

(52) CPC특허분류

B63H 21/38 (2013.01)
F17C 13/025 (2013.01)
F17C 13/026 (2013.01)
F17C 13/04 (2013.01)
F17C 6/00 (2013.01)
F17C 9/02 (2013.01)
F25J 1/0027 (2013.01)
F25J 1/0097 (2013.01)
F25J 1/0277 (2013.01)

(72) 발명자

장재형

서울특별시 영등포구 양평로24길 9, 105동 1804호
(양평동5가, 양평동한신아파트)

조두현

서울특별시 영등포구 선유서로26길 23, 702호 (양평동1가, 이너스삼성아파트)

명세서

청구범위

청구항 1

선박에 마련되며 액화이산화탄소를 저장하는 이산화탄소탱크;

선내 엔진의 연료로 공급될 저온액화가스를 저장하는 연료탱크;

상기 이산화탄소탱크에서 발생하는 이산화탄소 증발가스를 재액화하여 상기 이산화탄소탱크로 회수하는 이산화탄소재액화라인;

상기 이산화탄소재액화라인에 마련되며 상기 이산화탄소탱크로부터 이산화탄소 증발가스를 공급받아 압축하는 압축기;

상기 압축기에서 압축된 이산화탄소 증발가스를 공급받아 냉각하는 제1 열교환기;

상기 연료탱크로부터 상기 제1 열교환기를 거쳐 상기 엔진으로 연결되는 연료공급라인;

상기 연료공급라인에 마련되며 상기 엔진에서 필요한 압력으로 상기 저온액화가스를 압축하는 압축장치; 및

상기 연료공급라인에서 분기되어 상기 제1 열교환기를 우회하여 상기 압축장치 전단으로 연결되는 제1 분기라인:을 포함하는 이산화탄소운반선의 증발가스처리시스템.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 제1 분기라인에 마련되어 상기 제1 열교환기를 우회하는 저온액화가스의 유량을 조절하는 제1 컨트롤밸브;

상기 연료공급라인에서 상기 제1 열교환기 후단의 저온액화가스 온도를 감지하는 제1 온도센서; 및

상기 제1 온도센서에서 감지된 저온액화가스 온도에 따라 상기 제1 컨트롤밸브를 제어하는 제1 온도제어부:를 더 포함하며,

상기 제1 온도센서에서 감지된 온도가 기준 온도 이하이면 상기 저온액화가스 일부를 상기 제1 분기라인을 통해 상기 제1 열교환기를 우회시켜, 상기 제1 열교환기에서 냉각되는 증발가스에서의 드라이아이스(dry ice) 형성을 방지하는 것을 특징으로 하는 이산화탄소운반선의 증발가스처리시스템.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 이산화탄소재액화라인에서 상기 제1 열교환기의 하류에 마련되어 이산화탄소 증발가스를 추가 냉각하는 제 2 열교환기;

상기 제2 열교환기에서 증발가스 냉각을 위한 냉매가 순환하는 냉매순환라인; 및

상기 냉매순환라인에서 분기되어 상기 제2 열교환기를 우회하도록 마련되는 제2 분기라인:을 더 포함하며,

상기 냉매순환라인의 냉매 일부를 상기 제2 분기라인을 통해 상기 제2 열교환기를 우회시켜 상기 이산화탄소재액화라인에서 상기 제2 열교환기 하류의 온도를 조절할 수 있는 것을 특징으로 하는 이산화탄소운반선의 증발가스처리시스템.

