

# 직사각형 통에 설치된 축류 팬의 소음 특성

## 최 정 명 · 구 정 호

(주)금성사 중앙연구소 · (주)금성사 제품시험연구소

### 1. 서 론

최근의 사회적 경제적인 급속한 발전에 따라 환경 소음에 대한 사람들의 관심도가 점차 증가되고 있다. 이로 인하여 사람들이 항상 접하게 되는 가전 제품에 대한 소비자의 욕구도 제품의 성능적인면도 물론이지만 소음진동 및 디자인에 대하여도 지대한 관심이 모아지고 있다.

가전 제품에 있어서 주된 소음원은 팬 및 압축기 덮개의 진동등으로 파악할 수 있다.

특히, 팬은 냉각용, 송풍용으로 거의 모든 가전 제품에 쓰여지

고 있다. 냉각용으로 사용되는 형식은 주로 축류 팬이다. 축류 팬은 다른 종류보다 소음이 크기 때문에, 저소음 축류 팬의 BPF(Blade Passing Frequency; 날개 통과 주파수)가 갖는 소음 특성을 연구하여야 한다. 이를 위해 축류 팬의 날개 갯수를 조절하면 설치된 통내에서의 BPF가 어떠한 형태로 변화하는가를 알아보고, 이에 따른 저소음화 대책을 검토하고자 한다.

### 2. 본 론

#### 2.1 통내의 소음원 규명

##### (1) 소음의 현상

통내에서의 팬 소음은 그림 1과

같이 200Hz 대역에서 큰 피크와 그 고조파(Harmonics)가 지배한다. 여기서 200Hz는 BPF이다.

##### (2) 전달 특성

통 내부의 팬 부착위치에 스피커를 장치하고 백색 잡음(White Noise) 성분의 소리를 발생시킬 때 외부로 전달되는 소음의 특성은 그림 2와 같다.

그림 1에서 200Hz 대역 부근에 BPF의 피크가 아주 높게 나타나기 때문에 이 BPF 피크를 다른 주파수로 전이시키기 위해서는 다음식에서 보는 바와 같이 회전수와 팬의 날개 갯수를 변화 시키면 된다.

$$RPM = \frac{60 \times f}{\text{날개갯수}}$$

RPM은 3000, 날개 갯수는 3개로 하여 팬을 제작(여기서, RPM은 분당 회전수,  $f$ 는 BPF를 의미한다.)하면 150Hz로 되므로, 그림 1에서 200Hz 대역 부근의 BPF의 피크가 150Hz 대역으로 이동된다. 이때, 통의 전달함수의 최소영역과 일치되므로, 전체 소음 레벨이 낮아지게 되어서 소음 저감 효과를 얻을수 있다. 그림 3은 BPF의 최대치가 이동한 것을 보여주고 있다.

