

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6590616号
(P6590616)

(45) 発行日 令和1年10月16日 (2019. 10. 16)

(24) 登録日 令和1年9月27日 (2019. 9. 27)

(51) Int. Cl. F I

FO2C 9/22 (2006.01)

FO2C 7/042 (2006.01)

FO2C 7/047 (2006.01)

FO2C 7/057 (2006.01)

FO2C 9/00 (2006.01)

FO2C 9/22 B

FO2C 7/042

FO2C 7/047

FO2C 7/057

FO2C 9/00 A

請求項の数 14 (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2015-187092 (P2015-187092)	(73) 特許権者	514030104
(22) 出願日	平成27年9月24日 (2015. 9. 24)		三菱日立パワーシステムズ株式会社
(65) 公開番号	特開2017-61879 (P2017-61879A)		神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号
(43) 公開日	平成29年3月30日 (2017. 3. 30)	(74) 代理人	100089118
審査請求日	平成30年6月7日 (2018. 6. 7)		弁理士 酒井 宏明
		(72) 発明者	中原 将彦
			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	西村 英彦
			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
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガスタービンの制御装置及び方法、ガスタービンの制御プログラム、ガスタービン

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

圧縮機と、
燃焼器と、
タービンと、
前記圧縮機の入口に設けられて前記圧縮機に流入する空気量を調整する入口案内翼と、
前記圧縮機で加圧された空気の一部を抜き取る抽気流路と、
を備えるガスタービンにおいて、
前記圧縮機のサージ限界から前記入口案内翼の第2開度を設定すると共に前記圧縮機の圧力により前記第2開度を補正する第2開度設定部と、
前記第2開度設定部と異なる制御により前記入口案内翼の第1開度を設定する第1開度設定部と、
前記第1開度と前記第2開度のうち最大の開度を前記入口案内翼の開度として選択する開度選択部と、
前記開度選択部により選択された前記入口案内翼の開度により前記入口案内翼の開度を調整する開度制御部と、
を有し、
前記第2開度設定部は、前記抽気流路による所定の抽気流量が確保される第1状態において選択される前記入口案内翼の第1最小開度を設定する第1計算部と、前記第1状態より前記抽気流路による抽気流量が多い第2状態において選択される前記入口案内翼の第2

最小開度を設定する第 2 計算部とを有する、
ことを特徴とするガスタービンの制御装置。

【請求項 2】

前記第 1 開度設定部は、前記圧縮機のサージ限界を除く要因から前記入口案内翼の第 1 開度を設定することを特徴とする請求項 1 に記載のガスタービンの制御装置。

【請求項 3】

前記圧縮機の圧力は、前記圧縮機の車室圧、外気圧と車室圧とから算出される車室圧比、前記圧縮機における所定の位置の圧力から推定した推定車室圧または推定車室圧比の少なくともいずれか一つであることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のガスタービンの制御装置。

10

【請求項 4】

前記第 2 開度設定部は、前記圧縮機の圧力を除くパラメータから前記第 2 開度を設定し、前記第 2 開度設定部は、車室圧比から前記第 2 開度を補正することを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載のガスタービンの制御装置。

【請求項 5】

前記第 1 計算部は、前記圧縮機の圧力を除くパラメータに基づいて前記第 1 最小開度を算出し、前記第 2 計算部は、前記圧縮機の圧力に基づいて前記第 2 最小開度を算出することを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載のガスタービンの制御装置。

【請求項 6】

前記第 2 開度設定部は、前記第 1 最小開度と前記第 2 最小開度との差分を算出する差分計算部と、前記差分計算部により算出された差分を前記第 1 計算部により算出された前記第 1 最小開度に加算する加算部とが設けられることを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載のガスタービンの制御装置。

20

【請求項 7】

前記差分計算部により算出された差分が予め設定された上限値と下限値との間の入るよう補正する制限補正部が設けられることを特徴とする請求項 6 に記載のガスタービンの制御装置。

【請求項 8】

前記第 2 開度設定部は、前記第 2 最小開度を前記圧縮機の圧力により補正する開度補正部と、前記第 1 最小開度と前記第 2 最小開度の補正值との差分を前記第 1 最小開度に加算する加算部とが設けられることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載のガスタービンの制御装置。

30

【請求項 9】

前記第 1 開度設定部は、前記タービンの入口温度に基づいて前記入口案内翼の最小開度を設定することを特徴とする請求項 1 から請求項 8 のいずれか一項に記載のガスタービンの制御装置。

【請求項 10】

前記開度制御部は、前記入口案内翼の開度の開放側の調整速度は、前記入口案内翼の開度の閉止側の調整速度より速く設定することを特徴とする請求項 1 から請求項 9 のいずれか一項に記載のガスタービンの制御装置。

40

【請求項 11】

前記抽気流路は、前記圧縮機で加圧された空気の一部を抜き取り、前記圧縮機の空気取入口に導くことを特徴とする請求項 1 から請求項 10 のいずれか一項に記載のガスタービンの制御装置。

【請求項 12】

圧縮機と、

燃焼器と、

タービンと、

前記圧縮機の入口に設けられて前記圧縮機に流入する空気量を調整する入口案内翼と、

前記圧縮機で加圧された空気の一部を抜き取る抽気流路と、

50

を備えるガスタービンにおいて、

前記圧縮機のサージ限界から前記入口案内翼の第２開度を設定すると共に前記圧縮機の圧力により前記第２開度を補正する第２開度設定ステップと、

前記第２開度設定ステップと異なる制御により前記入口案内翼の第１開度を設定する第１開度設定ステップと、

前記第１開度と前記第２開度のうち最大の開度を前記入口案内翼の開度として選択する開度選択ステップと、

選択された前記入口案内翼の開度により前記入口案内翼の開度を調整する開度制御ステップと、

を有し、

前記第２開度設定ステップは、前記抽気流路による所定の抽気流量が確保される第１状態において選択される前記入口案内翼の第１最小開度を設定する第１計算ステップと、前記第１状態より前記抽気流路による抽気流量が多い第２状態において選択される前記入口案内翼の第２最小開度を設定する第２計算ステップとを有する、

ことを特徴とするガスタービンの制御方法。

【請求項１３】

圧縮機と、

燃焼器と、

タービンと、

前記圧縮機の入口に設けられて前記圧縮機に流入する空気量を調整する入口案内翼と、

前記圧縮機で加圧された空気の一部を抜き取る抽気流路と、

を備えるガスタービンにおいて、

前記圧縮機のサージ限界から前記入口案内翼の第２開度を設定すると共に前記圧縮機の圧力により前記第２開度を補正する第２開度設定処理と、

前記第２開度設定処理と異なる制御により前記入口案内翼の第１開度を設定する第１開度設定処理と、

前記第１開度と前記第２開度のうち最大の開度を前記入口案内翼の開度として選択する開度選択処理と、

選択された前記入口案内翼の開度により前記入口案内翼の開度を調整する開度制御処理と、

をコンピュータに実行させ、

前記第２開度設定処理は、前記抽気流路による所定の抽気流量が確保される第１状態において選択される前記入口案内翼の第１最小開度を設定する第１計算処理と、前記第１状態より前記抽気流路による抽気流量が多い第２状態において選択される前記入口案内翼の第２最小開度を設定する第２計算処理とを有する、

ことを特徴とするガスタービンの制御プログラム。

【請求項１４】

圧縮機と、

燃焼器と、

タービンと、

前記圧縮機の入口に設けられて前記圧縮機に流入する空気量を調整する入口案内翼と、

前記圧縮機で加圧された空気の一部を抜き取る抽気流路と、

請求項１から請求項１１のいずれか一項に記載のガスタービンの制御装置と、

を備えることを特徴とするガスタービン。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、圧縮機と燃焼器とタービンとを有するガスタービンの制御装置及び方法、ガスタービンの制御プログラム、そして、ガスタービンの制御装置を有するガスタービンに

10

20

30

40

50

関するものである。

【背景技術】

【0002】

一般的なガスタービンは、圧縮機と燃焼器とタービンにより構成されている。そして、空気取入口から取り込まれた空気が圧縮機によって圧縮されることで高温・高圧の圧縮空気となり、燃焼器にて、この圧縮空気に対して燃料を供給して燃焼させることで高温・高圧の燃焼ガス（作動流体）を得て、この燃焼ガスによりタービンを駆動し、このタービンに連結された発電機を駆動する。

【0003】

このようなガスタービンにて、圧縮機は、空気取入口に入口案内翼（IGV）が設けられており、この入口案内翼は、ガスタービンの出力（負荷値）などに基づいてその開度が調整される。また、圧縮機は、このIGV開度が小さい場合、吸入される空気量が減少してサージング現象を発生することがあり、このIGV開度には下限値が設定されている。

