

저소음 변압기용 조립식 철판 방음실 개발

이준신, 이옥륜, 손석만, 구교선
한국전력연구원

Development of an Acoustic Enclosure for the Large Low-Noise Transformer

Jun-Shin Lee, Wook-Ryun Lee, Seok-Man Kim, Kyo-Sun Koo

Abstract - An acoustic total or partial enclosure is widely used to reduce the sound pressure level propagating from a noise source. However, the performance of the acoustic enclosure is decreased by its inherent limitations such as temperature rise or acoustic pressure build-up inside the enclosed acoustic field. In this reason, an acoustic enclosure consisting of a silencer and absorbent panels with acoustic resonators is studied to reduce the transmitted noise from a transformer. Large sound-attenuation is expected by applying the enclosure to the large transformers in a substation.

1. 서 론

변전소의 대형 변압기는 전기를 공급하는 핵심 기기임에도 불구하고 고소음 유발 특성 때문에 변전소 주변 거주자들에 의한 민원제기 대상이 되고 있다. 이를 극복하기 위해 한국전력 및 변압기 제작사는 “환경친화형 저소음변압기 개발” 과제를 통해 55 dBA급 변압기를 개발하고 있다. 과제 완료시 154kV용 저소음 변압기가 제작되어 현장에 설치/운용될 것으로 예상된다. 하지만 개발될 변압기가 민가에서의 소음 규제치 45 dBA를 완전하게 만족하지 못하고 있어 변압기 밀폐장치 개발을 수행하게 되었다. 또한, 변압기 밀폐장치는 기존변전소에 운용되는 변압기 및 154 kV 급이 아닌 변압기의 소음저감에 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

부분 또는 완전 밀폐장치는 소음원을 효과적으로 차단하는 장치로서 널리 사용되고 있다. 소음제어용 밀폐장치로서의 특성에 따라 여러 가지의 단점 및 장점을 가지게 된다. 예를 들어 변압기의 폭발시에 밀폐장치는 파편방지용 안전벽 역할을 하지만 공기유동을 제한하여 변압기의 온도상승을 유발하게 된다. 또한 밀폐장치에 의해 생성된 내부의 음장은 음이 증폭되게 된다. 이와 같은 단점을 보완하기 위해 변압기용 밀폐장치에는 내부음장의 음의 증폭을 방지하는 공명형 흡차음 패널 및 공기의 흐름을 원활히 하면서 소음전달 특성을 최대한 억제하는 풍도용 소음기를 구비한다. 따라서, 본 연구의 목적은, 풍도용 소음기 및 공명형 흡차음 패널을 구비하여, 변압기 소음저감을 15 dB 이상 저감하는 밀폐장치를 개발하는 데 있다.

2. 본 론

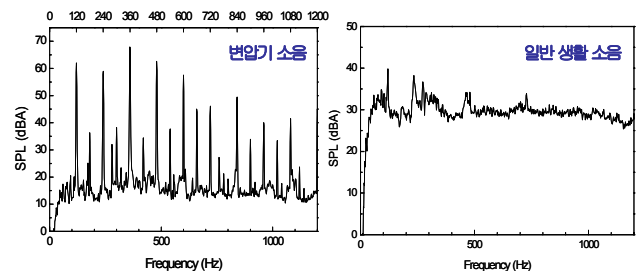
2.1 변압기 소음의 특성

변압기에서 발생하는 소음은 일반 생활소음과는 구별되게 전 원 주파수(60Hz)의 2배 성분을 기저주파수로 하는 하모닉 성분(120Hz의 배수)을 가진다. 그림 1은 변압기 소음 스펙트럼의 대표적인 예를 보여 주며 500 Hz 미만의 저주파수에 소음에너지가 집중되어 있는 것을 알 수 있다. 이와 같이 저주파수 순음 성분을 가지는 변압기 소음 중 120 Hz(파장:2.86m) 성분은 매우 저주파수에 해당되어 일반적으로 널리 사용되어지는 방음설계로는 충분히 소음저감을 달성할 수 없게 된다. 또한, 변압기는 소음원이 상부에 위치하며 하루 24시간 계속하여 소음을 배출하기 때문에 소음제어 측면에서 악성소음이라 할 수 있다.

2.2 조립식 철판 방음실의 구성

앞절에 기술한 변압기 소음이 외부로 전달되는 것을 최대한 억제하는 것이 조립식 철판 방음실의 역할이다. 방음실은 실내의 온도상승방지는 물론 변압기 진동에 의한 과도한 체적변화를 억제하기 위해 공명형 소음기를 구비한다. 아래 그림에서 보이듯이 조립식 철판방음실의 주요 부품은 방음실 본체 재료인 공명형

흡차음 패널, 공명형 소음기 및 출입구이다.



