

명세서

발명의 명칭: 증발가스 재액화 시스템 및 이를 포함하는 선박 기술분야

- [1] 본 발명은 증발가스 재액화 시스템 및 이를 포함하는 선박에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 다양한 종류의 화물을 적재한 상태로 바다를 항해하는 선박 중에서 액화천연가스(Liquefied Natural Gas)나 액화석유가스(Liquefied Petroleum Gas) 등과 같은 액화가스를 운반하는 액화가스 운반선은, 비등점이 상온보다 낮은 가스를 강제로 액화시켜서 액체 상태로 저장하는 저장탱크를 구비하고 있다.
- [3] 액화천연가스는 가스전에서 채취한 천연가스를 정제하여 얻은 메탄(CH_4)을 냉각해 액화시킨 것이며, 무색·투명한 액체로 공해물질이 거의 없고 열량이 높아 대단히 우수한 연료이다. 반면 액화석유가스는 유전에서 석유와 함께 나오는 프로판(C_3H_8)과 부탄(C_4H_{10})을 주성분으로 한 가스를 액체로 만든 것으로, 가정용, 업무용, 공업용, 자동차용 등의 연료로 널리 사용되고 있다. 액화천연가스는 액화에 의해 1/600의 부피로 줄어들고, 액화석유가스는 액화에 의해 프로판은 1/260, 부탄은 1/230의 부피로 줄어들어 저장 효율이 높다는 장점이 있다.
- [4] 그런데 이러한 액화가스를 저장하는 저장탱크에는 단열 기능이 구현되어 있지만 액화가스의 기화를 완전히 차단할 수는 없다. 따라서 저장탱크 내에서는 액화가스가 증발한 기체 상태의 증발가스가 발생하게 되며, 증발가스는 저장탱크의 내압을 상승시키게 되므로 안전을 위해 저장탱크로부터 배출되어야 한다.
- [5] 저장탱크의 내압을 낮추기 위해 저장탱크로부터 배출된 증발가스는 가스연소장치(Gas Combustion Unit)를 통해 연소하여 버려지게 된다. 그런데 증발가스 또한 선박이 운반하는 화물 중 일부에 해당하는 것이어서, 증발가스의 배출은 화물 운반의 신뢰성을 떨어뜨리는 것이어서 문제된다.
- [6] 따라서 최근에는, 저장탱크에서 발생하는 증발가스를 버리지 않고 효과적으로 처리할 수 있도록 하는 방안에 대하여, 지속적인 연구 및 개발이 이루어지고 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [7] 본 발명은 상기와 같은 종래기술의 문제점을 해결하고자 창출된 것으로서, 본 발명의 목적은, 액화가스를 활용해 액화가스의 재액화 시 응축되지 못하는 불응축가스의 발생 자체를 억제하거나, 불응축가스를 별도로 분리해 처리함으로써 재액화 효율을 높일 수 있는 증발가스 재액화 시스템 및 이를 포함하는 선박을 제공하기 위한 것이다.

과제 해결 수단

- [8] 본 발명의 일 측면에 따른 증발가스 재액화 시스템은, 중탄화수소인 액화가스를 처리하는 시스템으로서, 액화가스 저장탱크에서 발생하는 증발가스를 다단으로 압축하는 압축기; 상기 압축기에서 압축된 증발가스를 응축시키는 응축기; 상기 응축기에서 응축된 액상 증발가스 중 일부와 나머지를 상호 열교환시키며, 열교환에 의해 발생한 기상 증발가스를 상기 압축기에 전달하고 액상 증발가스는 상기 액화가스 저장탱크로 전달하는 인터쿨러; 및 상기 액화가스 저장탱크의 액화가스를 가압하는 액화가스 펌프를 포함하며, 상기 액화가스 펌프는, 액화가스를 상기 인터쿨러로 전달하여 상기 인터쿨러 내의 기상 증발가스를 액화시킨다.
- [9] 구체적으로, 상기 인터쿨러는, 상기 응축기에서 응축된 액상 증발가스 중 일부를 감압밸브로 감압 후 내부에 저장하고 나머지를 내부에 통과시켜서 증발가스를 상호 열교환시키며, 상기 액화가스 펌프는, 상기 인터쿨러의 내부에 액화가스를 주입해 액화가스가 상기 인터쿨러 내부에 저장된 일부의 증발가스의 온도를 떨어뜨리고 상기 인터쿨러 내부를 통과하는 나머지의 증발가스를 냉각하도록 할 수 있다.
- [10] 구체적으로, 액화가스는, 비등점이 서로 다른 제1 물질과 제2 물질의 혼합물이고, 상기 인터쿨러는, 증발가스 간 열교환 시 비등점이 상대적으로 낮은 제1 물질을 기상 증발가스로서 상기 압축기에 전달될 수 있다.
- [11] 구체적으로, 상기 액화가스 펌프는, 액화가스를 상기 인터쿨러로 전달하여 상기 인터쿨러 내에서 제1 물질의 증발량을 기설정값 이내로 제한할 수 있다.
- [12] 구체적으로, 시스템 가동 시간 경과에 따라, 제1 물질이 상기 압축기, 상기 응축기, 상기 인터쿨러를 지속 순환하면서 상기 응축기를 유동하는 증발가스의 제1 물질 비율이 증가하고, 상기 액화가스 펌프는, 상기 응축기를 유동하는 증발가스 내 제1 물질 비율이 기설정값 이내가 되도록, 액화가스를 상기 인터쿨러로 전달하여 상기 인터쿨러에서 상기 압축기로 전달되는 제1 물질 유량을 줄일 수 있다.
- [13] 구체적으로, 상기 액화가스 펌프는, 상기 응축기를 유동하는 증발가스 내 제1 물질 비율이 기설정값 이상이 될 경우 액화가스를 상기 인터쿨러로 전달할 수 있다.
- [14] 본 발명의 일 측면에 따른 선박은, 상기 증발가스 재액화 시스템을 갖는다.

