

明 細 書

発明の名称： ガスタービンシステム

技術分野

[0001] 本開示は、ガスタービンシステムに関する。本出願は2021年3月30日に提出された日本特許出願第2021-057442号に基づく優先権の利益を主張するものであり、その内容は本出願に援用される。

背景技術

[0002] 燃焼器で燃料を燃焼させることによって動力を得るガスタービンシステムが利用されている。ガスタービンシステムとして、例えば、特許文献1に開示されているように、アンモニアを燃料として用いるものがある。アンモニアを燃料として用いることによって、二酸化炭素の排出が抑制される。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2016-191507号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] アンモニアは、他の燃料と比べると燃焼しにくい性質（つまり、難燃性）を有する。ゆえに、アンモニアが燃料として用いられる燃焼器では、点火が失敗する場合があった。また、点火が成功した場合であっても、一部の燃料が燃焼せずに排出されるおそれがあった。

[0005] 本開示の目的は、アンモニアが燃料として用いられる燃焼器における燃焼性を向上させることが可能なガスタービンシステムを提供することである。

課題を解決するための手段

[0006] 上記課題を解決するために、本開示のガスタービンシステムは、アンモニアタンクと、アンモニアタンクと接続される燃焼器と、燃焼器と接続される排気流路と、排気流路に設けられるタービンと、燃焼器と接続される分解ガス貯蔵器と、排気流路のうちタービンより下流側に配置され、アンモニアタ

ンクおよび分解ガス貯蔵器と接続されるアンモニア分解触媒と、を備える。

[0007] アンモニア分解触媒と分解ガス貯蔵器とを接続する流路には、冷却装置が設けられてもよい。

[0008] 冷却装置は、アンモニア分解触媒と分解ガス貯蔵器とを接続する流路に設けられる第1熱交換器であり、アンモニアタンクとアンモニア分解触媒とを接続する流路は、第1熱交換器を通過してもよい。

[0009] 排気流路のうちアンモニア分解触媒より下流側には、第2熱交換器が設けられ、アンモニアタンクとアンモニア分解触媒とを接続する流路は、第2熱交換器を通過してもよい。

[0010] アンモニアタンクとアンモニア分解触媒とを接続する流路には、第1流量制御弁が設けられ、ガスタービンシステムの運転中に、アンモニアタンクからアンモニア分解触媒へアンモニアが供給されるように、第1流量制御弁を制御する制御装置を備えてもよい。

[0011] 分解ガス貯蔵器と燃焼器とを接続する流路には、第2流量制御弁が設けられ、アンモニアタンクと燃焼器とを接続する流路には、第3流量制御弁が設けられ、制御装置は、ガスタービンシステムの起動時に、分解ガス貯蔵器から燃焼器への分解ガスの供給が開始した後に、アンモニアタンクから燃焼器へのアンモニアの供給が開始するように、第2流量制御弁および第3流量制御弁を制御してもよい。

発明の効果

[0012] 本開示によれば、アンモニアが燃料として用いられる燃焼器における燃焼性を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]図1は、本開示の実施形態に係るガスタービンシステムの構成を示す模式図である。

[図2]図2は、本開示の実施形態に係る制御装置が行う処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図3]図3は、第1の変形例に係るガスタービンシステムの構成を示す模式図

である。

[図4]図4は、第2の変形例に係るガスタービンシステムの構成を示す模式図である。

[図5]図5は、第3の変形例に係るガスタービンシステムの構成を示す模式図である。

[図6]図6は、第4の変形例に係るガスタービンシステムの構成を示す模式図である。

[図7]図7は、第5の変形例に係るガスタービンシステムの構成を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下に添付図面を参照しながら、本開示の実施形態について説明する。実施形態に示す寸法、材料、その他具体的な数値等は、理解を容易とするための例示にすぎず、特に断る場合を除き、本開示を限定するものではない。なお、本明細書および図面において、実質的に同一の機能、構成を有する要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略し、また本開示に直接関係のない要素は図示を省略する。

[0015] 図1は、本実施形態に係るガスタービンシステム1の構成を示す模式図である。図1に示すように、ガスタービンシステム1は、過給機11と、発電機12と、燃焼器13と、アンモニアタンク14と、ポンプ15と、アンモニア分解触媒16と、分解ガス貯蔵器17と、第1流量制御弁21と、第2流量制御弁22と、第3流量制御弁23と、制御装置31とを備える。

[0016] ガスタービンシステム1のうち、燃焼器13と、アンモニアタンク14と、ポンプ15と、アンモニア分解触媒16と、分解ガス貯蔵器17と、第1流量制御弁21と、第2流量制御弁22と、第3流量制御弁23と、制御装置31とが、燃焼装置10に含まれる。

[0017] 過給機11は、圧縮機11aとタービン11bとを有する。圧縮機11aおよびタービン11bは、一体として回転する。圧縮機11aとタービン11bとは、シャフトによって連結されている。