10

【0004】

一方で、外気温が低い状態でガスタービンの運転を行うと、IGVを流れる空気の温度が氷点下になり、空気中の湿分が氷結することがあり、圧縮機に流入する空気の温度を上昇させるアンチアイシング機能が設けられている。このアンチアイシング機能は、圧縮機で生成された高温の加圧空気の一部を抽気管により空気取入口に導くことで、空気取入口の氷結を防止するものである。また、アンチアイシング機能によりタービン入口温度を維持してガスタービンの部分負荷運転を可能とし、排気ガスにおける一酸化炭素（CO）を減少してエミッションを保証することができる。

20

【0005】

そして、アンチアイシングの動作時に、圧縮機で生成された加圧空気の一部を抽気すると、燃焼器における燃焼用の加圧空気が減少することとなり、IGV開度を大きい側に補正する必要がある。このような技術として、例えば、下記特許文献1に記載されたものがある。特許文献1に記載されたガスタービンの運転方法は、ガスタービンに対する出力指令値に応じて入口案内翼の開度を算出すると共に、吸気温度及び吸気湿度に基づいて算出されたタービン動作顕在化開度のうち、大きな開度をIGV開度として選択するものである。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2011-032869号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

アンチアイシングの動作時は、圧縮機で生成された加圧空気の一部を抽気すると、車室圧力が低下することから、サージング現象の発生が緩和される。ところが、ガスタービンの出力（負荷値）などに基づいたIGV開度制御では、そのことが反映されないため、必要以上にIGVを開側に制御してしまう。この場合、加圧空気の抽気量を増加させることが考えられるが、抽気量の増加により抽気配管や弁の大型化を招き、製造コストが増加してしまうという課題がある。また、必要以上に吸気流量が多いと圧縮機の仕事量が増加し、発電効率が下がってしまう。

40

【0008】

本発明は、上述した課題を解決するものであり、圧縮機による最適な吸気流量を確保することで、一酸化炭素を減少してエミッションを保証すると共に、設備の増大による製造コストの増加を抑制するガスタービンの制御装置及び方法、ガスタービンの制御プログラム、ガスタービン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】

【0009】

50

上記の目的を達成するための本発明のガスタービンの制御装置は、圧縮機と、燃焼器と、タービンと、前記圧縮機の入口に設けられて前記圧縮機に流入する空気量を調整する入口案内翼と、前記圧縮機で加圧された空気の一部を抜き取る抽気流路と、を備えるガスタービンにおいて、前記圧縮機のサージ限界から前記入口案内翼の第２開度を設定すると共に前記圧縮機の圧力により前記第２開度を補正する第２開度設定部と、前記第２開度設定部と異なる制御により前記入口案内翼の第１開度を設定する第１開度設定部と、前記第１開度と前記第２開度のうち最大の開度を前記入口案内翼の開度として選択する開度選択部と、前記開度選択部により選択された前記入口案内翼の開度により前記入口案内翼の開度を調整する開度制御部と、を有することを特徴とするものである。

【００１０】

10

従って、第２開度設定部と異なる制御により入口案内翼の第１開度を設定すると共に、圧縮機のサージ限界から入口案内翼の第２開度を設定して圧縮機の圧力により第２開度を補正し、第１開度と第２開度のうち最大の開度を入口案内翼の開度として選択し、選択された入口案内翼の開度により前記入口案内翼の開度を調整する。そのため、圧縮機のサージ限界から求めた入口案内翼の第２開度を圧縮機の圧力により補正することが可能となり、抽気流路により圧縮機の加圧空気の一部が抽気されると、圧縮機の圧力が低下することから、圧縮機でのサージング現象の発生が緩和され、このとき、入口案内翼の開度が圧縮機の圧力に応じて補正されることから、吸気流量が必要以上に増加することが抑制され、圧縮機による最適な吸気流量を確保することができ、その結果、排ガス中の一酸化炭素を減少してエミッションを保証することができると共に、設備の増大による製造コストの増加を抑制することができる。

20

【００１１】

本発明のガスタービンの制御装置では、前記第１開度設定部は、前記圧縮機のサージ限界を除く要因から前記入口案内翼の第１開度を設定することを特徴としている。

【００１２】

従って、第１開度設定部が圧縮機のサージ限界を除く要因に基づいて入口案内翼の第１開度を高精度に設定することができる。

【００１３】

本発明のガスタービンの制御装置では、前記圧縮機の圧力は、前記圧縮機の車室圧、外気圧と車室圧とから算出される車室圧比、前記圧縮機における所定の位置の圧力から推定した推定車室圧または推定車室圧比の少なくともいずれか一つであることを特徴としている。

30

【００１４】

従って、圧縮機の圧力として、車室圧、車室圧比、推定車室圧または推定車室圧比を用いることで、第２開度を高精度に設定することができる。

【００１５】

本発明のガスタービンの制御装置では、前記第２開度設定部は、前記圧縮機の圧力を除くパラメータから前記第２開度を設定し、前記第２開度設定部は、前記車室圧比から前記第２開度を補正することを特徴としている。

【００１６】

40

従って、第２開度設定部が圧縮比の圧力により第２開度を補正することで、吸気流量が必要以上に増加することが抑制され、圧縮機による最適な吸気流量を確保することができる。

【００１７】

本発明のガスタービンの制御装置では、前記第２開度設定部は、前記抽気流路による所定の抽気流量が確保される第１状態のサージ限界から前記入口案内翼の第１最小開度を設定する第１計算部と、前記第１状態より前記抽気流路による抽気流量が多い第２状態のサージ限界から前記入口案内翼の第２最小開度を設定する第２計算部とを有することを特徴としている。

【００１８】

50

従って、抽気流量が少ないときのサージ限界から第1最小開度を設定し、抽気流量が多いときのサージ限界から第2最小開度を設定することで、抽気流量の大小にかかわらず、サージ限界を考慮した入口案内翼の開度を適正に設定することができる。

【0019】

本発明のガスタービンの制御装置では、前記第1計算部は、前記圧縮機の圧力を除くパラメータに基づいて前記第1最小開度を算出し、前記第2計算部は、前記圧縮機の圧力に基づいて前記第2最小開度を算出することを特徴としている。

【0020】

従って、圧縮機の圧力を除くパラメータに基づいて第1最小開度を算出すると共に、圧縮機の圧力に基づいて第2最小開度を算出することで、抽気流量が多いときは、圧縮機の圧力とサージ限界から第2最小開度を設定するため、抽気流量が多いときに、吸気流量が必要以上に増加することを抑制することができる。

10

【0021】

本発明のガスタービンの制御装置では、前記第2開度設定部は、前記第1最小開度と前記第2最小開度との差分を算出する差分計算部と、前記差分計算部により算出された差分を前記第1計算部により算出された前記第1最小開度に加算する加算部とが設けられることを特徴としている。

【0022】

従って、第1最小開度と第2最小開度との差分を第1最小開度に加算して圧縮機のサージ限界を考慮した入口案内翼の開度を設定するため、抽気流量の大小にかかわらず、サージ限界を考慮した入口案内翼の開度を適正に設定することができる。

20

【0023】

本発明のガスタービンの制御装置では、前記差分計算部により算出された差分が予め設定された上限値と下限値との間の入るように補正する制限補正部が設けられることを特徴としている。

【0024】

従って、第1最小開度と第2最小開度との差分に対して上限値と下限値を設定することで、差分が異常値になることが阻止され、入口案内翼の開度の異常な変化により吸気流量の大幅な増大や減少を抑制することができる。

【0025】

30

本発明のガスタービンの制御装置では、前記第2開度設定部は、前記第1最小開度と前記第2最小開度を前記圧縮機の圧力により補正する開度補正部と前記第1最小開度の補正值と、前記第2最小開度の補正值を加算する加算部とが設けられることを特徴としている。

【0026】

従って、抽気流量が少ないときの第1最小開度と、抽気流量が多いときの第2最小開度を圧縮機の圧力によりそれぞれ補正して加算することで、圧縮機の圧力に応じた入口案内翼の開度を適正に設定することができる。

【0027】

本発明のガスタービンの制御装置では、前記第1開度設定部は、前記タービンの入口温度に基づいて前記入口案内翼の最小開度を設定することを特徴としている。

40

【0028】

従って、タービンの入口温度に基づいて入口案内翼の最小開度を設定することで、排ガス中の一酸化炭素を減少してエミッションを保証することができる。

【0029】

本発明のガスタービンの制御装置では、前記開度制御部は、前記入口案内翼の開度の開放側の調整速度は、前記入口案内翼の開度の閉止側の調整速度より速く設定することを特徴としている。