발명의 효과

- [15] 본 발명에 따른 증발가스 재액화 시스템 및 이를 포함하는 선박은, 저온의 액화가스를 활용해 액화석유가스의 재액화 과정에서 불응축가스가 발생하지 않도록 하거나, 불응축가스를 분리해 냉각하여 액화시킴으로써, 재액화 성능을 혁신적으로 개선할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[16] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 증발가스 재액화 시스템의 개념도이다.

[17] 도 2는 본 발명의 제2 실시예에 따른 증발가스 재액화 시스템의 개념도이다.

발명의 실시를 위한 형태

[18] 본 발명의 목적, 특정한 장점들 및 신규한 특징들은 첨부된 도면들과 연관되어지는 이하의 상세한 설명과 바람직한 실시예로부터 더욱 명백해질 것이다. 본 명세서에서 각 도면의 구성요소들에 참조번호를 부가함에 있어서, 동일한 구성 요소들에 한해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 번호를 가지도록 하고 있음에 유의하여야 한다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명은 생략한다.

[19] 본 명세서에서 액화가스는 중탄화수소로서 LPG(프로판, 부탄 등)일 수 있지만 이로 한정하는 것은 아니며, 비등점이 상온보다 낮아 저장을 위해 강제로 액화되며 발열량을 갖는 모든 물질(프로필렌, 암모니아, 수소 등)을 포괄할 수 있다.

[20] 또한 본 명세서에서 액화가스/증발가스는 탱크 내부에서의 상태를 기준으로 구분되는 것이고, 명칭으로 인하여 액상 또는 기상으로 반드시 한정되는 것은 아님을 알려둔다.

[21] 본 발명은 이하에서 설명하는 증발가스 재액화 시스템이 구비되는 선박을 포함한다. 이때 선박은 가스 운반선, 가스가 아닌 화물이나 사람을 운반하는 상선, FSRU, FPSO, Bunkering vessel, 해양플랜트 등을 모두 포함하는 개념이며, 다만 예시로서 액화석유가스 운반선일 수 있음을 알려둔다.

[22] 본 발명의 도면에 도시하지 않았으나, 압력센서(PT), 온도센서(TT) 등이 제한 없이 적절한 위치에 구비될 수 있음은 물론이며, 각 센서에 의한 측정값은 이하에서 설명하는 구성들의 운영에 제한 없이 다양하게 사용될 수 있다.

[23] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

[24] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 증발가스 재액화 시스템의 개념도이다.

[25] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 증발가스 재액화 시스템(1)은, 액화가스 저장탱크(10), 버퍼(20), 압축기(30), 응축기(40), 리시버(50), 인터쿨러(60), 압력조절밸브(70), 액화가스 펌프(90), 연료 공급부(100)를 포함한다.

[26] 액화가스 저장탱크(10)는, 액화석유가스 또는 암모니아 등의 액화가스를 저장한다. 액화가스 저장탱크(10)는 선박의 선내 또는 선외에 하나 이상 마련될 수 있으며, 비등점이 상온보다 낮은 가스를 액화시켜서 극저온 상태로 저장할 수 있다.

[27] 액화가스 저장탱크(10)는 멤브레인형, 독립형, 압력용기형 등의 타입으로 이루어질 수 있지만 특별히 한정되지 않는다. 다만 타입과 무관하게 액화가스

저장탱크(10)의 내부에서는 액화가스 중 일부가 자연기화하여 증발가스를 발생시키게 되는데, 증발가스는 액화가스 저장탱크(10)의 내압 상승을 야기하므로 문제될 수 있다. 따라서 본 실시예는 증발가스를 액화가스 저장탱크(10)의 외부로 배출시키게 되며, 배출된 증발가스는 재액화되어 액화가스 저장탱크(10)로 리턴될 수 있다.

- [28] 또는 본 발명은 증발가스를 수요처(부호 도시하지 않음)의 연료로 사용할 수도 있는데, 이때 수요처는 선박에 마련되는 엔진, 터빈, 보일러, 연료전지, 버너 등일 수 있으며, 선박을 추진시키는 추진기관이거나 선박 내부 전력 부하를 커버하기 위한 발전기관 등일 수 있다.
- [29] 액화가스 저장탱크(10)에는 증발가스를 배출하기 위한 증발가스 배출라인(L10)이 마련될 수 있으며, 증발가스 배출라인(L10)은 액화가스 저장탱크(10)로부터 연장되어 증발가스 재액화 시스템(1)으로 연결될 수 있다.
- [30] 버퍼(20)는, 증발가스 배출라인(L10)이 연결되며, 액화가스 저장탱크(10)에서 배출된 증발가스를 임시 저장한다. 버퍼(20)는 기상과 액상을 분리하는 세퍼레이터로서, 액화가스 저장탱크(10)에서 배출된 증발가스를 기액분리하여 기체 상태의 증발가스만 압축기(30)로 공급함으로써 압축기(30)의 damage를 방지할 수 있다.
- [31] 버퍼(20)에서 분리된 기상의 증발가스는, 증발가스 액화라인(L20)을 통해 압축기(30)로 전달될 수 있다. 증발가스 액화라인(L20)은 버퍼(20)로부터 연장되어 응축기(40)를 경유해 액화가스 저장탱크(10)로 증발가스를 전달하는 구성으로서, 증발가스 액화라인(L20)에는 압축기(30), 응축기(40), 리시버(50), 압력조절밸브(70) 등이 마련될 수 있다. 또한 증발가스 액화라인(L20)은 인터쿨러(60)를 경유하도록 마련될 수 있다.
- [32] 압축기(30)는, 액화가스 저장탱크(10)에서 발생한 증발가스를 압축한다. 압축기(30)는 원심형 또는 왕복동형 등일 수 있으며, 복수의 압축단을 포함하는 다단으로 마련될 수 있다. 또한 압축기(30)는 백업이나 부하 분담을 위해 병렬로 마련될 수도 있다.
- [33] 압축기(30)는 1bar 내외로 유입되는 증발가스를 10 내지 100bar로 압축할 수 있으며, 압축기(30)에 의해 증발가스가 압축되면 증발가스의 비등점이 상승하게 된다. 따라서 압축된 증발가스는 대기압에서의 비등점(일례로 LPG의 경우 -55도)까지 냉각하지 않더라도 액화가 가능한 상태가 될 수 있다.
- [34] 압축기(30)는 3단으로 구성될 수 있고, 1단(30a)에서 4bar 내외, 2단(30b)에서 10bar 내외, 3단(30c)에서 20~30bar 내외로 증발가스를 압축할 수 있다. 물론 압축기(30) 및 압축단이 압축하는 증발가스의 압력은 특별히 한정되지 않는다.
- [35] 버퍼(20)로부터 응축기(40)로 연결되는 증발가스 액화라인(L20)에는 복수 개의 압축단이 직렬로 마련되어 다단 압축기(30)를 구성할 수 있는데, 증발가스 액화라인(L20) 상에서 압축단 사이인 중간단에는 인터쿨러(60)로서 제1 인터쿨러(60a)와 제2 인터쿨러(60b)가 연결될 수 있다.