(변압기 소음 및 생활 소음의 주파수 분석 예)

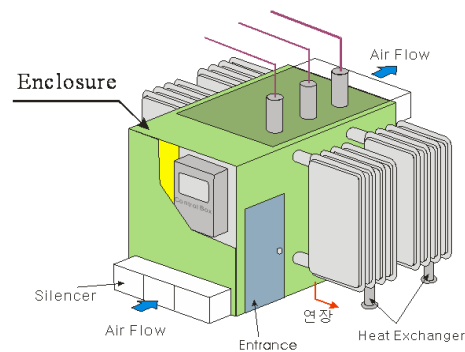


그림 1. 옥외 변압기 조립식 철판 방음실 설치 개념도

2.3 철판 방음실 구성요소의 흡차음

2.3.1 공명형 소음기

공명형 소음기는 변압기에서 발생 소음을 저감시키기 위한 장치중의 하나로 공기의 유통이 원활히 될 수 있는 적절한 위치에 설치한다. 그림 2는 밀폐장치용 소음기에 대한 모식도를 보여준다. 실제로 현장에 적용되는 소음기는 각 모듈들을 전후, 좌우 및 상하로 적층하여 사용한다.

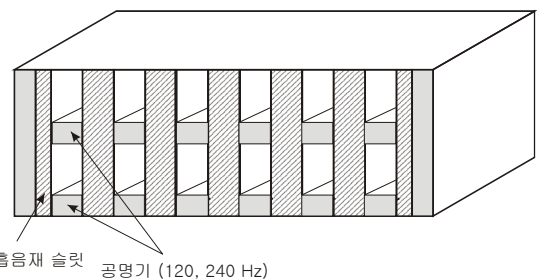


그림 2. 공명형 소음기 모식도

개발된 소음기 모듈은 공기 풍도를 둘러싸는 3면에 흡음재와

공명기를 배치하여 소음전달을 차단한다. 변압기는 특정주파수 성분만을 배출하기 때문에 공기풍도의 하부면에는 120 및 240Hz 소음저감용 공명기를 배치하여 소음저감 성능을 배가시킨다. 공기풍도 좌우면에는 흡음재를 부착하여 360Hz 이상의 소음을 흡수한다.

2.3.2 공명형 흡차음 패널

공명형 흡차음 패널은 그림 3과 같이 공기층을 가지는 일반적인 다공질계 흡음특성과 헬름홀츠(Helmholtz) 원리를 이용한 공명형 흡음특성 가지며, 부가적인 차음재를 부착하여 차음특성이 우수한 모듈식 장치이다.

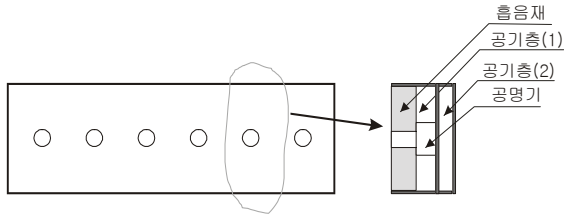


그림 3. 공명형 흡차음 패널의 형태

흡음재는 방화력, 인장강도 및 결합력이 우수하고 옥외에 사용이 되므로, 배수성 및 형태의 안정성이 뛰어나야 한다. 또한 표 1과 같거나 우수한 흡음성능을 가지는 흡음재를 사용한다.

표 1. 잔향실법 KS F 2805에 의한 흡음률

주파수(Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	NRC
흡음률	0.27	0.58	0.79	0.87	0.83	0.77	0.77

2.4 철판 방음실 구성요소의 성능시험

변압기 방음실의 주요부품에 대한 소음저감 성능을 파악하기 위해 시험시편 제작 및 성능시험을 수행하였다. 시험시편은 변압기 방음실의 주요부품(흡차음공명패널 및 공명형 소음기)의 음향학적 특성을 확인하기 위해 사용된다. 해당 시편을 그림 3과 같이 잔향실에 장착하여 음원실과 수신간의 음압차이를 통해 부품의 차음성능을 구하게 된다. 단, 여기서 잔향실은 측정규격(ISO 140-3:95, ASTM E90-2004, KS F 2808-2001)에 명시된 요건을 충족하여야 한다.

각 구성요소별 음향 성능 측정을 위한 요소는 위의 방음실 구성요소 중 흡차음공명패널과 공명형 소음기이며, 전체 시험크기에서 흡차음공명패널 및 공명형 소음기의 면적 비율을 변화시켜가며 소음저감 레벨을 측정한다. 성능 측정 시 측정 기준에 적합하도록 전체 면적이 10 m² 이상이 되도록 한다.