【0030】

従って、入口案内翼の開度を大きくするときは速く開放し、入口案内翼の開度を小さく

50

するときはゆっくりと閉止することで、排気ガス温度の急速な低下を抑制してエミッションを保証することができる。

【0031】

本発明のガスタービンの制御装置では、前記抽気流路は、前記圧縮機で加圧された空気の一部を抜き取り、前記圧縮機の空気取入口に導くことを特徴としている。

【0032】

従って、抽気流路により圧縮機で加圧された空気の一部を抜き取って空気取入口に導くことで、空気取入口の氷結を防止するものである。

【0033】

また、本発明のガスタービンの制御方法は、圧縮機と、燃焼器と、タービンと、前記圧縮機の入口に設けられて前記圧縮機に流入する空気量を調整する入口案内翼と、前記圧縮機で加圧された空気の一部を抜き取る抽気流路と、を備えるガスタービンにおいて、前記圧縮機のサージ限界から前記入口案内翼の第2開度を設定すると共に前記圧縮機の圧力により前記第2開度を補正する第2開度設定ステップと、前記第2開度設定ステップと異なる制御により前記入口案内翼の第1開度を設定する第1開度設定ステップと、前記第1開度と前記第2開度のうち最大の開度を前記入口案内翼の開度として選択する開度選択ステップと、選択された前記入口案内翼の開度により前記入口案内翼の開度を調整する開度制御ステップと、を有することを特徴とするものである。

10

【0034】

従って、抽気流路により圧縮機の加圧空気の一部が抽気されると、圧縮機の圧力が低下することから、圧縮機でのサージング現象の発生が緩和され、このとき、入口案内翼の開度が圧縮機の圧力に応じて補正されることから、吸気流量が必要以上に増加することが抑制され、圧縮機による最適な吸気流量を確保することができ、その結果、排ガス中の一酸化炭素を減少してエミッションを保証することができると共に、設備の増大による製造コストの増加を抑制することができる。

20

【0035】

また、本発明のガスタービンの制御プログラムは、圧縮機と、燃焼器と、タービンと、前記圧縮機の入口に設けられて前記圧縮機に流入する空気量を調整する入口案内翼と、前記圧縮機で加圧された空気の一部を抜き取る抽気流路と、を備えるガスタービンにおいて、前記圧縮機のサージ限界から前記入口案内翼の第2開度を設定すると共に前記圧縮機の圧力により前記第2開度を補正する第2開度設定処理と、前記第2開度処理と異なる制御により前記入口案内翼の第1開度を設定する第1開度設定処理と、前記第1開度と前記第2開度のうち最大の開度を前記入口案内翼の開度として選択する開度選択処理と、選択された前記入口案内翼の開度により前記入口案内翼の開度を調整する開度制御処理と、をコンピュータに実行させることを特徴とするものである。

30

【0036】

従って、抽気流路により圧縮機の加圧空気の一部が抽気されると、圧縮機の圧力が低下することから、圧縮機でのサージング現象の発生が緩和され、このとき、入口案内翼の開度が圧縮機の圧力に応じて補正されることから、吸気流量が必要以上に増加することが抑制され、圧縮機による最適な吸気流量を確保することができ、その結果、排ガス中の一酸化炭素を減少してエミッションを保証することができると共に、設備の増大による製造コストの増加を抑制することができる。

40

【0037】

また、本発明のガスタービンは、圧縮機と、燃焼器と、タービンと、前記圧縮機の入口に設けられて前記圧縮機に流入する空気量を調整する入口案内翼と、前記圧縮機で加圧された空気の一部を抜き取る抽気流路と、前記ガスタービンの制御装置と、を備えることを特徴とするものである。

【0038】

従って、抽気流路により圧縮機の加圧空気の一部が抽気されると、圧縮機の圧力が低下することから、圧縮機でのサージング現象の発生が緩和され、このとき、入口案内翼の開

50

度が圧縮機の圧力に応じて補正されることから、吸気流量が必要以上に増加することが抑制され、圧縮機による最適な吸気流量を確保することができ、その結果、排ガス中の一酸化炭素を減少してエミッションを保証することができると共に、設備の増大による製造コストの増加を抑制することができる。

【発明の効果】

【0039】

本発明のガスタービンの制御装置及び方法、ガスタービンの制御プログラム、ガスタービンによれば、前記第2開度設定部と異なる制御により入口案内翼の第1開度を設定すると共に、圧縮機のサージ限界から入口案内翼の第2開度を設定して圧縮機の圧力により第2開度を補正し、第1開度と第2開度のうち最大の開度を入口案内翼の開度として選択し、選択された入口案内翼の開度により入口案内翼の開度を調整するので、吸気流量が必要以上に増加することが抑制され、圧縮機による最適な吸気流量を確保することができ、その結果、排ガス中の一酸化炭素を減少してエミッションを保証することができると共に、設備の増大による製造コストの増加を抑制することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0040】

【図1】図1は、第1実施形態のガスタービンの制御装置を表す構成図である。

【図2】図2は、第1実施形態のガスタービンの制御装置の具体的な構成を表す概略構成図である。

【図3】図3は、第1補正関数を表すグラフである。

20

【図4】図4は、第2補正関数を表すグラフである。

【図5】図5は、第3補正関数を表すグラフである。

【図6】図6は、第4補正関数を表すグラフである。

【図7】図7は、第5補正関数を表すグラフである。

【図8】図8は、第1実施形態のガスタービンを表す概略構成図である。

【図9】図9は、第2実施形態のガスタービンの制御装置を表す概略構成図である。

【図10】図10は、第6補正関数を表すグラフである。

【図11】図11は、第6補正関数からIGV開度を求めるためのグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0041】

30

以下に添付図面を参照して、本発明のガスタービンの制御装置及び方法、ガスタービンの制御プログラム、ガスタービンの好適な実施形態を詳細に説明する。なお、この実施形態により本発明が限定されるものではなく、また、実施形態が複数ある場合には、各実施形態を組み合わせるものも含むものである。

【0042】

[第1実施形態]

図8は、第1実施形態のガスタービンを表す概略構成図である。

【0043】

第1実施形態において、図8に示すように、ガスタービン10は、圧縮機11と燃焼器12とタービン13により構成されている。このガスタービン10は、同軸上に図示しない発電機が連結されており、発電可能となっている。

40

【0044】

圧縮機11は、空気を取り込む空気取入口20を有し、圧縮機車室21内に入口案内翼(IGV: Inlet Guide Vane)22が配設されると共に、複数の静翼23と動翼24が前後方向(後述するロータ32の軸方向)に交互に配設されてなり、その外側に抽気室25が設けられている。燃焼器12は、圧縮機11で圧縮された圧縮空気に対して燃料を供給し、点火することで燃焼可能となっている。タービン13は、タービン車室26内に複数の静翼27と動翼28が前後方向(後述するロータ32の軸方向)に交互に配設されている。このタービン車室26の下流側には、排気車室29を介して排気室30が配設されており、排気室30は、タービン13に連続する排気ディフューザ31を有している。

50

【 0 0 4 5 】

また、圧縮機 1 1、燃焼器 1 2、タービン 1 3、排気室 3 0 の中心部を貫通するようにロータ（回転軸）3 2 が位置している。ロータ 3 2 は、圧縮機 1 1 側の端部が軸受部 3 3 により回転自在に支持される一方、排気室 3 0 側の端部が軸受部 3 4 により回転自在に支持されている。そして、このロータ 3 2 は、圧縮機 1 1 にて、各動翼 2 4 が装着されたディスクが複数重ねられて固定され、タービン 1 3 にて、各動翼 2 8 が装着されたディスクが複数重ねられて固定されており、排気室 3 0 側の端部に図示しない発電機の駆動軸が連結されている。

【 0 0 4 6 】

そして、このガスタービン 1 0 は、圧縮機 1 1 の圧縮機車室 2 1 が脚部 3 5 に支持され、タービン 1 3 のタービン車室 2 6 が脚部 3 6 により支持され、排気室 3 0 が脚部 3 7 により支持されている。

【 0 0 4 7 】

従って、圧縮機 1 1 の空気取入口 2 0 から取り込まれた空気が、入口案内翼 2 2、複数の静翼 2 3 と動翼 2 4 を通過して圧縮されることで高温・高圧の圧縮空気となる。燃焼器 1 2 にて、この圧縮空気に対して所定の燃料が供給され、燃焼する。そして、この燃焼器 1 2 で生成された作動流体である高温・高圧の燃焼ガスが、タービン 1 3 を構成する複数の静翼 2 7 と動翼 2 8 を通過することでロータ 3 2 を駆動回転し、このロータ 3 2 に連結された発電機を駆動する。一方、タービン 1 3 を駆動した燃焼ガスは、排気ガスとして大気に放出される。

【 0 0 4 8 】

このように構成されたガスタービン 1 0 にて、圧縮機 1 1 は、空気取入口 2 0 に入口案内翼（IGV）2 2 が設けられており、この入口案内翼 2 2 は、ガスタービン 1 0 の負荷値や吸気温度などに基づいてその開度が調整される。また、圧縮機 1 1 は、取り込む空気の温度が低いと空気中の湿分が氷結することから、圧縮機の加圧空気の一部を空気取入口 2 0 に導いて吸気温度を上昇させるアンチアイシング（AI）機能が設けられている。ところが、アンチアイシングの動作時、圧縮機 1 1 の加圧空気が抽気されると、車室圧力が低下してサージング現象の発生が緩和される。一方で、高温の加圧空気が圧縮機 1 1 に導入されることから、吸気温度が上昇して入口案内翼 2 2 の開度が大きくなり、サージング現象を抑制する吸気流量が必要以上に導入されてしまう。

