

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6130131号  
(P6130131)

(45) 発行日 平成29年5月17日 (2017.5.17)

(24) 登録日 平成29年4月21日 (2017.4.21)

(51) Int.Cl.

F I

**F O 2 C** 3/10 (2006.01)  
**F O 2 C** 6/00 (2006.01)  
**F O 2 C** 9/28 (2006.01)  
**H O 2 P** 9/04 (2006.01)

**F O 2 C** 3/10 5 O 1  
**F O 2 C** 6/00 B  
**F O 2 C** 9/28 C  
**H O 2 P** 9/04 F

請求項の数 7 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2012-267603 (P2012-267603)  
 (22) 出願日 平成24年12月6日 (2012.12.6)  
 (65) 公開番号 特開2014-114707 (P2014-114707A)  
 (43) 公開日 平成26年6月26日 (2014.6.26)  
 審査請求日 平成27年11月25日 (2015.11.25)

(73) 特許権者 514030104  
 三菱日立パワーシステムズ株式会社  
 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3  
 番1号  
 (74) 代理人 110001829  
 特許業務法人開知国際特許事務所  
 (74) 代理人 110000350  
 ポレール特許業務法人  
 (72) 発明者 武田 拓也  
 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号  
 株式会社日立製作所  
 日立研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 2軸式ガスタービンの制御装置及びそれを備えた2軸式ガスタービン

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

空気取込み側に入口案内翼を設けた圧縮機と、前記圧縮機で圧縮された圧縮空気と燃料とを混合燃焼させて燃焼ガスを生成する燃焼器と、前記燃焼器で生成された燃焼ガスによって駆動される高圧タービンとからなるガスジェネレータと、前記高圧タービンを駆動した燃焼ガスにより駆動される低圧タービンと、前記低圧タービンにより駆動される発電機とからなるパワータービンと、前記圧縮機と前記高圧タービンとを連結する第1回転軸と、前記低圧タービンと前記発電機とを連結する第2回転軸と、前記第1回転軸に連結されたモータと発電機の両方の機能を有するモータ発電機と、前記第1回転軸の回転数を検出する回転数計と、前記低圧タービンの排ガス温度を検出する温度計と、前記低圧タービンの排ガス温度を制御するためのコントローラとを備え、

前記コントローラが、

前記温度計からの排ガス温度検出信号に基づいて、前記低圧タービンの排ガス温度が目標の温度になるように前記モータ発電機の出力指令を算出し、前記モータ発電機の出力を制御するモータ発電機制御部と、

前記回転数計からの回転数検出信号に基づいて、前記第1回転軸の回転数を所定の回転数となるように、前記入口案内翼の開度を算出し、前記入口案内翼の開度を制御する入口案内翼開度制御部とを備えた

ことを特徴とする2軸式ガスタービンの制御装置。

【請求項2】

10

20

請求項 1 に記載の 2 軸式ガスタービンの制御装置であって、  
前記モータ発電機は、交流電力を直流電力に変換するコンバータと、直流電力を交流電力に変換するインバータとを有する変換装置を備えた  
ことを特徴とする 2 軸式ガスタービンの制御装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の 2 軸式ガスタービンの制御装置であって、  
前記モータ発電機の出力を検出する電力計とを備え、  
前記モータ発電機制御部は、前記温度計が検出した前記低圧タービンの排ガス温度と、  
前記電力計が検出した前記モータ発電機の出力とを取込み、前記モータ発電機の出力を制御する指令信号を前記変換装置へ出力して、前記 2 軸式ガスタービンの排ガス温度を制御  
することを特徴とする 2 軸式ガスタービンの制御装置。

10

【請求項 4】

請求項 3 に記載の 2 軸式ガスタービンの制御装置であって、  
前記モータ発電機制御部は、予め定めた排ガス温度の目標設定値と前記温度計が検出した前記低圧タービンの排ガス温度とを比較し、前記排ガス温度の目標設定値が高い場合には、前記モータ発電機の発電機出力が増加するように制御する  
ことを特徴とする 2 軸式ガスタービンの制御装置。

【請求項 5】

請求項 3 または請求項 4 に記載の 2 軸式ガスタービンの制御装置であって、  
前記燃焼器へ供給する燃料の流量を調整する燃料制御弁を備え、  
前記コントローラは、前記燃料制御弁の開度指令を算出し、前記開度指令を前記燃料制御弁へ出力する燃料制御部と、  
前記変換装置へ出力する前記モータ発電機の指令信号に応じて、前記燃料制御弁の開度指令を補正する補正回路とを備えた  
ことを特徴とする 2 軸式ガスタービンの制御装置。

20

【請求項 6】

請求項 3 乃至請求項 5 のいずれか 1 項に記載の 2 軸式ガスタービンの制御装置であって、  
前記発電機の出力を検出する発電機電力計を備え、  
前記モータ発電機制御部は、予め定めた排ガス温度の目標設定値と前記温度計が検出した前記低圧タービンの排ガス温度との偏差を算出する偏差演算部と、前記発電機電力計が検出した前記発電機の出力と前記電力計が検出した前記モータ発電機の出力とを取込み、  
前記 2 軸式ガスタービンの運転状態を判定する運転状態判定部と、前記偏差演算部からの前記偏差と前記運転状態判定部からの前記 2 軸式ガスタービンの運転状態とを取込み、前記モータ発電機への要求出力を算出するモータ発電機要求出力演算部とを備えた  
ことを特徴とする 2 軸式ガスタービンの制御装置。

