

論文2003-40SC-3-13

# IPMSM 드라이브의 고성능 제어를 위한 새로운 퍼지제어기 (New Fuzzy Controller for High Performance of IPMSM Drive)

李廷喆\*, 李洪鈞\*, 金鍾官\*, 鄭東和\*

(Jung-Chul Lee, Hong-Gyun Lee, Jong-Gwan Kim, and Dong-Hwa Chung)

## 요약

종래 직접 퍼지제어기에서는 누적 오차의 발생과 제어입력의 누적으로 인한 과도응답의 성능을 악화시킬 수 있으며 이러한 단점의 보완은 제어입력만으로 결정하기 어렵다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 과도상태에서 나타나는 오버슈트와 상승시간을 고려하기 위해 퍼지제어기를 이용한 재설정 변화분을 설정하며 이를 직접 퍼지제어기에 추가하여 병렬형태로 구성된 새로운 퍼지제어기를 구성한다. 본 논문에서 제시한 새로운 퍼지제어기를 IPMSM 드라이브에 적용하여 새로운 퍼지제어기가 직접 퍼지제어기와 비교하여 응답성능이 우수함을 제시하고 그 타당성을 입증한다.

## Abstract

This paper is proposed new fuzzy controller for high performance of interior permanent magnet synchronous motor(IPMSM) drive. New fuzzy controller take out appropriate amounts of accumulated control input according to fuzzily described situations in addition to the incremental control input calculated by conventional direct fuzzy controller. The structures of the proposed controller is motivated by the problems of direct fuzzy controller. The direct controller generally give inevitable overshoot when one tries to reduce rise time of response especially when a system of order higher than one is under consideration. The undesirable characteristics of the direct fuzzy controller are caused by integrating operation of the controller, even though the integrator itself is introduced to overcome steady state error in response. Proposed controller fuzzily clear out integrated quantities according to situation. This paper attempts to provide a thorough comparative insight into the behavior of IPMSM drive with direct and new fuzzy speed controller. The validity of new fuzzy speed controller is confirmed by response results for IPMSM drive system.

**Keyword** : Direct fuzzy control, New fuzzy controller, IPMSM, High performance, Space vector PWM

## I. 서론

\* 正會員, 順天大學校 工科學 電氣制御工學科  
(Dep. of Electrical Control Engineering, Suncheon National University)

接受日字:2003年2月7日, 수정완료일:2003年4月25日

최근, 산업계에서는 고 품질과 생산성을 창출할 수 있는 다양한 자동화 제어기기가 사용되고 있으며 이에 부응하여 동적 고성능을 발휘할 수 있는 전동기 드라이브의 기술적인 개발이 필수적이다. IPMSM(Interior

Permanent Magnet Synchronous Motor)은 관성이 작고 효율과 역률이 높으며 토크와 전력밀도가 높은 장점 때문에 전기자동차, 공작기계 및 스피들 드라이브와 같은 고성능의 적용분야에 광범위하게 사용되고 있다<sup>[1]</sup>.

자동화 시스템에서 사용되는 다양한 공정라인에서 동작조건이 빈번하게 변화할 경우가 있다. IPMSM 드라이브의 제어성능은 전동기 축이 외부 부하에 직결될 경우 파라미터의 변동 및 부하외란에 매우 민감하다. 이러한 동작이 반복될 경우에는 제어 시스템의 성능을 악화시키는 요인이 된다. 따라서 속도 및 위치 제어 시스템에서 파라미터 변동 및 부하외란에 고성능 및 강인성 제어가 매우 중요하다<sup>[2]</sup>.

퍼지제어는 퍼지집합 이론을 이용하여 미래의 연구 분야에 가장 유망한 기법으로 각광을 받고 있다. 퍼지 제어는 산업의 자동화 시스템에 다양하게 적용되고 있으며 이에 관한 연구가 많이 이루어지고 있다<sup>[3]</sup>. 퍼지 제어기는 종래의 PI 제어기의 문제점을 보완된 형태로 연구되어 관심을 가지게 되었다<sup>[4-5]</sup>. 이러한 연구들은 파라미터가 일정한 시스템일 경우에 퍼지제어기의 효용성을 얻을 수 있다. 그러나 파라미터가 변화하는 시스템에 퍼지제어기를 적용할 경우에는 설계상의 어려움이 나타나고 정상상태의 오차 및 체터링과 같은 문제점이 나타난다<sup>[6-7]</sup>. 또한 퍼지제어는 다양한 변수로 구성된 제어 프로세서에 적용할 때 성능이 악화되는 문제점이 발생한다<sup>[8]</sup>. 그리고 간단한 제어 시스템에서도 종래의 선형제어 알고리즘은 성능에서 한계가 나타난다<sup>[9-12]</sup>. 종래의 직접 퍼지제어기는 내부 적분동작에서 누적 오차가 발생하여 제어입력에 누적시키고 결국에는 과도응답의 성능을 악화시킨다. 증분 제어입력을 최대로 선정하면 상승시간은 줄일 수 있으나 스텝응답에서 오버슈트가 크게 나타나므로 제어입력만으로 결정하기 어렵다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 감안하여 IPMSM 드라이브의 고성능 제어를 위한 새로운 퍼지제어기를 제시한다. 과도상태에서 나타나는 오버슈트와 상승시간을 고려하여 재설정 변화분을 설정하며 이는 퍼지제어기를 이용하여 결정한다. 재설정 변화분에 의해 수행되는 퍼지제어기를 직접 퍼지제어기에 추가하여 병렬형태로 구성된 새로운 퍼지제어기를 구성한다. 본 논문에서 제시한 새로운 퍼지제어기를 IPMSM 드라이브에 적용하여 응답특성을 분석하고 직접 퍼지제어기와 성능을 비교한다. 새로운 퍼지제어기가 직접 퍼지제어기

보다 응답성능이 우수한 결과를 제시하고 타당성을 입증한다.

