

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-291829

(P2008-291829A)

(43) 公開日 平成20年12月4日(2008.12.4)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO2C 3/30 (2006.01)	FO2C 3/30 B	
FO2C 7/00 (2006.01)	FO2C 7/00 A	
FO2C 9/18 (2006.01)	FO2C 9/18	
FO2C 7/08 (2006.01)	FO2C 7/08 B	
FO2C 7/143 (2006.01)	FO2C 7/143	

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2008-3809 (P2008-3809)
 (22) 出願日 平成20年1月11日 (2008.1.11)
 (31) 優先権主張番号 特願2007-117920 (P2007-117920)
 (32) 優先日 平成19年4月27日 (2007.4.27)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000005108
 株式会社日立製作所
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
 (74) 代理人 100100310
 弁理士 井上 学
 (74) 代理人 100098660
 弁理士 戸田 裕二
 (72) 発明者 田川 久人
 茨城県日立市大みか町七丁目2番1号
 株式会社日立製作所
 電力・電機開発研究所内
 (72) 発明者 幡宮 重雄
 茨城県日立市大みか町七丁目2番1号
 株式会社日立製作所
 電力・電機開発研究所内
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガスタービン設備

(57) 【要約】

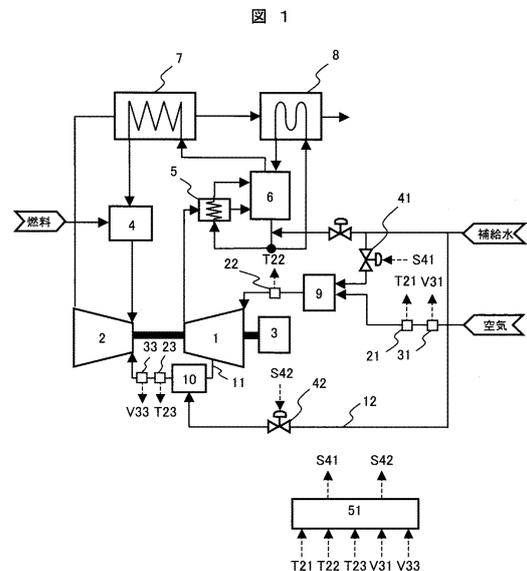
【課題】

圧縮機の吸気中に水噴霧するガスタービン設備において、吸気中の水分が凍結する外気温度においてもガスタービン設備を安全に運転する。

【解決手段】

圧縮機 1 から抽気したタービン冷却用空気に水噴霧する水噴霧器 10 と噴霧水供給ライン 12 を設け、圧縮機吸気温度を温度測定器 21、吸気流量を流量測定器 31、圧縮機入口空気温度を温度測定器 22、圧縮機抽気温度を温度測定器 23、抽気流量を流量測定器 33 で測定し、測定信号を制御装置 51 へ送る。制御装置 51 は圧縮機入口空気温度と噴霧水凍結の制限温度を比較し、制限温度より低い場合には流量調節弁 41 へ制御信号 S41 を送って弁開度を調節することにより噴霧水量を低減する。一方、流量調節弁 42 へ制御信号 S42 を送って弁開度を調節することにより噴霧水量を調節し、タービン冷却空気温度が必要な設定温度となるように制御する。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

空気を圧縮する圧縮機と、
該圧縮機から吐出した空気と燃料とを燃焼させる燃焼器と、
該燃焼器の燃焼ガスによって駆動されるタービンと、
前記圧縮機の上流側に設置され、前記圧縮機に供給される空気に水を噴霧する噴霧装置と、
前記圧縮機から抽気した圧縮空気を前記タービンに供給する抽気経路とを備えたガスタービン設備において、
前記抽気経路で抽気された圧縮空気に水を噴霧する水噴霧器を設けたことを特徴とするガスタービン設備。

10

【請求項 2】

空気を圧縮する圧縮機と、
該圧縮機から吐出した空気と燃料とを燃焼させる燃焼器と、
該燃焼器の燃焼ガスによって駆動されるタービンと、
前記圧縮機の上流側に設置され、前記圧縮機に供給される空気に水を噴霧する噴霧装置と、
前記圧縮機から吐出された圧縮空気を加湿する増湿器と、
該増湿器で加湿された圧縮空気を前記タービンの排ガスにより加熱する再生器と、
前記圧縮機から抽気した圧縮空気を前記タービンに供給する抽気経路とを備えたガスタービン設備において、
前記抽気経路で抽気された圧縮空気に水を噴霧する水噴霧器を設けたことを特徴とするガスタービン設備。