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 제2 분기라인에 마련되어 상기 제2 열교환기를 우회하는 냉매의 유량을 조절하는 제2 컨트롤밸브;

상기 이산화탄소재액화라인에서 상기 제2 열교환기 후단의 이산화탄소 증발가스 온도를 감지하는 제2 온도센서;

및

상기 제2 온도센서에서 감지된 온도에 따라 상기 제2 컨트롤밸브를 제어하는 제2 온도제어부:를 더 포함하는 이산화탄소온반선의 증발가스처리시스템.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 연료공급라인에서 상기 압축장치의 하류에 마련되며 상기 엔진에서 필요한 온도로 상기 저온액화가스의 온도를 조절하는 온도조절기;

상기 온도조절기 하류에서 상기 연료공급라인 내부의 압력을 감지하는 압력센서; 및

상기 압력센서에서 감지된 압력값을 수신하여 상기 제2 온도제어부로 제어 신호를 출력하는 피드포워드(feed-forward) 제어부:를 더 포함하며,

상기 피드포워드제어부에서는 상기 압력값에 의해 엔진의 비정상 작동이 감지되면 상기 제2 온도제어부로 제어 신호를 출력하는 이산화탄소온반선의 증발가스처리시스템.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 제2 온도제어부에서는 상기 제어신호를 수신하면 상기 제2 컨트롤밸브를 제어하여 상기 제2 분기라인을 통해 상기 제2 열교환기를 우회하는 냉매의 유량을 늘려, 상기 이산화탄소재액화라인을 따라 상기 제2 열교환기를 통과하는 이산화탄소 증발가스의 과냉을 방지하는 것을 특징으로 하는 이산화탄소온반선의 증발가스처리시스템.

청구항 7

제 5항에 있어서, 상기 이산화탄소재액화라인에는

상기 제2 열교환기의 하류에서 상기 이산화탄소 증발가스를 감압하는 감압장치; 및

상기 감압장치를 통과한 이산화탄소를 기액분리하는 기액분리기:가 마련되고,

상기 기액분리기에서 분리된 액체는 상기 이산화탄소탱크로 회수되고, 기체는 상기 압축기 전단으로 공급되는 것을 특징으로 하는 이산화탄소온반선의 증발가스처리시스템.

청구항 8

제 3항에 있어서, 상기 냉매순환라인에는

상기 냉매를 압축하는 냉매압축기;

상기 냉매압축기에서 압축된 냉매를 냉각하는 냉매냉각기; 및

상기 냉매냉각기에서 냉각된 냉매를 감압으로 추가 냉각하여 상기 제2 열교환기로 공급하는 냉매감압기:가 마련되는 이산화탄소온반선의 증발가스처리시스템.

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 냉매순환라인에 마련되어 상기 제2 열교환기를 통과한 냉매를 기액분리하는 냉매분리기:를 더 포함하되,

상기 냉매순환라인의 냉매는 이산화탄소이고, 상기 냉매분리기에서 분리된 액체는 상기 이산화탄소탱크로 회수되고, 기체는 상기 냉매압축기로 공급되는 것을 특징으로 하는 이산화탄소온반선의 증발가스처리시스템.

청구항 10

제 1항 내지 제 9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 연료탱크에 저장되어 엔진 연료로 공급되는 저온액화가스는 LNG 또는 암모니아인 것을 특징으로 하는 이산

화탄소운반선의 증발가스처리시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 이산화탄소운반선의 증발가스처리시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 연료탱크로부터 엔진으로 공급될 연료의 냉열로 액화이산화탄소에서 발생하는 이산화탄소 증발가스를 냉각하여 재액화하면서, 열교환기를 우회하는 분기라인을 마련하여 열교환기의 냉열량을 조절함으로써 파냉으로 인한 드라이아이스 형성을 방지하는 이산화탄소운반선의 증발가스처리시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 지구온난화 현상의 심화에 따라 전세계적으로 온실가스 배출을 감축하려는 노력이 이루어지고 있고, 선진국들의 온실가스 감축 의무를 담았던 1997년 교토의정서가 2020년 만료됨에 따라, 2015년 12월 프랑스 파리에서 열린 제21차 유엔기후변화협약에서 채택되고 2016년 11월 발효된 파리기후변화협약(Paris Climate Change Accord)에 의해 협정에 참여한 195개 당사국들은 온실가스 감축을 목표로 다양한 노력을 기울이고 있다.

