

HVDC 변환소의 옥외소음 분석

(A Study on Outdoor Acoustic Noise for HVDC Converter Station)

이성두*

(Seong-Doo Lee)

Abstract

HVDC converter station consists of a number of equipment such as converter transformer, ac filter, thyristor valve and so on. They can be acoustic noise sources. In this paper, we analyzed the simulation results of the outdoor acoustic noise for HVDC converter station. It shows that maximum noise level in boundary of HVDC converter station exceeds regulation value. The main factors in generating maximum noise level are ac filter and converter transformer. Then we applied some soundproof countermeasures in HVDC converter station. Shielding wall is enough to reduce transformer noise level but not enough to reduce ac filter noise level. In case of ac filter, soundproof building is effective in satisfying noise level regulation in boundary of HVDC converter station. In addition, we also studied effects of season, soundproof woods, ground.

Key Words : Acoustic Noise, HVDC, Filter, Converter Transformer

1. 서 론

1.1 연구의 배경

본 논문에서는 HVDC(High Voltage Direct Current, 이하 HVDC) 변환소의 기기소음을 해석하고 그 결과 기준치를 초과하는 부분에 대하여 저감대책 효과를 검토하고자 하였다. 현 단계에서 입수 가능한 소음원 및 배치자료 등을 바탕으로 옥외소음 예측을 수행하

였으며, 입수되지 않은 자료는 경험치 혹은 유사설비의 자료를 이용하여 해석하였다. 기준치를 초과하는 소음레벨 저감을 위한 여러 가지의 방음 대책을 적용하고 예상되는 옥외 소음분포도 예측하였다. 본 논문에서는 국제규격 (ISO 9613 1/2) [1-2]을 기준으로 제작된 옥외 소음 예측 전문 상용 해석 프로그램 (ENPro 3.1)을 활용하였고, 소음원 특성 등의 자료는 여러 경험식을 바탕으로 제시된 기준 등을 참조하였다[3-4].

그림 1은 일반적인 환경소음검토 흐름도이다[5]. 본 논문은 설계단계에 있는 HVDC 변환소의 주변 지형 조건, 기기 배치 등을 근거로 소음원 분석, 옥외 소음 분포 예측, 방음대책 등을 검토하였다.

* 주저자 : 한전전력연구원 선임연구원
Tel : 042-865-5825, Fax : 042-865-5814
E-mail : joyful@kepri.re.kr
접수일자 : 2010년 5월 31일
1차심사 : 2010년 10월 6일
2차심사 : 2010년 10월 11일
심사완료 : 2010년 10월 21일

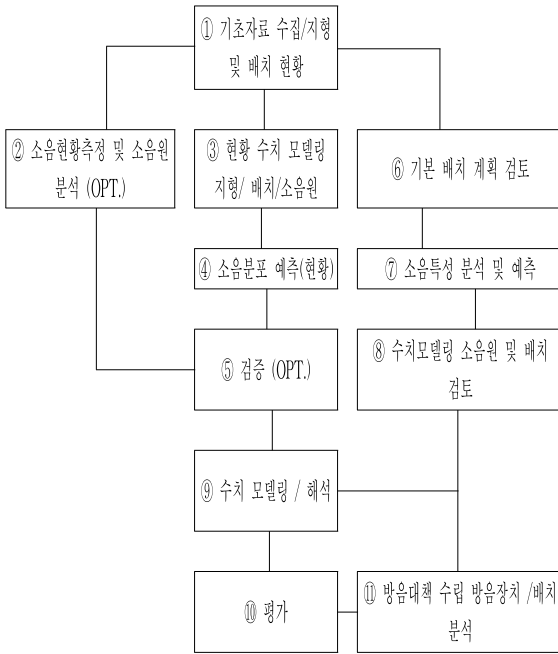


그림 1. 환경 소음 해석 및 검토 흐름도
Fig. 1. Environment Noise Analysis Flow Chart

2. HVDC시스템에서의 소음

2.1 HVDC 시스템에서의 주요 소음원

HVDC 시스템에서 주된 소음원은 아래와 같으며, 이 이외의 소음원은 일반적인 경우에는 무시할 수 있으므로 이 논문에서는 아래 기기에 대해서만 검토하도록 하였다.

- * 변환용 변압기(Converter Transformer)
- * 리액터(Reactor)
- * 커패시터(Capacitor)
- * 냉각팬(Cooling Fan)

2.1.1 변환용 변압기에서의 소음

과거에는 자기코어 진동이 변압기 소음의 주된 원인으로 평가되었지만, 최근에는 자기코어 결합 기술이나 자기변형(Magnetostriction) 기술의 향상에 의해서 자기코어 진동 소음은 많이 절감되었다. 정격전압에서 Core Induction Level이 1.4[T]로 낮아진다면, 권선 소음의 음압레벨은 근사적으로 식 (1)과 같이 된다[6].

$$L_{WA,W} \approx 39 + 10 \log \left(\frac{S_r}{S_p} \right) \text{ [dBA]} \quad (1)$$

여기서 $L_{WA,W}$ 은 정격전류와 주파수 그리고 전압에서 권선의 A-weight Sound Power level, S_r 는 MVA의 정격출력, S_p 는 MVA의 기준출력이다.

