

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4056232号
(P4056232)

(45) 発行日 平成20年3月5日(2008.3.5)

(24) 登録日 平成19年12月21日(2007.12.21)

(51) Int. Cl.			F I		
FO2C	9/28	(2006.01)	FO2C	9/28	Z
FO2C	7/057	(2006.01)	FO2C	7/057	
FO2C	9/00	(2006.01)	FO2C	9/00	A
FO2C	7/00	(2006.01)	FO2C	7/00	A
F23R	3/26	(2006.01)	F23R	3/26	Z

請求項の数 6 (全 33 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2001-253299 (P2001-253299)	(73) 特許権者	000006208 三菱重工工業株式会社 東京都港区港南二丁目16番5号
(22) 出願日	平成13年8月23日(2001.8.23)	(74) 代理人	100102864 弁理士 工藤 実
(65) 公開番号	特開2003-65082 (P2003-65082A)	(72) 発明者	野村 真澄 兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号 三菱重工工業株式会社高砂研究所内
(43) 公開日	平成15年3月5日(2003.3.5)	(72) 発明者	外山 浩三 兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号 三菱重工工業株式会社高砂製作所内
審査請求日	平成16年3月19日(2004.3.19)	審査官	藤原 直欣

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガスタービン制御装置、ガスタービンシステム及びガスタービン遠隔監視システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ガスタービンの燃焼器で圧力の振動及び加速度を周波数分析し、前記周波数分析の結果を複数の周波数帯に分割した周波数帯別分析結果を出力する周波数解析部と、

前記周波数帯別分析結果に基づいて、前記燃焼器に供給する燃料の流量である第1燃料流量及び空気の流量である第1空気流量の少なくとも一方を制御するために、前記ガスタービンのプロセス量と前記ガスタービンを制御する制御信号とを出力する制御部と、

前記周波数帯別分析結果において、前記圧力の振動及び加速度の強度が予め設定したしきい値以上の周波数帯である異常周波数帯について、前記異常周波数帯の周波数と前記プロセス量とに基づいて、異常振動を許容レベル以下にするために予め設定された関数により算出される補正量を決定し、当該補正量と前記制御信号とに基づいて、前記第1燃料流量及び前記第1空気流量の少なくとも一方を制御する補正部と、

前記第1燃料流量又は前記第1空気流量を、現在の運転条件を含む予め設定された範囲内で試験的に変化させるための流量変化量を出力する試行点決定部と

を具備し、

前記補正部は、前記流量変化量と前記制御信号とに基づいて、前記ガスタービンを前記予め設定された範囲内の試験の運転条件で制御し、

前記周波数解析部は、前記試験の運転条件における前記周波数帯別分析結果である試行周波数帯別分析結果を出力し、

前記試行点決定部は、前記試行点決定部での前記流量変化量の出力、前記補正部での前

10

20

記試験の運転条件の制御、及び前記周波数解析部での前記試行周波数帯別分析結果の出力の各々を所定の回数だけ実行して得られる複数の前記試行周波数帯別分析結果と、複数の前記試験の運転条件における前記プロセス量と、前記現在の運転条件と、前記現在の運転条件における前記周波数帯別分析結果とに基づいて、前記振動の強度が前記試験の前よりも減少する前記ガスタービンの運転条件を決定し、

前記補正部は、決定された前記ガスタービンの運転条件に基づいて、前記第 1 燃料流量及び前記第 1 空気流量の少なくとも一方を制御する

ガスタービン制御装置。

【請求項 2】

前記第 1 燃料流量は、前記燃焼器のメイン燃料又はパイロット燃料の少なくとも一方の流量である、

請求項 1 に記載のガスタービン制御装置。

【請求項 3】

前記第 1 空気流量は、前記ガスタービンのバイパス空気又は入口案内翼により調整される空気の少なくとも一方の流量である、

請求項 1 又は 2 に記載のガスタービン制御装置。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載のガスタービン制御装置と、

前記燃焼器を有する前記ガスタービンと、

を具備するガスタービンシステム。

【請求項 5】

ガスタービン制御装置を用いたガスタービン制御方法であって、

ここで、前記ガスタービン制御装置は、

ガスタービンの燃焼器での圧力の振動及び加速度を周波数分析し、前記周波数分析の結果を複数の周波数帯に分割した周波数帯別分析結果を出力する周波数解析部と、

前記周波数帯別分析結果に基づいて、前記燃焼器に供給する燃料の流量である第 1 燃料流量及び空気の流量である第 1 空気流量の少なくとも一方を制御するために、前記ガスタービンのプロセス量と前記ガスタービンを制御する制御信号とを出力する制御部と、

前記周波数帯別分析結果において、前記圧力の振動及び加速度の強度が予め設定したしきい値以上の周波数帯である異常周波数帯について、前記異常周波数帯の周波数と前記プロセス量とに基づいて、異常振動を許容レベル以下にするために予め設定された関数により算出される補正量を決定し、当該補正量と前記制御信号とに基づいて、前記第 1 燃料流量及び前記第 1 空気流量の少なくとも一方を制御する補正部と、

前記第 1 燃料流量及び前記第 1 空気流量を、現在の運転条件を含む予め設定された範囲内で試験的に変化させるための流量変化量を出力する試行点決定部と

を具備し、

前記ガスタービン制御方法は、

前記補正部が、前記流量変化量と前記制御信号とに基づいて、前記ガスタービンを前記予め設定された範囲内の試験の運転条件で制御するステップと、

前記周波数解析部が、前記試験の運転条件における前記周波数帯別分析結果である試行周波数帯別分析結果を出力するステップと、

前記試行点決定部が、前記試行点決定部での前記流量変化量の出力、前記補正部での前記試験の運転条件の制御、及び前記周波数解析部での前記試行周波数帯別分析結果の出力の各々を所定の回数だけ実行して得られる複数の前記試行周波数帯別分析結果と、複数の前記試験の運転条件における前記プロセス量と、前記現在の運転条件と、前記現在の運転条件における前記周波数帯別分析結果とに基づいて、前記振動の強度が前記試験の前よりも減少する前記ガスタービンの運転条件を決定するステップと、

前記補正部が、決定された前記ガスタービンの運転条件に基づいて、前記第 1 燃料流量及び前記第 1 空気流量の少なくとも一方を制御するステップと、

を具備するガスタービン制御方法。

10

20

30

40

50

【請求項6】

請求項5に記載のガスタービン制御方法を実行するためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ガスタービンの制御を行なう装置及びそれを有するシステムに関し、特に、燃焼振動を抑制する制御を行なう制御装置及びそれを有するシステムに関する。

【0002】

【従来の技術】

従来のガスタービンでは、発電機出力、大気温度・湿度などに基づいて、燃焼器へ送る空気流量、燃料流量を予め決定し、その値を用いて運転を行なっている。しかし、圧縮機の性能劣化やフィルターの目詰まりなどの経年変化により、実際の流量は計画時や試運転調整時とずれる可能性がある。その場合、燃焼安定性が低下したり、燃焼振動が発生する恐れがある。燃焼振動が発生すると、ガスタービンの運転に大きな支障をきたす。すなわち、燃焼振動を出来る限り抑制し、回避することは、プラントの設備保護上及び稼働率向上の観点から強く求められる。従って、燃焼安定性を保ち、燃焼振動を避けるために、年に数回の制御系の調整を熟練調整員により実施して、燃焼安定性を確認・維持しており、それが保守コストアップ、稼働率低下の原因となっている。

10

【0003】

特開平9-269107号公報に、燃焼器の燃焼振動抑制装置およびその抑制方法が開示されている。

20

この燃焼器の燃焼振動抑制装置は、燃焼振動抑制部を備える。燃焼振動抑制部は、燃焼器内の圧力センサーによって検出された、燃焼ガスの圧力変動を周波数分析する周波数分析装置と、この周波数分析装置によって検出された圧力変動の周波数帯域に基づき振動安定性を処理する中央演算処理装置と、この中央演算処理装置の出力信号を増幅する電圧増幅器と、増幅された出力信号を弁開閉信号として燃料弁に与えて制御するコントローラ部とをそれぞれ備える。

【0004】

この抑制方法は、低周波数の燃焼振動に着目している。燃焼振動が起きた時の燃空比から、燃焼振動の周波数を予測する。そして、低周波数の燃焼振動の場合、燃空比を変化させて、低周波の燃焼振動の発生を抑制することができる。低周波の燃焼振動は、機器に影響を与えやすいので、それを抑制することで、機器の損傷を抑制する。

30

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

従って、本発明の目的は、ガスタービンで発生する燃焼振動を抑制し、燃焼安定性を向上することができるガスタービン制御装置及びガスタービンシステムを提供することである。

【0006】

また、本発明の別の目的は、ガスタービンで行なう燃焼を、低公害で実施することが可能なガスタービン制御装置及びガスタービンシステムを提供することである。

40

【0007】

また、本発明の更に別の目的は、ガスタービンで発生する燃焼振動の周波数を解析し、その解析結果に基づいて、燃焼振動の抑制を適切に実行可能なガスタービン制御装置及びガスタービンシステムを提供することである。

【0008】

本発明の更に他の目的は、ガスタービンの経年変化に対しても、燃焼安定性を維持することが可能なガスタービン制御装置及びガスタービンシステムを提供することである。

【0009】

本発明の更に他の目的は、ガスタービンの運転の信頼性を高めるとともに、寿命を延長し、メンテナンス等にかかるコストを低減することが可能なガスタービン制御装置及びガス

50

タービンシステムを提供することである。

【0010】

更に、本発明の他の目的は、ガスタービンの運転状況を遠隔地において監視し、異常発生時にも遠隔地で対応が可能なガスタービン遠隔監視システムを提供することである。

【0011】

更に、本発明の他の目的は、複数のガスタービンの運転状況を遠隔地において集中監視し、運転管理の効率化を図ることが可能なガスタービン遠隔監視システムを提供することである。

【0012】

【課題を解決するための手段】

以下に、[発明の実施の形態]で使用される番号・符号を用いて、課題を解決するための手段を説明する。これらの番号・符号は、[特許請求の範囲]の記載と[発明の実施の形態]との対応関係を明らかにするために付加されたものである。ただし、それらの番号・符号を、[特許請求の範囲]に記載されている発明の技術的範囲の解釈に用いてはならない。

【0013】

従って、上記課題を解決するために、本発明のガスタービン制御装置は、ガスタービン(2)の燃焼器(111)内での圧力の振動を周波数分析し、前記周波数分析の結果を複数の周波数帯に分割した周波数帯別分析結果を出力する周波数解析部(12)と、前記周波数帯別分析結果に基づいて、前記燃焼器に供給する燃料の流量である第1燃料流量又は空気の流量である第1空気流量の少なくとも一方を制御する制御部(11)とを具備する。

【0014】

また、本発明のガスタービン制御装置は、補正部(21、24、27)を更に具備する。そして、前記制御部(11)は、更に、ガスタービン(2)のプロセス量と前記ガスタービン(2)を制御する制御信号とを前記補正部(21、24、27)へ出力する。また、前記補正部(21、24、27)は、前記周波数帯別分析結果において、前記振動の強度が予め設定したしきい値以上の周波数帯である異常周波数帯について、前記異常周波数帯の周波数と前記プロセス量とに基づいて算出される補正量を決定する。そして、その補正量と前記制御信号とに基づいて、前記第1燃料流量又は前記第1空気流量の少なくとも一方を制御する。

【0015】

更に、本発明のガスタービン制御装置は、新規ガスタービンにおける燃料の流量である第2燃料流量又は空気の流量である第2空気流量と、燃焼ガスの振動の周波数帯別の周波数分析結果である新規周波数帯別分析結果との関係を記録しているデータベース(15)を更に具備する。そして、前記補正部(30)は、前記周波数帯別分析結果と同等の値を示す前記新規周波数帯別分析結果に対応する前記第2燃料流量又は前記第2空気流量と、前記周波数帯別分析結果に対応する前記第1燃料流量又は前記第1空気流量とに基づいて、前記第1燃料流量又は前記第1空気流量の数値を較正する。

【0016】

更に、本発明のガスタービン制御装置は、前記第1燃料流量又は前記第1空気流量を試験的に変化させるための流量変化量を出力する試行点決定部(16)を更に具備する。そして、前記補正部(33)は、前記流量変化量に基づいて、前記ガスタービン(2)を前記試験の運転条件で制御する。また、前記周波数解析部(12)は、前記試験の結果である試行周波数帯別分析結果を出力する。そして、前記試行点決定部(16)は、前記試行周波数帯別分析結果と前記プロセス量とに基づいて、前記振動の強度が前記試験の前よりも減少する前記ガスタービン(2)の運転条件を決定する。

【0017】

更に、本発明のガスタービン制御装置は、前記第1燃料流量が、前記燃焼器のメイン燃料又はパイロット燃料の少なくとも一方の流量である。

【0018】

10

20

30

40

50

更に、本発明のガスタービン制御装置は、前記第1空気流量が、前記ガスタービンのバイパス空気又は入口案内翼により調整される空気の少なくとも一方の流量である。

【0019】

上記課題を解決するための本発明のガスタービンシステムは、上記各項のいずれか一項に記載のガスタービン制御装置(3)と、前記燃焼器(111)を有する前記ガスタービン(2)とを具備する。

【0020】

上記課題を解決するための本発明のガスタービン遠隔監視システムは、ガスタービン(2)と、前記ガスタービン(2)の制御を行なうガスタービン制御装置(3)と、前記ガスタービン制御装置(3)と通信回線で接続され、前記ガスタービン(2)を遠隔監視する遠隔監視部(20)とを具備する。ここで、前記ガスタービン制御装置(3)は、前記ガスタービン(2)の燃焼器(111)内での圧力の振動を周波数分析し、前記周波数分析の結果を複数の周波数帯に分割した周波数帯別分析結果を出力する周波数解析部(12)と、前記ガスタービン(2)の運転に関わる情報である運転状況データを有する制御部(11)とを含む。また、前記遠隔監視部(20)は、燃料流量及び空気流量と燃焼ガスの振動との関係である運転情報データを有する遠隔データベース(35)と、前記ガスタービン(2)の運転指示を出力する補正部(34)とを含む。前記ガスタービン制御部(3)は、前記運転状況データと前記周波数帯別分析結果とを前記遠隔監視部(20)へ前記通信回線を介して出力する。そして、前記遠隔監視部(20)は、前記運転状況データと前記周波数帯別分析結果と前記運転情報データとから、前記ガスタービン(2)の燃料流量又は空気流量の補正量を決定し、通信回線を介して出力する。そして、前記ガスタービン制御部(3)は、前記補正量に基づいて、前記燃料流量又は前記空気流量を制御する。