[0003] 이러한 세계적인 추세와 함께 화석연료와 원자력을 대체할 수 있는 무공해에너지로서 풍력, 태양광, 태양열, 바이오에너지, 조력, 지열 등과 같은 재생가능에너지(또는 재생에너지)에 대한 관심이 높아지고 다양한 기술 개발이 이루어지고 있다.

[0004] 선박의 항로, 교통규칙, 항만시설 등을 국제적으로 통일하기 위해 설치된 유엔 전문기구인 국제 해사 기구(IMO: International Maritime Organization)는 선박에 의한 전세계 온실가스 배출량이 2007년 기준 2.7% 수준에서 2050년에는 12~18%로 증가할 것으로 예상하고, 선박에 의한 대기오염 방지를 위해 MARPOL 협약 Annex VI에 '대기오염 방지'를 추가하여 SOx(황산화물), NOx(질소산화물), ODS(오존층파괴유발물질) 등을 규제 대상물질로 정한 바 있다.

[0005] 이에 따라 최근 LNG, LPG, CNG, DME 등의 액화가스를 선박의 연료로 사용하는 기술이 각광받고 있다. 특히, LNG는 이산화탄소 배출량이 벙커C유 등 석탄계 연료에 비하여 20% 이상 적고, 나아가 대기오염의 주범 물질인 질소산화물과 황산화물은 거의 배출되지 않기 때문에 다른 화석 연료에 비해 친환경 연료로 평가받으면서, 국제적인 배기가스 배출규제 강화 추세에 따라 LPG 또는 LNG 운반선 외에 일반 선박에서도 LNG 등을 추진 연료로 사용하는 선박이 증가하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] IMO(International Maritime Organization, 국제해사기구)는 온실가스에 대해 08년과 대비하여 2050년 50% 저감, 2100년 100% 저감(GHG Zero Emission)을 목표로 제시하고, 그에 따라 각 국가 및 지역의 규제가 강화될 것으로 예상된다.

[0007] IMO가 신조 선박에 적용하는 강제성 있는 이산화탄소 저감 규정인 EEDI(Energy Efficiency Design Index, 에너지효율설계지수)에 따르면, 초기 EEDI 발표에서는 2013 내지 2015년의 이산화탄소 배출량을 기준으로 2015년 이산화탄소 배출량을 10% 저감하는 EEDI Phase 1이 적용되고, 5년 마다 1 단계씩 강화·적용하여 2025년 Phase 3를 적용하도록 예정되어 있었으나, LPG 운반선에 대해서는 EEDI Phase 2 적용 후 2년만인 2022년부터 EEDI Phase 3를 조기 적용하도록 하고 있고, 2030년 이후 발주 선박은 2008년 발주 선박 대비 탄소배출량을 40%, 2050년까지는 50%까지 감축하도록 결정하는 등 기후변화와 온실가스 배출에 대한 국제적 관심이 커지면서 선박에 대해서도 이산화탄소 배출에 대한 규제가 급격히 강화되는 추세이다.

[0008] 이러한 규제 강화 추세에 따라, 이산화탄소 배출이 없는 친환경 연료 기술 개발, 화석연료 연소가스 중의 이산화탄소를 포집하여 메탄이나 메탄올 등으로 전환하거나 액화하는 기술 등 다양한 기술들이 연구되고 있다. 특히 경제성 있는 신재생에너지 기술의 개발이 이루어질 때까지는 화석연료 사용이 불가피하므로, 화석연료 사용으로 발생한 이산화탄소를 포집하여 효과적으로 처리할 수 있는 기술 개발도 필요하다.

