

변압기용 차음판의 진동 및 소음 특성

Characteristic of Vibration and Sound of Sound Insulation Panel for Transformer

최창립†·최병근*·양보석**

C. R. Choe, B. K. Choi and B. S. Yang

Key Words : Insulation Panel(차음판), Noise Reduction(소음저감), Transformer(변압기), Transmissibility(전달율)

ABSTRACT

Recently, demands for the reduction of noise generated by transformers have been increasing. Almost all the noise generated by a transformer is a result of magnetostrictive vibration in the core. The noise radiates into the atmosphere from the tank through the insulation oil. One method of reduction such a noise is to build a free-standing enclosure of concrete and steel plates around the transformer. However, this method has some disadvantages, for example, a large area is needed for equipment installation. In this paper, the vibration and noise effects which is transferred from reinforce channel to insulation panel generated by transformer have been identified for the several kinds of insulation panel shape and damping sheet experimentally.

1. 서 론

주거지역에 위치한 변전소 혹은 발전소에 설치되어 있는 변압기로부터 방출되는 소음은 이웃한 주거자들에게 불쾌감을 줄 수가 있다. 따라서, 이에 대한 소음 감소가 필요하게 되었다.

변압기에서 발생된 소음은 거의 대부분이 코어에서의 자기 변형적(magnetostrictive) 진동에 의해서다. 소음은 절연유(차단유)를 통해 대기에 방출된다. 이 소음은 100~500Hz 사이의 주파수 범위에서 주로 영향을 미친다.

이러한 소음을 줄이기 위해서 사용되어 왔던 한 방법으로서는 변압기 주위를 콘크리트나 차음판으로 둘러싸는 것이다.⁽¹⁾ 그러나, 이 방법은 장치를 설치하기 위해 필요한 면적이나 시간이 많이 들고 설치비용 또한 높다는 단점이 있다.

변압기의 소음을 줄이는 또 다른 방법으로, 변압기 측면에 알맞은 차음판을 붙이는 것이다. 변압기의 측면 진동은 두 가지 방식으로 차음판에 전달된다. 하나는, 음압에 의해서

공기를 통해 전달되는 것이고 다른 하나는 지지하는 구조물을 통해서 전달된다.

따라서 본 연구에서는 변압기에서 방출되는 주 주파수인 120Hz를 대상으로 변압기의 보강빔으로부터 차음판으로 전달되는 진동과 소음의 차음판의 형상(두께) 및 제진제의 종류에 대한 영향을 조사하였다.

2. 실험 방법

2.1 실험 장치

변압기에서 나오는 실제 소음과 동일한 조건을 만들기 위해 Fig. 1에서와 같이 간향실에 스피커를 설치하였다. 본 논문에서는 소음을 차단하기 위한 차음판으로 현장에서 쉽게 사용가능한 강철판을 사용하였다.

다음은 이 실험에서 사용된 차음판과 제진제의 종류를 나타내었다.

- ① 차음판 : 3.2T, 4.8T, 6T
- ② 제진제 : ADS(아스팔트 필트계열 2T)
PDS(수지계열 3T, 4T)

스피커의 음압에 의해 변압기 보강빔으로부터 차음판에 전달되는 진동과 차음판을 통해 외부로 방출되는 소음을 측정하기 위해 B&K pulse 장비를 사용하였다.

† 경상대학교 대학원
E-mail : crchoe77@yahoo.co.kr
Tel : (055) 640-3180, Fax : (055) 640-3188

* 경상대학교 기계항공공학부

** 부경대학교 기계공학부

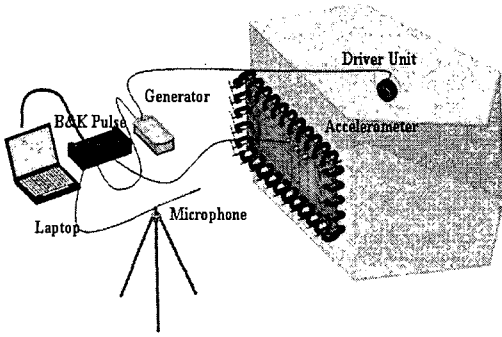


Fig. 1 Measurement System

2.2 측정 방법

차음판과 제진체를 각각 조합하여 다음의 실험을 수행하였다.

- ① 고유진동수(Impact Hammering Test)⁽²⁾
- ② 차음판에서의 가속도 값
- ③ 잔향실 내·외부의 소음

마이크로폰은 Fig.1에서와 같이 소음을 측정하기 위해 잔향실에서 30cm 떨어진 곳에 설치하였다.

3. 해석 및 결과

3.1 유한요소법

MSC. Nastran을 이용하여 해석한 차음판의 고유모드가 Fig. 2에 나타내어져 있다. Impact Hammering Test에서 구한 차음판의 고유진동수(79.38Hz, 100.6Hz, 134.4Hz:3.2T 인경우)와 Nastran을 이용하여 구한 고유진동수(79.87Hz, 96.95Hz, 128.09Hz)와는 약간의 차이가 있으나 차후 차음판의 고유진동수를 낮추기 위해 차음판에 mass를 부가할 때 최적의 위치를 찾는 데 아주 유용하게 쓰일 것으로 사료된다.

