

횡자속 선형전동기를 적용한 6축 겐트리 로봇 개발

Development of 6-axis Gantry Robot using Transverse Flux Linear Motor

*김지원¹, 원진국¹, 이지영¹, 이인제², 박봉훈², 조형제², #장정환³

*J. W. Kim¹, J. K. Won¹, J. Y. Lee¹, I. J. Lee², D. J. Park², C. J. Cho², #J. H. Chang(cjhwan@dau.ac.kr)³
¹ 한국전기연구원 전동력연구센터, ² ㈜디엠테크놀로지, ³ 동아대학교 전기공학과

Key words : Gantry robot, Transverse flux linear motor,

1. 서론

최근 무인 FA(Factory Automation)에서 자동화 생산 라인의 흐름은, 빠르고 공간을 적게 차지하는 물류이송 방식의 필요성에 따라 기존의 컨베이어식 물류이송방식에서 겐트리 장치에 의한 로딩 및 언로딩 방식으로 급속하게 전환되고 있다. 하지만 국내 주요 생산설비에 적용되는 겐트리 시스템은 스위스나 독일 등의 일부 선진업체에서 독점공급하고 있는 실정이며, 최근의 시장 확대와 더불어 보다 앞선 기술개발과 시장선점이 절실하게 요구되고 있다. 본 논문에서는 이러한 상황에 대처하기 위한 선형전동기 구동 방식의 다목적 6축 겐트리 로봇에 대해 나타내었다. 적용된 선형전동기는 최근 들어 다른 선형전동기에 비해 추력 발생 성능이 우수하고, 고정자에 영구자석을 사용하지 않기 때문에 일반 산업현장의 장거리 이송시스템에 적합한 횡자속형 선형전동기이다. 선형전동기의 적용은 고속 및 고정밀 시스템 구축을 가능하게 하고, 기존 회전형 전동기와 기어결합 시스템에 비해 신뢰성 및 유지 보수 면에서도 많은 장점을 갖는다. 6축은 직교 3축과 관절 3축으로 구성되어 직교 3축에 의한 작업영역 확대와 관절 3축에 의한 작업 자유도 향상으로 6축 관절 로봇과 유사한 작업능력을 수행할 수 있게 된다. 본 논문에서 나타난 선형전동기 적용 6축 겐트리 로봇은 국내 로봇 산업 발전에 기여하는 물론 시장선점과 관련 제품의 세계시장 진출도 가능할 것으로 생각된다.

2. 횡자속 선형전동기

횡자속 전동기는 21세기 초반에 독일 Braunschweig 대학의 Weh 교수에 의해 본격적으로 연구되었다. 횡자속 전동기의 주요한 장점으로는 출력밀도가 다른 전동기에 비해 크다는 점인데, 각 상이 독립되어 있고 링 형태의 권선을 사용하여 불필요한 엔드 코일 부분이 없으므로 분포권이나 집중권을 사용하는 종자속 기기에 비해 동일 출력당 부피를 줄일 수 있다. 따라서 전동기의 무게 제한이 중요한 요구조건이 되는 응용분야에서는 매우 유용한 전동기가 될 수 있다. 종자속 기기에서와 같이 횡자속 기기에서도 자기적 구동원리에 의해 릴럭턴스 전동기, 유도기, 영구자석 여자 동기 전동기 등으로 분류가 된다. 이 중 힘 밀도를 가장 높일 수 있는 것은 영구자석 여자 동기 전동기 형태인데, 그림 1에서는 영구자석 여자 횡자속 선형전동기 중에서도 대표적으로 한국전기연구원에서 개발하고 있는 형태의 고정자와 1상의 이동자를 보여주고 있다. 그림 1에서 보듯이 이동자는 권선, 영구자석 및 코어로 구성되며, 하나의 영구자석과 코어가 한 극 간격을 구성하게 된다. 전류는 이동자의 이동방향과 같은 방향으로 흐르게 되며, 이때 자속의 방향은 이동 방향과 수직이 된다. 이러한 형태의 전동기는 추력 발생에 있어서 한 주기당 2개의 dead point가 존재하게 되며, 최소 2개 이상의 상이 존재해야 완벽한 동작을 수행할 수 있게 된다. 본 논문에서는 2000N급 횡자속 선형전동기를 설계 및 제작하였으며, 횡자속 전동기의 3차원적 자료 특성 때문에 연자성분말(Soft Magnetic Composite, SMC)을 이용하여 이동자 코어를 제작하였다.

