



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104781532 B

(45)授权公告日 2018.06.05

(21)申请号 201380055628.5

(22)申请日 2013.10.24

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104781532 A

(43)申请公布日 2015.07.15

(30)优先权数据

10-2012-0118241 2012.10.24 KR

10-2012-0143522 2012.12.11 KR

10-2013-0073731 2013.06.26 KR

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2015.04.23

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/KR2013/009541 2013.10.24

(87)PCT国际申请的公布数据

WO2014/065619 KO 2014.05.01

(73)专利权人 大宇造船海洋株式会社

地址 韩国首尔市中区茶洞85番地

(72)发明人 李准采 崔东圭 文荣植 郑济宪

(74)专利代理机构 北京同立钧成知识产权代理有限公司 11205

代理人 杨贝贝 臧建明

(51)Int.Cl.

F02M 21/02(2006.01)

B63H 21/38(2006.01)

F02M 37/04(2006.01)

B63B 25/16(2006.01)

(56)对比文件

CN 101238321 A, 2008.08.06, 说明书第2页第6段-第5页第5段及附图1.

WO 2012/128447 A1, 2012.09.27, 说明书第158段-180段及附图9b, 10b.

CN 101238321 A, 2008.08.06, 说明书第2页第6段-第5页第5段及附图1.

KR 10-2012-0049731 A, 2012.05.17, 全文.

CN 101754897 A, 2010.06.23, 全文.

US 2012/0108117 A1, 2012.05.03, 全文.

WO 2012/128447 A1, 2012.09.27, 说明书第158段-180段及附图9b, 10b.

审查员 杨阳

权利要求书2页 说明书17页 附图13页

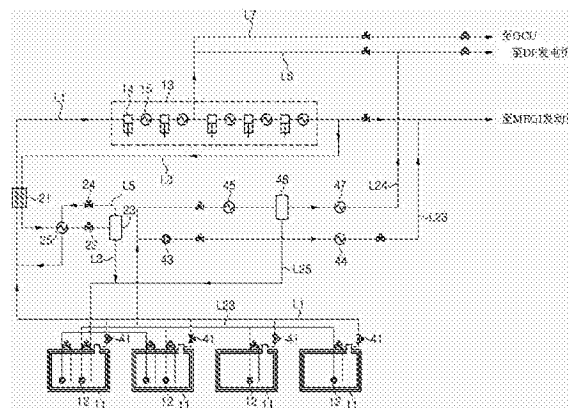
(54)发明名称

船只上的液化气处理系统及液化气处理方法

(57)摘要

揭示一种用于在船只上处理液化气的系统, 所述系统具有用于储存液化天然气的储罐, 以及将储存在储罐中的液化天然气用作燃料的主发动机以及辅助发动机。用于处理液化气的系统包括: 蒸发气体主供应线, 其用于将在储罐中产生并且通过压缩机压缩的蒸发气体作为燃料供应到主发动机; 蒸发气体辅助供应线, 其用于将在储罐中产生并且通过压缩机压缩的蒸发气体作为燃料供应到辅助发动机; 液化天然气主供应线, 其用于将储存在储罐中并且通过泵压缩的液化天然气作为燃料供应到主发动机; 以及液化天

然气辅助供应线, 其用于将储存在储罐中并且通过泵压缩的液化天然气作为燃料供应到辅助发动机。供应到主发动机的燃料被压缩到150巴到400巴。



1. 一种用于船只的液化气处理系统,所述系统包含货舱,高压压缩器,泵以及主发动机以及副发动机;

主蒸发气体供应线,其被配置以通过所述高压压缩器压缩在所述货舱中产生的蒸发气体并且将经压缩的所述蒸发气体作为燃料供应到所述主发动机;

副蒸发气体供应线,其被配置以通过所述高压压缩器压缩在所述货舱中产生的蒸发气体并且将经压缩的所述蒸发气体作为燃料供应到所述副发动机;

主液化天然气供应线,其被配置以通过所述泵压缩储存在所述货舱中的所述液化天然气并且将经压缩的所述液化天然气作为燃料供应到所述主发动机;以及

副液化天然气供应线,其被配置以通过所述泵压缩储存在所述货舱中的所述液化天然气并且将经压缩的所述液化天然气作为燃料供应到所述副发动机,

其中在所述货舱中产生的蒸发气体在所述主蒸发气体供应线中在150巴到400巴的压力下通过所述高压压缩器压缩且储存在所述货舱中的所述液化天然气在所述主液化天然气供应线中在150巴到400巴的压力下通过所述泵压缩,

其中在150巴到400巴的压力下通过所述高压压缩器压缩的所述蒸发气体中并未供应至所述主发动机以及所述副发动机的所述蒸发气体在热交换器中通过与从所述货舱排出且随后供应到所述高压压缩器中的所述蒸发气体热交换来冷却,以及

其中在所述热交换器中冷却的所述蒸发气体通过减压装置减压。

2. 根据权利要求1所述的液化气处理系统,其特征在于所述泵包含:

排出泵,其安装在所述货舱内以将所述液化天然气排出到所述货舱的外部;以及

高压泵,其被配置以将在所述排出泵中经初次压缩的所述液化天然气二次压缩到所述主发动机所需的压力。

3. 根据权利要求2所述的液化气处理系统,其特征在于所述副液化天然气供应线在所述高压泵的上游侧处从所述主液化天然气供应线分支。

4. 根据权利要求3所述的液化气处理系统,其特征在于所述副液化天然气供应线包含气体-液体分离器,其被配置以从所述液化天然气分离重质碳氢化合物成分以便将所述燃料的甲烷值调整到所述副发动机所需的值。

5. 根据权利要求4所述的液化气处理系统,其特征在于所述副液化天然气供应线进一步包含蒸发器,其被配置以通过对供应到所述气体-液体分离器的所述液化天然气施加热量来部分蒸发所述液化天然气。

6. 根据权利要求4所述的液化气处理系统,其特征在于所述副液化天然气供应线进一步包含加热器,其被配置以将所述燃料的温度调整到所述副发动机所需的值,所述燃料的所述甲烷值通过所述气体-液体分离器调整。

7. 根据权利要求1所述的液化气处理系统,其特征在于所述高压压缩器包含多个压缩缸。

8. 根据权利要求7所述的液化气处理系统,其特征在于进一步包括蒸发气体消耗装置,其被配置以接收并且使用在经过所述高压压缩器中所包含的多个所述压缩缸的一部分时被压缩的所述蒸发气体。

9. 根据权利要求7所述的液化气处理系统,其特征在于供应到所述副发动机的所述蒸发气体是在经过所述高压压缩器中所包含的所述多个压缩缸的全部或部分时被压缩的所

述蒸发气体。

10. 根据权利要求1所述的液化气处理系统,其特征在于进一步包括强制蒸发器,其被配置以强制性地蒸发储存在所述货舱中的所述液化天然气并且将经强制性地蒸发的所述液化天然气供应到所述高压压缩器。

11. 根据权利要求1所述的液化气处理系统,其特征在于所述主发动机是M型电控气体燃料喷射发动机并且所述副发动机是双燃料发动机。

12. 一种用于船只的液化气处理方法,所述方法通过用于所述船只的液化气处理系统执行,所述系统包含储存液化天然气的货舱,以及供应有储存在所述货舱中的所述液化天然气并且将所述液化天然气用作燃料的发动机,所述液化气处理系统包含压缩器线,其被配置以通过高压压缩器压缩在所述货舱中产生的蒸发气体并且将经压缩的所述蒸发气体作为燃料供应到所述发动机;以及泵线,其被配置以通过泵压缩储存在所述货舱中的所述液化天然气并且将经压缩的所述液化天然气作为燃料供应到所述发动机,其特征在于所述液化气处理方法包括:

当所述液化天然气通过所述泵线供应到所述发动机时,通过从所述液化天然气分离重质碳氢化合物成分来将所述液化天然气的甲烷值调整到所述发动机所需的值,

其中在所述货舱中产生的蒸发气体在150巴到400巴的压力下通过所述高压压缩器压缩且储存在所述货舱中的所述液化天然气在150巴到400巴的压力下通过所述泵压缩,

其中在150巴到400巴的压力下通过所述高压压缩器压缩的所述蒸发气体中并未供应至所述发动机的所述蒸发气体在热交换器中通过与从所述货舱排出且随后供应到所述高压压缩器中的所述蒸发气体热交换来冷却,以及

其中在所述热交换器中冷却的所述蒸发气体通过减压装置减压。

船只上的液化气处理系统及液化气处理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及液化气处理系统及液化气处理方法,且特别是涉及用于船只的液化气处理系统及液化气处理方法。

背景技术

[0002] 最近,液化气(例如,液化天然气(liquefied natural gas,LNG)或液化石油气(liquefied petroleum gas,LPG))的消耗量在全世界迅速增长。液化气以气态通过岸上或海上输气管线输送,或在以液化状态储存在液化气船内的同时被输送到遥远的消耗地点。通过将天然气或石油气冷却到低温(在LNG的状况下,约 -163°C)而获得液化气(例如,LNG或LPG)。因为液化气的体积与气态相比显著减小,所以液化气非常适合于长距离海上输送。

[0003] 液化气船(例如,LNG船)经设计以装载液化气,在海洋上航行,且在岸上消耗地点卸载液化气。为此,液化气船包含可耐受液化气的低温的储罐(也称作“货舱”)。

[0004] 设有能够储存低温液化气的货舱的海事结构的实例可包含例如液化气船和LNG再气化船(LNG RV(Regasification Vessel))等船只,或例如LNG浮式储存与再气化单元(LNG FSRU(Floating Storage and Regasification Unit))和LNG浮式生产储油装置(LNG FPSO(Floating,Production,Storage and Off-loading))以及驳船发电厂(Barge Mounted Power Plant,BMPP)等结构。

[0005] LNG RV为装备有LNG再气化设施的自行推进的可浮式液化气船,且LNG FSRU为储存从远离陆地的海上的LNG船卸载的LNG且在必要时通过使LNG气化来将LNG供应到岸上消耗地点的海事结构。LNG FPSO为在海上精炼提取的LNG、在直接液化之后将LNG储存在储罐中且在必要时将LNG驳运到LNG船的海事结构。BMPP为装备有用于在海上发电的发电设施的结构。

[0006] 如本文中使用的术语“船只”为包含例如LNG船、LNG RV等液化气船与例如LNG FPSO、LNG FSRU和BMPP等结构的概念。

[0007] 因为天然气的液化温度在环境压力下为 -163°C 的低温,所以在环境压力下,即使当LNG的温度稍高于 -163°C 时,LNG也很可能蒸发。在常规LNG船的状况下,即使LNG货舱热绝缘,但外部热仍持续传递到LNG。所以,在LNG通过LNG船输送期间,LNG在LNG货舱内持续蒸发且在LNG货舱内产生蒸发气体(boil-off gas,下文中称作BOG)。

[0008] 所产生的天然气可增大货舱的内部压力且因为船只的摇动而加速天然气的流动,从而引起结构问题。所以,有必要抑制BOG的产生。

[0009] 按照惯例,为了抑制液化气船的货舱内的BOG的产生,已单独或组合地使用将BOG从货舱排出且燃烧BOG的方法,将BOG从货舱排出、通过再液化设备使BOG再液化和使BOG回流到货舱的方法,使用BOG作为船只的推进发动机的燃料的方法,和通过将货舱的内部压力维持在高水准来抑制BOG的产生的方法。

[0010] 在装备有BOG再液化设备的常规船只的状况下,将货舱内部的BOG从货舱排出且接着通过再液化设备再液化以便将货舱的压力维持在适当水准。在此状况下,排出的BOG在包

含制冷循环的再液化设备中通过与冷却到低温的制冷剂(例如,氮、混合制冷剂等)的热交换而再液化,且液化BOG回流到货舱。

[0011] 在装备有DFDE推进系统的常规LNG船的状况下,BOG以一种方式消耗,以使得在仅由BOG压缩机处理BOG并加热之后将BOG作为燃料供应到DFDE,而不安装再液化设施。因此,当发动机所需的燃料的量小于BOG的产生量时,存在BOG在气体燃烧单元(GCU)中燃烧或排放到大气中等问题。

[0012] 虽然装备有再液化设施和低速柴油机的常规LNG船可通过再液化设施来处理BOG,但整个系统的控制归因于使用氮气的再液化设施的操作复杂性而复杂,且消耗大量电力。

[0013] 因此,需要持续研究和开发用于有效地处理包含自然地从货舱产生的BOG的液化气的系统和方法。

发明内容

[0014] 技术问题

[0015] 本发明已经致力于解决以上问题,且涉及用于船只的液化气处理系统,所述系统包含储存LNG的货舱,以及供应有储存在货舱中的LNG且将LNG用作燃料的发动机,其中将在货舱中产生的BOG以及储存在货舱中的LNG作为燃料用于发动机中,由此实现液化气的有效使用。

[0016] 技术解决方案

[0017] 根据本发明的一方面,提供一种用于船只的液化气处理系统,所述系统包含储存液化天然气(liquefied natural gas,LNG)的货舱,以及将储存在货舱中的LNG用作燃料的主发动机以及副发动机,所述液化气处理系统包含:主蒸发气体(main boil-off gas,BOG)供应线,其被配置以通过压缩机压缩在货舱中产生的BOG并且将经压缩的BOG作为燃料供应到主发动机;副BOG供应线,其被配置以通过压缩机压缩在货舱中产生的BOG并且将经压缩的BOG作为燃料供应到副发动机;主LNG供应线,其被配置以通过泵压缩储存在货舱中的LNG并且将经压缩的LNG作为燃料供应到主发动机;以及副LNG供应线,其被配置以通过泵压缩储存在货舱中的LNG并且将经压缩的LNG作为燃料供应到副发动机,其中供应到主发动机的燃料在150巴到400巴的压力下被压缩。

