

AFLC 제어기에 의한 유도전동기의 ANN 센서리스 제어

崔正植*, 高在涉*, 鄭東和†

ANN Sensorless Control of Induction Motor with AFLC Controller

Jung-Sik Choi, Jae-Sub Ko and Dong-Hwa Chung

요 약

본 논문은 적응 퍼지 제어기에 의한 유도전동기의 ANN 센서리스 제어를 제시한다. 또한 AFC를 사용하여 속도를 제어하고 ANN 제어기를 이용하여 속도를 추정한다. 신경회로망의 역전파 알고리즘은 전동기 속도의 실시간 추정에 사용된다. 요구상태 변수와 실제 상태는 실제 상태 변수는 요구값에 일치하기 위해서 역전파 알고리즘에 의해 회전자 속도를 조절한다. 제시된 제어 알고리즘 AFLC와 ANN 제어기는 유도전동기 드라이브 시스템 제어에 적용된다. 그리고 본 논문은 AFLC와 ANN 제어기의 우수한 결과를 나타낸다.

ABSTRACT

The paper proposes the artificial neural network(ANN) sensorless control of induction motor drive with adaptive fuzzy logic controller(AFLC). Also, this paper proposes the speed control of induction motor using AFC and estimation of speed using ANN controller. The back propagation neural network technique is used to provide a real time adaptive estimation of the motor speed. The error between the desired state variable and the actual one is back-propagated to adjust the rotor speed, so that the actual state variable will coincide with the desired one. The proposed control algorithm is applied to induction motor drive system controlled AFLC and ANN controller. And this paper is proposed the results to verify the effectiveness of the AFLC and ANN controller.

Key Words : Induction Motor Drive, AFLC, ANN, BPA, Speed Estimation

1. 서 론

최근, 간접 벡터제어는 유도전동기의 고성능을 위한 드라이브 시스템에 광범위하게 적용되고 있다. 일반적으로 고성능으로 제어되는 전동기 드라이브는 양호한 동적 속도추정, 우수한 부하 응답, 드라이브와 부하 파라미터의 변동에 대한 강인성을 필요로 한다. 이러한 조건을 충족시키기 위하여 동작조건 및 드라이브 파라

미터의 적응성을 사용할 수 있다.

상태변수 제어^[1], 최적제어^[2] 및 적응제어^[3] 등의 현대제어 기법이 종래의 PI 제어기 보다 매우 양호한 성능을 발휘할 수 있는 장점이 인식되어 많이 개발되었다. 적응제어는 부하토크 또는 부하관성과 같은 동작조건이 빠른 변화에도 양호한 속도응답을 얻을 수 있으므로 다른 방법 보다 많이 사용되었다. STC(Self Tuning Control), MRAC(Model Reference Adaptive Control), SMC(Sliding Mode Control) 및 EKF(Extended Kalman Filter) 등의 다양한 적응제어 기법이 제시되었다^[3]. 적응제어는 부하토크 및 부하관성과 같은 광범위한 동작변화에도 양호한 속도응답을 얻을 수 있는 우수한 기법으로 평가를 받았다. 그러나 수학적 모델링에 기초하고 계산시간이 많이 소요되는

†교신저자 : 정회원, 순천대 전기전자정보통신공학부 교수
E-mail : hwa777@sunchon.ac.kr

*학생회원, 순천대 전기공학과 석사과정
접수일자 : 2004. 11. 11 1차 심사 : 2005. 8. 23
2차 심사 : 2005. 10. 13 3차 심사 : 2005. 12. 23
심사완료 : 2006. 3. 28

알고리즘이기 때문에 매우 복잡하다.

산업 프로세서의 적용에는 부하 외란, 파라미터 변화 및 어떤 모델의 불확실성 등에 대하여 고성능과 강인성을 발휘할 수 있는 기법이 필요하다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 파라미터 변동을 고려한 퍼지제어^[4] 및 새로운 퍼지제어^[5] 등의 연구가 되었다. 이러한 연구들은 간접벡터에 의해 전동기의 드라이브 시스템에 적용하여 양호한 성능을 얻을 수 있었다. 그리고 이 연구들은 고속 및 저속의 속도변화, 부하 변동, 관성 변화 및 정·역회전 운전 등 다양한 동작에도 우수한 특성을 얻을 수 있었다. 그러나 이러한 기법들은 속도 및 부하 토크 등 파라미터의 변동에 대하여 더욱 우수한 결과를 얻을 수는 없었다.

유도전동기의 드라이브 시스템에서 속도와 위치의 정보를 얻기 위하여 엔코더와 리졸버와 같은 센서를 사용한다. 그러나 이러한 센서는 실제의 적용분야에서 많은 문제점이 도출되며 시스템의 적용분야가 제한된다. 이러한 센서는 값이 비싸고 시스템의 가격을 증가시킨다. 그리고 센서의 정밀도에 영향을 주는 온도, 습도 및 먼지 등 환경적인 요인에 민감하며 시스템의 강인성을 약화시킨다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 센서리스 제어에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다^[7-8]. 본 논문에서는 AFLC(Adaptive Fuzzy Logic Controller)에 의해 유도전동기 드라이브를 고성능 속도를 제어하고 ANN(Artificial Neural Network)에 의해 유도전동기의 속도를 추정한다. 먼저, DFCL(Direct Fuzzy Logic Controller) 제어기에서 나타나는 문제점을 해결하기 위하여 기준모델을 적용한 AFLC를 설계한다. 다음은 ANN을 이용하여 유도전동기 드라이브의 속도 추정기법을 제시한다. 2층 구조를 가진 신경 회로망에 BPA(Back Propagation Algorithm)를 적용하여 유도전동기 드라이브의 속도를 추정한다. 본 논문에서 제시한 AFLC와 ANN 제어기의 제어특성과 추정성능을 분석하고 그 결과를 제시한다.