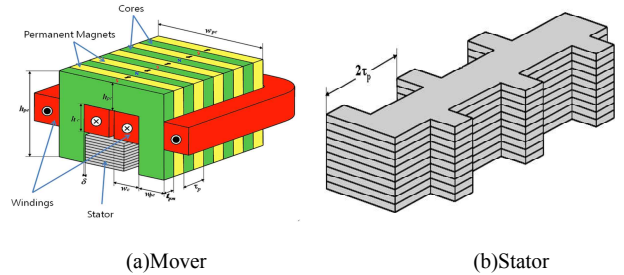


Fig. 1 Mover for 1 phase and stator module of the transverse flux linear motor

SMC를 이용해서 코어를 성형하기 위해서는 고가의 금형이 필요하게 되는데, 여기서는 비용의 절감과 SMC 코어 밀도의 균일성을 고려하여 작은 단위의 SMC 코어를 제작하여 여러 개를 붙여서 사용하는 방식을 택하였다. 분할된 SMC 코어의 특성을 시험하기 위해 그림 2와 같은 간이 시험장치를 제작하여 그 특성에 이상이 없음을 확인하였다.

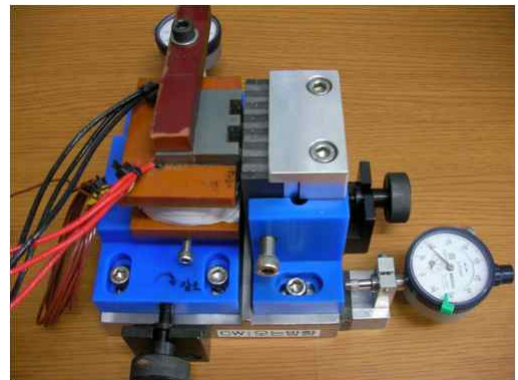


Fig. 2 Test equipment to test the performance of the separated SMC core

그림 3에서는 정특성 시험을 통해 얻은 한 상에 대한 정추력 시험장치와 해석결과와의 비교 데이터를 나타내었다. 그림 3에서 보는 바와 같이 정특성 실험결과 해석치와의 차이는 3% 정도로 매우 양호한 것을 알 수 있다.

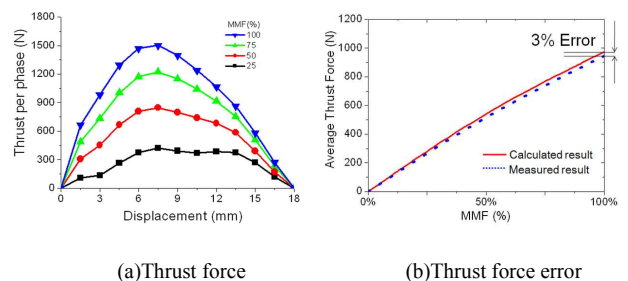


Fig. 3 Static thrust force test results

3. 6축 겐트리 로봇

일반적인 겐트리 로봇은 3 축으로 구성되어 있으며, 자동차 엔진 블럭 공정 등에 설치되어 단순한 로딩 및 언로딩 기능을 수행하게 된다. 하지만 공정의 복잡화와 유연성을 증가시키기 위해서는 단순한 로딩 및 언로딩 동작뿐 아니라 3 차원 커팅, 용접 및 조립이 가능하고 고속 주행이 가능한 시스템이 요구되고 있다. 따라서 본 논문에서는 선형전동기를 적용하여 주행속도 및 정밀도 향상을 시킬 뿐 아니라 기존 직교 3 축에 3 관절을 추가한 형태인 6 축 겐트리 로봇을 개발하였다. 그림 4 에 적용된 관절 3 축 로봇의 사진을 나타내었다.

