

明 細 書

発明の名称： 液化ガス気化装置及びこれを備えた浮体設備

技術分野

[0001] 本開示は、液化ガスを気化する液化ガス気化装置及びこれを備えた浮体設備に関するものである。

背景技術

[0002] 特許文献１に示されているように、ＬＮＧを外部へ供給する際に再ガス化することが知られている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献１：特表２００２－５０６９６０号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 再ガス化しているときは、ＬＮＧタンク内のＬＮＧが消費されるので、ＬＮＧタンク内の圧力が過度に上昇するおそれがない。しかし、再ガス化していない場合、ＬＮＧタンク内の圧力は不可避免的な侵入熱等によってボイルオフガス（ＢＯＧ）が発生し、ＬＮＧタンク内の圧力が過度に上昇するおそれがある。この場合には、ＢＯＧをＬＮＧタンクから取り出してＧＣＵ（Gas Combustion Unit）で焼却処理することが行われる。

[0005] ＢＯＧを焼却処理するためにＧＣＵを設備として備えると設置スペースが必要になり、また初期投資が増加するという問題がある。これを解決するために、ＬＮＧを再ガス化する際に用いる熱源としてリガスボイラ（Regas boiler）を備えた設備の場合には、リガスボイラをＧＣＵとして兼用することが考えられる。

[0006] しかし、リガスボイラをＧＣＵとして用いた場合、リガスボイラで発生した蒸気を凝縮するための大容量のコンデンサが必要となり、初期投資が増大するという問題がある。

[0007] 本開示は、このような事情に鑑みてなされたものであって、初期投資を増大させることなくボイルオフガス焼却処理時に発生する蒸気を凝縮することができる液化ガス気化装置及びこれを備えた浮体設備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

[0008] 本開示の一態様に係る液化ガス気化装置は、液化ガスを加熱して気化する気化器と、前記気化器に接続されるとともに不凍液が循環する不凍液循環経路と、液化ガスタンクで発生したボイルオフガスを燃焼させて蒸気を生成するボイラと、前記ボイラで生成された蒸気と前記不凍液循環経路を循環する不凍液とを熱交換する蒸気熱交換器と、前記気化器にて液化ガスを加熱せずに前記液化ガスタンクで発生したボイルオフガスを前記ボイラで焼却処理するボイルオフガス焼却処理モード時の制御を行う制御部と、を備え、前記制御部は、前記ボイルオフガス焼却処理モード時に、前記ボイラで発生した蒸気を前記蒸気熱交換器へと送る。

[0009] ボイルオフガス焼却処理モード時に、ボイラで発生した蒸気を蒸気熱交換器へ送ることとした。蒸気熱交換器にて蒸気と不凍液との間で熱交換が行われ、不凍液循環経路を循環する不凍液を介して放熱されることになる。これにより、ボイルオフガス焼却処理モード時に必要となる大型のコンデンサを設ける必要がなくなり、初期投資を抑えることができる。

不凍液としては、例えば、エチレングリコール等のグリコールが用いられる。

[0010] さらに、本開示の一態様に係る液化ガス気化装置では、前記不凍液循環経路に設けられ、不凍液と海水とを熱交換する海水熱交換器を備え、前記制御部は、ボイルオフガス焼却処理モード時に、前記海水熱交換器にて不凍液から海水へと放熱を行うように制御する。

[0011] 不凍液循環経路に海水熱交換器を備え、海水熱交換器を介して不凍液から海水へと放熱を行うようにした。これにより、効果的に蒸気の凝縮熱を外部へと放熱することができる。

なお、海水熱交換器は、気化器にて液化ガスを気化する場合には、気化器を通過した後の不凍液を海水で加熱するために用いられる。

[0012] さらに、本開示の一態様に係る液化ガス気化装置では、蒸気タービンと、前記蒸気タービンから排出された蒸気を凝縮させる復水器と、前記制御部は、ボイルオフガス焼却処理モード時に、前記ボイラで発生した蒸気を前記復水器へと送る。

[0013] 復水器にも蒸気を送るようにして、復水器でも放熱できるようにした。復水器で全ての蒸気を凝縮させる必要はないので、復水器を大型化する必要がない。例えば、制御部は、先に復水器にて蒸気を凝縮させ、凝縮量が所定値を超えたら蒸気熱交換器にて蒸気を凝縮させるという制御を行っても良い。