#### 2.2 시험장비 및 측정기기

##### (1) 측정장비 계통도 (그림 4)

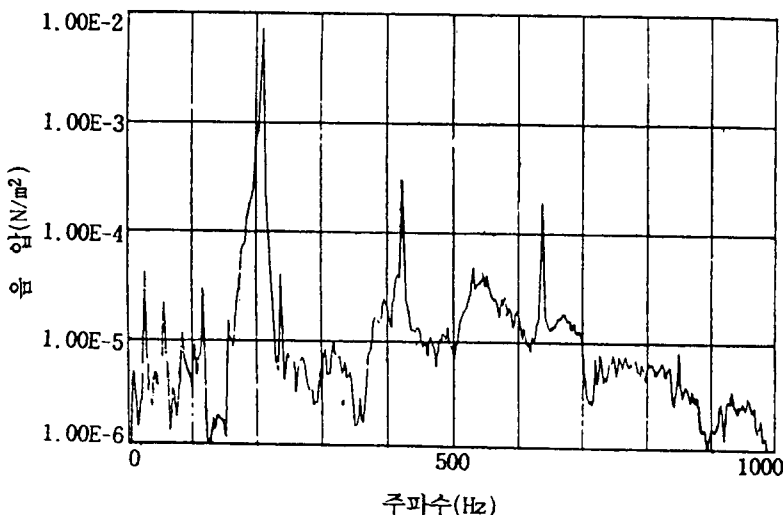


그림 1 날개가 4개인 팬의 스펙트럼

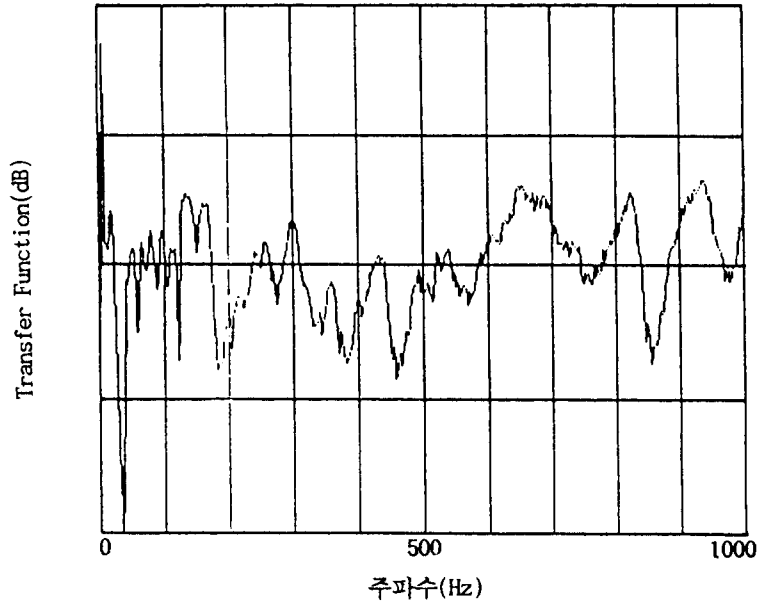


그림 2 통을 통한 소리의 전달 특성

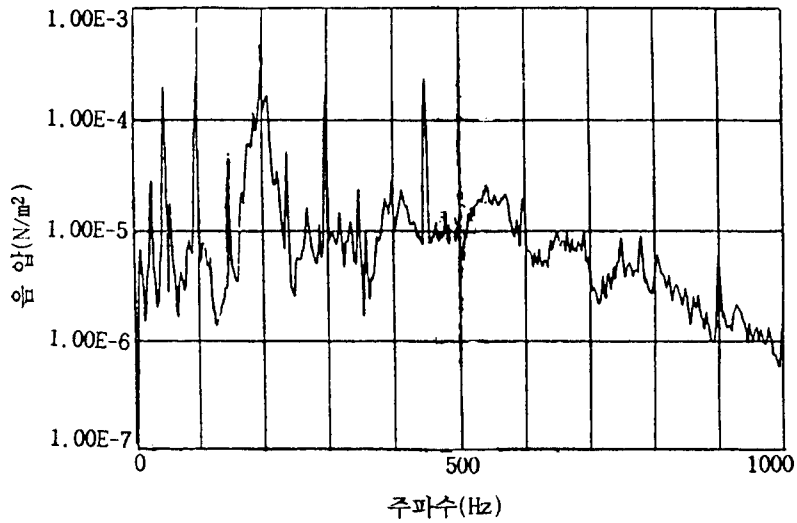
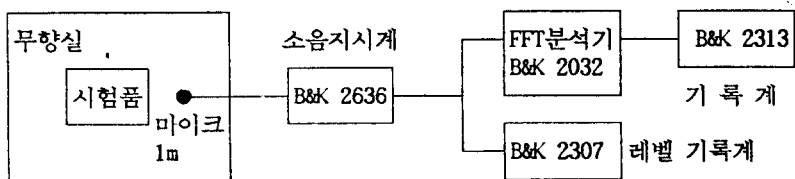
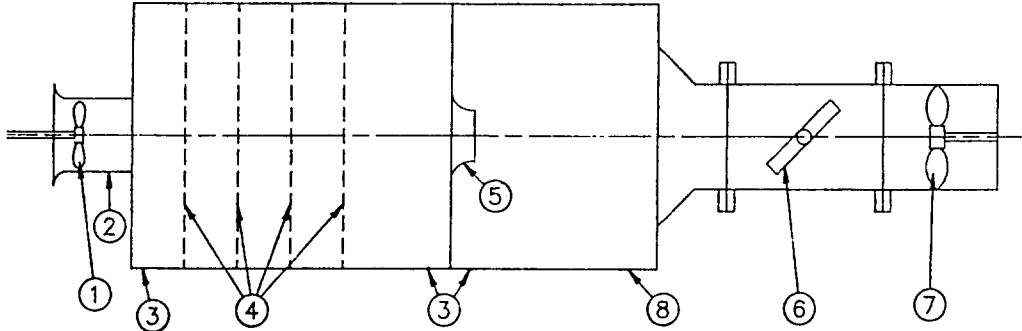


그림 3 날개가 4개인 팬의 소음 스펙트럼



시험품 크기 :  $370 \times 520 \times 155 \times 60$ mm [H × L × W × t]

그림 4 시험장비



- ① 시험용 팬    ② 팬 덮개 (shroud)    ③ 정압용 측정공
- ④ 스크린    ⑤ 노즐    ⑥ 가변댐퍼
- ⑦ 보조팬    ⑧ 아크릴 파이프(통)

그림 5 팬 시험기

(2) 측정기준

\* 소음 측정기준

암소음, 측정거리, 모터의 회전수, 그 외의 영향에 대한 고려

\* 암소음

·이용된 무향실은 암소음이 10.5 dB(A) 이하로 주변 환경 소음에 의한 영향이 거의 없음.