【 0 0 4 9 】

第 1 実施形態のガスタービンの制御装置は、アンチアイシングの動作時であっても、入口案内翼 2 2 の開度を適正開度とすることで、圧縮機 1 1 の吸気流量を最適値に調整するものである。

【 0 0 5 0 】

図 1 は、第 1 実施形態のガスタービンの制御装置を表す構成図、図 2 は、第 1 実施形態のガスタービンの制御装置の具体的な構成を表す概略構成図である。

【 0 0 5 1 】

第 1 実施形態において、図 1 に示すように、ガスタービン 1 0 の制御装置 1 0 0 は、第 1 開度設定部 1 0 1 と、第 2 開度設定部 1 0 2 と、開度選択部 1 0 3 と、開度制御部 1 0 4 とを有している。そして、第 2 開度設定部 1 0 2 は、第 1 計算部 1 1 1 と、第 2 計算部 1 1 2 とを有している。

【 0 0 5 2 】

図 2 に示すように、ガスタービン 1 0 は、圧縮機 1 1、燃焼器 1 2、タービン 1 3、発電機 1 4、制御装置 1 0 0 より構成されている。

【 0 0 5 3 】

圧縮機 1 1 は、その上流側にダクト 4 1 が接続されており、ダクト 4 1 の内部に温度センサ 4 2 が設けられている。温度センサ 4 2 は、ダクト 4 1 に吸気される空気の温度を検出し、吸気温度値 T として制御装置 1 0 0 に出力する。また、圧縮機 1 1 は、抽気流路 4 3 が設けられている。抽気流路 4 3 は、圧縮機 1 1 で加圧された加圧空気の一部を圧縮機

10

20

30

40

50

11の上流側のダクト41へ戻すものである。抽気流路43は、中途部に流量調整弁44が設けられている。流量調整弁44は、制御装置から出力された弁開度指令値Vによりその開度が制御される。

【0054】

また、圧縮機11は、圧縮機車室21（図8参照）の内部に車室圧センサ45が設けられている。車室圧センサ45は、検出した車室圧を車室圧Pとして制御装置100に出力する。圧縮機11は、前述したように、空気取入口20に入口案内翼（IGV：Inlet Guide Vane）22が設けられている。入口案内翼22は、ガスタービン10の出力（負荷）に応じて圧縮機11に吸入される空気量（吸気流量）を調整する可変翼であり、IGV駆動部46により駆動制御される。ガスタービン10の負荷は、発電機14に設けられた

10

【0055】

また、ガスタービンの周囲に大気圧センサ48が設けられている。大気圧センサ48は、大気圧を検出し、大気圧 P_0 として制御装置100に出力する。

【0056】

図1及び図2に示すように、第1開度設定部101は、圧縮機11のサージ限界を除く要因から入口案内翼22の第1開度を設定するものである。この第1開度は、タービン13の入口温度に基づいて設定される入口案内翼22の最小開度である。即ち、入口案内翼22の開度を大きくすると、タービン13の入口温度が上昇し、入口案内翼22の開度を

20

【0057】

第2開度設定部102は、圧縮機11のサージ限界から入口案内翼22の第2開度を設定すると共に圧縮機11の圧力により第2開度を補正するものである。この第2開度は、圧縮機11のサージングの発生を抑制するために設定される入口案内翼22の最小開度である。言い換えると、第2開度は、サージングが発生しない最小開度に一定のマージンをとった開度である。開度選択部103は、第1開度と第2開度のうち最大の開度を入口案内翼22の開度として選択するものである。開度制御部104は、開度選択部103により

30

【0058】

具体的に、第1開度設定部101は、温度センサ42から吸気温度値Tが入力されると共に、発電機出力検出器47から負荷値Wが入力され、この吸気温度値Tと負荷値Wに基づいて入口案内翼22の第1IGV開度指令値S1を設定する。第2開度設定部102にて、第1計算部111は、温度センサ42から吸気温度値Tが入力されると共に、発電機出力検出器47から負荷値Wが入力され、この吸気温度値Tと負荷値Wに基づいて圧縮機11のサージ限界とアンチアイシング動作を考慮して入口案内翼22の第2IGV開度指令値S2を設定する。また、第2計算部112は、圧縮機11の圧力としての車室圧比PRに基づいて第2IGV開度指令値S2を補正する。開度選択部103は、第1IGV開度指令値S1と第2IGV開度指令値S2のうち最大のIGV開度指令値Sを入口案内翼22のIGV開度指令値Sとして選択し、開度制御部104は、開度選択部103により

40

【0059】

この場合、第1開度設定部101と、第2開度設定部102の第1計算部111は、車室圧比PRを除くパラメータから第1IGV開度指令値S1及び第2IGV開度指令値S2を設定し、第2開度設定部102の第2計算部112は、車室圧比PRから第2IGV開度指令値S2を補正する。

50

【 0 0 6 0 】

ここで、第 1 計算部 1 1 1 は、抽気流路 4 3 による抽気流量が少ない第 1 状態のサージ限界から車室圧比 P_R を除くパラメータ（本実施形態では、吸気温度と出力）に基づいて入口案内翼 2 2 の第 1 最小 IGV 開度指令値 S_1 を設定し、第 2 計算部 1 1 2 は、第 1 状態の抽気流路 4 3 による抽気流量が多い第 2 状態のサージ限界から車室圧比 P_R に基づいて入口案内翼 2 2 の第 2 IGV 最小開度指令値 S_2 を設定する。ここで、第 1 状態とは、流量調整弁 4 4 を閉止してアンチアイシングを動作させず、抽気空気をタービン 1 3 の高温部の冷却のみに使用している状態である。また、第 2 状態とは、流量調整弁 4 4 を開放してアンチアイシングを動作させ、抽気空気を圧縮機 1 1 の空気取入口 2 0 とタービン 1 3 の高温部の両方に供給している状態である。そして、第 2 開度設定部 1 0 2 は、第 1 IGV 最小開度指令値 S_1 と第 2 IGV 最小開度指令値 S_2 との差分 S を算出する差分計算部と、差分計算部により算出された差分 S を第 1 IGV 最小開度指令値 S_1 に加算する加算部とが設けられている。また、ここで、差分計算部により算出された差分 S が予め設定された上限値と下限値との間に入るように補正する制限補正部が設けられている。更に、開度制御部 1 0 4 は、入口案内翼 2 2 の開度の開放側の調整速度を入口案内翼 2 2 の開度の閉止側の調整速度より速く設定している。

10

【 0 0 6 1 】

なお、制御装置 1 0 0 は、入口案内翼 2 2 の開度を制御するための IGV 開度指令値 S を設定するだけでなく、アンチアイシング動作のための流量調整弁 4 4 の弁開度を制御するための弁開度指令値 V を設定する。この弁開度指令値 V は、吸気温度値 T に基づいて算出されるものである。

20

【 0 0 6 2 】

具体的に、制御装置 1 0 0 は、第 1 補正関数 $F_X 1$ 、第 2 補正関数 $F_X 2$ 、第 3 補正関数 $F_X 3$ 、第 4 補正関数 $F_X 4$ 、第 5 補正関数 $F_X 5$ を用いて入口案内翼 2 2 の IGV 開度指令値 S を設定している。

【 0 0 6 3 】

以下、補正関数 $F_X 1 \sim F_X 5$ の機能について説明する。図 3 は、第 1 補正関数を表すグラフ、図 4 は、第 2 補正関数を表すグラフ、図 5 は、第 3 補正関数を表すグラフ、図 6 は、第 4 補正関数を表すグラフ、図 7 は、第 5 補正関数を表すグラフである。

【 0 0 6 4 】

第 1 補正関数 $F_X 1$ は、ガスタービン 1 0 の負荷に応じた量の燃焼用空気が生成できるような入口案内翼 2 2 の開度（IGV 開度）を求める関数である。例えば、小負荷時に IGV 開度を小さくすることで圧縮機 1 1 の吸気流量を減らし、大負荷時に IGV 開度を大きくすることで圧縮機 1 1 の吸気流量を増やす機能を持たせている。この第 1 補正関数 $F_X 1$ は、基本的に、図 3 に示すように、入力される負荷値 W に対する増加関数である。即ち、小さい負荷に対しては小さい IGV 開度指令値 S_1 を出力し、大きい負荷に対しては大きい IGV 開度指令値 S_1 を出力する。

