

명세서

발명의 명칭: 선박의 액화가스 재기화 시스템 및 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 액화가스를 재기화시키면서 버려지는 냉열을 회수하여 전력을 생산함으로써 에너지 효율을 높이는 선박의 액화가스 재기화 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] LNG RV(LNG Regasification Vessel) 또는 LNG FSRU(Floating Storage and Regasification Unit)와 같은 LNG 재기화 선박 또는 부유식 해상 구조물(이하, 'LNG 재기화 선박'으로 통칭함.)은 해상에서 LNG(Liquefied Natural Gas)를 재기화시킨 천연가스를 육상의 가스 수요처로 공급하는 것을 목적으로 하는 선박이다.
- [3] 이러한 LNG 재기화 선박에는, LNG를 저장하는 LNG 저장탱크와, LNG 저장탱크에 저장된 LNG를 재기화시켜 육상의 수요처로 공급하는 재기화 설비가 설치되며, 재기화 설비에서 기화된 천연가스는, 배관을 통해 육상의 수요처로 이송한다.
- [4] LNG 재기화 선박의 재기화 설비는, LNG 저장탱크에 저장된 LNG를 수요처에서 요구하는 압력으로 압축하는 고압펌프와, 고압펌프에서 압축된 고압 LNG를 천연가스로 기화시키는 기화기를 포함한다.
- [5] 기화기에서 LNG를 기화시키는 열원으로는 주로 수급이 용이한 해수가 사용된다.
- [6] 해수를 열원으로 사용하는 LNG 재기화 시스템은, 기화기에서 해수와 LNG를 직접 열교환시켜 LNG를 기화시키는 직접 열교환 방식과, 해수와 별도의 열전달 매체(heating medium)를 열교환시켜 열전달 매체를 가열시킨 후, 해수에 의해 가열된 열전달 매체와 LNG를 열교환시켜 LNG를 기화시키는 간접 열교환 방식이 있다.
- [7] 직접 열교환 방식은 해수의 열에너지가 LNG에 직접 전달되므로 열전달 효율이 좋다는 장점이 있으나 열교환기 내에서 해수가 동결하는 문제가 발생하는 문제점이 있다.
- [8] 간접 열교환 방식은 해수가 동결하는 문제는 방지할 수 있지만 열전달 매체와의 열교환이 추가되므로 열교환 효율이 직접 열교환 방식에 비해 떨어진다는 단점이 있다.
- [9] 또한, LNG와 직접 또는 간접 열교환하면서 LNG의 냉열을 회수한 저온의 해수는 해상으로 다시 배출시킨다. 즉, 이 LNG를 재기화시키는 과정에서 해수에

의해 회수된 LNG의 냉열은 해상으로 그대로 버려지고 있다.

- [10] 일반적으로, 천연가스는 생산지에서 극저온으로 액화된 액화천연가스(LNG; Liquefied Natural Gas)의 상태로 만들어진 후 LNG 운반선에 의해 목적지까지 원거리에 걸쳐 운반된다. LNG는 천연가스를 상압에서 약 -163°C 의 극저온으로 냉각하여 얻어지는 것으로서, 가스 상태의 천연가스일 때보다 그 부피가 대략 1/600로 감소되므로 해상을 통한 원거리 운반에 매우 적합하다.

- [11] 천연가스를 액화시켜 LNG로 만드는 과정에서 많은 에너지를 필요로 하며, LNG는 kg당 200kcal의 냉열 에너지를 보유하고 있다.

- [12] 즉, LNG를 재기화시키는 과정에서 해수에 의해 회수된 LNG의 냉열은 해상으로 그대로 버려지고 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [13] 따라서, 본 발명은 액화가스의 재기화 과정에서 버려지는 냉열을 회수하여 전력을 생산함으로써 에너지 효율을 개선할 수 있으며, 안정적으로 액화가스를 기화시켜 가스 수요처로 공급할 수 있는, 선박의 액화가스 재기화 시스템 및 방법을 제공하고자 한다.

기술적 해결방법

- [14] 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 측면에 의하면, 액화가스를 제1 열전달 매체와 열교환시켜 기화시키는 기화기; 상기 기화기로부터 가스 수요처로 이송되는 재기화 가스를 제2 열전달 매체와 열교환시켜 상기 가스 수요처에서 요구하는 온도로 가열하는 트림히터; 상기 제1 열전달 매체를 순환시키는 제1 사이클; 및 상기 제2 열전달 매체를 순환시키는 제2 사이클을 포함하고, 상기 제1 사이클은, 상기 기화기로 공급할 제1 열전달 매체를 열원과의 열교환에 의해 기화시키는 제1 열교환기; 및 상기 제1 열교환기에서 기화된 제1 열전달 매체를 팽창시켜 전력을 생산하는 팽창 발전기를 포함하며, 상기 제2 사이클은, 상기 트림히터로 공급할 제2 열전달 매체를 열원과의 열교환에 의해 가열하는 제2 열교환기를 포함하는, 선박의 액화가스 재기화 시스템이 제공된다.

- [15] 바람직하게는, 상기 열원은 해수 및 스팀 중 어느 하나 이상일 수 있다.

- [16] 바람직하게는, 상기 제1 열교환기 및 제2 열교환기로 열원으로서 해수를 흡입하여 공급하는 해수펌프를 더 포함하고, 상기 해수펌프, 제1 열교환기 및 제2 열교환기는 선박의 데크 하부에 설치되고, 상기 기화기 및 트림히터는 상기 선박의 상부 데크 상에 설치될 수 있다.

- [17] 바람직하게는, 상기 제1 열전달 매체는, 상기 제1 사이클을 순환하며 상변화를 수반하는 냉매로서, 화재 및 폭발 위험이 없는 자연 냉매, HFO계 및 HFC계의 단일 또는 혼합냉매일 수 있다.

- [18] 바람직하게는, 상기 제2 열전달 매체는 글리콜 워터일 수 있다.

