算定が、固定制御規則を用いて行われることを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1つに記載の制御方法。

20

【請求項10】

時間的に変化する制御量として振動量が検出されることを特徴とする請求項1乃至9のいずれか1つに記載の制御方法。

【請求項11】

振動量に高速フーリエ変換および/または平均自己相関が施されることを特徴とする請求項10記載の制御方法。

【請求項12】

トランジェント(過渡特性)が形成されることを特徴とする請求項11記載の制御方法。

30

【請求項13】

ガスタービン設備(1)の動作系を制御するための制御装置であって、  
 測定量を検出しかつこの測定量を表す測定信号を出力するための少なくとも1つのセンサ(21、23、25、27、35、37)と、  
 ガスタービン設備の燃焼室(12)への空気供給量および/または燃料供給量を操作量に基づいて調節するための少なくとも1つの操作機構(31、32)と、  
 制御器(29)とを有し、この制御器は測定量を受信するための前記少なくとも1つのセンサ(21、23、25、27、35、37)と、操作量を出力するための前記少なくとも1つの操作機構(31、32)とに接続されており、この制御器が、受信した測定量と基準量からの測定量の偏差とに基づいて操作量を算定するように構成されている制御装置において、

40

前記センサとして、バーナフランジ(13)の少なくとも1つの交番圧力の時間的変化を検出するセンサ(25)を備えていることを特徴とする制御装置。

【請求項14】

前記センサとしてさらに、燃焼室加速度を検出するためのセンサ(23)を備えていることを特徴とする請求項13記載の制御装置。

【請求項15】

少なくとも1つの排ガス測定装置(27)が制御器(29)に接続されたことを特徴とする請求項13または14記載の制御装置。

50

## 【請求項 16】

少なくとも1つの燃焼室パラメータの絶対値を検出する少なくとも1つのセンサ(21、23、25、27、35、37)が制御器(29)に接続されたことを特徴とする請求項13乃至15のいずれか1つに記載の制御装置。

## 【請求項 17】

燃焼室(12)内での燃焼に供給される燃料質量流量を調節するための少なくとも1つの燃料弁(31)が操作機構として設けられていることを特徴とする請求項13乃至16のいずれか1つに記載の制御装置。

## 【請求項 18】

圧縮機静翼リング(32)が操作機構として設けられていることを特徴とする請求項13乃至17のいずれか1つに記載の制御装置。

10

## 【請求項 19】

制御器(29)が、ファジィ論理に基づく制御コンセプトを含むことを特徴とする請求項13乃至18のいずれか1つに記載の制御装置。

## 【請求項 20】

制御器(29)が、ニューラルネットワークに基づく制御コンセプトを含むことを特徴とする請求項13乃至18のいずれか1つに記載の制御装置。

## 【請求項 21】

制御器(29)が、固定制御規則に基づく制御コンセプトを含むことを特徴とする請求項13乃至18のいずれか1つに記載の制御装置。

20

## 【請求項 22】

少なくとも1つのセンサ(21、23、25)が振動測定量を検出するように構成されていることを特徴とする請求項13乃至21のいずれか1つに記載の制御装置。

## 【請求項 23】

高速フーリエ変換を実行するように構成されたフーリエ変換ユニット(33)、および/または平均自己相関の算定用演算ユニットが設けられていることを特徴とする請求項22に記載の制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

30

本発明は、ガスタービン燃焼室の動作系を制御するための制御方法および制御装置に関する。

## 【0002】

ガスタービンは、一般に圧縮機とタービンと燃焼室部とを含む流体機械である。圧縮機において吸い込まれた周囲空気が圧縮され、圧縮された空気は最後に燃焼室部に供給される。燃焼室部に配置される少なくとも1つの燃焼室が大抵複数のバーナを備えており、圧縮された空気がこれらのバーナに供給される。圧縮された空気の他にバーナにはさらに燃料が供給され、燃料は空気と混合され、燃焼させられる。その際に燃焼室内に発生する高温の燃焼ガスはタービンに供給され、そこで減圧され冷却され、タービンを回転させる。こうして燃焼ガスの熱エネルギーが機械的仕事に変換され、この機械的仕事は一方で圧縮機の駆動に利用され、他方で負荷、例えば電気を発生する発電機の駆動に利用される。

40

## 【0003】

燃焼室内での燃焼時には安定した火炎の存在することに注意しなければならない。火炎の不安定性は特に燃焼排気中の共振燃焼振動に基づいて現れ、一方で有害物質排出量増加をもたらすことがあり、他方で燃焼室の振動を引き起こすことがあり、振動は燃焼室の寿命を低下させ、整備間隔を短くする。

