

200kW 유도전동기를 위한 다이나모미터 시스템에 관한 연구

이승요* 박규홍* 한석우** 강병희*** 고재석*** 장용수****
대림대학* 국제대학** (주)신아이엔지*** (주)모컴****

Dynamometer System for 200kW Induction Motor

Lee S. Y* Park K. H.* Han S.W** Kang B. H*** Gho J. S*** Jang Y. S****
Daelim College* Kookje College** SinaEng Co.*** Mocom Co.****

ABSTRACT

AC 전동기용 다이나모 시스템은 동력흡수방식을 중심으로 제작되어 많이 사용되고 있으나, 속응성 및 내구성등이 열악하여 유지·보수등에 다소 어려움을 겪고 있어 소형 전동기를 중심으로 유도전동기를 이용한 다이나모 시스템에 관한 연구가 증가하고 있는 추세이다. 현재 소형 AC 전동기를 이용한 다이나모 시스템에 관한 연구가 진행되어 있으나 수십 kW급 전동기의 운전에만 제한되어 있다. 본 논문에서는 200kW급 AC 다이나모미터의 설계 및 제어에 대하여 서술한다. 기존 데이터 취득방식의 단점을 보완한 초고속 통신모듈을 내장한 데이터 송수신 시스템을 이용하여 AC 다이나모미터의 특성을 개선하였다. 실험을 통하여 본 논문에서 제안한 시스템의 설계 및 제어를 검증한다.

1. 서론

전동기 시험을 위한 다이나모미터는 시험용 전동기와 그 전동기를 구속하거나 구동하는 부하장치를 비롯하여 속도센서, 토크센서로 구성된 계측부와 부하장치에 전기를 공급하거나 제어를 수행하는 컨트롤러로 및 수집된 데이터를 분석하는 제어시스템으로 구성되어 있다. 다이나모미터 시스템은 부하인가방식에 따라 Eddy Current Brake, Power, Hystereris, DC Dynamo, AC Dynamo 방식으로 나뉘어지고 있는데 동력흡수를 통해 부하를 인가하는 방식의 경우 저속구간에서 낮은 토크특성으로 동작이 불가능한 영역이 발생하고 특히 연속구동시 발열에너지가 심해 냉각수를 이용한 방식을 많이 사용하고 있으며 주기적인 점검이 필요하다. 설치비가 많이 드는 다이나모미터 시스템의 특성상 유지·보수에 드는 비용이 크게 발생하므로 내구성 및 신뢰도가 높은 다이나모미터 시스템의 연구개발에 대한 필요성이 증대되고 있다. 따라서 DC 전동기를 이용한 다이나모미터 시스템의 개발도 이루어졌으나 브러시등의 마모로 인한 내구성등이 문제가 되므로 벡터제어방식을 사용한 AC 다이나모미터 시스템에 관한 연구개발이 주를 이루고 있다. AC 다이나모미터 시스템은 주로 소형시스템을 위주로 개발이 되어오고 있으며 대형 시스템의 경우에는 국내에서는 이에 대한 연구개발이 전무한 상태이다.

전동기는 산업경제와 밀접하게 연계되어 산업동력의

많은 부분을 차지하고 있어 정부에서도 고유가 시대를 대비하여 에너지 효율이 높은 고효율전동기의 생산을 장려하고 있는 추세이다. 전동기 및 관련 산업체의 경우 중·대형 고효율 전동기의 생산이 필수적이며 관련 다이나모미터 시스템의 산업이 크게 증가할 것으로 예상된다. 본 논문에서는 200kW급 고효율 전동기의 특성시험을 위한 AC 다이나모 시스템의 개발에 대하여 서술하였다.

