

3차원 레이저 진동측정기를 이용한 고속회전 모터의 진동특성 분석

김재열*, 김창현+, 송경석**, 양동조+, 곽이구+, 이창선+

Vibrating Characteristics Analyze of High Revolutrion Motor by 3-D Laser Vibration Analyzer

jae-yeol Kim*, chang-hyun Kim+, kyung-seok Song**, dong-jo Yang+, lee-ku Kwac+, chang-sun Lee+

Abstract

Noise cause is dividing to fluid noise by exhaust flow of fan and vibration noise by rotational vibration of motor. Until now, measuring method has been used to measure vibration by the accelerometer, this method has been not measured for the vibration in some parts of brush and commutator because of motor construction.

This research was purposed on the accurate analysis, using laser vibration analyzer, of noise cause against the difficult part in old times. By using this measured data, we would like to use for the design of silent motor.

Key Words : vibration, high revolution motor, laser vibration analysis, noise characteristic

1. 서론

30,000rpm이상의 고속 회전 모터를 사용하는 제품중 청소기용 모터는 팬을 회전시켜 공기의 흡입과, 배출시키는 동작을 반복한다. 여기에서 발생하는 소음은 인간의 귀에 상당히 민감하게 작용하여 각종 스트레스를 일으키는 원인이 되기도 한다. 그러므로 소음은 제품의 판매에 직접 영향을 미치는 중요한 요소라고 볼 수 있다^[2,5].

공기유체를 흡입하는 고속모터의 소음원은 크게 두가지로 구분될수 있다. 첫째는 유체가 흡배기 과정에서 압축후

팽창과정에서 발생하는 급격한 압력변화에 따른 유체소음, 둘째는 모터의 제작시 공차등에 의한 모터 자체의 진동으로 야기되는 진동소음이다. 이 두가지 소음원중 고속 회전 모터의 주된 소음원은 지금까지의 연구에 의해 유체소음이 주를 이룸을 알 수가 있다^[3,6].

고속 회전 모터의 소음을 저감시키기 위한 방법은 주된 소음원인 유체 소음을 감소시키기 위한 모터의 소음특성을 개선하는 방법이고, 다른 방법으로 모터로부터 발생된 소음이 밖으로 전달되는 경로를 적절하게 차단하는 방법이 있다. 유체 소음의 감소를 위한 연구로는 모델링을 통한

* 주저자, 조선대 공과대학(jykim@mail.chosun.ac.kr)

주소: 501-759 광주광역시 동구 서석동 375

+ 조선대 대학원 정밀기계공학과

++ 조선대 대학원 광응용공학과

유동해석과 실험을 통하여 임펠러의 형상과 유로 길이의 조절, 흡음재의 사용이 효과가 있음이 연구를 통하여 검증되었다. 진동소음의 감소를 위한 연구로는 모터 본체에 가속도계를 부착하여 진동을 측정하고 발생하는 진동을 외부로 전달시키지 못하도록 방진 고무를 이용하는 방법이 연구되었다^{14,5)}. 그러나 이러한 진동소음의 감소를 위한 방법은 소음을 저감시키기 위한 근원적인 해결 방법이 될 수 없다고 할 수 있다.

본 연구에서는 진동소음을 저감시키기 위하여 예전에는 가속도계로써 측정하던 모터 본체의 진동 측정을 3차원 레이저 진동측정기로 측정하였다.

가속도계를 이용한 진동 측정은 모터 본체의 표면 진동 측정에만 국한되므로 표면에서의 진동이 유체의 유동에 의한 진동과 명확하게 구분하기가 쉽지 않았다. 그러나 본 연구에서 사용한 3차원 레이저 진동측정기는 회전하고 있는 정류자나 모터 축의 진동 측정이 가능하므로 좀 더 정확한 진동소음의 분석이 가능하다.

2. 모터의 구조 및 진동 측정 방법

3.1 모터의 구조

모터는 크게 케이싱, 임펠러, 디퓨저, 축 및 베어링등 기구부와 아마추어, 필드, 정류자, 브러쉬 등 전기부로 이루어져 있다.

