

인버터 구동에 의한 交流 서보 電動機의 운전특성 개선에 관한 연구

\* 손 의 식 \*\* 홍 순 일 \*\* 박 한 석  
\* 부산공업대학교 산업대학원 \* 부산공업대학교

Improved Performance characteristics of an inverter-fed ac servo motor drives

\* Y. S. SON, \*\* S. I. HONG \*\* H. S. PARK  
Pusan national University of Technology

Abstract - The ac servo system using an induction motor is so strong and inexpensive that it is most suitable for today's drive systems. For controlled ac motor drives, but slip frequency vector control system have been put to practical use, it is difficult to perform control of wide range, the same as dc motor.

A study is presented on an adaptive current control scheme for induction type ac servo motor drives using PWM inverter. An analysis of the control scheme in operations is given and the characteristics are studied by simulation. The implementation of the control scheme using a microprocessor-based system is considered.

1. 서론

전동기 가변속은 그 구조상 자속과 토크의 제어가 용이한 직류전동기가 주로 사용되었다. 반면에 교류전동기는 직류전동기에 비하여 많은 이점이 있지만 제어성이 나쁜 결점이 있다. 이러한 교류전동기의 가변속제어는 Hasse씨와 Blasche등에 의해 벡터제어 개념이 도입되어 직류전동기와 유사한 제어에 관한 연구가 시작되었다. 종래의 서보 제어는 직류 전동기를 사용하였으며 직류 전동기는 보수가 필요하고 나쁜 환경에서의 운전은 적합하지 않다는 점이 있다. 그래서 유도전동기를 이용하여 직류 전동기와 같은 제어를 실현할 수 있는 구동회로를 만들려고 한다. 1)

유도전동기에 있어서도 직류전동기와 동일하게 토크제어를 실현하기 위한 방법으로서 슬립주파수 제어형 벡터제어가 실용화 되어 있지만 광범위한 제어는 어렵다. 2) 본

연구에서는 슬립주파수 제어형 벡터제어에 기초한 소형 유도형 교류서보 전동기의 속도제어 시스템을 구성하고 직류전동기 처럼 광범위한 속도제어에 관하여 검토한다. 시스템은 16비트 CPU를 이용한 디지털 제어기와 전동기 구동전원 으로는 순시전류 추종방식의 인버터로 구성하였다. 디지털 제어기는 전동기의 속도 오차를 검출하고 벡터제어 법칙에 따라 전동기 1차전류를 계산하여 인버터에 지령한다. 인버터는 제어기 출력인 지령값과 실 전류값을 비교하여 인버터 주회로의 스위칭 소자(Power MOS FET)를 제어한다. 이 속도제어 시스템으로 유도전동기를 실제로 구동한 결과 저속 운전시에 속도의 변동이 생겼다. 이것을 해석하기 위하여 하나하나 회로의 동작을 조사하고, 그 동작에 기초하여 계산기 시뮬레이션을 행한다. 아울러 저속 운전시 속도변동 원인을 검토하여 그 대책을 제시한다

2. 유도전동기에서 2차자속 일정 슬립주파수형 벡터제어

d, q 축으로 나타낸 유도전동기의 순시 토크는

$$T = \frac{3}{2} p \lambda_{2d} i_{2q} - \frac{3}{2} p \lambda_{2q} i_{2d} = \frac{3}{2} p \lambda_{2d} i_{2q} \sin \delta \quad \text{-----(1)}$$

표시할 수 있다. 2차 자속의 크기가 일정하다면 과도 토크는 2차 전류의 크기에 비례한다. 유도전동기에서 2차자속을 일정하게 하기 위해서는 전원 주파수는

$$\omega = (r_{2s} M / \lambda_{2d} 2Z_2) i_{2q} + \omega_r \quad \text{-----(2)}$$

로 하는 것이 필요 조건이다. (2)식과 같이 전원 주파수를 제어하고, 동시에 1차전류  $i_{1a}$ 를 일정값  $K_0$ 로 하면 2차자속의 크기  $F_{2a}$ 는 일정하게 된다

$$i_{1a} = K_0 \quad \text{-----}(3)$$

이 경우 식(2)와 식(3)을 동시에 만족하는 2차자속  $F_{2a}$  및 2차전류  $i_{2a}$ 의 크기는 다음이 된다.

$$F_{2a} (= \phi_{2a}) = K_0 M \quad \text{-----}(4)$$

$$i_{2a} = (M/L_{2a}) i_{1a} \quad \text{-----}(5)$$

(4)식이 성립되므로  $i_{1a}$ 에 비례하는 것을 알 수 있다.

