

초고속 다이나모미터의 개발

Development of Ultra-speed Dynamometer system

**김창순¹, 윤상환², 이춘만³, 박승규³, 안호균³, 성남제⁴

*#C. S. Kim(cskim1@keri.re.kr)¹, S. H. Yoon², C. M. Lee³, S. K. Park³, H. K. Ahn³, N. J. Sung⁴

¹ 한국전기연구원 초전도기기연구그룹, ²창원대학교 클러스터사업단, ³메카트로닉스공학부, ⁴넥스디(주)

Key words : High Speed, Dynamometer, Dynamo

1. 서론

모터 개발에 있어서 설계 후 그 제품 품질의 검증이 중요하다 할 수 있다. 그 중 성능시험은 설계한 품질의 검사로서 주로 다이나모미터(Dynamometer, Dynamo)를 통하여 이루어지게 된다. 다이나모의 기본적인 개념은 모터와 발전기의 복합적 형태이다. 현재 많이 이용되는 다이나모미터는 동력의 흡수와 발생이 동시에 가능한 복합적 형태, 즉 모터와 발전기의 복합체 형태인데 그 용량과 특성에 따라 Hysteresis 다이나모미터, 수(Hydraulic) 다이나모미터, Eddy Current의 형태로 변환측정을 하는 EC 다이나모미터, 직류전류로 측정하는 DC 다이나모미터 방식, 그리고 최근엔 AC 다이나모미터(교류전기로 측정)로 측정하는 방식 등 다양한 종류의 다이나모미터가 사용되고 있다.

에너지 보존 법칙에 의해 동력원의 에너지를 흡수한다는 것은 변환된 에너지가 어떤 형태로 간에 존재한다는 것을 의미하는데, 이 변환된 형태가 풍력, 수력 또는 전기력 등 발열 및 손실의 형태로 전환된다. 즉, 출력(Power)은 힘(Force)과 속도(Speed)에 의해 결정되어지는데, 이는 다이나모가 동력원의 출력 측정 순간에 해당하는 힘과 속도를 연속적으로 측정하고, 이를 소프트웨어로서 계산하여 동력원의 출력을 얻게 된다. 얻어진 출력으로 인하여 프로그램을 이용하여 모터의 특성을 얻을 수 있다.

현재 국내에서는 다이나모와 같은 설비 대부분이 해외수입에 의존하고 있으며, 다이나모미터에 수요가 지속적으로 증가할 것으로 예상된다. 또한 국내 설치된 다이나모미터는 15,000rpm 이하의 저속 다이나모미터 및 저용량 다이나모미터가 주류로 되어 있으며, 본 연구의 목적은 35,000rpm, 50kW급 다이나모미터 개발을 국내기술로 개발하고자 한다.

2. 다이나모미터 개발

다이나모미터는 모터에 역으로 걸리는 저항을 다이나모에 재현시킴으로서 그 때의 모터 반응 상태를 보기도 한다. 이로서 얻어지는 데이터를 통해 모터에 발생할 문제점을 미리 발견함과 동시에 모터의 성능을 파악하게 된다.

35,000rpm급 다이나모미터의 개발을 위해 설치된 다이나모미터에 사용된 모터의 사양은 표 1과 같다.

Table 1 Parameter of the Dynamometer

Table legend	
Type	AC
Motor type	BLDC
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

2.1 성능시험장치의 하드웨어

성능시험장치는 하드웨어적으로 크게 다이나모미터와 콘트

롤 장치로 구분된다. 그림 1에서 AC Generator 방식의 성능시험장치의 구성도를 나타낸다. 다이나모미터는 브레이크부, 센서부, 피시험모터의 세부분으로 구성된다.

브레이크부는 피시험모터에 부하를 인가하기 위한 장치로 정적토크특성을 측정하기 위한 Hysteresis 브레이크와 동적 토크 특성을 측정하기 위해 토크제어용 브레이크를 사용하며, 센서부는 토크센서를 이용하여 토크를 검출하고나, rpm을 검출하기 위한 부분이다. 피시험모터에는 홀센서와 모터시험 중 온도를 측정하기 위한 센서가 부착된다.