[0014] また、本開示の一態様に係る浮体設備では、蒸気のいずれかに記載の液化ガス気化装置と、液化ガスを貯留する液化ガスタンクと、前記気化器は、前記液化ガスタンクから導かれた液化ガスを気化する。

[0015] 上記の液化ガス気化装置を備えることで、コンパクトな浮体設備を提供することができる。浮体設備としては、例えば、F S R U (Floating Storage and Regasification Unit) が挙げられる。

なお、本態様の発明は、上記した各態様の発明と組み合わせることができる。

発明の効果

[0016] 不凍液循環経路で放熱させることとしたので、初期投資を増大させることなくボイルオフガス焼却処理時に発生する蒸気を凝縮することができる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本開示の一実施形態に係るF S R Uに適用されたL N G気化設備であり、オープンループ時を示した概略構成図である。

[図2]図1のL N G気化設備であり、コンバインドループ時を示した概略構成図である。

[図3]図1のL N G気化設備であり、G C Uモード時を示した概略構成図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下に、本開示に係る実施形態について、図面を参照して説明する。

[第1実施形態]

以下、本開示の第1実施形態について説明する。

図1には、液化天然ガスであるLNG（液化ガス）を気化して外部へ供給するLNG気化装置（液化ガス気化装置）1の概略構成が示されている。LNG気化装置1は、浮体設備であるFSRU（Floating Storage and Regasification Unit）に設けられている。

[0019] FSRUは、LNG気化装置1に加えて、LNGタンク3と、ディーゼルエンジン（発電用エンジン）5とを備えている。ディーゼルエンジン5としては、油燃料とガス燃料の両方を使用できるDFDE（Dual Fuel Diesel Engine）を用いることができる。

[0020] LNGタンク3内には、LNGが貯留されている。LNGタンク3の上方には、侵入熱等によって不可避免的に発生したBOG（ボイルオフガス）が滞留している。BOGは、BOG供給配管7を介してディーゼルエンジン5へと導かれる。BOG供給配管7には、BOG圧縮機9とBOG冷却熱交換器10とが設けられている。BOG圧縮機9によってディーゼルエンジン5が要求する圧力までBOGを昇圧した後に、BOG冷却熱交換器10によってBOGが冷却される。BOG冷却熱交換器10によって冷却されたBOGがディーゼルエンジン5へと導かれる。

[0021] ディーゼルエンジン5は、図示しない発電機を駆動する。ディーゼルエンジン5によって駆動された発電機は、FSRU内で必要とされる電力を発電する。

[0022] ディーゼルエンジン5には、過給機12が設けられている。過給機12は、図示しない排気タービン及び空気圧縮機が設けられている。排気タービンと空気圧縮機は共通の軸で連結されており共に回転するようになっている。

[0023] 過給機12の排気タービンを通過した排ガスは、排ガスエコノマイザ14へと導かれる。排ガスエコノマイザ14をバイパスするように排ガスバイパ

ス配管 15 が設けられている。排ガスエコノマイザ 14 を使用する場合には、バイパス弁 15 a が閉とされている。なお、本実施形態において、黒塗りで示された弁は閉を意味し、白抜きで示された弁は開を意味する。したがって、排ガスエコノマイザ 14 を使用する場合には、排ガスエコノマイザ 14 の上流側に設けられた排ガスエコノマイザ弁 14 a は開とされている。

[0024] 過給機 12 の空気圧縮機によって圧縮された空気は、空気冷却器 16 にて冷却された後にディーゼルエンジン 5 へと導かれる。

[0025] LNG タンク 3 内の LNG は、LNG タンク 3 内に設けた LNG ポンプ 18 によって、LNG タンク 3 の外部に設けた気液分離器 20 へと導かれる。気液分離器 20 にて気相と分離された LNG は、送液ポンプ（液化ガスポンプ）22 によって LNG 配管 23 を通って気化器 25 へと導かれる。LNG ポンプ 18 及び送液ポンプ 22 は、電動ポンプとされている。気化器 25 にて気化された LNG は、送ガス配管 26 を介して外部へと供給される。LNG ポンプ 18 及び送液ポンプ 22 の発停や回転数の制御は、図示しない制御部によって行われる。

