

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6596749号  
(P6596749)

(45) 発行日 令和1年10月30日 (2019. 10. 30)

(24) 登録日 令和1年10月11日 (2019. 10. 11)

(51) Int. Cl.	F 1
<b>F O 1 D 3/04 (2006.01)</b>	F O 1 D 3/04
<b>F 1 6 C 27/06 (2006.01)</b>	F 1 6 C 27/06 A
<b>F 1 6 C 17/04 (2006.01)</b>	F 1 6 C 17/04 Z
<b>F O 1 D 25/16 (2006.01)</b>	F O 1 D 25/16 G

請求項の数 13 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2015-212134 (P2015-212134)	(73) 特許権者	514030104
(22) 出願日	平成27年10月28日 (2015. 10. 28)		三菱日立パワーシステムズ株式会社
(65) 公開番号	特開2017-82690 (P2017-82690A)		神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3
(43) 公開日	平成29年5月18日 (2017. 5. 18)		番1号
審査請求日	平成30年7月10日 (2018. 7. 10)	(74) 代理人	100149548
			弁理士 松沼 泰史
		(74) 代理人	100162868
			弁理士 伊藤 英輔
		(74) 代理人	100161702
			弁理士 橋本 宏之
		(74) 代理人	100189348
			弁理士 古部 智
		(74) 代理人	100196689
			弁理士 鎌田 康一郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転機械及び回転機械の制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

径方向外側に突出する第一スラストカラーと第二スラストカラーが形成され、軸方向に延在するロータと、

前記第一スラストカラーを介して前記軸方向にかかる荷重を受け止める第一スラスト軸受装置と、

前記第二スラストカラーを介して前記軸方向にかかる荷重を受け止める第二スラスト軸受装置と、

前記第一スラスト軸受装置と第二スラスト軸受装置の少なくとも一方にかかる荷重を制御する荷重制御装置と、を備え、

前記第二スラスト軸受装置は、前記第二スラストカラーの前記軸方向を向く面を支持する第二スラスト軸受本体を有し、

前記荷重制御装置は、前記第二スラスト軸受本体を前記軸方向に押圧する駆動装置を有し、

前記第二スラスト軸受本体は、前記第二スラストカラーからの荷重を支持する軸受パッドと、前記軸受パッドを支持するキャリアリングと、を有し、

前記駆動装置は、前記軸受パッドを直接押圧する回転機械。

【請求項 2】

前記第二スラスト軸受本体は、前記第二スラストカラーの前記軸方向の片側にのみ配置されている請求項 1 に記載の回転機械。

## 【請求項 3】

前記第一スラスト軸受装置は、前記第一スラストカラーの前記軸方向を向く面を支持する第一スラスト軸受本体を有し、前記第一スラスト軸受本体は、前記第一スラストカラーの前記軸方向の両側に配置されている請求項 2 に記載の回転機械。

## 【請求項 4】

径方向外側に突出する第一スラストカラーと第二スラストカラーが形成され、軸方向に延在するロータと、

前記第一スラストカラーを介して前記軸方向にかかる荷重を受け止める第一スラスト軸受装置と、

前記第二スラストカラーを介して前記軸方向にかかる荷重を受け止める第二スラスト軸受装置と、

前記第一スラスト軸受装置と第二スラスト軸受装置の少なくとも一方にかかる荷重を制御する荷重制御装置と、を備え、

前記第二スラスト軸受装置は、前記第二スラストカラーの前記軸方向を向く面を支持する第二スラスト軸受本体を有し、

前記第二スラスト軸受本体は、前記第二スラストカラーの前記軸方向の片側にのみ配置され、

前記第一スラスト軸受装置は、前記第一スラストカラーの前記軸方向を向く面を支持する第一スラスト軸受本体を有し、前記第一スラスト軸受本体は、前記第一スラストカラーの前記軸方向の両側に配置されている回転機械。

## 【請求項 5】

前記荷重制御装置は、前記第二スラスト軸受本体を前記軸方向に押圧する駆動装置を有し、

前記第二スラスト軸受本体は、前記第二スラストカラーからの荷重を支持する軸受パッドと、前記軸受パッドを支持するキャリアリングと、を有し、

前記駆動装置は、前記キャリアリングを押圧する請求項 4 に記載の回転機械。

## 【請求項 6】

前記荷重制御装置は、

前記駆動装置に油を供給する第一油供給系統と、

前記油の油圧を制御する制御器と、を有し、

前記駆動装置は、前記油圧によって前記第二スラスト軸受本体を前記第二スラスト軸受装置にかかる荷重の方向とは逆方向に押圧する請求項 1、2、3 及び 5 のいずれか一項に記載の回転機械。

## 【請求項 7】

前記駆動装置は、前記第二スラスト軸受本体を押圧する押圧部を有する駆動ロッドと、

前記押圧部が前記第二スラスト軸受本体から離れる方向に前記駆動ロッドを付勢する弾性部材と、を備える請求項 6 に記載の回転機械。

## 【請求項 8】

径方向外側に突出する第一スラストカラーと第二スラストカラーが形成され、軸方向に延在するロータと、

前記第一スラストカラーを介して前記軸方向にかかる荷重を受け止める第一スラスト軸受装置と、

前記第二スラストカラーを介して前記軸方向にかかる荷重を受け止める第二スラスト軸受装置と、

前記第一スラスト軸受装置と第二スラスト軸受装置の少なくとも一方にかかる荷重を制御する荷重制御装置と、を備え、

前記第二スラスト軸受装置は、前記第二スラストカラーの前記軸方向を向く面を支持する第二スラスト軸受本体を有し、

前記荷重制御装置は、

前記第二スラスト軸受本体を前記軸方向に押圧する駆動装置と、

前記駆動装置に油を供給する第一油供給系統と、  
前記油の油圧を制御する制御器と、を有し、  
前記駆動装置は、前記油圧によって前記第二スラスト軸受本体を前記第二スラスト軸受装置にかかる荷重の方向とは逆方向に押圧し、  
前記駆動装置は、前記第二スラスト軸受本体を押圧する押圧部を有する駆動ロッドと、  
前記押圧部が前記第二スラスト軸受本体から離れる方向に前記駆動ロッドを付勢する弾性部材と、を備える回転機械。

