

산업기기 엔진속도제어용 HB형 스텝모터 개발

이종인*, 이정인*, 배동진*, 박헌준**, 김중구*, 최상덕*, 한송엽**

* 현대중공업(주) 중앙연구소 중전기 부문 ** 서울대학교 전기공학과

DEVELOPEMENT OF HB TYPE STEP MOTOR FOR ENGINE SPEED CONTROL
USAGE OF INDUSTRIAL MACHINES

J. I. LEE*, J. I. LEE*, D. J. BAE*, H. J. PARK**, J. K. KIM*, S. D. CHOI*, S. Y. HAN**

* R&D CENTER, HYUNDAI HEAVY INDUSTRY ** DEPT. OF ELECTRICAL ENG. SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

ABSTRACT

In recent years, as the industry has been highly developed and precised, its driving and control system have been changed, what is more, revolutionized.

The requirements of these change are more accuracy, more high efficiency, more miniaturized size and more servo functions. Step motor has been adopted for driving servo systems, because of easier controllability, open-loop control, high position accuracy at low speed.

In this paper, we deal with developing step motor system, and describe the procedure that contains design, analysis, testing characteristics.

I. 서론

산업의 고도화·정밀화에 따른 첨단기술의 발전과 더불어, 그 구동원으로서의 모터 및 제어방법에 대한 응용과 변혁이 이루어지고 있다. 즉, 모터를 단순히 '회전한다'라는 기존의 개념에서, 최근의 요구사항은 고효율화, 경량화, 소형화, 내환경성 이외에 정속성, 가속성, 속응성, 분해능, Servo System으로서의 위치결정 정밀도 등 점차 다양하고 엄격해져가고 있다.

최근의 각종 산업의 자동화, 고도 정보화 사회의 확대추세 등에 따른 FA(Factory Automation), OA(Office Automation) 용 관련기기의 급격한 신장에 의해 제어용 정밀모터의 수요가 크게 증가하고 있다.

스텝모터는 정밀모터의 한 분야로서, 공급하는 펄스신호에 의해 디지털적으로 회전하여 속도제어나 위치결정제어를 위한 간결동작(Incremental Motion)을 시키는 용도에 적합한 정밀모터다.

본 연구에서는 산업기기에 사용되는 HB형 스텝모터의 개발을 위한 설계이론과 특성해석 및 개발품의 특성시험, 환경진뢰성 시험을 다루었다.

II. 본 론

1. 개발품 사양

스텝모터는 종래형 모터에서는 볼 수 없는 특징을 많이 갖고 있는데, 이들 특징을 개략해서 열거하면 다음과 같다.

- (1) Digital 신호로 직접 Open Loop 제어를 할 수 있으므로 System 구성이 간단해진다.
- (2) 정·역전, 기동, 정지, 변속이 용이하다.
- (3) Motor의 회전각도와 입력 Pulse수가 비례한다.
- (4) 각도오차가 적고, 오차는 누적되지 않는다.
- (5) 정지시에 높은 유지 토크를 갖는다.
- (6) Brush 등의 기계적마모가 없다.

위와 같이, 스텝모터는 위치결정작용의 구동원으로서 매우 뛰어난 성능을 지니고 있다. 산업기기용 HB형 스텝모터는 엔진의 속도와 부하에 따른 혼합기의 유량을 제어하는 목적으로 사용된다. 일반적으로 제어의 속응성 보다는 고토크에 의한 제어동작의 신뢰성이 요구되고 실외의 열악한 환경에서 제 성능을 발휘하는 조건이 구비되어야 한다. 현재, 국내에서 사용하는 HB형 스텝모터는 전량 수입에 의존하고 있으며, 특히 대부분의 물량은 일본에서 수입하고 있어서 엔고에 따른 원가상승의 부담과 함께 부품공급의 대일종속이라는 심각한 문제를 안고 있어, 국산화가 시급한 것으로 알려지고 있다.

