

전기식 액츄에이터를 위한 저가 서보 모터 시스템 개발

박희성*, 박성우*, 장성수*, 장진백*, 성세진**

*한국항공우주연구원, **충남대학교

The development of a low cost servo motor system for the electrical actuators

Hee-Sung Park*, Sung-Woo Park*, Sung-Soo Jang*, Jin-Baek Jang*, Se-jin Seong**

*Korea Aerospace Research Institute, **Chungnam National University

ABSTRACT

This paper deals with the development of the PMSM(Permanent magnet synchronous motor) system for the electrical actuator. For the high control performance and reliability of PMSM, accurate information of rotor position is essential. Most of PMSM for the position control use the encoder or resolver for the information of rotor position. But these are very expensive.

So, in this paper, using of the magnetic and linear hall-effect sensor is proposed. It can reduce the cost of motor systems and get the good performance of PMSM control.

1. 서 론

전력전자 기술은 전력용 반도체 스위칭 소자와 제어용 컨트롤러 소자의 발전에 힘입어 AC-DC PWM 컨버터 회로, DC-AC PWM 인버터 회로, DC-DC Switched Mode Power Supply 회로 등의 전력변환 회로 설계 기술과 AC 모터 구동기술 및 제어기법에 많은 발전을 이루어 왔으며 산업계의 여러 부분에 주요기술로 활발하게 적용되고 있는 실정이다. 하지만 양적인 성장을 이룬 것에 비해 실질적으로 산업계 현장에서 사용되고 있는 기술은 제한을 받고 있다. 이의 주요한 원인으로는 신뢰성 확보의 미비와 고가의 구현 기술에서 문제점을 찾아 볼 수 있다^[1].

본 연구에서는 전기식 액츄에이터의 위치제어를 위한 저가형 서보 모터 시스템을 구현하고자 서보 모터의 정밀 제어에 필수적인 고가의 엔코더를 마그네틱과 자속을 측정하여 전압으로 변환해 주는 리니어 홀-이펙트 센서를 이용한 위치 센서로 대체하였으며, 이 위치 정보를 모터의 서보제어에 사용할 수 있도록 처리해 주는 DSP

를 이용한 컨트롤러를 개발하였다.

2. 모터 시스템 설계

2.1 리니어 홀-이펙트 센서를 장착한 PMSM 설계

전기식 액츄에이터에 사용하기 위한 서보 모터로 500[W]급의 영구 자석형 모터를 설계하였다. 영구 자석형 모터의 위치 제어를 위해서는 회전자의 정확한 위치를 판별하여야 한다. 기존에 상용으로 판매되는 대부분의 영구 자석형 서보 모터는 기준 상의 초기 펄스 신호와 함께 2000 또는 4000 펄스와 같은 고해상도의 위치 정보를 제공하는 엔코더를 장착하고 있다. 고정밀 엔코더의 사용은 모터의 정밀 제어를 가능하도록 하지만 모터 시스템의 가격적인 면에서 30%이상을 차지할 정도로 생산 단가를 높이게 된다.

따라서 본 연구에서는 고가의 엔코더 대신 회전자에 마그네틱을 고정하고 고정자에 두개의 리니어 홀-이펙트 센서를 장착함으로써 회전자의 위치를 파악할 수 있는 신호를 제공하도록 설계 하였다.

설계한 영구 자석형 서보 모터는 3상 18슬롯의 고정자와 6극의 회전자로 설계되었으나 상의 위치 센싱을 위한 6극의 마그네틱을 사용하지 않았다. 고정자와 같은 극수인 6극의 마그네틱을 사용하기에는 제작상의 어려움과 가격적인 문제가 있다. 이에 대한 해결방안으로 상 위치 센싱을 위한 마그네틱으로는 일반적인 2극의 NdFeB 마그네틱을 사용하였고, 회전자와 같은 6극으로의 변환은 DSP에서 담당하였다. 또한, 고정자에 두개의 리니어 홀-이펙트 센서를 기계적으로 90°의 편차를 갖게 설치함으로써 회전자의 절대 위치를 나타내도록 하였다. 회전자의 절대 위치의 판별로서 엔코더 사용시 초기 기준상을 찾기 위한 부가적인 제어 방법을 사용하지 않을뿐더러 초기 구동을 위한 위험도 배제하였다.

그림 1은 회전자에 마그네틱을 장착하고 고정자에 리니어 홀-이펙트 센서를 장착한 모습이다.

