

PIC16C74를 이용한 초소형 DC 모터용 구동회로 및 지능형 제어기 설계

김동완^{*} · 우정인^{**} · 노태균^{***} · 박지호^{****} · 황기현^{*} · 이민중^{*}
 * 동명대학 전기전자정보계열 · ** 동아대학교 전기공학과 · *** 유한대학 디지털모터과
 등명대학 기계정보계열 · °(주)이노트론 기술개발연구소

**Design of Intelligent Controller and Driving Circuit
 for Micro DC Motor Using PIC16C74**

D. W. Kim^{*} · J. I. Woo^{**} · T. K. Roh^{***} · G. H. Park^{****} · G. H. Hwang^{*} · M. J. Lee^{*}
 * Dep. of Electrical Engineering, Dong-Myong College · ** Dep. of Electrical Engineering, Dong-A University ·
 *** Dep. of Digital Motor Engineering, Yuhan College · **** Dep. of Machine Information Engineering,
 Dong-Myong College · °Department of R&D, Innotron Co.

Abstract - 본 논문에서는 마이컴(PIC16C74)과 Tabu 탐색법 및 지능기법(퍼지 및 신경회로망)을 이용하여 고정밀 제어 및 강인한 제어 성능을 가지는 초소형 DC 모터용 지능형 제어기를 개발하였다. 이를 위해 마이컴(PIC16C74)을 이용한 지능형 제어 알고리즘을 개발하고, 초소형 DC 모터용 드라이브 회로 설계 및 제작하였다. 개발한 초소형 DC 모터용 지능형 제어기는 디지털 자동 용접제어에 적용할 예정이며, 다른 응용 분야로써는 자동배수장치, 반도체 분야, 산업용 로봇 분야 및 조립자동화 시스템 분야 등에 사용되는 구동모터에 적용함으로써 정밀도와 외부의 잡음에 대한 영향을 경감시켜 안정성과 효율향상 및 에너지절약이 가능할 것이다.

1. 서 론

현재 산업분야(로봇, 자동배수장치 등)에서 사용하고 있는 초정밀 DC 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 적절히 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[1-3].

직류 모터는 교류 모터에 비해 제어가 용이한 장점 때문에 다양한 서보 시스템에 널리 사용되고 있다. 직류 모터의 제어 방법으로 산업현장에서 가장 많이 사용되고 있는 것은 비례-적분(PI) 또는 비례-적분-미분(PID) 제어이다. 선형시스템에서는 PI, PID 제어기의 이득은 대부분 일정하며 제어기의 이득이 적절한 선정될 경우에는 좋은 제어 특성을 얻을 수 있다. 그러나 직류 모터 제어에서 파라메타 변화, 마찰과 부하의 비선형 특성을 고려한다면 이득이 일정한 선형제어기만으로는 고성능의 제어 특성을 기대하기 어렵다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 PID 제어기의 이득을 제어시스템의 변화에 따라 적절히 조정하는 적응제어(adaptive control) 방법이 연구되었으나, 알고리즘이 복잡하고 많은 계산시간이 소요되어 실제로 제어를 실현하기가 힘든 단점이 있다[6-14].

본 논문에서는 이런 문제점을 해결하기 위하여, 외란에 대해서 강인한 제어성능을 나타내고 고정밀 제어가 가능한 지능형 제어기를 설계하였다. 개발한 초소형 DC 모터용 지능형 제어기는 고정밀 제어가 가능하고 실시간으로 제어기의 파라메타가 적응적으로 변경됨으로 외란 등에 강인한 제어성능을 나타내었다.

2. 기술개발 내용

PIC16C74를 이용한 초소형 DC 모터용 구동회로 및 지능제어기 설계에 대한 구성 및 개발 방법은 다음과 같다. 본 논문에서 개발한 초소형 DC 모터용 지능형 제어기의 블록선도는 그림 1과 같고, 그림 1에서 보는 것처럼 지능형 제어기가 장착된 마이컴(PIC16C74) 부, 펄스폭 변조(PWM)부, 구동회로부 및 전류 및 속도 센서부로 구성되어 있다.