## II. IPMSM의 드라이브 시스템

본 논문에서는 공간벡터 PWM 인버터에 의해 구동되는 고성능 IPMSM의 벡터제어 시스템을 고려한다. 이러한 시스템 구성은 로봇, 항공기 및 전기자동차 등의 드라이브와 같은 고성능 제어 시스템에 응용된다.

<그림 1>은 공간벡터 PWM 인버터에 의하여 구동되는 IPMSM 드라이브의 벡터제어 시스템을 나타낸다.

$i_q^*$ 와  $i_d^*$ 는 지령 토크 및 자속 성분의 전류를 나타내며 실제전류  $i_q$ 와  $i_d$ 를 비교하여 종래의 PI 제어기를 이용하여 제어한다. PI 제어기의 출력은  $v_q^*$ 와  $v_d^*$ 이며 이는 좌표변환에 의해  $v_a^*$ ,  $v_b^*$ ,  $v_c^*$ 로 변환하여 공간벡터 PWM 인버터에 의해 IPMSM을 제어한다. 회전자의 위치 정보  $\theta$ 는 좌표변환에 이용한다.

동작특성을 분석하기 위한 IPMSM의 미분 방정식은 다음과 같다.

$$p i_d = (v_d - R i_d + \omega_r L_q i_q) / L_d \quad (1)$$

$$p i_q = (v_q - R i_q - \omega_r L_d i_d - \omega_r \phi_{af}) / L_q \quad (2)$$

$$p \omega_r = (T_e - T_L - B \omega_r) / J \quad (3)$$

여기서,  $p$  : 미분 연산자,  $T_L$  : 부하토크,  $B$  : 마찰계수,  $J$  : 관성계수

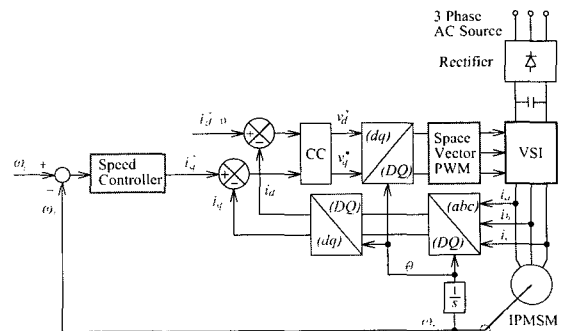


그림 1. IPMSM의 벡터제어 시스템  
Fig. 1. Vector control system of IPMSM.

위의 식에서 발생토크는 다음 식으로 표현된다.

$$T_e = \frac{3}{2} P [\phi_{af} i_q + (L_d - L_q) i_d i_q] \quad (4)$$

### III. 새로운 퍼지제어기

최근, 퍼지집합 이론에 의한 퍼지제어는 산업의 자동화 시스템에 다양하게 적용되고 있다. 기술적인 관점에서 퍼지제어기는 두 적용분야에 사용된다. 첫째는 미지의 시스템을 위한 제어기 설계이며 퍼지제어기의 설계에 필요한 수학적인 모델링이 정의되지 않은 시스템에도 적용할 수 있다. 둘째는 모델링 시스템을 위한 비선형 제어기에 적용되며 선형으로 동작하는 종래의 제어기의 성능을 개선하기 위하여 퍼지제어기의 비선형 특성을 이용한다.

#### 1. 직접 퍼지제어기

종래의 퍼지제어기는 일반적으로 3단계로 구성되며 <그림 2>는 퍼지화, 추론 및 비 퍼지화를 적용한 퍼지 제어기의 일반적인 구조를 나타낸다.

입력변수는 퍼지집합을 사용하여 퍼지식으로 변환한다. 퍼지집합은 출력변수를 위한 퍼지집합을 발생하기 위하여 규칙베이스를 사용하여 추론에 의해 수행된다. 이 퍼지집합은 제어 시스템을 위한 보통 값으로 다시 변화한다. 퍼지집합은 다음과 같이 3, 5 또는 7 레벨로 구성한다. 퍼지집합 수의 선택은 퍼지제어기에 필요한 분해능과 조정에 의존한다.

