

지능형 AC서보 제어드라이버의 개발

김동완 · **황기현** · *남정락* · *신동률* · 박지호*
*동명대학 전기전자계열 교수 · 부산대 컴퓨터 및 정보통신연구소 기금교수

*Dong-Wan Kim · **Gi-Hyun Hwang · *Jing-Rak Nam · *Dong-Ryul Shin · *Jee-Ho Park

*TongMyong College · **Pusan Nat. Univ. · *Dong-A Univ.

Abstract - In this paper, we designed the adaptive fuzzy logic controller(AFLC) using neural network and tabu search. We tuned the weights of neural network changing adaptively input/output gain of fuzzy logic controller and the gain of fuzzy logic controller using tabu search. To evaluate the proposed method's effectiveness, we apply the proposed AFLC to the speed control of an actual AC servomotor system. The experimental results show that AFLC has the better control performance than PI controller in terms of settling time, rising time and overshoot.

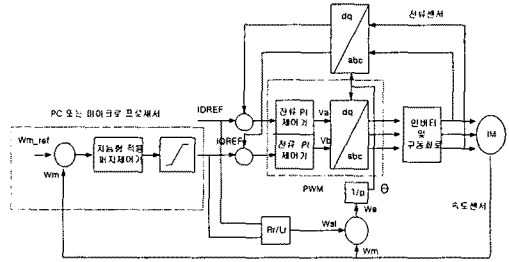


그림 1 AC 모터용 지능형 적응 퍼지제어기의 구조

1. 서 론

현재 산업분야에서 사용하고 있는 AC 서보 모터의 제어는 대부분이 PI(비례-적분)를 사용하고 있어 외란이나 고정밀 제어를 요구하는 분야에서는 제어 성능이 저하됨으로 이런 문제점을 보완할 수 있는 지능형 제어기의 개발이 적실히 요구되고 있다. 이를 문제점을 해결하기 위해서는 고성능, 마이크로 프로세서의 기술, 제어이론의 발전 및 고속 스위칭 전력용 반도체 소자 등의 발전이 필요하며 이를 위한 지능형 제어기술의 축적이 절실히 요구되고 있다[1-4].

본 논문에서는 기존의 AC 서보 모터 제어의 문제점을 해결하기 위해서 고정밀 및 강인한 제어 성능을 가진 지능형 AC 서보 제어드라이브 개발 및 Visual C++를 이용한 적응 퍼지제어기(AFLC)를 개발하였다. 본 논문에서 제안한 AC 서보 모터용 적응 퍼지제어기는 두 단계로 구성되어 있고, 첫 번째 단계는 퍼지제어기의 입·출력 이득의 초기값과 신경회로망의 가중치를 Tabu 탐색법을 이용하여 최적화하는 단계이고, 두 번째 단계는 신경회로망을 이용하여 퍼지제어기의 입·출력 이득을 실시간으로 변경하는 부분이다. 이러한 적응 퍼지제어기를 위하여 IGBT, TF1205 등을 이용하여 가장 적합한 제어드라이브를 개발하였다.

2. 지능형 AC 서보모터 제어드라이브 개발

본 논문에서 개발한 지능형 AC 서보 제어드라이버의 구성 및 기본 내용은 다음과 같다. 지능형 AC서보 제어시스템의 구성도는 그림 1과 같고, 그림 1에서 보는 것처럼 지능형 적응 퍼지제어기가 장착된 PC 또는 마이크로 프로세서부, 펄스폭 변조(PWM)부, 인버터 및 구동회로부 및 전류 및 속도 센서부로 구성되어 있다.