30

【 0 0 6 5 】

第 2 補正関数 $F_X 2$ は、圧縮機 1 1 の吸気温度に変化があった場合でも、圧縮機 1 1 に吸気される空気の質量流量を設計基準温度時と同等にする機能を持たせる関数である。第 2 補正関数 $F_X 2$ は、基本的に、図 4 に示すように、入力される吸気温度値 T に対する増加関数である。即ち、低い吸気温度に対しては小さい係数値 N を出力し、高い吸気温度に対しては大きい係数値 N を出力する。図 2 に示すように、第 1 乗算器 1 2 1 において、入力される負荷値 W に第 2 補正関数 $F_X 2$ から出力された係数値 N を乗算することで、例えば、低気温時は、負荷を見かけ上小さくして IGV 開度を閉まり気味とする。これにより、気温低下による空気密度の増加に伴う空気の質量流量の増加を抑え、圧縮機 1 1 に吸気される空気の質量流量を設計基準温度時と同等となるようにしている。反対に、例えば、高気温時は、負荷を見かけ上大きくして IGV 開度を開き気味とする。これにより、気温上昇による空気密度の低下に伴う空気の質量流量の低下を補い、圧縮機 1 1 に吸気される空気の質量流量を設計基準温度時と同等となるようにしている。

40

50

【0066】

第3補正関数 $F \times 3$ は、ガスタービン10の負荷に応じた量の燃焼用空気が生成できるような入口案内翼22の開度（IGV開度）を求める関数である。圧縮機11は、IGV開度が大きい場合に、多量の空気が吸気されて空気密度が増大することによるサージング現象（圧縮機失速）が発生することがある。この第3補正関数 $F \times 3$ は、このサージング現象を抑制するために機能する。この第3補正関数 $F \times 3$ は、基本的に、図5に示すように、入力される負荷値 W に対する増加関数である。即ち、小さい負荷に対しては小さいIGV開度指令値 $S11$ を出力し、大きい負荷に対しては大きいIGV開度指令値 $S11$ を出力する。

【0067】

第4補正関数 $F \times 4$ は、アンチアイシング動作時に抽気流路43を介して圧縮機11の上流側に戻される加圧空気流量を補うようにIGV開度を制御するのに使う関数である。基本的に、図6に示すように、入力される弁開度指令値 V に対する増加関数である。即ち、小さい弁開度指令値 V に対しては小さい係数値 M を出力し、大きい弁開度指令値 V に対しては大きい係数値 M を出力する。図2に示すように、第2乗算器122において、入力される負荷値 W に第4補正関数 $F \times 4$ から出力された係数値 M を乗算する。これにより、入口案内翼22は、抽気量の多い低気温時は開き気味となるように制御され、燃焼器12に供給される燃焼用空気が補われる。つまりアンチアイシングのために抽気されて減った加圧空気量が補われる。なお、第4補正関数 $F \times 4$ は、吸気温度値 T に対する増加関数となっている。

【0068】

第5補正関数 $F \times 5$ は、アンチアイシング動作時に、車室圧比 PR に応じたIGV開度を設定するための関数である。アンチアイシングの動作時、圧縮機11の加圧空気が抽気されると、車室圧比 PR が低下してサージング現象の発生が緩和されるが、高温の加圧空気が圧縮機11に導入されることから、吸気温度が上昇して入口案内翼22の開度が大きくなり、サージング現象を抑制する吸気流量が必要以上に増加してしまう。第5補正関数 $F \times 5$ は、この現象を抑制するための関数である。第5補正関数 $F \times 5$ は、基本的に、図7に示すように、入力される車室圧比 PR に対する増加関数である。車室圧比 PR が低いと、流入する加圧空気流量が少なくて済むことから、これを補うように入口案内翼22を閉止側に調整してアンチアイシング動作の影響により吸入空気量が増加しないようにしている。即ち、小さい車室圧比 PR に対しては小さいIGV開度指令値 $S12$ を出力し、大きい車室圧比 PR に対しては大きいIGV開度指令値 $S12$ を出力する。

【0069】

ここで、ガスタービン10における具体的な制御について説明する。

【0070】

図2に示すように、温度センサ42は、ダクト41内の温度を検出し、吸気温度値 T として制御装置100に出力する。発電機出力検出器47は、発電機14の出力を検出し、負荷値 W として制御装置100に出力する。車室圧センサ45は、圧縮機11における圧縮機車室21内の圧力を検出し、車室圧 P として制御装置100に出力する。大気圧センサ48は、大気圧を検出し、大気圧 P_0 として制御装置100に出力する。

【0071】

制御装置100にて、温度センサ42からの吸気温度値 T に対して第2補正関数 $F \times 2$ を用いて係数値 N を求め、第1乗算器121は、発電機出力検出器47からの負荷値 W に係数値 N を乗算し、第1補正関数 $F \times 1$ により第1IGV開度指令値 $S1$ を算出する（第1開度設定部101）。また、制御装置100にて、温度センサ42からの吸気温度値 T に対して第4補正関数 $F \times 4$ を用いて係数値 M を求め、第2乗算器122は、発電機出力検出器47からの負荷値 W に係数値 M を乗算し、第3補正関数 $F \times 3$ により第1IGV最小開度指令値 $S11$ を算出する（第2開度設定部102の第1計算部111）。

【0072】

また、制御装置100にて、第1加算器123は、車室圧センサ45からの車室圧 P に

大気圧センサ 48 からの大気圧 P_0 を加算し、除算器 124 は、車室圧 P と大気圧 P_0 との加算値を大気圧 P_0 で除算して車室圧比 PR を算出する（第 2 開度設定部 102 の第 2 計算部 112）。この車室圧比 PR に対して第 5 補正関数 $FX5$ を用いて第 2 IGV 最小開度指令値 $S12$ を求める。判定器 125 は、アンチアイシングの ON 信号に応じて採用する IGV 開度指令値 $S11$ 、 $S12$ を選択する（開度選択部 103）。

【0073】

即ち、制御装置 100 は、アンチアイシングの ON 信号の入力がなく、アンチアイシング動作がない状態（OFF）のとき、第 1 IGV 最小開度指令値 $S11$ を選択する。そして、差分計算機 126 は、選択された第 1 IGV 最小開度指令値 $S11$ と第 1 IGV 最小開度指令値 $S11$ との差分 S を算出する（差分計算部）。ここで、選択された第 1 IGV 最小開度指令値 $S11$ は、比較対象となる第 1 IGV 最小開度指令値 $S11$ と同一であることから、差分 S は、0 となる。

10

【0074】

一方、アンチアイシングの ON 信号の入力があって、アンチアイシング動作がある状態（ON）のとき、差分計算機 126 は、第 2 IGV 最小開度指令値 $S12$ を選択する。そして、選択された第 2 IGV 最小開度指令値 $S12$ と第 1 IGV 最小開度指令値 $S11$ との差分 S を算出する（差分計算部）。速度制限器 127 は、IGV 開度を変更する場合、増加側は速く変更し、減少側はゆっくり（遅く）変更するように設定する。開度制限器 128 は、差分 S が上限値と下限値との間に入るように補正する（制限補正部）。

【0075】

20

第 2 加算器 129 は、第 1 IGV 最小開度指令値 $S11$ に差分 S を加算することで、第 2 IGV 開度指令値 $S2$ を算出する。高値選択部 130 は、第 1 IGV 開度指令値 $S1$ と第 2 IGV 開度指令値 $S2$ とを比較し、高い方の IGV 開度指令値を入口案内翼 22 の IGV 開度指令値 S として選択する（開度選択部 103）。

【0076】

このように第 1 実施形態のガスタービンの制御装置にあっては、第 2 開度設定部 102 と異なる制御により入口案内翼 22 の第 1 IGV 開度指令値 $S1$ を設定する第 1 開度設定部 101 と、圧縮機 11 のサージ限界から入口案内翼 22 の第 2 IGV 開度指令値 $S2$ を設定すると共に圧縮機 11 の圧力により第 2 IGV 開度指令値 $S2$ を補正する第 2 開度設定部 102 と、第 1 IGV 開度指令値 $S1$ と第 2 IGV 開度指令値 $S2$ のうち最大の開度を入口案内翼 22 の IGV 開度指令値 S として選択する開度選択部 103 と、開度選択部 103 により選択された IGV 開度指令値 S により入口案内翼 22 の開度を調整する開度制御部 104 とを設けている。

30

【0077】

従って、第 2 開度設定部 102 と異なる制御、例えば、圧縮機 11 のサージ限界を除く要因から入口案内翼 22 の第 1 IGV 開度指令値 $S1$ を設定すると共に、圧縮機 11 のサージ限界から入口案内翼 22 の第 2 IGV 開度指令値 $S2$ を設定して圧縮機 11 の圧力により補正し、第 1 IGV 開度指令値 $S1$ と第 2 IGV 開度指令値 $S2$ のうち最大の開度を入口案内翼 22 の IGV 開度指令値 S として選択し、選択された入口案内翼 22 の IGV 開度指令値 S により入口案内翼 22 の開度を調整する。そのため、圧縮機 11 のサージ限界から求めた入口案内翼 22 の第 2 IGV 開度指令値 $S2$ を圧縮機 11 の圧力により補正することが可能となり、抽気流路 43 により圧縮機 11 の加圧空気の一部が抽気されると、圧縮機 11 の圧力が低下することから、圧縮機 11 でのサージング現象の発生が緩和され、このとき、入口案内翼 22 の開度が圧縮機 11 の圧力に応じて補正されることから、吸気流量が必要以上に増加することが抑制され、圧縮機 11 による最適な吸気流量を確保することができ、その結果、排ガス中の一酸化炭素を減少してエミッションを保証することができると共に、設備の増大による製造コストの増加を抑制することができる。

