

# 유압 펌프 및 유압모터의 소음 레벨 측정법

## Noise Level Measurements for Oil Hydraulic Pumps and Motors

강만곤 · 최세령  
M. G. Gang and S. R. Choi

### 1. 서 언

급격한 산업화, 도시화가 이루어지며 많은 환경 문제점들이 나타났다. 근래에 삶의 질을 높이기 위한 노력들이 나타나고 있으며 이에 따라 환경 부하를 저감하기 위한 노력이 요구되고 있다. 소음 공해는 환경문제 가운데서도 가장 많은 민원을 차지한다. 국내에서는 소음·진동 규제법을 기준으로 하여 규제가 강화되고 있다. 소음의 환경기준에서 소음 레벨에 따른 규제치가 일반적으로 정해져있다. 그러나, 소음 레벨만으로는 불충분하며, 공업제품의 새로운 평가량이 국제적으로 요구되고 있다.

유압시스템에서는 장치의 구조상 많은 소음이 발생한다. 이에 본 해설에서는 유압 시스템 소음 저감화에 관심을 갖는 기술자들에게 도움이 되도록, 먼저 소음 관련 용어, 음향 파워 레벨 측정법, 소음원 탐사법에 대하여 설명한다. 그리고 소음 관련 규격을 정리하였다. 마지막으로 실제 유압 펌프에서의 음압과 음향 인텐시티법에 의한 음향 파워 레벨 측정방법을 요약하였다.

### 2. 소음 관련 용어

소리는 음원에서 발생하는 교란의 에너지가 매질을 통하여 전파하는 파동현상이며, 일반적으로는 공기중으로 전파하는 음파를 가리킨다. 공기 입자가 본래 위치로부터 변위를 일으키면 일시적인 압력의 상승이 발생한다. 이 힘은 입자를 원래의 위치로 되돌리는 작용과 옆의 입자로 교란을 전달하는 두가지 작용을 한다. 압력의 증가, 감소 반복은 매질을 통하여 전파되며, 결국 음압(음원 주위에 대하여 국부적인 압력의 증가와 감소)과 일정위치에서 진동하는 공기 입자의 속도 두 가지로 나타난다.

사람이 들을 수 있는 가청주파수 영역은 20 Hz에서 20000 Hz 까지이다. 여기서 소음이란 사람이 듣기 싫은 소리를 말한다. 따라서 소음을 객관적으로 판단하기는 매우 어렵기 때문에 적절한 측정 방법으

로 통계치를 사용하여 시끄러움의 정도를 판단한다.

음원은 음향 파워를 방사하며 이에 음압이 생겨난다. 음향 파워는 원인이며 음압은 그 결과가 된다. 우리는 음압을 측정하고, 이를 사람의 감각에 맞추어 보정한 값을 소음 측정의 기준치로 정하였다<sup>1)</sup>.

음압(sound pressure)이란 음의 존재에 의한 정압에 중첩되는 변동 압력으로 단위는 파스칼[Pa]을 사용한다. 음압 레벨(sound pressure level)  $L_P$ 은 실효 음압  $p$ ( $p_{rms}$ 를 간단히  $p$ 로 표시함)의 제곱을 기준 음압  $p_0$ 의 제곱으로 나눈 값의 상용 로그의 10배로서 식 (1)로 나타낸다. 단위는 데시벨 [dB]을 사용한다<sup>2)</sup>.

$$L_P = 10 \log_{10} \frac{p^2}{p_0^2}, \quad p_0 = 2 \times 10^{-5} \text{ Pa} \quad (1)$$

일반적인 말하는 소음 레벨(sound level)이란 사람의 감각에 맞추어 보정한 음압 레벨로 보통 A 가중 음압 레벨  $L_{PA}$ 을 사용한다. 단위는 dB(A)을 사용한다<sup>3)</sup>.

음향 파워(sound power,  $W$ )란, 단위 시간에 음원으로부터 방사되는 음향 에너지(sound energy)를 말하며 단위는 와트[W]를 사용한다<sup>2)</sup>.

$$W = \frac{1}{T} \oint_s \left( \int_0^T \frac{p^2}{\rho c} dt \right) ds \quad (2)$$

여기서, 음향 파워는 음원자체가 가지는 에너지를 말하기 때문에 주위에 환경에 무관하며 음원의 시끄러움을 나타내는 고유의 수단이 될 수 있다. 음향 파워 레벨(sound power level)  $L_W$ 은 측정 대상 음원이 방사하는 음향 파워  $W$ 를 기준 음향 파워  $W_0$ 로 나눈 값의 사용로그의 10배로서, 식 (3)로 나타낸다. 단위는 데시벨[dB]을 사용한다<sup>2)</sup>.

$$L_W = 10 \log \frac{W}{W_0}, \quad W_0 = 10^{-12} \text{ W} \quad (3)$$

음향 세기(sound intensity,  $I$ )란, 한점에서 단위 면적을 통과하는 에너지의 유동율이다.

$$I = \frac{W}{S} \quad [\text{W/m}^2] \quad (4)$$

음향 세기 레벨(sound intensity level)  $L_I$ 는 식 (5)로 나타낸다.

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_0}, \quad I_0 = 10^{-12} \quad [\text{W/m}^2] \quad (5)$$

자유 음장에서는 음향 인텐시티와 음압은 식 (6)의 관계를 가진다.

$$I = \frac{p^2}{\rho c} \quad (6)$$

\*  $\rho c$ : 공기의 특성 임피던스

식 (6)를 식 (5)에 대입하면 음향 인텐시티레벨이 음압 레벨로 된다. 따라서 자유음장에서는 음향인텐시티 레벨을 측정은 별로 필요하지 않다. 하지만 실제로 소음이 자유음장에서만 측정하는 것이 아니므로 음압 레벨과 음향 인텐시티 레벨의 사이에는 차이가 존재하게 된다. 이 차이가 중요한 양으로 반향지수(reactivity index), 혹은 음압-인텐시티 지수라고 부른다<sup>1)</sup>.

