

중장비 엔진속도제어용 스텝모터 및 제어시스템 개발

배동진*,이종인*,이정일*,박현준*,김종구*한송엽**
*현대중공업(주) 중앙연구소 **서울대학교전기공학과

DEVELOPMENT OF STEP MOTOR AND CONTROL SYSTEM FOR HEAVY EQUIPMENT

D.J.Bae, J.I.Lee, J.I.Lee, H.J.Park^o, J.K.Kim, S.Y.Hahn^{*}
R&D CENTER HYUNDAI HEAVY INDUSTRIES
*DEPT. OF ELECTRICAL ENG. SEOUL NATIONAL UNIV.

Abstract - This paper deals with development of high torque and high accurate stepping motor and control system which is adopted heavy equipment engine speed control. In the process of development, only pure domestic technics is involved, all the parts are supplied in domestic industries, and successfully accomplished to mass production. In order to confirm product liability, circumferential test, such as vibration test, impact test, thermal test, and field test are thoroughly fulfilled.

I. 서 론

산업의 고도화·정밀화에 따른 첨단기술의 발전과 더불어, 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 정밀 모터의 수요가 크게 증가하고 있다.

본 연구에서는 산업기기에 사용되는 IIB형 스텝모터와 제어 시스템 개발을 위한 개발과정, 개발품 특성시험, 환경신뢰성 시험 등을 다루었다.

II. 본 론

1. 개발품 사양

스텝모터 일반적인 특징을 개략해서 열거하면 다음과 같다.

(1) 직접 개루프 제어가능, 시스템구성 간단.

- (2) 정·역전, 기동, 정지, 변속이 용이.
- (3) 모터의 회전각도와 입력 펄스수 비례.
- (4) 각도오차 적고, 오차 누적되지 않음.
- (5) 정지시 높은 유지 토크.
- (6) 초저속으로 고토크 운전.

산업기기에용 IIB형 스텝모터는 엔진의 속도와 부하에 따른 혼합기의 유량을 제어하는 목적으로 사용된다. 일반적으로 제어의 속응성 보다는 고토크에 의한 제어동작의 신뢰성이 요구되고 실외의 열악한 환경에서 제성능을 발휘하는 조건이 구비되어야 한다.

현재, 중장비용엔진속도조절용 스텝모터는 전량 수입에 의존하고 있으며, 특히 대부분의 물량은 일본에서 수입하고 있어서 연고에 따른 원가상승의 부담과 함께 부품공급의 대일종속이라는 심각한 문제를 안고 있어, 국산화가 시급한 것으로 알려지고 있다.

표 1.1 개발품 사양

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

2. 설계절차

스텝모터의 동작특성은 자기회로의 구성에 따라 크게 영향을 받는다. 특히 IIB형의 경우 고분해능 및 정밀도(1.8° × ± 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 데이터를 토대로 초기해석모델을 잡고 유한요소법을 사용하여 정확한 해석을 한다음, 설계에 필요한 기본 데이터와 설계 사양을 결정하는 방법을 택하였다.

최근에는 컴퓨터의 발달에 힘입어, 전자장 수치해석을 이용하여, 기기 내부의 형상을 모델링하여 정확한 자장계산을 통하여 설계, 해석하는 방법으로 시뮬레이션한 결과를 특성개선에 적용하여 성공하는 사례가 늘고 있다.

본 연구에서 스텝모터 설계시, 유한요소법을 이용하여 비선형 자기포화현상에 따른 토크특성을 계산하고, 설계결과로 제작된 시제품을 특성시험하여 해석결과를 검증하고, 추후 설계의 방향을 결정하였다.

스텝모터의 설계이론 중 일반전기기계와 크게 다른점 중의 하나는, 공극이 작아서 (0.02 - 0.05mm), 고정자와 회전자 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.

본 연구에서는 전자장수치해석의 하나인 유한요소법을 적용하여 비선형수렴을 거쳐 정확한 자장계산을 통해 발생토크를 계산했다.

스텝모터의 위치정밀도는 같은 토크-변위곡선에서 추정할 수 있다. 일반적으로 위치정밀도는 변위에 따른 토크의 변화분(torque gradient)이 클수록 정밀하다고 되어 있다. 따라서, 위치정밀도를 개선하기 위한 많은 연구가 토크파형에 큰 영향을 주는 치폭 대 치피치 비, 치의 형태, 슬롯깊이 등에 관하여 이루어졌고, 이의 이론적 배경을 바탕으로 제작되어 많은 경험을 축적하여왔다.

여기서는 앞서의 참고문헌을 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, 시제품 제작 후 이를 시험치와 비교하여 보았다.

토크대 파형은 대체로 일치했으며, 특히 토크의 변화분은 잘 들어맞는 것으로 나타났고, 최대토크의 지점과 최대토크값에서 10%정도의 차이를 보였다. 측정기기의 오차 및 회전자관성을 감안해서 토크파형이 뒤로 밀린다고 보면 매우 잘 일치하는 결과라고 할 수 있다. 본 설계에 의한 스텝모터를 제작하여 테스트한 결과 각도위치정밀도가 기본스텝각의 5% 오차범위 안

에 수렴했다.

3. 특성시험

개발품의 특성시험은 정특성과 동특성 시험으로 나누어지는데 여기서는 주로 각도정밀도와 토크측정을 하였다. 각도정밀도에 대한 시험정적서는 표1.2에 나타내었다. 시험결과는 기본스텝각의 5%오차범위 안에 수렴한 것으로 나타난다. 특히 샘플용 모터의 고정자권선작업은 시제품 제작단계에서 수작업으로 진행한 것이라서 권선기를 사용하여 정렬권으로 감는다면 특성은 더욱 더 향상시킬 수 있다.