- [0018] 圧縮機 11a は、燃焼器 13 と接続される吸気流路 41 に設けられている。吸気流路 41 には、燃焼器 13 に供給される空気が流通する。吸気流路 41 の上流側の端部には、空気が外部から取り込まれる不図示の吸気口が設けられる。吸気口から取り込まれた空気は、圧縮機 11a を通過して、燃焼器 13 に送られる。圧縮機 11a は、空気を圧縮して下流側に吐出する。
- [0019] タービン 11b は、燃焼器 13 と接続される排気流路 42 に設けられている。排気流路 42 には、燃焼器 13 から排出された排気ガスが流通する。排気流路 42 の下流側の端部には、排気ガスが外部に排出される不図示の排気口が設けられる。燃焼器 13 から排出された排気ガスは、タービン 11b を通過して、排気口に送られる。タービン 11b は、排気ガスによって回されることによって、回転動力を生成する。
- [0020] 発電機 12 は、過給機 11 と接続される。発電機 12 は、過給機 11 によって生成された回転動力を用いて発電する。
- [0021] 燃焼器 13 では、アンモニアが燃料として用いられ、燃焼が行われる。なお、後述するように、ガスタービンシステム 1 の起動時（つまり、燃焼装置 10 の起動時）等には、アンモニア以外の燃料（例えば、後述する点火用の燃料としての分解ガス）も用いられる。
- [0022] 燃焼器 13 は、燃焼室 13a と、点火装置 13b とを有する。燃焼室 13a には、圧縮機 11a により圧縮された空気が吸気流路 41 から供給される。燃焼室 13a には、燃料が供給される。例えば、燃焼室 13a には、液体のアンモニアがアンモニアタンク 14 から燃料として供給される（具体的には、噴霧される）。燃焼室 13a において、燃料と空気を含む混合気が生成される。点火装置 13b は、燃焼室 13a 内の混合気を点火する。例えば、点火装置 13b は、燃焼室 13a の内部に設けられる。燃焼室 13a 内での燃焼により生じた排気ガスは、排気流路 42 に排出される。
- [0023] アンモニアタンク 14 には、液体のアンモニアが貯蔵される。アンモニアタンク 14 は、燃焼器 13 およびアンモニア分解触媒 16 とそれぞれ接続される。それにより、アンモニアタンク 14 から燃焼器 13 およびアンモニア

分解触媒 16 の各々へアンモニアが供給可能となる。

- [0024] アンモニアタンク 14 には、流路 43 が接続されている。流路 43 の下流側の端部に、流路 44 および流路 45 がそれぞれ接続されている。流路 44 は、燃焼器 13 と接続されている。つまり、アンモニアタンク 14 は、流路 43 および流路 44 を介して燃焼器 13 と接続される。アンモニアタンク 14 から流路 43 および流路 44 を介して燃焼器 13（具体的には、燃焼室 13a）に液体のアンモニアが供給される。流路 45 は、アンモニア分解触媒 16 と接続されている。つまり、アンモニアタンク 14 は、流路 43 および流路 45 を介してアンモニア分解触媒 16 と接続される。アンモニアタンク 14 から流路 43 および流路 45 を介してアンモニア分解触媒 16 に液体のアンモニアが供給される。
- [0025] 流路 43 には、ポンプ 15 が設けられている。ポンプ 15 は、アンモニアタンク 14 から供給されるアンモニアを下流側に送出する。ポンプ 15 により送出されたアンモニアは、流路 43 を通過して、流路 44 および流路 45 に送られる。
- [0026] 流路 44 には、第 3 流量制御弁 23 が設けられている。第 3 流量制御弁 23 は、流路 44 を流通するアンモニアの流量を制御（つまり、調整）する。つまり、第 3 流量制御弁 23 は、アンモニアタンク 14 から燃焼器 13 へのアンモニアの供給量を調整する。第 3 流量制御弁 23 の開度が調整されることによって、アンモニアタンク 14 から燃焼器 13 へのアンモニアの供給量が調整される。
- [0027] 流路 45 には、第 1 流量制御弁 21 が設けられている。第 1 流量制御弁 21 は、流路 45 を流通するアンモニアの流量を制御（つまり、調整）する。つまり、第 1 流量制御弁 21 は、アンモニアタンク 14 からアンモニア分解触媒 16 へのアンモニアの供給量を調整する。第 1 流量制御弁 21 の開度が調整されることによって、アンモニアタンク 14 からアンモニア分解触媒 16 へのアンモニアの供給量が調整される。
- [0028] アンモニア分解触媒 16 は、アンモニアを分解し、分解ガスを生成する触

媒である。アンモニア分解触媒 16 は、アンモニアを水素および窒素に分解する。つまり、分解ガスは、水素および窒素を含む。なお、分解ガスには、水素および窒素の他に、分解されなかったアンモニアが含まれていてもよい。アンモニア分解触媒 16 によるアンモニアの分解は、アンモニア分解触媒 16 の温度が基準温度（例えば、400℃から500℃程度）以上になっている場合に限って行われる。つまり、アンモニア分解触媒 16 の温度が基準温度以上になると、アンモニア分解触媒 16 においてアンモニアの分解が活発に行われる状態となる。

[0029] 本実施形態では、アンモニア分解触媒 16 は、排気流路 42 のうちタービン 11b より下流側に配置されている。詳細には、アンモニア分解触媒 16 の内部空間と排気流路 42 とが連通しない状態で、アンモニア分解触媒 16 と排気流路 42 内の排気とが熱交換可能となっている。排気流路 42 を流通する排気ガスは、高温（例えば、550℃程度）になっている。ゆえに、ガスタービンシステム 1 の運転中（つまり、燃焼装置 10 の運転中）において、アンモニア分解触媒 16 は、アンモニアの分解が活発に行われる状態となる程度の温度（つまり、基準温度以上の温度）まで、排気流路 42 を流通する排気ガスによって加熱される。

[0030] アンモニア分解触媒 16 には、温度センサ 16a が設けられている。温度センサ 16a は、アンモニア分解触媒 16 の温度を検出する。

[0031] 分解ガス貯蔵器 17 は、分解ガスを貯蔵する。分解ガス貯蔵器 17 は、流路 46 を介してアンモニア分解触媒 16 と接続されている。アンモニア分解触媒 16 による分解によって生じた分解ガスは、流路 46 を介して分解ガス貯蔵器 17 に送られる。なお、流路 46 には、分解ガス貯蔵器 17 からアンモニア分解触媒 16 への分解ガスの逆流を防ぐ逆止弁または遮断弁等が設けられてもよい。