·저주파 63Hz이하에서 오차 요인 있음. (차단 주파수)

(3) 측정 규격

· 측정거리 : 전방 1m

· 측정 높이 :  $H/2$ ,

여기서,  $H$ 는 통의 높이.

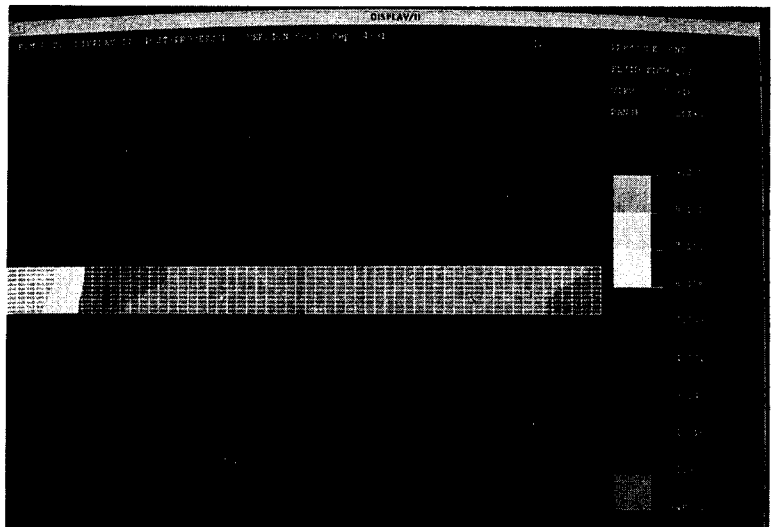


그림 6 통내의 압력분포(좌측 끝이 팬의 위치)

2.3 팬 풍량 측정 방법

풍량을 정확히 측정하기 위하여 팬 시험기의 종형 입구(Bell Mouth)에 모터축 끝단인 중앙에 위치 하도록 부착한다. 시험기 보조 팬의 회전속도를 가변시켜 전체계에 걸리는 평균 정압과 그때 노즐을 통과하는 풍량을 측정하여 정압과 풍량의 표를 작성하였다. 전체계에 걸리는 정압을 구하면 그때의 풍량을 구할수 있다.

\* 시험기의 사양 :