[0018] 所述泵可以包含:排出泵,其安装在货舱内以将LNG排出到货舱的外部;以及高压泵,其被配置以将在排出泵中经初次压缩的LNG二次压缩到主发动机所需的压力。

[0019] 副LNG供应线可以在高压泵的上游侧处从主LNG供应线分支。

[0020] 副LNG供应线可以包含气体-液体分离器,其被配置以从LNG分离重质碳氢化合物成分以便将燃料的甲烷值调整到副发动机所需的值。

[0021] 副LNG供应线可以进一步包含蒸发器,其被配置以通过对供应到气体-液体分离器的LNG施加热量来部分蒸发LNG。

[0022] 副LNG供应线可以进一步包含加热器,其被配置以将燃料的温度调整到副发动机所需的值,所述燃料的甲烷值通过气体-液体分离器调整。

[0023] 压缩机可以包含多个压缩缸。

[0024] 液化气处理系统可以进一步包含BOG消耗装置,其被配置以接收并且使用在经过压缩机中所包含的多个压缩缸的一部分时被压缩的BOG。

[0025] 供应到主发动机的BOG可以是在经过压缩器中所包含的多个压缩缸的全部或部分时被压缩的BOG。

[0026] 液化气处理系统可以进一步包含强制蒸发器,其被配置以强制性地蒸发储存在货舱中的LNG并且将经强制性地蒸发的LNG供应到压缩器。

[0027] 主发动机可以是MEGI发动机并且副发动机是DF发动机。

[0028] 主BOG供应线可以包含热交换器,其被配置以通过与从货舱排出并且传递到压缩器的BOG交换热量来液化在通过压缩器压缩的BOG当中未供应到主发动机以及副发动机的BOG。

[0029] 根据本发明的另一方面,提供一种用于船只的液化气处理系统,所述系统包含储存液化天然气(liquefied natural gas,LNG)的货舱,以及将储存在货舱中的LNG用作燃料的发动机,所述液化气处理系统包含:压缩器线,其被配置以通过压缩器压缩在货舱中产生的BOG并且将经压缩BOG作为燃料供应到发动机;泵线,其被配置以通过泵压缩储存在货舱中的LNG并且将经压缩LNG作为燃料供应到发动机;以及气体-液体分离器,其被配置以从LNG分离重质碳氢化合物成分以便将LNG的甲烷值调整到发动机所需的值。

[0030] 根据本发明的另一方面,提供一种用于船只的液化气处理方法,所述方法通过用于船只的液化气处理系统执行,所述系统包含储存LNG的货舱,以及供应有储存在货舱中的LNG并且将LNG用作燃料的发动机,所述液化气处理系统包含压缩器线,其被配置以通过压缩器压缩在货舱中产生的BOG并且将经压缩的BOG作为燃料供应到发动机;以及泵线,其被配置以通过泵压缩储存在货舱中的LNG并且将经压缩的LNG作为燃料供应到发动机,所述液化气处理方法包含当LNG通过泵线供应到发动机时,通过从LNG分离重质碳氢化合物成分来将LNG的甲烷值调整到发动机所需的值。

[0031] 有利效果

[0032] 根据本发明,在LNG船中的货物(也就是说,LNG)的输送期间产生的所有BOG都可以用作发动机的燃料,或可以再液化,回流到货舱且储存在其中。因此,GCU等中消耗的BOG的量可减少或去除。此外,可通过再液化来处理BOG,而不使用单独的制冷剂(例如,氮气)。

[0033] 因此,根据本发明的液化气处理系统,从货舱产生的BOG可在不安装消耗大量能量且需要过量初始安装成本的再液化设备的情况下再液化,进而节省再液化设备中消耗的能量。

[0034] 另外,根据本发明的液化气处理系统,在对从货舱排出的BOG进行加压之后的经压缩的BOG的一部分可以作为燃料供应到高压气体喷射式发动机(也就是说,推进系统)。剩余的经压缩BOG可以在从货物排出之后并且在压缩之前利用BOG的冷能来冷却,并且回流到货舱。

[0035] 另外,在根据本发明的液化气处理系统中,因为没有必要安装使用单独制冷剂的再液化设备(即,氮制冷剂制冷循环、混合制冷剂制冷循环等),所以无需单独安装用于供应和储存制冷剂的设施。因此,可节省初始安装成本和用于配置整个系统的操作成本。

[0036] 另外,根据本发明的液化气处理系统,当在压缩之后在热交换器中冷却和液化的BOG由膨胀机减压时,废能可再使用,这是因为膨胀期间可产生能量。

附图说明

[0037] 图1为说明根据本发明的第一实施例的用于船只的液化气处理系统的示意性配置图。

[0038] 图2为说明根据本发明的第二实施例的用于船只的液化气处理系统的示意性配置图。

[0039] 图3和图4为说明根据本发明的第二实施例的修改的用于船只的液化气处理系统的示意性配置图。

[0040] 图5为说明根据本发明的第三实施例的用于船只的液化气处理系统的示意性配置图。

[0041] 图6为说明根据本发明的第四实施例的用于船只的液化气处理系统的示意性配置图。

[0042] 图7和图8为说明根据本发明的第四实施例的修改的用于船只的液化气处理系统的示意性配置图。

[0043] 图9为说明根据本发明的第五实施例的用于船只的液化气处理系统的示意性配置图。

[0044] 图10到图12为说明根据本发明的第五实施例的修改的用于船只的液化气处理系统的示意性配置图。

[0045] 图13为说明根据本发明的第六实施例的用于船只的液化气处理系统的示意性配置图。

具体实施方式

[0046] 下文将参看附图详细描述本发明的示范性实施例。提供这些实施例以使得本发明将为详尽且完整的,且将向所属领域的技术人员全面地传达本发明的范围。然而,本发明可按许多不同形式体现且不应视为限于本文中阐述的实施例。在图式和描述中,相似参考数字将用于指相似元件。

[0047] 国际海事组织(International Maritime Organization, IMO)规定船舶的废气中的氮的氧化物(NO_x)和硫的氧化物(SO_x)的排放且还试图规定二氧化碳(CO₂)的排放。明确地说,氮的氧化物(NO_x)和硫的氧化物(SO_x)的规章的颁布是由国际防止船舶造成海洋污染(Prevention of Marine Pollution from Ships, MARPOL)公约在1997年提出的。在长达八年之后,所述公约符合实行要求且在2005年5月生效。目前,所述规章作为强制规定而为有效的。

[0048] 因此,为了符合此规定,已引入多种方法来减少氮的氧化物(NO_x)的排放。作为这些方法中的一种,已开发并使用用于LNG船的高压天然气喷射式发动机(例如,M型电控气体燃料喷射(M-Electronically-Controlled Gas-Injection, MEGI)发动机)。与相同功率的柴油机相比,MEGI发动机可减少污染物(二氧化碳:23%,氮化合物:80%,硫化合物:95%或更多)的排放。因此,MEGI发动机被视为环保的下一代发动机。

[0049] 此MEGI发动机可安装在将LNG储存在能够耐受低温的储罐中的同时输送LNG的船只(例如,LNG船)中。如本文中使用的术语“船只”包含LNG船、LNG RV以及例如LNG FPSO和LNG FSRU等海上设备。在此状况下,MEGI发动机使用天然气作为燃料且取决于其负荷而需要约150巴到400巴(绝对压力)的高压以用于气体供应。

[0050] MEGI可直接连接到推进器以用于推进。为此,MEGI发动机设有低速旋转的2冲程发动机。也就是说,MEGI发动机为低速2冲程高压天然气喷射式发动机。

[0051] 另外,为了减少氮的氧化物的排放,已开发使用柴油和天然气的混合物作为燃料的双燃料发动机(例如,双燃料柴油发电机(dual fuel diesel generator,DFDG),以下将双燃料发动机简称为DF发动机)且将其用于推进或发电。DF发动机为可燃烧油和天然气的混合物,或可选择性地使用油和天然气中的一种作为燃料的发动机。因为硫的含量小于仅使用油作为燃料的状况下的硫含量,所以在废气中的硫的氧化物的含量较小。

[0052] DF发动机无需像MEGI发动机一样在高压下供应燃料气体,且仅在将燃料气体压缩到约几巴到几十巴之后供应燃料气体。DF发动机通过借助发动机的驱动力来驱动发电机而获得电力。此电力可用于驱动推进电动机或操作各种设备或设施。

[0053] 当供应天然气作为燃料时,在MEGI发动机的状况下没有必要匹配甲烷值,但在DF发动机的状况下有必要匹配甲烷值。

[0054] 如果加热LNG,那么具有相对低的液化温度的甲烷成分优先蒸发。因此,因为BOG的甲烷含量较高,所以BOG可作为燃料直接供应到DF发动机。然而,因为LNG的甲烷含量相对低于BOG的甲烷含量,所以LNG的甲烷值低于DF发动机中所需的甲烷值。构成LNG的碳氢化合物成分(甲烷、乙烷、丙烷、丁烷等)的比率根据开采区域而不同。因此,实际上不适合使LNG蒸发且接着将蒸发的LNG作为燃料供应到DF发动机。

[0055] 为了调整甲烷值,具有比甲烷高的液化点的重质碳氢化合物(heavy hydrocarbon,HHC)成分可通过强制性地使LNG蒸发且降低LNG的温度而液化且移除。在调整甲烷值之后,可根据发动机中所需的温度条件而另外加热甲烷值被调整的天然气。

[0056] 下文中,将参看附图详细描述本发明的优选实施例的配置和操作。另外,以下实施例可按各种形式修改,且不希望限制本发明的范围。

[0057] 图1为说明根据本发明的第一实施例的用于船只的液化气处理系统的配置图。本实施例的液化气处理系统可应用于装备有作为主推进发动机(即,使用LNG作为燃料的推进装置)的MEGI发动机的LNG船。

[0058] 参看图1,根据本实施例的液化气处理系统100包含燃料供应线110和BOG线140。燃料供应线110被配置以提供用于将LNG从货舱1转移到作为推进系统的主发动机3的通道。BOG线140被配置以提供用于将从货舱1产生的BOG转移到主发动机3的通道。另外,根据本实施例的使用BOG的液化气处理系统100由LNG泵120和LNG蒸发器130通过燃料供应线110将LNG作为燃料供应到主发动机3,在由BOG压缩机150压缩BOG之后通过BOG线140将BOG作为燃料供应到主发动机3,且将来自BOG压缩机150的剩余BOG供应到整合的惰性气体产生器/气体燃烧单元(IGG/GCU)系统200。

[0059] 需要在约150巴到400巴的高压(绝对压力)下向可用作主发动机3的MEGI发动机供应燃料。因此,作为根据本实施例的LNG泵120和BOG压缩机150,使用可分别将LNG和BOG压缩到MEGI发动机所需的压力的高压泵和高压压缩机。

[0060] 燃料供应线110提供从LNG货舱1供应的LNG作为燃料通过转移泵2的驱动而转移到主发动机3所通过的通道,且LNG泵120和LNG蒸发器130安装在所述通道中。

[0061] LNG泵120安装在燃料供应线110中以提供转移LNG所需的泵送力。作为LNG泵120的实例,可使用LNG高压(HP)泵。如同本实施例,可并列安装多个LNG泵120。

[0062] LNG蒸发器130安装在燃料供应线110中LNG泵120的后端,且使由LNG泵120转移的LNG蒸发。作为实例,LNG通过循环通过热媒循环线131且通过热媒循环线131供应的热媒的热交换而蒸发。作为另一实例,多种加热装置(包含加热器)可用于提供LNG的蒸发热。另外,LNG蒸发器130可使用高压(HP)蒸发器,其可在高压下用于LNG的蒸发。同时,作为循环通过热媒循环线131且通过热媒循环线131供应的热媒的实例,可使用从锅炉等产生的蒸汽。

[0063] BOG线140提供用于将自然地由货舱1产生的BOG转移到主发动机3的通道。如同本实施例,BOG线140连接到燃料供应线110以将BOG作为燃料供应到主发动机3。或者,BOG线140可提供用于直接将BOG供应到主发动机3的通道。

[0064] BOG压缩机150安装在BOG线140上以压缩通过BOG线140的BOG。虽然图1中仅说明一个BOG压缩机150,但所述系统可被配置以使得相同规格的两个BOG压缩机并列连接以便满足冗余要求,就像一般燃料供应系统一样。然而,如同本实施例,当单一BOG压缩机150安装在BOG线140中的剩余BOG线160的分支部分中时,可获得减少用于安装昂贵的BOG压缩机150的成本的负担和维护的负担的额外效果。

[0065] 剩余BOG线160提供用于将来自BOG压缩机150的剩余BOG供应到整合的IGG/GCU系统200的通道。剩余BOG线160可将剩余BOG作为燃料供应到辅助发动机(例如,DF发动机)和整合的IGG/GCU系统200。

[0066] 整合的IGG/GCU系统200为整合了IGG和GCU的系统。

[0067] 同时,剩余BOG线160和燃料供应线110可由连接线170连接在一起。因此,归因于连接线170,剩余BOG可用作主发动机3的燃料,或蒸发的LNG可用作整合的IGG/GCU系统200的燃料。加热器180可安装在连接线170中以便加热通过连接线170的BOG或蒸发的LNG,且减压阀(PRV)190可经安装以通过调整由BOG或蒸发的LNG引起的压力来减小过量压力。同时,加热器180可为使用气体的燃烧热的气体加热器。而且,加热器180可使用多种加热装置,包含提供用于通过热媒的循环而加热的热源的热媒循环/供应单元。

[0068] 下文将描述根据本发明的第一实施例的液化气处理系统的操作。

[0069] 当货舱1内的压力等于或高于设置压力或大量BOG产生时,通过BOG压缩机150的驱动来压缩BOG且接着将BOG作为燃料供应到主发动机3。另外,当货舱1内的压力低于设置压力或少量BOG产生时,通过LNG泵120和LNG蒸发器130的驱动来转移和蒸发LNG且接着将LNG作为燃料供应到主发动机3。

