



(10) 授权公告号 CN 110997475 B

(45) 授权公告日 2022. 10. 04

(21) 申请号 201780093525.6

(22) 申请日 2017.08.03

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110997475 A

(43) 申请公布日 2020.04.10

(30) 优先权数据
10-2017-0097313 2017.07.31 KR
10-2017-0097805 2017.08.01 KR

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2020.01.22

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/KR2017/008373 2017.08.03

(87) PCT国际申请的公布数据
W02019/027064 KO 2019.02.07

(73) 专利权人 大宇造船海洋株式会社
地址 韩国庆尚南道巨济市巨堤大路3370
(邮递区号:53302)

(72) 发明人 李準採 崔东圭

(74) 专利代理机构 北京同立钧成知识产权代理有限公司 11205
专利代理师 马爽 臧建明

(51) Int.Cl.
B63B 25/16 (2006.01)
B63H 21/38 (2006.01)
F17C 6/00 (2006.01)
F17C 9/02 (2006.01)
F17C 13/00 (2006.01)

(56) 对比文件
KR 20160008809 A, 2016.01.25
KR 20160008809 A, 2016.01.25
KR 20160142257 A, 2016.12.12
KR 20140075582 A, 2014.06.19
KR 20140075594 A, 2014.06.19
KR 20140075647 A, 2014.06.19
US 2016114876 A1, 2016.04.28
CN 1042407 A, 1990.05.23
JP H11182795 A, 1999.07.06

审查员 陈岚

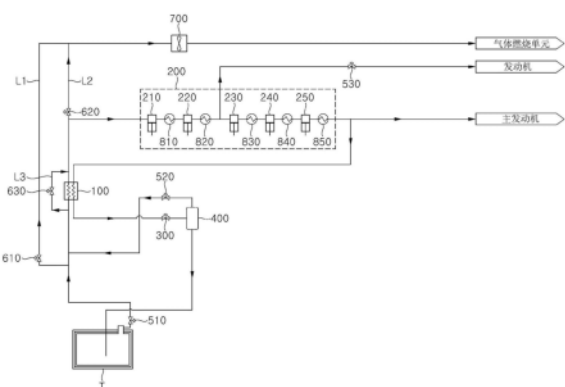
权利要求书2页 说明书16页 附图4页

(54) 发明名称

用于船舶的蒸发气体再液化系统和蒸发气体再液化方法

(57) 摘要

本发明公开一种用于船舶的蒸发气体再液化系统和蒸发气体再液化方法。用于船舶的蒸发气体再液化系统包括：多级压缩机，用于压缩蒸发气体；热交换器，用于通过使用在由多级压缩机压缩之前的蒸发气体作为制冷剂来使由多级压缩机压缩的蒸发气体进行热交换并由此冷却所述蒸发气体；减压装置，安装在热交换器的后端处且减压由热交换器冷却的流体；以及旁路管线，用于使得蒸发气体能够绕过热交换器并供应到多级压缩机。



1. 一种用于船舶的蒸发气体再液化系统,包括:

多级压缩机,压缩蒸发气体;

热交换器,使用未由所述多级压缩机压缩的蒸发气体作为制冷剂经由热交换冷却由所述多级压缩机压缩的所述蒸发气体;

减压器,安置于所述热交换器的下游且减压由所述热交换器冷却的流体;以及

气液分离器,供应从所述热交换器收集的所述蒸发气体;

旁路管线,蒸发气体在绕过所述热交换器之后经由所述旁路管线供应到所述多级压缩机,

其中由所述多级压缩机压缩且温度增加的所述蒸发气体供应到所述热交换器的热流体通道,且所述多级压缩机包括至少一个油润滑型汽缸,且残余物包括在先前蒸发气体再液化后由所述多级压缩机压缩并发送到所述热交换器的蒸发气体以及与由所述多级压缩机压缩的所述蒸发气体混合的润滑油,以及

经由通过所述旁路管线绕过所述热交换器将所述气液分离器所供应的所述蒸发气体供应到所述多级压缩机,所述蒸发气体不供应到所述热交换器的冷流体通道,但由所述多级压缩机压缩且温度增加的所述蒸发气体供应到所述热交换器的所述热流体通道,

供应由所述多级压缩机压缩且温度增加的所述蒸发气体到所述热交换器的所述热流体通道的过程持续预定时间周期以从所述热交换器移除残余物或异物。

2. 根据权利要求1所述的用于船舶的蒸发气体再液化系统,其中当无法使用所述热交换器时或当不需要再液化所述蒸发气体时,所述蒸发气体在绕过所述热交换器之后沿着所述旁路管线供应到所述多级压缩机。

3. 根据权利要求1所述的用于船舶的蒸发气体再液化系统,其中从存储槽排放的所述蒸发气体用作所述热交换器中的制冷剂,且当供应到所述多级压缩机的所述蒸发气体的压力不满足所述多级压缩机的进气压力条件时或当需要将所述存储槽的内部压力减小为低压时,所述蒸发气体中的一些或全部在绕过所述热交换器之后沿着所述旁路管线供应到所述多级压缩机以满足所述多级压缩机的进气压力条件。

4. 根据权利要求1所述的用于船舶的蒸发气体再液化系统,其中在所述预定时间周期已经过去之后,所述蒸发气体通过将蒸发气体供应到所述热交换器的所述冷流体通道来再液化以使用作所述热交换器中的制冷剂。

5. 根据权利要求1所述的用于船舶的蒸发气体再液化系统,其中所述热交换器包括微通道型流体通道。

6. 一种用于船舶的蒸发气体再液化方法,包括:

1) 由多级压缩机压缩蒸发气体;

2) 使用未由所述多级压缩机压缩的蒸发气体作为制冷剂利用热交换器经由热交换冷却由所述多级压缩机压缩的所述蒸发气体;以及

3) 由减压器减压由所述热交换器冷却的流体,

其中所述蒸发气体在绕过所述热交换器之后沿着旁路管线供应到所述多级压缩机且由所述多级压缩机压缩且温度增加的所述蒸发气体供应到所述热交换器的热流体通道,且所述多级压缩机包括至少一个油润滑型汽缸,且残余物包括在先前蒸发气体再液化后由所述多级压缩机压缩并发送到所述热交换器的蒸发气体以及与由所述多级压缩机压缩的所

述蒸发气体混合的润滑油,以及

经由通过所述旁路管线绕过所述热交换器将由气液分离器所供应并从所述热交换器收集来的所述蒸发气体供应到所述多级压缩机,所述蒸发气体不供应到所述热交换器的冷流体通道,但由所述多级压缩机压缩且温度增加的所述蒸发气体供应到所述热交换器的所述热流体通道,

供应由所述多级压缩机压缩且温度增加的所述蒸发气体到所述热交换器的所述热流体通道的过程持续预定时间周期以从所述热交换器移除残余物或异物。

7. 根据权利要求6所述的用于船舶的蒸发气体再液化方法,其中如果所述热交换器的性能下降到其正常性能的60% 到80%,那么确定到了移除经冷凝或凝固的所述润滑油的时间。

8. 根据权利要求6所述的用于船舶的蒸发气体再液化方法,其中基于以下中的至少一个确定到了移除经冷凝或凝固的所述润滑油的时间:所述热交换器的所述冷流体通道上游与所述热交换器的热流体通道下游之间的温差,下文中称为‘冷流的温差’;所述热交换器的所述冷流体通道下游与所述热交换器的所述热流体通道上游之间的温差,下文中称为‘热流的温差’;以及所述热流体通道的上游与下游之间的压力差,下文中称为‘所述热流体通道的压力差’。

9. 根据权利要求8所述的用于船舶的蒸发气体再液化方法,其中当所述冷流的温差与所述热流的温差之间的较低值为第一预设值或大于第一预设值的状态持续预定时间周期或更长时间时或当所述热流体通道的所述压力差为第二预设值或大于第二预设值的状态持续预定时间周期或更长时间时,确定到了移除经冷凝或凝固的所述润滑油的时间。

10. 根据权利要求6所述的用于船舶的蒸发气体再液化方法,其中从存储槽排放的蒸发气体用作所述热交换器中的制冷剂,且当供应到所述多级压缩机的所述蒸发气体的压力不满足所述多级压缩机的进气压力条件时或当需要将所述存储槽的内部压力减小为低压时,所述蒸发气体中的一些或全部在绕过所述热交换器之后沿着所述旁路管线供应到所述多级压缩机以满足所述多级压缩机的所述进气压力条件。

用于船舶的蒸发气体再液化系统和蒸发气体再液化方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于再液化在使用蒸发气体作为制冷剂的存储槽中产生的蒸发气体的系统和方法。

背景技术

[0002] 一般来说,天然气液化并且以液化天然气(liquefied natural gas,LNG)的形式长距离运输。液化天然气通过在大气压下将天然气冷却到约-163℃的极低温度来获得,且与呈气态的天然气相比,因为液化天然气的体积大大减小,所以非常适合于由海路长距离运输。

[0003] 即使在液化天然气存储槽是隔热的时,对完全阻隔外部热量仍存在限制。因此,液化天然气由传递到存储槽中的热量而在液化天然气存储槽中持续汽化。在存储槽中汽化的液化天然气被称作蒸发气体(boil-off gas,BOG)。

