

AC Servo Motor의 구동특성에 관한 연구

윤형상, 윤정필, 강병복, 차인수
동신대학교 전기전자공학부

A study of the characteristic about AC Servo Motor's driving

Hyung-Sang Yoon, Jeong-Phil Yoon, Byeong-Bog Gang, In Su Cha
Dept. of Electrical & Electronic Eng. Dongshin Univ.

ABSTRACT

Servo motor is motor for control that have fast response and sphere of wide speed control. This motor is classed by DC servomotor and AC servomotor. This paper allows the research purpose to analyze drive special quality of servomotor that is driven by control signal. Also, try to apply control algorithm and analyze special quality change of AC servomotor drive with simulation.

1. 서 론

1970년대 석유과동이 원인이 되어 기존에 쓰이던 유압서보가 공업적 이용에서 점차 멀어지게 되고 전기서보가 전성기를 맞이하게 되었다.

이러한 것에는 서보 모터의 성능 향상과 트랜지스터, 다이오드 등의 반도체 기술의 진보가 크게 공헌하였다. 당초 전기서보는 저관성 서보 모터나 저속 고평토크 서보 모터의 직류 서보 모터를 이용한 DC서보 모터가 사용되었다.

하지만, 직류서보 모터에는 전류를 바꾸기 위한 정류자의 브러시·코뮤테이터의 마찰부분이 있어 분말과 손상에 대한 보상이 필요하다. 동기전동기, 유도전동기의 교류서보 모터의 경우 정류자가 없기 때문에 보상이 없어도 된다.

교류 서보 모터를 구동시키는데는 교류 펄스를 변화시켜 모터 속도를 변화시킬 필요가 있는데 변환 성능이 좋은 인버터 회로를 트랜지스터나

다이오드 등 반도체 소자로 실현하고 있으며, 또 마이크로 프로세서의 연산기술이 교류 서보 컨트롤러에 이용되어 AC 서보의 성능이 향상되고 비용면에서도 절감효과를 가져왔다.

본 논문에서는 이러한 교류 서보 모터 중 3상 유도 전동기의 제어 시스템을 설계하여 제어알고리즘에 따른 전동기의 토크, 전류, 속도제어 특성을 MBSP를 통하여 비교 검토하고자 한다.

2. AC 서보 모터

2.1 시스템 개요

대표적인 서보 시스템은 제어기, 드라이버, Plant, feedback 요소를 포함하고 있는 폐쇄루프 제어시스템이다. 서보시스템의 블록선도를 그림 1에 나타내었다.

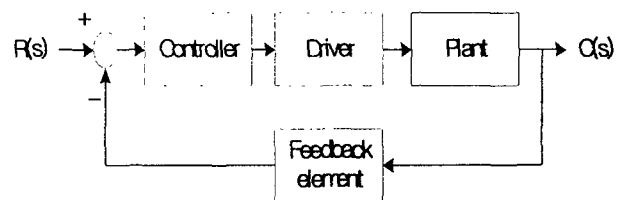


그림 1 Servo system의 블록선도

Fig. 1 Block diagram of Servo system

본 논문에 사용된 시스템은 STA-AS1으로서 AC 서보모터가 Plant, Incremental Encoder가 feedback 요소, PC와 MBSP가 제어기인 대표적인 서보시스템이다.

2.2 AC 서보 모터의 원리

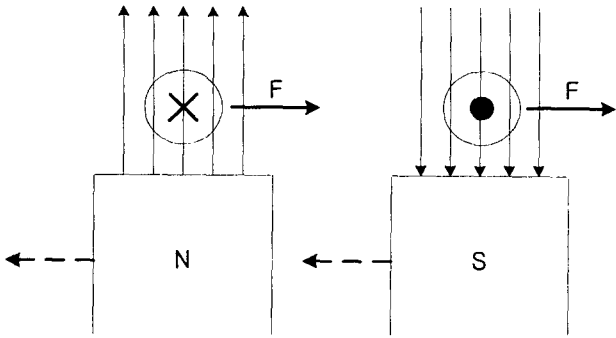


그림 2 모터의 원리
Fig.2 Theory of Motor

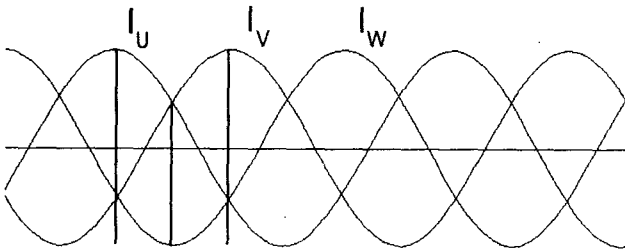


그림 3 회전자계의 원리
Fig. 3 Theory of rotating magnetic field

계자 중에 놓은 도체에 그림의 방향으로 전류를 흘린 경우, 플레밍의 왼손 법칙에 의하여 도체로는 화살표 방향으로 힘이 발생한다. 도체가 고정되어 있는 경우는 그 반작용으로서 자석이 점선으로 나타낸 화살표 방향으로 움직인다.