일반적으로 정상상태에서 변압기에서 발생하는 소음은 1[kHz]이하이다. 그리고 권선 소음은 120[Hz]이고, 자기 코어 소음은 120[Hz]의 2차에서 5차 고조파를 함유하고 있다[6].

HVDC변압기는 AC변압기에 비해서 같은 용량인 경우에 높은 소음을 발생시키고 있다. 그 이유는 컨버터 변압기에 흐르는 전류는 AC에 비하여 높은 고조파를 가지고 있으며, 사이리스터 밸브가 연결되어 있는 권선에 DC전압이 인가되기 때문이다. 이러한 원인으로 인해 HVDC변압기가 AC변압기보다 음압 레벨이 평균 10[dB] 높게 나오게 된다[6].

점호의 불균일과 변압기 사이의 임피던스 차이, 그리고 HVDC시스템의 전위(밸브 전위와 Electrode 전위사이의 차)의 차이에서 직류자화가 발생한다. 이러한 직류자화는 가청소음을 증가시킨다.

변압기 권선의 소음은 전류가 권선에 흐를 때, 발생된 변압기의 전자계에 의해서 발생되며, 권선에서 발생하는 힘의 변동은 다음과 같은 오른손의 법칙에 따라 발생한다[7-8].

$$F \approx B \cdot I \approx I^2 [A2] \quad (2)$$

여기서 F는 권선에 걸리는 힘, B는 권선의 자속밀도, I는 권선의 전류가 된다.

한편 소음은 전계에서 발생하는 힘에 비례하며 다음과 같은 수식이 성립한다[6].

$$W \approx v^2 \approx (\omega \cdot \chi)^2 \approx F^2 \approx I^4 [A4] \quad (3)$$

여기서 W는 방사되는 음압(Sound Power), v는 진동 속도(Vibration Velocity), χ 는 진폭, ω 는 가청 주파수($2\pi f$)

2.1.2 리액터에서의 소음

HVDC시스템에서 리액터는 전류를 평활시키는 평활리액터와 고조파 리액터 그리고 무효전력을 흡수하는 Shunt 리액터로 구성되어 있으며 대부분의 리액터는 공심형이다. 리액터의 권선은 절연된 알루미늄 도체로 만들어져 캡슐화되고 송진으로 압축된 권선 층으로 구성되어 있다. 공심형 리액터의 소음은 주로 권선의 진동에 의해서 발생되고, 권선 진동은 권선에 흐르는 전류와 자계에 의한 상호작용에 의해서 발생된다. 철심형인 경우에는 자계회로의 진동은 기계 전체의 진동을 유발하고, 갭이 있는 철심형(Gaped iron-cores)이 사용된다면, 갭에서 발생하는 소음은 자기변경(Magnetostriction)보다 크게 된다. 권선에서 발생하는 진동은 축과 방사방향으로 진동을 유발하며, 진동모드는 기계적인 구조에 따라 달라지게 된다. 아래는 진동모드별로 나누어 설명하고 있다.

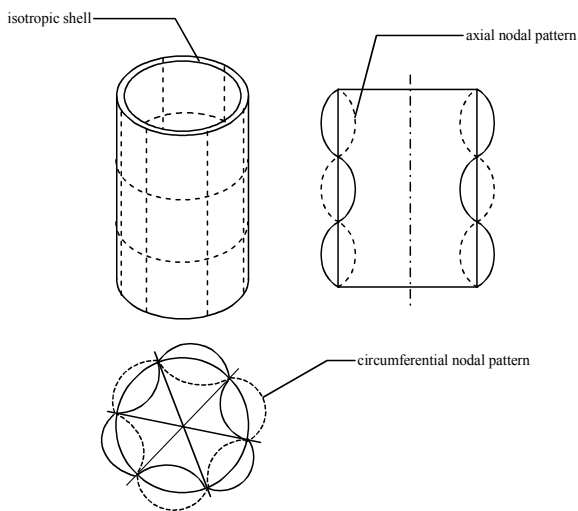


그림 2. 단순화된 권선층의 Flexural Mode
Fig. 2. Simplified shape of the symmetrical breathing mode of a reactor winding

- 1) 호흡 모드(Breathing Mode)
구(Globe)나 어떤 물체가 호흡하는 것과 같이 전체적으로 수축과 진동을 반복하는 모드
- 2) 압축 모드(Compression Mode)
공기중에서 같은 방향으로 수축/팽창이 되는 모드
- 3) 굴곡 모드(Flexural Mode)

