

냉장고의 이상소음에 관한 사례연구

°주 재만*, 김 중래**, 이 동현**

Measurement and Control of Abnormal Sound for Refrigerator

°Jae Man Joo*, Jung Rae Kim**, Dong Hyun Lee**

Key Words: Compressor noise, noise measuring method, abnormal noise, refrigerator

ABSTRACT

The household refrigerator's noise which is closely related with resident environment can hardly be evaluated its sound quality using the Korean Standards. Radiation characteristics of compressor noise consist of tonal noise in low frequency range and, or narrow band noise in high frequency range.

In this study, measuring method for detecting the abnormal and low-level noise in high frequency band is presented, and control method for its reduction is proposed. After installing wall which is similar to living condition, we determined a major concerning frequency band of noise. It can be found the directivity of high frequency noise radiated from compressor by using experiment and analysis. According to isolation of noise transfer path, remarkable noise reduction is achieved.

1. 서론

생활소음 중 가전제품의 소음은 주거 생활과 매우 긴밀한 관계를 가지며, 특히 실 사용자인 주부들에게 있어서 소음은 제품에 대한 불만족의 원인으로 표현 될 수도 있다. 모든 제품은 그 제품의 만족도를 결정 짓는 몇 가지의 특징을 가지고 있다. 가전제품의 경우, 생활 환경에 대한 욕구가 증대 됨에 따라 소음 또한 이러한 특징 중 중요한 요소로 자리 잡아가고 있다. 냉장고의 경우 사용자의 의도와 무관하게 주부들의 주 생활공간 내에서 지속적으로 또는 간헐적으로 운전 된다. 따라서 어느 순간 냉장고의 소리가 들리게 되고, 만일 그 소리가 비정상적인 소리로 인식 될 경우 제품에 대한 불만족의 요소가 되게 된다.

냉장고의 소음은 압축기, 냉기 순환용 팬 및 압축기 냉각 팬과, 그 들에 의하여 유발 되는 구조물의 진동에 의한 소음 등으로 구별 되어 질 수 있다. 일반적으로 팬에 의한 소음은 저주파수 대역을 지배적으로 하는 광대역소음의 형태로 나타나게 되며, 구조물의 진동에 의한 소음은 비 정상적인 제조 또는 생산에 의하여 발생하게 된다. 그러나, 압축기에 의한 소음은 저주파수 대역의 단일 주파수의 톤으로 나타나거나, 고주파수 대역에서의 소음으로 방사되는 특성을 갖는다.

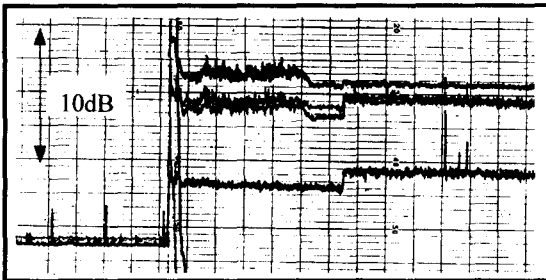
본 연구에서는 냉장고에서 발생할 수 있는 고주파수 대역의 소음에 대한 측정 방법을 제시하고 그 소음을 제어하기 위한 방법을 제안하고자 한다.