20

【請求項 3】

請求項 1 に記載のガスタービン設備において、
前記圧縮機の吸気温度を測定する吸気温度測定器と、前記圧縮機から抽気した空気温度を測定する抽気温度測定器と、前記吸気温度測定器と抽気温度測定器の測定値により前記圧縮機の吸気に対する噴霧水量と前記圧縮機から抽気された空気への噴霧水量を調節する制御装置を備えたことを特徴とするガスタービン設備。

【請求項 4】

請求項 3 に記載のガスタービン設備において、
前記制御装置は、前記噴霧装置により噴霧される噴霧水が凍結する条件を満足する場合には前記噴霧装置による水噴霧量を低減させ、この水噴霧量の低減により上昇する抽気空気の温度を低下させる水量に前記水噴霧器を制御することを特徴とするガスタービン設備。

30

【請求項 5】

空気を圧縮する圧縮機と、
該圧縮機から吐出した空気と燃料とを燃焼させる燃焼器と、
該燃焼器の燃焼ガスによって駆動されるタービンと、
前記圧縮機の上流側に設置され、前記圧縮機に供給される空気に水を噴霧する噴霧装置と、
前記圧縮機から吐出された圧縮空気を冷却する空気冷却器と、
該空気冷却器で冷却された圧縮空気を加湿する増湿器と、
該増湿器で加湿された圧縮空気を前記タービンの排ガスにより加熱する再生器と、
前記圧縮機から抽気した圧縮空気を前記タービンに供給する抽気経路とを備えたガスタービン設備において、
前記空気冷却器で冷却された圧縮空気の一部を前記抽気経路に供給する空気供給経路を設けたことを特徴とするガスタービン設備。

40

【請求項 6】

請求項 5 に記載のガスタービン設備において、

50

前記圧縮機の吸気温度を測定する吸気温度測定器と、前記圧縮機から抽気された空気と前記空気冷却器から導入された空気との混合温度を測定する混合温度測定器と、前記混合温度測定器の測定値により前記圧縮機の吸気に供給する噴霧水量と、前記空気冷却器で冷却された空気を前記圧縮機の抽気に供給する量を調節する制御装置を備えたことを特徴とするガスタービン設備。

【請求項 7】

請求項 5 に記載のガスタービン設備において、

前記制御装置は、前記噴霧装置により噴霧される噴霧水が凍結する条件を満足する場合には前記噴霧装置による水噴霧量を低減させ、前記低温空気供給経路から抽気経路に供給する空気流量を、前記水噴霧量の低減により上昇する抽気空気の温度を低下させるように制御することを特徴とするガスタービン設備。

10

【請求項 8】

空気を圧縮する圧縮機と、

該圧縮機から吐出した空気と燃料とを燃焼させる燃焼器と、

該燃焼器の燃焼ガスによって駆動されるタービンと、

前記圧縮機の上流側に設置され、前記圧縮機に供給される空気に水を噴霧する噴霧装置と、

前記圧縮機から吐出された圧縮空気を加湿する増湿器と、

該増湿器で加湿された圧縮空気を前記タービンの排ガスにより加熱する再生器と、

前記圧縮機から抽気した圧縮空気を前記タービンに供給する抽気経路とを備えたガスタービン設備において、

20

前記抽気経路を流れる圧縮空気の一部を分岐させて、前記圧縮機の吸気に供給する空気供給経路を設けたことを特徴とするガスタービン設備。

【請求項 9】

請求項 8 に記載のガスタービン設備において、

前記圧縮機の吸気温度を測定する吸気温度測定器と、前記温度測定器の測定値により前記圧縮機から抽気された空気を前記圧縮機の吸気へ供給する量を調節する制御装置とを備えたことを特徴とするガスタービン設備。

【請求項 10】

請求項 9 に記載のガスタービン設備において、

前記制御装置は、前記噴霧装置により噴霧される噴霧水が凍結する条件を満足する場合に、前記圧縮空気供給経路から前記圧縮機の吸気に圧縮空気を供給して、前記圧縮機の吸気温度を噴霧水の凍結温度よりも上昇させることを特徴とするガスタービン設備。