- [36] 압축기 1단(30a)을 빠져나온 저압의 증발가스는 제2 인터쿨러(60b)를 거친 뒤 압축기 2단(30b)으로 전달되며, 압축기 2단(30b)을 빠져나온 중압의 증발가스는 제1 인터쿨러(60a)를 거친 뒤 압축기 3단(30c)으로 전달되고, 압축기 3단(30c)에서 고압의 증발가스로 빠져나와 응축기(40)로 전달된다.
- [37] 이때 인터쿨러(60)는 후술하겠지만 별도의 냉매 없이 감압된 증발가스를 냉매로 이용하는 냉각 설비로서, 압축기(30)로부터 유입된 저압 증발가스 또는 중압 증발가스를 냉각시킬 수 있다. 따라서 인터쿨러(60)는 압축기(30)의 중간단에서 냉각을 구현할 수 있다.
- [38] 물론 압축기(30)는 1단(30a)에서 2단(30b) 사이 및 2단(30b)에서 3단(30c) 사이로 증발가스가 인터쿨러(60)를 우회하여 전달되도록 할 수도 있고, 인터쿨러(60)의 우회는 인터쿨러(60)의 내압, 증발가스의 온도 등의 변수에 따라 다양하게 제어될 수 있다.
- [39] 액화가스 저장탱크(10)에서 증발가스는 -50도 내외로 배출되는데, 배출된 증발가스는 버퍼(20)를 거친 뒤 1bar 내외, -20도 내외로 압축기 1단(30a)에 유입될 수 있다.
- [40] 이후 증발가스는 압축기 1단(30a)에서 4bar 내외, 40도 내외의 상태로 배출되어 제2 인터쿨러(60b)로 유입되며, 제2 인터쿨러(60b) 내에서 30도 내외로 냉각된 후 압축기 2단(30b)으로 전달된다.
- [41] 이후 증발가스는 압축기 2단(30b)에서 10bar 내외, 70도 내외의 상태로 배출되어 제1 인터쿨러(60a)로 유입되며, 제1 인터쿨러(60a)에서 60도 내외로 냉각된 후 압축기 3단(30c)으로 전달된다. 마지막으로 압축기 3단(30c)에서 20~30bar 내외, 100도 내외의 상태로 배출되며, 이후 응축기(40)에서 40도 내외로 냉각될 수 있다.
- [42] 다만 각 압축기(30)에서 토출되는 증발가스의 온도가 비교적 높지 않은 경우이거나, 높은 온도의 증발가스 토출이 필요한 경우 등의 상황에서, 증발가스가 인터쿨러(60)를 우회할 수 있도록 증발가스 액화라인(L20)에는 우회라인(부호 도시하지 않음)이 마련될 수 있다.
- [43] 우회라인은 압축된 증발가스가 인터쿨러(60)를 우회하도록 증발가스 액화라인(L20)에 마련되며, 일례로 우회라인은 2단(30b) 압축된 증발가스가 제1 인터쿨러(60a)를 우회하여 압축기 3단(30c)으로 유입되도록 마련될 수 있다.
- [44] 우회라인에는 밸브(부호 도시하지 않음)가 마련될 수 있으며, 밸브는 압축기 2단(30b) 등의 부하나 증발가스의 온도 조건 등에 따라 개도가 조절될 수 있다. 다만 압축기(30)에서 압축된 증발가스가 우회라인을 따라 인터쿨러(60)를 우회하는 경우에도, 인터쿨러(60) 내에서 발생한 기상 증발가스가 압축기(30)를 향해 전달될 수 있음은 물론이다.
- [45] 본 실시예는 압축기(30)를 3단(30c)으로 한정하는 것은 아니며, 2단이거나 또는 4단 이상의 다단 구조일 수 있다. 다만 본 실시예는 증발가스가 압축되는 과정에서 인터쿨러(60)를 경유하도록 할 수 있다.