· 풍량 범위 :  $0.1 \sim 8.0 (m^3/min)$

· 사용 표준 노즐 :  $\phi 12, \phi 17, \phi 24, \phi 34$

· 통의 크기 :  $\phi 600 \times \phi 1350$

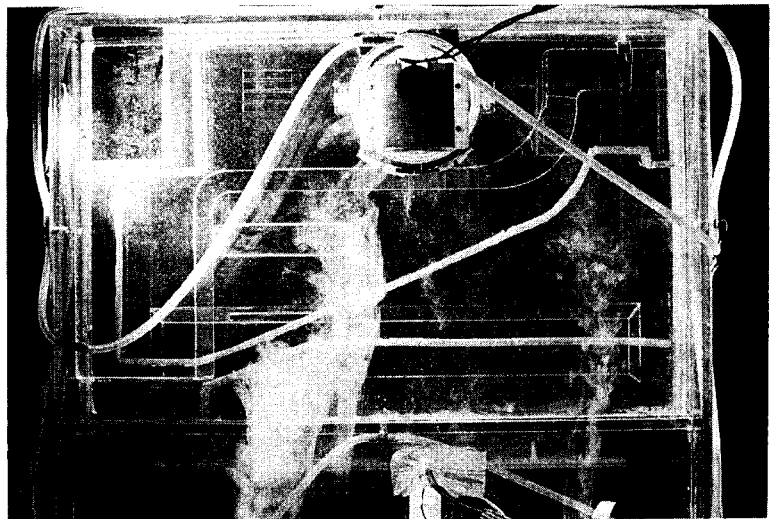


그림 7 통내의 공기흐름

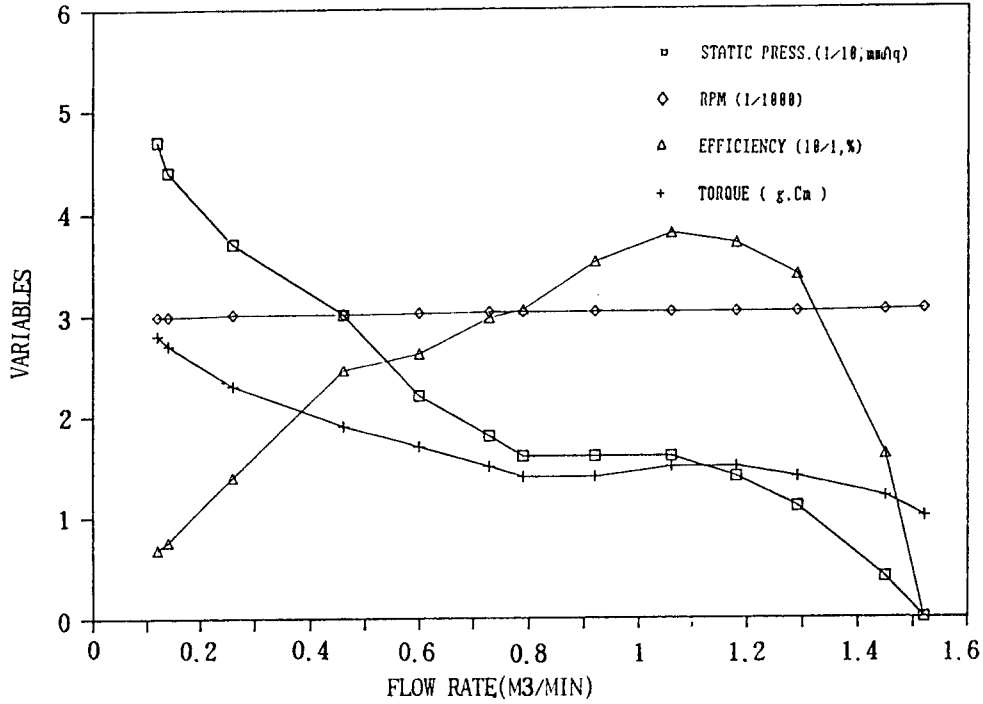


그림 8 P-Q선도(팬 A)

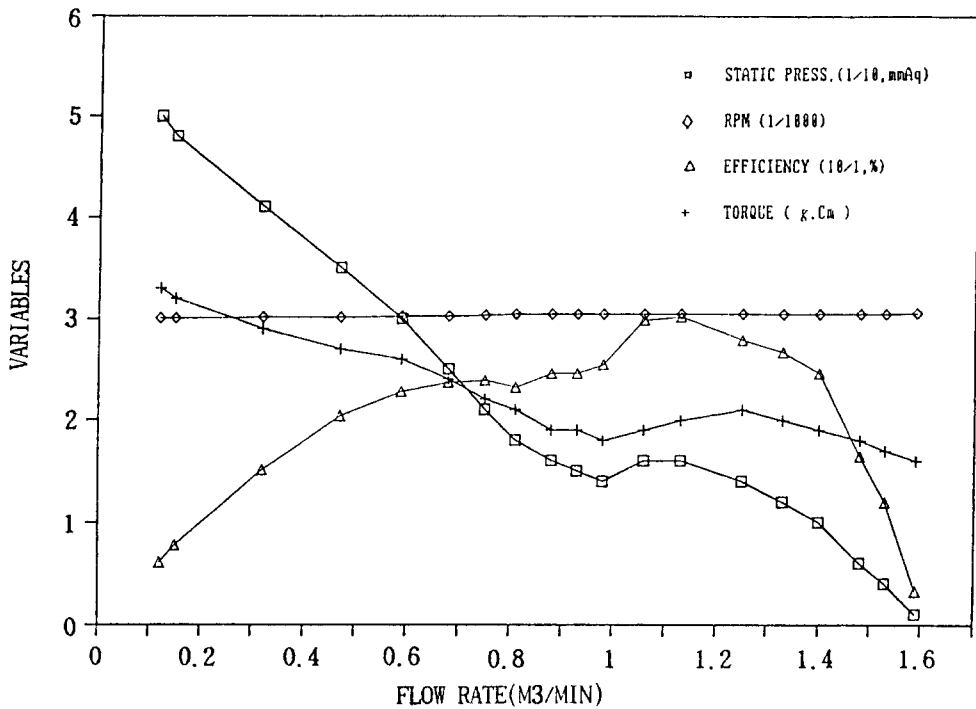


그림 9 P-Q선도(팬 B)

• 덮개 크기 (Shroud)

:  $\phi 70$ ,  $\phi 80$ ,  $\phi 90$ ,  $\phi 100$ ,  $\phi 110$ ,  $\phi 120$  등.

