

진동 특성 파악을 통한 인버터 에어컨의 운전 주파수 및 파이프 형상 결정

Determination of the Operating Frequency and Pipe Design of Inverter Air-conditioner considering Dynamic Characteristics of Inverter Rotary Compressor

°모 진 용* · 이 진 교* · 박 득 용* · 김 진 섭*

Jin-Yong Mo, Jinkyoo Lee, Deug-Yong Park, Jin-seop Kim

Key Words : inverter Compressor(인버터 압축기), Carrier(변조파), PWM(Pulse Width Modulation), Strain(변형률), FRF(Frequency Response Function).

ABSTRACT

The reduction of chopping noise generated from inverter compressor and the piping design reducing vibration are the most important items in the quality of air conditioner. The chopping noise is identified by the study of the relationship between carrier frequency and natural frequency of the compressor shell. The high carrier frequency is the key factor in reduction of carrier noise. To keep the natural frequencies of the system as far as away from the operating frequencies appears to be the most important factor in the design of piping system.

1. 서 론

가전제품에서 고객들의 진동 소음에 대한 인식이 점차 증대됨에 따라, 제품의 개발시에 이에 대한 품질을 확보하는 것이 매우 중요하다.

에어컨 실외기에 사용되는 압축기는 그 구동방식에 따라 일정한 회전속도로 구동되는 정속 운전 압축기(Non-inverter Compressor)와 부하를 가변하기 위해서 회전속도가 변동하는 인버터 압축기(inverter Compressor)로 크게 구별된다.

당사에서 사용되는 인버터 압축기는 주로 AC전원을 이용하는 방식으로 그 운전주파수가 최저 35Hz에서 최대 80Hz 까지 이른다. 이러한 압축기를 제품에 적용하기 위해서는 진동소음 측면

에서 몇 가지를 고려해서 설계해야 하는데, 그 중에 하나가 압축기에 연결되는 파이프의 공진회피 설계이다.

압축기의 운전주파수를 변경하기 위해서 일정호에 변조파(Carrier)를 실어서 펄스의 크기를 제어하는 PWM(Pulse Width Modulation) 방식을 많이 사용한다. 여기서 사용되는 변조파는 보통 1.5KHz에서 2.5KHz 사이의 주파수 특성을 갖는다. 이것을 캐리어 주파수(Carrier Frequency)라고 명칭하는데, 종종 압축기 셸과의 공진을 일으켜서 소음이 커지는 현상이 발생한다.

* 삼성전자 냉공조사업부 에어컨개발그룹

본 연구는 인버터 압축기를 실외기에 적용하는데

있어서 진동소음 측면에서 압축기에 연결되는 파이프 형상을 어떻게 설계할 것이며, 저소음을 위해서 캐리어 주파수를 어떻게 설정해야 하는 것에 대한 논문이다.

2. 본론

2.1 실험 방법

본 연구를 위해서 사용한 실험 장비의 구성을 나타내면 그림 1과 같고, 그 기능을 설명하면 다음과 같다. 범용인버터는 압축기로 인가되는 전원주파수를 조절하고, 캐리어 주파수를 조절할 수 있는 기능을 한다. (실제 제품에 있는 인버터는 캐리어 주파수가 고정되어 있어서 시험상 어려움이 있어서 세트 외부에 범용인버터를 부착하여 사용함) 클램프 센서는 인가되는 전원을 감지하여 운전주파수를 측정한다. 이 신호를 통해서 측정시의 운전주파수를 점검한다. 파이프에 스트레인 게이지를 부착하여 운전주파수 변경에 따른 변형률 측정한다. 그림 1에 나타내지 않은 흡입파이프에도 스트레인 변형률을 측정한다. 세트 전면과 후면에 마이크로폰을 설치하여 캐리어 주파수 변동에 따른 소음을 평가한다. 측정된 신호는 프론트엔드(Front End)를 거쳐서 FFT에서 분석한다.

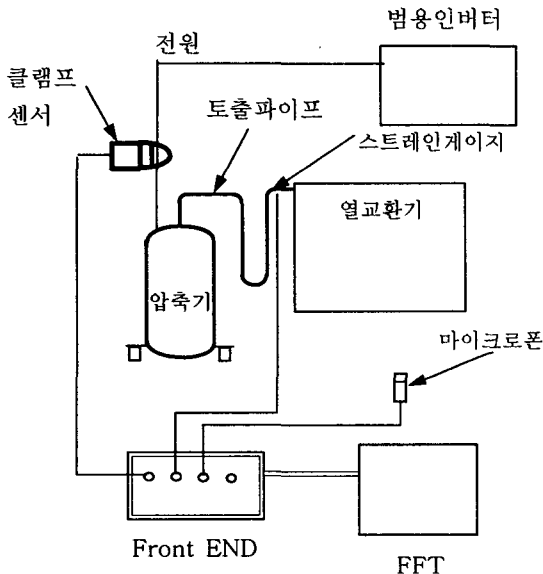


Fig. 1 실험도

2.2 파이프 형상 설계

인버터 압축기를 사용하는 제품에 있어서 압축기에 연결되어 있는 파이프의 설계는 매우 어렵다. 그것은 운전주파수가 수십 Hz 사이에서 변동되면서 운전되는 압축기가 연결된 파이프의 공진을 일으킬 수 있기 때문이다.