## 【0004】

さらに、バーナはふつう主燃料供給部の他にいわゆるパイロット燃料供給部も装備している。主燃料質量流量と比較して僅かな燃料質量流量がパイロット燃料供給部を介して供給されて火炎を支える。それに加えて、必要なら、供給されるパイロット燃料の質量流量

50

を調節することによって火炎は安定させることができる。

【0005】

火炎の安定性は多数の外乱によって影響を受ける。このような外乱の例は周囲温度、燃料の密度および発熱量であるが、しかしガスタービン設備、特に燃焼室とバーナの構造状態でもある。外乱の影響はパイロットバーナを介して供給される燃料質量流量によって補償される。パイロットガス質量流量は特定の限界を上もしくは下に超えてはならない。というのも、さもないと火炎は不安定領域に移行するであろうからである。パイロットガス質量流量を安定した火炎領域に保つために、投入すべきパイロットガス質量流量を外乱に依存して規定する機能が応用される。この機能はパイロットガス曲線とも称される。

【0006】

パイロットガス曲線には多数のガスタービンパラメータが含まれる。これらのパラメータは、ガスタービン設備が同一構造である場合でもガスタービン設備ごとに変化する。特に、ガスタービン設備の設置場所の周囲条件も考慮しなければならない。それに加えて、ガスタービン設備の運転時にガスタービンパラメータは時間とともに変化を受けることがある。そのことから、パイロットガス曲線の時間を要する新規調整または再調整が必要となることがある。調整プロセスによって高い費用および停止時間が引き起こされる。

【0007】

パイロットガス曲線に対する外乱の影響が定量的に十分には分かっていないことがなお加わる。多くの外乱にはそもそも適切には反応することができない。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

そこで本発明の課題は、火炎不安定性を防ぐのに有利に利用することのできる制御方法および制御装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

この課題は、請求項1による制御方法および請求項13による制御装置によって解決される。従属請求項は本発明の有利な諸構成を含む。

【0010】

ガスタービン設備の動作系を制御するための本発明に係る制御方法では、少なくとも1つの制御量が検出され、検出された制御量が所定の基準量と比較され、この比較に基づいて少なくとも1つの操作量が算定される。算定された操作量は、ガスタービン設備の燃焼室への空気供給量および/または燃料供給量を調節する少なくとも1つの操作機構に対して出力される。その際、安定性限界への火炎の接近を演繹することのできる制御量が少なくとも1つの制御量として利用される。特に、少なくとも1つのバーナパラメータまたは1つの燃焼室パラメータの時間的変化がこのような制御量として考慮される。特に、燃焼室内の交番圧力および/または燃焼室加速度を燃焼室パラメータとして利用することができる。例えばバーナフランジの交番圧力をバーナパラメータとして利用することができる。

【0011】

本発明に係る制御方法でもって、火炎安定性に対する外乱の影響が定量的に正確に既知である必要もなしに、火炎は安定保持することができる。

【0012】

本発明は以下の新しいコンセプトに依拠している。先行技術におけるように外乱に目を向ける代わりに、火炎の安定性を維持するために、本発明に係る制御方法ではバーナ不安定限界、すなわち安定性限界自体に目を向ける。換言するなら、パイロットガス質量流量は検出された外乱に依存して変更されるのではなく、バーナ不安定限界に接近時に変更される。バーナ不安定限界に接近したことの確認は外乱の定量的知識なしに行われる。

【0013】

先行技術において外乱の定量的知識が不可欠であるのは、外乱とともに変化するバーナ

10

20

30

40

50

不安定限界を算定し、こうしてすべての外乱についてバーナ不安定限界の内部で動くパイロットガス曲線を提供できるようにするためにである。既に冒頭で述べたようにバーナ不安定限界に対する外乱の影響は同一構造のガスタービン設備の場合でも例えば周囲条件の違いに基づいて変化するので、先行技術では各ガスタービン設備の個別的調整が必要である。

**【 0 0 1 4 】**

それに対して本発明に係る方法では、外乱とバーナ不安定限界の状態との関係の定量的知識は不可欠ではない。というのも、火炎を安定させるためのパイロットガス量の変更はバーナ不安定限界への接近が起きたか否か、およびバーナ不安定限界への接近の直接的検出が行われたか否かに直接依存させることができるからである。それに加えて、パイロットガスはさらに火炎を支持するのにも利用される。