NL : Negative Large

NM : Negative Medium

NS : Negative Small

ZE : Zero

PS : Positive Small

PM : Positive Medium

PL : Positive Large

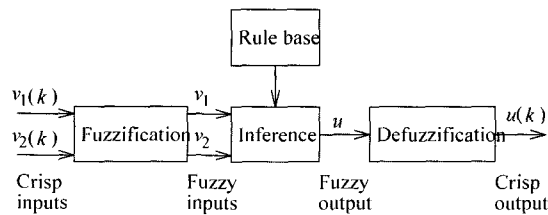


그림 2. 퍼지제어기의 일반적인 구조  
Fig. 2. General structure of a Fuzzy controller.

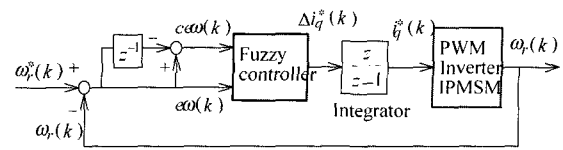


그림 3. IPMSM 드라이브를 위한 퍼지 속도제어기의 블록도  
Fig. 3. Block diagram of Fuzzy speed controller for IPMSM drive.

<그림 3>은 퍼지제어기를 이용한 속도제어 시스템의 블록도를 나타낸다.

퍼지제어기로 선정되어 입력되는 가장 중요한 변수는 속도오차와 속도오차의 시간 변화분이다. 퍼지제어기의 출력은 지령전류의 변화이다. 두 개의 입력변수 \$e\omega\_r(k)\$ 와 \$ce\omega\_r(k)\$이며 매 샘플링 순간에서 다음과 같이 계산된다.

$$e\omega_r(k) = \omega_r^*(k) - \omega_r(k) \quad (5)$$

$$ce\omega_r(k) = e\omega_r(k) - e\omega_r(k-1) \quad (6)$$

여기서 \$\omega\_r^\*(k)\$ 는 지령속도이며 \$\omega\_r(k)\$ 는 실제 회전자 속도이다.

간접 벡터제어 시스템에 적용하는 지령전류 \$i\_q^\*(k)\$ 는 다음과 같다.

$$i_q^*(k) = i_q^*(k-1) + \Delta i_q^*(k) \quad (7)$$

#### 2. 새로운 퍼지제어기

종래의 직접 퍼지제어기에서 속도오차와 오차의 변화분에 의해 퍼지화되는 상황에 따라서 적분동작을 수행한다. 이 적분동작에 의해 축적되는 제어입력을 퍼지로 재설정하는 새로운 퍼지제어기를 제시한다. <그림

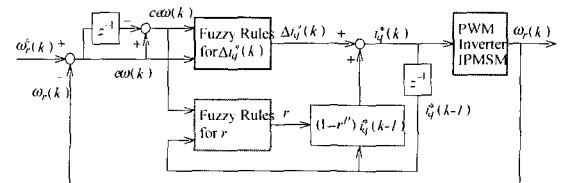


그림 4. 새로운 퍼지제어기  
Fig. 4. New fuzzy controller.

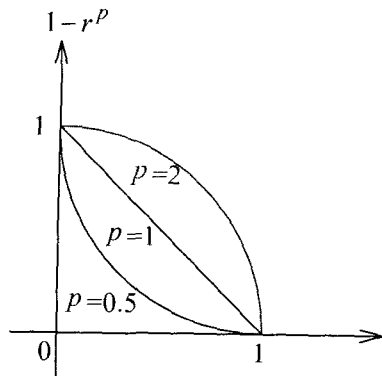


그림 5. 재설정 동작에서  $p$ 의 영향  
Fig. 5. The effect of  $p$  on the resetting operation.

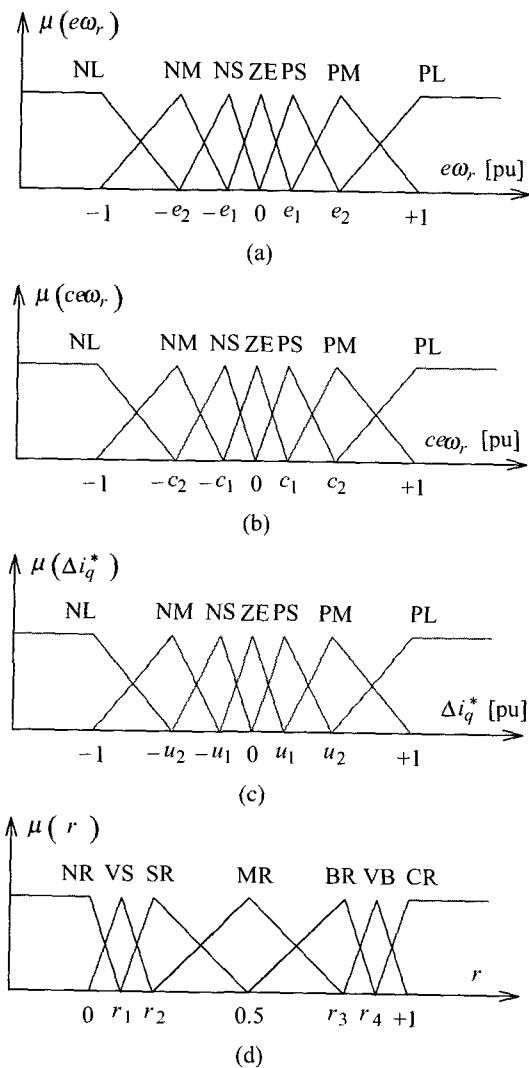


그림 6. 퍼지변수의 소속함수  
Fig. 6. Membership function of the fuzzy variables.