2.4 덮개(Shroud) 위치 선정  
팬에 의한 공기 유동은 팬 덮개의 모양, 크기, 두께에 의하여 풍량 및 소음이 달라지게 되므로 팬

의 위치 선정에 상당히 주의를 해야 한다.  
팬과 덮개의 위치 선정에 따른 데이터는 다음과 같다.

(1) 문이 잠겨 있을때 :

팬	길이		-6	-4	-2	0	2	4	비고
	RPM								
팬 A	3220		0.678/ 27.3	0.798/ *27.0	0.798/ 27.0	0.638/ 26.8			-0.12/ -0.2
팬 B	3220				0.838/ 33.5	0.718/ 34.0	0.758/ 30.0	0.758/ *30.0	0.08/ 4.0
팬 C	3220				0.758/ 34.0	0.878/ *29.5	0.838/ 30.0	0.838/ 32.0	-0.12/ 4.5
비고			풍량/ 소음		*	최적점			변화폭

(2) 문이 열려 있을때 :

팬	길이		-6	-4	-2	0	2	4	비고
	RPM								
팬 A	3220		0.599/ 45.0	0.718/ *44.0	0.599/ 44.0	0.519/ 44.0			-0.119/ 1.0
팬 B	3220				0.718/ 47.5	0.599/ 48.0	0.638/ 46.0	0.638/ *46.0	0.08/ 1.5
팬 C	3220				0.718/ 48.0	0.798/ *45.0	0.718/ 40.0	0.718/ 48.0	-0.08/ 8.0
비고			풍량/ 소음		*	최적점			변화폭

\* 팬 C는 날개갯수가 4개 임.      팬의 직경  $\phi 90$   
 팬 A 및 팬 B는 날개 갯수가 3개임.      팬 덮개의 직경  $\phi 100$

### 3. 결 론

팬은 그 덮개에 대하여 유량 및 소음에 관한 최적의 위치가 존재하는데, 문이 잠겨 있을 때에는 그 소음 레벨의 편차가 몹시 크게 된다. 한편 날개 갯수, 모터의 회전 속도 및 통의 전달 함수 등을 감안하여 날개 통과 주파수(BPF)를 조정하면, 각종 가전 제품의 팬에 의한 소음 방사를 저감시킬 수 있다.

### 부 록

팬의 이론

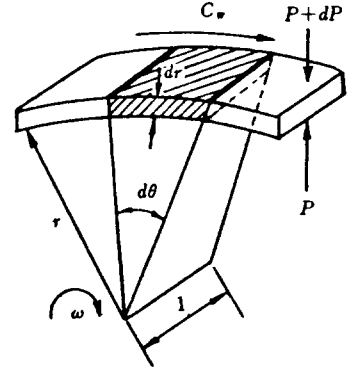
(1) 반경방향의 평형 이론

$$mr\omega^2 = mCw^2/r = AdP$$

유체의 단위 길이당으로 나타내면

$$\rho dr d\theta Cw^2/r = d\theta dP \text{ 또는 } dp/\rho = Cw^2 dr/r \quad (가)$$

식 (가)는 반경방향의 단순 평형 방정식이라고 부르며, 날개열 내부



의 통로를 지나는 흐름은 이 식을 만족 시켜야 한다.

유선에 대한 오일러(Euler) 방정식은

$$dp/\rho + CdC = 0 \quad (나)$$

식 (가)와 (나)를 합하면

$$dr/r + CdC/Cw^2 = 0$$

한편

$$C^2 = Cw^2 + Cx^2 \quad Cx^2 = const$$

이므로  $CdC = CwdCw$

따라서

$$dr/r + dCw/Cw = 0$$

적분을 하면

$$rCw = const \quad (다)$$

식 (다)는 와류가 없을때의 조건이며 반경 방향의 평형조건이 성립되려면  $Cw$ 가 반경  $r$ 에 반비례 하여야한다.

(2) 일정 유동 계수

$$\lambda = V/R \quad \Omega = \lambda H = VH/R\Omega$$

$$H = \lambda T = VT/R\Omega T \quad (라)$$

즉 팬의 날개 전체에 대하여 일정한 유동계수를 고려하므로써, 뿌리부분(Hub)에서 끝부분(Tip)으로 갈수록 입구속도가 일정한 비율로 증가 하도록 고려한 것이다.