[0070] 同时,通过剩余BOG线160将来自BOG压缩机150的剩余BOG供应到整合的IGG/GCU系统200或辅助发动机(例如,DF发动机)。剩余BOG被消耗或用于产生用于供应到货舱1的惰性气体。此外,剩余BOG可用作辅助发动机等的燃料。

[0071] 被供应BOG的整合的IGG/GCU系统200可通过主体210内部的BOG燃烧来消耗从货舱1持续地产生的BOG,且在必要时可产生燃烧气体作为用于供应到货舱1的惰性气体。

[0072] 图2为说明根据本发明的第二实施例的用于船只的液化气处理系统的示意性配置图。

[0073] 虽然图2说明本发明的液化气处理系统应用于装备有能够使用天然气作为燃料的高压天然气喷射式发动机(即,使用LNG作为燃料的推进装置)的LNG船的实例,但本发明的液化气处理系统也可应用于安装了液化气货舱的任何类型的船只(LNG船、LNG RV等)和海事设备(LNG FPSO、LNG FSRU、BMPP等)。

[0074] 在根据本发明的第二实施例的用于船只的液化气处理系统中,从储存液化气的货舱11产生且排出的NBOG沿着BOG供应线L1转移,在压缩机13中压缩,且接着供应到高压天然气喷射式发动机(例如,MEGI发动机)。BOG由压缩机13在约150巴到400巴的高压下压缩且接着作为燃料供应到高压天然气喷射式发动机(例如,MEGI发动机)。

[0075] 货舱11具有密封且热绝缘的壁,以便在低温状态下储存例如LNG等液化气,但货舱无法完全阻隔从外部传递的热。因此,液化气在货舱11内持续蒸发。为了将BOG的压力维持在适当水准,BOG通过BOG排出线从货舱11排出。

[0076] 排出泵12安装在货舱11内以便在必要时将LNG排出到货舱的外部。

[0077] 压缩机13可包含一个或一个以上压缩缸14和用于冷却温度升高的BOG的一个或一个以上中间冷却器15。压缩机13可被配置以将BOG压缩到(例如)约400巴。虽然图2说明多级压缩机13包含五个压缩缸14和五个中间冷却器15,但必要时,压缩缸的数量和中间冷却器的数量可改变。此外,多个压缩缸可布置在单个压缩机内,且多个压缩机可逐个连接。

[0078] 在压缩机13中压缩的BOG通过BOG供应线L1供应到高压天然气喷射式发动机。压缩BOG的全部或一部分可根据高压天然气喷射式发动机所需的燃料的量而供应到高压天然气喷射式发动机。

[0079] 此外,根据本发明的实施例,当从货舱11排出且在压缩机13中压缩的BOG(即,从货舱排出的所有BOG)为第一股时,第一股BOG可在压缩之后划分为第二股和第三股。第二股可作为燃料供应到高压天然气喷射式发动机,且第三股可液化且回流到货舱。

[0080] 此时,第二股通过BOG供应线L1供应到高压天然气喷射式发动机。必要时,第二股可在通过压缩机13中所包含的所有多个压缩缸14之后通过连接到高压天然气喷射式发动机的线(即,BOG供应线L1)作为燃料来供应,或可在通过压缩机13中所包含的多个压缩缸14的一部分之后通过连接到DF发动机的线(即,BOG分支线L8)作为燃料来供应。

[0081] 第三股通过BOG回流线L3而回流到货舱11。热交换器21安装在BOG回流线L3中以便使第三股冷却且液化。在热交换器21中,第三股经压缩的BOG与从货舱11排出并且随后供应到压缩机13的第一股BOG交换热量。

[0082] 因为压缩之前的第一股BOG的流率大于第三股的流率,所以第三股压缩BOG可通过从压缩之前的第一股BOG接收冷能来液化。因此,在热交换器21中,高压状态的BOG通过从货舱11排出不久的低温的BOG与压缩机13中压缩的高压状态的BOG之间的热交换来冷却且液化。

[0083] 在热交换器21中冷却且至少部分液化的LBOG在通过充当减压装置的膨胀阀22的同时减压,且在气体-液体混合状态下供应到气体-液体分离器23。LBOG可在通过膨胀阀22的同时减压到约大气压力(例如,从300巴减压到3巴)。液化BOG在气体-液体分离器23中分离为气体和液体成分。液体成分(即,LNG)通过BOG回流线L3转移到货舱11,且气体成分(即,BOG)通过BOG再循环线L5从货舱11排出,且与供应到压缩机13的BOG结合。更具体地说,BOG再循环线L5从气体-液体分离器23的上端延伸且在BOG供应线L1中相比于热交换器21连接到较上游侧。

[0084] 为了使减压BOG平稳地回流到货舱11且通过BOG再循环线L5而将减压BOG的气体成分平稳地结合到BOG供应线L1,有利的是,在减压装置减压之后的BOG的压力设置为高于货舱11的内部压力。

[0085] 为便于解释,已描述热交换器21安装在BOG回流线L3中,但热交换器21可安装在BOG供应线L1中,这是因为热交换实际上在通过BOG供应线L1转移的第一股BOG与通过BOG回流线L3转移的第三股BOG之间执行。

[0086] 另一膨胀阀24可进一步安装在BOG再循环线L5中。因此,从气体-液体分离器23排出的气体成分可在通过膨胀阀24的同时减压。此外,冷却器25安装在BOG再循环线L5中,以便通过在热交换器21中液化且供应到气体-液体分离器23的第三股BOG与从气体-液体分离器23分离且通过BOG再循环线L5转移的气体成分之间的热交换来使第三股进一步冷却。也就是说,冷却器25另外使高压液体状态的BOG冷却为低压低温气体状态的天然气。

[0087] 为便于解释,已描述冷却器25安装在BOG再循环线L5中,但冷却器25可安装在BOG回流线L3中,这是因为热交换实际上在通过BOG回流线L3转移的第三股BOG与通过BOG再循环线L5转移的气体成分之间执行。

[0088] 虽然未说明,但根据本实施例的修改,系统可被配置以使得冷却器25被省略。如果未安装冷却器25,那么可能稍微降低系统的总效率。然而,可促进管道布置和系统操作,且可降低初始安装成本和维护费用。

[0089] 同时,当预期因为从货舱11产生的BOG的量大于高压天然气喷射式发动机所需的燃料的量而产生剩余BOG时,已压缩或在压缩机13中逐步压缩的BOG通过BOG分支线L7和L8分支且接着用于BOG消耗装置中。BOG消耗装置的实例可包含GCU、DF发电机(DFDG)和燃气轮机,其中的每一种可使用相比于MEGI发动机具有相对较低的压力的天然气作为燃料。在压缩机13的中间级,通过BOG分支线L7和L8分支的BOG的压力可为约6到10巴。

[0090] 如上所述,在根据本发明的实施例的液化气处理系统和方法中,在LNG船中的货物(即,LNG)的输送期间产生的BOG可用作发动机的燃料,或可再液化,回流到货舱且储存在其中。因此,GCU等中消耗的BOG的量可减少或去除。此外,可通过再液化来处理BOG,而不安装使用单独制冷剂(例如,氮)的再液化设备。

[0091] 另外,在根据本发明的实施例的液化气处理系统和方法中,因为没有必要安装使用单独制冷剂的再液化设备(即,氮制冷剂制冷循环、混合制冷剂制冷循环等),所以无需单独安装用于供应和储存制冷剂的设施。因此,可节省初始安装成本和用于配置整个系统的操作成本。

[0092] 虽然图2说明用于将压缩BOG供应到热交换器21的BOG回流线L3在压缩机13的后端分支的实例,但如同上述BOG分支线L7和L8,BOG回流线L3可经安装以将在压缩机13中逐步压缩的BOG分支。图3说明2级压缩BOG通过两个缸来分支的修改,且图4说明3级压缩BOG通过三个缸来分支的修改。此时,从压缩机13的中间级分支的BOG的压力可为约6到10巴。

[0093] 明确地说,在使用包含五个缸(其中前级的三个缸以无油润滑方法操作,且后级的两个缸以油润滑方法操作)的压缩机(由柏克哈德公司(Burckhardt company)制造)的状况下,当BOG在压缩器的后级或4级或4级以上分支时,BOG需要在通过滤油器的同时转移。然而,有利的是,不需要在BOG在压缩器的3级或3级以下分支时使用滤油器。

[0094] 图5为说明根据本发明的第三实施例的用于船只的液化气处理系统的示意性配置图。

[0095] 根据第三实施例的液化气处理系统与根据第二实施例的液化气处理系统的不同之处在于,当MEGI发动机或DF发电机所需的BOG的量大于在货舱11中自然产生的BOG的量

时,可在强制蒸发之后使用LNG。下文中,仅更详细地描述与第二实施例的液化气处理系统的不同之处。此外,将相同参考数字指派给与第二实施例相同的元件,且将省略其详细描述。

[0096] 根据本发明的第三实施例的用于船只的液化气处理系统与根据本发明的第二实施例的用于船只的液化气处理系统的相同之处在于,从储存液化气的货舱11产生且排出的NBOG沿着BOG供应线L1转移,在压缩机13中压缩,且接着供应到高压天然气喷射式发动机(例如,MEGI发动机),或NBOG在压缩机13中多级压缩的同时供应到DF发动机(DF发电机)且接着在其中用作燃料。

[0097] 然而,根据第三实施例的液化气处理系统包含强制蒸发线L11,以使得当高压天然气喷射式发动机或DF发动机中需要作为燃料的BOG的量大于货舱11中自然产生的BOG的量时,储存在货舱11中的LNG可在强制蒸发器31中蒸发,且接着供应到压缩机13。

[0098] 当如在第三实施例中提供强制蒸发线L11时,可稳定地供应燃料,即使在因为少量LNG储存在货舱11中而产生少量BOG或各种发动机中需要作为燃料的BOG的量大于货舱11中自然产生的BOG的量时也是如此。

[0099] 图6为说明根据本发明的第四实施例的用于船只的液化气处理系统的示意性配置图。

[0100] 根据第四实施例的液化气处理系统与根据第二实施例的液化气处理系统的不同之处在于,膨胀机52代替膨胀阀用作减压装置。也就是说,根据第四实施例,在热交换器21中冷却且至少部分液化的LBOG在通过膨胀机52的同时减压,且在气体-液体混合状态下供应到气体-液体分离器23。下文中,仅更详细地描述与第二实施例的液化气处理系统的不同之处。此外,将相同参考数字指派给与第二实施例相同的元件,且将省略其详细描述。

[0101] 膨胀机52在使高压液化BOG在低压下膨胀的同时产生能量。LBOG可在通过膨胀机52的同时减压到约大气压力。液化BOG在气体-液体分离器23中分离为气体和液体成分。液体成分(即,LNG)通过BOG回流线L3转移到货舱11,且气体成分(即,BOG)通过BOG再循环线L5从货舱11排出,且与供应到压缩机13的BOG结合。更具体地说,BOG再循环线L5从气体-液体分离器23的上端延伸且在BOG供应线L1中相比于热交换器21连接到较上游侧。

[0102] 另一减压装置(例如,膨胀阀24)可进一步安装在BOG再循环线L5中。因此,从气体-液体分离器23排出的气体成分可在通过膨胀阀24的同时减压。

[0103] 图7和图8为说明根据本发明的第四实施例的修改的用于船只的液化气处理系统的示意性配置图。

[0104] 在图6所说明的第四实施例中,用于将压缩BOG供应到热交换器21的BOG回流线L3在压缩机13的后端分支。然而,根据图7和图8所说明的修改,如同在如上所述的BOG分支线L7和L8或如参看图3和图4所述的第二实施例的修改中的BOG回流线中,BOG回流线L3可经安装以使压缩机13中逐步压缩的BOG分支。

[0105] 图7说明2级压缩BOG通过两个缸来分支的修改,且图8说明3级压缩BOG通过三个缸来分支的修改。明确地说,在使用包含五个缸(其中前级的三个缸以无油润滑方法操作,且后级的两个缸以油润滑方法操作)的压缩机(由柏克哈德公司(Burckhardt company)制造)的状况下,当BOG在压缩器的后级或4级或4级以上分支时,BOG需要在通过滤油器的同时转移。然而,有利的是,不需要在BOG在压缩器的3级或3级以下分支时使用滤油器。

[0106] 此外,参考图7所说明的第四实施例的第一修改,根据第四实施例的液化气处理系统可经修改以使得充当热交换器的冷却器25(参见图6)得以省略,所述热交换器用于另外使在通过热交换器21的同时冷却且液化的BOG冷却。如果未安装冷却器25,那么可能稍微降低系统的总效率。然而,可促进管道布置和系统操作,且可降低初始安装成本和维护费用。

[0107] 此外,参考图8所说明的第四实施例的第二修改,根据第四实施例的液化气处理系统可经修改以使得充当减压装置的膨胀机52和膨胀阀55并列布置。此时,并列布置的膨胀机52和膨胀阀55设置在热交换器21与气体-液体分离器23之间。从热交换器21与气体-液体分离器23之间的BOG回流线L3分支且被配置以绕过膨胀机52的旁通线L31经安装以便并列安装膨胀阀55且仅在必要时使用膨胀机52或膨胀阀55。膨胀阀55在液化BOG通过仅使用膨胀机52而膨胀时闭合,且分别安装在膨胀机52的前端和后端的开关阀53和54在液化BOG通过仅使用膨胀阀55而膨胀时闭合。

[0108] 如同根据前述实施例的液化气处理系统和方法,在根据本发明的第四实施例的液化气处理系统和方法中,在LNG船中的货物(即,LNG)的输送期间产生的BOG可用作发动机的燃料,或可再液化,回流到货舱且储存在其中。因此,GCU等中消耗的BOG的量可减少或去除。此外,可通过再液化来处理BOG,而不安装使用单独制冷剂(例如,氮)的再液化设备。

