

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2022年3月16日に提出された日本特許出願第2022-041292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] ガスタービンシステムとして、燃焼器から排出された排気ガスの熱を用いてボイラで水蒸気を発生させ、その水蒸気を用いて蒸気タービンを駆動するシステムがある。蒸気タービンを通過した水蒸気は、復水器において、海水等の熱媒体と熱交換することによって液化される。生態系に悪影響を与えないために、水蒸気と熱交換した後に排出される海水等の熱媒体の温度を過度に高くないようにする必要がある。ゆえに、海水等の熱媒体をポンプで大量に取り込んで復水器に供給する必要がある。海水等の熱媒体の取り込み量の増大に伴って必要な動力も増大し、結果として、ガスタービンシステムの効率が低下してしまう。

[0005] 本開示の目的は、ガスタービンシステムの効率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、アンモニアが貯蔵される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ボイラと、ボイラと接続される蒸気タービンと、蒸気タービンと接続される復水器と、復水器を通過する熱媒体流路と、熱媒体流路のうち復水器より上流側、熱媒体流路のうち復水器より下流側、または、蒸気タービンと復水器とボイラとを接続する流路に配置され、アンモニアタンクと燃焼器とを接続するアンモニア流路が通過する熱交換器と、を備える。
- [0007] アンモニアタンクには、アンモニアが液体の状態で貯蔵され、燃焼器には、アンモニアが液体の状態で供給されてもよい。
- [0008] 熱交換器は、熱媒体流路のうち復水器より上流側に配置される第1熱交換器と、熱媒体流路のうち復水器より下流側に配置される第2熱交換器とを含み、アンモニア流路には、アンモニアが通過する熱交換器が互いに異なる複数の状態の間でアンモニアの経路を切り替える切替機構が設けられてもよい。
- [0009] 切替機構は、アンモニア流路におけるアンモニアの状態、および、熱媒体流路における熱媒体の状態の少なくとも一方に基づいて、アンモニアの経路を切り替えてもよい。

発明の効果

- [0010] 本開示によれば、ガスタービンシステムの効率を向上させることができる。

図面の簡単な説明

- [0011] [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、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3]図3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4]図4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5]図5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。

発明を実施するための形態

[0012] 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。

[0013] 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、圧縮機11aと、タービン11bと、燃焼器12と、アンモニアタンク13と、ボイラ14と、排気塔15と、蒸気タービン16と、復水器17と、ポンプ18と、ポンプ19と、熱交換器20と、ポンプ21と、流量制御弁22とを備える。

[0014] 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、シャフトによって互いに連結されている。

[0015] 圧縮機11aは、燃焼器12と接続される吸気流路101に設けられている。吸気流路101には、燃焼器12に供給される空気が流通する。吸気流路101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12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。

[0016] タービン11bは、燃焼器12と接続される排気流路102に設けられている。排気流路102には、燃焼器12から排出された排気ガスが流通する。燃焼器12から排出された排気ガスは、タービン11bを通過して、排気

流路 102 のうちタービン 11b より下流側に送られる。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。

[0017] 圧縮機 11a には、図示しない発電機が接続されている。タービン 11b から圧縮機 11a に伝達された回転動力は、発電機による発電に利用される。

[0018] 燃焼器 12 には、圧縮機 11a により圧縮された空気が吸气流路 101 から供給されるとともに、アンモニアが液体の状態でアンモニアタンク 13 から燃料として供給される。ただし、後述するように、燃焼器 12 には、アンモニアが気体の状態で供給されてもよい。燃焼器 12 では、アンモニアを燃料として用いて燃焼が行われる。燃焼器 12 で生じた排気ガスは、排气流路 102 に排出される。

[0019] アンモニアタンク 13 には、アンモニアが液体の状態で貯蔵される。アンモニアタンク 13 では、例えば、大気圧、かつ、 -33°C で、アンモニアが液体の状態で維持されている。このように、アンモニアを低温の液体にした状態でアンモニアタンク 13 に貯蔵することによって、アンモニアタンク 13 内の蒸気圧が抑制され、タンクの強度および構造上の問題発生が抑制される。

[0020] アンモニアタンク 13 は、アンモニア流路 103 を介して燃焼器 12 と接続される。アンモニア流路 103 には、アンモニアが流通する。アンモニアタンク 13 からアンモニア流路 103 を介して燃焼器 12 にアンモニアが供給される。アンモニア流路 103 の詳細については後述する。

[0021] 排气流路 102 のうちタービン 11b より下流側には、ボイラ 14 が設けられる。ボイラ 14 には、水が流通する流路 104 が設けられている。流路 104 を流通する水は、排气流路 102 を流通する排気ガスによって加熱され、気化して気体（つまり、水蒸気）になる。ボイラ 14 で発生した水蒸気は、後述するように、発電に利用される。排气流路 102 は、ボイラ 14 より下流側において、排気塔 15 と接続される。燃焼器 12 から排出された排気ガスは、タービン 11b およびボイラ 14 を通過して、排気塔 15 に送ら