2.1 AFLC가 장착된 PC 또는 마이크로 프로세서부

일반적으로 퍼지제어기는 외란 및 제어시스템의 파라메타 변동에 대해서 뛰어난 제어 성능을 나타내지만, 다양한 외란 및 제어시스템의 파라메타 변동에 대해서 최

적의 제어 성능을 얻을 수 없다. 따라서 본 논문에서는 다양한 외란 및 제어시스템의 파라메타 변동에 대해서 최적의 제어 성능을 얻기 위해서 퍼지제어기의 입·출력 이득을 전방향 신경회로망을 이용하여 실시간으로 매 샘플링시간마다 적응적으로 변경하는 지능형 적응 퍼지제어기를 개발하였다. 그리고 퍼지제어기의 입·출력 이득과 전방향 신경회로망의 가중치를 반복학습 방법으로 경험적인 탐색방법인 Tabu 탐색법을 이용하여 튜닝하였다. 이렇게 개발된 지능형 적응 퍼지제어기는 Visual C++를 이용하여 구현할 것이며, PC 또는 마이크로 프로세서에 탑재될 것이다. 그림 1은 Tabu 탐색법을 이용하여 퍼지제어기의 입·출력 이득과 신경회로망의 가중치를 튜닝하기 위한 구성도를 나타낸다. 그림 1에서 보는 것처럼 퍼지제어기의 입력으로 오차와 오차의 변화분을 사용할 것이고, 전방향 신경회로망의 입력으로 시지연을 가지는 기준입력과 실제출력사이의 오차를 사용할 것이다. 그리고 퍼지제어기의 입·출력 이득 및 전방향 신경회로망의 가중치를 학습하기 위해 사용된 Tabu 탐색법의 입력으로 오차의 절대치 합을 이용할 것이다. 그리고 전방향 신경회로망의 출력은 퍼지제어기의 입·출력 이득을 실시간으로 매 샘플링시간마다 적응적으로 변경하기 위해 사용하였다.

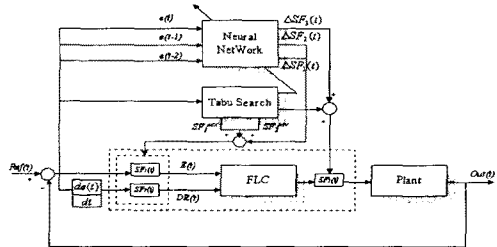


그림 2 Tabu 탐색법을 이용한 적응 퍼지제어기의 개발을 위한 구성도

2.2 펄스폭 변조(PWM)부

본 논문에서는 상태 공간전압 PWM 방식을 적용하였고, 이 방법은 실제 스위칭 시간이 인버터가 출력할 수 있는 8개의 스위칭 상태에 기준을 두고 결정되는데 실제의 스위칭 패턴을 생성하기 위해서 벡터 공간상에서 기준 전압벡터에 가장 가까운 2개의 유효 스위칭 벡터를 선정하고 각각의 벡터가 인가되는 시간을 한 주기 평균의 개념으로부터 산출해서 이렇게 산출된 시간은 또다시 실제 스위칭시간을 생성하기 위해서 재 합성되어 실제의 스위칭 ON-OFF시간이 결정하는 방식이다.

2.3 인버터 및 구동회로부

인버터 및 구동회로부는 게이트 드라이브, 정류부, 전력 변환장치로 구성되어 있다. 3상 교류전원을 정류소자를 이용하여 직류전원으로 변경하여 이를 전력 변환 장치에 공급을 하고 3상 인버터 전력용 소자 IGBT(1MBH60-100) 6개를 이용하여 AC모터의 전원으로 사용하였다. 그림 3은 인버터 회로를 나타내었다.

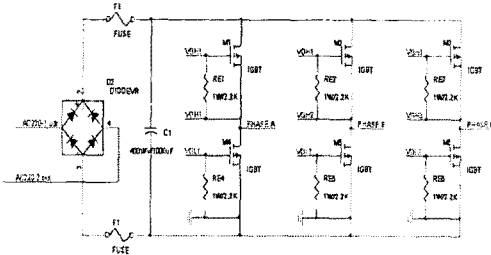


그림 3 인버터 회로

2.4 전류 및 속도 센서부

AC 서보 모터의 전류를 검출하여 지능형 적응 퍼지 제어기의 출력과 비교를 하여 오차 신호를 PWM의 입력으로 사용되는 부분인데, 검출장치로 전류센서인 LA25-NP를 사용하여 전류를 검출하였고, 전류검출을 위해서 전동기 입력전류 중 2상을 감지하여 아날로그 신호를 Lab card를 이용하여 디지털로 변환하여 PWM의 입력하였다.

