



# 전기 기계류의 소음 측정 및 평가

정 완 섭\*, 은 회 준\*\*

(\* 한국표준과학연구소 음향·진동 그룹 선임연구원, \*\* 동 연구소 선임연구부장)

## 1. 서 론

전기 기계류 관련 상품은 인간 생활의 편리함과 쾌적성 증대를 위하여 우리 주위로 더욱 가깝게 다가오고 있다. 가전 제품, 컴퓨터 및 통신 기기류는 이미 필수품화 되었으며, 소형 모터류는 이미 우리의 주거 공간내에 그리고 중·대형은 작업장 여러곳에 분포되어 있다. 이들 전기 기계류의 소음이 우리에게 미치는 영향은 세가지로 요약된다[1]. 일차적으로 소음 레벨은 품질 고급성 평가의 기본 인자이며, 작업 능률성 및 정상 운전에 이차적으로 영향을 미치며, 과도한 소음 피폭은 청각 손실과 같은 인체 건강 침해로 직접 이어진다. 따라서, 기계류의 소음은 복합적 영향을 미치는 공학적 주요 인자이다.

90년대 이후 소음 관련 법규의 강화와 더불어 국내 산업계는 저소음화를 위한 소음 측정 및 평가에 의한 실태조사 및 대책 마련에 직면하고 있다. 이는 93년 이후 약 50% 이상 매년 증대하고 있는 소음계 교정 업무량의 폭주 (한국표준과학원 음향·진동실 자료)에서 잘 나타난다. 또한, ISO 9000 관련 국제 공인 인정제도의 정착화 또한 이러한 추세를 더욱 가속화 하였다. 따라서, 향후 국내 업계의 소음관련 기본 업무들은 과연 무엇일까하는 문제를 본 논문의 초기 단계에서 제기하였다. 이러한 문제점을 접근하기 두가지 단어, 즉 "Acoustics"와 "Acoustic Noise"에 관련된 세계 측정 표준관련 Database (Information Handling Services: IHS)를 접근하여 보았다. 95년 8월 현재, 국제 표준 규격 (International Organization for Standardization: ISO)를 포함한 451개의 표준안이 수록되어 있었다. 세계의 모든 소음관련 업계에서 이같이 방대한 표준 규격에 따라 소음 측정 및 평가 업무가 진행되고 있음을 시사하고 있다. 금년 Inter Noise 95의 표준 규격 관련 모임에서 R. Taddeo씨 [2]가 지적한 바와 같이 향후 미국 국방 표준 규격(MIL)들은 산업용 표준 규격으로의 대치가 가속화 될 것이라는 점을 강조하였다. 그리고, 선진 국의 표준 관련 전문가들은 하나

의 통일된 표준안으로 국제 표준 규격(ISO)에 가장 큰 비중을 두고 있으며, 90년대 ISO의 새로운 표준안들의 급격한 증가는 이러한 국제 조류를 반영하고 있다.

본 논문은 ISO 관련 소음 측정 표준안(1995년 8월 기준)들에 포함된 기본적 측정량들의 정의, 그들의 측정 및 분석 방법의 간략한 소개와 더불어 이들 규격의 활용 방안을 예시한다. 제 2절에서 소음 측정관련 기본 양들의 정의와 전문 용어들을 간략히 소개한다. 이러한 측정치를 이용하여 우리 주위에서 가장 가까이 있는 컴퓨터의 소음 측정 및 평가 방안을 제 3장에서 토의한다. 그리고, 전기 기계류의 대표적 소음원이며 산업의 동력원인 모터 및 발전기의 소음 측정 및 특성 평가방안을 검토한다. 끝으로, 우리 산업계와 소음 관련 업무의 향후 나아갈 길을 제5장에서 요약한다.

## 2. 소음관련 기본 용어와 측정치의 소개

### 2.1 음압 레벨과 청감

소음은 기계류의 표면 진동에 의하여 공기 매질을 통하여 전파되는 파동 성분이다. 따라서, 소음원은 항상 진동을 수반하게 된다. 이러한 현상은 스피커의 방사음에서 가장 쉽게 이해될 수 있다. 우리의 귀는 이러한 음파를 주파수에 따라 음의 높낮이와 진폭에 따라 음의 크기를 민감하게 인식한다. 귀가 인식하는 음압의 크기 (Sound pressure level:  $L_p$  in deci-bel, dB)는 다음과 같이 대수적 양으로 정의한다.

$$L_p = 10 \cdot \log_{10} \left[ \frac{P_{rms}}{P_{ref}} \right]^2 \quad (1)$$

여기서  $P_{rms}$ 는 측정된 음압의 실효치, 그리고  $P_{ref}$ 는 1.0 kHz 순음에 대한 인간의 청음 하한 음압 ( $P_{ref} = 20 \times 10^{-6}$  Pa)이다.