표 1. 속도제어기의 룰 베이스  
Table 1. Rule base for speed controller.

$e\omega_r$ $c e\omega_r$	NL	NM	NS	ZE	PS	PM	PL
NL	NL	NL	NL	NL	NM	NS	ZE
NM	NL	NL	NL	NM	NS	ZE	PS
NS	NL	NL	NM	NS	ZE	PS	PM
ZE	NL	NM	NS	ZE	PS	PM	PL
PS	NM	NS	ZE	PS	PM	PL	PL
PM	NS	ZE	PS	PM	PL	PL	PL
PL	ZE	PS	PM	PL	PL	PL	PL

표 2. 제어기의 재설정 변화분을 결정하는 룰 베이스  
Table 2. Rule base determining resetting rate for the controller.

$e\omega_r$ $i_q^*$	NL	NM	NS	ZE	PS	PM	PL
NL	NR	VL	CR	CR	CR	CR	CR
NM	NR	NR	LR	CR	CR	CR	CR
NS	NR	NR	SR	SR	NR	CR	CR
ZE	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
PS	CR	CR	NR	SR	SR	NR	NR
PM	CR	CR	CR	CR	LR	VS	NR
PL	CR	CR	CR	CR	CR	VL	NR

4>는 속도제어기를 적용한 새로운 퍼지제어기의 구조를 나타낸다.

새로운 퍼지제어기의 구조는 직접 퍼지제어기에 재설정 변화분  $r$ 를 퍼지로 구하고 이를 이용하는 재설정 동작을 추가한 형태이다. 재설정 변화분  $r$ 를 계산하는 원리는 다음과 같다. 이상 변화분에 의해 설정된 값이 응답에 접근하면 추정 오차와 오차의 변화분에 의해 퍼지제어로 추적 제어입력을 재설정한다.

새로운 퍼지제어기에서 지령전류  $i_q^*(k)$ 는 다음과 같다.

$$i_q^*(k) = (1 - (r(k))^p) i_q^*(k-1) + \Delta i_q^*(k) \quad (8)$$

지수  $p$ 는 재설정 동작에서  $r$ 의 영향에 대한 비선

형에 의해 결정되며 <그림 5>에 나타낸다.

퍼지변수의 소속함수는 <그림 6>에 나타내며 (a)는 속도오차, (b)는 속도오차의 변화분, 및 (c)는 출력변수를 나타낸다.

변수  $e\omega_r$ 와  $ce\omega_r$ 는 <표 1>에서 49(7×7)개의 규칙을 수행하는 추론에 의해 처리된다. 비 퍼지화 단계에서 출력변수  $\Delta i_q^*(k)$ 를 얻는다. <표 2>는 재설정 변화분을 결정하는 퍼지규칙을 나타낸다. 소속함수에서 언어변수는 다음과 같다.

- NR : No Reset
- VS : Very Small Reset
- SR : Small Reset
- MR : Medium Reset
- LR : Large Reset
- VL : Very Large Reset
- CR : Complete Reset

#### IV. 결과 분석

본 연구에서 사용한 IPMSM의 파라미터는 <표 3>과 같다.

본 논문에서 제시한 새로운 퍼지제어기의 타당성을 입증하기 위하여 종래의 직접 퍼지제어기와 응답특성을 비교한다. 그리고 다양한 파라미터의 변동에도 제시한 퍼지제어기의 효용성을 분석하기 위하여 기동, 속도, 부하관성, 부하토크 및 샘플링 시간의 변화에 대한 응답특성을 구하고 4상한 운전도 수행한다.

표 3. IPMSM의 파라미터  
Table 3. Parameter of IPMSM.

극수	4
전기자 저항 $R_s$	0.57 [ $\Omega$ ]
영구자석 쇄교자속 $\phi_a$	0.108 [Wb]
정격 주파수	60 [Hz]
전기자 최대전류 $I_{am}$	15 [A]
전기자 최대전압 $V_{am}$	120 [V]
d 축 인덕턴스 $L_d$	8.72 [mH]
q 축 인덕턴스 $L_q$	22.8 [mH]
정격 속도	1800 [rpm]

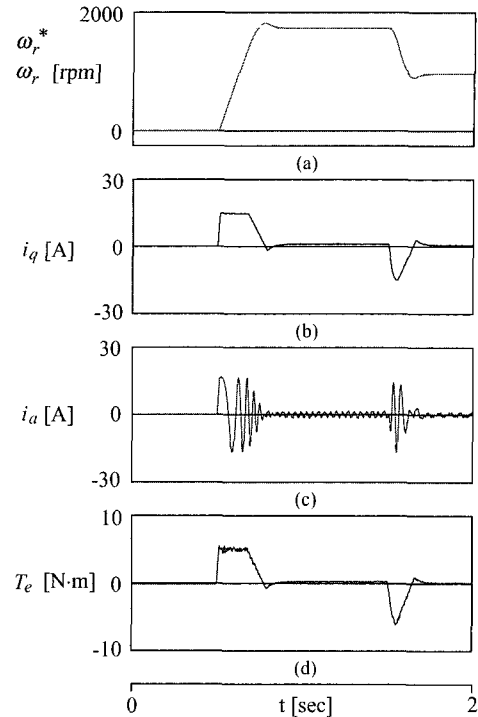


그림 7. 직접 퍼지제어기의 응답특성  
Fig. 7. Response characteristics of direct fuzzy controller.