- [19] 바람직하게는, 상기 제1 열교환기에서 기화된 제1 열전달 매체가 팽창 발전기로 이송되도록 연결되는 제1 열매체 라인으로부터 상기 팽창 발전기의 상류에서 분기되며, 상기 팽창 발전기로 공급되는 제1 열전달 매체가 상기 팽창 발전기를 우회하여 기화기로 공급되도록 연결되는 제1 분기라인을 더 포함할 수 있다.
- [20] 바람직하게는, 상기 액화가스를 상기 가스 수요처에서 요구하는 압력으로 압축하여 기화기로 공급하는 고압펌프; 및 상기 고압펌프로부터 기화기로 공급되는 액화가스의 유량을 제어하기 위한 제1 밸브를 더 포함할 수 있다.
- [21] 바람직하게는, 상기 트림히터로부터 상기 가스 수요처로 공급되는 천연가스의 온도를 측정하는 제1 온도 측정부; 상기 트림히터로부터 상기 가스 수요처로 공급되는 천연가스의 압력을 측정하는 제1 압력 측정부; 상기 트림히터로부터 상기 가스 수요처로 공급되는 천연가스의 유량을 측정하는 제1 유량 측정부; 및 상기 제1 온도 측정부의 온도 측정값, 상기 제1 압력 측정부의 압력 측정값 및 상기 제1 유량 측정부의 유량 측정값 중 어느 하나 이상의 측정값에 따라 상기 제1 밸브의 개도량을 조절하여 상기 액화가스의 재기화량을 조절하는 제1 제어부를 더 포함할 수 있다.
- [22] 바람직하게는, 상기 트림히터로부터 배출되며 열교환에 의해 냉각된 제2 열전달 매체의 온도를 측정하는 제2 온도 측정부; 및 상기 제2 온도 측정부의 온도 측정값에 따라 상기 제1 밸브의 개도량을 조절하여 상기 액화가스의 재기화량을 조절하는 제1 제어부를 더 포함할 수 있다.
- [23] 바람직하게는, 상기 트림히터로부터 상기 가스 수요처로 공급되는 천연가스의 온도를 측정하는 제1 온도 측정부; 및 상기 트림히터로부터 배출되며 열교환에 의해 냉각된 제2 열전달 매체의 온도를 측정하는 제2 온도 측정부를 포함하고, 상기 트림히터로부터 상기 가스 수요처로 공급되는 천연가스의 압력을 측정하는 제1 압력 측정부; 및 상기 트림히터로부터 상기 가스 수요처로 공급되는 천연가스의 유량을 측정하는 제1 유량 측정부 중 어느 하나 이상을 더 포함하며, 상기 제1 온도 측정부의 온도 측정값을 일정범위로 유지하기 위하여 조절이 필요한 제1 밸브의 개도량과, 상기 제2 온도 측정부의 온도 측정값을 일정범위로 유지하기 위하여 조절이 필요한 제1 밸브의 개도량과, 상기 제1 압력 측정부와 제1 유량 측정부 중 어느 하나 이상의 측정값을 일정범위로 유지하기 위하여 조절이 필요한 제1 밸브의 개도량 중 가장 작은 값을 선택하여 상기 제1 밸브의 개도를 조절하는 제1 제어부를 포함할 수 있다.
- [24] 바람직하게는, 상기 기화기에서 액화가스를 기화시키면서 응축된 제1 열전달 매체를 수용하는 리시버; 상기 제1 열전달 매체가 기화기로 공급되는 제1 열매체 라인으로부터 상기 기화기의 상류에서 분기되어 상기 제1 열전달 매체가 상기 기화기를 우회하여 상기 리시버로 공급되도록 연결되는 제2 분기라인; 상기 리시버의 압력을 측정하는 제2 압력 측정부; 및 상기 제2 압력 측정부의 압력 측정값에 따라 상기 제2 분기라인에 설치되는 제2 밸브의 개도를 조절하는 제2

제어부를 포함할 수 있다.

- [25] 바람직하게는, 상기 기화기에서 액화가스를 기화시키면서 응축된 제1 열전달 매체를 수용하는 리시버; 상기 제1 열전달 매체가 기화기로 공급되는 제1 열매체 라인으로부터 상기 기화기의 상류에서 분기되어 상기 제1 열전달 매체가 상기 기화기를 우회하여 상기 리시버로 공급되도록 연결되는 제2 분기라인; 상기 기화기로부터 트림히터로 공급되는 제기화 가스의 온도를 측정하는 제3 온도 제어부; 및 상기 제3 온도 제어부의 온도 측정값에 따라 상기 제2 분기라인에 설치되는 제2 밸브의 개도를 조절하는 제2 제어부를 포함할 수 있다.
- [26] 바람직하게는, 상기 기화기에서 액화가스를 기화시키면서 응축된 제1 열전달 매체를 수용하는 리시버; 상기 제1 열전달 매체가 기화기로 공급되는 제1 열매체 라인으로부터 상기 기화기의 상류에서 분기되어 상기 제1 열전달 매체가 상기 기화기를 우회하여 상기 리시버로 공급되도록 연결되는 제2 분기라인; 상기 제2 분기라인에 설치되며 개도가 조절되는 제2 밸브; 상기 리시버의 압력을 측정하는 제2 압력 측정부; 상기 기화기로부터 트림히터로 공급되는 제기화 가스의 온도를 측정하는 제3 온도 제어부; 및 상기 제2 압력 측정부의 압력 측정값을 일정범위로 유지하기 위하여 조절이 필요한 제2 밸브의 개도량과, 상기 제3 온도 제어부의 온도 측정값을 일정범위로 유지하기 위하여 조절이 필요한 제2 밸브의 개도량 중에서 작은값을 선택하여 상기 제2 밸브의 개도를 조절하는 제2 제어부를 포함할 수 있다.
- [27] 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 일 측면에 의하면, 액화가스를 제1 열전달 매체와 열교환시켜 기화시키고, 상기 기화된 제기화 가스를 제2 열전달 매체와 열교환시켜 가스 수요처에서 요구하는 온도까지 가열하며, 상기 제1 열전달 매체는, 열원과의 열교환에 의해 기화시키고, 기화된 제1 열전달 매체를 팽창시킴으로써 전력을 생산한 후에 상기 액화가스와 열교환시키는 제1 사이클을 순환시키고, 상기 제2 열전달 매체는, 상기 열원과의 열교환에 의해 가열한 후에 상기 제기화 가스와 열교환시키는 제2 사이클을 순환시키는, 선박의 액화가스 제기화 방법이 제공된다.
- [28] 바람직하게는, 상기 제1 열전달 매체 및 제2 열전달 매체를 가열하기 위한 열원은 해수, 스팀 또는 해수와 스팀의 조합이고, 상기 제1 열전달 매체는 상기 제1 사이클을 순환하며 상변화를 수반하는 냉매로서, 화재 및 폭발 위험이 없는 자연 냉매, HFO계 및 HFC계의 단일 또는 혼합냉매이며, 상기 제2 열전달 매체는 글리콜 워터일 수 있다.
- [29] 바람직하게는, 상기 기화시킬 액화가스는 상기 가스 수요처에서 요구하는 압력으로 압축하여 상기 제1 열전달 매체와 열교환시키고, 상기 제2 열전달 매체와의 열교환에 의해 가열되어 가스 수요처로 공급되는 제기화 가스의 압력, 온도 및 유량 중 어느 하나 이상을 측정하여 측정값에 따라 상기 제1 열전달 매체와 열교환시킬 액화가스의 유량을 제어할 수 있다.
- [30] 바람직하게는, 상기 기화시킬 액화가스는 상기 가스 수요처에서 요구하는

압력으로 압축하여 상기 제1 열전달 매체와 열교환시키고, 상기 재기화 가스를 가열하면서 냉각된 제2 열전달 매체의 온도를 측정하여, 측정값에 따라 상기 제1 열전달 매체와 열교환시킬 액화가스의 유량을 제어할 수 있다.

