

## PRO/II 화학공정모사기를 이용한 LPG 저장을 위한 냉동기설계에 관한 연구

조 점호, 이 태종\*  
동양대학교 화학공학과  
경북대학교 화학공학과\*

### A Study on the Design of Refrigerator for the LPG Storage using PRO/II Chemical Process Simulator

Jungho Cho and Taejong Lee\*  
Department of Chemical Engineering, Dong Yang University  
Department of Chemical Engineering, Kyung Buk University\*

#### 서론

냉동기는 저온열원으로부터 열을 흡수하여 고온열원으로 열을 방출시키는 장치이다. 냉동시스템에서 열을 흡수하거나 방출하기 위해서는 작동 유체로서 열수송매체가 필요하며 열의 흡수, 방출 및 이동은 모두 열수송매체를 통해서 이루어진다. 냉동시스템은 기본적으로 다음의 4가지 단계로 구성된다. 우선 기체상태의 냉매를 압축기를 통해서 충분히 압축한 후에 열교환기를 이용해서 완전 응축시킨다. 이때 냉매의 압축 후의 압력은 응축기가 떨어뜨릴 수 있는 온도에서 충분히 액화될 수 있는 압력까지 압축해야 한다. 밸브를 통해서 압력을 떨어뜨린 후 냉매의 온도를 충분히 낮춘 후 증발기에서 냉매의 증발잠열을 이용해서 원하는 대상의 온도를 낮추는 시스템이다. 본 고에서는 액화석유가스(LPG, 주성분은 부탄)가 대규모 저장조에서 증발하는 양 만큼을 계속적으로 응축시키기 위해 프로판 냉매로 사용한 냉동시스템을 구성하는 과정을 PRO/II 화학공정 모사기를 이용해서 Peng-Robinson 상태방정식으로 모사하는 기법을 소개하고자 한다.

#### 프로판 냉동사이클

##### 공정개요

LPG 저장조에서 발생하는 부탄 증기의 재응축을 목적으로 프로판을 냉매로 사용하는 냉동사이클로 압축(K-01) → 응축(E-01) → 팽창(CV-01) → 증발(E-02)의 과정을 갖는 냉동기의 구성은 아래 Fig. 1과 같다.

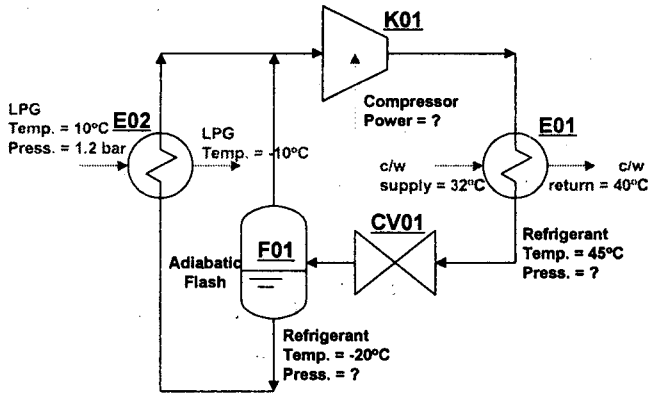


Fig. 1 프로판 냉매를 이용한 LPG 저장을 위한 냉동사이클

### Simulation Basis

냉동기의 공정모사를 수행하기 위한 기본적인 Data로서 LPG 저장조에서 발생하는 부탄 증기의 조성, 유량 및 조건은 다음과 같다. 냉매로 사용되는 프로판의 증발기로 공급되는 온도는  $-20^{\circ}\text{C}$ 이다.

### 부탄

#### 가. Gas Composition

- 1) Propane : 7.80 mole%
- 2) N-butane : 49.08 mole%
- 3) I-butane : 43.12 mole%

#### 나. Condition

- 1) In/Out Temperature :  $10^{\circ}\text{C}$  /  $-10^{\circ}\text{C}$
- 2) In/Out Pressure : 1.2 bar / 1.2 bar

#### 다. Flow Rate

- 1) 15,078 Kg/hr

### PRO/II Simulation

위의 Fig. 1의 냉동사이클을 PRO/II 화학공정모사기로 구성해 보면 다음의 Fig. 2와 같은 Flowsheet가 될 것이다. PRO/II 화학공정모사기를 사용하면 우선 부탄가스를  $-10^{\circ}\text{C}$ 로 액화시키기 위한 증발기의 Heat duty와 압축기의 소요동력 및 응축기의 Heat duty와 순환되는 프로판 냉매의 양을 결정할 수 있다. 또한 압축기의 출구압력 및 밸브를 통해서 얼마나 압력을 떨어뜨려야 냉매의 온도인  $-20^{\circ}\text{C}$ 를 얻을 수 있는지도 결정할 수 있다.

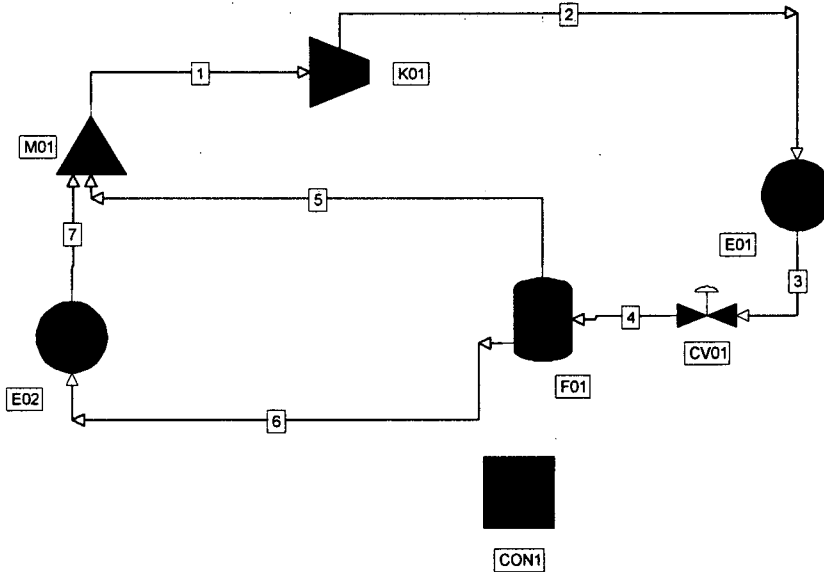


Fig. 2 PRO/II with PROVISION으로 구현한 냉동시스템

### 결론

PRO/II 화학공정모사기를 사용해서 LPG 저장을 위한 프로판 냉동사이클의 모사결과는 다음의 Table 1과 같다.

Table 1. PRO/II를 이용한 프로판 냉매의 냉동공정모사 결과

E-01 응축기의 Heat duty	2.012 MM Kcal/hr
E-02 증발기의 Heat duty	1.469 MM Kcal/hr
K-01 압축기의 Power	649.39 KW (효율 100% 기준)
프로판 냉매의 순환량	27,133 Kg/hr
45℃에서 프로판의 기포점 압력	15.386 bar
-20℃에서 프로판의 이슬점 압력	2.439 bar

### 참고문헌

1. PRO/II Keyword Input Manual
2. 조정호, 혼합냉매에 적용할 수 있는 상태방정식의 혼합규칙의 개발, 한국환경관리학회지, 제 5권 제 1호, 41-47