항 목	사 양
외형치수	φ 86 [mm]
STEP ANGLE	1.8 [DEGREE]
여자방식	1-2상 여자
구동방식	Bipolar, 정전류 구동
상 수	2 상
정지각도 오차	±5 [%] (0.09 DEG)

표.1.1 개발품 사양

2. 설계결차 및 해석

일반적으로 전기기계의 설계에 있어서 순서라 함은 주어진 기계적 출력과 성능을 만족시키는 전기적 입력과 기계적인 치수를 결정하는 과정이다. 최근 들어서는 모터의 사용목적에 따라 기계적인 출력뿐 아니라 모터의 외관 규격까지 규제되어 이에 적합한 설계를 해야하는 경우가 많다. 스텝모터의 동작특성은 자기회로의 구성에 따라 크게 영향을 받는다. 특히 HB형의 경우 고분해능 및 정밀도($1.8^\circ \times \pm 5\%$)를 만족하기 위해서는 고정자와 회전자의 치형상 설계를 적절히 잘해야 한다. 이 설계결과는 자로의 구성에 직접적인 영향을 미치므로, 응답특성이나 정밀도(Accuracy)에 직접적으로 큰 영향을 준다고 할 수 있다. 즉, 치의 형상이나 치폭과 슬롯폭과의 비, 치길이 등을 잘 결정하는 것이 성능향상의 주요한 관건이라고 할 수 있다.

본 연구에서는 기존의 경험적 데이터들 토대로 해석모델을 잡고 유한요소법을 사용하여 정확한 해석을 한다음, 설계에 필요한 기본 데이터와 설계 사상을 결정하는 방법을 택하였다. 비선형 자기포화현상에 따른 토크특성을 유한 요소법을 이용하여 계산하고, 설계결과도 제작된 시제품을 특성시험하여 해석결과를 검증하고, 추후 설계의 방향을 제시하는 과정을 다루었다.

스텝모터의 설계이론 중 일반전기기계와 크게 다른점 중의 하나는, 공극이 작아서 (0.02 - 0.05mm), 고정자와 회전자의 치형상이나 치폭이 발생토크에 미치는 영향이 크고, 대부분의 경우 치끝단에서의 자속밀도가 자기포화점을 넘어 동작한다는 것이다. 따라서, 설계시에는 자기적인 포화특성을 잘 알고, 비선형해석을 통하여 선형해석시 생기는 오차를 충분히 줄여나가는 해석기법을 써야 한다.

고정자치와 회전자치의 잇달림에 따른 토크 변화에 대해서는 회전자치의 중심과 고정자치의 중심이 일치했을 때를 기준점으로 0.05도씩 회전자를 회전해가며 계산하였다.

스텝모터의 위치정밀도는 변위에 따른 토크의 변화분(torque gradient)이 클수록 정밀하다. 따라서, 위치정밀도를 개선하기 위한 많은 연구가 토크파형에 큰 영향을 주는 치폭 대 치피치 비, 치의 형태, 슬롯깊이 등에 관하여 이루어져왔는데, 여기서는 이론적 배경을 토대로 위치정밀도가 좋은 경우와 포화의 영향을 줄이고 효율을 최대화하는 방향으로 설계의 방향을 잡고 여러 경우를 계산해 보았다.

이 때의 계산결과를 토대로 검토를 하여 최종적으로 결정된 모델로 제작을 하였고, 시작품 제작 후 이를 시험치와 비교하여 보았다.

토크대 파형은 대체로 일치했으며, 특히 토크의 변화분은 잘 들어맞는 것으로 나타났고, 해석 설계시 최대토크지점은 측정시 최대토크값에서 10%정도의 차이를 보였는데, 측정기기의 오차 및 회전자관성을 감안해서 토크파형이 뒤로 밀린다고 보면 매우 잘 일치하는 결과라고 할 수 있다. 본 설계에 의한 스텝모터를 제작하여 테스트한 결과 각도위치정밀도가 기본 스텝각의 5% 오차범위 안에 수렴했다.

3. 특성시험

개발품의 특성시험은 정류특성과 동특성 시험으로 나누어지는데 각도정밀도에 대한 시험성적서는 표 1.2에 나와있다.

