

## 초고속전동기의 허용진동평가

### Allowable Vibration Verification of Ultra High Speed Motor

\*#홍도관<sup>1</sup>, 우병철<sup>1</sup>, 구대현<sup>1</sup>, 정연호<sup>1</sup>, 민성기<sup>2</sup>

\*#D. K. Hong(dkhong@keri.re.kr)<sup>1</sup>, B. C. Woo<sup>2</sup>, D. H. Koo<sup>2</sup>, Y. H. Jeong<sup>2</sup>, S. K. Min<sup>3</sup>

<sup>1</sup>한국전기연구원 전동력연구센터, <sup>2</sup>국방과학연구소 제3체계개발본부

Key words : Ultra High Speed Motor, Allowable Vibration, ISO 10816-3

#### 1. 서론

최근 초고속 전동기는 산업 현장이나 특수 목적용 구동 시스템으로써 각광받는 분야 중 하나이다. 고효율, 소형, 경량, 고속 및 고풍력을 얻을 수 있는 고속운전기술에 대한 필요성이 제기되고 있으며 이는 산업이 고도화 및, 선진화됨에 따라 필수적인 기술이 되어가고 있다. 기어를 사용하지 않는 초고속 회전기 200kW 급 공기압축기의 구동시스템은 기어를 사용하는 모델에 비하여 부피는 약 1/10 로 감소하고 시스템 효율은 10% 이상 증가된다.

본 논문은 개발에 성공한 15kW, 120krpm 급 연료전지 냉각을 위한 에어 블로어용 초고속 전동기의 기계 상태를 평가하기 위하여 ISO 10816-3 에 의한 기준으로 에어포일 베어링 지지된 초고속 전동기의 허용진동 평가를 수행하여 초고속에서 안정적인 회전구동을 하는지 평가하였다.

#### 2. 회전기계의 진동평가 및 규격

초고속 회전체에서 나타나는 진동, 소음 대역 회피기술과 완벽한 보호 동작기구 및 이상 상태 예측 및 감시에 대한 기술이 중요하다. 기계에 대한 진동강도 평가 영역인 ISO 10816-3 에 의한 기계상태 평가 및 운전 한계값 기준을 근거로 설비상태에 대한 관정을 한다. 기계의 상태감시는 진동을 측정하기 위하여 정밀 FFT 분석기, 센서(비접촉변위, 가속도계)등 다양한 진단기기 등을 활용한다. 1998 년 ISO 2372 와 ISO 3945 를 흡수하여 확대 재정한 규정이 ISO 10816-3 (Mechanical vibration -Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts)이며, 기준은 정격 운전속도

범위 내에서 정상상태하의 베어링, 베어링 받침, 또는 기계의 하우징에서 취한 현장의 광대역 진동 측정치에 적용된다.

Table 1 ISO 10816-3(1)

지지 분류	영역 경계	진동변위			
		그룹 1	그룹 2	그룹 3	그룹 4
강 지지	A/B	29	22	18	11
	B/C	57	45	36	22
	C/D	90	71	57	36
유연 지지	A/B	45	37	28	18
	B/C	90	71	57	36
	C/D	140	113	90	56

Table 2 ISO 10816-3(2)

지지 분류	영역 경계	진동속도			
		그룹 1	그룹 2	그룹 3	그룹 4
강 지지	A/B	2.3	1.4	2.3	1.4
	B/C	4.5	2.8	4.5	2.8
	C/D	7.1	4.5	7.1	4.5
유연 지지	A/B	3.5	2.3	3.5	2.3
	B/C	7.1	4.5	7.1	4.5
	C/D	11.0	7.1	11.0	7.1

그룹 1 : 대형기계(300kW-50MW), 전기기계 (축높이 H=315mm 이상)

그룹 2 : 전기기계( $160 \leq H \leq 315\text{mm}$ ), 중형기계 (15-300kW)

그룹 3 : 원심 및 혼류 또는 축류펌프(15kW 이상, 분리된 구동장치)

그룹 4 : 원심 및 혼류 또는 축류펌프(15kW 이상, 통합된 구동장치)

이 기준을 적용할 수 있는 기계에 대한 지지의 분류는 강지지와 유연지지로 나뉜다.  
 A: 양호(Good) / B: 장시간 운전허용(Allowable)  
 C: 제한된 기간동안 운전허용(보수조치 필요)  
 D: 허용 불가(Not permissible) 비상정지(Trip) 영역 C의 1.25 배 넘지 말 것.

