

열교환기 압력강하가 LNG 액화사이클의 효율에 미치는 영향

곽진우¹·손창효¹·최원재²·윤정인⁺

Effect of a Heat Exchanger Pressure Drop on Efficiency of LNG Liquefaction Process

J. W. Kwag¹, C. H. Son¹, W. J. Choi², J. I. Yoon⁺

최근 석유 생산의 고갈로 인해 대체에너지로 천연가스의 수요가 점점 증가하고 있다. 천연가스는 메탄, 에탄, 프로판, 부탄으로 구성되어 있으며 무색, 무취, 무독성을 특징으로 하고 있어 친환경 에너지로써 각광받고 있다. 하지만, LNG 플랜트 사업에서 가장 핵심적인 기술인 천연가스 액화 기술을 일부 선진국들이 독점하고 있기에 수입하고 있는 우리나라로서는 자체 개발하는 것이 시급한 문제로 볼 수 있다.¹⁾ 천연가스 액화 공정은 계속적으로 발전하였으며, 크게는 단일냉매 사이클과 혼합냉매 공정으로 나뉜다. 본 연구는 천연가스 액화 공정 플랜트의 기본이 되는 단일 냉매 캐스케이드 공정을 기초로 하여 열교환기 압력강하에 대해 연구하였다. 대표적인 액화 공정으로는 Phillips optimized cascade process가 있다.²⁾ 이 공정은 1960년대 알래스카 플랜트에 이용했던 공정을 수정하여 Atlantic LNG Planr에 이용했던 공정이며, 각 사이클의 냉각기는 해수 냉각기를 사용하고, 각각의 LNG 열교환기에서 프로판 사이클에서 약 -40℃ 까지, 에탄 사이클은 약 -80℃ 까지, 메탄 사이클에서 천연가스를 약 -160℃ 까지 냉각함으로써 Feed gas를 액화시키는 공정이다.³⁾ 액화공정의 효율을 정하는 데 있어 가장 중요한 요소는 열교환기의 효율성과 압축기의 효율성이다.⁴⁾ 시뮬레이션에 사용된 사이클은 Phillips optimized cascade process를 모사한 사이클이며, 프로판(C3)에는 압축기 3단, 에틸렌(C2)에는 압축기 2단, 메탄(C1)에는 압축기 3단을 적용하였다. 모든 공정의 능력은 5MPTA(Million Ton Per Annum)으로 설정하였다. 전처리 공정을 거친 천연가스 즉, 공급가스(Feed gas)의 조성비는 현재 한국가스공사 삼척기지의 기본설계 조성을 사용하였으며, 압력은 5000kPa, 온도는 32℃로 가정하고 최종 액화정도는 저장 탱크로 될 때를 기준으로 공급가스의 액화효율 92%로 가정하였다. 여기서의 압력은 저장 탱크의 압력 1.209 bar를 기준으로 적용하였다. 각 사이클의 증발기 냉매 측 출구의 건도는 1로, 응축기 냉매 측 출구의 건도는 0으로 설정하였으며, 열교환기의 온도차는 5℃로 설정하였다. 각 사이클에 압축기의 단열효율은 75% 설정하였다.

이번 연구에서는 열교환기에 압력강하를 0에서 부터 100까지 10씩 나누어 분석하였으며, 다음과 같은 결과를 확인할 수 있었다.

- 1) 열교환기의 압력강하가 증가할수록 증발열량, 압축일량, 비압축일량은 증가하였다.
- 2) 열교환기의 압력강하가 증가할수록 COP는 감소하였다.
- 3) 압력강하의 0에서 100변화에서 증발열량은 14.3%, 압축일량은 31.3%, 비압축일량은 31.3% 증가하였고, COP는 23.9%감소하였다.
- 4) 압력강하 0에서 50까지의 COP 변화율 9.3% 감소, 50에서 100까지는 13.3%감소, 0에서 100까지는 23.9% 감소하였는데, 이는 압력강하의 증가 기울기에 비해 COP 변화 기울기가 좀 더 크게 나타남을 알 수 있었다.

후 기

본 연구는 국토해양부 플랜트기술고도화사업 LNG플랜트사업단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] 오승택, 이호생, 백승문, 윤정인, "천연가스 액화 사이클의 특성 분석", 한국동력기계공학학회지, pp.219~223, 2008.
- [2] D.L. Andress, The Phillips optimized cascade LNG process a quarter century of improvement, The Institute of Gas Technology, 1996.
- [3] 윤정인, 오승택, 이호생, 이상규, "LNG 액화 사이클 개발현황", 설비저널, 제38권, 제3호, pp.13~17, 2009
- [4] Jon Mock, Dale Ortego, Jim Rockwell, Satish Gandhi, "A fresh look at LNG process efficiency", LNG INDUSTRY SPRING 2007, pp.1~6, 2007.

+ 윤정인(부경대학교 냉동공조공학과), E-mail: yoonji@pknu.ac.kr, Tel: 051)629-6180

1 부경대학교 대학원

2 STX 조선해양