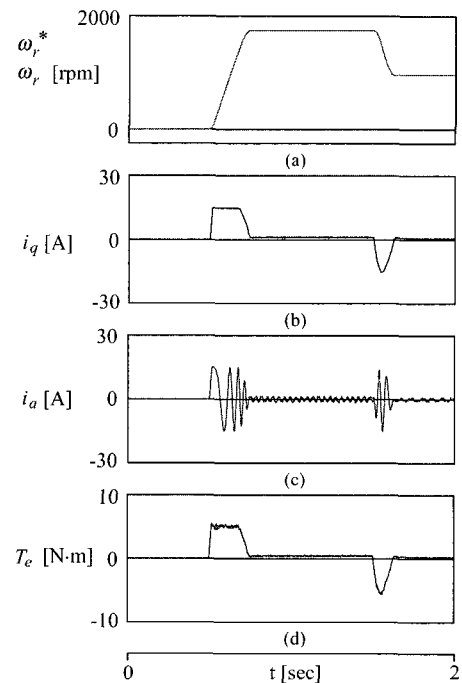


그림 8. 새로운 퍼지제어기의 응답특성  
Fig. 8. Response characteristics of new fuzzy controller.

<그림 7>은 종래의 직접 퍼지제어기의 응답특성을 나타낸다. 무부하 상태에서 지령속도를 0.5[s]에서 1800[rpm]으로 상승시켜 운전하다가 1.5[s]에서 1000[rpm]으로 감소시켜 운전한 결과이다. <그림 7>의 (a)는 지령속도와 실제속도, (b)는 q축 전류, (c)는 a상 전류, (d)는 발생토크를 나타낸다. <그림 8>은 <그림 7>과 같은 조건에서 새로운 퍼지제어기의 응답특성을 나타낸다.

<그림 9>와 <그림 10>은 <그림 7>과 <그림 8>의 응답성능을 명확하게 비교하기 위하여 과도상태인 기동 및 속도변화에 대한 응답성능을 확대하여 나타낸다. <그림 9>는 지령속도가 1800[rpm]에 도달할 경우의

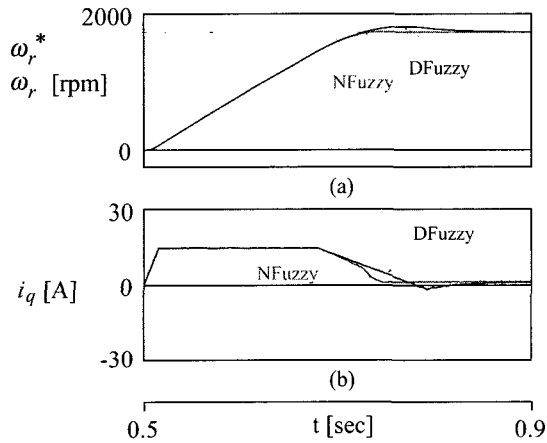


그림 9. 스텝 지령속도에 대한 응답특성의 비교  
Fig. 9. The comparison of response characteristics with step command speed.

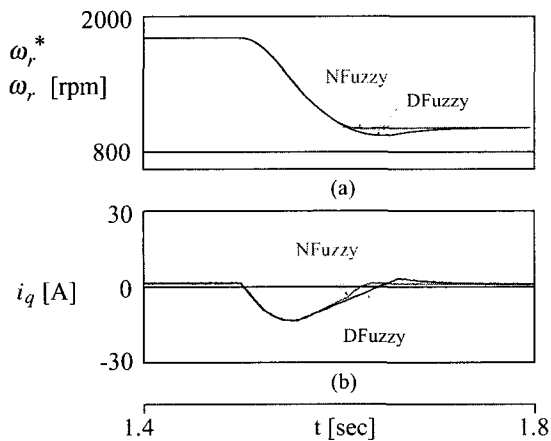


그림 10. 속도변화에 대한 응답특성의 비교  
Fig. 10. The comparison of response characteristics with speed change.

응답속도이며 <그림 10>은 지령속도를 감소시켰을 경우의 응답속도를 나타낸다. <그림 9>와 <그림 10>에서 본 논문에서 제시한 새로운 퍼지제어기(NFuzzy)가 종래의 직접 퍼지제어기(DFuzzy) 보다 상승시간과 오버슈트는 작고 정상상태로 빠르게 안정화되는 양호한 성능으로 나타난다.

<그림 11>은 무부하 상태에서 관성을 3배로 증가시켰을 경우의 응답특성을 나타낸다. <그림 11(a), (b)>는 직접 퍼지제어기의 응답이며 <그림 11(c), (d)>는 새로운 퍼지제어기의 응답을 나타낸다. 관성을 증가하였을 경우에는 새로운 퍼지제어기의 성능효과가 더욱 양호하게 향상되고 있다. 관성의 변화에서도 새로운 퍼지제어기는 직접 퍼지제어기 보다 우수한 응답특성이 나타난다.