### 3. 음향 파워 레벨의 측정법

피측정물의 음향적인 성능을 표시하기 위하여, 국내에서는 측정이 간편한 '소음 레벨'에 의한 평가가 행해지지만, 국제적으로는 '음향 파워 레벨'에 의한 평가가 진행되고 있다. 측정위치에 의존하는 소음 레벨과는 달리, 음향 파워 레벨은 음원으로부터 단위시간당의 방사되는 소음 에너지이고 음원의 고유한 값이다. 따라서 음향파워를 비교함에 따라 여러 가지 피측정물의 음향출력을 정량적으로 직접 비교하는 것이 가능하다.

그림 1에 나타낸 바와 같이, 음향 파워 레벨의 측정방법은, 음압법과 음향 인텐시티법으로 대조된다. 더욱이 음압법은 측정하는 환경에 따라서, 무향실

내에서 측정하는 자유 음장법(측정하는 실내의 벽, 천정, 바닥으로부터 음의 반사가 없는 경우), 반무향실에서 측정하는 반자유 음장법(측정하는 실내의 바닥에서는 음의 반사가 있는 경우) 및 잔향실 내에서 측정하는 확산 음장법으로 나누어진다.

#### 3.1 음압법에 의한 음향 파워 측정법

지나치게 높은 음압은 청각 손실을 유발할 수 있으므로 소음에 의한 불쾌도나 청력손실 위험도와 같은 음에 대한 인간의 반응을 정량화할 필요성이 있다. 콘텐서 마이크로 폰에서 검출하는 압력의 변동은 우리가 소리로서 감지하는 고막에 작용하는 압력의 변동과 동일하게 작용하여 음압을 측정한다. 따라서, 인간의 청력에 미치는 영향에 대해서 음압을 측정하는게 명백하다<sup>1)</sup>.

자유 음장, 반자유 음장에서는, 음원을 둘러싸는 폐공간을 설정하여 음압레벨  $L_p$ 를 측정하고, 음향 파워레벨  $L_w$ 를 계산한다. 자유 음장이란 경계면에서 영향이 없는 균질하고 등방인 매질 중의 음장이다. 실제로는 대상 주파수 범위에 걸쳐서 경계면에서의 반사를 무시할 수 있는 음장을 말한다. 자유 음장을 얻을 수 있는 실험실이 무향실이다. 반자유 음장이란 무한대로 단단한 평면 위의 반공간상에서의 균질의 등방성인 매질중의 음장이다<sup>2)</sup>

우리나라에서는 현재 KS A ISO 3745에서 자유 음장, 반자유 음장에서 음압법에의한 파워레벨의 측정을 규정하고 있다. 소음레벨은 A 특성으로 가중된 음압레벨로 측정한다<sup>2)</sup>.

측정구면(무향실에서의 측정)은 표면 음압 레벨의 측정에 사용하는 구면이 음원의 음향 중심에 중심을 두도록 한다. 측정 구면의 반지름은 음원의 최대 치수의 2배 이상으로서 최소 1 m로 한다.

측정 반구면(반무향실에서의 측정)은 음향 중심의 마루로의 투영점에 구면의 중심을 놓는다. 측정 반구면의 반지름은 최대 음원 치수의 2배 이상 또는 반사면으로부터 음원의 음향 중심까지의 거리의 3 배 이상 중에서 큰 쪽을 선택하며, 최소 1m로 한다.

