

옥내변전소 주변압기실 소음저감개선연구

김기홍 · 이준신 · 손석만 · 김태룡
한국전력공사 대전전력관리처 · 전력연구원

A Study on Noise control for the M.Tr Room of In-door Substation

Ki Hong Kim · Jun Shin Lee · Seok Man Shon
KEPCO DAE JEON PTDO · KEPRI

Abstract- 도심지 주택밀집지역에 설치운전중인 옥내변전소 주변압기실에서 발생되고 있는 소음은 변압기 전원주파수 2배 성분을 기저주파수로 하는 하모닉 성분의 소음을 발생시킨다. 이로 인하여 변전소 인근주민들의 변압기 소음으로 인한 민원이 발생하고 있으며 변전소의 신설이나 기존 변전소의 변압기 증설 등으로 민원발생은 점차 증가될 추세에 있다. 본 연구에서는 주변압기실에서 공기 풍도나 셔터를 투과하여 실외로 전달되는 소음을 효과적으로 저감시키는 방법론을 개발하였으며 주변압기실 셔터부분에는 흡/차음셔터를, 지하 공기 풍도에는 변압기 소음주파수에 맞는 공명기를 적용하는 방법을 현장에 시범 적용하여 그 효과를 입증하였다.

는 소음은 흡/차음성능이 상대적으로 취약한 셔터 및 공기 풍도를 통해서 실외로 전달되면서 변전소 인근 주민들에 대한 환경소음 문제로 인한 민원을 유발시키고있다.

1. 서론

옥내변전소 주변압기실에서 발생되고있는 소음은 전원 주파수(60Hz)의 2배 성분을 기저주파수로 하는 하모닉 성분을 가진다. 기존 변전소의 흡/차음설 비는 변압기의 이런 소음특성을 고려하지 않은 채 유리섬유와 같은 재료를 사용한 일반적인 흡/차음 처리만 되어있어 소음감소효과가 미흡한 실정이다. 특히 변압기에서 발생한 소음이 기저주파수인 120Hz에서 가장 클 때에는 이 주파수 대역에서 일반 흡음재의 두께 대비 흡/차음 성능이 상당히 떨어져 이에 대한 대책이 시급한 실정이다. 실내에 설치된 변압기에 의해서 외부로 전달되는 소음을 저감하기 위해서 변압기 실 내부의 벽면을 흡음 처리하여 소음레벨을 낮추고, 실 내/외부를 통과하는 소음 취약부분의 흡/차음 성능을 높이는 것이 일반적이다. 변압기실에서 소음 취약부분은 기기 반출입구, 환기 및 온도상승방지용 공기 풍도로서 기기 반출입구는 개폐 특성 때문에 건물 벽면에 비해서 두께가 얇고 흡음재를 부착할 수 없고 이 곳에서 음이 증폭되는 특성 때문에 소음에 취약 할 수밖에 없다. 본 연구의 목적은 주변압기실의 개폐출입구인 셔터를 투과하거나 지하 공기 풍도를 통해 실외로 전달되는 소음을 효과적으로 저감시키는 방법론을 연구하는데 있다.

2. 본론

2.1 옥내변전소의 소음저감방지

옥내변전소의 주변압기실 내부구조는 그림1과 같으며 변압기의 반출입 및 유지보수를 위해서 셔터가 구비되어 있고 변압기 온도상승방지를 위한 상·하부 풍도가 설치되어있다. 변압기에서 발생되

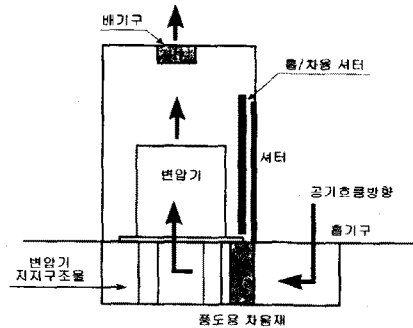


그림1 옥내변전소 변압기실 개략도

2.2 주변압기실 Shutter 투과 소음저감

그림2는 흡/차음용 셔터의 한 모듈을 간략하게 그린 것으로 기기의 반출입이 가능하도록 4개의 미닫이 문 형태로 설계하였으며 하나의 셔터는 7개의 모듈로 그림2와 같고 한 모듈에는 6개의 공명기가 설치되어있다. 공명기 부분에서는 120Hz성분을 흡수하며 소실형 흡음재(Fiberglass)는 240Hz 이상의 소음을 흡수하게 된다. 흡음재 뒤에는 공기층을 두어 소음저감성능을 극대화시킨다. 변압기실 안쪽에 설치된 흡/차음셔터는 셔터측에 생기는 음의 증폭 현상을 방지하기 때문에 이 부분에서는 5dB정도 소음레벨이 감소하게된다. 따라서 흡/차음 셔터는 차음효과도 발생되기 때문에 셔터를 투과하여 외부로 전달되는 소음은 10dB이상 저감 할 수 있게된다.

