

고정밀 위치제어가 가능한 자석가동자 모니터링 시스템

김홍윤*, 김서홍*, 박해련*

*주식회사 제우기술

kimhongyoon@naver.com, seuhong999@naver.com, irene0112@nate.com

Moving magnet operator monitoring system with high-precision position control

Hong-youn Kim*, Seu-hong Kim*, Hai-lian Piao*

*R&D Lab, Zeus tech co.,ltd

요 약

본 논문은 기존의 5축 치아가공기나 반도체장비등에 사용하고 있는 회전형 모터의 경우는 엔코더와 리졸버를 사용하고 있다. 엔코더와 리졸버는 고가이므로 실제 산업현장에서 전동기의 위치 센서로는 적용하기가 힘들다. 또한 엔코더와 리졸버와 같은 광학식 위치센서는 그 크기와 내구성에 있어 약점이 있기 때문에 취부 할 때에도 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 5축치아가공기에 적용하기 위해서 자석가동자를 만들었으며, 이러한 문제점을 해결하는 방안으로 리니어모터를 고정자로 하고 자석플레이트를 이동자로 하는 시스템과 별도의 리니어 스케일을 배제하고 기존의 정현파를 발생하는 2개의 리니어홀센서 및 영구자석을 이용하여 가동자의 절대위치와 이동 위치를 검출할 수 있는 리니어 모터 및 그 제어방법, 안정성 및 신뢰성을 향상시킬 수 있는 자석가동자를 이용하여 구동시 실시간으로 데이터를 확인할 수 있고 제어할 수 있는 모니터링 시스템을 개발하는 연구이다.

1. 서론

최근 의료기기나 산업현장 및 공장시스템에 사용하고 있는 PMLSM(Permanent Magnet Linear Synchronous Motor)를 고정자로 하고 자석플레이트를 가동자로 하는 시스템을 구축하였다. 이러한 시스템은 기존의 리니어모터가 가지는 한계적 이동거리(Stroke)를 늘릴 수 있으며 전기에너지를 효율적으로 사용하여 절약할 수 있는 장점이 있다. 또한, 리니어모터 제어를 구현하기 위해서는 속도와 위치 정보가 필요하다.

리니어모터에서 가동자가 움직임에 따라서 일정한 간격으로 펄스를 발생시켜주는 증분식 엔코더와 가동자의 절대 위치를 판별하여 검출하는 절대식 엔코더가 주로 사용되고 있다. [1,2,3]

또한 엔코더와 리졸버와 같은 광학식 위치센서는 그 크기와 내구성에 있어 약점이 있기 때문에 취부할 때에도 어려움이 있다.[4,5,6]

이러한 문제를 해결하기 위해서 MEMS센서를 리니어모터에 부착하여 시스템에 대해서 모니터링 할 수 있고 제어할 수 있는 연구가 계속 진행되고 있

다. 기존의 연구 결과는 자석가동자에 MEMS센서를 부착하여 온도,습도,속도,가속도,기압,FFT등의 데이터를 확인할 수 있다. 이러한 데이터를 바탕으로 AI기반의 알고리즘을 이용하여 최적화 솔루션을 제공할 수 있으며 임계값등 사용자의 기준으로 맞추거나 장비제작사의 데이터 및 로그 데이터를 통해서 장비가 위험한 요소발생시 알람 혹은 정지할 수 있도록 제어가 가능하다.

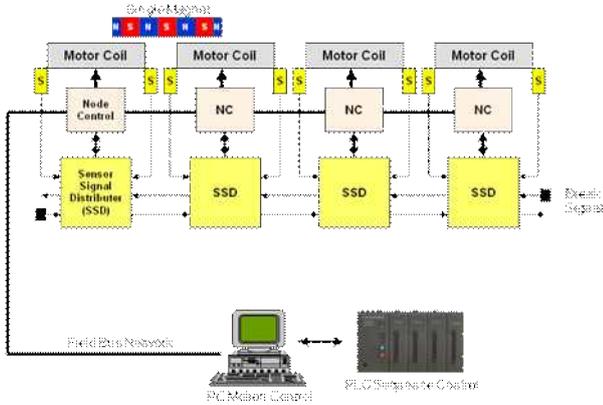
따라서 본 논문은 리니어모터를 고정자로 하고 자석플레이트를 이동자로 하는 시스템과 리니어 모터 및 그 제어방법과 안정성 및 신뢰성을 향상시킬 수 있는 자석가동자를 이용한 모니터링 시스템을 개발함으로써 제품 생산 원가를 절감할 수 있는 연구이다.[7,8]

2. PMLSM(Permanent Magnet Linear Synchronous Motor)을 이용한 자석가동자시스템

PMLSM 제어를 위해서는 3상의 전압과 전류에 대해서 변환이 필요하며 정지 좌표계에서 동기 좌표계로 변환하기 위해서는 가동자의 속도와 위치 정보도

필요하다.