【0021】

上記課題を解決するための本発明のガスタービン制御方法は、ガスタービン(2)の燃焼器(111)の圧力の振動又は加速度の振動の少なくとも一方の測定結果を受信するステップと、前記測定の結果に基づいて、前記振動を複数の周波数帯に分割して周波数分析を行なうステップと、前記周波数分析の結果に基づいて、前記燃焼器に供給する燃料及び空気の流量の少なくとも一方を決定するステップと、前記決定した流量に基づいて、前記燃料及び前記空気の流量の少なくとも一方を制御するステップとを具備する。

【0022】

上記課題を解決するための本発明のプログラムは、前項に記載のガスタービン制御方法を実行する。

【0023】

【発明の実施の形態】

以下、本発明であるガスタービン制御装置及びガスタービンシステムの実施の形態に関して、添付図面を参照して説明する。

本実施例において、ガスタービンに使用される制御装置を例に示して説明するが、他の燃焼振動が発生する燃焼装置の制御においても、適用可能である。

【0024】

図11を参照して、本発明であるガスタービン制御装置及びガスタービンシステムに関わるガスタービン2について説明する。

図11は、ガスタービン2の構成を示す概略図である。ガスタービン2は、タービン本体部100と燃焼部110とを具備する。

【0025】

ただし、燃焼部110は、複数(m基)の燃焼器を有している。ここでは、複数の燃焼器111-1~mの全てに共通の説明の場合には、燃焼器111とし、個別の燃焼器についての説明の場合には、例えば、燃焼器111-1(1番目の燃焼器の意味)と記す。燃焼器111に付属の構成であるバイパス空気導入管117、バイパス弁118、バイパス空気混合管119、燃焼ガス導入管120、メイン燃料供給弁115及びパイロット燃料供給弁116についても、同様である。

10

20

30

40

50

また、図 11 では、燃焼器 111 の内、1 番目の燃焼器である燃焼器 111 - 1 のみを代表的に示している。説明も燃焼器 111 - 1 及びその関連の構成のみについて行なう。

【0026】

タービン本体部 100 は、入口案内翼 102 を有する圧縮機 101、回転軸 103、タービン 104 を具備する。また、燃焼部 110 は、圧縮空気導入部 112、バイパス空気導入管 117 - 1、バイパス弁 118 - 1、バイパス空気混合管 119 - 1、燃焼ガス導入管 120 - 1、燃焼器 111 - 1、メイン燃料流量制御弁 113、パイロット燃料流量制御弁 114、メイン燃料供給弁 115 - 1、パイロット燃料供給弁 116 - 1 とを具備する。ガスタービン 2 には、発電機 121 が接続している。

【0027】

外部から導入された空気は、圧縮機 101 で圧縮され、各燃焼器 111 へ供給される。一方、燃料の一部は、パイロット燃料流量制御弁 114 経由で、各燃焼器 111 のパイロット燃料供給弁 116 に達する。そして、そこから各燃焼器 111 へ導入される。また、残りの燃料は、メイン燃料流量制御弁 113 経由で、各燃焼器 111 のメイン燃料供給弁 115 に達する。そして、そこから各燃焼器 111 へ導入される。導入された空気及び燃料は、各燃焼器 111 において燃焼する。燃焼により発生した燃焼ガスは、タービン 104 に導入され、タービン 104 を回転させる。その回転エネルギーにより、発電機 121 が発電する。

【0028】

次に、図 11 の各部について説明する。

最初に、タービン本体部 100 について説明する。

タービン 104 は、燃焼ガス導入管 120 と燃焼ガスを外部に排出する配管とに接続している。また、回転軸 103 を介して圧縮機 101 及び発電機 121 に結合している。そして、燃焼ガス導入管 120 経由で、燃焼器 111 から燃焼ガスの供給を受ける。その燃焼ガスの有するエネルギーを回転エネルギーに変換して回転する。その回転により、発電機 121 や圧縮機 101 を回転する。発電に使用した燃焼ガスは、外部に排出する。

【0029】

圧縮機 101 は、外部から空気を導入する配管と圧縮空気導入部 112 とに接続している。また、回転軸 103 を介してタービン 104 及び発電機 121 に結合している。そして、タービン 104 の回転を伝達され回転する。その回転により、外部から空気を導入する。そして導入した空気を、圧縮して、燃焼器 111 へ送出する。

入口案内翼 102 は、圧縮機 101 の空気導入側の回転翼である。回転翼の角度を制御することにより、回転数一定でも、圧縮機 101 へ導入する空気の流量を調整することが可能である。回転翼の制御は、後述のガスタービン制御部 3 により行なわれる。

【0030】

回転軸 103 は、圧縮機 101、タービン 104、発電機 121 を接続している。タービン 104 の回転力を圧縮機 101 及び発電機 121 に伝達する軸である。

発電機 121 は、回転軸 103 によりタービン 104 と接続している。タービン 104 の回転エネルギーを、電力エネルギーに変換する発電装置である。

【0031】

次に、燃焼部 110 について説明する。

【0032】

圧縮空気導入部 112 は、圧縮機 101 に接続された導入管や燃焼部 110 のケーシング（車室）内の空気を導く空間などである。圧縮機 101 で圧縮された圧縮機吐出空気を燃焼器 111 - 1 へ導く。

バイパス空気導入管 117 - 1 は、圧縮空気導入部 112 内に一端部が開放されて接続され、他端部はバイパス弁 118 - 1 に接続している。圧縮機吐出空気の内、燃焼器 111 - 1 に供給しない分を、タービン 104 へバイパスする管である。

バイパス弁 118 - 1 は、一方をバイパス空気導入管 117 - 1 に接続し、他方をバイパス空気混合管 119 - 1 に接続している。バイパス空気導入管 117 - 1 を通過する空気

10

20

30

40

50

の流量を制御する弁である。空気流量の制御は、後述のガスタービン制御部3により行なわれる。

バイパス空気混合管119-1は、一端部をバイパス弁118-1に、他端部を燃焼ガス導入管120-1に接続している。バイパス弁118-1を通過した空気を、燃焼器111-1で生成した燃焼ガスと混合するために燃焼ガス導入管120-1に供給する。

【0033】

メイン燃料流量制御弁113は、一方を外部から燃料を供給する配管に、他方を複数のメイン燃料供給弁115(-1~m)に接続した配管に接続している。外部から供給される燃料の燃焼器111への流量を制御する。燃料流量の制御は、後述のガスタービン制御部3により行なわれる。メイン燃料流量制御弁113を経由する燃料は、燃焼器111のメインバーナーで使用される。

10

メイン燃料供給弁115-1は、一方をメイン燃料流量制御弁113につながる配管に、他方を燃焼器111-1のメインバーナーにつながる配管に接続している。燃焼器111-1のメインバーナーに供給する燃料を制御する弁である。燃料流量の制御は、後述のガスタービン制御部3により行なわれる。

【0034】

パイロット燃料流量制御弁114は、一方を外部から燃料を供給する配管に、他方を複数のパイロット燃料供給弁116(-1~m)に接続した配管に接続している。外部から供給される燃料の燃焼器111への流量を制御する。燃料流量の制御は、後述のガスタービン制御部3により行なわれる。パイロット燃料流量制御弁114を経由する燃料は、燃焼器111のパイロットバーナーで使用される。

20

パイロット燃料供給弁116-1は、一方をパイロット燃料流量制御弁114につながる配管に、他方を燃焼器111-1のパイロットバーナーにつながる配管に接続している。燃焼器111-1のパイロットバーナーに供給する燃料を制御する弁である。燃料流量の制御は、後述のガスタービン制御部3により行なわれる。

【0035】

燃焼器111-1は、空気を供給する圧縮空気導入部112と、燃料を供給するメイン燃料供給弁115-1につながる配管と、燃料を供給するパイロット燃料供給弁116-1とにつながる配管と、燃焼ガスを送出する燃焼ガス導入管120-1に接続している。そして、空気と燃料との供給を受け、それらを燃焼し、高温高压の燃焼ガスを生成する。生成された燃焼ガスは、タービン104に向けて送出的。

30

燃焼ガス導入管120-1は、一端部を燃焼器111-1に、他端部をタービン104に接続している。また、途中にバイパス空気混合管119-1が接合している。燃焼ガス及びバイパス空気をタービン104に供給する配管である。

【0036】

(実施例1)

次に、上記ガスタービン2を有する本発明のガスタービン制御装置及びガスタービンシステムの第1の実施の形態について、図面を参照して説明する。

図1は、本発明であるガスタービン制御装置及びガスタービンシステムの実施例を示すブロック図である。ガスタービンシステム1は、ガスタービン2とガスタービン制御装置としてのガスタービン制御部3とを具備する。

40

【0037】

ガスタービン2は、プロセス量計測部4、メイン燃料流量調整部5、パイロット燃料流量調整部6、バイパス空気流量調整部7、入口案内翼調整部8、圧力変動測定部9及び加速度測定部10を有する。

【0038】

一方、ガスタービン制御部3は、制御部11、周波数解析部12、及び、補正部としてのパイロット燃料補正部21を有する。パイロット燃料補正部21は、補正量決定部22と加算部23とを有する。

【0039】

50

本発明では、ガスタービン2は、第1燃料流量としてのメイン燃料流量及びパイロット燃料流量、第1空気流量としてのバイパス空気流量及び入口案内翼を經由する空気流量（メイン燃料流量調整部5、パイロット燃料流量調整部6、バイパス空気流量調整部7及び入口案内翼調整部8）を制御して、燃焼器111において燃焼を行なう。そして、その燃焼ガスにより発電などの仕事を行なう。運転状況は、プロセス量（プロセス量計測部4）として計測している。また、燃焼により発生する圧力及び加速度の振動（圧力変動測定部9、加速度測定部10）を計測する。

【0040】

一方、本発明では、ガスタービン制御部3は、燃料及び空気を制御し、ガスタービン2の運転を行なっている。また、ガスタービン2の運転状況を、プロセス量を把握することにより監視している。そして、燃焼により発生する圧力及び加速度の振動を把握し、その内容を周波数分析（周波数解析部12）する。そして、本実施例では、パイロット燃料の流量調整の補正值を決定（パイロット燃料補正部21）し、パイロット燃料流量調整部6へ出力し、圧力の振動を抑制する。

10

【0041】

すなわち、ガスタービン制御部3は、ガスタービン2で発生する燃焼振動を把握する。そして、その周波数特性に応じて適切にガスタービン2の運転を制御（本実施例では、特にパイロット燃料を適宜、振動状態に応じて変更）し、燃焼振動を抑制することが可能となる。

【0042】

図1の各部について説明する。

ガスタービン2は、図11で説明したガスタービンである。図1では、ブロック図により、その構成を示している。

20

プロセス量計測部4は、ガスタービン2の運転中における、運転条件や運転状態を示すプロセス量を計測する各種計測機器である。ガスタービン2上の然るべき部位に設置され、測定結果は、ガスタービン制御部3の制御部11（後述）へ出力する。ここで、プロセス量は、例えば、発電電力（発電電流、発電電圧）、大気温度、湿度、各部での燃料流量及び圧力、各部での空気流量及び圧力、燃焼器での燃焼ガス温度、燃焼ガス流量、燃焼ガス圧力、圧縮機やタービンの回転数などである。

【0043】

メイン燃料流量調整部5は、制御部11からの指令により、メイン燃料の流量の制御を行なう。メイン燃料流量制御弁113及びメイン燃料供給弁115-1～mを具備する。全体のメイン燃料の流量の制御は、メイン燃料流量制御弁113の調整により行なう。各燃焼器111-1～mのメイン燃料の流量の制御は、各メイン燃料供給弁115-1～mの調整により行なう。

30

パイロット燃料流量調整部6は、制御部11からの指令により、パイロット燃料の流量の制御を行なう。パイロット燃料流量制御弁114及びパイロット燃料供給弁116-1～mを具備する。全体のパイロット燃料の流量の制御は、パイロット燃料流量制御弁114の調整により行なう。各燃焼器111-1～mのパイロット燃料の流量の制御は、各パイロット燃料供給弁116-1～mの調整により行なう。

40

【0044】

バイパス空気流量調整部7は、制御部11からの指令により、各燃焼器111-1～mへ供給する空気の流量の制御を行なう。バイパス空気導入口管117-1～m、バイパス弁118-1～m及びバイパス空気混合管119-1～mを具備する。そして、各燃焼器111-1～mにおいて、バイパス弁118-1～mの開度を大きく（あるいは小さく）し、バイパス側に流れる空気流量を増加（あるいは減少）することにより、燃焼器に供給される空気の流量を少なく（あるいは多く）制御する。

入口案内翼調整部8は、制御部11からの指令により、圧縮機101に導入される空気の流量の制御を行なう。入口案内翼102の回転翼の角度を制御することにより、圧縮機101へ導入する空気の流量を調整する。

50

圧力変動測定部 9 は、各燃焼器 1 1 1 - 1 ~ m に取り付けられた圧力測定器である。制御部 1 1 からの指令により、各燃焼器 1 1 1 - 1 ~ m 内の圧力を計測する。そして、各燃焼器 1 1 1 - 1 ~ m の圧力変動測定値を、ガスタービン制御部 3 の周波数解析部 1 2 へ出力する。

加速度測定部 1 0 は、各燃焼器 1 1 1 - 1 ~ m の内部に取り付けられた加速度測定器である。制御部 1 1 からの指令により、各燃焼器 1 1 1 - 1 ~ m の加速度（位置の 2 階微分）を計測する。そして、各燃焼器 1 1 1 - 1 ~ m の加速度測定値を、ガスタービン制御部 3 の周波数解析部 1 2 へ出力する。