2. 시스템 구성 및 모델링

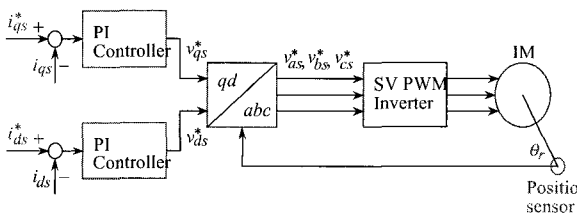


그림 1 유도전동기의 벡터제어 시스템
Fig. 1 Vector control system of induction motor

본 논문에서는 공간벡터 PWM 인버터에 의해 구동되는 고성능 유도전동기의 벡터제어 시스템을 고려한다. 이러한 시스템 구성은 로봇, 항공기 및 전기자동차 등의 드라이브와 같은 고성능 제어 시스템에 응용된다. 그림 1은 공간벡터 PWM 인버터에 의하여 구동되는 일반적인 IPMSM 드라이브의 벡터제어 시스템을 나타낸다.

i_{qs}^* 와 i_{ds}^* 는 지령 토크 및 자속 성분의 전류를 나타내며 실제전류 i_{qs} 와 i_{ds} 와 비교하여 종래의 PI 제어기를 이용하여 제어한다. PI 제어기의 출력은 v_{qs}^* 와 v_{ds}^* 이며 이는 좌표변환에 의해 $v_{as}^*, v_{bs}^*, v_{cs}^*$ 로 변환하여 공간벡터 PWM 인버터에 의해 유도전동기를 제어한다. 회전자의 위치정보 θ_r 는 좌표변환에 이용한다.

동작특성을 분석하기 위한 유도전동기의 미분 방정식은 다음과 같다^[9].

$$P \begin{bmatrix} i_{ds} \\ i_{qs} \\ \phi_{dr} \\ \phi_{qr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\left(\frac{R_s}{\sigma L_s} + \frac{1-\sigma}{\sigma} \frac{R_r}{L_r}\right) & \omega_e & \frac{L_m R_r}{\sigma L_s L_r'} & \frac{L_m}{\sigma L_s L_r'} \omega_r \\ \omega_e & -\left(\frac{R_s}{\sigma L_s} + \frac{1-\sigma}{\sigma} \frac{R_r}{L_r}\right) & -\frac{L_m}{\sigma L_s L_r'} \omega_r & \frac{L_m R_r}{\sigma L_s L_r'} \\ \frac{L_m R_r}{L_r} & 0 & -\frac{R_r}{L_r} & (\omega_e - \omega_r) \\ 0 & \frac{L_m R_r}{L_r} & -(\omega_e - \omega_r) & -\frac{R_r}{L_r} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{ds} \\ i_{qs} \\ \phi_{dr} \\ \phi_{qr} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{\sigma L_s} & 0 \\ 0 & \frac{1}{\sigma L_s} \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{ds} \\ v_{qs} \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기서, 발생토크는 다음 식으로 표현된다.

$$T_e = \frac{3}{2} \left(\frac{P}{2} \right) (\phi_{ds} i_{qs} - \phi_{qs} i_{ds}) \quad (2)$$

3. AFLC 제어기의 설계

AFLC에 의한 유도전동기의 ANN 센서리스 제어의 드라이브 시스템은 그림 2와 같다.

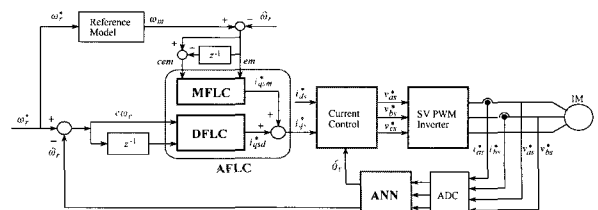


그림 2 AFLC에 의한 유도전동기의 ANN 센서리스 제어기
Fig. 2 ANN sensorless controller of induction motor with AFLC

그림 3은 기준모델에 의한 MFLC(Model Fuzzy Logic Controller)을 나타낸다.

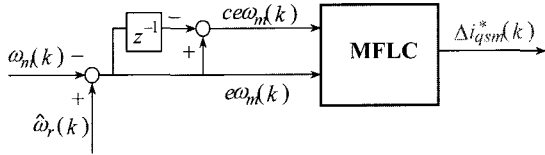


그림 3 기준모델에 의한 MFLC
Fig. 3 MFLC with reference model

그림 4는 MFLC의 기법을 나타내며 기준모델의 출력인 ω_m 와 추정속도 $\hat{\omega}_r$ 를 비교하여 오차분과 오차의 변화분을 입력으로 퍼지동작을 수행하며 출력은 Δi_{qsm}^* 이다.

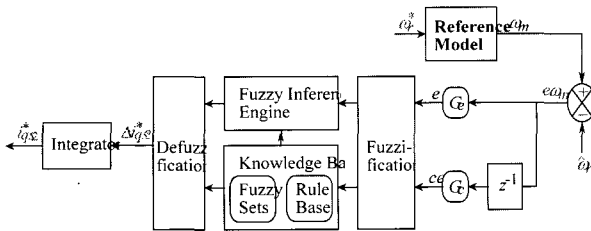


그림 4 MFLC 방식
Fig. 4 MFLC scheme

그림 2에서 AFLC를 더욱 상세하게 나타내면 그림 5와 같다. MFLC에 의한 출력은 $\Delta i_{qsm}^*(k)$ 를 발생시킨다. $\Delta i_{qsd}^*(k)$ 과 $\Delta i_{qsm}^*(k)$ 를 합하여 $\Delta i_{qs}^*(k)$ 를 구하고 이를 적분기를 통해 $i_{qs}^*(k)$ 를 발생시켜 플랜트에 인가한다.