* 삼성전자 시스템가전(사) 선행연구그룹

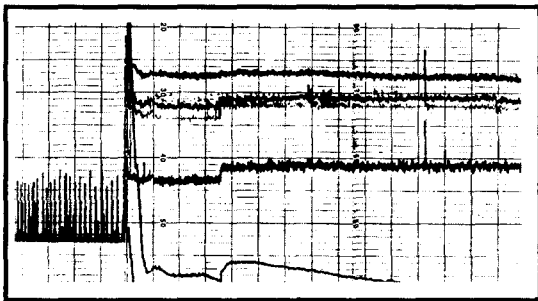
** 삼성전자 시스템가전(사) 냉장고개발실

2. 연구 배경

일반적으로 냉장고의 소음은 냉장고의 전면 1m의 거리에서 측정된 음압레벨에 의하여 대표 된다.[1] 그러나, 제조회사의 경우 냉장고의 소음원이 되는 압축기와 헨 등으로부터 방사되는 소음에 대한 적절한 관리를 위하여, 각각의 소음원에 가까운 측정점을 선정하여 그 레벨과 패턴을 관리하게 된다. Fig. 1은 전형적인 냉장고 소음의 예로써 각각의 소음원에서 방사되는 음압을 대별하여 나타낸 그림이다. Fig. 1(a)의 경우 특정구간에서 음압레벨의 변동이 나타나고 있으며, 이 경우 전음압의 레벨이 변화하게 되므로 엔지니어의 관심의 대상이 되어 문제를 접근하기가 비교적 용이하게 된다. Fig. 1(b)의 경우는 냉장고의 운전 시 음압레벨이 매우 평활하게 나타나고 있음을 알 수 있다. 그러나, 이 경우 전음압의 레벨에 영향을 미치지 않는 수준으로 특정 주파수대역의 소음이 발생하고 있고, 그 소음이 실 사용자의 비정상적인 소음으로 인식 되어 진다면 불만의 요인이 될 수 있게 된다.



(a)



(b)

Fig. 1 Typical sound pressure level of refrigerator.

(a) abnormal pattern and (b) normal pattern

Fig. 2는 이때의 음압 스펙트럼의 예를 나타낸다. Fig. 2에서 보듯이 냉장고의 특정 소음원(예, 압축기)에서 발생하는 소음으로써 전음압 레벨에는 영향을 미치지 않는 고주파수 대역(4kHz 주파수대역)의 소음이 발생하고 있다. 이러한 고주파수 대역의 소음은 사용자에게 매우 민감하게 들릴 수 있으므로 반드시 제어되어야 하는 소음이 된다. 일반적으로 이러한 고주파수 대역의 소음은 특정한 방사 형태를 가질 수 있으므로, 전형적인 방법으로 냉장고의 소음을 평가할 경우 검출하기 어려운 한계를 가지고 있다.

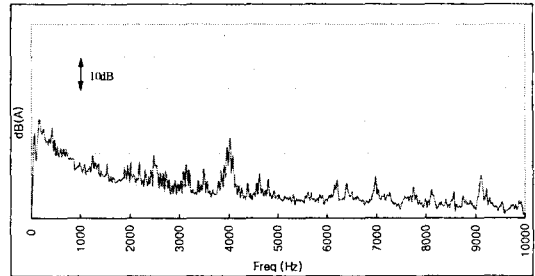


Fig. 2 Typical sound pressure level nearby compressor

3. 측정방법

실 주거 환경에서는 냉장고의 거치형태에 따라 소음의 방사 형태가 달라질 수 있다. 이러한 주거 환경에 따른 냉장고 소음의 방사특성을 파악하고, 실험실에서 검출 가능하도록 구성하는 것이 중요하다.

3-1. 잔향실을 활용한 음원의 음향파워 측정

실제로 가능성 있는 모든 주거환경을 고려하여 실험하는 것이 불가능하므로 잔향실에서 음향파워를 구하여 음질의 기초적인 패턴을 구하는 실험을 수행하였다. 잔향실은 습식으로써 그 특성은 실의 체적이 209.6m³이고, 내부의 표면적은 200.9m², 1kHz 주파수 대역에서의 잔향시간이 8.2sec이다.