30

【請求項 7】

請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の 2 軸式ガスタービンの制御装置を備えた  
ことを特徴とする 2 軸式ガスタービン。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、2 軸式ガスタービンの制御装置及びそれを備えた 2 軸式ガスタービンに関する。

【背景技術】

【0002】

入口案内翼を有する空気圧縮機と燃焼ガスで駆動される高圧タービンとからなるガスジェネレータと、高圧タービンからの排ガスで駆動されるパワータービンとから構成される 2 軸式ガスタービンにおいて、負荷運転時に、入口案内翼の開度を制御しガスジェネレー

50

タとパワータービンの各軸の回転数の安定化を図ったものがある（例えば、特許文献 1 参照）。

【 0 0 0 3 】

また、圧縮機に連結した 1 軸式ガスタービンと排熱回収ボイラと蒸気タービンとを備えたコンバインド発電システムにおいて、圧縮機の入口案内翼の開度を調節してガスタービンの排ガス温度を制御するものがある（例えば、特許文献 2 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 4 】

【特許文献 1】特開 2 0 1 2 - 4 7 0 8 3 号公報

10

【特許文献 2】特開昭 6 4 - 6 6 4 0 5 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

上述した従来技術の 2 軸式ガスタービンにおいては、部分負荷運転から定格負荷運転への移行制御として、燃焼器に投入する燃料流量の調整と共に、ガスジェネレータの定格回転数を維持可能な負荷になった時点で、ガスジェネレータの軸回転数がガスジェネレータの定格回転数もしくはその近傍で整定するように入口案内翼の開度を制御している。このように、ガスジェネレータの空気圧縮機の吸い込み空気流量の調整機能を入口案内翼に一元化することで、ガスジェネレータの軸回転数を安定させている。

20

【 0 0 0 6 】

また、上述した従来技術の 1 軸式ガスタービンを備えたコンバインド発電システムにおいては、システム起動時の排熱回収ボイラにおける蒸気温度や蒸気流量の不足に対して、圧縮機の入口案内翼の開度を調節することで、ガスタービンの排ガス温度を上昇制御し、蒸気流量等の不足を緩和できる。このことにより、システム起動時間を短縮可能とし、システム全体の効率及び運用性を高めることができる。

【 0 0 0 7 】

一方、2 軸式ガスタービンの場合、パワータービンからの排ガスの温度は、パワータービンの軸に連結された発電機の負荷と大気温度とによって一意に定まり、パワータービンからの排ガス温度を上昇させる等の制御はできない。

30

【 0 0 0 8 】

このため、この 2 軸式ガスタービンと排熱回収ボイラと蒸気タービンとを組み合わせるコンバインド発電システムを構成した場合、起動時の蒸気温度や蒸気流量の不足に対して、パワータービンからの排ガス温度を上昇させる等の制御ができず、システムの起動時間の短縮が難しくなるという課題があった。

【 0 0 0 9 】

本発明は、上述の事柄に基づいてなされたものであって、その目的は、ガスジェネレータの軸の回転数の制御と、パワータービンからの排ガス温度の制御とを可能とする 2 軸式ガスタービンの制御装置及びそれを備えた 2 軸式ガスタービンを提供するものである。

【課題を解決するための手段】

40

【 0 0 1 0 】

上記課題を解決するために、例えば、特許請求の範囲に記載の構成を採用する。本願は上記課題を解決する手段を複数含んでいるが、その一例を挙げるならば、空気取込み側に入口案内翼を設けた圧縮機と、前記圧縮機で圧縮された圧縮空気と燃料とを混合燃焼させて燃焼ガスを生成する燃焼器と、前記燃焼器で生成された燃焼ガスによって駆動される高圧タービンとからなるガスジェネレータと、前記高圧タービンを駆動した燃焼ガスにより駆動される低圧タービンと、前記低圧タービンにより駆動される発電機とからなるパワータービンと、前記圧縮機と前記高圧タービンとを連結する第 1 回転軸と、前記低圧タービンと前記発電機とを連結する第 2 回転軸と、前記第 1 回転軸に連結されたモータと発電機の両方の機能を有するモータ発電機と、前記第 1 回転軸の回転数を検出する回転数計と、

50

前記低圧タービンの排ガス温度を検出する温度計と、前記低圧タービンの排ガス温度を制御するためのコントローラとを備え、前記コントローラが、前記温度計からの排ガス温度検出信号に基づいて、前記低圧タービンの排ガス温度が目標の温度になるように前記モータ発電機の出力指令を算出し、前記モータ発電機の出力を制御するモータ発電機制御部と

前記回転数計からの回転数検出信号に基づいて、前記第 1 回転軸の回転数を所定の回転数となるように、前記入口案内翼の開度を算出し、前記入口案内翼の開度を制御する入口案内翼開度制御部とを備えたことを特徴とする。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、2 軸式ガスタービンにおいて、ガスジェネレータ軸の回転数の制御と、パワータービンからの排ガス温度の制御とを可能とすることができる。この結果、システム全体の効率及び運用性を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図 1】本発明の 2 軸式ガスタービンの制御装置及びそれを備えた 2 軸式ガスタービンの第 1 の実施の形態を備えたコンバインド発電システムを示す概略構成図である。

