

유전알고리즘의 자기동조 방법에 의한 직류 직권모터 모터 속도제어

배종일, 제창우
부경대학교 전기제어계측공학부

Speed Control of DC Series Wound Motor Using a Genetic Algorithm with Self-Tuning Method

Jong-Il Bae, Chang-Woo Je
Division of Electrical Control & Instrumentation Engineering Pukyong National University

Abstract - Generally, we made use of PID control for torque control, speed control and stability. Hence, dynamic characteristic of DC motor has been studied for stable drive and accurate speed control by many engineers. But, in this paper, we applied genetic algorithm to current control for robust control and stability. In conclusion, we prove that current control of genetic algorithm can be high efficiency.

1. 서 론

전동지게차의 속도제어를 위하여는 PID 제어기의 이득을 시스템 변화에 따라 조정하는 Adaptive Control 방법이 적용하고 있으나 알고리즘의 복잡성 및 여러 가지 이유로 인하여 실제로 원활한 제어를 구현하기가 힘든 단점을 가지고 있다. 또한 비선형제어 방법으로 가변구조제어(Variable Structure Control)방법이 사용되고 있으나 Sliding 평면에서 고속 모델링이 무시되었던 고주파 동특성을 야기시킬 수 있는 문제점을 가지고 있어 이러한 문제점을 해결하기 위하여 유전알고리즘(Genetic Algorithm)⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾에 의한 자기동조(Self-tuning) 방법을 이용한 퍼지 제어를 적용하여 고효율 속도 제어를 구현하고자 하며 실험을 통한 제어 알고리즘 성능평가와 기존의 PID 제어기와와의 성능비교를 나타하고자 한다.

2. 본 론

2.1 직류 직권모터의 전달함수

직류 직권모터는 마찰과 견인력에 의해서 정상상태 속도가 결정되는 큰 견인력을 필요로 하며 단자 전압 조절에 의해서 모터는 일정한 토오크로 최고 단자 전압에 해당하는 정격 속도까지 제어되어진다.

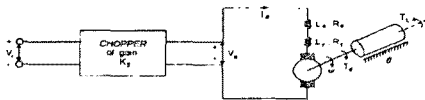


Fig. 1 Chopper-fed DC series motor drive

Fig. 1과 같이 단자 전압은 Chopper의 선형이득 K_2 에 의한 기준 전압과 관련되어진다. 역기전력 상수 K_v 가 전기자(또는 계자) 전류에 관계없이 일정하다고 가정하고, 부하를 포함하는 모터 시스템의 직류 직권모터 방정식을 유도하면 다음과 같다.

$$V_a = K_2 V_r, \quad e_g = K_v i_a \omega$$

$$V_a = R_m i_a + L_m \frac{di_a}{dt} + e_g \tag{1}$$

$$T_d = K_t i_a^2$$

$$T_d = J\dot{\omega} + B\omega + T_L \tag{2}$$

식 $T_d = K_t i_a^2$ 에서 가변 · 비선형(Variable-type nonlinearity) 특성을 나타내므로 전달함수 해석 기법을 적용하기 위해 제한된 작동 범위 내에서만 비선형 시스템을 선형화하여 제어를 설계한다.

따라서, 작동점 부근에서의 시스템 파라메타들을 다음과 같이 정의한다.

$$e_g = E_{g0} + \Delta e_g, \quad i_a = I_a + \Delta i_a, \quad v_a = V_a + \Delta v_a,$$

$$T_d = T_{d0} + \Delta T_d \tag{3}$$

$$\omega = \omega_0 + \Delta \omega, \quad v_r = V_r + \Delta v_r,$$

$$T_L = T_{L0} + \Delta T_L \tag{4}$$

여기서, $\Delta i_a \Delta \omega$ 와 $(\Delta i_a)^2$ 은 아주 작다는 것을 알 수 있다.

식 (1)과 식 (2)는 다음과 같이 선형화될 수 있다.

$$\Delta v_a = K_2 \Delta v_r, \quad \Delta e_g = K_v (I_a \Delta \omega + \omega_0 \Delta i_a)$$

$$\Delta v_a = R_m \Delta i_a + L_m \frac{d(\Delta i_a)}{dt} + \Delta e_g \tag{5}$$

$$\Delta T_d = 2K_t I_a \Delta i_a,$$

$$\Delta T_d = J\Delta \dot{\omega} + B\Delta \omega + \Delta T_L \tag{6}$$

이들의 식을 Laplace 변환하면 다음 식과 같다.