れ、排気塔 15 から排出される。

[0022] ボイラ 14 は、蒸気タービン 16 と接続されている。具体的には、ボイラ 14 の流路 104 の出口が、流路 105 を介して蒸気タービン 16 の入口と接続されている。ボイラ 14 で発生した水蒸気は、流路 105 を介して蒸気タービン 16 に送られる。そして、水蒸気によって蒸気タービン 16 が回され、回転動力が生成される。蒸気タービン 16 により生成された回転動力は、発電に利用される。

[0023] 蒸気タービン 16 は、復水器 17 と接続される。具体的には、蒸気タービン 16 の出口が、流路 106 を介してボイラ 14 の流路 104 の入口と接続されている。このような流路 106 に復水器 17 が配置される。復水器 17 には、海水流路 107 が通過する。海水流路 107 には、海水が流通する。海水流路 107 は、熱媒体が流通する熱媒体流路の一例に相当する。つまり、海水は、熱媒体流路を流通する熱媒体の一例に相当する。熱媒体としては、海水以外に、例えば、河川の水、地下水または空気等が挙げられる。

[0024] 復水器 17 では、流路 106 を流通する水蒸気と、海水流路 107 を流通する海水との間で熱交換が行われる。流路 106 を流通する水蒸気の温度は、海水流路 107 を流通する海水の温度よりも高い。ゆえに、復水器 17 では、海水流路 107 を流通する海水によって、流路 106 を流通する水蒸気が冷却され、液化されて水になる。海水流路 107 の詳細については後述する。

[0025] 流路 106 のうち復水器 17 より下流側には、ポンプ 18 が設けられる。ポンプ 18 は、復水器 17 で発生した水を加圧して下流側に送出する。ポンプ 18 により送出された水は、ボイラ 14 の流路 104 に送られる。

[0026] 海水流路 107 は、海から取り込まれた海水が流通する。海水流路 107 を通過した海水は、海に排出されて戻される。海水流路 107 のうち復水器 17 より上流側には、ポンプ 19 が設けられる。ポンプ 19 は、海水を加圧して下流側に送出する。それにより、海から海水流路 107 に海水が取り込まれる。

- [0027] 海水流路１０７のうちポンプ１９と復水器１７との間には、熱交換器２０が配置される。熱交換器２０には、アンモニア流路１０３が通過する。アンモニア流路１０３のうち熱交換器２０とアンモニアタンク１３との間には、ポンプ２１が設けられる。ポンプ２１は、アンモニアタンク１３から供給されるアンモニアを加圧して下流側に送出する。ポンプ２１により送出されたアンモニアは、熱交換器２０に送られる。
- [0028] 熱交換器２０では、海水流路１０７を流通する海水と、アンモニア流路１０３を流通するアンモニアとの間で熱交換が行われる。海水流路１０７を流通する海水の温度は、アンモニア流路１０３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２０では、アンモニア流路１０３を流通するアンモニアによって、海水流路１０７を流通する海水が冷却される。一方、海水流路１０７を流通する海水によって、アンモニア流路１０３を流通するアンモニアが加熱される。熱交換器２０において、アンモニアは、気化しない程度に加熱される。ゆえに、アンモニアは、液体の状態で燃焼器１２に供給される。
- [0029] アンモニア流路１０３のうち熱交換器２０と燃焼器１２の間には、流量制御弁２２が設けられる。流量制御弁２２は、アンモニア流路１０３を通り燃焼器１２に送られる液体のアンモニアの流量を調整する。具体的には、流量制御弁２２の開度が調整されることによって、燃焼器１２へのアンモニアの供給量が調整される。
- [0030] 以上説明したように、ガスタービンシステム１では、アンモニアタンク１３と燃焼器１２とを接続するアンモニア流路１０３が通過する熱交換器２０が、海水流路１０７のうち復水器１７より上流側に配置される。それにより、熱交換器２０において、海水流路１０７を流通する海水を、アンモニア流路１０３を流通するアンモニアを利用して冷却できる。ゆえに、復水器１７における海水と水蒸気との間の温度差を大きくできる。よって、海水の取り込み量を低減しても、海水による水蒸気の冷却効果を維持することができる。したがって、ポンプ１９の動力を削減できるので、ガスタービンシステム

1の効率を向上させることができる。

[0031] さらに、ガスタービンシステム1では、熱交換器20において、燃焼器12に供給されるアンモニアを、海水流路107を流通する海水を利用して加熱できる。ゆえに、アンモニアを燃焼させるために必要なエネルギーの一部を海水の熱で賄うことができる。これによっても、ガスタービンシステム1の効率を向上させることができる。

[0032] 特に、ガスタービンシステム1では、熱交換器20において、アンモニアが気化しない程度に加熱される。つまり、熱交換器20において、海水の熱はアンモニアの顕熱として利用される。ゆえに、アンモニアタンク13に液体の状態で貯蔵されているアンモニアが、アンモニア流路103において気化することなく、液体の状態で燃焼器12に供給される。仮に、アンモニア流路103においてアンモニアが気化する場合、気化したアンモニアの圧力変動の抑制、および、再凝縮の防止のために追加の設備および複雑な制御が必要となる。また、気体のアンモニアを流通させる配管を大型化する必要も生じる。一方、ガスタービンシステム1では、アンモニア流路103においてアンモニアが気化しないので、これらの問題は発生しない。