【図 2】本発明の 2 軸式ガスタービンの制御装置及びそれを備えた 2 軸式ガスタービンの第 1 の実施の形態を構成するコントローラの構成を示すブロック図である。

【図 3】本発明の 2 軸式ガスタービンの制御装置及びそれを備えた 2 軸式ガスタービンの第 1 の実施の形態を構成するコントローラのモータ発電機制御部の処理内容を示すブロック図である。

【図 4】本発明の 2 軸式ガスタービンの制御装置及びそれを備えた 2 軸式ガスタービンの第 1 の実施の形態における排ガス温度と発電機端出力との関係を示す特性図である。

【図 5】本発明の 2 軸式ガスタービンの制御装置及びそれを備えた 2 軸式ガスタービンの第 1 の実施の形態におけるモータ発電機要求出力と発電端出力との関係を示す特性図である。

【図 6】本発明の 2 軸式ガスタービンの制御装置及びそれを備えた 2 軸式ガスタービンの第 2 の実施の形態を構成するコントローラのモータ発電機制御部の処理内容を示すブロック図である。

【図 7】本発明の 2 軸式ガスタービンの制御装置及びそれを備えた 2 軸式ガスタービンの第 2 の実施の形態を構成するモータ発電機制御部の演算部の処理内容を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明の 2 軸式ガスタービンの制御装置及びそれを備えた 2 軸式ガスタービンの実施の形態を図面を用いて説明する。

【実施例 1】

【0014】

図 1 は、本発明の 2 軸式ガスタービンの制御装置及びそれを備えた 2 軸式ガスタービンの第 1 の実施の形態を備えたコンバインド発電システムを示す概略構成図である。図 1 において、コンバインド発電システムは、主に、後述する 2 軸式ガスタービンと、排熱回収ボイラ 5 と、蒸気タービン 6 とを備えている。

【0015】

2 軸式ガスタービンは、ガスジェネレータと後述するパワータービンとで構成されている。ガスジェネレータは、大気から吸入した空気を圧縮する圧縮機 1 と、圧縮した空気と燃料を混合燃焼させて高温高压ガスを生成する燃焼器 2 と、生成された高温高压ガスにより駆動する高压タービン 3 とを備えている。圧縮機 1 と高压タービン 3 とは第 1 回転軸 9 によって連結されている。この第 1 回転軸 9 には、モータ発電機 10 が連結されている。

【0016】

圧縮機 1 は、空気取込み側に空気流量を制御するための IGV（入口案内翼）17 が設置されている。IGV 17 は、空気の流れ方向に対する翼の角度（IGV 開度）を IGV 駆動装置 17a により、変更可能としている。この IGV 開度を变化させることで、圧縮機 1 の空気流量を調整する。本実施の形態において、IGV 17 は、図 1 に示すように 1 段の構成となっているが、これに限らない。複数段のセット角度を可変としてもよい。IGV 駆動装置 17a は後述するコントローラ 20 からの指令信号により IGV 開度を変更する。

#### 【0017】

燃焼器 2 は、燃料供給源 21 から燃料制御弁 18 を介して供給される燃料を圧縮機 1 からの圧縮空気と混合燃焼させて高温高压ガスを生成する。燃料制御弁 18 は、燃焼器 2 に供給する燃料流量を制御するものであって、後述するコントローラ 20 からの指令信号によりその開度を変更する。

#### 【0018】

モータ発電機 10 は、出力を制御することによってモータとしても発電機としても使用できる装置であればよい。このような装置の例としては、揚水発電に使用されるモータと発電機が可逆な電動発電機と、交流電力を一度コンバータで直流に変換し、再度交流にするためのインバータを組み合わせた装置などがある。

#### 【0019】

本実施の形態においては、インバータとコンバータとを組み合わせた変換装置 19 を設置し、後述するコントローラ 20 からの指令信号により、モータ発電機 10 の出力を制御する。具体的には、コントローラ 20 から変換装置 19 に力行指令が出力されたときに、モータ発電機 10 は、モータとして制御され、同様に回生（発電）指令が出力されたときに、モータ発電機 10 は発電機として制御される。

#### 【0020】

パワータービンは、高压タービン 3 の排ガスにより駆動する低压タービン 4 と負荷となる発電機 12 とで構成されている。低压タービン 4 と発電機 12 とは第 2 回転軸 11 によって連結されている。

#### 【0021】

排熱回収ボイラ 5 は、低压タービン 4 からの排ガスと後述する水とで熱交換を行い、高温高压の蒸気を生成する。排熱回収ボイラ 5 で生成した高温高压の蒸気は、蒸気タービン 6 へ導入され、蒸気タービン 6 を駆動する。蒸気タービン 6 で仕事を終えた低压の蒸気は、復水器 7 へ排出され、復水器で水に凝縮される。復水器 7 で凝縮された水は、ポンプ 8 により排熱回収ボイラ 5 へ移送される。

#### 【0022】

蒸気タービン 6 は、第 2 回転軸 11 を介して低压タービン 4 と発電機 12 とに連結されている。発電機 12 は、低压タービン 4 と蒸気タービン 6 の出力によって駆動される。

