

유전자알고리즘을 이용한 교류서보전동기의 PI 제어기에 관한 연구

(A Study on the PI Controller of AC Servo Motor using Genetic Algorithm)

박세승 · 김 환* · 최연옥 · 조금배 · 김평호

(Se-Seung Park · Hwan Kim · Youn-Ok Choi · Geum-Bae Cho · Pyoung-Ho Kim)

요 약

유전자 알고리즘은 지금까지의 방법으로써는 해결이 곤란한 문제에 대해서 실용상의 최적해를 랜덤하고 빠르게 찾는 방법으로서 사용되어 왔으며, 종래의 검색 알고리즘과 달리 검색 공간 중 하나의 점뿐만 아니라 많은 점을 동시에 고려하기 때문에 국부 최소점(local minima)점에 수렴되는 현상을 극복할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 목적 함수에 연속미분조건이 없으며 다수의 변수들을 하나의 문자열로 부호화(coding)함으로써 병렬연산 및 동시최적화가 가능한 유전자 알고리즘을 이용한 PI제어기를 교류서보전동기에 적용하여 작업환경변화에 능동적으로 대응하는 제어방법을 제안하였으며 산업현장에서의 로봇트 액추에이터 등의 응용과 정밀제어를 실현하기 위한 교류서보전동기의 드라이버에 적용할 수 있는 제어기를 구현하고자 한다.

Abstract

Recently, G.A studies have studied and demonstrated that artificial intelligence like G.A networks, G.A PI controller. The design techniques of PI controller using G.A with the newly proposed learning algorithm was presented, and the designed controller with AC servo motor system. The goal of this paper is to design the AC servo motor using genetic algorithm and to control drive robot. And in this paper, we propose a genetic algorithms approach to find an optimal or near optimal input variables for genetic algorithm PI controller. Our experimental results show that this approach increases overall classification accuracy rate significantly.

Finally, we executed for the implementation of high performance speed control system. It is used a 16-bit DSP, TMS320LF2407, which is capable of the high speed and floating point calculation.

Key Words : Genetic Algorithm(G.A), AC servo motor, PI controller

1. 서 론

* 주저자 : 조선대학교 전자공학과
Tel : 062-520-5194, Fax : 062-520-5194
E-mail : sspark@chosun.ac.kr
접수일자 : 2006년 5월 22일
1차심사 : 2006년 5월 26일, 2차심사 : 2006년 6월 27일
심사완료 : 2006년 7월 6일

최근 급속한 산업화로 인해 단순 반복 작업 등의 일 등은 기계가 대신하게 되었다. 이러한 산업용 기계에 사용되는 전동기는 적용범위의 확대, 고속·정

밀화의 목적에 따라 종류도 다양하고, 현대사회에 널리 중요하게 쓰임에 따라, 이러한 중요한 역할에 교류서보전동기가 널리 이용이 되고 있다. 교류서보전동기는 전력전자 기술의 발전과 각종 기계 기술의 진보와 직류서보전동기의 단점으로 지적되어온 기계적 정류기구를 제거시켰을 뿐만 아니라 신뢰성과 내환경성이 크게 향상되었다. 하지만 직류서보전동기는 정류자를 가지고 있어서 정류한계에 의해 고속, 토크가 높은 상태에서 사용이 극히 제한되고, 브러시가 시간이 지난 후 마모되는 단점으로 인해 잦은 점검과 교체가 필요하다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 스스로 학습기능을 가지면서 외부환경이나 시스템 제어환경 변화에 따라 스스로 적응할 수 있는 제어기에 관한 연구가 활발하다.

본 논문에서는 유전자알고리즘을 이용한 교류서보전동기의 속도제어 방법을 제안하였다. 유전자알고리즘은 최근 최적화 탐색 문제에서 점차 중요한 알고리즘으로 자리잡혀가고 있다. 이것은 다른 최적화기법에 비하여 먼저 파라미터 영역의 연속성이나 미분 가능과 같은 수학적 조건이 필요하지 않고, 국부 탐색이 아닌 전역 탐색을 하므로 국부수렴의 확률이 적으며, 알고리즘 수행을 위한 보조정보가 필요하지 않다. 유전자알고리즘은 전역적인 최적의 해를 발견할 높은 가능성을 가진다는 장점과 목적 함수값에 대한 수학적 제약이 거의 없기 때문에 위 이득값들의 최적 해를 구할 수 있다.

본 논문에서는 교류서보전동기의 단계적인 제어를 구현하기 위하여 기존의 제어기방법과는 달리 유전자알고리즘을 이용한 PI제어기를 TMS320LF2407로 구현함으로써 기존의 파라메타 변동 등의 단점을 극복하여 고정밀의 우수한 제어응답을 얻을 수 있었다. 따라서 본 연구에 의한 제어응답특성을 산업현장에서의 응용과 로봇트 액추에이터 등의 응용과 정밀제어를 실현하기 위해 유전자알고리즘을 이용한 PI제어에 의한 교류서보전동기 속도제어 특성을 고찰하였고, 이를 적용할 수 있는 제어기를 구현하고자 한다.