30

【請求項 11】

空気を圧縮する圧縮機と、該圧縮機から吐出した空気と燃料とを燃焼させる燃焼器と、該燃焼器の燃焼ガスによって駆動されるタービンと、前記圧縮機の上流側に設置され、前記圧縮機に供給される空気に水を噴霧する噴霧装置と、前記圧縮機から抽気した圧縮空気を前記タービンに供給する抽気経路と、前記抽気経路で抽気された圧縮空気に水を噴霧する水噴霧器を備え、前記抽気経路で抽気された抽気温度が前記タービンの冷却に必要な冷却空気設計温度より高い場合に、前記水噴霧器の噴霧水量を増加させることを特徴とするガスタービン設備の制御方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、圧縮機の吸気中に水を噴霧するガスタービン設備に関する。

【背景技術】

【0002】

圧縮機吸気に水噴霧して、吸気温度を外気温より低下させ、さらに高湿分空気とすることにより、ガスタービンの出力と熱効率を向上するガスタービンシステムとして、例えば WO 98 / 48159 に記載の技術がある。

50

【0003】

なお、ガスタービンでは、高温の燃焼排ガスによる材料劣化を防止するため、タービンを冷却する必要がある。この冷却空気としては、通常、圧縮機で圧縮された空気を一部抽気した圧縮空気をタービン冷却に使用しており、これは圧縮機の吸気に水噴霧するシステムにおいても同様の方法をとっている。

【0004】

【特許文献1】国際公開W O 9 8 / 4 8 1 5 9 号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

10

ここで、圧縮機の吸気に水噴霧するガスタービンシステムでは、冬期のように外気温度が低下して凍結のため噴霧水量が制限される場合には、圧縮機に供給される空気の湿分が低下するため、圧縮機で圧縮された空気温度は通常運転時よりも上昇してしまう。数MW規模のシステムでは、圧縮機の圧縮比がさほど大きくないため、水噴霧したときと比較して水噴霧しないときの圧縮後の空気温度上昇は、外気温度低下と相殺する程度であり、タービン冷却のために圧縮機から抽気する空気温度は、タービン冷却上、特に問題となっていなかった。

【0006】

しかし、数10MW程度のシステムになると、圧縮機の圧縮比が大きくなるため、圧縮機吸気に水噴霧しない場合の圧縮後の空気温度は、冷却設計で想定した温度よりも、例えば100程度高くなり、圧縮機から抽気した冷却空気では、十分なタービン冷却が困難になる。

20

【0007】

本発明の目的は、圧縮機の吸気に水噴霧するガスタービンにおいて、外気温度の低下により噴霧水量を制限された場合でも、タービン冷却空気の温度上昇を抑制することができるガスタービン設備を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的を達成するために、本発明のガスタービン設備は、空気を圧縮する圧縮機と、該圧縮機から吐出した空気と燃料とを燃焼させる燃焼器と、該燃焼器の燃焼ガスによって駆動されるタービンと、前記圧縮機の上流側に設置され、前記圧縮機に供給される空気に水を噴霧する噴霧装置と、前記圧縮機から抽気した圧縮空気を前記タービンに供給する抽気経路とを備えたガスタービン設備において、前記抽気経路で抽気された圧縮空気に水を噴霧する水噴霧器を設けたことを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、圧縮機の吸気に水噴霧するガスタービンにおいて、外気温度の低下により噴霧水量を制限した場合でも、タービン冷却空気の温度上昇を抑制することができるガスタービン設備を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

40

【0010】

以下、本発明の実施形態を図面を用いて説明する。

【実施例1】

【0011】

図1は、本発明の一実施形態を示すガスタービン設備のシステム系統図である。

【0012】

本実施例のガスタービン設備は、空気を圧縮して吐出する圧縮機1と、圧縮機1で圧縮して得た圧縮空気と燃料を燃焼して燃焼ガスを生成する燃焼器4と、燃焼器4で生成された前記燃焼ガスにより駆動されるガスタービン2と、このガスタービン2によって駆動される発電機3と、圧縮機1で圧縮された空気を冷却する空気冷却器5と、空気冷却器5で