이때, 자석의 동작에 맞춰 도체도 상대 위치는 언제나 일정하며, 따라서 자석에는 한결같은 힘이 연속적으로 작용하여 움직인다. 3상권선 U, V, W에 흐르는 전류 I와 직교하는 계자 자속밀도 B로 하여 각 상에 나타나는 것을 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$B_U = B \cdot \cos(\theta) \quad (1)$$

$$B_V = B \cdot \cos(\theta - 120^\circ) \quad (2)$$

$$B_W = B \cdot \cos(\theta - 240^\circ) \quad (3)$$

이 때 각각의 전류 위치 I_U, I_V, I_W 를 자극 회전각 θ 에 대해

$$I_U = I \cdot \cos(\theta) \quad (4)$$

$$I_V = I \cdot \cos(\theta - 120^\circ) \quad (5)$$

$$I_W = I \cdot \cos(\theta - 120^\circ) \quad (6)$$

가 되도록 제어하면 발생 토크 T는

$$T = k (B_u \cdot I_u + B_v \cdot I_v + B_w \cdot I_w) \quad (7)$$

$$= \frac{3}{2} k \cdot B \cdot I$$

여기서,

B = 자속 밀도 (Peak값)

θ = 자극 중심과 U상 코일의 회전각

I = 전류 (Peak값)

$u, v, w = U, V, W$ 상의 여러 요인

k = 상수

가 되어, 회전각 θ 와 상관없이 된다. 즉, 자극의 자속 분포를 정현파로 하여 자극의 회전위치에 맞추어서 정현파의 전류 위상을 제어하면 DC 모터와 같이 자속과 전류의 곱에 비례하는 일정 토크를 발생하는 AC 서보 모터가 된다.

2.3 구동원리

서보모터에 부착된 속도 검출기의 속도 신호와 속도지령을 대조하여 전류의 진폭을 준다. 또 자극 위치 검출기에서의 각도 신호에서 서로간의 전류 위상을 만들어 진폭 값과 맞추어 기준 전류 신호로 한다. 이 기준 전류 신호와 전류 피드백 신호를 대조해서 PWM(펄스폭 변조)제어의 게이트 신호를 만든다.

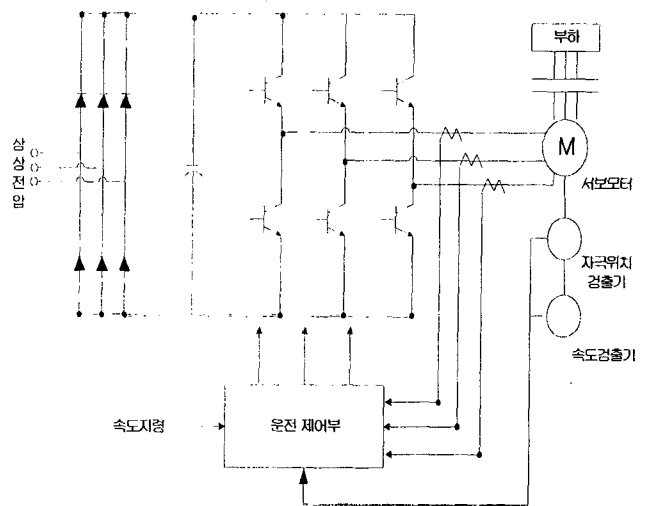


그림 4 AC 서보 모터 구동시스템의 구성
Fig. 4 Composition of system that operate servo motor

검출기로는 다음과 같은 특징을 갖는 레졸버 (Resolver) - 회전각도 검출기 -를 사용하였다.

- ① 구조가 간단 · 견고하고 내열성도 우수하다.
- ② 전송신호가 엔코더에 비해 저주파인 정현파이기 때문에 노이즈에 강하다.
 - 장거리 전송에 강하다.
- ③ 신호 처리회로가 복잡하다.
- ④ 사용온도범위가 넓다.
- ⑤ 형상의 소형화가 가능하다.