2. AC 다이나모미터 시스템

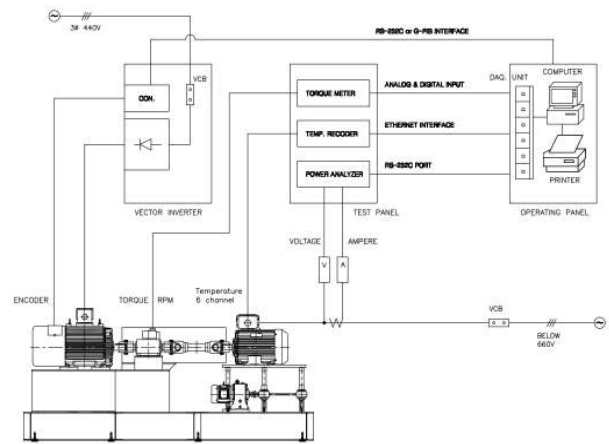


그림 1 AC 다이나모미터 시스템 구성도

그림 1은 AC 다이나모미터 시스템의 구성도를 나타낸다. AC 다이나모 시스템은 동력발생원으로서 토크제어를 수행하는 인버터와 부하용 전동기로 구성되며 인가되는 부하전동기의 토크 및 속도를 검출하고 시험전동기의 전압, 전류등을 측정하여 전동기의 특성을 파악하고 특히 고효율 전동기의 효율측정에 이용된다. 본 논문에서 설계한 시험용 전동기는 200kW급 4극 유도전동기이며 시험규격은 KSC 4202 및 KSC IEC 61972를 참조하였다. AC 다이나모미터 시스템은 크게 3가지로 구성된다. 첫째는 동력발생장치로서 토크와 속도제어가 가능한 벡터인버터 및 부하용 AC 전동기로 구성되며, 둘째는 시험용설비로서 테스트베드 및 커플링세트로 시험용 전동기와 동력용 전동기를 연결하고 시험 전동기의 입력전압

을 조정하는 유도형 자동전압조정기인 IVR로 이루어진다. 셋째는 시험설비의 핵심부분인 제어 및 계측장비로서 동력발생장치의 기계적인 출력을 센서를 이용하여 토크 및 속도의 형태로 검출하고 IVR을 통하여 시험전동기에 입력되는 입력전류, 전압, 전력을 측정하여 전동기의 특성 및 효율을 측정한다.

그림 2는 본 논문에서 구성한 동력발생장치 및 시험용 설비를 나타내고 있으며 그림 3은 제어·계측장비를 보여주고 있다. 본 논문에서는 동력발생용 전동기로 250[kW]급 유도전동기를 사용하였으며 커플링을 통하여 기계적인 출력을 전달하고 제어하도록 하였다. 입력전원은 삼상 IVR을 이용하여 시험전동기의 무부하 시험 및 부하시험을 위한 인가전압을 제어하고 사용자가 조이스틱이나 프로그램을 통하여 전압을 제어할 수 있도록 하였다. 계측장비로는 삼상전압, 전류, 토크 및 속도를 검출하는 장비로서 전력분석기를 이용하여 제반 전동기 관련 변수들을 측정하였다.

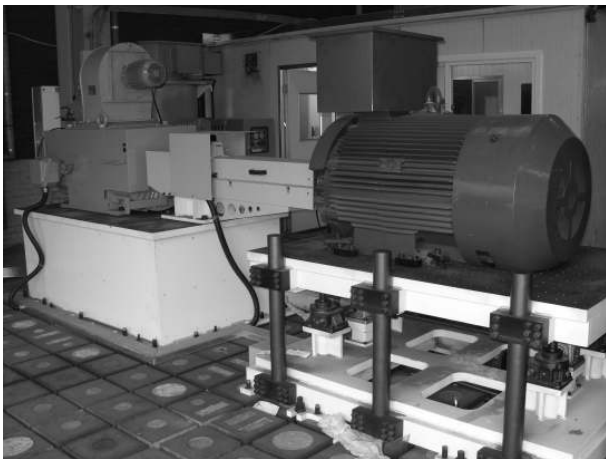


그림 2 200kW 시험전동기 장치 구성도



그림 3 AC 다이내모미터 제어판넬

기준 다이내모미터 시스템은 측정주기가 매우 늦어 동특성 측정등에는 측정횟수가 매우 제한적이다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 초고속 직렬통신방식을 이용한 저가의 데이터취득보드를 설계하였다. 다이내모미터 시스템은 피측정장치의 특성을 시험하는