[0026] LNG 気化装置 1 は、気化器 25 に加えて、リガス（Regas）ボイラ 30 と、蒸気タービン 32 と、蒸気タービン発電機 34 と、復水器 36 と、グリコール循環経路（不凍液循環経路）38 とを備えている。

[0027] リガスボイラ（ボイラ）30 には、BOG 圧縮機 9 の下流側で BOG 供給配管 7 から分岐されたボイラ用 BOG 供給配管 40 が接続されている。ボイラ用 BOG 供給配管 40 によって導かれた BOG を燃料として、リガスボイラ 30 は動作する。なお、リガスボイラ 30 は、燃料油によって動作するようにしても良い。

[0028] リガスボイラ 30 の水ドラム 30 a は、ドラム水ポンプ 42 を介して排ガスエコノマイザ 14 内の蒸発器 44 に接続されている。蒸発器 44 で加熱された水は、リガスボイラ 30 の蒸気ドラム 30 b へと導かれるようになっている。蒸気ドラム 30 b には、給水タンク 46 から給水配管 47 を介して給水ポンプ 48 によって給水されるようになっている。

- [0029] リガスボイラ30の蒸気ドラム30bから、FSRU内（船内）の蒸気需要部50へと船内蒸気供給弁51を介して蒸気が供給されるようになっている。
- [0030] リガスボイラ30の蒸気ドラム30bと蒸気タービン32との間には、蒸気タービン用蒸気配管52が設けられている。蒸気タービン用蒸気配管52の途中位置には、過熱器53が設けられている。過熱器53は、排ガスエコノマイザ14内に設けられている。蒸気タービン用蒸気配管52には、過熱器53と蒸気タービン32との間に、蒸気止め弁54と蒸気加減弁55とが設けられている。蒸気止め弁54と蒸気加減弁55は、図示しない制御部によって制御される。
- [0031] 蒸気タービン用蒸気配管52には、過熱器53の上流側に分岐点Pが設けられている。分岐点Pと復水器36との間には、蒸気タービン32をバイパスして蒸気ドラム30b内の蒸気を復水器36へと排気する蒸気ダンプ配管57が設けられている。蒸気ダンプ配管57には、蒸気ダンプ弁58が設けられている。蒸気ダンプ弁58は、図示しない制御部によって制御され、通常運転時は閉とされている。
- [0032] リガスボイラ30の蒸気ドラム30bとグリコール循環経路38に設けられた蒸気熱交換器60との間には、蒸気供給配管62が設けられている。蒸気供給配管62には、蒸気供給弁63が設けられている。蒸気供給弁63は、図示しない制御部によって制御される。蒸気熱交換器60でグリコールを加熱した後の蒸気はドレン水となり、ドレン水配管65を介して給水タンク46へと導かれる。なお、グリコールとしては、例えばエチレングリコールが用いられる。
- [0033] 蒸気タービン32は、蒸気によって回転させられるとともに回転軸33を回転する。回転軸33は、蒸気タービン発電機34に接続されており、蒸気タービン発電機34を駆動する。蒸気タービン発電機34によって発電された電力は、船内の必要電力として用いられ、例えば、LNGを送る送液ポンプ22や、グリコールを循環させるための循環ポンプ67に用いられる。

