



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0085645
 (43) 공개일자 2008년09월24일

(51) Int. Cl.

F17C 5/00 (2006.01) *B63B 25/08* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0058942
 (22) 출원일자 2007년06월15일
 심사청구일자 2007년06월15일
 (30) 우선권주장
 1020070027303 2007년03월20일 대한민국(KR)
 1020070042103 2007년04월30일 대한민국(KR)

(71) 출원인
대우조선해양 주식회사
 서울특별시 중구 다동 85
 (72) 발명자
이정한
 경남 거제시 옥포1동 옥포아파트 5동306호
유진열
 경남 거제시 능포동 712-8 일산아파트
 (뒷면에 계속)

(74) 대리인
이수완, 이 성 규, 조진태, 윤종섭

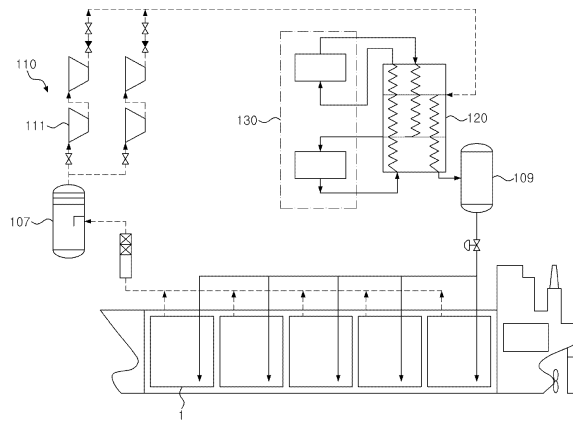
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 재액화 장치가 탑재된 LNG 운반선에서의 증발가스처리방법 및 처리장치, 그리고 상기 처리장치를 구비한 LNG 운반선

(57) 요약

본 발명은 LNG 저장탱크에서 발생된 증발가스 중 재액화 장치를 통해 LNG 저장탱크로 복귀되지 않은 여분의 증발가스를 배출시켜 연소시키는 대신 LNG 저장탱크 내부에 그대로 저장함에 따라 증발가스의 배출량을 일정하게 유지하는 동시에 LNG 저장탱크의 내부압력이 증가되는 것을 허용함으로써 버려지는 증발가스를 없애고 에너지를 절약할 수 있는 증발가스 처리방법 및 처리장치에 관한 것으로서, 본 발명에 따르면, 증발가스(BOG)의 재액화 장치가 탑재되어 있으며 극저온의 LNG를 운반하는 LNG 운반선의 LNG 저장탱크에서 발생하는 증발가스를 처리하는 방법으로서, 운항 중 발생하는 총 BOG 발생량 중에서 상기 재액화 장치에 의해 처리 가능한 재액화 용량에 해당하는 양의 BOG를 상기 LNG 저장탱크로부터 배출시켜 재액화시키는 것을 특징으로 하는 재액화 장치가 탑재된 LNG 운반선에서의 증발가스 처리방법과 이 처리방법을 수행할 수 있는 처리장치가 제공된다.

대표도



(72) 발명자

최동규

경남 거제시 옥포2동 덕산 4차 아파트 410-206호

박현기

경남 거제시 신현읍 양정리 920번지 일성아리체
101-802

김현진

광주 서구 상무1동 현대아파트 102동 703호

특허청구의 범위

청구항 1

증발가스(BOG)의 재액화 장치가 탑재되어 있으며 극저온의 LNG를 운반하는 LNG 운반선의 LNG 저장탱크에서 발생하는 증발가스를 처리하는 방법으로서,

운항 중 발생하는 총 BOG 발생량 중에서 상기 재액화 장치에 의해 처리 가능한 재액화 용량에 해당하는 양의 BOG를 상기 LNG 저장탱크로부터 배출시켜 재액화시키는 것을 특징으로 하는 재액화 장치가 탑재된 LNG 운반선에서의 증발가스 처리방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 LNG 저장탱크로부터 배출되는 BOG 배출량은 상기 재액화 장치에 의해 처리 가능한 재액화 용량에 상응하며, LNG 적재운항 초기에 총 BOG 발생량 중에서 상기 BOG 배출량을 제외한 나머지는 상기 LNG 저장탱크 내에 그대로 유지되는 것을 특징으로 하는 재액화 장치가 탑재된 LNG 운반선에서의 증발가스 처리방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 증발가스 처리방법은,

LNG 적재운항 초기에 총 BOG 발생량 중에서 상기 BOG 배출량을 제외한 나머지는 상기 LNG 저장탱크 내에 그대로 유지되어 상기 LNG 저장탱크의 내부압력이 점진적으로 상승하는 단계와,

그 이후 상기 LNG 저장탱크 내의 BOG 발생량이 점진적으로 감소되어 일정하게 유지됨에 따라 상기 LNG 저장탱크의 내부압력이 일정하게 유지되는 단계를 가지는 것을 특징으로 하는 재액화 장치가 탑재된 LNG 운반선에서의 증발가스 처리방법.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 재액화 용량은, 상기 LNG 저장탱크의 내부압력이 일정하게 유지될 때의 BOG 발생량에 상응하는 것을 특징으로 하는 재액화 장치가 탑재된 LNG 운반선에서의 증발가스 처리방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 LNG 저장탱크로부터 배출되는 BOG는 상기 재액화 장치에서의 재액화 단계를 거쳐 상기 LNG 저장탱크로 되돌아가며, 상기 재액화 단계는,

상기 LNG 저장탱크에서 배출된 BOG를 BOG 압축부에서 압축하는 단계,

압축된 BOG를 응축기에서 냉매와 열교환시킴으로써 응축시키는 단계, 및

응축된 BOG를 상기 LNG 저장탱크로 되돌려 보내는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 재액화 장치가 탑재된 LNG 운반선에서의 증발가스 처리방법.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 BOG의 압축 단계 이전에, 안정적인 BOG 재액화를 위하여 상기 LNG 저장탱크에서 배출된 BOG를 상기 예냉기에서 예냉하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 재액화 장치가 탑재된 LNG 운반선에서의 증발가스 처리방법.

청구항 7

청구항 5에 있어서,

상기 BOG의 응축 단계 이후에, 상기 응축기를 통과하면서 응축된 BOG를 상기 LNG 저장탱크에 안정적으로 되돌려 보내기 위해서 응축된 BOG를 기액 분리기에 일시적으로 저장하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 재액화 장치가 탑재된 LNG 운반선에서의 증발가스 처리방법.

청구항 8

증발가스(BOG)의 재액화 장치가 탑재되어 있으며 극저온의 LNG를 운반하는 LNG 운반선의 LNG 저장탱크에서 발생하는 증발가스를 처리하는 방법으로서,

운항 중 발생하는 총 BOG 발생량 중에서 상기 LNG 저장탱크로부터 배출시키는 BOG 배출량은 일정하게 유지하고, 상기 총 BOG 발생량 중에서 상기 LNG 저장탱크로부터 배출시키지 않은 BOG에 의한 상기 LNG 저장탱크의 내부압력 상승은 허용하는 것을 특징으로 하는 재액화 장치가 탑재된 LNG 운반선에서의 증발가스 처리방법.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 BOG 배출량은, 상기 재액화 장치에 의해 처리 가능한 재액화 용량에 상응하는 것을 특징으로 하는 재액화 장치가 탑재된 LNG 운반선에서의 증발가스 처리방법.

청구항 10

극저온의 LNG를 운반하는 LNG 운반선의 LNG 저장탱크에서 발생하는 증발가스(BOG)를 처리하는 장치로서,

운항 중 발생하는 총 BOG 발생량 중에서 재액화 장치에 의해 처리 가능한 재액화 용량에 해당하는 양의 BOG를 상기 LNG 저장탱크로부터 배출시키도록 제어하는 제어부를 포함하는 것을 특징으로 하는 재액화 장치가 탑재된 LNG 운반선에서의 증발가스 처리장치.

청구항 11

청구항 10에 있어서,

상기 LNG 저장탱크에는 상기 재액화 장치에 의해 처리할 수 있는 재액화 용량에 해당하는 BOG만이 상기 LNG 저장탱크의 외부로 배출될 수 있도록, 상기 제어부에 의해 설정 배출압력이 제어되는 배출 밸브가 설치되는 것을 특징으로 하는 재액화 장치가 탑재된 LNG 운반선에서의 증발가스 처리장치.

청구항 12

청구항 10에 있어서,

상기 LNG 저장탱크는, 운항 중 발생하는 총 BOG 발생량 중에서 상기 LNG 저장탱크로부터 배출시키지 않은 BOG에 의한 상기 LNG 저장탱크의 내부압력 상승은 허용할 수 있도록 보장되는 것을 특징으로 하는 재액화 장치가 탑재된 LNG 운반선에서의 증발가스 처리장치.

청구항 13

청구항 10에 있어서,

상기 재액화 장치는,

상기 LNG 저장탱크에서 배출된 BOG를 압축하는 BOG 압축부와,

압축된 BOG를 냉매와 열교환시킴으로써 응축시키는 응축기와,

상기 냉매를 냉각시켜 상기 응축기에서 BOG를 응축시키기 위한 냉열을 제공하는 냉매 사이클

을 포함하는 것을 특징으로 하는 재액화 장치가 탑재된 LNG 운반선에서의 증발가스 처리장치.

청구항 14

청구항 13에 있어서,

상기 BOG 압축부의 상류측에 설치되어, 안정적인 BOG 재액화를 위하여 상기 LNG 저장탱크에서 배출된 BOG를 예냉하는 예냉기를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 재액화 장치가 탑재된 LNG 운반선에서의 증발가스 처리장치.

청구항 15

청구항 13에 있어서,

상기 응축기의 하류측에 설치되어, 상기 응축기를 통과하면서 응축된 BOG를 상기 LNG 저장탱크에 안정적으로 되돌려 보내기 위해서 응축된 BOG를 일시적으로 저장하는 기액 분리기를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 재액화 장치가 탑재된 LNG 운반선에서의 증발가스 처리장치.

청구항 16

LNG 저장탱크에 극저온의 LNG를 저장하여 운반하는 LNG 운반선으로서,

BOG의 재액화 장치, 및 운항 중 발생하는 총 BOG 발생량 중에서 상기 재액화 장치에 의해 처리 가능한 재액화 용량에 해당하는 양의 BOG를 상기 LNG 저장탱크로부터 배출시키도록 제어하는 제어부를 가지는 증발가스 처리장치와;

운항 중 발생하는 총 BOG 발생량 중에서 상기 LNG 저장탱크로부터 배출시키지 않은 BOG에 의한 내부압력 상승을 허용하는 LNG 저장탱크;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 LNG 운반선.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <23> 본 발명은 재액화 장치가 탑재된 LNG 운반선에서의 증발가스 처리방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 LNG 저장탱크에서 발생된 증발가스 중 재액화 장치를 통해 LNG 저장탱크로 복귀되지 않은 여분의 증발가스를 배출시켜 연소시키는 대신 LNG 저장탱크 내부에 그대로 저장함으로써 버려지는 증발가스를 없애고 에너지를 절약할 수 있는 증발가스 처리방법 및 처리장치에 관한 것이다.
- <24> 일반적으로, 천연가스(Natural Gas, 이하 NG라 함)는 생산지에서 극저온으로 액화된 액화천연가스(Liquefied Natural Gas, 이하 LNG라 함)의 상태로 만들어진 후 LNG 운반선에 의해 목적지까지 원거리에 걸쳐 수송된다.
- <25> 천연가스의 액화온도는 상압에서 -163℃의 극저온이므로, LNG는 그 온도가 상압에서 -163℃ 보다 약간만 높아도 증발된다. LNG 운반선의 LNG 저장탱크의 경우 단열처리가 되어 있기는 하지만, 외부의 열이 LNG에 지속적으로 전달되므로, LNG 운반선에 의해 LNG를 수송하는 도중에 LNG가 LNG 저장탱크 내에서 지속적으로 기화되어 LNG 저장 탱크 내에 증발가스(Boil-Off Gas, 이하 BOG라 함)가 발생한다.
- <26> 이렇게 LNG 저장 탱크 내에 BOG가 발생하면, LNG 저장탱크의 압력이 상승하여 위험하게 된다.
- <27> 종래에는 LNG 저장탱크의 압력을 안전한 상태로 유지하기 위해서 LNG 저장탱크의 압력이 설정 압력 이상으로 높아지면 BOG를 저장탱크의 외부로 배출시켜, 이 배출된 BOG를 LNG 운반선의 추진 연료로서 사용하곤 했지만, LNG 저장탱크에서 발생된 BOG를 보일러에서 연소하여 발생하는 스팀으로 구동되는 스팀 터빈 추진 방식은 추진 효율이 낮은 문제점이 있다.
- <28> 또한, LNG 저장탱크에서 발생된 BOG를 압축하여 디젤 엔진의 연료로 사용하는 이중 연료 디젤 전기 추진 시스템(dual fuel diesel electric propulsion system)은, 스팀 터빈 추진 방식에 비해 효율은 높아지나 중속 엔진과 전기 추진 장치가 복잡하여 장비의 유지 보수에 많은 어려움이 있다. 또한, 이러한 방식은 BOG를 연료로 공급해야 하므로 액체압축에 비해 설치비 및 운전비가 큰 기체압축 방법이 적용될 수밖에 없다.
- <29> 그리고, 이렇게 BOG를 추진용 연료로서 사용하는 방식은, 어떠한 경우에도 일반선박에 사용되는 2행정 저속 디

젤 엔진의 효율에는 미치지 못한다.