<그림 12>는 부하토크를 1.5[N·m]로 인가한 상태에서 응답특성을 나타낸다. <그림 12(a), (b)>는 직접 퍼지제어기의 응답이며 <그림 12(c), (d)>는 새로운 퍼

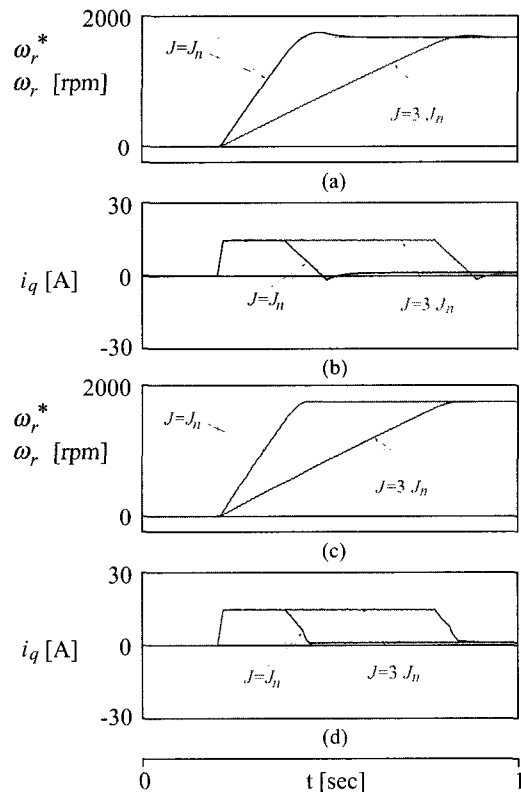


그림 11. 무부하 토크에서 관성 변화에 대한 응답특성의 비교  
Fig. 11. The comparison of response characteristics with inertia change in no load torque.

지제어기의 응답을 나타낸다. 부하토크를 인가하면 안정화 시간은 지연되어 정상상태에 도달하는 시간은 길어진다. 이 경우에도 새로운 퍼지제어기는 직접 퍼지제어기 보다 우수한 응답특성이 나타난다.

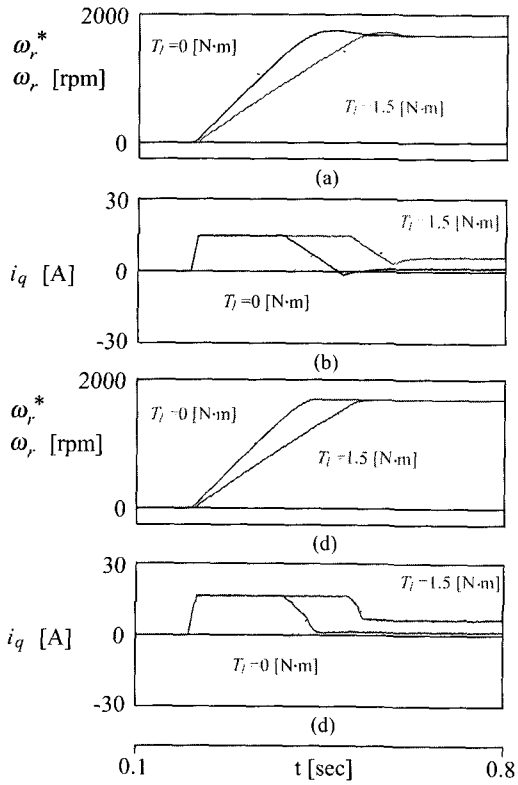


그림 12. 부하 토크의 변화에 대한 응답특성의 비교  
Fig. 12. The comparison of response characteristics with change of load torque (1.5[N·m]).

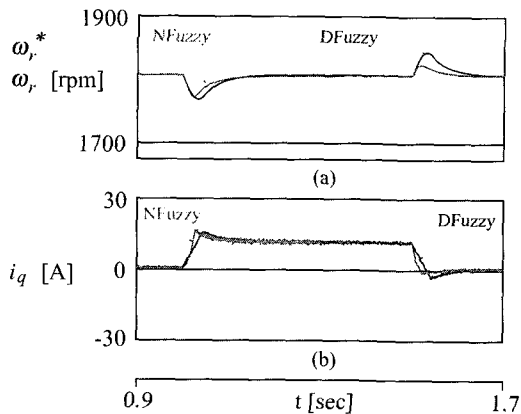


그림 13. 스텝 부하토크에 의한 응답특성의 비교  
Fig. 13. The comparison of response characteristics with step load torque.