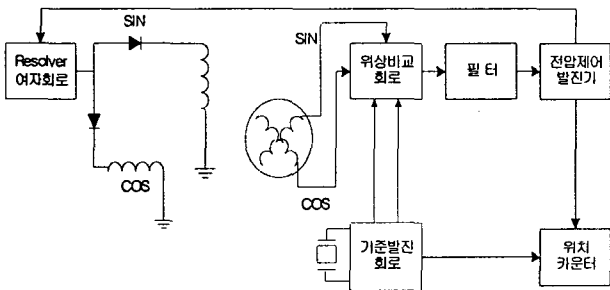


그림 5 PLL Resolver 위치 · 속도 검출방식
 Fig. 5 Method of detection that resolver's position and speed

2.3.1 AC 서보모터의 제어장치

AC 서보모터의 제어장치는 크게 나누어 파워부와 제어부로 구성되며, 여러 가지의 보호기능이 있다.

아래의 그림 6은 제어장치의 전체 구성도이다.

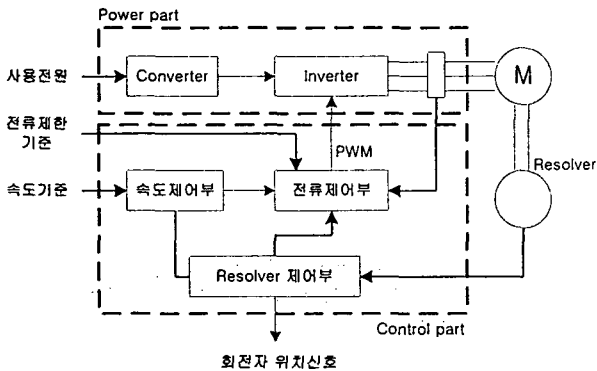


그림 6 AC 서보모터의 제어장치
 Fig. 6 Control device of servo motor

파워부는 컨버터, 회생전력흡수, 인버터의 세부분으로 나뉘는데 그 중 인버터부는 직류전원에서 임의의 주파수의 정현파 전류를 PWM 제어에 의해 만들고 있다.

제어부는 속도 제어, 전류 제어, resolver제어의

세부분과 제어회로로 나뉜다. resolver 제어부에는 resolver를 사용해서 회전각도와 속도신호를 만든다. 속도 제어부에서는 이 회전속도를 피드백하여 속도 기준과 대조하여 가속 또는 감속을 위한 전류 진폭을 결정한다. 전류 제어부에서는 이 전류 진폭과 resolver 제어부에서의 회전 각도 신호에 의해 각 상의 전류 기준 신호를 만들어 전류 피드백 신호와 인버터부의 각 상 트랜지스터의 ON · OFF를 제어한다.

2.4 AC 서보모터의 토크 특성

아래의 그림 7은 영구 자석에 의한 기자력원을 일정 전류원에 의한 것처럼 생각하여 AC 서보모터를 등가적으로 표현한 회로이다.

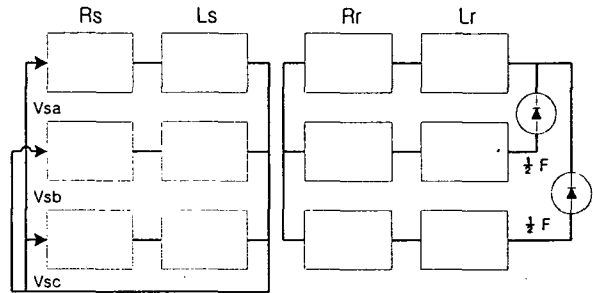


그림 7 서보모터의 등가회로
 Fig. 7 equivalent circuit of servo motor

3. 실험 및 결과 검토

실험은 shinko 사의 AC-Servo motor를 사용하여 MBSP (Module Base Simulation Program)로 시뮬레이션 하였다.

본 논문에 사용된 AC 서보모터의 파라미터는 표1과 같다.