[0033] 詳細には、ガスタービンシステム1の効率を効果的に向上させる観点では、上記の例のように、アンモニア流路103のうち熱交換器20とアンモニアタンク13との間に、アンモニアを加圧するポンプ21が設けられることが好ましい。それにより、アンモニアタンク13に貯蔵されているアンモニアが、ポンプ21によって加圧された後に、熱交換器20に送られる。ゆえに、熱交換器20を通過するアンモニアを気化させるために必要な顕熱が増大する。よって、熱交換器20を通過するアンモニアが気化しない範囲内で海水から回収できる熱量（つまり、顕熱として回収できる熱量）が増大する。したがって、アンモニアを燃焼させるために必要なエネルギーのうち海水の熱により賄われる割合を大きくすることができるので、ガスタービンシステム1の効率を効果的に向上させることができる。

[0034] さらに、ガスタービンシステム1では、熱交換器20において、海水流路

107を流通する海水を、アンモニア流路103を流通するアンモニアを利用して冷却できる。ゆえに、復水器17における海水と水蒸気との間の温度差を大きくできる。よって、より少ない海水取り込み量で（つまり、ポンプ19での動力消費を削減でき）、復水器17により発生する水を、より低温にすることができる。復水が低温になることでより蒸気タービン16の出口側圧力も低下するため、ボイラ14、蒸気タービン16および復水器17を通る水の熱サイクルによって取り出せるエネルギーを増大できる。これによっても、ガスタービンシステム1の効率を向上させることができる。

[0035] さらに、ガスタービンシステム1では、蒸気タービン16が起動していない状態であっても、ポンプ19を作動させることによって、低温でアンモニアタンク13に貯蔵されている難燃性のアンモニアを加熱できるので、燃焼器12で早期に安定燃焼できるようになり、ひいては、ガスタービンシステム1を早期に起動できる。

[0036] 上記では、熱交換器20が海水流路107のうち復水器17より上流側に配置される例を説明した。ただし、熱交換器20は後述する図2のガスタービンシステム1A、または、図3のガスタービンシステム1Bの第2熱交換器20bのように、海水流路107のうち復水器17より下流側に配置されてもよい。それによっても、熱交換器20において、海水流路107を流通する海水を、アンモニア流路103を流通するアンモニアを利用して冷却できるので、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。また、熱交換器20は、後述する図4のガスタービンシステム1C、または、図5のガスタービンシステム1Dのように、蒸気タービン16と復水器17とボイラ14とを接続する流路106に配置されてもよい。この場合においても、上述したガスタービンシステム1と同様に、海水の取り込み量を低減できるので、ガスタービンシステム1の効率を向上させることができる。

[0037] 以下、図2～図5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。

[0038] 図2は、第1の変形例に係るガスタービンシステム1Aの構成を示す模式

図である。図2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、熱交換器20の数が2つである点異なる。ガスタービンシステム1 Aは、主に、低緯度地方等の海水温度が高い地域で特に有効な実施形態である。

[0039] ガスタービンシステム1 Aでは、熱交換器20として、第1熱交換器20 aと、第2熱交換器20 bとが設けられる。第1熱交換器20 aは、海水流路107のうち復水器17より上流側に配置される。第2熱交換器20 bは、海水流路107のうち復水器17より下流側に配置される。アンモニア流路103は、第1熱交換器20 aおよび第2熱交換器20 bの両方の熱交換器20を通過する。

[0040] アンモニア流路103には、アンモニアが通過する熱交換器20が互いに異なる複数の状態の間でアンモニアの経路を切り替える切替機構30-1が設けられる。切替機構30-1は、アンモニア流路103のうち分岐した部分（具体的には、後述する流路103 a、103 b）と、アンモニア流路103におけるアンモニアの経路を切り替える切替バルブ31、32と、温度センサ33、34と、制御装置35とを含む。

[0041] 図2の例では、アンモニア流路103は、ポンプ21より下流側において、第1熱交換器20 aを通過した後に、流路103 aと流路103 bとに分岐している。流路103 aおよび流路103 bは、流量制御弁22より上流側において互いに合流している。流路103 bは、第2熱交換器20 bを通過する。一方、流路103 aは、第2熱交換器20 bを通過しない。

[0042] 切替バルブ31、32は、開閉弁である。各切替バルブは、設置位置において、流路を開閉する。切替バルブ31は、流路103 aに設けられる。切替バルブ31が開状態である場合、第1熱交換器20 aを通過したアンモニアは、流路103 aを通過して、燃焼器12に送られる。一方、切替バルブ31が閉状態である場合、第1熱交換器20 aを通過したアンモニアは、流路103 aを通過できない。切替バルブ32は、流路103 bのうち第2熱交換器20 bより上流側に設けられる。切替バルブ32が開状態である場合

、第1熱交換器20aを通過したアンモニアは、第2熱交換器20bを通過して、燃焼器12に送られる。一方、切替バルブ32が閉状態である場合、第1熱交換器20aを通過したアンモニアは、第2熱交換器20bには送られない。