[0004] 如果存储槽中的压力归因于蒸发气体的产生而超出预定压力,那么蒸发气体从存储槽中排放。从存储槽排放的蒸发气体用作发动机的燃料,或再液化且返回到存储槽。

[0005] 通常,蒸发气体再液化系统采用冷却循环以经由冷却再液化蒸发气体。经由与制冷剂热交换来执行蒸发气体的冷却,且所属领域中使用将蒸发气体自身用作制冷剂的部分再液化系统(partial reliquefaction system,PRS)。

[0006] 图1是典型的部分再液化系统的示意性框图。

[0007] 参看图1,在典型的部分再液化系统中,从存储槽T排放的蒸发气体由多级压缩机200经由多个阶段压缩且使用从存储槽排放的蒸发气体利用热交换器100经由热交换冷却。

[0008] 由热交换器100冷却的流体由减压器300膨胀以使得流体中的一些或全部再液化,并且由蒸发气体再液化产生的液化天然气由气液分离器400与呈汽相的蒸发气体分离。

发明内容

[0009] 技术问题

[0010] 即使对于配置成处理在船航行期间所产生的所有蒸发气体的再液化系统,在将液化天然气装载到存储槽以及类似物中的情况下仍需要烧尽过量的蒸发气体。

[0011] 本发明的实施例提供一种包含再液化系统的船,所述再液化系统能够准备产生过量的蒸发气体且正常操作。

[0012] 技术解决方案

[0013] 根据本发明的一个方面,提供一种用于船的蒸发气体再液化系统,包含:多级压缩机,压缩蒸发气体;热交换器,使用未由多级压缩机压缩的蒸发气体作为制冷剂经由热交换冷却由多级压缩机压缩的蒸发气体;减压器,安置于热交换器的下游且减压由热交换器冷却的流体;以及旁路管线,蒸发气体在绕过热交换器之后经由所述旁路管线供应到多级压缩机。

[0014] 当无法使用热交换器时或当不需要再液化蒸发气体时,蒸发气体在绕过热交换器

之后可沿着旁路管线供应到多级压缩机。

[0015] 多级压缩机可包含至少一个油润滑型汽缸,且当热交换器的流体通道部分或完全被经冷凝或凝固的润滑油阻塞时,蒸发气体在绕过热交换器之后可沿着旁路管线供应到多级压缩机。

[0016] 从存储槽排放的蒸发气体可用作热交换器中的制冷剂,且当供应到多级压缩机的蒸发气体的压力不满足多级压缩机的进气压力条件时和/或当需要将存储槽的内部压力减小为低压时,蒸发气体中的一些或全部在绕过热交换器之后可沿着旁路管线供应到多级压缩机以满足多级压缩机的进气压力条件。

[0017] 根据本发明的另一个方面,提供一种用于船的蒸发气体(蒸发气体)再液化系统,包含:多级压缩机,压缩蒸发气体;热交换器,使用未由多级压缩机压缩的蒸发气体作为制冷剂经由热交换冷却由多级压缩机压缩的蒸发气体;减压器,安置于热交换器的下游且减压由热交换器冷却的流体;以及旁路管线,蒸发气体在绕过热交换器之后经由所述旁路管线供应到多级压缩机,其中在开始或重新开始蒸发气体再液化后,蒸发气体在绕过热交换器之后沿着旁路管线供应到多级压缩机。

[0018] 由多级压缩机压缩且温度增加的蒸发气体可供应到热交换器的热流体通道。

[0019] 供应由多级压缩机压缩且温度增加的蒸发气体到热交换器的热流体通道的过程可持续预定时间周期以从热交换器移除残余物或异物。

[0020] 预定时间周期可以是2到5分钟。

[0021] 压缩机可包含至少一个油润滑型汽缸,且残余物可包含在先前蒸发气体再液化后由压缩机压缩并发送到热交换器的蒸发气体以及与由压缩机压缩的蒸发气体混合的润滑油。

[0022] 润滑油在热交换器内可处于经冷凝或凝固状态。

[0023] 在预定时间周期内,蒸发气体可循环穿过旁路管线、多级压缩机、热交换器的热流体通道以及减压器。

[0024] 在预定时间周期已经过去之后,蒸发气体可通过将蒸发气体供应到热交换器的冷流体通道来再液化以使用作热交换器中的制冷剂。

[0025] 由多级压缩机压缩的蒸发气体中的一些可供应到主发动机。

[0026] 压缩机可将蒸发气体压缩到150到350bar的压力。

[0027] 压缩机可将蒸发气体压缩到80到250bar的压力。

[0028] 热交换器可包含微通道型流体通道。

[0029] 热交换器可以是PCHE。

[0030] 根据本发明的另一方面,提供一种用于船的蒸发气体再液化方法,包含:1)由多级压缩机压缩蒸发气体;2)使用未由多级压缩机压缩的蒸发气体作为制冷剂利用热交换器经由热交换冷却由多级压缩机压缩的蒸发气体;以及3)由减压器减压由热交换器冷却的流体,其中蒸发气体在绕过热交换器之后沿着旁路管线供应到多级压缩机。

[0031] 当无法使用热交换器时和/或当不需要再液化蒸发气体时,蒸发气体在绕过热交换器之后可沿着旁路管线供应到多级压缩机。

[0032] 多级压缩机可包含至少一个油润滑型汽缸,且当热交换器的流体通道部分或完全被经冷凝或凝固的润滑油阻塞时,蒸发气体在绕过热交换器之后可沿着旁路管线供应到多

级压缩机。

[0033] 如果热交换器的性能下降到其正常性能的60到80%，那么可确定到了移除经冷凝或凝固的润滑油的时间。

[0034] 可基于以下中的至少一个确定到了移除经冷凝或凝固的润滑油的时间：热交换器的冷流体通道上游与热交换器的热流体通道下游之间的温差（下文中称为“冷流的温差”）；热交换器的冷流体通道下游与热交换器的热流体通道上游之间的温差（下文中称为“热流的温差”）；以及热流体通道上游与下游之间的压力差（下文中称为“热流体通道的压力差”）。

[0035] 当冷流的温差与热流的温差之间的较低值为第一预设值或大于第一预设值的状态持续预定时间周期或更长时间时或当热流体通道的压力差为第二预设值或大于第二预设值的状态持续预定时间周期或更长时间时，确定到了移除经冷凝或凝固的润滑油的时间。

[0036] 蒸发气体可循环穿过旁路管线、多级压缩机、热交换器的热流体通道以及减压器直到热交换器正规化为止。

[0037] 蒸发气体的循环可持续直到确定热交换器的热流体通道的温度增加到由多级压缩机压缩并发送到热交换器的热流体通道的蒸发气体的温度为止。

[0038] 可在经冷凝或凝固的润滑油的移除期间驱动发动机。

[0039] 从存储槽排放的蒸发气体可用作热交换器中的制冷剂，并且当供应到多级压缩机的蒸发气体的压力不满足多级压缩机的进气压力条件时和/或当需要将存储槽的内部压力减小为低压时，蒸发气体中的一些或全部在绕过热交换器之后可沿着旁路管线供应到多级压缩机以满足多级压缩机的进气压力条件。

[0040] 压缩机可将蒸发气体压缩到150到350bar的压力。

[0041] 压缩机可将蒸发气体压缩到80到250bar的压力。

[0042] 热交换器可包含微通道型流体通道。

[0043] 热交换器可以是PCHE。

[0044] 根据本发明的另一方面，提供一种启动用于船的蒸发气体再液化系统的方法，包含：由多级压缩机压缩蒸发气体；使用未由多级压缩机压缩的蒸发气体作为制冷剂利用热交换器经由热交换冷却由多级压缩机压缩的蒸发气体；以及由减压器减压由热交换器冷却的流体，其中在开始或重新开始蒸发气体再液化后，蒸发气体在绕过热交换器之后沿着旁路管线供应到多级压缩机。

[0045] 由多级压缩机压缩且温度增加的蒸发气体可供应到热交换器的热流体通道。

[0046] 供应由多级压缩机压缩且温度增加的蒸发气体到热交换器的热流体通道的过程可持续预定时间周期以从热交换器移除残余物或异物。

[0047] 预定时间周期可以是2到5分钟。

[0048] 压缩机可包含至少一个油润滑型汽缸，且残余物可包含在先前蒸发气体再液化后由压缩机压缩并发送到热交换器的蒸发气体以及与由压缩机压缩的蒸发气体混合的润滑油。

[0049] 润滑油在热交换器内可处于经冷凝或凝固状态。

[0050] 在预定时间周期内，蒸发气体可循环穿过旁路管线、多级压缩机、热交换器的热流

体通道以及减压器。

[0051] 在预定时间周期已经过去之后,蒸发气体可通过将蒸发气体供应到热交换器的冷流体通道来再液化以使用作热交换器中的制冷剂。

[0052] 由多级压缩机压缩的蒸发气体中的一些可供应到主发动机。

[0053] 压缩机可将蒸发气体压缩到150到350bar的压力。

[0054] 压缩机可将蒸发气体压缩到80到250bar的压力。

[0055] 热交换器可包含微通道型流体通道。

[0056] 热交换器可以是PCHE。

[0057] 有利效应

[0058] 根据本发明,有可能即使当从存储槽排放的蒸发气体的量超出使用蒸发气体作为制冷剂待再液化的蒸发气体的量时处理蒸发气体。

[0059] 根据本发明,因为发送到气体燃烧单元(gas combustion unit,GCU)的蒸发气体的冷热量可用于再液化蒸发气体,所以有可能增加待再液化的蒸发气体的量同时减小发送到气体燃烧单元的蒸发气体的量。因此,即使在产生过量蒸发气体的情况下,待由气体燃烧单元燃烧的蒸发气体的量仍可减小,由此尽可能地遏制在由船运输期间液化天然气的损失。

