

중소규모 육상 및 해상 LNG 플랜트의 초저온 액화 공정 설계를 위한 과열도 효율 고도화

Efficiency Improvement in the Degree of Super-heating for Cryogenic Liquefaction Process Design of Small and Mid-scale Offshore and Onshore LNG Plant

김형진 · 박찬국 · 이재용 · 김원배

고등기술연구원 플랜트엔지니어링센터

본 연구에서는 육상 LNG 플랜트 및 LNG FPSO topside 엔지니어링에서 에너지 효율 최적화를 위해 응용해볼 수 있는 중소규모급 초저온 액화 공정의 과열도 최적화에 대해 연구하였다. 육상 LNG 플랜트에서 많이 사용되는 대규모 상용급 C3MR 공정과 해상 LNG FPSO에서 사용되는 중소규모형 N₂ expander 공정이 있다. 본 연구에서는 일반적으로 육상 대규모용인 C3MR 공정의 중소규모용 해상 LNG FPSO에 적용 가능성을 타진할 수 있도록 중소규모용 C3MR 공정의 최적 설계 및 운전을 위한 최적화 목적 함수를 이끌어내었다. 설계 목적 함수의 요소로서 부하, 저압력, 고압력, 과열도, 과냉도를 들 수 있으며, 운전 목적 함수의 요소로서 압축기 부하, 밸브 개폐 정도, 열교환기 효율 등이 고려된다. 설계 및 운전 최적화 문제를 과열도의 함수로 표현할 수 있게 된다. 혼합 냉매 사이클과 프로판 사이클의 주요 구성 장비인 압축기에 액체가 주입되면 발생하는 운전 및 기기 손상 문제를 예방하기 위해 압축기 입구에서 냉매의 상태를 건포화증기로 만드는 것이 중요하다. 그러나 액체가 전혀 없는 건포화증기가 되도록 조절하는 것이 매우 어려우므로, 과열을 해주는데 과열도를 $\Delta t_{sh} = 5^{\circ}\text{C}$ 정도의 과열증기로 하는 것이 일반적인 경우이지만, 공정이나 문헌상 차이가 많이 있으며 공정 설계자나 운전자의 경험에 의존하게 되어 체계적인 계산 방법을 구할 필요가 있다. 과열을 지나치게 많이 하면 기화되는 기체 부피가 너무 커지게 되어서 같은 압축 능력을 가진 압축기가 압축할 수 있는 부피가 감소하게 되므로 압축기의 효율성이 떨어지며, 과열을 지나치게 적게 하면 냉매 상태가 일부 액체 상태로 될 수 있기 때문에 장비 손상 문제가 발생한다. 따라서, 과열도를 최적화하여 에너지 효율을 높일 필요가 있다. 본 연구에서는 C3MR 공정의 목적 함수를 AspenTech사의 HYSYS 최적화 모듈을 이용하여 과열도 최적화 계산을 수행하였다. 중소규모형 C3MR 공정에서의 과열도 최적화 연구 결과는 육상 LNG 플랜트와 LNG FPSO용 초저온 액화 공정 최적화 설계나 운전에 활용할 수 있다.