

변압기용 차음판의 성능 비교

Comparison of Performance of Sound Insulation Panel for Transformer

정한얼* · 최병근* · 김효중** · 구동식**

H. E. Jeong, B. K. Choi, H. J. Kim, D. S. Gu

Key Words : Insulation Panel(차음판), Transformer(변압기), Sound Power(음력), Transmissibility(전달률), Sound Pressure(음압)

ABSTRACT

Recently, demands for the reduction of noise generated by transformers have been increasing. Accordingly the noise of transformer occasion displeasing to residents therefore the transformer needs to decrease of noise. 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 the paper, the vibration and noise effect which is transferred from reinforce channel to insulation panel generated by transformer have been identified for the several kinds of insulation panel and damping sheet experimentally.

1. 서론

최근 변압기가 주택지역에 설치되는 경우가 생기게 되므로 인해 변압기가 전기를 공급하는 핵심 기기임에도 불구하고 방출되는 소음이 변압기 주위의 주거자들에게 불쾌감을 주어 민원제기의 대상이 되고 있다. 따라서 변압기에서 발생하는 소음의 감소가 필요하게 되었다.

변압기는 자기 변형적(magnetostrictive)진동에 의해 소음이 발생한다. 소음은 절연유(차단유)를 통해 대기에 방출된다. 이 소음의 주 주파수는 120Hz이며, 100~500Hz 사이의 주파수 범위에서 주로 영향을 미친다.

이러한 소음을 줄이는 방법은 몇 가지가 있는데 한 방법으로서 변압기 주위를 콘크리트나 차음판으로 둘러싸는 방법이다. 그러나, 이 방법은 장치를 설치하기 위해 필요한 면적이나 시간이 많이 들고 설치비용 또한 높다는 단점이 있다.

변압기의 소음을 줄이는 또 다른 방법으로는, 변압기 측면에 알맞은 차음판을 붙이는 방법이다. 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 소음을 대상으로 변압기의 보강빔으로부터 차음판으로 전달되는 진동과 소음의 차음판의 두께 및 제진제의 종류, 그리고 단일판, 이중판, 삼중판에 대한 영향을 조사하였다.

2. 실험 장치

2.1 실험장치

본 논문에서는 소음을 차단하기 위한 차음판으로 현장에서 쉽게 사용가능한 강철판과 제진효과가 있는 제진제를 사용하였다. 그리고 변압기의 소음을 대신해서 잔향실에 스피커를 설치하여 실험하였다. 다음은 이 실험에 사용한 차음판과 제진제의 종류를 나타내었다.

- ① 차음판: 강판 (3.2T, 4.8T, 6T)
제진강판 (DS 1.65T, DS 2T)
- ② 제진제: ADS(아스팔트 펄프계열 2T)
PDS(수지계열 3T, 4T)

잔향실안에서 스피커의 음압에 의해 차음판에 전달되는 진동과 Sound Pressure, Sound Power를 측정하기 위해 B&K pluse 장비를 사용하였다.

* 경상대학교 대학원
E-mail : wjdgksdjf@nate.com
Tel : (055) 640-3180, Fax : (055) 640-3188

* 경상대학교 정밀기계공학과

** 경상대학교 정밀기계공학과

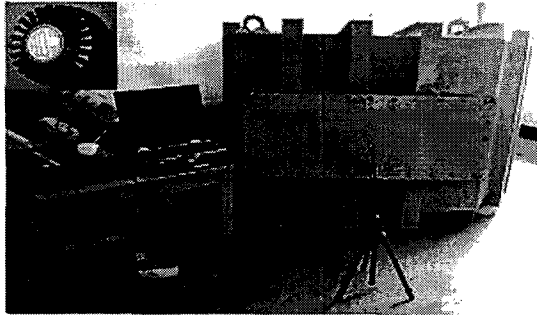


Fig 1. Measurement System

2.2 측정 방법

잔향실 및 차음판의 성능을 알아보기 위해 다음의 실험을 수행하였다.

- ①잔향실의 성능 실험 (Sound Pressure)
- ②차음판의 고유진동수 (Impact Hammering Test)
- ③차음판에서의 가속도 값
- ④잔향실 내·외부의 Sound Pressure
- ⑤차음판에서의 Sound Power

또한, 잔향실에 차음판을 단일판, 이중판, 삼중판으로 나누어 측정하여 그 경향을 알아보았다.

3. 실험 결과

3.1 잔향실 성능분석(Sound Pressure)

잔향실의 성능을 알아보기 위해 잔향실의 내부와 외부에 마이크로폰으로 Sound Pressure를 측정하였다. 내부는 13 Point를 측정하였으며, 외부는 4 방향별로 1번을 측정하였다. 측정 결과 Table 1에서 보는 것같이 내부의 Overall값은 109dB로 동일하게 나왔으며, 외부는 약 78dB로 나왔다. 변압기 소음의 주 주파수인 120Hz 경우도 내부가 7.8dB 외부가 약 5dB정도로 나와 잔향실의 성능은 우수한 것으로 사료되었다.