[0060] 根据本发明,蒸发气体在绕过热交换器之后被供应所经由的旁路管线可以各种方式使用。

附图说明

[0061] 图1是典型的部分再液化系统的示意性框图。

[0062] 图2是根据本发明的第一实施例的用于船的蒸发气体再液化系统的示意性框图。

[0063] 图3是根据本发明的第二实施例的用于船的蒸发气体再液化系统的示意性框图。

[0064] 图4是根据本发明的第三实施例的用于船的蒸发气体再液化系统的示意性框图。

具体实施方式

[0065] 在下文中,将参考附图详细地描述本发明的实施例。根据本发明的船可应用于各种船,例如装备有由天然气加燃料的发动机的船、包含液化气存储槽的船、船舶结构,等等。应理解,以下实施例可以不同方式修改且不限本发明的范围。

[0066] 虽然将借助于以下实施例中的实例描述液化天然气,但应理解,本发明可应用于各种类型的液化气并且以下实施例可以各种方式修改且不限本发明的范围。

[0067] 此外,根据本发明的系统的每一流体供应管线中的流体可具有液相、汽液混合相、汽相以及超临界流体相,这取决于系统的操作条件。

[0068] 图2是根据本发明的第一实施例的用于船的蒸发气体再液化系统的示意性框图。

[0069] 参看图2,根据这一实施例的包含于船中的蒸发气体再液化系统包含多级压缩机200、热交换器100、减压器300以及第一排放管线L1。

[0070] 虽然存储槽T配备有密封且隔热屏障以在低温温度下存储例如液化天然气的液化气,但是存储槽T无法完全隔绝来自外部的热传递并且存储槽T的内部压力可经由其中的液化气连续蒸发而增加。为通过防止存储槽的内部压力归因于蒸发气体而过量增加来维持内

部压力的适当液位,蒸发气体从存储槽T排放。

[0071] 用于控制蒸发气体的流动速率和对应管线的打开和关闭的第一控制阀510可安置于蒸发气体从存储槽T排放所经由的管线上。

[0072] 根据这一实施例的多级压缩机200包含多个压缩汽缸210、220、230、240、250以及多个冷却器810、820、830、840、850,且经由多个阶段压缩从存储槽T排放的蒸发气体。在这一实施例中,多个冷却器810、820、830、840、850安置于多个压缩汽缸210、220、230、240、250的下游以与压缩汽缸210、220、230、240、250交替地布置,并且冷却由压缩汽缸210、220、230、240、250压缩且增加温度的蒸发气体。

[0073] 由多级压缩机200压缩的一些蒸发气体可供应到船的主发动机,并且未待由主发动机使用的其它蒸发气体可供应到热交换器100以便经历再液化过程。

[0074] 主发动机可以是ME-GI发动机,其由两个冲程组成且采用狄塞尔循环(diesel cycle),其中将具有约300bar压力的高压天然气直接注入到燃烧室中在活塞的上止点附近。

[0075] ME-GI发动机已知使用具有约150到400bar,优选地约150到约350bar,更优选约300bar的压力的天然气作为燃料。

[0076] 多级压缩机200可将蒸发气体压缩到主发动机所需的压力,例如在主发动机是ME-GI发动机时约150到350bar的压力。

[0077] 代替于ME-GI发动机作为主发动机,可使用将具有约6到20bar的压力的蒸发气体用作燃料的X-DF发动机或DF发动机。在这种情况下,因为待供应到主发动机的经压缩的蒸发气体具有低压,所以待供应到主发动机的经压缩的蒸发气体可进一步压缩以用于再液化。用于再液化的进一步经压缩的蒸发气体可具有约80到250bar的压力。

[0078] 已经通过多级压缩机200的汽缸当中的一些汽缸210、220的一些蒸发气体可经划分且供应到发电机。根据这一实施例的发电机需要具有约6.5bar压力的天然气,且由多级压缩机200的汽缸当中的一些汽缸210、220压缩到压力为6.5bar的一些蒸发气体可供应到发电机。用于控制蒸发气体的流动速率和对应管线的打开和关闭的第三控制阀530可安置于蒸发气体从多级压缩机200供应到发电机所经由的管线上。

[0079] 根据这一实施例,热交换器100使用从存储槽T排放的蒸发气体经由热交换冷却由多级压缩机200压缩的蒸发气体中的一些或全部。

[0080] 如果热交换器100例如在热交换器100的检修或故障后不可用,那么可允许从存储槽T排放的蒸发气体经由旁路管线L3绕过热交换器100。根据这一实施例,旁路管线L3具备打开或关闭旁路管线L3的第三断流阀630。第三断流阀630在正常时间中关闭且在需要使用旁路管线L3时打开。

[0081] 旁路管线L3可用于以下情况。

[0082] 1) 在热交换器无法使用的情况下

[0083] 基本上,旁路管线L3用于热交换器100不可用的情况下,例如在热交换器100的检修或故障后。借助于实例,在当由多级压缩机200压缩的蒸发气体中的一些或全部供应到主发动机时热交换器100不可用的情况下,放弃再液化未由主发动机使用的过剩的蒸发气体,且从存储槽T排放的蒸发气体在绕过热交换器100之后沿着旁路管线L3直接供应到待压缩的多级压缩机200。接着,由多级压缩机200压缩的蒸发气体供应到主发动机,并且过剩的蒸

发气体发送到气体燃烧单元且由气体燃烧单元燃烧。

[0084] 2) 移除经冷凝或凝固的润滑油

[0085] 作为使用旁路管线L3来检修热交换器100的实例,当热交换器100的流体通道被经冷凝或凝固的润滑油堵塞时,经冷凝或凝固的润滑油可经由旁路管线L3移除。

[0086] 包含在多级压缩机200中的汽缸210,220,230,240,250中的一些可以无油润滑方式(oil-free lubricated)操作且其它汽缸可以油润滑方式(oil lubricated)操作。具体地说,当蒸发气体压缩到等于或大于80bar、优选地等于或大于100bar,以便使用由多级压缩机200压缩的蒸发气体作为主发动机的燃料或用于实现再液化效率时,多级压缩机200包含油润滑型汽缸以便将蒸发气体压缩到高压。

[0087] 在相关技术中,用于润滑和冷却的润滑油供应到往复型压缩机200(例如其活塞密封部件),以便将蒸发气体压缩到等于或大于100bar。

[0088] 因为润滑油供应到油润滑型汽缸,所以在相关技术中一些润滑油与已经通过油润滑型汽缸的蒸发气体混合。本发明的创作人发现,因为与蒸发气体混合的润滑油在热交换器100中的蒸发气体之前经冷凝或凝固且累积于热交换器100的流体通道中,所以归因于随着时间的过去累积于热交换器100中的经冷凝或凝固的润滑油的量增加而需要在预定时间周期之后从热交换器100移除所述经冷凝或凝固的润滑油。

[0089] 具体地说,虽然考虑到待再液化的蒸发气体的压力和/或流动速率、再液化效率等等,根据这一实施例的热交换器100理想的是PCHE(printed circuit heat exchanger,也称为DCHE),但是PCHE具有窄螺旋形流体通道(微通道型流体通道)并且因此具有问题,例如容易被经冷凝或凝固的润滑油堵塞流体通道、经冷凝或凝固的润滑油容易在流体通道的螺旋形部分处累积等等。PCHE(DCHE)由神钢有限公司(Kobelco)、阿法拉伐有限公司(Alfalaval)等等制造。

[0090] 在热交换器100的流体通道被经冷凝或凝固的润滑油堵塞时,热交换器100的冷却效率可减小。因此,如果热交换器100的性能降到正常性能的预设值以下,那么可估计经冷凝或凝固的润滑油以一定量或更大量累积于热交换器100中。借助于实例,如果热交换器100的性能下降到正常性能的约50到90%,优选地约60到80%,更优选地约等于或小于70%,那么可确定到了从热交换器100移除经冷凝或凝固的润滑油的时间。

[0091] 在本文中,正常性能的“约50到90%”的范围包含约等于或小于50%、约等于或小于60%、约等于或小于70%、约等于或小于80%以及约等于或小于90%的所有值,并且正常性能的“约60到80%”的范围包含约等于或小于60%、约等于或小于70%以及约等于或小于80%的所有值。

[0092] 当热交换器100的性能降低时,可以基于以下来确定是否到了移除经冷凝或凝固的润滑油的时间:供应到热交换器100或从热交换器100排放的冷流体的温差(即热交换器100的冷流体通道的上游与其热流体通道的下游之间的温差,下文称为“冷流的温差”);供应到热交换器100或从热交换器100排放的热流体的温差(即热交换器100的冷流体通道的下游与其热流体通道的上游之间的温差,下文称为“热流的温差”);以及热交换器100的热流体通道的上游与下游之间的压力差(下文称为“热流体通道的压力差”),等等。

[0093] 热交换器100的冷流体通道是指蒸发气体从存储槽T排放供应到热交换器100所经由的流体通道,并且热交换器100的热流体通道是指由多级压缩机200压缩的蒸发气体供应

