



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510116182.X

[45] 授权公告日 2009年9月2日

[11] 授权公告号 CN 100535503C

[22] 申请日 2005.10.25

[21] 申请号 200510116182.X

[30] 优先权

[32] 2004.10.25 [33] FR [31] 0411328

[73] 专利权人 斯奈克玛公司

地址 法国巴黎

共同专利权人 康沃尔蒂姆股份公司

[72] 发明人 达米安·费热 利昂内尔·朱利昂

阿卜杜拉·米尔扎安·德库尔迪

[56] 参考文献

US4574710A 1986.3.11

JP57-167597A 1982.10.15

US6053418A 2000.4.25

审查员 丁旋

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
代理人 蔡胜利

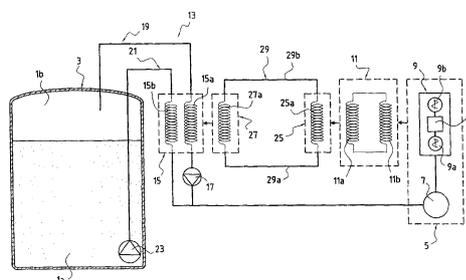
权利要求书 3 页 说明书 13 页 附图 5 页

[54] 发明名称

使用热电能单元和以液态形式存储的天然气的能量系统

[57] 摘要

本发明涉及一种使用以液体形式存储在至少一个存储液化天然气罐(3)中的天然气作为燃料的能量系统,该系统包括进给装置(13),所述进给装置具有用于加热液化天然气(1a)和/或天然气蒸汽(1b)的加热装置(15),并使用包括旋转电机(9)的热电能单元(5),该系统还包括与用于冷却旋转电机(9)的冷却装置(11)相连的第一热交换器系统(25),以及与所述加热装置(15)相连的第二热交换器系统(27),第一热交换器系统(25)与第二热交换器(27)相连,以使热从所述冷却装置(11)传递到所述加热装置(15)。



1. 一种使用以液体形式存储在至少一个存储液化天然气罐(3)中的天然气作为燃料的能量系统,该系统包括进给装置(13),所述进给装置具有用于加热液化天然气(1a)和/或天然气蒸汽(1b)的加热装置(15),并使用包括旋转电机(9)的热电单元(5),其特征在于:该系统包括与用于冷却旋转电机(9)的冷却装置(11)相连的第一热交换器系统(25),以及与所述加热装置(15)相连的第二热交换器系统(27),第一热交换器系统(25)与第二热交换器(27)相连,以使热从所述冷却装置(11)传递到所述加热装置(15)。

2. 根据权利要求1的系统,其特征在于:所述第一和第二热交换器系统(25,27)的每一个都包括多个热交换器(25a,27a)。

3. 根据权利要求1的系统,其特征在于:所述第一热交换器系统(25)和所述第二热交换器系统(27)之间的连接由至少一个包含两相制冷剂的热传递管路(29)构成。

4. 根据权利要求3的系统,其特征在于:所述第一热交换器系统(25)是蒸发器系统,所述第二热交换器系统(27)是冷凝器系统,使制冷剂在所述第一热交换器系统(25)中为气态,在所述第二热交换器系统(27)中为液态,从而使制冷剂仅在重力的作用下在所述至少一个热传递管路(29)中循环。

5. 根据权利要求3的系统,其特征在于:制冷剂包括从氩、氮或可被液化天然气蒸汽冷凝的其他任何液体中选出的流体,该流体可以是纯净物或是混合物。

6. 根据权利要求3所述的系统，其特征在于：所述至少一个热传递管路（29）包括至少一个流速调节元件（31）。

7. 根据权利要求3所述的系统，其特征在于：所述至少一个热传递管路（29）包括至少一个附加热交换器（33），所述附加热交换器（33）与一辅助热源（35）相连。

8. 根据权利要求1所述的系统，其特征在于：所述进给装置（13）包括第一管路（19），所述第一管路（19）用于输送由所述至少一个液化天然气（1a）的罐（3）输出的天然气蒸汽（1b），所述第一管路（19）包括至少一个压缩机（17）和至少一个与所述第二热交换器系统（27）相连的第一加热的热交换器（15a）。

9. 根据权利要求1所述的系统，其特征在于：该进给装置（13）还包括用于输送液化天然气的第二管路（21），该第二管路包括至少一个浸在所述至少一个液化天然气（1a）的罐（3）中的泵（23）以及至少一个与所述第二热交换器系统（27）相连的第二加热的热交换器（15b）。

10. 根据权利要求1的系统，其特征在于：所述冷却装置（11）包括空气调节单元（37）。

11. 一种船，包括根据权利要求1到10中任一所述的能量系统，其特征在于：天然气（1a，1b）作为热能单元（5）的燃料以推进船。

12. 根据权利要求11的船，其特征在于：所述进给装置（13）被安装在船甲板的货物区域（41），并相对于船的上部结构（49）保持预定安全距离，并且所述热能单元（5）被安装在发动机室（43）内。

13. 根据权利要求 11 的船，其特征在于：所述船是运输液化天然气（1a）并用其作为燃料的甲烷油轮。

14. 一种电能产生系统，包括根据权利要求 1 到 10 中任一所述的能量系统，其特征在于：所述旋转电机（9）包括用于产生电能的交流发电机（9a）。

15. 一种再气化液化天然气以供应气体到气体管路（30）的终端设备，其特征在于：该终端设备包括根据权利要求 14 的电能产生系统。

使用热电能单元和以液态形式存储的天然气的能量系统

技术领域

本发明涉及供应能量到包括旋转电机的热电能单元的一般领域，更具体地涉及一种冷却船上旋转电机或产生电能系统的能量系统。

背景技术

已知电推进船、特别是甲烷油轮（methane tanker）使用以液态形式存储的天然气的作为燃料。

在这种类型的船中，天然气在大约 -160°C 的温度在大气压下以液态形式传输。虽然存储货物的罐是热绝缘的，但是由于透过绝缘体的热量，部分货物会以每天0.1%到0.3%的量持续蒸发。