2. 유전자알고리즘의 제어기설계

2.1 유전자알고리즘

유전 알고리즘은 John Holland에 의해 처음 도입되어 최적화 탐색 알고리즘으로 점차 중요해지고 있다. 유전 알고리즘은 각각의 가능한 해를 하나의 개체로 보며 이들의 집합인 개체군을 기반으로 하여 수행되는 탐색방법이다. 전형적인 유전 알고리즘은 임의의 값으로 초기화된 개체들의 집합으로 시작하며 각각의 개체는 상대적인 문제해결능력에 따라 그 적합도가 평가되고, 이에 따라 다음 세대에 부모의 유전자가 복제(reproduction)되는 정도를 달리 함으로써 우성 형질을 지닌 개체들이 열성인 개체들에 비하여 더 많은 자식을 생성할 수 있도록 유도된다. 이렇게 선택, 복제된 개체들은 교배(crossover), 돌연변이(mutation)등의 유전 연산자들에 의해 결합(mating)되어 다음 세대의 개체군을 형성한다. 이와 같은 방법으로 세대교체가 원하는 수준의 해가 개체군내에 존재하거나 또는 다른 종료 조건이 만족될 때까지 계속 반복된다[1].

2.2 제어시스템의 구성

본 절에서는 기존의 PI 제어기를 유전자알고리즘을 이용한 제어기로 구성한다. 기존에 사용되었던 PI 제어기는 직접 비례, 적분 파라미터를 시스템에 맞도록 조정해 주어야 하는 불편함을 유전자알고리즘 학습을 통해 스스로 시스템에 맞는 제어기로서 동작할 수 있도록 하였다.

아래 그림 1은 교류서보전동기를 제어하기 위하여 유전자 알고리즘을 이용한 제어기의 블럭다이어그램을 나타내고 있다.

설정치와 실제 출력치와의 오차에 의해 유전자 알고리즘 이용한 제어기가 스스로 학습하여 시스템에 적응시켜서 교류서보전동기로부터 설정된 속도를 얻도록 3상 AC의 위상을 제어시켜서 속도를 가변 시키는 구조로 아래 그림 2와 같이 구성하였다[2].

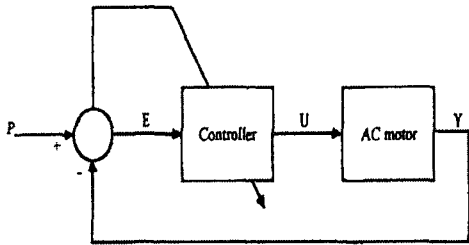


그림 1. 교류서보전동기 제어를 위한 유전자 알고리즘 제어기의 블럭다이어그램
 Fig. 1. Block diagram of control system using genetic algorithm controller for AC servo motor

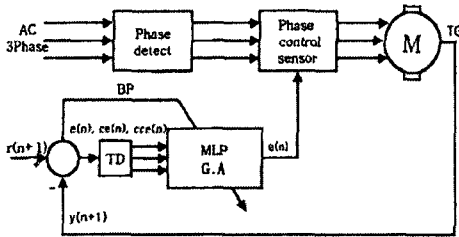


그림 2. 3상 교류서보전동기 제어를 위한 유전자알고리즘 제어기의 블럭다이어그램
 Fig. 2. Block diagram of control system using genetic algorithm controller for three phase AC servo motor

2.3 유전자알고리즘을 이용한 PI제어기

교류서보전동기 속도 PI제어기는 피드백 제어기로써 제작이 쉽고 제어효과도 우수하기 때문에 산업체에 많이 사용되어지는 제어기이다. PI제어기는 오차 값 $e(t)$ 입력에 대해서 입력신호와 입력신호의 속도와 가속도 값에 이득 값을 곱한 후 모두 합하여 시스템의 제어입력으로 한다.

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_i}{T_d} \int_0^t e(t) dt = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt \quad (1)$$

식 (1) 에서 K_p 는 비례이득 이고 K_i 는 적분이득 값이다.

위에서 K_p 는 오차 값에 이득 값을 곱하여 외란에 대한 시스템의 오차 값을 줄여서 시스템을 안정화시키는 역할을 하고, K_i 는 정상상태 오차를 줄이는 역

할을 한다. 따라서 PI제어기를 포함한 전달함수 값은 시스템의 성능을 향상시킨다. 비례이득과 적분이득 값을 결정하는 방법으로는 Ziegler-Nichlos 방법과 Relay 자동동조기를 사용하는 방법 등이 있으나 본 논문에서는 제어된 시스템 오차 값을 최소화하는 최적 제어를 이용한다[3].

최적화는 주어진 조건하에서 목적으로 하는 값을 최대 또는 최소화하는 설계 변수를 구하는 것인데 주어진 시스템에 대해 목적 함수인 성능지수로 시스템 오차 e 를 최소화하는 설계 변수인 PI 제어기의 K_p, K_i 를 결정하는 것이다. 성능지수로서는 제공 오차 적분 값인 시스템 오차 값을 제공한 후 전 시간에 대해 적분한 것을 사용한다[4].

$$\text{최소화 } P \cdot I = \int_0^{\infty} e^2(t) dt \quad (2)$$

2.3.1 유전자알고리즘에 의한 PI제어기 이득 식 (2)를 최소화한 값을 목적함수로 나타내어 최적해를 구하는데 기본적인 유전자 알고리즘의 순서도는 아래 그림 3과 같다[5].