철판과 같이 진동은 옆으로 발생이 되지만 소음은 진동과 90도 방향으로 발생하는 모드

2.1.3 커패시터에서의 소음

HVDC 시스템에는 많은 커패시터가 존재한다. 대표적으로 무효전력을 보상하는 커패시터와 전압을 측정하는 CVT(Capacitive Voltage Transformer) 그리고 고조파를 제거하는 필터를 예로 들 수 있다. 그림 3과 그림 4에서 보는 바와 같이 가압된 커패시터의 단면은 전하를 전달하는 알루미늄 판으로 이루어져 있으며, 각 단면은 서로 당기는 힘 때문에 힘의 평형을 유지한다. 평형을 유지하지 않는 호일은 그림에서 보는 바와 같이 F_1 과 F_2 에서 힘의 균형을 이루어지지 않기 때문에 진동이 일어나고 이러한 진동은 소음을 유발하게 된다.

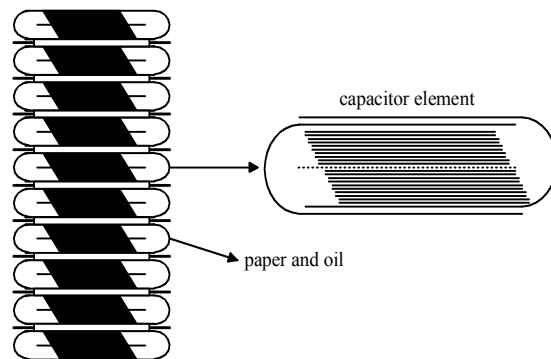


그림 3. 커패시터 적층구조
Fig. 3. Capacitor element package

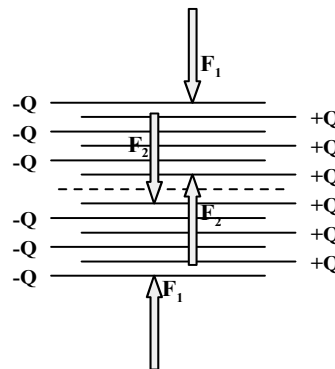


그림 4. 커패시터의 힘 역학
Fig. 4. Forces in Capacitor Element

커패시터에서 발생하는 힘은 아래 식과 같이 나타낼 수 있다[6].

$$F = \frac{dW}{dx} = \frac{d}{dx} \left(\frac{V^2 C}{2} \right) [N] \quad (4)$$

$$F = -\frac{V^2 C}{2x}$$

$$V(t) = \sqrt{2}V \sin(\omega t) [V] \quad (5)$$

여기서 W는 커패시터에 저장된 에너지, x는 커패시터 판사이의 거리, V는 커패시터에 걸리는 전압, C는 정전용량이다. 식 (5)가 의미하는 것은 커패시터의 양단에 걸리는 전압에 의해서 힘이 결정된다는 것을 보여준다.

2.2 소음원 모델링

옥외소음 해석을 위해서는 소음원 특성, 특히, 각 기기별 주파수 특성을 가능한한 실제와 유사하게 정의하는 것이 필요하다. 각 기기별 전체 음향 파워 레벨 ($L_{w,total}([dB])$)만이 제공되기 때문에 주파수 특성은 유사 기기의 주파수 특성을 참조하여 동일한 음향 파워 레벨을 갖도록 주파수 특성을 정의하였다[3-4]. 식 (6)은 본 논문에서 사용한 주파수 보정식이다.

$$L_{W,Total} = L_{W,base} + C_f \quad ([dB]) \quad (6)$$

여기서 $L_{W,base}$ 는 기준 음향파워레벨이고 C_f 는 주파수 보정치이다. 각 기기별 주파수 보정치는 표 1과 같다[3-4].

본 논문에서는 식 (6)의 기준 음향 파워 레벨 대신 전체 음향 파워 레벨 ($L_{W,total}$)이 제공되었으므로, 동일한 전체 음향 파워 레벨이 나오도록 산출하여 소음원 크기를 정하였다. 표 2는 각 기기별 소음원 크기 (전체 음향 파워 레벨 (dB re. 10-12 Watts))과 옥타브 밴드 중심주파수를 기준으로 한 주파수 특성을 정리하였다.