【請求項 9】

前記第二スラスト軸受本体は、前記第二スラストカラーからの荷重を支持する軸受パッドと、前記軸受パッドを支持するキャリアリングと、を有し、  
前記駆動装置は、前記キャリアリングを押圧する請求項 8 に記載の回転機械。

10

【請求項 10】

前記第二スラスト軸受本体は、前記第二スラストカラーの前記軸方向の片側にのみ配置されている請求項 8 又は請求項 9 に記載の回転機械。

【請求項 11】

径方向外側に突出する第一スラストカラーと第二スラストカラーが形成され、軸方向に延在するロータと

前記第一スラストカラーを介して前記軸方向にかかる荷重を受け止める第一スラスト軸受装置と、

前記第二スラストカラーを介して前記軸方向にかかる荷重を受け止める第二スラスト軸受装置と、

20

前記第一スラスト軸受装置と第二スラスト軸受装置の少なくとも一方にかかる荷重を制御する荷重制御装置と、を備え、

前記第二スラスト軸受装置は、前記第二スラストカラーの前記軸方向を向く面を支持する第二スラスト軸受本体を有し、

前記荷重制御装置は、前記第二スラスト軸受本体を前記軸方向に押圧する駆動装置を有し、

前記第二スラスト軸受本体は、前記第二スラストカラーからの荷重を支持する軸受パッドと、前記軸受パッドを支持するキャリアリングと、を有し、

前記駆動装置は、前記軸受パッドを押圧し、

30

前記第二スラスト軸受本体は、前記第二スラストカラーの前記軸方向の片側にのみ配置されており、

前記第一スラスト軸受装置は、前記第一スラストカラーの前記軸方向を向く面を支持する第一スラスト軸受本体を有し、前記第一スラスト軸受本体は、前記第一スラストカラーの前記軸方向の両側に配置されている回転機械。

【請求項 12】

前記第一スラスト軸受装置と前記第二スラスト軸受装置の少なくとも一方は、前記第一スラストカラー及び前記第二スラストカラーのうち対応するスラストカラーの前記軸方向を向く面と対面する軸受パッドを有し、

該軸受パッドと該軸受パッドに対面する前記スラストカラーの前記軸方向を向く面との間に潤滑油を供給する第二油供給系統を有する請求項 1 から請求項 11 のいずれか一項に記載の回転機械。

40

【請求項 13】

請求項 1 から請求項 12 のいずれか一項に記載の回転機械において、

主に第一スラスト軸受で前記荷重を受け止める第一運転工程と、

前記荷重を監視する荷重監視工程と、

前記荷重が予め定められた値に達した場合に前記第一スラスト軸受装置および前記第二スラスト軸受装置で前記荷重を受け止める第二運転工程と、

を有する回転機械の制御方法。

【発明の詳細な説明】

50

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、回転機械及び回転機械の制御方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

一般に、例えばガスタービン等のロータ（回転軸）を有する回転機械には、ロータのスラスト荷重（軸方向に働く力）を受け止めるスラスト軸受装置が設けられている。

近年、ガスタービンの大出力化に伴い、スラスト軸受装置にかかるスラスト荷重が大きくなっている。例えば、特許文献1には、ロータのスラスト荷重を低減するために、ロータの端部にピストンを設け、油圧によりピストンを軸方向に移動させる装置が記載されている。

10

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0003】

【特許文献1】特開平9 - 170401号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

しかしながら、上記した従来の装置においては、油圧を用いて回転体であるピストンを駆動する構造であるため、作動油のシールが困難であり、高い圧力をかけることができない。よって、回転機械のロータのスラスト荷重が大きくなると対応することができないという課題があった。

20

## 【0005】

この発明は、ロータのスラスト荷重を受け止めるスラスト軸受装置を有する回転機械において、過大なスラスト荷重に対応することができる回転機械及び回転機械の制御方法を提供することを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0006】

本発明の第一の態様によれば、回転機械は、径方向外側に突出する第一スラストカラーと第二スラストカラーが形成され、軸方向に延在するロータと、前記第一スラストカラーを介して前記軸方向にかかる荷重を受け止める第一スラスト軸受装置と、前記第二スラストカラーを介して前記軸方向にかかる荷重を受け止める第二スラスト軸受装置と、前記第一スラスト軸受装置と第二スラスト軸受装置の少なくとも一方にかかる荷重を制御する荷重制御装置と、を備え、前記第二スラスト軸受装置は、前記第二スラストカラーの前記軸方向を向く面を支持する第二スラスト軸受本体を有し、前記荷重制御装置は、前記第二スラスト軸受本体を前記軸方向に押圧する駆動装置を有し、前記第二スラスト軸受本体は、前記第二スラストカラーからの荷重を支持する軸受パッドと、前記軸受パッドを支持するキャリアリングと、を有し、前記駆動装置は、前記軸受パッドを直接押圧する。

30

## 【0007】

このような構成によれば、軸方向にかかる荷重が過大になった場合において、第一スラスト軸受装置と第二スラスト軸受装置の少なくとも一方にかかる荷重を制御することによって、両スラスト軸受装置の荷重を平均化して過大な荷重に対応させることができる。