위의 상대적 대수 단위의 소음 레벨과 인간의 시끄러움에 대한 인식 정도(Perceived loudness)의 상관관계를

이해하는 것은 실제 공학에 매우 유용하다. 40 dB의 소음 레벨을 기준으로 하여 시끄러움의 정도 S (단위 = sones)를 다음과 같이 표시한다.

$$S = 2^{(L_s - 40)/10} \quad (2)$$

예를들어, 50 dB의 소음 레벨은 40 dB의 소음보다 2 배의 시끄러움을 인식함을 의미한다. 따라서, 소음 레벨이 10 dB 증가할 경우 2 배의 시끄러움을, 반면에 10 dB 감소할 경우 우리는 2 배 조용함을 느끼게 된다. 두 소음 레벨이 약 3 dB 정도 차이를 보일때 비로소 그들의 차이를 인식하기 시작하며, 최소 5 dB 정도의 차이를 보일 경우 우리는 명확한 차이를 느낄수 있다. 따라서, 소음 저감 대책에서 5 dB 감소는 공학에서 매우 중요한 의미를 갖는다.

음압 레벨과 시끄러움의 청감 특성을 소개하였다. 이러한 청감 특성에 영향을 미치는 또 하나의 인자가 음의 높낮이에 관련된 주파수이다. 1.0 kHz, 40 dB의 순음(pure tone)에 대한 상대적 주파수 감응 특성을 청감 보정 혹은 A-보정(A-weighting) 곡선(IEC 651)이라 한다. 이는 동일한 실험치를 갖는 두가지의 소음에 대하여 우리가 느끼는 시끄러움의 정도는 다를 수 있다는 점을 의미한다. 이러한 문제점 때문에 모든 소음 표준 규격에서 일반적 소음 레벨 평가치는 청감 보정된 음압 측정치를 사용하며, 식 (1)에 따라 환산된 소음 레벨을 "dB(A)"로 표시하며, 이를 "디비 에이"로 칭한다.

측정점에서의 소음 레벨과 함께 소음 관련 업무에서 자주 사용되는 측정치가 소음원의 음향 출력 레벨(Sound power level,  $L_w$ ), 즉, 음원이 단위 시간당 방사하는 음향 에너지로 다음과 같이 정의된다.

$$L_w = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{W_{rms}}{W_{ref}} \right) \quad (3)$$

여기서,  $W_{rms}$ 는 음원의 방사 출력이며  $W_{ref}$ 는 음원의 기준출력으로  $W_{ref} = 10^{-12}$  watt이다. 음향 출력 또한 상대적 대수 레벨을 사용한다. 일반적 대화시 약 65 ~ 70 dB 정도이며 고탈을 지를때 인간은 약 90 dB 정도의 음향 출력을 낼 수 있다. 최근 우리의 관심을 끌었던 무궁화호 로켓의 발사시 약 180 dB에 달하는 높은 음향 출력이 방사된다. 특히, 음향 출력은 전기기기류의 소음 발생량을 나타내는 지표로 이용되고 있다. 제 3 장과 4 장에서 음향 출력의 측정 및 평가 방법을 소개한다.

## 2.2 음압의 공간 분포: 음장

음원에서 발생된 음압이 공간에 분포되는 특성 이해는 소음 측정에 중요한 역할을 한다. 소음 레벨 측정시, 측정 위치를 변경할 때 서로 다른 음압 레벨을 얻게 되는 경우를 자주 직면하게 된다. 이는 주로 음압이 공간에 분포된 특성 (Sound field: 음장)이 다르기 때문이며, 이러한 음

장 특성이 소음 측정 및 분석 업무에 가장 큰 어려움을 야기하는 요인이 되고 있다. 이는 현장 소음 측정 관련 종사자들이 이해하기 가장 어려운 부분이며, 기초 음향학의 이해를 통하여 해결될 수 있다.

음원 주위 공간의 음장은 크게 두가지 인자, 즉 음원의 기하학적 특성 (Source dimensions)과 음원 주위의 반사면의 공간적 분포 (Boundary conditions of reflecting surfaces)에 따라 결정된다. 음원 주위에 반사면이 없을 경우, 음원에서 발생된 직접음(Direct sound)은 구면파 형태로 전파된다. 이때 음압은 거리에 역비례성 ( $P_{rms}(r) \sim 1/r$ ), 즉, 음원에서 거리가 2 배 증가 할 경우 음압은 2 배 낮아지는 특성을 갖는다. 이러한 공간 분포를 만족하는 음압 분포를 자유 음장 (Free field)이라하며, 이같은 이상적 특성을 갖는 실험실을 무향실 (Anechoic chamber)이라 한다. 무향실내에서는 항상 이상적 음장을 발생 및 유지 할 수 있기 때문에 모든 음향 관련 표준 시험 및 소음 지시계들의 교정 업무를 무향실에서 수행한다. 넓은 옥외 공간은 하나의 반사면을 갖는 반무향실 (Half-anechoic chamber)의 좋은 예이며, 이는 음원의 출력 및 소음 특성 시험 평가에 활용되고 있다.