- <30> 또한, 추진 장치에서 연료로 사용할 수 있는 양 이상의 BOG가 발생하는 경우에는, 잉여의 BOG를 가스 연소기 등에서 소각하여 처리해야 하므로, 잉여의 BOG의 처리를 위한 가스 연소기 등의 별도의 장비들이 추가되는 문제점이 있다.
- <31> 한편, LNG 저장탱크의 압력을 안전한 상태로 유지하기 위해서 LNG 저장탱크의 압력이 설정 압력 이상으로 높아지면 BOG를 저장탱크의 외부로 배출시켜, 이 배출된 BOG를 재액화 장치에서 재액화하여 다시 LNG 저장탱크로 복귀시키는 방식도 있었다.
- <32> 도 1에는 재액화 장치가 탑재된 LNG 운반선에서의 BOG 처리방법을 설명하기 위한 개념도가 도시되어 있다.
- <33> 도 1에 도시된 바와 같이, 재액화 장치를 탑재한 LNG 운반선은, LNG를 저장할 수 있는 LNG 저장탱크(1)와, 이 LNG 저장탱크(1)에서 발생한 BOG를 압축시키는 BOG 압축부(110)와, 압축된 BOG를 냉매와 열교환시킴으로써 응축시키는 응축기(120)와, 이 응축기(120)에서 BOG를 응축시키기 위한 냉열을 제공하는 냉매 사이클(130)을 포함한다. 여기에서 BOG 압축부(110), 응축기(120) 및 냉매 사이클(130)은 재액화 장치를 구성한다.
- <34> 그러나, LNG 운반선에 재액화 장치가 탑재되어 있다고 하더라도, 이 재액화 장치에서 BOG를 재액화할 수 있는 처리 용량은 제한되어 있으며, 재액화 장치에서 처리할 수 있는 양 이상의 증발 가스가 발생하는 경우에는 잉여의 BOG를 소각하여 처리해야 한다. 이를 위해 종래의 LNG 운반선에는 가스 연소기(103)가 설치되어 있으며, 잉여 BOG는 가스 가열기(105)에서 연소에 적절한 온도까지 가열된 후 가스 연소기(103)로 공급되어 태워져 버려진다.
- <35> 도 2에는 종래의 증발가스 처리방법에 의한, 시간에 따른 저장탱크 내부압력 및 증발가스 발생량 추이를 나타내는 그래프가 도시되어 있다.
- <36> 도 2에 나타난 바와 같이, 저장탱크(1)의 내부압력을 대략 106kPa로 일정하게 유지하는 경우, LNG의 적재운항 초기 3 ~ 4일 동안 다량의 BOG가 저장탱크(1) 외부로 배출되다가 적재운항 초기 3 ~ 4일이 지나면 BOG의 배출량이 안정(도 2에서는 대략 5,643 kg/hr 정도)되며, 종래에는 이때의 BOG 배출량을 기준으로 재액화 장치의 용량을 결정하였다.
- <37> 이와 같이 재액화 장치의 용량이 제한되어 있기 때문에, LNG의 적재운항 초기 3 ~ 4일 동안에는 재액화 용량을 초과하는 잉여 BOG가 발생하게 되는데, 이러한 잉여 BOG는 상술한 바와 같이 가스 연소기(103)에서 모두 연소되어 버려진다. 이와 같이 종래 기술에 따르면 연소되어 버려지는 BOG의 양이 55톤(도 2의 빗금친 영역)에 해당할 만큼 대량의 잉여 BOG가 그대로 낭비되는 문제가 있었다.
- <38> 이와 같이 태워버리는 BOG의 양은 150,000m³ 용량의 LNG 운반선에서 연간 1500 ~ 2000톤에 달하며 금액으로 환산하면 6억원에 해당된다. 더 나아가 BOG를 태움으로 인해 환경오염의 문제도 발생한다.
- <39> 또한, 종래 기술에 따르면, 적재운항 초기에 재액화 장치와 가스 연소기(103)를 함께 운전해야 하므로, 잉여의 BOG 처리를 위한 가스 연소기(103)나 가스 가열기(105) 등의 별도의 장비들이 추가되는 한편, 가스 연소기(103)의 운전에 따른 에너지 소모가 크다는 문제점이 있었다.
- <40> 한편, LNG 저장탱크에 단열벽을 형성하지 않고 LNG 저장탱크 내에서 BOG를 200 기압(게이지압) 내외의 고압으로 유지하여 LNG 저장탱크 내에 BOG가 발생하는 것을 억제하는 기술이 대한민국특허공개 KR2001-0014021호, KR2001-0014033호, KR2001-0083920호, KR2001-0082235호, KR2004-0015294호 등에 개시되어 있다. 그러나, 이렇게 LNG 저장탱크가 그 내부에 BOG를 200 기압 내외의 고압으로 수용할 수 있기 위해서는 LNG 저장탱크의 두께가 상당히 두꺼워야 하므로 제조비용이 증가할 뿐만 아니라 BOG를 200 기압 내외의 고압으로 유지하기 위한 고압 펌프 등의 별도의 장비들이 추가되는 문제점이 있었다.
- <41> 이상에서와 같이, 종래 기술에 따른 LNG 운반선에서의 증발가스 처리방법은, 극저온 상태의 액체를 운송중에 LNG 저장탱크의 내부압력을 일정하게 유지하고 BOG 발생을 허용하는 방식으로서, BOG의 낭비량이 크고 별도의 재액화 장치 및 가스 연소기를 장착하여야 하는 문제점이 있었다.
- <42> 또한, 상기된 바와 같이 극저온 상태의 액체를 대기압 정도의 저압에서 운송하는 경우와는 달리, 압력탱크 등의 다소 고온에서 고압의 압력에 견딜 수 있는 저장탱크로 운송하는 방법은, BOG의 처리나 낭비는 없으나 탱크의 크기에 제한이 있고 제조비용이 많이 소요된다는 문제점이 있었다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<43> 본 발명은 이러한 사정을 감안하여 이루어진 것으로서, 본 발명은, LNG 저장탱크에서 발생된 증발가스 중 재액화 장치를 통해 LNG 저장탱크로 복귀되지 않은 여분의 증발가스를 배출시켜 연소시키는 대신 LNG 저장탱크 내부에 그대로 저장함에 따라 증발가스의 배출량을 일정하게 유지하는 동시에 LNG 저장탱크의 내부압력이 증가되는 것을 허용함으로써 버려지는 증발가스를 없애고 에너지를 절약할 수 있는 증발가스 처리방법 및 처리장치를 제공하고자 하는 것이다.

발명의 구성 및 작용

<44> 본 발명의 일 태양에 따르면, 증발가스(BOG)의 재액화 장치가 탑재되어 있으며 극저온의 LNG를 운반하는 LNG 운반선의 LNG 저장탱크에서 발생하는 증발가스를 처리하는 방법으로서, 운항 중 발생하는 총 BOG 발생량 중에서 상기 재액화 장치에 의해 처리 가능한 재액화 용량에 해당하는 양의 BOG를 상기 LNG 저장탱크로부터 배출시켜 재액화시키는 것을 특징으로 하는 재액화 장치가 탑재된 LNG 운반선에서의 증발가스 처리방법이 제공된다.

<45> 또한, 본 발명의 또 다른 태양에 따르면, 증발가스(BOG)의 재액화 장치가 탑재되어 있으며 극저온의 LNG를 운반하는 LNG 운반선의 LNG 저장탱크에서 발생하는 증발가스를 처리하는 방법으로서, 운항 중 발생하는 총 BOG 발생량 중에서 상기 LNG 저장탱크로부터 배출시키는 BOG 배출량은 일정하게 유지하고, 상기 총 BOG 발생량 중에서 상기 LNG 저장탱크로부터 배출시키지 않은 BOG에 의한 상기 LNG 저장탱크의 내부압력 상승은 허용하는 것을 특징으로 하는 재액화 장치가 탑재된 LNG 운반선에서의 증발가스 처리방법이 제공된다.

<46> 또한, 본 발명의 또 다른 태양에 따르면, 극저온의 LNG를 운반하는 LNG 운반선의 LNG 저장탱크에서 발생하는 증발가스(BOG)를 처리하는 장치로서, 운항 중 발생하는 총 BOG 발생량 중에서 재액화 장치에 의해 처리 가능한 재액화 용량에 해당하는 양의 BOG를 상기 LNG 저장탱크로부터 배출시키도록 제어하는 제어부를 포함하는 것을 특징으로 하는 재액화 장치가 탑재된 LNG 운반선에서의 증발가스 처리장치가 제공된다.

<47> 또한, 본 발명의 또 다른 태양에 따르면, LNG 저장탱크에 극저온의 LNG를 저장하여 운반하는 LNG 운반선으로서, BOG의 재액화 장치, 및 운항 중 발생하는 총 BOG 발생량 중에서 상기 재액화 장치에 의해 처리 가능한 재액화 용량에 해당하는 양의 BOG를 상기 LNG 저장탱크로부터 배출시키도록 제어하는 제어부를 가지는 증발가스 처리장치와; 운항 중 발생하는 총 BOG 발생량 중에서 상기 LNG 저장탱크로부터 배출시키지 않은 BOG에 의한 내부압력 상승을 허용하는 LNG 저장탱크; 를 포함하는 것을 특징으로 하는 LNG 운반선이 제공된다.

<48> 본 발명은 극저온 상태의 액화가스를 운반하는 상압 근처의 다소 고압 탱크에 관한 것으로 운송중에 탱크 내의 압력변화를 어느 정도 허용하는 것을 특징으로 한다.

<49> 본 발명의 한 실시예에 따르면, LNG 저장탱크에서 발생하는 증발가스(BOG)를 처리하는 BOG 처리수단을 가지는 LNG운반선에 있어서, 상기 LNG 저장탱크의 LNG의 운송중에 상기 탱크내의 증기 압력과 상기 LNG의 온도의 증가를 허용하는 것을 특징으로 하는 LNG 운반선과 그 방법이 제공된다.

<50> BOG 처리 수단으로서, 일반적으로 LNG 저장탱크로부터 발생하는 BOG는 보일러(예컨대, 스팀터빈추진용 보일러)에 사용되거나, DFDE나 MEGI와 같은 가스엔진의 연료로 사용되거나, 가스 터빈에 사용되거나, 재액화하여 LNG 저장탱크로 돌려보내는 방법이 알려져 있다.(예컨대, 한국특허공개 2004-0046836, 한국특허등록 0489804, 0441857, 한국실용공보 2006-0000158 등) 그런데, 이들 방법에서는 일상적인 처리수단에 의한 처리량을 초과하는 과잉의 BOG 발생(예컨대 LNG 적재 후), 또는 항구 입/출항, 운하 통과 등의 경우와 같이 처리수단에 의한 처리가 불가능한 경우에는 GCU(Gas Combustion Unit)와 같은 BOG 연소수단에 의한 BOG의 낭비가 불가피하였다.

<51> 본 발명에서는 BOG 처리의 유연성이 증대되어 이와 같은 BOG 낭비가 제거되는 장점이 있다. 본 발명에 따른 LNG운반선은 GCU가 필요 없을 수도 있고, 경우에 따라서는 비상시의 BOG 처리나 BOG 관리의 유연성 향상을 위하여 GCU가 필요할 수도 있다.

<52> 본 발명은 LNG 운송선에 BOG를 LNG 탱크로부터 배출하여 처리하는 수단(보일러, 재액화장치, 가스엔진 등)이 구비된 것이다.

<53> 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, LNG를 운반하는 LNG 운반선에 설치되는 LNG 저장탱크의 상부에 설치되는 안전밸브의 조절방법에 있어서, 상기 LNG 저장탱크에 LNG를 선적할 때와 상기 LNG 운반선이 운항할 때에 있어서 상기 안전밸브의 개폐 압력치를 달리하는 것을 특징으로 하는 안전밸브의 개폐방법이 제공된다. 본 발명에서는 상기 구성을 특징으로 하는 안전밸브, LNG 저장탱크, LNG 운반선이 제공된다.