[0032] 分解ガス貯蔵器 17 には、圧力センサ 17a が設けられている。圧力センサ 17a は、分解ガス貯蔵器 17 内の圧力を検出する。

[0033] 分解ガス貯蔵器 17 は、流路 47 を介して燃焼器 13 と接続されている。

分解ガス貯蔵器 1 7 から流路 4 7 を介して燃焼器 1 3（具体的には、燃焼室 1 3 a）に分解ガスが供給される。

[0034] 流路 4 7 には、第 2 流量制御弁 2 2 が設けられている。第 2 流量制御弁 2 2 は、流路 4 7 を流通する分解ガスの流量を制御（つまり、調整）する。つまり、第 2 流量制御弁 2 2 は、分解ガス貯蔵器 1 7 から燃焼器 1 3 への分解ガスの供給量を調整する。第 2 流量制御弁 2 2 の開度が調整されることによって、分解ガス貯蔵器 1 7 から燃焼器 1 3 への分解ガスの供給量が調整される。

[0035] 制御装置 3 1 は、中央処理装置（CPU）、プログラム等が格納された ROM、ワークエリアとしての RAM 等を含み、ガスタービンシステム 1 全体を制御する。例えば、制御装置 3 1 は、点火装置 1 3 b、ポンプ 1 5、第 1 流量制御弁 2 1、第 2 流量制御弁 2 2 および第 3 流量制御弁 2 3 を制御する。また、制御装置 3 1 は、温度センサ 1 6 a および圧力センサ 1 7 a から検出結果を取得する。

[0036] 図 2 は、制御装置 3 1 が行う処理の流れの一例を示すフローチャートである。図 2 に示す処理フローは、例えば、ガスタービンシステム 1 を起動させる入力操作がユーザによって行われた時に実行される。ユーザによる入力操作は、例えば、制御装置 3 1 によって受け付けられる。

[0037] 図 2 に示す処理フローが開始すると、ステップ S 1 0 1 において、制御装置 3 1 は、起動条件が成立したか否かを判定する。起動条件は、ガスタービンシステム 1 の起動を許可するための条件である。例えば、起動条件は、ガスタービンシステム 1 の各装置に異常が生じていないこと（例えば、各装置から出力される出力値に異常値がないこと、または、各流路で流体の漏れが生じていないこと等）である。

[0038] 起動条件が成立したと判定された場合（ステップ S 1 0 1 / YES）、ステップ S 1 0 2 に進む。一方、起動条件が成立していないと判定された場合（ステップ S 1 0 1 / NO）、ステップ S 1 1 1 に進み、後述するように、ガスタービンシステム 1 は停止する。

- [0039] ステップS101でYESと判定された場合、ステップS102において、制御装置31は、点火装置13bに点火を行わせる。次に、ステップS103において、制御装置31は、分解ガス貯蔵器17から燃焼器13への分解ガスの供給を開始させる。具体的には、制御装置31は、分解ガス貯蔵器17から燃焼器13への分解ガスの供給が開始するように、第2流量制御弁22を制御する。つまり、制御装置31は、閉じている第2流量制御弁22を開弁させる。
- [0040] なお、後述するように、ガスタービンシステム1では、ガスタービンシステム1の運転中において、アンモニア分解触媒16により分解ガスが生成され、生成された分解ガスが分解ガス貯蔵器17に貯蔵される。ゆえに、図2に示す処理フローの開始時点において、分解ガス貯蔵器17には分解ガスが予め貯蔵されている。ただし、ガスタービンシステム1の初回の起動時には、他の方法によって、分解ガス貯蔵器17に分解ガスが予め貯蔵される。
- [0041] 上記のように、本実施形態では、ガスタービンシステム1の起動時には、燃焼器13へ分解ガスが供給されている状態で点火が行われる。つまり、分解ガスが点火用の燃料として用いられる。分解ガスに含まれる水素は、アンモニアと異なり、燃焼しやすいので、点火されやすい。ゆえに、点火の失敗が抑制され、点火の確実性が向上される。
- [0042] 次に、ステップS104において、制御装置31は、点火が成功したか否かを判定する。点火が成功したと判定された場合（ステップS104／YES）、ステップS105に進む。一方、点火が成功していないと判定された場合（ステップS104／NO）、ステップS111に進み、後述するように、ガスタービンシステム1は停止する。
- [0043] ステップS104でYESと判定された場合、ステップS105において、制御装置31は、分解ガスの供給量を増加させる。具体的には、制御装置31は、分解ガス貯蔵器17から燃焼器13への分解ガスの供給量が増加するように、第2流量制御弁22を制御する。つまり、制御装置31は、第2流量制御弁22の開度を大きくする。例えば、制御装置31は、分解ガス貯

蔵器 17 から燃焼器 13 への分解ガスの供給量を、予め設定された推移で変化するように、増加させる。

[0044] 次に、ステップ S 106 において、制御装置 31 は、分解ガスの供給量が基準供給量に達したか否かを判定する。例えば、基準供給量は、燃焼器 13 へのアンモニアの供給を開始したとしても燃焼器 13 における燃焼性が所定の水準以上に維持される程度（つまり、一部のアンモニアが燃焼しない状況の発生が抑制される程度）の値に設定される。

[0045] 分解ガスの供給量が基準供給量に達したと判定された場合（ステップ S 106 / YES）、制御装置 31 は、燃焼器 13 へのアンモニアの供給を開始したとしても燃焼器 13 における燃焼性が所定の水準以上に維持されると判断し、ステップ S 107 に進む。一方、分解ガスの供給量が基準供給量に達していないと判定された場合（ステップ S 106 / NO）、制御装置 31 は、燃焼器 13 へのアンモニアの供給を開始すると燃焼器 13 における燃焼性が所定の水準を下回ってしまうと判断し、ステップ S 105 に戻る。