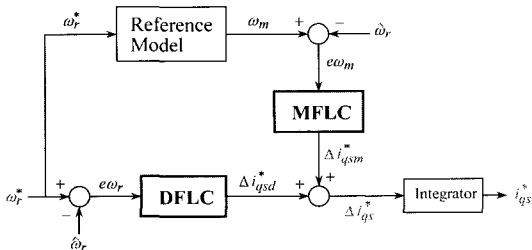


그림 5 AFLC의 구성
Fig. 5 Configuration of AFLC

MFLC의 입력은 기준모델의 출력과 실제속도의 오차($e\omega_m(k)$)와 오차의 변화분($ce\omega_m(k)$)을 사용한다.

오차와 오차의 변화분은 다음과 같다.

$$e\omega_m(k) = \omega_m(k) - \hat{\omega}_r(k) \tag{3}$$

$$ce\omega_m(k) = e\omega_m(k) - e\omega_m(k-1) \tag{4}$$

위의 두 입력은 MFLC의 룰 베이스에 의해 지령 q 축 전류에 보상되는 $\Delta i_{qsm}^*(k)$ 가 발생되고 $\Delta i_{qsd}^*(k)$ 에 추가된다. 그러므로 퍼지제어기의 지령 q 축 전류는 다음과 같다.

$$i_{qs}^*(k) = i_{qs}^*(k-1) + [\Delta i_{qsd}^*(k) + \Delta i_{qsm}^*(k)] \tag{5}$$

$e\omega_m, ce\omega_m$ 및 $\Delta i_{qsm}^*(k)$ 의 전체집합은 각각 (-180, 180) [rad/s], (-6, 6) [rad/s] 및 (-1, 1) [A]로 설정한다.

4. ANN에 의한 속도 추정

ANN(Artificial Neural Network)은 인간 두뇌의 간단한 모델에 의해 사고하는 구조로 된 컴퓨팅 시스템이다. ANN은 비선형 동적 시스템의 파라미터를 추정 및 제어를 하는데 사용된다.

ANN을 위한 이상적인 적용은 비선형 시스템의 추정분야에 있다. 실질적으로 어떤 이산 비선형 시스템은 지연 입·출력에서 시스템을 표현할 수 있는 NARMAX(Nonlinear AutoRegressive Moving Average with eXogenous inputs) 모델에 의해서 나타낼 수 있다. 일반적으로 NARMAX 모델은 다음과 같은 형태로 나타낼 수 있다.

$$\mathbf{y}(k+1) = \mathbf{f}(\mathbf{y}(k), \dots, \mathbf{y}(k-d_y), \mathbf{u}(k), \dots, \mathbf{u}(k-d_u)) \tag{6}$$

여기서 d_u 와 d_y 는 입력과 출력 벡터 u 와 y 에서 최대 지연을 나타낸다. 이 모델의 형태는 모델이 전적으로 기지 양으로 표현되기 때문에 시스템의 추정을 추구하는데 이상적이다. 그림 6은 ANN을 이용한 시스템의 추정을 나타낸다. ANN은 시스템의 NARMAX 모델을 추정하는데 사용하며 이를 위해 식 (6)에서 필요한 입력과 예측 출력벡터 $\hat{y}(k+1)$ 로서 ANN의 출력을 구성한다. 시간 $k+1$ 에서 예측 출력벡터를 실제 출력벡터와 비교하여 식 (6)에서 함수 $\mathbf{f}(\cdot)$ 를 에뮬레이터하기 위하여 학습한다. 그리고 오차 역전파 알고리즘에 의해 ANN 하중을 새롭게 하기 위하여 오차를 사용한다.

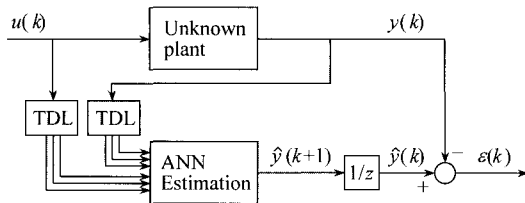


그림 6 ANN을 이용한 시스템 추정
Fig. 6 System estimation using ANN

ANN을 이용한 시스템의 추정에서 구한 최종 추정 속도는 다음 식과 같다.

$$\begin{aligned} \hat{\omega}_r(k+1) &= \hat{\omega}_r(k) + \Delta\hat{\omega}_r(k) \\ &= \hat{\omega}_r(k) + \frac{\Delta W_2(k)}{T} \\ &= \hat{\omega}_r(k) + \frac{\eta}{T} \{ [\hat{\phi}_{dr}(k) - \hat{\phi}_{dr}(k-1)] \hat{\phi}_{dr}(k-1) - [\hat{\phi}_{dr}(k) - \hat{\phi}_{dr}(k-1)] \hat{\phi}_{qr}(k-1) \} \\ &\quad + \frac{\alpha}{T} \Delta W_2(k-1) \end{aligned} \quad (7)$$

여기서 T 는 샘플링 주기를 나타내며 η 는 학습계수이며 학습과정에서 학습율을 나타낸다. 이 계수가 크면 하중 변화가 크다. 실제 구현을 위하여 학습율은 진동이 유발되지 않는 범위에서 큰 값으로 선정한다. 계수 α 는 현재 하중에서 변동하는 과거 하중의 영향을 결정한다.