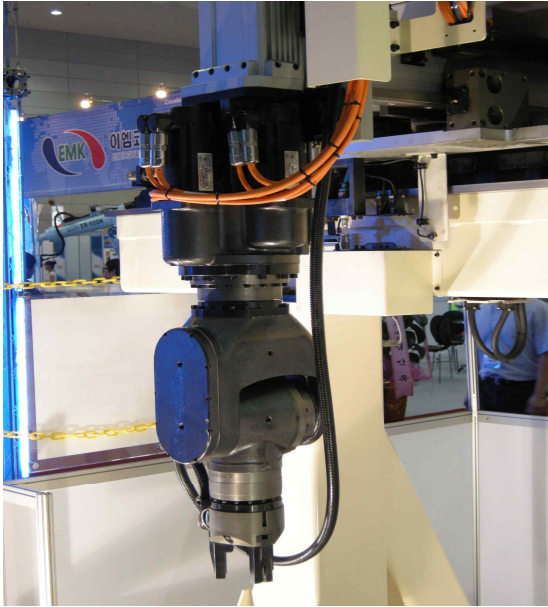


Fig. 4 3-axis joint robot

그림 4 에 나타낸 3 관절 로봇은 두 축이 360 도 회전가능하고, 나머지 한 축은 200 도 회전 가능하도록 설계되어 작업공간내 어느 지점에든 엔드 이펙터(end effector)를 위치시킬 수 있도록 설계되었으며, 기존 직교 3 축 겐트리에 설치 용이하도록 설계 및 제작되었다. 그림 4 의 3 관절 로봇은 가반하중이 25kg 으로 고 중량의 가공품을 다양한 공정에 적용시킬 수 있다.

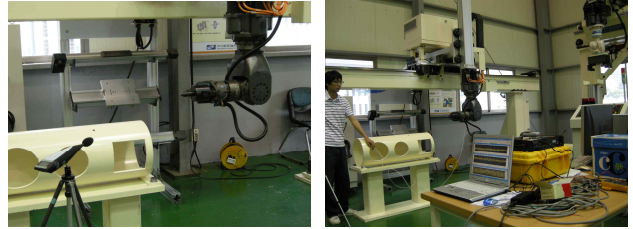
그림 5 에서는 횡자속 선형전동기와 3 축 관절 로봇을 결합한 최종적인 6 축 겐트리 로봇의 사진을 나타내었다.



Fig. 5 2-head 6-axis gantry robot

그림 5 에 나타낸 겐트리 로봇은 최종 개발된 제품으로

6 축 헤드가 2 개 설치되어 운전되는 시스템이다. 그림 5 에서 나타낸 시스템의 사양은 정격추력 2,000N, 최대속도 5.0m/s 이며 앞에서 나타낸 바와 같이 가반 중량 25kg 을 다룰 수 있도록 구성되었다. 그림 6 에서는 전체 시스템에 대한 진동 및 소음 테스트 사진을 나타내었다. 그림 6 과 같은 테스트를 통하여 전체 시스템의 소음이나 진동특성은 일반 공정에 적합한 수준으로 나타났다.



(a)Noise test

(b)Vibration test

Fig. 6 Mechanical test

그림 7 에서는 시스템 주행 성능 실험결과를 나타내었다.

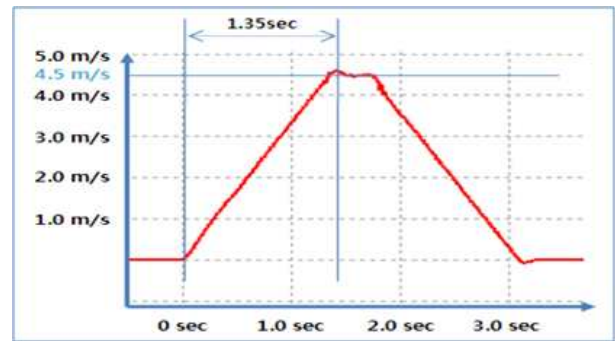


Fig. 7 Linear motor operation test result

그림 7 에서 보듯이 전체시스템 구성 후 최대속도 4.5m/s 를 달성하였으며, 1.35sec 동안 4.5m/s 까지 가속하여 약 2,300N 의 출력을 달성하였다. 원래 목표는 5m/s 까지였으나, 헤드가 2 개 설치되어 실제 이동가능한 거리가 짧아짐에 따라 최대 4.5m/s 까지의 결과를 보였으며, 이때 2,000N 이상의 추력을 발생하는 것으로 미루어 5.0m/s 에서 2,000N 추력 발생은 무난할 것으로 생각된다.

4. 결론

본 논문에서는 기존 로딩 및 언로딩 기능만을 수행하던 겐트리 로봇에 3 관절 로봇을 추가하여 3 차원 커팅, 용접 및 조립공정에도 사용 가능한 6 축 겐트리 로봇을 개발하였다. 여기에 주행축에 선형전동기를 적용하여 주행속도 및 정밀도를 향상시켰다. 본 논문에서 개발된 선형전동기 적용 6 축 겐트리 로봇은 추후 산업현장에서 활용될 예정이며, 국내 로봇 기술 수준도 한단계 올릴 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

1. 강도현, Herbert, “철도 차량용 고출력 횡축형 전동기 설계에 관한 연구”, 전기학회 논문지, 48B 권, 6 호, pp301-308, 1999, 6.
2. 박동준, 김지원, 한성현, “초고속 다목적 지능형 Gantry 로봇 통합시스템 개발”, 지역전략산업진흥사업 최종보고서, 2009.