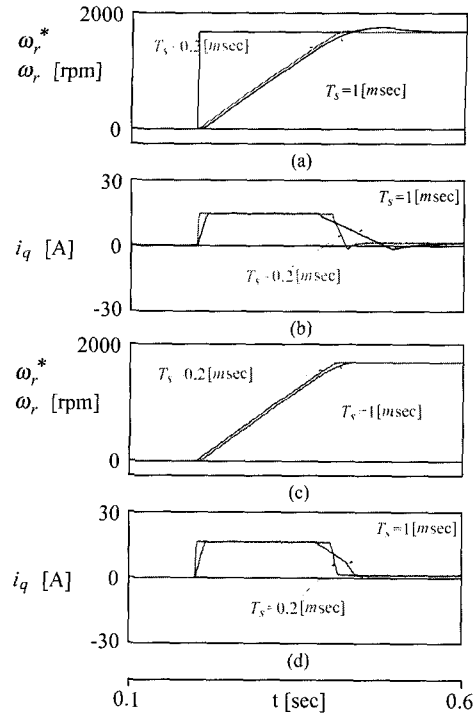


그림 14. 샘플링 시간의 변화에 대한 응답특성의 비교  
Fig. 14. The comparison of response characteristics with change of sampling time.

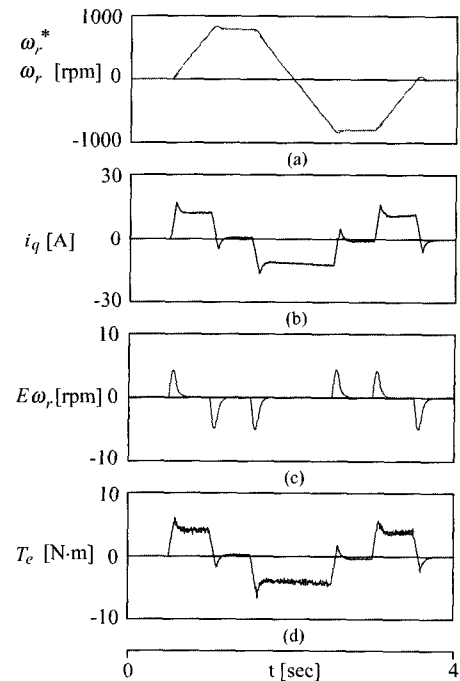


그림 15. 직접 퍼지제어기의 4상한 운전응답( $J = 3J_n$ )  
Fig. 15. Four quadrant drive response of direct fuzzy controller.

<그림 13>은 부하토크 1.5[N·m]를 1-1.5[s] 동안 스텝으로 인가했을 경우에 나타나는 응답특성이다. 이 경우에도 직접 퍼지제어기의 우수한 응답특성을 나타내는 것을 확인할 수 있다.

<그림 14>는 샘플링 시간을 감소시켜  $T_s = 0.2$  [msec]로 변화했을 경우에 나타나는 응답성능이다. <그림 14(a), (b)>는 직접 퍼지제어기의 응답이며 <그림 14 (c), (d)>는 새로운 퍼지제어기의 응답을 나타낸다. 샘플링 시간을 감소시킬 경우에는 두 퍼지제어기의 응답특성이 양호하게 나타난다. 그러나 샘플링 시간의 감소는 실제 적용할 경우 제한을 받게 된다. 이 경우에도 역시 새로운 퍼지제어기의 성능이 직접 퍼지제어기 보다 양호하게 나타난다.

<그림 15, 16>은 관성을 3배로 증가한 상태에서 4상한 운전을 할 경우의 직접 및 새로운 퍼지제어기의 응답성능을 나타낸다. <그림15, 16>의 (a)는 지령속도와 실제속도를 나타내고 (b)는 q축 전류, (c)는 속도오차,

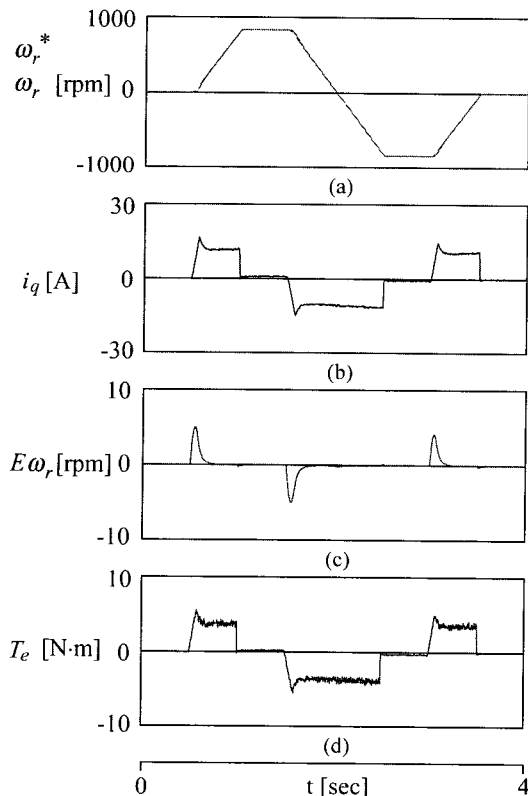


그림 16. 새로운 퍼지제어기의 4상한 운전응답( $J = 3J_n$ )  
 Fig. 16. Four quadrant drive response of new fuzzy controller.

(d)는 발생토크를 나타낸다. 전동기의 정·역회전인 4상한 운전에서도 <그림 15, 16>의 (c)에서 속도오차는 새로운 퍼지제어기가 작게 나타난다. 따라서 새로운 퍼지제어기가 종래의 직접 퍼지제어기 보다 응답특성이 양호하게 나타난다.