10

**【 0 0 1 5 】**

バーナ不安定限界への接近を確認するために、既に触れたバーナパラメータもしくは燃焼室パラメータの時間的変化を利用することができる。その際特に適しているのはバーナフランジの交番圧力である。というのも、この交番圧力はバーナ不安定限界への接近に対して燃焼室内の交番圧力および燃焼室加速度よりも早く反応するからである。しかし基本的に前記すべての燃焼室パラメータがバーナ不安定限界への接近を確認するのに適している。

**【 0 0 1 6 】**

前記バーナパラメータおよび燃焼室パラメータ（例えば交番圧力、燃焼室加速度またはOH放射）は、火炎不安定性への接近を評価するために高速フーリエ変換FFT（Fast Fourier Transformation）および/または平均自己相関を施される振動量である。高速フーリエ変換および/または平均自己相関は、時間的に変化する量を分析するのに特別適した手段である。

20

**【 0 0 1 7 】**

自己相関の判定用に、振動アナログ信号は複数の振動数帯域についてまず正確な振幅でフィルタリングされ、引き続きAD変換（アナログ-デジタル変換）され、またはまずAD変換され、引き続き正確な振幅でフィルタリングされる。自己相関は振動数帯域別に短い時間間隔で2乃至8の信号周期に基づいてこれらの振動数帯域の各平均振動数において計算される。引き続き、自己相関は振動数帯域別に、それぞれ各振動数帯域についての先行する時間ステップから10乃至100の相互に相前後する自己相関と一緒に平均化される。各振動数帯域についての自己相関の平均化と同時に、それらの分散が判定される。

30

**【 0 0 1 8 】**

これらの振動数スペクトルおよび/または平均自己相関および/または自己相関の分散から、個々の振動数または特定振動数帯域についてトランジェント（過渡特性）が形成される。これは例えば線形回帰計算によって行うことができる。個々のトランジェントまたはそれで形成された特性量が特定値を上まわると、制御介入、例えば出力の低下またはパイロットガス量の変更が行われる。

**【 0 0 1 9 】**

平均自己相関の絶対値およびそれらのトランジェントと場合によっては付加的に自己相関の分散および分散のトランジェントとで形成される特性量が特定値を上まわると、制御介入、例えば出力の低下またはパイロットガス量の変更が行われる。トランジェントを評価することによって、著しく大きな早期警告時間を達成することができる。

40

**【 0 0 2 0 】**

さらに、この制御方法において少なくとも1つのバーナパラメータおよび/または少なくとも1つの燃焼室パラメータの他に、単数または複数の燃焼パラメータを制御量として検出することができる。好適な燃焼パラメータは例えばガスタービン設備の有害物質排出量、特に燃焼排気中の窒素酸化物含有量（ $\text{NO}_x$ 含有量）および/または一酸化炭素含有量（CO含有量）である。同様に適した燃焼パラメータは燃焼室の圧力降下である。

**【 0 0 2 1 】**

50

それに加えて本発明に係る制御方法では、さらなる支援のためバーナパラメータおよび燃焼室パラメータの絶対値を検出することができる。しかし、バーナ不安定限界への接近を確認するためにまずなによりもバーナパラメータおよび燃焼室パラメータの時間的变化に注意が向けられる。

【 0 0 2 2 】

ガスタービン出力の変更をもたらす少なくとも1つの量および/または燃焼ガスの補正排気温度の変更をもたらす量を操作量として出力することができる。しかし特に、パイロットガス質量流量の変更を表す量が操作量として出力される。ガスタービン出力または補正排気温度の変更は一般に空気および主燃料供給量の絶対値の変更を介して、および空気供給量と主燃料供給量との比率変更を介して間接的に行われる。それゆえにガスタービン出力または補正排気温度の変更をもたらす量と見做すことができるのは、特に、空気供給量および/または主燃料供給量および/または空気供給量対主燃料供給量の比率の調整すべき絶対値を表す量である。ガスタービン出力の変更は、例えば、設備の本来の動作系から逸脱せずに排出量範囲内にガスタービン設備を保つのに利用することができる。それに対して、パイロットガス質量流量の変更は、バーナ不安定限界に達するのを防止するためにガスタービン設備の動作系を変更しなければならないとき利用される。このことは、場合によっては補正排気温度および/またはガスタービン出力の変更と組合せることができる。