속도 검출은 실제 구동되는 AC 서보 모터의 속도와 지령 속도와 비교하여 적응 퍼지제어기의 입력으로 사용되는 부분인데, 모터의 축에 엔코더를 설치하여 속도를 감지하게 되는데, 이 속도 센서의 분해능은 1024(p/rev)을 갖는다. 그림 4는 속도 검출 회로부를 나타내었다.

4. 실험 결과

그림 5는 본 논문에서 개발한 지능형 고성능 AC 서보 모터의 제어드라이브 및 적응 퍼지제어기의 전체 실험장치를 나타내었다. 그림 6(a)은 지능형 고성능 AC 서보 모터의 제어드라이브 부분을 나타내었고, 그림 6(b)는 AC 서보 모터를 나타내었다. 그림 6은 실수형 유전알고리즘과 신경회로망을 이용하여 AFLC 및 PI제어기의 설계에 사용된 기준속도에 대한 AC 서보 모터의 시뮬레이션결과를 나타내었다. 그림 7에서 보는 것처럼 제한안 적응 퍼지제어기가 PI제어기보다는 상승시간과 정정상시간 면에서 더 좋은 제어성능을 보임을 알 수 있다. 그림 8

은 적응 퍼지제어기의 기준속도 600[rpm]에 대한 AC 서보 모터의 실험결과를 보였다.

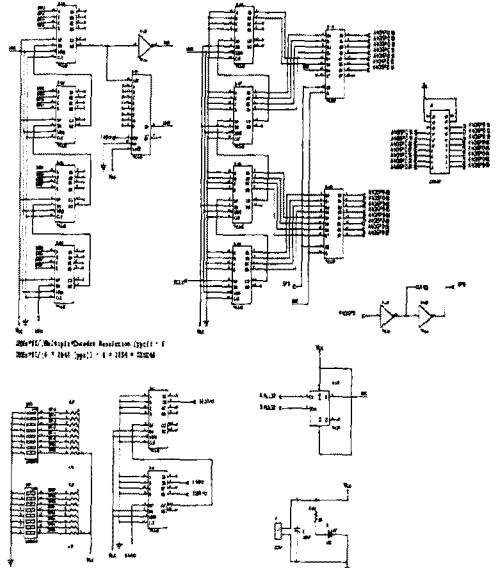


그림 4 속도 검출회로

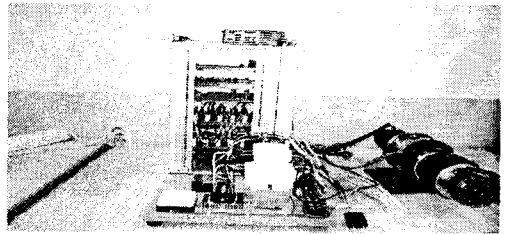
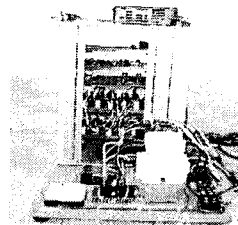
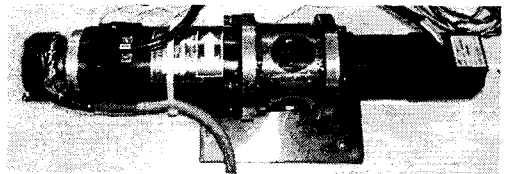


그림 5 지능형 고성능 AC 서보 모터의 전체 실험장치

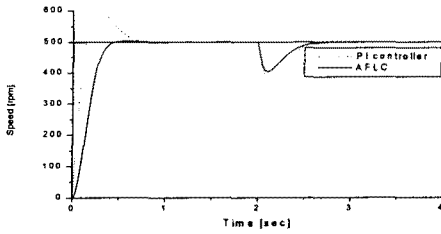


(a) 제어드라이브

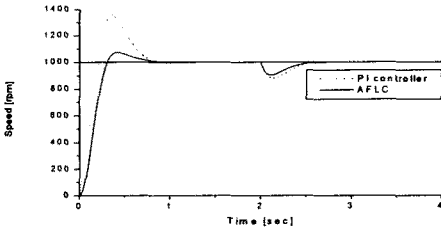


(b) AC 서보 모터

그림 6 제어드라이브 및 AC 서보 모터



(a) 기준속도 500[rpm]