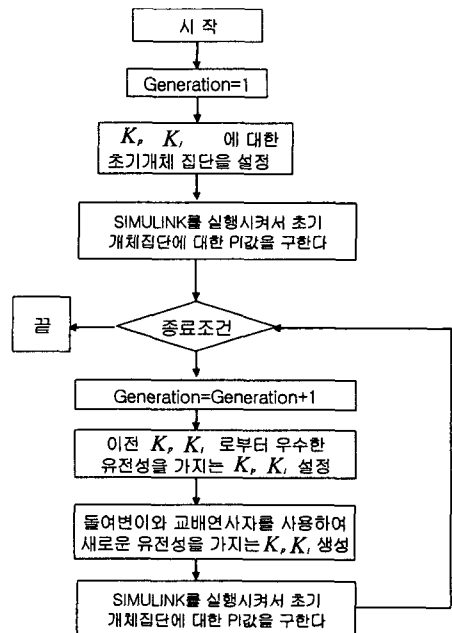


그림 3. 유전자알고리즘 흐름도
 Fig. 3. The genetic algorithm flow chart

유전자 알고리즘의 순서도에 의해서 최적화 문제를 Matlab에 의하여 해결할 수 있으며, 이를 수행하기 위하여 유전자 알고리즘의 파라미터와 초기 변수값을 결정하고 최적화를 시작시켜 시뮬레이션 한 후 개선된 값을 갖는 유전성의 K_p , K_i 값을 결정한다[6].

3. 시뮬레이션

유전자 알고리즘과 PI 제어를 이용한 교류서보전동기 제어 알고리즘의 타당성을 고찰하기 위하여, 컴퓨터 시뮬레이션을 행하였다. 시뮬레이션에 사용된 서보 전동기는 11[kW] 급으로 정격 속도가 3,000 [rpm]인 전동기의 파라미터는 표 1과 같으며 유전자 알고리즘에 의해 이득이 자기동조 되는 PI 제어를 사용하였다. 자기동조 PI 제어기와 PI 제어기에 따른 서보 전동기에서의 속도응답특성을 비교, 고찰하였다.

표 1. 11(kW) 서보전동기의 파라미터
Table 1. Parameters of 11(kW) servo motor

정격 전압	220[V]	회전자 저항 R_r	5.[Ω]
정격 전류	35[A]	고정자 저항 R_S	4.5[Ω]
정격 속도	3,000 [rpm]	회전자 인덕턴스 L_r	0.243[H]
고정자인덕턴스 L_S	0.244[H]	관성 모멘트 J_m	0.082 [Kgm ²]
상호인덕턴스 L_m	0.239[H]		

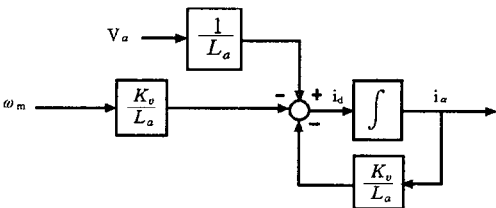


그림 4. d축 전류제어의 블럭다이어그램
Fig. 4. Block diagram of d axis current control

전동기에 흐르는 정현파 교류와 동기하여 회전하는 축(d·q)의 상대속도를 0으로 가정하여 id를 구하면 다음과 같다. 적분기를 사용하여 식 (3)의 블럭선도를 그리면 그림 4와 같다.

$$i_d = -\frac{R_a}{L_a} i_d - \frac{\omega_m \Phi}{L_a} + \frac{V_d}{L_a} \quad (3)$$

그림 4에서 $G(s) = \omega_m(s)/I_o(s)$ 를 구하면 다음 식 (4)와 같다.

$$G(s) = \frac{\frac{1.5K_e K_v}{JL_a}}{s^2 + \frac{R + K_b K_i}{L_a} s + \frac{1.5K + K_v}{JL_a}} \quad (4)$$

제어입력은 샘플링간격을 일정하게 유지할 때 전달함수는 식 (5)와 같다.

$$G(z) = Z \left[\frac{1 - e^{-st}}{s} G(s) \right] \quad (5)$$

$G(s)$ 는 전달함수이므로 이를 부분분수로 전개하여 Z변환을 하면 그 결과는 그림 5와 같다

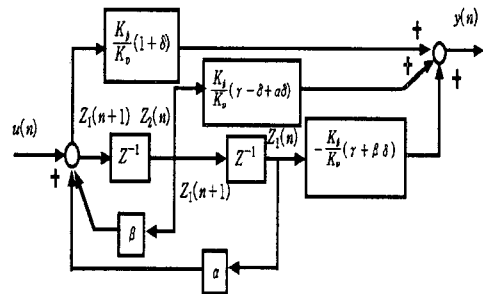


그림 5. 교류서보전동기의 이산(離散) 값 모델
Fig. 5. Model of discrete value in a AC servo motor

알고리즘은 컴퓨터 언어 Borland C++를 이용하였으며, 전동기 시스템은 벡터제어 모델에서 5차 비선형 연립 방정식의 형태이므로, 이의 해를 구하기 위해서 Runge-Kutta 방법을 사용하였고 전류제어 주기를 25[ms], 속도 제어 주기는 250[ms]로 설정하였다.