$$\Delta V_a(s) = K_2 \Delta V_r(s)$$

$$\Delta E_g(s) = K_v [I_a \Delta \omega(s) + \omega_0 \Delta I_a(s)]$$

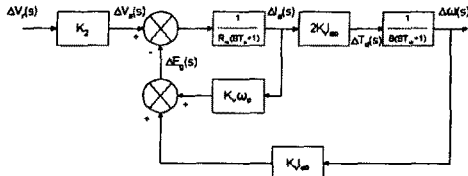
$$\Delta V_a(s) = R_m \Delta I_a(s) + s L_m \Delta I_a(s) + \Delta E_g(s) \tag{7}$$

$$\Delta T_d(s) = 2K_t I_a \Delta I_a(s)$$

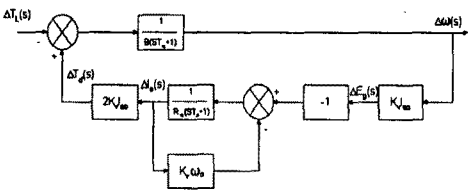
$$\Delta T_d(s) = s J \Delta \omega(s) + B \Delta \omega(s) + \Delta T_L(s) \tag{8}$$

위 식들은 Reference voltage 또는 Load torque 중 어느 한쪽의 변화는 속도변화를 의미한다.

기준전압의 변화에 관한 블록선도는 Fig. 2(a)에 나타나고, 부하 토오크의 변화에 관한 블록선도는 Fig. 2(b)에 나타낸다.



(a) Step change in reference voltage



(b) Step change in load torque

Fig. 2 Block diagram for reference voltage and load torque disturbances

2.2 유전 알고리즘에 의한 퍼지제어기의 자기 동조

유전 알고리즘을 이용하여 퍼지제어기의 소속함수를 동조하기 위한 전체시스템의 하드웨어는 Fig. 5와 같다. IBM PC는 유전 알고리즘을 이용한 퍼지제어기의 소속함수 동조를 담당하고, 818 Lab card는 PC와의 신호 전달을 담당하며, DSP 보드⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾는 전류제어를 담당한다.

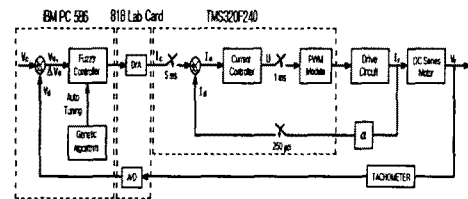


Fig. 3 Total hardware diagram for magnetic tuning fuzzy controller using PC

2.3 동조 결과

위에서 제안한 방법으로 실시시스템에 적용했을 때의 적합도 변화와 성장률을 Fig. 4과 Fig. 5에 나타내었다. 여기서, 성장률에 의한 수렴조건은 성장률이 1.000에서 1.005사이에 올 때이며, 실험 조건은 기준 속도 1500(rpm), 부하 100[A]이다

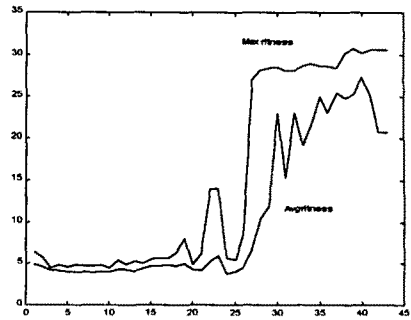


Fig. 4 Fitness variation

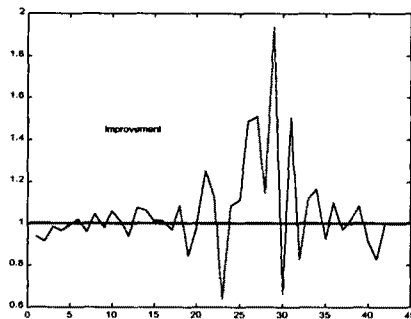


Fig. 5 Convergence each generation

이 결과는 전세대에 걸쳐 전반적으로 성장률이 1이상 이 되어 결과가 나아진다는 것을 보여주며, 42세대에 수렴함을 알 수 있다.

2.4 실험 결과

Fig. 6는 부하가 100[A]이고 기준 속도가 다를 때, 각각의 퍼지제어기에 따른 속응성을 보여주고 있다. 여기서, 보면 개별 이동 평균법에 따른 응답이 가장 좋은 것을 알 수 있다. 그러나, 2000[rpm]의 응답에 있어서 개별 이동 평균법을 이용한 퍼지제어기는 출력 스케일이 작아 수렴하지 않았다.

