

퍼지 제어를 이용한 전기 이륜차의 속도 제어

Speed Control for Electric Motorcycle Using Fuzzy Controller

반동훈* · 박종오** · 임영도**†

Dong-Hoon Ban, Jong-Oh Park and Young-Do Lim†

*S&TMotiv 기술연구소

**동아대학교 전자공학과

요 약

본 논문은 퍼지 제어를 이용하여 전기 이륜차의 속도를 제어한다. 전기 이륜차는 스로틀에 대하여 빠른 응답성과, 정속 주행 시 안정성이 요구 된다. 그러나 현재 양산중인 전기 이륜차는 1.5KW(50cc)급으로 탑승자 및 수화물 중량, 도로 상태(비포장 길, 아스팔트 길) 및 바람의 저항 등 부하 변동에 따라 속도 변화가 매우 크므로 정속 주행이 어려우며, 오르막길과 내리막길의 경사도에 따라 급격한 속도 변화가 발생된다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 속도의 오차와 오차의 변화량을 퍼지 제어기의 입력 값으로 사용하고, 모터의 Q축 제어 량을 퍼지 제어기의 출력 값으로 설정 하여 퍼지 제어기를 구성하였다. 모터의 D축 제어 량은 Q축 제어 량에 비례적으로 설정하여 매입형 영구 자석 동기 전동기(Interior Permanent Magnet synchronous Motor, IPMSM)를 장착한 전기 이륜차를 구동하였다. 본 논문에 적용된 제어 대상은 1.5KW급 전기 이륜차로서 모터의 속도 제어를 위하여 제안된 알고리즘을 이용한 퍼지 제어를 사용 하였으며, 매입형 영구 자석 동기 전동기의 토크 제어를 위하여 D, Q축 전류 제어를 사용 하였다. 제안된 알고리즘을 이용한 퍼지 제어기는 설정된 속도를 잘 추종하였다.

키워드 : 퍼지제어기, IPMSM, DQ축제어기, 벡터제어, 전기이륜차

Abstract

This paper presents speed control of an electric motorcycle using a fuzzy controller. The electric motorcycle required to meet not only fast throttle response but also stability, when it is on a cruise. However, a 1.5KW (50cc) electric motorcycles selling in the current market are difficult to cruise under the following conditions which are occupant's weight, load weight, wind resistance and road conditions (dirt roads, asphalt road). Because of these reasons, the rapid speed changing occurs in uphill and downhill road. To solve these problems, The input value for Improved fuzzy controller use the speed error and error variance. The output value for improved fuzzy control uses Q-axis of the motor controlled variable. The D-axis of the motor output for improved fuzzy control uses D-axis controlled variable in proportional to Q-axis controlled variable. Improved fuzzy controller drives the electric motorcycle equipped with IPMSM. The control subject used in this paper is a 1.5KW electric motorcycle equipped with improved fuzzy controller that was used to control the motor speed. To control IPMSM Type of motor torque, D, Q-axis current controller was used. The Fuzzy controller using the proposed algorithm is demonstrated by experimental hardware simulator.

Key Words : Fuzzy control, IPMSM, DQ Axis controller, Vector control, Electric Motorcycle.

1. 서 론

본 논문은 퍼지 제어를 이용하여 전기 이륜차의 속도를 제어한다. 전기 이륜차는 전기적 에너지원인 배터리와 동력발생장치인 전기모터를 이용한다. 내연기관의 문제점인 매연이 없으며, 소음은 휘발유 엔진 이륜

차에 비해 거의 없다. 주행 중 정차를 해도 엔진이 계속 가동되는 휘발유 이륜차와 달리 전기 이륜차는 운행 중에만 에너지를 방출한다. 또한 모터의 구조가 단순하여 고장이 적으므로 유지 관리 비용이 획기적으로 절감된다. 그러나 충전을 자주 해야 하며, 짧은 주행 거리 때문에 현재 까지 제한적인 용도로만 사용되고 있다.

이륜차는 스로틀에 대하여 빠른 응답성과, 정속 주행이 요구 된다. 그러나 현재 대량 생산되고 있는 전기 이륜차는 1.5KW(50cc)급으로, 탑승자 및 수화물의 무게, 도로 상태(비포장, 아스팔트), 바람의 저항, 그리고 경사면 주행 등에 따라 차량의 급격한 속도 변동이 발생되어 위험을 초래하게 된다. 따라서 이러한 부하변동과 경사면 주행 시에도 안정된 정속주행을 유지하는 것이 요구되고 있다.