(b) 기준속도 1000 [rpm]

그림 7 AC 서보 모터의 속도응답 특성

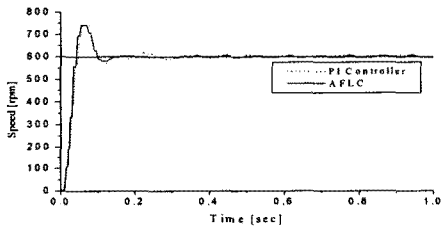


그림 8 AC 서보 모터의 속도응답

5. 결론

5.1 활용전망 및 분야

본 연구에서 개발한 지능형 고성능 AC 서보 모터의 제어드라이브 및 적응 퍼지제어기의 개발에 따른 활용분야로써는 다음과 같다.

- 지능형 고성능 AC 서보 모터는 전기자동차, 골프카, 지게차, 전동대차 등에 적용할 수 있을 것으로 사료된다.
- 다른 응용 분야로써는 가장 일반적으로는 자동배수장치 및 반도체 분야, 산업계에서 생산성 증가와 제품의 품질 향상을 위해 공장 자동화 산업에 사용되고 있는 산업용 로봇 분야, 조립자동화 시스템 분야 등의 분야에 광범위하게 적용가능 할 것으로 사료된다.

5.2 기술적 파급효과

본 연구에서 개발한 고정밀 제어 및 강인한 제어 성능을 가진 지능형 AC 서보 모터용 적응 퍼지제어기의 개발에 따른 기술적 파급효과는 다음과 같다.

- 지능형 AC 서보 모터용 적응 퍼지 제어기(퍼지제어기와 신경망제어기)의 사용으로 인한 제어성능 개선
- AC 서보 모터의 강인성과 안정성의 향상이 기대되고 PC와 지능제어기법에 관한 기술을 축적

5.3 경제적 파급효과

본 연구에서 개발한 고정밀 제어 및 강인한 제어 성능을 가진 지능형 AC 서보 모터용 적응 퍼지제어기의 개발에 따른 경제적 파급효과는 다음과 같다.

- 산업계에서 공장 자동화 산업에 사용되는 여러 분야의 일반화에 대한 제어기술의 확보 등과 같은 기술적인 파급 효과
- 최신 제어기법의 적용으로 인한 지능형 AC 서보 모터 제어기 성능증대 효과 분석자료로 활용
- 지능형 AC 서보 모터의 고성능화로 인한 설비 경제성 증가

감사의 글

본 논문은 2001년도(9차년도) 산·학·연 지역혁신사업 과제에의 연구결과임(과제번호:TMC-7)

참고 문헌

- [1] M. M. Salem, Y. Atia, M. B. Zahran, and A. M. Zaki, "Real-time Implementation of Online Trained Neurocontroller for a BLDC Motor", *International Joint Conference on Neural Networks*, Vol. 1, pp. 527-531, 2001
- [2] F. Bonvin and Y. Perriard, "BLDC Motor Control in Multiple dq Axes", *2000 Eighth International Conference on Power Electronics and Variable Speed Drives*, No. 475, pp. 500-505, 2000
- [3] J. P. Johnson, K. M. Rahman, M. Ehsani, "Application of a Clustering Adaptive Fuzzy Logic Controller in a Brushless DC Drive", *IEEE International Conference on Industrial Electronics, Control and Instrumentation*, Vol. 3, pp. 1001-1005, 1997
- [4] C. K. Lee and N. M. Kwok, "Chattering Reduction of a Digital Variable Structure BLDC Motor Speed Control System Using a Look-ahead Law", *Proceedings of the 4th IEEE Conference on Control Applications*, pp. 599-604, 1995
- [5] D. E. Goldberg, *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*, Addison-Wesley publishing Company, INC., 1989
- [6] Mitsuo Gen and R. Cheng, *Genetic Algorithms & Engineering Design*, A Wiley-Interscience Publication, 1997