40

【0078】

第 1 実施形態のガスタービンの制御装置では、圧縮機 11 の圧力は、圧縮機 11 の車室圧、外気圧と車室圧とから算出される車室圧比、圧縮機 11 における所定の位置の圧力が

50

ら推定した推定車室圧または推定車室圧比の少なくともいずれか一つとしている。

【 0 0 7 9 】

従って、圧縮機 1 1 の圧力として、車室圧、車室圧比、推定車室圧または推定車室圧比を用いることで、第 2 開度を高精度に設定することができる。

【 0 0 8 0 】

第 1 実施形態のガスタービンの制御装置では、第 2 開度設定部 1 0 2 は、圧縮機 1 1 の圧力を除くパラメータから第 2 I G V 開度指令値 S 2 を設定し、第 2 開度設定部 1 0 2 は、車室圧比 P R から第 2 I G V 開度指令値 S 2 を補正する。従って、第 2 開度設定部 1 0 2 が車室圧比 P R により第 2 I G V 開度指令値 S 2 を補正することで、吸気流量が必要以上に増加することが抑制され、圧縮機 1 1 による最適な吸気流量を確保することができる。

10

【 0 0 8 1 】

第 1 実施形態のガスタービンの制御装置では、第 2 開度設定部 1 0 2 は、抽気流路 4 3 による所定の抽気流量が確保される第 1 状態のサージ限界から入口案内翼 2 2 の第 1 I G V 最小開度指令値 S 1 1 を設定する第 1 計算部 1 1 1 と、第 1 状態より抽気流路 4 3 による抽気流量が多い第 2 状態のサージ限界から入口案内翼 2 2 の第 2 I G V 最小開度指令値 S 1 2 を設定する第 2 計算部 1 1 2 とを設けている。従って、抽気流量の大小にかかわらず、サージ限界を考慮した入口案内翼 2 2 の開度を適正に設定することができる。

【 0 0 8 2 】

第 1 実施形態のガスタービンの制御装置では、第 1 計算部 1 1 1 は、車室圧比 P R を除くパラメータに基づいて第 1 I G V 最小開度指令値 S 1 1 を算出し、第 2 計算部 1 1 2 は、車室圧比 P R に基づいて第 2 I G V 最小開度指令値 S 1 2 を算出している。従って、抽気流量が多いときは、車室圧比 P R とサージ限界から第 2 I G V 最小開度指令値 S 1 2 を設定するため、抽気流量が多いときに吸気流量が必要以上に増加することを抑制することができる。

20

【 0 0 8 3 】

第 1 実施形態のガスタービンの制御装置では、第 2 開度設定部 1 0 2 は、第 1 I G V 最小開度指令値 S 1 1 と第 2 I G V 最小開度指令値 S 1 2 との差分 S を算出する差分計算部と、差分計算部により算出された差分を第 1 計算部 1 1 1 により算出された第 1 I G V 最小開度指令値 S 1 1 に加算する加算部とを設けている。従って、抽気流量の大小にかかわらず、サージ限界を考慮した入口案内翼 2 2 の開度を適正に設定することができる。

30

【 0 0 8 4 】

第 1 実施形態のガスタービンの制御装置では、差分計算部により算出された差分 S が予め設定された上限値と下限値との間の入るように補正する制限補正部を設けている。従って、差分 S が異常値になることが阻止され、入口案内翼 2 2 の開度の異常な変化により吸気流量の大幅な増大や減少を抑制することができる。

【 0 0 8 5 】

第 1 実施形態のガスタービンの制御装置では、第 1 開度設定部 1 0 1 は、タービン 1 3 の入口温度に基づいて入口案内翼 2 2 の第 1 I G V 開度指令値 S 1 を設定している。従って、排ガス温度の低下を抑制して排ガス中の一酸化炭素の増加を抑制することで、エミ

40

【 0 0 8 6 】

第 1 実施形態のガスタービンの制御装置では、開度制御部 1 0 4 は、入口案内翼 2 2 の開度の開放側の調整速度を閉止側の調整速度より速く設定している。従って、入口案内翼 2 2 の開度を大きくするときは速く開放し、入口案内翼 2 2 の開度を小さくするときはゆっくりと閉止することで、排気ガス温度の急速な低下を抑制してエミッションを保証することができる。

【 0 0 8 7 】

第 1 実施形態のガスタービンの制御装置では、抽気流路 4 3 は、圧縮機 1 1 で加圧された空気の一部を抜き取って圧縮機 1 1 の空気取入口 2 0 に導くアンチアイシング動作を可

50

能としている。従って、空気取入口 20 の氷結を防止するものである。

【0088】

また、第 1 実施形態のガスタービンの制御方法にあっては、第 2 開度設定ステップと異なる制御により入口案内翼 22 の第 1 IGV 開度指令値 S1 を設定する第 1 開度設定ステップと、圧縮機 11 のサージ限界から入口案内翼 22 の第 2 IGV 開度指令値 S2 を設定すると共に圧縮機 11 の圧力により補正する第 2 開度設定ステップと、第 1 IGV 開度指令値 S1 と第 2 IGV 開度指令値 S2 のうち最大の開度を入口案内翼 22 の IGV 開度指令値 S として選択する開度選択ステップと、選択された入口案内翼 22 の IGV 開度指令値 S により入口案内翼 22 の開度を調整する開度制御ステップとを設けている。従って、抽気流路 43 により圧縮機 11 の加圧空気の一部が抽気されると、圧縮機 11 の圧力が低下することから、圧縮機 11 でのサージング現象の発生が緩和され、このとき、入口案内翼 22 の開度が圧縮機 11 の圧力に応じて補正されることから、吸気流量が必要以上に増加することが抑制され、圧縮機 11 による最適な吸気流量を確保することができ、その結果、排ガス中の一酸化炭素を減少してエミッションを保証することができると共に、設備の増大による製造コストの増加を抑制することができる。

10

【0089】

また、ガスタービンの制御プログラムにあって、第 2 開度設定処理と異なる制御により入口案内翼 22 の第 1 IGV 開度指令値 S1 を設定する第 1 開度設定処理と、圧縮機 11 のサージ限界から入口案内翼 22 の第 2 IGV 開度指令値 S2 を設定すると共に圧縮機 11 の圧力により補正する第 2 開度設定処理と、第 1 IGV 開度指令値 S1 と第 2 IGV 開度指令値 S2 のうち最大の開度を入口案内翼 22 の IGV 開度指令値 S として選択する開度選択処理と、選択された入口案内翼 22 の IGV 開度指令値 S により入口案内翼 22 の開度を調整する開度制御処理とをコンピュータに実行させる。従って、抽気流路 43 により圧縮機 11 の加圧空気の一部が抽気されると、圧縮機 11 の圧力が低下することから、圧縮機 11 でのサージング現象の発生が緩和され、このとき、入口案内翼 22 の開度が圧縮機 11 の圧力に応じて補正されることから、吸気流量が必要以上に増加することが抑制され、圧縮機 11 による最適な吸気流量を確保することができ、その結果、排ガス中の一酸化炭素を減少してエミッションを保証することができると共に、設備の増大による製造コストの増加を抑制することができる。

20

【0090】

また、ガスタービンにあって、圧縮機 11 と、燃焼器 12 と、タービン 13 と、圧縮機 11 の入口に設けられて流入する空気量を調整する入口案内翼 22 と、圧縮機 11 で加圧された空気の一部を抜き取る抽気流路 43 と、制御装置 100 とを設けている。従って、排ガス中の一酸化炭素を減少してエミッションを保証することができると共に、設備の増大による製造コストの増加を抑制することができる。

30

【0091】

なお、上述した第 1 実施形態にて、第 1 IGV 最小開度指令値 S11 と第 2 IGV 最小開度指令値 S12 との差分 S を算出し、この差分 S を第 1 IGV 最小開度指令値 S11 に加算して第 2 IGV 開度指令値 S2 を設定したが、この構成に限定されるものではない。例えば、弁開度指令値 V = 0 のときは、第 1 IGV 開度指令値 S1 を選択し、開度指令値 V > 0 のときは、第 2 IGV 開度指令値 S2 を選択するようにしてもよい。

40

【0092】

[第 2 実施形態]