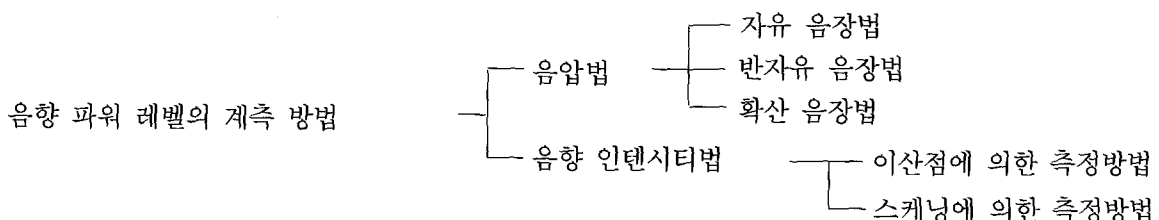


그림 1 음향 파워 측정 방법의 종류

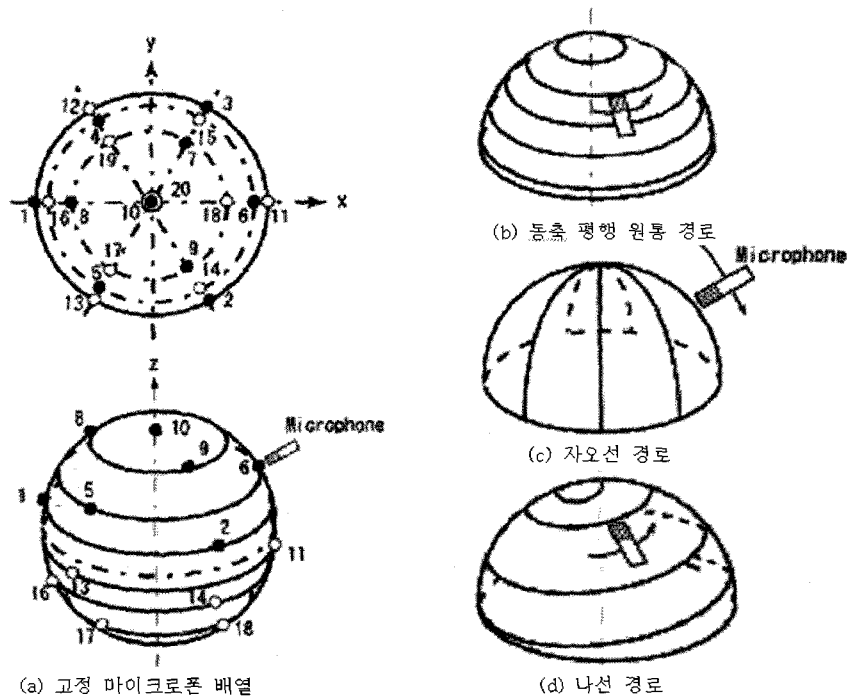


그림 2 자유 음장 및 반자유 음장에서 음향 파워 레벨 측정 위치<sup>2)</sup>

소음레벨의 측정은 4가지 방법 중 하나를 사용한다(그림 2 참고).

표 1 구면상의 마이크로폰 위치<sup>2)</sup>

번호	$\frac{x}{r}$	$\frac{y}{r}$	$\frac{z}{r}$
1	-0.99	0.00	0.15
2	0.50	-0.86	0.15
3	0.50	0.86	0.15
4	-0.45	0.77	0.45
5	-0.45	-0.77	0.45
6	0.89	0.00	0.45
7	0.33	0.57	0.75
8	-0.66	0.00	0.75
9	0.33	-0.57	0.75
10	0.00	0.00	1.00
11	0.99	0.00	-0.15
12	-0.50	0.86	-0.15
13	-0.50	-0.86	-0.15
14	0.45	-0.77	-0.45
15	0.45	0.77	-0.45
16	-0.89	0.00	-0.45
17	-0.33	-0.57	-0.75
18	0.66	0.00	-0.75
19	-0.33	0.57	-0.75
20	0.00	0.00	-1.00

(1) 시험구의 표면에 분포한 고정 마이크로 폰 배열: 피측정물의 중심을 좌표 원점에 두어, 직교 좌표계를 정의하고, 표 1에 나타난 위치에 마이크로 폰을 설치한다. 측정위치는 자유 음장법에서는 20 점, 반자유 음장법에서는 10점이다(그림 3 참조).

(2) 동축 평행 원통 경로(반무향실에서의 측정용): 단일 마이크로폰을 시험구(또는 반구)상에 규칙적으로 배치한 다수의 원주경로를 따라 움직인다. 적어도 5개의 원통 경로를 따라 단일 마이크로폰을 움직여 공간 및 시간 평균한 음압 레벨을 측정한다.

(3) 자오선 경로: 단일 마이크로폰을 시험구(또는 반구)상에 규칙적으로 배치한 다수의 자오선 경로에 따라 움직인다. 구의 중심을 지나는 수평 축에 대한 반원호를 따라 움직이는 단일 마이크로폰을 사용하는 방법이다.

(4) 나선 경로: 단일 마이크로폰을 시험구(또는 반구)의 수직 축 주변의 나선 경로를 따라 움직인다.

마이크로폰의 방향은 진동막의 면이 음원 중심으로 부터의 반지름 벡터에 평행하게 된다.

마이크로폰을 이용한 소음레벨의 측정값을 식 (7)에 대입해 그 평균값을 구할 수 있다.

$$L_P = 10 \log_{10} \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{L_{pi}/10} \right] \quad (7)$$

단,  $L_{P_i}$ 는  $i$ 번째 측정점에서 얻어진 음압 레벨이고,  $N$ 은 측정점의 총수이다.

음향과위  $L_W$ 는 식 (8)을 통해 구할 수 있다.

$$L_W = L_P + 10 \log_{10} \left( \frac{S_1}{S_0} \right) + C \quad (8)$$

여기서, 구의 표면적  $S_1$ 은  $4\pi r^2$ (반구면에서는  $2\pi r^2$ )이다.  $S_0$ 는 기준 면적으로  $1\text{m}^2$ 이다.  $C$ 는 온도에 대한 보정항으로 식 (9)로 나타난다.

$$C = -25 \log_{10} \left[ \frac{427}{400} \sqrt{\frac{273}{273 + \theta}} \frac{p}{p_0} \right] \quad (9)$$

여기서  $\theta$ : 온도 ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $p_0 = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$

### 3.2 음향 인텐시티법<sup>3)</sup>

여러 가지 기계가 작동 중일 때 음압을 측정하면 음압자체가 뒤섞여 원하는 소음원에서의 음압레벨을 측정할 수 없다. 따라서 이러한 경우에 음향 인텐시티( $L_I$ )를 사용하여 원하는 소음원의 음향 파워를 측정할 수 있다. 음향 인텐시티는 방향성을 가진 벡터량이다. 따라서 음원의 위치를 찾아내는 데 매우 유용하게 사용된다.