Fig. 2는 초기 설계 파이프의 운전주파수에 따른 응력값을 나타낸 것인데, 흡입파이프의 응력이 운전주파수 40Hz와 45Hz 사이에서 규격을 초과한 결과를 보여 준다. 이것을 개선하기 위해서 몇 번의 시행착오에 의해서 파이프 설계안을 찾아냈다. 파이프 설계는 파이프의 형상, 길이 및 부가물질의 무게를 적당히 선정하여 운전주파수 영역에서 공진이 일어나지 않게 설정하는 것이다. 이 방법에 따라서 파이프를 재설계하여 응력을 측정하면 Fig. 3과 같다. 그림에서 보듯이 파이프의 응력이 많이 줄었음을 알 수 있다.

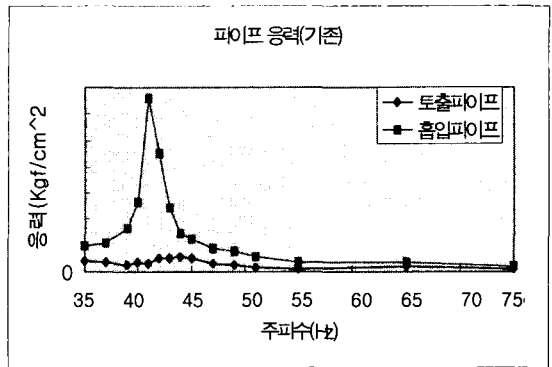


Fig. 2 초기파이프 운전주파수에 따른 응력

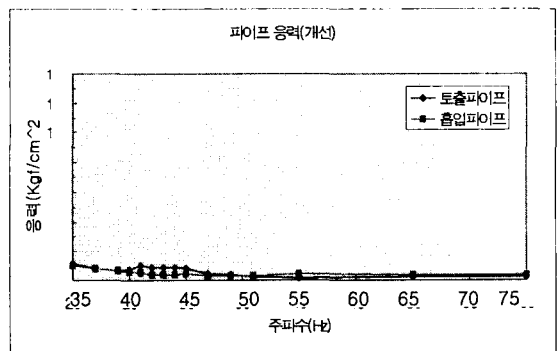


Fig. 2 개선파이프 운전주파수에 따른 응력

2.3 캐리어 주파수 결정

(1) 압축기 고유치 측정.

캐리어 주파수를 결정하기 위해서 압축기 셀의 고유진동수를 측정하였다. Fig.4에 가진점과 총 측정점을 9점 중 3점을 표시하였다. 측정결과 압축기 본체 #1, #2 점 및 어큐레이터의 #3점에서의 FRF 선도를 Fig. 5, Fig. 6 및 Fig. 7에 나타냈다. 그림에서 보듯이 진동이 가장 낮은 영역은 약 2.3KHz 대역이다.

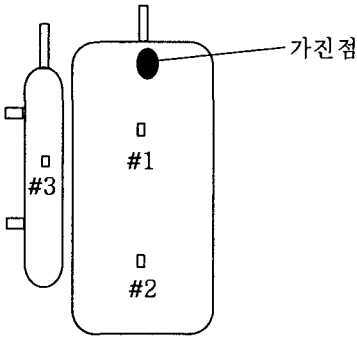


Fig. 4 압축기 FRF 측정위치(#1 ~ #9)

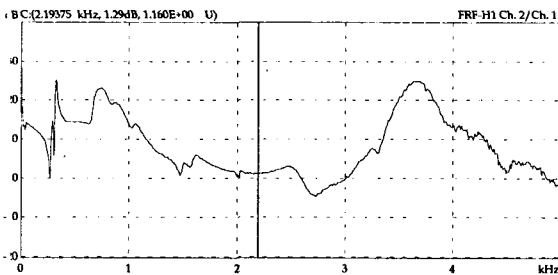


Fig. 5 측정점 #1의 FRF 선도

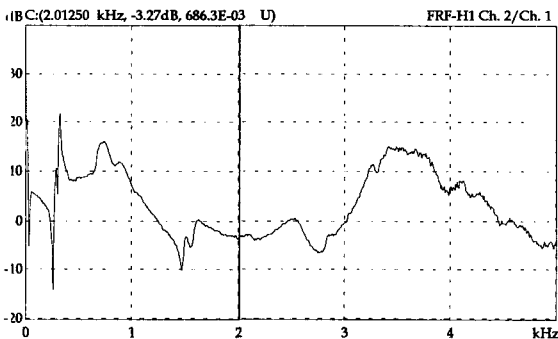


Fig. 6 측정점 #1의 FRF 선도

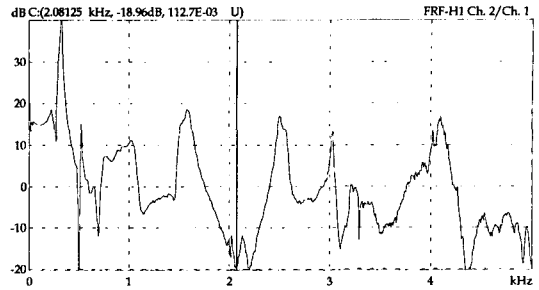


Fig. 7 측정점 #1의 FRF 선도

(2) 캐리어 주파수 결정 및 평가

앞에서 검토한 결과를 토대로 캐리어 주파수를 변경함에 따른 소음을 측정하였다. 측정결과 소음의 차이가 크게 나는 캐리어 주파수 두 개를 선정하여 그 소음치를 Table 1에 비교하였고, 후면에서의 주파수 특성을 Fig. 8과 Fig.9에 나타냈다.