표 1. 소음원별 주파수 보정치
Table 1. Correction value for Noise Source

Description	Octave-band Center Frequency ([Hz])							
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
변압기	5	7	2	2	-4	-9	-14	-21
필터 리액터	11	12	13	13	10	8	5	0
밸브 냉각기	19	16	13	10	7	4	2	0
변압기 냉각기	11	12	13	13	10	8	5	0

표 2. 각 기기별 소음 특성
Table 2. Noise Characteristics of HVDC

Description	Octave-band Center Frequency ([Hz])								Total ([dB])
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
변압기	98	100	95	95	89	84	79	72	104
필터 리액터	87	88	89	89	86	84	81	76	95
밸브 냉각기	89	86	83	80	77	74	72	70	92
변압기 냉각기	89	90	91	91	88	86	83	78	97

표 3은 변환소 내 주요 건물 및 기기의 배치를 정리한 것이다. 각 소음원은 해석 프로그램상에서 외형 치수 및 위치 등의 정보로 모델링 하였는데 그림 5는 변환소 소음원 위치를 모델링 한 결과를 나타내고 있다. 여기서 모든 소음원은 점음원, 즉 방향성이 없는 소음원(monopole-source)으로 가정하였다.

표 3. 주요 건물 치수
Table 3. Dimension of Building

SITE BUILDING	폭 [mm]	길이 [mm]	높이 [mm]
AC필터	106,000	42,000	10,000
DC야드	41,000	35,000	10,000
밸브홀	29,000	16,000	13,000
제어실	33,000	12,000	4,000
냉각장치 공간	5,500	12,000	5,000
변압기 구역	15,000	11,000	7,000

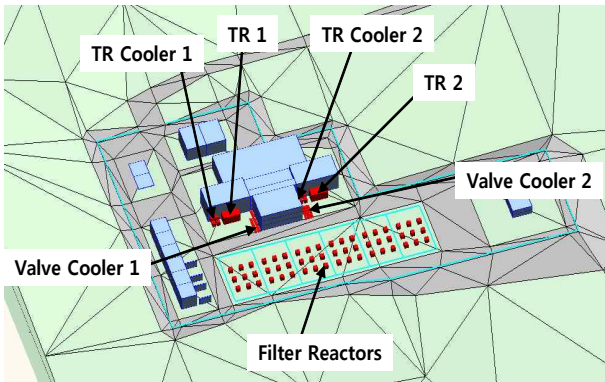


그림 5. 소음원 모델링 결과
Fig. 5. Results of Noise Source Modelling

3. 방음 대책

방음대책은 여러 가지 형태로 적용되고 있으며, 그 중 대표적인 것으로는 방음벽(Noise Barrier)과 차음 덮개(Noise Enclosure), 그리고 제한적으로 방음림(Noise-proof Foliage)등을 들 수 있다[1-2,5]. 한편 지면에 따른 감음 효과도 미약하지만 존재한다.

3.1 방음벽 (Noise Barrier)

방음벽은 가장 일반적인 방음대책으로 문제가 되는 소음의 전달을 차단시키는 역할을 한다. 방음벽 설계 시 주요 인자는 방음벽의 높이(또는 소음원과 수음점의 상대적 위치 차이)와 길이이다. 본 논문에서 활용한 ENPro에는 방음벽의 감음효과를 자체적으로 계산할 수 있다[7].

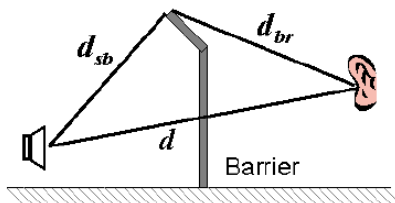


그림 6. 소음원 모델링 결과
Fig. 6. Results of Noise Source Modelling

방음벽에 의한 감쇠계수는 다음 식과 같이 산출된다 [1-2].

$$A_{\text{bar}} = 10 \log_{10}(3 + 20 C_1 K_w z / \lambda) - C_2 \quad (7)$$

여기서

$$C_1 = \begin{cases} 1 & \text{for single diffraction} \\ \frac{1 + (5\lambda/d_{\text{bb}})^2}{1/3 + (5\lambda/d_{\text{bb}})^2} & \text{for double diffraction} \end{cases} \quad (8)$$

$$C_2 = \begin{cases} A_{\text{gr}} & \text{for top edge diffraction} \\ 0 & \text{for side edge diffraction} \end{cases} \quad (9)$$

$$z = \begin{cases} d_{\text{sb}} + d_{\text{tr}} - r & \text{for single diffraction} \\ d_{\text{sb}} + d_{\text{tr}} + d_{\text{bb}} - r & \text{for double diffraction} \end{cases} \quad (10)$$

$$K_w = \begin{cases} \exp\left(\frac{-1}{2000} \sqrt{\frac{d_{\text{sb}} d_{\text{tr}} r}{2z}}\right) & z > 0 \\ 1 & z \leq 0 \end{cases} \quad (11)$$

$$\lambda = \frac{20.05 \sqrt{T}}{f_b} \quad (12)$$

3.2 방음림 (Noise-Proof Foliage)

제한적인 경우 소음원 주변에 나무나 숲을 조성하여 감음효과를 얻는 경우도 있다. 하지만 일반적인 예상과는 달리 그 효과는 그리 크지 않으며, 방음림의 면적 또는 음파의 진행거리가 최소 50[m] 이상은 되어야 청각으로 느낄 수 있는 감음효과를 기대할 수 있고, 그 효과도 주로 고주파수 대역에 한정되어 있다.