추정속도를 이용한 회전자 자극의 추정위치는 다음과 같다.

$$\hat{\theta}_r(k+1) = \hat{\theta}_r(k) + T \cdot \hat{\omega}_r(k) \quad (8)$$

5. 시뮬레이션 결과

본 연구에서 사용한 유도전동기의 파라미터는 표 1과 같다

표 1 유도전동기의 파라미터
Table 1 Parameter of induction motor

극 수	4
고정자 저항 R_s	0.345[Ω]
회전자 저항 R_r	0.240[Ω]
정격 주파수	60[Hz]
고정자 인덕턴스 L_s	114.14[mH]
회전자 인덕턴스 L_r	115.81[mH]
상호 인덕턴스 L_m	109.81[mH]
정격 속도	1800[rpm]
정격 관성 J_n	0.02745[kg·m ²]

본 논문에서 제시한 AFLC의 응답특성을 DFLL과 비교하였다. 그림 7은 DFLL 의한 유도전동기 드라이브의 응답 특성이다. 속도의 2승에 비례하는 팬 부하를 인가한 상태에서 0.3[sec]에서 스텝 지령속도를 1800[rpm]으로 운전하다가 1.0[sec]에서 1.5[sec]까지 부하토크를 5[N·m] 인가하였을 경우의 응답특성을 나타낸다. 그림 7(a)에서 추정속도는 지령속도에 추종하고 있으나 오버슈트가 발생하고 부하를 인가할 경우에는 속도변화가 크게 나타나고 있다. 그림 7(b)는 q 축 전류, 그림 7(c)는 d 축 전류를 나타낸다. 그림 7(d)는 발생토크를 나타낸다.

그림 8은 그림 7과 같은 조건으로 운전할 경우, 본 연구에서 제시한 AFLC의 응답특성을 나타낸다. MFLL에서 사용한 기준모델의 1차 지연요소의 시정수는 $\tau=120[msec]$ 로 설정하였다. 그림 8(a)에서 추정속도는 DFLL에 비해 오버슈트가 매우 작게 나타났으며 정상상태에 빠르게 추종하며 부하인가에 대한 속도변화도 양호하게 나타낸다.

그림 9는 그림 7과 8의 DFLL과 AFLC의 속도와 q 축 전류를 비교한 결과이다. 그림 9(a)와 (b)는 스텝 지령속도 변화에 따른 응답 비교로서 AFLC에서 속도는 DFLL의 속도에 비해 고속으로 추종하며 오버슈트가 매우 작게 나타낸다. 그림 9(c)와 (d)는 부하변화에 대한 응답비교이며 부하 변화에도 AFLC의 응답 특성이 양호하게 나타낸다. 그리고 그림 9(b)와 (d)에서 AFLC의 q 축 전류는 빠르게 추종하고 있다.

그림 10은 관성을 5배 증가시켰을 때 DFLL과 AFLC의 속도와 q 축 전류를 비교한 결과이다. 관성을 증가시켰을 때 AFLC의 속도변화가 DFLL에 비해 작게 나타나고 속도추종도 고속으로 나타나므로 AFLC의 응답특성이 매우 향상됨을 알 수 있다.

그림 11은 관성변화에 따른 AFLC의 응답특성을 나타낸다. 관성이 증가하면 오버슈트가 감소하고 부하를 인가할 경우에는 속도의 변화가 감소한다. 그리고 q 축 전류도 관성의 증가에 비례하여 큰 폭으로 증가하고 있다.

그림 12는 무부하 상태로 4상한 운전시 DFLL과 AFLC의 응답특성을 나타낸다. 그림12(a)는 DFLL의 지령속도와 추정속도를 나타내고 그림 12(b)는 AFLC의 지령속도와 추정속도를 나타내며 추정속도는 지령속도에 양호하게 추종하고 있다. 그림 12(c)는 퍼지제어기의 q 축 전류, 그림 (d)는 AFLC의 q 축 전류이다. 그림 12(e)는 지령속도와 추정속도의 오차를 나타내며 AFLC의 속도오차는 DFLL에 비해 매우 감소하고 있다.