[0109] 即使当根据本发明的第四实施例的液化气处理系统和方法应用于设备(LNG FPSO、LNG FSRU、BMPP等)和船只(LNG船、LNG RV等)时,从储存LNG的货舱产生的BOG也可用作发动机(包含用于发电的发动机和用于推进的发动机)的燃料或可再液化,进而减少或去除BOG的不必要的浪费。

[0110] 另外,在根据本发明的第四实施例的液化气处理系统和方法中,因为没有必要安装使用单独制冷剂的再液化设备(即,氮制冷剂制冷循环、混合制冷剂制冷循环等),所以无需单独安装用于供应和储存制冷剂的设施。因此,可节省初始安装成本和用于配置整个系统的操作成本。

[0111] 图9为说明根据本发明的第五实施例的用于船只的液化气处理系统的示意性配置图。

[0112] 根据第五实施例的液化气处理系统与根据第二实施例的液化气处理系统的不同之处在于,在热交换器21中液化且接着在减压装置(例如,膨胀阀22)中减压的BOG回流到货舱11,而不通过气体-液体分离器23。下文中,仅更详细地描述与第二实施例的液化气处理系统的不同之处。此外,将相同参考数字指派给与第二实施例相同的元件,且将省略其详细描述。

[0113] 根据本实施例,变为气体成分(即,闪发气体)和液体成分(即,液化BOG)在液化之后减压的同时混合的BOG(即,双相BOG)通过BOG回流线L3回流到货舱11。BOG回流线L3可被配置以使得回流到货舱11的双相BOG注入到货舱11的底部。

[0114] 注入到货舱11的底部的双相BOG的气体成分(即,闪发气体)可部分融合到储存在货舱11中的LNG中,或可通过LNG的冷能来液化。此外,未融合或液化的闪发气体(BOG)再次通过BOG供应线L1与货舱11中另外产生的BOG(NBOG)一起从货舱11排出。从货舱11排出的闪发气体与新产生的BOG一起沿着BOG供应线L1再循环到压缩机13。

[0115] 根据本实施例,因为膨胀之后的双相BOG注入到货舱11的底部,所以较大量的BOG由储存在货舱11中的LNG液化。此外,因为省略了例如气体-液体分离器等设施,所以可节

省安装成本和操作成本。

[0116] 图10为说明根据本发明的第五实施例的第一修改的用于船只的液化气处理系统的示意性配置图。

[0117] 图10所说明的第五实施例的第一修改与根据第五实施例的图9所说明的液化气处理系统的不同之处在于,膨胀机52代替膨胀阀用作减压装置。也就是说,根据第五实施例的第一修改,在热交换器21中冷却且液化的LBOG在通过膨胀机52的同时减压到气体-液体混合状态,且在双相状态下回流到货舱11。

[0118] 图11为说明根据本发明的第五实施例的第二修改的用于船只的液化气处理系统的示意性配置图。

[0119] 图11所说明的第五实施例的第二修改与根据第五实施例的图9所说明的液化气处理系统的不同之处在于,多个压缩器(例如,第一压缩器13a和第二压缩器13b)代替多级压缩器用作压缩装置。

[0120] 在根据本发明的第五实施例的第二修改的用于船只的液化气处理系统中,从储存液化气的货舱11产生且排出的NBOG沿着BOG供应线L1转移,且接着供应到第一压缩器13a。在第一压缩器13a中压缩的BOG可在约6到10巴下压缩,且接着沿着燃料供应线L2供应到需求者,即,使用LNG作为燃料的推进系统(例如,DFDE)。在供应到DFDE之后剩余的BOG可另外由充当增压压缩器的第二压缩器13b压缩。接着,如同在上述第五实施例中,BOG可在沿着BOG回流线L3移动的同时液化且接着回流到货舱11。

[0121] 第一压缩器13a可为包含一个压缩缸14a和一个中间冷却器15a的1级压缩器。第二压缩器13b可为包含一个压缩缸14b和一个中间冷却器15b的1级压缩器。必要时,第二压缩器13b可设有包含多个压缩缸和多个中间冷却器的多级压缩器。

[0122] 在第一压缩器13a中压缩的BOG在约6到10巴下压缩,且接着通过燃料供应线L2供应到需求者,例如,DF发动机(即,DFDE)。此时,压缩BOG的全部或一部分可根据发动机所需的燃料的量而供应到发动机。

[0123] 也就是说,当从货舱11排出且供应到第一压缩器13a的BOG(即,从货舱11排出的所有BOG)为第一股时,第一股BOG可在第一压缩器13a的下游侧划分为第二股和第三股。第二股可作为燃料供应到推进系统(即,DF发动机(DFDE)),且第三股可液化且回流到货舱11。

[0124] 此时,第二股通过燃料供应线L2供应到DFDE,且第三股进一步在第二压缩器13b中压缩,经历液化和减压处理,且通过BOG回流线L3回流到货舱11。热交换器21安装在BOG回流线L3中以便使第三股压缩BOG液化。在热交换器21中压缩的第三股BOG与从货舱11排出的第一股BOG交换热,且接着供应到第一压缩器13a。

[0125] 因为压缩之前的第一股BOG的流率大于第三股的流率,所以第三股压缩BOG可通过从压缩之前的第一股BOG接收冷能来冷却(即,至少部分液化)。因此,在热交换器21中,高压状态的BOG通过从货舱11排出不久的低温的BOG与压缩器13中压缩的高压状态的BOG之间的热交换来冷却(液化)。

[0126] 在热交换器21中冷却的LBOG在通过充当减压装置的膨胀阀22(例如,J-T阀)的同时减压,且接着在气体-液体混合状态下供应到货舱11。LBOG可在通过膨胀阀22的同时减压到约大气压力(例如,从300巴减压到3巴)。

[0127] 同时,当预期因为从货舱11产生的BOG的量大于DF发动机所需的燃料的量(例如,

在发动机停止时或在低速巡航期间)而产生剩余BOG时,在第一压缩器13a中压缩的BOG通过BOG分支线L7分支且接着用于BOG消耗装置中。BOG消耗装置的实例可包含GCU和燃气轮机,其中的每一个可使用天然气作为燃料。

[0128] 图12为说明根据本发明的第五实施例的第三修改的用于船只的液化气处理系统的示意性配置图。

[0129] 图12所说明的第五实施例的第三修改与根据第五实施例的第二修改的图11所说明的液化气处理系统的不同之处在于,膨胀机52代替膨胀阀用作减压装置。也就是说,根据第五实施例的第三修改,在热交换器21中冷却且液化的LBOG在通过充当减压装置的膨胀机52的同时减压到气体-液体混合状态,且在双相状态下回流到货舱11。

[0130] 如同根据前述实施例的液化气处理系统和方法,在根据本发明的第五实施例的液化气处理系统和方法中,在LNG船中的货物(即,LNG)的输送期间产生的BOG可用作发动机的燃料,或可再液化,回流到货舱且储存在其中。因此,GCU等中消耗的BOG的量可减少或去除。此外,可通过再液化来处理BOG,而不安装使用单独制冷剂(例如,氮)的再液化设备。

[0131] 即使当根据本发明的第五实施例的液化气处理系统和方法应用于设备(LNG FPSO、LNG FSRU、BMPP等)和船只(LNG船、LNG RV等)时,从储存LNG的货舱产生的BOG也可用作发动机(包含用于发电的发动机和用于推进的发动机)的燃料或可再液化,进而减少或去除BOG的不必要的浪费。

[0132] 另外,在根据本发明的第五实施例的液化气处理系统和方法中,因为没有必要安装使用单独制冷剂的再液化设备(即,氮制冷剂制冷循环、混合制冷剂制冷循环等),所以无需单独安装用于供应和储存制冷剂的设施。因此,可节省初始安装成本和用于配置整个系统的操作成本。

[0133] 图13为说明根据本发明的第六实施例的用于船只的液化气处理系统的配置图。

[0134] 根据本发明的第六实施例的图13所说明的液化气处理系统是通过整合根据第一实施例的图1所说明的液化气处理系统(包含LNG由高压泵120压缩且作为燃料供应到推进系统所通过的线和BOG由压缩器150压缩且作为燃料供应到推进系统所通过的线的混合式系统)和根据第二实施例的图2所说明的液化气处理系统来配置。

[0135] 虽然未说明,但根据本发明,显而易见的是,根据第三实施例到第五实施例的图3到图13所说明的液化气处理系统也可与如图13所说明的混合式系统整合(参见图13的L23、L24和L25)。

[0136] 根据本发明的图13所说明的液化气处理系统包含高压天然气喷射式发动机(例如,MEGI发动机)作为主发动机,且包含DF发动机(DF发电机:DFDG)作为副发动机。一般来说,主发动机用于推进以使船只航行,且副发动机用于发电以将电力供应到船只中所安装的各种设备和设施。然而,本发明不限于主发动机和副发动机的用途。可安装多个主发动机和多个副发动机。

[0137] 根据本发明的液化气处理系统被配置以使得储存在货舱11中的天然气(即,气体状态的BOG和液体状态的LNG)可作为燃料供应到发动机(即,充当主发动机的MEGI发动机和充当副发动机的DF发动机)。

[0138] 为了将气体状态的BOG作为燃料气体来供应,根据本实施例的液化气处理系统包含充当BOG供应线以向主发动机供应储存在货舱11中的BOG的主BOG供应线L1,和从主BOG供

应线L1分支以向副发动机供应BOG的副BOG供应线L8。主BOG供应线L1具有与前述实施例的BOG供应线L1相同的配置。然而,在关于图13所给出的描述中,此BOG供应线称为主BOG供应线L1以便与DF发动机的BOG供应线(即,副BOG供应线L8)区分。此外,副BOG供应线L8具有与前述实施例的BOG分支线L8相同的配置。然而,在关于图13所给出的描述中,此BOG供应线称为副BOG供应线L8以便与主BOG供应线L1区分。

[0139] 为了将液体状态的LNG作为燃料气体来供应,根据本实施例的液化气处理系统包含用以向主发动机供应储存在货舱11中的LNG的主LNG供应线L23,和从主LNG供应线L23分支以向副发动机供应LNG的副LNG供应线L24。

[0140] 根据本实施例,用于压缩BOG的压缩机13安装在主BOG供应线L1中,且用于压缩LNG的高压泵43安装在主LNG供应线L23中。

[0141] 在储存液化气的货舱11中产生且通过BOG排出阀41排出的NBOG沿着主BOG供应线L1转移,在压缩机13中压缩,且接着供应到高压天然气喷射式发动机(例如,MEGI发动机)。BOG由压缩机13在约150巴到400巴的高压下压缩且接着供应到高压天然气喷射式发动机。

[0142] 货舱11具有密封且热绝缘的壁,以便在低温状态下储存例如LNG等液化气,但货舱无法完全阻隔从外部传递的热。因此,液化气在货舱11内持续蒸发,且BOG从货舱11排出以便将BOG的压力维持在适当水准。

[0143] 压缩机13可包含一个或一个以上压缩缸14和用于冷却温度升高的BOG的一个或一个以上中间冷却器15。压缩机13可被配置以将BOG压缩到(例如)约400巴。虽然图13说明多级压缩机13包含五个压缩缸14和五个中间冷却器15,但必要时,压缩缸的数量和中间冷却器的数量可改变。此外,多个压缩缸可布置在单个压缩机内,且多个压缩机可逐次连接。

[0144] 在压缩机13中压缩的BOG通过主BOG供应线L1供应到高压天然气喷射式发动机。压缩BOG的全部或部分可根据高压天然气喷射式发动机所需的燃料的量而供应到高压天然气喷射式发动机。

[0145] 用于将燃料气体供应到副发动机(即,DF发动机)的副BOG供应线L8从主BOG供应线L1分支。更具体地说,副BOG供应线L8从主BOG供应线L1分支,以使得BOG可在压缩机13中多级压缩的过程中分支。虽然图13说明2级压缩BOG分支,且BOG的一部分通过副BOG供应线L8供应到副发动机,但这仅为示范性的。系统还可被配置以使得1级压缩BOG或3级到5级压缩BOG分支且接着通过副BOG供应线供应到副发动机。作为压缩器的实例,可使用由柏克哈德公司制造的压缩机。由柏克哈德公司制造的压缩机包含五个缸。已知前级的三个缸以无油润滑方法操作,且后级的两个缸以油润滑方法操作。因此,在由柏克哈德公司制造的压缩机用作用于压缩BOG的压缩机13的状况下,当BOG在压缩器的4级或4级以上分支时,BOG需要通过油滤器转移。然而,有利的是,不需要在BOG在压缩器的3级或3级以下分支时使用滤油器。

[0146] 充当副发动机的DF发动机(例如,DFDG)的所需压力低于MEGI发动机的所需压力。因此,当高压下压缩的BOG在压缩机13的后端分支时,这是低效的,因为BOG的压力需要再次降低且接着供应到副发动机。

[0147] 如上所述,如果加热LNG,那么具有相对低的液化温度的甲烷成分优先蒸发。因此,因为BOG的甲烷含量较高,所以BOG可作为燃料直接供应到DF发动机。因此,用于调整甲烷值的单独设备不需要安装在主BOG供应线和副BOG供应线中。

[0148] 同时,当预期因为从货舱11产生的BOG的量大于主发动机以及副发动机所需的燃

料的量而产生剩余BOG时,本发明的液化气处理系统可使BOG再液化且使再液化的BOG回流到货舱。

[0149] 当BOG超出再液化能力而产生时,已压缩或在压缩机13中逐步压缩的BOG可通过BOG分支线L7分支且用于BOG消耗装置中。BOG消耗装置的实例可包含GCU和燃气轮机,其中的每一个可使用相比于MEGI发动机具有相对较低的压力的天然气作为燃料。如图13所说明,BOG分支线L7可从副BOG供应线L8分支。