- [46] 응축기(40)는, 압축된 증발가스를 냉각하여 적어도 일부를 재액화시킨다. 이때 응축기(40)는 증발가스를 재액화시킬 수 있지만, 실제 가동 시 다양한 요인에 의하여 증발가스의 재액화가 전혀 이루어지지 않거나 증발가스중 일부만 재액화되는 상황을 배제하는 것은 아님을 알려준다.
- [47] 이는 증발가스 내에 비등점이 상이한 물질들이 혼합되어 있기 때문이다. 일례로 프로판과 부탄을 주성분으로 하나 에탄 등을 포함하는 LPG의 경우, 에탄의 비등점이 프로판/부탄보다 낮아 에탄 등의 일부 성분이 재액화되지 못할 수 있다.
- [48] 응축기(40)는 다단으로 마련되는 압축기(30)의 하류에 마련되며, 제한되지 않는 다양한 냉매(일례로 해수, 청수, 글리콜 워터, 질소, LNG, LPG, 프로판, R134a, CO₂ 등)를 이용하여 증발가스를 냉각시킬 수 있다.
- [49] 응축기(40)는 압축기(30)에서 압축된 증발가스의 온도를 낮추면서도, 대기압에서의 증발가스의 비등점까지 낮추진 않을 수 있다. 이는 압축기(30)에 의해 증발가스가 압축되면서 비등점이 상승하기 때문이다.
- [50] 다만 응축기(40)는 최종단(일례로 3단(30c))의 압축기(30)에서 토출되는 증발가스의 압력을 고려하여 증발가스의 냉각 온도를 조절할 수 있다.
- [51] 리시버(50)는, 응축기(40)에서 액화된 증발가스를 임시로 저장한다. 응축기(40)에서 액화가스 저장탱크(10) 사이에는 냉각된 증발가스를 액화가스 저장탱크(10)로 전달하기 위해 증발가스 액화라인(L20)이 마련되는데, 리시버(50)는 증발가스 액화라인(L20) 상에서 응축기(40)의 하류 및 인터쿨러(60)의 상류에 배치될 수 있다.
- [52] 리시버(50)는 버퍼(20)와 유사하게 기액분리 기능을 가질 수 있으며, 냉각된 증발가스 중 액화된 증발가스를 인터쿨러(60)로 전달할 수 있다. 다만 리시버(50)는 냉각된 증발가스 중 액화되지 않은 증발가스를 외부로 배출하지 않고 저장해둘 수 있으며, 이 경우 리시버(50) 내압이 상승하게 됨에 따라 후술할 감압밸브(61)에 의해 감압 시 증발가스의 냉각 효과가 향상될 수 있다.
- [53] 물론 본 실시예는 리시버(50)가 액화되지 않은 증발가스(불응축가스)를 벤트라인(L23) 통해 vent header나 액화가스 저장탱크(10)로 전달할 수 있고, 또는 압축기 3단(30c)과 응축기(40)의 사이 등으로 전달하는 등의 다양한 변형이 가능하다.
- [54] 다만 리시버(50)는 생략될 수 있으며, 이 경우 응축기(40)에서 냉각된 증발가스는 별도의 기액분리 없이 인터쿨러(60)로 전달될 수 있다.
- [55] 인터쿨러(60)는, 응축기(40)에서 액화된 증발가스 중 일부와 나머지를 상호 열교환시킨다. 인터쿨러(60)는, 인터쿨러(60)의 상류에서 증발가스 액화라인(L20)으로부터 분기되며 감압밸브(61)가 마련되는 제1 증발가스 분기라인(L21a)이 연결되고, 또한 응축기(40)에서 냉각된 증발가스가 통과하도록 하는 냉각 유로(62)가 마련된다.
- [56] 인터쿨러(60)는 감압밸브(61)에 의해 감압된 증발가스를 수용하는 공간을

갖고, 제1 증발가스 분기라인(L21a)은 인터쿨러(60) 내에서 개방된 형태를 가져서 인터쿨러(60) 내부에 증발가스를 채우도록 마련되며, 냉각 유로(62)는 증발가스가 인터쿨러(60) 내부를 경유하도록 마련된다.

- [57] 제1 증발가스 분기라인(L21a)에 마련되는 감압밸브(61)는, 응축기(40)에 의해 냉각된 후 인터쿨러(60) 상류에서 분기된 증발가스를 감압한다. 감압밸브(61)는 줄-튐슨 밸브 또는 팽창기 등으로서 증발가스를 감압시켜 냉각하므로(줄-튐슨 효과), 응축기(40)에 의해 냉각되는 증발가스에 대해 감압밸브(61)는 더욱 높은 비율로 증발가스를 액화시킬 수 있다(또는 과냉).
- [58] 따라서 인터쿨러(60)는 감압에 의해 액화된 증발가스의 내부에 증발가스 액화라인(L20)의 냉각 유로(62)가 경유하도록 함으로써, 별도의 냉매 없이 증발가스 간의 비접촉식 열교환으로 안정적 액화가 가능할 수 있다. 이러한 측면에서 인터쿨러(60)는 열교환기로 지칭될 수 있고, 일례로 bath type 열교환기로 볼 수 있다. 이때 냉각 유로(62)는 액화효율 향상을 위해 액화된 증발가스의 내부에 코일 형태로 마련될 수 있다.
- [59] 인터쿨러(60)가 2대 이상으로 마련될 경우 감압밸브(61)는 증발가스 액화라인(L20)에서 각 인터쿨러(60)의 상류로부터 분기되어 인터쿨러(60)로 연결되는 제1 증발가스 분기라인(L21a)마다 마련될 수 있다.
- [60] 또한 인터쿨러(60)는, 응축기(40) 상류에서 압축기(30)의 중간단 냉각기 역할을 구현할 수 있다. 인터쿨러(60)는 증발가스 액화라인(L20)에서 압축기(30)의 중간단에 연결되어, 감압된 증발가스를 이용하여 압축기(30)의 복수 압축단 중 일부에 의해 압축된 증발가스를 냉각시키게 될 수 있고, 열교환에 의해 발생한 증발가스를 압축기(30)에 전달할 수 있다.
- [61] 인터쿨러(60)에는 응축기(40) 상류의 증발가스 액화라인(L20)이 연결되어 압축기(30)의 적어도 1단(30a)에 의해 압축된 증발가스를 내부로 유입시키는 압축가스 유입구(부호 도시하지 않음)가 마련될 수 있다. 압축가스 유입구는 인터쿨러(60) 내부에 저장된 액상 증발가스의 레벨보다 높은 위치에 마련될 수 있는데, 이는 액화된 증발가스가 불필요하게 기화되는 것을 억제하기 위함이다.
- [62] 또한 인터쿨러(60)에는 제1 증발가스 분기라인(L21a)과 연결되어 액화된 증발가스를 내부로 유입시키는 감압가스 유입구(부호 도시하지 않음)가 마련되는데, 감압가스 유입구는 인터쿨러(60) 내 액상 증발가스의 레벨보다 높은 위치에 마련될 수 있다.
- [63] 따라서 압축가스 유입구에 의해 유입된 증발가스는 감압에 의해 액화된 증발가스와 접촉하면서 냉각/액화될 수 있다. 이러한 접촉식 열교환을 통해 압축기(30) 중간단에서의 냉각이 인터쿨러(60)에 의해 구현될 수 있다.
- [64] 인터쿨러(60) 내부에는 압축가스 유입구와 마주하는 격벽(부호 도시하지 않음)이 마련될 수 있고, 격벽은 압축된 증발가스가 인터쿨러(60) 내에서 냉각되지 않고 바로 다음 압축기(30)로 빠져나가는 것을 방지할 수 있다.
- [65] 본 실시예에서 인터쿨러(60)는 총 2대가 마련될 수 있는데, 제1