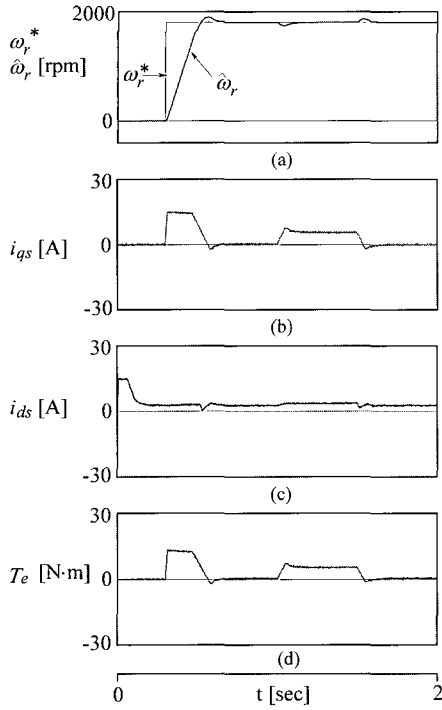


그림 7 DFLC의 응답특성
Fig. 7 Response Characteristics of DFLC

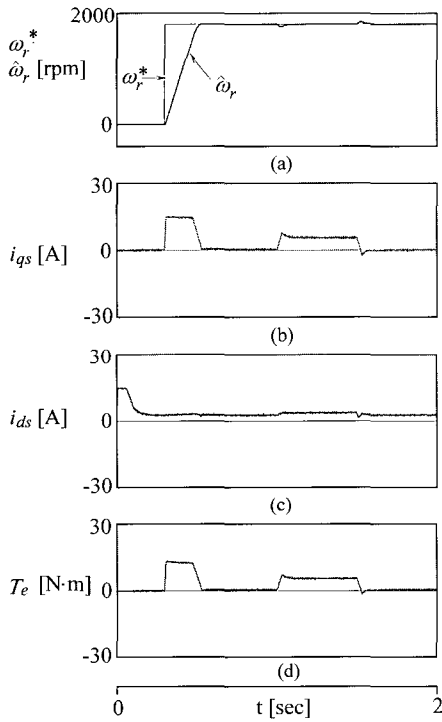


그림 8 AFLC의 응답특성
Fig. 8 Response Characteristics of AFLC

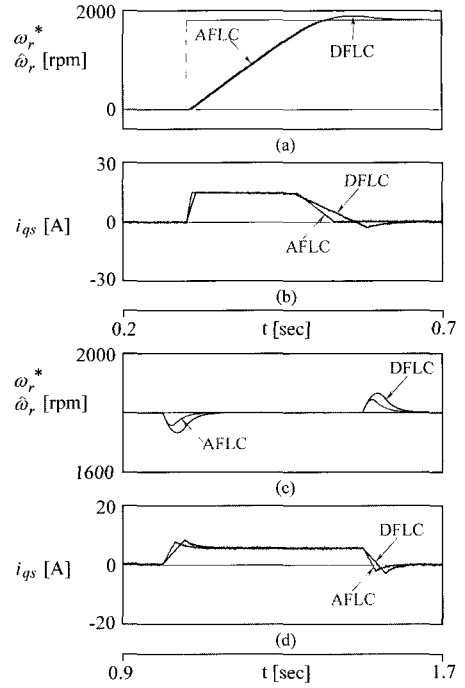


그림 9 DFLC와 AFLC의 응답특성의 비교
Fig. 9 The comparison of response characteristics with DFLC and AFLC

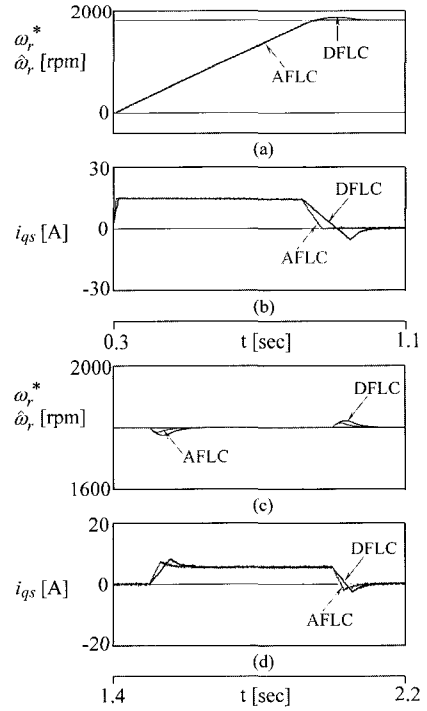


그림 10 DFLC와 AFLC의 응답비교
Fig. 10 Response Comparison with DFLC and AFLC ($J = 5J_n$)

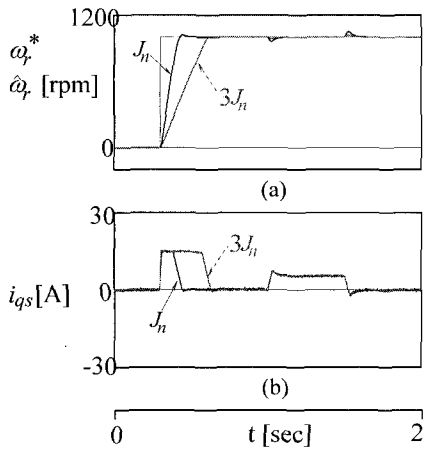


그림 11 관성에 의한 AFLC의 응답비교
 Fig. 11 Response Comparison of AFLC with Inertia

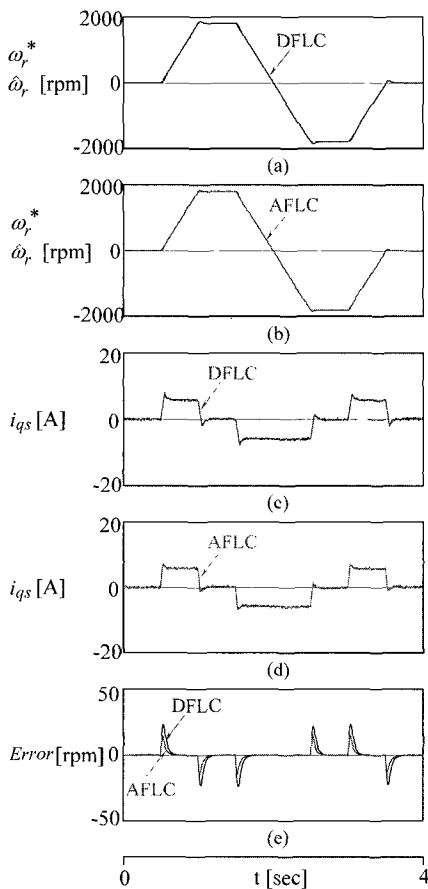


그림 12 4상한 동작에서 DFLL과 AFLC의 응답비교
 Fig. 12 Response Comparison with DFLL and AFLC in quadrant drive ($J = J_n$)