然而在船行进中，有利地使用相应的天然气蒸汽作为燃料为其提供部分推进力，直到最近这种甲烷油轮采用水蒸气推进。供应水蒸气的锅炉装备有使用天然气的燃烧器和使用重质燃料的燃烧器。根据船所需的能量，以及货物蒸发的天然气蒸汽的量，除了天然气蒸汽供应的动力之外，还可使用重质燃料燃烧器供应的动力调节水蒸气的产生量。

这种组合推进系统还具有这样的优点，即无论何时船所需的能量小于锅炉供应的动力，多余的蒸汽可直接排放到冷凝器中，而不是船的推进系统中（在等待阶段或当蒸发速度变慢时会发生）。

然而这种推进系统存在许多缺点，具体如下：

比柴油推进系统、燃气涡轮、甚至重质燃料柴油机的效率低；
发动机室较大，这对于预定尺寸船体来说减少了用于货物的空间；以及

推进技术相对不常用，导致维修和队员训练变得困难。

因此与使用柴油发动机或燃气涡轮的技术相比，当船的能量需求不能使蒸汽被吸收时，这种类型的推进系统与用于蒸发或再液化货物蒸发的天然气蒸汽的装置相连。发动机和涡轮可使用天然气或其他燃料油作为燃料来驱动电能发电机，以依次为一个或多个推进马达供应能量。

当可使用的天然气蒸汽不足以提供船所需的热能时，不使用燃料油供应的附加能量，而使用直接从罐中泵出的处于液态、然后蒸发的液化天然气。

天然气蒸汽和液化天然气以低温（大约分别为 -130°C 和 -160°C ）和低压状态从罐中输出，以至于不能被船的推进系统使用。因此在使用之前需要提高它们的温度使其接近室温，并压缩它们到几巴的压力。

图 5 示意地表示了现有技术中甲烷油轮的电推进系统。

该系统包括第一管路 119，其用于输送罐 103 释放的天然气蒸汽 101b。天然气蒸汽 101b 被直接输送到一个或多个压缩机 117，然后输送到加热的热交换器 115a，这样使蒸汽的温度和压力满足船推进系统的发动机 107 的要求。

为了提供满足船需求的附加能量，该系统包括用于输送液化

天然气 101a 的第二管路 121, 该第二管路包括浸在一个或多个液化天然气罐 101a 中的一个或多个泵 123 和另一个加热的热交换器 115b, 用于提高液化气 105a 的温度和压力以满足发动机 107 的需求。

热交换器 115a 和 115b 通过热源 201 (水蒸气或电能) 获得热量, 从而加热天然气蒸汽 101b 和液化天然气 101a。

该船的推进系统包括一个或多个电马达 109b, 其通过动力电子仪器 (power electronics) 109c 供电并直接驱动或通过连接器、或减速齿轮箱 145 间接驱动一个或多个推进器 147。

另外, 马达 109b、交流发电机 109a、和动力电子仪器 109c 都通过冷却系统 203b、203a 和 203c 利用空气或水冷却。

然而, 这种电推进系统的能量效率不是很高。

发明内容

因此本发明的目的就是提高包括热电能单元并使用液体形式存储的天然气的能量系统的效率。

另一个目的就是减小系统的整体尺寸, 同时提高可靠性和安全性。

其他目的是便于维修和减少成本。

这些目的通过一种使用以液体形式存储在至少一个存储液化天然气罐中的天然气作为燃料的能量系统实现, 该系统包括进给装置, 进给装置具有用于加热液化天然气和/或天然气蒸汽的加热装置, 并使用包括旋转电机的热电能单元, 该系统还包括与冷却旋转电机的冷却装置相连的第一热交换器系统, 和与加热装置相

连的第二热交换器系统，第一热交换器系统与第二热交换器系统相连，以使热从冷却装置传递到加热装置。

因此，通过适于罐释放的天然气蒸汽和从所述罐输出的液化天然气的部分散热片（heat sink）来降低电推进马达以及其它电子部件的工作温度，可以显著地提高效率，减小成本和体积。

另外，本发明通过使用旋转电机部件的热损失来再气化或加热天然气，可以显著地提高系统的能量预算。

有利地，第一和第二热交换器系统的每一个都包括多个热交换器。

第一热交换器系统和第二热交换器系统之间的连接由至少一个包含两相制冷剂的热传递管路构成。

优选地，第一热交换器系统是蒸发器系统，第二热交换器系统是冷凝器系统，这样制冷剂在第一热交换器系统中为气态，在第二热交换器系统中为液态，从而使制冷剂仅在重力的作用下在所述至少一个热传递管路中流动。

制冷剂包括从氩、氮或可被液化天然气蒸汽冷凝的其他任何液体中选出的液体，该液体可以是纯净物或是混合物。

根据本发明的一个特征，所述至少一个热传递管路包括至少一个流速调节元件。

根据本发明的另一个特征，所述至少一个热传递管路包括至少一个与辅助热源相连的附加热交换器。

根据本发明的一个方面，所述进给装置包括用于输送所述至少一个液化天然气罐输出的天然气蒸汽的第一管路，所述第一管

路包括至少一个压缩机和至少一个第一加热的热交换器，该第一加热的热交换器与第二热交换器系统相连。

根据本发明的另一个方面，该进给装置还包括用于输送液化天然气的第二管路，该第二管路包括至少一个浸在所述至少一个液化天然气罐中的泵和至少一个第二加热的热交换器，该第二加热的热交换器与第二热交换器系统相连。