到其中所经由的流体通道。

[0094] 因为从存储槽T排放的蒸发气体不与油混合或具有痕量的油且润滑油与蒸发气体混合的时间点是在蒸发气体由压缩机200压缩时,所以经冷凝或凝固的润滑油实质上不累积于热交换器100(其将从存储槽T排放的蒸发气体用作制冷剂并且接着将蒸发气体供应到压缩机200)的冷流体通道中并且累积于热交换器100的热流体通道中,其中将由压缩机200压缩的蒸发气体冷却且供应到减压器600。

[0095] 相应地,因为归因于流体通道被经冷凝或凝固的润滑油堵塞而导致热交换器100的上游与下游之间的压力差在热流体通道中快速增加,所以需要通过测量热交换器100的热流体通道的压力来确定是否到了移除经冷凝或凝固的润滑油的时间。

[0096] 考虑到具有窄且螺旋形流体通道的PCHE可用作根据这一实施例的热交换器,可以有利地使用关于基于热交换器100的上游与下游之间的压力差确定是否到了移除经冷凝或凝固的润滑油的时间。

[0097] 更具体地说,当冷流的温差与热流的温差之间的较低值为第一预设值或大于第一预设值的状态持续预定时间周期或更长时间时,或当热流体通道的压力差为第二预设值或大于第二预设值的状态持续预定时间周期或更长时间时,可确定到了移除经冷凝或凝固的润滑油的时间。

[0098] 第一预设值范围介于约20到50℃、优选地约30到40℃、更优选地约35℃;第二预设值范围介于约1到5bar、优选地约1.5到3bar、更优选地约2bar(200kPa);以及预定时间周期可以是约1小时。

[0099] 如果确定到了移除经冷凝或凝固的润滑油的时间,那么执行经由旁路管线L3移除经冷凝或凝固的润滑油的过程。

[0100] 从存储槽T排放的蒸发气体经由旁路管线L3发送到多级压缩机200且被防止供应到热交换器100。因此,不将制冷剂供应到热交换器100。

[0101] 从存储槽T排放的蒸发气体经由旁路管线L3绕过热交换器100且接着发送到多级压缩机200。发送到多级压缩机200的蒸发气体经历温度和压力增加同时由多级压缩机200压缩。由多级压缩机200压缩到约300bar的蒸发气体具有约40到45℃的温度。

[0102] 当由多级压缩机200压缩的蒸发气体持续地供应到热交换器100时,用作热交换器100中的制冷剂且从存储槽T排放的冷蒸发气体并不供应到热交换器100且热蒸发气体持续地供应到热交换器100,由此逐渐增加热交换器100的热流体通道的温度,由压缩机200压缩的蒸发气体经由所述热流体通道传递。

[0103] 在热交换器100的热流体通道的温度超出润滑油的冷凝或凝固点时,累积于热交换器100中的经冷凝或凝固的润滑油逐渐熔融或粘度减小,且接着熔融的或低黏度的润滑油与蒸发气体混合且退出热交换器100。

[0104] 随着热交换器100的热流体通道的温度增加,累积于热交换器100中的经冷凝或凝固的润滑油逐步地熔融或粘度减小,且接着在与蒸发气体混合之后发送到400。在经由旁路管线L3移除热交换器100中的经冷凝或凝固的润滑油的过程中,因为蒸发气体未再液化,所以再液化气未收集在气液分离器400中,且收集蒸发气体和熔融的或低粘度的润滑油。

[0105] 气液分离器400中收集的气态蒸发气体从气液分离器400排放且沿着旁路管线L3发送到多级压缩机200。

[0106] 当经由旁路管线L3移除经冷凝或凝固的润滑油时,蒸发气体循环穿过旁路管线L3、多级压缩机200、热交换器100的热流体通道、减压器300以及气液分离器400直到热交换器100正规化为止,并且这一循环流程持续直到确定热交换器100的热流体通道的温度增加到由多级压缩机200压缩且发送到热交换器100的热流体通道的蒸发气体的温度为止。替代地,循环过程也可持续直到凭经验确定已经过去足够的时间。

[0107] 如果确定热交换器100中大多数经冷凝或凝固的润滑油收集在气液分离器400中也就是说,如果确定热交换器100正规化,那么通过阻挡由多级压缩机200压缩的蒸发气体流入热交换器100来使熔融的或低粘度的润滑油从气液分离器400排放。

[0108] 为了从气液分离器400迅速地排放熔融的或低粘度的润滑油,氮气可供应到气液分离器400中(氮气冲洗)。在氮气冲洗后,氮气可在约5到7巴的压力下供应到气液分离器400中。

[0109] 除了在热交换器100内部的经冷凝或凝固的润滑油以外,还可经由上述过程移除累积于管道、阀、仪器以及其它设备中的经冷凝或凝固的润滑油。

[0110] 根据本发明,发动机(主发动机和/或发电发动机)可在从热交换器100移除经冷凝或凝固的润滑油期间驱动。如果发动机可在从热交换器100移除经冷凝或凝固的润滑油期间驱动,那么因为有可能在发动机的操作期间检修热交换器100,所以存在以下优点:有可能在热交换器100的检修期间推进船且产生动力并使用过剩的蒸发气体移除经冷凝或凝固的润滑油。

[0111] 此外,当在从热交换器100移除经冷凝或凝固的润滑油期间驱动发动机时,存在以下优点:有可能燃烧由压缩机200压缩期间与蒸发气体混合的润滑油。也就是说,使用发动机不仅是出于推进船或产生动力的目的,而且用于移除与蒸发气体混合的油。

[0112] 3) 在不需要再液化蒸发气体的情况下

[0113] 此外,如果归因于极少过剩的蒸发气体而不需要再液化蒸发气体(如船的压载条件中),那么从存储槽T排放的所有蒸发气体可发送到旁路管线L3以便允许在绕过热交换器100之后所有蒸发气体直接发送到压缩机200。由多级压缩机200压缩的蒸发气体用作主发动机的燃料。如果因极少过剩的蒸发气体而确定不需要再液化蒸发气体,那么可将第三断流阀630控制为自动地打开。

[0114] 本发明的创作人发现,在蒸发气体经由根据本发明的具有窄流体通道热交换器100供应到发动机时,蒸发气体归因于热交换器100而遭受严重的压力降。如果不需要再液化蒸发气体,那么燃料可通过压缩蒸发气体同时绕过热交换器100来流畅地供应到发动机,如上文所描述。

[0115] 4) 在开始或重新开始蒸发气体再液化后

[0116] 归因于未被再液化的蒸发气体的量的增加,还可使用旁路管线L3来再液化蒸发气体。

[0117] 当归因于蒸发气体的量增加而需要再液化蒸发气体时(也就是说,在开始或重新开始蒸发气体再液化后),从存储槽T排放的所有蒸发气体可发送到旁路管线L3以便允许在绕过热交换器100之后所有蒸发气体直接发送到多级压缩机200,并且由多级压缩机200压缩的蒸发气体可发送到热交换器100的热流体通道。由多级压缩机200压缩的蒸发气体中的一些可供应到主发动机。

[0118] 当在开始或重新开始蒸发气体再液化后热交换器100的热流体通道的温度通过上述过程增加时,有利的是,蒸发气体再液化可以在移除可能在先前蒸发气体再液化过程中保留在热交换器100、其它设备、管道等中的任何经冷凝或凝固的润滑油、其它残余物或杂质之后开始。

[0119] 残余物可包含蒸发气体以及润滑油,所述蒸发气体在先前蒸发气体液化中由多级压缩机压缩且接着供应到热交换器,并且所述润滑油与由多级压缩机压缩的蒸发气体混合。

[0120] 如果在开始或重新开始蒸发气体再液化后从存储槽T排放的冷蒸发气体直接供应到热交换器100而不经由旁路管线L3增加热交换器100的温度,那么从存储槽T排放的冷蒸发气体在热蒸发气体不发送到热交换器100的热流体通道的状态中发送到热交换器100的冷流体通道。因此,热交换器100中未经冷凝或未凝固状态中剩余的润滑油还可随着热交换器100的温度减小而冷凝或凝固。

[0121] 当旁路管线L3用于增加热交换器100的温度持续特定时间周期时(如果确定经冷凝或凝固的润滑油或其它杂质几乎完全被移除,那么所述特定时间周期可由所属领域的技术人员确定,且可为约1到30分钟,优选地约3到10分钟,且更优选地约2到5分钟),通过缓慢打开第一阀510和第二阀520同时缓慢关闭第三断流阀630来开始蒸发气体再液化。随着时间进一步流逝,第一阀510和第二阀520完全打开,且第三断流阀630完全关闭以允许从存储槽T排放的所有蒸发气体作用于再液化热交换器100中的蒸发气体的制冷剂。

[0122] 5) 满足多级压缩机的进气压力条件

[0123] 此外,在存储槽T的内部压力较低时可使用旁路管线L3以满足多级压缩机200的进气压力条件。

[0124] 在存储槽T具有低内部压力的情况中,例如在归因于存储槽T中的少量液化气而导致所产生的蒸发气体的量较少时或在归因于船的高速而导致供应到发动机以用于推进船的蒸发气体的量较大的情况下,多级压缩机200通常不满足多级压缩机200的上游的进气压力条件。