[0009] 본 발명은 포집된 이산화탄소를 저장 및 수송에 효율적인 액체 상태로 선박을 통해 운반하면서 액화이산화탄소에서 발생하는 증발가스를 효과적으로 처리할 수 있는 방안을 제안하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0010] 선박에 마련되며 액화이산화탄소를 저장하는 이산화탄소탱크;
- [0011] 선내 엔진의 연료로 공급될 저온액화가스를 저장하는 연료탱크;
- [0012] 상기 이산화탄소탱크에서 발생하는 이산화탄소 증발가스를 재액화하여 상기 이산화탄소탱크로 회수하는 이산화탄소재액화라인;
- [0013] 상기 이산화탄소재액화라인에 마련되며 상기 이산화탄소탱크로부터 이산화탄소 증발가스를 공급받아 압축하는 압축기;
- [0014] 상기 압축기에서 압축된 이산화탄소 증발가스를 공급받아 냉각하는 제1 열교환기;
- [0015] 상기 연료탱크로부터 상기 제1 열교환기를 거쳐 상기 엔진으로 연결되는 연료공급라인;
- [0016] 상기 연료공급라인에 마련되며 상기 엔진에서 필요한 압력으로 상기 저온액화가스를 압축하는 압축장치; 및
- [0017] 상기 연료공급라인에서 분기되어 상기 제1 열교환기를 우회하여 상기 압축장치 전단으로 연결되는 제1 분기라인:을 포함하는 이산화탄소운반선의 증발가스처리시스템이 제공된다.
- [0018] 바람직하게는, 상기 제1 분기라인에 마련되어 상기 제1 열교환기를 우회하는 저온액화가스의 유량을 조절하는 제1 컨트롤밸브; 상기 연료공급라인에서 상기 제1 열교환기 후단의 저온액화가스 온도를 감지하는 제1 온도센서; 및 상기 제1 온도센서에서 감지된 저온액화가스 온도에 따라 상기 제1 컨트롤밸브를 제어하는 제1 온도제어부:를 더 포함하며, 상기 제1 온도센서에서 감지된 온도가 기준 온도 이하이면 상기 저온액화가스 일부를 상기 제1 분기라인을 통해 상기 제1 열교환기를 우회시켜, 상기 제1 열교환기에서 냉각되는 증발가스에서의 드라이아이스(dry ice) 형성을 방지할 수 있다.
- [0019] 바람직하게는, 상기 이산화탄소재액화라인에서 상기 제1 열교환기의 하류에 마련되어 이산화탄소 증발가스를 추가 냉각하는 제2 열교환기; 상기 제2 열교환기에서 증발가스 냉각을 위한 냉매가 순환하는 냉매순환라인; 및 상기 냉매순환라인에서 분기되어 상기 제2 열교환기를 우회하도록 마련되는 제2 분기라인:을 더 포함하며, 상기 냉매순환라인의 냉매 일부를 상기 제2 분기라인을 통해 상기 제2 열교환기를 우회시켜 상기 이산화탄소재액화라인에서 상기 제2 열교환기 하류의 온도를 조절할 수 있다.
- [0020] 바람직하게는, 상기 제2 분기라인에 마련되어 상기 제2 열교환기를 우회하는 냉매의 유량을 조절하는 제2 컨트롤밸브; 상기 이산화탄소재액화라인에서 상기 제2 열교환기 후단의 이산화탄소 증발가스 온도를 감지하는 제2 온도센서; 및 상기 제2 온도센서에서 감지된 온도에 따라 상기 제2 컨트롤밸브를 제어하는 제2 온도제어부:를 더 포함할 수 있다.
- [0021] 바람직하게는, 상기 연료공급라인에서 상기 압축장치의 하류에 마련되며 상기 엔진에서 필요한 온도로 상기 저온액화가스의 온도를 조절하는 온도조절기; 상기 온도조절기 하류에서 상기 연료공급라인 내부의 압력을 감지하는 압력센서; 및 상기 압력센서에서 감지된 압력값을 수신하여 상기 제2 온도제어부로 제어 신호를 출력하는 피드포워드(feed-forward) 제어부:를 더 포함하며, 상기 피드포워드제어부에서는 상기 압력값에 의해 엔진의 비정상 작동이 감지되면 상기 제2 온도제어부로 제어신호를 출력할 수 있다.
- [0022] 바람직하게는 상기 제2 온도제어부에서는 상기 제어신호를 수신하면 상기 제2 컨트롤밸브를 제어하여 상기 제2 분기라인을 통해 상기 제2 열교환기를 우회하는 냉매의 유량을 늘려, 상기 이산화탄소재액화라인을 따라 상기 제2 열교환기를 통과하는 이산화탄소 증발가스의 과냉을 방지할 수 있다.
- [0023] 바람직하게는 상기 이산화탄소재액화라인에는, 상기 제2 열교환기의 하류에서 상기 이산화탄소 증발가스를 감압하는 감압장치; 및 상기 감압장치를 통과한 이산화탄소를 기액분리하는 기액분리기:가 마련되고, 상기 기액분리기에서 분리된 액체는 상기 이산화탄소탱크로 회수되고, 기체는 상기 압축기 전단으로 공급될 수 있다.
- [0024] 바람직하게는 상기 냉매순환라인에는, 상기 냉매를 압축하는 냉매압축기; 상기 냉매압축기에서 압축된 냉매를 냉각하는 냉매냉각기; 및 상기 냉매냉각기에서 냉각된 냉매를 감압으로 추가 냉각하여 상기 제2 열교환기로 공급하는 냉매감압기:가 마련될 수 있다.
- [0025] 바람직하게는, 상기 냉매순환라인에 마련되어 상기 제2 열교환기를 통과한 냉매를 기액분리하는 냉매분리기:를 더 포함하되, 상기 냉매순환라인의 냉매는 이산화탄소이고, 상기 냉매분리기에서 분리된 액체는 상기 이산화탄