ISO에서는 A_{misc} 로 정의한 특정 영역에 의한 소음감쇠율을 제시하고 있는데, 그림 7과 표 4는 방음림에 의한 감음효과의 예를 보여주고 있다[2].

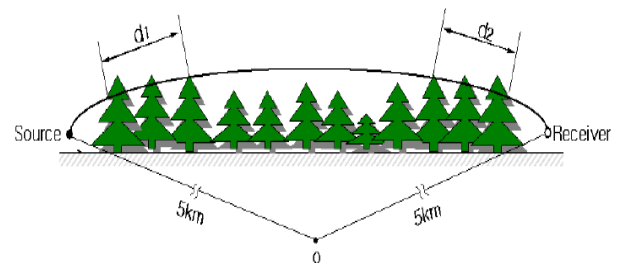


그림 7. 방음림 개념도
Fig. 7. Concept of sound-proof foliage

표 4. 방음림에 의한 주파수별 감음 효과(dB/m)
Table 4. Attenuation on sound-proof foliage (dB/m)

Attenuation ([dB/m])	Octave-band Center Frequency([Hz])							
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
A_{site}	0	.015	.025	.025	.02	.02	.015	.015

3.3 지면 효과

ISO 9613에서는 지면에 의한 감음효과 (혹은 반사 효과)를 다음과 같이 정의하고 있다[1-2].

$$A_{ground} = \begin{cases} -3q-3 & \text{at 63Hz} \\ G_s A_s + G_r A_r - 3q(1-G_m) - 3 & \text{at 125Hz} \\ G_s B_s + G_r B_r - 3q(1-G_m) - 3 & \text{at 250Hz} \\ G_s B_s + G_r B_r - 3q(1-G_m) - 3 & \text{at 500Hz} \\ G_s D_s + G_r D_r - 3q(1-G_m) - 3 & \text{at 1kHz} \\ 1.5(G_s + G_r) - 3q(1-G_m) - 3 & \text{at 2kHz} \end{cases} \quad (13)$$

여기서 $q = 1 - \frac{30(h_s + h_r)}{d_p}$, if $q < 0, q = 0$ (14)

$$A = 1.5 + 3.0\{1 - \exp(-d_p/50)\} \exp\{-0.12(h-5)\} + 5.7\{1 - \exp(-2.8 \times 10^{-6} d_p^2)\} \exp\{-0.09h^2\} \quad (15)$$

$$B = 1.5 + 8.6\{1 - \exp(-d_p/50)\} \exp\{-0.09h^2\} \quad (16)$$

$$C = 1.5 + 14.0\{1 - \exp(-d_p/50)\} \exp\{-0.46h^2\} \quad (17)$$

$$D = 1.5 + 5.0\{1 - \exp(-d_p/50)\} \exp\{-0.9h^2\} \quad (18)$$

여기서 밑첨자 r, s, m은 각각 소음원, 수음자, 중간 영역을 의미한다. 그리고 계수 A, B, C, D를 산출할 때 h는 높이를 의미하며, 각각 소음원 및 수음점의 높이를 나타내며, G는 지면 계수로 0에서 1의 값을 갖는다. 본 검토에서 활용된 ENPro는 지면 계수 G를 0또는 1로 정의하고 있으며, 0일 경우에는 딱딱한 지면(hard ground), 1일 경우에는 부드러운 지면(soft ground)으로 정의하고 있다. 즉 도로 등은 딱딱한 지면(hard ground)으로 분류되며, 잔디가 깔린 경우에는 부드러운 지면(soft ground)으로 정의할 수 있다.

4. 시뮬레이션 결과

4.1 소음 설계 기준 및 평가

일반적으로 환경소음에 있어서는 국내법상 생활소음 규제를 받게 된다. 표 5는 국내 소음진동 규제법상의 생활소음 규제기준을 정리한 것이다[8].

표 5. 생활소음 규제기준 [단위: dBA]
Table 5. Regulation for acoustic noise

대상 지역	시간별 소음원	조석	주간	심야
	주거지역, 준도시 지역중 취락지구, 기타 지역안에 소재한 학교/병원/공공도서관	공장 /사업장 공사장	50 이하	55 70 이하

본 논문의 HVDC변환소는 일반 사업장으로 분류될 수 있지만, 향후 주거지 확대 및 개발 등으로 주변에 환경소음에 의한 문제의 발생 소지가 있어서 보수적인 설계를 위해 부지경계에서 45[dBA](야간소음기준)를 기준으로 적용하였다.