根据本发明的另一个特征，所述冷却装置包括空气调节单元。

本发明还适用于包括具有上述特性能量系统的船，其中天然气作为热能单元的燃料以推进船。

有利地，进给装置安装在船甲板的货物区域，并相对于船的上部结构保持预定安全距离，热能单元安装在发动机室。

特别的，船是运输液化天然气并用其作为燃料的甲烷油轮。

本发明还提供一种电能产生系统，该系统包括具有上述特性的能量系统，其中旋转电机包括用于产生电能的交流发电机。

特别的，本发明可应用于再气化液化天然气的终端设备，其中在再气化液化天然气的过程中可使用的散热片用于冷却电能发电机，或为终端设备提供电能的交流发电机。

附图说明

通过下面非限制性的说明以及参考附图可以看出本发明方法和装置的其他特征和优点，其中：

图 1 是利用以液态形式存储的天然气的能量系统的示意图，其包括根据本发明的与冷却装置相连的第一热交换器和与加热装置相连的第二热交换器；

图 2 表示图 1 的变形实例，其中第一热交换器系统布置在比第二热交换器低的高度；

图 3 是为气体管道供应气体的再气化终端设备的示意图，其包括本发明的能量系统；

图 4 是包括图 2 所示热交换器系统的电推动甲烷油轮船的示意图；以及

图 5 是现有船上能量系统的示意图。

具体实施方式

图 1 是使用以液态形式存储在一个或多个罐 3 中（图中只示出了一个）的天然气 1a、1b 的能量系统以及热电能单元 5 的示意图，热电能单元包括发动机 7 和旋转电机 9。

旋转电机 9 可包括由动力电子仪器 9c 供应动力的交流发电机 9a 和电马达 9b。

这些旋转电机 9 都通过冷却装置 11 冷却，冷却装置 11 按传统方式包括装备有热交换器 11a 和 11b 的管路。因此冷却装置 11 可确保交流发电机 9a、电马达 9b 和动力电子仪器 9c 正常工作。

另外，该能量系统包括输送和处理液化天然气 1a 和/或天然气蒸汽 1b 的进给装置 13，以供应到热电能单元 5 的发动机 7 中（参见图 1），或供应到气体管道中（参见图 3）。

为了实现这个目的，进给装置 13 具有加热装置 15，加热装置 15 具有用于加热液化天然气 1a 和/或天然气蒸汽 1b 到接近室温的一个或多个热交换器 15a、15b，以及压缩天然气蒸汽 1b 的一个或多个压缩机 17。

因此，进给装置 13 包括第一管路 19，其用于输送存储液化天然气 1a 的罐 3 所释放的天然气蒸汽 1b。该第一管路 19 包括至少一个压缩机 17 和第一加热的热交换器 15a。

此外，为了提供满足热能单元 5 需求的附加能量，进给装置 13 可包括输送液化天然气 1a 的第二管路 21。该第二管路 21 包括至少一个泵 23 和第二加热的热交换器 15b，该泵 23 浸在存储液化天然气 1a 的罐 3 中。

另外，根据本发明，该能量系统包括第一热交换器 25 和第二热交换器系统 27，第一热交换器 25 与用于冷却旋转电机 9 的装置 11 相连，第二热交换器系统 27 与加热供应到热能单元 5 的液化天然气 1a 和/或天然气蒸汽 1b 的装置 15 相连。

第一热交换器系统 25 可包括一个或多个热交换器 25a。类似地，第二热交换器 27 可包括一个或多个热交换器 27a。可以看出为了简化，图中只示出了第一和第二热交换器系统 25、27 的一个热交换器 25a、27a。

第一热交换器系统 25 与第二热交换器系统 27 相连，以允许热量（在图中用箭头表示）可从冷却装置 11 传递到加热装置 15。因此，使用适于罐 3 释放的天然气蒸汽 1b 和从所述罐 3 中输出的液化天然气 1a 的部分散热片来降低旋转电机 9 的工作温度，或更有效地冷却所述电机。

第一热交换器系统 25 和第二热交换器系统 27 之间的连接通过管 29a、29b 实现，管 29a、29b 构成至少一个输送冷却流体的热传递管路 29。

热传递管路 29 形成一个使热传递到冷的天然气蒸汽 1b 和液

化天然气 1a 的回路，其中天然气蒸汽 1b 通过第一管路 19 供应到第一加热的热交换器 15a 中，液化天然气 1a 从罐 3 通过第二管路 21 经过第二加热的热交换器 15b。

这个热传递回路或管路 29 包含冷却流体，其成分可根据所需的热性能优化，特别是根据第一和第二热交换器系统 25 和 27 的工作温度优化。

图 2 是与图 1 不同的能量系统的示意图，其主要不同是第一热交换器系统 25 所处高度低于第二热交换器系统 27 所处的高度。由于第一系统 25 比第二系统 27 的温度高，流过第一热交换器系统 25 的冷却流体和流过第二热交换器 27 的液体的密度不同，所以这里为冷却流体设置了重力泵。

有利地，冷却流体是两相流体，例如氦、氮、或可被液化天然气蒸汽（例如碳氢化合物）冷凝的其他任何制冷剂，其为纯净物或混合物。冷却流体在第一和第二热交换器 25、27 中的一个或另一个中的相变使热传递管路 29 的性能得到改进，并减少了构成该管路的元件的尺寸和成本。

