

변압기 소음예측 프로그램 개발

(The Development of Noise Prediction Application for Transformer)

구교선* · 권동진 · 심응보 · 우정욱 · 윤진열

(K.S.Koo* · D.J.Kweon · E.B.Shim · J.W.Woo · J.Y.Yoon)

한전 전력연구원

Abstract

최근 소득수준이 높아짐에 따라 쾌적한 주거환경에 대한 욕구가 높아짐에 따라 소음에 대한 민원이 증가하고 있는 추세이나, 아직까지 변압기 소음에 대한 체계적인 대책을 세운 사례는 전무한 실정이다. 본 논문에서는 변전소의 주 소음원인 변압기의 소음을 예측하기 위하여 소음레벨을 수치적으로 해석하는 변압기 소음예측 프로그램을 개발하였다. 또한 소음민원이 예상되는 한 변전소를 선정하여 소음예측 시뮬레이션과 실제 소음측정을 통하여 그 결과를 비교하였다.

1. 서론

생활수준이 높아짐에 따라 쾌적한 주거환경에 대한 욕구가 높아지고 있다. 이에 따라 1963년 처음으로 공해방지법이 제정된 이래, 1990년 8월에 환경보전법이 6개법으로 분법되면서 소음·진동 규제법에 명시된 구체적인 기준을 통하여 소음레벨을 제한하고 있다.[1] 그러나 한전의 변압기 소음레벨 기준(ESB 147)은 소음·진동 규제기준에 부합하지 못하여 소음민원의 발생을 야기하고 있다. [1,2]

더욱이 전력수요의 증가 및 도시지역의 확대에 인하여 기존변전소의 설비증설 또는 주거지역내 변전소의 신설이 필요한 상황이며, 이 때문에 소음에 대한 민원은 더욱더 증가될 것이라 추정되고 있다.[3] 이에 따라 대규모 인구밀집지역의 변전소는 옥내화를 통하여 민원을 해결하려 하고 있으나 이는 옥내화 계획후 건설까지 장기간의 시간소요가 예상되므로, 한시적인 소음대책이 시급하며, 이와 같은 민원에 효과적으로 대응하기 위해서 효율적인 소음대책을 수립할 필요성이 있다.

본 논문에서는 변전소에서의 소음민원에 대한 체계적인 대책수립을 위하여 변압기 소음예측 프로그램을 개발하고, 민원이 예상되는 변전소에서 소음예측 시뮬레이션을 하고 실제 측정값과 비교하였다.

2. 본론

2.1. 변압기 소음예측 프로그램

지금까지 소음, 진동의 해석은 일반적으로 건축현장의 공사소음이나 도로, 철도, 비행장 등의 교통시설에서 발생하는 소음을 중심으로 해석하고 예측하기 위해 발전해 왔다. 그러나 변압기 소음과 같이 특수기기의 소음원에 대해서는 소음예측에 대한 시도가 전문한 실정이다. 따라서 변전소 소음민원에 대한 효율적이고 체계적인 대책 수립을 위하여 변압기 소음예측 프로그램을 개발하였다. 변압기의 소음레벨은 변압기로부터의 거리에 따른 감쇄, 변전소의 크기, 변압기 수량, 리액터 등에서의 소음발생, 건물에서의 음향반사 등 변압기 설치상황에 따라 결정되어야 한다.

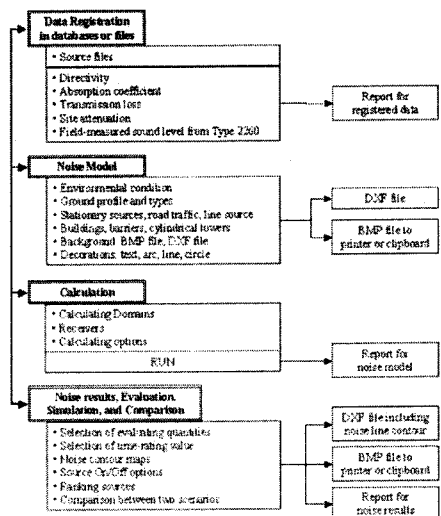


그림 1 소음예측의 과정

이와 같이 여러가지 요소를 고려하여 변전소를 모델링하고 소음예측을 하기까지의 과정을 그림 1에 나타냈다.

소음을 예측하기 위한 과정을 크게 구분하면 소음원의 산정, 환경적인 요인 정의, 소음전파의 수치적 해석 및 예측, 해석 및 예측결과의 표현으로 나눌 수 있다.