[0125] 具体地说,在用作热交换器100的PCHE(DCHE)中,在从存储槽T排放的蒸发气体通过PCHE时,归因于PCHE窄流体通道而导致压力降较大。

[0126] 常规地,当多级压缩机200未能满足进气压力条件时,通过经由安置于多级压缩机200中的再循环管线再循环蒸发气体中的一些或全部来保护多级压缩机200。

[0127] 然而,如果多级压缩机200的进气压力条件通过再循环蒸发气体而满足,那么由多级压缩机200压缩的蒸发气体的量减小,由此导致再液化性能劣化并且未能满足发动机的燃料消耗要求。具体地说,如果发动机不满足燃料消耗要求,那么船的操作可能受到明显干扰。因此,需要一种蒸发气体再液化方法,其能够甚至在存储槽T的内部压力较低时满足多级压缩机200的进气压力条件以及发动机的燃料消耗要求。

[0128] 根据本发明,代替于提供额外设备,可使用提供以用于维护和检修热交换器100的旁路管线L3以甚至在存储槽T的内部压力较低时满足多级压缩机200的进气压力条件而无需减小由多级压缩机200压缩的蒸发气体的量。

[0129] 根据本发明,当存储槽T的内部压力减小到预设值或小于预设值时,打开第三断流阀630以允许从存储槽T排放的蒸发气体中的一些或全部绕过热交换器100经由旁路管线L3

直接发送到多级压缩机200。

[0130] 发送到旁路管线L3的蒸发气体的量可取决于存储槽T的压力与多级压缩机200所需的进气压力条件比较来调节。也就是说,从存储槽T排放的所有蒸发气体可通过打开第三断流阀630发送到旁路管线L3,或从存储槽T排放的仅一些蒸发气体可发送到旁路管线L3,且剩余蒸发气体可通过部分打开第三断流阀630发送到热交换器100。蒸发气体的压力降随着经由旁路管线L3绕过热交换器100的蒸发气体的量增加而减小。

[0131] 尽管当从存储槽T排放的蒸发气体在绕过热交换器100之后直接发送到多级压缩机200时具有使压力降最小化的优点,但是蒸发气体的冷热量不能用于再液化蒸发气体。因此,基于存储槽T的内部压力、发动机的燃料消耗要求、待再液化的蒸发气体的量等来确定使用旁路管线L3以减小压力降以及从存储槽T排放的蒸发气体的量当中的待发送到旁路管线L3的蒸发气体的量。

[0132] 借助于实例,在存储槽T的内部压力是预设值或小于预设值以及以预定速度或大于预定速度操作船时,可确定使用旁路管线L3减小压力降是有利的。具体来说,在存储槽T的内部压力为等于或小于1.09bar以及船的速度为等于或大于17knot时,可确定使用旁路管线L3减小压力降是有利的。

[0133] 此外,即使当从存储槽T排放的所有蒸发气体经由旁路管线L3发送到多级压缩机200时,也经常不能满足多级压缩机200的进气压力条件。在这种情况下,可使用安置于热交换器100内部的再循环管线满足进气压力条件。

[0134] 也就是说,在归因于存储槽T的压力降低而导致不能满足多级压缩机200的进气压力条件时,在相关技术中使用再循环管线来保护多级压缩机200,然而根据本发明,为了满足多级压缩机200的进气压力条件主要地使用旁路管线L3,并且在甚至通过将从存储槽T排放的所有蒸发气体经由旁路管线L3发送到多级压缩机也不能满足压缩机200的进气压力条件时次要地使用再循环管线。

[0135] 为了通过主要地使用旁路管线L3且次要地使用再循环管线满足压缩机200的进气压力条件,第三断流阀630打开时所处的压力条件被设定成比再循环阀打开时所处的压力条件高的值。

[0136] 再循环阀打开时所处的条件和第三断流阀630打开时所处的条件优选地基于压缩机200上游的压力来确定。替代地,这些条件可基于存储槽T的内部压力来确定。

[0137] 多级压缩机200上游的压力可由安置于多级压缩机200上游的第一压力传感器(未绘示)测量,且存储槽T的内部压力可由第二压力传感器(未绘示)测量。

[0138] 第三断流阀630是比典型阀提供更高响应的阀,以便允许取决于存储槽T的压力变化快速调节打开的程度。

[0139] 6在存储槽的内部压力降低到低压的情况下

[0140] 此外,当需要使存储槽T的内部压力降低到低压时,甚至当存储槽T的内部压力降低时可使用旁路管线L3以满足多级压缩机200的进气压力条件。

[0141] 根据这一实施例的减压器300膨胀由多级压缩机200压缩且接着由热交换器100冷却的蒸发气体。蒸发气体中的一些或全部经由多级压缩机200的压缩、热交换器100的冷却以及减压器300的减压而再液化。根据这一实施例的减压器300可以是膨胀阀,例如焦耳-汤姆森阀,或可以是充气机。

[0142] 根据这一实施例的第一排放管线L1从管线(从存储槽T排放的蒸发气体经由所述管线发送到热交换器100形成分支以将从存储槽T排放的蒸发气体中的一些或全部发送到气体燃烧单元。

[0143] 根据这一实施例的包含在船中的蒸发气体再液化系统允许存储槽T中产生的蒸发气体中的一些或全部经由第一排放管线L1发送到气体燃烧单元且由气体燃烧单元燃烧,并且因此可为例如在装载液化天然气等后存储槽T中产生的蒸发气体过量的情况做准备。

[0144] 第一排放管线L1具备打开或关闭第一排放管线L1的第一断流阀610以及安置于第一断流阀610下游以引入蒸发气体并发送蒸发气体到气体燃烧单元的风机(Blower)700。

[0145] 根据这一实施例的提供到船的蒸发气体再液化系统可进一步包含气液分离器400,其安置于减压器300的下游以使汽相中剩余的蒸发气体与通过经由多级压缩机200、热交换器100以及减压器300对蒸发气体的再液化产生的液化天然气分离。

[0146] 由气液分离器400分离的液化气可发送到存储槽T,并且由气液分离器400分离的蒸发气体可与从存储槽T排放的蒸发气体组合并发送到热交换器100。

[0147] 在由气液分离器400分离的蒸发气体与从存储槽T排放的蒸发气体组合处的连接点可安置于第一排放管线L1的分支点与热交换器100之间。也就是说,在从存储槽T排放的蒸发气体发送到热交换器100所经由的管线上,第一排放管线L1的分支点以及由气液分离器400分离的蒸发气体的连接点可依序在蒸发气体的流动方向上安置。

[0148] 虽然图2绘示由气液分离器400分离的蒸发气体在第一排放管线L1的分支点与热交换器100之间与从存储槽T排放的蒸发气体组合的结构,但是根据这一实施例的由气液分离器400分离的蒸发气体可在存储槽T与第一排放管线L1的分支点之间与其组合。也就是说,在从存储槽T排放的蒸发气体发送到热交换器100所经由的管线上,由气液分离器400分离的蒸发气体的连接点以及第一排放管线L1的分支点可依序在蒸发气体的流动方向上安置。

[0149] 在由气液分离器400分离的蒸发气体的连接点安置于第一排放管线L1的分支点与热交换器100之间的结构中,从存储槽T排放的蒸发气体中的一些或全部沿着第一排放管线L1发送到气体燃烧单元,并且由气液分离器400分离的所有蒸发气体发送到热交换器100。

[0150] 在根据这一实施例的蒸发气体再液化系统中,用于控制蒸发气体的流量以及对应管线的打开和关闭的第二控制阀520可安置于由气液分离器400分离的气态蒸发气体被排放所经由的管线上。

[0151] 图3是根据本发明的第二实施例的用于船的蒸发气体再液化系统的示意性框图。

[0152] 图3中所绘示的根据第二实施例的包含在船中的蒸发气体再液化系统不同于图2中所绘示的根据第一实施例的包含在船中的蒸发气体再液化系统,不同之处在于:根据第二实施例的蒸发气体再液化系统进一步包含第二排放管线L2,并且以下描述将集中于第二实施例的不同配置。与根据第一实施例的包含在船中的蒸发气体再液化系统的那些组件相同的组件的详细描述将省略。

[0153] 参看图3,如在第一实施例中,根据第二实施例的包含在船中的蒸发气体再液化系统包含多级压缩机200、热交换器100、减压器300以及第一排放管线L1。

[0154] 如在第一实施例中,用于控制蒸发气体的流动速率以及对应管线的打开和关闭的第一控制阀510可安置于蒸发气体从存储槽T排放所经由的管线上。

[0155] 如在第一实施例中,根据这一实施例的多级压缩机200包含多个压缩汽缸210、220、230、240、250以及多个冷却器810、820、830、840、850,且经由多个阶段压缩从存储槽T排放的蒸发气体。

[0156] 如在第一实施例中,由多级压缩机200压缩的一些蒸发气体可供应到主发动机以用于推进船,并且未待由主发动机使用的其它蒸发气体可供应到热交换器100以便经历再液化过程。

