

마이크로 프로세서에 의한 영구자석 동기 전동기형  
AC 서보 전동기 디지털 제어계 설계

윤 병도 김 일 환 이 내 용\*

중앙대학교 전기공학과\*

Digital Control System Design Of PMSM Type  
AC Servo Motor Using Micro-Processor

Byung-Do Yoon, Bel-Hwan Kim, Nae-yong Lee

Department of Electrical engineering, chung-ang university

ABSTRACT

This paper presents the result of driving performance analysis of PMSM type AC servo motor based on control system using a microprocessor. The experiment using the microprocessor is tested with a 120[v], 200[w] PMSM type AC servo motor. The PWM signal generated in the microprocessor for the servo motor voltage is chopped by power transistor modules to change the AC servo motor speed. The torque of the AC servo motor with a permanent magnet can be easily controlled over a wide range by changing the AC servo motor current.

1. 서 론

공장 자동화 및 각종 제어기기 분야에서 사용 되는 서보 전동기의 주류는 1980년 까지만 하여도 DC 서보 전동기 혹은 스텝 모터 등이 차지 하고 있었으나 최근 서서히 AC 서보 전동기로 그자리가 옮겨 지고 있다.

DC 서보 전동기는 정류기능을 하는 브러시와 정류자를 가지고 있기 때문에 최고 회전수, 순 시 토크 등에 큰 제약 을 받을 뿐 아니라, 브러시 마모에 의한 정기적인 보수 점검이 필요하다.

그러나 AC 서보 전동기는 전력 전자의 발전과 고성능 영구자석의 개발과 양산화에 의해 DC 서보 전동기의 장점을 유지하면서 기계적 정류기구를 제거 시켰을 뿐 아니라 신뢰성과 내환경성이 크게 향상되었다.

AC 서보 전동기에는 유도형 과 동기형이 있는데 동기형인 영구자석 동기 전동기(PMSM)는 회전자 가 영구자석으로 구성되어 있어 관성 모멘트가 적고 회전자에 동손이 없어 효율이 높고, 가속성능이 양호하여, 직류기에서 갖는 여러 가지 제약성을 갖고 있지 않아서 자동차 공업의 로봇트라인, 반도체 기기나 우주산업 분야, 원자력 관련기기나 장치 등에 널리 사용 되고 있다.

이러한 배경에서, 본 연구에서는 PMSM형 AC 서보 전동기에 대하여 고찰 하고저 한다.

회전자 위치 센서로는 레졸버를 채용하여 기계적 및 전기적으로 안정하며, 토크 리플을 작게 함으로서 제어 성능을 향상 시킬수 있다.

본 연구에서는 마이크로 프로세서에 의한 AC 서보 전동기의 PWM 인버터계와 구동 시스템을 제안하였고, PMSM형 AC 서보 전동기에 있어서 가장 중요한 문제인 회전자 위치를 Resolver-to-Digital Converter를 사용하여 디지털로 처리하므로써 종래의 아날로그로 처리할때 회로구성의 복잡성, 제어성능의 저하 등 단점을 개선하고, 고성능 정밀 제어를 행 하는데 그 목적이 있다.

2. 이론적 고찰

영구자석 동기 전동기형 AC 서보 전동기는 전기자 권선이 고정자측에 설치되고 계자용 영구자석은 회전자측에 설치되어 있다.

고정자 권선의 쇠교 자속분포와 고정자 전류가 정현파라고 가정하고 PMSM을 회전자 기준속  $d-q$

변환에 의해 전압 방정식을 구하면 다음 식과 같다.

$$V_d = R i_d + p \lambda_d - \omega_r \lambda_q \quad (1)$$

$$V_q = R i_q + p \lambda_q + \omega_r \lambda_d \quad (2)$$

최고 자속의 d,q 성분은 다음과 같다.

$$\lambda_d = L_d i_d + \lambda_{sr} \quad (3)$$

$$\lambda_q = L_q i_q \quad (4)$$

토크  $T_e$ 는 다음과 같다.

$$T_e = \frac{3P}{4} [\lambda_{sr} i_q + (L_d - L_q) i_d i_q] \quad (5)$$

여기서

$L_d, L_q$  : d,q축 인덕턴스

$p$  : 미분 연산자 (d/dt)

$P$  : 극수

$i_d, i_q$  : 고정자의 d,q축 전류

$\lambda_{sr}$  : 영구 자석에 의한 자속 쇄고수

$\omega_r$  : 회전자의 전기 각속도

만일 고정자 전류  $i_s$  중 d축 전류성분  $i_d$ 을 0으로 하면 다음과 같다.

$$T_e = \frac{3P}{4} \lambda_{sr} i_q \quad (6)$$

즉, 회전자 위치에 대하여 정현적으로 공극 자속이 분포되고 정현파의 고정자 전류가 인가되면, 그때 발생하는 토크는 리플이 없고 회전자 위치와 무관한 값이 된다.