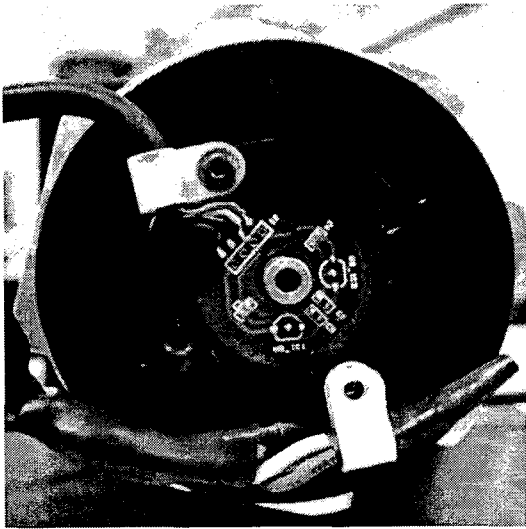


그림 1 마그네틱과 리니어 홀-이펙트 센서를 장착한 영구자석형 모터
Fig. 1 PMSM with a magnetic and linear hall-effect sensors

2.2 컨트롤러 설계

PMSM을 위한 컨트롤러는 TI의 TMS320F241을 사용하여 설계하였으며, 이 DSP(Digital Signal Processor)는 상전류와 리니어 홀-이펙트 센서로부터의 입력을 위한 A/D Converter, 스위칭을 위한 3-상 PWM 출력, 그리고 플래쉬 메모리를 내장함으로 단입칩을 이용한 모터의 위치제어를 가능하다.

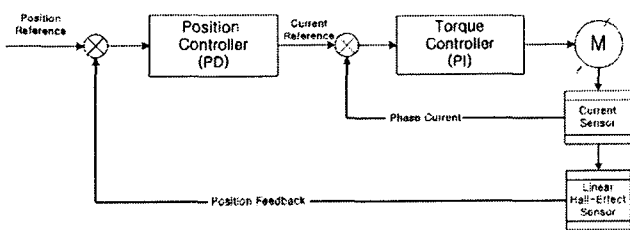


그림 2 제어 블록도
Fig. 2 Control Block Diagram

그림 2는 제어 블록을 보여준다. 위치 제어를 위한 블록은 크게 PD 제어를 사용한 위치 제어 루틴과 PI 제어기로 구성된 토크 제어 루틴으로 구성하였으며, PWM 방식으로는 SV-PWM을 사용하였다. 회전자의 위치 θ 는 리니어 홀-이펙트 센서의 입력을 이용하여 얻어질 수 있다.

본 연구에서 사용된 리니어 홀-이펙트 센서는 2.5V를 기준으로 약 2.4V의 피크 전압을 출력으로 표현되는데 실제 측정값은 마그네틱과의 거리에 따

른 자속의 세기 또는 센서 고정시 편차로 인해 두 개의 신호가 오프셋과 크기의 차이를 보인다. 측정 결과 설계한 위치에서의 출력 전압이 $2.5 \pm 0.3[V]$ 기준으로 약 1[V]의 피크 전압을 보였다. 따라서 두 센서 사이의 평준화 작업이 필수적이다.

그림 3은 모터 회전시 두 센서로부터의 출력값을 보여준다.

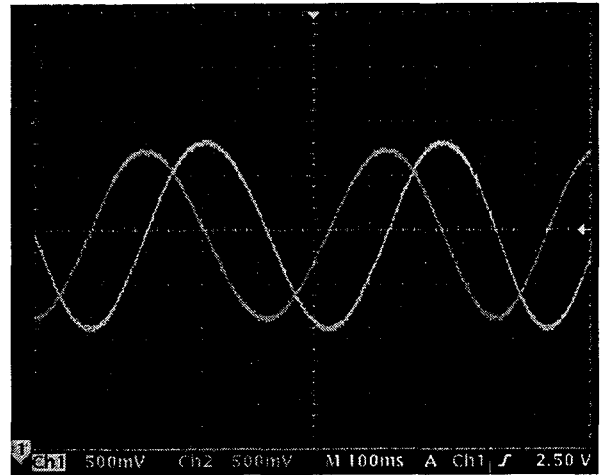


그림 3 리니어 홀-이펙트 센서 출력
Fig. 3 The outputs of linear hall-effect sensors

위 그림에서 보여지는 신호는 10bit A/D Converter를 통해 DSP에서 평준화 작업을 수행한다. 평준화 작업은 모터 구동의 초기 5회전 동안 신호의 피크 전압을 측정하여 오프셋과 크기 이득 값을 취하게 된다.

그림 4는 DSP에서 평준화를 수행한 후 결과를 보여준다.

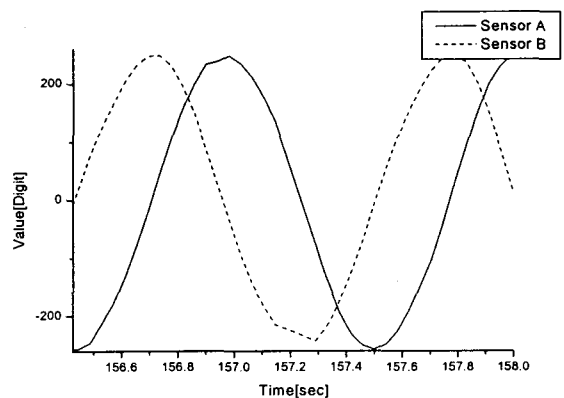


그림 4 평준화된 센서 출력 결과
Fig. 4 The normalized sensor output results

SV-PWM를 사용하기 위한 필수 파라미터는 직

접적인 회전자의 위치 θ 가 아닌 회전자 극에 따른 $\sin\theta$ 와 $\cos\theta$ 이다. 본 연구에서 사용한 회전자의 극수는 6극이므로 DSP에서는 회전자의 위치를 회전자 극에 따른 $\sin\theta$, $\cos\theta$ 를 얻고자 테이블을 이용하였으며, 그림 5는 리니어 홀-이펙트 센서의 평균화된 출력과 극수에 맞추어 변환된 신호를 보여준다.