- <54> 종래에는 극저온의 액화천연가스 상태로 운반하는 LNG선의 저장탱크의 상부에 안전밸브를 설치하여 LNG 저장탱크의 내부의 압력을 안전하게 관리하였다. 안전밸브로 탱크의 폭발 등에 대한 안정성을 확보하고, LNG 적재후 발생하는 BOG에 대해서는 상기에서와 같이 보일러(예컨대, 스팀터빈추진용 보일러)에 사용되거나, DFDE나 MEGI와 같은 가스엔진의 연료로 사용되거나, 가스 터빈에 사용되거나, 재액화하여 LNG 저장탱크로 돌려보내는 방법이 알려져 있다. 그런데, 이들 방법에서는 일상적인 처리수단에 의한 처리량을 초과하는 과잉의 BOG 발생(예컨대 LNG 적재 후), 또는 항구 입/출항, 운하 통과 등의 경우와 같이 처리수단에 의한 처리가 불가능한 경우에는 GCU(Gas Combustion Unit)와 같은 BOG 연소수단에 의한 BOG의 낭비가 불가피하였다. 이와 같은 방법으로 LNG 운반선의 LNG 저장 탱크의 압력을 소정의 범위 내에서 일정하게 유지하였다.
- <55> 이러한 LNG 운반선은 안전 밸브의 설정치가 0.25바일 경우 LNG의 선적시 LNG 저장탱크의 98% 정도의 부피까지 LNG를 선적하고 나머지 2%는 여유 공간으로 둔다. 98% 이상을 LNG로 채우게 되면 LNG 저장 탱크의 압력이 0.25 바 도달 시 LNG 상부의 돔으로부터 LNG가 흘러넘치게 된다(overflow). 그런데, 본 발명의 다른 실시예에서와 같이 LNG의 선적후부터 LNG 압력의 상승을 계속 허용하는 경우, 적은 양의 LNG를 적재하여도 본 발명에 따른 안전 밸브 설정압력에서 LNG의 온도 상승으로 인한 LNG팽창으로 LNG가 오버플로할 가능성이 있다. 예컨대 LNG 탱크의 증기 압력이 0.7 바일 경우 LNG의 적재량이 97% 정도에서도 오버플로 현상이 발생할 수 있음을 발견하였다. 이는 LNG 적재량이 줄어드는 문제점으로 직결된다.
- <56> 이런 문제 때문에 LNG 저장탱크의 상부에 설치되는 안전밸브의 개폐압력치를 상압 근처의 다소 고압에서 일정하게 고정하는 것보다는 적재시에는 기존 LNG 운반선에서와 같이 낮은 압력, 예컨대 0.25바에서 고정하고, 운항을 시작하여 BOG를 다소 사용(예컨대, 보일러, 엔진 등에 연료로 사용)하여 LNG 저장 탱크내의 LNG의 양이 감소한 경우에는 본 발명의 다른 실시예에서와 같이 안전밸브의 개폐 압력치를 상향하여 초기 선적량의 감소없이 BOG의 낭비를 줄이거나 BOG 처리의 유연성을 높일 수 있다. 본 발명은 BOG를 LNG 탱크로부터 배출하여 처리하는 수단(보일러, 재액화장치, 가스엔진 등)이 구비된 LNG 운송선에 적용되면 BOG의 낭비가 없다는 점에서 그 효과가 크다.
- <57> 따라서, 본 발명에서는 안전밸브의 개폐 압력치는 상기 LNG 저장탱크에서 발생하는 증발가스가 외부로 배출되어 상기 LNG 저장탱크내에 적재된 LNG의 양이 줄어든 이후에 상승되며, 바람직하게는 상기 LNG를 선적할 때의 개폐 압력치는 0.25 바 이하에서 설정되고, 상기 LNG 운반선이 운항할 때의 압력치는 0.25 초과 내지 2바에서 설정되고, 특히 바람직하게는 상기 LNG 운반선이 운항할 때의 압력치는 0.25 초과 내지 0.7바에서 설정된다. 여기에서, LNG 운반선이 운항할 때 안전밸브의 개폐 압력치는 운항 조건에 따른 증발가스의 사용량에 따라 예를 들어, 0.4 바, 0.7 바 등 단계적으로 상승시킬 수 있다.
- <58> 따라서, 본 발명에서 LNG 운반선이 운항할 때라 함은 LNG선에 LNG를 적재한 후 운항을 시작하여 BOG를 어느 정도 사용한 후 LNG 저장탱크 내의 LNG의 부피가 다소 줄어든 경우를 의미한다. 예를 들어, LNG의 부피가 98.5%일 때 안전밸브의 개폐 압력치를 0.25바로 세팅하고, LNG의 부피가 98.0%일 때 안전밸브의 개폐 압력치를 0.4바로 세팅하고, LNG의 부피가 97.7%일 때 안전밸브의 개폐 압력치를 0.5바로 세팅하고, LNG의 부피가 97.1%일 때 안전밸브의 개폐 압력치를 0.7바로 세팅하는 것이 바람직하다.
- <59> 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 극저온의 액화천연가스 상태로 운반하는 LNG선의 저장탱크에 있어서, 상기 저장탱크의 상부에 설치되는 안전밸브의 개폐 압력치를 0.25 초과 내지 2 바, 바람직하게는 0.25 초과 내지 0.7 바, 더 바람직하게는 0.7 바내외로 설정하는 것을 특징으로 한다. 본 발명에서는 상기 구성을 특징으로 하는 안전밸브의 개폐방법, LNG 저장탱크, LNG 운반선이 제공된다.
- <60> 이와 같은 방법은 BOG의 손실이 심하고 LNG 운반선의 제조비용이 증가하는 문제점이 있는 바, 본 발명에서는 LNG 저장탱크 안전밸브의 압력치를 높여 LNG의 선적 후부터 하적 전까지 운항하면서 탱크 내부 압력과 LNG의 온도의 상승을 허용하도록 하여 상기와 같은 문제점을 해결하였다.
- <61> 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 극저온 액화천연가스의 상태로 운반하는 LNG선의 저장탱크로서 상압 근처의 압력 범위 내에서 상기 탱크 내의 증기 압력이 조절되고, LNG의 운송중에 상기 탱크 내의 증기 압력과 상기 LNG의 온도의 증가를 허용하는 것을 특징으로 하는 LNG 운반선용 LNG 저장탱크가 제공된다. 상기 탱크 내의 증기 압력은 0.25 초과 내지 2 바, 바람직하게는 0.25 초과 내지 0.7 바, 더 바람직하게는 0.7 바 내외인 것을 특징으로 한다. 또한, 상기 LNG 탱크 내부의 온도 분포를 균일하게 하기 위하여 상기 LNG 저장탱크의 하부의 LNG와 LNG 저장탱크의 상부의 증발가스를 혼합하는 것을 특징으로 한다. LNG의 증발은 LNG 저장탱크 내에서 국소적으로 온도가 높으면 더 많이 발생하는 경향이 있으므로 LNG 저장 탱크 내의 LNG나 BOG의 온도를 균일하게 유지하는 것이 바람직하다. 또 다른 관점에서 살펴보면, LNG 저장탱크 상부의 증발가스는 탱크 하부의 LNG에 비하여

열용량이 작기 때문에 외부 유입열에 의한 온도 상승으로 급격한 압력증가를 초래할 수 있는데, 이와 같은 증발 가스를 탱크의 하부 LNG와 혼합함으로써 LNG 탱크의 급격한 압력 증가를 억제할 수 있다.

- <62> 또한, 본 발명의 다른 실시예에 따르면, LNG 터미널에서 하역받는 탱크의 압력에 맞추어 LNG 운반선의 LNG 탱크 내 증기압력을 조절할 수 있다. 예를 들면, 하역받을 LNG 터미널, LNG-RV, FSRU 등에서의 탱크 압력이 높은 경우(예컨대 0.4-0.7바 내외)에는 LNG 운반선의 탱크 압력을 계속 상승시켜 운항하고, 탱크의 압력이 종래와 같이 낮은 경우(0.2바 내외)에는 본 발명에 따른 BOG 처리의 유연성을 이용하여 BOG 낭비를 줄여가면서 하역 받는 탱크의 압력에 맞출 수 있다.
- <63> 또한, 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 상기 특징을 가지는 극저온 상태의 액화천연가스의 운반 방법 및 상기 탱크가 설치된 LNG 운반선을 제공한다.
- <64> 특히, 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 본 발명은 극저온 상태의 액화가스를 운반하는 상압 근처의 다소 고압의 멤브레인형 LNG 탱크에 관한 것으로 운송중에 탱크내의 압력변화를 어느 정도 허용하는 것을 특징으로 한다. 본 발명에서 기재하고 있는 멤브레인 탱크는 IGC Code(2000)에서 LNG 탱크의 화물창에 관하여 정의하고 있는 Membrane tank를 의미한다. 구체적으로는 Membrane tanks는 선체 의존형(non-self-supporting tanks)으로서 선체에 단열벽이 형성되고 그 상부에 얇은 밀봉층(membrane)이 형성된 것을 의미한다. 여기에는 Semi-membrane tanks도 포함되는 의미로 사용한다.
- <65> 하기에서는 GTT NO 96, Mark III, 한국특허 제499710호 및 제644217호 등에 기재된 탱크가 멤브레인형 탱크의 예이다.
- <66> 이러한 멤브레인형 탱크는 탱크의 보강에 의하여 0.7 bar(게이지압)까지 견디도록 설계될 수 있으나 일반적으로는 0.25 bar를 넘지 않게 디자인되도록 규정하고 있다. 종래의 모든 멤브레인형 탱크는 이 규정을 준수하여 탱크 내부 증기압을 0.25바 이하에서, 운항 중 LNG의 온도와 압력이 거의 일정하도록 관리되고 있다. 이에 반해 본 발명에서는 0.25 바를 초과하는 압력, 바람직하게는 0.25 초과 2 바 이하, 더 바람직하게는 0.25바 초과 0.7 바 이하에서 탱크 내부 압력과 LNG의 온도의 상승을 허용하도록 관리하는 것을 특징으로 한다. 또한, 본 발명의 LNG 저장탱크를 이용한 증발가스 처리 방법은, LNG 저장탱크 내부의 온도 분포를 균일하게 유지시키는 것을 특징으로 한다.
- <67> 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면 본 발명은 대형의 LNG 운반선에 관한 것이다. 바람직하게는 100,000m³ 이상의 LNG 저장 능력을 가지는 LNG 운반선에 관한 것이다. 대형 용량의 LNG 운반선은 LNG 탱크를 고압탱크로 제작하기 위해서는 탱크의 두께 상승으로 그 제조 비용이 급격히 증가하는데, 본 발명에서와 같이 대기압에 가까운 상대압 1 바 내외로 탱크를 제조할 경우 그 제조 비용도 크게 증가하지 않으면서 실질적으로 증발가스 발생에 의한 압력을 지탱하면서 BOG 처리 없이도 LNG의 운반이 가능하다.
- <68> 이하에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명에 대한 바람직한 실시예를 상세하게 설명한다.
- <69> 본 발명의 LNG 저장탱크는 LNG 운반선, LNG 부유식 저장 및 재기화 장치(FSRU), 육상의 하역 터미널, LNG 재기화선(RV) 등의 LNG 저장탱크에 적용될 수 있다. 이렇게 LNG 운반탱크의 압력과 온도의 상승을 허용하면서 BOG의 처리 문제를 해결함으로써 BOG의 낭비를 줄일 수 있을 뿐만 아니라 수요처에서 LNG의 수요량을 고려하여 상기 각종 LNG 탱크내에 LNG를 장기간 보관할 수 있으므로 LNG의 운송, 보관 등에 유연성이 높아지는 장점도 있다.
- <70> 본 실시예에서는, LNG 운반선에 적용되는 LNG 저장탱크를 중점적으로 예를 들어 설명하기로 한다.
- <71> 도 3은 본 발명에 의한 LNG 운반선용 LNG 저장탱크 내에서의 유입 열량 흡수에 대한 개념을 나타내는 것으로서, 종래에는 LNG 운반선용 LNG 저장탱크 내의 압력을 일정 범위 내에서 유지하도록 함으로써 외부에서의 유입열이 대부분 증발 가스 발생에 기여하고 또한 이와 같이 발생한 증발가스 전부를 LNG 운반선에서 처리하는 반면, 본 발명에서는 LNG 운반선용 LNG 저장탱크 내의 압력 상승을 허용함으로써 압력 상승에 따르는 포화 온도 상승에 의한 탱크 내의 LNG 및 천연가스 (Natural Gas, 이하 NG라 함)의 현열 증가 분에 의해 대부분의 유입 열량이 흡수되므로 증발가스의 발생이 대폭 감소하게 된다. 예를 들어, LNG 운반선용 LNG 저장탱크의 압력이 0.7 바가 되면 포화온도는 초기 0.06 바 대비 약 6℃ 상승한다.
- <72> 도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 LNG 운반선용 LNG 저장탱크를 개략적으로 나타내고 있다. 단열벽이 형성된 LNG 운반선용 LNG 저장탱크(1)의 경우, 정상적으로 LNG를 적재했을 때 출발시에는 내부의 압력이 0.06 바(게이지압) 정도이며 LNG 운반선의 운항 기간 동안에 증발가스가 발생하면서 내부의 압력이 점차 증가한다.