4.2 시뮬레이션 결과

표 6은 방음대책이 전혀 없는 경우 변환소에서의 옥외 소음예측 결과를 정리한 것이며, 그림 8은 소음분포를 나타낸 그림이다. 그림에서 알 수 있듯이 소음을 45[dBA]로 제한할 경우 변환소 경계부근에서 규제치를 크게 상회함을 알 수 있다.

표 6. 대책별 주요 위치 소음도(dBA)
Table 6. Noise levels of converter station

적용 소음저감 대책	기준위치(1)						
	#1	#2	#3	#4	#5	#6	
현황	여름	50.1	55.1	65.2	46.1	51.1	46.1
	겨울	49.7	54.8	65.1	45.9	50.9	45.8

(1) #1: 변환소 입구, #2: 부지경계(북측), #3: 부지경

계(서측, 필터 리액터 근접), #4: 부지경계(남측), #5: 부지경계(동남측, 변압기 근접지점), #6: 부지경계(동측)

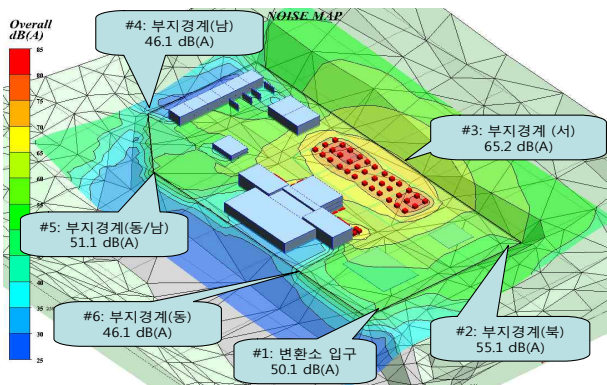
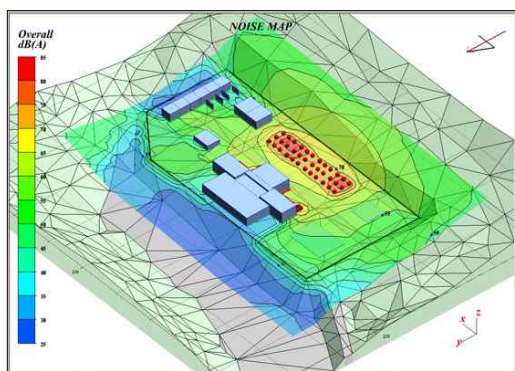
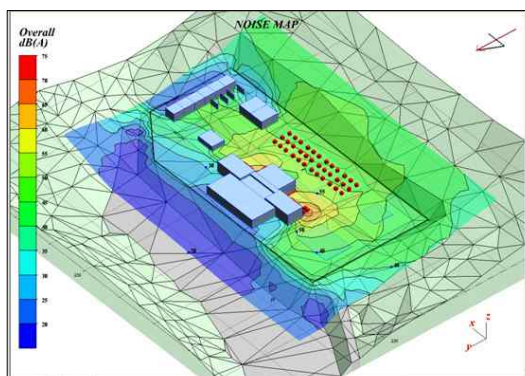


그림 8. 변환소 옥외소음분포도 및 기준위치
Fig. 8. Contour of Noise level



(a) Temp(-0.5[°C]), Hum.(68.6%), Wind(0[m/s])



(b) Temp. = 28.8[°C], Hum.(68.6%), Wind(0[m/s])

그림 9. 온도변화에 따른 옥외소음분포도
Fig. 9. Noise contour for temperature change

그림 9는 계절에 따른 온도변화에 의한 소음변화 특성을 보여주는데, 표 5에서와 같이 겨울에 비해 여름이 최대 0.4[dBA] 정도 크를 확인할 수 있었다.

소음대책에 대한 검토를 위해 가장 소음도가 높은 필터측에 방음벽의 설치를 검토하였다. 방음벽은 표 7과 같은 사양으로 높이 10[m], 13[m], 15[m]에 대하여 검토하였으며, 표 8은 시뮬레이션 결과를 보여준다.

시뮬레이션 결과 방음벽에 의한 소음저감 효과는 방음벽 높이 10[m](상부격임 불포함)이상에서는 소음저감에 큰 변화 없음을 확인할 수 있었다. 그림 10은 필터 방음벽 10[m]를 적용한 시뮬레이션 결과를 보여준다.