인텐시티는 압력과 입자속도의 곱으로 나타낼 수 있다.

$$I = \frac{1}{T} \int_0^T p \cdot u \, dt = \overline{p \cdot u} \quad (10)$$

이는 식 (11)을 통하여 위에 식 (4)에서 인텐시티의 정의와 같게 된다.

$$I = \overline{p \cdot u} = \frac{\text{힘}}{\text{면적}} \times \frac{\text{거리}}{\text{시간}} = \frac{\text{일}}{\text{면적} \times \text{시간}} = \frac{\text{동력}}{\text{면적}} \quad (11)$$

마이크로폰 설계의 진보로 인해 두 개의 근접한 마이크로폰에 의해 신뢰성 있는 인텐시티 측정이 가능해졌다. 음향 인텐시티를 측정하기 위해서는 프로브를 사용한다. 프로브는 마이크로폰 두개를 정밀하게 연결시킨 것으로 압력구배에 의해 공기입자의 속도를 구할 수 있다. 따라서 입자속도를 구하기 위해서는 음압구배 신호를 적분해야 한다. 입자속도는 2개의 마이크로폰 사이인 탐침자의 음향적 중심 위치에서 계산된다. 속도는 식(11)로 나타나게 된다.

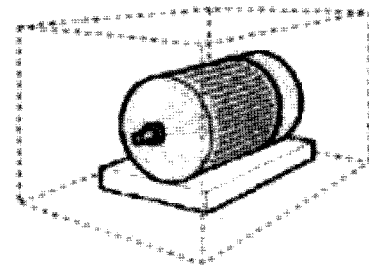
$$u = - \int \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} \, dt \quad (12)$$

음향 인텐시티 분석 시스템은 탐침자(probe)와 분석기로 구성된다. 탐침자는 단순히 2개의 마이크로폰으로 음압을 측정할 뿐이며, 음향 인텐시티를 구하는데 필요한 적분 계산은 분석기에서 행하여진다. 이 때 하나는 수식을 순차적으로 수행하도록 직접 적분기와 필터(아날로그필터, 디지털필터)를 사용하여 계산된다. 음압은 두 마이크로폰의 평균 음압을 취하므로 두 점에서의 평균값이 된다. 식 (12)에 평균 음압을 곱해주면 식 (13)로 표현된다.

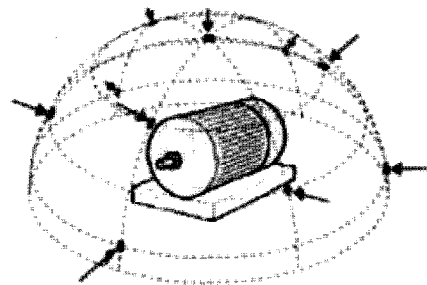
$$I = \overline{p \cdot u} = - \frac{p_A + p_B}{2\rho \Delta r} \int (p_B - p_A) \, dt \quad (13)$$

다른 하나는 FFT분석기를 이용하는 것으로 2개의 마이크로폰 신호의 크로스 스펙트럼의 허수 부분에 인텐시티를 연관시키는 것이다.

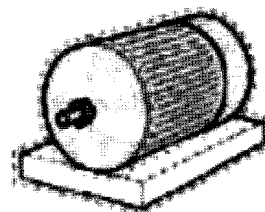
$$I = - \frac{1}{\rho \omega \Delta r} \text{Im} G_{AB} \quad (14)$$



(a) 상자형(box)

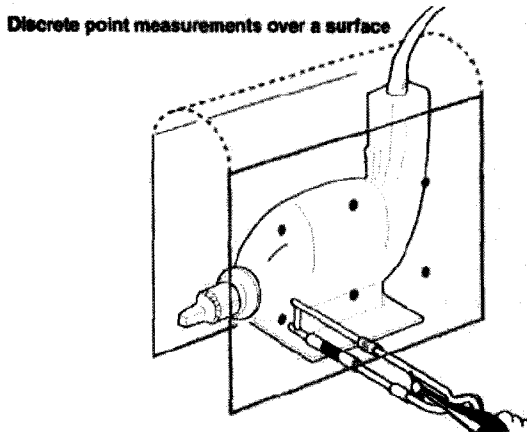


(b) 반구형(hemisphere)

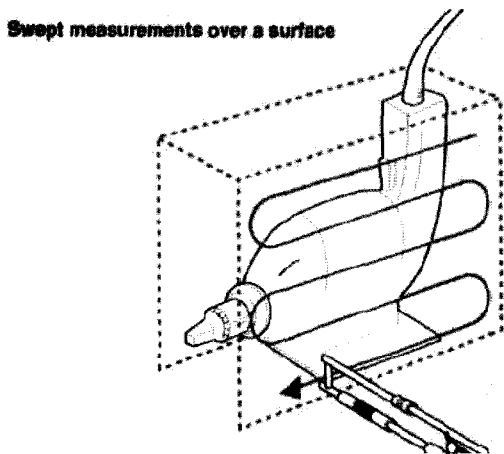


(c) 물체의 모양에 맞추는 형상(conformal)  
그림 3 측정면의 설정<sup>3)</sup>

음향 인텐시티를 측정할 때 소음원의 크기는 제한하지 않고, 소음원의 범위는 측정면의 설정에 따라 결정된다(그림 3 참조). 하지만 발생음은 정상(定常) 신호이어야 한다. 정상 신호는 각각의 측정점에서의 시간 평균치가, 평규화 시간을 측정면의 모든 측정점에 있어서의 측정에 필요한 시간으로 연장된 경우에 그 점에서 측정된 값과 같으면 신호는 정상인 것으로 간주한다. 반복적인 또는 주기적인 신호라도 각각의 측정점에서의 측정시간을 신호의 반복주기의 적어도 10배 이상으로 취하면 정상이라 간주하여도 좋다. 그 외에 측정환경은 측정 시간 내에 가능한 일정한 조건을 유지해야 한다. 인텐시티는 표면상에서 수직인 방향으로 측정되는 인텐시티 값을 공간 평균한 값에 표면적을 곱하여 음향 파워 레벨을 측정한다.