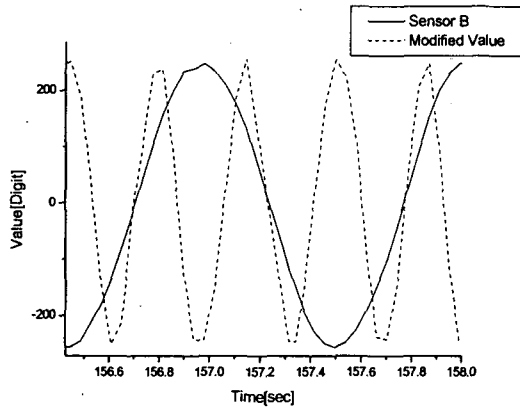


그림 5 센서 신호와 변환된 신호
Fig. 5 The sensor signal and modified value

3. 실험 결과

본 연구에서는 1 회전당 12mm를 직선 운동하는 볼 스크류와 모터를 직결함으로써 액츄에이터를 구성하고 위치 제어를 수행하였다. 총 직선 거리 100mm를 이동하는 이 액츄에이터의 이동 거리는 모터의 회전자 위치를 나타내는 센서의 출력으로부터 간접적으로 판별한다.

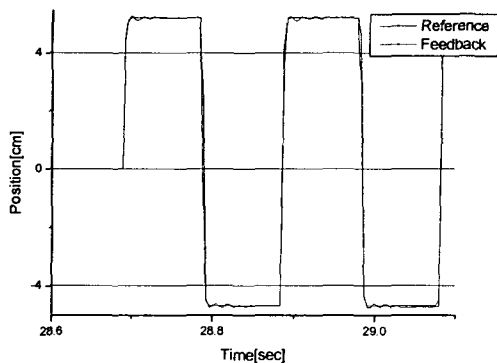


그림 6 구형파 위치 제어 결과
Fig. 6 The results of a pulse wave position control

그림 6은 구형파 위치 레퍼런스에 따른 위치 제어 특성을 보여준다.

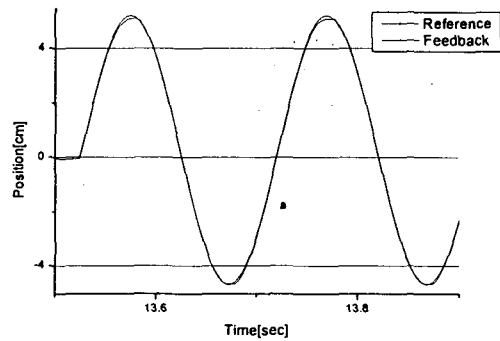


그림 7 사인파 위치 제어 결과
Fig. 7 The results of a sinusoidal wave position control

그림 7은 sin파의 위치 레퍼런스에 따른 위치 제어 특성을 보여준다.

4. 결론

본 논문에서는 리니어 홀-이펙트 센서를 이용한 교류 서보 모터와 컨트롤러를 제작하고 이를 위치 제어함으로써 전기식 액츄에이터를 위한 저가형 모터 시스템을 구현하였다.

DSP를 통한 모터 제어 시 리니어 홀-이펙트 센서를 사용함으로써 전체 시스템의 단가를 낮출 수 있고 모터가 사용되는 목적에 충분히 부합되는 특성을 얻을 수 있음을 실험을 통해 확인하였으며, 향후 모터 구동시 발생하는 열에 의한 마그네틱의 자속 변화에 따른 센서 신호의 변동이 모터 구동에 미치는 영향에 대한 분석이 필요시 된다.

참고 문헌

- [1] 이병국, 김종수, 임근희 “저가용 모터 드라이브 기술 동향”, 전력전자학술대회 논문집, Vol. 1, pp. 451-454, 2003, 8.
- [2] B. K. Lee and M. Ehsani, “Generalized design methodology of reduced parts converters for low cost BLDC motor drives”, IEEE-APEC conf. Rec., pp. 277-280, 2003.
- [3] 류형민, 김성준, 설승기, 권태석, 김기수, 심영석, 석기룡, “연구자석형 동기전동기를 이용한 고속 엘리베이터 구동 시스템 개발”, 전력전자 학술대회 논문집, pp. 385-388, 2001.