제어기와 에뮬레이터의 초기 접속강도는 오프-라인으로 구해지며, 그림 6은 유전자알고리즘에 의한 PI제어기를 이용한 경우의 속도응답 파형으로 500[rpm], 1500[rpm], 0[rpm]으로 단단계로 속도 지

령치를 변화시킨 경우이다. 서보 전동기가 PI 제어기에 의해 잘 추종하였고 그림 7은 그림 6과 동일한 조건으로 하였을 때 PI제어기를 이용한 속도응답 파형으로 매우 잘 추종함을 알 수 있다. 실제 일정 시스템에 맞추어진 PI 제어기는 다른 제어기보다 우수하다. 대부분의 제어기는 그 제어시점에 맞추어진 PI 제어기 보다 양호한 제어가 어렵고 노후화나 외란 등에 의해 제어환경이 변할 경우 단일 이득을 가진 PI 제어기는 양호한 제어가 곤란하다.

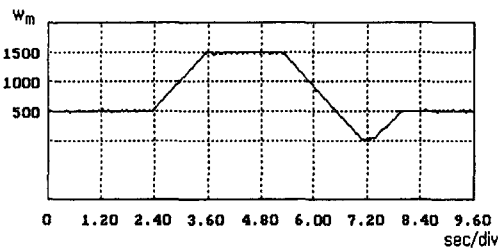


그림 6. 유전자알고리즘을 이용한 PI제어기의 속도특성
Fig. 6. Speed characteristics with PI controller using genetic algorithm

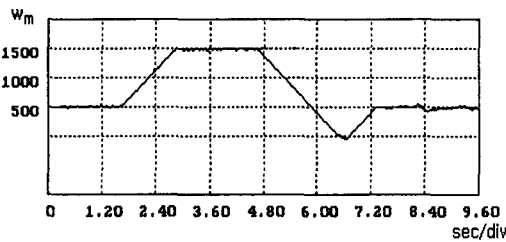


그림 7. PI제어기의 속도특성
Fig. 7. Speed characteristics with PI controller

그림 8은 PI 속도제어기에 의한 저속 제어로서 매우 양호한 제어를 보이고 있다. 그러나 그림 9는 고정자와 회전자 인덕턴스를 15[%] 변화시킨 경우로 파형에 변화가 있음을 알 수 있다.

그림 10은 유전자알고리즘에 의한 PI제어기의 저속 제어로서 매우 양호한 제어를 보이고 있다. 그러나 그림 11은 고정자와 회전자 인덕턴스를 15[%] 변화시킨 경우로 정상상태 오실레이션이 있음을 알 수 있다. 그림 10과 그림 11에서 PI 제어기보다 유전자알고리즘을 사용한 PI제어기가 환경변화에 강인함을 알 수 있다. 시뮬레이션결과에서 약간의 지연

현상이 보이는데 관성계수와 마찰계수 적당하지 않았을 때 그러한 현상이 나타났었고 이득값 중에서 I (적분계수)의 값이 적당하지 않았을 때도 그러한 현상을 보였다. 그림 12, 그림 13에서는 속도 제어 시 일반적인 PI제어기로 구현된 시스템과 유전자알고리즘에 의한 PI제어기를 비교한 것으로 일반적인 제어기가 상승시간이 유전자알고리즘에 의한 PI제어기에 비하여 빠른 반면 오버슈트가 발생하는 것을 알 수 있었으며 제어기의 이득튜닝에 의해서 오버슈트를 제거 할 수 있으나 작업공정이나 주위환경 변화에 따라 이득 계수들이 실시간 자동 튜닝이 어렵고 유전자알고리즘을 이용한 PI제어기는 상승시간이 느리지만 오버슈트 없이 정상상태에 도달하는 것을 알 수 있었다. 기계가공의 산업용 로봇에 사용되는 서보시스템에서는 오버슈트가 발생하면 공작 대상물에 가해질 공구의 회전력이 일정치 못하므로 고전적인 P, PI, PID제어에 의한 방법보다는 본 논문에서 제안한 유전자알고리즘 PI제어가 적합함을 시뮬레이션을 통하여 알 수 있었다.

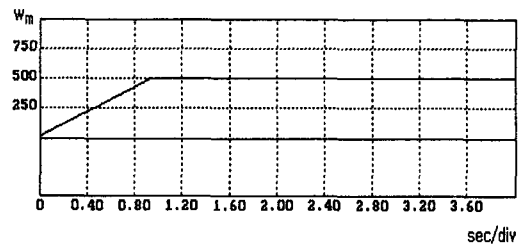


그림 8. PI 제어기의 저속특성
Fig. 8. Low-speed characteristics with PI

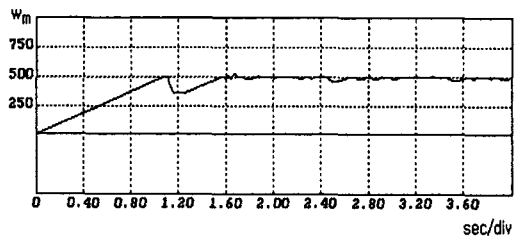


그림 9. PI제어기의 저속특성(고정자와 회전자의 15[%] 인덕턴스변화)
Fig. 9. Low-speed characteristics with PI (Inductance variation 15% of stator and rotor)

전동기의 구동전류는 서보증폭기를 지나고 전동기의 위치, 속도정보는 펄스 엔코더 등을 통하여 제어기에 의하여 피드백 된다. 이상과 같이 전동기의 위치, 속도 값 등을 검출하여 추종하여야 조작량을 마이크로프로세서가 선택하여 최종적으로 동작하게 된다.