(a) 이산점에 의한 측정방법



(b) 스캐닝에 의한 측정방법

그림 4 인텐시티 측정 방법<sup>1)</sup>

인텐시티 측정방법은 이산점에 의한 방법과 스캐닝에 의한 방법 두 가지로 나누어진다.

이산점에 의한 평균 방법은 평면을 작은 부분으로 나누고 각 부분의 인텐시티를 측정하여 평균 값을 구한다.

표면상의 스캐닝 방법은 적절히 평균 시간을 길게 하여 표면에 페인트를 칠하듯이 탐침자를 표면위에서 움직여 평균하는 방법이다. 스캐닝 방법이 수학적으로 연속적인 공간에 대하여 더 좋은 근사법이므로 정확한 경우가 많다. 하지만 이산점에 의한 방법은 측정이 간편하고 재현성이 뛰어난 장점을 가지므로 상황에 맞게 선택하여 사용한다<sup>1)</sup>(그림 4 참조).

$$W = I \times S \quad (15)$$

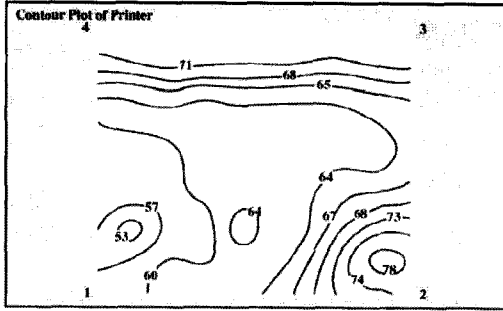
측정 값의 차이는 측정이 이루어지는 매질의 특성 임피던스  $\rho c$  값에 좌우된다. 여기서  $\rho$ 는 밀도이며  $c$ 는 매질속에서의 음속이다. 공기중에서 높은 고도에서의 경우를 제외하고는 그 차이를 대개 무시할 수 있다.

인텐시티는 암소음의 영향을 받지 않는다. 이것은 각 소음원에 대하여 각각의 표면 공간을 설정하여 인텐시티를 측정할 수 있기 때문이다. 이를 통해 암소음보다 10 dB 낮은 음원에 대하여도 1 dB 정도의 오차로 음향파워를 측정 가능하다.

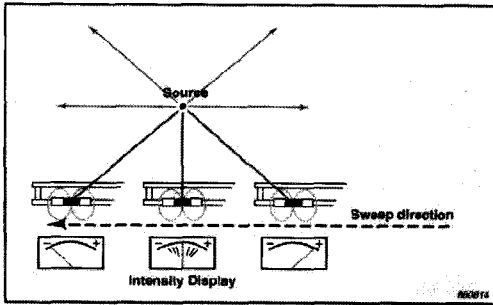
#### 4. 소음원 탐사법<sup>1)</sup>

소음의 대책을 세우기 위하여, 음원의 공간위치를 결정하는 것은 중요하다. 표면을 정의하는 격자를 설치하고, 표면에 균일하게 배치된 여러 점에서 수직인 방향으로 음향 인텐시티를 측정하여 음원의 위치를 알 수 있다. 보간법으로 인텐시티가 같은 점을 연결하여 동일 인텐시티 선을 그릴 수 있다. 이것을 등인텐시티 선(isointensity line)이라 한다. 마이크로폰을 격자로 배열해서 같은 방법으로 소음원의 위치를 측정할 수 있으나 인텐시티에 의한 측정방법이 반사의 영향을 받지 않고 근접해서 측정이 가능하기 때문에 정밀하다. 측정된 데이터를 쉽게 가시화하기 위해 3차원도(3D plot)를 그릴 수 있다.

소음원의 위치 영점 탐색법은 cos 지향특성을 이용하여 음원을 찾아낸다. 이것은 프로브에 85°에서 95°로 갈 때 (+)에서 (-)로 바뀌는 것을 이용하여 음원을 찾을 수 있다(그림 5 참조).



(a) 등인텐시티 선



(b) 소음위치 영점 탐색법

그림 5 인텐시티를 이용한 소음원 탐사법<sup>1)</sup>

### 5. 소음 관련 규격

음원으로부터의 방사음 표시량으로서 일반적으로 소음 레벨(또는 음압 레벨)과 음향 파워 레벨의 두

종류가 사용되었다. 종래에는 주로 소음 레벨이 사용되었다. 이것은 음압으로부터 공간으로 방사된 소리의 어느 한 점에서 A가중 음압을 나타내는 양으로, 음원의 성상뿐 아니라 측정 환경과 측정 위치에 의해서도 변화한다. 이에 반해 파워 레벨은 음원으로부터 방사되는 모든 음향 파워를 나타내는 양으로, 음원이 설치 위치 등에 의해 방사 임피던스가 변화하는 경우나 음원이 작동 조건이 변화하는 경우를 제외하면 원리적으로 음원만으로 규정되는 것으로, 각종 음원의 성상을 나타내는 기본량이다. 또한 소리의 전파를 다루는 이론과 계산식 중에는 음원의 파워 레벨로부터 출발하고 있는 것이 많다. 특히 기계 장치류에서 발생하는 소음에 관해서는 a) 기계의 발주, 검수를 위한 소음 시방, b) 기계 소음 저감 효과의 평가, c) 소음 예측을 위한 기초 자료 등에 대하여 파워 레벨이 기본으로 되어 있다.