[0046] ステップ S 106 で YES と判定された場合、ステップ S 107 において、制御装置 31 は、アンモニアタンク 14 から燃焼器 13 へのアンモニアの供給を許可する。つまり、制御装置 31 は、ガスタービンシステム 1 の要求出力が基準出力以上である場合、アンモニアタンク 14 から燃焼器 13 へのアンモニアの供給を開始する。この場合、制御装置 31 は、ポンプ 15 を駆動させ、アンモニアタンク 14 から燃焼器 13 へのアンモニアの供給が開始するように、第 3 流量制御弁 23 を制御する。つまり、制御装置 31 は、閉じている第 3 流量制御弁 23 を開弁させる。それにより、アンモニアを燃料として用いた燃焼が開始される。なお、ガスタービンシステム 1 の要求出力が基準出力より小さい場合、アンモニアタンク 14 から燃焼器 13 へのアンモニアの供給は不要となる。

[0047] ガスタービンシステム 1 では、燃焼器 13 に分解ガスが供給されており、燃焼性が所定の水準以上に維持された状態で、アンモニアを燃料として用いた燃焼が開始される。つまり、分解ガスが助燃用の燃料（つまり、燃焼を補

助するための燃料）として用いられる。それにより、一部のアンモニアが燃焼しない状況の発生が抑制される。なお、燃焼器 13 へのアンモニアの供給の開始後において、制御装置 31 は、燃焼器 13 への分解ガスの供給を継続してもよく、停止してもよい。

[0048] 次に、ステップ S108 において、制御装置 31 は、分解ガス生成条件が成立したか否かを判定する。分解ガス生成条件は、アンモニア分解触媒 16 による分解ガスの生成（つまり、アンモニアの分解）を許可するための条件である。例えば、分解ガス生成条件は、アンモニア分解触媒 16 の温度が基準温度以上（つまり、アンモニア分解触媒 16 においてアンモニアの分解が活発に行われる状態となる程度の温度）となっていることである。

[0049] 分解ガス生成条件が成立したと判定された場合（ステップ S108／YES）、ステップ S109 に進む。一方、分解ガス生成条件が成立していないと判定された場合（ステップ S108／NO）、ステップ S109 は実行されずに、ステップ S110 に進む。

[0050] ステップ S108 で YES と判定された場合、ステップ S109 において、制御装置 31 は、アンモニアタンク 14 からアンモニア分解触媒 16 へアンモニアを供給させる。具体的には、制御装置 31 は、アンモニアタンク 14 からアンモニア分解触媒 16 へアンモニアが供給されるように、第 1 流量制御弁 21 を制御する。つまり、制御装置 31 は、閉じている第 1 流量制御弁 21 を開弁させる。それにより、アンモニア分解触媒 16 において、アンモニアが分解されることによって、分解ガスが生成される。そして、生成された分解ガスが分解ガス貯蔵器 17 に送られ、分解ガス貯蔵器 17 内の圧力が上昇する。

[0051] ステップ S109 では、制御装置 31 は、分解ガス貯蔵器 17 内の圧力が基準圧力になるように、アンモニア分解触媒 16 へのアンモニアの供給量を第 1 流量制御弁 21 によって制御する。このようなアンモニア分解触媒 16 へのアンモニアの供給量の制御（具体的には、第 1 流量制御弁 21 の開度の制御）は、具体的には、フィードバック制御によって実現される。基準圧力

は、燃焼器 13 へのアンモニアの供給を開始するまでに使用される分解ガスの量として必要な量（以下、単に必要な量とも呼ぶ）の分解ガスが分解ガス貯蔵器 17 に貯蔵されているか否かを判断するための指標である。例えば、分解ガス貯蔵器 17 内の圧力が基準圧力より低い場合は、必要量の分解ガスが分解ガス貯蔵器 17 に貯蔵されていない場合に該当する。

[0052] 次に、ステップ S 110 において、制御装置 31 は、停止条件が成立したか否かを判定する。停止条件は、ガスタービンシステム 1 の停止を許可するための条件である。例えば、停止条件は、発電の要求がなくなっており、かつ、分解ガス貯蔵器 17 内の圧力が基準圧力以上となっていることである。

[0053] 停止条件が成立したと判定された場合（ステップ S 110 / YES）、ステップ S 111 に進む。一方、停止条件が成立していないと判定された場合（ステップ S 110 / NO）、ステップ S 108 に戻る。

[0054] ステップ S 110 で YES と判定された場合、ステップ S 111 において、制御装置 31 は、ガスタービンシステム 1 を停止させ、図 2 に示す処理フローは終了する。具体的には、制御装置 31 は、燃焼器 13 へのアンモニアの供給、燃焼器 13 への分解ガスの供給、および、アンモニア分解触媒 16 へのアンモニアの供給を停止させることによって、ガスタービンシステム 1 を停止させる。

[0055] 上記のように、制御装置 31 は、分解ガス貯蔵器 17 内の圧力が基準圧力より低い場合には、ガスタービンシステム 1 を停止させずに、アンモニアタンク 14 からアンモニア分解触媒 16 へのアンモニアの供給を継続させる。それにより、分解ガス貯蔵器 17 内の圧力が基準圧力以上まで回復した後に、ガスタービンシステム 1 を停止させることができる。

[0056] 以上説明したように、ガスタービンシステム 1 では、アンモニア分解触媒 16 は、排気流路 42 のうちタービン 11b より下流側に配置されている。それにより、アンモニア分解触媒 16 は、アンモニアの分解が活発に行われる状態となる程度の温度（つまり、基準温度以上の温度）まで、排気流路 42 を流通する排気ガスによって加熱される。このように、排気流路 42 を流

通する排気ガスの熱を有効利用することによって、アンモニア分解触媒 1 6 の加熱が実現される。ゆえに、専用のヒーターを用いることなく、アンモニア分解触媒 1 6 の加熱が実現される。