그림 15는 시스템 구성도이다. 제어 대상인 교류서보전동기는 동기전동기이며 부하로는 유도전동기를 사용하였으며, 제어대상 전동기에 전력을 공급하기 위하여 인버터 그리고 제어기를 구성하고 부하에는 3상 변압기에서 전압을 가변 하여 입력하였으며 대상 전동기와 반대로 회전하도록 하였다. 인버터 전력용 소자는 고속 스위칭을 얻을 수 있고 PWM으로 인한 전류리플을 줄이기 위해 IGBT를 사용하였다. 속도 및 위치 제어를 위한 유전자 알고리즘 PI제어 알고리즘은 모두 마이크로프로세서에 의해 모두 디지털로 처리하도록 하였으며 30[MHz]로 동작하고 16[bit] 부동 소수점 연산이 가능한 DSP TMS320LF2407를 사용하였다.

실험에 사용한 DSP 보드에는 내부의 메모리 외에 16[bit]의 EPROM과 16[bit]의 SRAM을 할당하였다. DSP 내부의 RAM 영역과 외부의 SRAM 영역에 최종의 실행파일을 PC의 에뮬레이터를 통해 다운로드하여 모든 제어루틴을 실행한다. 그 외의 보드 구성 요소에는 전류의 감지를 위한 3.2[μ sec]의 변환을 갖는 4개의 A/D 컨버터, 직류전압 검출을 위한 차동 앰프, 그리고 EPLD를 사용하였다. EPLD에는 게이팅 회로, 데드타임 보상, 인터럽트발생, 보호회로, 엔코더 펄스의 체배 등 대부분의 논리회로를 포함하여 프로그램으로 처리하였다. 엔코더는 회전당 펄스수가 200[ppr]를 사용하였다.

교류서보전동기의 제어시스템의 하드웨어는 크게 마이크로프로세서부, 전력변환부, 인터페이스부 등으로 세 부분으로 구성된다. 사용된 DSP는 Texas Instrument사의 TMS320LF2407로 사양은 초고속 연산(30 nsec single instruction cycle)이고 2[K]×16 비트 고속 RAM, 10[bit] 16channel의 500ns conversion time을 갖는 ADC, Watchdog timer, CAN (Controller Area Network) Module, SPI(Serial Peripheral Interface) Module, SCI(Serial Commu-

nication Interface) Module 등이 내장되어 있다. 전력변환부는 마이크로프로세서의 지시를 받아 3상 교류 220[V]의 상용전원을 전동기의 구동에 적합한 가변주파수 및 가변전압(또는 가변전류)의 교류전원으로 변환하는 부분이다. 전력변환의 정류회로는 3상 다이오드 모듈을 사용하고 인버터는 IGBT를 이용한 3상 브리지 회로를 1개의 소자로 모듈화하고 게이트 구동회로를 내장하고 있는 IPM(Intelligent Power Module)을 사용하였다.

4.1.2 제어소프트웨어

소프트웨어는 초기화 프로그램과 일정한 주기로 제어 알고리즘을 수행하는 인터럽트 루틴으로 구성된다. 그림 16은 제어 소프트웨어의 전체적인 흐름도이다. 초기화프로그램은 초기에 전력변수들과 제어기의 이득 값을 지정하고 제어보드에 구성되어 있는 주변소자들의 초기화를 실행한다. 제어를 위한 루틴들은 일정한 주기의 샘플링 시간을 유지해야 하므로 인터럽트 루틴을 구성하였다. 인터럽트는 전류 제어를 위해서 타이머 인터럽트(TINT0), M/T를 위해서는 외부인터럽트(INT0), 속도제어를 위한 외부 인터럽트(INT1)로 크게 나눌 수 있다. 전류제어를 위한 샘플링 주기는 DSP의 속도를 고려하여 90[μ sec]로 설정하였다. 그리고 속도제어를 위한 샘플링 타임은 전류제어루프 10번마다 한번씩 하게 된다. 전류제어인터럽트가 발생하면 먼저 인버터를 위한 게이팅이 이루어지고 전류를 읽어 전류제어를 실행한 다음, 공간 전압 벡터 변조 루틴을 실행한다. 실제 속도를 계산하기 위한 인터럽트는 M/T 방식으로 속도 측정의 샘플링 주기는 전류제어 샘플링 주기보다 ΔT 만큼의 시간 후에 처리된다.

속도제어 인터럽트가 발생한 경우에는 먼저 지능 제어 알고리즘을 이용하여 속도를 측정하고, 속도제어기에서 전류 지령치를 계산하여 간접 벡터제어를 행한다. 그리고 각 가중치의 초기값을 실험에 의해 최적값을 얻을 수 있었고 유전자알고리즘 PI제어기를 이용한 서보 시스템에 의한 교류서보 전동기의 실험결과와 PI제어를 각 단계별로 다양한 실험을 하였다.