ISO에서는 음압법에 의한 파워 레벨 측정 방법의 기본 규격(통칙)을 제정하여 ISO 3740 시리즈는 표 1의 7규격이 제정되었다. 종래에 음압 측정에 바탕을 두는 방법과는 별도로, 음향 강도 측정에 근거하는 방법이 개발되어 국제적으로 2개의 규격이 제정되었다(표 1 참조). 표 1에 나타난 바와 같이 ISO는 정밀도와 측정 환경 등에 의해 구분되어 있고, 실제 운용에는 대상 음원의 종류, 측정 시설, 측정 결과

표 2 음향 파워 레벨 측정 방법 기본 규격 구성

측정 원리	규격번호	명칭	정밀도	측정환경	마이크로폰 위치
음압법	KS A ISO 3741	음향-음압법에 의한 소음원의 음향 파워 레벨 측정방법-잔향실에서의 정밀 측정 방법	정밀	잔향실	고정점, 연속이동
	KS A ISO 3743-1	음향-음압법에 의한 소음원의 음향 파워 레벨 측정방법-잔향음장에서 이동할 수 있는 소형 소음원의 실용 측정방법-제1부: 딱딱한 벽을 가진 시험실에서의 비교법	실용	딱딱한 벽의방	고정점, 연속이동
	KS A ISO 3743-2	음향-음압법에 의한 소음원의 음향 파워 레벨 측정방법-잔향음장에서 이동할 수 있는 소형 소음원의 실용 측정방법-제2부: 특수 잔향시험실에서의 측정방법	실용	특수한 잔향실	고정점, 연속이동
	KS A ISO 3744	음향-음압법에 의한 소음원의 음향 파워 레벨 측정 방법-반사면상 준자유 음장에서의 실용 측정방법	실용	반무향실, 커다란방, 옥외	반구면상, 직육면체상
	KS A ISO 3745	음향-음압법에 의한 소음원의 음향 파워 레벨 측정 방법-무향실 및 반무향실에서의 정밀 측정방법	정밀	무향실, 반무향실	구면상, 반구면상
	KS A ISO 3746	음향-음압법에 의한 소음원의 음향 파워 레벨 측정 방법-반사면상의 둘러싸는 측정면을 이용한 간이 측정방법	간이	임의	직육면체상
	KS A ISO 3747	음향-음압법에 의한 소음원의 파워 레벨 측정방법-설치 장소에서의 비교법	실용	딱딱한 벽의 방	고정점, 연속이동
음향 강도법	KS A ISO 9614-1	음향-음향세기기에 의한 소음원의 음향파워 레벨 측정방법-제1부: 이산점에 의한 측정	정밀, 실용, 간이	임의	고정점
	KS A ISO 9614-2	음향-음향세기기에 의한 소음원의 음향파워 레벨 측정방법-제2부: 스캐닝에 의한 측정	실용, 간이	임의	연속이동

의 용도 등에 따라서 적용하는 방법을 선정할 수 있다. 그 때문에 ISO 3740는 음향 파워레벨의 적용규격 선정의 지침을 나타내는 규격이 만들어져 있다.

KS에 소음 관련 규격은 ISO 규격에 준거하여 작성되었다. 현재 KS규격은 국제 규격과의 정합화를 가장 중요한 전제로 작성되어 대응하는 ISO 규격의 번역을 규격으로 하는 것을 기본 방침으로 하였다. 각기 다른 환경에서 음압 레벨 측정값을 이용하여 음향 파워 레벨을 측정하는 방법은 KS A ISO 3741~KS A ISO 3747 규격이다.

음향 인텐시티 레벨 측정 값을 이용한 파워레벨 측정 방법은 KS A ISO 9614-1, KS A ISO 9614-2로 규정되었다. KS A ISO 3740 “음향 - 소음원의 음향 파워 레벨 측정 방법 - 기본 규격의 이용을 위한 지침서”를 통해 측정 방법을 위한 선정 지침이 규정되어 있다.

그 외에 소음 관련 KS 규격으로는 KS C 1502 소음계, KS C 1505에 적분 평균 소음계에 대해 규정하고 있다. KS B 6362에서는 유압 모터 및 유압 모터의 소음 레벨 측정 방법을 규정하며, KS B ISO 16902-1에서는 음향 강도법에 의한 펌프 음향 파워 레벨을 결정하기 위한 실험 코드를 규정하고 있다.

### 6. 유압 펌프의 소음 측정 방법<sup>4)</sup>

ISO 4412/1(KS B 6362)에 유압 펌프가 방사하는 정상적인 소음 레벨을 측정하는 방법에 대하여 규

정되어 있으며, 그 내용을 아래에 요약하였다.

#### 6.1 측정조건

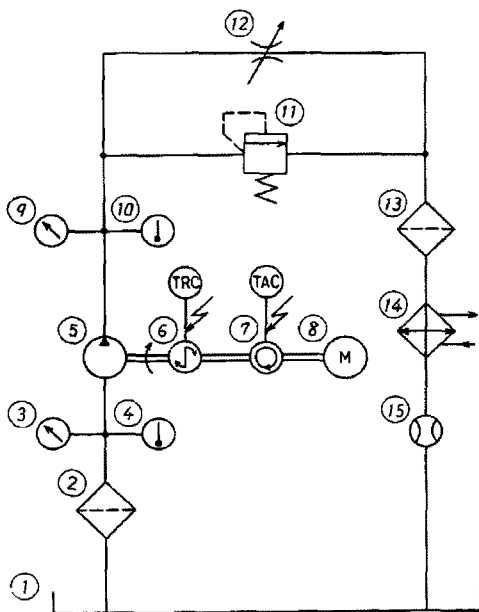
측정 장소는 바닥면 이외의 것으로부터 음의 반사가 적어야 한다. 원칙적으로 바닥면은 매끈하게 다듬질된 콘크리트 또는 이것과 동등한 반사율을 가진 것으로 한다. 측정점은 모두 실내 벽면으로부터 최소한 1.2m 이상 떨어져 있어야 한다. 다만, 이 조건을 얻을 수 없을 경우에는 눈금값이 6~9 dB 범위에 있는 경우에 한하여 대상 음원 소음레벨의 눈금값을 보정하여 사용할 수 있다.

