

초고속전동기 개발을 위한 성능평가시스템 Dynamometer for the High-speed motor Development

#김창순¹, 정원지²

#C. S. Kim(cskim1@keri.re.kr)¹, W.J Chung²

¹ 한국전기연구원 초전도응용기기연구그룹, ² 창원대학교 기계설계공학과

Key words : Dynamometer, Generator, Constant torque

1. 서론

공작기계용 고속 스핀들 모터를 개발시, 개발된 모터의 성능을 테스트하는 일은 매우 중요하다 할 수 있다. 그러나 현재 국내에서는 고속 회전기기를 테스트할 다이나모미터(Dynamometer)가 부족한 형태이며 대부분의 경우 국외의 업체들에 의해 개발된 다이나모미터를 사용하고 있다.

일반적인 다이나모미터는 동력의 흡수와 발생이 동시에 가능한 복합적 형태, 즉 모터와 발전기의 복합체 형태인데 그 용량과 특성에 따라 히스테리시스(Hysteresis) 다이나모미터, 수(Hydraulic) 다이나모미터, 와류전류(Eddy Current)의 형태로 변환 측정하는 EC 다이나모미터 방식,

직류전류로 측정하는 DC 다이나모미터 방식, 그리고 최근엔 AC 다이나모미터로 측정하는 방식 등 다양한 종류의 다이나모미터가 사용되고 있다.

에너지 보존 법칙에 의하면 동력원에 입력된 에너지를 흡수한다는 것은 어떤 형태로든지 에너지가 존재한다는 것을 의미하는데, 이 변환된 형태가 수력, 전기력 등 발열 및 손실의 형태로 전환된다. 즉, 출력(Power)은 힘(Force)과 속도(Speed)에 의해 결정되어지는데, 이는 다이나모미터가 동력원의 출력 측정 순간에 해당하는 힘과 속도를 연속적으로 측정하고, 분석장치 및 소프트웨어를 사용하여 계산함으로써 동력원의 출력값을 얻게 된다. 이 값을 이용하여 모터의 특성을 얻을 수 있게 된다.

현재 국내에서는 성능평가장비 대부분이 해외에서 수입에 의존하고 있으며, 다이나모미터의 수요가 지속적으로 증가할 것으로 예상된다. 또한 국내 설치된 대부분의 다이나모미터는 15,000rpm 이하의 저속 다이나모미터가 주류로 되어 있으며, 본 연구의 목적은 60,000rpm, 24kW급 다이나모미터 개발을 국내 기술로 개발하고자 한다.

2. 제작된 다이나모미터의 기본원리

제작된 다이나모미터는 모터에 역으로 걸리는 저항을 다이나모미터에 재현시켜 그 때의 모터 반응 상태를 보기도 한다. 이렇게 얻어지는 데이터를 통해 모터에 발생할 문제점을 미리 발견함과 동시에 모터의 성능을 파악하게 된다.

35,000rpm급 다이나모미터의 개발을 위해 설치된 다이나모미터의 제원은 Table 1과 같다.

Table 1 Parameters of the dynamometer

Type	AC Generator
Motor type	Brushless DC
Voltage source	AC 380V, 50/60Hz, 3φ
Input voltage	±10% of Voltage Source
Output voltage	0 ~ 440V
Winding type	W-Y
rpm range	8,000 ~ 35,000 rpm
Torque range	14 ~ 24 N·m
Output	50kW
Control mode	Constant current, Constant torque

본 실험에 사용할 다이나모미터는 시험회전모터에 의하여 다이나모미터의 로터에 전기가 발생하게 되는 발전기방식

(Generator type)이며, 발생된 전압을 전원부에서 스위칭회로를 이용하여 전압을 조정하여 저항기에서 소비시키게 되며, 여기서 발생하는 전압은 시험모터의 속도와 비례하게 된다.

3. 시험방법

성능시험장치는 하드웨어적으로 크게 다이나모미터와 콘트롤 장치로 구분된다. Fig. 1에서 발전기방식의 성능시험장치의 구성도를 나타낸다. 다이나모미터는 발전기부, 센서부, 피시험모터의 세부분으로 구성된다.