여기서 고정자 전류를 회전자 위치에 대하여 정확한 정현파로 만들어 인가 하여야 하고 이를 위하여 회전자 위치를 정밀하게 검출하는 것이 중요하다.

그림1은 PMSM형 AC 서보 전동기의 토크 발생 원리를 도해적으로 보여주고 있다.

### 3. 시스템 구성

본 실험 시스템은 전력 변환부와 그 제어회로 속도 및 위치 검출회로, 전시스템을 컨트롤하기 위한 마이크로 프로세서 및 인터 페이스부로 크게 나누어지며 그 구성도는 그림2와 같다.

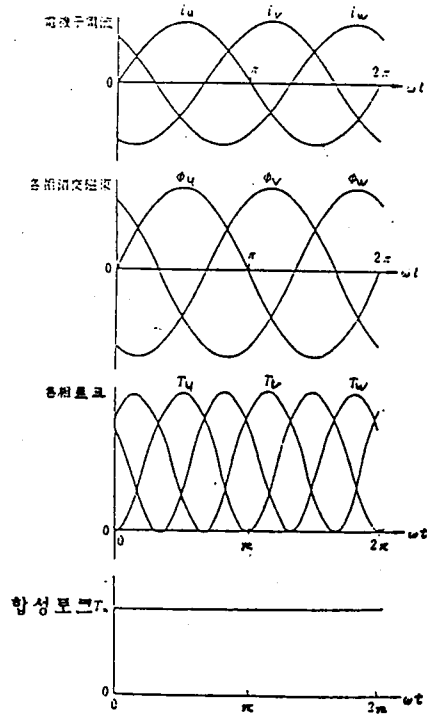


그림1. 토크 발생

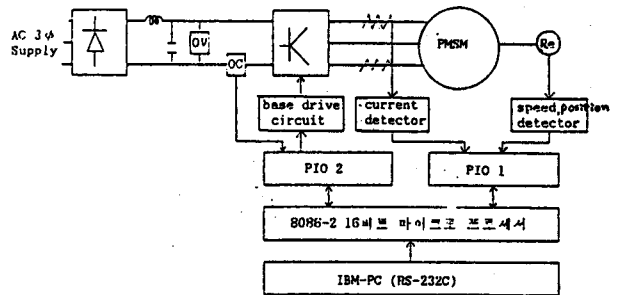


그림2. 제어 시스템의 구성도

마이크로 프로세서는 인텔사의 8086-2 16비트 마이크로 프로세서를 사용하여 제어정도와 처리능력, 수행시간을 증가 시켰으며 RS-232C를 이용하여 IBM 기종과의 프로그램 및 데이터 전송을 통해 주 컴퓨터에 의한 복수대의 구동 및 컨트롤이 가능하게 하였다.

PMSM형 AC 서보 전동기에서 가장 중요한 문제인 회전자 위치 검출을 Resolver-to-Digital Converter 2S81로 처리하여 종래의 아나로그로 처리할때 회로

구성의 복잡성, 제어 성능 저하등 여러가지면에서 떨어지는 단점을 개선하도록 하였다.

4. 실험 및 결과고찰

본 실험에 사용된 PMSM형 AC서보 전동기는 120[v],200[w], 인버터 스위칭 소자로 전력용 트랜지스터 모듈 MG30G2CLS 3개를 사용하여 회로를 간단히 하였고 이들 전력용 소자는 게이트 펄스 구동회로로 동작 시킨다.

인버터 장치의 보호를 위하여 과전압 방지및 과전류 보호회로가 있으며 과전류 발생시 CPU는 PIO 2을 통하여 그결과를 읽고 PWM 프로그램 발생을 중지 시킨다.

속도 제어는 제어 알고리즘으로 처리하여 신뢰성을 향상시켰고 회로를 간략하게 구성하였다.

PMSM형 AC 서보 전동기의 회전자 위치 검출을 위해 2S81에서 회전자 출력 한주기당 256개의 클럭이 발생 하므로 회전자 위치에 해당하는 클럭 발생 펄스를 PIO 1을 통해 프로 세서에 읽어 들이도록 프로그램 상으로 처리하였다.