(단위: 도)

각도오차		POSITION ERROR	STEP ERROR	HYSTERESIS ERROR
		CW	CW	
시제품, 구동방식	SAMPLE A	0.0294	0.0288	0.0060
	SAMPLE B	0.0450	0.0625	0.0144
	SAMPLE C	0.0342	0.0576	0.0132

표 1.2 각도정밀도 특성시험 결과

4. 개발품 장착시험 결과

개발된 시제품 중에서 자체 시험에 통과한 모델을 가지고 실제로 적용이 가능한 증장비 엔진속도조절용으로 장착시험을 실시하였다. 증장비 엔진의 운전모드는 조절속도에 따라서 L, S, H 가 있고, 각각의 경우에 대하여 시운전을 해보았다. 장착시험 결과 우수한 판정을 받아서 개발품은 성공리에 완료되었다.

5. 환경 신뢰성 시험

진동기는 사용목적에 따라 환경이 달라지므로 제품의 성능 평가시 내환경적인 측면도 고려해야 한다. 특히 본 개발품이 사용되는 환경은 육외현장에서 사용되는 악조건이므로 내환경성에 대한 신뢰가 요구되므로 이에 대한 시험기준이 엄격하게 적용되어야 한다.

본 연구에서는 제품의 사용 조건 및 국내의 제품 규격을 고려하여 시험기준을 정하여 내환경 신뢰성시험을 행하였다. 이때 실시한 항목은 내열성, 내한성, 내진성, 내충격성, 온습도 사이클 등이다.

III. 결 론

HB형 스텝모터는 설계능력의 부재와 제작기술의 어려움으로 인해 현재 전량 수입에 의존하고 있다. 그간 국내 몇몇 업체에서 개발을 시도하였으나 실패한 사례가 있고, 수요는 점차로 증가추세에 있으나 대외종속은 오히려 심화되어 국산화가 시급한 과제로 인식되어 왔다.

본 연구는 산업기기의 엔진속도 조절용 HB형 스텝모터의 개발 및 생산을 목표로 했으며 개발품은 성능특성 분석시험과 환경 신뢰성 시험을 거쳐 개발을 완료한후, 시스템에 장착시험을 행하여 우수한 성능판정을 받았다.

본 개발의 의의는 정밀소형모터 개발 분야에서 새로운 장을 구축했으며, 성능 및 류성 평가에서 우수한 평가를 받았고 장착시험 및 현장시험을 거쳐 제품신뢰성을 구축, 산업기기의 핵심부품 국산화를 이룩하였다.

참 고 문 헌

- [1] B.C.Kuo, "Effect of Tooth Shapes on The Position Accuracy of Step Motors", Incremental Motion Control Systems and Devices ,1978
- [2] John R. Brauer, "Finite Element Analysis of DC Motors and Step Motors", 11th Annual Symposium, Incremental Motion Control Systems and Devices ,1982
- [3] Hi-dong Chai, Karl Konecny, "Effect of Saturation on Step Motor Tooth Permeance and Force", 11th Annual Symposium, Incremental Motion Control Systems and Devices ,1982
- [4] H.B.Ertan, A.Hughes, P.J.Lawrenson, "A New Approach to the Prediction of Static Torque Curve of Saturated VR Stepping Motors", 8th Annual Symposium, Incremental Motion Control Systems and Devices ,1979
- [5] Takahashi Kenjo, "Stepping Motors and Their Microprocessor Controls ", Oxford university Press, 1984

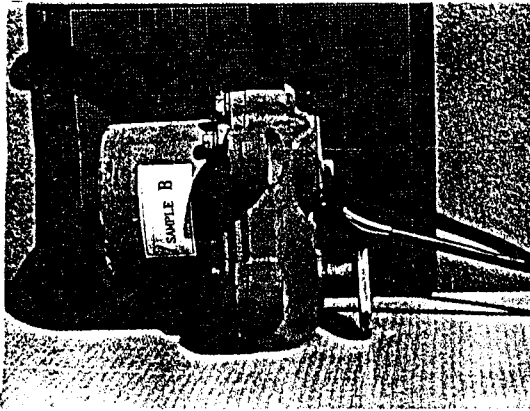


그림 1.1 개발품 사진