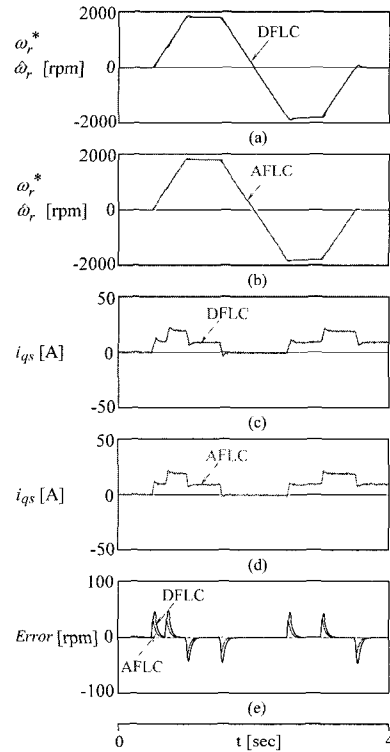


그림 13 4상한 동작에서 DFLL과 AFLC의 응답비교
 Fig. 13 Response Comparison with DFLL and AFLC in quadrant drive ($J = 3J_n$)

그림 13은 관성을 3배 증가시키고 0.7[sec]에서 부하 토크를 $5[N \cdot m]$ 인가하여 4상한 운전하였을 경우의 응답특성을 나타낸다. 관성의 증가에 따라 지령 속도변화에 대한 추정속도는 크게 변화하고 부하를 인가했을 경우에는 속도가 큰 폭으로 변화한다. 그러나 AFLC의 속도는 종래의 DFLL 보다 속도변화의 폭은 감소되고 추정속도가 지령속도에 양호하게 추종하고 있다. 따라서 본 논문에서 제시한 AFLC가 속도의 변화, 부하변화 및 관성변화 등의 광범위한 운전조건에서 DFLL 보다 응답특성이 매우 향상된다. 따라서 제시한 AFLC의 타당성을 입증할 수 있다.

6. 실험 결과

그림 14는 무부하 상태에서 스텝 지령속도를 정격인 1720[rpm]으로 운전시켰을 경우의 DFLL의 응답특성 결과이다. 그림 14(a)는 지령속도와 추정속도, 그림 14(b)는 q축 전류를 나타내고 그림 14(c)는 발생토크를 나타낸다. DFLL의 속도는 오버슈트가 크게 나타

난다. 그림 15는 그림 14와 같은 조건에서 운전하였을 경우의 AFLC의 응답특성을 나타낸다. AFLC는 DFCL에 비해 오버슈트가 적고 안정화 시간이 빠르며 정상 상태에 빠르게 도달한다.

그림 16은 부하토크를 $4[N \cdot m]$ 인가한 상태에서 정격속도로 운전하였을 경우의 DFCL의 응답특성을 나타내고 그림 17은 그림 16과 같은 조건에서 AFLC의 응답특성을 나타낸다. 부하를 인가한 경우에도 AFLC의 성능은 DFCL보다 오버슈트가 적고 양호하게 나타난다.

그림 18은 무부하 상태에서 $1000[\text{rpm}]$ 으로 운전 중, 부하토크를 $10[N \cdot m]$ 인가 한 경우의 DFCL의 응답특성을 나타낸다. 그림 19는 그림 18과 같은 조건으로 운전하였을 경우의 AFLC의 응답특성을 나타낸다. 일정한 속도로 운전 중, 부하토크를 인가한 경우 AFLC는 DFCL보다 오버슈트도 적고 빠르게 지령속도에 도달하는 것을 알 수 있다.

그림 20은 무부하 상태에서 스텝 지령속도를 $1200[\text{rpm}]$ 과 $600[\text{rpm}]$ 으로 반복적으로 변화시켰을 경우의 DFCL의 응답특성이다. 그림 21은 그림 20과 같은 조건에서 운전하였을 경우의 AFLC의 응답특성을 나타낸다. 무부하 운전상태이고 속도변화의 폭이 적은 경우에 응답특성은 거의 유사하게 나타난다.

그림 22에서 스텝 지령속도를 $-1200[\text{rpm}]$ 과 $1200[\text{rpm}]$ 으로 정·역회전 시켰을 경우의 DFCL의 응답특성이다. 그림 23은 그림 22와 같은 조건에서 운전하였을 경우의 AFLC의 응답특성이다. AFLC는 DFCL보다 오버슈트도 적게 나타나며 안정화 시간도 빠르다.

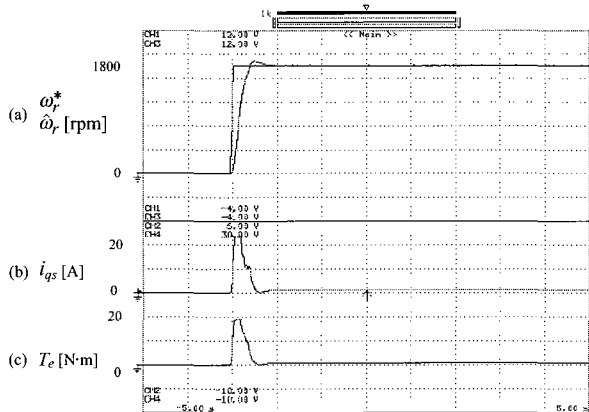


그림 14 스텝 지령속도에 대한 DFCL의 응답특성
Fig. 14 Response Characteristics of DFCL with step command speed

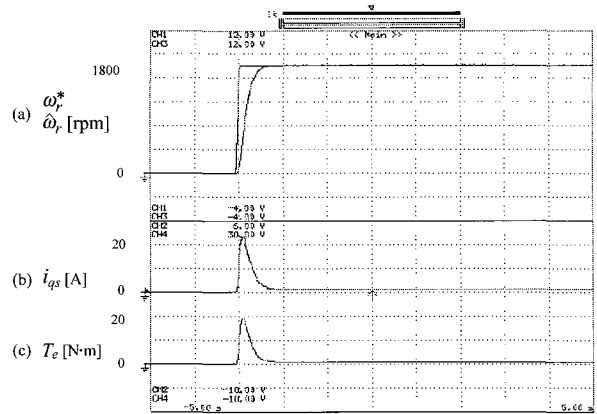


그림 15 스텝 지령속도에 대한 AFLC의 응답특성
Fig. 15 Response Characteristics of AFLC with step command speed