암소음은 측정점에서의 암소음 레벨이 대상 음원의 눈금값보다 10 dB 이상 적은 것이 바람직하다.

소음의 측정은 원칙적으로 정격 운전조건에서 실시한다. 정격운전 조건이란 제조자가 설계의 기준으로 하는 조건을 말하며, 일반적으로 압력 및 회전속도로 표시한다. 실험 시 기름의 온도는 25~50 °C의 범위로 한다. 시험 장치는 펌프 구동용 전동기(또는 모터 피구동 부하)는 원칙적으로 실외에 설치한다. 실내에 설치한 경우에는 반드시 차음 상자로 덮어야 하며, 펌프는 바닥면에서 0.5~1 m높이에 설치한다.

#### 6.2 유압회로

시험용 유압 회로는 정상부하에서의 형식시험에 사용하는 회로에 준하는 것으로 하고 소음 시험의 전후에 시험 대상 펌프의 성능변화의 유무를 검정



번호	명칭
①	기름 탱크
②	유압 필터
③	진공계(또는 연성계)
④	온도계
⑤	공시 유압 펌프
⑥	토크계
⑦	회전 속도계
⑧	전동기
⑨	압력계
⑩	온도계
⑪	안전용 릴리프 밸브
⑫	부하용 가변 스톱 밸브
⑬	유압 필터
⑭	냉각기
⑮	유량계

그림 6 소음시험용 유압회로(유압 펌프용)<sup>4)</sup>

할 수 있는 것이 바람직하다. 부하밸브로서는 자유가동부분이 없는 가변 스톱 밸브를 사용하는 것이 바람직하나 작동이 안정되면 릴리프 밸브와 같은 자동 밸브를 사용하여도 좋다(그림 6 참조).

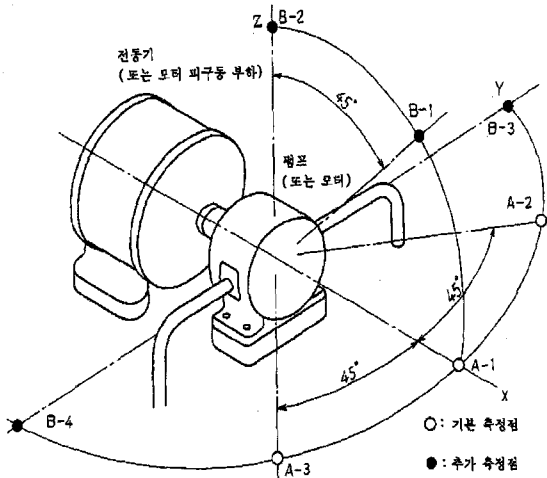


그림 7 소음시험의 측정점<sup>4)</sup>

### 6.3 소음 레벨의 측정 위치

측정에 음장 조건을 확인한다. 배거리 감쇠는 측정 대상물의 표면으로부터 1 m 및 2 m 거리에서 소음레벨의 차이가 5 dB 이상이어야 한다(배거리 감쇠가 3 dB 미만일 경우 측정 결과는 참고값 이외로 사용해서는 안된다). 그 후 펌프를 동작하여 기름 탱크 내의 기름온도 및 계측기가 평형 상태가 되고 허용변동 범위가 확보될 때까지 적당한 부하로 준비운전을 한다.

측정 대상음의 소음 측정에 앞서 각 측정점에서 압소음 레벨의 측정을 한다. 압소음의 측정은 시험 후에도 실행하여 시험 전후에 차이가 없는 것을 확인해 두는 것이 바람직하다.

기본 측정점은 그림 7의 A 1~3에, 지향성이 강한 음원인 경우의 추가 측정점을 B 1~4에 표시한다. 기본 측정점은 음원 표면으로부터 1 m의 거리로 하고 원칙적으로 A-1 점은 X축상에서 전동기의 반대쪽, A-2 및 A-3 점은 각각 A-1점의 양쪽에서 좌표원점으로부터 45° 방향으로 한다. 다만 배관상의 이유나 다른 음원의 반사 영향을 적게 하기 위한 이유이면 그 방향은 상기의 방향과 달라도 좋다. 기본 측정점의 3점이 동일 운전조건하에서 눈금값이 ± 2 dB의 범위에 있지 않으면 추가 측정점을 측정한다. 추가 측정점은 모두 음원 표면으로부터 1 m의 거리로 하고 B-1점은 A-1점으로부터 45°의 방향, B-2 점은 Z 축상, B-3 및 B-4 점은 Y축상에

서 펌프의 양쪽으로 한다. 기본 측정점 및 추가 측정점의 계 7점(그림 7의 A점, B점)에서는 눈금값 중, 평균값으로부터의 편차가 가장 큰 2점에서의 값을 삭제하고 나머지 5점의 측정값으로부터 평균 소음 레벨을 산출한다.