소탱크로 회수되고, 기체는 상기 냉매압축기로 공급될 수 있다.

[0026] 바람직하게는 상기 연료탱크에 저장되어 엔진 연료로 공급되는 저온액화가스는 LNG 또는 암모니아일 수 있다.

발명의 효과

[0027] 본 발명에서는 고체나 기체에 비해 선박을 통한 저장 및 수송에 보다 효율적인 액체 상태로 이산화탄소를 저장하여 수송할 수 있도록 하면서, 이산화탄소탱크에서 발생하는 증발가스의 처리를 통해 탱크 온도와 압력을 조절할 수 있도록 한다.

[0028] 선내 엔진으로 공급될 연료의 냉열을 이용하여 이산화탄소 증발가스를 냉각하여 재액화함으로써 선박의 에너지 효율을 높이고 운전 비용을 절감할 수 있도록 한다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 이산화탄소운반선의 증발가스처리시스템을 개략적으로 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 본 발명의 동작상 이점 및 본 발명의 실시예에 의하여 달성되는 목적을 충분히 이해하기 위해서는 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 첨부도면 및 첨부도면에 기재된 내용을 참조하여야 한다.

[0031] 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.

[0033] 후술하는 본 발명의 실시예들에서 이산화탄소운반선은, 액화이산화탄소를 저장하는 저장탱크가 마련되고, LNG, 암모니아 등과 같이 저온에서 액화된 액화가스를 추진용 또는 발전용 엔진, 선내 기관 등의 연료로 사용할 수 있는 모든 종류의 선박일 수 있다. 본 실시예들에서는 대표적인 저온액화가스 중 하나인 LNG가 연료로 공급되는 것을 예로 들어 설명하기로 한다.

[0034] 한편, 본 실시예들의 각 라인을 흐르는 유체는, 시스템의 운용 조건에 따라, 액체 상태, 기액 혼합 상태, 기체 상태, 초임계유체 상태 중 어느 하나의 상태일 수 있다.

[0036] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 이산화탄소운반선의 증발가스처리시스템을 개략적으로 도시한다.