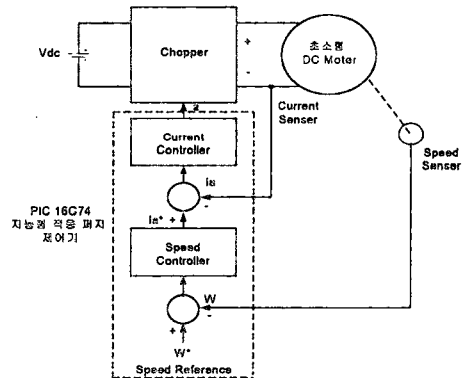


그림 1 초소형 DC 모터용 지능형 적응 퍼지제어기의 구조

- (1) 지능형 적응 퍼지제어기가 장착된 마이컴부 : 본 논문에서 개발한 DC 모터용 지능형 제어기는 두 단계로 구성되어 있고, 첫 번째 단계는 Tabu 탐색법으로 퍼지제어기의 입·출력 이득과 실시간으로 퍼지제어기의 출력이득을 튜닝하기 위한 신경회로망의 가중치를 튜닝하는 단계이고, 두 번째 단계는 초소형 DC 모터를 고정밀하게 제어하기 위해서 신경회로망을 이용하여 퍼지제어기의 출력 이득을 실시간으로 변경하는 부분이다. 그림 2는 Tabu 탐색법을 이용하여 지능형 적응 퍼지제어기의 입·출력 이득과 신경회로망의 가중치를 튜닝하기 위한 구성도를 나타낸다.

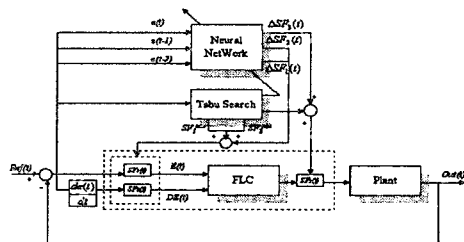


그림 2 Tabu 탐색법을 이용한 적응 퍼지제어기의 개발을 위한 구성도

- (2) 펄스폭 변조(PWM)부 : 본 논문에서는 가장 간단하고 널리 사용되고 있는 삼각파 펄스폭 변조 방식을 사용하였고, 이 PWM은 Visual C++를 이용하여 소프트웨어로 구성하여 마이컴(PIC16C74)에 탑재되고, PIC16C74의 12개의 디지털 출력 Port를 이용하여 구동회로의 스위칭 소자에 신호를 보내진다.
- (3) 구동회로부 : 이 부분은 게이트 드라이브, 정류부, 전력 변환장치로 구성이 되어있다. 교류전원을 정류부소자를 이용하여 직류전원으로 변경하여 이를 전력 변환 장치에 공급을 하고 인버터 전력용 스위칭 소자 4개를 이용하여 초소형 DC 모터의 전원으로 사용하였다. 그리고 서어지 현상을 방지하기 위해서 각 스위칭 소자에 역병렬 다이오드와 스너버회로를 구성하였다. 그림 3은 초소형 DC 모터 구동을 위한 구동회로를 나타내었다.

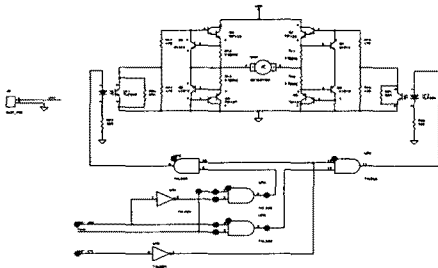


그림 3 초소형 DC 모터 구동을 위한 구동회로

- (4) 전류 및 속도 센서부 : 초소형 DC 모터의 전류를 검출하여 지능형 적응 퍼지제어기의 출력과 비교하여 오차 신호를 PWM의 입력으로 사용되는 부분인데, 검출장치로 전류센서를 사용하여 전류를 검출하였고, 전류검출을 위해서 전동기 입력전류를 감지하여 아날로그 신호를 마이컴의 A/D 변환기를 이용하여 디지털로 변환하여 PWM의 입력으로 사용하였다. 속도 검출은 실제 구동되는 초소형 DC 모터의 속도와 지령 속도와 비교하여 지능형 적응 퍼지제어기의 입력으로 사용되는 부분인데, 모터의 축에 속도센서를 설치하여 속도를 감지하게 된다. 속도의 검출은 속도센서의 펄스를 받아서[rad/s]단위로 회전자의 속도를 계산하게 된다. 그림 4는 속도 검출 회로를 나타내었다.