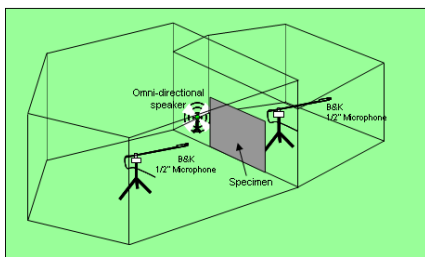


그림 3. 잔향실을 이용한 시험의 차음특성 시험

변압기 방음실의 주 목적은 발생소음의 외부 전파를 저감시키는 것으로 일반적인 전력용 변압기(60MVA, 154kV 이상 급)의 발생 소음도가 65~75 dB(A)임을 감안할 때 15dB 이상의 소음저감이 필요하다. 즉, 변압기 발생 소음도를 55 dBA 이하로 하여 최종적으로 부지경계 혹은 주변 민가에서의 소음도를 45 dB(A) 미만으로 하는 것이 주 목적이라 할 수 있다. 한편, 변압기의 경우 많은 열이 발생되므로 소음저감 뿐만 아니라 냉각 성능도 함께 고려되어야 하는데, 이를 위해 소음의 전달은 차단하고 냉각 공기의 흐름은 원활하게 할 수 있는 소음기를 방음실에 적용해야 한다. 이때, 전체 면적에서 소음기가 차지하는 면적의 비율

에 따른 소음저감성능의 변화를 실험적으로 확인하는 것이 본 시험의 주된 목적 중 하나이다.

그림 4는 흡차음공명패널 및 공명형 소음기의 면적 비율을 변화시켜가며 차음손실을 측정된 결과로서 set #1에서 #5는 소음기의 비율을 (0/7, 1/7, 2/7, 3/7, 4/7)로 증가시킨 것을 의미한다.

그림 4의 시험 결과에서 볼 수 있듯이 방음실을 구성하는 주요요소인 방음모듈의 경우 변압기의 주 소음 대역인 125, 250Hz 대역에서 각각 24, 31 dB의 차음 성능을 보이고 있으므로 변압기 소음 저감에 적합한 것으로 판단할 수 있다. 또한, 소음기를 1대 설치할 경우 (SET #1)와 2대 설치할 경우 (SET #2)에도 관심 주파수 대역에서 15 dB 이상의 차음성능을 나타내고 있음을 볼 수 있다. 하지만, 방음모듈에 비해 상대적으로 차음성능이 떨어지는 소음기를 3대 이상, 즉 전체 면적의 약 30% 이상 설치할 경우 125Hz 대역에서 15 dB 미만의 차음성능을 보이고 있으므로 실제 적용하기에는 적합하지 않다. 따라서, 본 시험 결과를 변압기 방음실 설계/적용 시 방음실 전체 면적과 소음기의 면적을 조정하여 소음저감성능과 냉각성능을 동시에 만족할 수 있도록 하는 기초 근거로서 활용할 수 있다.



그림 4. 시험 SET#4의 설치 도면 및 측정 사진.

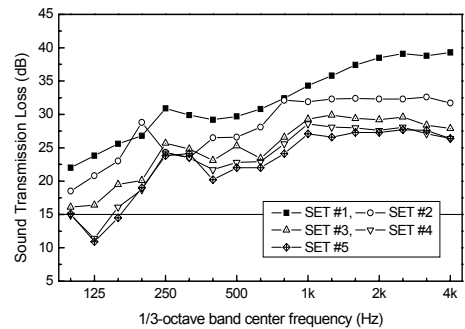


그림 5. 차음손실 측정 결과

3. 결 론

본 연구에서는 풍도형 소음기 및 공명형 흡차음 패널을 구비하여 변압기 소음저감을 15 dB 이상 저감하는 밀폐장치를 개발하였다. 변압기 소음성분 중 120 Hz 및 240 Hz 성분은 음의 공명원리에 의해 240 Hz 이상의 소음 성분은 음의 흡수 원리에 의해 소음전달을 차단하도록 개발되었다. 잔향실법을 이용한 소음저감 성능결과 밀폐장치는 15dB 이상의 소음저감 성능이 있음을 알 수 확인하였다. 본 연구에서 개발된 소음저감용 밀폐장치는 변전소의 변압기 소음제어 뿐만 아니라 타 분야의 소음제어 요소로서 유용하게 사용되어지리라 기대한다.

[참고 문헌]

- [1] "Drown out Transformer Noise", IEEE Transaction on Power Delivery, pp 83-85.
- [2] "Transformer Noise Abatement using Tuned Sound Enclosure Panels", IEEE/PES, pp 184-191, 1997.
- [3] "Application of the Intensity Technique to the Characterization of Transformers Noise(Canada)," IEEE Transaction on Power Delivery, Vol.3, No.4, pp.1802-1808, October, 1988.
- [4] "The Sound-Field Characteristics of a Power Transformer," Applied Acoustics 60, pp.257-272, 1998.