図 9 は、第 2 実施形態のガスタービンの制御装置を表す概略構成図、図 10 は、第 6 補正関数を表すグラフ、図 11 は、第 6 補正関数から IGV 開度を求めるためのグラフである。なお、上述した実施形態と同様の機能を有する部材には、同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

【0093】

第 2 実施形態のガスタービンの制御装置は、アンチアイシングの動作時であっても、入口案内翼 22 の開度を適正開度とすることで、圧縮機 11 の吸気流量を最適値に調整する

50

ものである。図9に示すように、ガスタービン10の制御装置200は、第1実施形態と同様に、第1開度設定部101と、第2開度設定部102と、開度選択部103と、開度制御部104とを有し、第2開度設定部102は、第1計算部111と、第2計算部112（図1参照）とを有している。

【0094】

ここで、具体的に、図1に示すように、第1開度設定部101は、第1実施形態と同様に、吸気温度値 T と負荷値 W に基づいて入口案内翼22の第1IGV開度指令値 S_1 を設定する。第1計算部111は、吸気温度値 T と負荷値 W に基づいて車室圧比 PR により圧縮機11のサージ限界を考慮し、アンチアイシングの非動作時における入口案内翼22の第2IGV開度指令値 S_2 を設定する。第2計算部112は、吸気温度値 T と負荷値 W に基づいて車室圧比 PR により圧縮機11のサージ限界を考慮し、アンチアイシングの動作時における入口案内翼22の第2IGV開度指令値 S_2 を設定する。そして、第2開度設定部102は、アンチアイシングの動作度合（ AI 度合）に応じて第2IGV開度指令値 S_2 を設定する。

【0095】

第2実施形態の制御装置200は、第1実施形態の第1補正関数 FX_1 、第2補正関数 FX_2 、第3補正関数 FX_3 、第4補正関数 FX_4 を用いると共に、第5補正関数 FX_5 に代えて第6補正関数 FX_6 を用い、入口案内翼22のIGV開度指令値 S を設定している。

【0096】

第6補正関数 FX_6 は、アンチアイシング動作時に、車室圧比 PR に応じたIGV開度を設定するための関数である。第6補正関数 FX_6 は、アンチアイシングの動作時、入口案内翼22の開度が大きくなって吸気流量が必要以上に増加する現象を抑制するための関数である。ここで、アンチアイシングの動作度合は、車室圧比 PR に応じて設定される。即ち、流量調整弁44の開度に応じて車室圧 P が変化することから、流量調整弁44の開度と車室圧 P との関係が予め設定されている。流量調整弁44の開度が0であって所定の車室圧 P であるとき、アンチアイシングの動作度合は0である。一方、流量調整弁44の開度が最大であって所定の車室圧 P であるとき、アンチアイシングの動作度合は MAX である。第6補正関数 FX_6 は、基本的に、図10に示すように、入力される車室圧比 PR に応じた AI 度合の関数であり、 AI 度合（車室圧比 PR ）に対して計数値 Y （0～1.0）を出力する。

【0097】

ここで、ガスタービン10における具体的な制御について説明する。

【0098】

図9に示すように、制御装置200にて、温度センサ42からの吸気温度値 T に対して第2補正関数 FX_2 を用いて係数値 N を求め、第1乗算器121は、発電機出力検出器47からの負荷値 W に係数値 N を乗算し、第1補正関数 FX_1 により第1IGV開度指令値 S_1 を算出する（第1開度設定部101）。また、制御装置200にて、温度センサ42からの吸気温度値 T に対して第4補正関数 FX_4 を用いて係数値 M を求め、第2乗算器122は、発電機出力検出器47からの負荷値 W に係数値 M を乗算し、第3補正関数 FX_3 により第2IGV開度指令基準値 S_{11} を算出する（第2開度設定部102）。

【0099】

また、制御装置200にて、第1加算器123は、車室圧センサ45からの車室圧 P に大気圧センサ48からの大気圧 P_0 を加算し、第1除算器124は、車室圧 P と大気圧 P_0 との加算値を大気圧 P_0 で除算して車室圧比 PR を算出する（第2開度設定部102）。そして、第2乗算器122が負荷値 W に係数値 M を乗算した値に対して、車室圧比 PR と第6補正関数 FX_6 によりアンチアイシングの動作度合に応じた計数値 Y を設定し、図11に示すような負荷値 W に対するIGV開度のマップを用いて第2IGV開度指令値 S_{13} を求める。ここで、図11に示すような負荷値 W に対するIGV開度のマップは、アンチアイシング動作がない $AI=0$ と、アンチアイシング動作がある $AI=MAX$ の2種

類が予め設定されており、第 6 補正関数 $F \times 6$ の計数値 Y を用いて出力する。

【 0 1 0 0 】

そして、判定器 1 2 5 は、アンチアイシングの ON 信号に応じて採用する I G V 開度指令値 $S 1 1$, $S 1 3$ を選択する (開度選択部 1 0 3)。

【 0 1 0 1 】

即ち、制御装置 2 0 0 は、アンチアイシングの ON 信号の入力がない (OFF) とき、第 1 I G V 最小開度指令値 $S 1 1$ を選択する。一方、アンチアイシングの ON 信号の入力がある、アンチアイシング動作がある (ON) とき、差分計算機 1 2 6 は、第 2 I G V 最小開度指令値 $S 1 2$ を選択する。そして、選択された第 2 I G V 最小開度指令値 $S 1 3$ と第 1 I G V 最小開度指令値 $S 1 1$ との差分 S を算出する。速度制限器 1 2 7 は、I G V 開度を変更する場合、増加側は速く変更し、減少側はゆっくり (遅く) 変更するように設定する。開度制限器 1 2 8 は、差分 S が上限値と下限値との間の入るように補正する。第 2 加算器 1 2 9 は、第 1 I G V 最小開度指令値 $S 1 1$ に差分 S を加算することで、第 2 I G V 開度指令値 $S 2$ を算出する。

10

【 0 1 0 2 】

高値選択部 1 3 0 は、第 1 I G V 開度指令値 $S 1$ と第 2 I G V 開度指令値 $S 2$ とを比較し、高い方の I G V 開度指令値を入口案内翼 2 2 の I G V 開度指令値 S として選択する (開度選択部 1 0 3)。

【 0 1 0 3 】

このように第 2 実施形態のガスタービンの制御装置にあっては、第 2 開度設定部 1 0 2 は、第 1 I G V 最小開度指令値 $S 1 1$ と第 2 I G V 最小開度指令値 $S 1 3$ を車室圧比 $P R$ により補正する開度補正部と、第 1 I G V 最小開度指令値 $S 1 1$ の補正值と第 2 I G V 最小開度指令値 $S 1 3$ の補正值を加算する加算部とを設けている。

20

【 0 1 0 4 】

従って、抽気流量が少ないときの第 1 I G V 最小開度指令値 $S 1 1$ と、抽気流量が多いときの第 2 I G V 最小開度指令値 $S 1 3$ を車室圧比 $P R$ によりそれぞれ補正して加算することで、車室圧比 $P R$ に応じた入口案内翼 2 2 の開度を適正に設定することができる。この場合、車室圧比 $P R$ に応じてアンチアイシング動作度合を算出し、アンチアイシング動作度合に応じて第 6 補正関数 $F \times 6$ を用いて第 2 I G V 開度指令値 $S 2$ を設定することで、既存のセンサを用いて容易に入口案内翼 2 2 の開度を適正に設定することができる。

30

【 0 1 0 5 】

なお、上述した実施形態では、圧縮機のサージ限界から入口案内翼の第 2 開度を補正する圧縮機の圧力として車室圧比を適用したが、これに限定されるものではない。例えば、車室圧であってもよく、また、圧縮機における各段や入口部、出口部の圧力に基づいて車室圧や車室圧比を算出、推定してもよい。

【 0 1 0 6 】

また、上述した実施形態では、第 1 開度設定部及び第 2 開度設定部が吸気温度値と負荷値を用いて入口案内翼の I G V 開度指令値を設定したが、この構成に限定されるものではない。例えば、排気ガス温度に基づいて入口案内翼の I G V 開度指令値を設定してもよい。

40

【 0 1 0 7 】

また、上述した実施形態では、加圧空気を圧縮機の空気取込口に戻すアンチアイシング機能を構成する抽気流路として適用したが、この構成に限定されるものではない。例えば、加圧空気を排気ダクトに排出する抽気流路として適用してもよい。

【 0 1 0 8 】

また、上述した実施形態では、各開度設定部 1 0 1 , 1 0 2 が圧縮機 1 1 の吸気温度に基づいて入口案内翼 2 2 の開度を調整するように構成したが、この構成に限定されるものではない。例えば、外気温に基づいて入口案内翼 2 2 の開度を調整してもよい。

【 0 1 0 9 】

また、上述した第 2 実施形態では、車室圧比 $P R$ に応じて第 6 補正関数 $F \times 6$ を設定し

50

たが、この構成に限定されるものではない。例えば、流量調整弁 4 4 の開度、抽気流路 4 3 の流量に基づいて第 6 補正関数 $F \times 6$ を設定してもよい。