소음원의 산정은 소음원의 파워레벨과 방향성, 소음전파의 영향을 주는 구조물의 흡음률, 투과율 등을 정의하여, 소음원을 수치적으로 정의하여 정확한 소음예측을 할 수 있도록 기본 데이터를 정의하는 단계이고, 환경적인 요인의 정의는 기온, 습도, 풍향, 풍속 등의 환경적인 요인, 소음전파경로의 바닥면의 특성, 외부소음, 여러가지 구조물 등의 소음전파에 영향을 줄 수 있는 사항을 정의하여 환경적인 상황에 따른 정확한 예측을 할 수 있도록 하는 것이다. 소음전파의 수치적 해석 및 예측은 소음원에서 발생하는 소음을 반사, 투과, 회절 현상 등을 모두 고려하여 수학적으로 계산한다. 해석 및 예측결과의 표현은 평면, 수직방향의 해석, 주파수에 따른 소음예측 결과, 멀티 소음원 존재시에 주요 소음원 판별 등을 표현할 수 있도록 한다.

표. 1 소음예측 프로그램의 메뉴 및 기능

메뉴	세부메뉴	역 할
File	(New/Open) Project	프로젝트의 생성 및 열기
	Save / Save as	프로젝트의 저장 및 다른이름 저장
	Import / Export	프로젝트의 Bmp, Dxf 형태의 변환
	Print	인쇄
	Exit	나가기
Database	Noise source	소음원 정의
	Material Property	구조물의 흡음률, 투과율의 정의
	Directivity Index	소음원의 방향성 지정
Project	Geometry Modeling	지형의 모델링
	Domain Decoration	프로젝트의 외형적 장식
Edit	Edit Color	구조물들의 컬러지정
	Copy to Clipboard	메인화면을 클립보드에 복사
Result	Outdoor Noise Map	소음예측 결과표시
	Ranking Sources	선택지점의 주요소음원 판별
	Compare Scenarios	한지점에서의 소음원간의 영향비교
View	Toolbar Menu	툴바 메뉴의 추가, 제거
Help	Help Topic	도움말

소음예측 프로그램은 편리한 소음예측의 수행과 정확한 결과 산출을 위하여 메인 메뉴에서 File, Database, Project, Result, Edit, View, Help 등의 탭과 그 하부에 세부메뉴를 제공한다. 표 1은 소음예측 프로그램에서 제공되는 메인 메뉴의 탭과 그 세부메뉴, 역할 등을 나타낸 것이다.

2.2. 변압기 소음의 예측

2.2.1 변압기 소음의 산정

변압기 소음예측 프로그램을 이용하여 민원이 예상되는 한 변전소를 선정하여 소음을 예측하였다. 이 변전소는 왕복 2차선 도로를 사이에 두고 25층 규모의 아파트가 건설 중이며, 변압기 주변에 방음벽 등의 차음설계가 없어 아파트 완공 후, 주민 입주 시 소음민원 제기가 예상된다. 변전소의 소음을 예측하기 위해서는 소음원인 변압기의 음압레벨의 산정이 필요하다. 표 2와 표 3은 시뮬레이션 대상 변전소에 설치된 변압기 사양과 변압기 소음 측정 결과이다.

표. 2 변전소에 설치된 변압기의 사양

	#1 M. Tr	#2 M. Tr	#3 M. Tr
용량 (OA/ FA) [MVA]	A상 15/20	45/60	45/60
	B상 15/20		
	C상 15/20		
제작일시	99.5	79.11	90.4
형 태	단상 내철형 변압기	3상 변압기	3상 변압기

변전소는 154kV 변전소로 단상 내철형 변압기 3대와 3상 변압기 2대가 운전중이며, 아파트를 기준으로 변압기의 뒷면에 옹벽이 위치하여 아파트 측으로 소음의 반사가 발생하여, 소음의 영향이 더욱 커질 것으로 예상된다.

표 3 변압기 소음측정 결과

측정위치	측정값 [dB]									
	A-weight	Linear	주파수 대역별 Linear L_{eq}							
			63Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
#1 M.Tr	70.5	76.5	56.0	69.8	69.6	70.1	66.4	46.2	35.0	25.9
#2 M.Tr	71.3	79.3	51.1	76.6	70.6	72.3	62.5	46.7	36.0	25.9
#3 M.Tr	73.1	78.8	49.6	70.5	71.1	76.1	60.9	46.0	31.9	22.6

표 3은 각 변압기 소음측정 결과의 평균값을 나타낸 것이며, 주파수에 따라 63, 125, 250, 500, 1k, 2k, 4k, 8kHz(1Octave Band)의 중심주파수를 적분한 값이다. #1, #2, #3 변압기 모두 125, 250, 500Hz의 저주파수 대역에서 1k, 2k, 4k, 8kHz보다 상대적으로 큰 음압의 값이 나타나고 있다. A-Weight는 A청감보정을 나타낸 것으로 1kHz 대역에서 민감하고 저주파수에 둔감한 인체

의 청감각을 주파수 특성에 따라 보정한 값이다. 그 결과 #1, #2, #3 변압기에서의 음압레벨은 A-Weight에서 70.5, 71.8, 73.1[dB]이 나타났으며, Linear에서는 76.5, 79.3, 78.8 [dB]로 나타났다.