10

【 0 0 2 3 】

一方で検出された制御量と基準量との結合、他方で操作量との結合は、特にファジィ論理に基づいて行うことができる。しかし選択的に、ニューラルネットワークまたは固定制御規則を利用することも可能である。ファジィ論理は特に、バーナ不安定限界への接近度に依存して反応の等級区分を実現することを可能とする。

20

【 0 0 2 4 】

全体として本発明に係る制御方法は、バーナ不安定限界に達してこれを上まわるのを確実に防止することを可能とする。バーナ不安定限界に達したことに基づくガスタービン設備の高速遮断、すなわち設備の緊急停止は、確実に防止することができる。さらに、ガスタービン設備の動作限界は一層良好に利用することができる。例えば、火災不安定性の高まりによる窒素酸化物排出量増加は和らげることができ、または一層高い補正排気温度(OTC=補正出口温度)を適用することができ、これによりガスタービン設備の効率を改善することができる。同様に、特定の圧縮機入口温度を下まわるときに補正排気温度の低下を防止または少なくとも減らすことが可能である。その際、圧縮機入口温度とは圧縮機によって吸い込まれて圧縮機に流入するときの空気の温度である。

30

【 0 0 2 5 】

ガスタービン設備の動作系を制御するための本発明に係る制御装置は、  
測定量を検出しかつこの測定量を表す測定信号を出力するための少なくとも1つのセンサと、

ガスタービン設備の燃焼室への空気供給量および/または燃料供給量を操作量に基づいて調節するための少なくとも1つの操作機構と、

制御器とを含み、この制御器は測定量を受信するための少なくとも1つのセンサと操作量を出力するための少なくとも1つの操作機構とに接続されている。

40

【 0 0 2 6 】

この制御器は、受信した測定量と基準量からの測定量の偏差とに基づいて操作量を算定するように設計されている。本発明に係る制御装置には、バーナパラメータまたは燃焼室パラメータの時間的变化を検出するように構成された少なくとも1つのセンサが設けられている。

【 0 0 2 7 】

本発明に係る制御装置でもって本発明に係る方法は実施することができ、これによりガスタービン設備の動作系は特に火災不安定性の回避向上によって最適にすることができる。

50

## 【0028】

その際特に、燃焼室内の交番圧力を検出するためのセンサおよび/またはバーナフランジの交番圧力を検出するためのセンサおよび/または燃焼室加速度を検出するためのセンサがセンサとして設けられている。それと並んで、制御器に接続されて燃焼パラメータを検出する少なくとも1つのセンサ、例えば燃焼排気の例えば窒素酸化物含有量または一酸化炭素含有量を検出することのできる排ガス測定装置、またはバーナパラメータまたは燃焼室パラメータの絶対値を検出するためのセンサを設けておくことができる。

## 【0029】

燃焼室に導入される燃料質量流量を調節するための少なくとも1つの燃料弁を操作機構として利用することができる。少なくとも1つの主燃料管路用燃料弁と1つのパイロット燃料管路用燃料弁が設けられていると有利である。

10

## 【0030】

前記の少なくとも1つの燃料弁の代わりに、または有利にはそれを補足して、圧縮機の第1静翼リング、つまり流入側で流入空気に向き合う静翼リングを操作機構として利用することができる。この静翼リングは一般に可動静翼を有し、これらの静翼でもって圧縮機の空気流入用に利用可能な流入横断面は変更することができる。

## 【0031】

バーナパラメータまたは燃焼室パラメータの時間的变化を検出するセンサが振動測定量を検出するように構成されている場合、この制御装置には、振動測定量を分析するための適切な手段を提供するために、高速フーリエ変換を実行するように構成されたフーリエ変換ユニットおよび/または平均自己相関を算定するための演算ユニットを付設しておくことができる。

20

## 【0032】

本発明のその他の特徴、特性および利点は添付図を参考に1実施例についての以下の説明から明らかとなる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0033】

図1はガスタービン設備1を一部断面の側面図で示す。このガスタービン設備は圧縮機部3とタービン部5とバーナ部7とを含む。圧縮機部3とタービン部5とにおいて圧縮機動翼4もしくはタービン動翼6が共通の軸8に配置されており、この軸はタービンロータとも称される。タービンロータ8は中央軸線9の周りを回転可能に支持されている。

30

## 【0034】

バーナ部7が含む複数のバーナ10は燃焼室12に通じ、燃焼室はタービン部5に通じている。燃焼室12は本実施例において環状燃焼室として構成されており、すなわちタービンロータ8の周りで環状に設置されている。