Table.1 Noise of Insulation Panel(Unit: dB)

	overall		120Hz	
	내부	외부	내부	외부
1	109	77.7	7.894	4.93
2	109	77.9	7.861	4.684
3	109	78	7.819	5.761
4	109	78.9	7.896	6.18

3.2 전동전달비(R)

차음판의 보강빔의 뒤쪽과 차음판의 측정값을 이용하여 진동전달비(R)를 계산하기 위하여 다음의 공식을 이용하였다.

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

여기서,

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

α_{si} = 차음판 지지부의 가속도 값

N_s = 차음판 지지부에서의 측정 포인트의 전체 개수

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

여기서,

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

α_i = 차음판의 가속도 값

N = 차음판의 측정 포인트의 전체 개수

차음판 보강빔의 진동에 대한 차음판의 면적평균 전달비(R)는 다음과 같이 구할 수 있다.

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

3.3 측정 결과

(1) 고유진동수 (Impact Hammering Test)

Fig 2는 3.2T의 Impact Hammering Test시의 결과를 나타내고 있다. 차음판(강판, 제진판)에 대한 impact결과는 Table 2와 같다. Table 2에서 고유진

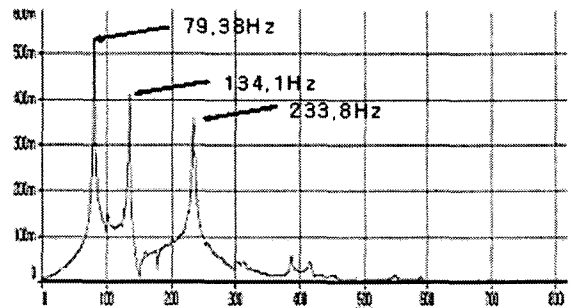


Fig 2. 3.2T Impact Hammering Test (Insulation panel 3.2T)

동수는 변압기 소음의 주 주파수인 120Hz 부근임을 알 수 있다. 이는, 차음판의 가진 주파수가 공진 영역에 걸려 공진이 걸려 가진하여 큰 진동과 소음이 커질 수 있음을 알 수 있다.

Table 2. Eigenvalue of Insulation panel

	mode 1(Hz)	mode 2	mode 3	mode 4
3.2T	79.99	194.1(112%)	299.9	
4.8T	110(91.6%)	199.1	369.4	
6T	129.9(107.9%)	156.9	227.5	
D8 1.65T	46.25	66.99	121.9(101.9%)	164.4
D8 2T	56.99	70.69	96.25(90.2%)	170.6

(2) 차음판 가속도 값

Table 3은 차음판에서 측정된 전달률을 나타내었다. 단일판의 경우 두께가 두꺼워 질수록 전달률이 작아지는 경향을 알 수 있었다. 하지만 이중판일 경우 3.2T와 6T의 경우 DS 1.65T와 이중판을 측정했을 경우 다른 경우보다 전달률이 높게 나오는 경향이 나왔으며, 4.8T의 경우는 DS 1.65T와의 이중판 실험에서 전달률이 낮아지는 것을 알 수 있었다.

또한, Fig 3.에서는 단일판의 강판과 이중판일 경우를 나타내었다. 그림에서 보는 것처럼 6T+DS1.65T와 4.8T+DS2T 이중판일 경우 공진 영역에 걸려서 가진 피크로 진동이 커져 전달률이 크진 것으로 사료된다.

Table 3. Transmission ratio

단판	DS1.65T	9.99
	DS2T	8.02
3.2T	6.47	
4.8T	4.97	
6T	3.18	
이중판	3.2T+3.2T	4.68
	3.2T+DS1.65T	4.79
	3.2T+DS2T	4.16
	4.8T+4.8T	5.01
	4.8T+DS1.65T	4.01
	4.8T+DS2T	5.79
	6T+6T	2.81
	6T+DS1.65T	3.38
6T+DS2T	2.57	

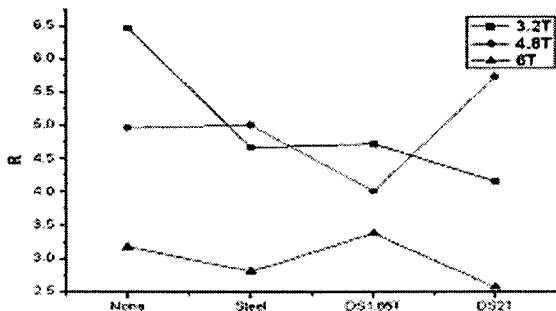


Fig 3. Transmission ratio of Double Insulation Panel

(3) Sound Pressure

Table 4는 잔향실 내부와 외부의 Sound Pressure의 측정값을 나타내었다. 내부의 경우 Overall 값이 109dB로 동일하게 나타났으며, 변압기의 주 가진 원인 120Hz의 경우 약 7.5dB정도로 일정하게 나타났다. 또한, 외부의 경우는 Overall 값이 71.7~74.8dB까지 약 3dB정도의 작은 차이가 났으며, 120Hz의 측정값 또한 미미한 차이 밖에 나지 않았다. 이는 실험 장치인 잔향실의 설계시의 실수로 잔향실 안의 소음이 차음판을 설치한 부분만이 아니라 다른 방향으로 투과되어 Sound Pressure의 측정값에 영향을 미쳐 정확한 측정값을 측정할 수 없는 것으로 사료된다. 그래서 차음판으로 투과되는 방향에 대해서 정확하게 측정할 수 있는 Sound Power로 측정하여 보았다.