PMSM형 AC 서보 전동기 전압과 주파수의 비가 일정한 PWM 신호를 만들어 주기 위하여 정현파 1주기를 28의 구간으로 분해하고 펄스발생을 제어 알고리즘에 의해 제어 하였다.

이때의 출력파형은 그림 3와 같다.

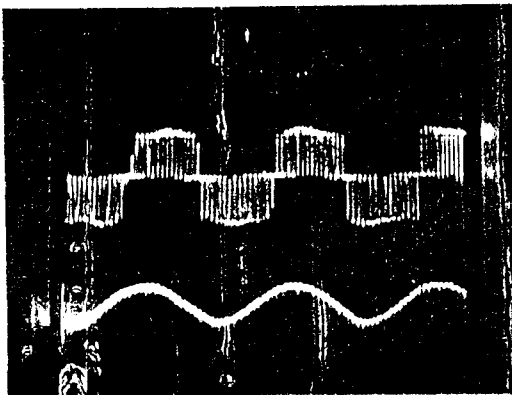


그림3. 정현파 PWM 제어 인버터의 출력 파형 (상) 전압 파형 (하) 전류 파형 100[V/div],1[A/div],5[ms/div]

FMSM형 AC 서어보 전동기의 회전수를 파라미터로 하여 발생 토오르크와 전압의 관계를 표시하면 그림 4와 같다.

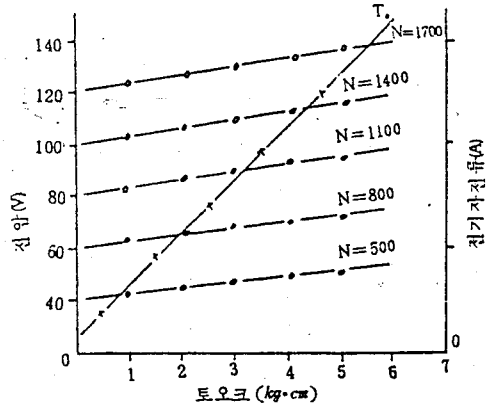


그림4. 토오르크 속도 전압 전류의 특성

그림 5은 발생 토오르크를 일정하게 유지했을 경우 속도와 전압의 관계를 나타내고 그림4와 그림5에서 부하토오르크가 일정할 경우 v/f는 직선으로 표시 되어 제어가 간단함을 알 수 있다.

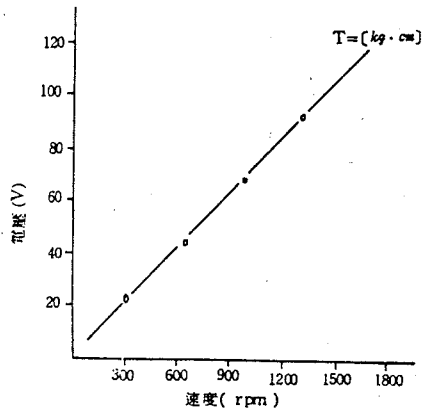


그림5. 속도 대 전압 특성

5. 결 론

8086-2 16비트 마이크로 프로세서에 의한 PMSM형 AC 서보 전동기의 우수한 제어 시스템을 제안 하였고, 다음과 같은 결론을 얻었다.

회전자 위치를 디지털로 처리하므로 회로 구성이 간단해졌다.

. 정현파 PWM 기법에 의하여 전류파형이 정현파에 근접하는 매우 우수한 인버터 구동 특성을 얻을수 있었다.

. 레졸버블 사용하여 1주기의 펄스를 카운터하므로 저속에서의 속도가 정밀제어 되었다.

참고 문헌

- 1). "최신 전력 전자 공학" 윤병도, 정재본 공저 김영 출판사.
- 2). P.Phillay and R. Krishnan, "Modeling Simulation and Analysis of a High Performance, Vector Controlled, Permanent Magnet Synchronous Motor Drive", IEBE 1987 IAS Annual Meeting, Atlanta.
- 3). P.Pillay and R.Krishnan, "Application Characteristics of Permanent Magnet Synchronous and Brushless DC Motor for Servo Drives", IEBE 1987 IAS Annual Meeting, Atlanta.
- 4). A.V.Gumaste, "Steady - State Analysis of a Permanent Magnet Synchronous Motor Drive With Voltage Source Inverter" CH1575-0/80/0000-0618 IEBE 1980.
- 5). ALFIO CONSOL, "Transient Performance of permanent magnet AC Motor Drive" TRANS ON IND APPL. Vol. IA-22 ,no.1, JAN/feb, 1986.