## 【0035】

ガスタービン設備1の運転時、圧縮機を介して周囲空気Uが吸い込まれ、高い圧力に圧縮され、いわゆる圧縮機空気としてバーナ部7内に引き渡される。圧縮機に流入する空気質量流量の値は第1静翼リング32を用いて有効圧縮機流入横断面を調整することによって調節することができる。

40

## 【0036】

バーナ部7において圧縮機空気がバーナ10に流入し、図2に示すように、燃料管路40a、40bを介してバーナ10に供給される燃料と混合され、燃焼室12において燃焼させられる。その際、供給される燃料質量流量の値は単数または複数の調整弁31a、31bを介して調節することができる。

## 【0037】

燃焼時に発生する燃焼ガスが作動流体Aを形成し、この作動流体はタービン部5に送られ、そこで減圧と冷却を受けながら衝動を動翼6に伝達し、こうしてロータ8を回転させる。回転するロータ8は一方で圧縮機を駆動し、他方で(図示しない)負荷、例えば電気を発生する発電機と連結されている。

50

## 【 0 0 3 8 】

燃焼室 1 2 内での火炎の不安定性を防止するために、ガスタービン設備 1 は燃料供給量および/または空気供給量を調節することによって動作系を制御するための制御装置を装備している。この装置は図 2 にブロック線図の態様で示してある。制御装置は、ガスタービン燃焼室 1 2 の内部および外部のさまざまな個所に配置される複数のセンサ 2 1、2 3、2 5、2 7、3 5、3 7 を含む。制御装置がさらに含む制御器 2 9 にセンサ 2 1、2 3、2 5、2 7、3 5、3 7 は接続されている。さらに操作機構、つまり調整弁 3 1 と静翼リング 3 2 が設けられており、これらはやはり制御器 2 9 と接続され、バーナ 1 0 への燃料供給量および空気供給量の質量流量を調整するように構成されている。

## 【 0 0 3 9 】

このガスタービン設備 1 では、特に 3 つの調整可能な燃料質量流量と 1 つの調整可能な空気質量流量が設けられている。例えば気体燃料が利用される場合、燃料質量流量の 1 つは拡散モードのときバーナを作動させるためのいわゆる拡散ガス質量流量である。この拡散モードのときガスは燃焼室 1 2 内にある火炎に直接噴霧され、事前に空気と混合されるのではない。第 2 の燃料質量流量は予備混合モード、すなわち供給されたガスが事前に圧縮機空気と混合されかつこの混合気が引き続き燃焼させられるモードのときバーナを作動させるためのいわゆる予備混合ガス質量流量である。最後に本実施例において他の燃料質量流量としてパイロットガス質量流量が設けられており、これはなかならず、予備混合動作でバーナを作動させるとき火炎を支持するのに役立つ。

## 【 0 0 4 0 】

センサ 2 1、2 3、2 5、2 7、3 5、3 7 でもってさまざまな燃焼室パラメータおよび燃焼パラメータが検出され、検出された測定量を表す信号の態様で制御器 2 9 に転送される。

## 【 0 0 4 1 】

センサ 2 1 は燃焼室プレナム 1 1 内に配置されて燃焼室 1 2 内の交番圧力を検出する圧力センサ、センサ 2 5 はガスタービンケーシングに配置されてバーナ 1 0 のフランジ 1 3 の交番圧力を検出する圧力センサ、センサ 2 3 は燃焼室加速度を検出する加速度センサである。加速度センサは燃焼室壁の外面に直接設置されている。