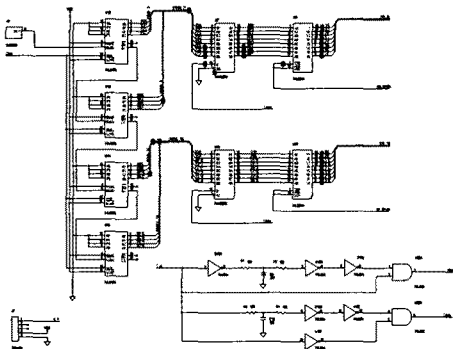


그림 4 속도검출 회로

3. 실험 결과

그림 5는 본 논문에서 개발한 지능형 제어기를 내장한 초소형 DC 모터의 실험장치를 나타내었다. 그림 6은 지능형 제어기가 내장된 초소형 DC 모터 구동장치를 나타내었다. 그림 7은 본 논문에서 개발한 초소형 DC 모터형 지능제어기가 탑재한 PIC16C74에 대한 회로도를 나타내었다.

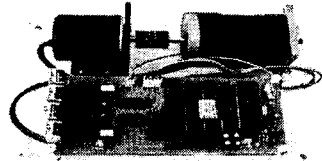


그림 5 지능형 제어기를 내장한 초소형 DC 모터의 실험장치

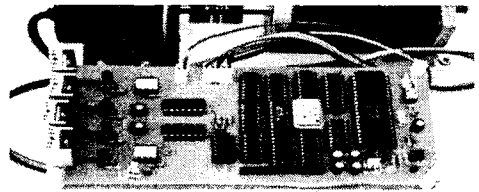


그림 6 초소형 DC 모터구동장치

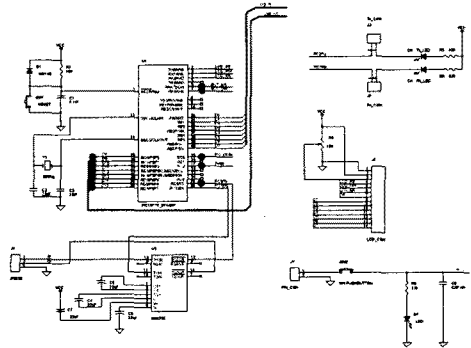


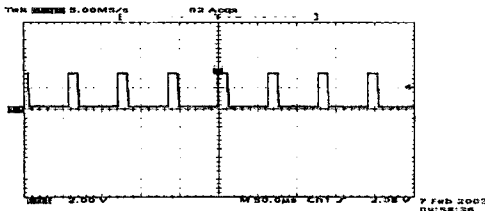
그림 7 DC 모터형 지능제어기가 탑재한 PIC16C74에 대한 회로도

그림 8은 지능제어기에 의해서 만들어진 PWM 파형을 나타내었다. 그림 8에서 보는 것처럼, PWM 폭이 지능제어기의 제어 신호에 따라 잘 변화됨을 알 수 있다. 그림 9의 (a)는 기준속도가 1000[rpm]일 때 속도응답을 나타내었고, 그림 9의 (b)는 기준속도가 1500[rpm]일 때 속도응답을 나타내었다. 그림에서 보는 것처럼 기준속도에 실제속도가 잘 추종함을 알 수 있다.

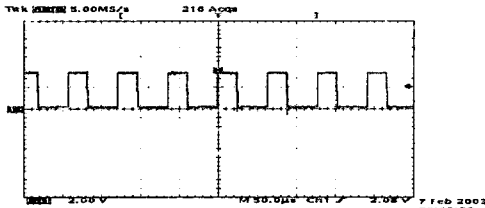
제어기 성능증대 효과 분석자료로 활용
- 초소형 DC 모터의 고성능화로 인한 설비 경제성 증가

[참고 문헌]