【符号の説明】

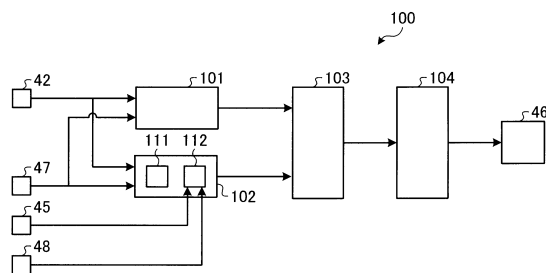
【 0 1 1 0 】

- 1 0 ガスタービン
- 1 1 圧縮機
- 1 2 燃焼器
- 1 3 タービン
- 1 4 発電機
- 2 2 入口案内翼 (I G V)
- 4 2 温度センサ
- 4 3 抽気流路
- 4 4 流量調整弁
- 4 5 車室圧センサ
- 4 6 I G V 駆動部
- 4 7 発電機出力検出器
- 4 8 大気圧センサ
- 1 0 0 , 2 0 0 制御装置
- 1 0 1 第 1 開度設定部
- 1 0 2 第 2 開度設定部
- 1 0 3 開度選択部
- 1 0 4 開度制御部
- 1 1 1 第 1 計算部
- 1 1 2 第 2 計算部

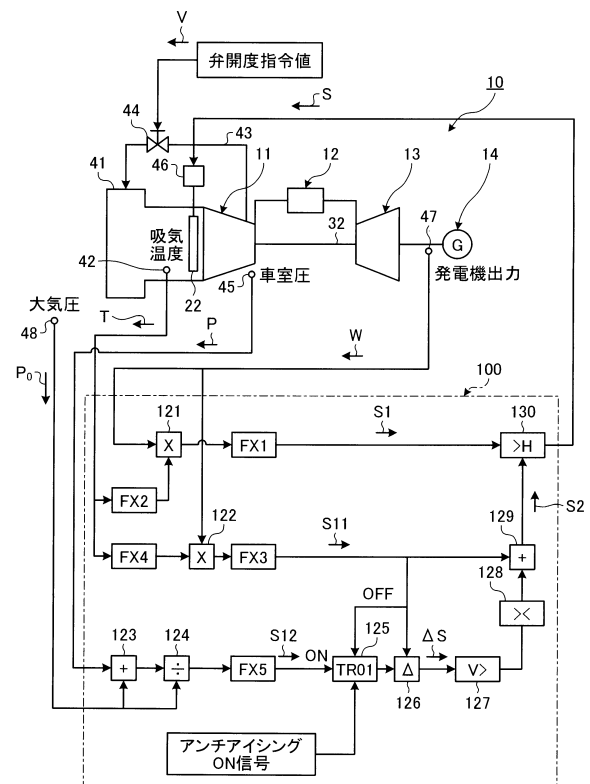
10

20

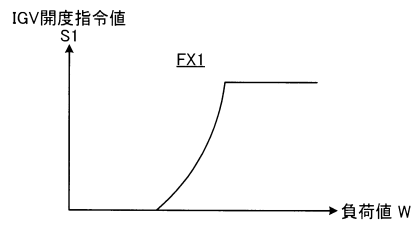
【図 1】



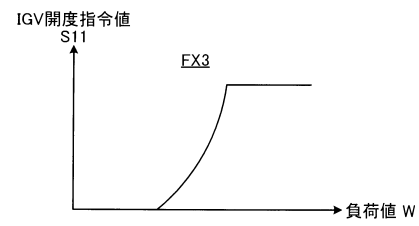
【図 2】



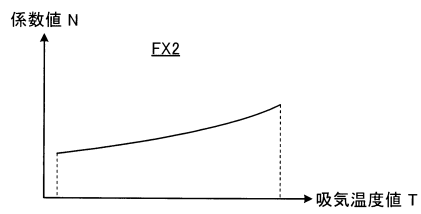
【図 3】



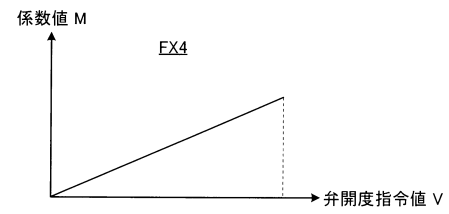
【図 5】



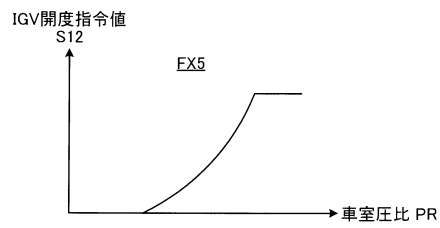
【図 4】



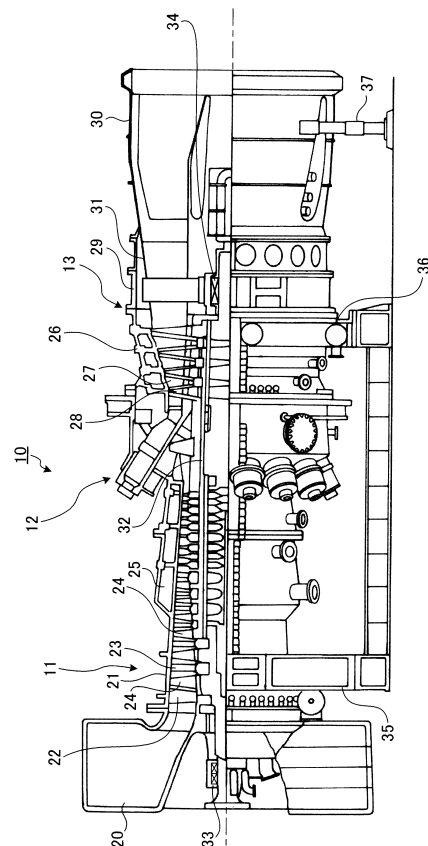
【図 6】



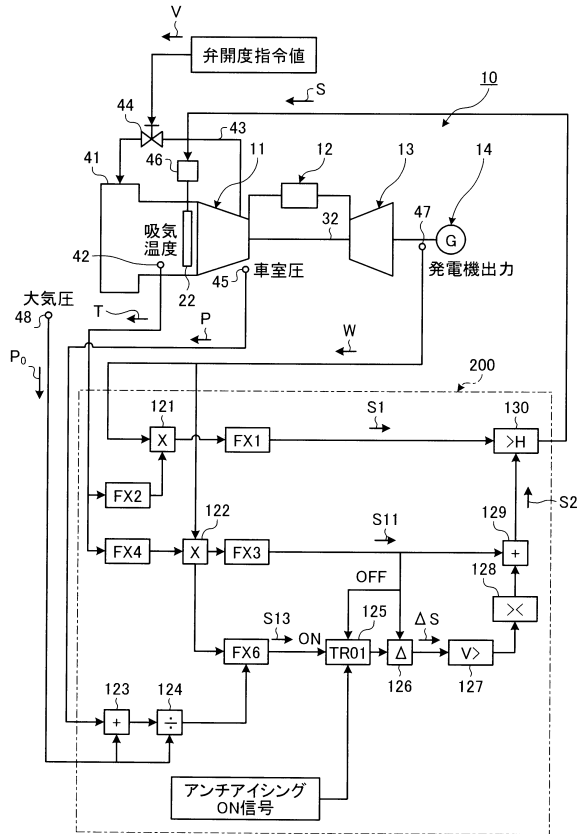
【図 7】



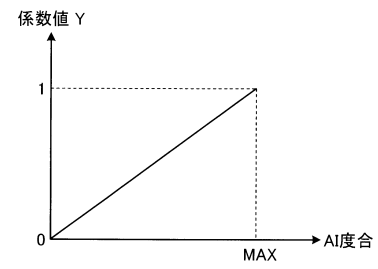
【図 8】



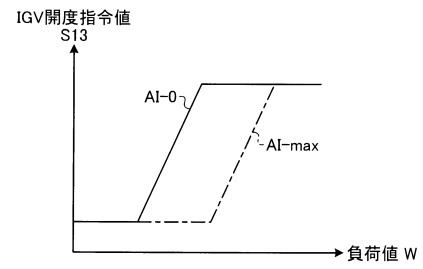
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
F 0 2 C 9/18 (2006.01) F 0 2 C 9/18

(72)発明者 薄根 由恵
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 岸 紀久
神奈川県横浜市中区錦町12番地 三菱重工業株式会社横浜製作所構内 三菱日立パワーシステムズエンジニアリング株式会社内

審査官 金田 直之

(56)参考文献 特開2007-040171(JP,A)
特開2013-076388(JP,A)
特開2001-020760(JP,A)
特開2013-209917(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F 0 2 C 7 / 0 4 - 7 / 0 5 7 ,
9 / 0 0 - 9 / 5 8