예를 들어, LNG 생산지에서 LNG를 적재한 후 LNG 운반선용 LNG 저장탱크(1)의 내부의 압력이 0.06 바가 되고, LNG 운반선이 출발하여 약 15 ~ 20 일간 운항한 후 목적지에 도착하면 LNG 운반선용 LNG 저장탱크(1)의 내부의 압력이 0.7 바까지 상승할 수 있다.

- <73> 이를 온도와 관계하여 서술하면, 일반적으로 LNG에는 여러가지 불순물이 포함되어 순수한 메탄액체의 비점보다 더 낮은 것이 일반적이다. 순수한 메탄은 0.06바에서 비점이 -161.℃ 정도인데 실제 LNG 운반에서 운반되는 LNG는 질소, 에탄 등의 불순물이 다소 포함되어 -163℃ 내외가 비점이 된다. 순수한 메탄을 기준으로 설명하면 LNG 선적후에 0.06바에서 탱크내 LNG 온도는 -161℃ 내외가 되고, 이를 이송거리와 BOG 소비량을 고려하여 탱크 내의 증기압력을 0.25바로 제어하면 LNG 온도는 -159℃ 내외, 탱크 내의 증기압력을 0.7바로 제어하면 LNG 온도는 -155℃ 내외, 탱크 내의 증기압력을 2바로 제어하면 LNG 온도는 -146℃ 내외까지 상승하게 된다.
- <74> 본 발명의 LNG 운반선용 LNG 저장탱크는 단열벽을 구비하면서 이러한 증발가스의 발생에 의한 압력 상승을 고려하여 설계된 것으로서, 즉, 증발가스의 발생에 의한 압력 상승분을 견딜 수 있는 강도를 가지도록 설계된 것이다. 따라서, LNG 운반선의 운항 기간 동안에 LNG 운반선용 LNG 저장탱크(1)의 내부에서 발생된 증발가스는 LNG 운반선용 LNG 저장탱크(1)에 축적된다.
- <75> 예를 들어, 본 발명의 실시예에 따른 LNG 운반선용 LNG 저장탱크(1)는, 바람직하게는 단열벽을 구비하면서 0.25 초과 내지 2 바(게이지압)의 압력을 견딜 수 있도록 설계되고, 더 바람직하게는 0.6 내지 1.5 바(게이지압)의 압력을 견딜 수 있도록 설계된다. LNG 운반의 거리와 현재의 IGC Code를 고려하면 0.25 바 초과 내지 0.7 바의 압력, 특히 0.7 바 내외에 견디도록 설계되는 것이 바람직하다. 다만, 압력이 너무 낮으면 LNG를 운반할 수 있는 거리가 너무 짧아지므로 바람직하지 않고, 너무 높으면 탱크의 제조가 용이하지 않는 문제점이 있다.
- <76> 또한, 이러한 본 발명에 따른 LNG 운반선용 LNG 저장탱크(1)는 최초 설계시 두께를 두껍게 설계하든지 또는 기존의 일반 LNG 운반선용 LNG 저장탱크에 구조상 큰 변화를 주지 않고 단지 보강재를 추가하여 적절한 보강을 하는 것만으로도 충분히 실현 가능하므로 제작 비용면에서 경제적이다.
- <77> 한편, 단열(방열)벽을 구비하고 있는 종래 기술에 따른 LNG 운반선용 LNG 저장탱크로서는 이하에 기술된 바와 같이 다양하게 알려져 있다. 따라서, 도 3에서는 단열벽에 대하여 도시를 생략하였다.
- <78> 먼저, LNG 운반선의 내부에 설치되는 LNG 저장탱크는 독립탱크형(Independent Type)과 멤브레인형(Membrane Type)으로 나눌 수 있다. 그 구체적 내용은 아래와 같다.
- <79> 하기 [표 1]에서 일명 GTT NO 96-2형과 GTT Mark III형은 1995년 Gaz Transport(GT)사와 Technigaz(TGZ)사가 GTT(Gaztransport & Technigaz)사로 명칭이 변경되면서 각각 GT형은 GTT NO 96-2형으로, TGZ형은 GTT Mark III형로 개칭되어 사용되고 있다.

표 1

LNG 저장탱크의 분류

구분	멤브레인형(Membrane Type)		독립탱크형(Independent Type)	
	GTT Mark III	GTT NO 96-2	MOSS	IHI - SPB
탱크재질 -두께	SUS 304L -1.2 mm	Invar 강 -0.7 mm	AI 합금강(5083) -50 mm	AI 합금강(5083) Max. 30 mm
방열재질 -두께	Reinforced Polyurethane Foam -250 mm	Plywood Box + Perlite -530 mm	Polyurethane Foam -250 mm	Polyurethane Foam -200 mm

- <80>
- <81> 전술된 GT형 및 TGZ형 탱크구조는 미국특허 US6,035,795, US6,378,722, US5,586,513, 미국특허공개 US2003-0000949와, 대한민국특허공개 KR2000-0011347호, KR2000-0011346호 등에 기재되어 있다. 한국특허 제499710호 및 제0644217호에는 다른 개념으로서 단열벽이 개시되어 있다.
- <82> 다양한 형태의 단열벽을 가지는 LNG 운반선용 LNG 저장탱크가 기존에 개시되어 있는데 이들은 가능한 LNG의 기화를 억제하기 위한 것이다.
- <83> 전술한 바와 같이 다양한 형태의 단열 기능을 갖는 LNG 운반선용 LNG 저장탱크에 대하여 본 발명을 적용하는 것이 가능하다. 이러한 LNG 운반선용 LNG 저장탱크는 대부분 0.25 바 이하의 압력에 견디도록 설계되어 있으며,

0.2 바 이하, 예컨대 0.1 바가 되도록 증발가스를 추진 연료로 소모하거나 재액화하다가 그 이상의 압력에 도달하면 증발가스의 일부 또는 전부를 GCU로 태워버린다. 또한, LNG 저장탱크에는 안전밸브(safety valve)가 설치되어 상기의 제어에 실패할 경우에는 안전밸브(보통 개폐 압력이 0.25바)를 통해 외기로 배출한다.

- <84> 이에 반해 본 발명에서는 LNG 운반선의 운항중에 도 4의 LNG 저장탱크에서 상부, 보통 돔부에 LNG 저장탱크로부터 발생하는 증발가스로 인하여 압력이 상승할 경우 이의 배출을 제어하는 안전밸브가 설치(미도시)되어 있는데, 본 발명에서는 상기 안전밸브의 압력치를 0.25 초과 내지 2 바, 바람직하게는 0.25 초과 내지 0.7 바, 더 바람직하게는 0.7 바 내외로 설정한다.
- <85> 부가적으로, 본 발명에 따른 LNG 저장탱크는, 온도 및 압력의 국부적인 상승을 감소시킴으로써 LNG 저장탱크의 압력을 감소시키도록 구성된 것으로서, LNG 운반선용 LNG 저장탱크의 하부의 상대적으로 저온의 LNG를 상대적으로 고온의 LNG 운반선용 LNG 저장탱크의 상부에 분사하고 LNG 운반선용 LNG 저장탱크의 상부의 상대적으로 고온의 증발가스를 상대적으로 저온의 LNG 운반선용 LNG 저장탱크의 하부에 분사하여 LNG 운반선용 LNG 저장탱크의 온도 분포를 균일하게 유지시킨다.
- <86> 도 4에서, LNG 운반선용 LNG 저장탱크(1)의 하부에는 LNG용 펌프(11)와 증발가스용 분사 노즐(21)이 설치되어 있고, LNG 운반선용 LNG 저장탱크(1)의 상부에는 LNG용 스프레이(13)와 증발가스용 압축기(23)가 설치되어 있다. 여기서 LNG용 펌프(11)와 증발가스용 압축기(23)는 상하부에 자유롭게 설치가 가능하다. LNG 운반선용 LNG 저장탱크(1)의 하부의 상대적으로 저온의 LNG는 LNG용 펌프(11)에 의해 상부의 LNG용 스프레이(13)로 공급되어 상대적으로 고온의 LNG 운반선용 LNG 저장탱크(1)의 상부에 분사하고, LNG 운반선용 LNG 저장탱크(1)의 상부의 상대적으로 고온의 증발가스는 증발가스용 압축기(23)에 의해 하부의 증발가스용 분사 노즐(21)로 공급되어 상대적으로 저온의 LNG 운반선용 LNG 저장탱크(1)의 하부에 분사하여, LNG 운반선용 LNG 저장탱크(1)의 온도 분포를 균일하게 유지시킴으로써 증발 가스의 발생량을 줄일 수 있다.
- <87> 이와 같이 증발 가스의 발생량을 줄이는 것은 BOG 처리수단을 가지지 않은 LNG 운반선에서는 BOG 발생은 탱크내 압력 상승과 직결되므로 압력을 천천히 상승시키기 위해서 특히 유용하고, BOG 처리 수단을 가지는 LNG 운반선의 경우에는 탱크의 압력이 상승하면 일정량의 BOG를 배출시켜 탱크내 증발가스의 압력을 조절할 수 있으므로 LNG 운반선의 운항 중에 이와 같은 LNG의 분사나 BOG의 분사가 필요 없을 수 있다.
- <88> 또한, LNG를 생산하는 생산 터미널에서 LNG를 과냉 상태로 LNG 운반선에 선적한다면, 운송 중 발생하는 증발가스(압력 상승)를 더욱 줄일 수 있다. 생산 터미널에서 과냉 상태로 적재 후 LNG 운반선용 LNG 저장탱크의 압력이 부압(0바 이하)이 될 수 있는데, 이를 방지하기 위하여 질소를 충전할 수 있다.
- <89> 이상과 같은 LNG 운반선용 LNG 저장탱크를 이용하여 증발가스를 처리하는 방법을 설명하면 다음과 같다.
- <90> LNG 운반선의 운항 시에 본 발명에 따른 LNG 운반선용 LNG 저장탱크(1)는 증발가스를 처리하지 않고 이에 의한 탱크 내부 압력 상승을 허용함으로써 이에 따르는 탱크 내부 온도 상승에 의해 대부분의 열 유입량을 탱크 내부의 LNG 및 NG의 상승된 열에너지로 축적하고 있다가, LNG 운반선이 목적지에 도착하면 하역 터미널에서 LNG 운반선용 LNG 저장탱크(1)에 축적된 증발가스를 처리한다.
- <91> 도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 LNG 운반선용 LNG 저장탱크를 이용하여 하역 터미널에서 증발가스를 처리하기 위한 구성을 개략적으로 나타내고 있다.
- <92> 하역 터미널에는 복수의 하역 터미널용 LNG 저장탱크(2)와 고압 압축기(3a)와 저압 압축기(3b)와 재응축기(4)와 고압 펌프(P)와 기화기(5)가 설치되어 있다.
- <93> LNG 운반선용 LNG 저장탱크(1)에 축적된 증발가스는 대량이므로 대부분 하역 터미널에서 고압 압축기(3a)에 의해 보통 70-80바로 압축된 다음 소비자에게 직접 공급된다. 한편, LNG 운반선용 LNG 저장탱크(1)에 축적된 증발가스의 일부는 저압 압축기(3b)에 의해 보통 8바 내외로 압축된 다음 재응축기(4)를 거치면서 재응축되고 기화기(5)에서 다시 기화되어 소비자에게 공급될 수도 있다.
- <94> 하역 터미널에서 LNG 운반선용 LNG 저장탱크로부터 하역 터미널용 LNG 저장탱크로의 LNG의 하역시, LNG 운반선용 LNG 저장탱크의 압력이 하역 터미널용 LNG 저장탱크의 압력보다 크므로, 하역 터미널용 LNG 저장탱크 내에 압력이 높은 LNG가 유입되면 증발가스가 추가로 발생되는데, 이를 최소화하기 위하여, LNG 운반선의 LNG 운반선용 LNG 저장탱크로부터 LNG를 하역 터미널의 고압 송출 펌프의 입구로 직접 연결하여 공급처로 공급하는 방안이 있다. 본 발명에 따른 LNG 운반선용 LNG 저장탱크는 하역시에는 LNG 탱크내의 압력이 높기 때문에 종래의 LNG 운반선에 비하여 그 하역시간이 10-20% 단축되는 장점이 있다.