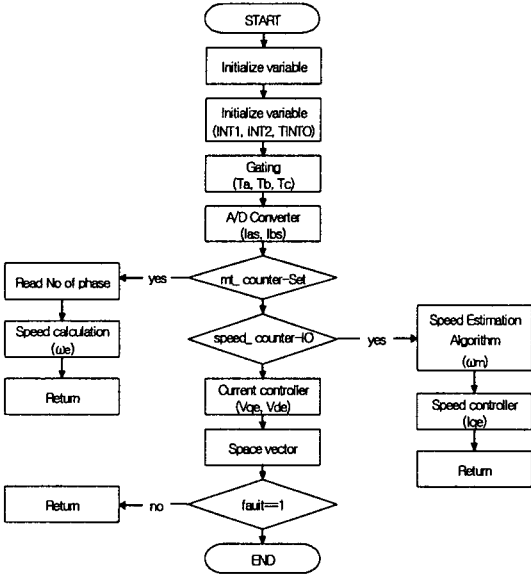


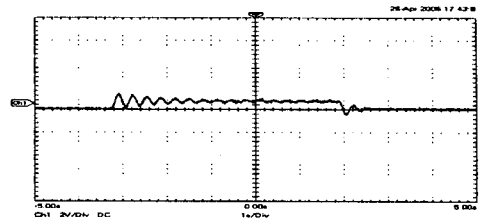
그림 16. 제어소프트웨어의 흐름도
Fig. 16. Flow chart of the control software

4.2 실험결과 고찰

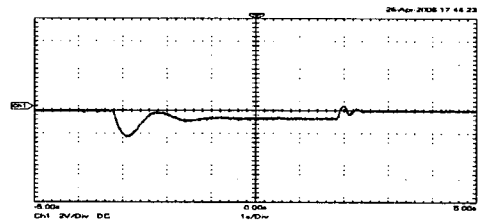
4.2.1 PI제어의 속도지령특성

PI제어의 그림 17(a)은 정방향회전의 150[rpm]을 추종하는 실험결과를 나타내고 있고, 그림 17(b)는 반 정방향회전의 150[rpm]을 추종하는 결과를 나타내고 있다. 그림 17(c)는 정방향회전의 300[rpm]을 추종하는 실험결과를 나타내고 있고, 그림 17(d)는 역방향의 300[rpm]을 추종하는 실험결과를 나타내고 있다. 저속 운전실험에서는 미소한 기계적 마찰에 의한 잡음만 관찰될 뿐 희망하는 속도를 정확히 추종하고 있는 것을 보여주고 있다. 그림 17(e)는 정방향, 그림 17(f)는 역방향의 600[rpm]을 추종하는 실험결과를 나타내고 있다.

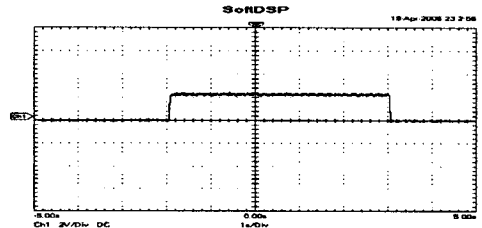
설정 속도 값을 거의 정확히 추종하고 있음을 볼 수 있으며, 그림 17(g)는 정방향의 900[rpm]회전을 나타내며 설정한 값에 거의 일치하는 결과를 보여주고 있다. 그림 17(h)는 역방향의 900[rpm]으로 회전하는 실험결과이고 외란을 인가하였을 때 불안한 결과특성을 보이고 있다.



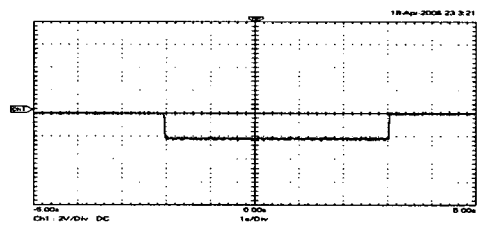
(a) 정 회전방향, 150(rpm)



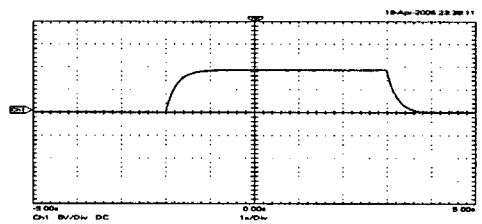
(b) 역 회전방향, 150(rpm)



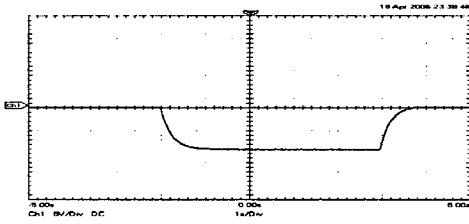
(c) 정 회전방향, 300(rpm)



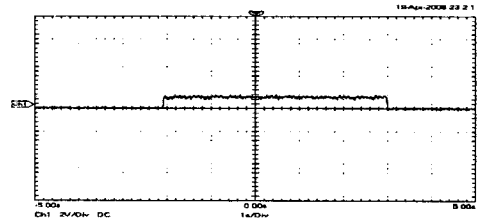
(d) 역회전방향, 300(rpm)



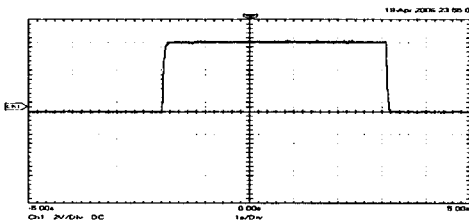
(e) 정 회전방향, 600(rpm)