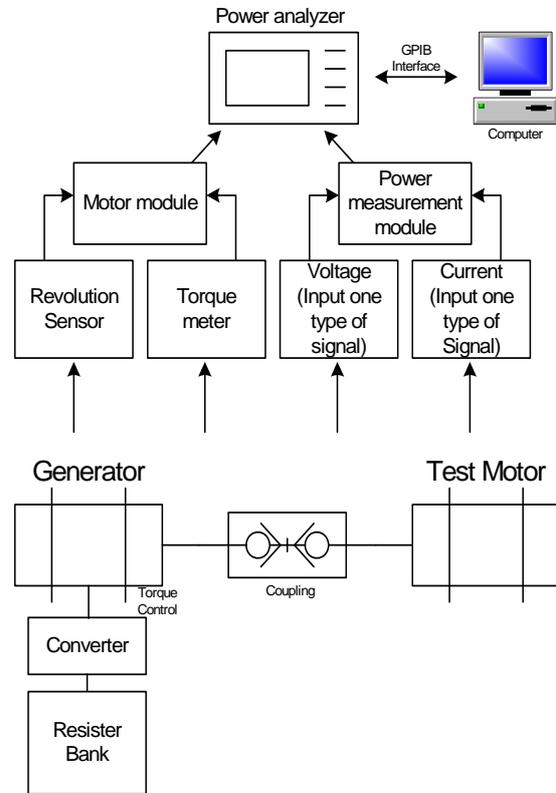


Fig. 1 Block diagram of the AC generator dynamometer

브레이크부는 피시험모터에 부하를 인가하기 위한 장치로 정적토크특성을 측정하기 위한 히스테리시스 브레이크와 동적토크특성을 측정하기 위해 토크제어용 브레이크를 사용하며, 센서부는 토크센서를 이용하여 토크를 검출하고, rpm을 검출하기 위한 부분이다. 피시험모터에는 홀센서와 모터시험 중 온도를 측정하기 위한 센서가 부착된다.

전압원(Voltage Source)은 다이나모미터의 히스테리시스 브레이크 토크 제어용 신호로 출력전압에 따라 인터페이스 보드의 전류제어회로를 통한 전류가 공급되고 이레 비례한 브레이크 토크가 발생한다. 또한 모터 브레이크의 토크 제어시 속도제한용 신호로 작동한다. 전력 분석기를 이용하여 모터에 공급되는 전류 및 전압을 측정하여 전압과 전류로 인한 각종 파라미터들(출력값, 유효전력, 무효전력, 역률) 및 센서부로부터 얻어지는 토크값과 rpm을 이용하여 모터의 성능평가를 위한 데이터를 얻게 된다.

농형 유도전동기로 본 다이내모미터의 정밀한 검증을 위하여 3,600rpm급 유도전동기를 이용하여 테스트해 보았다. 제작된 발전기형 다이내모미터는 정토크제어모드로 설정할 수 있으며, 개발된 다이내모미터의 데이터를 비교분석하기 위해 3,600rpm의 유도전동기를 마스터모터로 사용하였다. 제작된 다이내모미터는 Fig. 2와 같다.



Fig. 2 Dynamometer connect to the induction Motor

회전자 위치 센서는 고정자에 대한 회전자의 위치를 전달하는 계기이다. 제어기는 시간과 상 여자 전류의 파형을 제어하기 위해 적당한 여자 전압을 고정자에 인가하기 위한 신호 발생 회로이다. 정교한 제어기는 마이크로프로세서 또는 DSP(Digital Signal Processor) 등을 이용하여 주어진 속도에 대해 원하는 토크를 얻기 위해 최적의 상태로 운전할 수 있도록 여자 신호를 발생한다. 컨버터는 DC전원, 전력스위치, 전력다이오드 등으로 구성되며, 벡 스위칭(Buck-switching)을 사용하여 DC 전원을 인가시켜 토크를 발생 또는 제어한다.

저속 운전시 발생하는 유기기전력 e는 공급 직류전압 V_s 에 비해 작으며, 전류는 초펄(Chopping)에 의해 조정된다.

시험하고자 하는 동기모터의 제원은 Table 2과 같으며 12000rpm으로 구동중인 모터에 정토크제어모드로 토크를 0~15Nm까지 증가시 모터의 특성변화를 알아보았다.