- <95> LNG 운반선용 LNG 저장탱크(1)에 저장된 LNG는 하역 터미널의 하역 터미널용 LNG 저장 탱크(2)로 공급되지 않고 재응축기(4)에 공급되어 증발 가스를 재응축시킨 다음 기화기(5)에서 기화되어 소비자에게 직접 공급될 수 있다.
- <96> 다른 한편, 하역 터미널에 재응축기가 설치되어 있지 않은 경우에는, LNG를 고압 펌프(P)의 흡입구로 직접 공급할 수도 있다.
- <97> 상기한 바와 같이, 하역 터미널에 하역 터미널용 저장탱크(2)를 복수개 설치한 경우, LNG 운반선의 LNG 운반선용 LNG 저장탱크(1)로부터 LNG를 복수의 하역 터미널용 저장탱크(2)들에 균등 분배하여 하역하면, 증발가스의 발생이 하역 터미널의 복수의 LNG 저장탱크(2)들로 분산되어 각각의 LNG 저장탱크(2)들 내에서의 증발가스의 발생에 의한 영향이 최소화된다. 하역 터미널용 저장탱크(2) 내에서 발생된 증발가스는 소량이므로 저압 압축기(3b)에 의해 보통 8바 내외로 압축된 다음 재응축기(4)를 거치면서 재응축되고 기화기(5)에서 다시 기화되어 소비자에게 공급된다.
- <98> 또한, 본 발명에 의하면 LNG 운반선용 LNG 저장탱크가 기존의 설계 압력 이상에서 운전되므로, LNG 하역 시 LNG 운반선용 LNG 저장탱크 내의 압력을 유지하기 위해 LNG 운반선용 LNG 저장탱크 내에 증발가스 또는 NG를 채우는 과정이 불필요하게 된다.
- <99> 또한, 저장 압력이 본 발명의 LNG 운반선용 저장탱크 압력에 대응하도록 기존의 LNG 터미널용 LNG 저장탱크 또는 LNG 부유식 저장 및 재기화 장치(FSRU)용 LNG 저장탱크를 개조하거나 신규의 LNG 터미널용 LNG 저장탱크 또는 LNG 부유식 저장 및 재기화 장치(FSRU)용 LNG 저장탱크를 건설하게 되면, LNG 운반선에서 LNG 하역 시 추가의 증발가스 생성이 없으므로 기존의 하역 방법을 그대로 적용하여도 문제가 없다.
- <100> 본 발명에 의하면 LNG 부유식 저장 및 재기화 장치(FSRU)의 경우 증발가스의 관리 유연성이 커지므로 재응축 장치의 설치가 불필요할 수 있다.
- <101> 본 발명에 의하면 LNG 재기화선(RV)의 경우 전술한 LNG 운반선 및 LNG 부유식 저장 및 재기화 장치(FSRU)의 장점들을 모두 가질 수 있다.
- <102> 도 6은 LNG 하역 터미널의 LNG 저장탱크의 압력에 따라 LNG 운반선의 적재 운항 중 LNG 저장탱크의 압력 운영 형태를 나타내는데, F 모드는 하역 터미널의 LNG 저장탱크의 허용 압력이 예컨대 0.7바 내지 1.5바 이하인 경우에 LNG 운반선의 LNG 저장탱크 내의 압력을 상기 LNG 하역 터미널의 LNG 저장탱크의 허용 압력과 동일하게 0.7 바 내지 1.5바 이하까지 계속적으로 상승시키면서 운항하는 것이다. 이 경우는 BOG 처리수단을 구비하지 않은 LNG 운반선에서 특히 유용하다.
- <103> LNG 하역 터미널의 LNG 저장탱크의 허용 압력이 예컨대 0.4바 이하인 경우에는 S 모드나 V 모드가 적당하다. 이 둘의 모드는 BOG 처리수단을 가지는 LNG 운반선에서 적용이 가능한 형식이다. S 모드는 LNG 운반선의 LNG 저장탱크 내의 압력을 일정하게 조금씩 상승시키면서 운항하는 것이다. 즉, S 모드는 LNG 운반선의 LNG 저장탱크 내의 압력을 LNG 하역 터미널의 LNG 저장탱크의 허용 압력과 동일하게 0.4바 이하까지 계속적으로 상승시키면서 운항하는 것이다.
- <104> V 모드는 LNG 운반선의 LNG 저장탱크 내의 압력의 운영 폭을 넓힌 것으로서 BOG 처리수단에 의한 BOG 소비량을 초과하는 발생하는 BOG에 대해서는 LNG 운반선의 LNG 저장탱크 내에서 보관하여 BOG 낭비를 줄일 수 있는 장점이 있다. 예를 들어, LNG 운반선이 운하를 통과하는 경우에 DFDE, MEGI, 가스터빈 등의 LNG 가스를 연료로 하는 추진 수단이 작동하지 않아 BOG의 소모가 없으므로, LNG 운반선의 LNG 저장탱크 내에서 발생하는 BOG를 그 내부에 축적하여 LNG 운반선의 LNG 저장탱크의 압력을 0.7바 내지 1.5바 이하까지 상승시킬 수도 있고, LNG 운반선이 운하를 통과한 후의 경우에 LNG 가스를 연료로 하는 추진 수단을 최대한으로 가동시켜 BOG의 소모를 증가시켜서 LNG 운반선의 LNG 저장탱크의 압력을 0.4 바 이하로 하강시킬 수도 있다.
- <105> 한편, LNG 하역 터미널에 대량의 플래시가스를 처리할 수 있는 플래시가스 처리설비가 설치되어 있는지의 여부에 따라서도 LNG 운반선의 LNG 저장탱크의 압력 운영 형태를 달리할 수 있다. LNG 하역 터미널에 대량의 플래시가스를 처리할 수 있는 플래시가스 처리설비가 설치되어 있는 경우에는 LNG 운반선의 LNG 저장탱크의 압력을 F 모드로 운영하고, LNG 하역 터미널에 대량의 플래시가스를 처리할 수 있는 플래시가스 처리설비가 설치되어 있지 않은 경우에는 LNG 운반선의 LNG 저장탱크의 압력을 S 모드 또는 V 모드로 운영한다.
- <106> 도 7은 LNG 탱크 상부의 BOG를 하부의 LNG로 분사하여 LNG 운반선의 LNG 저장탱크의 압력상승을 저감시키는 장치를 나타내는 모식도이다.

- <107> 도 7에 예시된 LNG 운반선의 LNG 저장탱크의 압력상승 저감장치는 LNG 운반선의 LNG 저장탱크(1)의 상부의 증발 가스를 압축시킨 다음 LNG 저장탱크(1)의 하부의 LNG 내로 분사시키도록 구성되어 있다.
- <108> 이 장치는, LNG 운반선의 LNG 저장탱크(1)의 상부에 설치된 증발가스 흡입구(31)와, 일단이 증발가스 흡입구 (31)에 연결되고 타단이 LNG 저장탱크(1)의 하부에 연결된 배관(33)과, 이 배관(33)의 도중에 설치된 압축기 (35)를 포함한다.
- <109> 도 7의 좌측에 예시된 바와 같이, 배관(33)은 LNG 저장탱크(1)의 내부에 설치될 수 있다. 배관(33)이 LNG 저장 탱크(1)의 내부에 설치된 경우, 압축기(35)는 배관(33)의 하부에 설치된 잠수 압축기인 것이 바람직하다. 잠수 압축기는 실링 처리된 것이다.
- <110> 도 7의 우측에 예시된 바와 같이, 배관(33)은 LNG 저장탱크(1)의 외부에 설치될 수 있다. 배관(33)이 LNG 저장 탱크(1)의 외부에 설치된 경우, 압축기(35)는 배관(33)에 설치된 일반적인 압축기이다. 일반적인 압축기는 실 링 처리가 되지 않은 것을 일컫는다.
- <111> 한편, 증발가스 흡입구(31)에는 액체 흡입 방지 수단이 설치된 것이 바람직하다. 액체 흡입 방지 수단에는 데 미스터(demister)가 있다.
- <112> 이러한 LNG 운반선의 LNG 저장탱크의 압력상승 저감장치는 온도 및 압력의 국부적인 상승을 감소시킴으로써 LNG 저장탱크의 압력을 감소시키도록 구성된 것으로서, LNG 운반선용 LNG 저장탱크(1)의 상부의 상대적으로 고온의 증발가스를 상대적으로 저온의 LNG 운반선용 LNG 저장탱크(1)의 하부에 분사하여 LNG 운반선용 LNG 저장탱크의 온도 분포를 균일하게 유지시킴으로써 킴으로써, 즉, LNG 저장탱크 내에서의 국부적인 온도 상승을 방지함으로 써 증발 가스의 발생량을 줄일 수 있다.
- <113> 도 8은 운항 도중 실시간으로 관련 데이터를 받아서 적절한 데이터 처리 및 계산을 통해 LNG 저장탱크의 안전밸 브의 현재 허용 가능한 최대 설정 압력을 실시간으로 표시해 주는 시스템의 구성도를 나타내는 것으로서, 이를 통해 안전하게 LNG 저장탱크의 안전밸브를 조절할 수 있다.
- <114> LNG 저장탱크(1)의 안전밸브(SRV, Safety Relief Valve 또는 Safety Valve)가 설치된 LNG 운반선의 경우, 화물 의 적재량을 최대화하기 위해 초기에는 안전밸브의 설정 압력을 낮게 설정하지만, 운항 중에는 발생하는 증발가 스(BOG, Boil-off Gas)의 소모로 인해 줄어든 화물의 적재량에 맞추어 안전밸브의 설정압력을 높일 수 있다.
- <115> 운항 도중 안전밸브의 설정압력을 높이면 LNG 저장탱크(1)에서 발생하는 증발가스의 양이 줄어들기 때문에 대기 방출 혹은 연소장치에서 소모되는 양을 최소화할 수 있다.
- <116> 운항 중에는 LNG 저장 탱크(1) 내의 LNG 수준 등의 계속값들이 수시로 변하기 때문에 적절한 데이터 처리를 통 해 선박의 동적 거동이나 외부 노이즈를 제거하는 시스템과, 가공된 데이터를 이용해 LNG 저장탱크(1) 내의 실 제 LNG 체적을 계산하여 LNG 저장탱크의 안전밸브의 허용 가능한 설정압력을 계산하는 시스템 및 최종적으로 결 과값을 표시해 주는 장치로 구성된다.
- <117> 도 8의 우측에는 LNG 저장탱크(1) 내의 LNG 체적을 계산하기 위해 측정된 관련 데이터가 예시되어 있다. LNG 저장탱크 내의 LNG 수준은 기존의 레벨 게이지(미도시)에 의해 측정된 것이며, LNG 저장탱크의 온도는 기존의 온도 센서(미도시)에 의해 측정된 것이며, LNG 저장탱크의 압력은 기존의 압력 센서(미도시)에 의해 선택된 것 이며, LNG 운반선의 트림(trim)은 기존의 트림 센서(미도시)에 의해 측정된 것이며, LNG 운반선의 리스트(list)는 기존의 리스트 센서(미도시)에 의해 측정된 것이다. 여기에서, LNG 운반선의 트림(trim)은 LNG 운반선의 전후 경사도를 나타내고, LNG 운반선의 리스트(list)는 LNG 운반선의 좌우 경사도를 나타낸다.
- <118> 본 실시예에 따른 LNG 저장탱크의 안전밸브 설정압력 확인 시스템은, 도 8의 좌측에 예시한 바와 같이, 도 8의 우측에 예시된 측정 데이터를 처리하는 데이터 처리 모듈(61)을 포함한다.
- <119> 데이터 처리 모듈(61)에서는 최소 자승법, 이동 평균법 또는 저대역 필터링법을 이용하여 데이터를 처리하는 것 이 바람직하다.
- <120> 또한, LNG 저장탱크의 안전밸브 설정압력 확인 시스템은, 데이터 처리 모듈(61)에서 처리된 데이터를 연산하여 LNG 저장탱크(1) 내의 LNG 체적을 계산하는 LNG 체적 계산 모듈(63)을 더 포함한다.
- <121> LNG 저장탱크의 안전밸브 설정압력 확인 시스템에서는 이렇게 LNG 체적 계산 모듈(63)에서 계산된 LNG 체적으로 부터 LNG 저장탱크(1)의 안전밸브의 허용 가능한 설정압력을 계산한다.