[0057] また、ガスタービンシステム 1 では、アンモニア分解触媒 1 6 が分解ガス貯蔵器 1 7 を介して燃焼器 1 3 と接続されている。それにより、ガスタービンシステム 1 の運転中において、アンモニア分解触媒 1 6 にアンモニアを分解させ分解ガスを生成させることによって、分解ガスを分解ガス貯蔵器 1 7 に貯蔵しておくことができる。そして、次のガスタービンシステム 1 の起動時に、分解ガス貯蔵器 1 7 に貯蔵されている分解ガスを用いて点火を行うことによって、点火の失敗を抑制し、点火の確実性を向上させることができる。

[0058] 上記のように、ガスタービンシステム 1 によれば、燃焼器 1 3 における燃焼性を向上させることができる。

[0059] 特に、制御装置 3 1 は、ガスタービンシステム 1 の運転中（つまり、燃焼装置 1 0 の運転中）に、アンモニアタンク 1 4 からアンモニア分解触媒 1 6 へアンモニアが供給されるように、第 1 流量制御弁 2 1 を制御する。それにより、ガスタービンシステム 1 の運転中に、アンモニア分解触媒 1 6 に分解ガスを生成させ、分解ガスを分解ガス貯蔵器 1 7 に貯蔵することが適切に実現される。

[0060] 特に、制御装置 3 1 は、ガスタービンシステム 1 の起動時（つまり、燃焼装置 1 0 の起動時）に、分解ガス貯蔵器 1 7 から燃焼器 1 3 への分解ガスの供給が開始した後に、アンモニアタンク 1 4 から燃焼器 1 3 へのアンモニアの供給が開始するように、第 2 流量制御弁 2 2 および第 3 流量制御弁 2 3 を制御する。それにより、ガスタービンシステム 1 の起動時に、分解ガスが点火用の燃料として用いられ、燃焼器 1 3 における点火の失敗を抑制し、点火の確実性を向上させることが適切に実現される。

[0061] 以下、図 3 ～図 7 を参照して、各変形例に係るガスタービンシステムについて説明する。なお、以下で説明する各変形例に係るガスタービンシステム

では、制御装置 3 1 が行う処理については、上述したガスタービンシステム 1 と同様なので、説明を省略する。

[0062] 図 3 は、第 1 の変形例に係るガスタービンシステム 1 A の構成を示す模式図である。図 3 に示すように、第 1 の変形例に係るガスタービンシステム 1 A では、上述したガスタービンシステム 1 と比較して、流路 4 6 に熱交換器 5 1 が設けられ、流路 4 5 が熱交換器 5 1 を通過する点が異なる。熱交換器 5 1 は、本開示に係る第 1 熱交換器の一例に相当する。

[0063] 第 1 の変形例では、ガスタービンシステム 1 A のうち、燃焼器 1 3 と、アンモニアタンク 1 4 と、ポンプ 1 5 と、アンモニア分解触媒 1 6 と、分解ガス貯蔵器 1 7 と、第 1 流量制御弁 2 1 と、第 2 流量制御弁 2 2 と、第 3 流量制御弁 2 3 と、制御装置 3 1 と、熱交換器 5 1 とが、燃焼装置 1 0 A に含まれる。

[0064] 流路 4 6 は、上述したように、アンモニア分解触媒 1 6 と分解ガス貯蔵器 1 7 とを接続する。このような流路 4 6 に熱交換器 5 1 が設けられる。流路 4 5 は、上述したように、アンモニアタンク 1 4 とアンモニア分解触媒 1 6 とを接続する。このような流路 4 5 が熱交換器 5 1 を通過する。

[0065] 熱交換器 5 1 では、流路 4 6 を流通する分解ガスと、流路 4 5 を流通するアンモニアとの間で熱交換が行われる。流路 4 6 を流通する分解ガスの温度は、流路 4 5 を流通するアンモニアの温度よりも高い。ゆえに、熱交換器 5 1 では、流路 4 6 を流通する分解ガスから流路 4 5 を流通するアンモニアに熱が移動する。よって、流路 4 6 を流通する分解ガスは冷却される。このように、熱交換器 5 1 は、流路 4 6 を流通する分解ガスを冷却する冷却装置に相当する。

[0066] 分解ガス貯蔵器 1 7 に送られる分解ガスの温度は、高温（例えば、500℃程度）である。しかしながら、分解ガス貯蔵器 1 7 内の分解ガスの温度は、ガスタービンシステム 1 の停止時から次の起動時までの間に低下する。分解ガス貯蔵器 1 7 内の分解ガスの温度の低下量が大きいほど、分解ガス貯蔵器 1 7 内の圧力は大きく低下する。