접수일자: 2012년 2월 28일

심사(수정)일자: 2012년 6월 5일

게재확정일자 : 2012년 6월 11일

† 교신 저자

이 논문은 동아대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

이륜차 시스템에 대한 동역학 모델은 많은 변수를 고려하여야 하므로 정확한 모델링이 어렵다. 또한 구동 모터 제작 시 각종 변수를 제한하여 설계 하므로, 이륜차 시스템은 이미 많은 오차를 지니고 있게 된다. 이륜차 시스템에 대한 보다 정밀한 모델링을 위해서는 가속도 센서, 풍속센서, 무게 센서, 회전각 센서 등 여러 물리량을 측정하기 위한 도구가 필요하지만, 많은 비용이 발생 하며, 설치를 해도 운전자의 특성 및 차량 간 편차를 완전히 해결할 수는 없다 [1].

비선형성이 강한 이륜차 시스템의 모델링 문제를 해결하기 위해 제안된 알고리즘을 적용한 퍼지 제어를 설계하였다 [2]. 본 논문에 적용된 제어 대상은 1.5KW급 전기이륜차로써 모터의 속도 제어를 위하여 퍼지 제어를 사용 하였으며, 매입형 영구자석 동기전동기(Interior Permanent Magnet synchronous Motor, IPMSM) 제어를 위하여 D, Q축 전류 제어를 사용 하였다.

2. 매입형 영구 자석 동기 전동기 제어 알고리즘

2.1 속도 제어기

그림 1은 전기 이륜차의 매입형 영구자석 동기 전동기(IPMSM) 구동용 속도 제어계 블록도이다. 이륜차의 속도를 제어하는 경우 그림 1과 같이 모터의 전류 제어를 내부에 배치하고 그 외부에 속도 제어를 위치시켜 사용 한다 [3].

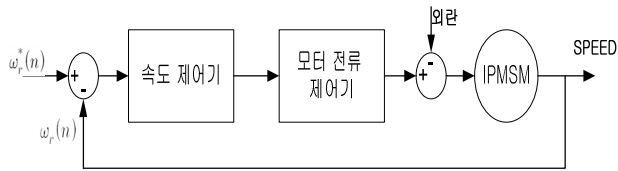


그림 1. 매입형 영구 자석 동기 전동기의 속도 제어기 블록도

Fig. 1. A block diagram of speed controller for IPMSM

이륜차의 속도제어 명령은 모터 전류제어기에서 생성된 구동출력과 바람, 도로 상황, 차량 상태 등과 같은 외란의 영향이 반영 되어 결정된다.

이러한 사용환경의 변동에도 안정되고 정확한 속도 제어를 위해 제어기의 대역폭을 크게 선정 하더라도, 외란의 영향을 충분히 반영 할 수 없으므로 정확한 속도 제어는 어렵다. 또한 제어기의 이득을 큰 값으로 하면, 과도한 오버슈트로 인하여 급격한 속도 변화가 발생 될 수 있다 [4].

반면 모터 제어기의 이득을 작은 값으로 하면, 스톱 장치에 대한 응답성이 늦어 운전자의 요구 성능을 만족 할 수 없으며, 오르막길 주행 시 뒤로 밀리는 현상이 발생 될 수 있다.

그러므로 다양한 상태를 고려하여 속도 제어기가 설계 되어야 하지만, 모든 경우를 고려 할 수 없으므로, 파라메타 변동에도 안정적인 강인한 제어기가 필요하다 [1].

2.2 퍼지 제어기 구현

2.2.1 입출력 변수

퍼지 제어기 설계를 위하여 입출력 변수를 결정해야 한다. 본 논문에서는 입력 변수로 이륜차의 속도 오차 $e(n)$ 와 속도 오차의 변화량 $\Delta e(n)$ 을 선정 하였으며, 출력변수로 모터의 Q축 전류의 변화량 Δi_q 을 선정 하였다.

$$e(n) = \omega_r^*(n) - \omega_r(n) \tag{1}$$

$$\Delta e(n) = e(n) - e(n-1) \tag{2}$$

$$i_q(n+1) = i_q(n) + G_{fz} \Delta i_q(n) \tag{3}$$

G_{fz} : 퍼지 제어기 이득 값

그림 2는 2-입력 1-출력 퍼지 제어기의 블록도이다.