- <122> 한편, LNG 저장탱크(1)로부터 LNG 운반선의 연료가스 추진수단으로 공급되는 연료가스의 유량을 측정하여 초기 LNG 적재량과 사용된 증발가스의 양을 대비하여 현재의 LNG 저장탱크 내의 LNG 체적을 계산하고, 이렇게 측정된 연료가스의 유량으로부터 계산된 LNG 체적을 LNG 체적 계산 모듈(63)에서 계산된 LNG 체적에 반영할 수도 있다.
- <123> 이렇게 계산된 LNG 저장탱크 내의 LNG 체적과 LNG 저장탱크의 안전밸브의 허용 가능한 설정압력은 표시 패널(65)에 표시된다.
- <124> 도 9는 본 발명에 따른 LNG 운반선의 연료 가스의 유량계측 장치를 나타낸다.
- <125> LNG 운반선의 연료가스의 유량 계측을 위해 차압식 유량 계측 장치가 사용되는데, 장치의 특성상 측정 범위가 제한되어 있고 측정 범위를 넘어서는 유량에 대해서는 큰 측정 오차가 발생한다. 만일 측정 범위를 변경하고자 할 경우 오리피스 자체를 교환하여야 하기 때문에 번거로운 작업일 뿐 아니라 위험을 수반한 작업이다.
- <126> 기존에는 하나의 오리피스만 설치되어 측정 범위가 제한되었으나, 두 개의 측정 범위가 다른 오리피스를 직렬로 배치하여 유량에 따른 적정 오리피스의 측정값을 선택하여 사용하게 함으로써 유효한 측정 범위를 간단히 확대할 수 있다.
- <127> 즉, 넓은 범위의 연료가스의 유량 계측을 위해 계측범위가 다른 2개 이상의 오리피스를 직렬로 배치하여, 유량에 따른 적정 오리피스의 측정값을 선택하여 사용하게 함으로써 유효한 측정 범위를 간단히 확대할 수 있다. 도 9에서 LNG 운반선의 LNG 저장탱크로부터 연료가스를 연료가스 추진수단으로 공급하는 연료 공급라인 배관(70)의 도중에 측정범위가 다른 오리피스들(71, 71')이 직렬로 설치되어 있다. 이 오리피스들(71, 71')의 각각의 전후의 연료 공급라인 배관(70)에는 차압 측정부(73)가 연결되어 있다. 이 차압 측정부(73)들은 측정 범위에 따라 선택가능한 셀렉터(75)를 통해 유량 측정부(77)에 선택적으로 연결되어 있다.
- <128> 이렇게 측정범위에 따라 선택할 수 있는 셀렉터(75)를 차압 측정부(73)들과 유량 측정부(77) 사이에 설치하여 유량에 따른 적정 오리피스의 측정값을 선택하여 사용하게 함으로써 유효한 측정 범위를 간단히 확대할 수 있다.
- <129> 종래의 시스템은 연료가스의 오리피스의 용량이 nBOG 근처에 맞추어져 있으므로 BOG 소모량이 작은 작업이 많은 LNG 운반선의 경우 측정의 정확도가 떨어진다. 이를 보완하기 위해 본 발명에서는 작은 용량의 오리피스를 추가로 직렬 설치하는 방법이다.
- <130> 이 방법은 LNG 저장탱크 내의 LNG 수준의 측정에 있어 LNG 소모량으로부터 LNG 저장탱크 내의 LNG의 수준 즉, 체적을 측정할 수 있다.
- <131> 더 나아가, 종래에 측정의 정밀도를 낮추는 추가의 요인인 BOG 조성을 모른다는 점인데, 이를 보완하기 위해 가스 크로마토그래피 등을 추가하여 BOG의 조성을 고려할 수 있다.
- <132> 또한, 이와 같이 LNG 저장탱크 내의 LNG 수준의 측정이 정확하게 되면, 종전보다 다소 고압으로 LNG 탱크의 압력을 유지하는 본 발명의 BOG 관리 방법 및 장치의 효율성이 증대된다. 즉 LNG 탱크내의 LNG 부피의 정확한 양을 알면 LNG 탱크의 안전밸브의 설정을 다중으로 변경하는 것도 용이하고 BOG의 소모량도 줄일 수 있다.
- <133> 이에 반해, 도 10은 종래의 LNG 운반선의 연료가스의 유량계측 장치를 나타내는 것으로서 기존에는 차압식 연료가스의 유량 계측을 위한 오리피스(71)가 하나만 설치되며, 특정한 계측 범위에서만 유효한 계측값을 얻을 수 있는 단점이 있다.
- <134> 도 11은 본 발명의 한 실시예에 따라 BOG를 압축한 후 LNG 탱크 하부에 공급하는 것을 나타낸다.
- <135> LNG 운반선의 LNG 저장탱크의 상부의 증발가스를 압축하여 추진 연료로서 사용하는 연료가스 추진수단을 갖는 LNG 운반선에서는, 수에즈(Suez) 운하 등의 운하를 통과할 때에 연료가스를 전혀 사용하지 못하므로 LNG 저장탱크의 온도 및 압력이 국부적으로 상승할 가능성이 크다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 별도의 BOG 추출 장치가 필요할 수 있다. 즉, 도 10에서와 같이 BOG를 약간 뽑아 BOG 압축기로 가압한 후 (약 3 - 5 바) LNG 저장탱크(1)의 하부로 넣는다.
- <136> 이를 위해, LNG 운반선의 LNG 저장탱크(1)의 상부의 증발가스를 압축하여 연료가스 추진수단으로 공급하는 연료가스 공급라인(L1)의 도중에는 증발가스를 LNG 저장탱크(1)로 복귀시키는 증발가스 분기라인(L2)이 설치되어 있다. 또한, 증발가스 분기라인(L2)과 만나는 지점의 상류의 연료가스 공급라인(L1)의 도중에는 압축기(41)가 설치되어 있다.

- <137> 증발가스 분기라인(L2)의 도중에는 버퍼 탱크(43)가 설치되어 있다. 압축기(41)를 거친 증발가스의 압력과 LNG 저장탱크(1)의 압력이 차이가 나므로, 압축기(41)를 거친 증발가스를 버퍼 탱크(43)에서 임시적으로 저장하여 그 압력을 LNG 저장탱크(1)의 압력에 맞게 조절한 후 LNG 저장탱크(1)로 복귀시키는 것이 바람직하다.
- <138> 이러한 LNG 운반선의 LNG 저장탱크의 압력상승 저감장치의 가동은 2시간에 10분 정도의 간헐적인 작동을 하는 것이 바람직하다.
- <139> 연료가스 추진수단에는 이중 연료 디젤 전기 추진 시스템(DFDE), 가스 분사 엔진, 가스 터빈 등이 있다.
- <140> DFDE, 가스 분사 엔진, 가스 터빈 등을 적용한 LNG 운반선의 경우 BOG 압축기를 적용하여 BOG를 압축한 다음 엔진으로 보내 연소시키는 개념이나, 본 발명에 따라 LNG 저장탱크 내의 BOG의 배출을 없애거나 줄이도록 구성된 LNG 운반선의 경우 연료가스 추진수단에서 연료가스의 소모가 적거나 없는 경우에 LNG 저장탱크 내부의 국부적인 온도 상승으로 인한 과도한 압력상승을 막기 위해 BOG를 압축한 후 DFDE로 보내지 않고 증발가스 분기라인을 통해 LNG 저장탱크의 하부로 복귀시킨다.
- <141> 본 발명의 다른 실시예에서는 LNG 저장탱크의 LNG를 기화시켜서 연료가스로서 연료가스 추진수단으로 공급하는 연료가스 공급 시스템이 제공된다. 즉, 종래에는 연료가스 추진수단에서 액체의 LNG 이외에 고압 압축기를 사용하여 BOG를 연료로 사용하였으나, 본 발명에서는 전혀 BOG를 사용하지 않는 방법이다.
- <142> 대신 차가운 LNG의 에너지를 이용한 BOG 재액화장치를 추가할 수 있다. 즉, BOG를 압축한 후 연료가스 공급라인의 LNG와 열교환하여 냉각(재응축기로 N2 냉동장치 없음)한다. 이 경우 NBOG의 40-60% 정도만 재액화되나 본 발명에 따라 LNG 운반선이 LNG 저장탱크 내의 BOG의 배출을 없애거나 줄이도록 구성되어 있으므로 문제가 없다. 더 나아가, 필요하다면 특히 발라스트 항해(Ballast voyage)용으로 약 1ton/hour 소형 BOG 재액화 장치를 설치할 수도 있다.
- <143> 본 실시예의 연료가스 공급 시스템에 사용되는 LNG 운반선의 LNG 저장탱크(1)는 LNG 운반선의 운항 기간 동안에 내부에서 발생하는 증발가스에 의한 압력 상승을 허용하기 위해 증발가스에 의한 압력 상승분을 견딜 수 있는 강도를 가지도록 설계된 것이다.
- <144> 도 12에 예시된 연료가스 공급 시스템은, LNG 운반선의 LNG 저장탱크(1)로부터 LNG를 빼내어서 연료가스 추진수단으로 공급하는 연료가스 공급라인(L11)을 설치하고, 이 연료가스 공급라인(L11)의 도중에, LNG를 LNG 저장탱크(1)로부터 빼내어지는 증발가스와 열교환시키는 열교환기(53)를 설치한 것이다.
- <145> 열교환기(53)의 상류의 연료가스 공급라인(L11)에는 LNG를 연료가스 추진수단의 요구 유량 및 압력에 맞게 압축시켜서 연료가스 추진수단으로 공급하기 위한 1차 펌프(52)가 설치되어 있다.
- <146> 열교환기(53)에는 LNG 저장탱크(1)의 상부로부터 증발가스를 빼내어서 LNG 저장탱크(1)의 일측으로 복귀시키는 증발가스 액화라인(L12)이 통과한다.
- <147> 열교환기(53)에서, LNG는 증발가스와 열교환에 의해 온도가 상승되어 연료가스 추진수단으로 공급되고, 증발가스는 LNG와의 열교환에 의해 액화되어 LNG 저장탱크(1)로 복귀된다.
- <148> 열교환기(53)의 하류의 연료가스 공급라인(L11)에는 열교환기(53)에서 증발가스와 열교환된 LNG를 연료가스 추진수단의 요구 유량 및 압력에 맞게 압축시켜서 연료가스 추진수단으로 공급하기 위한 2차 펌프(54)가 설치되어 있다.
- <149> 2차 펌프(54)의 하류의 연료가스 공급라인(L11)에는 열교환기(53)에서 열교환된 LNG를 가열하여 연료가스 추진수단으로 공급하기 위한 히터(55)가 설치되어 있다.
- <150> 열교환기(53)의 상류의 증발가스 액화라인(L2)에는 LNG 저장탱크의 빼내어지는 증발가스를 압축 및 냉각시킨 다음 LNG와 열교환시키기 위하여 증발가스용 압축기(56) 및 냉각기(57)가 차례로 설치되어 있다.
- <151> 연료가스 추진수단에서 요구하는 연료가스의 압력이 높은 경우(예를 들어, 250 바), 1차 펌프(52)에서 LNG를 예를 들어, 27 바로 압축한 다음 LNG가 열교환기(53)를 거치면서 온도가 약 -163℃에서 약 -100℃로 상승된 후 액체 상태로 2차 펌프(54)로 공급되어 2차 펌프(54)에서 약 250 바로 압축된(초임계 상태이므로 액체, 기체 구분이 없음) 다음, 히터(55)에서 가열되면서 기화되어 연료가스 추진수단으로 공급된다. 이 경우, 열교환기(53)로 공급되는 LNG의 압력이 높으므로 열교환기(53)를 거치면서 LNG의 온도가 상승하여도 LNG가 기화되지 않는다.
- <152> 한편, 연료가스 추진수단에서 요구하는 연료가스의 압력이 낮은 경우(예를 들어, 6 바), 1차 펌프(52)에서 LNG

를 예를 들어, 6 바로 압축한 다음 LNG가 열교환기(53)를 거치면서 일부 기화된 후 히터(55)로 공급되어 히터(55)에서 가열되어 연료가스 추진수단으로 공급된다. 이 경우, 2차 펌프(54)가 필요 없다.