40

## 【0011】

上記回転機械において、前記第二スラスト軸受本体は、前記第二スラストカラーの前記軸方向の片側にのみ配置されてよい。

## 【0012】

このような構成によれば、スラスト軸受本体をスラストカラーの両側に配置しないことによって、スラスト軸受本体の数を低減することができる。

## 【0013】

上記回転機械において、前記第一スラスト軸受装置は、前記第一スラストカラーの前記

50

軸方向を向く面を支持する第一スラスト軸受本体を有し、前記第一スラスト軸受本体は、前記第一スラストカラーの前記軸方向の両側に配置されてよい。

【0014】

このような構成によれば、ロータが軸方向のいずれの方向に押圧された場合においても、ロータのスラスト荷重を受け止めることができる。

【0015】

本発明の第二の態様によれば、回転機械は、径方向外側に突出する第一スラストカラーと第二スラストカラーが形成され、軸方向に延在するロータと、前記第一スラストカラーを介して前記軸方向にかかる荷重を受け止める第一スラスト軸受装置と、前記第二スラストカラーを介して前記軸方向にかかる荷重を受け止める第二スラスト軸受装置と、前記第一スラスト軸受装置と第二スラスト軸受装置の少なくとも一方にかかる荷重を制御する荷重制御装置と、を備え、前記第二スラスト軸受装置は、前記第二スラストカラーの前記軸方向を向く面を支持する第二スラスト軸受本体を有し、前記第二スラスト軸受本体は、前記第二スラストカラーの前記軸方向の片側にのみ配置され、前記第一スラスト軸受装置は、前記第一スラストカラーの前記軸方向を向く面を支持する第一スラスト軸受本体を有し、前記第一スラスト軸受本体は、前記第一スラストカラーの前記軸方向の両側に配置されている

10

上記回転機械において、前記荷重制御装置は、前記駆動装置に油を供給する第一油供給系統と、前記油の油圧を制御する制御器と、を有し、前記駆動装置は、前記油圧によって前記第二スラスト軸受本体を前記第二スラスト軸受装置にかかる荷重の方向とは逆方向に押圧する構成としてもよい。

20

【0016】

上記回転機械において、前記駆動装置は、前記第二スラスト軸受本体を押圧する押圧部を有する駆動ロッドと、前記押圧部が前記第二スラスト軸受本体から離れる方向に前記駆動ロッドを付勢する弾性部材と、を備えてよい。

【0017】

このような構成によれば、駆動装置の油圧が低い状態において、駆動ロッドを第二スラスト軸受本体から離れる方向に戻すことができる。

【0018】

本発明の第三の態様によれば、回転機械は、径方向外側に突出する第一スラストカラーと第二スラストカラーが形成され、軸方向に延在するロータと、前記第一スラストカラーを介して前記軸方向にかかる荷重を受け止める第一スラスト軸受装置と、前記第二スラストカラーを介して前記軸方向にかかる荷重を受け止める第二スラスト軸受装置と、前記第一スラスト軸受装置と第二スラスト軸受装置の少なくとも一方にかかる荷重を制御する荷重制御装置と、を備え、前記第二スラスト軸受装置は、前記第二スラストカラーの前記軸方向を向く面を支持する第二スラスト軸受本体を有し、前記荷重制御装置は、前記第二スラスト軸受本体を前記軸方向に押圧する駆動装置と、前記駆動装置に油を供給する第一油供給系統と、前記油の油圧を制御する制御器と、を有し、前記駆動装置は、前記油圧によって前記第二スラスト軸受本体を前記第二スラスト軸受装置にかかる荷重の方向とは逆方向に押圧し、前記駆動装置は、前記第二スラスト軸受本体を押圧する押圧部を有する駆動ロッドと、前記押圧部が前記第二スラスト軸受本体から離れる方向に前記駆動ロッドを付勢する弾性部材と、を備える。

30

40

上記回転機械において、前記第一スラスト軸受装置と前記第二スラスト軸受装置の少なくとも一方は、前記第一スラストカラー及び前記第二スラストカラーのうち対応するスラストカラーの前記軸方向を向く面と対面する軸受パッドを有し、該軸受パッドと該軸受パッドに対面する前記スラストカラーの前記軸方向を向く面との間に潤滑油を供給する第二油供給系統を有してよい。

【0019】

このような構成によれば、油を供給する系統として、潤滑油を供給する系統と、作動油を供給する系統の二系統が存在することによって、油圧を独立して制御することができる

50

。

## 【 0 0 2 0 】

本発明の第四の態様によれば、回転機械の制御方法は、軸方向に延在するロータと、前記ロータに前記軸方向にかかる荷重を受け止める第一スラスト軸受および第二スラスト軸受と、を備える回転機械において、主に第一スラスト軸受で前記荷重を受け止める第一運転工程と、前記荷重を監視する荷重監視工程と、前記荷重が予め定められた値に達した場合に前記第一スラスト軸受装置および前記第二スラスト軸受装置で前記荷重を受け止める第二運転工程と、を有する。

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 2 1 】

10

本発明によれば、ロータのスラスト荷重を受け止めるスラスト軸受装置を有する回転機械において、過大なスラスト荷重に対応することができる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 2 2 】

【 図 1 】 本発明の実施形態のガスタービンの模式的な断面図である。

【 図 2 】 本発明の実施形態のガスタービンのロータ及び第一軸受装置の断面図である。

【 図 3 】 本発明の実施形態の第二スラスト軸受装置の断面図である。

【 図 4 】 本発明の実施形態の第二変形例の第二スラスト軸受装置の断面図である。

【 図 5 】 本発明の実施形態の第三変形例の第二スラスト軸受装置の断面図である。

## 【 発明を実施するための形態 】

20

## 【 0 0 2 3 】

以下、本発明の実施形態の回転機械であるガスタービンについて図面を参照して詳細に説明する。

図 1 に示すように、ガスタービン 1 は、空気 A を圧縮する圧縮機 2 0 と、圧縮機 2 0 で圧縮された空気中で燃料 F を燃焼させて燃焼ガスを生成する燃焼器 1 0 と、燃焼ガスにより駆動するタービン 4 0 と、を備えている。