[0043] 例えば、切替機構30-1は、切替バルブ31を開状態にし、切替バルブ32を閉状態にすることで、アンモニアを第1熱交換器20aのみに通過させて、燃焼器12に送ることができる。また、切替機構30-1は、切替バルブ31を閉状態にし、切替バルブ32を開状態にすることで、アンモニアを第1熱交換器20aおよび第2熱交換器20bの両方に通過させて、燃焼器12に送ることができる。このように、切替機構30-1は、アンモニアの経路を、アンモニアが第1熱交換器20aのみを通過する状態と、アンモニアが第1熱交換器20aおよび第2熱交換器20bの両方を通過する状態との間で切り替える。

[0044] 上記では、切替バルブ31、32が開閉弁である例を説明した。ただし、切替機構30-1に設けられる切替バルブは、開閉弁でなくてもよい。例えば、三方弁である切替バルブが、流路103aの上流端と流路103bの上流端との間の接続部分に設けられてもよい。このような切替バルブが、アンモニア流路103におけるアンモニアの経路を、アンモニアが流路103aを通過する状態と、アンモニアが流路103bを通過する状態との間で切り替えることによって、上記の例と同様に、アンモニアが通過する熱交換器20を切り替えることができる。また、切替機構30-1において、アンモニア流路103のうち分岐する部分の数および接続位置は、特に限定されない。つまり、切替機構30-1において、アンモニア流路103がどのように分岐するかは、特に限定されない。切替バルブ31、32は、流量を調整する機能を有する流量制御弁であってもよい。この場合、第1熱交換器20aおよび第2熱交換器20bの各熱交換器20に送られるアンモニアの流量をより細かく調整できる。

[0045] 温度センサ33は、第1熱交換器20aを通過したアンモニアの温度を検

出し、検出結果を制御装置 35 に出力する。温度センサ 33 は、例えば、アンモニア流路 103 のうち、流路 103 a の上流端と流路 103 b の上流端との間の接続部分と、第 1 熱交換器 20 a との間に設けられる。

[0046] 温度センサ 34 は、海に排出される海水の温度を検出し、検出結果を制御装置 35 に出力する。温度センサ 34 は、例えば、海水流路 107 のうち第 2 熱交換器 20 b より下流側に設けられる。

[0047] 制御装置 35 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 等を含む。ガスタービンシステム 1 A では、制御装置 35 は、切替バルブ 31、32 の動作を制御する。それにより、制御装置 35 は、アンモニアの経路を、アンモニアが第 1 熱交換器 20 a のみを通過する状態と、アンモニアが第 1 熱交換器 20 a および第 2 熱交換器 20 b の両方を通過する状態との間で切り替えることができる。

[0048] 制御装置 35 は、例えば、アンモニア流路 103 におけるアンモニアの状態に基づいて、アンモニアの経路を切り替えてもよい。図 2 の例では、制御装置 35 は、例えば、第 1 熱交換器 20 a を通過したアンモニアの温度に基づいて、アンモニアの経路を切り替える。

[0049] 例えば、第 1 熱交換器 20 a を通過したアンモニアの温度が目標温度以下である場合、制御装置 35 は、アンモニアが流路 103 b を通過するように切替バルブ 31、32 を制御し、アンモニアを第 1 熱交換器 20 a および第 2 熱交換器 20 b の両方に通過させる。一方、第 1 熱交換器 20 a を通過したアンモニアの温度が目標温度より高い場合、制御装置 35 は、アンモニアが流路 103 a を通過するように切替バルブ 31、32 を制御し、アンモニアを第 1 熱交換器 20 a のみに通過させる。

[0050] 目標温度は、アンモニアを海水により加熱することにより到達させる目標である。例えば、目標温度は、アンモニアが気化しない範囲でできるだけ高い温度に設定される。

[0051] アンモニアの経路を上記のように切り替えることによって、熱交換器 20 を通過するアンモニアが海水から回収する熱量を、アンモニアの気化を抑制

しつつ、できるだけ大きくすることができる。

[0052] 上記では、切替機構 30-1 が、第 1 熱交換器 20a を通過したアンモニアの温度に基づいて、アンモニアの経路を切り替える例を説明した。ただし、切替機構 30-1 は、アンモニア流路 103 におけるアンモニアの状態を示すパラメータとして、上記の温度以外のパラメータに基づいて、アンモニアの経路を切り替えてもよい。例えば、アンモニア流路 103 におけるアンモニアの流量が、アンモニア流路 103 におけるアンモニアの状態を示すパラメータとして用いられてもよい。例えば、アンモニア流路 103 におけるアンモニアの圧力が、アンモニア流路 103 におけるアンモニアの状態を示すパラメータとして用いられてもよい。

[0053] また、制御装置 35 は、例えば、海水流路 107 における海水の状態に基づいて、アンモニアの経路を切り替えてもよい。図 2 の例では、制御装置 35 は、例えば、海に排出される海水の温度に基づいて、アンモニアの経路を切り替える。