반사율이 매우 높은 시멘트 벽면으로 구성된 밀폐된 공간 내에서 음원이 구동할 때, 음원에서 전파되는 직접음과 수많은 반사 경로로 부터 전파되는 반사음의 중첩에 의하여 실내 음장은 결정된다. 이를 잔향 음장 (Reverberant field)이라 하며, 이러한 음장을 형성할 수 있는 실험실을 잔향실 (Reverberation chamber)이라 한다. 이러한 잔향실내에서 직접음과 수많은 반사음들의 중첩에 의하여 평형에 도달한 즉 모든 방향으로 전파되는 음압이 동일한 음장을 확산 음장 (Diffuse field)이라 한다. 확산 음장 영역에서는 평균 음압 에너지 밀도가 균일하기 때문에, 음원의 음향 출력 시험 및 건축용 흡·차음재의 성능 평가에 널리 이용된다.

소음원에 매우 근접한 지점, 예로 반 파장 이내 ( $\lambda = c/f$ :  $c$  = 음속,  $f$  = 주파수)에서의 음압 분포를 근접 음장 (Near field)이라 하는데, 이곳에서의 음압 분포는 본 논문의 범위를 초월하는 매우 복잡한 비선형 음향 현상들을 포함하기 때문에 소음 측정시 반드시 피해야 되는 곳이다. 근접 음장이 형성되는 범위는 음원의 특성 길이(너비, 폭, 높이 중 가장 긴 길이)와 음파의 주파수에 따라 다르며, 이를 정확히 규명할 수 있는 방안은 아직 없다. 다만, 측정 최저 주파수의 반 파장보다 멀리 떨어져 음압을 측정하도록 모든 표준 규격에서 권장하고 있다. 근접 음장의 외부 공간을 원거리 음장(Far field)이라 하며, 앞서 언급한 자유 음장과 확산 음장이 여기에 속한다. 그림 1은 밀폐된 공간에 설치된 음원이 형성하는 음장의 일반적 형태를 보이고 있다.

그림 1에서 두가지의 빗금친 영역은 가변성을 갖는 음장 영역 (variability area)이다. 음원에서 근접한 영역은 음원의 특성 길이와 음원의 저주파 특성에 따라 의존하는 근접 음장 영역이며, 거리  $r$ 이 큰 영역의 음장 가변성은 벽면의 흡음율에 기인하게 된다. 만약, 벽면이 95 % 이상의 흡음재로 처리된 경우 밀폐된 공간은 무향실과 같이 거리

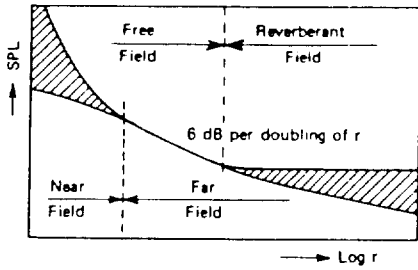


그림 1. Sound field variation in an enclosed space with its variability: r = distance between source and measurement positions and SPL=sound pressure level in dB.

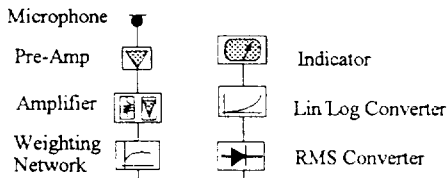


그림 2. Block diagram of sound level meter.

가 2배 멀어지면 음압이 반으로 적어지는 자유 음장이 형성되며, 이와 반대로 5% 이하의 흡음율을 갖는 시멘트 벽면일 경우 밀폐된 공간은 잔향실과 같이 평균 음향 에너지가 균일한 확산 음장이 형성된다. 이러한 음장의 가변성은 음원의 크기 및 저주파 특성, 그리고 벽면의 흡음 특성에 따라 결정됨을 알 수 있다. 따라서, 이는 측정치의 정밀도에 직접 영향을 미치는 주요 인자임을 알 수 있다.

### 2.3 소음 측정 장치와 주파수 분석기

소음 관련 분야에서만 이용되는 대수적 음압 지시치를 앞서 소개 하였다. 공간에 분포한 음압 탐지에서 이러한 지시치가 환산되는 과정은 그림 2와 같다.