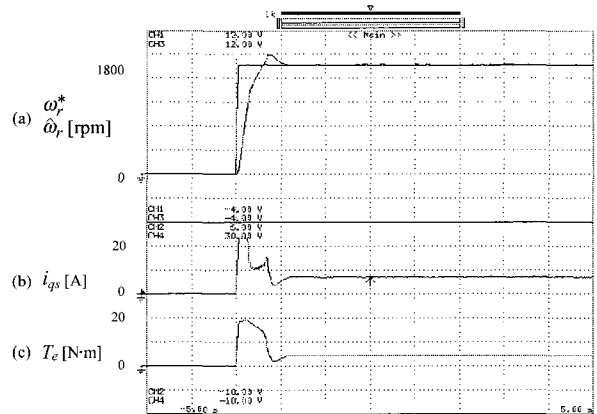


그림 16 부하 인가에 대한 DFCL의 응답특성
Fig. 16 Response Characteristics of DFCL with load torque

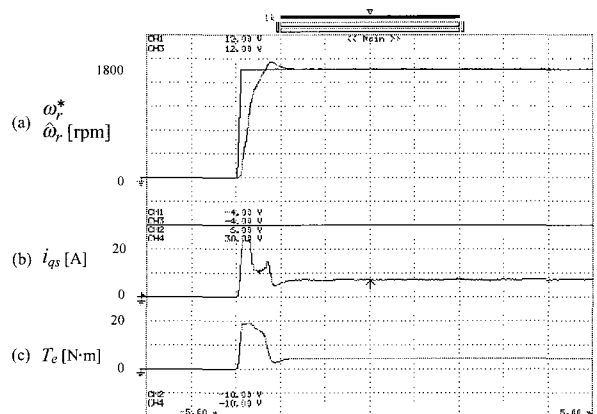


그림 17 부하 인가에 대한 AFLC의 응답특성
Fig. 17 Response Characteristics of AFLC with load torque

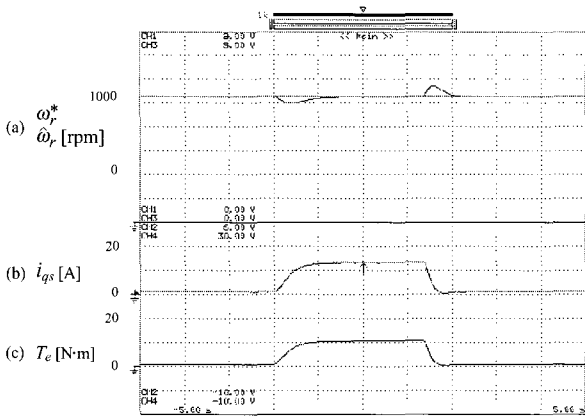


그림 18 부하토크 변화에 대한 DFLLC의 응답특성
 Fig. 18 Response Characteristics of DFLLC with change of load torque

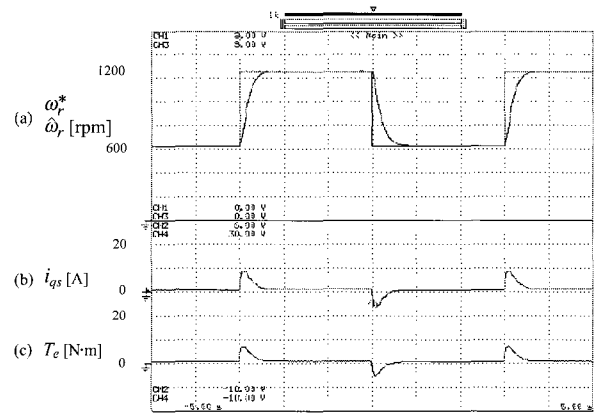


그림 21 스텝 지령속도의 변화에 대한 AFLC의 응답특성
 Fig. 21 Response characteristics of AFLC with change of step command speed

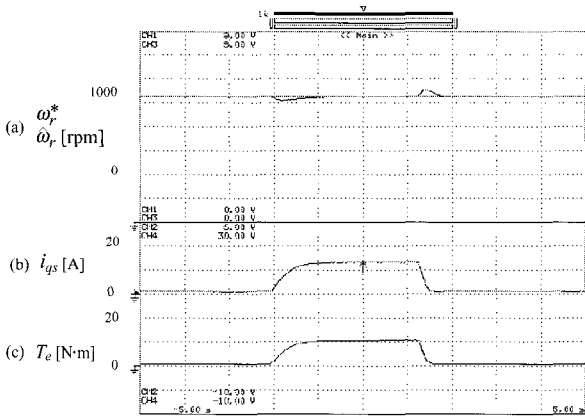


그림 19 부하토크 변화에 대한 AFLC의 응답특성
 Fig. 19 Response Characteristics of AFLC with change of load torque

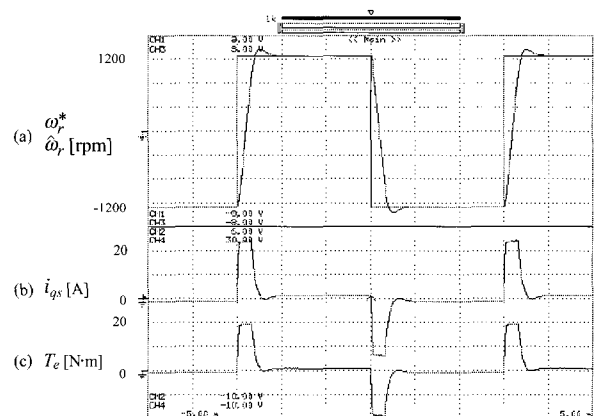


그림 22 스텝 지령속도의 변화에 대한 DFLLC의 응답특성
 Fig. 22 Response characteristics of DFLLC with change of step command speed