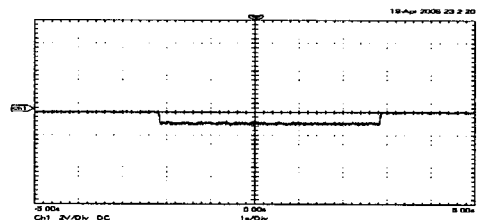
(f) 역 회전방향, 600(rpm)



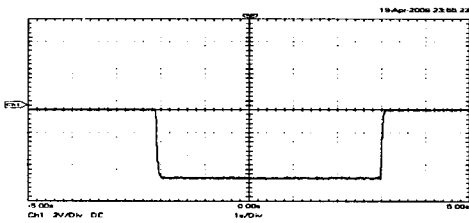
(a) 정 회전방향, 150(rpm)



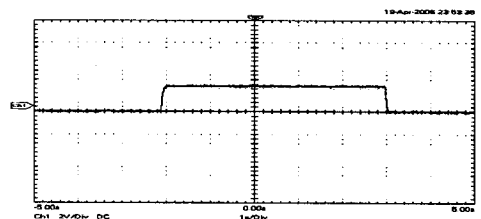
(g) 정 회전방향, 900(rpm)



(b) 역 회전방향, 150(rpm)



(h) 역 회전방향, 900(rpm)

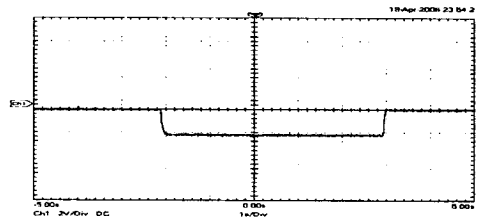


(c) 정 회전방향, 300(rpm)

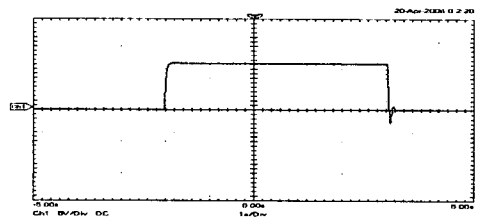
그림 17. PI제어기를 이용한 속도응답 특성
Fig. 17. Speed response characteristics using PI controller

4.2.2 유전자알고리즘에 의한 PI 속도지령 특성

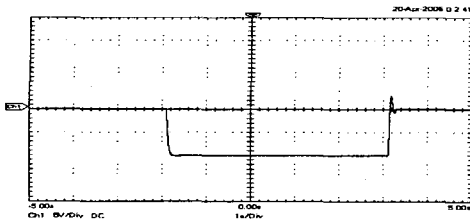
유전자알고리즘을 이용한 PI제어의 실험결과에서 그림 18(a)는 정방향으로 150[rpm]회전을 나타내고 그림 18(b)는 역방향으로 외란을 인가 시 150[rpm]회전하였을 때의 결과이다. 외란을 인가 시켰지만 타 제어기에 비하여 거의 손색없는 정확한 추종을 하였다. 그림 18(c)는 정방향으로 300[rpm]회전시켰을 때이고 그림 18(d)는 역방향으로 외란 인가 시 300[rpm]회전시켰을 때의 회전상태인데 미소한 오버슈트만 발견



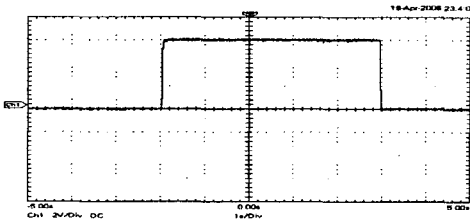
(d) 역 회전방향, 300(rpm)



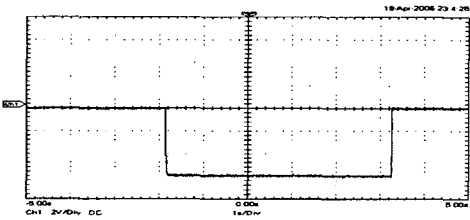
(e) 정 회전방향, 600(rpm)



(f) 역 회전방향, 600(rpm)



(g) 정 회전방향, 900(rpm)



(h) 역 회전방향, 900(rpm)

그림 18. 유전자알고리즘을 PI제어기의 속도응답 특성
Fig. 18. Speed response characteristics of PI control using genetic algorithm

될 뿐 거의 정확한 추종을 하였다. 그림 18(e)는 정방향으로 600[rpm]회전시켰을 때의 결과이고 그림 18(f)는 역방향으로 외란을 인가 시 600[rpm] 회전시켰을 때 거의 정확한 추종을 함을 알 수 있다. 그림 18(g)는 정방향으로 900[rpm]회전시켰을 때이고 그림 18(h)는 외란 인가 시 역 방향으로 900[rpm]회전하는 실험결과이다. 결과에서 알 수 있듯이 유전자알고리즘을 이용한 PI제어에서는 외란이 있을 지라도 거의 정확한 설정 값을 추종함을 알 수 있었다. 지령치에 거의 정확히 응답을 하였지만 감속운전 때 약간의 오버슈트와 지연이 발생하였지만 기준 설정 값을

잘 추종하였다. 속도를 변화시키는 순간에서는 약간의 오버슈트와 지연이 발생되었지만 지령한 값에 거의 정확히 도달함을 알 수 있었다.