- [0034] 復水器 36 には、蒸気タービン 32 で仕事を終えた蒸気が導かれる。復水器 36 にて凝縮された復水は、復水ポンプ 69 を介して給水タンク 46 へと導かれる。復水器 36 内には、蒸気を冷却する熱媒体として海水が導かれるようになっている。
- [0035] グリコール循環経路 38 には、海水熱交換器 72 が設けられている。海水熱交換器 72 では、海水ポンプ 70 によって海水取水配管 71 を介して導かれた海水とグリコールとが熱交換する。海水熱交換器 72 にて熱交換を終えた海水は、排水配管 73 を介して海洋へと放出される。海水ポンプ 70 は、図示しない制御部によって制御される。
- [0036] グリコール循環経路 38 は、海水熱交換器 72 の上流側に、循環ポンプ 67 を備えている。循環ポンプ 67 によって、グリコールは、海水熱交換器 72、蒸気熱交換器 60 及び気化器 25 を順に循環する。循環ポンプ 67 は、電動ポンプとされ、図示しない制御部によって制御される。
- [0037] 制御部は、例えば、CPU (Central Processing Unit)、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、及びコンピュータ読み取り可能な記憶媒体等から構成されている。そして、各種機能を実現するための一連の処理は、一例として、プログラムの形式で記憶媒体等に記憶されており、このプログラムを CPU が RAM 等に読み出して、情報の加工・演算処理を実行することにより、各種機能が実現される。なお、プログラムは、ROM やその他の記憶媒体に予めインストールしておく形態や、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体に記憶された状態で提供される形態、有線又は無線による通信手段を介して配信される形態等が適用されてもよい。コンピュータ読み取り可能な記憶媒体とは、磁気ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、DVD-ROM、半導体メモリ等である。
- [0038] <オープンループ>

次に、上記構成の LNG 気化装置 1 の動作について説明する。先ず、蒸気熱交換器 60 を用いずに、海水熱交換器 72 を用いるオープンループについて説明する。オープンループの場合、LNG の気化の為に熱源は海水が使用

され、海水熱交換器 7 2 を使って、海水でグリコールを加熱することによって必要な熱を得る。このため、水温が高い海域や夏季にオープンループが用いられる。

[0039] オープンループでは、リガスボイラ 3 0 は L N G 気化の熱源としては動作しない。リガスボイラ 3 0 の蒸気ドラム 3 0 b は、気液分離器として用いられる。制御部は、ドラム水ポンプ 4 2 を起動し、水ドラム 3 0 a 内の水を蒸発器 4 4 へと導き、排ガスエコノマイザ 1 4 を流れる排ガスと熱交換させる。蒸発器 4 4 へと導かれた水は、加熱された後に蒸気ドラム 3 0 b へと導かれて気液分離される。蒸気ドラム 3 0 b で分離された蒸気は、蒸気需要部 5 0 及び蒸気タービン 3 2 へと導かれる。蒸気タービン 3 2 へ導かれる蒸気は、排ガスエコノマイザ 1 4 の過熱器 5 3 によって過熱される。排ガスエコノマイザ 1 4 へは、ディーゼルエンジン 5 で発生した排ガスが導かれる。なお、蒸気需要部 5 0 で必要とされる蒸気量が、排ガスエコノマイザ 1 4 からの熱回収で発生する蒸気を上回る場合は、蒸気タービン 3 2 へ導かれる蒸気は遮断され、それでも蒸気量が不足する場合は、リガスボイラ 3 0 が運転される。

[0040] 制御部は、蒸気供給弁 6 3 を閉として、蒸気熱交換器 6 0 へ蒸気を流さないようにする。また、制御部は、送液ポンプ 2 2 や、循環ポンプ 6 7、海水ポンプ 7 0 等の運転を制御する。

[0041] L N G タンク 3 から導かれた L N G は、L N G 配管 2 3 を介して送液ポンプ 2 2 によって気化器 2 5 へと供給される。気化器 2 5 では、グリコール循環経路 3 8 を流れるグリコールによって加熱されて気化される。気化された L N G は、送ガス配管 2 6 を介して外部の需要先へと導かれる。

[0042] 気化器 2 5 にて L N G を気化することによって冷却されたグリコールは、海水熱交換器 7 2 にて海水によって加熱される。海水によって加熱されたグリコールは、蒸気熱交換器 6 0 へ導かれる。蒸気熱交換器 6 0 には、リガスボイラ 3 0 から蒸気が導かれないので、蒸気熱交換器 6 0 にて加熱されることなくグリコールは気化器 2 5 へと導かれる。

[0043] <コンバインド（クローズ）ループ>

次に、図2を参照して、蒸気熱交換器60を用いるコンバインドループ又はクローズループについて説明する。コンバインドループ及びクローズループでは、いずれも蒸気熱交換器60を用いることで共通する。ただし、クローズループでは、海水熱交換器72を用いず、コンバインドループでは海水熱交換器72を部分的に用いる。