표 1 AC 서보 모터의 사양
 Table 1 Specifications of AC servo motor

정격출력	850W	순시최대전류	100/170A
정지토크	105kg.cm	전기자 저항	0.78/0.28Ω
정격회전수	1000RPM	유기전압상수	95/56.5Ω
정격전압	100/60V	토크 상수	9.2/5.5kg.cm/A
정격전류	11/18A	기계적 시간상수	10m.s
순시최대토크	800kg.cm	전기적 시간상수	4.7m.s

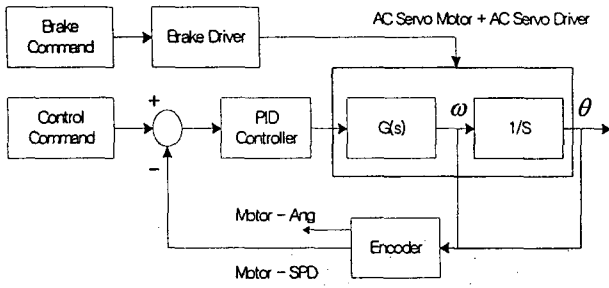


그림 8 하드웨어 블록선도
Fig. 8 Block diagram of Hardware

그림 8은 본 논문에 적용된 하드웨어의 블록다이어그램으로서 PID 컨트롤러를 적용한 것이다.

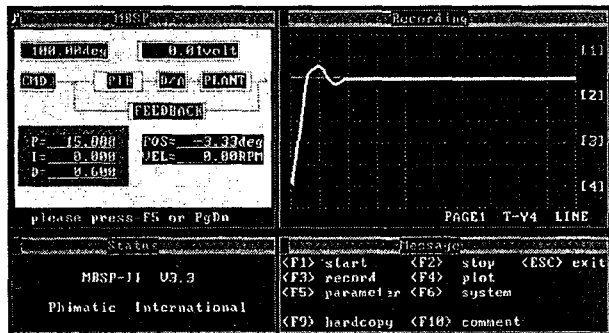


그림 9 PID를 적용한 위치제어
Fig. 9 Position control with PID

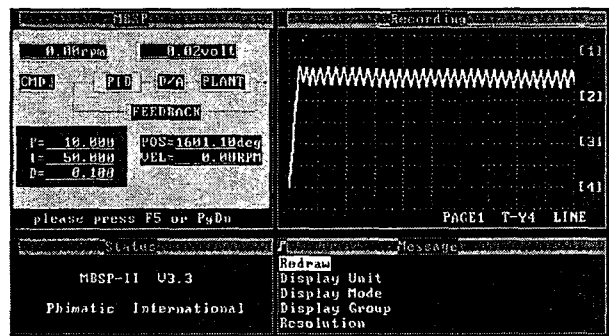


그림 10 PID를 적용한 속도제어
Fig. 10 Velocity control with PID

그림 9와 10은 PID제어기일때의 위치와 속도 응답곡선을 실제 보여주는 것이다. 측정 조건은 200 [rpm/div]에서 25 [ms/div]이다.

이 그림들은 최소한의 오버슈팅과 빠른 응답을 위하여 P, I, D 값을 계속 조절하여 얻은 측정 곡선으로서, 시스템에 적용하기 위한 PID 값을 Ziegler-Nichols 법칙으로 얻으려 하였으나 그 값이 정확하게 모든 시스템에 적용되지는 않은바, 제어값들을 계속 변화 실험하여 얻어낸 것이다.

4. 결 론

AC 서보모터의 구동특성에 대해 본 논문은 MBSP를 기반으로 실험에 임하였는데, 제어기의 종류 및 제어값의 변화에 따라 속도수렴이 고유의 특성과 장단점을 가지고 있어서 신속 정확한 제어를 위해 계측 및 제어기법의 보완이 필요하다는 것을 알게 되었다.

AC 서보 모터의 응용분야가 과거에 비해 확대된 시점에서 세밀화되고 모터의 특성을 정확하게 살릴 수 있는 제어 알고리즘을 적용한 서보 드라이버의 개발이 필요하다는 것을 알 수 있었다.

차후에는 PID와 Fuzzy 제어를 적용한 서보 모터의 제어에 관하여 연구할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] Y. Dote and S. Kinoshita. Brushless Servo Motor Fundamentals and Applications, Oxford Science Publications, 1990.
- [2] Rlessmeier, et al, " Microprocessor-controlled AC Servo Drives with Synchronous or Induction Motors : Which is preferable?", IEEE-IAS Annual Meeting Conf. Records, 1985.
- [3] Joachim Holtz, "Optimal Plusewidth modulation for AC servos and Low-Cost Industrial Drives" IEEE-IAS 92, 1992, pp. 1010-1018.
- [4] Takeshi Hatsuzawa etal "Speed Control Characteristics and digital servo system of a circular traveling wave moto "Rev. Soo/Omstri, 57(11), pp. 1886-1891, November 1986.