#### 【0023】

なお、以降の説明で、本実施の形態における 2 軸式ガスタービンとは、上述の説明から、廃熱回収ボイラ 5、蒸気タービン 6、復水器 7、およびポンプ 8 を除いたものとする。

#### 【0024】

回転数計 13 は、第 1 回転軸 9 の回転数を検出するために、第 1 回転軸 9 の近傍に設けられている。温度計 14 は、低压タービン 4 の排ガス温度を検出するために、低压タービン 4 の排ガス出口近傍に設けられている。また、電力計 15 は、モータ発電機 10 の発電量を検出するために、モータ発電機 10 に設置されている。電力計 16 は、発電機 12 の発電量を検出するために、発電機 12 に設置されている。

#### 【0025】

回転数計 13 からの第 1 回転軸 9 の回転数検出信号と、温度計 14 からの低压タービン 4 の排ガス温度検出信号と、電力計 15 からのモータ発電機 10 の発電量検出信号と、電力計 16 からの発電機 12 の発電量検出信号とは後述するコントローラ 20 に入力されている。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 6 】

次に、本実施の形態を構成する制御装置について図 2 及び図 3 を用いて説明する。図 2 は本発明の 2 軸式ガスタービンの制御装置及びそれを備えた 2 軸式ガスタービンの第 1 の実施の形態を構成するコントローラの構成を示すブロック図、図 3 は本発明の 2 軸式ガスタービンの制御装置及びそれを備えた 2 軸式ガスタービンの第 1 の実施の形態を構成するコントローラのモータ発電機制御部の処理内容を示すブロック図である。図 2 及び図 3 において、図 1 に示す符号と同符号のものは同一部分であるので、その詳細な説明は省略する。

## 【 0 0 2 7 】

コントローラ 2 0 は、回転数計 1 3 からの回転数検出信号 2 2 と、温度計 1 4 からの排ガス温度検出信号 2 5 と、電力計 1 5 からのモータ発電機出力信号 2 3 と、電力計 1 6 からの発電機出力信号 2 4 とを取込む入力部と、これらの検出信号を基に後述する演算処理を実行する演算部と、演算部で算出した I G V 開度指令 2 9 と、燃料制御弁開度指令 3 0 と、モータ発電機出力指令 3 1 とを I G V 駆動装置 1 7 a と燃料制御弁 1 8 と変換装置 1 9 a とにそれぞれ出力する出力部とを備えている。

10

## 【 0 0 2 8 】

演算部は、I G V 開度制御部 2 6 と燃料制御部 2 7 とモータ発電機制御部 2 8 とを備えている。

## 【 0 0 2 9 】

I G V 開度制御部 2 6 は、第 1 回転軸 9 の回転数検出信号 2 2 に基づいて、第 1 回転軸 9 の回転数が所定の回転数となるように、I G V 開度指令 2 9 を算出し、I G V 駆動装置 1 7 a の制御を通じて I G V 1 7 の開度を制御する。

20

## 【 0 0 3 0 】

燃料制御部 2 7 は、発電機出力の検出信号 2 4 等の負荷状態データに基づいて、発電機 1 2 の出力が、所定の出力となるように、燃料制御弁開度指令 3 0 を算出し、燃料制御弁 1 8 の開度を制御することで、燃料供給源 2 1 からの燃料の燃焼器 2 への供給を制御する。

## 【 0 0 3 1 】

モータ発電機制御部 2 8 は、低圧タービン 4 の排ガス温度検出信号 2 5 に基づいて、低圧タービン 4 の排ガス温度が、目標の温度となるようにモータ発電機出力指令 3 1 を算出し、変換装置 1 9 a の制御を通じてモータ発電機 1 0 の出力を制御する。詳細は後述するが、変換装置 1 9 a を制御して、モータ発電機 1 0 を発電機とすると、第 1 回転軸 9 の回転数を低下させる負荷が発生し、排ガス温度を上昇させることができる。一方、変換装置 1 9 a を制御して、モータ発電機 1 0 をモータとすると、第 1 回転軸 9 の負荷が減少し、排ガス温度を降下させることができる。

30

## 【 0 0 3 2 】

図 3 に、モータ発電機制御部 2 8 の構成例を示す。モータ発電機制御部 2 8 は、関数発生器 3 7 と、偏差演算部 3 8 と、運転状態判定部 3 9 と、モータ発電機要求出力演算部 4 0 とを備えている。

## 【 0 0 3 3 】

関数発生器 3 7 は、低圧タービン 4 の排ガス温度目標値の信号が設定されていて、排ガス温度目標値の信号は、偏差演算部 3 8 に出力する。

40

## 【 0 0 3 4 】

偏差演算部 3 8 は、温度計 1 4 が検出した排ガス温度検出信号 2 5 と、関数発生器 3 7 からの排ガス温度目標値の信号とをそれぞれ入力している。偏差演算部 3 8 は、入力された排ガス温度検出信号 2 5 と排ガス温度目標値との偏差を算出し、その算出した偏差をモータ発電機要求出力演算部 4 0 へ出力している。

## 【 0 0 3 5 】

運転状態判定部 3 9 は、電力計 1 5 が検出したモータ発電機 1 0 のモータ発電機出力信号 2 3 と、電力計 1 6 が検出した発電機 1 2 の発電機出力信号 2 4 とをそれぞれ入力して