Table 4. Noise of Insulation Panel (Unit: dB)

		overall		120Hz	
		내부	외부	내부	외부
단판	3.2T	109	74.1	7.0038	3.8598
	4.8T	109	74	7.5405	4.0871
	6T	109	74.8	7.0226	4.0914
	DS1.65T	109	79.7	6.794	3.9529
	DS2T	109	72.9	6.9987	4.5417
이중판	3.2T+3.2T	109	72.8	7.6714	4.4741
	3.2T+DS1.65T	109	72.5	7.6592	4.13
	3.2T+DS2T	109	72.8	7.7217	4.9561
	4.8T+4.8T	109	74.2	7.4682	3.9022
	4.8T+DS1.65T	109	72.5	7.6592	4.13
	4.8T+DS2T	109	72.9	7.7217	4.9561
	6T+6T	109	73.1	7.8877	4.404
	6T+DS1.65T	109	71.7	7.8216	4.2465
6T+DS2T	109	72.2	7.8154	4.3685	
삼중판	3.2T+3.2T+3.2T	109	71.8	7.6798	4.565
	4.8T+4.8T+4.8T	109	72	7.4255	4.1966
	6T+6T+6T	109	72.1	7.7629	4.9221

(4) Sound Power

Fig 4에 차음판에서 측정된 Sound Power 값을 125Hz와 250Hz, 500Hz, Total값으로 나타내었다. 그림에서 보면 125Hz와 250Hz일 경우 잔향실의 저주파 성능이 떨어져서 그 경향을 뚜렷하게 알수가 없었다. 하지만 500Hz와 Total값인 단일판일 경우

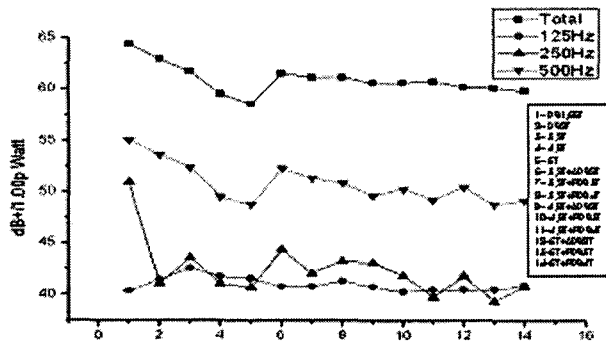


Fig 4. Measurement of Sound Power

두께가 가속도 측정값과 동일하게 두께가 두꺼워질수록 Sound Power의 측정값은 작아지는 경향을 알 수 있었다. 하지만, 측정판인 강판의 뒤쪽에 제진제(ADS 2T, PDS 3T, PDS 4T)를 붙여 측정하였을 경우에는 Sound Power 측정값의 차이가 미미하게 나왔다. 이는 제진제는 방진에는 효과가 있지만 방음에는 효과가 적음을 알 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 변압기에서 방출되는 소음을 대상으로 변압기의 보강빔으로부터 차음판에 전달되는 진동과 소음의 차음판의 두께 및 제진제의 종류에 대한 영향을 실험적으로 조사하였다.

실험 결과 단일판의 경우 가속도 값과 Sound Power의 측정 결과값을 보았을 때 두께가 두꺼워질수록 전달률과 Sound Power 측정 값이 작아지는 것을 알 수 있었다. 또한, Sound Power 측정 결과를 보았을 경우 Overall값과 500Hz만을 보았을 경우 6T가 차음판 중에 성능 면에서 가장 투과손실이 우수한 것을 알 수 있었다. 이중판일 경우 대부분은 단일판일 경우보다 전달률이 낮게 나왔지만 4,6T+DS2T, 6T+DS1,65T인 경우에는 공진 영역에 걸러 공진이 발생하여 전달률이 크진 것으로 사료된다.

차음판에 Damping Sheet를 부착하여 실험하였을 경우 Fig 4에서 나타난 것처럼 차음에 미치는 영향이 미약함을 알 수 있었다. 이는 실험에 사용된 Damping Sheet는 방진효과는 있지만 방음효과는 미약한 것으로 사료된다. 또한, 차후에 이중판과 삼중판에서의 Damping Sheet 부착시의 성능을 비교해 볼 예정이다.

이상의 결과를 토대로 차후, 잔향실의 저주파 성능을 향상시켜 저주파에 대한 정확한 차음판의 성능을 비교하려고 한다.

후 기

이 논문은 2006년도 두뇌한국21(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) 이건복, 임병덕, 정태건, 황재혁, 2002, 최신기계진동학, 피어슨 에듀케이션 코리아, 2장.