측정점에서의 음압은 마이크로폰에 의하여 전기적 신호로 변환되며, 이 전기적 신호는 전치 증폭기와 주 증폭기에 의해 증폭된다. 증폭된 신호는 측정 음압에 비례하는 전기적 신호이다. 청감 보정 (A-weighting)된 음압 신호는 필터와 같은 전용 보정 회로를 통하여 얻게 된다. 증폭기의 출력 신호나 청감 보정된 신호는 실효치 변환 회로로 입력된다. 실효치 변환 회로는 AC를 DC로 변환하는 정류회로부와 정류된 신호의 평균 시간 설정부 (slow, fast, impulse, peak-hold)로 구성되어 있다(IEC 651과 IEC 804 참고). 설정된 시간 평균치의 음압 레벨은 대수 변환부로 입력되며, 최종적으로 소음 레벨은 dB 값으로 지시부에 표시된다. 위와 같이 소음계는 복잡한 선형 및 비선형 전자 회로 부로 구성되어 있기 때문에, 각 구성단의 기본 요구성

능과 규격을 국내의 표준 규격들(KS-C-1502, KS-C-1505, IEC 651, IEC 804등)에서 엄격히 규정하고 있다.

기계류, 작업장, 주거환경의 소음 평가 과정에 측정 신호의 주파수 분석은 매우 중요한 부분이다. 특히 음향 및 소음 신호의 주파수 분석은 음악 음향학 및 청감 특성에 학문적 기초를 두고 있기 때문에, 일반 공학 분야에서 잘 알려진 신호의 주파수 분석 기법과는 차이가 있다. 음악에서 음의 고저를 나타낼때 낮은 도와 높은 도 사이를 한 옥타브 (one octave)라 하며, 피아노에서 한 옥타브는 건반 수에서 알 수 있듯이 12개의 반음으로 세분화 되어 있다. 따라서, 1/12-옥타브 대역까지 세분화된 음을 피아노는 발생할 수 있다. 12 개의 음반을 다시 4개씩 묶어 3 개 조로 구성할 경우, 이들의 중심 음계는 (도 미 솔# 도)이다. 이와 같이 한 옥타브를 세 등분한 것을 1/3-옥타브라 한다. 음압 신호의 주파수 분석에 관련된 모든 국내의 표준 규격들은 옥타브 대역 혹은 1/3-옥타브 대역의 주파수 분석을 표준으로 하고 있다. 이들 표준 규격은 20 Hz ~ 20 kHz의 가청 주파수 범위에 대하여 1/3-옥타브 대역 필터의 i-번째 중심 주파수는 다음식으로 계산된다 (i = 0, 1, 2, ...).

$$f_{(i)} = 10^{i/10} \text{ Hz} \quad (4)$$

옥타브 필터의 중심 주파수는 식 (4)에서 필터 번호 i가 3의 배수, 즉 i = 0, 3, 6, ... 의 중심 주파수이다. 중심 주파수와 -3 dB 상.하한 주파수 비는  $f_{(i),L}/f_{(i)} = 2^{-b/2}$ 와  $f_{(i),H}/f_{(i)} = 2^{b/2}$ 의 관계를 갖는다(옥타브 필터의 경우 대역 인자 b = 1이며 1/3-옥타브 필터의 대역 인자 b = 1/3). 따라서, 필터 대역폭  $B_r = (2^{b/2} - 2^{-b/2}) \times f_{(i)}$ 이며, 이는 중심 주파수  $f_{(i)}$ 가 증가함에 따라 대역폭이 비례적으로 증가한다. 소음 분석 전용 옥타브 및 1/3-옥타브 필터에 관련된 진폭 및 위상 응답 특성, 전자적 설계 지침, 그리고 정밀도에 따른 등급 등에 관련된 가장 자세한 자료는 미국 표준규격 (ANSI S1.11-1989)을 참고하기 바란다.

본 논문의 저자가 현재 사용하는 음향 및 소음 측정 신호의 옥타브 및 1/3-옥타브 분석 방법을 간략히 소개한다. 현장에서의 최소한 1 분 이상의 음압 신호 P(t)를 16-bit 디지털 신호로 변환하여 범용 PC에 기록한다. 이러한 디지털 음압 신호 {P(n): n = 0, 1, ... , N}는 범용 소프트웨어(MATLAB과 Signal Processing Tool Box)을 이용하여 주파수 영역의 신호(P(k): n = 0, 1, ... , N/2)로 변환한다. ANSI S1.11-1989에 규정된 i-번째 옥타브 및 1/3-옥타브 주파수 응답 함수(H<sub>i</sub>(k): n=0, 1, ... , N/2)에 따라 필터된 신호 {P<sub>f<sub>i</sub></sub>(k) = P(k) · H<sub>i</sub>(k): k = 0, 1, ... , N/2}를 계산한 뒤, i-번째 대역의 음압 제곱 평균 P<sub>1,rms</sub><sup>2</sup>은 필터된 신호 {P<sub>f<sub>i</sub></sub>(k): k = 0, 1, ... , N/2}의 제곱의 합으로 구한다. 식 (1)을 이용하여 옥타브 및 1/3-옥타브 대역의 음압 레벨을 얻는다. 이러한 분석 과정은 기존 아날로그나 디지털 필터의 정밀도 한계점과 취급상의 번거로움등을 쉽게 해결할 수 있다. 이러한 점은