표 1 각도정밀도 특성시험 결과 (단위:도)

각도오차 시제품 구동방식		POSITION ERROR	STEP ERROR	HYSTERESISE RROR
		CW	CW	
정 전 류 방 식	SAMPLE A	0.0294	0.0288	0.0060
	SAMPLE B	0.0450	0.0625	0.0144
	SAMPLE C	0.0342	0.0576	0.0132

4. 개발품 장착시험 결과

스텝모터는 제작상 정밀한 금형이 요구되어 많은 업체에서 개발을 시도하였으나 실패한 사례가 있었다. 본개발의 진행 중에도 여러번 시행착오를 거쳐 공정이 안정되면서 제품의 특성이 안정되어 갔다, 특히, 공극이 작아서 고정자와 회전자의 금형이 어려웠지만, 회전자의 반퍼치 어긋남과 코어의 적층문제를 해결하면서 많은 진전이 있었다.

여기서, 모터의 회전력을 연전에 전달하기 위한 구조로 독특한 2 중구조의 기어를 사용했는데 이의 기계적강도가 문제가 되어 기어에 대한 열처리로 이를 해결하였다. 강을 열처리하게 되면 강표면에 강화된 표면이 생기는데 금속현미경으로 관찰하여 이의 단면을 나타낸것이 그림 1 이다. 그림 1의 경계면에는 열처리결과가 나타나 있다.

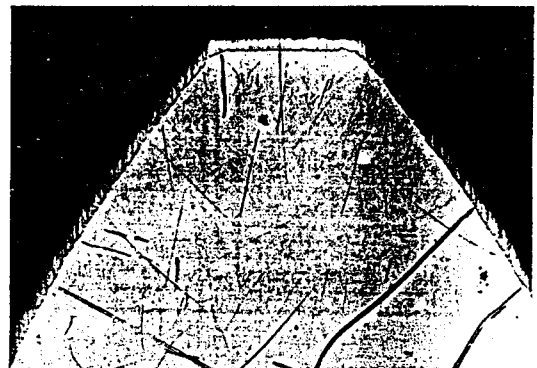


그림 1 기어 표면 열처리 결과사진

개발품은 실제로 적용이 가능한 중장비 엔진속도조절용으로 장착시험을 실시하였다. 중장비 엔진의 운전모드는 조절속도에 따라서 L,S,H 가 있고, 각각의 경우에 대하여 시운전을 해 보았다. 장착시험 결과 우수한 판정을 받아서 개발품은 성공리에 완료되었다.

5. 환경 신뢰성 시험

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

본 연구에서는 국내의 소형 전동기에 대한 규격을 참고로 시험기준을 정하여 내환경 신뢰성시험을 행하였다. 이 때 실시한 항목은 내열성, 내한성, 내진성, 내충격성, 운습도싸이클 등이다.

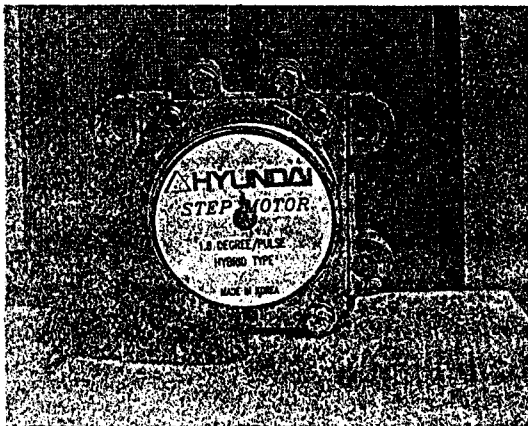
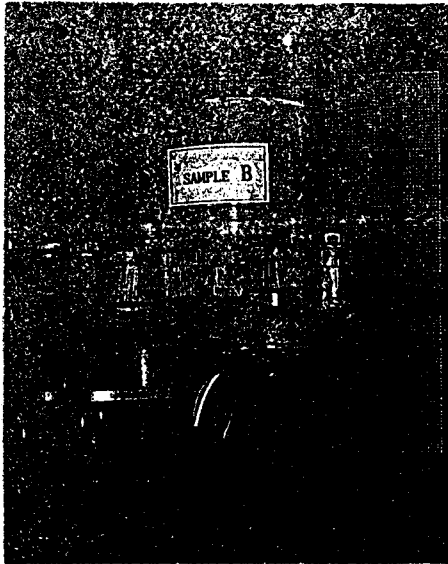


그림 2 개발품 사진

III. 결 론

II B형 스텝모터는 설계능력의 부재와 제작기술의 어려움으로 인해 최근까지 수입에 의존하고 있다. 그간 국내 몇몇 업체에서 개발을 시도하였으나 실패한 사례가 있고, 대외기술종속이 심화되어 국산화가 시급한 과제로 인식되어 왔다.

본 연구에서는 중장비 엔진속도제어용 II B형 스텝모터 및 추진시스템 개발 과정을 기술하였다. 개발품 성능평가를 위해 성능특성 분석시험과 환경신뢰성 시험을 거쳐 개발을 완료하였으며, 시스템에 장착시험을 행하여 우수한 성능판정을 받았다.

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] Il-dong Chai, Karl Koncny, "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