[0044] LNGタンク3からBOGがボイラ用BOG供給配管40を介してBOGガリガスボイラ30に導かれる。リガスボイラ30では、BOGを燃料としてバーナ（図示せず）にて火炎が形成されることによって、給水配管47を介して供給された給水が加熱されて蒸気が生成される。生成された蒸気は、蒸気ドラム30bから蒸気需要部50へ導かれる。排ガスエコマイザ14で発生した蒸気もリガスボイラ30の加勢となる。排ガスエコマイザ14へは、ディーゼルエンジン5で発生した排ガスが導かれる。

[0045] 制御部は、蒸気供給弁63を開とするとともに、海水ポンプ70を停止する。これにより、グリコール循環経路38を流れるグリコールは、蒸気熱交換器60によって加熱されることになる。

[0046] このように、クローズループでは、海水熱交換器72を使用しないので、冷却された海水を海洋に放出することがない。したがって、環境負荷を低減することができる。

なお、必要な場合は、コンバインドループとして、必要量だけ海水を海水熱交換器72に供給してグリコールを補助的に加熱するようにしても良い。

コンバインドループ時は、蒸気加減弁55を閉めることで、排熱回収の熱をFSRU側に回して、リガスボイラ30への投入燃料を下げる方がメリットがある。

[0047] <GCUモード時>

次に、図3を参照して、GCUモード時（ボイルオフガス焼却処理モード時）について説明する。GCUモード時は、気化器25にてLNGを加熱して気化することは行われない。すなわち、外部からLNGの気化が要求され

ていない状態である。したがって、気化器 25 では L N G との熱交換は行われない。

[0048] L N G を外部へ送出しないので、L N G タンク 3 内には不可避免的な侵入熱等によって B O G が発生し、L N G タンク 3 内の圧力が上昇する。制御部は、L N G タンク 3 内の圧力が所定圧よりも上昇した場合には、B O G を焼却処理するために G C U モードを選択する。

[0049] G C U モードが選択されると、制御部は、B O G をリガスボイラ 30 へと供給する。これにより、リガスボイラ 30 にて B O G が焼却処理される。このときに発生した蒸気は、蒸気ドラム 30 b から蒸気熱交換器 60 へと送られる。すなわち、蒸気供給弁 63 を開とする。このとき、蒸気加減弁 55 は閉とされ、蒸気タービン 32 には蒸気は供給されず、蒸気タービン 32 は停止されている。

[0050] グリコール循環経路 38 では、循環ポンプ 67 が起動され、グリコールが循環している。また、海水ポンプ 70 が起動され、海水が海水熱交換器 72 に供給される。これにより、蒸気熱交換器 60 へ供給された蒸気はグリコールによって冷却され、ドレン水は給水タンク 46 へと送られる。蒸気を冷却して温度上昇したグリコールは、気化器 25 を通過した後に海水熱交換器 72 へと導かれる。気化器 25 には L N G が供給されていないので気化器 25 ではグリコールは熱交換しない。しかし、海水熱交換器 72 にてグリコールは海水によって冷却される。これにより、蒸気熱交換器 60 にて回収された蒸気の凝縮熱は、海水熱交換器 72 によって外部へと排出される。

[0051] <本実施形態の作用効果>

本実施形態によれば、以下の作用効果を奏する。

G C U モード時（図 3 参照）に、リガスボイラ 30 で発生した蒸気を蒸気熱交換器 60 へ送ることとした。蒸気熱交換器 60 にて蒸気とグリコールとの間で熱交換が行われ、グリコール循環経路 38 を循環するグリコールを介して放熱されることになる。すなわち、グリコール循環経路 38 で蒸気をダンプ処理することにより、G C U モード時に必要となる大型のコンデンサを

設ける必要がなくなり、初期投資を抑えることができる。

[0052] グリコール循環経路 3 8 に海水熱交換器 7 2 を備え、海水熱交換器 7 2 を介してグリコールから海水へと放熱を行うようにした。これにより、効果的に B O G 焼却によって発生した蒸気の凝縮熱を外部へと放熱することができる。