50

いる。運転状態判定部 39 は、入力されたこれらの出力信号から現在の 2 軸式ガスタービンの運転状態を判定する。例えば、モータ発電機出力信号 23 と、現在の発電機出力信号 24 とから、2 軸式ガスタービンが何%の出力か、また燃焼温度が定格に対してどの程度かを算出する。算出した信号は、モータ発電機要求出力演算部 40 に出力している。この運転状態判定部 39 は、大気温度や低圧タービン 4 の回転数などの計測値も取込んで、算出するのが一般的であるが、本実施の形態においては、省略している。

#### 【0036】

モータ発電機要求出力演算部 40 は、偏差演算部 38 からの信号と運転状態判定部 39 からの信号とを取込み、モータ発電機 10 が要求する出力を算出する。例えば、偏差演算部 38 からの信号を用いて、モータ発電機出力信号 23 をどの程度増加させると排ガス温度が目標値となるかを、予め計算してある結果から推定する。この演算結果から、変換装置 19 へ力行指令または回生指令を、モータ発電機出力指令 31 として出力する。このことにより、モータ発電機 10 の出力が制御される。

#### 【0037】

次に、このようにモータ発電機 10 の出力を制御した際の 2 軸式ガスタービンの動作を説明する。ここで、圧縮機 1 の IGV 17 は、コントローラ 20 の IGV 開度制御部 26 により、第 1 回転軸 9 の回転数を制御するものとして開度制御されている。

まず、2 軸式ガスタービンにおいて、発電機 12 の負荷を一定として運転している状態において、モータ発電機 10 を発電機として使用する場合の作動について説明する。

#### 【0038】

モータ発電機 10 が発電機として制御されると、第 1 回転軸 9 を駆動する高圧タービン 3 にとっては、圧縮機 1 に加えてモータ発電機 10 をも駆動する必要が生じるので、負荷が大きくなり、出力が不足してくる。このことにより、第 1 回転軸 9 の回転数が低下する方向に出力バランスが変化する。

#### 【0039】

一方、第 1 回転軸 9 の回転数はコントローラ 20 で制御されているため、第 1 回転軸 9 の回転数が変化しないように IGV 17 の開度が小さくなるように制御される。IGV 17 の開度が小さくなると、圧縮機 1 の空気流量が減少し、発電機 12 の出力が低下するため、燃料の流量調節弁 18 の開度を大きくして、燃料流量を増加させて発電機 12 の出力を一定に保とうとする制御がなされる。

#### 【0040】

このように運転状態の変化に伴う制御がなされ、圧縮機 1 の空気流量や、燃料流量がほぼ整定された状態で第 1 回転軸 9 におけるエネルギー収支がバランスする。このとき、燃焼器 2 では圧縮空気に対する燃料の割合が増加するので燃焼温度は上昇する。また、圧縮機 1 の空気流量が減少したことにより、圧力比は低下するため、低圧タービン 4 の排ガス温度を上昇させることができる。

#### 【0041】

次に、発電機 12 の負荷を一定として運転している状態において、モータ発電機 10 をモータとして使用する場合の作動について説明する。

#### 【0042】

モータ発電機 10 がモータとして制御されると、圧縮機 1 を高圧タービン 3 とモータ発電機 10 とで駆動することになるため、負荷が小さくなり、出力が超過してくる。このことにより、第 1 回転軸 9 の回転数が上昇する方向に出力バランスが変化する。

#### 【0043】

第 1 回転軸 9 の回転数はコントローラ 20 で制御されているため、第 1 回転軸 9 の回転数が変化しないように IGV 17 の開度が大きくなるように制御される。IGV 17 の開度が大きくなると、圧縮機 1 の空気流量が増加し、発電機 12 の出力が増加するため、燃料の流量調節弁 18 の開度を小さくして、燃料流量を減少させて発電機 12 の出力を一定に保とうとする制御がなされる。

#### 【0044】

このように運転状態の変化に伴う制御がなされ、圧縮機 1 の空気流量や、燃料流量がほぼ整定された状態で第 1 回転軸 9 におけるエネルギー収支がバランスする。このとき、燃焼器 2 では圧縮空気に対する燃料の割合が減少するので燃焼温度は低下する。また圧縮機 1 の空気流量が増加したことにより、圧力比は上昇するため、低圧タービン 4 の排ガス温度を低下させることができる。

【 0 0 4 5 】

次に、モータ発電機 10 の要求出力と低圧タービン 4 の排ガス温度との関係について図 4 及び図 5 を用いて説明する。図 4 は本発明の 2 軸式ガスタービンの制御装置及びそれを備えた 2 軸式ガスタービンの第 1 の実施の形態における排ガス温度と発電機端出力との関係を示す特性図、図 5 は本発明の 2 軸式ガスタービンの制御装置及びそれを備えた 2 軸式ガスタービンの第 1 の実施の形態におけるモータ発電機要求出力と発電端出力との関係を示す特性図である。