[0054] 例えば、海に排出される海水の温度が基準温度以下である場合、制御装置 35 は、アンモニアが流路 103a を通過するように切替バルブ 31、32 を制御し、アンモニアを第 1 熱交換器 20a のみに通過させる。一方、海に排出される海水の温度が基準温度より高い場合、制御装置 35 は、アンモニアが流路 103b を通過するように切替バルブ 31、32 を制御し、アンモニアを第 1 熱交換器 20a および第 2 熱交換器 20b の両方に通過させる。

[0055] 基準温度は、海に排出される海水の温度が過度に高いか否か（例えば、海水が生態系に悪影響を与える程度に高いか否か）を判断するための指標である。海に排出される海水の温度が基準温度以下である場合、海に排出される海水の温度が過度に高くはないと判断できる。一方、海に排出される海水の温度が基準温度より高い場合、海に排出される海水の温度が過度に高いと判断できる。

[0056] アンモニアの経路を上記のように切り替えることによって、海に排出される海水の温度が過度に高くなることを抑制しつつ、海水流路 107 において

海水が過度に冷却されて凝固してしまうことを抑制できる。

[0057] 上記では、切替機構 30-1 が、海に排出される海水の温度に基づいて、アンモニアの経路を切り替える例を説明した。ただし、切替機構 30-1 は、海水流路 107 における海水の状態を示すパラメータとして、上記の温度以外のパラメータに基づいて、アンモニアの経路を切り替えてもよい。例えば、海水流路 107 における海水の流量が、海水流路 107 における海水の状態を示すパラメータとして用いられてもよい。例えば、海水流路 107 における海水の圧力が、海水流路 107 における海水の状態を示すパラメータとして用いられてもよい。

[0058] 以上説明したように、ガスタービンシステム 1A では、熱交換器 20 は、海水流路 107 のうち復水器 17 より上流側に配置される第 1 熱交換器 20a と、海水流路 107 のうち復水器 17 より下流側に配置される第 2 熱交換器 20b とを含む。そして、アンモニア流路 103 には、アンモニアが通過する熱交換器 20 が互いに異なる複数の状態の間でアンモニアの経路を切り替える切替機構 30-1 が設けられる。それにより、アンモニア流路 103 において、アンモニアが通過する熱交換器 20 の数または種類を変化させることができる。図 2 の例では、アンモニアが通過する熱交換器 20 の数を変化させることができる。ゆえに、上述したガスタービンシステム 1 の効果に加えて、海水とアンモニアとの熱交換によるアンモニアの温度の上昇度合い、および、海水の温度の降下度合いを調整できる。よって、海水の温度を適切に調整しつつ、ガスタービンシステム 1A の効率を向上させることができる。

[0059] 特に、切替機構 30-1 は、上述したように、アンモニア流路 103 におけるアンモニアの状態に基づいて、アンモニアの経路を切り替えることが好ましい。それにより、海水との熱交換によるアンモニアの温度の上昇度合いを、アンモニア流路 103 におけるアンモニアの状態に基づいて適切に調整できる。よって、例えば、熱交換器 20 を通過するアンモニアが海水から回収する熱量を、アンモニアの気化を抑制しつつ、できるだけ大きくすること

が適切に実現される。

[0060] 特に、切替機構 30-1 は、上述したように、海水流路 107 における海水の状態に基づいて、アンモニアの経路を切り替えることが好ましい。それにより、アンモニアとの熱交換による海水の温度の降下度合いを、海水流路 107 における海水の状態に基づいて適切に調整できる。よって、例えば、海に排出される海水の温度が過度に高くなることを抑制しつつ、海水流路 107 において海水が過度に冷却されて凝固してしまうことを抑制することが適切に実現される。

[0061] 切替機構 30-1 は、アンモニア流路 103 におけるアンモニアの状態、および、海水流路 107 における海水の状態の一方に基づいて、アンモニアの経路を切り替えてもよい。切替機構 30-1 は、アンモニア流路 103 におけるアンモニアの状態、および、海水流路 107 における海水の状態の両方に基づいて、アンモニアの経路を切り替えてもよい。つまり、切替機構 30-1 は、アンモニア流路 103 におけるアンモニアの状態、および、海水流路 107 における海水の状態の少なくとも一方に基づいて、アンモニアの経路を切り替えてもよい。

[0062] 図 3 は、第 2 の変形例に係るガスタービンシステム 1B の構成を示す模式図である。図 3 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 1B では、上述したガスタービンシステム 1A と同様に、熱交換器 20 として、第 1 熱交換器 20a と、第 2 熱交換器 20b とが設けられる。ただし、第 2 の変形例に係るガスタービンシステム 1B では、上述したガスタービンシステム 1A と比較して、切替機構 30-1 と異なる切替機構 30-2 が設けられている。ガスタービンシステム 1B は、主に、高緯度地方等の海水温度が低い地域で特に有効な実施形態である。

[0063] 切替機構 30-2 は、上述した切替機構 30-1 と同様に、アンモニアが通過する熱交換器 20 が互いに異なる複数の状態の間でアンモニアの経路を切り替える。切替機構 30-2 では、上述した切替機構 30-1 と比較して、アンモニア流路 103 の分岐箇所が異なる。また、切替機構 30-2 は、