## 【 0 0 4 2 】

検出された 3 つのパラメータ、つまり燃焼室内の交番圧力とバーナフランジの交番圧力と燃焼室加速度はすべて、燃焼ガス中の振動を反映した振動量である。それゆえに圧力センサ 2 1、2 5 と加速度センサ 2 3 は、それらの測定信号を出力するために、制御器 2 9 の(図示しない)平均自己相関を算定するためのフーリエ変換ユニット 3 3 および/または演算ユニットと接続されている。このフーリエ変換ユニット内でフーリエ変換、特にいわゆる高速フーリエ変換に基づいて測定信号の分析が行われる。それに加えてこれらのセンサは、測定信号の絶対値も制御器 2 9 に提供できるようにするために制御器 2 9 と直接に、すなわちフーリエ変換ユニット 3 3 を迂回して、接続されている。自己相関の判定用に、振動アナログ信号は複数の振動数帯域についてまず正確な振幅でフィルタリングされ、引き続き A/D 変換され、またはまず A/D 変換され、引き続き正確な振幅でフィルタリングされる。自己相関は振動数帯域別に短い時間間隔で 2 乃至 8 の信号周期に基づいてこれらの振動数帯域の各平均振動数において計算される。引き続き、自己相関は振動数帯域別に、それぞれ各振動数帯域についての先行する時間ステップから 1 0 乃至 1 0 0 の相互に相前後する自己相関と一緒に平均化される。各振動数帯域についての自己相関の平均化と同時に、それらの分散が判定される。これらの振動数スペクトルおよび/または平均自己相関および/または自己相関の分散から、個々の振動数または特定の振動数帯域についてトランジェントが形成される。これは例えば線形回帰計算を用いて行うことができる。個々のトランジェントまたはそれで形成された特性量が或る特定値を上まわると、制御介入、例えば出力の低下またはパイロットガス量の変更が行われる。平均自己相関の絶対値およびそれらのトランジェントと場合によっては付加的に自己相関の分散および分散のトランジェントとから形成される特性量が特定値を上まわると、制御介入、例えば出力の低下

10

20

30

40

50

またはパイロットガス量の変更が行われる。トランジェントを評価することによって、著しく大きな早期警告時間を達成することができる。

【0043】

フーリエ変換の結果に基づいて制御器29はガスタービン設備1の燃焼ガス中に例えば定常振動が現れるバーナ不安定限界への接近を確認することができる。特にバーナフランジ13の交番圧力の測定に基づいて、フーリエ変換ユニット33による分析後、燃焼ガス中の振動の振動数を算定することができる。それゆえにバーナフランジ13の交番圧力はバーナ不安定限界への接近の早期兆候として適し、また火災安定性が維持されるように空気供給量および/または燃料供給量を制御するための制御器用制御量として適している。

【0044】

燃焼室加速度は、バーナ不安定限界への接近に対してバーナフランジ13の交番圧力よりも遅くに反応する。それゆえに燃焼室加速度は、空気および/または燃料供給量の制御が火災の十分な安定化を生じないときガスタービン燃焼室12を損傷から保護するのに特に適している。燃焼室加速度は例えば、燃焼室を支持する構造体を高温の燃焼排気から保護するために燃焼室12に内張りされたセラミック遮熱要素に損傷が現れることの兆候である。高い燃焼室加速度により遮熱要素に亀裂を生じることがあり、破損を生じることさえあり、そのため遮熱要素はその保護機能をもはや十分には果たさなくなる。それに加えて、破損の結果として破片が遮熱要素から剥がれてタービン部に達することがあり、そのことからきわめて重大なタービン損傷が生じる。それゆえに燃焼室加速度に基づいて、算定された燃焼室加速度が遮熱要素に亀裂または破損の虞のあることを示すとき、例えばガスタービン設備の緊急停止を行うことができる。

【0045】

燃焼室12内の交番圧力、バーナフランジ13の交番圧力および燃焼室加速度の他に、燃焼室12上の圧力勾配とも称される圧力降下も、間近に迫ったバーナ不安定事象を確認するのに利用することができる。燃焼室12の圧力はバーナ不安定化の直前に低下する。これはバーナ10内で火災減退が迫っていることを示し、従って火災不安定性を示す。それゆえに圧力勾配を検出するための適切なセンサ装置によってバーナ不安定事象が間近であることの検出が可能である。

【0046】

燃焼室12の圧力降下はいわゆる  $p$  (差圧) 測定によって行われる。本実施例において  $p$  測定は2つの圧力センサ35、37によって実施され、そのうち一方のセンサ35は燃焼室プレナム11内、他方のセンサ37は燃焼室12内に配置されている。両方の圧力センサ35、37と制御器29とに接続された減算器39は検出された圧力の差  $p$  を形成し、フーリエ変換ユニット33を迂回してこの差を制御器29に伝える。

【0047】

制御器29はまずなによりも、センサ21、23、25によって検出された測定量の時間的变化に反応し、それらの絶対値に反応することは僅かである。制御器29がセンサ21、23、25から到来する信号の分析後にバーナ不安定限界への接近を確認すると、制御器は操作信号を操作弁31a、31b、...および/または圧縮機静翼リング32に送出し、これらは少なくとも1つの燃料質量流量および/または空気質量流量の変更を誘起する。その場合制御器は特に、パイロット燃料質量流量の変更を介してガスタービン設備の動作系を再び最適にするために、すなわちバーナ不安定限界から遠ざけるために、少なくとも1つの操作信号をパイロット燃料供給管路中の燃料弁に送出する。その際、ガスタービン設備の補正排気温度およびその出力は、主燃料質量流量および/または空気質量流量の調節を介して、有害物質排出量とその最適値に保たれもしくは再びこの値に調整されるように、調整することができる。