### 6.4 측정방법

소음계의 주파수 보정회로는 A특성, 시간 보정회로는 느린 동특성(slow)을 사용하여 측정한다. 이때 소음계의 마이크론을 음원의 방향을 향하게 한다. 측정된 소음 레벨의 눈금값은 지시값에 가장 가까운 정수값으로 측정한다. 측정된 소음값을 식 (16)를 사용해 평균하여 평균 소음 레벨을 구할 수 있다.

$$\overline{L_{PA}} = 10 \log_{10} \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{L_{pi}/10} \right] \quad (16)$$

유압 펌프의 밴드 음압 레벨의 측정을 분석함으로써 소음의 주파수 성분별 구분이 가능하다. 밴드 음압 레벨은 평탄특성이나 C특성의 주파수 보정회로를 사용하여 측정한다. 특히 이러한 주파수 분석은 소리의 저감을 위해 사용한다. 소리를 주파수 별로 분해하고 높은 소음이 분포한 주파수 부분의 특성을 찾아 그 주파수 특성에 맞는 소음 저감재료를 사용한다. 이를 통하여 효과적인 소리의 저감이 가능하다.

음향 파워 레벨은 식 (8)에 식 (16)의 평균 음압 레벨과 식 (9)의 온도 보정값을 대입하여 구할 수 있다.

## 7. 음향 인텐시티를 이용한 유압 펌프의 파워 레벨 측정<sup>5)</sup>

ISO 16902-1(KS B ISO 16902)의 규격에 음향 인텐시티에 의한 펌프의 음향 파워 레벨의 결정을 위한 시험 코드가 규정되어있다.

펌프의 마운팅은 마운팅으로부터 방사된 소음이 가능한 낮도록 구성되는 것이 바람직하다. 이는 수동적인 방법에 의해 구성된다(예를 들면, 높은 감쇠 특성의 재료를 이용한다). 음향 인텐시티를 사용하여 측정하기위해 측정면을 설정한다.

측정면들은 기하학적 형상을 단순화시켜, 가능한 배관이 측정면을 통과시키지 않도록 한다. 펌프가 플랜지로 마운팅된 경우, 측정 면들 중의 하나는 마운팅과 일직선으로 한다. 펌프로부터 구동 모터쪽으로



로 방사하는 잡음을 마운팅 면에서 측정펌프가 플랜지로 마운팅 된 경우, 그 마운팅 면과 일치하는 반사 평면을 사용한다. 펌프가 다리로 마운팅된 경우, 바닥을 반사 평면으로 할 수 있다. ISO 16902-1에서는 5가지 상황에 대하여 마운팅 조건과, 측정면의 설정을 그림으로 설명하고 있다(그림 8 참조). 이 규격은 유압 펌프 장치의 설치 및 마운팅의 시험 규칙을 중요하게 설명하고 있으며, 측정방법은 KS A ISO 9614-1, 2에 기초하여 규정되었다.

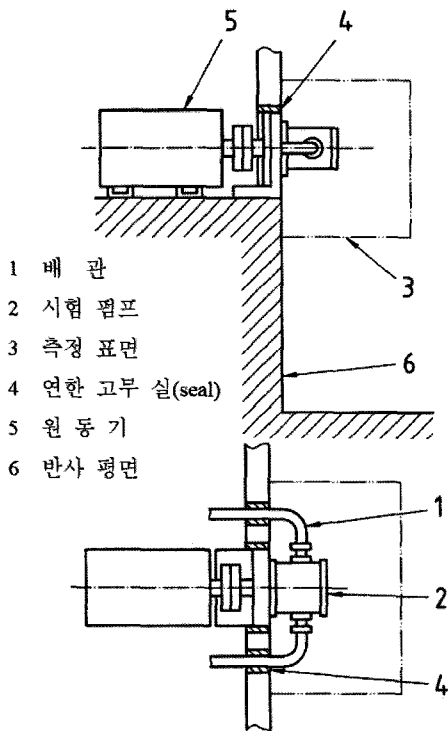


그림 8 원동기용 견고한 지지대와 반사평면을 통과하는 관을 갖는 펌프 마운팅 면의 반사 평면<sup>5)</sup>

## 8. 결 언

본 해설에서는 음압과 인텐시티에 의한 음향 파워 레벨의 측정방법 및 음원의 탐사법을 소개하였다. 기계장치의 방사음 표시량으로 국내에서는 음압에 의한 측정이 많이 이루어지고 있지만, 변화하는 국제 표준에 맞추어 음향 파워레벨을 기본으로 측정하여야 한다. 특히 유압시스템은 여러 가지 기계장치들이 복합적으로 구성되어 음압에 의한 측정으

로는 정확한 소음원의 소음정도를 계측하기가 어렵다. 하지만 음향 인텐시티법을 사용하면 펌프와 모터 등의 구성 요소를 구분하여 측정할 수 있고, 반사의 영향이 없는 정밀한 측정이 가능하다. 또한 프로브를 측정 소음원에 가깝게 두고 측정하여 신호 대 잡음비를 향상시키는 이점이 있다.

## 참고문헌

- 1) “음향 인텐시티”, 브뤼엘 앤드 캐아
- 2) ISO 3745: Acoustics-Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure-Precision methods for anechoic and hemi-anechoic rooms
- 3) ISO 9614-1: Acoustics-Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity-Part1: Measurement at discrete points
- 4) KS B ISO 6362: 유압 펌프 및 유압 모터의 소음 레벨 측정 방법
- 5) ISO 16902-1: Hydraulic fluid power - Test code for the determination of sound power levels of pumps using sound intensity techniques: Engineering method-Part 1: Pumps

### [저자 소개]

강만곤(책임저자)

E-mail : ezekiel2@nate.com

Tel. : 051)620-1612

1980년 3월 15일생

2005년 부경대학교 기계공학졸업, 2007년 부경대학교 지능기계공학 석사 과정 졸업, 2007~현재 대동공업(주) 기술연구소 재직



### [저자 소개]

최세령

E-mail: allsunday@hanmail.net

Tel. : 051)620-1612

1983년 9월 27일생

부경대학교 지능기계공학 전공

