

# 새로운 유도전동기의 파라미터 추정에 관한 연구

이동국\* · 오세진\*\* · 김종수\*\*\* · 김경호\*\*\* · 김성환\*\*\*\*\*

## A Study on the New Parameter Estimation of Induction Motor

D-G Lee\* · S-G Oh\*\* · J-S Kim\*\*\* · G-H Kim\*\*\*\* · S-H Kim\*\*\*\*\*

**Abstract :** This paper describes how an Artificial Neural Network(ANN) can be employed to improve a speed estimation in a vector controlled induction motor drive. The system uses the ANN to estimate changes in the motor resistance, which enable the sensorless speed control method to work more accurately. Flux Observer is used for speed estimation in this system. Obviously the accuracy of the speed control of motor is dependent upon how well the parameters of the induction machine are known. These parameters vary with the operating conditions of the motor; both stator resistance(Rs) and rotor resistance(Rr) change with temperature, while the stator leakage inductance varies with load. This paper proposes a parameter compensation technique using artificial neural network for accurate speed estimation of induction motor and simulation results confirm the validity of the proposed scheme.

**Key words :** Artificial Neural Network(ANN:신경회로망), Sensorless speed control(센서리스 속도제어), Flux Observer(자속관측기)

### 1. 서 론

유도전동기는 견고성과 무보수성 등의 많은 장점을 가지고 있어서 고속화 및 대용량화가 용이+하며, 근래에는 전력용 반도체 소자와 발전된 전동기 제어기술에 힘입어 범용에서부터 고성능 용도에 이르기까지 산업용 가변속 구동장치의 대부분을 차지하고 있다. 이러한 유도전동기의 제어를 위해서는 펄스 인코더, 레졸버 등과 같은 센서를 이용하여 정확한 속도를 검출해야 하는데 이 경우, 센서 이용에 따른 비용적인 부담은 물론 주변 환경에 따라 검출 값에 오차가 발생하고 센서의 설치도 어렵다. 이런 문제점을 개선하기 위해 속도센서 없이 속도정보를 추정하는 연구들이 계속되고 있다. 유도전동기의 센서리스 속도제어 방식<sup>[1-2]</sup>들은 대부분 속도나 위치정보를 전동기의 무효전력, 역기전력, 자속값 등을 추정하여 얻는데 이 값들은 각종 전동기 파라미터들을 포함하고 있다. 속도 및 위치정보의 추정에 크게 영향을 미치는 파라미터로는 고정자 저항( $R$ ), 회전자 저항( $R$ ), 고정자 인덕턴스( $L$ ) 및 회전자 인덕턴스( $L_r$ ) 등이 있다. 특히, 역기전력이 작은 저속 운전 시에는 고정자 저항이 속도추정의 정도에 큰 영향을 미치는데 이는 권선에 흐르는 전류에 의한 동손( $R_s I_s^2$ )과 회전자 속도(팬 냉각)의 함수이기 때문이다. 본 논문에서는 유도전동기의 센서리스 속도제어기법으로 자속관측기에 의한 방식<sup>[3]</sup>을 이용 하며, 기존의 방식 적용 시 발생하는 부하 및 속도변동에 따른 속도추정 오차를 개선하기 위해 신경회로망<sup>[4-6]</sup>을 이용하여 고정자 및 회전자 저항을 추정, 보상함으로써 전동기 운전중 저항값이 변화 하여도 비교적 정확한 속도추정이 가능하였고 저속에서의 부하운전 특성도 개선되었다.

### 2. 신경회로망을 이용한 유도전동기 저항 추정

신경회로망은 복잡한 비선형 시스템을 동정 할 수 있는 능력이 있다. 신경회로망은 입력층과 출력층으로 이루어지며 입력층과 출력층 사이에는 은닉층이 있다.

또한 입력층, 은닉층 및 출력층 사이에 있는 연결강도에 모든 정보가 저장되고 학습과정 동안 연결강도 성분은 새로운 정보로 바뀌어 진다. 신경회로망의 학습에는 주로 역전파 학습 알고리즘이 사용되며 연결강도를 조정하는 역할을 한다.

센서리스 벡터제어는 전동기 모델에 관한 정확한 정보가 요구되는데, 고정자와 회전자 권선의 온도가 상승하게 되면 저항값이 변동하여 제어에 악영향을 미친다. 이러한 시스템의 동정을 위해 본 논문에서는 수식모델이 필요없는 신경회로망을 이용하여 정확한 파라미터 추정 및 보상을 행한다. 신경회로망의 구성에 있어서 입력벡터의 성분으로는 유도전동기의 고정자 및 회전자 권선의 온도 상승에 의한 저항값 변화에 영향을 미치는  $|i_s^2|$  (고정자 공급 전류의 제곱값), 회전자 속도 및 저항 성분의 시간 지연 영향을 사용하며, 출력벡터로는 부하인가로 인해 유도전동기 속도제어에 영향을 미치는 전동기 권선 저항값을 사용한다. 또한 신경회로망을 이용한 추정기의 은닉층의 개수와 노드수는 5개로 구성하고 은닉층의 활성화함수는 Tansigmoid 함수를 사용하며 출력층에는 선형함수를 사용한다.