인터쿨러(60a)는 응축기(40) 하류의 증발가스 흐름을 기준으로 2대의 인터쿨러(60) 중 상류에 마련되며, 압축기 2단(30b)과 압축기 3단(30c) 사이의 증발가스가 유입되도록 마련될 수 있다.

- [66] 또한 제2 인터쿨러(60b)는 응축기(40) 하류의 증발가스 흐름을 기준으로 2대의 인터쿨러(60) 중 하류에 마련되며, 압축기 1단(30a)과 압축기 2단(30b) 사이의 증발가스가 유입되도록 마련될 수 있다.
- [67] 따라서 증발가스는, 증발가스 액화라인(L20)을 따라 압축기 1단(30a)-제2 인터쿨러(60b)-압축기 2단(30b)-제1 인터쿨러(60a)-압축기 3단(30c)-응축기(40)로 유입될 수 있으며(또는 인터쿨러(60)를 우회함), 응축기(40)에서 냉각된 증발가스는 증발가스 액화라인(L20)을 따라 제1 인터쿨러(60a)-제2 인터쿨러(60b)-압력조절밸브(70)를 거쳐 액화가스 저장탱크(10)로 리턴될 수 있다.
- [68] 이 경우 응축기(40)에서 냉각된 20~30bar, 40도 내외의 증발가스는, 제1 인터쿨러(60a)를 거치면서 압력은 거의 변화하지 않고 온도는 30도 이하로 떨어질 수 있으며, 제2 인터쿨러(60b)를 추가로 거치면서 압력은 거의 변화하지 않고 온도는 영하로 떨어질 수 있다.
- [69] 이후 압력조절밸브(70)에 의해 압력이 액화가스 저장탱크(10)의 내압과 유사한 수준으로 떨어지면, 증발가스는 대기압에서의 비등점보다 낮은 온도 내외로 냉각될 수 있으므로, 최종적으로 재액화되어 액화가스 저장탱크(10)로 리턴될 수 있는 것이다.
- [70] 본 실시예는 제1 증발가스 분기라인(L21a)을 대체하거나 또는 제1 증발가스 분기라인(L21a)과 함께, 제2 증발가스 분기라인(L21b)을 사용할 수 있다. 제2 증발가스 분기라인(L21b)은 제1 증발가스 분기라인(L21a) 대비 증발가스 액화라인(L20)에서의 분기 지점에서 차이가 있다.
- [71] 즉 제2 증발가스 분기라인(L21b)의 경우 제2 인터쿨러(60b)의 하류의 일 지점에서 분기되어, 제1 인터쿨러(60a) 및 제2 인터쿨러(60b)를 향해 각각 분지 연결되도록 마련될 수 있다.
- [72] 다만 제2 증발가스 분기라인(L21b)의 경우에도 제1 증발가스 분기라인(L21a)과 동일하게 감압밸브(61)가 마련됨으로써, 두 인터쿨러(60)를 경유하면서 냉각된 증발가스를 감압으로 추가 냉각한 뒤 각 인터쿨러(60)에 전달할 수 있다.
- [73] 본 실시예는 2가지의 증발가스 분기라인(L21)을 모두 포함할 수 있고, 적어도 어느 하나의 증발가스 분기라인(L21)을 포함할 수 있다. 2가지의 증발가스 분기라인(L21)을 모두 포함하는 경우, 증발가스의 온도나 유량 등의 다양한 변수에 따라 각 증발가스 분기라인(L21)에서의 흐름이 제어될 수 있을 것이다.
- [74] 압력조절밸브(70)는, 증발가스 액화라인(L20)에서 제2 인터쿨러(60b)의 하류 및 액화가스 저장탱크(10)의 상류에 마련되고, 액화가스 저장탱크(10)의 내압에 따라 증발가스의 압력을 조절하며, 일례로 증발가스를 감압시킨다.
- [75] 압력조절밸브(70)는 20~30bar의 증발가스를 액화가스 저장탱크(10)의 내압에

대응되도록 1bar 내외로 감압시킬 수 있으며, 감압밸브(61)와 동일/유사하게 줄-톱슨 밸브 동일 수 있다.