50

冷却された圧縮空気に水を加湿する増湿器 6 と、ガスタービン 2 から排出された排気ガスの熱を利用して圧縮機 1 から燃焼器 4 へ供給される前記圧縮空気を加熱する再生器 7 と、再生器 7 を経た排ガスと熱交換させて増湿器 6 で加湿する給水を加熱する給水加熱器 8 と、圧縮機 1 の吸気に水を噴霧する水噴霧器 9 (噴霧装置) を備えている。圧縮機 1 の吐出または途中段で抽気された圧縮空気は、抽気ライン 1 1 によってガスタービンへ送られ、タービン翼やタービンケーシングを冷却してタービン主流ガスと合流する。また、抽気ライン 1 1 には水噴霧器 1 0 が設けられ、噴霧水供給ライン 1 2 により供給される水を、抽気された圧縮空気に噴霧してガスタービン冷却空気の温度を低下させる。

【 0 0 1 3 】

以上のように構成された本実施形態では、圧縮機から抽気されたタービン冷却空気に水噴霧する設備を設けたことに特徴がある。

10

【 0 0 1 4 】

図 2 は、外気温度が低く、圧縮機吸気への噴霧水量が制限される場合に、タービン冷却空気温度が上昇する問題を図示したもので、圧縮機吸気への噴霧水量に対する圧縮機入口空気温度と抽気された空気温度の変化を模式的に示している。

【 0 0 1 5 】

通常運転時には、圧縮機吸気へ水噴霧することにより圧縮機入口空気温度は低下し、これにより圧縮機から抽気した空気温度も低下する。圧縮機吸気への噴霧水量が十分であれば、抽気温度はタービン冷却に必要な冷却空気設計温度 T_d 以下にすることができる。しかし、外気温度が低く、圧縮機入口空気温度が凍結を生じる制限温度 T_o まで低下する場合には、噴霧水量が制限される。このような場合には、圧縮機からの抽気温度を冷却空気設計温度 T_d まで下げることができず、十分なタービン冷却が困難になる。

20

【 0 0 1 6 】

次に、図 1 のシステム系統図と図 3 の制御ブロック図とを用いて、本発明のシステムの制御方法を説明する。

【 0 0 1 7 】

圧縮機 1 の吸気温度と吸気流量は温度測定器 2 1 と流量測定器 3 1 で測定され、制御装置 5 1 に温度測定信号 T_{21} と流量測定信号 V_{31} が送られる。これらの信号に基づいて、制御装置 5 1 は圧縮機入口空気温度が制限温度 T_o まで低下しないような最大噴霧水量を計算し ($W_{max} = f_1(T_{21}, V_{31}, T_o)$)、流量調節弁 4 1 に制御信号 S_{41} を送って弁開度を調節することにより水噴霧器 9 での噴霧水量を制御する。また、水噴霧器 9 で水噴霧された圧縮機入口空気温度は温度測定器 2 2 で測定され、測定信号 T_{22} が制御装置 5 1 に送られる。制御装置 5 1 は圧縮機入口空気温度 T_{22} と制限温度 T_o とを比較し、圧縮機入口空気温度 T_{22} が制限温度 T_o より低い場合には、流量調節弁 4 1 へ制御信号 S_{41} を送って弁開度を調節し、水噴霧器 9 での噴霧水量を減らす ($W = W - W$)。以上の制御方法により、圧縮機吸気中の水分が凍結することによる圧縮機効率低下や翼信頼性低下を防止することができる。

30

【 0 0 1 8 】

一方、タービン冷却のために圧縮機から抽気された空気温度と流量は温度測定器 2 3 と流量測定器 3 3 で測定され、制御装置 5 1 に温度測定信号 T_{23} と流量測定信号 V_{33} が送られる。これらの信号に基づいて、制御装置 5 1 は抽気への噴霧水量を計算し、流量調節弁 4 2 に制御信号 S_{42} を送って弁開度を調節することにより水噴霧器 1 0 での噴霧水量を制御する ($W_c = f_2(T_{23}, V_{33})$)。さらに制御装置 5 1 は抽気温度 T_{23} と冷却空気設計温度 T_d を比較し、抽気温度 T_{23} が設計温度 T_d より高い場合には流量調節弁 4 2 に制御信号 S_{42} を送って弁開度を調節することにより噴霧水量を増加させ ($W_c = W_c + W_c$)、抽気温度 T_{23} が設計温度 T_d 以下になるようにフィードバック制御をする。