上述した切替機構30-1の切替バルブ31、32に替えて、切替バルブ36、37を含む。また、切替機構30-2は、上述した切替機構30-1の温度センサ33に替えて、温度センサ38を含む。切替機構30-2は、上述した切替機構30-1と同様に、温度センサ34と、制御装置35とを含む。

[0064] 図3の例では、アンモニア流路103は、ポンプ21より下流側において、流路103cと流路103dとに分岐している。流路103cおよび流路103dは、流量制御弁22より上流側において互いに合流している。流路103cは、第1熱交換器20aを通過する。一方、流路103dは、第2熱交換器20bを通過する。

[0065] 切替バルブ36、37は、開閉弁である。これらの各切替バルブは、設置位置において、流路を開閉する。切替バルブ36は、流路103cのうち第1熱交換器20aより上流側に設けられる。切替バルブ36が開状態である場合、アンモニアタンク13から供給されるアンモニアは、第1熱交換器20aを通過して、燃焼器12に送られる。一方、切替バルブ36が閉状態である場合、アンモニアタンク13から供給されるアンモニアは、第1熱交換器20aには送られない。切替バルブ37は、流路103dのうち第2熱交換器20bより上流側に設けられる。切替バルブ37が開状態である場合、アンモニアタンク13から供給されるアンモニアは、第2熱交換器20bを通過して、燃焼器12に送られる。一方、切替バルブ37が閉状態である場合、アンモニアタンク13から供給されるアンモニアは、第2熱交換器20bには送られない。

[0066] 例えば、切替機構30-2は、切替バルブ36を閉状態にし、切替バルブ37を開状態にすることで、アンモニアを第2熱交換器20bのみに通過させて、燃焼器12に送ることができる。また、切替機構30-2は、切替バルブ36および切替バルブ37の両方を開状態にすることで、アンモニアを第1熱交換器20aおよび第2熱交換器20bの両方に通過させて、燃焼器12に送ることができる。このように、切替機構30-2は、アンモニアの

経路を、アンモニアが第2熱交換器20bのみを通過する状態と、アンモニアが第1熱交換器20aおよび第2熱交換器20bの両方を通過する状態との間で切り替える。

- [0067] 上記では、切替バルブ36、37が開閉弁である例を説明した。ただし、切替バルブ36、37は、上述した切替バルブ31、32と同様に、開閉弁でなくてもよい。例えば、切替バルブ36、37の一部または全部が三方弁である切替バルブに置き換えられてもよい。また、切替機構30-2において、上述した切替機構30-1と同様に、アンモニア流路103のうち分岐する部分の数および接続位置は、特に限定されない。つまり、切替機構30-2において、アンモニア流路103がどのように分岐するかは、特に限定されない。切替バルブ36、37は、流量を調整する機能を有する流量制御弁であってもよい。この場合、第1熱交換器20aおよび第2熱交換器20bの各熱交換器20に送られるアンモニアの流量をより細かく調整できる。
- [0068] 温度センサ38は、第2熱交換器20bを通過したアンモニアの温度を検出し、検出結果を制御装置35に出力する。温度センサ38は、例えば、流路103dのうち第2熱交換器20bより下流側に設けられる。
- [0069] ガスタービンシステム1Bでは、制御装置35は、切替バルブ36、37の動作を制御する。それにより、制御装置35は、アンモニアの経路を、アンモニアが第2熱交換器20bのみを通過する状態と、アンモニアが第1熱交換器20aおよび第2熱交換器20bの両方を通過する状態との間で切り替えることができる。
- [0070] 制御装置35は、例えば、図2の例と同様に、アンモニア流路103におけるアンモニアの状態に基づいて、アンモニアの経路を切り替えてもよい。図3の例では、制御装置35は、例えば、第2熱交換器20bを通過したアンモニアの温度に基づいて、アンモニアの経路を切り替える。
- [0071] 例えば、第2熱交換器20bを通過したアンモニアの温度が目標温度より高い場合、制御装置35は、アンモニアが流路103cおよび流路103dのうち流路103dのみを通過するように切替バルブ36、37を制御し、

第2熱交換器20bのみに通過させる。一方、第2熱交換器20bを通過したアンモニアの温度が目標温度以下である場合、制御装置35は、アンモニアが流路103cおよび流路103dの両方を通過するように切替バルブ36、37を制御し、アンモニアを第1熱交換器20aおよび第2熱交換器20bの両方に通過させる。

[0072] アンモニアの経路を上記のように切り替えることによって、熱交換器20を通過するアンモニアが海水から回収する熱量を、アンモニアの気化を抑制しつつ、できるだけ大きくすることができる。

[0073] 切替機構30-2は、上述した切替機構30-1と同様に、アンモニア流路103におけるアンモニアの状態を示すパラメータとして、上記の温度以外のパラメータに基づいて、アンモニアの経路を切り替えてもよい。

[0074] また、制御装置35は、例えば、図2の例と同様に、海水流路107における海水の状態に基づいて、アンモニアの経路を切り替えてもよい。図3の例では、制御装置35は、例えば、海に排出される海水の温度に基づいて、アンモニアの経路を切り替える。