特别地，第一热交换器系统 25 可以是蒸发器系统，第二热交换器系统 27 可以是制冷剂的冷凝器系统。因此，制冷剂在第一热交换器系统 25 中为气态，在第二热交换器系统 27 中为液态，可以只在重力的作用下进一步改善其绕着热传递管路 29 的流动。

可以看出热传递管路 29 可选择地包括用于制冷剂的一个或多个流速调节元件 31（在图中用虚线只示出了一个），以使第一热交换器系统 25 的热交换能量满足旋转电机 9 的需求。

另外，热传递管路 29 可选择地包括至少一个与辅助热源 35

(图中用虚线示出) 相连的附加热交换器 33 (图中用虚线示出), 该热源例如由水管路 (water circuit)、电加热器、或水蒸气源构成。

在热传递管路 29 中包括附加的热交换器 33 用于蒸发和加热流经第一和第二加热的热交换器 15a 和 15b 的天然气蒸汽 1b 和液化天然气, 即使当第一热交换器系统 25 从用于冷却旋转电机 9 的冷却装置 11 中收集的热不足以实现这个目的时。

此外, 冷却装置 11 可包括空气调节单元 37。为了改进旋转电机 9 温度调节的灵活性, 那些电机不需要直接使用通过第一热交换器系统 25 起作用的散热片, 而是通过空气调节单元 37。

因此, 这种能量系统可应用于产生电能的系统, 特别是使用液化天然气 1a 或天然气蒸汽 1b 提供能量的海上 (off-shore) 燃气终端设备。在这种条件下, 旋转电机 9 主要由产生电能的发电机或交流发电机 9a 构成。

图 3 示意地表示了包括本发明能量系统的再气化终端设备, 其使用以液态形式存储在一个或多个罐 3 中的天然气 1a, 罐 3 用于为气体管路 30 供应天然气。可以看出, 在该图中与图 1 和图 2 中相同的元件使用相同的标记。

根据供应管路 30 高压气体的需求, 存储在罐 3 中的液化气 1a 通过浸在这个罐 3 中的泵 23 被传输到高压泵 24, 泵 24 将液化气 1a 传输到加热装置 15 (在这种情况下相当于再气化装置), 以确保气体在近似室温的温度被传输到管路 30 之前再气化。

根据本发明以相同的方式, 第一热交换器系统 25 与第二热交换器系统 27 相连, 以使热能够从冷却装置 11 传递到加热装置 15。

因此, 用于再气化存储在罐 3 中液态天然气 1a 的加热装置 15

提供的散热片用于通过第一和第二热交换器 25 和 27 冷却旋转电机 9。

需要指出的是，终端设备的热电能单元 5 的发动机 7 可选择地通过管路获得存储在罐 3 中的液化天然气 1a 和/或天然气蒸汽 1b，为了简化在图中未示出该管路。

该能量系统还可应用于使用以液态形式存储的天然气作为燃料的船。特别的，该系统可应用于运输液化天然气的甲烷油轮。

图 4 是使用以液态形式存储的天然气作为燃料的电推动甲烷油轮的示意图。

该甲烷油轮包括图 2 所示的能量系统，且为了简化只有少量元件在图中示出。然而这种能量系统的结构需要考虑在甲烷油轮船上安装的限制性。

为了安全起见，构成能量系统的各个装备位于船上两个不同位置。

气体进给设备 13 安装在船的货物区域 41。相反，推进船的热电能单元 5 安装在发动机室区域 43。

因此，在货物区域 41 设置许多用于控制货物并在船推进系统中使用该货物作为燃料的辅助设备，特别是用于控制罐 3 中压力的辅助设备，用于加热由第一管路 19 输出的天然气蒸汽 1b 的辅助设备，用于在加热装置 15 中加热并在压缩机 17 中压缩蒸汽的辅助设备，以及用于通过加热装置 15 蒸发和加热由第二管路 21 输出的液化天然气 1a 以作为附加燃料的辅助设备。

此外，发动机室区域 43 包括发动机 7、交流发电机 9a、动力电子仪器 9c、和直接驱动或通过连接器、或减速齿轮箱 45 驱动一

个或多个推进器 47 的电推动马达 9a。

为了安全，要求货物区域 41（是危险的）位于船的甲板上，并与船的上部结构 49 保持预定的安全距离，还要求发动机室 43 中设备的危险部件数量最少，这是因为部分发动机室位于水线的下方很难通风。

因此在甲烷油轮中，货物区域 41 和位于发动机室 43 内的旋转电机 9 之间的热传递管路 29 需要穿过较大的水平距离和高度距离。例如，货物区域 41 和位于船上部结构 49 下方的发动机室 43 之间的水平距离大约为 100 米 (m)，货物区域 41 和发动机室 43 之间的高度距离大约为 30m。

结果，热传递管路 29 的管 29a 和 29b 的热损失变大。这样可以在热传递管路 29 中调节安装泵 49（在图中用虚线示出），以减少管路中的热损失。

然而，利用冷管 29a 和热管 29b 之间的流体密度差，货物区域 41 和发动机室 43 之间的高度距离可用于使制冷剂仅仅在重力的作用下循环流动，这在制冷剂使第二热交换器系统 27 作为冷凝器、第一热交换器系统 25 作为蒸发器时特别有效。冷管 29a 充满液体，而热管 29b 充满气体。

例如，如果选择制冷剂为压力大约为 2MPa 的氦，可以理解氦在那个压力下的液化温度为 -140°C 。

在第二热交换器系统 27 中，氦通过与流经加热的热交换器 15a 的温度大约为 -30°C 的冷天然气蒸汽 1b 接触被冷却，然后通过与流经第二加热的热交换器 15b 的温度为 -160°C 的液化天然气 1a 接触而被液化。

