

AC모터의 진동특성 및 진동품질 평가방법

최 현*, 김 인웅*, 이 선표**

The measurement and the evaluation method of the vibration of AC motor

Hyun Choi*, InWoong Kim*, SunPyo Lee**

The vibration measurement of the AC motor, the most typically used vibration source, is essential to evaluate the causes of unexpected excessive vibration in many mechanical systems. The motor contributes to excite the resonance of the mechanical systems, and in turn the amplified vibration of the mechanical parts cause the motor to vibrate severely. Without the vibration evaluation on the motor itself, it is time consuming to solve the vibration problems. This paper deals the vibration measurement method for the AC motor itself.

1. 서론

AC모터는 현재까지 에어컨을 비롯한 가전제품부터 팬, 펌프 등의 유틸리티 설비까지 다양한 분야에서 가장 일반적 동력원으로서 사용되고 있다. 특히, 가전제품의 고급화, 저소음화 추세에 따라서 에어컨, 냉장고 등의 가전제품에 사용되는 AC모터는 동력원으로서 가장 중요한 성능인 회전수, 토크 특성 외에, 소음 및 진동품질이 점차 중요하게 인식되고 있다.

AC모터가 동력원으로 사용되는 기계시스템에서는 모터 자체에서 방사되는 소음과 더불어 AC모터와 조립되는 팬, 축, 기어 등의 기계 구조물을 가진시키는 역할을 하는 모터진동도 중요하게 다루어질 필요가 있다. 이는 AC모터에 의하여 가진된 기계 구조물의 진동이 구조기인 소음(structure borne noise)을 발생시켜, 전체 시스템의 진동 및 소음성능을 크게 악화시킬 수 있기 때문이다.

지금까지 AC모터 자체의 진동 및 소음성능검사는 간이 또는 완전무향실에서 모터의 방사소음을 측정하는 소음검사가 부분적으로 이루어지고 있으나, 진동의 경우에는 진동센서의 모터부착방법, 모터진동측정을 위한 모터지지방법, 모터 자체의 진동과 모터가 조립되는 전체시스템에서의 진동의 상호 연관성 등 전반적으로 모터진동의 계측과 평가에 대한 명확한 기술정립이 이루어지지 못하여 모터단품의 진동검사가 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 또한, 모터진동의 심각도(severity)를 규정하는 DIN45665, ISO2373^[1], ISO2954^[2] 등의 규격에서도 운전 중인 시스템에서 모터의 회전속도에 따른 허용진동속도 기준을 규정하고, 모터의 진동을 평가하도록 되어있다. 그러나 모터에 조립되는 커플링, 기어, 팬 등 기구물에 존재하는 다양한 고유진동수의 진동모드가 모터의 진동에 의하여 직접 또는 간접적으로 가진되어 공진이 유발되는 경우, 모터를 포함한 전체시스템에 과도한 진동이 발생되며, 이때 모터에도 과도한 진동이 발생한다^[3]. 따라서 운전 중인 시스템의 모터에서 측정된 진동은 기계시스템의 결함 및 손상정도 등을 모니터링하기 위한 목적으로 활용할 수 있으나, 모터 자체

*시그널링크(주)

** 경기대학교 기계공학과

의 진동품질을 평가할 수는 없다.

모터 자체의 진동수준에 대한 검사 및 평가 없이 모터가 사용되는 기계시스템에서 발생하는 예측되지 못한 과도한 진동 및 소음의 원인이 모터의 과도한 진동발생에 의한 것인지, 모터와 연결된 기계 시스템의 공진에 의한 것인지, 또는 조립결합 등에 따른 강성부족에 기인한 것인지 구체적인 원인을 파악할 수 없으며, 따라서 이를 해결하기 위해서는 상당한 시간적 경제적 어려움이 있다.

본 논문은 다양한 기계시스템에 적용되고 있는 대표적 진동원(source), AC모터 단품의 진동특성과 이를 측정하여 단품상태의 AC모터 진동품질검사에 활용할 수 있는 방법에 대한 연구이다.