- [31] 바람직하게는, 상기 액화가스를 기화시키면서 응축된 제1 열전달 매체를 리시버에 저장한 후 상기 열원과 열교환시켜 상기 기화기로 재공급하며, 상기 리시버의 압력 측정값과 상기 제2 열전달 매체와 열교환시킬 재기화 가스의 온도 측정값 중 어느 하나 이상의 측정값에 따라 상기 액화가스와 열교환하지 않고 바로 리시버로 공급할 제1 열전달 매체의 유량을 제어할 수 있다.

발명의 효과

- [32] 본 발명에 따른 선박의 액화가스 재기화 시스템 및 방법은, 버려지는 액화가스의 냉열을 회수하여 전력을 생산함으로써 시스템 전체의 에너지 효율을 높이고, 전력을 생산하기 위한 연료 소모량을 줄일 수 있으며 따라서 온실가스의 배출을 저감할 수 있다.
- [33] 또한, 기화기에서 제1 열전달 매체의 열용량이 부족하더라도, 트럼히터를 이용하여 재기화 가스를 최소 송출 온도 이상으로 가열함으로써, 안정적으로 수요처에 송출할 수 있다.
- [34] 또한, 트럼히터를 사용함으로써, 재기화 시스템의 기동 초기에 제1 열전달 매체 루프 사이클의 액화가스 공급량과 제1 열전달 매체 공급량 사이의 열균형이 맞지 않아 액화가스가 충분히 기화되지 않는 문제를 방지할 수 있으므로, 시스템을 안정적으로 운전할 수 있다.
- [35] 또한, 데크 하부에서 해수와 열교환시켜 가열한 제1 열전달 매체 및 제2 열전달 매체를 데크 상부의 기화기로 공급함으로써, 해수를 흡입하기 위한 해수 펌프의 필요 수두가 낮아져 동력 소모를 저감할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [36] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 선박의 액화가스 재기화 시스템을 간략하게 도시한 구성도이다.
- [37] 도 2는 도 1에 도시된 액화가스 재기화 시스템에 온도 제어 수단을 함께 도시한 액화가스 재기화 시스템의 일부 구성을 간략하게 도시한 구성도이다.
- [38] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 트럼히터에서 제1 열전달 매체, 즉 냉매를 열원으로 사용하는 경우의 Q-T(열량-온도)선도를 나타낸 그래프이다.
- [39] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 트럼히터에서 제2 열전달 매체, 즉 글리콜 워터를 열원으로 사용하는 경우의 Q-T 선도를 나타낸 그래프이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [40] 본 발명의 동작상 이점 및 본 발명의 실시예에 의하여 달성되는 목적을 충분히 이해하기 위해서는 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 첨부도면 및 첨부도면에 기재된 내용을 참조하여야만 한다.
- [41] 이하 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 대해 구성 및

작용을 상세히 설명하면 다음과 같다. 여기서 각 도면의 구성요소들에 대해 참조 부호를 부가함에 있어 동일한 구성요소들에 한해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호로 표기되었음에 유의하여야 한다. 또한, 하기 실시예에는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다.

- [42] 후술하는 본 발명의 실시예에서 액화가스는, 가스를 저온으로 액화시켜 수송할 수 있는 액화가스일 수 있으며, 예를 들어, LNG(Liquefied Natural Gas), LEG(Liquefied Ethane Gas), LPG(Liquefied Petroleum Gas), 액화에틸렌가스(Liquefied Ethylene Gas), 액화프로필렌가스(Liquefied Propylene Gas) 등과 같은 액화 석유화학 가스일 수 있다. 또는, 액화 이산화탄소, 액화 수소, 액화 암모니아 등의 액체 가스일 수도 있다. 다만, 후술하는 실시예에서는 대표적인 액화가스인 LNG가 적용되는 것을 예로 들어 설명하기로 한다.
- [43] 또한, 후술하는 본 발명의 일 실시예에 따른 LNG 재기화 시스템은, 선박에 적용되는 것을 예로 들어 설명하지만, 육상에서 적용될 수도 있다.
- [44] 또한, 본 발명의 일 실시예에서 LNG 재기화 선박은, LNG를 재기화시켜 가스 수요처로 공급할 수 있는 LNG 재기화 설비가 설치된 모든 종류의 선박, 즉, LNG RV(Regasification Vessel)와 같은 자체 추진 능력을 갖는 선박을 비롯하여, LNG FSRU(Floating Storage Regasification Unit)와 같이 해상에 부유하고 있는 해상 구조물일 수 있다. 다만, 후술하는 실시예에서는 LNG FSRU인 것을 예로 들어 설명하기로 한다.
- [45] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 LNG 재기화 선박은, LNG를 해상에서 재기화시키고, 재기화 가스(Regas)를 배관망을 통해 육상의 가스 수요처로 공급할 수 있다.
- [46]
- [47] 이하, 도 1 내지 도 4를 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 선박의 액화가스 재기화 시스템 및 방법을 설명하기로 한다.
- [48] 본 발명의 일 실시예에 따른 LNG 재기화 선박은, LNG를 저장하는 LNG 저장탱크(미도시)와, LNG 저장탱크에서 생성된 증발가스(BOG; Boil-Off Gas)를 처리하는 증발가스 처리부(미도시)와, LNG 저장탱크로 LNG를 적재하거나 또는 LNG 저장탱크에 저장된 LNG를 하역하는 병커링부(미도시)와, LNG 저장탱크에 저장된 LNG를 기화시켜 육상의 가스 수요처(jetty)로 보내는 재기화 시스템을 포함할 수 있다.
- [49] 본 발명의 일 실시예에 따른 LNG 재기화 선박은 LNG 저장탱크의 LNG 적/하역 공정과 LNG의 재기화 공정을 동시에 수행할 수 있다.
- [50] 또한, LNG 저장탱크는 다수 대 설치될 수 있으며, LNG는 약 -161°C, 약 1.1 bar로 LNG 저장탱크에 저장되어 있을 수 있다. LNG는 대기압보다 높은 증기압을 가지며, 약 -163°C의 비등점을 갖기 때문에, LNG를 선박에서 운용하기 위해서는 안전하게 저장되어야 한다. 따라서, 본 실시예의 LNG 저장탱크는,

LNG의 저장, 온도유지 및 기밀기능을 가져야 하며, 이를 위해 외부로부터의 열 유입을 차단하여 LNG의 극저온을 유지할 수 있도록 단열재 및 부속설비를 포함하여 구성될 수 있다. 또한, 초저온에서도 견딜 수 있는 특수재질로 제작될 수 있다.