- <153> 이러한 LNG 운반선의 연료가스 공급 시스템에 의하면, LNG 저장탱크로부터 LNG를 빼내어서 연료가스 추진수단의 요구 유량 및 압력에 맞게 압축시켜서 연료가스 추진수단으로 공급하되 LNG를 LNG 저장탱크로부터 빼내어지는 증발가스와 열교환시켜서 공급하므로, LNG 운반선에서 연료가스 추진수단으로 연료가스를 공급함에 있어 구성이 간단하면서도 소요되는 동력을 절감함과 동시에 LNG 저장탱크 내의 증발가스 축적에 따른 과도한 압력 상승을 방지할 수 있다.
- <154> 이하, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른, 재액화 장치가 탑재된 LNG 운반선에서의 증발가스 처리방법을 도 13 및 도 14를 참조하여 상세하게 설명한다. 도 13에는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른, 재액화 장치가 탑재된 LNG 운반선에서의 BOG 처리방법을 설명하기 위한 개념도가 도시되어 있다.
- <155> 도 13에 도시된 바와 같이, LNG 운반선은, LNG를 저장할 수 있는 LNG 저장탱크(1)와, 상기 LNG 저장탱크(1)에서 발생한 BOG를 재액화하여 다시 LNG 저장탱크(1)로 되돌리기 위한 재액화 장치를 가진다.
- <156> 상기 재액화 장치는, LNG 저장탱크(1)에서 발생한 BOG를 압축시키는 BOG 압축부(110)와, 압축된 BOG를 냉매와 열교환시킴으로써 응축시키는 응축기(120)와, 이 응축기(120)에서 BOG를 응축시키기 위한 냉열을 제공하는 냉매 사이클(130)을 포함한다.
- <157> BOG 압축부(110)는 하나 이상의 BOG 압축기(111)를 포함할 수 있으며, BOG 압축부(110)의 상류측에는 예냉기(107)를 설치하여 안정적인 BOG의 재액화를 위해서 저장탱크(1)에서 배출된 BOG를 적정 온도로 예냉하여도 좋다.
- <158> 응축기(120)를 통과하면서 응축된 BOG, 즉 LNG를 LNG 저장탱크(1)에 안정적으로 되돌려 보내기 위해서 재액화된 LNG를 일시적으로 저장하는 기액 분리기(109)(혹은 버퍼 탱크)가 응축기(120)의 하류측에 마련되는 것이 바람직하다.
- <159> 냉매 시스템(130)은 응축기(120)를 통해 BOG를 액화시키기 위한 냉열을 공급하기 위한 것이며, 특정 온도 및 유량의 냉매를 작동유체로서 활용한다. 이 냉매 시스템(130)은 냉동 사이클의 일종으로서 냉매 압축기, 열교환기, 팽창수단 등으로 이루어진다.
- <160> 재액화 장치를 구성하는 BOG 압축부(110), 응축기(120), 냉매 사이클(130) 등은 도 13에 도시된 시스템 이외에도 여러 다양한 시스템이 활용될 수 있음은 물론이다.
- <161> 종래에는 재액화 장치에서 처리할 수 있는 양 이상의 증발 가스가 발생하는 경우에는 잉여의 BOG를 소각하여 처리하였으며, 이를 위해 도 1에 도시된 바와 같이 종래의 LNG 운반선에는 가스 연소기(103)가 설치되어 있으며, 잉여 BOG는 가스 가열기(105)에서 연소에 적절한 온도까지 가열된 후 가스 연소기(103)로 공급되어 태워져 버려졌다.
- <162> 그러나 본 발명에 따르면, LNG 저장탱크(1) 내의 압력을 종래(대략 106 kPa)에 비해 다소 높게(대략 108 ~ 109 kPa) 유지하면서, 재액화 장치에 의해 처리할 수 있는 재액화 용량의 100%에 해당하는 BOG는 재액화시켜 LNG 저장탱크(1)로 되돌려 보내고, 재액화 용량 이상의 잉여 BOG는 LNG 저장탱크(1)의 외부로 배출시키지 않고 그대로 저장탱크 내에 유지한다.
- <163> 이와 같은 본 발명의 증발가스 처리방법을 실행하기 위해서, 본 발명에 따른 LNG 운반선에 탑재된 증발가스 처리장치는, LNG를 적재한 초기에 비해 LNG 저장탱크(1) 내의 압력이 상승되는 것을 허용하여, LNG 저장탱크(1)의 내부압력을 종래(대략 106 kPa)에 비해 다소 높게(대략 108 ~ 109 kPa) 유지하면서 재액화 장치에 의해 처리할 수 있는 재액화 용량의 100%에 해당하는 BOG만이 저장탱크(1)의 외부로 배출될 수 있도록, 각각의 저장탱크(1)에 마련된 배출 밸브(도시생략) 등을 제어하는 제어부(도시생략)를 가진다.
- <164> 도 14에는 도 13에 도시된 본 발명의 증발가스 처리방법에 의한, 시간에 따른 저장탱크 내부압력 및 증발가스 발생량 추이를 나타내는 그래프가 도시되어 있다.
- <165> 도 14에 나타난 바와 같이, 저장탱크(1)에서 배출되는 BOG의 배출량을 대략 5,643 kg/hr 정도로 일정하게 유지하는 경우, LNG의 적재운항 초기 3 ~ 4일 동안에는 저장탱크(1) 내에서 다량의 BOG가 발생되므로 최초 106 kPa 정도인 내부압력이 대략 108.2 kPa 정도까지 증가된다. 적재운항 초기 3 ~ 4일이 지나면 저장탱크(1)의 내부압력이 안정되어 대략 108.2 kPa 정도 수준에서 안정된다.

- <166> 이와 같이 본 발명에 따르면 저장탱크(1)로부터 배출되는 BOG의 양을 재액화 장치의 처리용량에 맞춰 제한하고 처리용량 이상의 잉여 BOG는 배출시키지 않고 그대로 저장탱크(1) 내에 유지하고 있기 때문에, 배출되는 BOG는 모두 재액화되어 저장탱크(1)로 되돌아오게 된다.
- <167> 그에 따라, 재액화 용량을 초과하는 잉여 BOG를 모두 연소시켜 버리는 종래기술에 비해 BOG의 낭비를 방지할 수 있으며, 연소기와 같은 별도의 장비가 추가될 필요가 없고, 에너지를 절약할 수 있게 된다.
- <168> 한편, 도 13 및 도 14에 도시된 실시예에서는 저장탱크(1)의 내부압력을 대략 108 ~ 109 kPa 정도로 유지하는 것으로 개시되어 있다. 하지만, 본 발명은, 저장탱크(1)를 보강함으로써 더욱 높은 압력을 견딜 수 있도록 하고, 저장탱크(1)의 내부압력을 더욱 높은 수준으로 유지하면서 재액화 장치를 통해 재액화하는 BOG의 양을 감소 시킴으로써 재액화 장치에서 소모되는 에너지를 절약할 수 있도록 변형될 수 있다.
- <169> 이상과 같이 본 발명에 따른 재액화 장치가 탑재된 LNG 운반선에서의 증발가스 처리방법을 예시된 도면을 참조하여 설명하였으나, 본 발명은 이상에서 설명된 실시예와 도면에 의해 한정되지 않으며, 특허청구범위 내에서 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자들에 의해 다양한 수정 및 변형이 이루어질 수 있음은 물론이다.

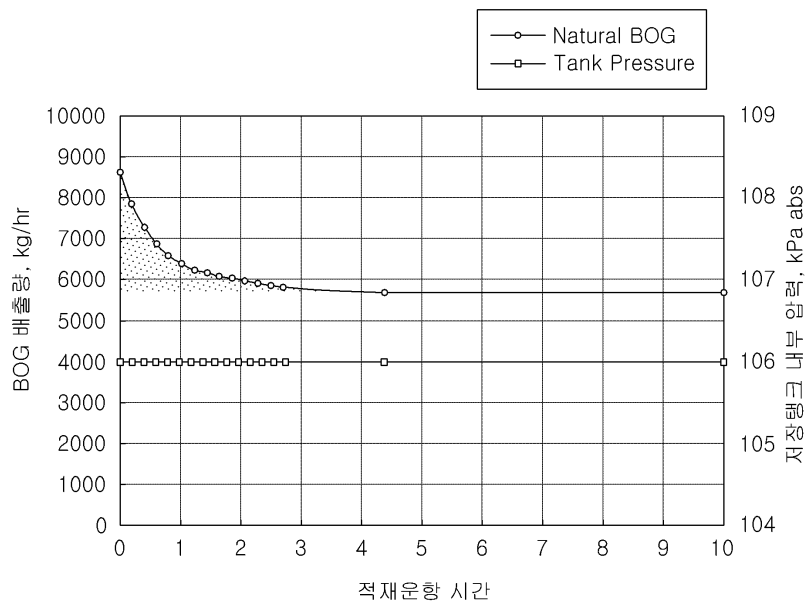
발명의 효과

- <170> 상술한 바와 같은 본 발명에 의하면, LNG 저장탱크에서 발생된 증발가스 중 재액화 장치를 통해 LNG 저장탱크로 복귀되지 않은 여분의 증발가스를 배출시켜 연소시키는 대신 LNG 저장탱크 내부에 그대로 저장함으로써 버려지는 증발가스를 없애고 에너지를 절약할 수 있는 증발가스 처리방법 및 처리장치가 제공된다.

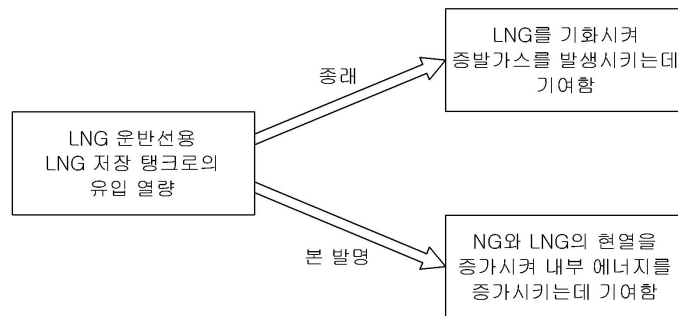
도면의 간단한 설명

- <1> 도 1은 종래 기술에 따른 재액화 장치가 탑재된 LNG 운반선에서의 증발가스 처리방법을 설명하기 위한 개념도,
- <2> 도 2는 도 1의 증발가스 처리방법에 의한, 시간에 따른 저장탱크 내부압력 및 증발가스 발생량 추이를 나타내는 그래프,
- <3> 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 LNG 운반선용 LNG 저장탱크 내에서의 유입열량의 흡수에 대한 개념을 나타내는 도면,
- <4> 도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 LNG 운반선용 LNG 저장탱크를 개략적으로 나타낸 도면,
- <5> 도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 LNG 운반선용 LNG 저장탱크를 이용하여 하역 터미널에서 증발가스를 처리하기 위한 구성을 개략적으로 나타낸 도면,
- <6> 도 6은 LNG 하역 터미널의 LNG 저장탱크 압력에 따른 LNG 운반선의 적재 운항 중 LNG 저장탱크의 압력 운영 형태를 나타내는 모식도,
- <7> 도 7은 LNG 저장탱크 상부의 BOG를 하부의 LNG로 분사하는 방법을 나타내는 모식도,
- <8> 도 8은 운항 도중 실시간으로 관련 데이터를 받아서 적절한 데이터 처리 및 계산을 통해 LNG 저장탱크의 안전밸브의 현재 가능한 최대 설정압력을 실시간으로 표시해 주는 시스템의 구성도를 나타내는 모식도,
- <9> 도 9는 본 발명에 따른 LNG 운반선의 연료가스의 유량계측 장치를 나타내는 도면,
- <10> 도 10은 종래의 LNG 운반선의 연료가스의 유량계측 장치를 나타내는 도면,
- <11> 도 11은 본 발명의 한 실시예에 따라 BOG를 압축한 후 LNG 저장탱크 하부에 공급하는 것을 나타내는 도면,
- <12> 도 12는 본 발명의 한 실시예에 따른 LNG 운반선의 연료가스 공급 시스템의 개략도,
- <13> 도 13은 본 발명에 따른 재액화 장치가 탑재된 LNG 운반선에서의 증발가스 처리방법을 설명하기 위한 개념도,
- <14> 도 14는 도 13의 증발가스 처리방법에 의한, 시간에 따른 저장탱크 내부압력 및 증발가스 발생량 추이를 나타내는 그래프이다.
- <15> <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>
- <16> 1 : LNG 운반선용 LNG 저장탱크 2 : 하역 터미널용 LNG 저장탱크