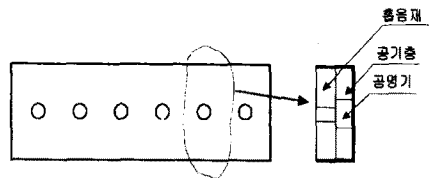


그림2.흡/차음 셔터모듈 개략도

그림3은 흡/차음 셔터 모듈에 의한 소음저감 효과를 간략하게 그린 것이다. 공명부에서는 120Hz, 소실부에서는 240Hz 이상의 주파수 저감에 효과가 있음을 보여주고 있다.

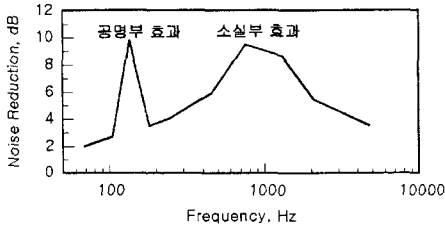


그림3. 흡/차음 셔터의 소음저감효과

2.3 공기 풍도 소음저감

그림4는 공기풍도를 통해 외부로 전달되는 소음을 제어하기 위한 장치 모듈의 개략도로서 그림에 표시된 공기 유입구(굵은실선)주위에 120Hz 하모닉 성분(120, 240, 360, 480Hz)을 흡수하기 위한 공명기가 위치하도록 설계하였다. 변압기에서 발생되는 소음은 공기유입방향과 반대로 진행하는데 이 구조를 통과하면서 많은 소음성분들이 제거된다. 변압기 1대당 4개의 지하 풍도가 있어 차음장치 모듈이 총 4개가 설치되었다. 4각 덕트 형태에서 공명주파수는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$f_n = \frac{(2n-1)c}{4l}$$

여기서 c 는 음의 전달속도, l 은 덕트의 길이 n 은 양의정수로서 공명기의 성능은 n 이 1인 첫 번째 공명주파수를 사용하는 것이 효과적이다. 따라서 120Hz용 공명기는 약 70cm의 길이를 가지게 된다. 길이의 제약을 받는 곳에서는 그림 5와 같은 공명기 구조를 이용하면 된다. 팽창실의 내측에는 소음을 흡입하기 위한 안내관이 설치되며 안내관은 포집부와 연결되어 있으며, 안내관의 길이, 팽창실의 길이, 안내관의 면적 및 팽창실의 면적은 소음저감을 원하는 주파수에 따라 변화시킬 수 있다.

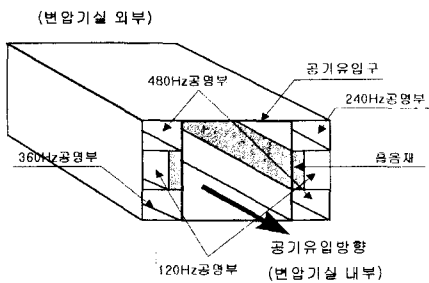


그림4. 풍도용 공명장치 모듈 모식도

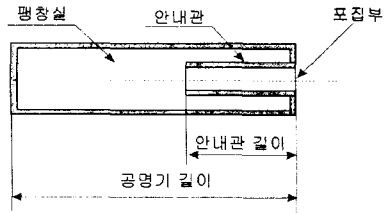


그림5. 공명기 개략도

공명기의 표집부에 의해 표집되는 소음은 안내관을 거쳐 팽창실에서 팽창되어 저감되는 구조로서 설치공간이 정해지면 각 형상변수를 매개로 공명형 흡음관의 표집 성능과 공명주파수를 설정하여 최적의 음향장치를 설계할 수 있게된다. 그림6은 풍도용 차음장치의 차음성능을 구하기 위한 시험장치이고 그림7은 이 시험장치로부터 얻은 시험결과로서 공명기가 존재할 때가 10dB 이상 개선되었음을 보여주고 있다. 또한 그림9의 주파수 분석 결과를 보면 모든 주파수에서 전반적으로 소음이 저감되었음을 알 수 있다.

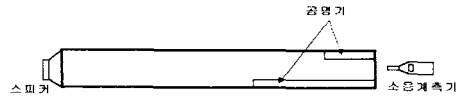
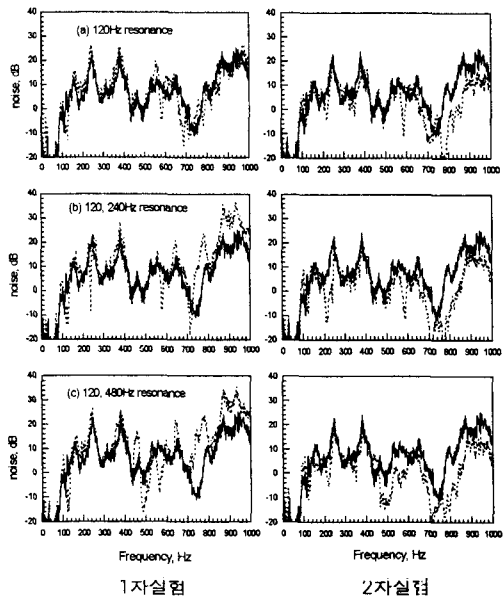