냉장고가 정상운전 되고 있는 상태에서 ISO3741[2]에 준하여 Fig. 3과 같이 6개의 마이크로폰을 활용하여 음압 레벨을 측정하고, 그 측정된 음압 레벨로부터 음향파워를 구한 결과는 Fig. 4와 같다. Fig. 4에서 보듯이 냉장고가 정상운전을 하는 동안 1/3 옥타브대역에서의 냉장고의 음향파워레벨은 4kHz 주파수대역에서 높게 나타남을 알

수 있다. 따라서 잔향실을 활용한 음원의 음향과위를 측정하는 것은 매우 명확한 신호의 형태를 보여 준다는 것을 알 수 있으며, 냉장고의 음향 품질을 측정할 수 있는 유용한 도구가 될 수 있음을 알 수 있다.

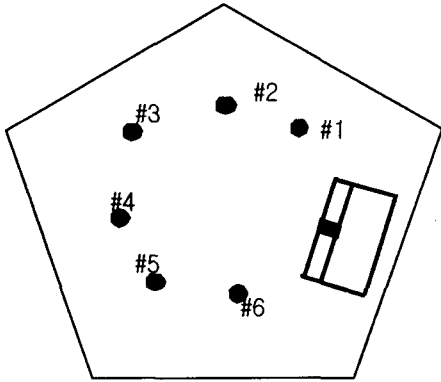


Fig. 3 Experimental setup for measuring the sound power level of refrigerator in reverberation room

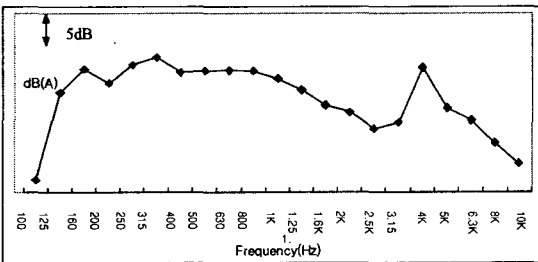


Fig. 4 Sound power level of refrigerator

3-2. 벽체를 활용한 음압레벨의 측정

가정에서 냉장고는 일반적으로 후면과 한 쪽 측면이 벽체에 붙어 있거나, 후면과 양 쪽 옆면이 벽체에 붙어 있는 경우, 또는 후면만 벽체에 붙어 있는 경우 등의 형태로 설치 된다. 각각의 경우에 대한 실험을 통하여 대표적으로 이상소음을 검출할 수 있는 측정점을 결정하는 것이 중요하다. Fig. 5는 그 측정방법의 일례를 보여 주는 그림이다. Fig. 5에서 보는 바와 같이, 일반 가정의 벽면과 음향특성이 유사한 벽체를 활용하여 냉장고를 설치하여 운전하고, 냉장고에서 방사되는 소음을 수 개의 측정점에서 음압레벨을 측정하면 특정 주파수대역에서의 방사특성을 파악할 수 있다. Fig. 6은 서로 다른 두 대의 냉장고에 대하여 각 측정점에서

측정한 음압의 형태를 나타낸다. Fig. 6에서 볼 수 있듯이 벽체를 통하여 반사되어 나오는 소리가 주로 측정점 1과 2 방향으로 크게 전달되고 있음을 알 수 있다. 따라서, 벽체를 활용하여 냉장고의 방사소음을 측정하는 것은 적절한 측정점의 선정에 의하여 비교적 쉽게 이상소음을 감지할 수 있는 유용한 방법임을 알 수 있다.

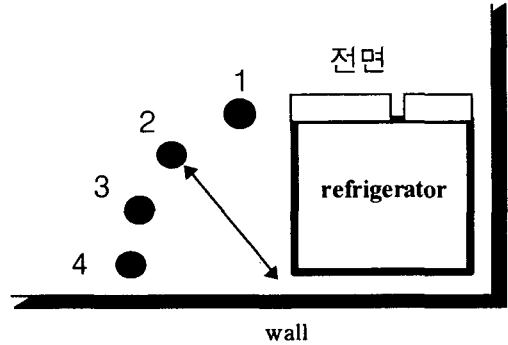


Fig. 5 Schematic view of measuring setup by using wall (number 1 to 4: measuring points)