## 【 0 0 2 4 】

圧縮機 2 0 は、軸線 A r を中心として回転する圧縮機ロータ 2 1 と、圧縮機ロータ 2 1 を覆う圧縮機車室 2 5 と、複数の静翼段 2 6 と、を有する。タービン 4 0 は、軸線 A r を中心として回転するタービンロータ 4 1 と、タービンロータ 4 1 を覆うタービン車室 4 5 と、複数の静翼段 4 6 と、を有する。

30

## 【 0 0 2 5 】

圧縮機ロータ 2 1 とタービンロータ 4 1 とは、同一軸線 A r 上に位置し、互いに接続されてガスタービンロータ 2 ( 以下、ロータ 2 と呼ぶ ) を成す。ロータは軸方向に延在しており、例えば、発電機のロータが接続されている。また、圧縮機車室 2 5 とタービン車室 4 5 とは、互いに接続されてガスタービン車室 3 を成す。

なお、以下の説明において、回転軸であるロータ 2 が延びている方向 ( 図 1 に示す軸線 A r に沿う方向 ) を軸方向とする。また、軸線 A r に直交する方向を径方向とし、径方向で軸線 A r から遠ざかる側を径方向外側といい、この径方向で軸線 A r に近づく側を径方向内側という。また、軸方向であって、タービン 4 0 を基準にして圧縮機 2 0 側を上流側、圧縮機 2 0 を基準にしてタービン 4 0 側を下流側という。

40

## 【 0 0 2 6 】

圧縮機ロータ 2 1 は、軸線 A r を中心として軸方向に延びるロータ軸 2 2 と、このロータ軸 2 2 に取り付けられている複数の動翼段 2 3 と、を有する。複数の動翼段 2 3 は、軸方向に並んでいる。各動翼段 2 3 は、いずれも、周方向に並んでいる複数の動翼 2 3 a で構成されている。複数の動翼段 2 3 の各下流側には、静翼段 2 6 が配置されている。各静翼段 2 6 は、圧縮機車室 2 5 の内側に設けられている。各静翼段 2 6 は、いずれも、周方向に並んでいる複数の静翼 2 6 a で構成されている。

## 【 0 0 2 7 】

タービンロータ 4 1 は、軸線 A r を中心として軸方向に延びるロータ軸 4 2 と、この口

50

ータ軸 4 2 に取り付けられている複数の動翼段 4 3 と、を有する。複数の動翼段 4 3 は、軸方向に並んでいる。各動翼段 4 3 は、いずれも、周方向に並んでいる複数の動翼 4 3 a で構成されている。複数の動翼段 4 3 の各上流側には、静翼段 4 6 が配置されている。各静翼段 4 6 は、タービン車室 4 5 の内側に設けられている。各静翼段 4 6 は、いずれも、周方向に並んでいる複数の静翼 4 6 a で構成されている。

【 0 0 2 8 】

ロータ軸 4 2 の外周側とタービン車室 4 5 の内周側との間であって、軸方向で静翼 4 6 a 及び動翼 4 3 a が配置されている環状の空間は、燃焼器 1 0 からの燃焼ガスが流れるガス流路 9 を成す。このガス流路 9 は、軸線 A r を中心として環状を成し、軸方向に長い。

【 0 0 2 9 】

ガスタービン 1 は、ロータ 2 を回転可能に支持する第一軸受装置 5 と、第二軸受装置 6 と、荷重制御装置 1 6 と、を有している。第一軸受装置 5 は、ロータ 2 の上流側の端部に設けられている。第二軸受装置 6 は、ロータ 2 の下流側の端部に設けられている。

【 0 0 3 0 】

第一軸受装置 5 は、第一ジャーナル軸受装置 1 1 と、第一スラスト軸受装置 3 1 と、第二スラスト軸受装置 3 2 と、第一潤滑油供給装置 1 3 (第二油供給系統)と、を有している。ジャーナル軸受装置 1 1 は、ケーシング 7 に固定されており、ロータ 2 の径方向の移動を規制する。第一スラスト軸受装置 3 1 及び第二スラスト軸受装置 3 2 は、ケーシング 7 に固定されており、ロータ 2 の軸方向の荷重を受け止め、ケーシング 7 に対するロータ 2 の軸方向の移動を規制する。

【 0 0 3 1 】

第一潤滑油供給装置 1 3 は、潤滑油供給ライン 2 8 を介して第一ジャーナル軸受装置 1 1 とスラスト軸受装置 3 1 , 3 2 に対して潤滑油の供給を行う。軸受装置にて潤滑に使用された潤滑油は、潤滑油回収ライン 2 9 を介して回収されて、再度潤滑に使用される。これにより、潤滑油が軸受装置 1 1 , 3 1 , 3 2 に循環する。

第一スラスト軸受装置 3 1 にて使用される潤滑油は、第一潤滑油回収ライン 2 9 A を介して回収される。第二スラスト軸受装置 3 2 にて使用される潤滑油は、第二潤滑油回収ライン 2 9 B を介して回収される。第一潤滑油回収ライン 2 9 A には、第一潤滑油回収ライン 2 9 A を流れる潤滑油の温度を測定する温度測定装置 3 0 が設けられている。

第二軸受装置 6 は、第二ジャーナル軸受装置 1 4 と、第二潤滑油供給装置 1 5 と、を有している。

【 0 0 3 2 】

図 2 に示すように、第一スラスト軸受装置 3 1 は、一对の第一スラスト軸受本体 3 3 を有している。第一スラスト軸受本体 3 3 は、ロータ 2 に形成されている第一スラストカラー 3 5 に対応して設けられている。第一スラストカラー 3 5 は、ロータ 2 の外周面から径方向外側に突出している。