그림6. 공명기 소음저감 효과측정



(점선: 공명기 효과)
그림7. 공명기 소음저감 효과

3. 시범적용 및 효과측정

연구 개발한 소음저감장치를 서대전변전소에 시범설치하고 효과를 측정하였으며 그 결과는 그림8, 그림9와 같다. 소음저감장치를 설치한 후에 변압기실 내부 소음이 약 5dB정도 외부에서 약 10dB정도 감소되었음을 보여주고 있다.

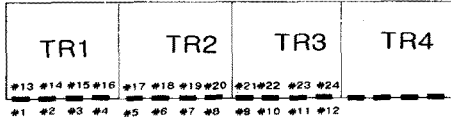


그림8 주변압기 소음측정위치

측정점	개선전	개선후	측정점	개선전	개선후
#5	68.0	58.5	#17	79.0	77.0
#6	70.0	60.0	#18	80.5	75.5
#7	70.0	60.5	#19	80.0	75.0

표1. 각 측정점에서 소음레벨(dBA)

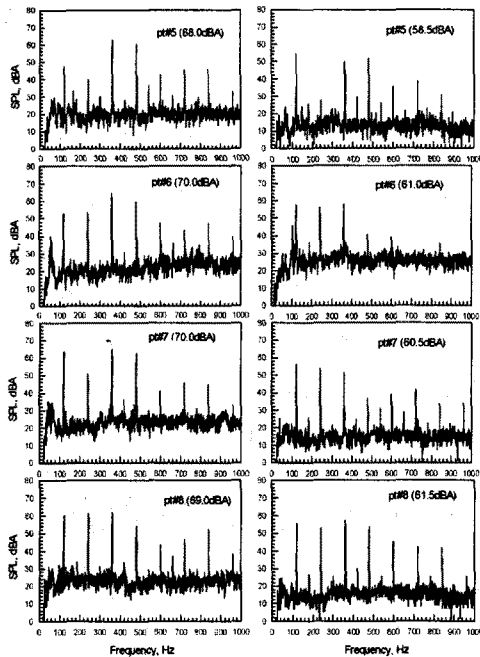


그림9. 소음개선 전/후 주파수 분석

4. 결론

본 연구에서는 옥내변전소에 설치된 주변압기에 서터틀 투과하거나 지하 공기풍동을 통해 실외로 전달되는 소음을 효과적으로 저감시키는 방법을 고찰하였다. 기존의 기기 반출입용 셔터부분의 흡/차음 성능을 개선하기 위한 장치와 지하공기풍도 부분에는 주변압기 주파수에 상응하는 공명기를 적용하는 방법을 개발하였으며 이장치는 종래의 공명형 흡음기의 다공판 역할을 하는 흡음관의 전체 두께가 확장관으로 이어지는 길이만큼 길어졌기 때문에 동일한 개구율에서는 종래의 공명형 흡음재 보다 공명주파수가 훨씬 낮은 주파수에서 형성됨으로써 저주파수 소음을 저감하기 위해 흡음관의 두께 또는 길이를 증가시키지 않고도 저주파수의 소음을 효과적으로 저감시킬 수 있다. 또한 공기풍도용 소음 저감장치는 저주파수 및 순음에 효과적이기 때문에 소실형 흡음재를 사용한 일반 흡음 덕트와 비교해서 매우 효과적인 소음저감 장치로서 모든 주파수에 걸친 소음성능을 공명주파수에만 집중시키기 때문에 변압기 또는 펌프와 같이 소음에너지가 특정 주파수들에 집중되어 있는 기기들의 소음을 저감하는데 매우 효과적이다

(참고 문헌)

- (1) P. M. Morse and K. U. Ingard, *Theoretical Acoustics*, McGraw-Hill, New York, Chapter 7, 1968.
- (2) L. H. Bell, *Industrial Noise Control*, Marcel Dekker, Inc. Chapter4, New York, 1982.
- (3) L. E. Kinsler, A. R. Frey, A. B. Coppens, and J. V. Sanders, *Fundamentals of Acoustics*, John Wiley, New York, 3rd ed., Chapter8, 1982.
- (4) A. D. Pierce, *Acoustics. An Introduction to Its Physical Principles and Applications*, McGraw-Hill, New York, Chapter5, 1981.
- (5) M. Abramowitz and I.A. Stegun, *Handbook of Mathematical Functions*, Dover, New York, Chapter9 and 11, 1970.