在这种条件下，在冷管 29a 底部的液柱的液静压大约为 0.3 MPa。例如，当在第一热交换器系统 25 出口处的氦的温度大约为 0°C 以及热管 29b 充满气体时，相应的液静压大约为 0.03 MPa。热传递管路 29 两个分支之间的压力差可用于抑止热管路 29 中的热损失，而不需要使用泵 49，从而增加了可靠性，减少了能量系统的成本。

氦的流量大约为 3 千克每秒 (kg/s) 可使热以大约 600 千瓦 (KW) 的速率在发动机室 43 和货物区域 41 之间传递，当管 29a 和 29b 各自直径为 20 厘米 (cm) 和 5cm 时，可通过热管 29b 和冷管 29a 之间的液静压差抑止热损失。

因此，即使这些管（特别是冷管 29b）需要套上厚度为几厘米的绝缘泡沫，将其安装在船上货物区域 41 和发动机室 43 之间也不会产生任何附加问题。

在热传递管路 29 在正常工作时的平均压力大约为 2MPa 时，当船没有气体以及整个管路 29 的温度接近室温时，管路 29 的尺寸必须适应较高压力（大约 5MPa）。

另一个解决方案是在热传递管路 29（例如在货物区域 41）中设置缓冲罐 51（在图中用虚线示出），从而限制这种类型的压力增加。为了减小其尺寸，缓冲罐 51 可选择地被设置外套并保持温度小于室温，或通过供应液化天然气 1a 的热交换器和蒸发器 53 保持低温，从而使氦以液态形式存储。

冷却流体的选择不限于氦，也可使用其他流体，或流体的混合物，以提高热传递管路 29 的热传递能力，或减少其工作压力。

除了应用于甲烷油轮，本发明通常可应用于任何使用以液态

形式存储的天然气作为燃料的船。特别的，可以看出在这种条件下，即液化天然气的燃料罐与甲烷油轮的罐相比非常小，限制了泄漏到液化天然气中的热，大部分所需的燃料都处于液态形式。为了以相同的动力推进，大量使用可用的散热片，通常为两到三倍多，从而使旋转电机可在更低的温度下工作。在这种条件下，不需要使用在罐中作为散热片的蒸发器，从而可选择省略用于输送气体的第一管路。

因此，本发明的能量系统在应用于产生电能的系统或船上时，在加热天然气蒸汽 1b 和/或液体天然气 1a 与冷却旋转电机 9 之间的使用热量方面提供最优方案。

天然气蒸汽 1b 和/或液化天然气 1a 提供的散热片与一冷却介质相应，该冷却介质比传统的用于具有分别关闭或打开冷却管路的发动机的水或空气更冷。

因此，通过朝低温移动旋转电机 9 的工作点(operating point)，通过焦耳效应可产生较少的损失。结果增加了这种发动机的效率，使发动机 7 的能量损耗减少，并减少污染颗粒的释放量。

还可以继续使用工作温度按传统等级(BV、DNV、ABS、等)限定的旋转电机 9，但是冷却效率更高。在这种条件下，旋转电机 9 每单位重量的动力增加，从而结构更紧凑。