[0037] 도 1에 도시된 바와 같이 본 실시예의 증발가스처리시스템은, 선박에 마련되며 액화이산화탄소를 저장하는 이산화탄소탱크(CT), 선내 엔진의 연료로 공급될 저온액화가스를 저장하는 연료탱크(FT), 이산화탄소탱크에서 발생하는 이산화탄소 증발가스를 재액화하여 이산화탄소탱크로 회수하는 이산화탄소재액화라인(RL), 이산화탄소재액화라인에 마련되며 이산화탄소탱크로부터 이산화탄소 증발가스를 공급받아 압축하는 압축기(100), 압축기에서 압축된 이산화탄소 증발가스를 공급받아 냉각하는 제1 열교환기(110), 연료탱크로부터 제1 열교환기를 거쳐 엔진으로 연결되는 연료공급라인(FL), 연료공급라인에 마련되며 엔진에서 필요한 압력으로 저온액화가스를 압축하는 압축장치(210), 연료공급라인에서 분기되어 제1 열교환기를 우회하여 압축장치 전단으로 연결되는 제1 분기라인(BL1)을 포함한다.

[0038] 이산화탄소탱크(CT)는 이산화탄소의 삼중점 이상으로 내부 압력을 유지할 수 있는 압력용기로 마련되어, 이산화탄소를 액체 상태로 저장할 수 있다. 이산화탄소의 삼중점은 약 5.18 bara, -56.7℃이므로, 통상 대기압 하에서는 냉각 시 고체로 상변화하여 드라이아이스를 형성한다. 따라서 압력용기로 된 이산화탄소탱크(CT)를 구비하고 탱크 내부 압력을 이산화탄소의 삼중점 이상으로 압력을 유지하면서, 해당 압력에서의 이산화탄소 끓는점 이하의 저온으로 탱크 온도를 유지함으로써 고체보다 선박을 통한 저장 및 수송에 보다 효율적인 액체 상태로 이산화탄소를 저장할 수 있다.

[0039] 또한 본 실시예에서는 이산화탄소탱크에서 발생하는 이산화탄소 증발가스를 탱크에서 배출하여 압축 및 냉각하여 재액화한 후 회수하되, 선내 엔진 연료로 사용될 LNG 냉열을 이산화탄소 증발가스 재액화에 이용한다.

[0040] 그런데, 선박 속력이나 전력 수요 등에 따라 엔진의 부하가 변동되면, 그에 따라 연료로 공급되는 LNG 유량이

변화한다. 따라서 선내 추진엔진이나 발전엔진 등의 연료로 사용될 LNG 냉열을 이산화탄소 증발가스 재액화에 이용하는 경우, 연료로 공급되는 LNG 유량 변화에 따라 이산화탄소 증발가스에 공급되는 냉열량이 변동되어 드라이아이스가 생성될 수 있는데, 본 실시예에서는 열교환기를 우회하는 분기라인을 마련하고 열교환기의 냉열량을 조절하여 이산화탄소 증발가스의 과냉 및 드라이아이스(dry ice) 생성을 방지할 수 있도록 하는 것이 특징이다.