장치로서 정확하고 빠른 데이터취득을 해야 한다. 본 연구에서 사용한 제어·측정장비는 그림 3에서 보는 바와 같이 백터인버터, 전력분석기, 온도측정기, PC 모니터링, 토크센서, 속도센서등 다양한 장비로 구성되며 각각은 내 노이즈성을 고려하여 통신을 통하여 데이터를 취득하는 방법을 사용한다. 그러나 기기마다의 샘플링 속도 및 방식에 따라 통신속도가 일치하지 않으며, 기존 다이내모미터 시스템의 경우 전체 시스템을 링방식에 의한 제어·측정방식으로서 전체 데이터를 취득하는 방식을 이용하므로 정보수집시간이 길다는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 개별 통신을 통하여 각 기기의 데이터를 빠르게 취득하고 이 데이터를 4Mbps의 빠른 속도로 데이터를 취합하여 결과를 사용자 및 PC에 저장하는 방식을 이용함으로써 다이내모미터 시스템의 동적능력을 극대화하도록 하였다. 데이터 취득은 고속의 SPI통신을 이용하였으며 개별 기기의 데이터는 물리적으로는 RS-485, RS-232, LAN 방식을 이용하도록 하였으며 통신방식은 MODBUS RTU방식과 일반 기기 메이커의 프로토콜을 사용하여 바이너리코드 데이터를 취득하고 개별 통신속도가 최대가 되도록 하였다. 그림 4는 초고속 통신을 이용한 데이터취득 장치를 보여준다.

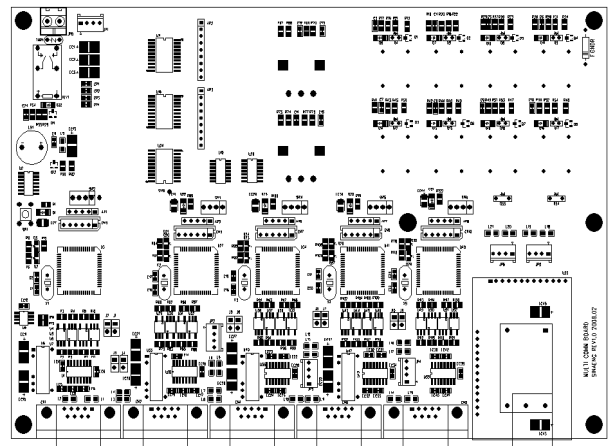


그림 4 초고속 통신 데이터취득 보드

3 고효율 전동기 시험

고효율전동기는 시험절차가 복잡하고 많은 시간을 소요한다. 저항측정을 시작으로 온도상승시험, 부하시험 및 무부하시험을 수행하여 전동기의 효율을 측정하며, 전술한 바와 같이 KS규격에 의하여 시험을 일정온도조건에서 연속적으로 진행을 하여야 한다. 고효율전동기 시험은 크게 3가지로 나뉘어 지는데 온도상승시험, 부하시험 및 무부하시험으로 나눌 수 있다. 온도상승시험은 부하용 전동기를 이용한 정격부하에서 온도포화가 일어날 때까지 연속으로 운전하여 온도포화시점에 도달하면 전동기의 권선온도 및 선간저항을 측정하도록 한다. 1분정도의 시간내에 측정이 끝난 후 부하를 150%부터 시작하여 25%의 부하까지 순차적으로 운전하며 이때, 시험용 전동기에 인가되는 전압, 전류, 토크, 속도등을 측정하고 저항은 운전이전 및 운전 직후에 측정한다. 부하시험이 모두 완료된 후에는 최종적으로

부하를 인가하지 않은 상태에서 전압조정기를 이용하여 피시험용 전동기에 정격전압의 125%에서 20%까지의 전압을 최소 4개소 이상을 인가하여 전압, 전류, 입력 및 선간저항을 측정하도록 한다. 이와 같은 순차적인 시험이 끝난 후 무부하손실, 풍손, 마찰손 및 철손을 계산하고 이때 표류부하손과 같은 잔류손실을 선형회귀 분석을 통하여 손실값 평활화 작업을 하여 계산하도록 한다. 그림 5는 시험절차 순서도를 나타낸다.

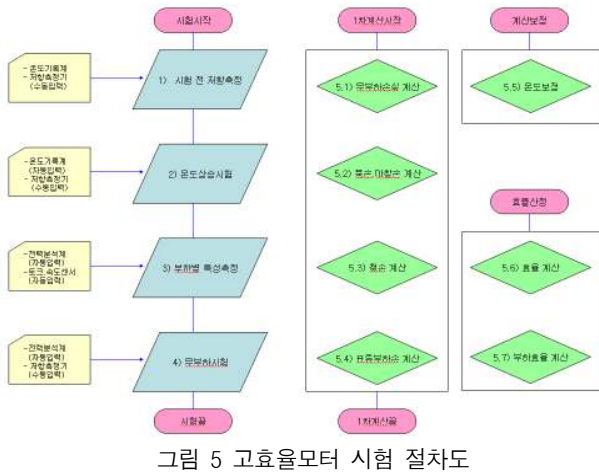


그림 5 고효율모터 시험 절차도

4 실험 및 결과

전술한 바와 같이 고효율 전동기 시험을 위한 AC 다이나모시스템을 구성하여 3장과 같은 시험절차를 통하여 시험을 하였다. 그림 6은 AC 다이나모미터 테스트벤치의 PC 시험장치를 보여주고 있다.