[0053] なお、蒸気ダンプ弁 5 8 を開として、蒸気熱交換器 6 0 を復水器 3 6 の補助として用いるようにしてもよい。これにより、既存の復水器 3 6 を有効に利用することができる。例えば、制御部は、G C U モード時に蒸気供給弁 6 3 を閉としたままで蒸気ダンプ弁 5 8 を開とし、先ずは復水器 3 6 でダンプした蒸気を凝縮させる。そして、制御部は、G C U モード時のリガスボイラ 3 0 の負荷を演算しておき、復水器 3 6 で回収する熱量が所定値を超えた場合に、蒸気ダンプ弁 5 8 は開度を維持し、蒸気供給弁 6 3 を開として、蒸気熱交換器 6 0 を利用する。これにより、蒸気熱交換器 6 0 と復水器 3 6 にて B O G 燃焼による発生蒸気の凝縮熱を分配することができ、各機器を適正な容量に抑えることができる。

符号の説明

- [0054] 1 L N G 気化装置（液化ガス気化装置）
3 L N G タンク（液化ガスタンク）
5 ディーゼルエンジン（発電用エンジン）
7 B O G 供給配管
9 B O G 圧縮機
1 0 B O G 冷却熱交換器
1 2 過給機
1 4 排ガスエコノマイザ
1 4 a 排ガスエコノマイザ弁
1 5 排ガスバイパス配管
1 5 a バイパス弁
1 6 空気冷却器

- 18 LNGポンプ
- 20 気液分離器
- 22 送液ポンプ（液化ガスポンプ）
- 23 LNG配管
- 25 気化器
- 26 送ガス配管
- 30 リガスボイラ（ボイラ）
- 30a 水ドラム
- 30b 蒸気ドラム
- 32 蒸気タービン
- 33 回転軸
- 34 蒸気タービン発電機
- 36 復水器
- 38 グリコール循環経路（不凍液循環経路）
- 40 ボイラ用BOG供給配管
- 42 ドラム水ポンプ
- 44 蒸発器
- 46 給水タンク
- 47 給水配管
- 48 給水ポンプ
- 50 蒸気需要部
- 51 船内蒸気供給弁
- 52 蒸気タービン用蒸気配管
- 53 過熱器
- 54 蒸気止め弁
- 55 蒸気加減弁
- 57 蒸気ダンプ配管
- 58 蒸気ダンプ弁

- 6 0 蒸気熱交換器
- 6 2 蒸気供給配管
- 6 3 蒸気供給弁
- 6 5 ドレン水配管
- 6 7 循環ポンプ
- 6 9 復水ポンプ
- 7 0 海水ポンプ
- 7 1 海水取水配管
- 7 2 海水熱交換器
- 7 3 排水配管

請求の範囲

- [請求項1] 液化ガスを加熱して気化する気化器と、
 前記気化器に接続されるとともに不凍液が循環する不凍液循環経路と、
 と、
 液化ガスタンクで発生したボイルオフガスを燃焼させて蒸気を生成するボイラと、
 前記ボイラで生成された蒸気と前記不凍液循環経路を循環する不凍液とを熱交換する蒸気熱交換器と、
 前記気化器にて液化ガスを加熱せずに前記液化ガスタンクで発生したボイルオフガスを前記ボイラで焼却処理するボイルオフガス焼却処理モード時の制御を行う制御部と、
 を備え、
 前記制御部は、前記ボイルオフガス焼却処理モード時に、前記ボイラで発生した蒸気を前記蒸気熱交換器へと送る液化ガス気化装置。
- [請求項2] 前記不凍液循環経路に設けられ、不凍液と海水とを熱交換する海水熱交換器を備え、
 前記制御部は、ボイルオフガス焼却処理モード時に、前記海水熱交換器にて不凍液から海水へと放熱を行うように制御する請求項1に記載の液化ガス気化装置。
- [請求項3] 蒸気タービンと、
 前記蒸気タービンから排出された蒸気を凝縮させる復水器と、
 前記制御部は、ボイルオフガス焼却処理モード時に、前記ボイラで発生した蒸気を前記復水器へと送る請求項1又は2に記載の液化ガス気化装置。
- [請求項4] 請求項1に記載の液化ガス気化装置と、
 液化ガスを貯留する前記液化ガスタンクと、
 を備え、
 前記気化器は、前記液化ガスタンクから導かれた液化ガスを気化す

る浮体設備。