앞 절에서 고가의 엔코더나 레졸버를 사용하는 대신 2개의 홀센서를 사용하여 속도를 측정하는 방법에 대하여 제안하였다. 그림1은 PMLSM 을 이용한 자석가동자의 전체 제어 블록도이다.



(그림1) 자석가동자의 전체 제어 블록도

그림1과 같이 가동자(Motor coil)가 축에 고정되어 있고 그 위로 자석플레이트가 이동자로 움직이는 구조이다. 이 가동자 시스템의 양쪽에는 두개의 홀센서로 구성된 센서 보드가 위치하며 자석의 위치 및 속도를 확인 한다.

또한, 기존의 리니어모터가 움직이는 구조에서 자석플레이트가 움직이는 구조로 PMLSM의 빠른 과도 응답을 갖는 토크제어가 가능하도록 하였다.

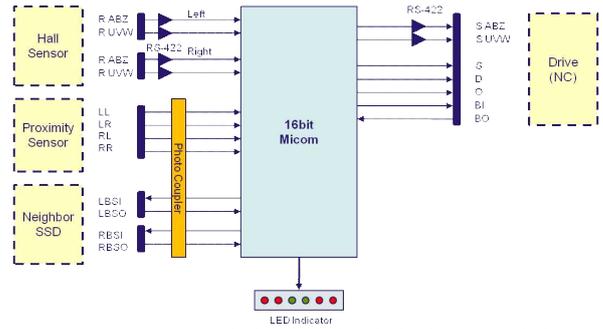
PMLSM의 벡터 제어시 엔코더나 리졸버를 이용하면 이득값을 높게 설정하여 빠른 응답을 얻을 수 있다.

그러나 2개의 홀센서를 이용할 경우에는 가동자의 위치정보를 90°마다 보정하므로 엔코더나 레졸버보다 동적 응답 특성이 저하된다.

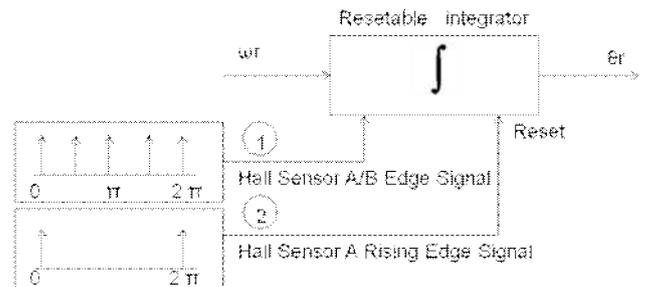
그림2는 PMLSM의 전체 제어 블록도 중에서 속도 계산과 회전자 위치 추정을 하는 부분의 세부 블록도 이다.

입력받은 홀센서 A/B의 신호와 이동자가 들어온 것을 확인하기 위한 근접센서 그리고 옆 고정자의 센서보드 신호까지 입력받아 클럭을 발생시키고 MICOM(DSP Controller)이 이 신호를 받아 상위 제어기(DRIVE)로 연산되어 가동자의 속도와 위치를 추정하게 된다.

이러한 데이터를 이용하여 MEMS 센서의 데이터를 연결하여 AI기반의 알고리즘을 적용하여 속도, 온도, 습도등의 데이터의 임계값을 설정하여 구현가능하다.



(그림2) 속도계산과 회전자 위치 추정을 위한 센서 시스템 블록도



(그림3) 가동자(자석플레이트)의 위치 보정을 위한 블록도

그림3은 식1을 사용하여 구한 속도를 적분하여 회전자의 위치 정보를 얻는 방법에 대해서 나타내는 그림이다.

$$\omega = \frac{20 [kHz] \cdot 60}{m \cdot P_{pair}} [rpm] \quad (1)$$

이 때 ①번 Reset신호의 경우 홀센서 A와 홀센서 B신호의 상승 또는 하강하는 시점을 검출한 신호가 전기각 90°간격으로 입력되면 적분의 출력을 초기화 시킨다.

그리고 ②번 Reset 신호의 경우는 홀센서 A의 신호가 상승하는 시점을 검출한 신호가 전기각 360°간격으로 입력되면 적분의 출력을 초기화 시킨다.

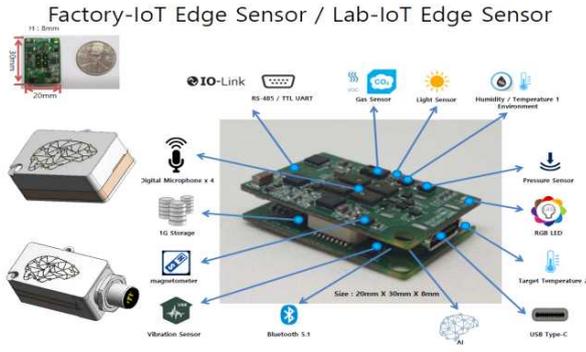
이는 각각 전기각 90°, 360°마다 가동자의 위치를 보정해 주기 위해서이다.[9,10]

3. 자석가동자 모니터링 시스템

자석가동자를 직접 설계 및 제작하였으며, 설계를 통해서 기존의 선진사 제품을 분석, 해석 (Reverse engineering)하였으며, 리니어모터내에 MEMS센서를 부착하여 자석가동자의 상태를 모니터링 할 수 있도록 구축하였다. 이를 통해서 최적 센서, application 기술 선별할 수 있었으며, 자석가동자 개인값 최적화, 모터 드라이브 파라메타 연구

할 수 있었다.