- [0067] ガスタービンシステム 1 A では、アンモニア分解触媒 1 6 と分解ガス貯蔵器 1 7 とを接続する流路 4 6 に、冷却装置（具体的には、熱交換器 5 1）が設けられる。それにより、分解ガス貯蔵器 1 7 に送られる分解ガスの温度を低下させることができる。ゆえに、ガスタービンシステム 1 の停止時から次の起動時までの間において、分解ガス貯蔵器 1 7 内の分解ガスの温度の低下量を小さくできるので、分解ガス貯蔵器 1 7 内の圧力の低下を抑制できる。それにより、分解ガス貯蔵器 1 7 内の圧力を燃焼室 1 3 a 内の圧力に対してより高くすることができるので、分解ガス貯蔵器 1 7 から燃焼器 1 3 へ分解ガスを適切に供給させることができる。
- [0068] 上記では、流路 4 5 が通過する熱交換器 5 1 が冷却装置として流路 4 6 に設けられる例を説明した。ただし、流路 4 6 に設けられる冷却装置は、熱交換器 5 1 に限定されない。例えば、流路 4 6 を流通する分解ガスを冷却水または空気によって冷却する装置が冷却装置として流路 4 6 に設けられてもよい。
- [0069] 図 4 は、第 2 の変形例に係るガスタービンシステム 1 B の構成を示す模式図である。図 4 に示すように、第 2 の変形例に係るガスタービンシステム 1 B では、上述したガスタービンシステム 1 と比較して、排気流路 4 2 に熱交換器 5 2 が設けられ、流路 4 5 が熱交換器 5 2 を通過する点が異なる。熱交換器 5 2 は、本開示に係る第 2 熱交換器の一例に相当する。
- [0070] 第 2 の変形例では、ガスタービンシステム 1 B のうち、燃焼器 1 3 と、アンモニアタンク 1 4 と、ポンプ 1 5 と、アンモニア分解触媒 1 6 と、分解ガス貯蔵器 1 7 と、第 1 流量制御弁 2 1 と、第 2 流量制御弁 2 2 と、第 3 流量制御弁 2 3 と、制御装置 3 1 と、熱交換器 5 2 とが、燃焼装置 1 0 B に含まれる。
- [0071] 熱交換器 5 2 は、排気流路 4 2 のうちアンモニア分解触媒 1 6 より下流側に設けられる。流路 4 5 は、上述したように、アンモニアタンク 1 4 とアンモニア分解触媒 1 6 とを接続する。このような流路 4 5 が熱交換器 5 2 を通過する。

- [0072] 熱交換器 5 2 では、流路 4 5 を流通するアンモニアと、排気流路 4 2 を流通する排気ガスとの間で熱交換が行われる。排気流路 4 2 を流通する排気ガスの温度は、流路 4 5 を流通するアンモニアの温度よりも高い。ゆえに、熱交換器 5 1 では、排気流路 4 2 を流通する排気ガスから流路 4 5 を流通するアンモニアに熱が移動する。よって、流路 4 5 を流通するアンモニアは加熱されて、気化する。
- [0073] ガスタービンシステム 1 B では、流路 4 5 を流通するアンモニアは、熱交換器 5 2 において排気流路 4 2 を流通する排気ガスにより加熱された後に、アンモニア分解触媒 1 6 に送られる。それにより、アンモニア分解触媒 1 6 におけるアンモニアの分解の効率が向上される。ゆえに、分解ガス貯蔵器 1 7 に分解ガスを効率良く貯蔵することができる。
- [0074] 図 5 は、第 3 の変形例に係るガスタービンシステム 1 C の構成を示す模式図である。図 5 に示すように、第 3 の変形例に係るガスタービンシステム 1 C では、上述したガスタービンシステム 1 と比較して、排気流路 4 2 に熱交換器 5 3 および熱交換器 5 4 が設けられ、流路 4 8 が熱交換器 5 3 および熱交換器 5 4 を通過する点が異なる。
- [0075] 第 3 の変形例では、ガスタービンシステム 1 C のうち、燃焼器 1 3 と、アンモニアタンク 1 4 と、ポンプ 1 5 と、アンモニア分解触媒 1 6 と、分解ガス貯蔵器 1 7 と、第 1 流量制御弁 2 1 と、第 2 流量制御弁 2 2 と、第 3 流量制御弁 2 3 と、制御装置 3 1 とが、燃焼装置 1 0 C に含まれる。
- [0076] 流路 4 8 には、水が流通する。図 5 では、流路 4 8 が簡略化して示されているが、流路 4 8 は、閉回路となっている。つまり、流路 4 8 内を水が環路している。流路 4 8 には、図示しないタービンが設けられており、水（具体的には、水蒸気）の流れを用いて当該タービンにより動力が得られるようになっている。流路 4 8 と、熱交換器 5 3 と、熱交換器 5 4 と、図示しないタービンとは、ガスタービンシステム 1 C とは別のシステムに含まれる。なお、上記の別のシステムの詳細については、図 7 を参照して説明する。
- [0077] 熱交換器 5 3 は、排気流路 4 2 のうち熱交換器 5 4 より下流側に設けられ

る。熱交換器 5 3 は、流路 4 8 のうち熱交換器 5 4 より上流側に設けられる。熱交換器 5 3 において、流路 4 8 を流通する液体の水は、排気流路 4 2 を流通する排気ガスによって加熱される。そして、加熱された液体の水は、熱交換器 5 4 において、排気流路 4 2 を流通する排気ガスによって再度加熱され、気化して気体（つまり、水蒸気）になる。そして、水蒸気によって図示しないタービンが回され、回転動力が生成される。

[0078] 上記のように、ガスタービンシステム 1 C は、別のシステムと一部を共有する。なお、ガスタービンシステム 1 C と一部が共有される別のシステムの構成および用途は、上記の例に限定されない。このような場合においても、上述したガスタービンシステム 1 と同様の効果が奏される。なお、図 5 の例では、排気流路 4 2 において、アンモニア分解触媒 1 6 は、熱交換器 5 3 および熱交換器 5 4 よりも上流側に配置される。それにより、アンモニア分解触媒 1 6 を排気ガスにより効果的に加熱できる。ただし、排気流路 4 2 において、アンモニア分解触媒 1 6 は、熱交換器 5 4 と熱交換器 5 3 との間に配置されてもよく、熱交換器 5 3 よりも下流側に配置されてもよい。

[0079] 図 6 は、第 4 の変形例に係るガスタービンシステム 1 D の構成を示す模式図である。図 6 に示すように、第 4 の変形例に係るガスタービンシステム 1 D では、上述したガスタービンシステム 1 C と比較して、排気流路 4 2 に熱交換器 5 2 が設けられ、流路 4 5 が熱交換器 5 2 を通過する点が異なる。熱交換器 5 2 は、排気流路 4 2 のうち熱交換器 5 3 より下流側に設けられる。