10

【 0 0 4 6 】

図 4 及び図 5 において、発電端出力とは、モータ発電機 10 の出力と発電機 12 の出力とを合算した出力と定義する。図 4 の実線 32 は、モータ発電機 10 の出力が 0 の場合の発電端出力と排ガス温度の関係を示す。また、破線 33 は、モータ発電機 10 を発電機として使用した場合の、一点鎖線 34 は、モータ発電機 10 をモータとして使用した場合の発電端出力と排ガス温度の関係をそれぞれ示している。図 4 において、破線 33 が実線 32 より上方に配置され、一点鎖線 34 が実線 32 の下方に配置されている。これは、モータ発電機 10 を発電機として使用した場合の排ガス温度の特性が上方に移動し、モータ発電機 10 をモータとして使用した場合の排ガス温度の特性が下方に移動することを示している。

20

【 0 0 4 7 】

図 5 は、発電端出力に対するモータ発電機要求出力の関係を示していて、モータ発電機 10 を発電機として使用する場合はモータ発電機 10 の要求出力を正と表現し、モータ発電機 10 をモータとして使用する場合はモータ発電機 10 の要求出力を負と表現している。

【 0 0 4 8 】

図 4 と図 5 に示すように、モータ発電機 10 の要求出力を制御することにより、低圧タービン 4 の排ガス温度を制御することが可能となる。排ガス温度を調整できる範囲はモータ発電機 10 の容量で定まり、モータ発電機 10 の容量が大きいほどモータ発電機 10 の要求出力を広い範囲で調整できるようになるため、排ガス温度の調整範囲を広くすることができる。

30

【 0 0 4 9 】

本実施の形態において、例えば、排ガス温度を図 4 に示す太線 35 のように制御したい場合は、モータ発電機 10 への要求出力を図 5 に示す太線 36 のように制御することで、所望の排ガス温度の制御が実現できる。

【 0 0 5 0 】

このような制御は、ガスタービンに比べて熱容量の大きい排熱回収ボイラや蒸気タービンを備えたコンバインド発電システムにおいて有効である。例えば、システムの負荷上昇過程において、2 軸式ガスタービンが所定の負荷に達して排ガス温度が上昇しても、排熱回収ボイラ 5 や蒸気タービン 6 の温度が低く、蒸気の温度および流量が不足する場合に、排ガス温度を制御することができるので、蒸気量の不足を緩和し、システム全体の効率および運用性を高めることができる。

40

【 0 0 5 1 】

上述したように、本実施の形態においては、モータ発電機 10 の出力を調整して、低圧タービン 4 の排ガス温度を制御しているので、圧縮機 1 の I G V 17 の開度を調整することで、第 1 回転軸 9 の回転数を制御できる。

【 0 0 5 2 】

2 軸式タービンの圧縮機 1 において、第 1 回転軸 9 の回転数が所定の範囲を逸脱すると

50



共振により翼に過大な負荷がかかる。また、圧縮機 1 における圧力比が所定の範囲を逸脱して上昇すると圧縮機 1 のサージングが発生し、損傷に結びついてしまう。このような、圧縮機 1 の共振やサージングの発生を回避するためには、圧縮機 1 に設置されている IGV 17 の開度を制御して、空気流量並びに第 1 回転軸 9 の回転数を制御することが、応答速度の観点から有効である。

【0053】

したがって、2 軸式ガスタービンにおいては、IGV 17 の開度を調整して第 1 回転軸 9 の回転数を制御し、モータ発電機 10 の出力を調整して低圧タービン 4 の排ガス温度を制御することが望ましい。

【0054】

上述した本発明の 2 軸式ガスタービン及びその制御装置の第 1 の実施の形態によれば、2 軸式ガスタービンにおいて、ガスジェネレータ軸（第 1 回転軸）9 の回転数の制御と、パワータービン（低圧タービン）4 からの排ガス温度の制御とを可能とすることができ、システム全体の効率及び運用性を高めることができる。

【実施例 2】

【0055】

以下、本発明の 2 軸式ガスタービンの制御装置及びそれを備えた 2 軸式ガスタービンの第 2 の実施の形態を図面を用いて説明する。図 6 は本発明の 2 軸式ガスタービンの制御装置及びそれを備えた 2 軸式ガスタービンの第 2 の実施の形態を構成するコントローラのモータ発電機制御部の処理内容を示すブロック図、図 7 は本発明の 2 軸式ガスタービンの制御装置及びそれを備えた 2 軸式ガスタービンの第 2 の実施の形態を構成するモータ発電機制御部の演算部の処理内容を示すブロック図である。図 6 及び図 7 において、図 1 乃至図 5 に示す符号と同符号のものは同一部分であるので、その詳細な説明は省略する。

【0056】

本発明の 2 軸式ガスタービン及びその制御装置の第 2 の実施の形態において、ガスタービン及び制御装置の構成は、大略第 1 の実施の形態と同じであるが、モータ発電機制御部 28 に補正值演算部 42 を設け、補正值信号 43 を燃料制御部 27 へ出力する点が異なる。

【0057】

第 1 の実施の形態においては、モータ発電機制御部 28 において、排ガス温度検出信号 25 と発電機 12 の発電機出力信号 24 とモータ発電機 10 のモータ発電機出力信号 23 とを基に、モータ発電機出力指令 31 を出力している。燃料制御部 27 とモータ発電機制御部 28 との間で信号の直接授受を設けていない。このように、燃料流量制御とモータ発電機出力制御とが独立していることから、第 1 回転軸 9 の回転数が過渡的に変動する可能性がある。そこで、本実施の形態においては、モータ発電機 10 への要求出力の正負を判断し、予め燃料制御部 18 への燃料流量を増減させる回路を設けている。この結果、モータ発電機出力指令 31 による第 1 回転軸 9 の回転数変動が緩和できるので、より安定な運転が実現できる。