【 0 0 4 5 】

一方、ガスタービン制御部 3 は、ガスタービン 2 で計測されたプロセス量や圧力、加速度のデータに基づいてガスタービン 2 を制御し、ガスタービン 2 において燃焼振動が発生しないようにする。

制御部 1 1 は、ガスタービン 2 で計測されたプロセス量に基づいて、メイン燃料流量調整部 5、バイパス空気流量調整部 7 及び入口案内翼調整部 8 を制御信号を出力して制御する。また、通常のパイロット燃料流量調整部 6 を制御する信号を、パイロット燃料補正部 2 1（後述）へ出力し、パイロット燃料補正部 2 1 によるパイロット燃料流量調整部 6 の制御を補佐する。メイン燃料流量調整部 5、バイパス空気流量調整部 7 及び入口案内翼調整部 8 の制御は、フィードフォワード法による制御、フィードバック法による制御、PID 法による制御などで行なう。

【 0 0 4 6 】

周波数解析部 1 2 は、各燃焼器 1 1 1 - 1 ~ m において、圧力変動測定部 9 で計測された圧力変動測定値に基づいて、圧力の変動（振動）の周波数分析を行なう。そして、複数の周波数帯に区切って、周波数帯別分析結果として出力する。又は、加速度測定部 1 0 で計測された加速度測定値に基づいて、加速度の周波数分析を行なう。そして、複数の周波数帯に区切って、周波数帯別分析結果として出力する。そして、出力された各燃焼器 1 1 1 - 1 ~ m の分析結果は、パイロット燃料補正部 2 1 へ送られる。

【 0 0 4 7 】

補正部としてのパイロット燃料補正部 2 1 は、圧力又は加速度の周波数帯別分析結果とプロセス量に基づいて、補正量を算出する。そして、制御部 1 1 からのパイロット燃料流量調整部 6 を制御する制御信号にその補正量を加えて、パイロット燃料流量調整部 6 へ出力する。制御部 1 1 に含まれていても良い。

補正量決定部 2 2 は、周波数解析部 1 2 からの圧力又は加速度の周波数帯別分析結果と、制御部 1 1 からのプロセス量とに基づいて、自身が有する補正量決定表（図 2、図 3 など、後述）から、パイロット燃料流量調整部 6 を制御する制御信号に対する補正量を決定する。決定した補正量は、加算部 2 3 へ出力する。

加算部 2 3 は、制御部 1 1 からのパイロット燃料流量調整部 6 を制御する制御信号に、補正量決定部 2 2 で決定された補正量を加えて、パイロット燃料流量調整部 6 を制御する制御信号として、パイロット燃料流量調整部 6 へ出力する。

【 0 0 4 8 】

次に、本発明のガスタービン制御装置及びガスタービンシステムの実施の形態の動作について、図面を参照して説明する。

ここで、ガスタービン運転時の制御に使用する補正の基礎となるデータの決定方法について説明する。

図 1 4 は、圧力変動測定部 9 により測定された圧力変動測定値に基づいて、周波数解析部 1 2 にて周波数分析を行なった結果の一例である。横軸は周波数、縦軸は振動の強度（レベル）を示している。図 1 4 から、燃焼器 1 1 1 において発生する燃焼振動（圧力振動及び加速度振動）は、複数の振動の周波数を有する。従って、燃焼振動を抑制するためには、さらさら複数の振動のそれぞれに対応した制御を行なう必要がある。

【 0 0 4 9 】

ここで、各周波数の振動は、それぞれ複雑な要因により発生しているために、画一的な制

10

20

30

40

50

御、あるいは、一つのパラメータを制御することだけでは、振動を抑えることは難しい。また、振動数により、ガスタービン2に与える影響が異なる。従って、同じ振動強度でも、ある周波数では許容範囲であっても、他の周波数においては致命的である場合もありうる。以上の点から、ガスタービン2の運転条件の制御は、振動の周波数に応じて、複数のパラメータに対して行なう必要がある。

【0050】

そこで、次に示す方法により、補正の基礎となる補正量データ(図2の表)の作成を行なう。

図2の表は、周波数帯、しきい値、補正值の各項目からなる。各項目について説明する。
周波数帯：周波数分析を行なった結果に基づいて、対応を行なう最小単位となる周波数領域である。

10

まず、圧力及び加速度の変動を調べる周波数範囲を決定する。例えば、図14においては、振動は、主に0~5000Hzで発生していることから、周波数範囲を0~5000Hzとする。そして、その周波数範囲を、適当な大きさの周波数帯に区切り、 n 個に分割する。例えば、50Hz毎に区切るとすると、 $n=100$ となる。なお、この周波数帯は、必ずしも一定の大きさである必要はない。

【0051】

しきい値：各周波数帯において、許容できる最高の振動強度を示す値である。

各周波数帯(周波数帯1~ n)に対して、圧力及び加速度の強度のしきい値($f_1 \sim f_n$)を決定する。しきい値は、例えば、その周波数の振動により、共振する部材や構造があるか、損傷を受け易い部材や構造があるか、どのくらいの強度の振動まで許容できるかなどにより決定する。なお、このしきい値は、各周波数帯で、必ずしも共通の一定の大きさではない。

20

【0052】

補正值：ある周波数帯の振動を許容レベル以下にするために、通常の制御部11の制御信号に加える補正值の制御信号である。

補正值は、周波数帯(周波数帯1~ n)の各々に、プロセス量(例えば、発電電力、大気温度、湿度、各部での燃料流量及び圧力、各部での空気流量及び圧力、燃焼器での燃焼ガス温度、燃焼ガス流量、燃焼ガス圧力、圧縮機やタービンの回転数など)に基づいて、プロセス量の関数値として決定される。すなわち、周波数帯1~ n に対して、補正值の関数 f_1 (プロセス量：発電電力、大気温度、湿度、...)~ f_n (プロセス量：発電電力、大気温度、湿度、...)を対応させ、その関数の計算結果を補正值とする。周波数帯によりガスタービンに与える影響が異なることから、関数 $f_1 \sim f_n$ は、各周波数帯の各々について必ずしも同じにはならない。また、それに伴い、用いるプロセス量の種類も、必ずしも同じにはならない。

30

【0053】

関数 $f_1 \sim f_n$ は、ガスタービン2の構造及び使用する材料、運転条件などにより、様々に変わる。そのため、各ガスタービン毎に、設計(構造、材料など)及び試験運転時のデータ、過去の同タイプのガスタービンのデータなどから決定される。

【0054】

なお、しきい値については、各周波数帯(周波数帯1~ n)の各々について、一つである必要はない。すなわち、複数のしきい値を用意し、しきい値毎に危険レベルを設定する。そして、危険レベル毎に制御部11での対応を変える。それにより、しきい値レベルに応じて、運転状況を除除に変更でき、ガスタービン2への負担が軽減される。例えば、しきい値を2つ設け、危険レベルを2つ設定する。そして、最初のしきい値(すなわち危険レベル1)の場合には、補正值を小さくし、二番目のしきい値(すなわち危険レベル2)の場合には、アラームを発すると共に、補正值を大きくする。

40

【0055】

その例を示しているのが、図3である。図3においては、各周波数帯(周波数帯1~ n)に対して、しきい値が2個ずつ設定されている。例えば、周波数帯1については、 f_{11}

50

及び、 f_{12} である。そして、それぞれのしきい値に対して、補正值 f_{11} (プロセス量)、 f_{12} (プロセス量) を対応させる。こうすることにより、振動の強度が大きくなった(しきい値を超えた)場合でも、急激な運転条件の変更を行わずに振動の抑制に対応することが可能である。すなわち、ガスタービン 2 により負担の少ない、振動の抑制が可能となる。

【0056】

なお、図 2 又は図 3 に示すようなデータは、制御する部位(メイン燃料流量調整部 5、パイロット燃料流量調整部 6、バイパス空気流量調整部 7、入口案内翼調整部 8)及びそれらの各構成(各弁)の各々について作成する。本実施例では、パイロット燃料流量調整部 6 向けに作成する。

10

また、図 2 又は図 3 に示すようなデータは、圧力振動のみを用いても良いし、加速度振動のみを用いても良いし、圧力振動及び加速度振動の両方を用いても良い。

【0057】

次に、ガスタービン 2 の運転時に、補正量を決定し、パイロット燃料流量を制御する方法について、図 1、図 2 及び図 12 を参照して説明する。

1 各運転前の段階(図 12、開始の段階)で、図 2 (又は図 3) に示すようなデータを準備する。準備方法は、既述の通りである。なお、このデータは、パイロット燃料補正部 21 内の図示しない記憶部に保存される。

【0058】

2 次に、実際のガスタービン 2 の運転において、圧力変動測定部 9 及び加速度測定部 10 は、燃焼器 111 (-1~m) での燃焼ガスの圧力変動及び燃焼器 111 (-1~m) の加速度を測定する。そして、予め定められた時間毎に、それらの測定値が周波数解析部 12 へ出力される。出力されたデータは、ガスタービン制御部 3 の周波数解析部 12 により受信される(図 12、ステップ S1)。

20

【0059】

3 ガスタービン制御部 3 の周波数解析部 12 は、測定値について、フーリエ解析などの手法により周波数分析を行なう。そして、図 14 に例示されるような周波数と振動強度(レベル)との関係を示すデータを得る。しかる後、そのデータを、予め設定された周波数帯に分割する(図 12、ステップ S2)。そうして得られた結果を、パイロット燃料補正部 21 の補正量決定部 22 へ出力する。

30

【0060】

4 ガスタービン制御部 3 の補正量決定部 22 では、周波数解析部 12 で得られた周波数帯 1~n の各々の結果を、図示しない記憶部に保持された図 2 又は図 3 に示すデータ中の周波数帯 1~n の各々のしきい値と比較する。そして、振動の強度が、しきい値を超えていない場合には、補正值 = 0 と決定する。振動の強度が、しきい値を超えている場合(その周波数帯を異常周波数帯と呼ぶこととする)には、制御部 11 から出力されるプロセス量の値に基づいて、関数 f を計算して補正値を決定する(図 12、ステップ S3)。

【0061】

5 ガスタービン制御部 3 の加算部 23 では、補正量決定部 22 から出力される補正値と、制御部 11 から出力されるパイロット燃料流量調整部 6 を制御する制御信号とを加えて、新たにパイロット燃料流量調整部 6 を制御する制御信号として決定する(図 12、ステップ S4)。

40

【0062】

6 ガスタービン制御部 3 の決定したパイロット燃料流量調整部 6 を制御する制御信号は、パイロット燃料流量調整部 6 へ出力する(図 12、ステップ S5)。

【0063】

7 パイロット燃料流量調整部 6 では、加算部 23 から出力された制御信号に基づいて、然るべきパイロット燃料供給弁 116 (-1~m) 又は、パイロット燃料流量制御弁 114 を操作する。

50

【0064】

なお、上記 1 ~ 7 のステップは、ガスタービン 2 の運転中、予め設定した時間毎に継続して行なわれる。

【0065】

加算部 23 からの出力による制御状況の例を、図 13 に示す。これは、補正值 f_p (プロセス量) とパイロット燃料供給弁の開度との関係を示す図である。縦軸は、パイロット燃料供給弁 (116) 開度、横軸は、ある周波数帯 P の補正值 f_p (プロセス量: MW、大気温度、...) である。また、 Q_0 は、補正值が無い場合での、制御部 11 によるパイロット燃料供給弁 116 の開度を示す。この図から、補正值 f_p により、パイロット燃料供給弁 116 の開度が、補正されている。また、その補正量は、プロセス量の値により変化する補正值 f_p に基づいて変化していることがわかる。

10

【0066】

なお、図 13 では、補正值 f_p (プロセス量) により、弁の開度が増加しているが、必ずしも増加する必要はない。装置の構成や、周波数帯により、減少させるようにしても良い。

【0067】

なお、他のメイン燃料流量、バイパス空気流量、入口案内翼による導入空気量の制御に関しては、予め設定した値になるように、フィードフォワード制御、フィードバック制御、PID 制御などにより制御する。

【0068】

本発明により、パイロット燃料流量をガスタービン 2 で発生する圧力及び加速度の振動に対応して制御でき、圧力及び加速度の振動を抑制することが出来る。特に、発生する振動を周波数帯毎に分割して分析し、周波数帯毎に適切に対応を行なうので、効率的且つ適切に燃焼の安定性を向上させることが可能となる。

20

【0069】

(実施例 2)

次に、上記ガスタービン 2 を有する本発明のガスタービン制御装置及びガスタービンシステムの第 2 の実施の形態について、図面を参照して説明する。

図 4 は、本発明であるガスタービン制御装置及びガスタービンシステムの実施例を示すブロック図である。ガスタービンシステム 1 は、ガスタービン 2 とガスタービン制御装置としてのガスタービン制御部 3 とを具備する。

30

【0070】

ガスタービン 2 は、プロセス量計測部 4、メイン燃料流量調整部 5、パイロット燃料流量調整部 6、バイパス空気流量調整部 7、入口案内翼調整部 8、圧力変動測定部 9 及び加速度測定部 10 を有する。

【0071】

一方、ガスタービン制御部 3 は、制御部 11、周波数解析部 12、及び、補正部としてのバイパス空気補正部 24 を有する。バイパス空気補正部 24 は、補正量決定部 25 と加算部 26 とを有する

【0072】

本発明の本実施例では、ガスタービン 2 における圧力及び加速度の振動に対応して、パイロット燃料流量ではなく、バイパス空気流量の制御に補正量を導入する点が実施例 1 と異なる。すなわち、本実施例では、燃焼により発生する圧力及び加速度の振動を把握し、その内容を周波数分析 (周波数解析部 12) し、バイパス空気の流量調整の補正值を決定 (バイパス空気補正部 24) し、バイパス空気流量調整部 7 へ出力し、圧力の振動を抑制する。

40

【0073】

すなわち、ガスタービン制御部 3 は、ガスタービン 2 で発生する燃焼振動を把握する。そして、その周波数特性に応じて適切にガスタービン 2 の運転を制御 (本実施例では、特にバイパス空気流量を適宜、振動状態に応じて変更) し、燃焼振動を抑制することが可能と

