

교류서보모터의 시정수에 의한 속도 제어특성

***김평호^o, **박인준, *정병호, 오금곤, 백형래
*조선대학교 전기공학과, **화천기공(주), ***서강정보대학 소방안전관리과

Control Characteristics of Speed Using Time Constant on the AC Servo Motor

***P. H. Kim, **I. J. Park, *B. H. Chung, G. K Oh, H. L. Baek
***Seokang College, **Hwacheon Machine Tool CO.LTD, *Chosun University

ABSTRACT

This paper describes the controller for the improving speed control the AC servo motor. The microprocessor provides an output to the difference in command. The servo system improves the characteristics of speed control. When the motor is running at the same speed as set by the reference signal, the speed encoder also provides a signal of the same frequency. Thus, the microprocessor controlled digital techniques enable to realize the flexible performance and control which was possible with time constant.

We can know that optimal speed of machining center is 75msec in 30000mm/min and actually, 75msec is using on machining center. Finally experimental results prove excellent performance of this control system. This can be reduced error with more exact measure of actual speed. The system can be adaptable to CNC machine.

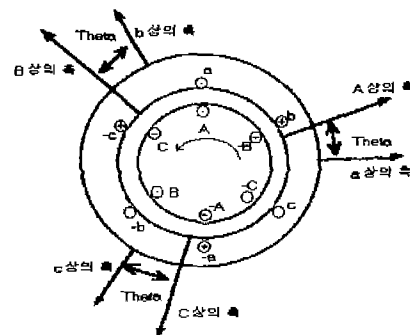
1. 서론

최근 전력용 반도체 산업의 발달로 인하여 마이크로프로세서의 제어기술이 향상됨에 따라 교류기도 직류기에 못지않게 제어가 경제적으로 가능하게 되었고 더욱이 우수한 보수성을 갖고 있으므로 직류기의 대체용으로 AC 서보모터가 각광을 받고 있는 실정이다.[1]

DC서보모터는 정류자를 갖고 있어서 정류한계에 의해 고속, 고토크로서의 사용이 제한되고 브러시라는 마모부품을 가지므로 점검이나 교체가 곤란한 장소에는 설치하기가 어렵다. 이상에서 알 수 있듯이 DC서보모터에는 브러시와 정류자가 존재하지만 AC서보모터에는 없으며 신뢰성이 높은 구조로 되어 있다.[2]

일반용도에 사용하는 전동기는 물론 속응, 정밀제어의 특성상 아나로그방식을 주로사용해왔던 AC서보모터도 디지털화로 되고있다.[3-4] 본 논문에서는 AC서보모터의 시정수를 제어함으로써 효과적인 속도제어를 구현함에 따라 산업현장에서의 응용과 직류서보모터와 같은 고성능 정밀제어를 실현하고자 공작기계 Machining center에서 이송속도의 시정수 최적화를 얻기 위해서 시험한 데이터를 정리하여 단계적인 시정수제어를 통해 AC서보모터의 속도특성을 고찰 하였다.

2. AC서보전동기의 이론



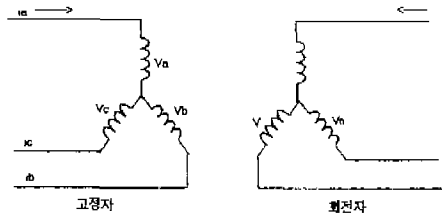


그림 2.1 3상 전동기의 구조도

Fig. 2.1 Structural diagram of three-phase motor

고정자 권선의 전압방정식은 다음과 같다.

$$\begin{pmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{pmatrix} = r_1 \begin{pmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{pmatrix} + P \begin{pmatrix} \lambda_a \\ \lambda_b \\ \lambda_c \end{pmatrix} \quad \text{----(2.1)}$$

회전자 권선의 전압방정식은 다음과 같다.

$$\begin{pmatrix} V_A \\ V_B \\ V_C \end{pmatrix} = r_2 \begin{pmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{pmatrix} + P \begin{pmatrix} \lambda_A \\ \lambda_B \\ \lambda_C \end{pmatrix} \quad \text{----(2.2)}$$

고정자 축에서의 상 자속은 다음과 같다.

$$\begin{pmatrix} \lambda_a \\ \lambda_b \\ \lambda_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L_{aa} & L_{ab} & L_{ac} \\ L_{ab} & L_{aa} & L_{ac} \\ L_{ac} & L_{ab} & L_{aa} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{pmatrix} + L_{aA} \begin{pmatrix} \cos \theta_2 & \cos(\theta_2 - \frac{4}{3}\pi) & \cos(\theta_2 - \frac{2}{3}\pi) \\ \cos(\theta_2 - \frac{2}{3}\pi) & \cos \theta_2 & \cos(\theta_2 - \frac{4}{3}\pi) \\ \cos(\theta_2 - \frac{4}{3}\pi) & \cos(\theta_2 - \frac{2}{3}\pi) & \cos \theta_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{pmatrix} \quad \text{----(2.3)}$$