【0058】

図 6 に示すように、本実施の形態におけるモータ発電機制御部 28 は、補正值演算部 42 を備えている。補正值演算部 42 は、モータ発電機要求出力演算部 40 からのモータ発電機出力指令 31 信号と電力計 15 が検出したモータ発電機 10 のモータ発電機出力信号 23 とを取込み、補正值信号 43 を算出し、燃料制御部 27 へ出力する。

【0059】

補正值演算部 42 と燃料制御部 27 との詳細について図 7 を用いて説明する。図 7 において、補正值演算部 42 は、偏差演算部 44 とゲイン乗算部 45 とを備えている。偏差演算部 44 は、モータ発電機要求出力演算部 40 からのモータ発電機出力指令 31 信号と電力計 15 が検出したモータ発電機 10 のモータ発電機出力信号 23 との偏差を算出し、その偏差をゲイン乗算部 45 へ出力している。

【0060】

10

20

30

40

50

ゲイン乗算部 45 は、現在のモータ発電機 10 のモータ発電機出力信号 23 と要求されている出力であるモータ発電機出力指令 31 との差に予め定められたゲインを乗算することで、この差分を補正するのに必要な燃料流量を算出する。この燃料流量指令は、燃料制御部 27 へ出力している。

【0061】

燃料制御部 27 は、目標とする発電機出力に必要な燃料流量指令 27a と、ガスタービンに許容されている負荷変化率の制限により定まる燃料流量指令 27b とを取込み、いずれか最小値を選択して出力する最小値選択演算部 46 と、最小値選択部 46 からの出力と補正值演算部 42 からの補正值信号 43 とを入力し、これら入力信号を加算して、燃料制御弁開度指令 41 を算出する加算演算部 47 とを備えている。燃料制御弁開度指令 41 は、燃料制御弁 18 の開度を調整することで、燃料流量を制御する。

10

【0062】

本実施の形態においては、上述したように燃料制御部 27 とモータ発電機制御部 28 とを構成したので、例えば現在のモータ発電機出力信号 23 よりモータ発電機出力指令 31 が上回り、第 1 回転軸 9 が減速する場合には、補正值演算部 42 と加算演算部 47 とにより燃料を追加する制御が行われ、第 1 回転軸 9 の減速量を緩和できる。一方、現在のモータ発電機出力信号 23 よりモータ発電機出力指令 31 が下回り、第 1 回転軸 9 が増速する場合には、補正值演算部 42 と加算演算部 47 とにより燃料を削減する制御が行われ、第 1 回転軸 9 の増速量を緩和できる。

【0063】

20

上述した本発明の 2 軸式ガスタービンの制御装置及びそれを備えた 2 軸式ガスタービンの第 2 の実施の形態によれば、上述した第 1 の実施の形態と同様の効果を奏する。

【0064】

また、上述した本発明の 2 軸式ガスタービンの制御装置及びそれを備えた 2 軸式ガスタービンの第 2 の実施の形態によれば、モータ発電機 10 への要求出力と実際のモータ発電機出力信号 23 とを比較して、予め燃料流量を増減させているので、第 1 回転軸 9 の回転数変動を抑制できる。この結果、2 軸式ガスタービンのより安定な運転が実現できる。

【0065】

なお、本発明の実施の形態について説明したが、これらは 2 軸式ガスタービンの排ガス温度を制御するための機構についてのみ説明したものであり、通常ガスタービンにおいて行われる燃焼器の切り替え制御、負荷制御および保護に関する制御などと組み合わせて実施することが可能である。

30

【0066】

なお、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、上記の各構成、機能、処理部、処理手段等は、それらの一部又は全部を、例えば集積回路で設計する等によりハードウェアで実現してもよい。また、上記の各構成、機能等は、プロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈し、実行することによりソフトウェアで実現してもよい。

40

【符号の説明】

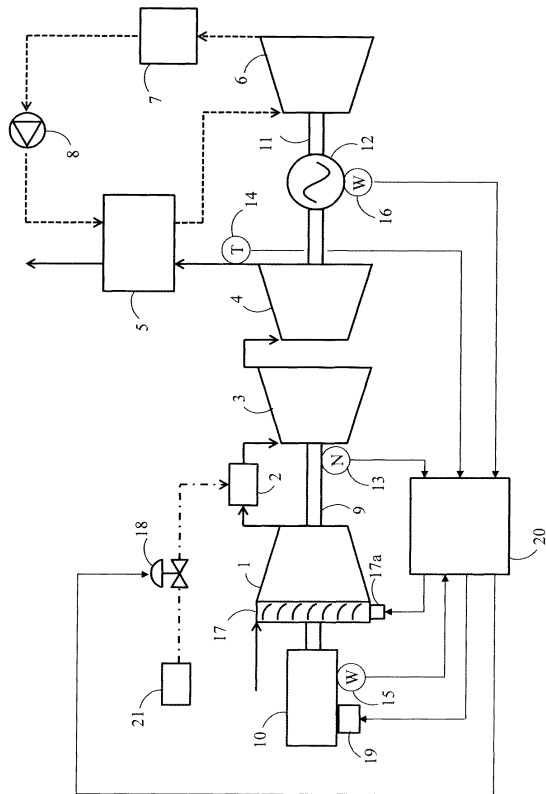
【0067】

- |   |         |
|---|---------|
| 1 | 圧縮機     |
| 2 | 燃焼器     |
| 3 | 高圧タービン  |
| 4 | 低圧タービン  |
| 5 | 排熱回収ボイラ |
| 6 | 蒸気タービン  |
| 7 | 復水器     |
| 8 | ポンプ     |