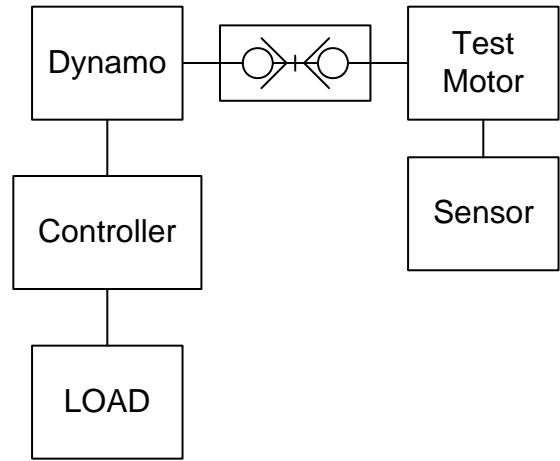


Fig. 1 Block diagram of the AC Generator Dynamometer

그림 2에서 보이는 콘트롤 박스에서는 다이나모미터로부터 검출된 신호를 디스플레이 또는 증폭하거나 Power Analyzer로부터 검출된 데이터를 이용하여 유저가 피시험모터의 파라미터를 확인하는 기능이 갖추어져 있다.

전압원(Voltage Source)는 다이나모미터의 브레이크 토크 제어용 신호로 출력전압에 따라 인터페이스 보드의 전류제어회로를 통해 전류가 공급되고 이에 비례한 브레이크 토크가 발생한다. 또한 모터 브레이크의 토크 제어시 속도제한용 신호로 작동한다. Power Analyzer를 이용하여 모터에 공급되는 전류 및 전압을

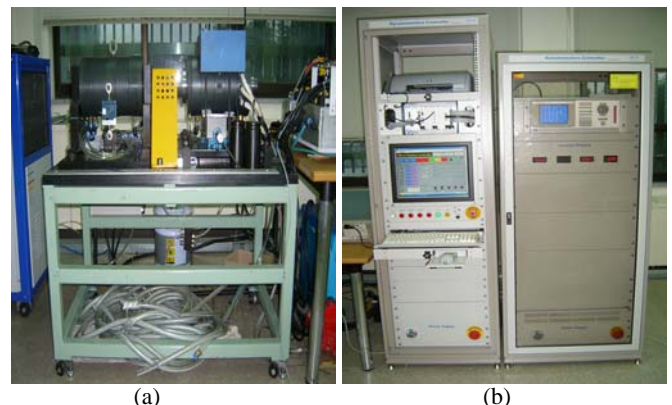


Fig. 2 Photograph of Dynamometer and Control Rack (a) Dynamometer, (b) Control rack

측정하여 전압과 전류로 인한 각종 파라미터(Power Factor, Active Power, Reactive Power etc) 등을 통해 센서부로부터 얻어지는 토크값과 rpm을 이용하여 모터의 성능평가를 위한 데이터를 얻게 된다. 콘트롤 박스의 구성은 그림 2와 같다.

모터의 성능시험을 하기 위해서는 온도, 속도, 부하 등 여러 가지 극한조건에서 피시험 모터를 구동해야 할 경우가 있으며, 또한 시험도중 예기치 않은 일이나 조작자의 실수로 인하여 시험모터 및 드라이버가 파손될 우려가 있으므로 본 시험장치에는 보호회로가 내장되어 있으며 각종신호에 대한 한계치를 넘는 신호에 대하여 보호시스템을 가동하고 있다.

2.2 성능시험장치의 소프트웨어

본 프로그램에 사용한 언어는 National Instruments사의 LabVIEW(Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench)를 이용하였다. 그림 3과 4는 운영프로그램의 메인화면과 환경설정 모드를 나타낸다.

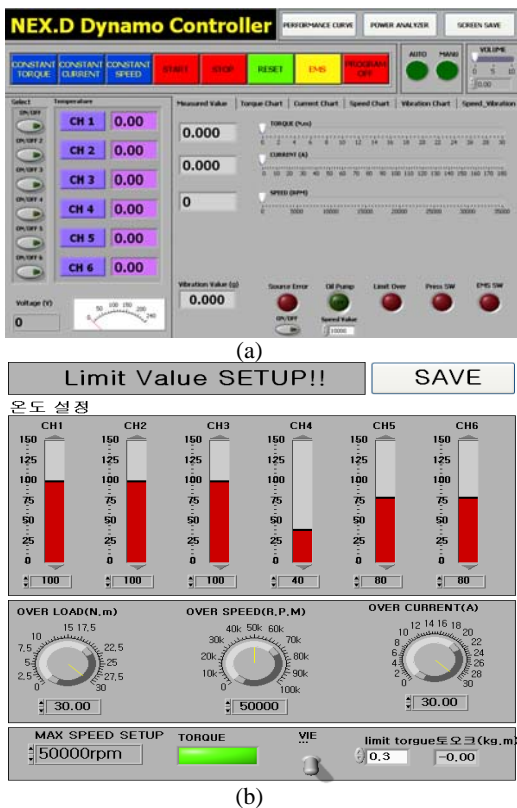


Fig. 3 Programming display using LabVIEW (a : main , b : setup mode)