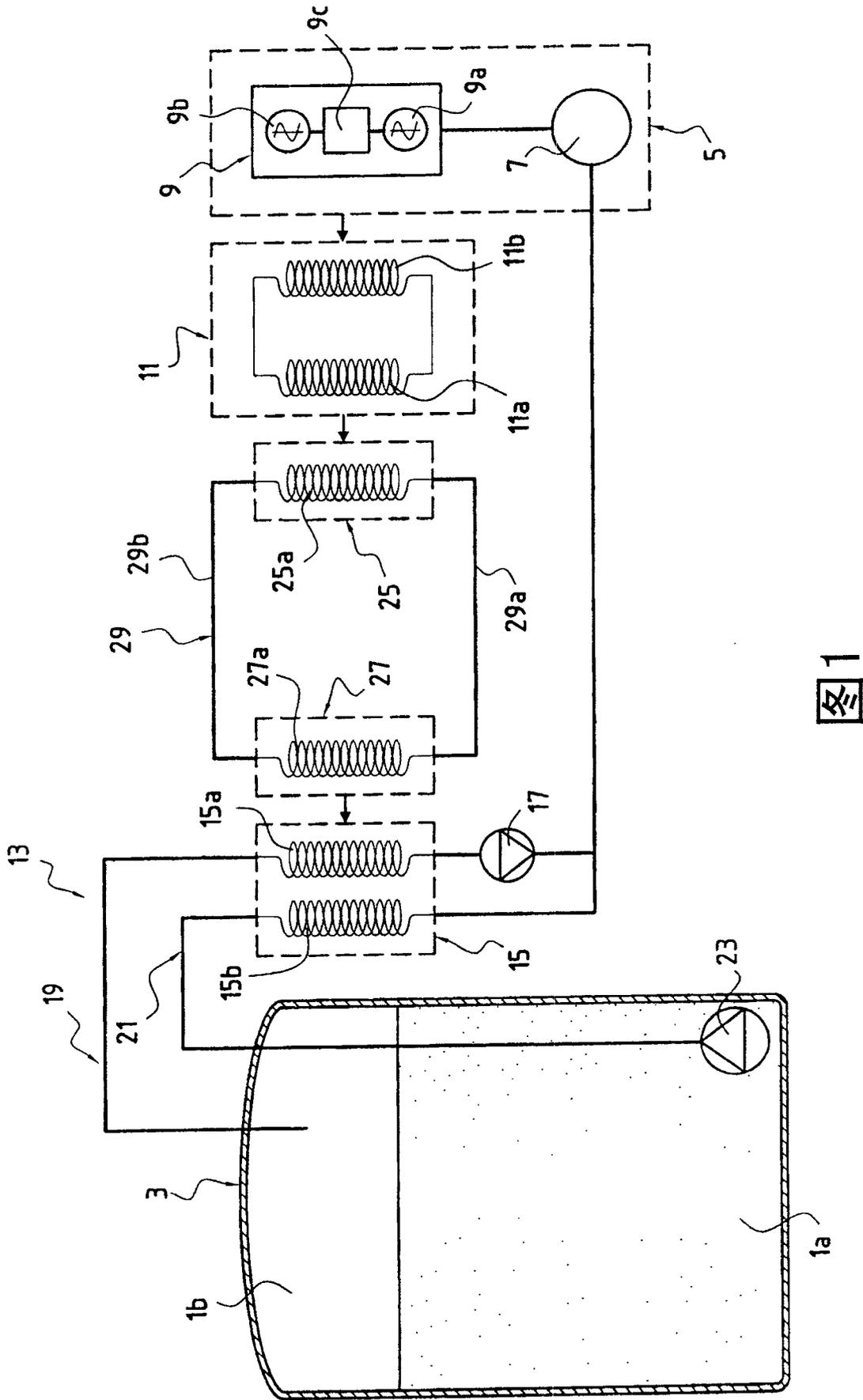


图1

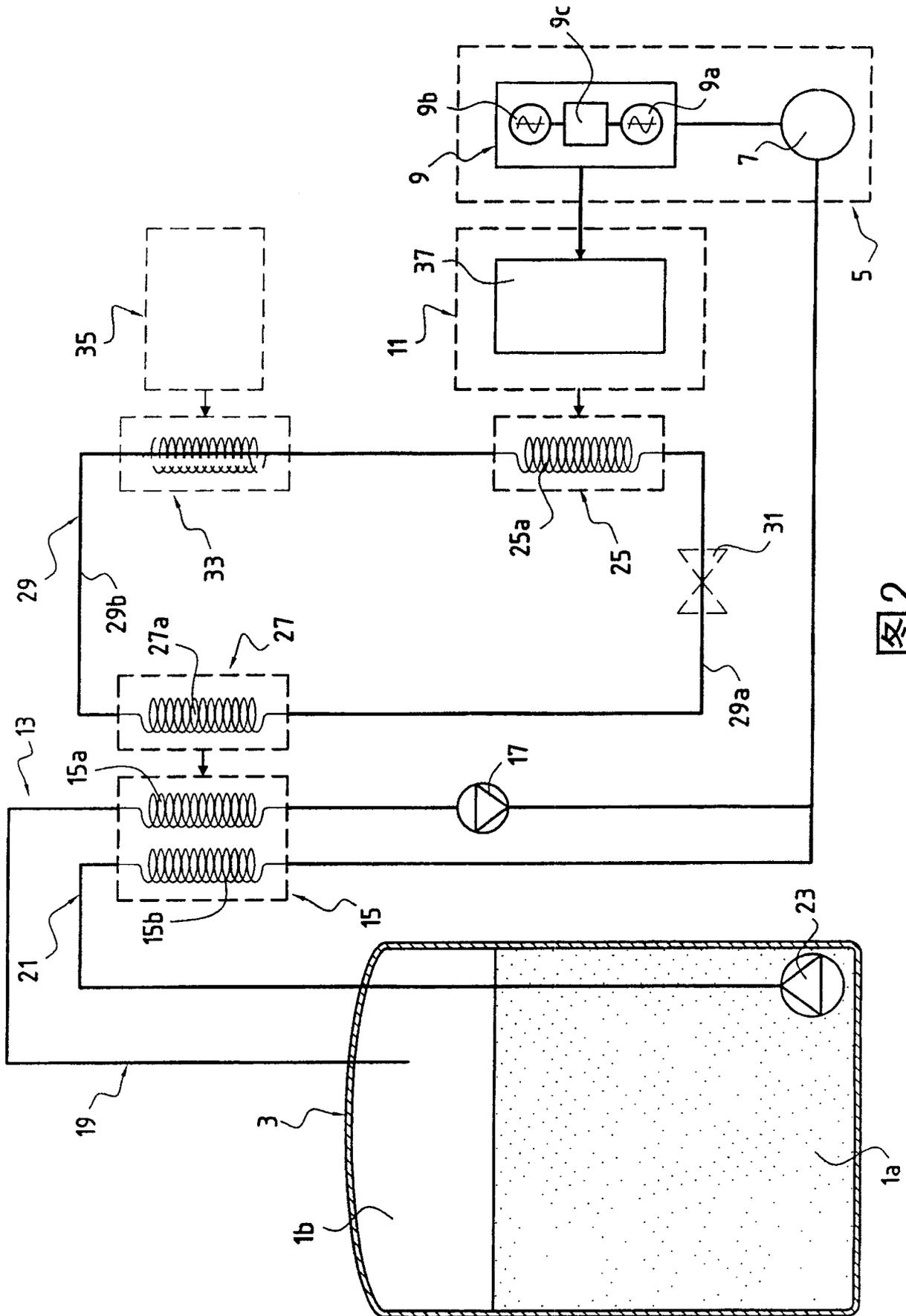