第一スラスト軸受装置 3 1 は、第一スラストカラー 3 5 を介して軸方向にかかるスラスト荷重を受け止める。第一スラスト軸受本体 3 3 は、第一スラストカラー 3 5 を挟んで、軸方向の上流側及び下流側に配置されている。即ち、第一スラスト軸受本体 3 3 は、第一スラストカラー 3 5 の軸方向の両側に配置されている。

【 0 0 3 3 】

なお、本実施形態のガスタービン 1 は、ガスタービン 1 の出力の上昇に伴い、ロータ 2 が軸方向の下流側に向かって押圧される。即ち、一对の第一スラスト軸受本体 3 3 のうち、主に軸方向下流側に配置されている第一スラスト軸受本体 3 3 がスラスト荷重を受け止める。

【 0 0 3 4 】

第一スラスト軸受本体 3 3 は、第一スラストカラー 3 5 の軸方向を向く面 3 5 A と対面して配置されている。第一スラスト軸受本体 3 3 は、ティルティングパッド軸受であり、第一スラストカラー 3 5 からの荷重を支持する複数の軸受パッド 5 0 と、軸受パッド 5 0 を支持するキャリアリング 5 1 と、を有している。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 5 】

複数の軸受パッド 5 0 は同一形状をなし、第一スラストカラー 3 5 の軸方向を向く面 3 5 A と対面する位置にロータ 2 を中心として周方向に等間隔に軸線 A r に対して対称に配置されている。軸受パッド 5 0 には、第一潤滑油供給装置 1 3 から潤滑油が供給され、第一スラストカラー 3 5 と軸受パッド 5 0 との間に潤滑油膜が形成される。これにより、第一スラストカラー 3 5 の回転時に第一スラストカラー 3 5 と軸受パッド 5 0 との間で生じる摩擦等を低減することができる。

なお、複数の軸受パッド 5 0 は、必ずしも同一形状である必要はない。また、複数の軸受パッド 5 0 は、軸線 A r に対して対称に配置されている必要はない。例えば、上方に配置される軸受パッド 5 0 と下方に配置される軸受パッド 5 0 の周方向の幅を異なるものとしてもよい。

10

## 【 0 0 3 6 】

第二スラスト軸受装置 3 2 は、第二スラスト軸受本体 3 4 を有している。第二スラスト軸受装置 3 2 は、第二スラストカラー 3 6 を介して軸方向にかかるスラスト荷重を受け止める。第二スラスト軸受本体 3 4 は、第二スラストカラー 3 6 の軸方向下流側に配置されている。即ち、第二スラスト軸受本体 3 4 は、第二スラストカラー 3 6 の軸方向の片側に配置されている。換言すれば、第二スラスト軸受本体 3 4 は、ガスタービン 1 の出力の上昇に伴い、第二スラストカラー 3 6 が移動する方向に配置されている。

第二スラスト軸受本体 3 4 は、軸受パッド 5 0 とキャリアリング 5 1 と、を有している。第二スラスト軸受本体 3 4 は、第一スラスト軸受本体 3 3 と同様の構成であるので、説明を省略する。

20

## 【 0 0 3 7 】

荷重制御装置 1 6 は、油圧によって第二スラスト軸受本体 3 4 を第二スラスト軸受装置 3 2 にかかるスラスト荷重の方向とは逆方向に押圧することによって、第一スラスト軸受装置 3 1 にかかるスラスト荷重を制御する装置である。荷重制御装置 1 6 は、油圧によって駆動される駆動装置 1 7 と、作動油供給装置 1 8 ( 第一油供給系統 ) と、制御器 1 9 と、を有している。

図 3 に示すように、駆動装置 1 7 は、ボックス 5 3 と、ボックス 5 3 の内部に配置されたプレート 5 5 と、プレート 5 5 の移動に伴い駆動される複数の駆動ロッド 5 4 と、スプリング 5 6 ( 弾性部材、圧縮コイルばね ) と、を有している。作動油供給装置 1 8 は、ボックス 5 3 の内部に作動油を供給する装置である。

30

## 【 0 0 3 8 】

駆動装置 1 7 は、作動油供給装置 1 8 から供給される高圧の作動油の圧力により、駆動ロッド 5 4 を軸方向に駆動するアクチュエーターである。駆動装置 1 7 は、ケーシング 7 に固定されている。

ボックス 5 3 は、ロータ 2 を囲うように周方向に延在しており、第二スラスト軸受本体 3 4 と、ケーシング 7 との間に配置されている。プレート 5 5 は、ボックス 5 3 内に収容されて、ボックス 5 3 の内部空間を軸方向上流側の第一空間 A 1 と軸方向下流側の第二空間 A 2 とに区画している。作動油が第二空間 A 2 に供給されることにより、プレート 5 5 は、軸方向上流側に移動する。

40

## 【 0 0 3 9 】

複数の駆動ロッド 5 4 は、ロータ 2 を中心として周方向に等間隔に軸線 A r ( 図 2 参照 ) に対して対称に配置されている。駆動ロッド 5 4 の軸方向上流側の端部には、押圧部 5 7 が設けられている。駆動ロッド 5 4 の軸方向下流側の端部は、プレート 5 5 に接続されている。押圧部 5 7 は、軸方向上流側に向かって第二スラスト軸受本体 3 4 を押圧するように配置されている。即ち、プレート 5 5 と共に駆動ロッド 5 4 が軸方向上流側に移動することによって、押圧部 5 7 が第二スラスト軸受本体 3 4 を押圧する。これにより、第二スラスト軸受本体 3 4 は、軸方向上流側に押圧される。