표 7. 필터 방음벽 사양

Table 7. Dimension of filter sound barrier

항목	값	
방음벽의 두께/재료	95 [mm]/알루미늄	
방음벽의 흡음률	NRC 0.7 이상	
방음벽의 투과손실	STC 35 이상	
설치 위치	긴 측	가로×세로(107[m]×10[m])
	짧은 측	가로×세로(44[m]×10[m])

표 8. 방음벽 높이에 따른 주요 위치 소음도(dBA)

Table 8. Noise levels for sound barrier height

소음저감 대책	기준위치						방음벽 높이 ⁽¹⁾
	#1	#2	#3	#4	#5	#6	
여름	50.1	55.1	65.2	46.1	51.1	46.1	
필터 (방음벽)	48.4	44.8	45.5	44.0	50.2	46.1	H=10[m]
	48.4	44.6	45.3	44.0	50.2	46.1	H=13[m]
	48.4	44.5	45.2	44.0	50.2	46.1	H=15[m]

(1) 상부격임(2[m]) 불포함

필터 방음벽 설치를 통해 변환소 경계에서 소음치가 대부분 50[dBA]이하로 저감되었으나, 45[dBA]를 만족하지 못하고 있다. 추가적인 방음대책으로 방음림, 변압기 방음벽, 지면 교체 등을 적용하여 소음저감 효과를 평가하였다. 방음림은 필터 방음벽 설치 후에도 경계부근에서 50[dBA]를 초과하는 기준위치 #5에 대하여 그림 11과 같이 적용하였다. 표 9는 10[m] 높이

HVDC 변환소의 옥외소음 분석

의 필터방음벽과 함께 각각의 방음대책 적용시의 소음평가 결과이다.

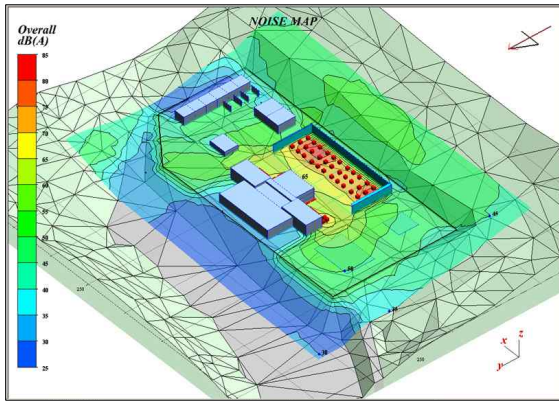


그림 10. 변환소 소음 예측결과 (필터 방음벽 설치)
Fig. 10. Noise contour for filter sound barrier

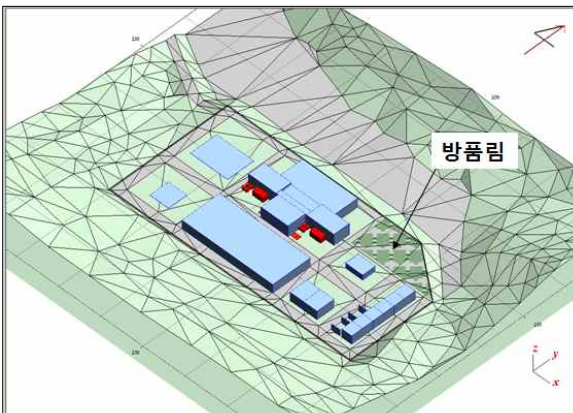


그림 11. 변환소 경계 방음림 모델링
Fig. 11. Modelling of sound proof foliage

표 9. 필터 방음벽 설치에 따른 주요 위치 소음도(dBA)

Table 9. Noise Levels for filter sound barrier

적용 소음 저감 대책	기준위치						비고
	#1	#2	#3	#4	#5	#6	
여름	50.1	55.1	65.2	46.1	51.1	46.1	
겨울	49.7	54.8	65.1	45.9	50.9	45.8	
필터(방음벽)	48.4	44.8	45.5	44.0	50.2	46.1	필터 방음벽 H=10[m]
방음림 조성	48.4	44.8	45.5	44.0	47.2	46.1	
부드러운 지면	47.5	43.3	45.3	42.3	46.2	43.9	
변압기 방음벽	48.3	43.4	45.4	43.9	49.9	46.1	

표 10. 필터 건물 설치에 따른 주요 위치 소음도 (dBA)

Table 10. Noise Levels of Converter Station

적용 소음저감 대책	기준위치						비고	
	#1	#2	#3	#4	#5	#6		
현황	여름	50.1	55.1	65.2	46.1	51.1	46.1	
	겨울	49.7	54.8	65.1	45.9	50.9	45.8	
필터 (별도건물)	여름	41.1	40.8	25.0	38.1	40.6	41.8	필터 건물
	겨울	40.8	40.4	24.8	37.9	40.4	41.5	
방음림 조성	41.1	40.8	25.0	38.1	37.6	41.8		
부드러운 지면	40.2	39.3	24.8	36.4	36.6	39.6		
변압기 방음벽	41.1	40.7	24.9	38.0	40.4	41.8		