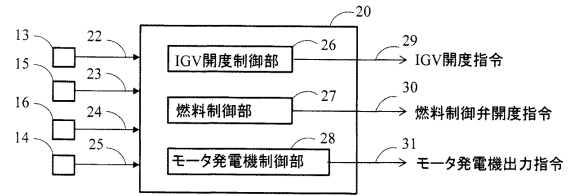
50

9	第 1 回転軸	
1 0	モータ発電機	
1 1	第 2 回転軸	
1 2	発電機	
1 3	回転数計	
1 4	温度計	
1 5	電力計	
1 6	電力計	
1 7	入口案内翼 ( I G V )	
1 8	燃料流量調整弁	10
1 9	変換装置	
2 0	コントローラ	
2 1	燃料供給源	
2 2	回転数検出信号	
2 3	モータ発電機出力信号	
2 4	発電機出力信号	
2 5	排ガス温度検出信号	
2 6	I G V 開度制御部	
2 7	燃料制御部	
2 8	モータ発電機制御部	20
2 9	I G V 開度指令	
3 0	燃料制御弁開度指令	
3 1	モータ発電機出力指令	
3 2	モータ発電機出力 0 の特性線	
3 3	モータ発電機を発電機として使用した特性線	
3 4	モータ発電機をモータとして使用した特性線	
3 5	制御目標値の一例	
3 6	モータ発電機要求出力の一例	
3 7	排ガス温度目標値信号	
3 8	偏差演算部	30
3 9	運転状態判定部	
4 0	モータ発電機要求出力演算部	
4 2	補正值演算部	

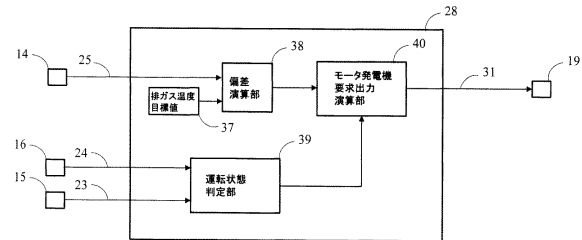
【図 1】



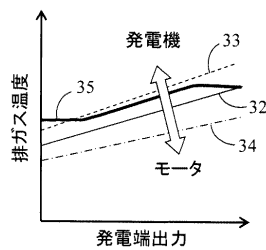
【図 2】



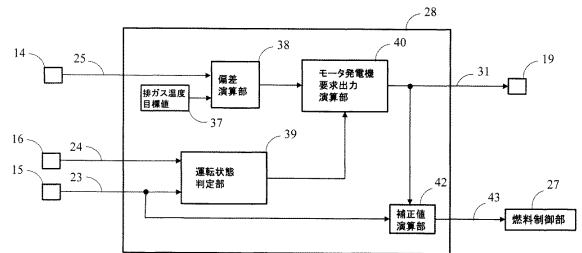
【図 3】



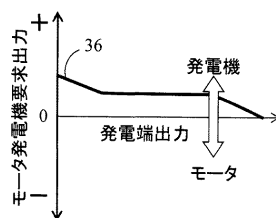
【図 4】



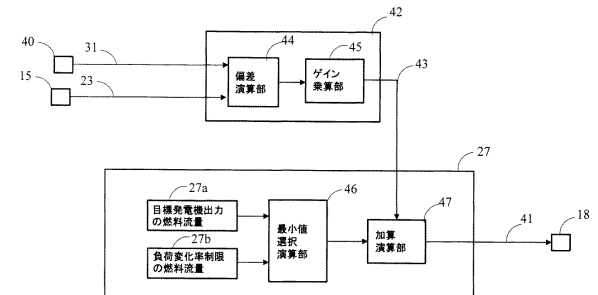
【図 6】



【図 5】



【図 7】



---

フロントページの続き

(72)発明者 秋山 陵

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号  
内

株式会社日立製作所 日立研究所

(72)発明者 樋口 眞一

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号  
内

株式会社日立製作所 日立研究所

審査官 橋本 敏行

(56)参考文献 特表2007-505261(JP,A)

特開2006-169995(JP,A)

特開2005-269859(JP,A)

特開2005-218163(JP,A)

特開2006-291948(JP,A)

米国特許出願公開第2006/0225431(US,A1)

米国特許出願公開第2010/0058731(US,A1)

米国特許出願公開第2005/0056021(US,A1)

米国特許出願公開第2010/0264655(US,A1)

米国特許第06107693(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02C1/00-9/58

F23R3/00-7/00

H02P9/00-9/48