향후 음향 및 소음 관련 평가 및 분석 분야에서 디지털 신호 처리 기법의 채용이 더욱 가속화되리라 하는 사실을 의미한다. 일례로, 위의 필터 응답 함수  $H(k)$  대신에 주파수에 따른 청감 곡선(A-weighting curve)을 대입하여 위의 연산 과정을 수행하면 보정된 음압 레벨을 얻을 수 있다.

### 3. 컴퓨터 및 사무용 기기류의 소음 분석

최근 정보의 고속화와 업무의 전산화 추세로 인하여 컴퓨터 및 주변기기류, 그리고 통신 기기들은 주거 및 업무의 필수품이 되고 있으며, 이들 소음원에 의한 인체의 소음 피폭량은 점점 증대되고 있다. 이같은 우리 현실에서 소음 피폭량 저감 대책 마련은 이들 사무용 기기류의 소음 측정 및 분석에 의한 문제점 파악으로부터 시작된다. 두개의 국제 표준 규격 (ISO 7779:1988와 ISO 9295: 1988)은 사무용 기기류의 소음 측정 방안을 규정하고 있다. 이들은 사용자 (Operator) 혹은 방관자(Bystander) 위치의 음압 레벨과 기기류의 총 소음 출력 레벨 측정 방안을 각각 다루고 있다. 이들 측정 방법을 설명하는 과정에 필요한 용어를 간략히 소개한다. 기준 상자(Reference box)란 소음원을 포장할 수 있는 최소한의 가상적 육각 상자를 정의하며, 이에 따라 소음원의 크기(가로, 세로, 높이)를 정의한다. 기준 상자의 가로, 세로, 높이 중 가장 긴 길이를 음원의 특성 길이 (Characteristic length)라 하며, 기준상자는 바닥을 제외한 5 개의 가상적 평면을 이룬다. 소음 측정시 결정해야하는 기준 상자 밖의 또 하나의 가상면이 마이크로폰의 위치를 결정하는 측정면(Measurement surface)이 있다.

#### 3.1 사용자 혹은 방관자 위치의 음압 레벨

컴퓨터등 사무용 전기 기기류에서 방출되는 소음에 대해 사용자의 반응은 제품의 쾌적성 및 타사 제품과의 소음 성능 비교등으로 나타난다. 이러한 제품 성능에 관련된 소음 평가 방안을 본 절에서 소개 한다. 국제 표준 규격 (ISO 7779:1988와 ISO 9295:1988)에서 이러한 측정은 하나의 반사면을 갖는 자유음장 조건(반 무향실이나 트인 옥외 공간)만을 한정하고 있다. 그러나, 유사 제품의 단순 상대 비교를 할 경우라면 국제 표준규격 ISO 3746:1979과 ISO 3747:1987에서 추천하는 바와 같이 특수 측정 환경의 제약에 제한을 받을 필요는 없다.

사용자 위치에서 음압 레벨 측정은 소음 원의 기준 상자 정면에서  $0.25m \pm 0.05m$  떨어진 곳에 측정면이 설정된다. 우선 사용자의 위치는 서서하는 작업과 의자에 앉아서 하는 작업에 따라 측정점의 높이가 다르다. 전자는 바닥으로부터  $1.5 m \pm 0.03 m$  의 높이에 그리고 후자는  $1.2 m \pm 0.03 m$  의 높이에 측정 마이크로폰을 각각 설치하여 음압을 측정한다. 이때 마이크로폰은 수평면에 대해 바닥쪽을 향해 약  $30^\circ$  기울게 설치한다.

소음원에 대해 사용자의 위치와는 달리 방관자의 위치는 앞뒤, 좌우의 네가지 경우가 있다. 따라서, 소음원의 기준 상자에 대해  $1.0 m \pm 0.03m$  떨어진 곳에 네개의 측정면이 각각 설정되며, 각 측정면에서 마이크로폰은 바닥에서  $1.5 m \pm 0.03 m$  높이, 그리고 좌우 중앙점에 위치한다. 또한 마이크로폰은 위와 같이 바닥쪽을 향해 약  $30^\circ$  기울게 조정한다. 만약, 음원 기준 상자의 특성 길이가  $2 m$ 를 초과할 경우  $1 m$  간격을 갖는 위치마다 음압레벨을 측정한다.