【0048】

さらに、例えば変動する影響量、例えば変動する周囲温度のゆえに有害物質排出量が変化するときには、パイロットガス質量流量および/またはガスタービン出力および/また

10

20

30

40

50

は補正排気温度の調節を介して例えば有害物質排出量を所定範囲内に保つために、ガスタービン設備の動作系を新たに最適化することなく、操作弁 3 1 a、3 1 b、... もしくは静翼リング 3 2 を燃料質量流量および / または空気質量流量のみに作用させることができる。

【 0 0 4 9 】

有害物質値の高まりに対しては例えばパイロットガス質量流量に対する作用によって反応することができる。排ガス中の窒素酸化物値が高くまたは高まり、排ガス中の一酸化炭素値が高いとき、パイロットガス質量流量は減らすことができる。排気中の有害物質値の検出は本実施例において排出量測定装置 2 7 によって行われ、この排出量測定装置は燃焼室設備の排ガス通路中に配置され、フーリエ変換ユニット 3 3 を迂回して制御器 2 9 と接続されている。

10

【 0 0 5 0 】

本実施例において制御器 2 9 は、極力等級区分された反応を可能とするためにファジィ論理に基づいて作動する。しかし制御器は固定制御規則で作動することもできる。この固定制御規則は、例えば出力されるべき操作信号と到来する測定信号との間の機能的関連として存在し、または到来する測定信号と出発する操作信号とを結びつける表の態様で存在する。最後に、ニューラルネットワークに基づく制御器を投入することも可能であり、これにより制御器は先行する制御事象を学習する状態にされる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 5 1 】

【 図 1 】 ガスタービン設備を一部断面の側面図で示す。

【 図 2 】 本発明に係る制御装置をブロック線図の態様で示す。

【 符号の説明 】

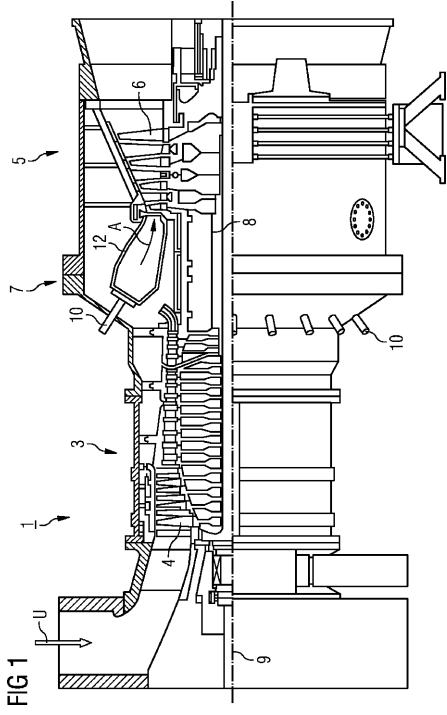
【 0 0 5 2 】

- 1 ガスタービン設備
- 3 圧縮機部
- 4 圧縮機動翼
- 5 タービン部
- 6 タービン動翼
- 7 バーナ部
- 8 軸
- 9 軸線
- 10 バーナ
- 11 燃焼室プレナム
- 12 燃焼室
- 13 フランジ
- 2 1、2 3、2 5、2 7 センサ
- 2 9 制御器
- 3 1 調整弁
- 3 2 静翼リング
- 3 3 フーリエ変換ユニット
- 3 5、3 7 圧力センサ
- 3 9 減算器
- 4 0 燃料管路
- A 作動流体
- U 周囲空気