50

なる。

【 0 0 7 4 】

図 4 の各部について説明する。

ガスタービン 2 は、実施例 1 で説明したものと同様であるので、その説明を省略する。

【 0 0 7 5 】

一方、ガスタービン制御部 3 は、ガスタービン 2 で計測されたプロセス量や圧力、加速度のデータに基づいてガスタービン 2 を制御し、ガスタービン 2 において燃焼振動が発生しないようにする。

制御部 1 1 は、ガスタービン 2 で計測されたプロセス量に基づいて、メイン燃料流量調整部 5、パイロット燃料流量調整部 6 及び入口案内翼調整部 8 を制御信号を出力して制御する。また、通常のバイパス空気流量調整部 7 を制御する信号を、バイパス空気補正部 2 4 (後述)へ出力し、バイパス空気補正部 2 4 によるバイパス空気流量調整部 7 の制御を補佐する。メイン燃料流量調整部 5、パイロット燃料流量調整部 6 及び入口案内翼調整部 8 の制御は、フィードフォワード法による制御、フィードバック法による制御、PID 法による制御などで行なう。周波数解析部 1 2 は、分析結果を、バイパス空気補正部 2 4 に出力する以外は実施例 1 と同様である。

10

【 0 0 7 6 】

補正部としての、バイパス空気補正部 2 4 は、圧力又は加速度の周波数帯別分析結果とプロセス量とに基づいて、補正量を算出する。そして、制御部 1 1 からのバイパス空気流量調整部 7 を制御する制御信号にその補正量を加えて、バイパス空気流量調整部 7 へ出力する。制御部 1 1 に含まれていても良い。

20

補正量決定部 2 5 は、周波数解析部 1 2 からの圧力又は加速度の周波数帯別分析結果と、制御部 1 1 からのプロセス量とに基づいて、自身が有する補正量決定表(図 2、図 3 など)から、バイパス空気流量調整部 7 を制御する制御信号に対する補正量を決定する。決定した補正量は、加算部 2 6 へ出力する。

加算部 2 6 は、制御部 1 1 からのバイパス空気流量調整部 7 を制御する制御信号に、補正量決定部 2 5 で決定された補正量を加えて、バイパス空気流量調整部 7 を制御する制御信号として、バイパス空気流量調整部 7 へ出力する。

【 0 0 7 7 】

次に、本発明のガスタービン制御装置及びガスタービンシステムの実施の形態の動作について、図面を参照して説明する。

30

ここで、ガスタービン運転時の制御に使用する補正の基礎となる補正量データ(図 2 又は図 3 のようなデータ)の決定方法については、実施例 1 と同様であるので、その説明を省略する。

【 0 0 7 8 】

なお、図 2 又は図 3 に示すようなデータは、制御する部位(メイン燃料流量調整部 5、パイロット燃料流量調整部 6、バイパス空気流量調整部 7、入口案内翼調整部 8)及びそれらの各構成(各弁)の各々について作成する。本実施例では、バイパス空気流量調整部 7 向けに作成する。

また、図 2 又は図 3 に示すようなデータは、圧力振動のみを用いても良いし、加速度振動のみを用いても良いし、圧力振動及び加速度振動の両方を用いても良い。

40

【 0 0 7 9 】

次に、ガスタービン 2 の運転時に、補正量を決定し、バイパス空気流量を制御する方法について、図 4、図 2 及び図 1 2 を参照して説明する。

1 各運転前の段階(図 1 2、開始の段階)で、図 2 (又は図 3)に示すようなデータを準備する。準備方法は、既述の通りである。なお、このデータは、バイパス空気補正部 2 4 内の図示しない記憶部に保存される。

【 0 0 8 0 】

2 次に、実際のガスタービン 2 の運転において、圧力変動測定部 9 及び加速度測定部 1 0 は、燃焼器 1 1 1 (- 1 ~ m)での燃焼ガスの圧力変動及び燃焼器 1 1 1 (- 1 ~ m

50

)の加速度を測定する。そして、予め定められた時間毎に、それらの測定値が周波数解析部12へ出力される。出力されたデータは、ガスタービン制御部3の周波数解析部12により受信される(図12、ステップS1)。

【0081】

3 ガスタービン制御部3の周波数解析部12は、測定値について、フーリエ解析などの手法により周波数分析を行なう。そして、図14に例示されるような周波数と振動強度(レベル)との関係を示すデータを得る。しかる後、そのデータを、予め設定された周波数帯に分割する(図12、ステップS2)。そうして得られた結果を、バイパス空気補正部24の補正量決定部25へ出力する。

【0082】

4 ガスタービン制御部3の補正量決定部25では、周波数解析部12で得られた周波数帯1~nの各々の結果を、図示しない記憶部に保持された図2又は図3に示すデータ中の周波数帯1~nの各々のしきい値と比較する。そして、振動の強度が、しきい値を超えていない場合には、補正值=0と決定する。振動の強度が、しきい値を超えている場合(この周波数帯を異常周波数帯ということとする)には、制御部11から出力されるプロセス量の値に基づいて、関数fを計算して補正值を決定する(図12、ステップS3)。決定した補正值は、加算部26へ出力する。

【0083】

5 ガスタービン制御部3の加算部26では、補正量決定部25から出力される補正值と、制御部11から出力されるバイパス空気流量調整部7を制御する制御信号とを加えて、新たにバイパス空気流量調整部7を制御する制御信号として決定する(図12、ステップS4)。

【0084】

6 ガスタービン制御部3の決定したバイパス空気流量調整部7を制御する制御信号は、バイパス空気流量調整部7へ出力される(図12、ステップS5)。

【0085】

7 バイパス空気流量調整部7では、加算部26から出力された制御信号に基づいて、然るべきバイパス弁118(-1~m)を操作する。

【0086】

なお、上記1~7のステップは、ガスタービン2の運転中、予め設定した時間毎に継続して行なわれる。

【0087】

なお、他のメイン燃料流量、パイロット燃料流量、入口案内翼による導入空気量の制御に関しては、予め設定した値になるように、フィードフォワード制御、フィードバック制御、PID制御などにより制御する。

【0088】

本発明により、バイパス空気流量をガスタービン2で発生する圧力及び加速度の振動に対応して制御でき、圧力及び加速度の振動を抑制することが出来る。特に、発生する振動を周波数帯毎に分割して分析し、周波数帯毎に適切に対応を行なうので、効率的且つ適切に燃焼の安定性を向上させることが可能となる。

【0089】

(実施例3)

次に、上記ガスタービン2を有する本発明のガスタービン制御装置及びガスタービンシステムの第3の実施の形態について、図面を参照して説明する。

図5は、本発明であるガスタービン制御装置及びガスタービンシステムの実施例を示すブロック図である。ガスタービンシステム1は、ガスタービン2とガスタービン制御装置としてのガスタービン制御部3とを具備する。

【0090】

ガスタービン2は、プロセス量計測部4、メイン燃料流量調整部5、パイロット燃料流量調整部6、バイパス空気流量調整部7、入口案内翼調整部8、圧力変動測定部9及び加速

10

20

30

40

50

度測定部 10 を有する。

【0091】

一方、ガスタービン制御部 3 は、制御部 11、周波数解析部 12、及び、入口案内翼補正部 27 を有する。入口案内翼補正部 27 は、補正量決定部 28 と加算部 29 とを有する

【0092】

本発明の本実施例では、ガスタービン 2 における圧力及び加速度の振動に対応して、パイロット燃料流量やバイパス空気流量ではなく、入口案内翼 102 の制御すなわち圧縮機 101 に導入する空気の制御に、補正量を導入する点が実施例 1 及び実施例 2 と異なる。すなわち、本実施例では、燃焼により発生する圧力及び加速度の振動を把握し、その内容を周波数分析（周波数解析部 12）し、入口案内翼 102 の制御すなわち圧縮機 101 に導入する空気の流量調整の補正値を決定（入口案内翼補正部 27）し、入口案内翼調整部 8 へ出力し、圧力の振動を抑制する。

10

【0093】

すなわち、ガスタービン制御部 3 は、ガスタービン 2 で発生する燃焼振動を把握する。そして、その周波数特性に応じて適切にガスタービン 2 の運転を制御（本実施例では、特に入口案内翼の状態を適宜、振動状態に応じて変更）し、燃焼振動を抑制することが可能となる。

【0094】

図 5 の各部について説明する。

ガスタービン 2 は、実施例 1 で説明したものと同様であるので、その説明を省略する。

20

【0095】

一方、ガスタービン制御部 3 は、ガスタービン 2 で計測されたプロセス量や圧力、加速度のデータに基づいてガスタービン 2 を制御し、ガスタービン 2 において燃焼振動が発生しないようにする。

制御部 11 は、ガスタービン 2 で計測されたプロセス量に基づいて、メイン燃料流量調整部 5、パイロット燃料流量調整部 6 及びバイパス空気流量調整部 7 を制御信号を出力して制御する。また、通常の入口案内翼調整部 8 を制御する信号を、入口案内翼補正部 27（後述）へ出力し、入口案内翼補正部 27 による入口案内翼調整部 8 の制御を補佐する。メイン燃料流量調整部 5、パイロット燃料流量調整部 6 及びバイパス空気流量調整部 7 の制御は、フィードフォワード法による制御、フィードバック法による制御、PID 法による制御などで行なう。

30

周波数解析部 12 は、分析結果を、入口案内翼補正部 27 に出力する以外は実施例 1 と同様である。

【0096】

入口案内翼補正部 27 は、圧力又は加速度の周波数帯別分析結果とプロセス量に基づいて、補正量を算出する。そして、制御部 11 からの入口案内翼調整部 8 を制御する信号にその補正量を加えて、入口案内翼調整部 8 へ出力する。制御部 11 に含まれていても良い。補正量決定部 28 は、周波数解析部 12 からの圧力又は加速度の周波数帯別分析結果と、制御部 11 からのプロセス量とに基づいて、自身が有する補正量決定表（図 2、図 3 など）から、入口案内翼調整部 8 を制御する制御信号に対する補正量を決定する。決定した補正量は、加算部 29 へ出力する。

40

加算部 29 は、制御部 11 からの入口案内翼調整部 8 を制御する制御信号に、補正量決定部 28 で決定された補正量を加えて、入口案内翼調整部 8 を制御する制御信号として、入口案内翼調整部 8 へ出力する。

【0097】

次に、本発明のガスタービン制御装置及びガスタービンシステムの実施の形態の動作について、図面を参照して説明する。

ここで、ガスタービン運転時の制御に使用する補正の基礎となる補正量データ（図 2 又は図 3 のようなデータ）の決定方法については、実施例 1 と同様であるので、その説明を省略する。

50

【 0 0 9 8 】

なお、図 2 又は図 3 に示すようなデータは、制御する部位（メイン燃料流量調整部 5、パイロット燃料流量調整部 6、バイパス空気流量調整部 7、入口案内翼調整部 8）及びそれらの各構成（各弁）の各々について作成する。本実施例では、入口案内翼調整部 8 向けに作成する。

また、図 2 又は図 3 に示すようなデータは、圧力振動のみを用いても良いし、加速度振動のみを用いても良いし、圧力振動及び加速度振動の両方を用いても良い。

【 0 0 9 9 】

次に、ガスタービン 2 の運転時に、補正量を決定し、入口案内翼を制御する方法について、図 5、図 2 及び図 1 2 を参照して説明する。

1 各運転前の段階（図 1 2、開始の段階）で、図 2（又は図 3）に示すようなデータを準備する。準備方法は、既述の通りである。なお、このデータは、入口案内翼補正部 2 7 内の図示しない記憶部に保存される。

【 0 1 0 0 】

2 次に、実際のガスタービン 2 の運転において、圧力変動測定部 9 及び加速度測定部 1 0 は、燃焼器 1 1 1（- 1 ~ m）での燃焼ガスの圧力変動及び燃焼器 1 1 1（- 1 ~ m）の加速度を測定する。そして、予め定められた時間毎に、それらの測定値が周波数解析部 1 2 へ出力される。出力されたデータは、ガスタービン制御部 3 の周波数解析部 1 2 により受信される（図 1 2、ステップ S 1）。

【 0 1 0 1 】

3 ガスタービン制御部 3 の周波数解析部 1 2 は、測定値について、フーリエ解析などの手法により周波数分析を行なう。そして、図 1 4 に例示されるような周波数と振動強度（レベル）との関係を示すデータを得る。しかる後、そのデータを、予め設定された周波数帯に分割する（図 1 2、ステップ S 2）。そうして得られた結果を、入口案内翼補正部 2 7 の補正量決定部 2 8 へ出力する。

【 0 1 0 2 】

4 ガスタービン制御部 3 の補正量決定部 2 8 では、周波数解析部 1 2 で得られた周波数帯 1 ~ n の各々の結果を、図示しない記憶部に保持された図 2 又は図 3 に示すデータ中の周波数帯 1 ~ n の各々のしきい値 と比較する。そして、振動の強度が、しきい値 を超えていない場合には、補正值 = 0 と決定する。振動の強度が、しきい値 を超えている場合には、制御部 1 1 から出力されるプロセス量の値に基づいて、関数 f を計算して補正值を決定する（図 1 2、ステップ S 3）。決定した補正值は、加算部 2 9 へ出力する。

【 0 1 0 3 】

5 ガスタービン制御部 3 の加算部 2 9 では、補正量決定部 2 8 から出力される補正值と、制御部 1 1 から出力される入口案内翼調整部 8 を制御する制御信号とを加えて、新たに入口案内翼調整部 8 を制御する制御信号として決定する（図 1 2、ステップ S 4）。

【 0 1 0 4 】

6 ガスタービン制御部 3 の決定した入口案内翼調整部 8 を制御する制御信号は、入口案内翼調整部 8 へ出力される（図 1 2、ステップ S 5）。

【 0 1 0 5 】

7 入口案内翼調整部 8 では、加算部 2 6 から出力された制御信号に基づいて、入口案内翼 1 0 2 を操作する。

【 0 1 0 6 】

なお、上記 1 ~ 7 のステップは、ガスタービン 2 の運転中、予め設定した時間毎に継続して行なわれる。

【 0 1 0 7 】

なお、他のメイン燃料流量、パイロット燃料流量、バイパス空気流量の制御に関しては、予め設定した値になるように、フィードフォワード制御、フィードバック制御、PID 制御などにより制御する。