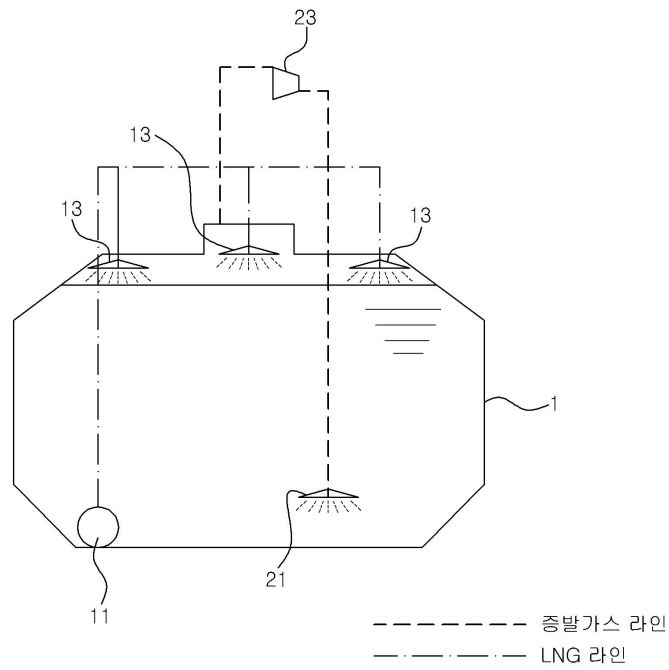
도면2



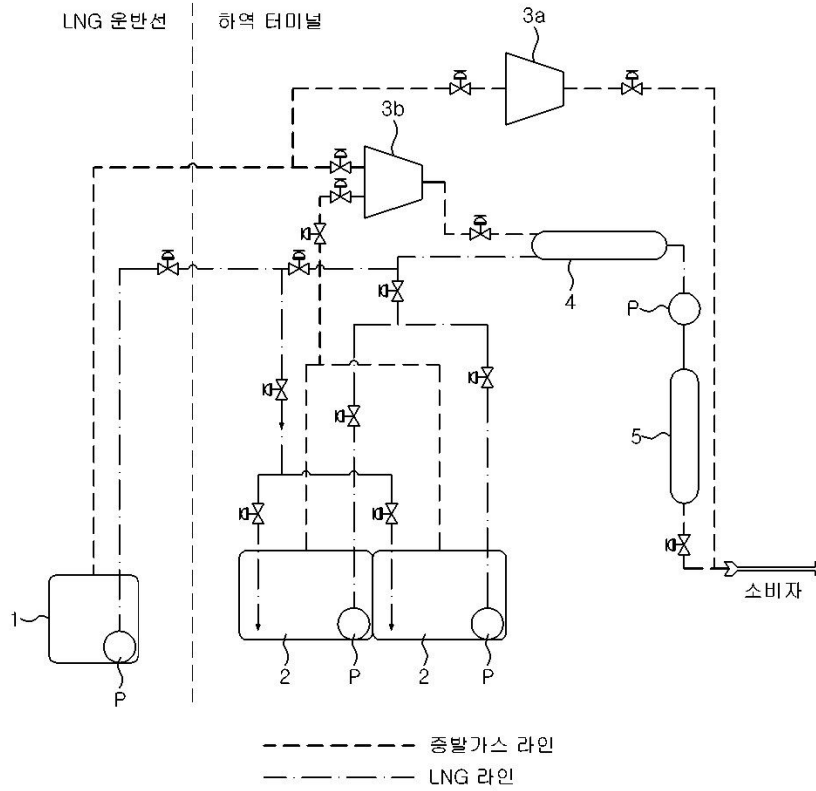
도면3



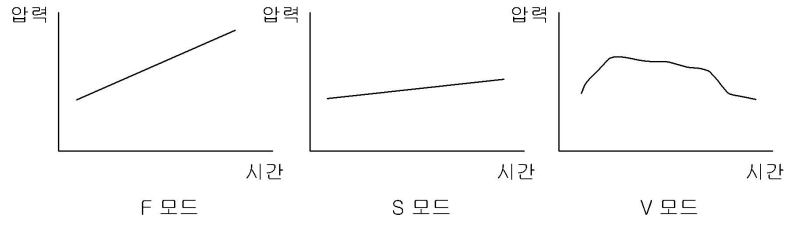
도면4



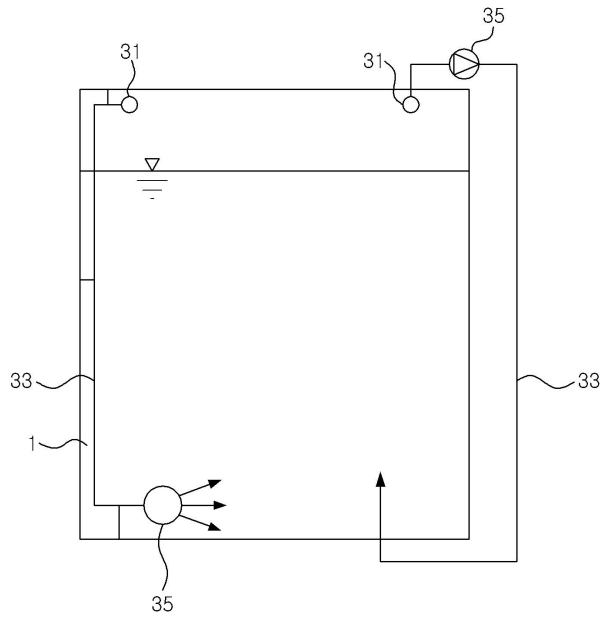
도면5



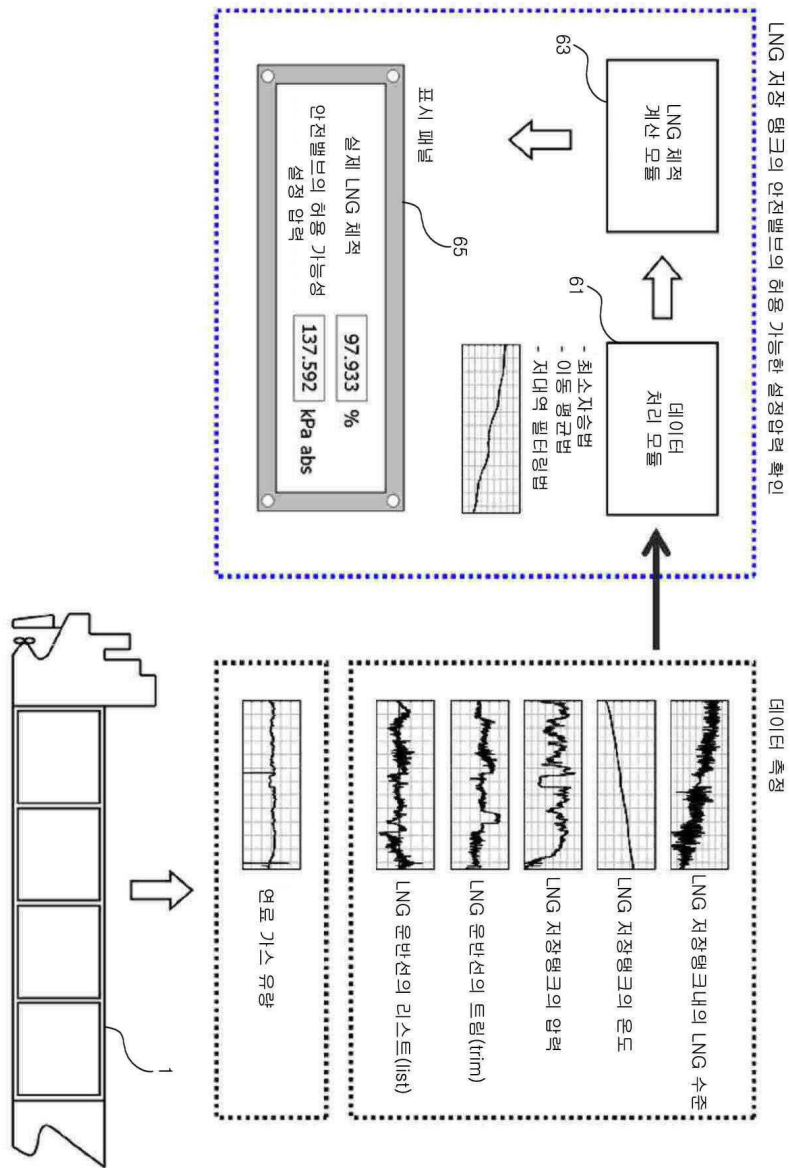
도면6



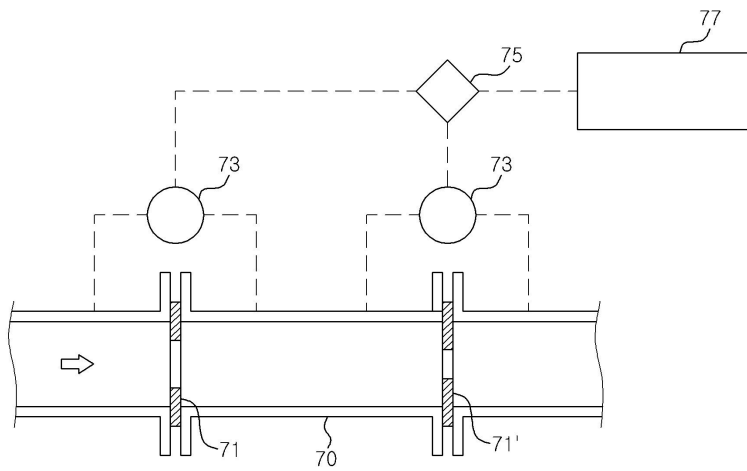
도면7



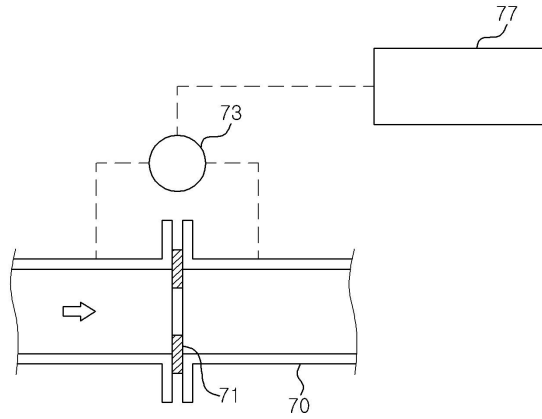
도면8



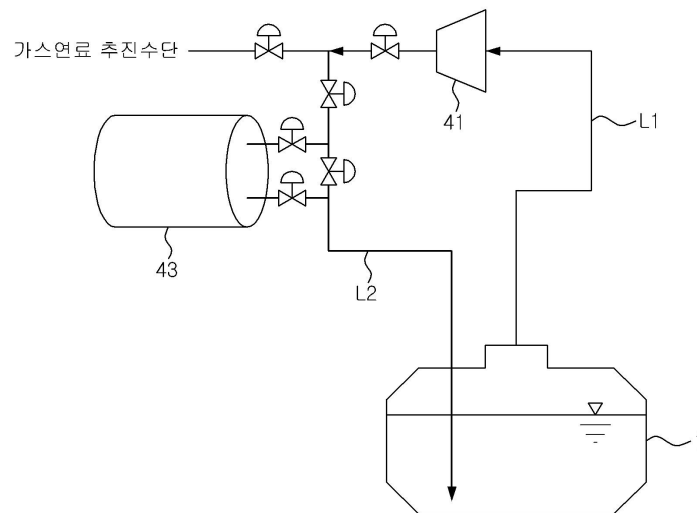
도면9



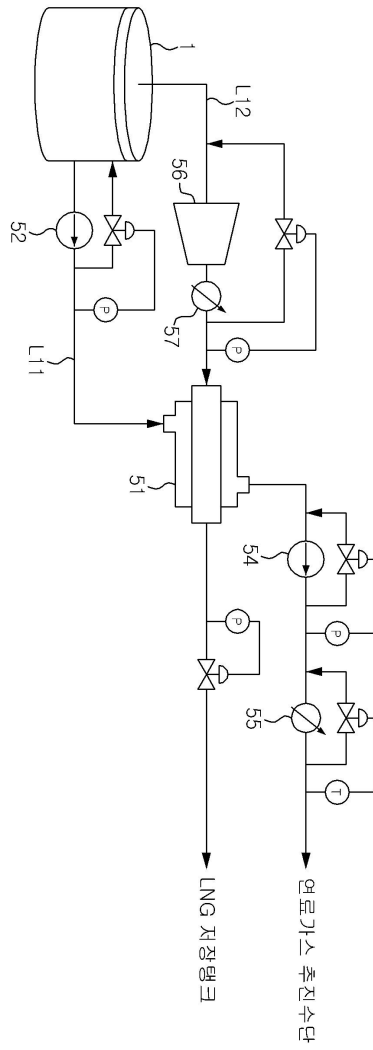
도면10



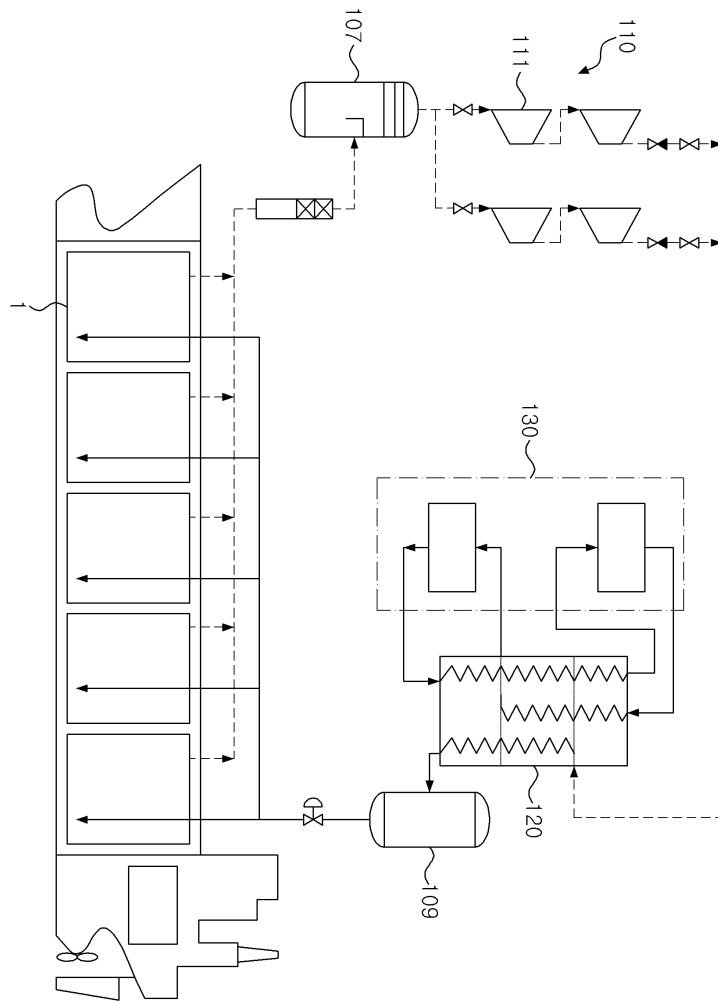
도면11



도면12



도면13



도면14