Fig. 7은 부하가 160[A]이고 기준 속도가 1000[rpm]이며 출력 스케일이 변할 때, 각각의 퍼지 제어기에 따른 속응성을 보여주고 있다. 그럼에서 알 수 있듯이 일반적으로 퍼지 출력 스케일이 증가하면 속응성은 향상된다. 그러나, 일정 수준 이상에서는 속응성이 저하되는 것을 알 수 있다. 전반적으로 개별 이동 평균법을 이용한 퍼지제어기가 뛰어난 속응성을 나타낸다.

여기서 알 수 있듯이 높은 부하가 걸려서 정상상태 오차가 발생하는 경우 퍼지 소속함수나 퍼지 규칙을 조절하지 않고, 출력 스케일만 수정하여 제어 가능하다는 것을 알 수 있다.

[참 고 문 헌]

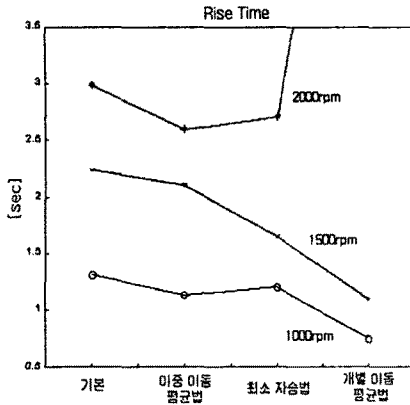


Fig. 6 Quick response each reference speed (load 100(A))

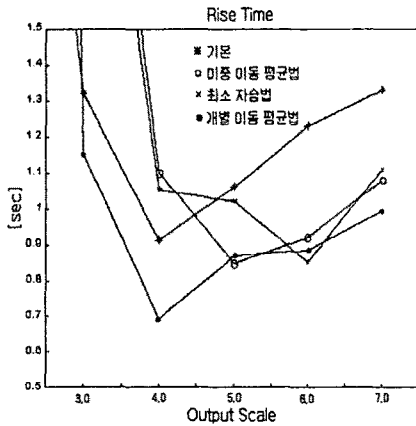


Fig. 7 Quick response each output scale (load 160(A))

3. 결 론

퍼지제어기는 동조된 소속함수가 부하의 변동에도 재조절이 필요 없으며, 출력 스케일 조절만으로도 부하의 변동에 대처할 수 있었다. 퍼지제어기는 속도 피드백에 노이즈가 존재하므로써 오차변화에 영향을 미쳐 전류 리플이 발생하게 된다. 본 논문에서는 이러한 노이즈의 영향을 줄이기 위해 단일 이동 평균법, 그리고 개별 이동 평균법 등을 적용했으며, 그 결과 개별 이동 평균법이 가장 우수한 성능을 보였다. 앞으로 퍼지 제어기에 발생하는 전류 리플을 줄이기 위해 PI형 퍼지 제어기의 연구가 필요하다.

- [1] Y. F. Li and C. C. Lau, "Development of fuzzy algorithm for servo systems", IEEE Control System Magazine, pp. 65-71, April, 1989
- [2] G. C. D. Sousa and B. K. Bose, "A fuzzy set theory based control of a phase controlled converter DC machine drive," Conf. Rec, IEEE IAS Ann. Meeting, pp. 854-861, October, 1991
- [3] Sang-Rae Lee and Kwang-Won Lee, "A new variable structure position control for DC motor using fuzzy logic," KIEE Trans, Vol. 41, No. 6, pp. 625-632, 1992
- [4] TMS320C24X DSP Controllers Reference Set-Volume 1 Texas Instruments, 1997
- [5] TMS320C24X DSP Controllers Reference Set-Volume 2 Texas Instruments, 1997
- [6] Rainer Palm, Dimiter Driankov, Hans Hellendoorn, Model Based Fuzzy Control, Spriger, 1997
- [7] David B. fogel, Evolutionary Computation, IEEE PRESS, 1995
- [8] TMS320C2x/C2xx/C5x Optimizing C Compiler-User's Guide, Texas Instrument, 1995
- [9] Dimiter Driankov, Hans Hellendoorn, Michael Reinfrank, An Introduction to Fuzzy Control, Springer, 1996
- [10] TMS320C5x C Source Debugger-User's Guide, Texas Instrument, 1994
- [11] TMS320C1x/C2x/C2xx/C5x Assembly Language Tools-User's Guide, Texas Instrument, 1995
- [12] B. Kosko, Neural Networks and Fuzzy Systems, Prentice Hall, 1992