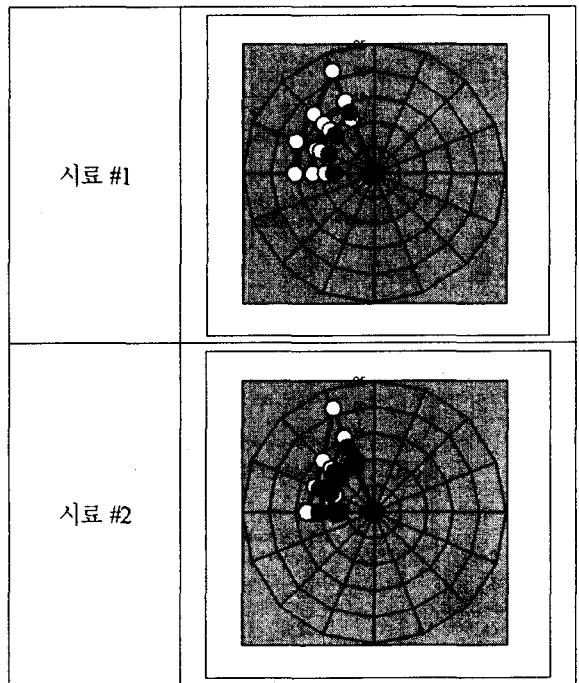


Fig. 6 Directivity pattern for 4kHz frequency band noise of refrigerator

4. 압축기 소음의 음향 방사해석

압축기에서 방사되는 소음 중 4.5kHz 대역 소음의 방사 특성을 예측하기 위하여 음장해석을 수행하였다. 압축기의 셸은 Fig. 7과 같이 유한요소모델로 구성하고, 셸의 내부에 점음원(point source)이 있을 때, 압축기 표면으로부터 1m 거리에서의 4.5kHz 주파수대역 성분에 대한 방사특성을 해석하였다.[3] Fig. 8은 압축기의 표면으로부터 1m 거리의 음장특성에 대한 해석결과를 나타낸다. Fig. 8에서 볼 수 있듯이 압축기에서 방사되는 4.5kHz 주파수대역 소음은 압축기의 상부 및 하부측의 방사가 지배적으로 나타남을 알 수 있다.

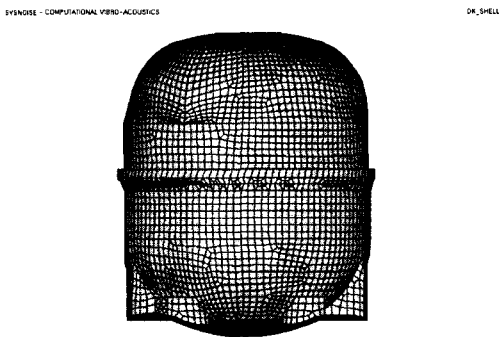


Fig. 7 Finite element model of compressor shell

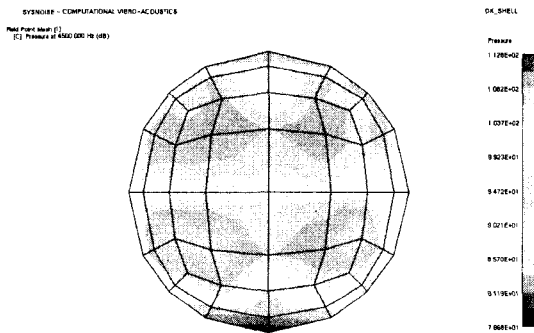


Fig. 8 Radiation pattern of 4.5kHz noise from compressor

5. 소음의 제어

냉장고에서 방사되는 소음이 전 음압 레벨에는 영향을 주지 않는다 할지라도, 냉장고를 사용하는 음향환경에

따라 발생할 수 있는, 특히 사용자에게 불만족의 요인이 될 수 있는 고주파수 대역의 소음을 제어하여야 한다.