- [51] 증발가스 처리부는 LNG 저장탱크에 LNG를 적재(loading)할 때 발생하는 증발가스 및 LNG 저장탱크에 저장된 LNG가 자연기화하여 생성된 증발가스를 처리할 수 있다.
- [52] 또한, 증발가스 처리부는, LNG 저장탱크로부터 배출된 증발가스를 엔진에서 요구하는 압력까지 압축하여 엔진의 연료로 공급하는 저압 압축기(low duty compressor)(미도시)를 포함할 수 있다. 또한, 저압 압축기에서 압축된 증발가스를 엔진에서 요구하는 온도로 가열하는 연료 가열기(미도시)를 더 포함할 수 있다.
- [53] 여기서 엔진은, 증발가스를 연료로 사용하여 전력을 생산할 수 있는 저압 엔진, 예를 들어 DFDE(Dual Fuel Diesel Electric) 엔진일 수 있다.
- [54] 또한, 증발가스 처리부는, 저압 압축기에서 압축된 증발가스를 LNG와 혼합하여 응축시키는 응축기(미도시)를 더 포함할 수 있다.
- [55] 응축기에서 응축된 증발가스, 즉 LNG는 LNG 저장탱크로 회수되거나 또는 후술하는 재기화 시스템의 고압펌프(110)로 공급될 수 있다. 응축기로 공급되는 LNG는 LNG 저장탱크로부터 고압펌프(110)로 이송되는 LNG일 수도 있고, 또는 고압펌프(110)에서 압축된 LNG일 수도 있다.
- [56] 한편, 응축기로부터 고압펌프(110)로 공급하는 LNG의 유량을 조절함으로써, 응축기를 석션드럼으로 활용하여 고압펌프(110)의 전단 압력을 조절할 수도 있다.
- [57] 또한, 증발가스 처리부는, LNG 저장탱크로부터 배출된 증발가스를 가스 수요처에서 요구하는 압력까지 압축하여 재기화 가스와 함께 가스 수요처로 공급하는 고압 압축기(high pressure compressor)(미도시)를 더 포함할 수 있다.
- [58] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 선박의 액화가스 재기화 시스템은, LNG 저장탱크에 저장된 LNG를 가스 수요처에서 요구하는 압력 또는 그 이상으로 압축하는 고압펌프(110), 고압펌프(110)에서 압축된 고압의 LNG를 열교환에 의해 기화시키는 기화기(120) 및 기화기(120)에서 기화된 재기화 가스, 즉 천연가스를 가스 수요처에서 요구하는 온도로 조절하거나 또는 기화기(120)에서 기화되지 않은 LNG를 완전히 기화시키고 가스 수요처에서 요구하는 온도로 가열하는 트림히터(130)를 포함한다.
- [59] 또한, 본 실시예에 따른 선박의 액화가스 재기화 시스템은, 기화기(120)에서 LNG와 열교환하여 LNG를 기화시키기 위한 열원으로서 제1 열전달 매체를 순환시키는 제1 사이클, 트림히터(130)에서 천연가스를 가열하기 위한 열원으로서 제2 열전달 매체를 순환시키는 제2 사이클 및 제1 사이클을 순환하는 제1 열전달 매체와 제2 사이클을 순환하는 제2 열전달 매체를

가열하기 위한 열원으로서 해수를 공급하는 해수 펌프(410)를 포함한다.

- [60] 또한, LNG 저장탱크에는, 저장된 LNG를 배출시켜 고압펌프(110)로 공급하는 공급펌프(미도시)가 구비될 수 있다. 공급펌프는, LNG 저장탱크의 내부에 설치되는 인탱크 펌프일 수 있고, LNG 저장탱크에 저장된 LNG에 잠긴 상태에서 운전될 수 있는 반잠수식 펌프일 수 있다.
- [61] 본 실시예의 고압펌프(110)는, 재기화시킬 LNG를 가스 수요처에서 요구하는 재기화 가스의 압력으로 압축시켜 기화기(120)로 공급한다. 가스 수요처에서 요구하는 압력은 각 제티(jetty)별로 다르지만 일반적으로 약 50 bar 내지 100 bar 정도이다. 즉, 본 실시예의 고압펌프(110)는 LNG를 약 50 bar 내지 100 bar 또는 압력손실 등을 고려하여 그보다 일정 수준 높은 압력까지 압축시킬 수 있다.
- [62] 본 실시예의 기화기(120)에서는, 고압펌프(110)에 의해 가스 수요처에서 요구하는 재기화 가스의 압력으로 압축된 고압의 LNG가 제1 사이클을 순환하는 제1 열전달 매체와의 열교환에 의해 기화되어 기체 상태가 되거나 일부만이 기화되어 기액 혼합 상태가 될 수 있다. 기화기(120)에서 기화되는 압축 LNG의 온도는 제1 열전달 매체 및/또는 해수의 온도나 유량 등 열원의 상태에 따라 달라질 수 있다.
- [63] 본 실시예의 기화기(120)는 셸 앤 튜브 열교환기일 수 있고, 특히, 튜브가 셸을 한 번만 통과하는 1 pass 타입의 셸 앤 튜브 열교환기일 수 있다.
- [64] 본 실시예의 트림히터(130)에서는, 기화기(120)에서 기화된 재기화 가스를, 가스 수요처에서 요구하는 온도까지 가열하여, 가스 수요처로 공급한다. 또한, 제1 열전달 매체의 열용량이 부족하여 기화기(120)에서 기화되지 않은 LNG가 있다면 트림히터(130)에서 전량이 기화되고, 가스 수요처에서 요구하는 온도까지 가열될 수 있다.
- [65] 본 실시예의 트림히터(130)는 셸 앤 튜브 열교환기일 수 있고, 특히, 튜브가 셸을 두 번 통과하는 2 pass 타입의 셸 앤 튜브 열교환기일 수 있다.
- [66] 육상의 가스 수요처에서는 통상적으로 약 0°C 내지 10°C, 또는 8°C 내지 10°C이면서 50 bar 내지 100 bar의 재기화 가스를 요구하므로, 트림히터(130)에서는 기화기(120)로부터 육상의 가스 수요처로 공급되는 재기화 가스를 약 0°C 내지 10°C까지 가열하여 가스 수요처로 공급할 수 있다.
- [67] 본 실시예에 따르면, LNG 저장탱크에 저장된 LNG는 액화가스 라인(LL)을 따라 유동하며 고압펌프(110)에서 압축되고, 기화기(120)에서 기화되며, 트림히터(130)에서 가열되어 가스 수요처로 이송된다.
- [68] 본 실시예의 제1 사이클은, 제1 열전달 매체를 순환시키는 제1 펌프(210), 제1 펌프(210)에 의해 가압된 제1 열전달 매체를 기화시키는 제1 열교환기(220), 제1 열교환기(220)에서 기화된 제1 열전달 매체를 팽창시키고, 제1 열전달 매체의 팽창일을 전력으로 전환하여 전력을 생산하는 팽창 발전기(230) 및 기화기(120)에서 LNG와의 열교환에 의해 응축된 제1 열전달 매체를 저장하는 리시버(240)를 포함한다.

