

# 2상 유동 상태의 냉매가 흐르는 배관의 소음 예측을 위한 소음 선도 개발

## Development of noise pattern map for the prediction of refrigerant-induced noise in the pipe with two-phase flow

김민성\* ·한형석\*\* ·정의봉†

Min-Seong Kim, Hyung-Suk Han and Weui-Bong Jeong

### 1. 서 론

냉동 사이클에서 냉매는 주로 액상과 기상이 공존하는 2상 상태로 존재하게 되며, 이러한 2상 유동은 건도, 기공율, 배관 크기 및 방향, 질량유량 등의 요인에 의해서 여러 가지 유동양상으로 나타난다. 이러한 2상유동양식에 대한 예측을 위해 여러 가지 방법 중에서 유동양식선도를 이용할 수 있다.

하지만 기존의 유동양식선도는 유동양식측면에서 만들어졌으므로 2상 유동에 의한 소음을 예측하는데 어려움이 있다. 그리고 유동양식은 바뀌어도 소음측면에서의 천이영역은 유동양식선도와 차이가 있을 수 있다. 그러므로 소음측면에서 2상 상태의 냉매가 흐르는 배관에 대한 설계를 위해서는 소음예측을 위한 소음선도에 대한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 수직 배관에서 2상 상태의 냉매유동에 의한 소음발생정도를 예측할 수 있는 소음선도를 개발하고자 한다.

### 2. 실험 장치 및 방법

#### 2.1 실험 장치 및 구성

2상 유동에 의한 소음선도 개발을 위해서는 이를 위한 데이터베이스가 필요하다. 이러한 데이터베이스 구축을 위해서 특정 사이클 조건을 연속적으로 운전

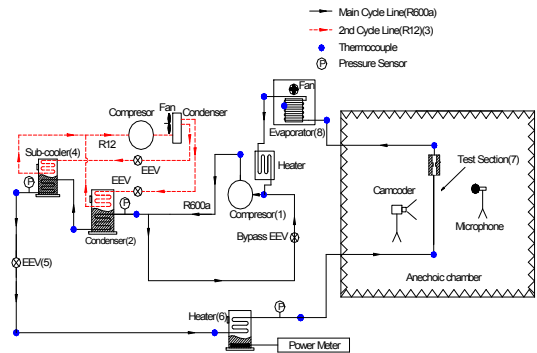


Fig. 1 Diagram of test setup

할 수 있는 냉매공급장치를 이용하여 실험을 수행하였다. 냉매공급장치는 크게 주 사이클과 보조 사이클로 이루어져 있으며 보조 사이클을 이용하여 주사이클의 고압 및 과냉도를 조절하였다. 그리고 유량계를 이용하여 사이클에 흐르는 유량을 측정하였으며 팽창밸브로 유량을 조절하였다. 그리고 열량을 가할 수 있는 챔버를 별도로 설치하여 건도값을 변경하였다.

이러한 냉동 사이클 조건 변화에 따른 유동양식을 사이트 글라스를 통해 관찰하고 그에 따른 소음을 측정하였다.

#### 2.2 실험 조건

실험에 사용된 냉매는 R600a이다. 다양한 사이클 조건 및 관경크기에 대한 데이터 베이스 확보를 위하여 저압 온도는 10~-5℃, 유량은 1.3~5.2 kg/hr 그리고 건도는 0.1~0.7 범위에서 실험을 수행하였다. 그리고 내경이 3.56mm, 8.0mm 인 배관을 사용하였다. 매 실험마다 사이클 정보를 획득함과 동시에 유동양식을 관찰하고 소음을 측정하였다.