[0075] 例えば、海に排出される海水の温度が基準温度以下である場合、制御装置35は、アンモニアが流路103cおよび流路103dのうち流路103dのみに通過するように切替バルブ36、37を制御し、第2熱交換器20bのみに通過させる。一方、海に排出される海水の温度が基準温度より高い場合、制御装置35は、アンモニアが流路103cおよび流路103dの両方を通過するように切替バルブ36、37を制御し、アンモニアを第1熱交換器20aおよび第2熱交換器20bの両方に通過させる。

[0076] アンモニアの経路を上記のように切り替えることによって、海に排出される海水の温度が過度に高くなることを抑制しつつ、海水流路107において海水が過度に冷却されて凝固してしまうことを抑制できる。

[0077] 切替機構30-2は、上述した切替機構30-1と同様に、海水流路107における海水の状態を示すパラメータとして、上記の温度以外のパラメータに基づいて、アンモニアの経路を切り替えてもよい。

- [0078] 上記では、切替機構 30-2 が、アンモニアの経路を、アンモニアが第 2 熱交換器 20 b のみを通過する状態と、アンモニアが第 1 熱交換器 20 a および第 2 熱交換器 20 b の両方を通過する状態との間で切り替える例を説明した。ただし、切替機構 30-2 は、アンモニアの経路を、アンモニアが第 1 熱交換器 20 a のみを通過する状態にしてもよい。例えば、例えば、第 1 熱交換器 20 a と第 2 熱交換器 20 b との間で、アンモニアの温度の上昇度合いが異なる場合がある。この場合、切替機構 30-2 は、例えば、アンモニア流路 103 におけるアンモニアの流量に基づいて、アンモニアが第 1 熱交換器 20 a のみを通過する状態と、アンモニアが第 2 熱交換器 20 b のみを通過する状態との間でアンモニアの経路を切り替える。それにより、熱交換器 20 を通過するアンモニアが海水から回収する熱量を、アンモニアの気化を抑制しつつ、できるだけ大きくすることができる。
- [0079] 以上説明したように、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 A と同様に、熱交換器 20 は、海水流路 107 のうち復水器 17 より上流側に配置される第 1 熱交換器 20 a と、海水流路 107 のうち復水器 17 より下流側に配置される第 2 熱交換器 20 b とを含む。そして、アンモニア流路 103 には、アンモニアが通過する熱交換器 20 が互いに異なる複数の状態の間でアンモニアの経路を切り替える切替機構 30-2 が設けられる。ゆえに、上述したガスタービンシステム 1 A と同様の効果が奏される。
- [0080] 上記では、図 2 および図 3 を参照して、海水流路 107 に 2 つの熱交換器 20 が設けられる例について説明した。ただし、海水流路 107 に 3 つ以上の熱交換器 20 が設けられてもよい。
- [0081] 図 4 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 4 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、熱交換器 20 が蒸気タービン 16 と復水器 17 とボイラ 14 とを接続する流路 106 に配置される点異なる。

- [0082] 図4の例では、流路106のうち蒸気タービン16と復水器17との間に、熱交換器20が配置されている。このような熱交換器20に、アンモニア流路103が通過する。熱交換器20では、蒸気タービン16から排出され流路106を流通する水蒸気と、アンモニア流路103を流通するアンモニアとの間で熱交換が行われる。流路106を流通する水蒸気の温度は、アンモニア流路103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20では、アンモニア流路103を流通するアンモニアによって、流路106を流通する水蒸気が冷却される。一方、流路106を流通する水蒸気によって、アンモニア流路103を流通するアンモニアが加熱される。
- [0083] 以上説明したように、ガスタービンシステム1Cでは、アンモニアタンク13と燃焼器12とを接続するアンモニア流路103が通過する熱交換器20が、蒸気タービン16と復水器17とボイラ14とを接続する流路106のうち復水器17より上流側に配置される。それにより、熱交換器20において、復水器17に送られる水蒸気を、アンモニア流路103を流通するアンモニアを利用して冷却できる。ゆえに、復水器17において海水によって水蒸気から回収する必要がある熱量を低減できるので、海水の取り込み量を低減できる。したがって、ポンプ19の動力を削減できるので、ガスタービンシステム1Cの効率を向上させることができる。
- [0084] さらに、ガスタービンシステム1Cでは、海水よりも高温の水蒸気を利用してアンモニアを加熱できる。ゆえに、海水を利用してアンモニアを加熱する場合と比べて、アンモニアをより効果的に加熱できる。これによっても、ガスタービンシステム1の効率を向上させることができる。
- [0085] 図5は、第4の変形例に係るガスタービンシステム1Dの構成を示す模式図である。図5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1Dでは、上述したガスタービンシステム1Cと同様に、熱交換器20が蒸気タービン16と復水器17とボイラ14とを接続する流路106に配置される。ただし、第4の変形例に係るガスタービンシステム1Dでは、上述したガスタービンシステム1Cと異なり、熱交換器20が蒸気タービン16と復