3. 측정 및 토론

본 다이내모미터는 크게 정전류제어모드와 정토크제어모드로 설정할 수 있으며, 정전류제어는 시험모터에서 발생하는 회전력에 의해 발전기가 운전되며 발전기에서 발생한 전압을 설정한 국내의 초고속 고용량 다이내모미터 개발은 초기단계이며, 아직 많은 문제로 안고 있다.

전류만큼 부하로 소비하여 모터의 전류특성을 알 수 있다. 정토크 제어모드는 제동 토크를 설정하여 회전체의 토크를 일정하게 제어하며, 다이내모미터에 설치되어 있는 로드셀값을 측정하여 일정한 토크로 동작을 하도록 한다.

본 실험에서 다이내모미터와 테스트모터의 고속회전시 발생하는 진동 및 커플링으로 인한 부하 등을 고려해서 5Nm의 토크시험으로 만족해야 했다.

그림 4에서 5Nm까지 정토크설정 후 토크특성시험 시 측정되는 각종 파라미터들과 Power Analyzer로 측정된 데이터의 계산값들을 한 화면에서 보여줌으로써, 피시험모터의 특성을 한눈에

알아 볼 수 있다.

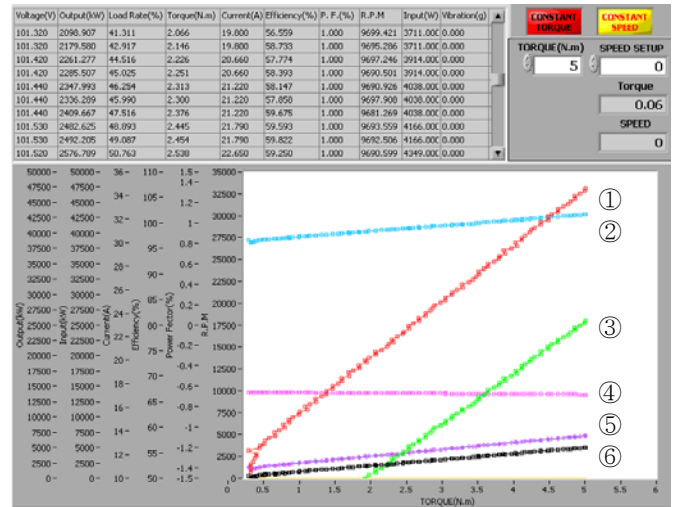


Fig. 4 Plot of Parameter characteristic at Constant Torque (①current ②power factor ③efficiency ④rpm ⑤input power ⑥output power)

이러한 차트를 통해 정토크 및 정전류 시험평가시 파라미터 특성들을 볼 수 있다. 5Nm 정토크 특성시험을 통해 8000~10,000rpm 사이에서, 전류가 증가함에 따라 회전속도가 감소하였으며, 약 0.8-0.9 수준의 역률을 보였 토크가 5Nm에 가까워질수록 역률이 증가함을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 50kW, 35,000rpm급 대용량 초고속 다이내모미터를 제작하였으며, 고속 스핀들 모터의 정토크 특성해석, 정전류 특성해석을 가능하게 해줌으로써 기존의 저속 다이내모미터에 비해 많은 기술적 발전을 가져다 줄 수 있다. 또한 국내 고속모터 개발에 있어 기술적 검증이 가능하게 해준다.

후기

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

참고문헌

1. 홍영기, 장준현, 조성훈, 조운호, 김규영, "AC 서보모터 드라이버의 성능시험장치", 대한전자공학회 학술발표회 논문집(제어계측연구회), 1, 62-65, 1995.
2. 이형석, "A study on torque measurement by the excitation coil current in eddy current dynamometer," 한국자동차공학회 추계학술대회논문집, 169-121, 2004.
3. Jesus Arellano-Padilla, Greg M. Asher, " Control of an AC Dynamometer for Dynamic Emulation of Mechanical Loads With Stiff and Flexible Shafts', 1250-1260, 2006.
4. Paresh C, "Principles of Electric Machines and Power Electronics," WILEY, 123-208, 1998.