40

【 0 0 1 9 】

以上の制御方法により、外気温度が低くて圧縮機吸気への噴霧水量が制限される場合でも、タービン冷却のために圧縮機から抽気した空気温度を設計温度以下に制御して、ガス

50

タービン設備を運転することができる。

【実施例 2】

【0020】

図 4 は、本発明の他の実施形態を示すガスタービン設備である。本実施形態では、空気冷却器 5 から増湿器 6 に供給される圧縮空気の一部を分岐させて、この圧縮空気を圧縮機の抽気ライン 1 1 に供給する空気供給ライン 1 3 を設けたことに特徴がある。

【0021】

図 4 のシステム系統図と図 5 の制御ブロック図とを用いて、本発明のシステムの制御方法を説明する。

【0022】

圧縮機の吸気温度と吸気流量は温度測定器 2 1 と流量測定器 3 1 で測定され、制御装置 5 2 に温度測定信号 T 2 1 と流量測定信号 V 3 1 が送られる。これらの信号に基づいて、制御装置 5 2 は圧縮機入口空気温度が制限温度 T_o まで低下しないような最大噴霧水量を計算し ($W_{max} = f_1(T_{21}, V_{31}, T_o)$)、流量調節弁 4 1 に制御信号 S 4 1 を送って弁開度を調節することにより水噴霧器 9 での噴霧水量を制御する。圧縮機入口空気温度は温度測定器 2 2 で測定され、測定信号 T 2 2 が制御装置 5 2 に送られる。制御装置 5 2 は圧縮機入口空気温度 T 2 2 と制限温度 T_o とを比較し、圧縮機入口空気温度 T 2 2 が制限温度 T_o より低い場合には、流量調節弁 4 1 へ制御信号 S 4 1 を送って弁開度を調節し、水噴霧器 9 での噴霧水量を減らす ($W = W - W$)。以上の制御方法により、圧縮機吸気中の水分が凍結することによる圧縮機効率低下や翼信頼性低下を防止することができる。

【0023】

一方、タービン冷却のために圧縮機から抽気された空気温度と流量は温度測定器 2 3 と流量測定器 3 3 で測定され、制御装置 5 2 に温度測定信号 T 2 3 と流量測定信号 V 3 3 が送られる。さらに、空気冷却器 5 で冷却された空気の一部を分岐させた冷却空気温度は温度測定器 2 4 で測定され、測定信号 T 2 4 が制御装置 5 2 に送られる。これらの信号に基づいて、制御装置 5 2 は抽気ライン 1 1 への冷却空気供給量 V_b と圧縮機からの抽気流量 V_c を計算し ($V_b = f_3(T_{23}, V_{33}, T_{24})$)、 $V_c = (T_{23}, V_{33}, T_{24})$)、流量調節弁 4 3 と 4 4 にそれぞれ制御信号 S 4 3 と S 4 4 を送って弁開度を調節することにより、冷却空気供給量と抽気流量を制御する。

【0024】

制御装置 5 2 は抽気温度 T 2 3 と冷却空気設計温度 T_d を比較し、抽気温度 T 2 3 が設計温度 T_d より高い場合には、流量調節弁 4 3 と 4 4 に制御信号 S 4 3 と S 4 4 を送って弁開度を調節することにより冷却空気供給量 V_c の割合を増加させ ($V_c = V_c + V_c$)、抽気温度 T 2 3 が設計温度 T_d 以下になるようにフィードバック制御をする。タービン冷却に使用する空気量が増加するとガスタービンの熱効率が低下するため、空気冷却器 5 からの冷却空気供給量 V_c と圧縮機 1 からの抽気流量 V_b の合計はなるべく少なくすることが好ましい。したがって、流量調節弁 4 3 と 4 4 を使って、タービン冷却に使用する空気量を最小限に抑えるように制御装置 5 2 で制御する。例えば、冷却空気供給量 V_c を増加させた場合には、抽気流量 V_b を減少させる制御 ($V_b = V_b - V_b$) を行う。