【 0 1 0 8 】

10

20

30

40

50

本発明により、入口案内翼 102 により制御される空気の流量をガスタービン 2 で発生する圧力及び加速度の振動に対応して制御でき、圧力及び加速度の振動を抑制することが出来る。特に、発生する振動を周波数帯毎に分割して分析し、周波数帯毎に適切に対応を行なうので、効率的且つ適切に燃焼の安定性を向上させることが可能となる。

【0109】

(実施例 4)

次に、上記ガスタービン 2 を有する本発明のガスタービン制御装置及びガスタービンシステムの第 4 の実施の形態について、図面を参照して説明する。

図 6 は、本発明であるガスタービン制御装置及びガスタービンシステムの実施例を示すブロック図である。ガスタービンシステム 1 は、ガスタービン 2 とガスタービン制御装置としてのガスタービン制御部 3 とを具備する。

10

【0110】

ガスタービン 2 は、プロセス量計測部 4、メイン燃料流量調整部 5、パイロット燃料流量調整部 6、バイパス空気流量調整部 7、入口案内翼調整部 8、圧力変動測定部 9 及び加速度測定部 10 を有する。

【0111】

一方、ガスタービン制御部 3 は、制御部 11、周波数解析部 12、データベース 15 及び、補正量決定部 31 と加算部 23 と加算部 26 と加算部 29 と加算部 32 とを有する補正部としての全補正部 30 を有する。

【0112】

20

本発明の本実施例では、ガスタービン 2 における圧力及び加速度の振動に対応して、メイン燃料流量、パイロット燃料流量、バイパス空気流量及び入口案内翼 102 の 4 つの制御に、補正量を導入する点の実施例 1 ~ 実施例 3 と異なる。

【0113】

また、新規のガスタービン 2 における、振動強度と、第 2 燃料流量としてのメイン燃料流量及びパイロット燃料流量、第 2 空気流量としてのバイパス空気流量及び入口案内翼 102 からの空気流量との関係のデータを有している。そして、それらのデータと運転中の実機の振動強度のデータとを比較し、実機の状態が新規のガスタービン 2 におけるどの状態であるかを判断する。そして、その判断に基づいて、流量の較正を行ない、補正量を調整する点もまた実施例 1 ~ 実施例 3 と異なる。

30

【0114】

すなわち、ガスタービン制御部 3 は、ガスタービン 2 で発生する燃焼振動を把握する。そして、その周波数特性に応じて適切にガスタービン 2 の運転を制御（本実施例では、メイン燃料流量、パイロット燃料流量、バイパス空気流量、入口案内翼の状態を適宜、振動状態に応じて変更）し、加えて、経年変化等の影響を補正して、燃焼振動を抑制することが可能となる。

【0115】

図 6 の各部について説明する。

ガスタービン 2 は、実施例 1 で説明したものと同様であるので、その説明を省略する。

【0116】

40

一方、ガスタービン制御部 3 は、ガスタービン 2 で計測されたプロセス量や圧力、加速度のデータに基づいてガスタービン 2 を制御し、ガスタービン 2 において燃焼振動が発生しないようにする。

制御部 11 は、ガスタービン 2 で計測されたプロセス量に基づいて、メイン燃料流量調整部 5、パイロット燃料流量調整部 6、バイパス空気流量調整部 7 及び入口案内翼調整部 8 を制御する制御信号を、全補正部 30（後述）へ出力し、全補正部 30 によるメイン燃料流量調整部 5、パイロット燃料流量調整部 6、バイパス空気流量調整部 7 及び入口案内翼調整部 8 への制御を補佐する。

周波数解析部 12 は、分析結果を、全補正部 30 に出力する以外は実施例 1 と同様である。

50

【 0 1 1 7 】

データベース 15 は、新規のガスタービン 2 における、振動強度と、メイン燃料流量、パイロット燃料流量、バイパス空気流量及び入口案内翼 102 からの空気流量との関係のデータ（運転情報データともいう）を有している。そのデータについて、図 15 を参照して説明する。

図 15 において、周波数帯 1 ~ n は、図 2（又は図 3）において説明した周波数帯と同様である。制御量 X は、第 2 燃料流量としてのメイン燃料流量及びパイロット燃料流量、第 2 空気流量としてのバイパス空気流量及び入口案内翼 102 からの空気流量のいずれか一つを表している。図 15 の表で示されるデータは、上記 4 種類の燃料及び空気（メイン燃料、パイロット燃料、バイパス空気及び入口案内翼 102 からの空気、以下同じ）に対して存在する。流量帯 a_1 、 a_2 、...、 a_L は、燃料又は空気の流量の範囲を示す。例えば、 $0 < a_1 < 5 \text{ Nm}^3 / \text{min}$ 、 $5 < a_2 < 10 \text{ Nm}^3 / \text{min}$ 、...、 $45 < a_L < 50 \text{ Nm}^3 / \text{min}$ などである。新規周波数帯別分析結果としての振動強度は、ある流量帯の運転状態において、ある周波数帯の振動の強度を表している。例えば、流量帯 a_2 の運転状態において、周波数帯 2 の振動の強度は、 A_{22} で示す値となる。この振動強度には、具体的な数値が入る。

10

【 0 1 1 8 】

図 15 は、新規のガスタービン 2 の設計時のデータ、試運転時のデータ等に基づいて決定される。そして、上記 4 種類の燃料及び空気に対して、1 種類を変化させ、他の 3 種類の流量を固定した図 15 のようなデータが作成される。また、他の 3 種類の流量の固定は、複数の値において行なわれ、その組み合わせにおいて、運転条件を全て網羅できるようにすることが望ましい。

20

【 0 1 1 9 】

補正部としての全補正部 30 は、圧力又は加速度の周波数帯別分析結果とプロセス量に基づいて、補正量を算出する。そして、制御部 11 からのメイン燃料流量調整部 5、パイロット燃料流量調整部 6、バイパス空気流量調整部 7 及び入口案内翼調整部 8 を制御する制御信号にその補正量を加えて、各部へ出力する。制御部 11 に含まれていても良い。

補正量決定部 31 は、周波数解析部 12 からの圧力又は加速度の周波数帯別分析結果と、データベースの有する 4 種類の燃料及び空気での振動強度データとから、現状のガスタービン 2 の運転状態を新規のガスタービン 2 に当てはめる。すなわち、図 15 で例示されるデータとの一致を調べる。そして、その結果に基づいて、その新規のガスタービン 2 用に設定された自身が有する補正量決定表（図 2、図 3 など）から、メイン燃料流量調整部 5、パイロット燃料流量調整部 6、バイパス空気流量調整部 7 及び入口案内翼調整部 8 を制御する信号に対する補正量を決定する。決定した補正量は、加算部 23、加算部 26、加算部 29 及び加算部 32 へ出力する。

30

加算部 23、加算部 26、加算部 29 及び加算部 32 は、制御部 11 からのメイン燃料流量調整部 5、パイロット燃料流量調整部 6、バイパス空気流量調整部 7 及び入口案内翼調整部 8 を制御する制御信号に、補正量決定部 31 で決定された補正量を加えて、メイン燃料流量調整部 5、パイロット燃料流量調整部 6、バイパス空気流量調整部 7 及び入口案内翼調整部 8 を制御する制御信号として、メイン燃料流量調整部 5、パイロット燃料流量調整部 6、バイパス空気流量調整部 7 及び入口案内翼調整部 8 へ出力する。

40

【 0 1 2 0 】

次に、本発明のガスタービン制御装置及びガスタービンシステムの実施の形態の動作について、図面を参照して説明する。

ここで、ガスタービン運転時の制御に使用する補正の基礎となる補正量データ（図 2 又は図 3 のようなデータ）の決定方法については、新規のガスタービン 2 について行なわれること以外は、実施例 1 と同様であるので、その説明を省略する。ただし、実施例 1 においても、新規のガスタービン 2 について行なわれることもある。

【 0 1 2 1 】

なお、図 2 又は図 3 に示すようなデータは、制御する部位（メイン燃料流量調整部 5、パ

50

パイロット燃料流量調整部 6、バイパス空気流量調整部 7、入口案内翼調整部 8) 及びそれらの各構成(各弁)の各々について作成する。本実施例では、上記全ての制御する部位向けに作成する。

また、図 2 又は図 3 に示すようなデータは、圧力振動のみを用いても良いし、加速度振動のみを用いても良いし、圧力振動及び加速度振動の両方を用いても良い。

【0122】

次に、ガスタービン 2 の運転時に、補正量を決定し、メイン燃料流量調整部 5、パイロット燃料流量調整部 6、バイパス空気流量調整部 7 及び入口案内翼調整部 8 を制御する方法について、図 6、図 2、図 12 及び図 15 を参照して説明する。

1 各運転前の段階(図 12、開始の段階)で、図 2 (又は図 3) 及び図 15 に示すようなデータを準備する。これらは、新規のガスタービン 2 用に作成される。準備方法は、既述の通りである。なお、このデータは、全補正部 30 内の図示しない記憶部に保存される。

10

【0123】

2 次に、実際のガスタービン 2 の運転において、圧力変動測定部 9 及び加速度測定部 10 は、燃焼器 111 (-1~m) での燃焼ガスの圧力変動及び燃焼器 111 (-1~m) の加速度を測定する。そして、予め定められた時間毎に、それらの測定値が周波数解析部 12 へ出力される。出力されたデータは、ガスタービン制御部 3 の周波数解析部 12 により受信される(図 12、ステップ S1)。

【0124】

3 ガスタービン制御部 3 の周波数解析部 12 は、測定値について、フーリエ解析などの手法により周波数分析を行なう。そして、図 14 に例示されるような周波数と振動強度(レベル)との関係を示すデータを得る。しかる後、そのデータを、予め設定された周波数帯に分割する(図 12、ステップ S2)。そうして得られた結果を、全補正部 30 の補正量決定部 31 へ出力する。

20

【0125】

4 ガスタービン制御部 3 の補正量決定部 31 では、周波数解析部 12 で得られた各周波数帯(1~n)の振動強度を、図 15 に例示されるデータ(データベース 15 に記憶された周波数帯と、メイン燃料、パイロット燃料、バイパス空気及び入口案内翼 102 からの空気の各流量帯と、振動強度との関係のデータ、以降、運転情報データという)と比較する。そして、各周波数帯の振動強度と、運転情報データとが良い一致を示す場合の運転状態(4種類の燃料及び空気流量)を見出す。ここで、良い一致とは、例えば、振動強度の相違が±10%以内の場合などである。

30

【0126】

続いて、見出された運転状態(4種類の燃料及び空気流量)と、実際に運転しているガスタービン 2 の 4 種類の燃料及び空気流量とを比較して、その差分を計算する。そして、その差分が許容範囲内(例えば±2%以内)であるならば、特別な対応は行なわない。

その場合には、補正量決定部 31 では、図示しない記憶部に保持された図 2 又は図 3 に示すデータ中の周波数帯 1~n の各々のしきい値と比較する。そして、振動の強度が、しきい値を超えていない場合には、補正值=0と決定する。振動の強度が、しきい値を超えている場合には、制御部 11 から出力されるプロセス量(例えば、発電電力、大気温度、湿度、各部での燃料流量及び圧力、各部での空気流量及び圧力、燃焼器での燃焼ガス温度、燃焼ガス流量、燃焼ガス圧力、圧縮機やタービンの回転数など)の値に基づいて、関数 f を計算して補正值を決定する(図 12、ステップ S3)。決定した補正值は、加算部 23、加算部 26、加算部 29 及び加算部 32 へ出力する。

40

【0127】

また、4種類の燃料又は空気流量のいずれかの差分が許容範囲を超えている(例えば±2%を超える)場合であるならば、その流量の差分に基づいて、該当する燃料又は空気流量を較正する。そして、その値を補正量決定部 31 の図示しない記憶部に記憶する。そして、それ以降の制御に関して、この較正值を用いることとする。また、その較正值を制御

50

部 1 1 へ出力し、そこで較正值を用いる用にも可能である。

その後の工程は、流量が許容範囲を超えていない場合と同様であるので、説明を省略する。

【 0 1 2 8 】

図 2 (又は図 3) から求められる補正值は、各周波数帯 (周波数帯 1 ~ n) 毎に、プロセス量に基づいて決定されるため、燃料又は空気流量の相違は、補正值のずれを生じさせる。そのため、的確な振動抑制の制御が出来なくなる恐れがある。しかし、上記較正により、経年変化などの原因により、流量の相違が生じてても適性に補正值を決定することが可能となる。

【 0 1 2 9 】

5 ガスタービン制御部 3 の加算部 2 3、加算部 2 6、加算部 2 9 及び加算部 3 2 では、補正量決定部 3 1 から出力される補正值と、制御部 1 1 から出力されるメイン燃料流量調整部 5、パイロット燃料流量調整部 6、バイパス空気流量調整部 7、入口案内翼調整部 8 を制御する制御信号とを加えて、新たにメイン燃料流量調整部 5、パイロット燃料流量調整部 6、バイパス空気流量調整部 7、入口案内翼調整部 8 を制御する制御信号として決定する (図 1 2、ステップ S 4)。

【 0 1 3 0 】

6 ガスタービン制御部 3 の決定したメイン燃料流量調整部 5、パイロット燃料流量調整部 6、バイパス空気流量調整部 7、入口案内翼調整部 8 を制御する制御信号は、メイン燃料流量調整部 5、パイロット燃料流量調整部 6、バイパス空気流量調整部 7、入口案内翼調整部 8 へ出力される (図 1 2、ステップ S 5)。

【 0 1 3 1 】

7 メイン燃料流量調整部 5、パイロット燃料流量調整部 6、バイパス空気流量調整部 7、入口案内翼調整部 8 では、加算部 2 6 から出力された制御信号に基づいて、然るべきメイン燃料供給弁 1 1 5 (- 1 ~ m) 又はメイン燃料流量制御弁 1 1 3、然るべきパイロット燃料供給弁 1 1 6 (- 1 ~ m) 又はパイロット燃料流量制御弁 1 1 4、然るべきバイパス弁 1 1 8 (- 1 ~ m)、入口案内翼 1 0 2 を操作する。