냉장고의 경우 4절에서 언급한 압축기 소음의 방사 형태를 고려한 압축기실의 설계를 수행하였다. 또한 고주파수 대역의 소음원이 되는 압축기에 대해 그 소음원과 전달경로를 분석[4]하고 설계 변경하여 압축기에서 유발되는 고주파수 대역의 소음이 근본적으로 제어 되도록 하였다. Fig. 9는 설계 변경 전후의 냉장고의 방사소음을 비교하여 나타낸 결과이다. Fig. 9에서 볼 수 있듯이 고주파수대역, 특히 4~5kHz 주파수대역 소음의 500Hz 대역폭파위가 15dB(A)의 저감 되었음을 알 수 있다. 또한 인접 주파수 대역과의 대역폭파위의 차이가 10dB(A)에서 2dB(A)로 현저하게 저감 되었다. 따라서 사용자가 인지하는 냉장고의 좋은 소음품질을 확보할 수 있다고 판단 된다.

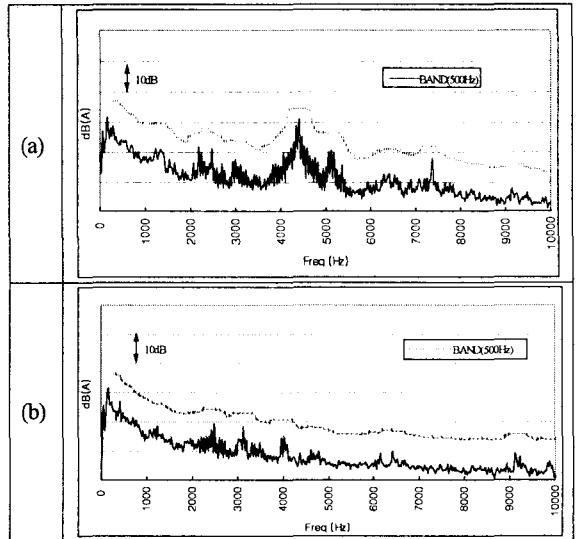


Fig. 9 Experimental results, (a) before and (b) after modification

6. 결론

냉장고와 같이 주거 음향환경과 밀접한 관련이 있는 가전제품의 소음은 현재의 KS 기준[1]에 의한 측정만으로는 실 사용조건에 적합한 음향품질을 확보하기가 어렵다. 특히 전 음압 레벨에는 영향을 미치지 않으나, 고주파수 대역의 소음 또는 특정방향의 방사형태를 갖는

소음의 경우 실 사용조건에서 소비자의 불만족의 요인으로 나타날 수 있다.

본 연구를 통하여 소음의 레벨이 낮은 특정 주파수 대역의 소음은 잔향실에서의 음향파위레벨을 측정함으로써 비교적 용이하게 검출할 수 있음을 알 수 있었다.

또한 실제로 냉장고를 설치하여 사용하는 주거공간 벽체의 반사특성을 고려한 벽체를 설치하여, 수 개의 측정점에서 음압을 측정함으로써, 방사형태가 다양한 소음의 경우에 대해서도 비교적 용이하게 검출할 수 있었다.

냉장고 및 압축기의 소음원 및 그 전달경로에 대한 분석 및 적절한 설계변경을 통하여 4-5kHz의 고주파수 대역 소음을 현저히(500Hz 대역폭파위: 15dB(A)) 저감할 수 있었다. 이는 실 사용자에게 보다 우수하고 편안한 음향품질을 제공할 수 있을 것으로 판단 된다.

참고문헌

- [1] KSC9305 9.2.14, 1999
- [2] ISO 3741, Acoustics - Determination of sound power levels of noise sources - Precision methods for broad-band sources in reverberation rooms, 1999
- [3] SYSNOISE users manual, Ver 5.5, 2000
- [4] J. M. Joo, Y. H. Kim, S. K. Oh., "Characteristics of Frequency Modulated Sound of Compressor," Int. Compressor Engineering Conference at Purdue, 2000