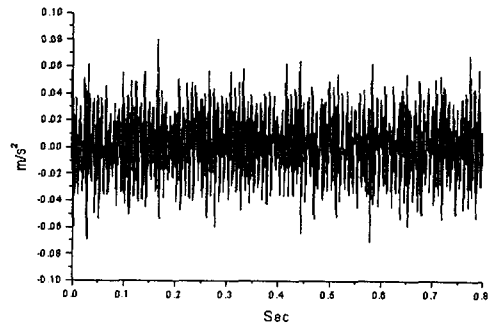
2. 본 론

AC모터에서는 입력전원주파수에 따라 주기적으로 교번하며 작용하는 전자기적 가진력에 의한 철심진동, 베어링(bearing)의 회전음, 회전자(rotor)의 불균형, 모터의 설치불량 등 다양한 기계, 전기적 원인에 의하여 진동 및 소음이 발생하는 것으로 알려져 있으며^[4], 모터 자체의 진동 및 소음이 과대하여 발생하는 문제점 외에 모터와 조립되는 기계구조물의 동적 특성과 상호작용에 의한 공진(resonance)을 발생시킴으로써, 기계시스템 전체에 과도한 진동 및 소음을 발생시키는 원인이 되기도 한다.

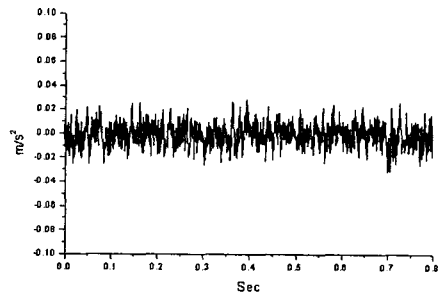
2.1 AC모터의 반경방향 및 축방향 진동

Fig.1은 에어컨에 사용되는 임펠러 팬을 구동시키는 AC모터에서 측정된 모터의 반경방향 및 축방향 가속도 진동신호 및 주파수 스펙트럼을 나타낸다.

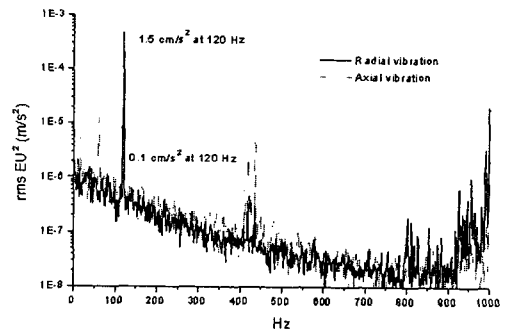
AC모터에서는 전원주파수의 2배에 해당하는 자기가력에 의한 진동성분이 가장 우세하며, 모터의 반경방향 진동이 축방향 진동에 비하여 상대적으로 큰 것을 알 수 있다. 따라서 모터의 120Hz 반경방향 진동성분은 모터 방진시스템 설계의 기준이 된다. 120Hz 또는 240Hz의 자기진동성분은 저소음 특성이 요구되는 에어컨 등에서 넓은 표면적의 임펠러 팬 블레이드(fan blade)에 전달되어 전달음 형태로 방사되거나, 팬의 유연진동모드와 공진을 발생시킴으로써, 저주파수의 구조기인소음을 발생시키는 직접적 원인이 된다.



(a) radial vibration



(b) axial vibration



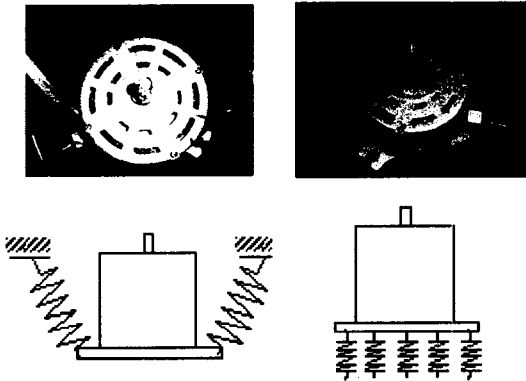
(c) Power spectrum of the radial and axial vibration

Fig.1 Time signal and power spectrum of the motor vibration

2.2 AC모터의 진동측정을 위한 모터지지조건

Fig.2는 AC모터의 진동을 측정하기 위하여 (a) 고무줄로 모터를 지지한 진동측정조건과 (b)폴리우레탄 폼 위에서 모터의 진동을 측정하는 조건을 각각 나타낸다. (a)의 고무줄에 의하여 지지된 모터의 수직방향 모터 지지 고유진동수는 모터의 수직방향 자유진동을 측정하여 구한 결과, 1.25Hz로서, 5.3Kg의 모터질량을 고려할 때 고무줄의 강성