- [69] 제1 열전달 매체는, 제1 열매체 라인(RL)을 따라 유동하면서, 제1 펌프(210)에 의해 가압되고, 제1 열교환기(220)에서 기화되며, 팽창 발전기(230)에서 팽창된 후, 기화기(120)에서 응축되고, 리시버(240)를 거쳐 제1 펌프(210)로 순환되도록 형성되는 루프 사이클인 제1 사이클을 순환한다.
- [70] 본 실시예의 제1 열교환기(220)에서 제1 열전달 매체는, 해수펌프(410)에 의해 흡입되고 제1 해수라인(SL1)을 따라 제1 열교환기(220)로 공급된 해수와 열교환에 의해 기화된다.
- [71] 제1 열교환기(220)에서 해수는 제1 열전달 매체를 기화시키면서 냉각되고, 냉각된 해수는 제1 해수라인(SL1)을 따라 제1 열교환기(220)로부터 배출된다.
- [72] 본 실시예에서는 제1 열교환기(220)에서 제1 열전달 매체를 기화시키는 열원으로서 해수가 사용되는 것을 예로 들어 설명하지만, 열원은 선내 스팀 생성기(미도시)에서 생산된 스팀을 사용할 수도 있고, 해수와 스팀을 상호 보완적으로 사용할 수도 있을 것이다.
- [73] 해수와 스팀을 상호 보완적으로 사용한다는 것은, 예를 들어, 제1 열교환기(220)는 해수와 스팀과 제1 열전달 매체를 열교환시키는 3 스트림 열교환기로 구비하는 것을 포함할 수 있다. 또는 해수와 제1 열전달 매체가 열교환하는 1단 열교환기와 스팀과 제1 열전달 매체가 열교환하는 2단 열교환기를 직렬로 설치하여 제1 열전달 매체가 단계적으로 가열되도록 할 수도 있으며, 또는 해수와 제1 열전달 매체가 열교환하는 1단 열교환기와 스팀과 제1 열전달 매체가 열교환하는 2단 열교환기를 병렬로 설치하여 제1 열교환기(220)에서의 제1 열전달 매체의 가열 온도를 조절할 수도 있을 것이다. 또는, 해수를 스팀과의 열교환에 의해 가열하는 해수 가열기를 추가로 구비하고, 해수 가열기에서 가열된 해수를 제1 열교환기(220)로 공급할 수도 있을 것이다.
- [74] 또한, 본 실시예의 제1 열교환기(220)는 셸 앤 튜브 열교환기(shell and tube heat exchanger) 또는 판형 열교환기(plate heat exchanger)일 수 있다.
- [75] 제1 열교환기(220)에서 해수에 의해 기화 또는 가열된 제1 열전달 매체는 팽창 발전기(expander-generator)(230)로 공급되어 팽창되고, 제1 열전달 매체의 팽창일은 전력으로 전환된다. 팽창 발전기(230)에서 생산된 전력은 선내 전력 수요처에서 사용될 수 있다.
- [76] 한편, 본 실시예에 따르면, 본 실시예의 제1 열매체 라인(RL)은, 팽창 발전기(230)의 상류에서 분기되며 제1 열교환기(220)에서 기화된 제1 열전달 매체가 팽창 발전기(230)를 우회하여, 즉 팽창 발전기(230)를 거치지 않고 제1 열교환기(220)로부터 기화기(120)로 직접 공급되도록 연결되는, 제1 분기라인(RL1)을 포함한다.
- [77] 팽창 발전기(230)의 고장 등 팽창 발전기(230)를 사용할 수 없을 때에는, 제1 분기라인(RL1)을 활용하여 제1 열교환기(220)가 제1 분기라인(RL1)을 통해 기화기(120)로 공급되도록 함으로써, 육상의 수요처로의 천연가스 공급에 영향을 미치지 않도록 한다.

- [78] 또한, 제1 분기라인(RL1)은, 팽창 발전기(230)의 유지보수(maintenance) 시 제1 열전달 매체를 우회시키기 위한 목적과, 기화기(120)의 급격한 재기화 용량 증가에 따른 제1 열전달 매체의 순환 유량 증가 시 팽창 발전기(230)의 입구 측 밸브의 반응속도 지연에 따른 전단 압력을 조절하기 위한 목적으로 구비된다.
- [79] 팽창 발전기(230)에서는 제1 열교환기(220)에서 해수와 열교환에 의해 기화 또는 가열된 제1 열전달 매체가 팽창하면서 압력 및 온도가 낮아질 수 있다.
- [80] 팽창 발전기(230)에서 팽창된 제1 열전달 매체는 제1 열매체 라인(RL)을 따라 기화기(120)로 공급되어 LNG와 열교환하면서 냉각 또는 응축된다. 기화기(120)에서 냉각 또는 응축된 제1 열전달 매체는 제1 열매체 라인(RL)을 따라 리시버(240)로 이송된다.
- [81] 본 실시예의 리시버(240)는 기화기(120)에서 응축된 제1 열전달 매체가 모이는 압력 베슬(pressure vessel)로서, 제1 사이클을 순환하는 제1 열전달 매체의 유량 및 압력을 제어하는 등 완충 탱크로서의 역할도 가진다. 리시버(240)는 후술하는 제2 밸브(RV)의 제어에 의하여 압력이 일정하게 유지될 수 있다.
- [82] 본 실시예에서 제1 열전달 매체는, 제1 사이클을 순환하면서 상변화를 수반하는 물질 또는 혼합물로 선택될 수 있다.
- [83] 즉, 제1 열전달 매체는, 제1 열교환기(220)에서 해수와 열교환하며 기화되고, 팽창 발전기(230)에서 팽창된 후, 기화기(120)에서 응축될 수 있다.
- [84] 본 실시예에서 제1 열전달 매체는, 기본적으로 화재 및 폭발의 위험이 없는 자연 냉매, HFC계(Hydrofluorocarbons) 및 HFO계(Hydrofluorolefin) 냉매를 단일 또는 혼합하여 사용할 수 있고, 예를 들어, R-23, R-32, R-134a, R-407c, R-410A 등이 단일로, 또는 혼합된 상태로 적용될 수 있다.
- [85] 한편, 팽창 발전기(230)에서 제1 열전달 매체는 등엔트로피 팽창하고, 이 과정에서 제1 열전달 매체의 온도는 감소하게 된다.
- [86] 예를 들어, 제1 열교환기(220)에서 기화 또는 가열되어 배출되는 제1 열전달 매체가 11°C, 5 barG이고, 팽창 발전기(230)에서 2 barG까지 팽창된다면, 제1 열전달 매체의 온도는 약 -10.5°C까지 떨어진다. 팽창 발전기(230)로부터 배출되는 -10.5°C의 제1 열전달 매체가 기화기(120)에서 LNG를 기화시키기 위한 열원으로 공급된다면, 기화기(120)로부터 배출되는 천연가스의 최소온도 조건, 예를 들어 8°C를 충족시킬 수 없다.
- [87] 따라서, 본 실시예에 따르면, 기화기(120)로부터 가스 수요처로 공급하는 천연가스를 가스 수요처에서 요구하는 최소온도 조건 이상으로 트림히터(130)를 더 포함한다.
- [88] 이와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 제1 열교환기(220)에서 기화된 제1 열전달 매체가, 팽창 발전기(230)에서 전력을 생산하면서 온도가 낮아지고, 그에 따라 기화기(120)로 공급되는 제1 열전달 매체의 온도가 재기화 가스의 온도를 가스 수요처에서 요구하는 온도까지 가열하기 위해 필요한 온도보다 낮기 때문에, 기화기(120) 하류에 트림히터(130)를 구비하여 이러한 문제를 해결할 수

있다.