### V. 결 론

본 연구는 IPMSM 드라이브의 고성능 제어를 위한 새로운 퍼지제어기를 제시하였다. 스텝 지령속도에서 응답특성을 구하고 지령속도, 관성, 부하 및 샘플링 시간 등의 변화에 대한 응답특성을 구하였다.

본 연구에서 얻은 결론은 다음과 같다.

- (1) 스텝 지령속도를 인가할 경우 새로운 퍼지제어기가 종래의 직접 퍼지제어기 보다 상승시간 및 오버슈트도 작고 안정화 시간도 빠르게 나타났다.
- (2) 일정 지령속도로 운전하던 중, 지령속도를 감소시킬 경우에도 직접 퍼지제어기의 성능이 우수하였다.
- (3) 관성을 3배로 증가시켰을 경우, 스텝 지령속도에 추종하는 속도응답에서 새로운 퍼지제어기에서는 오버슈트가 거의 나타나지 않았으며 직접 퍼지제어기에서는 오버슈트가 크고 안정화 시간도 매우 길어졌다.
- (4) 부하를 인가한 상태와 부하변화를 시켰을 경우에도 직접 퍼지제어기의 성능은 양호하게 나타났다.
- (5) 샘플링 시간을 감소시켰을 경우에도 새로운 퍼지제어기가 직접 퍼지제어기 보다 약간 양호하게 나타났다.
- (6) 전동기의 정·역회전인 4상한 운전에서도 새로운 퍼지제어기가 종래의 직접 퍼지제어기 보다 양호한 응답특성을 얻을 수 있었다.

따라서 본 연구에서 새로운 퍼지제어기의 성능이 다양한 운전조건에 변화에도 직접 제어기보다 매우 양호한 결과로 나타났으며 새로운 퍼지제어기의 타당성을 입증할 수 있었다.

### 참 고 문 헌

[1] B.K. Bose, "Power electronics and AC drives," Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1986.  
 [2] C. Foulard, S. Gentil and J.P. Sandraz,

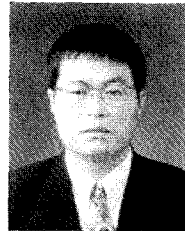


- “Commande et regulation par calculateur numerique,” Eyrolles, Paris, 1987.
- [3] C. C. Lee, “Fuzzy logic control system: fuzzy logic controller-Part I, II,” IEEE Trans. Syst., Man, Cybern, vol. 20, no. 2, pp. 404~435, 1990.
- [4] B.K. Bose, “Expert systems, fuzzy logic and neural network applications in power electronics and motion control,” Proc. of the IEEE, 82, pp. 1303~1323, 1994.
- [5] B.K. Bose, “Intelligent control and estimation in power electronics and drives,” Proc. IEEE International Electric Machines and Drives Conf. TA2-2.1-TA2-2.6, 1997.
- [6] B.K. Bose, “Power electronics and AC drives,” Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1986.
- [7] A. Ibaliden and P. Goureau, “Fuzzy robust speed control of induction motor,” Proc. ICEM, vol. III, pp. 168~173, 1996.
- [8] X. Feng and B. Chen, “Fuzzy-controlled DC drive system with load observer,” Proc. 4th Int. Workshop on Advanced Motion Control AMC '96-MIE, pp. 354~358, 1996.
- [9] M. Sugeno, “Industrial application of fuzzy control,” Amsterdam, The Netherlands; North-Holland, pp. 175~189, 1985.
- [10] K. Tanaka and M. Sano, “A new tuning method of fuzzy controllers,” Proc. IFSA'91, pp. 207~210, 1991.
- [11] S. Yamada, H. Fujikawa, A. Fuji and J. Yamakawa, “A tuning method for a fuzzy controller,” Proc. Int'l Conf. Fuzzy Logic and Neural Network, pp. 397~400, 1990.
- [12] M. Yoshida, Y. Tshutsumi and T. Ishida, “Gain tuning method for design of fuzzy control system,” Proc. Int'l Conf. Fuzzy Logic and Neural Network, pp. 405~408, 1990.

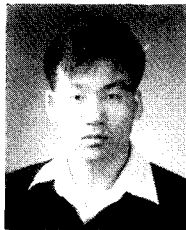
저 자 소 개



李 廷 喆(正會員)  
1995년 : 순천대 전기공학과 졸업.  
1998년 : 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2000년~현재 : 동 대학원 정보통신공학부 박사과정.



金 鍾 官(正會員)  
1999년 : 한려대학교 건축설비학과 졸업. 2001년 : 순천대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2002년~현재 : 동 대학원 정보통신공학부 박사과정. 1985년~현재 : 한국전기안전공사 순천지점(기술팀)



李 洪 鈞(正會員)  
1999년 : 순천대 공대 전기제어공학과 졸업. 2001년 : 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년~현재 : 동 대학원 정보통신공학부 박사과정.



鄭 東 和(正會員)  
1979년 : 영남대전기공학과 졸업. 1981년 : 한양대 대학원 전기공학과 졸업. 1987년 : 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1988년~1989년 : 현대중전기(주) 기술연구소 책임연구원. 1989년~현재 : 순천대학교 전기제어공학과 교수.