[0150] 因为在压缩机13中压缩且接着通过BOG供应线L1供应到高压天然气喷射式发动机的BOG的至少一部分通过BOG回流线L3来处理(即,再液化且回流到货舱11)的过程与参看图2所述的过程相同,所以将省略其详细描述。

[0151] 虽然图13说明用于将压缩BOG供应到热交换器21的BOG回流线L3在压缩机13的后端分支的实例,但如同上述BOG分支线L7和充当BOG分支线的副BOG供应线L8,BOG回流线L3可经安装以将在压缩机13中逐步压缩的BOG分支。图3说明2级压缩BOG通过两个缸来分支的修改,且图4说明3级压缩BOG通过三个缸来分支的修改。此时,从压缩机13的中间级分支的BOG的压力可为约6到10巴。

[0152] 明确地说,在使用包含五个缸(其中前级的三个缸以无油润滑方法操作,且后级的两个缸以油润滑方法操作)的压缩机(由柏克哈德公司制造)的状况下,当BOG在压缩器的后级或4级或4级以上分支时,BOG需要在通过滤油器的同时转移。然而,有利的是,不需要在BOG在压缩器的3级或3级以下分支时使用滤油器。

[0153] 排出泵12和高压泵43安装在主LNG供应线L23中。排出泵12安装在货舱11内且被配置以将LNG排出到货舱11的外部。高压泵43被配置以将LNG(其在排出泵12中初次压缩)二次压缩到MEGI发动机所需的压力。排出泵12可安装在每一货舱11中。虽然在图4中仅说明一个高压泵43,但必要时,可并列连接多个高压泵。

[0154] 如上所述,MEGI发动机所需的燃料气体的压力为约150巴到400巴(绝对压力)的高压。在本说明书中,应考虑到,如本文中所使用的术语“高压”指MEGI发动机所需的压力,例如,约150巴到400巴(绝对压力)的压力。

[0155] 通过排出泵12从储存液化气的货舱11排出的LNG沿着主LNG供应线L23转移,且接着供应到高压泵43。接着,LNG在高压泵43中压缩到高压,供应到蒸发器44,且在蒸发器44中蒸发。蒸发LNG作为燃料供应到高压天然气喷射式发动机(即,MEGI发动机)。因为MEGI发动机所需的压力处于超临界状态,所以压缩到高压的LNG为既不是气体也不是液体的状态。因此,应考虑到,表述“在蒸发器44中使压缩到高压的LNG蒸发”意味着将处于超临界状态的LNG的温度升高到MEGI发动机所需的温度。

[0156] 用于将燃料气体供应到副发动机(即,DF发动机)的副LNG供应线L24从主LNG供应线L23分支。更具体地说,副LNG供应线L24从主LNG供应线L23分支,以使得LNG可在高压泵43中压缩之前分支。

[0157] 同时,在图13中,副LNG供应线L24被说明为在高压泵43的上游侧从主LNG供应线L23分支。然而,根据修改,副LNG供应线L24可在高压泵43的下游侧从主LNG供应线L23分支。然而,在LNG供应线L24在高压泵43的下游侧分支的状况下,因为LNG的压力已由高压泵43升高,所以在将LNG作为燃料供应到副发动机之前,有必要通过减压装置将LNG的压力降低到副发动机所需的压力。如同图13所说明的实施例,有利的是,当副LNG供应线L24在高压泵43

的上游侧分支时,不需要安装额外减压装置。

[0158] 蒸发器45、气体-液体分离器46和加热器47安装在副LNG供应线L24中以便将作为燃料供应的LNG的甲烷值和温度调整到DF发动机中所需的值。

[0159] 如上所述,因为LNG的甲烷含量相对低于BOG的甲烷含量,所以LNG的甲烷值低于DF发动机中所需的甲烷值。构成LNG的碳氢化合物成分(甲烷、乙烷、丙烷、丁烷等)的比率根据开采区域而不同。因此,实际上不适合使LNG蒸发且接着将蒸发的LNG作为燃料供应到DF发动机。

[0160] 为了调整甲烷值,在蒸发器45中对LNG加热且使之部分蒸发。部分蒸发到气体状态(即,天然气)以及液体状态(即,LNG)混合的状态的燃料气体供应到气体-液体分离器46且分离为气体和液体。因为具有高发热值的重质碳氢化合物(HHC)成分的蒸发温度相对高,所以保持原样而未在部分蒸发的BOG中蒸发的HHC成分的比率在液体状态的LNG中相对增大。因此,燃料气体的甲烷值可通过在气体-液体分离器46中分离液体成分(即,通过分离HHC成分)来增大。

[0161] 为了获得适当甲烷值,蒸发器45中的加热温度可考虑到LNG中所包含的碳氢化合物成分的比率、发动机中所需的甲烷值等来调整。蒸发器45中的加热温度可被确定为在-80℃到-120℃的范围中。在气体-液体分离器46中从燃料气体分离的液体成分通过液体成分回流线L25回流到货舱11。BOG回流线L3和液体成分回流线L25可在相互结合后延伸到货舱11。

[0162] 甲烷值被调整的燃料气体通过副LNG供应线L24供应到加热器47,进一步加热到副发动机中所需的温度,且接着作为燃料供应到副发动机。举例来说,当副发动机为DFDG时,所需甲烷值通常为80或80以上。举例来说,在一般LNG(通常,甲烷89.6%、氮0.6%)的状况下,在分离HHC成分之前的甲烷值为71.3,且此时的低热值(lower heating value,LHV)为48,872.8千焦/千克(在1标准大气压下,饱和蒸气)。当通过将一般LNG压缩到7巴且将其加热到-120℃来移除HHC成分时,甲烷值增大到95.5且此时的LHV为49,265.6千焦/千克。

[0163] 根据本实施例,燃料气体供应到发动机(主发动机和副发动机)有两条通道。也就是说,燃料气体可在通过压缩器13压缩之后供应到发动机,或可在通过高压泵43压缩之后供应到发动机。

[0164] 明确地说,例如LNG船或LNG RV等船只用于将LNG从开采区域输送到消费者。因此,当从开采区域航行时,船只在LNG完全装载到货舱中的满载条件下航行。当在卸载LNG之后返回到开采区域时,船只在货舱几乎空的压载条件下航行。在满载条件下,产生大量BOG,这是因为LNG的量相对大。在压载条件下,产生相对少量的BOG,这是因为LNG的量较小。

[0165] 虽然根据货舱的容量、外部温度等存在差异,但在LNG货舱的容量为约130,000到350,000时产生的BOG的量在满载条件下为3到4吨/小时,且在压载条件下为0.3到0.4吨/小时。此外,发动机所需的燃料气体的量在MEGI发动机的状况下为约1到4吨/小时(平均约1.5吨/小时),且在DF发动机(DFDG)的状况下为约0.5吨/小时。同时,近年来,因为蒸发率(BOR)由于货舱的热绝缘性能的改善而倾向于降低,所以BOG的产生量倾向于降低。

[0166] 因此,在如同本实施例的燃料气体供应系统而提供压缩器线(即,图13中的L1和L8)与高压泵线(即,图13中的L23和L24)两者的状况下,优选在产生大量BOG的满载条件下,通过压缩器线将燃料气体供应到发动机,且在产生少量BOG的压载条件下,通过高压泵线将

燃料气体供应到发动机。

[0167] 一般来说,压缩器将气体(BOG)压缩到MEGI发动机中所需的约150巴到400巴(绝对压力)的高压所需的能量显著大于泵压缩液体(LNG)所需的能量。将气体压缩到高压的压缩器极昂贵且占用大量空间。因此,可考虑到,单独使用高压泵线而不使用任何压缩线具有成本效益。举例来说,通过驱动多级配置的一组压缩器而将燃料供应到MEGI发动机消耗2兆瓦的功率。然而,如果使用高压泵,那么消耗100千瓦的功率。然而,在满载条件下通过单独使用高压泵线而将燃料气体供应到发动机时,必须需要用于使BOG再液化的再液化设备以便处理在货舱中持续产生的BOG。当考虑在再液化设备中消耗的能量时,有利的是,安装压缩器线与高压泵线两者,在满载条件下通过压缩器线来供应燃料气体,且在压载条件下通过高压泵线来供应燃料气体。

[0168] 同时,如同压载条件,当货舱中所产生的BOG的量小于MEGI发动机所需的燃料的量时,可有效的是,在多级压缩的过程中通过副BOG供应线L8来使BOG分支,且将分支的BOG用作DF发动机的燃料,而不在多级压缩器中将BOG压缩到MEGI中所需的高压。也就是说,举例来说,如果仅通过5级压缩器中的2级压缩缸来将BOG供应到DF发动机,那么剩余3级压缩缸闲置。当通过驱动整个5级压缩器来压缩BOG时,需要2兆瓦的功率。当使用2级压缩缸且剩余3级压缩缸闲置时,需要600千瓦的功率。当通过高压泵将燃料供应到MEGI发动机中时,需要100千瓦的功率。因此,如同压载条件,当BOG的产生量小于MEGI发动机所需的燃料的量时,就能量效率来说,有利的是,在DF发动机中消耗所有量的BOG,且通过高压泵将LNG作为燃料来供应。

[0169] 然而,必要时,即使当BOG的产生量小于MEGI发动机所需的燃料的量时,也可在通过压缩器将BOG作为燃料供应到MEGI发动机的同时,强制性地使LNG蒸发且供应多达缺少的量。同时,因为在压载条件下,BOG的产生量较小,所以BOG未被排出而是积累,直到货舱达到预定压力为止,且间隙性排出且作为燃料供应到DF发动机或MEGI发动机,而不是每当产生BOG便排出和消耗BOG。

[0170] 在压载条件下,可向船只的发动机(DF发动机或MEGI发动机)同时供应由压缩器13压缩的BOG和由高压泵43压缩的LNG作为燃料。此外,在压载条件下,可向船只的发动机(DF发动机或MEGI发动机)交替供应由压缩器13压缩的BOG和由高压泵43压缩的LNG作为燃料。

[0171] 在使用中供应有低压燃料的低压发动机(例如锅炉、燃气轮机或低压DF发动机)的情况下,已经开发了燃料供应系统,其在正常情况下将在储罐中产生的BOG用作燃料,并且当BOG的量小于燃料的所需量时,强制性地使LNG蒸发并且将经蒸发LNG与BOG一起用作燃料。此燃料供应系统限于其中在船只中安装了仅低压发动机的情况。自然产生的BOG以及经强制性地蒸发的LNG在热值以及甲烷值上是不同的。因此,在其中以混合方式将BOG以及经强制性地蒸发的LNG供应到一个发动机的情况下,发动机功率随燃料的成分(也就是说,加热值)连续地改变而改变。这使得难以操作发动机。在LNG船等货船的情况下,相对较足够量的BOG在满载条件中产生,在所述满载条件中,货船在航行中满载货物。然而,在其中货船在卸载货物之后返回的压载条件下,BOG的量是不足的并且因此有必要强制性地使LNG蒸发。因此,在对应于总航行周期的约一半的压载条件下,发动机功率的改变等问题连续出现。

[0172] 然而,本发明的上述实施例与安装有仅低压发动机的燃料供应系统大大不同,不同之处在于安装了供应有在高压下的燃料的高压发动机(例如,MEGI发动机,约150巴到400

巴)以及供应有在低压下的燃料的低压发动机(例如,DF发动机,约6巴到10巴)两者。

[0173] 另外,根据本发明,当BOG的产生量小于在整个发动机中所需的燃料的量时,将BOG作为燃料供应到仅低压发动机,或将LNG作为燃料供应到高压发动机以及低压发动机两者。当在储罐中积累了预定量的BOG时,将BOG以及LNG交替地作为燃料供应到发动机。因此,有可能解决在以混合方式将BOG以及经强制性地蒸发的LNG供应到一个发动机时所出现的问题。

[0174] 然而,根据本发明的实施例,显而易见的是,通过压缩器13压缩的BOG以及通过高压泵43压缩的LNG视需要可以同时作为燃料供应到发动机。

[0175] 此外,在不容易修复和替换设备的船只中,考虑到紧急情况(冗余),主要设施必须安装为两个。也就是说,需要主要设施的冗余,以使得能够执行与主设施相同的功能的额外设施和额外设备在主设施的正常操作期间设置为备用状态,且在主设施由于故障而不操作时,接管主设施的功能。需要冗余的设施的实例可包含旋转设施,例如,压缩器或泵。

[0176] 因此,各种设施需要冗余地安装在船只中,以便在正常不使用的同时,仅满足冗余要求。使用两条压缩线的燃料气体供应系统需要大量成本和空间来安装压缩器。当使用燃料气体供应系统时,消耗大量能量。使用两条高压泵线的燃料气体供应系统可在BOG的处理(再液化)中消耗大量能量。另一方面,在安装了压缩器线与高压泵线两者的本发明的燃料气体供应系统中,即使在供应线中的一个中发生问题时,船只也可通过另一供应线来继续正常航行。在仅安装一条压缩线的状况下,较少使用昂贵的压缩器,且可根据BOG的产生量来适当地选择和使用最佳燃料气体供应方法。因此,可获得可节省成本和初始造船成本的额外效果。

[0177] 如图13所说明,当液化气处理系统和混合式燃料气体供应系统根据本发明的实施例而组合时,在LNG船中的货物(即,LNG)的输送期间产生的BOG可用作发动机的燃料,或可再液化,回流到货舱且储存在其中。因此,GCU等中消耗的BOG的量可减少或去除。此外,可通过再液化来处理BOG,而不安装使用单独制冷剂(例如,氮)的再液化设备。

[0178] 根据本实施例,不管BOG的产生量由于货舱的增大的容量而增大且燃料的所需量由于发动机的改进的性能而减小的最近趋势,在用作发动机的燃料后剩余的BOG可再液化且回流到货舱,进而防止BOG的浪费。