- [76] 압력조절밸브(70)가 증발가스를 감압하게 되면, 감압에 의해 증발가스의 온도가 낮아진다. 일례로 증발가스 액화라인(L20)을 따라 인터쿨러(60)를 두 번 경유한 증발가스는 영하(일례로 -4도 내외)의 온도를 갖는데, 압력조절밸브(70)를 거치면서 증발가스의 온도는 -40도 내외로 낮아질 수 있다.
- [77] 압력조절밸브(70)는 단독으로 마련되거나 또는 복수 개가 직렬로 마련될 수 있고, 이는 다단 압축기(30)의 최종 압축 압력에 따라 다양하게 달라질 수 있다.
- [78] 액화가스 펌프(90)는, 액화가스 저장탱크(10)의 액화가스를 가압한다. 액화가스 저장탱크(10)에는 액화가스를 수요처(엔진 등)로 공급하기 위한 액화가스 공급라인(L31)이 마련될 수 있으며, 액화가스 펌프(90)는 액화가스 공급라인(L31)으로 액화가스를 전달한다.
- [79] 액화가스 펌프(90)는 액화가스를 수요처로 공급하는 것 외에, 인터쿨러(60)로도 액화가스를 공급할 수 있다. 이는 불응축가스 발생 방지를 위한 것인데, 먼저 불응축가스의 발생 및 이로 인한 문제점에 대해 이하 설명한다.
- [80] 앞서 언급한 바와 같이 증발가스는 LPG일 수 있는데, 이 경우 증발가스는 비등점이 서로 다른 제1 물질과 제2 물질 등의 혼합물일 수 있다. 일례로 증발가스는 비등점이 낮은 순으로 에탄, 프로판, 부탄 등이 혼합된 물질일 수 있다.
- [81] 증발가스는 압축기(30)에서 압축되고 응축기(40)에서 응축된 뒤, 리시버(50)를 거쳐 인터쿨러(60)로 분할 유입되는데, 인터쿨러(60) 내에서 발생하는 기상 증발가스는 다시 압축기(30)로 순환된다. 즉 인터쿨러(60)에서 액화되지 못한 물질(특히 비등점이 상대적으로 낮은 제1 물질로서 에탄 등)은 지속적으로 순환하게 된다.
- [82] 시스템 가동 시간 경과에 따라, 제1 물질이 압축기(30)-응축기(40)-리시버(50)-인터쿨러(60)를 반복적으로 순환하면, 응축기(40) 등에 유동하는 증발가스에 대해 제1 물질의 비율이 높아지게 될 수 있고, 이로 인해 응축기(40)에서의 액화 효율이 크게 떨어질 수 있다.
- [83] 이를 대비하기 위해서는, 증발가스 내 제1 물질의 비율에 따라 일정 시점에서 리시버(50)의 배출을 차단하고 압축기(30)의 토출 압력을 강제로 끌어올려서, 응축기(40)에서 제1 물질이 충분히 액화되도록 한 후 증발가스의 흐름을 허용함으로써, 인터쿨러(60)로부터 압축기(30)로 전달되는 기상 증발가스 내 제1 물질의 비율이 다시 낮아지도록 할 필요가 있다. 이러한 동작을 불응축가스 처리모드로 지칭할 수 있다.
- [84] 불응축가스 처리모드는 제액화 효율을 급격히 떨어뜨리는 요인이 될 수 있는 바, 본 실시예는 액화가스를 인터쿨러(60) 내에 전달해 인터쿨러(60) 내에서 제1 물질의 기화를 방지함으로써, 불응축가스 처리모드의 가동을 생략하도록 할 수

있다.

- [85] 구체적으로 액화가스 펌프(90)는, 액화가스 공급라인(L31)으로부터 분기되어 인터쿨러(60)로 연결되는 액화가스 전달라인(L30)을 통해 액화가스를 공급할 수 있으며, 액화가스를 인터쿨러(60)로 전달해 인터쿨러(60) 내의 기상 증발가스를 액화시킨다.
- [86] 응축기(40)에서 응축된 액상 증발가스 중 일부가 감압밸브(61)에 의해 감압 후 인터쿨러(60)의 내부에 저장되는데, 인터쿨러(60)는 응축된 액상 증발가스 중 나머지를 내부에 통과시켜서 증발가스를 상호 열교환시킬 수 있다. 이때 액화가스 펌프(90)가 인터쿨러(60) 내부에 액화가스를 주입함으로써, 인터쿨러(60) 내부에 저장된 일부의 증발가스의 온도를 떨어뜨릴 수 있다.
- [87] 또한 인터쿨러(60) 내에 액화가스가 주입됨에 따라, 인터쿨러(60) 내부를 통과하는 나머지의 증발가스가, 인터쿨러(60) 내에 저장되며 액화가스의 혼합으로 인해 추가로 냉각된 일부 증발가스에 의하여 냉각되므로, 인터쿨러(60)에 의해 이루어지는 증발가스 간 열교환 시 냉각 효과가 증대될 수 있다.
- [88] 즉 인터쿨러(60)는, 액화가스 펌프(90)에 의해 전달된 액화가스를 인터쿨러(60)의 내부로 주입되는 일부 증발가스의 냉각(기화 방지)에 활용할 수 있고, 또한 냉각 유로(62)에서 유동하는 증발가스의 냉매로서도 활용할 수 있다.
- [89] 특히 본 실시예는, 액화가스 펌프(90)가 액화가스를 인터쿨러(60)로 전달함으로써 인터쿨러(60) 내에서 제1 물질의 증발량을 기설정값 이내로 제한한다는 점에서, 제1 물질의 지속 순환을 억제하는 효과를 갖는다.
- [90] 구체적으로 액화가스 펌프(90)는, 응축기(40)를 유동하는 증발가스 내 제1 물질 비율이 기설정값 이내가 되도록, 액화가스를 인터쿨러(60)로 전달하여 인터쿨러(60)에서 압축기(30)로 전달되는 제1 물질 유량을 줄일 수 있다.
- [91] 액화가스 펌프(90)는 액화가스 공급라인(L31)을 통해 수요처로 액화가스를 공급하기 위하여 지속적으로 작동할 수 있으므로, 액화가스가 인터쿨러(60)로 전달되는 것은 액화가스 전달라인(L30)에 마련되는 밸브(부호 도시하지 않음)의 개폐에 의해 제어될 수 있다.
- [92] 또는 액화가스 펌프(90)는, 응축기(40)를 유동하는 증발가스 내 제1 물질 비율이 기설정값 이상이 될 경우, 액화가스를 인터쿨러(60)로 전달하도록 제어될 수 있다. 이러한 제어는 액화가스의 연료 공급이 이루어지지 않는 경우(정박 시 등)에 활용될 수 있다.
- [93] 연료 공급부(100)는, 액화가스 펌프(90)로부터 수요처로 공급되는 액화가스를 수요처의 요구 조건에 맞게 처리한다. 연료 공급부(100)는 고압펌프(도시하지 않음), 열교환기(도시하지 않음) 등을 포함할 수 있으며, 이외에도 액화가스의 온도나 압력, 유량 등을 수요처의 요구 조건에 맞추기 위한 다양한 구성이 구비될 수 있다.
- [94] 연료 공급부(100)는 액화가스 공급라인(L31)을 통해 액화가스를 수요처로