지금까지 소개한 측정점에서의 소음원의 음압 측정값은 청감 보정 (A-보정)된 음압 레벨을 기준으로하며, 주로 옥타브대역 혹은 1/3-옥타브 대역의 음압 레벨을 사용한다. 그리고, 음압 레벨의 측정은 두 단계로 이루어 진다. 우선 소음원이 정지한 상태에서 실험실 암소음(Background noise)레벨  $L_{pA,0}$ 의 측정을 한뒤, 소음원이 정상 운전 상태에서 두번째 소음레벨  $L_{pA,1}$ 을 측정한다. 암소음 레벨이 실측치 보다 모든 측정 주파수 대역에서 최소한  $6 dB(A)$ 보다 낮아야한다. 암소음에 의한 측정 음압 레벨의 보정을 다음과 같이 한다.

$$L_{pA} = L_{pA,1} - 10 \cdot \log_{10} (10^{0.1L_{pA,1}} - 10^{0.1L_{pA,0}}) \quad (5)$$

이같이 보정된 음압레벨을 실측치로 이용한다. 방관자 위치의 측정시 최소한 네개의 측정점에 대한 소음 레벨을 얻게되므로, 이들의 공간 평균 음압 또한 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\bar{L}_{pA} = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M 10^{0.1L_{pA,m}} \right) \quad (6)$$

윗 식에서 M은 측정점의 수이고  $L_{pA,m}$ 은 암소음이 보정된 m-번째 음압 레벨이다. 방관자 위치의 측정결과는 각 측정점의 위치와 보정된 음압 레벨, 그리고 이들의 공간 평균치로 표기한다.

#### 3.2 컴퓨터 및 사무용 기기의 음향 출력 측정

컴퓨터 및 사무기기가 방출하는 음향 출력 (Sound power level) 측정은 잔향실법 (ISO 3741:1988, ISO 3742:1988, ISO 3743-1:1994, ISO 3743-2:1994)과 무향실법 (ISO 3744:1994, ISO 3745:1977)으로 구분된다. 잔향실법은 벽면의 반사에 의한 음압의 공간 분포가 평형을 이룬 상태 즉 확산 음장 조건에서 음압 측정을 수행하며, 무향실법은 음원에 의한 음파가 반구형 파로 전파되는 상태 즉 하나의 반사면(바닥면)만을 갖는 자유음장 (반 무향실) 조건에서 실시한다.

##### 3.2.1 잔향실 법에 의한 음향 출력 측정

앞서 2 장에서 소개한 바와 같이 반사율이 95 %이상되는 벽면으로 구성된 밀폐된 공간 즉 잔향실은 소음원의 구동시 확산음장이 형성되므로 음향 출력을 정밀하게 측정할수 있는

측정 환경이 된다. 소음원이 방출하는 최저 측정 가능 주파수 대역은 잔향실의 체적  $V$  ( $m^3$ )에 따라 제한된다. 최저 옥타브 대역이 125 Hz 혹은 최저 1/3-옥타브 대역이 100 Hz 인 경우 최소 용적은  $200 m^3$  이상이 요구되며, 최저 옥타브 대역이 250 Hz 혹은 최저 1/3-옥타브 대역이 200 Hz 인 경우 최소 용적은  $70 m^3$  이상이 요구된다. 잔향실의 압소음 레벨은 소음원의 음압 레벨보다 모든 측정점과 분석 주파수 대역에서 최소 6 dB 이하여야 한다.

잔향실 내에서 컴퓨터나 사무기기류의 배치는 책상위, 벽면, 바닥, 그리고 모서리등의 실제 설치조건에 최대한 가까워야 한다. 설치된 음원의 운전 조건중 가장 높은 A-보정 음압 레벨이 측정되는 상태를 음압 출력 측정의 기준 조건으로 하며, 최소한 30분 간 가동후 측정을 시작한다. 음원의 음향 출력 실험 시 측정 오차를 발생하는 주요 인자는 잔향실 내의 음장 공간 분포의 불 균일성이며, 이는 음원이 갖는 주파수의 특성과 직접 관련된다. 음원의 기준 상자면으로부터 거리  $d$  ( $d = 1 m$  혹은  $\lambda/2$  중 큰 치수)이상 떨어진 곳에 설정된 음압 측정면에서 음압의 공간 분포 불균일성을 측정한다. 음압의 공간 불균일성은 측정면의 수평 방향으로 정의되는 길이  $3\lambda_{max}$  ( $\lambda_{max} =$  측정 옥타브 대역의 최저 중심 주파수에 대응되는 파장)의 경로를 따라 측정된 음압 레벨 (dB로 표시된 값)의 표준 편차  $\sigma$ 에 따라 판단할 수 있다.  $\sigma \leq 1.5$  dB 인 경우 음원은 광대역의 완만한 주파수 분포를,  $1.5$  dB  $< \sigma \leq 3.0$  dB 인 경우 음원은 협대역의 주파수 분포를, 그리고  $\sigma > 3.0$  dB인 경우 이산 조화 성분 (discrete harmonics)을 갖는다. 광대역의 완만한 주파수 분포( $\sigma \leq 1.5$  dB)인 경우, 앞면 윗면에 대응되는 측정면에서 임의의 세점 ( $M = 3$ )을 측정점으로 선정한다. 그러나, 협대역 혹은 이산 조화 성분을 갖는 음원에 대하여는 ISO 7779:1988의 5.6절의 표와 환산식들의 계산과정을 거쳐 측정점의 수와 측정점 간의 상대적 위치를 각각 결정한다.