[0179] 明确地说,在根据本实施例的液化气处理系统和方法中,因为没有必要安装使用单独制冷剂的再液化设备(即,氮制冷剂制冷循环、混合制冷剂制冷循环等),所以无需单独安装用于供应和储存制冷剂的设施。因此,可节省初始安装成本和用于配置整个系统的操作成本。

[0180] 虽然已参照具体实施例描述了本发明的实施例,但所属领域的技术人员将显而易见的是,在不脱离由随附权利要求书界定的本发明的精神和范围的情况下,可进行各种改变和修改。

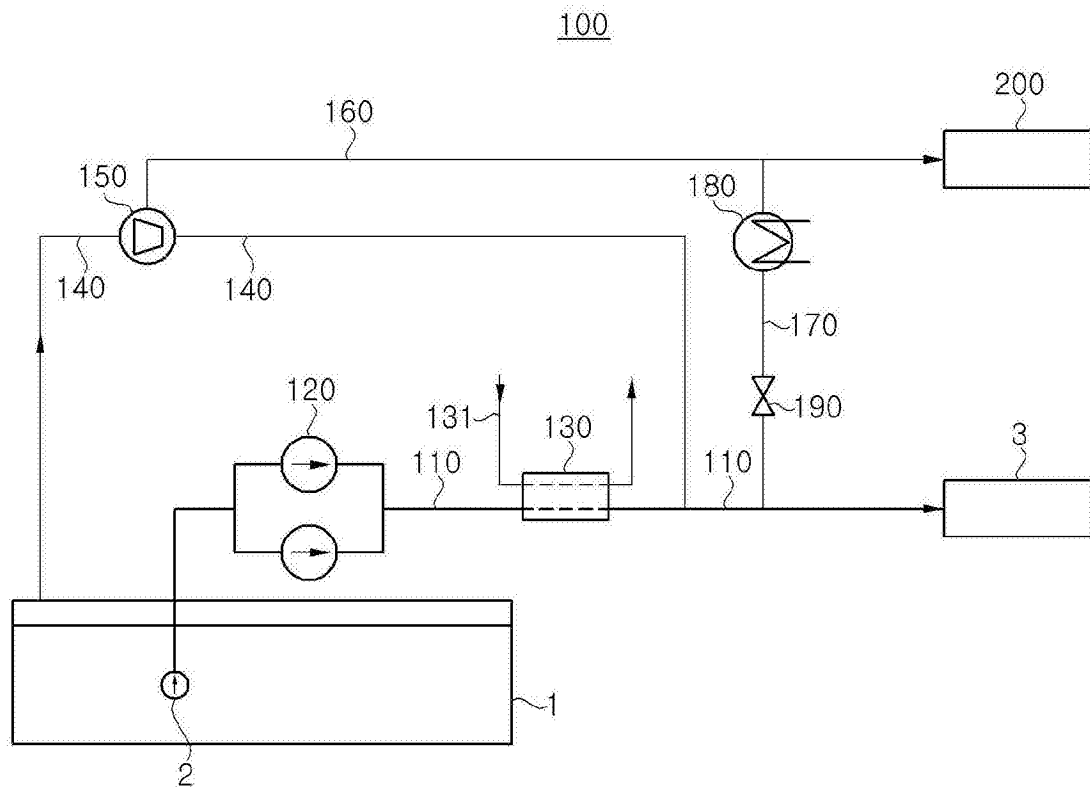