- [0041] 이를 위해 제1 분기라인(BL1)에는 제1 열교환기(110)를 우회하는 저온액화가스의 유량을 조절하는 제1 컨트롤밸브(TCV1)가 마련되고, 연료공급라인에서 제1 열교환기 후단의 저온액화가스 온도를 감지하는 제1 온도센서(T1)가 마련되어, 제1 온도센서에서 감지된 저온액화가스 온도에 따라 제1 온도제어부(TC1)에서 제1 컨트롤밸브(TCV1)를 제어하여 제1 열교환기(110)를 우회하는 저온액화가스 유량을 조절할 수 있다.
- [0042] 제1 온도센서에서 감지된 제1 열교환기 후단의 LNG 온도가 기준 온도 이하이면 LNG 일부를 제1 분기라인(BL1)을 통해 제1 열교환기(110)를 우회시켜, 제1 열교환기의 냉열량을 조절하여 제1 열교환기에서 냉각되는 증발가스의 과냉 및 드라이아이스(dry ice) 형성을 방지할 수 있다.
- [0043] 그런데, 엔진의 부하(load)에 따라 엔진 연료로 공급될 LNG 만으로는 이산화탄소 재액화에 필요한 충분한 냉열이 공급되지 못할 수도 있다. 본 실시예에서는 이와 같이 엔진으로 공급될 연료로는 냉열이 부족할 경우에도 원활하게 이산화탄소 재액화가 이루어질 수 있도록 이산화탄소재액화라인에서 제1 열교환기의 하류에 이산화탄소 증발가스를 추가 냉각하는 제2 열교환기(120)를 마련하였다.
- [0044] 제2 열교환기(120)에는 증발가스 냉각을 위한 냉매가 순환하는 냉매순환라인(CL)을 통해 냉매로부터 냉열이 공급되는데, 냉매순환라인의 냉매로는 이산화탄소를 활용할 수 있다.
- [0045] 냉매순환라인에는, 냉매를 압축하는 냉매압축기(300), 냉매압축기에서 압축된 냉매를 냉각하는 냉매냉각기(310), 냉매냉각기에서 냉각된 냉매를 감압으로 추가 냉각하여 제2 열교환기로 공급하는 냉매감압기(320), 제2 열교환기를 통과한 냉매를 기액분리하는 냉매분리기(330)가 마련된다. 냉매압축기에서 압축된 냉매는 냉매냉각기에서 일정 온도로 냉각되고, 냉매감압기에서 감압을 통해 팽창냉각된 후 제2 열교환기로 도입되고, 제2 열교환기를 통과한 냉매는 냉매분리기에서 기액 분리되어 기체는 냉매압축기로 재공급되어 냉매순환라인을 순환하고, 액체는 재액화된 이산화탄소와 함께 이산화탄소탱크로 이송된다.
- [0046] 제1 열교환기를 우회할 수 있는 제1 분기라인과 마찬가지로, 냉매순환라인에서 분기되어 제2 열교환기(120)를 우회하는 제2 분기라인(BL2)이 마련되고, 제2 분기라인에는 제2 열교환기를 우회하는 냉매의 유량을 조절하는 제2 컨트롤밸브(TCV2)가 마련된다. 제2 분기라인은 냉매냉각기 후단에서 냉매순환라인으로부터 분기되어 제2 열교환기 후단으로 연결될 수 있다.
- [0047] 이산화탄소재액화라인(RL)에서 제2 열교환기(120) 후단의 이산화탄소 증발가스 온도를 감지하는 제2 온도센서(T2)가 마련되고, 제2 온도센서에서 감지된 제2 열교환기 후단 이산화탄소 온도에 따라 제2 컨트롤밸브를 제어하는 제2 온도제어부(TC2)가 마련된다. 제2 온도센서(T2)에서 제2 열교환기 후단의 냉각된 이산화탄소 증발가스 온도를 감지하여 그 온도에 따라 제2 온도제어부(TC2)에서 냉매순환라인(CL)의 냉매 일부를 제2 분기라인(BL2)을 통해 제2 열교환기(120)를 우회시킴으로써 제2 열교환기로 공급되는 냉열량을 조절할 수 있다.
- [0048] 이와 같이 제1 열교환기에서는 냉열 공급에 이용되는 LNG의 온도에 따라 제1 열교환기를 통과하는 LNG 유량과 우회하는 LNG 유량을 조절하고, 제2 열교환기에서는 재액화된 이산화탄소 온도에 따라 제2 열교환기의 냉매 유량을 조절하여 과냉에 의한 드라이아이스 생성을 방지한다.
- [0049] 이산화탄소재액화라인(RL)에는, 제2 열교환기의 하류에서 이산화탄소 증발가스를 감압하는 감압장치(130)와, 감압장치를 통과한 이산화탄소를 기액분리하는 기액분리기(140)가 마련된다. 제1 열교환기 및 제2 열교환기를 거쳐 냉각된 이산화탄소 증발가스는 감압장치에서 감압을 통해 줄-톰슨 효과(Joule-Thomson effect)에 의해 추가 냉각되고, 기액분리기에서 기액 분리되어 액체는 이산화탄소탱크로 회수되고, 기체는 가스라인(GL)을 통해 압축기 전단으로 공급되어 이산화탄소재액화라인을 따라 다시 재액화 과정을 거친다.
- [0051] 한편, 제1 열교환기(110) 또는 제1 분기라인(BL1)을 통과한 LNG는 연료공급라인(FL)을 따라 선박의 추진용 또는 발전용 엔진, 선내 기관 등 선내 엔진으로 공급될 수 있다. 즉, 연료탱크(FT)의 LNG는 연료공급펌프(200)에 의해 이송되어 제1 열교환기(200)를 거쳐 이산화탄소 증발가스와 열교환을 통해 이산화탄소 증발가스를 냉각시키면서 예열되고, 압축장치(210)에서 연료공급에 필요한 압력으로 압축된 후 온도조절기(220)를 거쳐 가열 또는