Fig. 1은 초고속 전동기의 에어포일 베어링부의 수평, 수직 하우징에 진동 가속도계 부착을 보여준다. 비접촉 갭센서를 이용하여 Table 1 규정과 같이 축의 변위를 측정하여 평가하는 방법도 있으나, 센서 부착 위치의 한계로 인하여 설치가 부적절하였다. 따라서 회전기계의 진동평가를 위하여 가속도계를 이용하였다.

진동가속도를 측정하고 신호를 적분하여 진동속도를 환산하였으며 개발 모델은 그룹 2와 지지 형태는 강 지지에 해당된다. 여기서 강 지지는 계의 1차 고유진동수가 회전주파수보다 25% 이상 높으면 강 지지가 된다. Fig. 2는 초고속 전동기의 구동 회전수에 따라서 에어포일 베어링부의 수평, 수직 하우징의 진동속도 결과를 나타낸다.

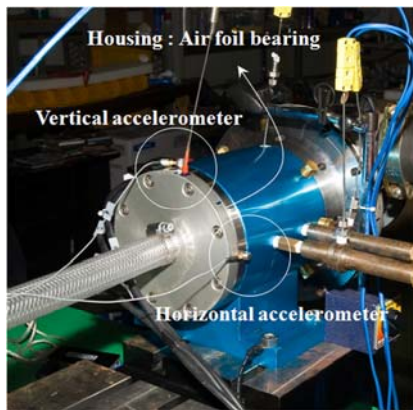


Fig. 1 The measurement position of the vibration velocity of ultra high speed motor

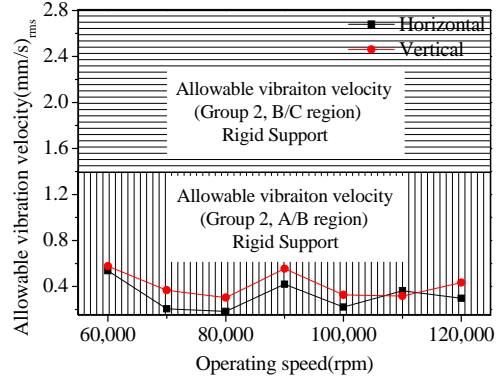


Fig. 2 The measurement result of the vibration velocity according to operating speed

Table 2의 강 지지이고 그룹 2에 속하며 또한 A/B 영역의 허용 가능한 진동속도인  $1.4\text{mm/s}_{\text{rms}}$  안에서 진동 속도가 발생 하였으며 진동측정 결과는 A로 양호한 것으로 판정되었다. 에어포일 베어링으로 지지된 초고속 전동기의 경우에도 ISO 10816-3의 규정을 통하여 회전기계의 진동평가가 가능하였다.

### 3. 결론

본 논문은 개발에 성공한 15kW, 120krpm급 에어포일 베어링 지지된 초고속 전동기의 허용진동 평가를 수행하여 초고속에서 안정적으로 회전구동을 하는 것을 ISO 10816-3의 규정을 통하여 확인하였다. 향후 200krpm급 진동모드 및 400krpm급 발전모드의 진동발전기를 개발하여 진동변위와 진동속도의 상호비교를 통하여 시스템을 평가하는데 적용하고자 한다.

### 후기

본 연구는 방위사업청 및 국방과학연구소 지원으로 수행되는 차세대 군용 전원특화 연구센터 사업의 일환으로 수행되었습니다.

### 참고문헌

1. ISO Standard : "Mechanical Vibration-Evaluation of Machine-Measurements on Rotating Shaft and Evaluation-," ISO/IS 10816-3, 1996.