Table 1 캐리어주파수에 따른 소음치

캐리어 주파수	2.3KHz			1.5KHz		
	운전주파수 [Hz]	35	62	78	35	62
실내기	36.3	36.5	36.5	37.6	37.1	36.6
실외기 (전면)	49.8	50.1	51.3	59.9	55.4	51.8
실외기 (후면)	49.9	50.7	51.5	60.2	54.1	51.9

표와 그림에서 보듯이 캐리어 주파수를 2.3KHz로 선정할 경우의 소음이 안정적임을 알 수 있다. 위와 동일한 압축기인데 용량이 다른 세트에 적용할 경우의 캐리어 주파수에 따른 후면소음을 정리하면 Table 2와 같다.

Table 2 캐리어주파수 변경에 따른 소음

캐리어 주파수	1.5 KHz	2.0 KHz	2.3 KHz	2.5 KHz	3.5 KHz
소음 dBA	54.2	52.3	52.4	52.4	51.9

Table 2에서 보듯이 캐리어주파수가 2.0KHz 이상이면 소음이 크게 변화하지 않는다. 또한 캐리어주파수 3.5KHz 운전시에 소음값이 가장 작게 나타났다. 이것은 셀의 고유치가 이 부분에 크게 존재하는 사실과 비교해 볼 때 예상 밖의 결과였다. 이것은 역으로 말해서 인버터 압축기의 소음은 압축기 셀의 고유치와 캐리어주파수와의 공진에 의한 영향보다는, 캐리어주파수를 고주파로 형성하게 하여 제어적으로 안정적인 신호를 만들어 주는가에 크게 의존한다는 것이다. 그러나 회로적으로 캐리어주파수를 2.5KHz 이상 형성되게 하는 것은 누설전류가 커지기 때문에 문제가 된다. 위의 결과에 따라서 캐리어주파수를 약 2KHz ~ 2.5KHz 사이의 값으로 결정하였다.

3. 결론

인버터 에어컨에 있어서 파이프 설계 및 캐리어 주파수 선정에 관한 연구를 진행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 인버터 압축기에 연결되어서 사용되는 파이프는 압축기 운전주파수 전 영역에서 파이프의 공진이 존재하지 않게 설정하는 것이 중요하다. 즉 최소한 파이프의 1차 및 2차 고유치가 인버터 운전 영역에 밖에 존재해야 한다.

2. 인버터 압축기의 캐리어주파수를 약 2KHz 에서 2.5KHz 사이의 값으로 설정하면 안정적인 소음을 얻을 수 있다.

참고 문헌

- (1) 장승식 역, 1990, 인버터 응용 매뉴얼, 지다리, 서울.
- (2) B&K, 2001, Pulse User Guide, B&K Korea 서울.

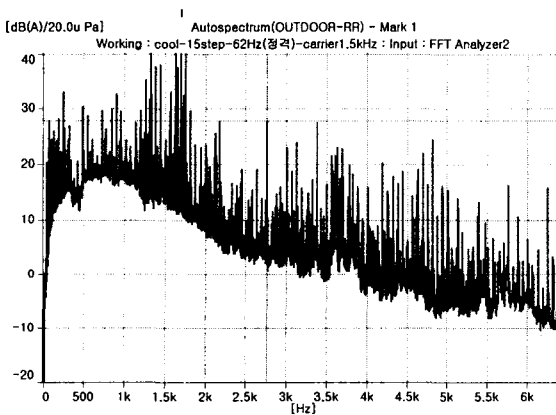


Fig. 9 캐리어 주파수 1.5KHz시 후면 소음

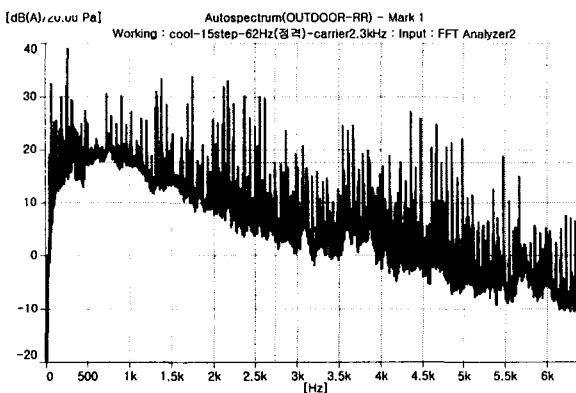


Fig. 10 캐리어 주파수 2.3KHz시 후면 소음