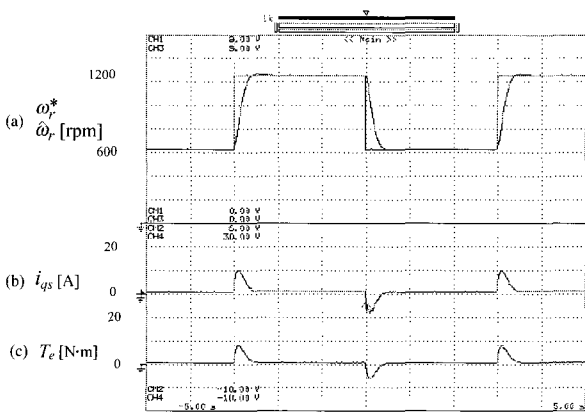


그림 20 스텝 지령속도의 변화에 대한 DFLLC의 응답특성
 Fig. 20 Response characteristics of DFLLC with change of step command speed

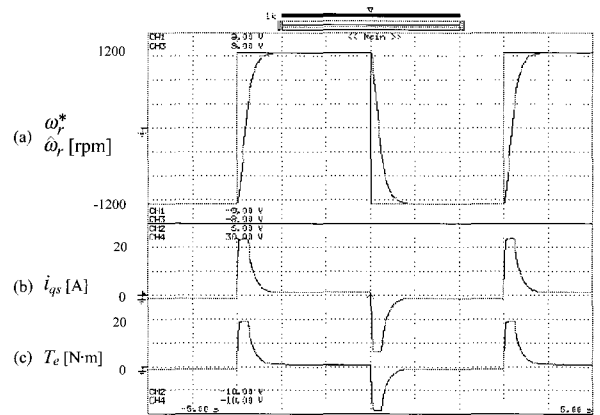


그림 23 스텝 지령속도의 변화에 대한 AFLC의 응답특성
 Fig. 23 Response characteristics of AFLC with change of step command speed

7. 결 론

본 논문에서는 AFLC에 의한 유도전동기의 ANN 센서리스를 제시하여 고성능 속도제어 및 속도추정을 얻을 수 있었다. AFLC 제어기를 이용하여 유도전동기의 속도를 제어하였으며 ANN을 이용하여 속도를 추정하였다. 제시한 AFLC 제어기는 종래의 DFLL 제어기 보다 성능이 우수한 결과를 얻을 수 있었다. 특히, 속도, 부하토크, 관성 및 저항 등 파라미터 변동에도 양호한 응답특성을 얻을 수 있었으며 고성능 및 강인성 제어를 확인할 수 있었다. ANN을 이용하여 다양한 지령속도의 변화에도 추정속도는 추정속도에 양호하게 추정하였다. 지령속도를 정·역회전 운전 및 4상한 운전시켰을 경우에도 추정속도는 지령속도에 양호하게 추정하였다. 그리고 부하토크를 인가할 경우에도 추정속도는 지령속도에 양호한 추정성능을 확인할 수 있었다. 따라서 본 논문에서 제시한 AFLC 제어기의 타당성을 입증할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] C. Schauder, "Adaptive speed identification for vector control of induction motors," IEEE Trans. on IA, pp. 1054-1061, 1992.
- [2] F. Z. Feng, T. Fukao, "Robust speed identification for speed sensorless vector control of induction motors," IEEE Trans. on IA, vol. 30, no. 5, pp. 1234-1240, 1994.
- [3] H. Kubota and K. Matsuse, "Speed sensorless field oriented control of induction motor with rotor resistance adaption," IEEE Trans. on IA, vol. 30, no. 5, pp. 1219-1224, 1994.
- [4] H. G. Lee, J. C. Lee and D. H. Chung, "Design of fuzzy controller induction drive considering parameter change," The Trans. of KIEE, vol. 51P, no. 3, pp. 111-119, 2002.
- [5] H. G. Lee, J. C. Lee and D. H. Chung, "New fuzzy controller for high performance of induction motor drive," The journal of KIIS, vol. 17, no. 4, pp. 87-93, 2002.
- [6] G. Yang and T. H. Chin, "Adaptive speed identification scheme for vector controlled speed sensorless inverter induction motor drive," IEEE Trans. on IA, vol. 29, no. 4, pp. 820-825, 1993.
- [7] G. Henneberger, et al., "Field oriented control of synchronous and asynchronous drives without mechanical sensors using a kalman filter," EPE, Firenze, pp. 3.644-671, 1991.

- [8] D. H. Chung, "Power electronics and motor control," Interscience Press, 2005.

저 자 소 개



최정식(崔正植)

1980년 2월 9일생. 2005년 순천대 전기제어공학과 졸업. 2006년 현재 동 대학원 전기공학과 석사과정.



고재섭(高在涉)

1980년 2월 2일생. 2005년 순천대 전기제어공학과 졸업. 2006년 현재 동 대학원 전기공학과 석사과정.



정동화(鄭東和)

1955년 8월 15일생. 1979년 영남대 공대 전기공학과 졸업. 1981년 한양대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학). 1988년~1989년 현대중전기(주) 기술연구소 책임연구원. 1989년~현재 순천대 전기전자정보통신공학부 교수.