따라서 식 (1), (2) 및 식(3)으로부터 순시토크 크기  $T$ 는

$$T = \frac{1}{M} K_0 / L_{2a} i_{2a} = \{(MK_0)^2 / r_{2a}\} s_m \quad \text{-----}(6)$$

되고  $i_{2a}$ 와 슬립 주파수  $s_m$  쌍방에 비례한다

### 3. 시스템의 구성

본 속도제어 시스템은 속도제어, 1차전류연산 및 전류제어 회로의 3부분으로 구성한다. 속도제어 및 1차 전류연산은 속도지령과 실제의 속도로 부터 Micro Computer에 의해 벡터 제어를 행하여 1차 지령전류를 산출한다. 전류제어 회로는 유도전동기의 각상의 실 전류에 대응하는 지령전류를 추종하기 위한 히스테리시스 비교 방식에 의한 제어회로이다. 실 전류가 지령전류의 어떤 일정값으로(작은쪽으로) 비교하여 인버터 회로의 MOS-FET를 ON, OFF 시켜 지령전류에 실전류를 추종시키고 있다.

### 4. 실험결과 및 검토

(1) 그림1은 정상상태와 과도상태에서의 1차전류의 지령값(하)과 실전류(상)를 표시하였다. 양그림 모두 진폭이 작게 되어 있지만 지령전류에 추종되어 있음을 알 수 있다. 그림2는 속도지령 1890, 480[rpm]에서 운전시의 속도 스텝곡선이다. 고속에서는 양호하나 저속에서는 변동이 심하다. 시퀀레이션에서도 저속에서는 속도의 맥동이 생기는 현상을 나타내었다.

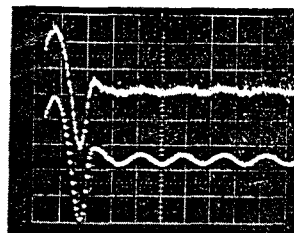
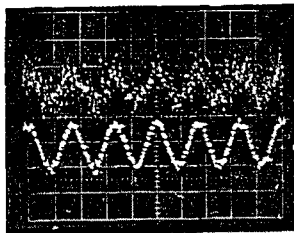


그림 1 정상상태 및 과도상태 전류파형



그림 2 속도 스텝응답특성

(2) 시뮬레이션에 의한 검토

본 구동 시스템은 실험결과 고속운전시는 잘 동작 하지만 저속운전시 속도의 변동이 발생하였다. 그 원인은 마이크로 컴퓨터 및 아나로그 회로부분에 있는 것으로 생각된다. 따라서 여기서는 후자에 대하여 검토하고 그 대책을 제시한다.

회로구성상의 문제로 다음과 같은 불완전한 전류가 흐를때를 생각하자.

$$\left. \begin{aligned} i_u &= (I_1 + \Delta I) \sin \omega t \\ i_v &= I_1 \sin(\omega t - 2\pi/3) \\ i_w &= I_1 \sin(\omega t + 4\pi/3) \end{aligned} \right\} \text{-----(7)}$$

이 경우 토크는 다음식으로 계산된다.

$$T = M/2 (3I_1 + \Delta I) \sin \theta + (1/2)M\Delta I \sin(2\omega t - \theta) \text{-----(8)}$$

이 식에서 전원 주파수의 2배의 토크변동이 생긴을 알 수 있고 이것이 외란토크로 되어 시스템에 입력된다. 그림 3은 속도지령 480[rpm]에서의 전류, 토크, 속도의 시뮬레이션 결과이다. 따라서 식 (8)과 그림 3의 시뮬레이션 결과에서 속도 변동의 원인인 토크외란과 관성모멘트의 변동에 관한 것이 주 원인임을 검토하였다.

이것의 개선방법은 전원으로 사용한 인버터가 완전한 3상 평형전류를 발생할 수 있도록 보상요소를 넣어서 제어할 행한다.

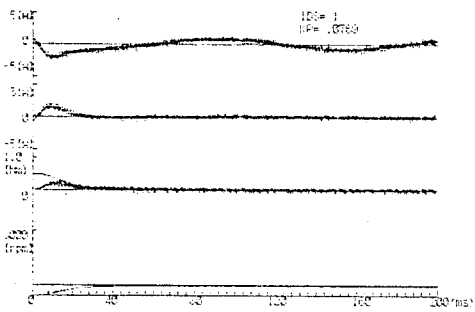


그림 3 시뮬레이션에 의한 운전특성

5. 결론

- 1) 실제 시스템을 제작하여 실험한 결과 고속운전시는 속도변동없이 잘 동작하고 있었지만 그림3에서 알 수 있는 것과 같이 실 전류에 노이즈가 발생하였다
- 2) 저속운전시는 속도변동이 발생하였고 이 원인을 시뮬레이션으로 검토한 결과 토크 외란이 주 원인 이었다.

참고문헌

- (1) J.W Finch, et " General principles of Modern Induction Motor Control (Scalar to vector)" IEE Power Electronics and Variable Speed Drives Conference, pp364-369, 1990.
- (2) 小山正人 著 " AC サーボ 시스템 の理論と 設計 の 實際 " 1990.