냉각하여 엔진에서 필요한 연료공급온도로 온도 조절 후 엔진에 공급된다.

- [0052] 극저온인 LNG를 엔진 연료로 공급하기 위해서는 엔진에서 필요한 온도로 가열하기 위해 상당한 양의 스팀 등 열 에너지를 필요로 하는데, 본 실시예에서는 이산화탄소 증발가스와 열교환을 통해 이산화탄소 증발가스를 냉각하는 동시에 엔진 연료로 공급될 LNG는 가열함으로써, 스팀 등의 사용을 줄이고 선박의 에너지 효율을 높이며 운전 비용을 절감할 수 있다.
- [0053] 한편, 엔진의 Trip과 같은 비정상 작동 시에는 제1 열교환기(110)에 다량의 LNG가 정체되면서 이산화탄소재액화라인(RL)을 지나는 이산화탄소 증발가스의 온도가 순간적으로 내려갈 수 있다. 본 실시예에서는 제2 온도제어부(TC2)를 통해 제2 컨트롤밸브(TCV2)에 피드포워드(feed-forward) 제어를 추가로 적용하여 이산화탄소재액화라인(RL)의 이산화탄소 증발가스 온도가 순간적으로 내려가는 것을 방지한다.
- [0054] 이를 위해 온도조절기(220) 하류에서 연료공급라인 내부의 압력을 감지하는 압력센서(PT)가 마련되고, 압력센서에서 감지된 압력값을 수신하여 제2 온도제어부로 제어 신호를 출력하는 피드포워드(feed-forward) 제어부(FC)가 마련된다.
- [0055] 피드포워드제어부(FC)에서는 압력센서(PT)에서 감지된 압력값에 의해 엔진 Trip과 같은 엔진의 비정상 작동이 감지되면 제2 온도제어부(TC2)로 제어신호를 출력하고, 제2 온도제어부(TC2)에서는 피드포워드제어부로부터 제어신호를 수신하면 레벨표시제어기(LC)를 통해 제2 컨트롤밸브(TCV2)를 제어하여 제2 분기라인(BL2)을 통해 제2 열교환기(120)를 우회하는 냉매의 유량을 늘리고 제2 열교환기를 통과하는 냉매 유량을 줄여, 이산화탄소재액화라인(RL)을 따라 제2 열교환기(120)를 통과하는 이산화탄소 증발가스의 과냉 및 드라이아이스 형성을 방지할 수 있다.
- [0056] 이와 같이 본 실시예에서는 이산화탄소탱크에서 발생하는 증발가스를 재액화하여 탱크 압력을 안전하게 유지하면서 배관 및 탱크에서의 드라이아이스 생성을 방지할 수 있다.
- [0058] 본 발명은 상기 실시예에 한정되지 않고, 본 발명의 기술적 요지를 벗어나지 아니하는 범위 내에서 다양하게 수정 또는 변형되어 실시될 수 있음은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어서 자명한 것이다.

부호의 설명

- [0059] CT: 이산화탄소탱크
- FT: 연료탱크
- RL: 이산화탄소재액화라인
- FL: 연료공급라인
- CL: 냉매순환라인
- 100: 압축기
- 110: 제1 열교환기
- 120: 제2 열교환기
- 130: 감압장치
- 140: 기액분리기

도면

도면1