2.2.2 변압기 소음의 예측

변전소 주변의 소음을 예측하기 위해서 표 3과 같은 변압기 소음의 음압레벨뿐만 아니라 소음의 방향성, 소음의 반사 및 흡수에 영향을 줄 수 있는 변전소의 지형, 지형의 특성(Soft, hard type), 구조물의 형태, 재질(흡음률, 반사율), 소음의 전파에 영향을 주는 풍향, 온도, 습도, 그리고 외부요인으로 도로, 공사장, 기타소음원 등의 소음예측에 영향을 줄 수 있는 여러가지 요소를 고려하여야 한다.

그림 2는 위와 같은 여러가지 요소를 고려하여 변전소를 모델링한 것이다.

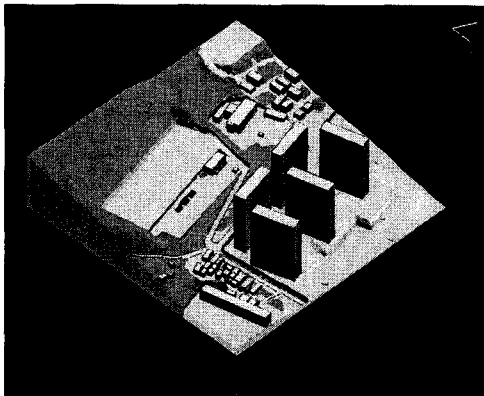


그림 2 변전소 및 주변지형의 모델링

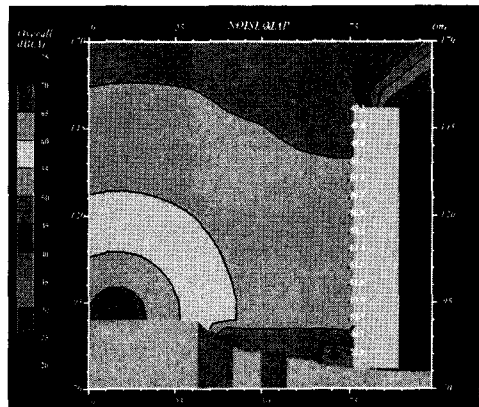
그림 2에 중앙에 표시된 3개의 점은 소음원인 변압기를 나타낸 것이고, 변전소 주변은 녹지이다. 변전소 뒤쪽에는 가파른 산을, 앞쪽에는 25층 높이의 아파트를 모델링하였다. 또한, 변압기의 소음만을 평가하기 위해서 아파트와 변전소 사이의 도로소음은 배제하고 모델링하였다. 그림 3은 변전소 및 변전소 주변의 전체적인 소음예측 결과를 나타낸 그림이다. 그림 3 (a)는 지상으로부터 높이 1.5m 높이의 소음예측 결과를 민원이 예상되는 아파트 부분을 확대하여 나타낸 것이다. 변전소의 경계부분의 음압레벨은 41.2~52.2[dB]로 나타났으며, 아파트에서의 음압레벨은 27.6~28.6[dB]로 나타났다. 아파트 측에서 낮은 음압레벨이 나타나는 것은 아파트 측에서 설치한 도로에 대한 방음벽의 영향 때문이다.

그림 3 (b)는 아파트의 높이방향을 고려한 소음 예측의 결과이다. (a)와 같이 높이를 고려하지 않은 소음 예측

과는 달리 변압기의 소음이 아무런 차음이나 흡음 없이 그대로 아파트 측에 전달되고 있는 것이 보인다. 그 때문에 변압기와 거리상으로 가장 가까운 아파트 중간에서 51.7[dB]로 가장 큰 소음이 나타났으며, 아파트 저층 부분에서는 도로방음벽의 영향으로 소음레벨이 낮아진 것이 보여진다. 또한 고층으로 올라갈수록 변압기와의 거리가 멀어져 소음레벨이 낮아지는 것을 알 수 있다. 전체적인 소음레벨은 32.6~51.7[dB]로 나타났으며, 이 결과는 주거지역 새벽시간의 소음 허용치 45[dB]를 크게 상회하는 것으로 나타났다.