그림 6 AC 다이나모미터 테스트 프로그램

사용자는 계측기기등을 이용하여 얻어진 데이터를 초고속 통신보드에서 PC쪽으로 넘겨진 데이터를 통하여 현재의 상황을 일목요연하게 감시할 수 있다. 또한 부하시험용 전동기에 토크지령치를 넘겨 줄 있도록 하여 연속적인 토크인가는 물론 기동시험 및 구속시험등을 할 수 있도록 하였다. 고효율전동기의 효율측정은 KS규격에 따른 손실분리 시험법을 통하여 최종 효율을 측정한다. 사용자는 순서별로 부하 및 무부하 인가 전

압 및 토크 변화량에 따라 데이터를 취득할 수 있으며 취득된 데이터는 개별적으로 손실분리 시험을 위한 프로그램에 반영이 되도록 하였다. 그림 7은 고효율전동기 시험절차에 따른 손실분리 성적서를 보여준다. 위와 같은 시험을 통하여 전동기의 정확한 효율특성을 측정할 수 있었다. 시험결과는 원심분리법 및 계측기기의 효율측정 데이터와 거의 유사하게 나오고 있음을 확인하였다. 본 연구를 통하여 중대형 AC 전동기의 효율 시험을 위한 AC다이나모미터 시스템의 신뢰성 및 제어성능을 확인할 수 있었다. 향후 구속시험 및 기동시험등에 적용하여 고효율시험 뿐만 아니라 중대형 회전체의 동적특성 시험에도 활용될 수 있을 것으로 생각되며, AC 다이나모미터의 성능향상에 대한 연구가 더욱 진행될 것이다.

3상 유도전동기 손실분리 성적서

Specification		220 kW	4 P	440 V	60 Hz	Type: F Type	Serial No. 001			
(1) 저항측정	고정자선간저항	0.0116000 [Ω]	권선온도	20.00 [℃]						
(2) 온도상승시험	고정자선간저항	0.0145000 [Ω]	주위온도	20.00 [℃]	회전온도	85.40 [℃]				
(3) 부하특성시험	부하율	속정도	동력계	출력토크	입력	전류	회전속	권선온도	주위온도	전압
	(%)	(rpm)	(Nm)	(kW)	(A)	(r/min)	(℃)	(℃)	(V)	
	150	1602.60	0.80	1603.40	312.57	442.81	1777.60	85.40	20.00	449.00
	125	1340.00	0.80	1340.80	261.77	376.23	1781.80	85.40	20.00	439.20
	100	1068.70	0.80	1069.50	208.28	295.32	1786.00	85.40	20.00	443.50
	75	803.80	0.80	804.60	157.34	225.50	1790.30	85.40	20.00	442.53
	50	535.00	0.80	535.80	105.52	156.86	1793.10	85.40	20.00	441.70
	25	266.40	0.80	267.20	54.36	95.90	1796.50	85.40	20.00	441.24
(4) 동력계보정	동력계 보정토크	0.80 (Nm)								
(5) 부하별 효율	부하율 (%)	효율 (%)								
	150	95.36								
	125	95.67								
	100	95.92								
	75	95.89								
	50	95.17								
	25	92.17								

그림 7 손실분리 시험

참고 문헌

- [1] C.Grantham, H.Tabatabaei-Yazdi, "A Novel Machinelss Dynamometer for Load Testing Three-Phase Induction Motors", International Conference on Power Electronics and Drive systems, 1997, pp. 579- 584
- [2] KSC 4202 일반용 저압 3상 유도전동기
- [3] IEC 61927 유도전동기 손실평가법 - 손실분리법
- [4] 고효율 전동기의 최저효율계 시험방안 기초연구에 관한 최종보고서, 에너지관리공단, 2004.