なお、複数の駆動ロッド 5 4 は、軸線 A r に対して対称に配置されている必要はない。

駆動装置 1 7 はケーシング 7 に固定されているため、第二スラスト軸受本体 3 4 は、ケ

50



ーシング 7 に対して相対的に移動する。

【 0 0 4 0 】

スプリング 5 6 は、コイル状をなす弾性部材であり、圧縮コイルばねである。スプリング 5 6 は、ボックス 5 3 の軸方向上流側の壁部 5 3 A とプレート 5 5 との間に配置されている。縮められたスプリング 5 6 が元に戻る弾性力によって、プレート 5 5 がボックス 5 3 の軸方向上流側の壁部 5 3 A から離れる方向に付勢される。即ち、スプリング 5 6 によって駆動装置 1 7 の駆動ロッド 5 4 ( 押圧部 5 7 ) がボックス 5 3 の内部に没入する方向に付勢される。これにより、押圧部 5 7 が第二スラスト軸受本体 3 4 から離れる方向に移動する。

なお、本実施形態では、弾性部材としてスプリング 5 6 を採用したが、これに限ることはない。例えば、板バネやエラストマーを用いてもよい。

10

【 0 0 4 1 】

制御器 1 9 は、作動油供給装置 1 8 を制御するコンピューターである。制御器 1 9 は、ガスタービン 1 の出力、温度測定装置 3 0 によって測定される温度等を監視する機能を有している。

【 0 0 4 2 】

ケーシング 7 には、第一スラストカラー 3 5 ( 図 2 参照 ) と第二スラストカラー 3 6 の間の空間をシールするシール装置 3 7 が設けられている。シール装置 3 7 は、ケーシング 7 の内周面に配置されたリング状のシール装置本体 3 8 と、シール装置本体 3 8 からロータ 2 の外周面に向かって突出する複数のシールフィン 3 9 とを有している。

20

【 0 0 4 3 】

次に、本実施形態のガスタービン 1 における荷重制御装置 1 6 の制御方法について説明する。本実施形態のガスタービン 1 は、ロータ 2 のスラスト荷重 ( 軸方向に働く力 ) を受け止めるスラスト軸受装置 3 1 , 3 2 を有している。荷重制御装置 1 6 は、第一スラスト軸受装置 3 1 の許容以上のスラスト荷重が発生した場合に、第二スラスト軸受装置 3 2 を軸方向に押圧することによって、スラスト荷重を分散する機能を有している。

【 0 0 4 4 】

荷重制御装置 1 6 の制御方法は、主に第一スラスト軸受装置 3 1 で荷重を受け止める第一運転工程と、荷重を監視する荷重監視工程と、荷重が予め定められた値に達した場合に第一スラスト軸受装置 3 1 及び第二スラスト軸受装置 3 2 で荷重を受け止める第二運転工程と、を有する。

30

荷重監視工程において、制御器 1 9 はガスタービン 1 の出力を監視する。ここで、ガスタービン 1 の出力は、第一スラスト軸受装置 3 1 にかかるスラスト荷重と比例しているため、ガスタービン 1 の出力が上昇するに従って、スラスト荷重も増大する。

なお、スラスト荷重を監視する方法は出力に限ったことなく、スラスト荷重に相当又は比例するパラメータであればよい。例えばスラスト荷重そのもの、回転機械の回転数、回転機械又は軸受の部材のメタル温度、軸受の廃油温度など、又はこれらの組合せでもよい。また、ガスタービン 1 の車室圧又は圧縮機 2 0 の圧力比でもよい。

【 0 0 4 5 】

制御器 1 9 は、ガスタービン 1 の出力が予め定められた出力値 P に達したことを検知すると、第二運転工程として、第二スラスト軸受装置 3 2 を移動させる。

40

第二運転工程において、制御器 1 9 は、作動油供給装置 1 8 に対して駆動装置 1 7 のボックス 5 3 に作動油を供給するように指令する。これにより、プレート 5 5 が軸方向上流側に移動して、押圧部 5 7 が第二スラスト軸受本体 3 4 のキャリアリング 5 1 を押圧する。これにより、軸受パッド 5 0 が第二スラストカラー 3 6 に押圧され、第二スラスト軸受装置 3 2 が機能する。

【 0 0 4 6 】

第二運転工程にて参照されるガスタービンの出力値 P は、第一スラスト軸受本体 3 3 の定格荷重に基づいて決定される。出力値 P は、例えば、第一スラスト軸受本体 3 3 にかかるスラスト荷重が、定格荷重に達した際のガスタービン 1 の出力を用いて設定することが

50

できる。

【0047】

また、荷重制御装置16は、ガスタービン1の出力に応じて押圧部57によって第二スラスト軸受本体34を押圧する押圧力を調整することができる。例えば、上記した出力値Pよりも出力が高くなるに従って、押圧力を増大させることができる。

【0048】

上記実施形態によれば、スラスト軸受装置に対して軸方向にかかるスラスト荷重が過大になった場合において、第二スラスト軸受本体34を押圧して第一スラスト軸受装置31にかかるスラスト荷重を制御することによって、両スラスト軸受装置31, 32の荷重を平均化することができる。これにより、スラスト軸受装置を過大な荷重に対応させることができる。

10

【0049】

また、複数の駆動ロッド54が周方向に延在するプレート55に連結されていることによって、複数の押圧部57の押圧力を平均化することができる。

また、駆動装置17にスプリング56を設けたことによって、第二空間A2内の油圧が低い状態において、駆動ロッド54をボックス53の内部に没入させることができる。

【0050】

また、上記実施形態においては、第二スラスト軸受本体34は、第二スラストカラー36の軸方向の片側にのみ配置されている。スラスト軸受本体をスラストカラーの両側に配置しないことによって、スラスト軸受本体の数を低減することができる。即ち、第一スラスト軸受装置31に過大なスラスト荷重がかけられた場合にのみ第二スラスト軸受装置32を使用するため、スラスト荷重が過大になった場合にスラスト荷重がかからない方向にスラスト軸受装置を配置する必要はない。

20

【0051】

また、油を供給する系統として、潤滑油を供給する系統である潤滑油供給装置13, 15と、作動油を供給する作動油供給装置18の二系統が存在することによって、油圧を独立して制御することができる。