【0025】

以上の制御方法により、外気温度が低くて圧縮機吸気への噴霧水量が制限される場合でも、タービン冷却に使用する空気温度を設計温度以下に制御し、また使用空気流量を最小限としてガスタービン設備を運転することができる。

【実施例 3】

【0026】

図 6 は、本発明の他の実施形態を示すガスタービン設備である。本実施形態では、圧縮機からの抽気の一部を圧縮機の吸気へ戻す空気供給ライン 1 4 を設けたことに特徴がある。

【0027】

10

20

30

40

50

図6のシステム系統図と図7の制御ブロック図とを用いて、本発明のシステムの制御方法を説明する。

【0028】

圧縮機1の吸気温度と吸気流量は温度測定器21と流量測定器31で測定され、制御装置53に温度測定信号T21と流量測定信号V31が送られる。これらの信号に基づいて、制御装置53は圧縮機入口空気温度が制限温度 T_0 まで低下しないような最大噴霧水量を計算し($W_{max} = f_1(T_{21}, V_{31}, T_0)$)、流量調節弁41に制御信号S41を送って弁開度を調節することにより水噴霧器9での噴霧水量を制御する。圧縮機入口空気温度は温度測定器22で測定され、測定信号T22が制御装置53に送られる。制御装置53は圧縮機入口空気温度T22と制限温度 T_0 とを比較し、圧縮機入口空気温度T22が制限温度 T_0 より低い場合には、流量調節弁41へ制御信号S41を送って弁開度を調節し、水噴霧器9での噴霧水量を減らす($W = W - W$)。以上の制御方法により、圧縮機吸気中の水分が凍結することによる圧縮機効率低下や翼信頼性低下を防止することができる。

10

【0029】

続いて、タービン冷却のために圧縮機1から抽気された空気温度と流量は温度測定器23と流量測定器33で測定され、制御装置53に温度測定信号T23と流量測定信号V33が送られる。制御装置53は抽気温度T23と冷却空気設計温度 T_d を比較し、抽気温度T23が設計温度 T_d より高い場合には、流量調節弁44と45に制御信号S44とS45を送って弁開度を調節することにより、圧縮機抽気の一部を吸気ライン15へ供給して吸気加熱する。なお、流量調節弁44と45の開度を同時に調節するのは、タービン冷却空気量を一定に保つためである。

20

【0030】

この後、最初に説明した吸気噴霧水量の制御手順へ戻り、温度上昇した吸気への噴霧水量を増加させて湿分を増やし、最終的にタービン冷却に使用する圧縮機からの抽気温度が設計値以下となるようにフィードバック制御する。

【0031】

以上の制御方法により、外気温度が低くて圧縮機吸気への噴霧水量が制限される場合でも、タービン冷却に使用する空気温度を設計温度以下に制御して、ガスタービン設備を運転することができる。また、外気温度に関わらず圧縮機吸気温度を最適制御できるという利点がある。さらに、通常、圧縮機吸気への水噴霧ができないような寒冷地においても空気への水噴霧が可能であり、ガスタービンの出力と効率を向上した運転ができ、設備稼働率を向上することができる。

30

【産業上の利用可能性】

【0032】

圧縮機の吸気中に水噴霧するガスタービン設備において、噴霧水が凍結する外気温度においてもガスタービン設備を安全に運転することができる。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】本発明によるガスタービン設備の系統図である。