(a)



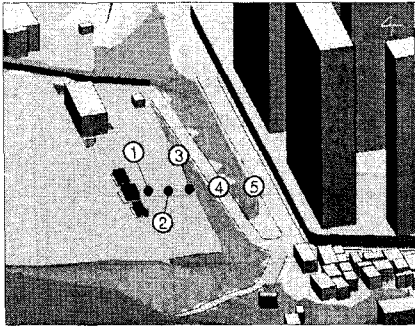
(b)

그림 3 소음의 예측의 결과

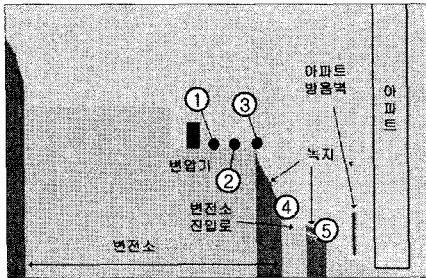
2.3. 소음예측과 실제측정의 비교

소음 예측 프로그램의 신뢰성을 검증하기 위하여 소음 예측 결과와 실측값을 비교하였다.

그림 4는 소음 측정기로 실제 소음을 측정된 위치를 나타낸 것으로, ①~⑤는 변압기에서 아파트까지를 5등분하여 나타낸 것이다. 그림 4의 (a)는 실제 지형과 전체적인 지형과 측정위치를 나타낸 것이고, (b)는 측정위치를 측면에서 본 그림이다.



(a)



(b)

그림 4 변압기 소음 실측위치

①, ②, ③은 변전소 내부에서 변압기에서 멀어지면서 측정을 했으며, ④는 변전소 경계 바깥쪽 진입로에서 측정하였고, ⑤는 아파트에 인접한 도로에서 측정하였다. 표 4는 변전소 주변 ①~⑤까지의 소음의 예측값 및 실측값을 나타내었다.

표 4 변전소 주변 소음 예측값과 실측값

위치 [No.]	예측값 [dB]	측정값 [dB]	편차 [dB]	비고
1	65.0	65.4	0.4	변전소 내부
2	61.5	62.2	0.7	
3	57.9	56.6	1.3	
4	47.8	45.5	2.3	변전소 진입로
5	43.6	41.7	1.9	도로

표 4에서 보는 바와 같이 변압기에서 멀어질수록 소음레벨이 낮아지는 것을 볼 수가 있으며, 예측값과 측정값의 편차는 0.4~2.3[dB] 차이가 나타났다. ④, ⑤가 ①, ②, ③에 비해 소음레벨이 급격히 줄어든 이유는 아파트 쪽으로 차음설계가 된 울타리가 설치되어 있지는 않지만, 변전소 경계부분에서 급격히 지형이 낮아지고, 이 지역에 잡초, 담쟁이덩굴 등의 식물이 자생하고 있어, 소음 저감요인으로 작용하고 있기 때문이다.

소음 예측을 위해서는 앞에서 언급한 변압기소음

의 방향성 및 주파수별 소음의 크기, 변전소의 지형, 지형의 특성, 구조물의 형태, 재질, 풍향, 온도, 습도 등의 자연적인 특성, 그리고 도로, 공사장, 기타소음원 등의 소음 예측에 영향을 줄 수 있는 여러가지 요소를 고려하여야 한다. 이를 정확히 반영할수록 소음 예측이 정확해지며, 소음에 대한 대책을 수립할 때 신뢰성 또한 높아질 것이다. 이를 통하여 새로 건설되는 변전소의 소음 예측을 통하여 민원발생의 원천적인 차단에 기여할 것이며, 소음 민원 제거에 대비하여 효과적인 대책을 마련할 수 있으리라 기대된다.

3. 결론

본 논문에서는 변압기 소음 민원에 대한 해결책을 모색하기 위하여 변압기 소음예측 프로그램을 개발하고, 민원이 예상되는 변전소를 모델로 소음을 예측하고 그 결과를 실측치와 비교하였다. 주요한 연구결과는 다음과 같다.

(1) 변압기 소음에 대한 효율적인 대책수립을 위하여 소음전파를 수치적으로 해석한 소음예측 프로그램을 개발하였다.

(2) 변압기에서 발생하는 소음은 70.5, 71.8, 73.1[dB]로 나타났으며, 변전소 경계부분은 41.2~51.2[dB]로 나타났다.

(3) 변전소 주변 소음의 예측값과 실측값의 편차는 변전소 내부에서 0.4~1.3[dB], 변전소 진입로에서 1.3[dB], 도로에서 1.9[dB]로 나타났다.

(4) 정확한 소음원의 산정과 기온이나 바람의 변화 범위를 고려하고, 지형의 정확한 모델링을 통한 시뮬레이션을 통하여 변압기 소음에 의한 민원에 대하여 효과적인 대책을 세울 수 있으리라 기대된다.

[참고 문헌]

- [1] 소음·진동 규제법, 1990. 8.
- [2] “변압기 소음레벨 기준치”, 한국전력 표준규격, 1978. 12.
- [3] 전력연구원, “저소음 변압기 개발을 위한 기초 조사 연구”, 최종보고서, 2004