また、第一スラスト軸受本体33が第一スラストカラー35の軸方向の両側に配置されていることによって、ガスタービン1の出力が低い場合等、ロータ2が軸方向の上流側に押圧された場合においても、ロータ2のスラスト荷重を受け止めることができる。

30

【0052】

なお、上記実施形態では、第一スラスト軸受装置31にかかるスラスト荷重を低減するために、第二スラスト軸受本体34を押圧する構成としたが、これに限ることはない。第二スラスト軸受装置32にかかるスラスト荷重を低減するために、第一スラスト軸受本体33を押圧する構成としてもよい。

【0053】

(第一変形例)

次に、本発明の実施形態のガスタービンの第一変形例について説明する。

上記実施形態のガスタービン1においては、荷重制御装置16をガスタービン1の出力に基づいて制御する構成としたがこれに限ることはない。第一スラスト軸受装置31にて使用された潤滑油の温度は、第一スラスト軸受装置31にかかるスラスト荷重に比例して上昇する。よって、第一潤滑油回収ライン29Aに設けられている温度測定装置30によって測定される潤滑油の温度に基づいて荷重制御装置16を制御してもよい。

40

制御器19は、第一潤滑油回収ライン29Aを流れる潤滑油の温度が予め定められた温度に達したことを検知すると、第二運転工程を実行する。

【0054】

上記変形例によれば、スラスト軸受装置の負荷が反映される潤滑油の温度に基づいて、荷重制御装置16を制御することができる。

また、シール装置37が設けられていることによって、第一スラスト軸受装置31にて使用された潤滑油と第二スラスト軸受装置32にて使用された潤滑油とが混ざり合うこと

50

を防止することができる。これにより、第一スラスト軸受装置 3 1 にて使用された潤滑油の温度をより正確に測定することができる。

【 0 0 5 5 】

なお、荷重制御装置 1 6 を制御するために参照する要素は、上記したガスタービン 1 の出力、潤滑油の温度に限ることはない。例えば、ケーシング 7 のメタル温度や、車室内部の圧力や、ガスタービン 1 の回転数を参照してもよい。

【 0 0 5 6 】

( 第二変形例 )

次に、本発明の実施形態のガスタービンの第二変形例について説明する。

上記実施形態のガスタービン 1 においては、駆動装置 1 7 は、第二スラスト軸受本体 3 4 のキャリアリング 5 1 を押圧する構成としたがこれに限ることはない。図 4 に示すように、本変形例の駆動装置 1 7 は、駆動装置 1 7 の駆動ロッド 5 4 の押圧部 5 7 が、第二スラスト軸受本体 3 4 の軸受パッド 5 0 を直接押圧するように構成されている。駆動ロッド 5 4 は、第二スラスト軸受本体 3 4 のキャリアリング 5 1 に形成されている貫通孔 5 1 A を貫通している。

【 0 0 5 7 】

( 第三変形例 )

次に、本発明の実施形態のガスタービンの第三変形例について説明する。

上記実施形態のガスタービン 1 においては、圧縮コイルばねであるスプリング 5 6 の弾性力を壁部 5 3 A とプレート 5 5 とが離間するように作用させることによって、押圧部 5 7 を第二スラスト軸受本体 3 4 から離間させる構成としたがこれに限ることはない。

図 5 に示すように、本変形例の駆動装置 1 7 は、押圧部 5 7 の背面 5 7 A と、ボックス 5 3 の軸方向下流側の壁部 5 3 B とを接続するスプリング 5 6 C を有している。本実施形態のスプリング 5 6 C は引張コイルばねである。スプリング 5 6 C の一端は、押圧部 5 7 の背面 5 7 C に固定部 5 8 を介して固定されている。スプリング 5 6 C の他端は、ボックス 5 3 の壁部 5 3 B に固定部 5 9 を介して固定されている。

【 0 0 5 8 】

伸ばされたスプリング 5 6 C が元に戻る弾性力によって、押圧部 5 7 と壁部 5 3 B とが接近する方向に付勢される。即ち、スプリング 5 6 C によって駆動装置 1 7 の駆動ロッド 5 4 ( 押圧部 5 7 ) がボックス 5 3 の内部に没入する方向に付勢される。これにより、押圧部 5 7 が第二スラスト軸受本体 3 4 から離れる方向に移動する。

この変形例によれば、第一実施形態の駆動装置 1 7 が有するプレート 5 5 を不要とすることができる。

【 0 0 5 9 】

以上、本発明の実施形態について図面を参照して詳述したが、各実施形態における各構成及びそれらの組み合わせ等は一例であり、本発明の趣旨から逸脱しない範囲内で、構成の付加、省略、置換、及びその他の変更が可能である。また、本発明は実施形態によって限定されることはなく、クレームの範囲によってのみ限定される。

例えば、上記実施形態では、回転機械としてガスタービンを例示したが、スラスト荷重を発生させるロータを有する回転機械であれば、例えば、蒸気タービン、軸流圧縮機等、他の回転機械に本発明を適用してもよい。

また、上記実施形態では、第一スラスト軸受装置 3 1 及び第二スラスト軸受装置 3 2 の両方が、ティルティングパッド軸受であるとしたが、これに限ることはない。例えば、第一スラスト軸受装置 3 1 及び第二スラスト軸受装置 3 2 のうち一方をスラストころ軸受としてもよい。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 0 】