40

【図2】吸気噴霧水量に対する圧縮機入口空気温度と抽気温度の変化の模式図である。

【図3】本発明によるガスタービン設備の制御ブロック図である。

【図4】本発明によるガスタービン設備の系統図である。

【図5】本発明によるガスタービン設備の制御ブロック図である。

【図6】本発明によるガスタービン設備の系統図である。

【図7】本発明によるガスタービン設備の制御ブロック図である。

【符号の説明】

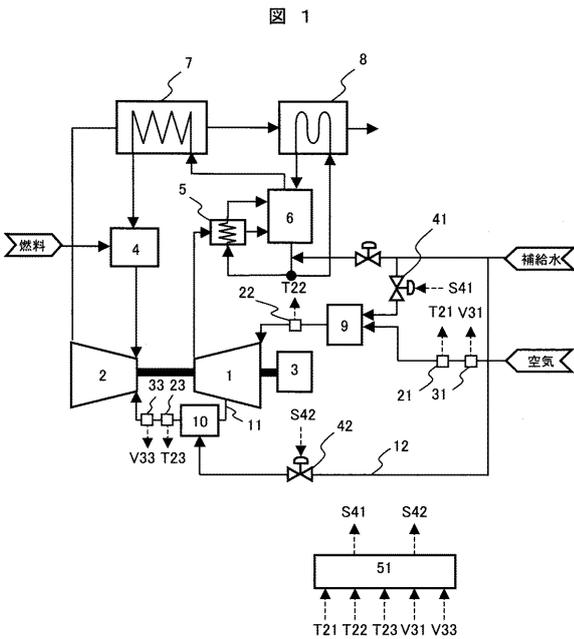
【0034】

- 1 圧縮機
- 2 ガスタービン

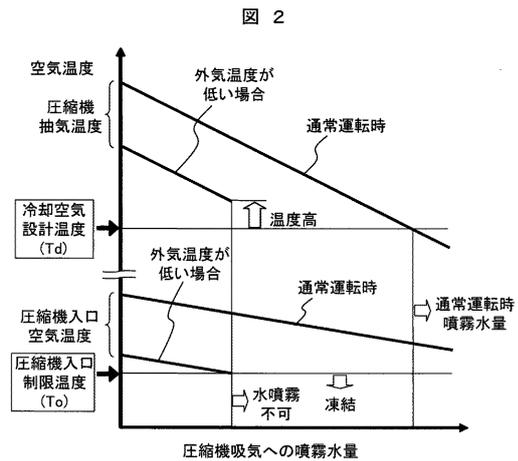
50

- 3 発電機
- 4 燃焼器
- 5 空気冷却器
- 6 増湿器
- 7 再生器
- 8 給水加熱器
- 9, 10 水噴霧器
- 11 抽気ライン
- 12 噴霧水供給ライン
- 13, 14 空気供給ライン
- 15 吸気ライン
- 21, 22, 23, 24 温度測定器
- 31, 33 流量測定器
- 41, 42, 43, 44, 45 流量調節弁
- 51, 52, 53 制御装置