【 0 1 3 2 】

なお、上記 1 ~ 7 のステップは、ガスタービン 2 の運転中、予め設定した時間毎に継続して行なわれる。

【 0 1 3 3 】

本発明により、メイン燃料供給弁 1 1 5 (- 1 ~ m)、メイン燃料流量制御弁 1 1 3、パイロット燃料供給弁 1 1 6 (- 1 ~ m)、パイロット燃料流量制御弁 1 1 4、バイパス弁 1 1 8 (- 1 ~ m)、入口案内翼 1 0 2 により制御される空気の流量をガスタービン 2 で発生する圧力及び加速度の振動に対応して制御でき、圧力及び加速度の振動を抑制することが出来る。特に、発生する振動を周波数帯毎に分割して分析し、周波数帯毎に適切に対応を行なうので、効率的且つ適切に燃焼の安定性を向上させることが可能となる。

【 0 1 3 4 】

また、経年変化などにより、実際の燃料又は空気の流量が、制御部 1 1 等の認識と相違する自体が発生しても、データベースのデータを用いることにより、自己較正が可能となる。そして、長期的に安定的に燃焼を継続することが可能となる。

【 0 1 3 5 】

(実施例 5)

次に、上記ガスタービン 2 を有する本発明のガスタービン制御装置及びガスタービンシステムの第 5 の実施の形態について、図面を参照して説明する。

図 7 は、本発明であるガスタービン制御装置及びガスタービンシステムの実施例を示すブロック図である。ガスタービンシステム 1 は、ガスタービン 2 とガスタービン制御装置としてのガスタービン制御部 3 とを具備する。

【 0 1 3 6 】

ガスタービン 2 は、プロセス量計測部 4、メイン燃料流量調整部 5、パイロット燃料流量

10

20

30

40

50

調整部 6、バイパス空気流量調整部 7、入口案内翼調整部 8、圧力変動測定部 9 及び加速度測定部 10 を有する。

【0137】

一方、ガスタービン制御部 3 は、制御部 11、周波数解析部 12、試行決定部 16 及び、補正量決定部 31 と加算部 23 と加算部 26 と加算部 29 と加算部 32 とを有する補正部としての全補正部 33 を有する。

【0138】

本発明の本実施例では、ガスタービン 2 における圧力及び加速度の振動に対応して、メイン燃料流量、パイロット燃料流量、バイパス空気流量及び入口案内翼 102 の 4 つの制御に、補正量を導入する点が実施例 1 ~ 実施例 3 と異なる。

10

【0139】

また、運転中のガスタービン 2 における、運転条件の一部を少しずつ変更し、振動強度と変更した運転条件との関係を求める。そして、複数の運転条件の変更の結果から、最適（振動強度が極小となる）な運転条件を決定する点もまた実施例 1 ~ 実施例 3 と異なる。

【0140】

すなわち、ガスタービン制御部 3 は、ガスタービン 2 で発生する燃焼振動を把握する。そして、その周波数特性に応じて適切にガスタービン 2 の運転を制御（本実施例では、メイン燃料流量、パイロット燃料流量、バイパス空気流量、入口案内翼の状態を適宜、振動状態に応じて変更）し、加えて、燃焼振動が極小となる運転条件を自ら見出し、燃焼振動を抑制することが可能となる。

20

【0141】

図 7 の各部について説明する。

ガスタービン 2 は、実施例 1 で説明したものと同様であるので、その説明を省略する。

【0142】

一方、ガスタービン制御部 3 は、ガスタービン 2 で計測されたプロセス量や圧力、加速度のデータに基づいてガスタービン 2 を制御し、ガスタービン 2 において燃焼振動が発生しないようにする。

制御部 11 は、ガスタービン 2 で計測されたプロセス量に基づいて、メイン燃料流量調整部 5、パイロット燃料流量調整部 6、バイパス空気流量調整部 7 及び入口案内翼調整部 8 を制御する制御信号を、全補正部 33（後述）へ出力し、全補正部 33 によるメイン燃料流量調整部 5、パイロット燃料流量調整部 6、バイパス空気流量調整部 7 及び入口案内翼調整部 8 への制御を補佐する。

30

周波数解析部 12 は、分析結果を、全補正部 33 に出力する以外は実施例 1 と同様である。

【0143】

試行決定部 16 は、現在運転しているガスタービン 2 における運転条件（メイン燃料供給弁 115（-1 ~ m）、メイン燃料流量制御弁 113、パイロット燃料供給弁 116（-1 ~ m）、パイロット燃料流量制御弁 114、バイパス弁 118（-1 ~ m）の弁の開度、入口案内翼 102 の角度）を変動させて、振動強度が極小となる運転条件を見出すための、運転変更して試行運転を行なう運転条件の決定及び実行を行なう。図 8 を参照して、運転変更の決定及び実行について説明する。

40

【0144】

図 8 は、横軸がバイパス弁 118（-1 ~ m）の開度、縦軸がパイロット燃料供給弁 116（-1 ~ m）の開度を示している。ガスタービン 2 が、例えば、図 8 に示す x 印の点の条件で運転している場合、図中 で示す運転条件（4 点）を試行運転する点とする。実際の運転条件と試行する運転条件との相違幅は、予め設定された幅（例えば、流量の ± 2 %、など）で行なう。試行決定部 16 は、相違幅（例えば、± 0.01 Nm³ / min）を決定し、補正量決定部 31 へ出力する。

【0145】

補正部としての全補正部 33 は、圧力又は加速度の周波数帯別分析結果とプロセス量と相

50

違幅とに基づいて、補正量を算出する。そして、制御部 11 からのメイン燃料流量調整部 5、パイロット燃料流量調整部 6、バイパス空気流量調整部 7 及び入口案内翼調整部 8 を制御する制御信号にその補正量を加えて、各部へ出力する。制御部 11 に含まれていても良い。

補正量決定部 31 は、試行決定部 16 からの相違幅を実現する補正値を求め、加算部 23、加算部 26、加算部 29 及び加算部 32 へ出力する。なお、本実施例においては、実施例 1 ~ 実施例 3 にあるような周波数解析部 12 からの周波数分析結果に基づく運転条件の変更は、一時中断とする。

加算部 23、加算部 26、加算部 29 及び加算部 32 は、制御部 11 からのメイン燃料流量調整部 5、パイロット燃料流量調整部 6、バイパス空気流量調整部 7 及び入口案内翼調整部 8 を制御する制御信号に、補正量決定部 31 で決定された補正量を加えて、メイン燃料流量調整部 5、パイロット燃料流量調整部 6、バイパス空気流量調整部 7 及び入口案内翼調整部 8 を制御する制御信号として、メイン燃料流量調整部 5、パイロット燃料流量調整部 6、バイパス空気流量調整部 7 及び入口案内翼調整部 8 へ出力する。

【0146】

次に、本発明のガスタービン制御装置及びガスタービンシステムの実施の形態の動作について、図面を参照して説明する。

(1) 本実施例では、実施例 1 ~ 実施例 3 で示すようなガスタービン 2 の運転が行なわれている。その運転状態は、例えば、図 8 の × 印で示すような条件である (図 16、開始の段階)。

【0147】

(2) 次に、試行点決定部 16 は、図 8 の例では、× 印で示す運転条件から少しずれた図 8 の ○ 印で示すような試行する運転条件 (以下、試行点という) を決定する。しかる後、試行点と現状の運転条件との差分 (図 8 の例では、現状の運転条件におけるバイパス弁 118 及びパイロット燃料供給弁 116 の開度と、試行点の各弁の開度との差分) を、補正量決定部 31 へ出力する (図 16、ステップ S11)。

【0148】

(3) 補正量決定部 31 は、試行点決定部 16 からの運転条件の差分を、補正量に変換して、決定する (図 16、ステップ S12)。決定した補正値は、加算部 23、加算部 26、加算部 29 及び加算部 32 へ出力する。

【0149】

(4) ガスタービン制御部 3 の加算部 23、加算部 26、加算部 29 及び加算部 32 では、補正量決定部 31 から出力される補正値と、制御部 11 から出力されるメイン燃料流量調整部 5、パイロット燃料流量調整部 6、バイパス空気流量調整部 7、入口案内翼調整部 8 を制御する制御信号とを加えて、新たにメイン燃料流量調整部 5、パイロット燃料流量調整部 6、バイパス空気流量調整部 7、入口案内翼調整部 8 を制御する制御信号として決定する (図 16、ステップ S13)。

【0150】

(5) ガスタービン制御部 3 の決定したメイン燃料流量調整部 5、パイロット燃料流量調整部 6、バイパス空気流量調整部 7、入口案内翼調整部 8 を制御する制御信号は、メイン燃料流量調整部 5、パイロット燃料流量調整部 6、バイパス空気流量調整部 7、入口案内翼調整部 8 へ出力される (図 16、ステップ S14)。

【0151】

(6) メイン燃料流量調整部 5、パイロット燃料流量調整部 6、バイパス空気流量調整部 7、入口案内翼調整部 8 では、加算部 26 から出力された制御信号に基づいて、然るべきメイン燃料供給弁 115 (-1 ~ m) 又はメイン燃料流量制御弁 113、然るべきパイロット燃料供給弁 116 (-1 ~ m) 又はパイロット燃料流量制御弁 114、然るべきバイパス弁 118 (-1 ~ m)、入口案内翼 102 を操作する。

操作の結果、ガスタービン 2 の運転状態が変化し、振動の強度が変化する。圧力変動測定部 9 及び加速度測定部 10 は、燃焼器 111 (-1 ~ m) での燃焼ガスの圧力変動及び燃

10

20

30

40

50

焼器 1 1 1 (- 1 ~ m) の加速度を測定する。そして、それらの測定値が周波数解析部 1 2 へ出力される。出力されたデータは、ガスタービン制御部 3 の周波数解析部 1 2 により受信される (図 1 6 、 ステップ S 1 5) 。

【 0 1 5 2 】

(7) ガスタービン制御部 3 の周波数解析部 1 2 は、測定値について、フーリエ解析などの手法により周波数分析を行なう。そして、図 1 4 に例示されるような周波数と振動強度 (レベル) との関係を示すデータを得る。しかる後、そのデータを、予め設定された周波数帯に分割する (図 1 6 、 ステップ S 1 6) 。そうして得られた結果を、試行点決定部 1 6 へ出力する。

【 0 1 5 3 】

(8) 上記 2 ~ 8 までのプロセスを、試行点の数だけ繰り返す (図 1 6 、 ステップ S 1 7) 。

【 0 1 5 4 】

(9) 全ての試行点における運転及び周波数解析が終了した後、試行点決定部 1 6 において、最適運転点を決定する。図 9 を参照して、最適運転点の決定方法について説明する。図 9 において、横軸は、バイパス弁 1 1 8 (- 1 ~ m) の開度であり、縦軸は、周波数解析により得られる振動強度である。図中 x 印は、ガスタービン 2 の試行点運転前の初期の運転条件での振動強度である。また、印は、試行点の運転条件での振動強度である。そして、印間を結ぶ曲線は、印及び x 印の点の測定値に基づいて予測した曲面を示したものである。この時、他の運転条件から決定されるバイパス弁 1 1 8 (- 1 ~ m) の開度の変更範囲の制限と、図 9 で例示される試行結果とから、印のような最適点が決定される (図 1 6 、 ステップ S 1 8) 。

最終的に、決定された最適点になるように、運転条件が補正される。

【 0 1 5 5 】

本発明により、ガスタービン制御装置が自ら、振動が少ない運転条件を試行により見出すので、振動の抑制された安定した燃焼の運転が可能となる。そして、ガスタービンの長寿命化や、メンテナンスコストの低減等を図ることが出来る。

【 0 1 5 6 】

また、経年変化などにより、実際の燃料又は空気の流量が、制御部 1 1 等の認識と相違する自体が発生しても、試行運転により最適な運転点を見出して、運転条件を改定するので、経年変化の影響を受け難い。

【 0 1 5 7 】

(実施例 6)

次に、上記ガスタービン 2 を有する本発明のガスタービン遠隔監視システムの実施の形態について、図面を参照して説明する。

図 1 0 は、本発明であるガスタービン遠隔監視システムの実施例を示すブロック図である。ガスタービン遠隔監視システムは、ガスタービンシステム 1 と、遠隔監視部 2 0 とを具備する。また、ガスタービンシステム 1 は、ガスタービン 2 とガスタービン制御装置としてのガスタービン制御部 3 とを具備する。

【 0 1 5 8 】

ガスタービン 2 は、プロセス量計測部 4 、メイン燃料流量調整部 5 、パイロット燃料流量調整部 6 、バイパス空気流量調整部 7 、入口案内翼調整部 8 、圧力変動測定部 9 及び加速度測定部 1 0 を有する。

一方、ガスタービン制御部 3 は、制御部 1 1 、周波数解析部 1 2 及び通信部 1 7 を具備する。

そして、遠隔監視部 2 0 は、データベース 3 5 、全補正部 3 4 及び通信部 1 8 を具備する。

【 0 1 5 9 】

本発明の本実施例では、ガスタービン 2 における圧力及び加速度の振動に対して、遠隔地にある遠隔監視部 2 0 が、その対応を行なう点が、実施例 1 ~ 実施例 4 と異なる。すなわ

10

20

30

40

50

ち、まず、ガスタービン2での振動に関わるデータをガスタービン制御部3より通信回線を経由して取得する。全補正部34は、受信した振動データと、データベース35のデータとを参照して、メイン燃料流量、パイロット燃料流量、バイパス空気流量及び入口案内翼102への制御の補正量を算出する。そして、通信回線を介してガスタービン制御部3へ指令を送信することにより、振動を抑制する。

【0160】

すなわち、遠隔監視部20は、ガスタービン制御部3からの通信によりガスタービン2で発生する燃焼振動を把握する。そして、その周波数特性に応じて適切にガスタービン2の運転を制御（本実施例では、メイン燃料流量、パイロット燃料流量、バイパス空気流量、入口案内翼の状態を適宜、振動状態に応じて変更）する信号を発信し、遠隔地から燃焼振動を抑制することが可能となる。