음향 출력 측정시, 1/3-옥타브 대역별 A-보정 음압 측정치 사용이 가장 널리 이용되고 있다. 잔향실법에 의한 음향 출력 측정 과정은 위에서 소개한 각 측정점에서 우선 소음원 정지 상태의 압소음 측정 ( $L_{pA,0}(m); m = 1, \dots, M$ ), 음원 가동시 음압 레벨 측정 ( $L_{pA,1}(m); m = 1, \dots, M$ ), 그리고 음원의 설치 위치에 기준 음원(Reference sound source: ISO 6926에 규정한 음향 특성 및 교정 정밀도를 만족하는 음원)가동에 의한 기준 음원 음압 ( $L_{pA,R}(m); m = 1, \dots, M$ ) 측정 과정으로 구성된다. 이들 3 단계의 측정을 완료한 뒤, 음원 가동시 음압 레벨 측정치에 대한 압소음에 의한 보정을 식 (5)에 따라 수행하여 보정된 음원의 음압 레벨을 계산하며, 이들 다수의 측정 음압 레벨의 공간 평균 음압 레벨은 식 (6)에 의하여 환산한다. 시험 음원과 기준 음원의 공간 평균 음압으로 부터 최종적으로 시험 음원의 음향 출력은 다음과 같이 결정된다.

$$L_{wA} = \bar{L}_{pA} + (L_{wA,R} - \bar{L}_{pA,R}) \quad (7)$$

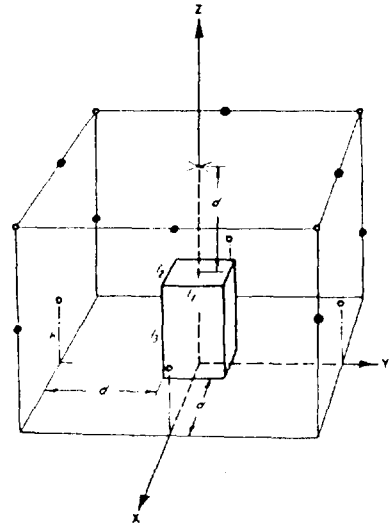


그림 3. Measurement points on the five measurement surfaces: the symbols 'o' and '•' denote the standard and additional measurement positions.

여기서,  $L_{wA,R}$ 은 ISO 6926 규격에 따라 교정된 기준 음원의 음향 출력 값이다. 위 식에서 시험 음원과 기준 음원의 음향 출력 차이는 이들 두 음원의 공간 평균 음압 레벨의 차이와 일치함을 알 수 있다. 이와 같이 교정된 음원과 시험 음원의 상대적 비교에 의한 음원의 음향 출력 측정법을 국제표준 규격 ISO 3741과 ISO 3742에서는 "비교법 (Comparison method or method 2)"이라 하며, ISO 7779 규격에 의한 컴퓨터 및 사무용 기기류가 발생하는 음향 출력 측정은 비교법에 따라 평가하는 것을 표준으로 하고 있다.

### 3.2.2 무향실 법에 의한 음향 출력 측정

잔향실에서 소음원과 기준 음원의 상대적 비교에 의한 음향 출력 측정 방법을 소개하였다. 특히, 협대역 혹은 이산 조화 성분을 갖는 음원의 경우, 음장 공간 분포의 불 균일성 때문에 측정점의 위치 선정 과정은 많은 주의가 요구된다. 이와는 달리 반 무향실을 사용할 경우, 모든 측정면에서 음압은 음원에서 발생된 직접음 뿐이기 때문에 측정면의 설정이 매우 간단하다. 앞서 설명한 음원이 갖는 6 각형의 기준 상자(길이  $l_1$ , 폭  $l_2$ , 높이  $l_3$ )에 대하여 거리  $d = 1 m$  떨어진 5 개의 측정면 (앞면, 좌면, 그리고 뒷면)을 설정한다. 이때 측정점들의 공간적 위치는 그림 3과 같다.