Table 2 Characteristics of the test motor(induction motor)

Type	induction motor
Voltage source	220V/380V
Current	37.2A/215A
Frequency	60Hz
Efficiency	88%
rpm	3550 rpm
Insulation level	F
Output	11kW(15hp)
Pole number	2 pole

4. 시험결과 및 고찰

유도전동기의 성능평가 결과는 Fig. 3과 같으며 각각 측정된 데이터는 전압, 전류, 분당회전수, 출력, 효율 및 역률이다. 본 발전기형 다이내모미터의 테스트는 정토크제어모드로서 테스트모터에 일정토크를 가하여 토크변화에 대하여 얻고자 하는 파라미터들을 구할 수 있는 방법이므로, 토크량을 약 10Nm까지 증가시킴에 따라 3,660rpm에서 점차감소하면서 3,630rpm까지 변화하게 됨을 알 수 있다.

이는 1%이내의 오차율을 보여주고 있으며 3,600rpm 대역이 실제 개발된 다이내모미터의 주측정대역이 아님을 고려하면 매우 높은 정밀도를 알 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 고속회전기용 모터개발을 위해서 정확한 모터

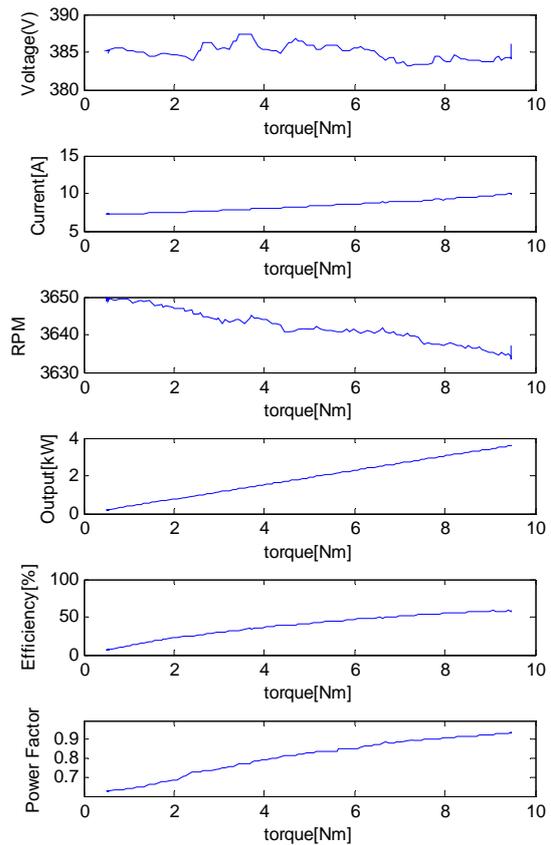


Fig. 3. Results of the induction motor by generator type dynamometer

의 출력 및 토크특성 등을 확인하고 그러한 특성해석을 용이하게 하기 위한 다이내모미터의 개발 및 구축하기 위하여 그에 앞서 다이내모미터의 신뢰성을 향상시키고자 먼저 저속 모터를 실험하였다. 또한 60,000rpm 50kW급의 다이내모미터의 개발중에 있으며 이것은 향후 개발되는 초고속 회전기기의 성능 검증실험에 많은 도움이 될 것이므로 대용량 초고속 다이내모미터의 개발에 많은 기대를 하게 된다. 초고속화에 따라 그것을 실험, 검증해야 할 다이내모미터의 개발에도 필요한 제어기술과 기계적 기술 또한 앞으로 개선해야할 사항으로 남긴다.

후기

본 연구는 지식경제부 지방기술혁신사업(RTI04 -01-03) 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- Hong, Y. K., Jang, J. Y., Cho, S. H., Cho, Y. H and Kim, H. Y, "AC Servo Motor/Driver Dynamometer", Proceedings of the Institute of Electronics Engineering of Korea Conference. pp. 62-65, 1995.
- Kim, C. S., Yoon, S. H., Lee, C. M., Park, S. K., Ahn, H. K. and Sung, N. J., "Development of Ultra-speed Dynamometer System," Proceedings of the Korean Society for Precision Engineering Autumn Conference, pp. 451-452, 2007
- Mun, B. S., Lee, E. S., and Lee, H. S., "A study on the measurement of load torque by the field coil current in an eddy current dynamometer," Journal of the Korean Society of Precision Engineering. Vol 18, pp. 84-92, No. 10, 2001