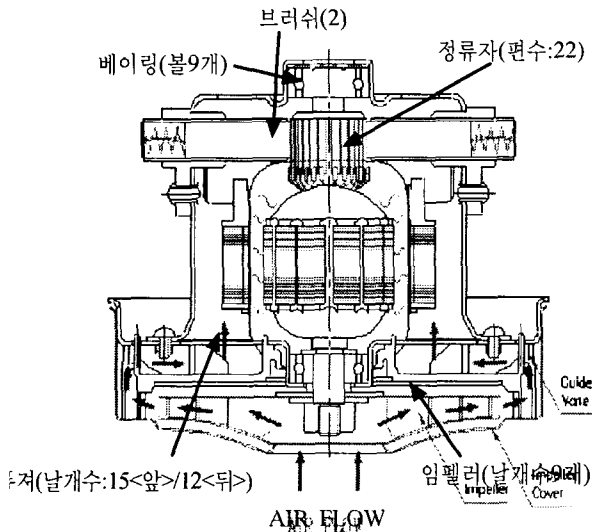


Fig.1 고속 회전 모터의 내부 구조

3.1 진동 측정 방법

진동을 측정하기 위하여 Fig.2에서 보는 바와 같이 모터를 설치하고 10분 이상 모터를 회전시켜 모터를 안정화 시켰으며, 모터의 앞쪽으로부터 1m 떨어진 위치에서 진동을 측정하였다.

측정한 모터의 회전수는 35,000rpm의 고속 회전 모터이고 모터의 작동은 220V, 60Hz의 교류전원으로 작동시켰으며, 외부로부터의 진동 유입을 방지하기 위하여 방진 테이블과 우레탄 패드를 사용하였다.

진동 측정 장비로는 3차원 레이저 진동 측정기(PSV300)와 Reference 진동측정용 접촉식 가속도계를 사용하였다.

모터의 진동 측정 부위는 4번으로 나누어서 Fig.3과 같이 임펠러 하우징(A,E), 베어링(D), 바디(BCF), 정류자(G,H,I), 브러쉬(J,K)등을 측정하였다.

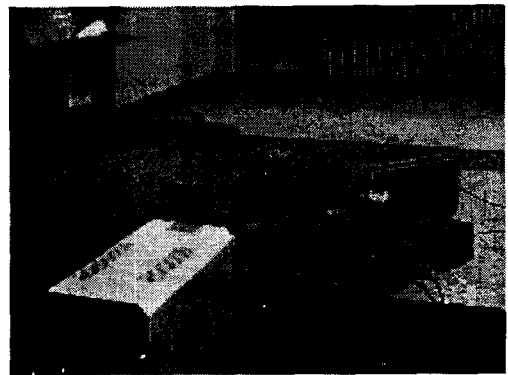


Fig.2 3차원 레이저 진동 측정 실험 구성

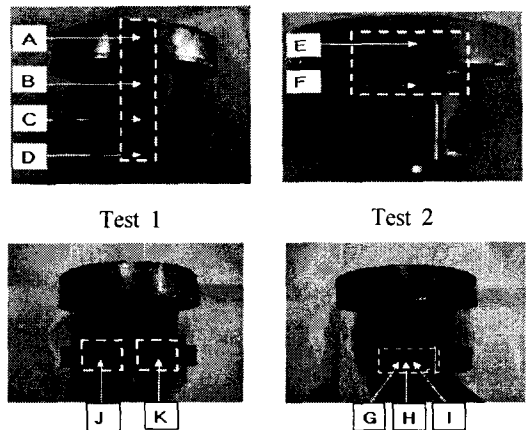


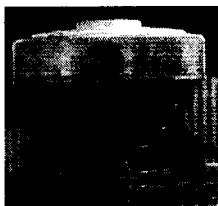
Fig.3 모터의 진동 측정 포인트

3. 고속 회전 모터의 진동특성 분석

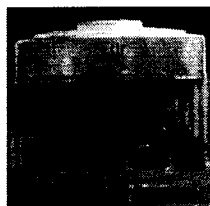
고속 회전 모터의 주된 소음원인 난류유동에 의한 유체 진동과 회전의 의해서 발생하는 진동소음에 대하여 각각의 영향을 분리하여 분석하고자 1000Hz이하의 저주파 영역과 1000Hz이상의 고주파 영역으로 나누어 결과를 비교하여 보

Table 1. Vibration Result in low-frequency domain

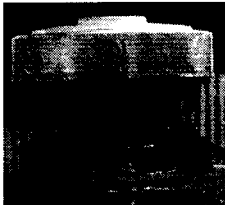
TEST	Test zone	Vibration Frequency(Hz)	Meantude (mm/sec)
Test 1	A	120	2.06
	B	120	2.5
		360	1.7
		480	0.9
C	120	0.76	
	213	0.8	
D	240	6.1	
	360	3.52.5	
	480		
Test 2	E	120	1.0
		213	0.3
		240	0.15
F	120	0.3	
	213	0.39	
	240	0.1	
Test 3 Commutator	G	120	35.0
	H	120	60.0
	I	120	5.2
Test 4 Brush	J	120	8.4
		240	2.3
	K	120	12.1
		240	4.0



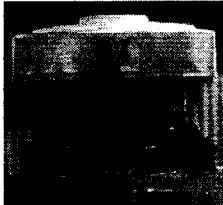
120HzIsolate 진동모드



240HzIsolate 진동모드



360HzIsolate 진동모드



480HzIsolate 진동모드

Fig.4 교류전원 60Hz 배수의 진동모드

았다. 저주파 영역에서의 진동 측정은 Table.1과 같은 결과를 얻을 수 있었다^[1].

