

냉장고용 선형 압축기의 피스톤 스트로크 예측기법

손장경*, 전태원*, 이흥희*, 김홍근**, 노의철***
 울산대학교*, 경북대학교**, 부경대학교***

A Method for Estimating the Piston Stroke of Linear Compressor for Refrigerator

Jang Kyung Son*, Tae Won Chun*, Hong Hee Lee*, Heung Gun Kim**, Eui Cheol Nho***
 University of Ulsan*, Kyungpook National University**, Pukyong National University***

ABSTRACT

냉장고용 선형압축기가 기존의 왕복동식 압축기보다 높은 효율과 저 소음 때문에 많이 주목받고 있다. 그런데 선형압축기의 피스톤 스트로크는 선형 영구자석형 동기전동기의 입력 전압 및 전류값을 적분하여 구하며, 이 입력 신호에 직류성분이 포함될 경우 스트로크가 발산된다. 본 논문은 적분기대신 전역통과 필터 및 고대역 통과 필터 등을 사용하여 스트로크의 발산 및 직류 오프셋이 없는 스트로크 예측기법을 제시한다. 시뮬레이션 및 실험을 통하여 제시한 기법의 타당성을 확인한다.

1. 서 론

일반적으로 냉장고, 에어컨 등 냉동·공조기에서 증발기에서 나온 뜨거운 기체상태의 냉매를 압축하여 비교적 높은 온도에서 쉽게 액체가 될 수 있도록 하고 냉매에 힘을 주어 계속적인 순환이 가능하도록 해주는 압축기는 냉동·공조기기의 심장부라고 말할 수 있는 매우 중요한 부분이다. 기존의 왕복동식 압축기 또는 로터리 압축기들은 전동기의 회전운동을 크랭크축 매커니즘에 의해 피스톤을 왕복운동으로 바꿔주기 때문에 크랭크 축 등에서 기계적인 마찰 등에 의한 손실 때문에 압축기의 효율이 떨어지고 소음이 발생하는 문제점이 있다. 이러한 문제를 해결하고 효율을 증가시키기 위하여 최근에 선형 압축기가 개발되기 시작하였다.^[1,2]

선형 압축기 피스톤의 스트로크를 정밀하게 제어하기 위해서는 정확한 피스톤의 위치를 검출하여야 한다. 일반적으로 센서를 사용하지 않고 전압 및 전류값을 이용하여 스트로크를 계산하는데 이 과정에서 적분기를 사용하게 될 경우, 입력 교류 전압 및 전류에 약간의 직류 성분이 포함되어 있으면 직류 성분이 누적되어 스트로크 값이 발산하는 문제점이 있다. 이를 해결하기 위해서 본 논문에서는 적분기를 사용하지 않고 고역통과 필터 및 전역통과 필터를 사용하여 스트로크를 계산하는 방법을 제안하고 시뮬레이션 및 실험을 통하여 제안된 방법의 타당성을 확인하였다.

2. 선형 압축기의 스트로크 계산 방법

2.1 스트로크 계산 방법

선형 압축기는 그림 1의 등가회로로 표현 될 수 있으며 고 정자 전압 방정식은 식(1)과 같이 표현 될 수 있다.

$$V_m = E + R_m i_m + L_m \frac{di_m}{dt} \quad (1)$$

$$E = \alpha \frac{dX}{dt}$$

여기서

R_m, L_m : 전동기 고정자 저항 및 인덕턴스

X : 피스톤 행정거리 (Stroke)

α : 모터상수

그림 1 선형압축기 등가회로

Fig. 1 Equivalent circuit of Linear Compressor.

스트로크 X 는 식(2)와 같이 유도된다.

$$X(t) = \frac{1}{\alpha} \int (V_m - R_m i_m - L_m \frac{di_m}{dt}) \quad (2)$$

역기전력 E 에 식 (3)과 같이 직류성분이 포함되어 있을 경우 식(4)와 같이 스트로크는 발산하게 된다.

$$X_m(t) = \frac{1}{\alpha} \int (E_m \cos \omega t + E_{dc}) dt \quad (3)$$

$$= \frac{E_m}{\alpha \omega} \sin \omega t + \frac{E_{dc}}{\alpha} t \quad (4)$$

이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 적분기를 사용하지 않고 그림 2와 같이 고역통과 필터와 전역통과 필터를 사용하여 선형압축기의 스트로크를 계산하는 방법을 제안한다.

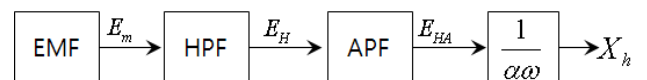


그림 2 제안한 스트로크 계산 방법

Fig. 2 Proposed method of estimating stroke.

2.2 시뮬레이션 및 실험 결과

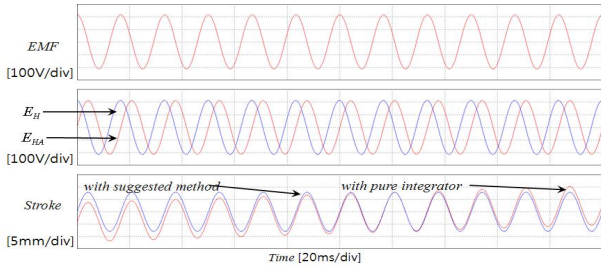
선형압축기 상수 값은 다음 표와 같으며 정격전압은 220V이 고 정격 전류는 1.0A이다.