온도, 습도, 기압, RPM, FFT신호를 자체 개발한 MEMS센서를 이용하여 스핀들에 부착하고 아래 그림과 같이 모니터링 할 수 있는 프로그램을 만들어 확인할 수 있었으며 스핀들 운용시 관련 데이터를 직접 모니터링 할수 있도록 구현하였다.



(그림 4) MEMS 센서 구조도



(그림 5) 개발한 MEMS 센서

6. 결론

본 연구에서는 리니어모터를 이용한 자석가동자 시스템을 구축하고 MEMS센서를 적용하여 시스템 모니터링 솔루션을 연구 및 구축하였다.

기존에는 자석플레이트가 고정자로 위치하고 코일이 이동자역할을 하는 시스템으로 리니어모터를 활용하였으나 외국업체의 유입 및 시장의 변화되는 상황은 자석플레이트가 이동자로, 코일이 고정자역할을 하는 자석가동자 시스템이 많이 적용되고 있는 실정이다. 이러한 자석가동자 시스템에서 MEMS기술을 이용하여 센서를 부착하여 실시간 제어 및 모니터링 할 수 있는 기술을 통하여 다양한 어플리케이션에 적용할 수 있으며 특히 반도체, 의료기기등에 적용이 용이하다.

이러한 순수 국내기술로 이루어진 시스템이기 때문에 향후 다른 자기부상 응용시스템(터보펌프, 케미컬 펌프 등)에 충분한 적용 가능성을 확인할 수 있었다.

참고문헌

- [1] O. Wallmark, L. Harnefors, and O. Carlson, "An improved speed and position estimator for salient permanent-magnet synchronous motors," IEEE Trans. Ind. Elec., Vol. 52, Issue 1, pp. 255 - 262, Feb. 2005.
- [2] M. Jansson, L. Harnefors, O. Wallmark, and M. Leksell "Synchronization at startup and stable rotation reversal of sensorless nonsalient PMSM drives," IEEE Trans. Ind. Elec., Vol. 53, Issue 2, pp. 379 - 387, Apr. 2006.
- [3] B. N. Mobarakeh, F. Meibody-Tabar, and F.M. Sargos, "Robustness study of a model-based technique for mechanical sensorless PMSM," in Proc. IEEE PESC'01, pp. 811 - 816, Jun. 2001.
- [4] H. Kim, M. C. Harke, and R. D. Lorenz, "Sensorless control of interior permanent-magnet machine drives with zero-phase lag position estimation," IEEE Trans. Ind. Appl., Vol. 39, Issue 6, pp. 1726 - 1733, Nov./Dec. 2003.
- [5] J. Hu, J. Liu, and L. Xu, "Eddy current effects on rotor position estimation and magnetic pole identification of PMSM at zero and low speeds," IEEE Trans. Power Elec., Vol. 23, Issue 5, pp. 2565 - 2575, Sep. 2008.
- [6] N. Bianchi, S. Bolognani, J. Jang, and S. Sul, "Comparison of PM motor structures and sensorless control techniques for zero-speed rotor position detection," IEEE Trans. Power Elec., Vol. 22, Issue 6, pp. 2466 - 2475, Nov. 2007.
- [7] S. Morimoto, M. Sana da and Y. Takeda, "Sinusoidal current drive system of permanent magnet synchronous motor with low resolution position sensor," in Proc. IEEE IAS Annu. Meeting, pp. 9-13, Oct. 1996.
- [8] F. G. Capponi, G. De Donato, L. D. Ferraro, O. Honorati and M.C Harke and R.D. Lorenz, "AC brushless drive with low-resolution hall-effect sensors for surface-mounted PM machines," IEEE Trans. Ind. Appl., Vol. 42, No. 2, pp. 526-535, Mar./Apr. 2006.
- [9] R. Wegener, F. Senicar, C. Junge and S. Soter, "Low cost position sensor for permanent

magnet linear drive,” in Proc. IEEE PEDS’07, pp.1367 -1371, Nov. 2007.

[10] Y. C. Chang and Y. Y. Tzou, “Design of a digital servo control IC for permanent magnet synchronous motors with linear hall sensors,” in Proc. IEEE PESC’07, pp. 599 - 605, Jun. 2007.