图2

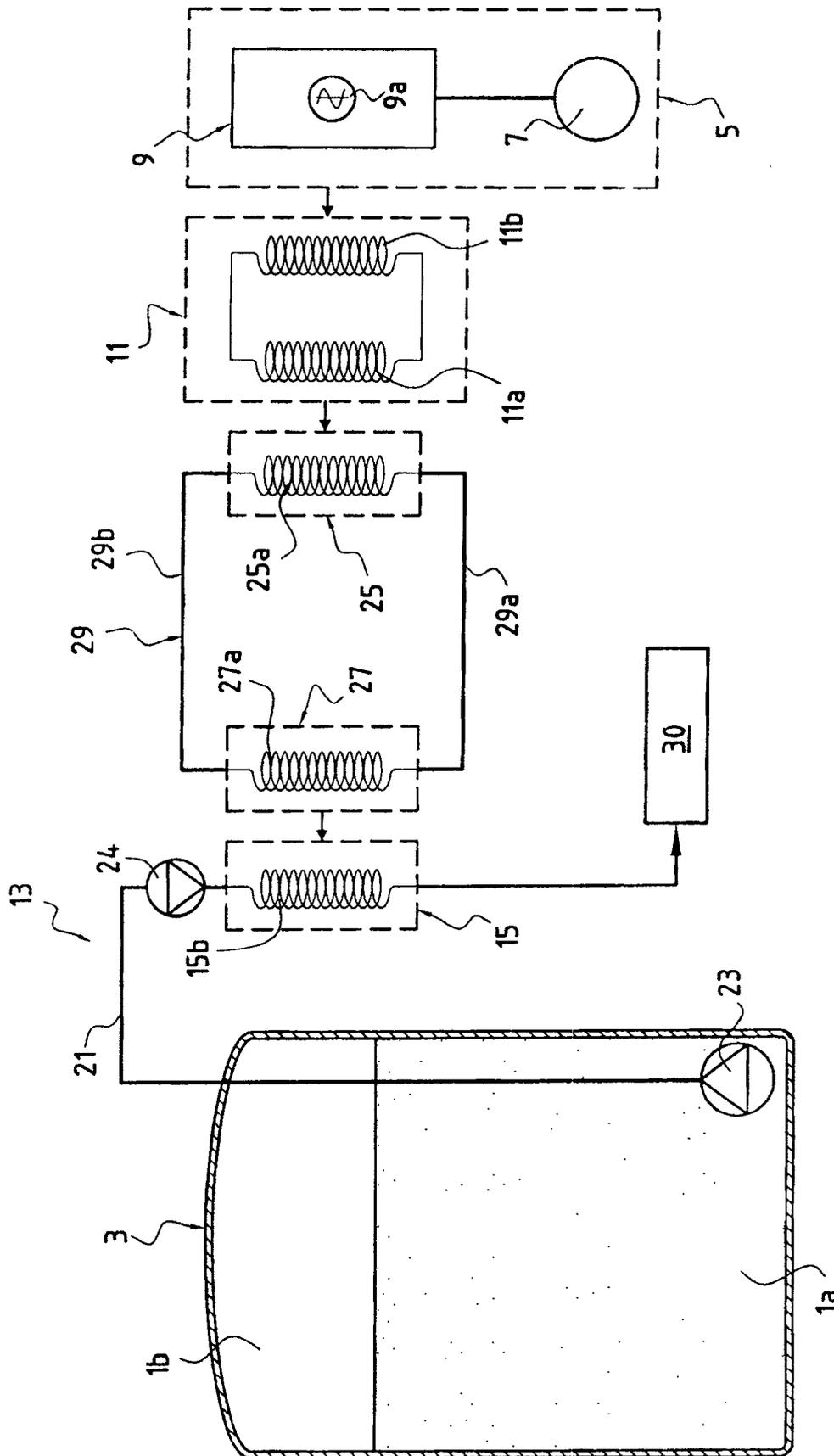


图3