[0157] 如在第一实施例中,主发动机可以是ME-GI发动机。

[0158] 如在第一实施例中,多级压缩机200可将蒸发气体压缩到主发动机所需的压力,例如在主发动机是ME-GI发动机时压缩到约150到350bar的压力。

[0159] 已经通过多级压缩机200的汽缸当中的一些汽缸210、220的一些蒸发气体可经划分且供应到发电机。根据这一实施例的发电机需要具有约6.5bar压力的天然气,且由多级压缩机200的汽缸当中的一些汽缸210、220压缩到压力为6.5bar的一些蒸发气体可供应到发电机。用于控制蒸发气体的流动速率以及对应管线的打开和关闭的第三控制阀530可安置于蒸发气体从多级压缩机200供应到发电机所经由的管线上。

[0160] 根据这一实施例,热交换器100使用从存储槽T排放的蒸发气体经由热交换冷却由多级压缩机200压缩的蒸发气体中的一些或全部。

[0161] 如在第一实施例中,如果热交换器100例如在热交换器100的检修或故障后不可用,那么可允许从存储槽T排放的蒸发气体经由旁路管线L3绕过热交换器100。根据这一实施例,旁路管线L3具备打开或关闭旁路管线L3的第三断流阀630。

[0162] 如在第一实施例中,根据这一实施例的旁路管线L3可用以甚至在存储槽T的压力减小时满足多级压缩机200的进气压力条件:1)在热交换器不能使用的情况下,例如在热交换器100的检修或故障后;2)用以在热交换器100的流体通道被经冷凝或凝固的润滑油堵塞时移除经冷凝或凝固的润滑油;3)在归因于极少剩余的蒸发气体而不需要再液化蒸发气体时;4)在归因于蒸发气体的量增加而需要再液化蒸发气体时(也就是说,在开始或重新开始蒸发气体再液化后);5)用以在存储槽T的内部压力较低时满足多级压缩机200的进气压力条件;以及6)在存储槽T的内部压力降低为低压的情况下。

[0163] 如在第一实施例中,根据这一实施例的减压器300膨胀由多级压缩机200压缩且接着由热交换器100冷却的蒸发气体。如在第一实施例中,蒸发气体中的一些或全部经由多级压缩机200压缩、由热交换器100冷却以及由减压器300减压而再液化。根据这一实施例的减压器300可以是膨胀阀,例如焦耳-汤姆森阀,或可以是充气机。

[0164] 如在第一实施例中,根据这一实施例的第一排放管线L1从管线(从存储槽T排放的蒸发气体经由所述管线发送到热交换器100形成分支以发送从存储槽T排放的蒸发气体中的一些或全部到气体燃烧单元。

[0165] 如在第一实施例中,根据这一实施例的第一排放管线L1具备打开或关闭第一排放管线L1的第一断流阀610,以及安置于第一断流阀610下游以引入蒸发气体且发送蒸发气体到气体燃烧单元的风机(Blower)700。

[0166] 根据这一实施例的提供到船的蒸发气体再液化系统可进一步包含从蒸发气体从热交换器100发送到多级压缩机200所经由的管线形成分支且接合到第一排放管线L1的第二排放管线L2。用于打开或关闭第二排放管线L2的第二断流阀620可安置于第二排放管线

L2上。

[0167] 根据这一实施例,第一排放管线L1用于在热交换器100不可用的情况下,例如在热交换器100的检修或故障后将蒸发气体在绕过热交换器100之后从存储槽T发送到气体燃烧单元,且当在可使用热交换器100的状态中需要发送从存储槽T排放的蒸发气体到气体燃烧单元时使用第二排放管线L2。

[0168] 尽管在这一实施例中蒸发气体再液化系统包含第一排放管线L1和第二排放管线L2两者,但是根据本发明的蒸发气体再液化系统可配置成使得在热交换器100与多级压缩机200之间分支的第二排放管线L2直接连接到气体燃烧单元而无需包含在存储槽T与热交换器100之间分支的第一排放管线L1。

[0169] 在图2中所绘示的第一实施例中,因为从存储槽T排放且发送到气体燃烧单元的蒸发气体在热交换器100的上游形成分支,所以仅从存储槽T排放且发送到多级压缩机200的蒸发气体用作热交换器100中的制冷剂。

[0170] 然而根据第二实施例,因为蒸发气体经由在热交换器100下游分支的第二排放管线L2发送到气体燃烧单元,所以从存储槽T排放且发送到气体燃烧单元的蒸发气体以及从存储槽T排放且发送到多级压缩机200的蒸发气体两者都用作热交换器100的制冷剂。

[0171] 相应地,根据这一实施例的蒸发气体再液化系统的热交换器100可比根据第一实施例的蒸发气体再液化系统的热交换器100具有更高的冷却效率。随着热交换器100的冷却效率增加,再液化蒸发气体的量增加且过剩的蒸发气体再液化或发送到气体燃烧单元,由此减小待发送到气体燃烧单元且由气体燃烧单元燃烧的蒸发气体的量。

[0172] 根据这一实施例的热交换器100设计成比根据第一实施例的热交换器具有更大容量以便容纳发送到气体燃烧单元的蒸发气体。

[0173] 根据这一实施例,第二排放管线L2优选地接合到第一断流阀610下游的第一排放管线L1。在蒸发气体再液化系统包含风机700的结构中,第二排放管线L2优选地接合到第一断流阀610与风机700之间的第一排放管线。

[0174] 根据这一实施例的包含在船中的蒸发气体再液化系统允许存储槽T中产生的蒸发气体中的一些或全部经由第一排放管线L1或第二排放管线L2发送到气体燃烧单元且由气体燃烧单元燃烧,并且因此可例如在装载液化天然气等后存储槽T中产生的蒸发气体过量的情况做准备。

[0175] 如在第一实施例中,根据这一实施例的提供到船的蒸发气体再液化系统可进一步包含气液分离器400,其安置于减压器300的下游以使汽相中剩余的蒸发气体与通过经由多级压缩机200、热交换器100以及减压器300对蒸发气体的再液化产生的液化天然气分离。

[0176] 如在第一实施例中,根据这一实施例,由气液分离器400分离的液化气可发送到存储槽T,并且由气液分离器400分离的蒸发气体可与从存储槽T排放的蒸发气体组合并发送到热交换器100。

[0177] 如在第一实施例中,根据这一实施例,在由气液分离器400分离的蒸发气体与从存储槽T排放的蒸发气体组合处的连接点可安置于第一排放管线L1的分支点与热交换器100之间。也就是说,如在第一实施例中,根据这一实施例,由气液分离器400分离的蒸发气体可在存储槽T与第一排放管线L1的分支点之间与其组合。

[0178] 如在第一实施例中,在由气液分离器400分离的蒸发气体的连接点安置于第一排

放管线L1的分支点与热交换器100之间的结构中,从存储槽T排放的蒸发气体中的一些或全部沿着第一排放管线L1发送到气体燃烧单元,并且由气液分离器400分离的所有蒸发气体发送到热交换器100。

[0179] 在根据这一实施例的蒸发气体再液化系统中,用于控制蒸发气体的流量以及对应管线的打开和关闭的第二控制阀520可安置于由气液分离器400分离的气态蒸发气体被排放所经由的管线上。

[0180] 图4是根据本发明的第三实施例的用于船的蒸发气体再液化系统的示意性框图。

[0181] 图4中所绘示的根据第三实施例的包含在船中的蒸发气体再液化系统不同于图2中所绘示的根据第一实施例的包含在船中的蒸发气体再液化系统,不同之处在于:根据第三实施例的蒸发气体再液化系统不包含第一排放管线L1且进一步包含第二排放管线L2,并且以下描述将集中于第二实施例的不同配置。与根据第一实施例的包含在船中的蒸发气体再液化系统的那些组件相同的组件的详细描述将省略。

[0182] 参看图4,如在第一实施例中,根据第三实施例的包含在船中的蒸发气体再液化系统包含多级压缩机200、热交换器100以及减压器300。然而,根据第三实施例的包含在船中的蒸发气体再液化系统包含第二排放管线L2,而无需包含第一排放管线L1。

[0183] 如在第一实施例中,用于控制蒸发气体的流动速率以及对应管线的打开和关闭的第一控制阀510可安置于蒸发气体从存储槽T排放所经由的管线上。

[0184] 如在第一实施例中,根据这一实施例的多级压缩机200包含多个压缩汽缸210、220、230、240、250以及多个冷却器810、820、830、840、850,且经由多个阶段压缩从存储槽T排放的蒸发气体。

[0185] 如在第一实施例中,由多级压缩机200压缩的一些蒸发气体可供应到主发动机以用于推进船,并且未待由主发动机使用的其它蒸发气体可供应到热交换器100以便经历再液化过程。

[0186] 如在第一实施例中,主发动机可以是ME-GI发动机。

[0187] 如在第一实施例中,多级压缩机200可将蒸发气体压缩到主发动机所需的压力,例如在主发动机是ME-GI发动机时压缩到约150到350bar的压力。

[0188] 如在第一实施例中,已经通过多级压缩机200的汽缸当中的一些汽缸210、220的一些蒸发气体可经划分且供应到发电机。根据这一实施例的发电机需要具有约6.5bar压力的天然气,且由多级压缩机200的汽缸当中的一些汽缸210、220压缩到压力为6.5bar的一些蒸发气体可供应到发电机。如在第一实施例中,用于控制蒸发气体的流动速率以及对应管线的打开和关闭的第三控制阀530可安置于蒸发气体从多级压缩机200供应到发电机所经由的管线上。