- [89] 본 실시예에서는 팽창 발전기(230)에서 제1 열전달 매체에 의해 전력을 생산하므로, 상술한 재기화 선박에 설치되는 발전 엔진의 부하를 낮추고, 연료 소모량을 줄일 수 있다.
- [90] 본 실시예에 따르면, 트림히터(130)에서 천연가스를 가열하기 위한 열원으로서 제2 열전달 매체를 순환시키는 제2 사이클을 더 포함할 수 있다.
- [91] 트림히터(130)에서는 제2 사이클을 순환하는 제2 열전달 매체와 천연가스가 열교환하여 천연가스는 최소온도 조건, 즉 가스 수요처에서 요구하는 온도 또는 그 이상으로 가열되고 제2 열전달 매체는 천연가스의 냉열을 회수하여 냉각 또는 응축된다.
- [92] 본 실시예의 제2 사이클은, 제2 열전달 매체를 순환시키는 제2 펌프(310)와, 제2 열전달 매체를 가열 또는 기화시키는 제2 열교환기(320)와, 트림히터(130)에서 열교환 후 배출되는 제2 열전달 매체를 안정화시키는 팽창탱크(330)를 포함한다.
- [93] 제2 열전달 매체는, 제2 열매체 라인(GL)을 따라 유동하면서, 제2 펌프(310)에 의해 가압되고, 제2 열교환기(320)에서 기화 또는 가열되며, 트림히터(130)에서 냉각 또는 응축되고, 팽창탱크(330)를 거쳐 제2 펌프(310)로 순환되도록 형성되는 루프 사이클인 제2 사이클을 순환한다.
- [94] 본 실시예의 제2 열교환기(320)에서 제2 열전달 매체를 가열하는 열원은, 해수펌프(410)에 의해 흡입되고 제2 해수라인(SL2)을 따라 제2 열교환기(320)로 공급된 해수일 수 있다.
- [95] 제2 열교환기(320)에서 제2 열전달 매체를 기화 또는 가열시키면서 냉각된 해수는 제2 해수라인(SL2)을 따라 외부로 배출될 수 있다.
- [96] 또한, 본 실시예에서는, 제2 열교환기(320)에서 제2 열전달 매체를 기화 또는 가열시키는 열원으로서 해수가 사용되는 것을 예로 들어 설명하지만, 열원은 선내 스팀 생성기에서 생산된 스팀을 사용할 수도 있고, 상술한 제1 열교환기(220)의 경우와 마찬가지로 해수와 스팀을 상호 보완적으로 사용할 수도 있을 것이다.
- [97] 또한, 본 실시예의 제2 열교환기(320)는 판형 열교환기(plate heat exchanger)일 수 있다.
- [98] 본 실시예의 팽창탱크(330)는 제2 열교환기(320)에서의 열교환에 의해 제2 열전달 매체의 온도 변화에 따른 부피 팽창에 대응하기 위한 완충기로서의 역할을 가진다.
- [99] 또한, 팽창탱크(330)에서는, 제2 열전달 매체에 침입된 공기(air) 등 이물질들을 제2 열전달 매체로부터 분리될 수 있고, 트림 히터(130)에서 천연가스가 누출(leak)되어 제2 열전달 매체로 가스가 유입된 경우, 제2 열전달 매체로 유입된 가스도 제2 열전달 매체로부터 분리될 수 있다.
- [100] 본 실시예에서 제2 열전달 매체는 글리콜 워터(glycol water)일 수 있다.
- [101] 팽창 발전기(230)에서는 제1 열교환기(220)에서 해수와의 열교환에 의해 기화

- 또는 가열된 제1 열전달 매체가 팽창하면서 압력이 낮아지고 온도도 낮아진다.
- [102] 제1 열교환기(220)에서 열원으로 사용되는 해수의 온도가 가스 수요처의 최소온도 조건보다 충분히 높은 경우를 제외하면, 제1 열전달 매체의 팽창 발전기(230)에서의 압력 변화 과정에서 온도 강하가 매우 크고, 제1 열전달 매체의 열용량이 작아 천연가스를 최소온도 조건 이상으로 가열하는데 어려움이 있다.
- [103] 따라서, 본 실시예에 따르면, 천연가스를 최소온도 조건 이상으로 가열(trim heating)하기 위한 중간 열매체로서 제2 열전달 매체, 즉 글리콜 워터를 사용할 수 있다.
- [104] 일반적으로 고압펌프(110)를 이용하여 LNG를 최소 압력조건 이상으로 압축하고, 기화기(120)에서 최소 온도조건 이상으로 기화 및 가열되어야 한다. 예를 들어, 기화기(120)로부터 배출되는 천연가스의 최소 온도조건이 8°C라고 하면, 이를 충족시키기 위해 기화기(120)로 공급되는 제1 열전달 매체의 온도는 최소 온도조건인 8°C보다 높아야 한다. 일반적인 열교환기에서 가열유체와 피가열유체 간의 최소 온도차가 2~3°C임을 고려하면, 기화기(120)로 공급되는 제1 열전달 매체의 온도는 약 11°C 이상이어야 한다.
- [105] 또한, 본 실시예에서 제1 열전달 매체는 제1 열교환기(220)에서 해수와의 열교환에 의해 가열되므로, 마찬가지로 일반적인 열교환기의 가열유체와 피가열유체 간의 최소 온도차를 고려하면, 제1 열교환기(220)로 공급되는 해수의 온도는 약 14°C 이상이어야 한다.
- [106] 그러나, 제1 열교환기(220)에서 제1 열전달 매체가 11°C로 가열되었다고 하더라도, 상술한 바와 같이 팽창 발전기(230)에서 전력을 생산하면서 제1 열전달 매체의 온도는 -10.5°C까지 낮아질 수 있다.
- [107] 따라서, 본 실시예에 따르면 필수적으로 트림히터(130)를 이용하여, 기화기(120)에서 기화된 천연가스를 가스 수요처의 최소 온도조건, 즉 천연가스의 최종 송출 온도까지 가열해주어야 한다.
- [108] 만약, 제1 열교환기(220)로부터 팽창 발전기(230)로 공급되는 제1 열전달 매체의 일부를 분기시켜 트림 히터(130)에서 천연가스를 가열하기 위한 열전달 매체로 사용하게 되면, 해수의 온도가 충분히 높아 제1 열교환기(220)에서 열교환하는 제1 열전달 매체와 해수와의 온도차가 최소 수준 이상으로 높은 경우를 제외하고는, 트림히터(130)에서의 열교환 성능이 충분하지 않아 천연가스를 최종 송출 온도까지 가열할 수 없는 문제가 발생할 수 있다.
- [109] 이는, 도 3을 참조하면, 제1 열전달 매체의 낮은 열용량과 상변화로 인해 트림히터(130)의 내부에서 핀치 포인트가 결정되므로, 트림히터(130)의 설계는 쉽지 않다. 따라서, 이러한 설계 상의 어려움을 제2 열전달 매체를 사용함으로써 해결하고, 재기화 가스를 안정적으로 가열할 수 있다.
- [110] 그러나, 본 실시예에 따르면, 제1 열교환기(220)에서 해수와의 열교환에 의해 제1 열전달 매체, 즉 냉매는 기화기(120)의 열원으로만 사용하고, 제2

열교환기(320)에서 해수와 열교환에 의해 가열한 제2 열전달 매체, 즉 글리콜 워터를 트림히터(130)의 열원으로 공급하여 핀치 포인트가 트림히터(130)의 내부에서 발생되지 않도록 함으로써(도 4 참조), 충분한 열교환 성능을 확보하고 천연가스를 최종 송출 온도까지 안정적으로 가열할 수 있다.