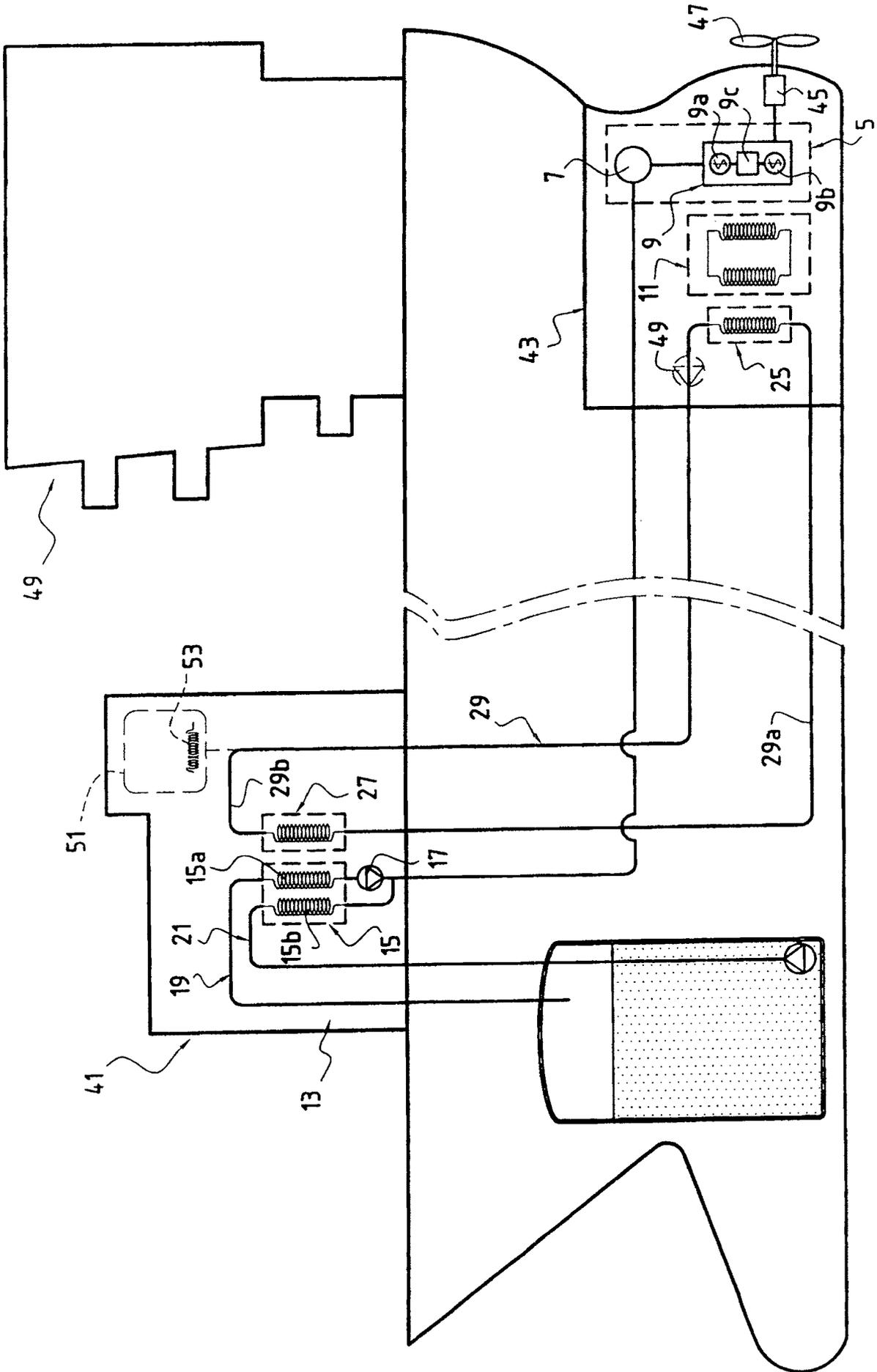


图4

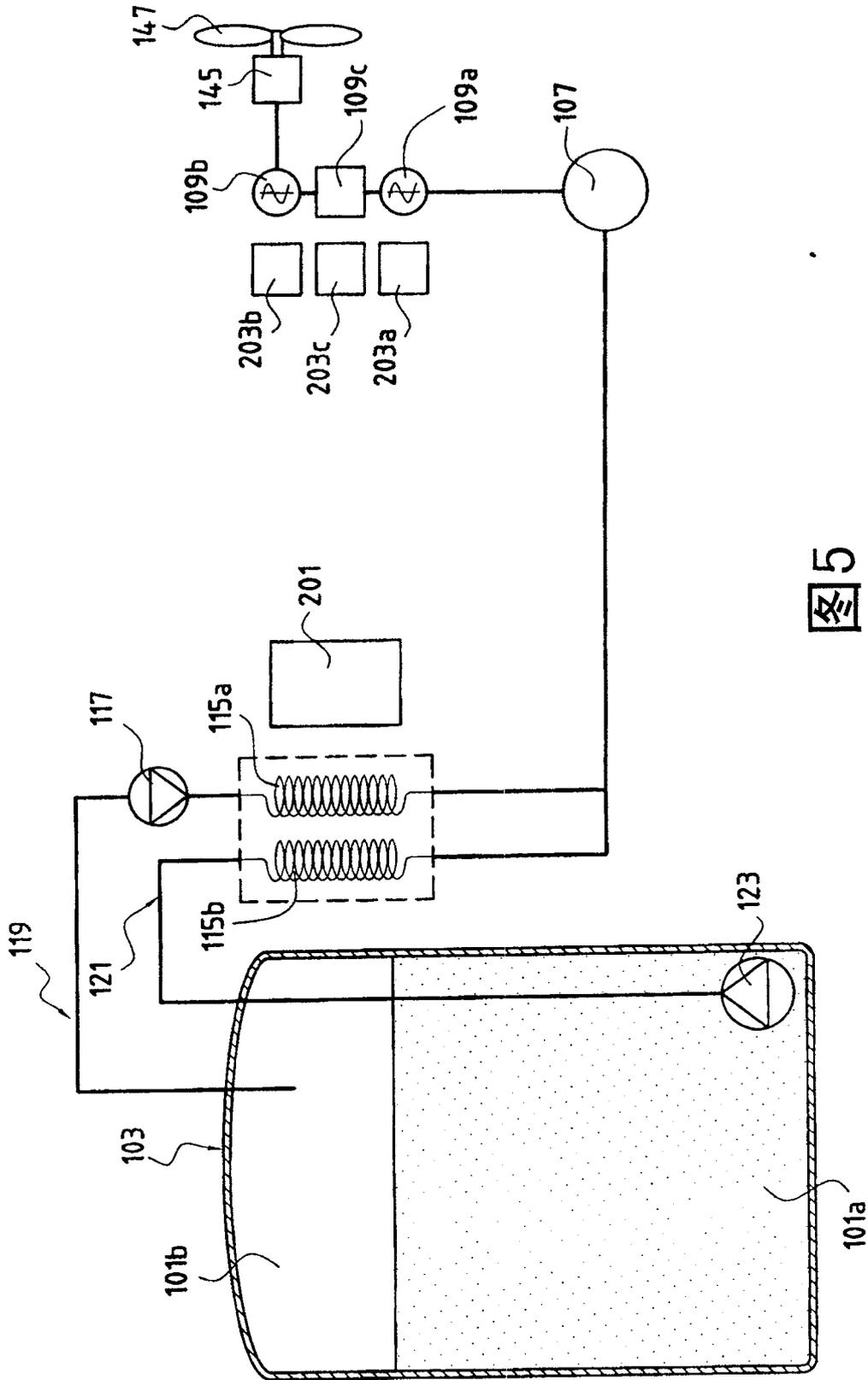


图 5