그림 1은 본 논문에서 제안한 신경회로망을 이용한 추정기의 구조이다.

+ 이동국 (한국해양대학교 대학원), E-mail : iasco@hanmail.net, Tel : 051)410-4265  
++ 오세진 (한국해양대학교 운항훈련원)  
+++ 김종수 (한국해양대학교 선박전자기계공학부)  
++++ 김경호 (한국해양수산연수원)  
++++ 김성환 (한국해양대학교 선박전자기계공학부)

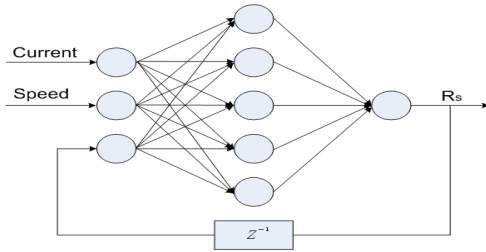


Fig. 1 Layout of the neural network

### 3. 시뮬레이션 결과

그림 2는 신경회로망의 학습을 통하여 구하여진 연결강도에 의해 출력된 추정 저항의 파형이며 측정된 저항값을 비교적 정확히 추종함을 알 수 있었다. 그림 3은 고정자 및 회전자 저항과 속도를 신경회로망을 이용해 추정 보상한 부하특성이다. 저속에서도 부하특성이 우수함을 알 수 있다.

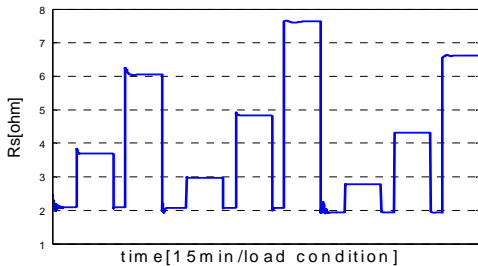


Fig. 2 ANN output resistance of induction motor

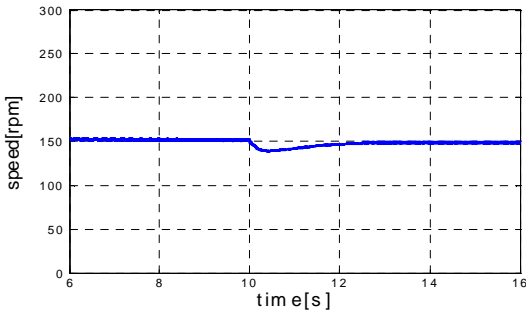


Fig. 3 Response for step change of load torque (5[Nm], resistance compensation)

### 4. 결론

본 논문에서는 유도전동기의 부하운전시 권선 온도 변화에 따른 고정자 및 회전자 저항값의 변동을 보상하기 위해 신경회로망을 이용한 저항 추정 방식을 제안하였다. 신경회로망의 구성은 고정자 공급전류와, 회전자 속도 및 저항 성분의 시간 지연항을 입력벡터로 사용하였으며, 출력벡터는 전동기 권선 저항값을 이용하였다.

제안한 방식의 결과 저속 및 고속에서 속도와 부하 변화에 따른 온도 상승에 의해 변화하는 고정자 및 회전자 저항값을 비교적 양호하게 추정하였고 이로 인해 유도전동기 속도제어 특성이 크게 개선됨을 확인할 수 있었다.

### 참고문헌

- [1] A. Gastli, M. Tomita, T. Takeshita and N. Matsui, "Improvement of a Stator Flux-Oriented Speed Sensorless Control of an Induction Motor," IEEE PCC, pp. 415-420, 1993.
- [2] T. Ohtani, N. Takeda and K. Tanaka, "Vector Control of Induction Motor without Shaft Encoder," IEEE Trans. Indus. Appl., Vol. 28, No. 1, pp. 157-164, 1992.
- [3] I. Miyashita and Y. Ohmori, "A New Speed Observer for an Induction Motor using the Speed Estimation Technique," EPE Brighton, Vol. 5, pp. 349-353, 1993.
- [4] M. G. Simoes and B. K. Bose, "Neural Network Based Estimation of Feedback Signals for a Vector Controlled Induction Motor Drive", IEEE Trans. on Ind. Appl., vol. 31, No. 3, pp.620~629, 1995
- [5] M. T. Wishart and R. G. Harley, "Identification and Control of Induction Machines Using Artificial Neural Networks", IEEE Trans. on Ind. Appl., vol. 31, No. 3, pp.612~619, 1995
- [6] L. B. Brahim and R. Kurosawa, "Identification of Induction Motor Speed using Neural Networks," IEEE PCC-yokohama, pp. 689-694, 1993.