[0080] 第 4 の変形例では、ガスタービンシステム 1 D のうち、燃焼器 1 3 と、アンモニアタンク 1 4 と、ポンプ 1 5 と、アンモニア分解触媒 1 6 と、分解ガス貯蔵器 1 7 と、第 1 流量制御弁 2 1 と、第 2 流量制御弁 2 2 と、第 3 流量制御弁 2 3 と、制御装置 3 1 と、熱交換器 5 2 とが、燃焼装置 1 0 D に含まれる。

[0081] ガスタービンシステム 1 D では、上述したガスタービンシステム 1 B の燃焼装置 1 0 B と同様に、流路 4 5 を流通するアンモニアは、熱交換器 5 2 において排気流路 4 2 を流通する排気ガスにより加熱された後に、アンモニア

分解触媒 16 に送られる。それにより、上述したガスタービンシステム 1C と比べて、アンモニア分解触媒 16 におけるアンモニアの分解の効率が向上される。ゆえに、分解ガス貯蔵器 17 に分解ガスを効率良く貯蔵することができる。また、上述したガスタービンシステム 1C に対して熱交換器 52 を追加する場合、上記のように、熱交換器 52 を、排気流路 42 のうち熱交換器 53 よりも下流側に設けることが好ましい。アンモニアは比較的低温（例えば、2 Mpa の場合、60℃程度）で気化するため、この場合にも、熱交換器 52 においてアンモニアを気化することができる。さらに、熱交換器 52 を追加したことによるアンモニア分解の促進効果と、熱交換器 53 および熱交換器 54 による発電システム全体としての効率向上とが達成される。

[0082] ただし、ガスタービンシステム 1D では、排気流路 42 を流通する排気ガスは、熱交換器 54 および熱交換器 53 において冷却された後、熱交換器 52 においてさらに冷却される。ゆえに、上述したガスタービンシステム 1C と比べて、排気流路 42 の下流側での排気ガスの温度が低くなる。よって、排気流路 42 および熱交換器 52 での結露の発生を抑制するために、排気流路 42 および熱交換器 52 を形成する部材の材料としてステンレス等を用いることが好ましい。

[0083] 図 7 は、第 5 の変形例に係るガスタービンシステム 1E の構成を示す模式図である。図 7 に示すように、第 5 の変形例に係るガスタービンシステム 1E では、上述したガスタービンシステム 1D と比較して、流路 48 に熱交換器 55 が設けられ、流路 45 が熱交換器 55 を通過する点が異なる。

[0084] 第 5 の変形例では、ガスタービンシステム 1E のうち、燃焼器 13 と、アンモニアタンク 14 と、ポンプ 15 と、アンモニア分解触媒 16 と、分解ガス貯蔵器 17 と、第 1 流量制御弁 21 と、第 2 流量制御弁 22 と、第 3 流量制御弁 23 と、制御装置 31 と、熱交換器 52 と、熱交換器 55 とが、燃焼装置 10E に含まれる。

[0085] 図 7 には、流路 48 を含むシステム 2 のうち、図 5 および図 6 では図示が省略されていた部分についても示されている。システム 2 は、流路 48 と、

熱交換器 5 3 と、熱交換器 5 4 と、熱交換器 5 5 と、タービン 5 6 と、発電機 5 7 と、ドラム 5 8 とを含む発電システムである。上述したように、流路 4 8 を流通する液体の水は、熱交換器 5 3 および熱交換器 5 4 において、加熱され、気化して気体（つまり、水蒸気）になる。流路 4 8 のうち熱交換器 5 4 より下流側には、タービン 5 6 が設けられている。タービン 5 6 は、流路 4 8 を流通する水蒸気によって回され、回転動力を生成する。

[0086] 発電機 5 7 は、タービン 5 6 と接続される。発電機 5 7 は、タービン 5 6 によって生成された回転動力を用いて発電する。流路 4 8 のうちタービン 5 6 より下流側、かつ、熱交換器 5 3 より上流側には、熱交換器 5 5 およびドラム 5 8 が上流側から順に設けられている。熱交換器 5 5 では、タービン 5 6 を通過した水蒸気と流路 4 5 を流通するアンモニアとの間で熱交換が行われる。タービン 5 6 を通過した水蒸気は、熱交換器 5 5 において、流路 4 5 を流通するアンモニアにより冷却される。熱交換器 5 5 を通過する水蒸気の一部は、液化する。そして、熱交換器 5 5 を通過した水蒸気または水は、ドラム 5 8 に供給される。ドラム 5 8 から熱交換器 5 3 に向けて水が送られる。

[0087] ガスタービンシステム 1 E では、流路 4 5 を流通するアンモニアは、熱交換器 5 5 において流路 4 8 を流通する水蒸気により加熱される。その後、流路 4 5 を流通するアンモニアは、熱交換器 5 2 において排気流路 4 2 を流通する排気ガスにより再度加熱された後、アンモニア分解触媒 1 6 に送られる。それにより、上述したガスタービンシステム 1 D と比べて、アンモニア分解触媒 1 6 におけるアンモニアの分解の効率が向上される。ゆえに、分解ガス貯蔵器 1 7 に分解ガスを効率良く貯蔵することができる。

[0088] 図 7 の例では、排気流路 4 2 に熱交換器 5 2 が設けられ、流路 4 5 が熱交換器 5 2 を通過する。ただし、図 7 の例に対して、熱交換器 5 2 が省略されてもよい。この場合、流路 4 5 を流通するアンモニアは、熱交換器 5 5 を通過した後に、排気流路 4 2 を流通する排気ガスと熱交換せずに、アンモニア分解触媒 1 6 に送られる。それにより、排気流路 4 2 を流通する排気ガスが