회전자 축에서의 상 자속은 다음과 같다.

$$\begin{pmatrix} \lambda_A \\ \lambda_B \\ \lambda_C \end{pmatrix} = L_{aA} \begin{pmatrix} \cos \theta_2 & \cos(\theta_2 - \frac{2}{3}\pi) & \cos(\theta_2 - \frac{4}{3}\pi) \\ \cos(\theta_2 - \frac{4}{3}\pi) & \cos \theta_2 & \cos(\theta_2 - \frac{2}{3}\pi) \\ \cos(\theta_2 - \frac{2}{3}\pi) & \cos(\theta_2 - \frac{4}{3}\pi) & \cos \theta_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} L_{aa} & L_{ab} & L_{ac} \\ L_{ab} & L_{aa} & L_{ac} \\ L_{ac} & L_{ab} & L_{aa} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{pmatrix} \quad \text{-----(2.4)}$$

위의 식들로부터 AC서보 전동기의 출력 P 를 구하면 다음과 같다.

$$P = \frac{3}{2} (V_{2d}i_{2d} + V_{2q}i_{2q}) = \frac{3}{2} \{ -\lambda_{2q}i_{2d}(s\omega) + \lambda_{2d}i_{2q}(s\omega) \} \quad \text{-(2.5)}$$

회전자 자속은 $-(s\omega)2/\text{극수}$ 이므로 전동기 토오크 T는 다음과 같다.

$$T = \frac{3}{2} \cdot \frac{\text{극수}}{2} (\lambda_{2q}i_{2d} - \lambda_{2d}i_{2q}) = \frac{3}{4} \cdot \text{극수} \cdot L_{12}(i_{1q}i_{2d} - i_{1d}i_{2q}) \quad \text{-(2.6)}$$

이때 기계적 토오크는 다음과 같다.

$$T = J\omega_2 + B'\omega_2 + T_L \quad \text{---(2.7)}$$

2-1 AC 서보 전동기의 토오크 발생원리

AC 서보전동기에는 동기전동기형과 유도전동기형이 있는데 본 논문에서는 제어성 및 효율이 높은 동기전동기형을 택하였다. 그림 2.2는 2극 서보전동기의 구조를 나타낸 것이다.[5]

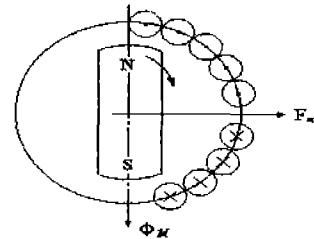


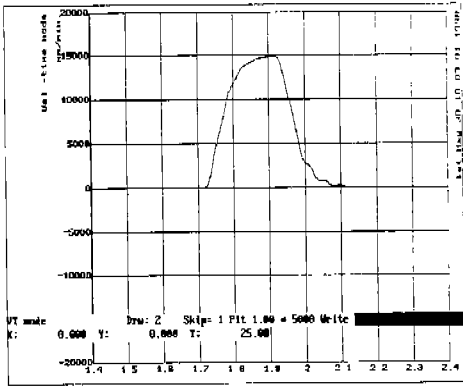
그림 2.2 2극 서보전동기

Fig. 2.2 Two poles servo motor

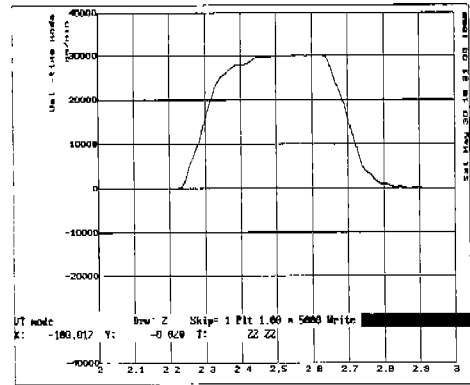
그림 2.1과 같이 전기자 도체에 전류가 흐르면 이 도체는 $F = iBL[N]$ 의 힘이 발생되고 회전자에는 전기자 합성기전력 F_a 와 자속 Φ_M 의 곱에 비례하는 토오크가 발생된다. 3상의 경우 각 전기자 권선에 흐르는 전류는 다음과 같다.

$$I_M = I_M \sin \theta$$

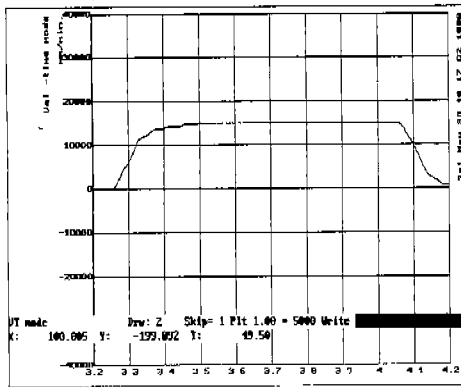
$$I_V = I_M \sin(\theta - \frac{2}{3}\pi)$$