은 약 0.33Kgf/cm 수준임을 알 수 있다. 반면, (b)는 Table 2와 같은 물리적 특성의 폴리우레탄 폼 위에 AC모터를 설치하고 임팩트 해머를 사용하여 모터의 수직방향 액셀러런스(Accelerence) 형태의 주파수응답함수(Frequency response function)를 구한 결과, Fig.3에서와 같이 수직방향 고유진동수가 18.25Hz 임을 알 수 있다. 또한, 폴리우레탄 폼을 한 층으로 모터를 지지한 경우와 두 층으로 지지한 경우에 대하여 각각 고유진동수를 구한 결과, 폴리우레탄 폼의 수에 따른 고유진동수는 큰 차이가 없으며, 이는 폴리우레탄 폼의 수가 증가함에 따라서 모터의 지지강성은 낮아지나, 폼에 의한 질량이 증가함으로써, 전체적으로 모터의 진동측정값에 영향을 주는 모터 지지 고유진동수에는 큰 영향이 없음을 나타낸다.



(a) Motor suspended by the rubber band (b) Motor on PU form

Fig.2 Motor supporting methods to measure the motor vibration

Table 1 Radial acceleration depending on the motor supporting methods (5Hz-1KHz, 10 avgs)

S	Radial acceleration (m/s^2)				(b)/(a) [%]	
	(a) Rubber		(b) PU form			
	120 Hz	O.A.	120 Hz	O.A.	120 Hz	O.A.
1	1.50	1.69	1.51	1.71	100.7	100.2
2	1.80	1.96	1.81	1.98	100.6	101.0
3	3.33	3.45	3.31	3.41	99.4	99.8

Table 2 Physical properties of PU form

밀도 (kg/m ³)	경도 (kg/cm ²)	탄성 (%)	인장강도 (kg/cm ²)	인열강도 (kg/cm)	신장율(%)
35±3	19±3	25 <	1.5 <	0.8 <	200

Fig.4와 Table 3은 모터를 지지하는 PU 폼의 수에 따라서 측정된 모터의 반경방향 진동스펙트럼 및 모터진동 측정값을 각각 나타낸다.

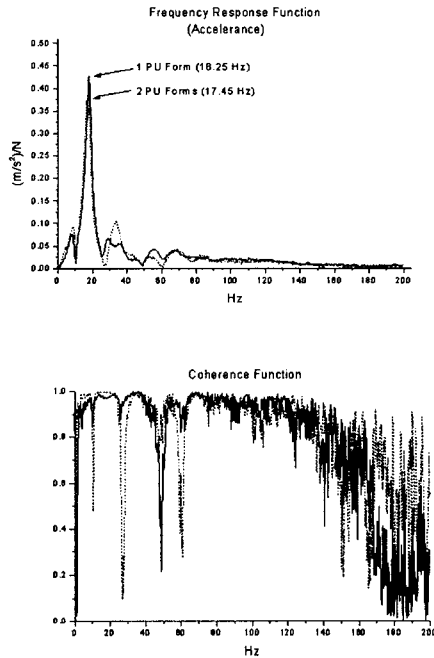


Fig.3 Accelerance type of frequency response function measured for the motor on PU form

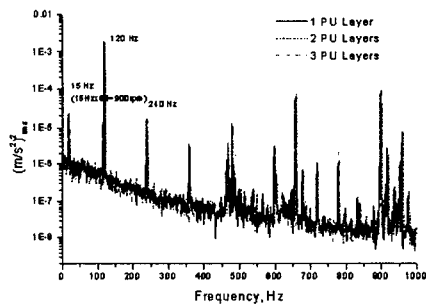


Fig.4 Motor vibration depending on the number of PU form

주파수 스펙트럼은 1KHz까지의 측정주파수 영역에서 폴리우레탄 폼의 수에 따라서 동일한 주파수

특성으로 나타나나, 계산된 전체진동(O.A.)가속도는 폼의 수가 증가함에 따라 약간씩 감소하는 것을 알 수 있다. 이는 Fig.4에서 폼의 수가 증가함에 따라서 고유진동수가 낮아짐으로써, 모터에서 측정되는 진동응답이 감소하기 때문이다.