위 그림에서 위 측정면의 높이  $c = l_3 + d$ , 너비  $a = l_1 + 2d$ , 그리고 폭  $b = l_2 + 2d$  이다. 그리고, 앞면 및 좌면 측정면에 위치한 4 개의 측정점의 높이  $h = c/2$ 이다. 바닥면과 평행한 위 측정면과 앞면 좌면 측정면이 서로 만나는 4 개의 꼭지점을 측정점으로 설정한다. 따라서, 10 개의 표준 측정점('o' 표시점)을 설정하며, 이곳에서 측정된 A-보정(청감 보정) 음압 레벨을 이용하여 공간 평균 음





- [10] ISO 532-1975: Acoustics-Method for calculating loudness level
- [11] ISO 1680/1-1986: Acoustics - Test code for the measurement of airborne noise by rotating electrical machinery - Part 1: Engineering method for free-field conditions over a reflecting plane
- [12] ISO 1680/2-1986: Acoustics - Test code for the measurement of airborne noise by rotating electrical machinery - Part 1: Survey method
- [13] ISO 3382-1975: Acoustics-Measurement of reverberation time in auditorial
- [14] ISO 3740-1980: Acoustics-Determination of sound power levels of noise sources. Guidelines for the use of basic standards and for the preparation of noise test codes
- [15] ISO 3741-1988: Acoustics-Determination of sound power levels of noise sources-Precision methods for broad-band sources in reverberation rooms
- [16] ISO 3742-1988: Acoustics-Determination of sound power levels of noise sources - Precision methods for discrete-frequency and narrow-band sources in reverberation rooms
- [17] ISO 3743/1-1994: Acoustics-Determination of sound power levels of noise sources - Engineering methods for small, movable sources in reverberant fields. Part 1: Comparison method for hard-walled test rooms
- [18] ISO 3743/2-1994: Acoustics-Determination of sound power levels of noise sources - Engineering methods for small, movable sources in reverberant fields. Part 2: Methods for special reverberation test rooms
- [19] ISO 3744-1994: Acoustics-Determination of sound power levels using sound pressure - method in an essentially free field over a reflecting plane
- [20] ISO 3745-1994: Acoustics-Determination of sound power levels of noise sources - Precision method for anechoic and semi-anechoic rooms
- [21] ISO 3746-1979: Acoustics-Determination of sound power levels of noise sources - Survey method
- [22] ISO 3747-1987: Acoustics-Determination of sound power levels of noise sources - Survey method using a reference sound source
- [23] ISO 4871-1984: Acoustics - Noise labelling of machinery and equipment
- [24] ISO 5128-1980: Acoustics - Measurement of noise inside motor vehicles
- [25] ISO 5136-1993: Acoustics - Determination of

sound power radiated into a duct by fans-in-duct method

- [26] ISO 6081-1986: Acoustics - Noise emitted by machinery and equipment - Guidelines for the preparation of test codes of engineering grade requiring noise measurements at the operator's position
- [27] ISO 6190: Acoustics - Measurement of noise emitted by gas turbine installation-Specification and method
- [28] ISO 6926: Acoustics - Determination of sound power level of noise sources - Characterisation and calibration of reference sound source
- [29] ISO 7779-1988: Acoustics - Measurement of airborne noise emitted by computer and business equipment
- [30] ISO 9295-1988: Acoustics - Measurement of high-frequency noise emitted by computer and business equipment
- [31] ISO 9296-1988: Acoustics - Declared noise emission values of computer and business equipment

## 저 자 소 개



**정완섭(鄭完燮)**

1960년 2월 15일생. 1982년 2월 한양대 공대 원자력공학과 졸업. 1984년 2월 동 대학원 기계공학과 졸업(석사). 1993년 4월 ISVR (Institute of Sound and Vibration Research: University of Southampton, 영국) 졸업(공학박). 1984년 1월-10월 가야 중앙기술연구소 연구원. 1984년 11월-현재 한국표준과학연구원 음향·진동 그룹 선임연구원. 주관심분야: 음향·진동 신호의 정밀 측정, 디지털 신호처리 및 제어, 환경 소음·진동의 평가 및 저감 대책 방안.



**은희준(殷熙俊)**

1942년 5월 27일생. 1968년 2월 서울대 물리학과 졸업. 1970년 6월 Polytechnic Institute of New York 전기물리학 졸업(석사). 1974년 6월 Polytechnic Institute of New York 전기물리학 졸업(이학). 1974년 6월-1978년 12월 Polytechnic Institute of New York 연구원. 1979년 1월 1988년 3월 한국표준연구소 음향연구실 연구원. 1988년 1월 12월 동 연구소 연구기획부장. 1989년 1월-1990년 12월 동 연구소 기술지원부장. 1990년 12월-1992년 6월 동 연구소 역학연구부장. 1994년 9월-1995년 8월 동 연구소 연구기획부장. 1992년 7월-1994년 6월 과학기술정책관리연구소 전문위원. 1995년 9월-현재 한국표준과학연구원 선임연구부장.