전달할 수 있으며, 또는 재액화된 증발가스를 수요처로 전달하는 것도 가능하다. 이를 위해 증발가스 액화라인(L20)이 적절한 지점에서 분기되어 액화가스 공급라인(L31)으로 연결될 수 있으며, 증발가스는 액화가스와 함께 또는 증발가스 단독으로 수요처로 공급될 수 있다.

- [95] 또한 수요처는 공급받은 액화가스 중 소비하지 않은 잉여 액화가스를 배출할 수 있으며, 수요처에서 배출되는 잉여 액화가스는 연료 공급부(100)(특히 고압펌프의 상류)로 회수될 수 있다. 이를 위해 수요처에서 액화가스 공급라인(L31)으로는 액화가스 회수라인(도시하지 않음)이 마련될 수 있다.
- [96] 이와 같이 본 실시예는, 증발가스 재액화 시 에탄 등과 같이 비등점이 낮은 제1 물질이 인터쿨러(60)와 압축기(30) 및 응축기(40) 사이를 지속적으로 순환함에 따라 액화 효율을 떨어뜨리는 문제를 방지하고자, 인터쿨러(60)에 액화가스를 주입해 제1 물질의 증발을 효과적으로 억제함으로써, 재액화 효율을 충분히 확보할 수 있다.
- [97] 도 2는 본 발명의 제2 실시예에 따른 증발가스 재액화 시스템의 개념도이다.
- [98] 이하에서는 본 실시예가 앞선 실시예 대비 달라지는 점 위주로 설명하도록 하며, 설명을 생략한 부분은 앞선 내용으로 갈음한다.
- [99] 도 2를 참조하면, 본 발명의 제2 실시예에 따른 증발가스 재액화 시스템(1)은, 앞선 실시예와 달리 불응축가스를 분리해내고 별도로 처리하는 구성을 갖는다.
- [100] 즉 본 실시예는 제1 물질이 인터쿨러(60)와 압축기(30) 및 응축기(40) 사이에서 지속적으로 순환하면서 액화 효율 저하 문제를 야기하는 것을 개선하고자, 리시버(50)에서 분리되는 불응축가스를 별도로 처리함으로써 인터쿨러(60)에서 압축기(30)로 전달되는 제1 물질의 비율을 낮추고, 불응축가스로 인해 재액화 효율이 떨어지는 것을 방지할 수 있다.
- [101] 구체적으로 본 실시예는, 리시버(50)에서 분리되어 배출되는 불응축가스가 추가 인터쿨러(60c)(열교환기로도 지칭할 수 있음)에서 냉각되도록 할 수 있다. 추가 인터쿨러(60c)에 대해서는 이하에서 구체적으로 설명하도록 하며, 리시버(50)에서 추가 인터쿨러(60c)로는 불응축가스가 유동하는 불응축가스 처리라인(L22)이 마련될 수 있다.
- [102] 추가 인터쿨러(60c)는, 리시버(50)로부터 전달되는 액상 증발가스 중 적어도 일부를 이용하여, 리시버(50)로부터 분리된 불응축가스를 냉각한다. 앞서 설명한 인터쿨러(60)의 경우, 응축기(40)에서 응축된 증발가스 중 일부를 감압하여 나머지의 증발가스를 냉각하는 방식이었다면, 추가 인터쿨러(60c)는 응축된 증발가스 중 적어도 일부를 통해, 리시버(50)에서 분리된 불응축가스를 냉각하는 방식일 수 있다.
- [103] 이때 추가 인터쿨러(60c)는 제1 인터쿨러(60a)를 대체하도록 구비될 수 있고, 또는 제1, 2 인터쿨러(60)와 함께 추가 인터쿨러(60c)가 구비되는 것도 가능하다. 다만 이하에서는 전자인 경우를 가정해 설명한다.
- [104] 추가 인터쿨러(60c)는, 리시버(50)로부터 전달되는 액상 증발가스를

감압밸브(61)로 감압 후 내부에 저장할 수 있으며, 불응축가스가 내부의 냉각 유로(62)를 통과하면서 액상 증발가스와 열교환 되도록 마련된다. 이때 추가 인터쿨러(60c)의 내부를 통과하는 불응축가스는, 액상 증발가스에 의해 냉각된 후 액화가스 저장탱크(10)로 전달될 수 있다.