저주파 영역에서의 진동 결과를 보면 120, 240, 360, 480 Hz의 공진 주파수가 측정되었는데 이는 모터 구동 전원이 220V, 60Hz 교류전원이므로 구동전원에 따른 공진주파수임을 알 수 있다.

특히 정류자의 진동세기를 보면 측정 데이터가 다른 측정 지점에 비해 두드러지게 큰것을 볼 수 있다. 이는 고속 회전 모터에서 진동 소음은 주로 정류자와 브러쉬간의 마찰에 의해 발생된 120Hz의 진동에 의해서 발생되고 이 진동은 회전 축과 케이싱을 타고 위로 전파하는 것임을 알 수 있다.

고주파 영역에서의 진동측정은 Test zone B,C영역에서 각각 2번을 측정하였고 측정결과는 Fig.5~Fig.8에 나타내었다.

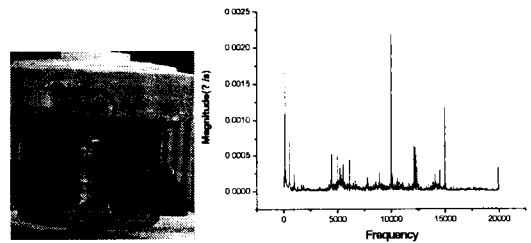


Fig.5 Test zone B-1의 고주파 영역의 진동 측정결과

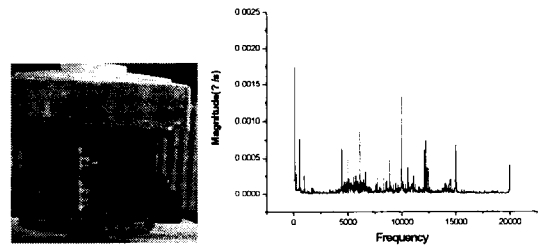


Fig.6 Test zone B-2의 고주파 영역의 진동 측정결과

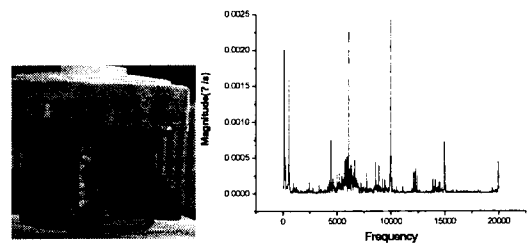


Fig.7 Test zone C-1의 고주파 영역의 진동 측정결과

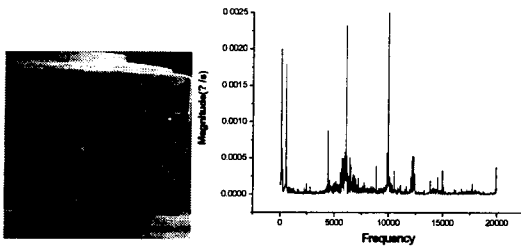


Fig.8 Test zone C-2의 고주파 영역의 진동 측정결과

1kHz 이상의 고주파 영역에서의 진동 측정결과를 보면 전주파수 대역에서 소음이 발생하며, 5kHz, 10kHz, 15kHz에서 공진 주파수가 있음을 알 수 있다.

일반적인 송풍기에서 전주파수배역에서 발생하는 소음은 임펠러 및 디퓨저의 날개면에서의 박리와 후류에 의한 와류에 의해서 발생하는 난류소음이다^[6].

5kHz와 10kHz의 진동은 임펠러의 출구로부터 분출되는 유동이 디퓨저 날개 전면부와의 간섭에 의해서 발생하는 BPF(Blade Passing Frequency)소음이다.

5kHz의 진동을 각 측정 포인트에서 비교하면 정류자쪽으로 갈수록 진동의 크기가 커짐을 알 수 있다. 디퓨저로부터 멀어질수록 유체의 난류유동이 감소함으로써 BPF의 고주파 소음은 감소되고 저주파 성분의 소음이 필터링됨을 알 수 있다.