[0189] 根据这一实施例,热交换器100使用从存储槽T排放的蒸发气体经由热交换冷却由多级压缩机200压缩的蒸发气体中的一些或全部,如在第一实施例中。

[0190] 如在第一实施例中,根据这一实施例的减压器300膨胀由多级压缩机200压缩且接着由热交换器100冷却的蒸发气体。如在第一实施例中,蒸发气体中的一些或全部经由多级压缩机200压缩、由热交换器100冷却以及由减压器300减压而再液化。根据这一实施例的减压器300可以是膨胀阀,例如焦耳-汤姆森阀,或可以是充气机。

[0191] 根据这一实施例,第二排放管线L2从蒸发气体从热交换器100发送到多级压缩机

200所经由的管线形成分支,且发送已从存储槽T排放并用作热交换器100中的制冷剂的蒸发气体中的一些或全部到气体燃烧单元。

[0192] 根据这一实施例,用于打开或关闭第二排放管线L2的第二断流阀620可安置于第二排放管线L2上,且风机(Blower)700可安置于第二断流阀620的下游以引入蒸发气体且发送蒸发气体到气体燃烧单元。

[0193] 根据这一实施例,允许从存储槽T排放的蒸发气体在热交换器100不可用的情况下,例如在热交换器100的检修或故障后沿着旁路管线L3绕过热交换器100,且当在可使用热交换器100的状态中需要发送从存储槽T排放的蒸发气体到气体燃烧单元时,从存储槽T排放的蒸发气体发送到热交换器100以用作制冷剂且接着沿着第二排放管线L2发送到气体燃烧单元。根据这一实施例,旁路管线L3具备打开或关闭旁路管线L3的第三断流阀630。

[0194] 在图2中所绘示的第一实施例中,因为从存储槽T排放且发送到气体燃烧单元的蒸发气体在热交换器100的上游形成分支,所以仅从存储槽T排放且发送到多级压缩机200的蒸发气体用作热交换器100中的制冷剂。

[0195] 然而根据第三实施例,因为蒸发气体经由在热交换器100下游分支的第二排放管线L2发送到气体燃烧单元,所以从存储槽T排放且发送到气体燃烧单元的蒸发气体以及从存储槽T排放且发送到多级压缩机200的蒸发气体两者用作热交换器100的制冷剂。

[0196] 相应地,根据这一实施例的蒸发气体再液化系统的热交换器100可比根据第一实施例的蒸发气体再液化系统的热交换器100具有更高的冷却效率。随着热交换器100的冷却效率增加,再液化蒸发气体的量增加且过剩的蒸发气体再液化或发送到气体燃烧单元,由此减小待发送到气体燃烧单元且由气体燃烧单元燃烧的蒸发气体的量。

[0197] 根据这一实施例的热交换器100设计成比根据第一实施例的热交换器具有更大容量以便容纳发送到气体燃烧单元的蒸发气体。

[0198] 根据这一实施例的包含在船中的蒸发气体再液化系统允许存储槽T中产生的蒸发气体中的一些或全部经由第二排放管线L2发送到气体燃烧单元且由气体燃烧单元燃烧,并且因此可例如在装载液化天然气等后存储槽T中产生的蒸发气体过量的情况做准备。

[0199] 如在第一实施例中,根据这一实施例的旁路管线L3可用以甚至在存储槽T的压力减小时满足多级压缩机200的进气压力条件:1)在热交换器不能使用的情况下,例如在热交换器100的检修或故障后;2)用以在热交换器100的流体通道被经冷凝或凝固的润滑油堵塞时移除经冷凝或凝固的润滑油;3)在归因于极少剩余的蒸发气体而不需要再液化蒸发气体时;4)在归因于蒸发气体的量增加而需要再液化蒸发气体时(也就是说,在开始或重新开始蒸发气体再液化后);5)用以在存储槽T的内部压力较低时满足多级压缩机200的进气压力条件;以及6)在存储槽T的内部压力降低为低压的情况下。

[0200] 如在第一实施例中,根据这一实施例的提供到船的蒸发气体再液化系统可进一步包含气液分离器400,其安置于减压器300的下游以使汽相中剩余的蒸发气体与通过经由多级压缩机200、热交换器100以及减压器300对蒸发气体的再液化产生的液化天然气分离。

[0201] 如在第一实施例中,根据这一实施例,由气液分离器400分离的液化气可发送到存储槽T,并且由气液分离器400分离的蒸发气体可与从存储槽T排放的蒸发气体组合并发送到热交换器100。