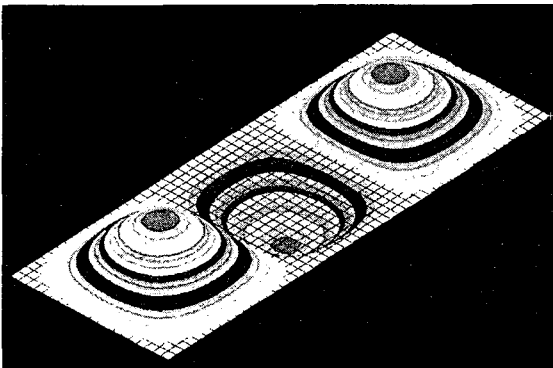


Fig. 2 3rd Mode Shape (Insulation panel 3.2T)

3.2 진동전달비(R)

차음판 보강법과 차음판은 모두 질량과 탄성을 분배하는 시스템이다. 그 결과, 진동의 전달비는 1자유도를 가진 시스템과 같은 포인트에 의해 결정될 수 없다. 따라서, 진동전달비를 계산하기 위해 다음의 공식을 이용하였다.⁽³⁾

$$\overline{\alpha_s^2} = \frac{\sum_{i=1}^{N_s} \alpha_{si}^2}{N_s} \quad (1)$$

여기서,

$\overline{\alpha_s^2}$ = 차음판 지지부의 가속도 값의 평균

α_{si} = 차음판 지지부의 가속도 값

N_s = 차음판 지지부에서의 측정 포인트의 전체 개수

$$\overline{\alpha_i^2} = \frac{\sum_{i=1}^N \alpha_i^2}{N} \quad (2)$$

여기서,

$\overline{\alpha_i^2}$ = 차음판의 가속도 값의 평균

α_i = 차음판의 가속도 값

N = 차음판에서의 측정 포인트의 전체 개수

차음판 보강법의 진동에 대한 차음판의 면적평균 전달비(R)는 다음과 같이 구할 수가 있다.

$$R = 10 \log \frac{\overline{\alpha_s^2}}{\overline{\alpha_i^2}} \quad (3)$$

3.3 측정 결과

(1) 고유진동수 (Impact Hammering Test)

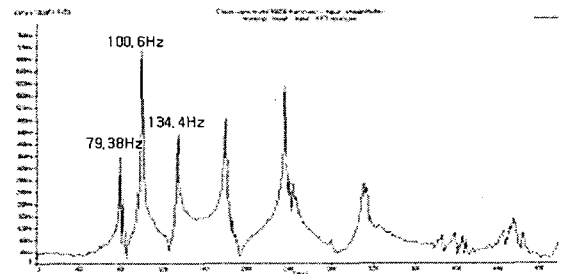


Fig. 3 Impact hammering test (Insulation panel 3.2T)

Fig. 3은 차음판 3.2T의 Impact Hammering Test시의 결과를 나타내고 있다. 차음판과 제진체를 각각 조합한 각각의 경우에 대한 impact 결과를 Table 1에 나타내었다. Table 1

에서, 차음판 3.2T와 4.8T의 고유진동수는 제진제를 부착함에 따라 줄어드는 경향을 보였으나 6T의 경우, 2차모드는 거의 변화가 없었고 변압기 소음의 주 주파수인 120Hz부근임을 알 수가 있다. 이는, 차음판에 공진을 일으켜 보다 큰 진동과 소음이 발생됨을 알 수가 있다.

Table 1 Eigenvalue of Insulation panel (Unit : Hz)

차음판	Mode 1	Mode 2	Mode 3
3.2T	79.38	100.6	134.4
3.2T+필프	78.13	97.5	131.9
3.2T+수지3T	73.35	91.25	125.0
3.2T+수지4T	74.38	91.25	124.4
4.8T	98.75	119.4	152.5
4.8T+필프	97.50	118.8	151.3
4.8T+수지3T	96.88	118.8	146.9
4.8T+수지4T	96.88	118.1	145.0
6T	100.6	120.6	178.8
6T+필프	98.75	119.4	175.0
6T+수지3T	98.13	120.0	173.8
6T+수지4T	98.75	120.0	171.9

에서 측정된 소음치이다. Table 1에서, 차음판 6T의 고유진동수가 변압기의 소음 주파수인 120Hz부근임을 알 수 있었다. 이러한 이유 때문에, 차음판 6T에 제진제를 붙여 측정된 소음은 다른 차음판과 달리 제진제를 부착하지 않은 상태보다 증가하는 하는 것을 Table 2에서 알 수 있다.