Table 3 Radial acceleration (O.A.) depending on the number of PU forms (5Hz-1KHz, 10 avgs)

No. of PU form	Radial acceleration
1 PU form	3.64 cm/s ²
2 PU forms	3.61 cm/s ²
3 PU forms	3.51 cm/s ²

AC모터의 진동품질을 검사할 목적으로 폴리우레탄 폼 위에서 모터의 진동을 측정하는 경우, 높은 진동측정 반복정밀도(repeatability)를 확보하기 위해서는 모터를 지지하는 폴리우레탄 폼의 수, 즉 두께를 일정하게 한 상태에서 모터의 진동을 측정하여야 함을 나타낸다.

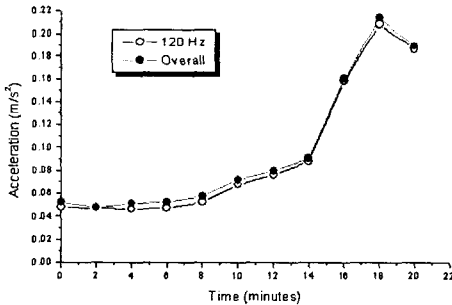


Fig.5는 가속도계 부착용으로 널리 사용되는 밀납(bee wax)으로 가속도계를 AC모터 표면에 부착하고, 시간경과에 따른 모터 진동값의 변화를 나타낸다. 진동값은 AC모터 진동에서 가장 우세한 전원 주파수의 2배에 해당하는 120Hz 성분과 Overall 성분의 진동을 각각 유효값(rms)으로 표시하였다.

Fig.5 Motor vibration affected by the bee wax melting caused by the temperature rise of the motor surface

모터에서 120Hz 성분의 진동이 대부분을 차지하며, AC모터가 구동된 지 약 5분 이후부터 진동측정값이 서서히 증가하기 시작하며, 10분 이후부터는 급격히 증가하는 것을 알 수 있다. 이는 모터

가 지속적으로 구동될 때 모터에서 발생하는 열에 의하여 모터표면의 온도도 상승함으로써 밀납으로 부착된 가속도계와 모터 사이의 부착상태가 취약해진 원인으로서, AC모터와 같이 측정시간에 따라서 온도특성이 변화하는 측정대상물의 진동측정에는 밀납을 이용한 가속도계 고정방법이 바람직하지 않다는 것을 알 수 있다.

3. 결론

- (1) AC모터의 진동은 전원주파수의 2배수에 해당하는 자기진동성분이 가장 우세하며, 반경방향 진동이 축방향에 비하여 크게 발생한다.
- (2) 폴리우레탄 폼을 이용한 모터지지방법은 고무줄에 의한 지지방법에 비하여 진동측정결과, 120Hz 와 Overall 성분 모두 1% 이내의 오차를 나타냄으로써, PU 폼 위에서 모터진동측정방법은 모터의 진동품질을 용이하게 검사할 수 있는 방법이다.
- (3) AC모터의 진동을 측정위하여 밀납을 사용하여 가속도계를 고정시키는 방법은 모터에서 발생하는 열에 의하여 밀납이 녹음으로써, 진동측정값이 크게 측정되는 문제점으로 인하여 AC모터의 진동측정방법으로 바람직하지 않다.

참고문헌

1. ISO/IS2373, 1971, "Mechanical Vibration of Certain Rotating Electrical Machinery with Shaft Heights between 80 and 400 mm - Measurement and Evaluation of the Vibration Severity"
2. ISO2954, 1974, "Mechanical vibration of rotating and reciprocating machinery requirements for instruments for measuring vibration severity", 1st edition.
3. 최 현, 김 준우, 2001, "실내기의 구조진동개선에 대한 연구", 위탁연구과제 보고서(시그널링크(주)), 만도공조(주) 위니아연구소.
4. M. P. Norton, 1989, "Fundamentals of noise and vibration analysis for engineers", p.525-5271.