图1

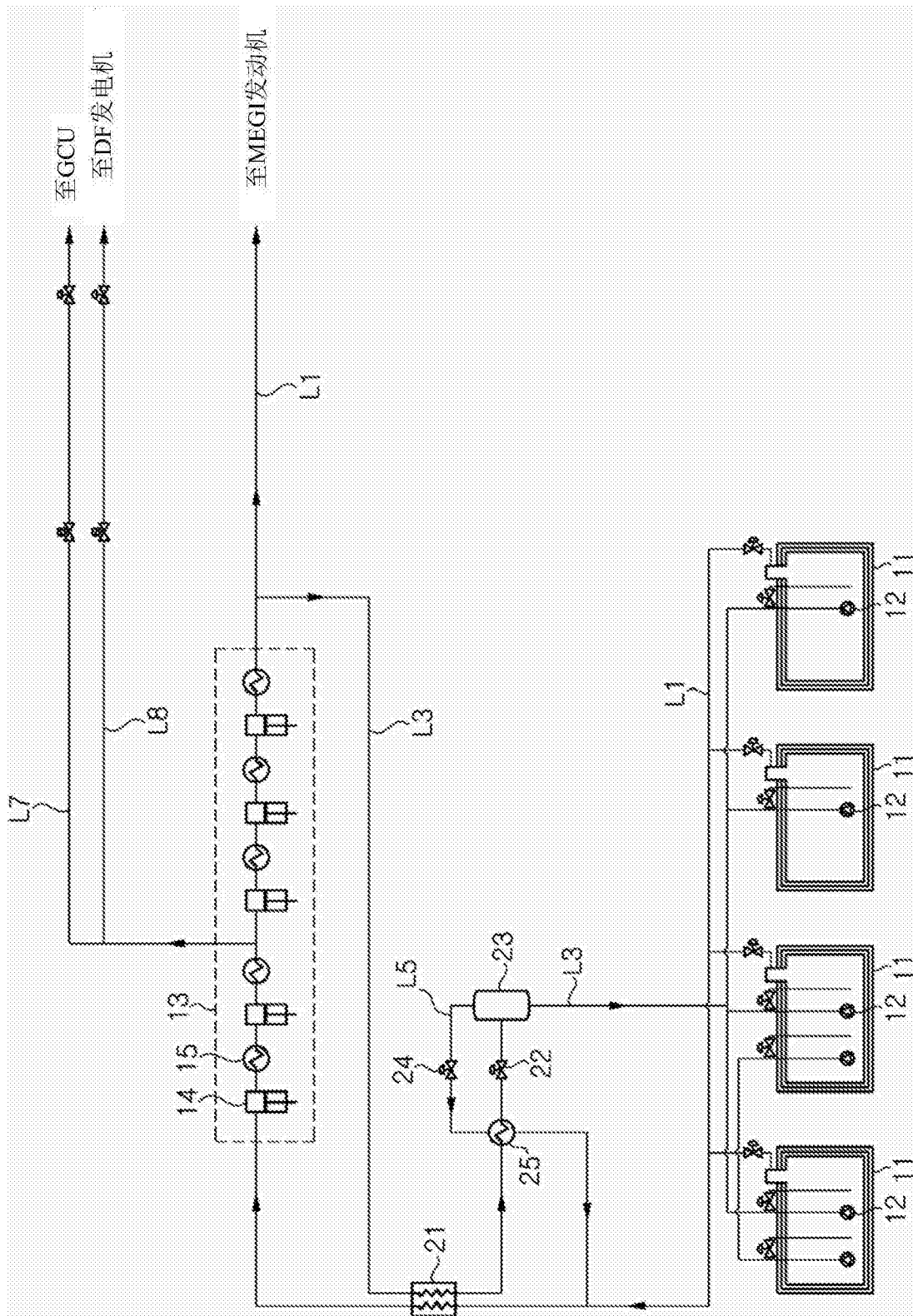


图2

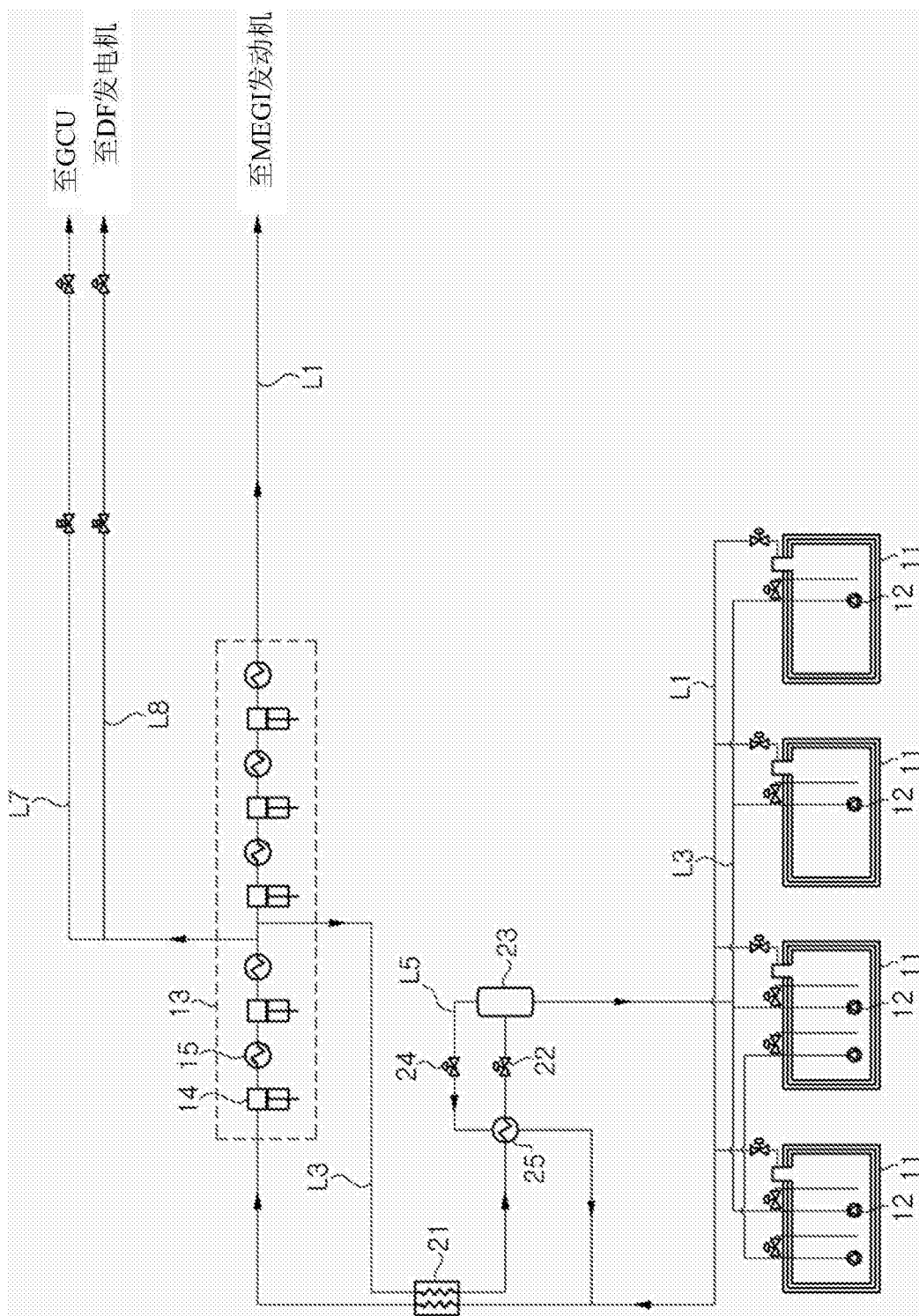


图3

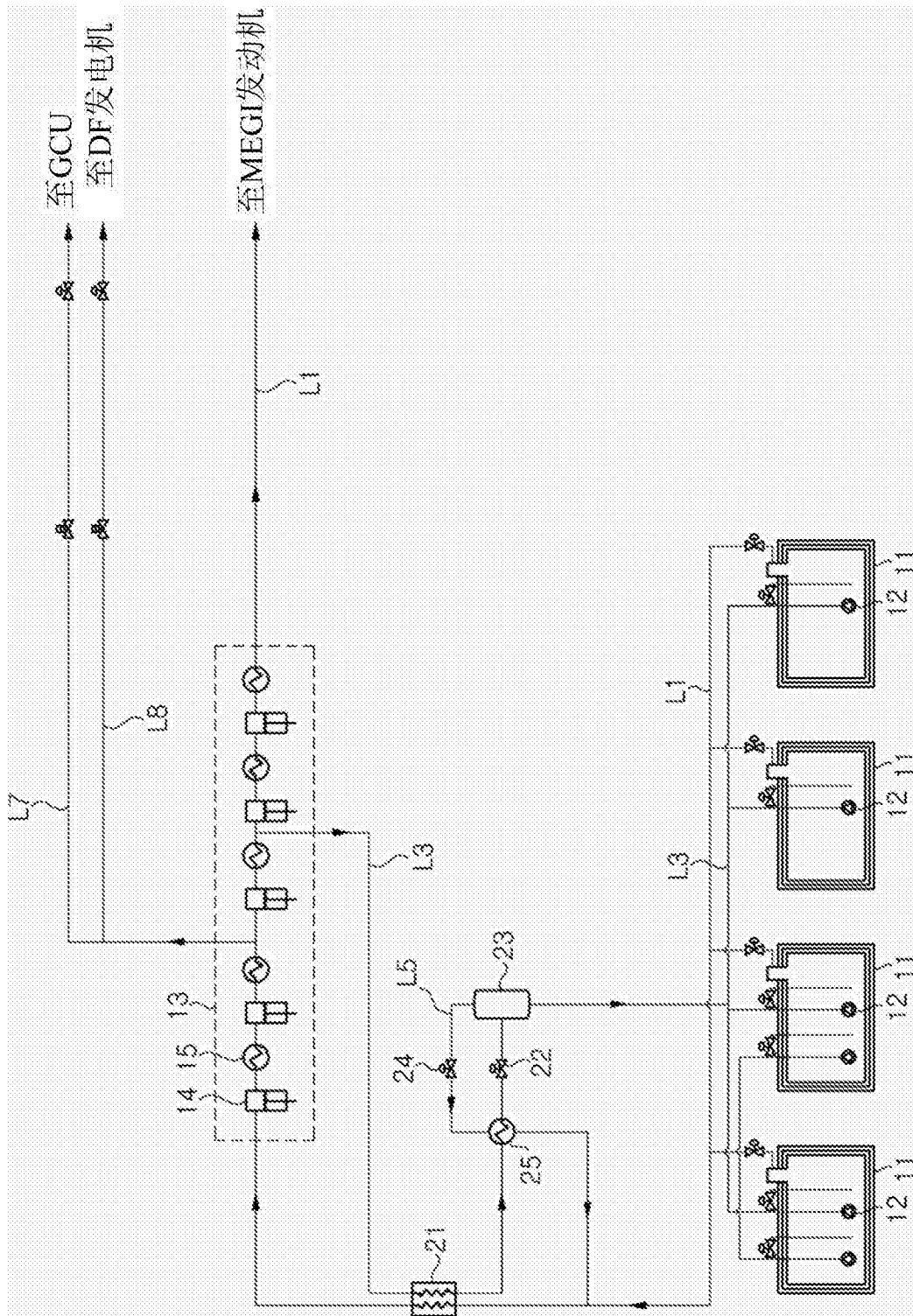


图4

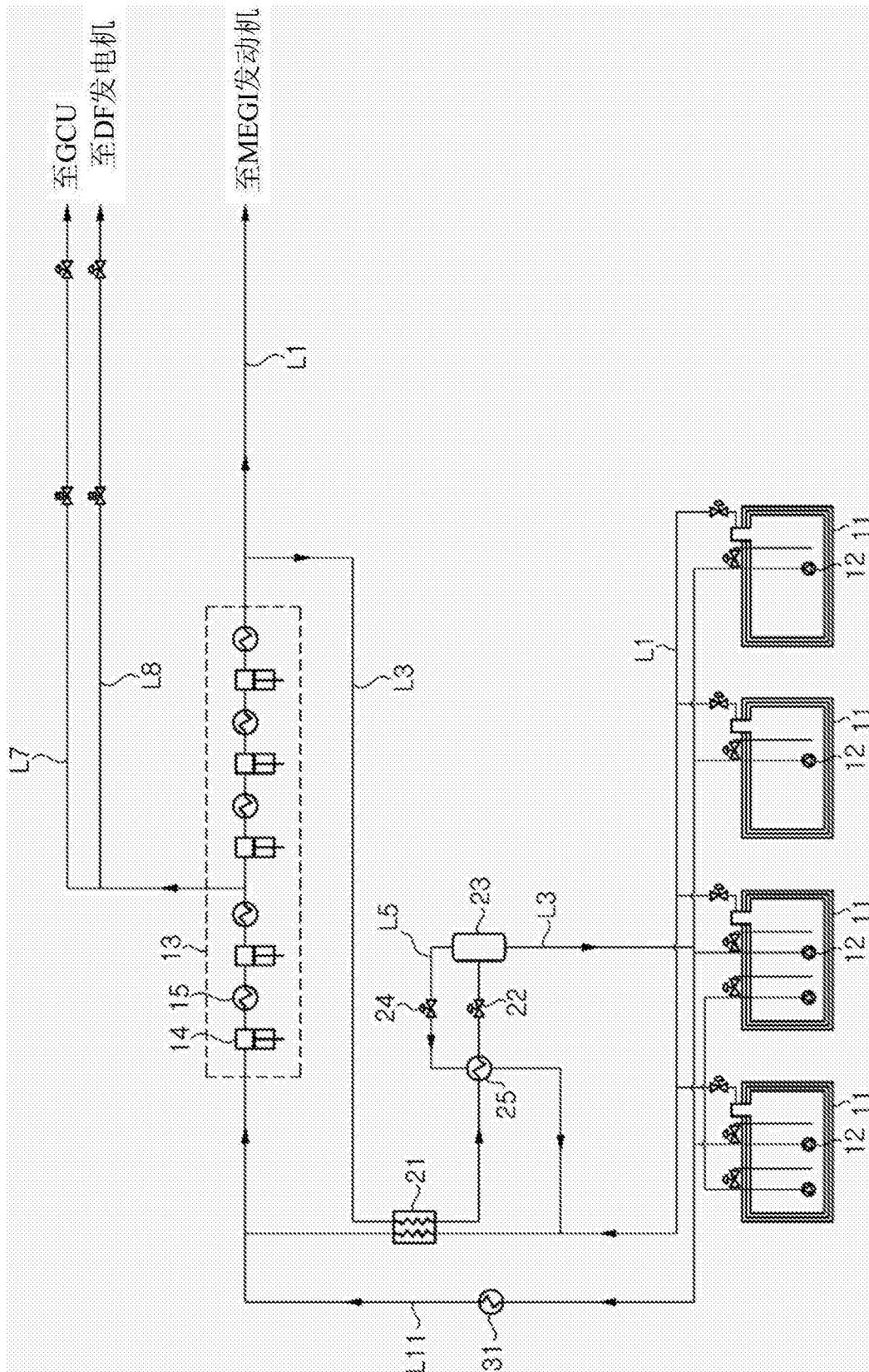


图5

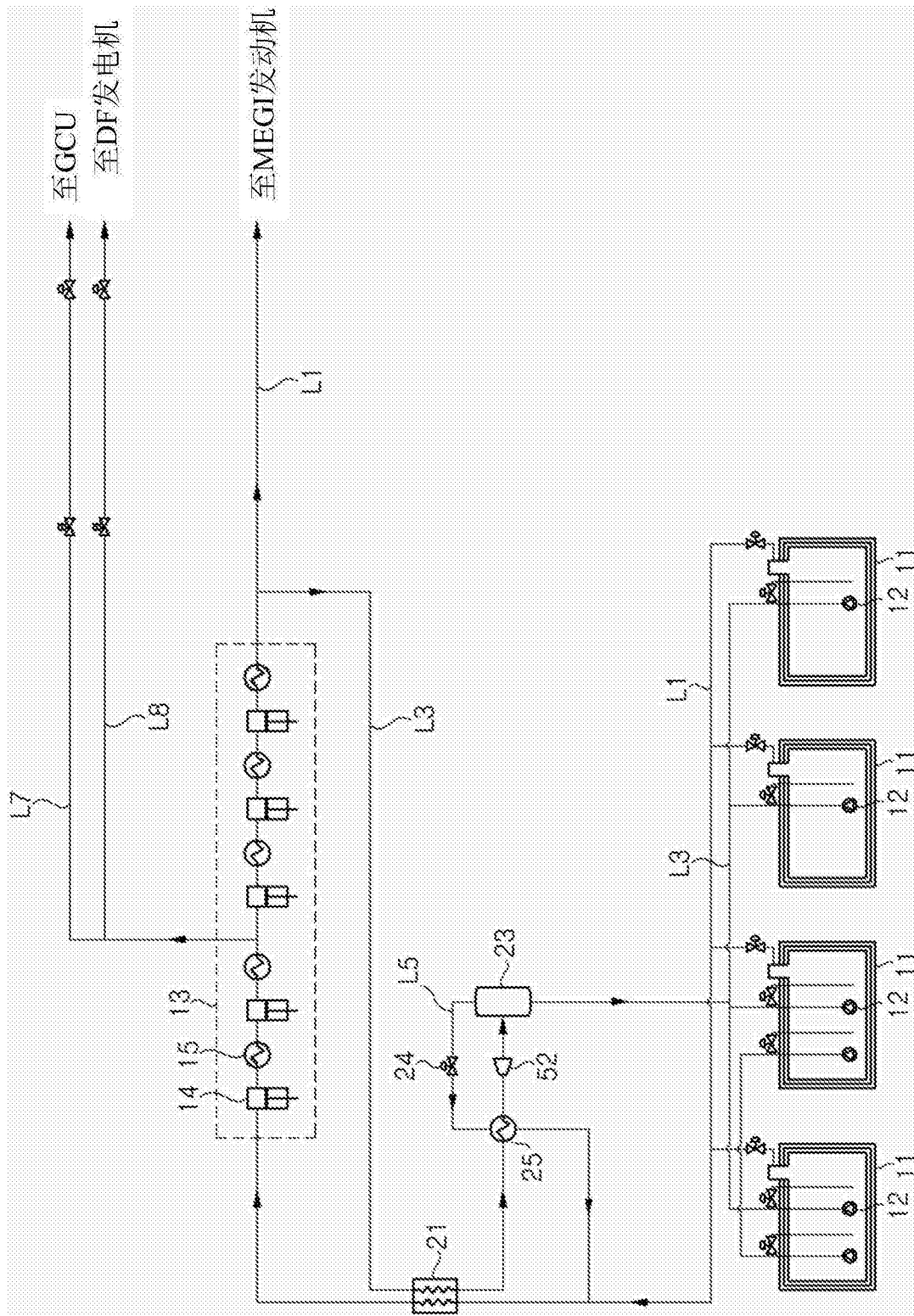