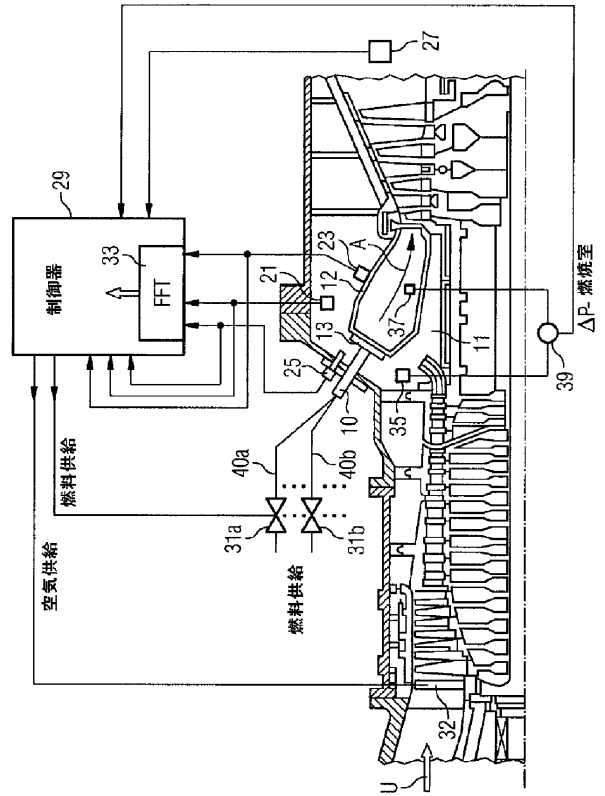
30

40

【 図 1 】



【 図 2 】



## フロントページの続き

- (51)Int.Cl. F I  
**F 0 2 C 9/20 (2006.01)** F 0 2 C 9/54  
 F 0 2 C 9/20
- (72)発明者 バウアー、アンドレアス  
 ドイツ連邦共和国 4 5 4 7 6 ミュールハイム フリードリッヒ - カール - シュトラーセ 2 3
- (72)発明者 ボーデ、ジークフリート  
 ドイツ連邦共和国 4 5 4 8 1 ミュールハイム フォイエルドルンヴェーク 4 5
- (72)発明者 ドイカー、エバーハルト  
 ドイツ連邦共和国 4 5 4 8 1 ミュールハイム エリー - ホイス - クナップ - シュトラーセ 2  
 9
- (72)発明者 ディーベルス、アンドレアス  
 ドイツ連邦共和国 4 6 2 4 2 ボットロープ ゴルヒ - フォック - シュトラーセ 2 4
- (72)発明者 ハーナー、トーマス  
 ドイツ連邦共和国 4 0 4 8 9 デュッセルドルフ ツム ホーエン ブレール 3 5
- (72)発明者 ヘッセ、トーマス  
 ドイツ連邦共和国 1 2 5 8 9 ベルリン ピュットベルゲヴェーク 6 9
- (72)発明者 クレプス、ヴェルナー  
 ドイツ連邦共和国 4 5 4 8 1 ミュールハイム エリー - ホイス - クナップ - シュトラーセ 2  
 1
- (72)発明者 レパース、ヨアヒム  
 ドイツ連邦共和国 4 0 4 7 6 デュッセルドルフ ヴァイセンブルクシュトラーセ 5 4
- (72)発明者 ミュラー、マルチン  
 ドイツ連邦共和国 4 5 4 7 8 ミュールハイム ドウイスブルガー シュトラーセ 4 2 4
- (72)発明者 ペルナウ、シュテファン  
 ドイツ連邦共和国 4 5 1 4 5 エッセン ヴィースパーデナー シュトラーセ 4 0
- (72)発明者 プラーデ、ベルント  
 ドイツ連邦共和国 4 5 4 7 8 ミュールハイム ナートラント 7
- (72)発明者 シュナイダー、ペーター - アンドレアス  
 ドイツ連邦共和国 4 8 1 4 5 ミュンスター アドミラル - シェール - シュトラーセ 9
- (72)発明者 ジモン、ディーター  
 ドイツ連邦共和国 4 5 4 7 3 ミュールハイム パペンブッシュシュトラーセ 1 5 4
- (72)発明者 シュトゥルム、ベルトルト  
 ドイツ連邦共和国 3 3 0 3 4 ブラーケル イム ガルゲングルント 1 0
- (72)発明者 テルキング、ハインリッヒ  
 ドイツ連邦共和国 4 9 3 7 7 フェヒタ ティチアンシュトラーセ 3 3
- (72)発明者 ヴァルナック、ディーター  
 ドイツ連邦共和国 1 2 0 4 9 ベルリン アラーシュトラーセ 2 9

審査官 石黒 雄一

- (56)参考文献 特開2003 - 293793 (JP, A)  
 特開平11 - 022490 (JP, A)  
 特開平05 - 098996 (JP, A)  
 特開2004 - 162698 (JP, A)  
 特開平08 - 042361 (JP, A)  
 特開2000 - 130750 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

F02C 1/00- 9/58

F23R 3/00- 7/00