Table 2 Noise of Insulation panel (Unit : mPa)

차음판	Internal	External
3.2T	336	5.13
3.2T+필프	224	3.53
3.2T+수지3T	373	8.02
3.2T+수지4T	256	6.46
4.8T	172	101
4.8T+필프	253	52.3
4.8T+수지3T	303	32.3
4.8T+수지4T	196	19.1
6T	303	44.1
6T+필프	282	93.5
6T+수지3T	421	101
6T+수지4T	281	84.5

(2) 소음

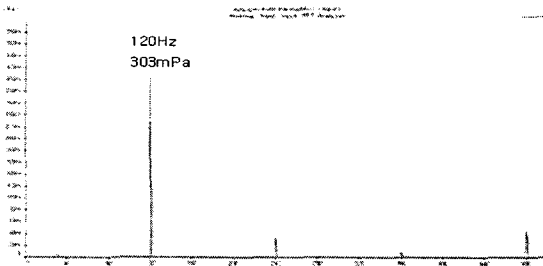


Fig. 5 Measurement of Noise Internal (Insulation panel 6T)

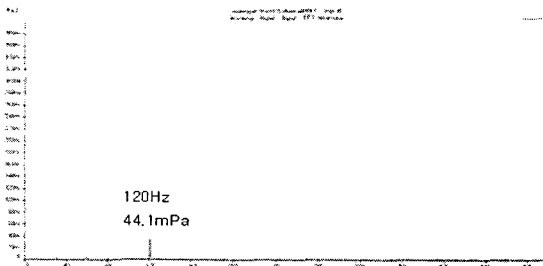


Fig. 6 Measurement of Noise External (Insulation panel 6T)

Fig. 5와 6은 차음판 6T를 설치했을 때 잔향실 내·외부

(3) 차음판 가속도 값

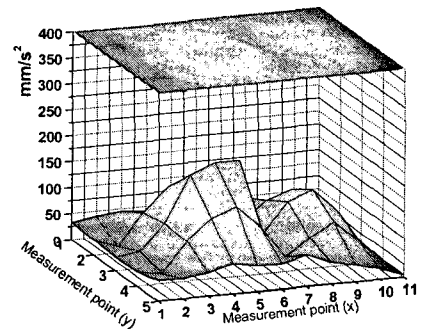


Fig. 7 Mode measured by accelerometer (Insulation panel 3.2T)

Fig. 7에 차음판에서 측정된 가속도 값을 나타내었다. 보강빔으로부터 진동이 차음판으로 전달되면서 중앙부분에서 증폭됨을 알 수 있다. 보강빔에 대한 차음판의 진동 전달비 (R)가 Table 3에 나타나 있다. 3.2T와 4.8T의 전달비는 차음판의 제진제 변화에 따라 증가하는 경향을 보였지만 6T에서는 소음의 경우와는 달리 오히려 감소하는 것을 알 수가 있다. 이는 공진으로 인해 보강빔의 진동이 증가하여 전달비가 줄어든 것으로 사료된다.

Table 3 Transmission ratio

차음판	전달비(R)
3.2T	5.7
3.2T+필프	7.6
3.2T+수지3T	13.8
3.2T+수지4T	15.0
4.8T	7.5
4.8T+필프	9.6
4.8T+수지3T	11.4
4.8T+수지4T	10.9
6T	5.8
6T+필프	4.9
6T+수지3T	4.7
6T+수지4T	6.4

4. 결론 및 고찰

본 연구에서는 변압기에서 방출되는 주 주파수인 120Hz를 대상으로 변압기의 보강빔으로부터 차음판으로 전달되는 진동과 소음의 차음판의 형상(두께) 및 제진제의 종류에 대한 영향을 실험적으로 조사하였다.

먼저, 고유진동수(Impact Hammering Test)를 측정할 결과를 보면 차음판에 제진제를 부착함으로써 공진주파수인 120Hz를 피한 3.2T와 4.8T는 적합하였으나 6T는 120Hz부근에 머물러 공진 현상이 나타남을 알 수 있었다. 이는 소음 측정에서 6T만이 제진제를 붙이기 전보다 소음의 크기가

더 증가하는 것으로 확인되었다. 그러나 진동 전달비에서는 3.2T와 4.8T가 증가하는 반면, 6T의 경우는 오히려 줄어드는 것을 알 수가 있었다. 이는 공진으로 인해 보강빔의 진동이 증가하여 전달비가 줄어든 것으로 사료된다.

이상의 결과를 토대로 차후, 진동전달비의 감소를 위하여 차음판의 고유진동수 값(3차)을 f_{min} (변압기에서 발생하는 주파수) / $\sqrt{2}$ ⁽⁴⁾보다 작게 하기위해 Nastran을 이용하여 차음판에 부가될 최적의 mass의 양과 위치 및 형상을 구하고 부가 질량에 의한 진동 및 소음특성을 실험할 예정이다.

후 기

이 논문은 2005년도 두뇌한국21사업(BK21)과 지방대학 혁신역량 강화사업(NURI)에 의하여 지원 되었습니다

참 고 문 헌

- (1) Harris, C. M., 1957, Hand book of noise control, McGraw-Hill, New York.
- (2) Harris, C. M. and Crede, C. E., Shock and Vibration Hand book, McGraw-Hill, New York.
- (3) Minoru, K., Yasuro, H., Masaaki, M. and Toshimitsu., 1983, IEEE.
- (4) 이진복, 임병덕, 정태건, 황재혁, 2002, 최신기계진동학, 피어슨 에듀케이션 코리아, 2장.