图6

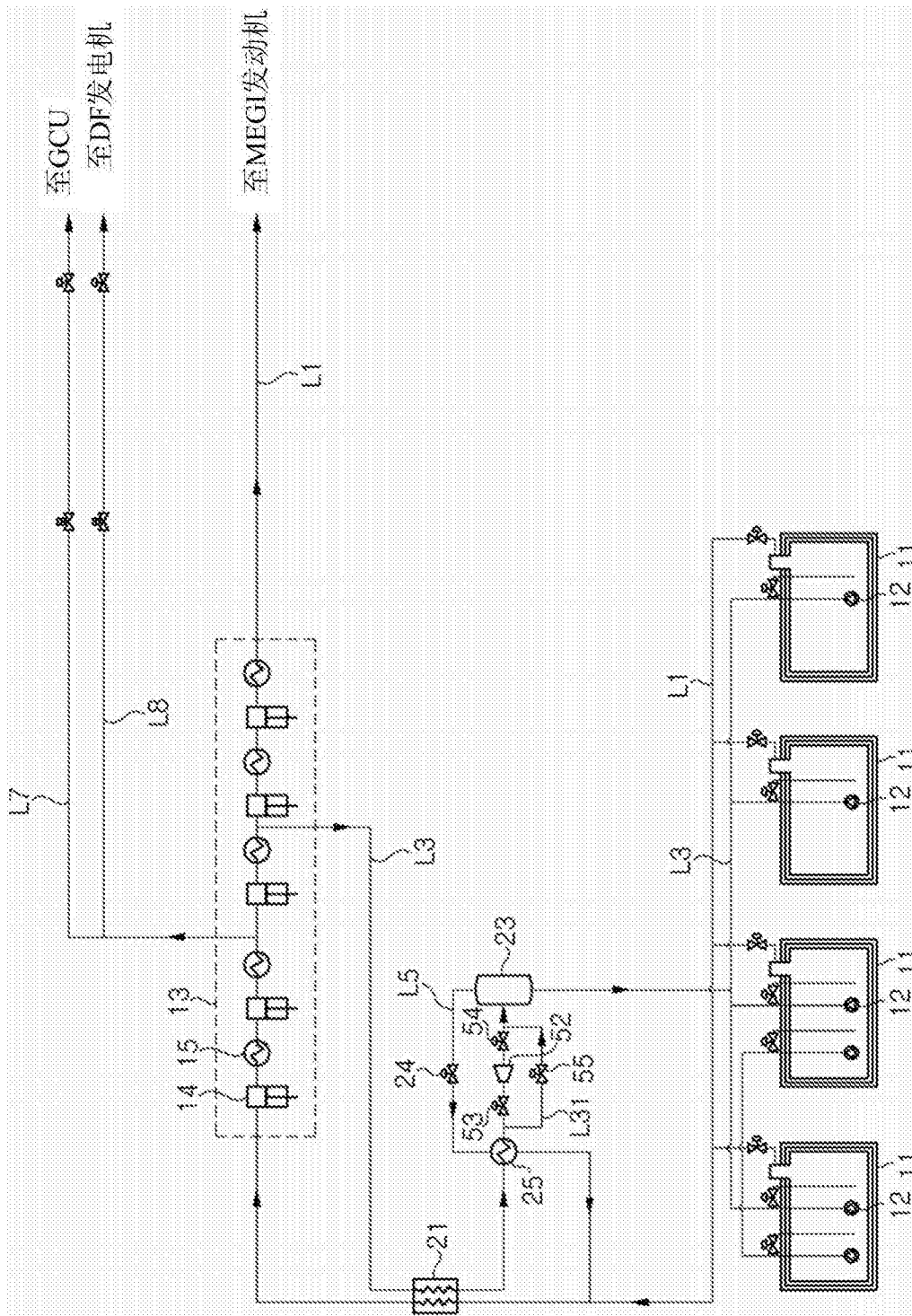


图8

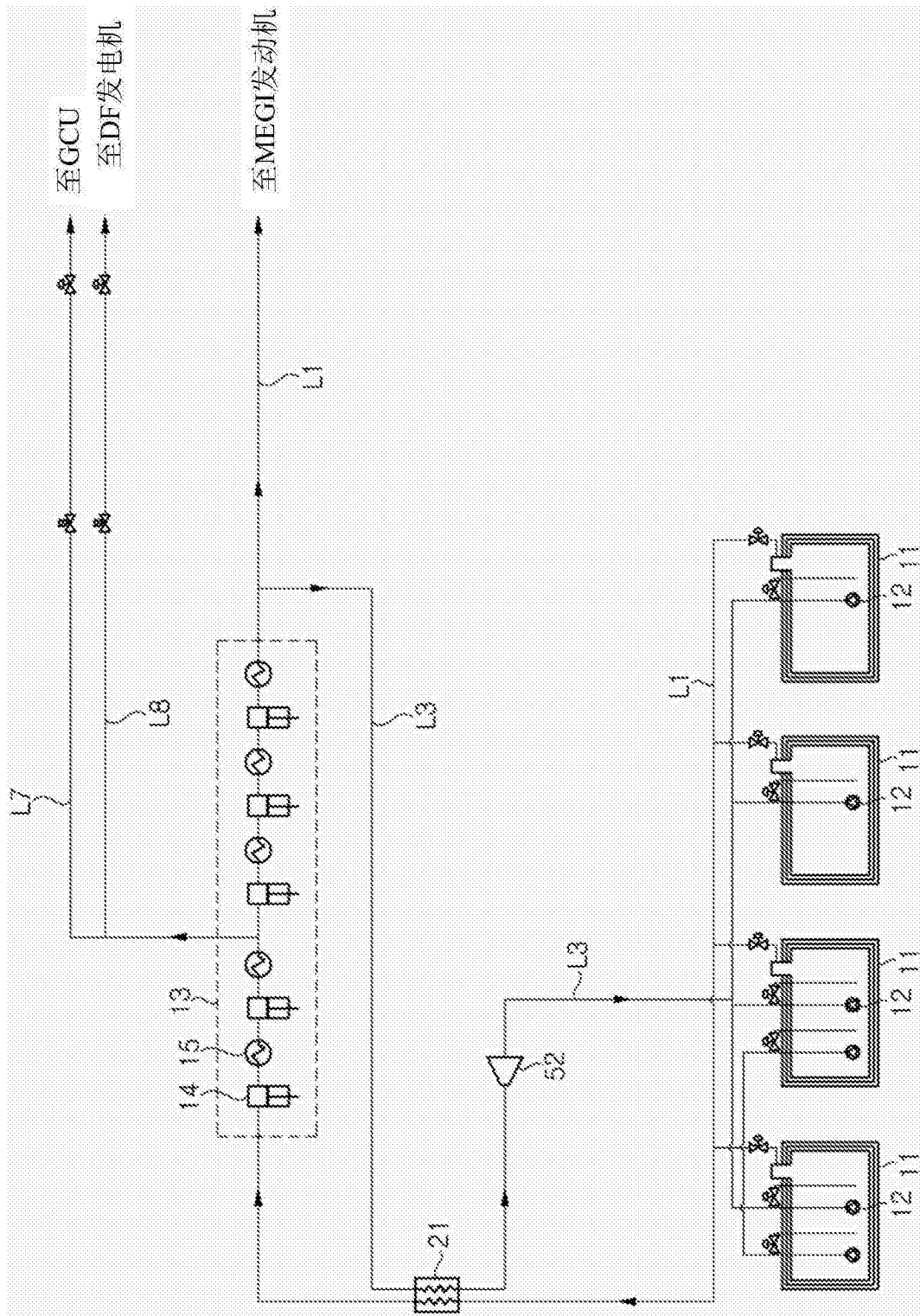


图10

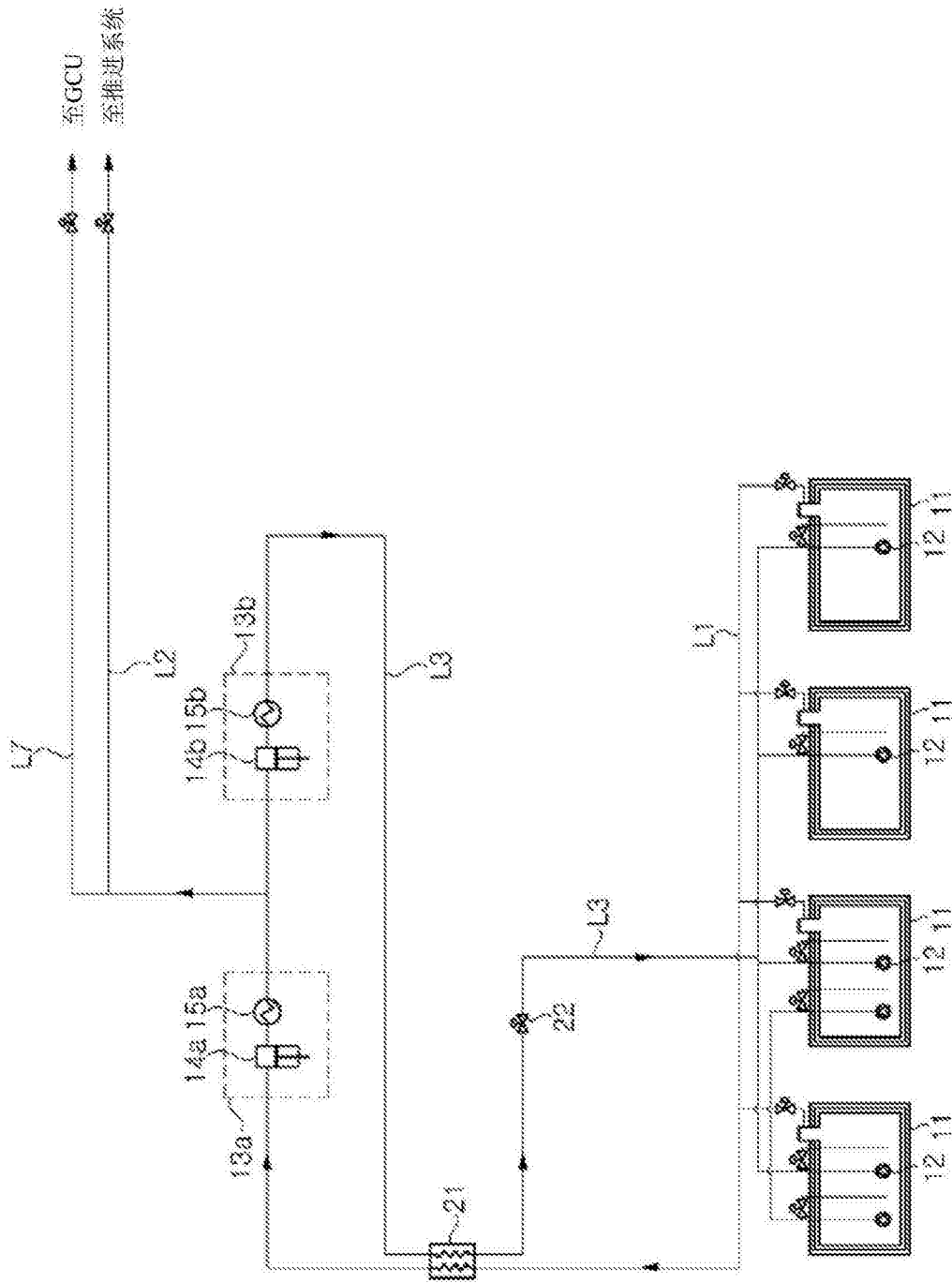


图11

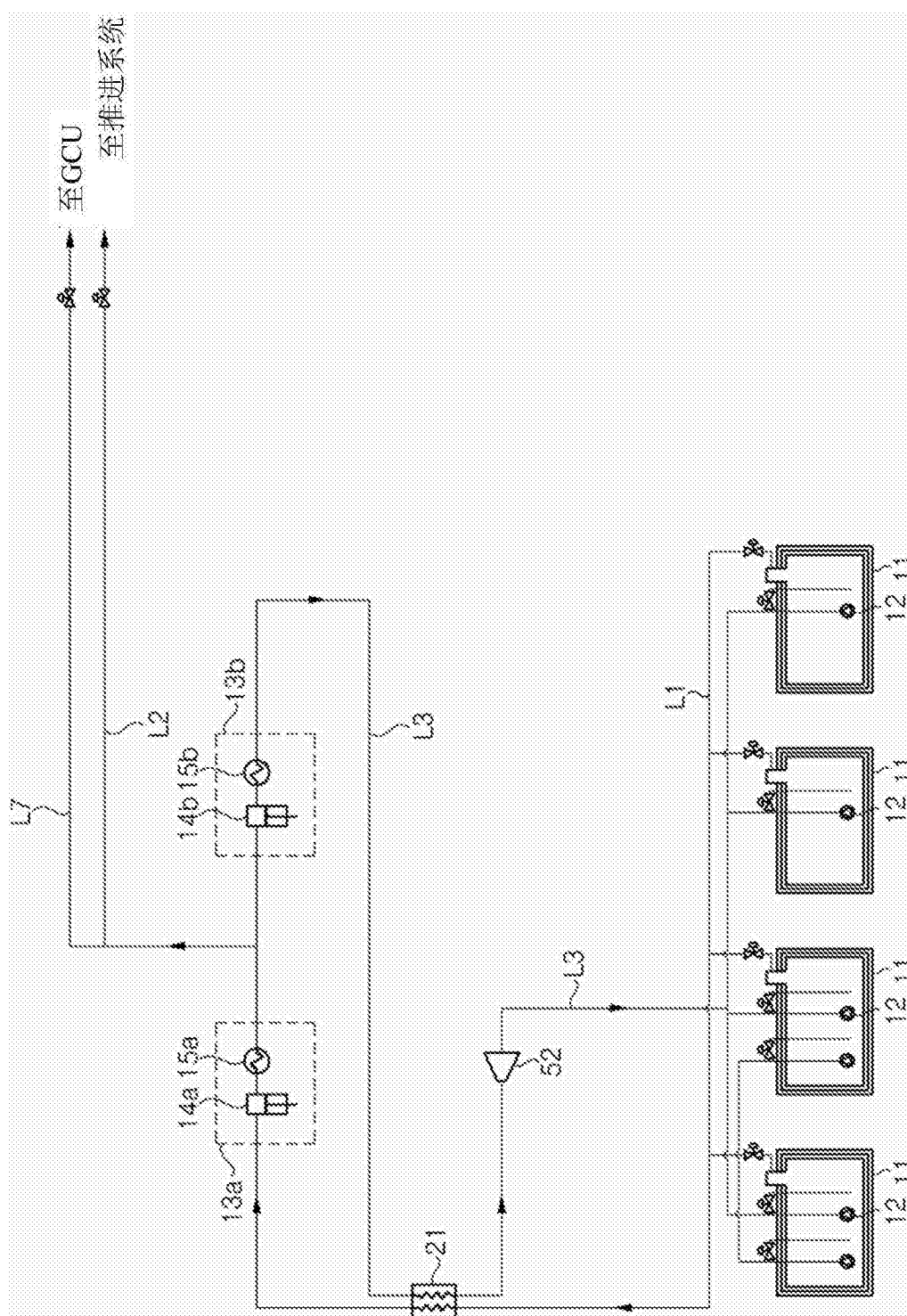


图12

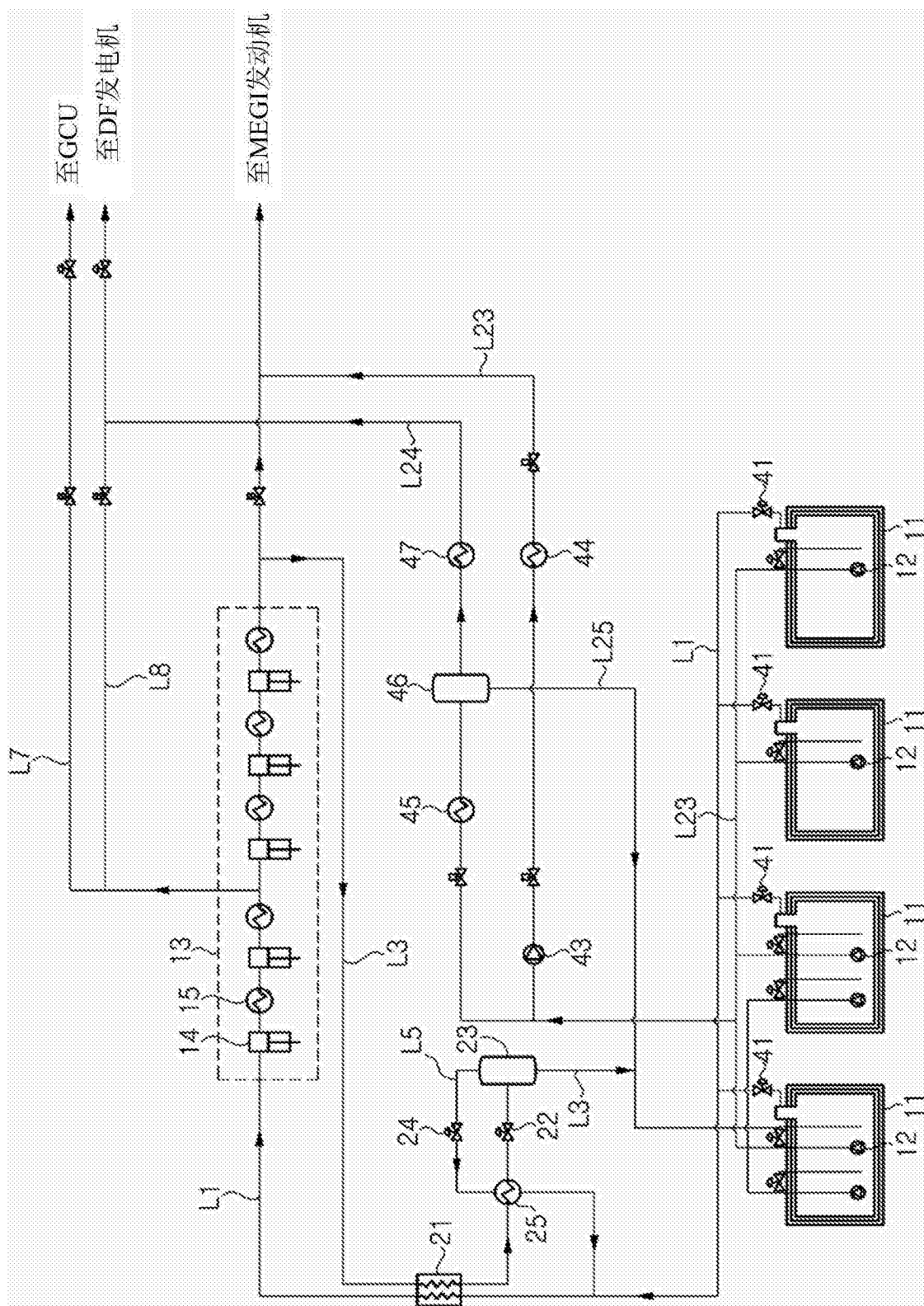


图13