10

【0161】

図10の各部について説明する。

ガスタービン2は、実施例1で説明したものと同様であるので、その説明を省略する。

【0162】

一方、ガスタービン制御部3は、ガスタービン2で計測されたプロセス量や圧力、加速度のデータに基づいてガスタービン2を制御し、ガスタービン2において燃焼振動が発生しないようにする。

制御部11は、ガスタービン2で計測されたプロセス量（運転状況データ）を、通信部17を経由して遠隔監視部20へ送信する。そして、通信部17を介して遠隔監視部20からの制御信号を受信する。内部に、実施例4における加算部23、加算部26、加算部29及び加算部32の機能を具備し、遠隔監視部20からの制御信号と通常の制御信号とを合成し、メイン燃料流量調整部5、パイロット燃料流量調整部6、バイパス空気流量調整部7及び入口案内翼調整部8を制御する信号とし、メイン燃料流量調整部5、パイロット燃料流量調整部6、バイパス空気流量調整部7及び入口案内翼調整部8へ出力し、それらの制御を実行する。

20

周波数解析部12は、分析結果を、通信部17を経由して遠隔監視部20に出力する以外は実施例1と同様であるので、その説明を省略する。

通信部17は、制御部11及び周波数解析部12と、ガスタービン制御部3内部にて接続している。また、通信回線（無線通信、有線通信を問わない）により、遠隔監視部20と接続している。

30

【0163】

遠隔監視部20は、ガスタービン制御部3からの通信によりガスタービン2で発生する燃焼振動を把握する。そして、その振動の周波数特性に応じて適切にガスタービン2の運転を制御する信号を発信し、燃焼振動を抑制する。一台のガスタービン2専用であるだけでなく、複数のガスタービンに対して共用することが可能であり、監視業務を効率化できる。

遠隔データベースとしてのデータベース35は、実施例4のデータベース15と同様であるので、その説明を省略する。

【0164】

40

補正部としての全補正部34は、ガスタービン制御部3からの圧力又は加速度の周波数帯別分析結果及びプロセス量と、データベース35の有する4種類の燃料及び空気での振動強度データとに基づいて、実施例4と同様の手法で補正量を算出する。そして、制御部11が通常行なうメイン燃料流量調整部5、パイロット燃料流量調整部6、バイパス空気流量調整部7及び入口案内翼調整部8を制御する制御信号に加える補正量をガスタービン制御部3へ向けて通信部18より出力する。内部に、実施例4における補正量決定部31の機能を具備する。

【0165】

次に、本発明のガスタービン制御装置及びガスタービンシステムの実施の形態の動作について、図面を参照して説明する。

50

ここで、ガスタービン運転時の制御に使用する補正の基礎となる補正量データ（図2又は図3のようなデータ）の決定方法については、実施例4と同様であるので、その説明を省略する。

【0166】

なお、図2又は図3に示すようなデータは、制御する部位（メイン燃料流量調整部5、パイロット燃料流量調整部6、バイパス空気流量調整部7、入口案内翼調整部8）及びそれらの各構成（各弁）の各々について作成する。本実施例では、上記全ての制御する部位向けに作成する。

また、図2又は図3に示すようなデータは、圧力振動のみを用いても良いし、加速度振動のみを用いても良いし、圧力振動及び加速度振動の両方を用いても良い。

10

【0167】

次に、ガスタービン2の運転時に、補正量を決定し、メイン燃料流量調整部5、パイロット燃料流量調整部6、バイパス空気流量調整部7及び入口案内翼調整部8を制御する方法について、図10、図2及び図15を参照して説明する。

1 各運転前の段階で、図2（又は図3）及び図15に示すようなデータを準備する。これらは、新規のガスタービン2用に作成される。準備方法は、既述の通りである。なお、このデータは、全補正部34内の図示しない記憶部に保存される。

【0168】

2 次に、実際のガスタービン2の運転において、圧力変動測定部9及び加速度測定部10は、燃焼器111（-1～m）での燃焼ガスの圧力変動及び燃焼器111（-1～m）の加速度を測定する。そして、予め定められた時間毎に、それらの測定値が周波数解析部12へ出力される。出力されたデータは、ガスタービン制御部3の周波数解析部12により受信される。

20

【0169】

3 ガスタービン制御部3の周波数解析部12は、測定値について、フーリエ解析などの手法により周波数分析を行なう。そして、図14に例示されるような周波数と振動強度（レベル）との関係を示すデータを得る。しかる後、そのデータを、予め設定された周波数帯に分割する。そうして得られた結果を、通信部17 - 通信回線経由で、遠隔監視部20へ出力する。

【0170】

4 遠隔監視部20の全補正部34では、周波数解析部12で得られた各周波数帯（1～n）の振動強度を、図15に例示されるデータ（データベース35に記憶された周波数帯と、メイン燃料、パイロット燃料、バイパス空気及び入口案内翼102からの空気の各流量帯と、振動強度との関係のデータのような運転情報データ）と比較する。そして、各周波数帯の振動強度と、運転情報データとが良い一致を示す運転状態（4種類の燃料及び空気流量）を見出す。ここで、良い一致とは、例えば、振動強度の相違が±10%以内の場合などである。

30

【0171】

続いて、見出された運転状態（4種類の燃料及び空気流量）と、実際に運転しているガスタービン2の4種類の燃料及び空気流量とを比較して、その差分を計算する。そして、その差分が許容範囲内（例えば±2%以内）であるならば、特別な対応は行なわない。

40

その場合は、全補正部34では、図示しない記憶部に保持された図2又は図3に示すデータ中の周波数帯1～nの各々のしきい値と比較する。そして、振動の強度が、しきい値を超えていない場合には、補正值=0と決定する。振動の強度が、しきい値を超えている場合には、ガスタービン制御部3から受信したプロセス量（例えば、発電電力、大気温度、湿度、各部での燃料流量及び圧力、各部での空気流量及び圧力、燃焼器での燃焼ガス温度、燃焼ガス流量、燃焼ガス圧力、圧縮機やタービンの回転数など）の値に基づいて、関数fを計算して補正值を決定する。決定した補正值は、通信部18 - 通信回線を経由してガスタービン制御部3へ出力する。

【0172】

50

また、4種類の燃料又は空気流量のいずれかの差分が許容範囲を超えている（例えば $\pm 2\%$ を超える）場合であるならば、その流量の差分に基づいて、該当する燃料又は空気流量を較正する。そして、その値を全補正部34の図示しない記憶部内に記憶する。そして、それ以降の制御に関して、この較正值を用いることとする。また、その較正值を制御部11へ出力し、そこで較正值を用いる用にも可能である。

その後の工程は、流量が許容範囲を超えていない場合と同様であるので、説明を省略する。

【0173】

図2（又は図3）から求められる補正值は、各周波数帯（周波数帯1～n）毎に、プロセス量に基づいて決定されるため、燃料又は空気流量の相違は、補正值のずれを生じさせる。そのため、的確な振動抑制の制御が出来なくなる恐れがある。しかし、上記較正により、経年変化などの原因により、流量の相違が生じても適性に補正值を決定することが可能となる。

10

【0174】

5 ガスタービン制御部3の制御部11では、全補正部34から出力される補正值と、メイン燃料流量調整部5、パイロット燃料流量調整部6、バイパス空気流量調整部7、入口案内翼調整部8を制御する通常の制御信号とを加えて、新たにメイン燃料流量調整部5、パイロット燃料流量調整部6、バイパス空気流量調整部7、入口案内翼調整部8を制御する制御信号として決定する。

【0175】

6 ガスタービン制御部3の決定したメイン燃料流量調整部5、パイロット燃料流量調整部6、バイパス空気流量調整部7、入口案内翼調整部8を制御する制御信号は、メイン燃料流量調整部5、パイロット燃料流量調整部6、バイパス空気流量調整部7、入口案内翼調整部8へ出力される。

20

【0176】

7 メイン燃料流量調整部5、パイロット燃料流量調整部6、バイパス空気流量調整部7、入口案内翼調整部8では、制御部11から出力された制御信号に基づいて、然るべきメイン燃料供給弁115（-1～m）又はメイン燃料流量制御弁113、然るべきパイロット燃料供給弁116（-1～m）又はパイロット燃料流量制御弁114、然るべきバイパス弁118（-1～m）、入口案内翼102を操作する。

30

【0177】

なお、上記1～7のステップは、ガスタービン2の運転中、予め設定した時間毎に継続して行なわれる。

【0178】

本発明のガスタービン遠隔監視システムにより、ガスタービン2の運転状況を遠隔地で監視し、燃焼振動等の発生に対しても遠隔地から対処することが可能となる。そして、遠隔地において、一台のガスタービンだけでなく複数のガスタービンを集中監視して必要に応じて調整するため、多数のプラントの制御系の状態管理が容易となり、監視業務の効率化を図れると共に管理コストを削減することが可能となる。

【0179】

【発明の効果】

本発明により、ガスタービンの運転状況に対応して、運転条件を変更することが可能となる。特に、ガスタービンで発生する燃焼振動を抑制し、燃焼安定性を向上して、ガスタービン運転の信頼性及びコスト削減を行なうことが可能となる。

40

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明であるガスタービン制御装置図及びガスタービンシステムの第1の実施の形態を示す構成図である。

【図2】本発明であるガスタービン制御装置図及びガスタービンシステムの実施の形態における補正量決定に関わる表である。

【図3】本発明であるガスタービン制御装置図及びガスタービンシステムの実施の形態に

50

おける補正量決定に関わる他の表である。

【図 4】本発明であるガスタービン制御装置図及びガスタービンシステムの第 2 の実施の形態を示す構成図である。

【図 5】本発明であるガスタービン制御装置図及びガスタービンシステムの第 3 の実施の形態を示す構成図である。

【図 6】本発明であるガスタービン制御装置図及びガスタービンシステムの第 4 の実施の形態を示す構成図である。

【図 7】本発明であるガスタービン制御装置図及びガスタービンシステムの第 5 の実施の形態を示す構成図である。

【図 8】本発明であるガスタービン制御装置図及びガスタービンシステムの実施の形態における試行点の例を示すグラフである。 10

【図 9】本発明であるガスタービン制御装置図及びガスタービンシステムの実施の形態における最適運転点の決定に関わるグラフである。

【図 10】本発明であるガスタービン遠隔監視システムの実施の形態を示す構成図である。

【図 11】本発明であるガスタービン制御装置図及びガスタービンシステムの実施の形態に関わるガスタービンを示す構成図である。

【図 12】本発明であるガスタービン制御装置図及びガスタービンシステムの実施の形態のフローを示す図である。

【図 13】本発明であるガスタービン制御装置図及びガスタービンシステムの実施の形態に関わる補正値を計算する関数の変化の例を示すグラフである。 20

【図 14】本発明であるガスタービン制御装置図及びガスタービンシステムの実施の形態における周波数解析の結果の例を示すグラフである。

【図 15】本発明であるガスタービン制御装置図及びガスタービンシステムの実施の形態における新規のガスタービンにおける周波数と制御量と振動強度との関係を例示する表である。

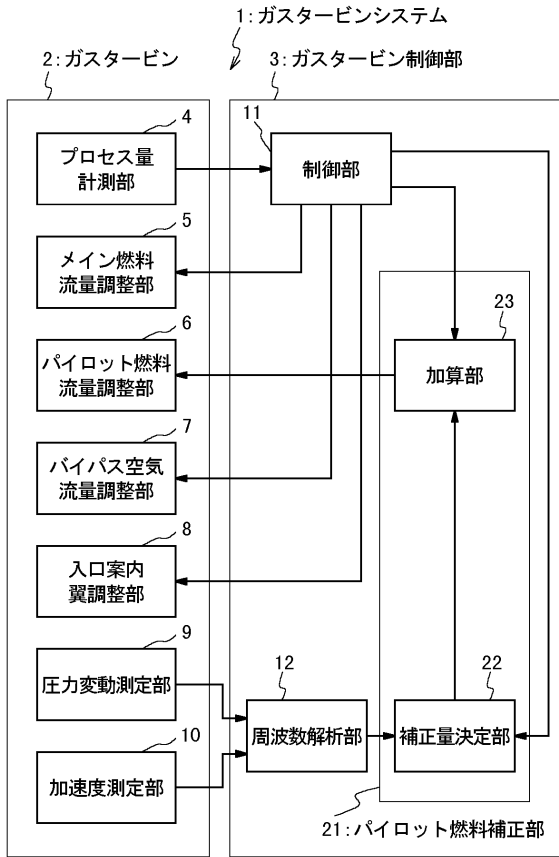
【図 16】本発明であるガスタービン制御装置図及びガスタービンシステムの実施の形態の他のフローを示す図である。

【符号の説明】

1	ガスタービンシステム	30
2	ガスタービン	
3	ガスタービン制御装置	
4	プロセス量計測部	
5	メイン燃料流量調整部	
6	パイロット燃料流量調整部	
7	バイパス空気流量調整部	
8	入口案内翼調整部	
9	圧力変動測定部	
10	加速度測定部	
11	制御部	40
12	周波数解析部	
15	データベース	
16	試行点決定部	
17	通信部	
18	通信部	
21	パイロット燃料補正部	
22	補正量決定部	
23	加算部	
24	バイパス空気補正部	
25	補正量決定部	50

2 6	加算部	
2 7	入口案内翼補正部	
2 8	補正量決定部	
2 9	加算部	
3 0	全補正部	
3 1	補正量決定部	
3 2	加算部	
3 3	全補正部	
3 4	全補正部	
3 5	データベース	10
1 0 0	ガスタービン本体部	
1 0 1	圧縮機	
1 0 2	入口案内翼	
1 0 3	回転軸	
1 0 4	タービン	
1 1 0	燃焼部	
1 1 1 (- 1 ~ m)	燃焼器	
1 1 2	圧縮空気導入部	
1 1 3	メイン燃料流量制御弁	
1 1 4	パイロット燃料流量制御弁	20
1 1 5 (- 1 ~ m)	メイン燃料供給弁	
1 1 6 (- 1 ~ m)	パイロット燃料供給弁	
1 1 7 (- 1 ~ m)	バイパス空気導入管	
1 1 8 (- 1 ~ m)	バイパス弁	
1 1 9 (- 1 ~ m)	バイパス空気混合管	
1 2 0 (- 1 ~ m)	燃焼ガス導入管	
1 2 1	発電機	

【図1】



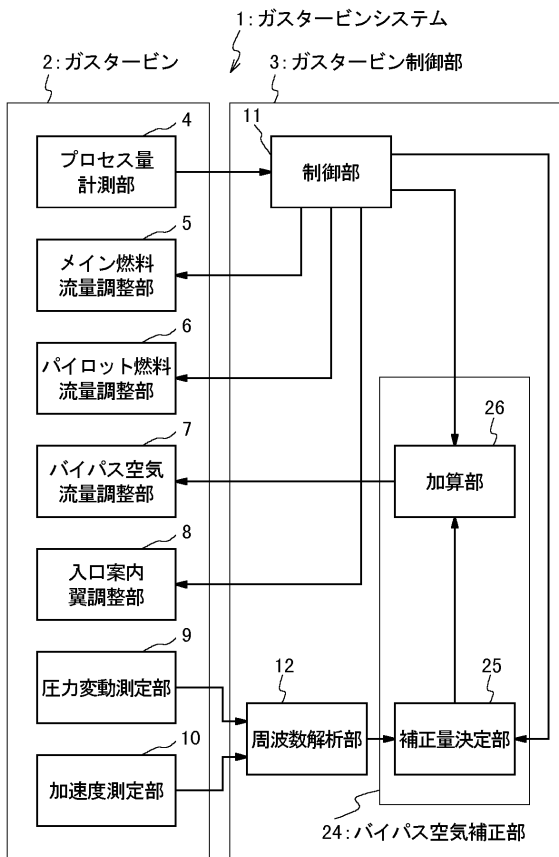
【図2】

周波数帯	しきい値	補正量
周波数帯 1	α_1	f_1 (MW, 大気温度, 湿度, ...)
周波数帯 2	α_2	f_2 (MW, 大気温度, 湿度, ...)
⋮	⋮	⋮
周波数帯 n	α_n	f_n (MW, 大気温度, 湿度, ...)