- 1 ガスタービン
- 2 ガスタービンロータ
- 3 ガスタービン車室

10

20

30

40

50

5	第一軸受装置	
6	第二軸受装置	
7	ケーシング	
10	燃焼器	
11	第一ジャーナル軸受装置	
13	第一潤滑油供給装置（第二油供給系統）	
14	第二ジャーナル軸受装置	
15	第二潤滑油供給装置	
16	荷重制御装置	
17	駆動装置	10
18	作動油供給装置（第一油供給系統）	
19	制御器	
20	圧縮機	
25	圧縮機車室	
28	潤滑油供給ライン	
29	潤滑油回収ライン	
30	温度測定装置	
31	第一スラスト軸受装置	
32	第二スラスト軸受装置	
33	第一スラスト軸受本体	20
34	第二スラスト軸受本体	
35	第一スラストカラー	
36	第二スラストカラー	
37	シール装置	
38	シール装置本体	
39	シールフィン	
40	タービン	
45	タービン車室	
50	軸受パッド	
51	キャリアリング	30
53	ボックス	
54	駆動ロッド	
55	プレート	
56, 56C	スプリング（弾性部材）	
57	押圧部	
Ar	軸線	

【図 1】

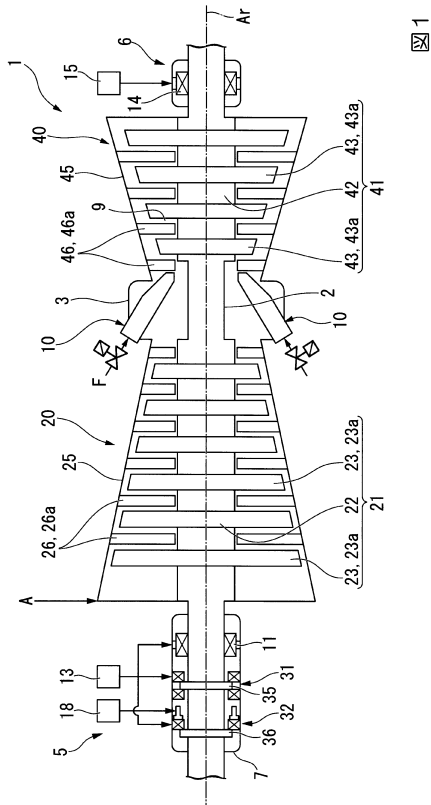


図 1

【図 2】

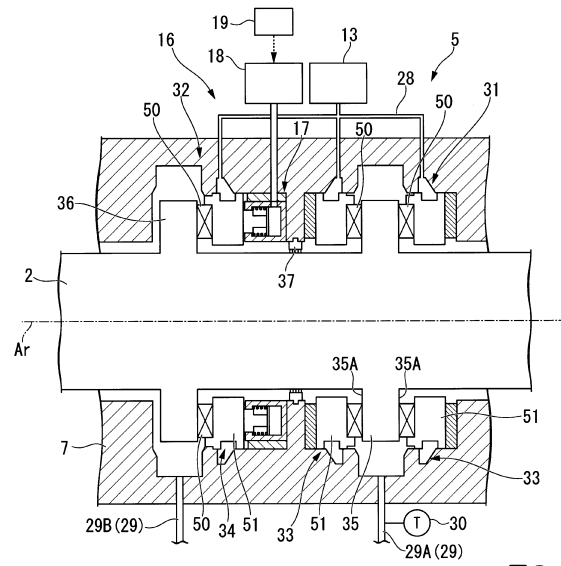


図 2

【図 3】

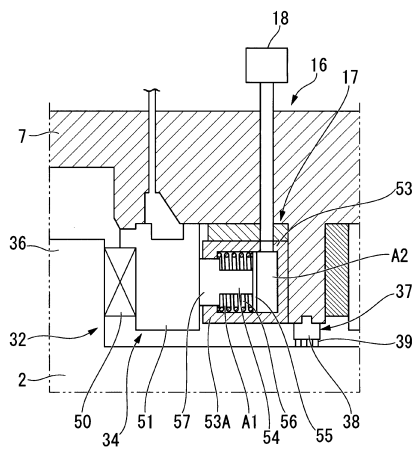


図 3

【図 4】

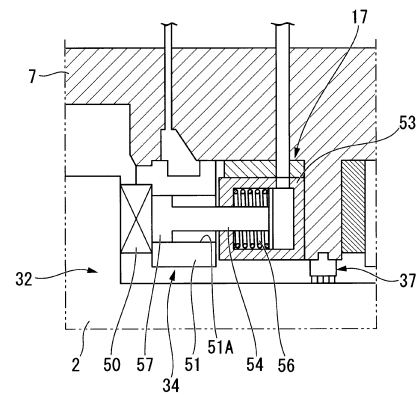


図 4

【図5】

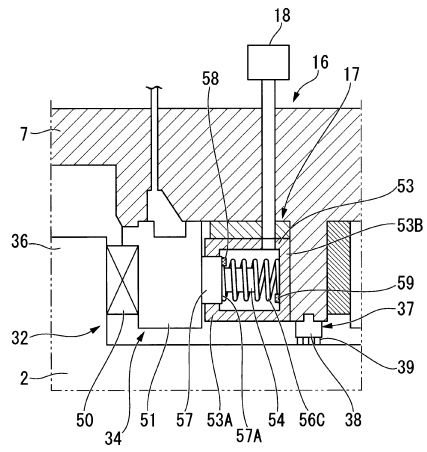


図5

---

フロントページの続き

- (74)代理人 100210572  
弁理士 長谷川 太一
- (74)代理人 100134544  
弁理士 森 隆一郎
- (74)代理人 100064908  
弁理士 志賀 正武
- (74)代理人 100108578  
弁理士 高橋 詔男
- (74)代理人 100126893  
弁理士 山崎 哲男
- (72)発明者 飯島 高善  
神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内
- (72)発明者 橋本 真也  
神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内
- (72)発明者 片岡 正人  
神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内

審査官 中村 大輔

- (56)参考文献 特開昭55-024291(JP,A)  
実公昭49-017704(JP,Y1)  
特開平09-170401(JP,A)  
特開2002-310142(JP,A)  
特開2010-048420(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |      |       |
|------|-------|
| F01D | 3/04  |
| F01D | 25/16 |
| F16C | 17/04 |
| F16C | 27/06 |