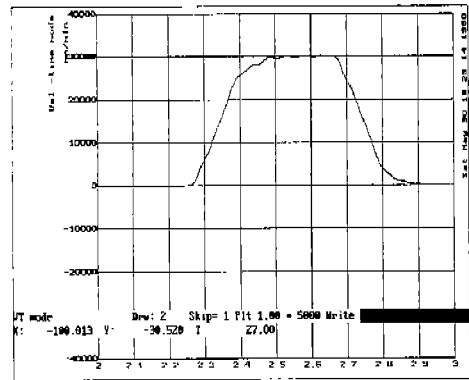
(a-4) 125msec · 15,000mm/min



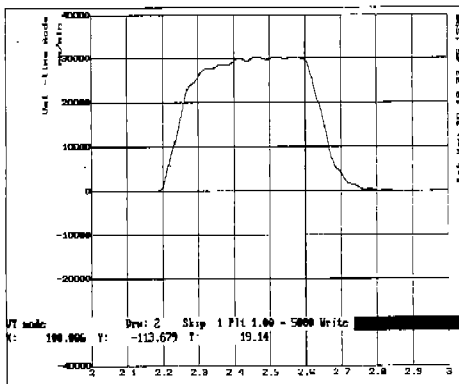
(b-2) 100msec · 30,000mm/min



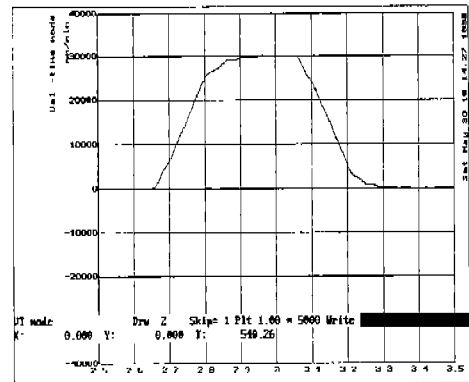
(a-5) 150msec · 15,000mm/min



(b-3) 125msec · 30,000mm/min



(b-1) 75msec · 30,000mm/min



(b-4) 150msec · 30,000mm/min

그림 2.4 실험결과

Fig 2.4 Results of Experimentation

(a)15,000mm/min (b)30,000mm/min

이상에서 고찰한 실험결과로 15,000mm/min와 30,000mm/min의 두 종류의 속도에서 50msec, 75msec, 100msec, 125msec, 150msec의 각단계별 시정수 제어 속도특성 결과파형을 얻을 수 있었다. 그림 a-1은 50msec에서는 응답 특성곡선인데 입력시간이 짧아 과도응답의 불안정 성분이 많이 포함되어 있음을 볼 수 있다. 그림a-3,4,5에서는 시정수가 길어짐에 따라 과도응답의 불안정 성분은 작아지나 도달 시간은 길어져 응답특성이 떨어짐을 볼 수 있다. 30,000mm/min 에서 75msec를 최적치로 선택하여 Machining center의 이송계에 최적화를 시켰고 이는 그림 b-1에 나타내었다.

5. 결 론

동기진동기형 서어보 모터는 그 우수한 제어성을 주로 내세워서 초저속에서 고속 까지의 적용범위를 넓히고 다이렉트 드라이브의 실현, 고성능 자동기계나 고정밀도 산업 로봇 등에서의 적용, 브러시리스에 의한 내환경성으로부터 특수환경로봇, 도장로봇 등에 적용할 수 있다. 실험결과 파형 30,000mm/min에서 75msec를 최적치로 선택하여 Machining center의 이송계에 최적화를 시켰다. 이상의 실험결과를 통하여 속도제어의 최적화를 실현시켜 산업용 서보시스템에 적용될수 있는 위치제어의 최적화에 기여하리라 사료된다.

참 고 문 헌

1. 月刊 自動化技術編輯部 編 “메카트로닉스를 위한 최첨단 제어용모우터”, 성안당, PP.40~60, 1994.
2. 원중수의 2인, “AC서보모터와 마이컴제어”, 동일출판사, PP.13~49, 1995.
3. Fanuc AC SERVO AMPLIFIER MANUAL B- 65005E107, PP.2~101.
4. Fanuc AC SERVO MOTOR MANUAL B- 65150E102, PP.71.
5. Uk-Youl Huh, Je-Hie Lee, “A Modified Sliding Mode Speed Control Scheme for AC Servo Motor”, IECON'95, Vol.2, 730~735, 1995.
6. Hoang Le-Huy. “An Adaptive Fuzzy Controller For Permanent-Magnet AC Servo Drives”, IAS, Vol.1, PP.104~110, 1995.
7. Ying-Yu Tzou, Tien-sung Kuo “Design and Implementation of an FPGA-Based Motor Control IC for Permanent AC Servo Motors”, IECON'97 Vol.2, 943~947. 1997.