- [111] 또한, 재기화 시스템의 초기 기동시에는, LNG가 기화기(120)로 공급되지 않으면 제1 열전달 매체가 기화기(120)에서 응축되지 않으므로, 제1 열전달 매체의 순환이 불가능하기 때문에, LNG와 제1 열전달 매체의 공급 균형을 잘 유지하면서 기화기(120)의 부하를 증가시켜야 한다. 이는 운전상에 많은 어려움을 야기한다.
- [112] 그러나, 본 실시예에 따르면, 트림히터(130)에서 천연가스를 가열하기 위한 제2 열전달 매체로서 글리콜 워터를 사용함으로써, 재기화 시스템의 초기 기동시에, LNG 공급량과 제1 열전달 매체의 열 균형이 맞지 않아 LNG가 기화기(120)로 넘어가는 상황이 방지되어 안정적인 운전이 가능하다.
- [113] 또한, 본 실시예에 따르면, 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 해수펌프(410)와, 제1 열교환기(220)와 제2 열교환기(320)는 데크 하부 기계실(machinery space)에 배치되고, 기화기(120)와 트림히터(130)는 상부 데크(upper deck) 상에 배치된다.
- [114] 데크 하부에 설치되는 해수펌프(410)를 이용하여 흡입한 해수를, 상부 데크 상에 배치되는 기화기(120)와 트림히터(130)로 직접 공급하는 경우, 즉, 해수와 LNG를 직접 열교환시키는 경우에는, 해수펌프(410)의 동력소모가 과도하게 커지게 된다.
- [115] 그러나, 본 실시예와 같이, 제1 사이클을 두고 데크 하부 기계실에 배치되는 제1 열교환기(220)에서 해수펌프(410)에 의해 흡입된 해수와 제1 열전달 매체를 열교환시키고 해수에 의해 가열된 제1 열전달 매체로 기화기(120)에서 LNG를 기화시키며, 제2 사이클을 두고 데크 하부 기계실에 배치되는 제2 열교환기(320)에서 해수와 제2 열전달 매체를 열교환시켜 해수에 의해 가열된 제2 열전달 매체로 트림히터(130)에서 천연가스를 가열함으로써, 해수펌프(410)의 필요 수두가 낮아져 동력 소모가 작아진다.
- [116] 이때, 제1 열전달 매체 및/또는 제2 열전달 매체를 순환시키기 위한 제1 펌프(210) 및/또는 제2 펌프(310)의 동력 소모가 추가되기는 하지만, 해수에 비해 그 순환량이 크지 않기 때문에 전체적인 동력 소모는 저감되는 것이다.
- [117] 이러한 동력 저감 효과는, 해수를 LNG와 직접 열교환시켜 LNG를 재기화시키는 경우와 비교하여, 글리콜 워터를 활용하여 LNG를 해수와의 간접 열교환시켜 재기화시키는 경우에는 약 30% 수준이고, 본 실시예와 같이 제1 사이클과 제2 사이클을 혼합하여 사용하는 경우에는 약 45% 수준에 달한다.
- [118] 다음으로, 도 2를 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 재기화 시스템의 온도 제어 방법에 대하여 설명하기로 한다. 도 2에는 제어 방법을 설명하기 위한 제어수단을 추가로 도시하면서도 간결하게 하기 위하여, 도 1에 도시된 본 실시예에 따른 재기화 시스템의 일부 구성이 생략되어 있다.

- [119] 도 2를 참조하면, 본 실시예에 따른 재기화 시스템은, 리시버(240)의 내부 압력을 측정하는 제2 압력 측정부(PT2)와, 제1 열매체 라인(RL)으로부터 기화기(120)의 상류에서 분기되어 리시버(240)로 연결되는 제2 분기라인(RL2)을 더 포함하며, 제2 분기라인(RL2)에는 제2 밸브(RV)가 설치된다.
- [120] 또한, 제2 압력 측정부(PT2)의 압력 측정값에 따라, 팽창 발전기(230) 및/또는 제1 열교환기(220)로부터 기화기(120)로 공급되는 제1 열전달 매체 중에서 기화기(120)를 우회하여 리시버(240)로 공급되는 제1 열전달 매체의 유량을 제어하기 위하여 제2 밸브(RV)를 제어하는 제2 압력 제어부(PIC2)를 더 포함한다.
- [121] 또한, 제2 밸브(RV)는 기화기(120)로부터 트림히터(130)로 공급되는 천연가스의 온도를 측정하는 제3 온도 제어부(TIC3)의 온도 측정값에 따라서도 제어될 수 있다.
- [122] 제2 제어부(LS2)는 제2 압력 제어부(PIC2)에서 전송하는 제2 분기라인(RL2)으로 분기시킬 제1 열전달 매체의 유량과, 제3 온도 제어부(TIC3)에서 전송하는 기화기(120)에서 트림히터(130)로 공급되는 천연가스의 온도를 유지하기 위해서 제2 분기라인(RL2)으로 분기시킬 제1 열전달 매체의 유량을 모두 참고하여, 제2 밸브(RV)의 개도량 및 개폐를 제어할 수 있다.
- [123] 본 실시예의 제2 제어부(LS2)는 제2 압력 제어부(PIC2)와 제3 온도 제어부(TIC3)에서 전송하는 제2 분기라인(RL2)으로 분기시킬 제1 열전달 매체의 유량을 제어하기 위한 제2 밸브(RV)의 개도량 중에서 더 작은 값을 선택하여 제2 밸브(RV)를 제어하는 로우 셀렉터(low selector)를 포함할 수 있다.
- [124] 예를 들어, 제2 압력 측정부(PT2)에서 측정한 리시버(240)의 압력 측정값이 설정값보다 낮으면, 제2 압력 제어부(PIC2)는 제2 밸브(RV)의 개도량을 증가시켜 기화기(120)를 우회하여 리시버(240)로 이송되는 제1 열전달 매체의 유량을 증가시키도록 제2 제어부(LS2)로 신호를 전송한다.
- [125] 또한, 제3 온도 제어부(TIC3)는 기화기(120)로부터 트림히터(130)로 공급되는 천연가스의 온도가 설정값보다 낮으면, 제2 밸브(RV)의 개도량을 감소시켜 기화기(120)를 우회하는 제1 열전달 매체의 유량을 감소시키도록 제2 제어부(LS2)로 신호를 전송한다.
- [126] 이때, 제2 제어부(LS2)는 제2 압력 제어부(PIC2)에서 전송한 제2 밸브(RV)의 개도량과 제3 온도 제어부(TIC3)에서 전송한 제2 밸브(RV)의 개도량을 참고하여, 더 작은 값의 개도율을 선택하여 제2 밸브(RV)를 제어한다. 즉, 기화기(120)를 우회시킬 제1 열전달 매체의 유량을 최소로 하면서 제어한다.
- [127] 또한, 본 실시예에 따른 재기화 시스템은, 트림히터(130)로부터 가스 수요처로 이송되는 천연가스의 온도를 측정하는 제1 온도 측정부(TT1)와, 트림히터(130)로부터 가스 수요처로 이송되는 천연가스의 압력을 측정하는 제1 압력 측정부(PT1)와, 트림히터(130)로부터 가스 수요처로 이송되는 천연가스의