† 교신저자; 정희원, 교신저자 소속  
E-mail : wbjeong@pusan.ac.kr  
Tel : (051)510-2337, Fax : (051)517-3805  
\* 정희원, 부산대학교 대학원 기계공학부  
\*\* 정희원, 국방기술품질원 합정센터

### 3. 소음선도 개발

#### 3.1 유동양식선도를 이용한 소음선도 개발

소음선도개발을 위해서 Taitel & Dukler의 유동양식지도에서 사용된 기체 쿠타테라제수와 마티벨리수를 사용하였다. 측정 및 계산된 유량, 저압, 건도 등의 정보와 관경 크기 그리고 R600a의 물성치를 이용하여 쿠타테라제수( $Ku_g$ )와 마티벨리수( $X$ )를 계산하였다. 쿠타테라제수와 마티벨리수에 대한 수식은 아래와 같다.

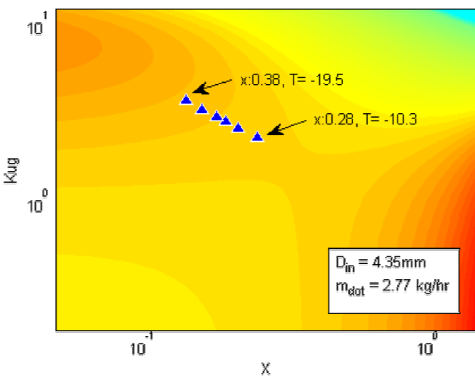
$$Ku_g = \frac{j_g \rho_g^{1/2}}{[g(\rho_f - \rho_g)\sigma]^{1/4}}$$

$$X = \left(\frac{1-x}{x}\right)^{0.875} \left(\frac{\rho_g}{\rho_l}\right)^{0.5} \left(\frac{\mu_l}{\mu_g}\right)^{0.125}$$

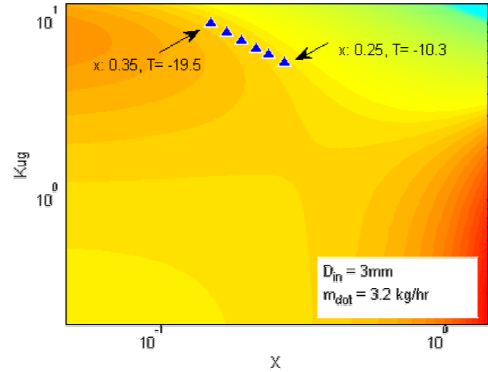
쿠타테라제수와 마티벨리수에 대응되는 소음값을 이용하여 회귀 분석을 통한 근사식을 구하였고, 이를 바탕으로 소음선도를 개발하였다.

#### 3.2 소음선도를 이용한 저소음 설계

Fig.2 에는 실제 냉장고에서의 실험 조건을 나타낸 것이다. 소음선도에서 보면 소음레벨이 높은 영역에 있는 것을 알 수 있다. 상대적으로 소음이 낮은 영역으로 이동하기 위해서, 관경의 크기를 4.35mm에서 3.0mm로 줄이고, 건도값을 전체적으로 줄이고 유량을 2.77kg/hr에서 3.2kg/hr로 증가시키면 냉매소음이 작아질 것이라고 예측할 수 있다.



(a) current operational condition



(b) modified operational condition

Fig. 2 Prediction of refrigerant-induced noise using noise pattern map

### 4. 결론

본 연구에서는 냉매공급장치를 이용하여 다양한 2상 유동양식을 구현하고 그에 따른 소음을 측정하였다. 측정된 실험데이터로 부터 근사식을 구하고, 이를 바탕으로 소음선도를 개발하였다. 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) Taitel & Dukler가 제안한 유동양식선도와 개발된 소음선도의 천이영역을 비교해 보았을 때, 유동양식선도에서 환상류로 천이되었어도 소음측면에서는 구간에 따라 소음이 크게 나타날 수 있음을 알 수 있다.

(2) 유동양식이 간헐류인 영역에서, 비교적 속도가 느린 슬러그류 같은 경우에는 소음레벨이 낮은 것을 알 수 있다.

(3) 소음선도를 이용하여 실제 냉장고 운전조건에서의 소음을 예측해본 결과 소음이 큰 영역에 있음을 알 수 있었고 내경크기, 건도 그리고 유량값을 바꾸면 소음이 줄어들 것으로 예측되었다.

### 후기

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2010-0021800)