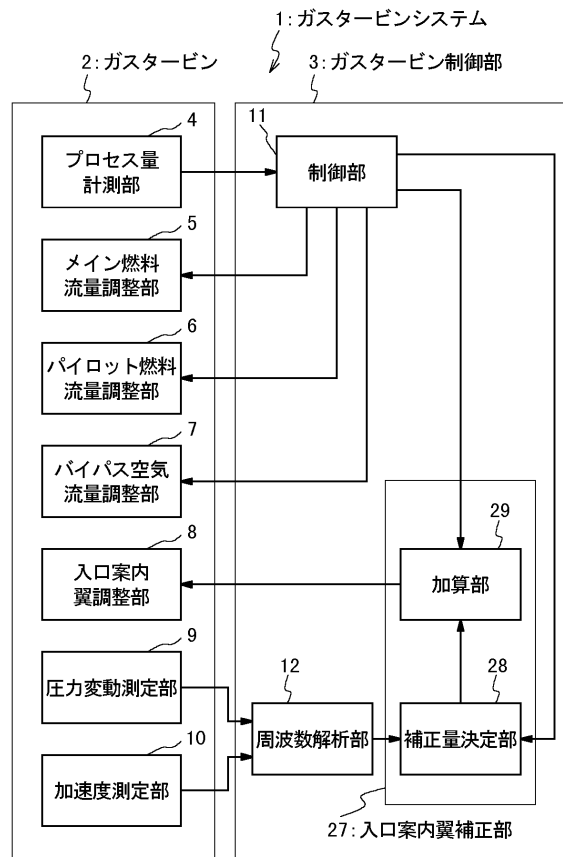
【図3】

周波数帯	しきい値	補正量
周波数帯 1	α_{11}	f_{11} (MW, 大気温度, 湿度, ...)
	α_{12}	f_{12} (MW, 大気温度, 湿度, ...)
周波数帯 2	α_{21}	f_{21} (MW, 大気温度, 湿度, ...)
	α_{22}	f_{22} (MW, 大気温度, 湿度, ...)
⋮	⋮	⋮
周波数帯 n	α_{n1}	f_{n1} (MW, 大気温度, 湿度, ...)
	α_{n2}	f_{n2} (MW, 大気温度, 湿度, ...)

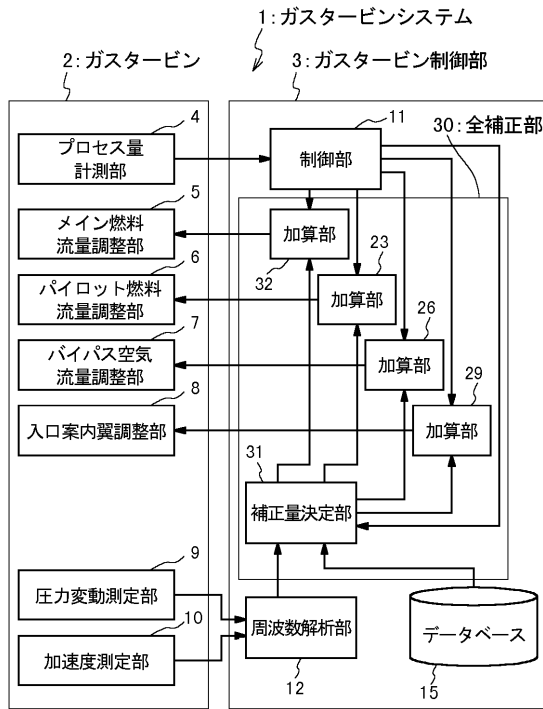
【図4】



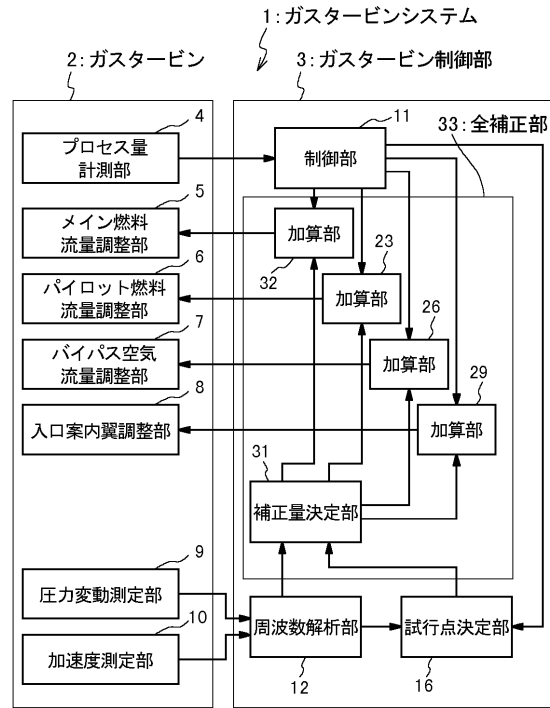
【図5】



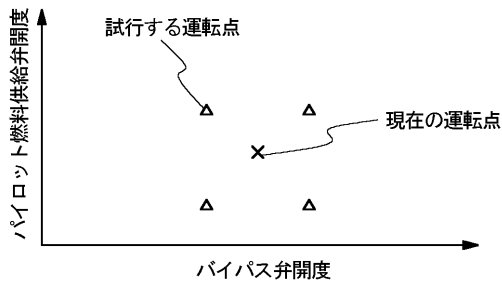
【図6】



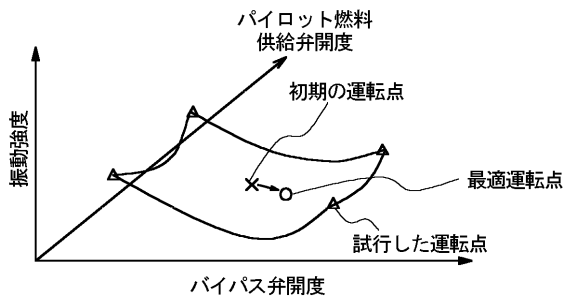
【図7】



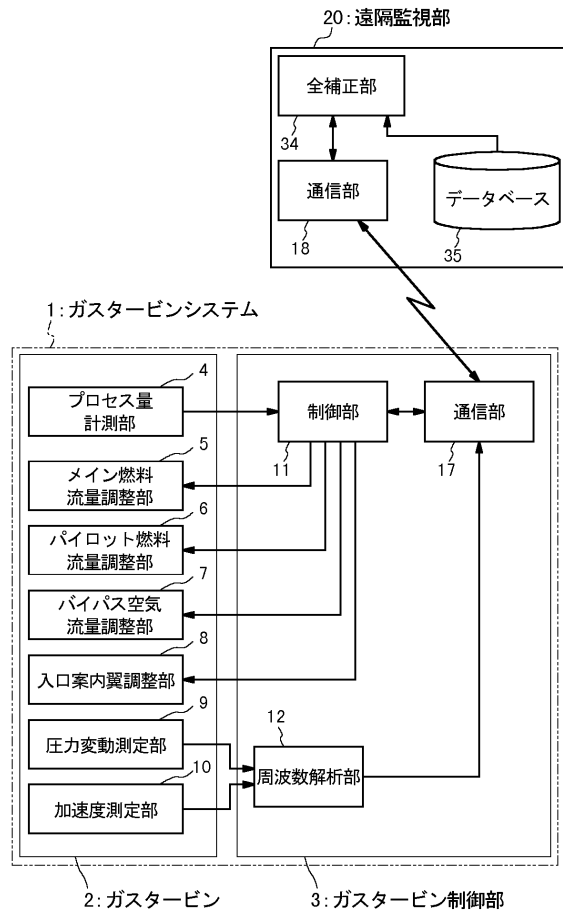
【図8】



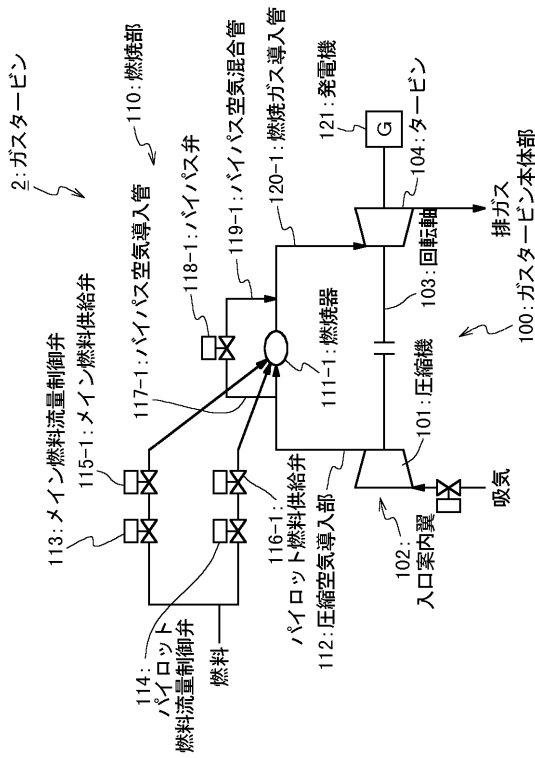
【図9】



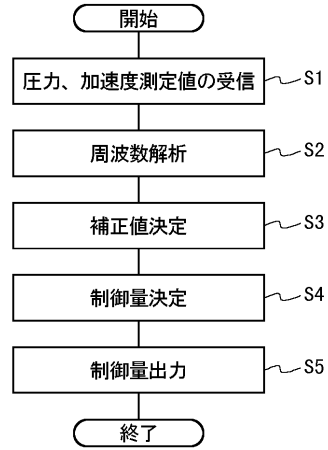
【図10】



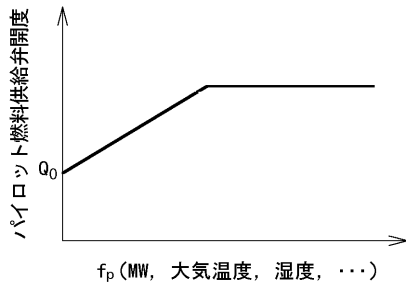
【図 1 1】



【図 1 2】



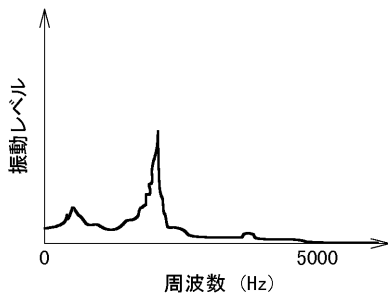
【図 1 3】



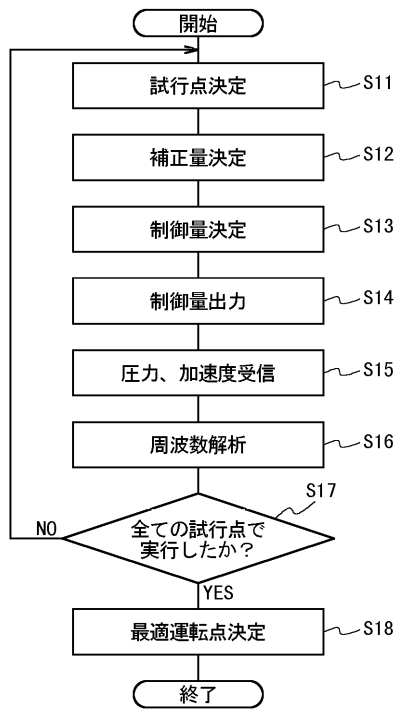
【図 1 5】

	制御量 X			
	流量帯 a ₁	流量帯 a ₂	...	流量帯 a _L
周波数帯 1	振動強度 A ₁₁	振動強度 A ₁₂	...	振動強度 A _{1L}
周波数帯 2	振動強度 A ₂₁	振動強度 A ₂₂	...	振動強度 A _{2L}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
周波数帯 n	振動強度 A _{n1}	振動強度 A _{n2}	...	振動強度 A _{nL}

【図 1 4】



【図16】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
F 2 3 R 3/28 (2006.01) F 2 3 R 3/28 Z

(56)参考文献 特開平05-187270(JP,A)
特開平09-269107(JP,A)
特開平06-147484(JP,A)
特開平08-226338(JP,A)
特開昭60-200022(JP,A)
特開平11-324725(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02C 1/00-9/58

F23R 3/00-7/00