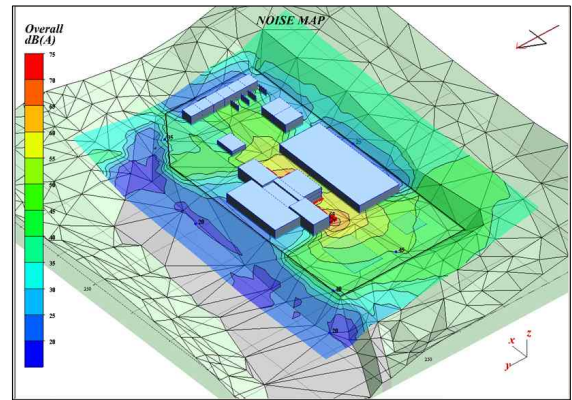


그림 12. 변환소 소음 예측 결과 (필터건물 설치)
Fig. 12. Noise contour for filter building

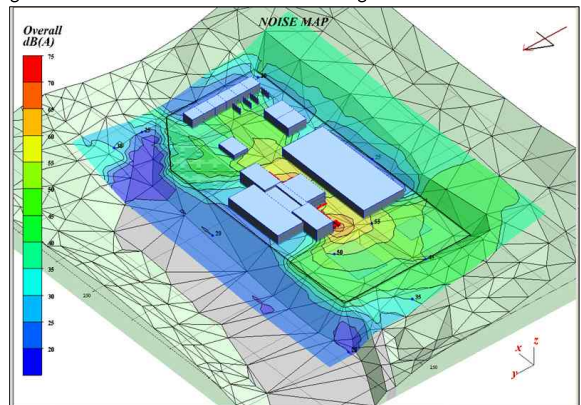


그림 13. 변환소 소음 예측 결과 (경계 방음림 조성)
Fig. 13. Noise contour for sound proof foliage

부드러운 지면효과와 약 4[dBA]의 소음개선 효과를
있음을 확인하였으며, 방음림도 3[dBA] 정도의 저감

효과가 있음을 확인하였다. 변압기 방음벽 효과는 필터 방음벽 개선효과로 인해 개선효과가 미미함을 알 수 있었다. 필터 방음벽을 포함한 저감대책만으로는 45[dBA]를 만족하지 않기 때문에 필터를 별도건물(가로×세로×높이/107[m]×44[m]×10[m])로 차폐한 경우의 대책에 대하여 별도로 검토하였으며, 표 10은 필터 건물설치에 대하여 대책을 적용한 결과이며, 그림 12와 그림 13은 이때의 소음분포를 보여준다.

검토결과를 분석하면 변환소의 옥외 소음분포는 주로 옥외에 설치된 필터에 의해서 좌우되며 필터 방음벽 설치 및 기타 저감대책 적용으로 50[dBA]이하로 저감이 가능함을 확인할 수 있었다. 그러나 주거지역 기준인 45[dBA]를 만족하기 위해서는 필터를 별도 건물로 차폐해야만함을 확인할 수 있었다.

5. 결 론

HVDC 변환소의 주요 소음원 설비인 변환용 변압기, 리액터, 커패시터, 냉각팬 등을 모델링하고 각종 저감대책을 적용하여 옥외 소음분포를 검토한 결과를 아래와 같이 정리할 수 있다.

- 방음대책이 전혀 하지 않는 경우, 변환소 경계면에서 소음예측 결과는 50[dBA] 이상을 크게 상회함
- 계절에 따른 온도변화에 의한 소음변화 특성은 겨울에 비해 여름이 최대 0.4[dBA] 정도 큼을 확인함
- 옥외에 설치된 필터에 방음벽 설치시 경계면에서 50[dBA]이하로 저감이 가능함을 확인함
- 방음벽에 의한 방음 효과는 10[m] 이상에서는 효과가 없음을 확인하였음
- 주거지역 기준인 45[dBA]를 만족하기 위해서는 필터를 별도 건물로 차폐해야만함을 확인함
- 방음림, 지면효과 등의 추가적인 소음 저감대책으로 3~4[dBA]의 추가적인 저감이 가능함을 확인함

이러한 검토결과는 향후 변환소 구축이 이루어진 후 실측을 통한 비교를 통해 검증할 예정이다.

References

- [1] ISO 9613-1: Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere, 1993.
- [2] ISO 9613-2: Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 2: General method of calculation, 1996.
- [3] SNAME TR 3-37: Design guide for shipboard airborne noise control, 1983.
- [4] NEBB (National Environmental Balancing Bureau): Sound and Vibration - Design and Analysis, 1994.
- [5] L.L. Beranek and I.L. Ver: Noise and vibration control engineering, John Wiley & Sons, Inc. 1992.
- [6] Report of Working Group14.26 HMDC Station audible noise, CIGRE 2002.
- [7] CreaTech: ENPro Version 3.1 user manual, 2001.
- [8] 소음 진동관리법 시행규칙.

◇ 저자소개 ◇



이성두(李性斗)

1973년 10월 10일생. 1996년 부산대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 한전 전력연구원 선임연구원.
Tel : (042)865-5825
E-mail : joyful@kepri.re.kr