水器 17 とボイラ 14 とを接続する流路 106 のうち復水器 17 より下流側に配置される。

[0086] 図 5 の例では、流路 106 のうち復水器 17 とポンプ 18 との間に、熱交換器 20 が配置されている。このような熱交換器 20 に、アンモニア流路 103 が通過する。熱交換器 20 では、復水器 17 で発生して流路 106 を流通する水と、アンモニア流路 103 を流通するアンモニアとの間で熱交換が行われる。流路 106 を流通する水の温度は、アンモニア流路 103 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 20 では、アンモニア流路 103 を流通するアンモニアによって、流路 106 を流通する水が冷却される。一方、流路 106 を流通する水によって、アンモニア流路 103 を流通するアンモニアが加熱される。

[0087] 以上説明したように、ガスタービンシステム 1D では、アンモニアタンク 13 と燃焼器 12 とを接続するアンモニア流路 103 が通過する熱交換器 20 が、蒸気タービン 16 と復水器 17 とボイラ 14 とを接続する流路 106 のうち復水器 17 より下流側に配置される。それにより、熱交換器 20 において、復水器 17 から下流側に送られる水を、アンモニア流路 103 を流通するアンモニアを利用して冷却できる。ゆえに、上述したガスタービンシステム 1C と同様に、復水器 17 において海水によって水蒸気から回収する必要がある熱量を低減できるので、海水の取り込み量を低減できる。したがって、ポンプ 19 の動力を削減できるので、ガスタービンシステム 1D の効率を向上させることができる。

[0088] 復水器 17 から下流側に送られる水の温度は、復水器 17 に送られる水蒸気の温度よりも低い。ゆえに、ガスタービンシステム 1D では、上述したガスタービンシステム 1C と比べて、アンモニアの温度の上昇度合いが低い。ゆえに、アンモニアが気化することを抑制できる。よって、気化したアンモニアの圧力変動の抑制、再凝縮の防止のために追加の設備および複雑な制御、ならびに、気体のアンモニアを流通させる配管の大型化を抑制できる。

[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、1 A、1 B、1 C、1 D において、タービン 1 1 b から圧縮機 1 1 a に伝達された回転動力が発電機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、1 A、1 B、1 C、1 D において、タービン 1 1 b から圧縮機 1 1 a に伝達された回転動力が、例えば、船舶等の移動体を駆動させる目的等の他の用途に利用されてもよい。

[0091] 上記では、アンモニアが液体の状態で燃焼器 1 2 に供給される例を説明した。ただし、アンモニアが気体の状態で燃焼器 1 2 に供給されてもよい。この場合、アンモニア流路 1 0 3 に気化器が設けられ、気化器によってアンモニアが気化される。

[0092] 上記では、各図面を参照して、復水器 1 7 および各熱交換器 2 0 について説明した。ただし、復水器 1 7 および各熱交換器 2 0 における高温流体の流れ方向と低温流体の流れ方向との関係は、図面の例に限定されない。例えば、復水器 1 7 および各熱交換器 2 0 は、対向流式であってもよく、並流式であってもよく、直交流式であってもよい。

[0093] 本開示は、ガスタービンシステムの効率の向上に資するので、例えば、持続可能な開発目標（SDGs）の目標 7「手ごろで信頼でき、持続可能かつ近代的なエネルギーへのアクセスを確保する」に貢献することができる。

符号の説明

[0094] 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 2 : 燃焼器 1 3 : アンモニアタンク 1 4 : ボイラ 1 6 : 蒸気タービン 1 7 : 復水器 2 0 : 熱交換器 2 0 a : 第 1 熱交換器 2 0 b : 第 2 熱交換器 3 0 - 1 : 切替機構 3 0 - 2 : 切替機構 1 0 2 : 排気流路

103 : アンモニア流路 106 : 流路 107 : 海水流路 (熱媒体流路
)

請求の範囲

- [請求項1] アンモニアが貯蔵される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ボイラと、
前記ボイラと接続される蒸気タービンと、
前記蒸気タービンと接続される復水器と、
前記復水器を通過する熱媒体流路と、
前記熱媒体流路のうち前記復水器より上流側、前記熱媒体流路のうち前記復水器より下流側、または、前記蒸気タービンと前記復水器と前記ボイラとを接続する流路に配置され、前記アンモニアタンクと前記燃焼器とを接続するアンモニア流路が通過する熱交換器と、
を備える、
ガスタービンシステム。
- [請求項2] 前記アンモニアタンクには、前記アンモニアが液体の状態で貯蔵され、
前記燃焼器には、前記アンモニアが液体の状態で供給される、
請求項1に記載のガスタービンシステム。
- [請求項3] 前記熱交換器は、前記熱媒体流路のうち前記復水器より上流側に配置される第1熱交換器と、前記熱媒体流路のうち前記復水器より下流側に配置される第2熱交換器とを含み、
前記アンモニア流路には、前記アンモニアが通過する前記熱交換器が互いに異なる複数の状態の間で前記アンモニアの経路を切り替える切替機構が設けられる、
請求項1または2に記載のガスタービンシステム。
- [請求項4] 前記切替機構は、前記アンモニア流路における前記アンモニアの状態、および、前記熱媒体流路における熱媒体の状態の少なくとも一方に基づいて、前記アンモニアの経路を切り替える、

請求項 3 に記載のガスタービンシステム。