변압기 외함의 방사소음 제어에 관한 실험적 연구

An experimental study on the radiated noise control for transformer

박응규 + · 김성훈 * · 주원호 *

Eungkyu Park, Sunghun Kim and Wonho Joo

1. 서 론

최근 인간과 환경에 대한 관심이 높아지면서 소음 에 대한 관심이 높아지고 있다. 변압기 또한 저소음 저진동화에 대한 요구가 높아지고 있으며, 변압기 용량이 증가되는 추세에 있어 저소음 변압기에 대 한 요구는 더욱 증대되어 갈 것이다. 변압기 소음은 코어(권선, 철심)에서 발생된 진동이 외함으로 전달 되어 방사되는 소음과 냉각 팬, 펌프 등에 의해 발 생되는 소음이 주요 원인이다. 본 연구에서는 변압 기 내 코어에서 발생한 진동 및 소음이 외함을 통해 외부로 방사되는 소음을 제어할 수 있는 차음판 및 제진 구조에 대한 연구를 수행하였다. 본 연구는 45MVA급 변압기의 1/2 축소모델에 대해 실험적으 로 수행되었으며, 측정을 통해 최대 13dB의 소음 저감효과를 확인하였다.

2. 본 론

2.1 변압기 소음 특성

변압기 소음은 Figure 1과 같이 변압기 내 코어에 서 발생된 소음이 외함 구조를 투과해 외부로 전달 되는 공기음과 코어의 지지구조를 통해 외함으로 전달되는 고체음에 의해 방사되는 소음으로 구분될 수 있다. 본 연구에서 고려한 변압기 소음의 특성은 Figure 2와 같이 120Hz의 조화 주파수에서 피크가 발생함을 확인하였으며, 120Hz, 240Hz, 360Hz에서 주요 소음이 발생하였다. 따라서, 이러한 변압기 방 사 소음 제어를 위해서는 500Hz 이하 저주파수 대 역의 소음을 저감할 수 있는 차음구조가 필요하며, 효과적인 소음 제어를 위해서는 고체음을 제어할 수 있는 제진 구조가 요구된다.

+ 정회원, 현대중공업 동역학연구실 E-mail: epark@hhi.co.kr

Tel: (052) 202-9098, Fax: (052) 202-5495

* 현대중공업 동역학연구실

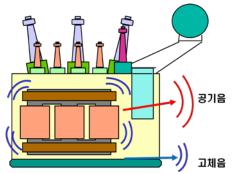


Figure 1 Noise transmission path of transformer

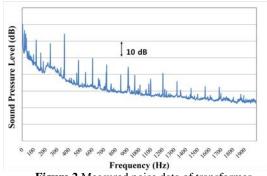


Figure 2 Measured noise data of transformer

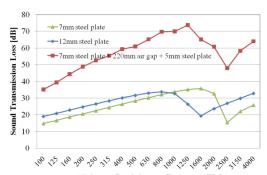
2.2 변압기 외함 차음판 및 제진 구조

(1)중공 이중판 효과

저주파수 대역의 방사 소음 저감을 위해서는 흡음 재 설치 또는 외함의 두께를 증가시키기 보다는 외 함 외부에 차음판을 설치하여 공기층을 두는 것이 효과적이다. 통계적에너지해석법을 이용해 해석된 Figure 3의 결과에서와 같이 중공 이중판 구조는 동일 질량의 단일판 구조보다 높은 차음성능을 가 진다. 따라서 본 연구에서는 변압기 외함 보강재의 높이에 맞추어 Figure 4와 같이 변압기 외함과 차 음판 사이에 공기층을 두었다.

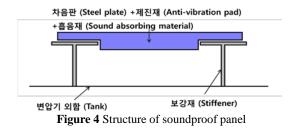
(2)제진재 효과

변압기 코어에서 발생된 진동은 지지구조를 통해



1/3 Octave Band Center Frequency [Hz]

Figure 3 Sound transmission loss of single and double plate



외함 외벽으로 전달됨으로써 외함 표면에서 방사소음이 유발될 수 있다. 이러한 고체음에 의한 영향을줄이기 위해 차음판 설치 시 제진 구조를 삽입함으로써 차음판으로 전달되는 고체음을 줄여 차음판을통해 방사되는 소음을 감소시키고자 하였다.

(3)흡음재 효과

본 연구에서는 중고주파수 대역의 방사 소음을 저 감시키기 위해 흡음재를 외함과 차음판 사이에 삽입하였다. 흡음재의 두께별 삽입 효과를 파악하기위해 50mm와 100mm의 흡음재를 각각 삽입하고실험을 수행하였다.

Table 1 Results of Insertion loss test

No.	Configurations	Insertion loss [dB]
		(80~500Hz)
1	Tank	-
2	Tank + SP	7
3	Tank + AVP + SP	9
4	Tank + AVP + SAM 50t + SP	13
5	Tank + AVP + SAM 100t + SP	13

* SP : Steel plate

* AVP : Anti-Vibration Pad

* SAM: Sound Absorbing Material

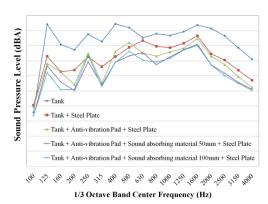


Figure 5 Results of noise test outside tank

2.3 차음판 및 제진구조 삽입손실 시험 결과

차음판 및 제진구조의 삽입 효과를 파악하기 위해 45MVA급 변압기 외함의 1/2 축소모델을 제작해 삽입손실 시험을 수행하였다. 외함 내에 무지향성 스피커를 설치하여 Pink noise를 발생시킨 뒤 외함으로부터 1m 떨어진 위치에서 음압을 측정하였다. 측정은 총 21 지점에서 수행되었으며 음향파워레벨로 환산하여 삽입손실을 계산하였다. 기존 외함 구조로부터 측정된 결과는 차음판 및 제진구조의 삽입손실을 파악하기 위한 참조데이터로 이용하였다.

외함 차음판 및 제진구조의 적용 효과는 Figure 5 와 Table 1에 나타낸 것과 같다. 외함 외부에 공기층을 둔 차음판을 설치함으로써 저주파수 대역에서약 7dB의 삽입손실이 발생함을 확인하였다. 또한차음판과 외함 사이에 제진재를 삽입함으로써 2dB의 추가 삽입손실을 확인하였다. 흡음재 삽입에 의한 효과는 두께에 상관없이 약 4dB의 추가 삽입손실이 발생하였다.

3. 결 론

변압기 방사소음을 제어하기 위해서는 공기 전달음과 고체 전달음이 모두 제어되어야한다. 본 논문에서는 공기 전달음 제어를 위해 이중판 구조와 흡음재 삽입을 제안하였으며, 흡음재 두께에 따른 효과는 크지않다는 결론을 얻었다. 또한 고체음 제어를 위해 외함과 차음판 사이에 제진재를 삽입하였으며, 차음판의 진동 수준이 저감되는 것을 확인하였다. 제진재 두께에 따른 삽입손실 효과 파악은 본연구에서는 수행되지 않았으나 향후 확인되어야 할것이다.