[0202] 在根据这一实施例的蒸发气体再液化系统中,用于控制蒸发气体的流量以及对应

管线的打开和关闭的第二控制阀520可安置于由气液分离器400分离的气态蒸发气体被排放所经由的管线上。

[0203] 所属领域的技术人员将显而易见,本发明不限于上述实施例并且可在不脱离本发明的精神和范围的情况下进行各种修改、改变、更改以及等效实施例。

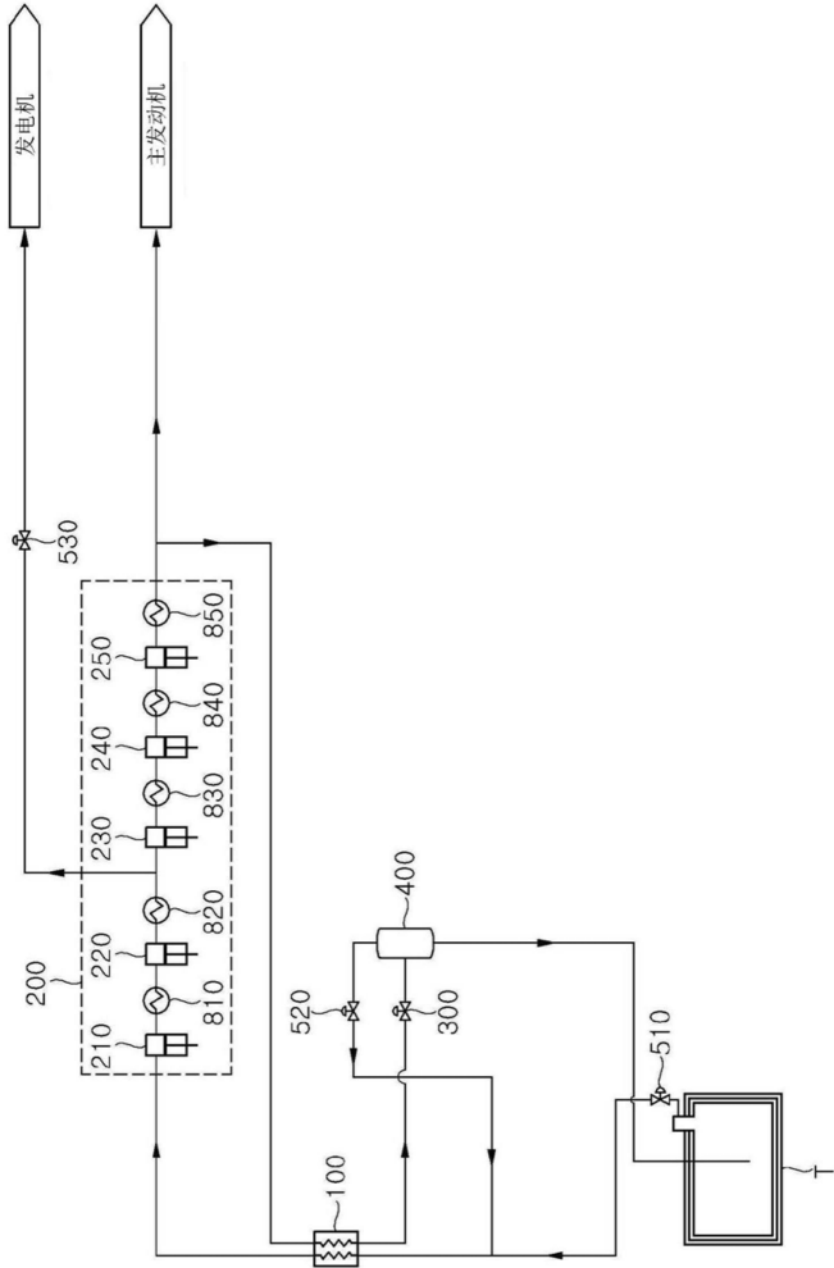


图1

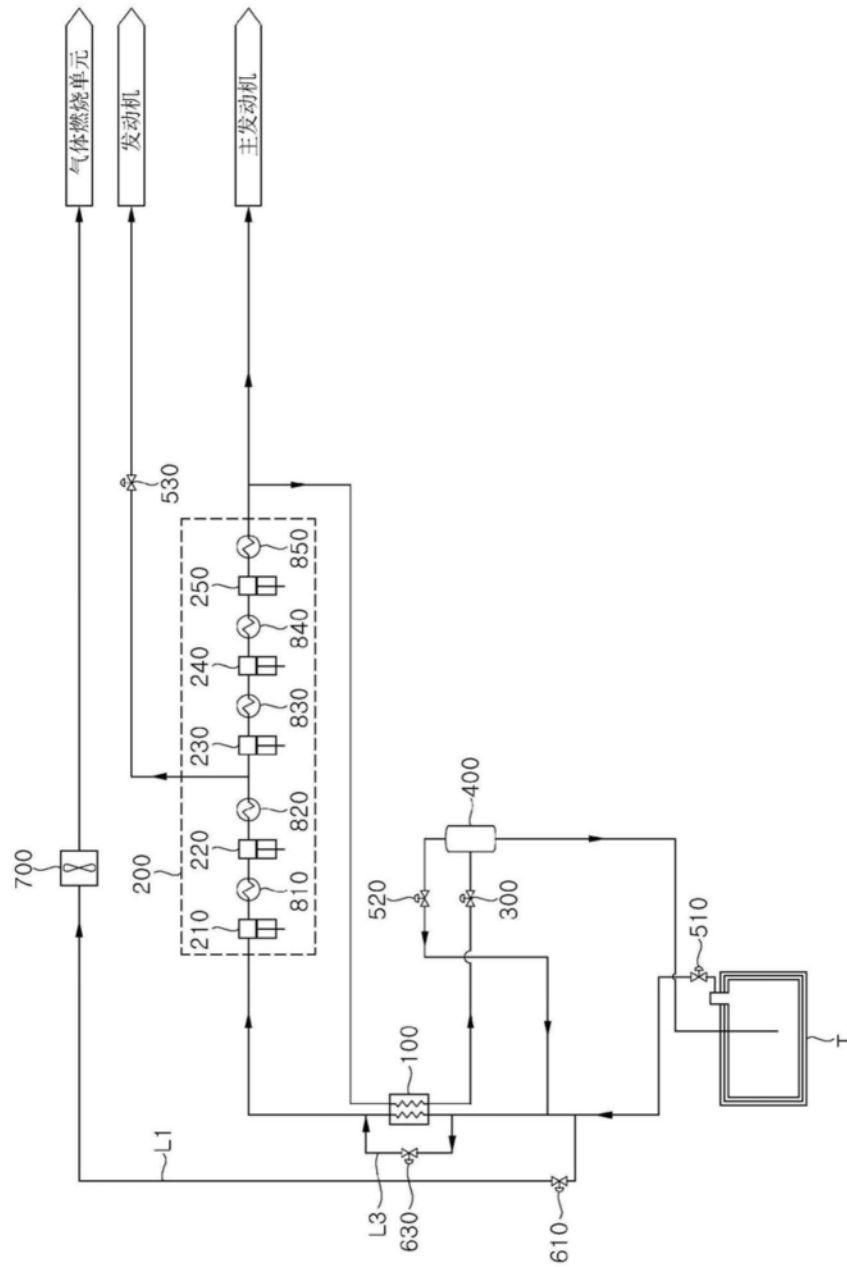


图2

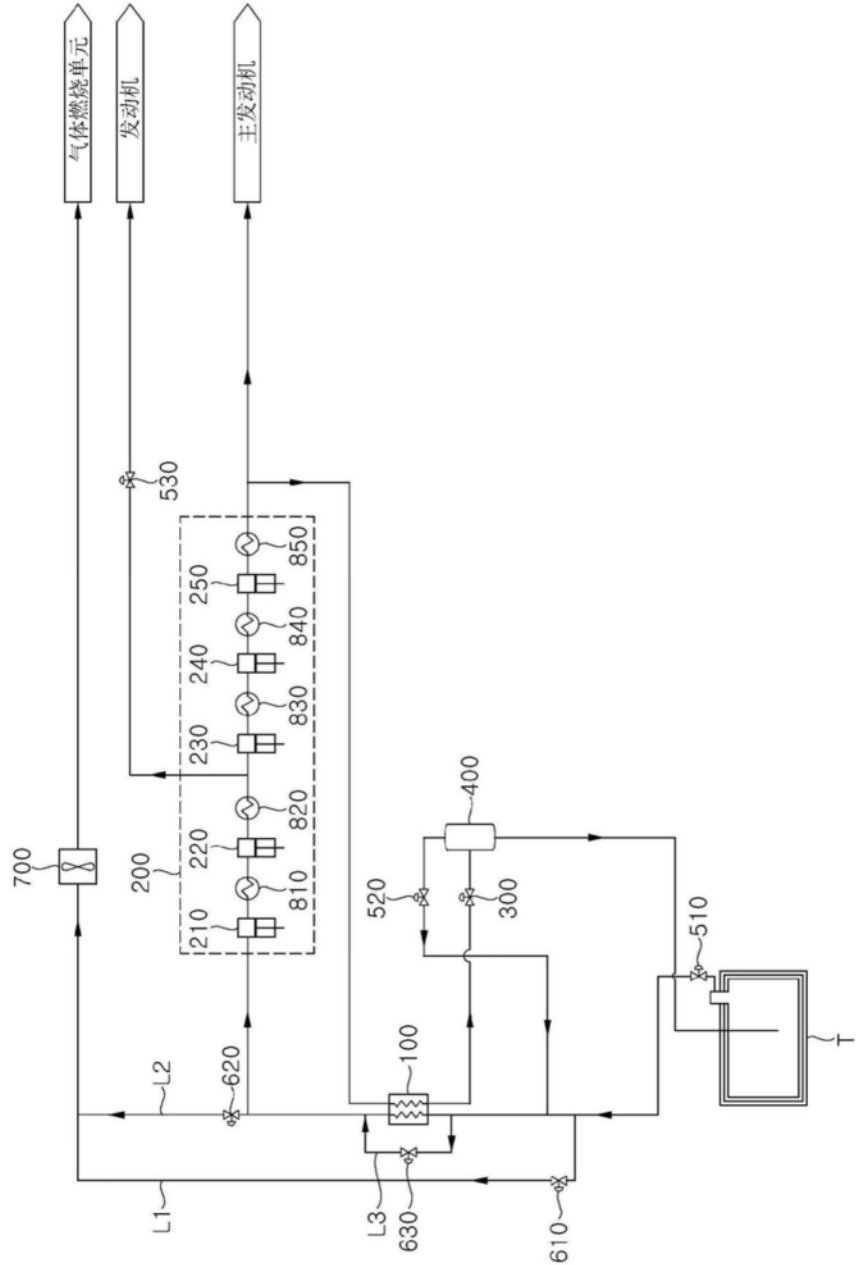


图3

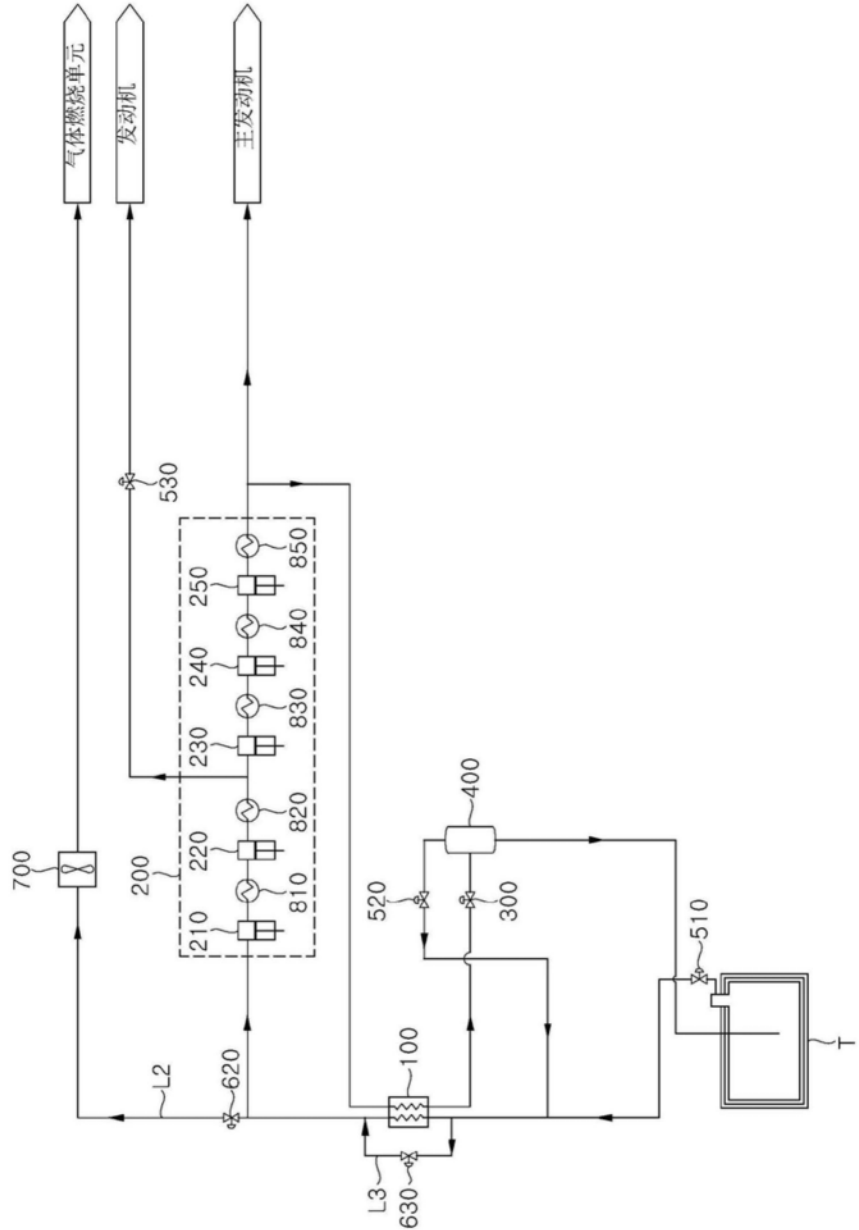


图4