5. 결 론

본 논문에서는 유전자알고리즘을 이용한 PI제어기를 설계하고, 제한한 알고리즘에 의해 교류 서보전동기의 각 단계별 구간 제어를 구현하였다. 설정된 속도값과 희망하는 위치를 추종하는 실험을 하여 유전자알고리즘PI제어기의 실험을 통하여 유전자알고리즘을 이용하였을 때의 PI제어기의 우수성을 확인할 수 있었다. 교류서보전동기의 제어기를 TMS320LF2407로 구현하여 기존의 PI제어기와 유전자알고리즘을 이용하여 비교, 실험하였다. 기존의 제어방법과는 달리 유전자알고리즘을 이용한 PI제어기를 구현하여 실험에 의해 얻어진 제어이득을 토대로 추종 오차를 검출하여 얻어지는 오차 검출 값에 따라 최적의 제어 값을 얻을 수 있으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 유전자알고리즘에 의한 탐색에 있어서 기존의 PI제어기의 파라미터 탐색결과를 최대한 이용하려는 새로운 영역을 탐색하고자 하는 성질의 적절한 결합이 필요하다. 기존의 탐색결과를 이용하려는 경향이 강하면 오류에 빠질 확률이 커지게 된다. 새로운 영역을 탐색하고자 하는 경향이 강할수록 임의탐색(Random search)의 특성을 나타나게 된다.
2. 시스템의 고전적인 식별방법은 정확한 수학적 모델링에 근거하고 있으므로 시스템이 많은 비선형 요소를 포함하고 있는 경우에는 수학적 모델링이 어렵고 정확한 식별이 불가능하지만 본 논문의 유전자알고리즘을 이용한 PI제어기는 수학적 모델링 없이 비 선형함수의 학습능력과 시변 파라미터에 대해 강인한 특성을 가지고 있기 때문에 비선형 시스템과 같은 복잡한 시스템을 학습시켜 식별이 가능하게 하였다.
3. 회전방향을 바꾸는 위치에서 미세한 지연시간이 관측되었는데 이는 회전방향이 바뀌는 순간의 기계적인 관성력을 바꾸는 데 소요되는 시

간으로 본 논문에서 제안한 유전자알고리즘을 이용한 PI제어가 속도 및 위치 제어에서 지령 값에 근접하게 작동됨을 알 수 있었다. 본 논문에서 제안한 유전자알고리즘을 이용한 PI제어의 보완을 위해 공작용 기계 등의 각각의 계수를 데이터화하여 공작기계용 서보시스템과 로봇구동용 전동기 등에 적용한다면 충분한 활용 가치가 있으며 향후 본 연구의 실험결과를 토대로 교류서보전동기의 속도제어와 위치제어를 위한 서보드라이버의 인공지능 특성 구현을 위한 자료로 활용 가능하리라 사료된다.

본 연구는 2005년 조선대학교 교내연구비지원으로 수행되었음.

최연옥 (崔然玉)

1969년 11월 8일생. 1995년 조선대학교 전기공학과 졸업. 1997년 조선대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2003년 조선대학교 동대학원 졸업(박사). 2003~2004년 조선대학교 에너지자원신기술연구소 전임연구원. 2004~현재 조선대학교 전기공학과 겸임교수.

조금배 (曹鎬培)

1954년 1월 18일생. 1980년 조선대 전기공학과 졸업. 1982년 동 대학원 졸업(석사). 1955년 건국대 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1966년 6월~1987년 2월 미국 Univ. of Oklahoma 객원연구원. 1988년 1월~1999년 2월 미국 Oregon State Univ. 교환 방문교수. 현재 조선대학교 전기공학과 교수. 전력전자학회 감사. 대한전기학회 B부문 이사. 한국조명전기설비학회 이사.

김평호 (金平鎬)

1969년 2월 18일생. 1992년 조선대 전기공학과 졸업. 1994년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2000년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1996년~현재 서강정보대학 조교수.

References

- [1] Mitsuo. Gen, Runwei Cheng, "Genetic Algorithms and Engineering Design", John Wiley & Sons, Inc., 1997.
- [2] OGATA "Modern Control Engineering", Prentice Hall, pp 134~136, 2001.
- [3] "Fanuc AC SERVO MOTOR MANUAL B-65150E102". pp. 3-71, 1998.
- [4] Dal Y. Ohm, John Mazurkiewicz, "Control of AC Motors for Servo Applications," PCIM'91: 288-298, 1991.
- [5] Dr.-Ing. Nobert Wolff. "A Selftuning Predictive Control Concept for AC Servo Drives." PEMC'96: 150-156, 1996.
- [6] W. Leonhard, "Control of Electrical Drives", Spring-Verlag, 2001.

◇ 저자소개 ◇

박세승 (朴世承)

1948년 8월 8일생. 1975년 조선대 전자공학과 졸업. 1980년 동 대학원 졸업(석사). 1990년 경희대 대학원 전자공학과 졸업(박사). 1985년 5월~1985년 10월 미국 Univ. of Michigan 객원교수. 1985년 11월~1986년 4월 미국 Univ. of Washington 객원교수. 현재 조선대학교 전자공학과 교수.

김 환 (金 奩)

1973년 3월 15일생. 2001년 조선대 전기공학과 졸업. 2003년 동 대학 산업대학원 전자공학과 졸업(석사). 2004년 조선대 대학원 전기공학과 입학(박사과정). 1995년~현재 한국전력공사 근무.