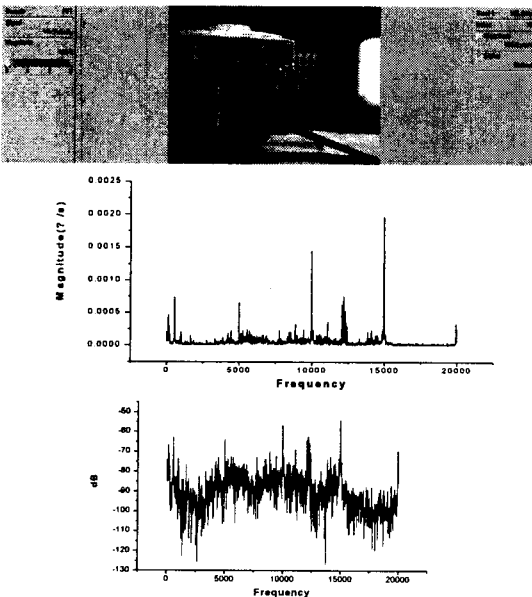


Fig.9 Test zone B에서 15kHz 진동 특성 비교

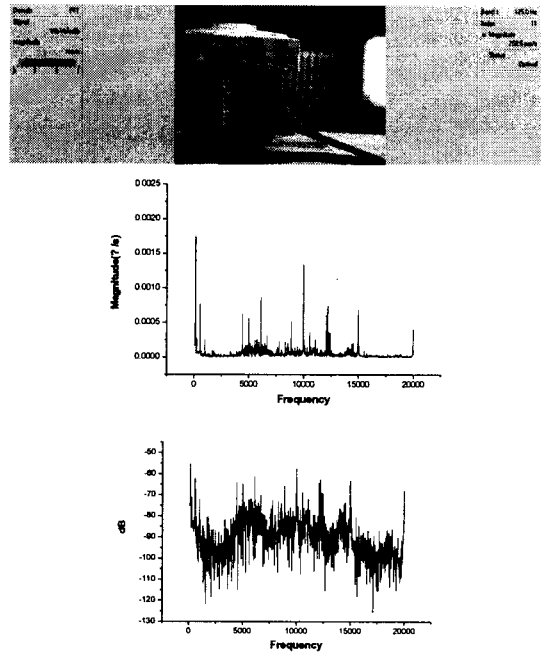


Fig.10 Test zone B에서 15kHz 진동 특성 비교

15kHz에서 발생하는 진동은 측정 위치를 좌우로 바꿈에 따라 규칙적으로 변함을 관찰 할 수있었다. 15kHz의 진동의 원인은 모터의 케이싱의 홀에 의한 구조적인 영향으로 인하여 변화됨이 사료된다.

이상의 진동측정 실험결과 고속 회전 모터의 소음은 기계적인 진동 소음(500Hz이하)보다 유체 소음이 훨씬 크다는 것을 알 수 있으며, 이 유체 소음중 임펠러로부터 분출되는 유동이 디퓨저 날개와의 간섭으로 발생하는 BPF 소음과 임펠러로부터 분출되는 유동이 디퓨저 날개와 부딪히고 날개를 통과하면서 4kHz 이상의 주파수 대역에서 발생하는 난류소음이 상당히 크다는 것을 확인 할 수 있었다.

4. 결론

1. 고속 회전 모터의 진동 특성은 일반 송풍기의 진동특성과 같이 광대역 주파수의 유체 소음과 이산 주파수 소음인 BPF 소음이 상당히 크다는 것을 검증 할 수 있었다.
2. 3차원 레이저 진동 측정기를 이용하여 예전실험에서는 측정하기 힘든 회전하는 정류자와 브러시의 진동특성을 측정 한 결과 회전에 의한 진동 소음은 주로 저주파대역에서 발생

하고 본 실험에서는 구동전류인 60Hz의 배수로서 나타남을 확인 할 수 있었다.

3. 이상의 결론으로 고속 회전 모터의 소음저감을 위해서는 가장 먼저 임펠러와 디퓨저사이의 유체의 유동해석을 통하여 BPF소음을 감소시키기 방법이 효율적임을 알 수 있었고, 유동해석을 통한 모터의 최적설계의 검증법으로써 3차원 레이저 진동측정기의 유효성을 검증할 수 있었다.

참 고 문 헌

(1) Neise, W., 1985, "Review of noise Reduction Methodis for Centrifugal Fans", *journal of Engineering for Industry*, Vol. 104, pp. 151 ~ 161.

(2) J. D. Irwin. 1979 "*Industrial Noise and Vibration Control*", Prentice-HALL INC.

(3) Leo L. Beranek., 1971 "Noise and Vibration Control", McGRAW-HILL.

(4) W H Jeon, D J Lee, K W Ryu, 1995, "An Analysis of Flow and Noise for Avcuum Cleaner Centrifugal Fan", *The Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, pp. 130 ~ 135.

(5) S S Park, J S Hwang, J S Son, J S, Choi, 1994, "A Noise reduction structure for vacuum cleaner", *The Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, pp. 73 ~ 79.

(6) I H Choi, H K Chae, 1994, "The stduty of Noise Reduction Method for Vacum Cleaner Fan Motor", *The Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, pp. 67 ~ 72.