표 1 선형압축기의 상수

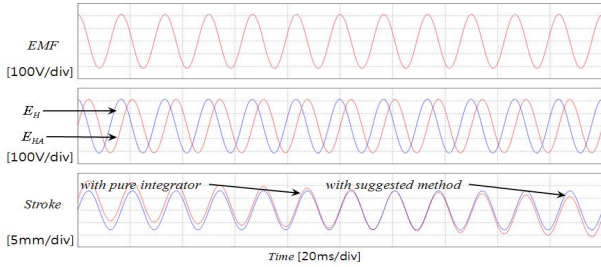
Table 1 Parameters of linear compressor

고정자 저항	$R_m = 11.4 [\Omega]$
고정자 인덕턴스	$L_m = 0.42 [H]$
모터 상수	$\alpha = 71 [V \cdot s/m]$

그림 3은 선형압축기의 역기전력에 직류성분이 있을 경우의 제안된 방법에 의한 시뮬레이션 결과이다.



(a) 역기전력의 역기전력 성분이 +2.5V일 경우



(b) 역기전력의 역기전력 성분이 -2.5V일 경우

그림 3 제안한 스트로크 계산 방법 시뮬레이션 결과
Fig. 3 Simulation result of stroke estimation.

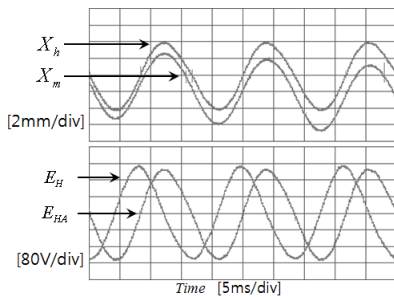


그림 4 제안한 스트로크 계산 방법 실험 결과
Fig. 4 Experimental result of stroke estimation.

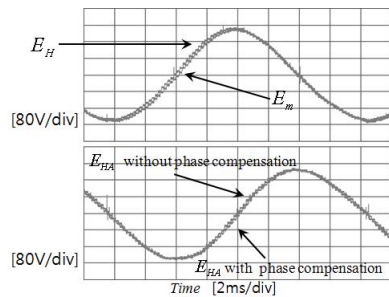
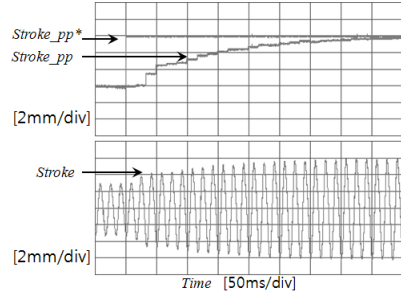
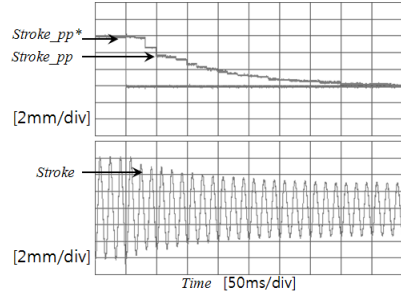


그림 5 위상보상 실험 결과
Fig. 5 Experimental result for phase compensation.



(a) 기준 스트로크 피크 : 6[mm]→12[mm]



(b) 기준 스트로크 피크 : 12[mm]→6[mm]

그림 6 스트로크 과도 응답

Fig. 6 Transient response for stroke.

그림 4는 제안된 선형압축기 스트로크 계산 방법 실험 결과로 기존의 적분기를 사용하였을 경우와 비교하여 계산된 스트로크가 발산하지 않는 것을 확인 할 수 있다. 그림 5는 고역통과 필터 사용 시 위상이 지연되는 것을 전역통과필터의 차단 주파수를 조정하여 위상 보상을 하는 것을 보여주고 있다.

그림 6은 기준 스트로크가 6mm에서 12mm로 증가되었을 때와 12mm에서 6mm로 감소되었을 때 과도특성이다.

3. 결론

본 논문에서는 적분기를 사용하지 않고 고역필터와 전역통과 필터를 사용하여 선형 압축기의 스트로크 발산 및 직류 옴셋이 없는 피스톤 스트로크 예측기법을 제안하였다. 또한 전역통과 필터의 주파수를 조정하여 고역통과 필터의 위상 지연을 보상하였다. 제안된 기법은 시뮬레이션 및 실험을 통하여 그 타당성을 확인하였다.

본 연구는 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.
(No. : 20111020400260)

참고 문헌

- [1] Van der Walt, N.R. and Unger, R., "The Simulation and Design of a High Efficiency, Lubricant Free, Linear Compressor for a Domestic Refrigerator", Proceeding of the International Compressor Engineering Conference, 1992, pp.1-9.
- [2] M.Yoshida, S.Hasegawa, and M.Ueda, "Driving Apparatus of A Linear Compressor", U.S.patent 6832898, 2002