- [105] 또한 추가 인터쿨러(60c)는, 앞서 설명한 제1 인터쿨러(60a)와 유사하게 열교환 시 내부에서 발생하는 기상 증발가스를 압축기(30)에 전달할 수 있다. 따라서 추가 인터쿨러(60c)는 압축기(30) 중간 냉각을 구현하는 용도로도 사용될 수 있다.
- [106] 및/또는 추가 인터쿨러(60c)는, 열교환에 의해 발생하는 기상 증발가스를 인터쿨러(60)에서 액화가스 저장탱크(10)로 유동하는 액상 증발가스에 전달할 수 있다. 즉 추가 인터쿨러(60c)는 기상 증발가스가 증발가스 액화라인(L20)으로 주입되도록 할 수 있으며, 이 경우 추가 인터쿨러(60c)로부터 증발가스 액화라인(L20)으로 전달되는 기상 증발가스는, 후술할 기액분리기(80)로부터 증발가스 액화라인(L20)으로 액상이 유입되는 지점의 부근에 합류될 수 있다.
- [107] 리시버(50)에서 분리된 불응축가스가 추가 인터쿨러(60c)의 내부를 통과하면서 증발가스에 의해 냉각되더라도 완전 재액화되지 못할 수 있으므로, 이를 대비하기 위해 기액분리기(80)가 마련될 수 있고, 불응축가스 처리라인(L22)은 리시버(50)로부터 연장되어 추가 인터쿨러(60c)를 경유한 뒤 기액분리기(80)로 연결될 수 있다. 기액분리기(80)에 대해서는 이하에서 후술한다.
- [108] 기액분리기(80)는, 냉각된 불응축가스를 전달받아 기액분리한다. 기액분리기(80)는 불응축가스 처리라인(L22) 상에 마련되며, 불응축가스의 흐름을 기준으로 추가 인터쿨러(60c)와 액화가스 저장탱크(10) 사이에 구비될 수 있다.
- [109] 앞서 언급한 바와 같이 리시버(50)에서 분리된 불응축가스는 추가 인터쿨러(60c) 내 증발가스에 의해 적어도 일부 액화되지만, 일부 기상이 존재할 수 있고, 기상을 액화가스 저장탱크(10)로 주입할 경우 응축기(40)에서의 제1 물질 비율 저감 효과가 낮아질 수 있다.
- [110] 따라서 기액분리기(80)는 냉각된 불응축가스 중 액상만 액화가스 저장탱크(10)로 전달할 수 있으며, 기상은 벤트라인(L23)을 통해 외부(vent header 등)로 배출하거나 별도의 수요처로 공급할 수 있다.
- [111] 이와 같이 본 실시예는 액화가스를 재액화하는 과정에서 제1 물질의 지속 순환이 발생함에 따라 응축기(40) 액화 효율이 저하되는 문제를, 리시버(50)에서 분리될 수 있는 불응축가스를 증발가스로 냉각 처리함으로써 해결할 수 있다. 따라서 본 실시예는 불응축가스 처리모드를 별도로 가동할 필요성을 생략하거나 낮출 수 있고, 안정적인 액화 성능을 유지할 수 있다.
- [112] 본 발명은 앞서 설명된 실시예 외에도, 상기 실시예들의 조합과 상기 실시예 중 적어도 어느 하나와 공지기술의 조합에 의해 발생하는 실시예들을 모두

포괄한다.

- [113] 이상 본 발명을 구체적인 실시예를 통하여 상세히 설명하였으나, 이는 본 발명을 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명은 이에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상 내에서 당해 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 그 변형이나 개량이 가능함은 명백하다고 할 것이다.
- [114] 본 발명의 단순한 변형 내지 변경은 모두 본 발명의 영역에 속하는 것으로 본 발명의 구체적인 보호 범위는 첨부된 특허청구범위에 의하여 명확해질 것이다.

청구범위

- [청구항 1] 중탄화수소인 액화가스를 처리하는 시스템으로서,
액화가스 저장탱크에서 발생하는 증발가스를 다단으로 압축하는 압축기;
상기 압축기에서 압축된 증발가스를 응축시키는 응축기;
상기 응축기에서 응축된 액상 증발가스 중 일부와 나머지를 상호
열교환시키며, 열교환에 의해 발생한 기상 증발가스를 상기 압축기에
전달하고 액상 증발가스는 상기 액화가스 저장탱크로 전달하는
인터쿨러;
상기 액화가스 저장탱크의 액화가스를 가압하는 액화가스 펌프를
포함하며,
상기 액화가스 펌프는,
액화가스를 상기 인터쿨러로 전달하여 상기 인터쿨러 내의 기상
증발가스를 액화시키는, 증발가스 재액화 시스템.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서, 상기 인터쿨러는,
상기 응축기에서 응축된 액상 증발가스 중 일부를 감압밸브로 감압 후
내부에 저장하고 나머지를 내부에 통과시켜서 증발가스를 상호
열교환시키며,
상기 액화가스 펌프는,
상기 인터쿨러의 내부에 액화가스를 주입해 액화가스가 상기 인터쿨러
내부에 저장된 일부의 증발가스의 온도를 떨어뜨리고 상기 인터쿨러
내부를 통과하는 나머지의 증발가스를 냉각하도록 하는, 증발가스
재액화 시스템.
- [청구항 3] 제 1 항에 있어서,
액화가스는, 비등점이 서로 다른 제1 물질과 제2 물질의 혼합물이고,
상기 인터쿨러는, 증발가스 간 열교환 시 비등점이 상대적으로 낮은 제1
물질을 기상 증발가스로서 상기 압축기에 전달되는, 증발가스 재액화
시스템.
- [청구항 4] 제 3 항에 있어서, 상기 액화가스 펌프는,
액화가스를 상기 인터쿨러로 전달하여 상기 인터쿨러 내에서 제1 물질의
증발량을 기설정값 이내로 제한하는, 증발가스 재액화 시스템.
- [청구항 5] 제 3 항에 있어서,
시스템 가동 시간 경과에 따라, 제1 물질이 상기 압축기, 상기 응축기,
상기 인터쿨러를 지속 순환하면서 상기 응축기를 유동하는 증발가스의
제1 물질 비율이 증가하고,
상기 액화가스 펌프는,
상기 응축기를 유동하는 증발가스 내 제1 물질 비율이 기설정값 이내가
되도록, 액화가스를 상기 인터쿨러로 전달하여 상기 인터쿨러에서 상기

- [청구항 6] 압축기로 전달되는 제1 물질 유량을 줄이는, 증발가스 재액화 시스템.
제 3 항에 있어서, 상기 액화가스 펌프는,
상기 응축기를 유동하는 증발가스 내 제1 물질 비율이 기설정값 이상이
될 경우 액화가스를 상기 인터쿨러로 전달하는, 증발가스 재액화 시스템.
- [청구항 7] 제 1 항의 상기 증발가스 재액화 시스템을 갖는, 선박.