【 図 1 】

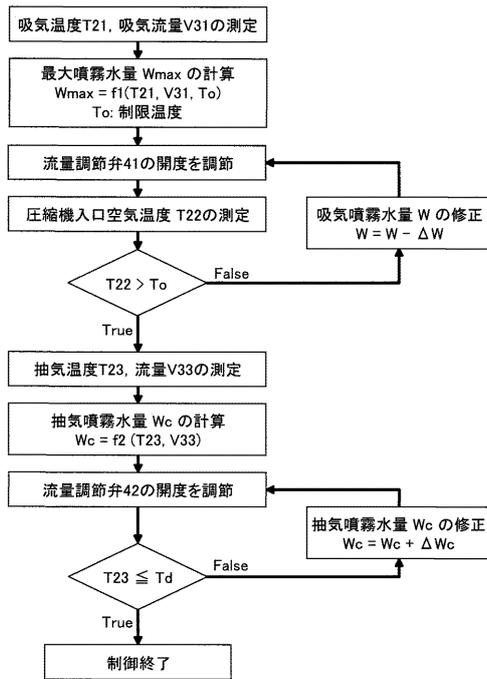


【 図 2 】



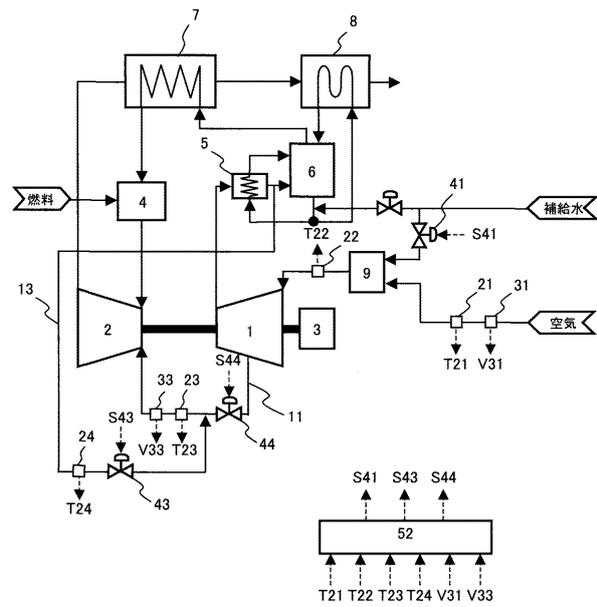
【 図 3 】

図 3



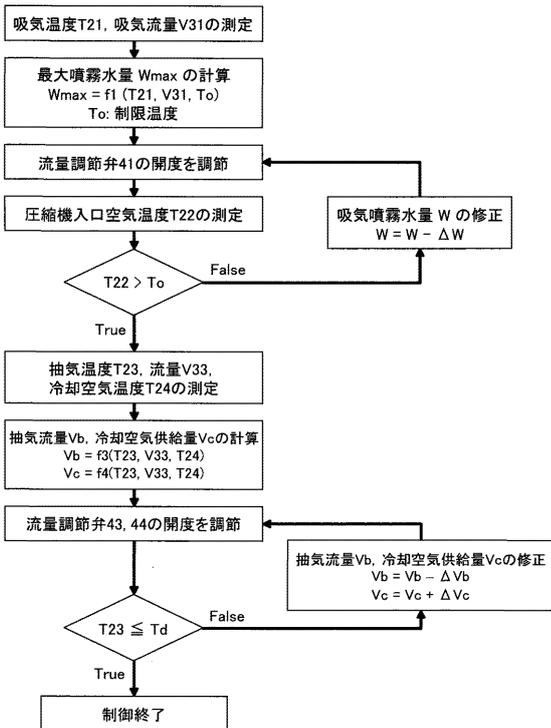
【 図 4 】

図 4



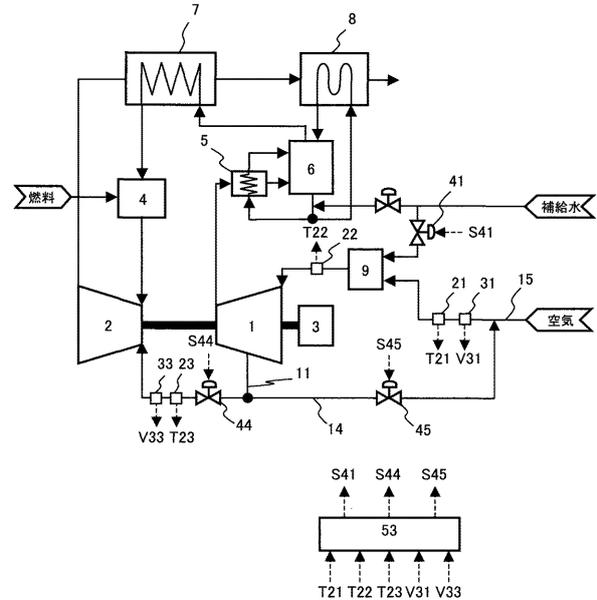
【 図 5 】

図 5



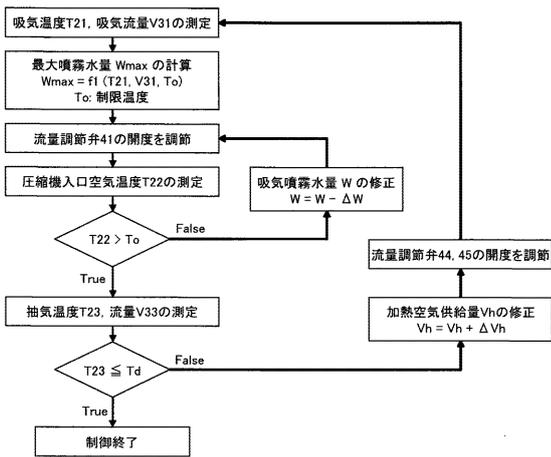
【 図 6 】

図 6



【 図 7 】

図 7



フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)
F 0 1 D 25/00 (2006.01) F 0 1 D 25/00 V

(72) 発明者 荒木 秀文
茨城県日立市大みか町七丁目 2 番 1 号 株式会社日立製作所電力・電機開
発研究所内

(72) 発明者 圓島 信也
茨城県日立市大みか町七丁目 2 番 1 号 株式会社日立製作所電力・電機開
発研究所内