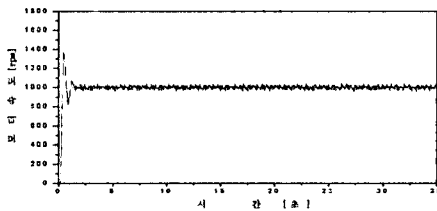
- [1] Li-Xin Wang, Stable Adaptive Fuzzy Controllers with Application to Inverted Pendulum Tracking, IEEE Trans. On Systems, Man, and Cybernetics-Part B : Cybernetics, Vol. 26, No. 5, pp. 677-691, Oct. 1996
- [2] Abraham Kandel, Gideon Langholz, Fuzzy Control Systems, CRC Press, 1994. S. Kung and C. M. Liaw, A Fuzzy Controller Improving a Linear Model Following Controller for Motor Drives, IEEE Trans. On Fuzzy Systems, Vol. 2, No. 3, pp. 194-201, Aug., 1994
- [3] D. E. Goldberg, Genetic Algorithms in Search optimization, and Machine Learning, Addison-Wesley publishing Company, INC., 1989
- [4] Z. Michalewicz, Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs, Springer-Verlag, 1994
- [5] Mitsuo Gen and R. Cheng, Genetic Algorithms & Engineering Design, A Wiley-Interscience Publication, 1997
- [6] Emmanuel G. Collins, Jr. and Chun Fan, Richard Millett , "Automated PI Tuning for a Weigh Belt Feeder via unfalsified Control", Proceedings of the 38th IEEE Conference on Decision and Control, Vol. 1, pp. 785-790, 1999
- [7] Dragan Kukulj, Filip Kulic and Emil Levi, "Artificial Intelligence Based Gain Scheduling of PI Speed Controller in DC Motor Drives", Proceedings of the IEEE International Symposium on Industrial Electronics, Vol. 1, pp. 425-429, 1999
- [8] Fan JC, and Kobayashi T, "A Simple Adaptive PI Controller for Linear Systems with Constant Disturbances", IEEE Transactions on Automatic Control, Vol. 43, No.5, pp. 733-736, May, 1998
- [9] Lian KY and Lin CR, "Sliding-mode motion/force control of constrained robots", IEEE Transactions on Automatic Control, Vol. 43, No. 8, pp. 1101-1103, Aug. 1998
- [10] Benchaib A, Rachid A, Audrezet E and Tadjine M, "Real-time sliding-mode observer and control of an induction motor, "IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 46, No. 1, pp. 128-138, 1999
- [11] 황기현, 윤재영, 박준호, ""유전알고리즘을 이용한 HVDC 정전류 제어용 자기동조 퍼지제어기 설계", 대한전기학회 논문지, 46권 10호, pp. pp. 1461-1467, 1997
- [12] 황기현, 박준호, "적응진화연산을 이용한 퍼지-전력계통안정화장치 설계", 대한전기학회 논문지, 48권 6호, pp. 704-711, 1999
- [13] 황기현, 최재곤, 박준호, "적응진화알고리즘을 이용한 초고압 직류계통의 퍼지제어기 설계", 대한전기학회 논문지, 49권 5호, pp. 205-211, 2000
- [14] Siri Weerasoriya and Mohamed A. El-Sharkawi, "Laboratory Implementation of a Neural Network Trajectory Controller for a DC motor", IEEE Trans. on Energy Conversion, Vol. 8, No. 1, pp. 107 - 113, March, 1993



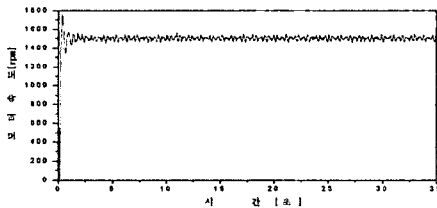
(a) Duty 비(10)



(b) Duty 비(50)
그림 8 PWM 파형



(a) 기준속도가 1000[rpm]



(b) 기준속도가 1500[rpm]
그림 9 속도응답

4. 결 론

본 논문에서는 마이컴(PIC16C74)과 Tabu 탐색법 및 지능기법(퍼지 및 신경회로망)을 이용하여 고정밀 제어 및 강인한 제어 성능을 가지는 초소형 DC 모터용 지능형 제어기를 개발하였다. 이를 위해 마이컴(PIC16C74)을 이용한 지능형 제어 알고리즘을 개발하고, 초소형 DC 모터용 드라이브 회로 설계 및 제작하였다. 본 논문에서 개발한 초소형 DC 모터형 구동회로 및 지능제어기의 개발에 따른 기술적·경제적 파급효과는 다음과 같다.

- 초소형 DC 모터용 지능형 제어기(퍼지제어기와 신경망제어기)의 사용으로 인한 제어성능 개선
- DC 모터의 강인성과 안정성의 향상이 기대되고 마이컴과 지능제어기법에 관한 기술을 축적
- 산업계에서 공장 자동화 산업에 사용되는 여러 분야의 일반화에 대한 제어기술의 확보 등과 같은 기술적인 파급 효과
- 최신 제어기법의 적용으로 인한 초소형 DC 모터