유량을 측정하는 제1 유량 측정부(FT1)를 포함한다.

- [128] 또한, 본 실시예에 따른 재기화 시스템은, 제1 온도 측정부(TT1)에서 측정한 온도 측정값에 따라 트림히터(130)로부터 가스 수요처로 이송되는 천연가스의 온도를 일정하게 유지시키는 제1 온도 제어부(TIC1)와, 제1 온도 측정부(TT1), 제1 압력 측정부(PT1) 및 제1 유량 측정부(FT1)의 측정값에 따라 트림히터(130)로부터 가스 수요처로 이송되는 천연가스의 유량을 조절하는 제1 유량 제어부(FIC1)를 더 포함한다.
- [129] 또한, 본 실시예에 따른 재기화 시스템은, 트림히터(130)로부터 배출되는 제2 열전달 매체의 온도를 측정하는 제2 온도 측정부(TT2)와, 제2 온도 측정부(TT2)의 온도 측정값에 따라 트림히터(130)로부터 배출되는 제2 열전달 매체의 온도를 일정하게 유지시키는 제2 온도 제어부(TIC2)를 더 포함한다.
- [130] 또한, 본 실시예에 따른 재기화 시스템은, 고압펌프(110)로부터 기화기(120)로 공급되는 LNG가 유동하는 액화가스 라인(LL)에 설치되는 제1 밸브(LV)를 더 포함한다.
- [131] 제1 제어부(LS1)는, 제1 온도 제어부(TIC1)의 전송값과, 제2 온도 제어부(TIC2)의 전송값과, 제1 유량 제어부(FIC1)의 전송값을 참조하여, 제1 밸브(LV)의 개도량을 조절할 수 있다.
- [132] 예를 들어, 제1 유량 측정부(FT1)에서 측정한 유량 측정값이 가스 수요처에서 요구하는 값보다 작으면, 제1 제어부(LS1)는 제1 유량 제어부(FIC1)의 신호에 따라 제1 밸브(LV)의 개도량을 증가시켜, 고압펌프(110)로부터 기화기(120)로 공급되는 LNG의 유량을 증가시킴으로써 필요한 재기화량을 만족시킬 수 있다.
- [133] 또한, 예를 들어 제1 온도 측정부(TT1)에서 측정한 온도 측정값이 최소 온도조건에 미치지 못하면, 제1 제어부(LS1)는 제1 온도 제어부(TIC1)의 신호에 따라 제1 밸브(LV)의 개도량을 감소시켜, 고압펌프(110)로부터 기화기(120)로 공급되는 LNG의 유량을 감소시킴으로써 필요한 재기화 온도에 맞춰줄 수 있다.
- [134] 또한, 예를 들어 제2 온도 측정부(TT2)에서 측정한 온도 측정값이 설정값에 근접하게 되면, 제1 제어부(LS1)는 제2 온도 제어부(TIC)의 신호에 따라 제1 밸브(LV)의 개도량을 감소시켜, 고압펌프(110)로부터 기화기(120)로 공급되는 LNG의 유량을 감소시킴으로써 제2 열전달 매체의 트림히터(130) 출구 온도를 최소 온도 이상으로 유지시킬 수 있다.
- [135] 본 실시예의 제1 제어부(LS1)는 제1 유량 제어부(FIC1), 제1 온도 제어부(TIC1) 및 제2 온도 제어부(TIC2)의 신호 중에서, 가장 작은 값을 선택하여, 즉, 제1 밸브(LV)의 최소 개도량을 선택하여 제1 밸브(LV)의 개도를 제어하는 로우 셀렉터를 포함할 수 있다.
- [136]
- [137] 상술한 바와 같이, 본 발명에 따르면, 액화가스의 재기화 과정에서 버려지는 액화가스의 냉열을 회수하여 전력을 생산함으로써 에너지 효율을 높이고, 전력을 생산하기 위한 연료 소모량을 감소시킬 수 있으며, 액화가스의

냉열을 회수하여 전력을 추가 생산함에 따라 기화기로 공급되는 열원의 온도가 낮아지더라도 재기화 가스의 송출 온도, 압력 및 유량을 요구값에 맞게 유지시킬 수 있다.

- [138] 이상과 같이 본 발명에 따른 실시예를 살펴보았으며, 앞서 설명된 실시예 이외에도 본 발명이 그 취지나 범주에 벗어남이 없이 다른 특정 형태로 구체화될 수 있다는 사실은 해당 기술에 통상의 지식을 가진 이들에게는 자명한 것이다. 그러므로 상술한 실시예는 제한적인 것이 아니라 예시적인 것으로 여겨져야 하고, 이에 따라 본 발명은 상술한 설명에 한정되지 않고, 첨부된 청구항의 범주 및 그 동등 범위 내에서 변경될 수도 있다.

[139] <부호의 설명>

- [140] 110 : 고압펌프 120 : 기화기
 [141] 130 : 트림히터
 [142] 210 : 제1 펌프 310 : 제2 펌프
 [143] 220 : 제1 열교환기 320 : 제2 열교환기
 [144] 230 : 팽창 발전기 330 : 팽창탱크
 [145] 240 : 리시버 410 : 해수펌프
 [146] LL : 액화가스 라인
 [147] RL : 제1 열매체 라인
 [148] RL1 : 제1 분기라인 RL2 : 제2 분기라인
 [149] GL : 제2 열매체 라인
 [150] SL1 : 제1 해수라인 SL2 : 제2 해수라인
 [151] LV : 제1 밸브 RV : 제2 밸브
 [152] TT1 : 제1 온도 측정부 TT2 : 제2 온도 측정부
 [153] PT1 : 제2 압력 측정부 PT2 : 제2 압력 측정부
 [154] FT1 : 제1 유량 측정부
 [155] TIC1 : 제1 온도 제어부 TIC2 : 제2 온도 제어부
 [156] TIC3 : 제3 온도 제어부
 [157] PIC2 : 제2 압력 제어부 FIC1 : 제1 유량 제어부
 [158] LS1 : 제1 제어부 LS2 : 제2 제어부