冷却される程度が小さくなるので、排気流路42の下流側での排気ガスの温度の低下が抑制される。よって、排気流路42を形成する部材の材料の選定の自由度が向上される。

[0089] 以上、添付図面を参照しながら本開示の実施形態について説明したが、本開示はかかる実施形態に限定されないことは言うまでもない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された範疇において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、それらについても当然に本開示の技術的範囲に属するものと了解される。

[0090] 上記では、ガスタービンシステム1、ガスタービンシステム1A、ガスタービンシステム1B、ガスタービンシステム1C、ガスタービンシステム1Dおよびガスタービンシステム1Eにおいて、過給機11によって生成された回転動力が発電機12を駆動させるエネルギーとして利用される例を説明した。ただし、ガスタービンシステム1、ガスタービンシステム1A、ガスタービンシステム1B、ガスタービンシステム1C、ガスタービンシステム1Dおよびガスタービンシステム1Eにおいて、過給機11によって生成された回転動力が他の用途（例えば、船舶等の移動体を駆動させる目的等）に利用されてもよい。

[0091] 上記では、ガスタービンシステム1、ガスタービンシステム1A、ガスタービンシステム1B、ガスタービンシステム1C、ガスタービンシステム1Dおよびガスタービンシステム1Eにおいて、燃焼器13およびアンモニア分解触媒16に、主に液体のアンモニアが供給される例を説明した。なお、詳細には、ガスタービンシステム1B、ガスタービンシステム1Dおよびガスタービンシステム1Eでは、アンモニア分解触媒16に気体のアンモニアが供給される。ただし、ガスタービンシステム1、ガスタービンシステム1A、ガスタービンシステム1B、ガスタービンシステム1C、ガスタービンシステム1Dおよびガスタービンシステム1Eにおいて、燃焼器13およびアンモニア分解触媒16に気体のアンモニアが供給されてもよい。例えば、ポンプ15より下流側に気化器が設けられ、アンモニアが気化器によって気

化された後に、燃焼器 1 3 またはアンモニア分解触媒 1 6 に供給されてもよい。なお、この場合、気化器より下流側にアキュムレータが設けられ得る。気化器およびアキュムレータは、流路 4 3 に設けられてもよく、流路 4 4 および流路 4 5 にそれぞれ設けられてもよい。

[0092] 上記では、ガスタービンシステム 1 に対して、流路 4 6 に冷却装置（具体的には、熱交換器 5 1）が追加的に設けられるガスタービンシステム 1 A を説明した。ただし、ガスタービンシステム 1 B、ガスタービンシステム 1 C、ガスタービンシステム 1 D およびガスタービンシステム 1 E に対して、流路 4 6 に冷却装置（具体的には、熱交換器 5 1）が追加的に設けられてもよい。

符号の説明

[0093] 1 : ガスタービンシステム 1 A : ガスタービンシステム 1 B : ガスタービンシステム 1 C : ガスタービンシステム 1 D : ガスタービンシステム 1 E : ガスタービンシステム 1 1 b : タービン 1 3 : 燃焼器 1 4 : アンモニアタンク 1 6 : アンモニア分解触媒 1 7 : 分解ガス貯蔵器 2 1 : 第 1 流量制御弁 2 2 : 第 2 流量制御弁 2 3 : 第 3 流量制御弁 3 1 : 制御装置 4 2 : 排気流路 4 3 : 流路 4 4 : 流路 4 5 : 流路 4 6 : 流路 4 7 : 流路 5 1 : 熱交換器（冷却装置、第 1 熱交換器） 5 2 : 熱交換器（第 2 熱交換器）

請求の範囲

- [請求項1] アンモニアタンクと、
前記アンモニアタンクと接続される燃焼器と、
前記燃焼器と接続される排気流路と、
前記排気流路に設けられるタービンと、
前記燃焼器と接続される分解ガス貯蔵器と、
前記排気流路のうち前記タービンより下流側に配置され、前記アンモニアタンクおよび前記分解ガス貯蔵器と接続されるアンモニア分解触媒と、
を備える、
ガスタービンシステム。
- [請求項2] 前記アンモニア分解触媒と前記分解ガス貯蔵器とを接続する流路には、冷却装置が設けられる、
請求項1に記載のガスタービンシステム。
- [請求項3] 前記冷却装置は、前記アンモニア分解触媒と前記分解ガス貯蔵器とを接続する流路に設けられる第1熱交換器であり、
前記アンモニアタンクと前記アンモニア分解触媒とを接続する流路は、前記第1熱交換器を通過する、
請求項2に記載のガスタービンシステム。
- [請求項4] 前記排気流路のうち前記アンモニア分解触媒より下流側には、第2熱交換器が設けられ、
前記アンモニアタンクと前記アンモニア分解触媒とを接続する流路は、前記第2熱交換器を通過する、
請求項1から3のいずれか一項に記載のガスタービンシステム。
- [請求項5] 前記アンモニアタンクと前記アンモニア分解触媒とを接続する流路には、第1流量制御弁が設けられ、
前記ガスタービンシステムの運転中に、前記アンモニアタンクから前記アンモニア分解触媒へアンモニアが供給されるように、前記第1

流量制御弁を制御する制御装置を備える、

請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載のガスタービンシステム。

[請求項6]

前記分解ガス貯蔵器と前記燃焼器とを接続する流路には、第 2 流量制御弁が設けられ、

前記アンモニアタンクと前記燃焼器とを接続する流路には、第 3 流量制御弁が設けられ、

前記制御装置は、前記ガスタービンシステムの起動時に、前記分解ガス貯蔵器から前記燃焼器への分解ガスの供給が開始した後に、前記アンモニアタンクから前記燃焼器への前記アンモニアの供給が開始するように、前記第 2 流量制御弁および前記第 3 流量制御弁を制御する、

請求項 5 に記載のガスタービンシステム。