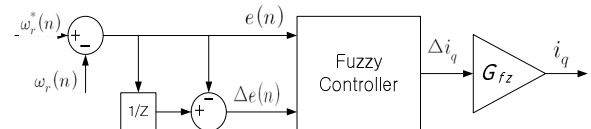


그림 2. 퍼지제어기 블록도

Fig. 2. A Block diagram of a fuzzy controller

2.2.2 소속 함수

퍼지 제어기에서 입출력 변수는 언어적인 값으로 표현된다. 언어적인 값은 퍼지 부분 집합으로 정의 되며, 소속 함수로 나타내어진다.

전기 이륜차 구동 시 현재 속도와 이전 속도의 차가 크게 증가 하는 경우, 작게 증가 하는 경우 와 크게 감소하는 경우, 작게 감소하는 경우 및 변화 없을 경우 등 5가지로 나타내었다. 오차의 변화량은 크게 증가 하는 경우, 작게 증가 하는 경우 와 크게 감소하는 경우, 작게 감소하는 경우 및 오차의 변화량이 없는 경우로서 다음과 같이 5개의 퍼지 부분 집합으로 나타내었다.

- NB : Negative Big
- NS : Negative Small
- ZE : Zero
- PB : Positive Big
- PS : Positive Small

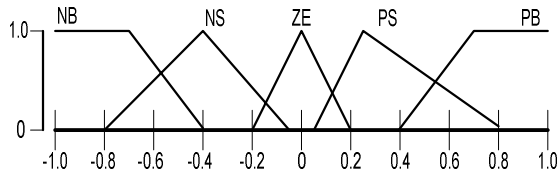
그림 3은 본 논문에서 사용된 입력 및 출력 소속 함수이다. 오차의 소속 함수를 3개의 부분 집합으로 한 경우 오차의 변화량이 적을 때 불안정한 특성이 나타났으며, 오차의 소속 함수를 7개의 부분 집합으로 한 경우 퍼지 계산 량 증가에 비하여 성능 향상은 이루어지지 않았다.

또한 오차변화량의 소속 함수를 3개의 부분 집합으로 한 경우 정속 주행 시 불안정한 특성이 나타났으며, 7개의 부분 집합으로 한 경우 성능 개선은 이루어지지 않았다.

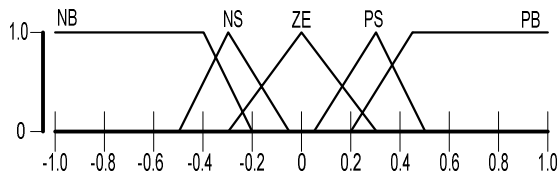
따라서 본 논문에서는 전문가의 경험을 바탕으로 다음과 같은 퍼지 부분 집합을 선택 하였다.

오차와 오차변화량의 소속 함수는 -50Km/h에서 50Km/h를 -1.0 에서 +1.0으로 정규화 시켰다. Δi_q 의 소속 함수는 Q축 전류에 공급 되는 전류를 -140A에서

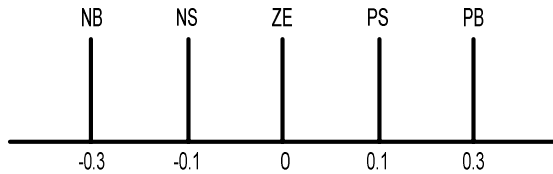
140A를 -1.0에서 +1.0으로 정규화 시켰으며, 퍼지 싱글턴으로 -0.3, -0.1, 0, 0.1, 0.3을 사용 하였다.



(a) The membership function of $e(n)$.



(b) The membership function of $\Delta e(n)$.



(c) The membership function of Δi_q .

그림 3. 입력력 변수의 소속 함수

Fig. 3. A membership function of input/output

2.2.3 퍼지 제어 규칙

퍼지제어기의 제어 규칙은 전문가의 지식이나 경험에 의하여 얻어진다. 퍼지 제어 규칙은 충분한 실험을 통해 제어 대상의 특성을 파악하여 작성 되어야 한다. 제어 규칙들과 사실들은 지식 기반에서 'IF-THEN' 형식의 언어적인 규칙들로 구성 되어 있다. 일반적인 형태는 다음과 같다.

규칙 IF x is A and y is B THEN z is C

여기서 x, y, z는 언어적 변수이고 A, B, C는 언어적 값이다. 표 1의 이륜차 속도 설정 제어 규칙은 다음 기준에 의하여 작성 하였다.

- 1) 이륜차가 설정 속도 보다 매우 빠른 상태에서 속도가 증가하면, Q축 전류를 크게 감소시킨다. 하지만 속도가 감소하면, Q축 전류를 작게 감소시킨다.
- 2) 이륜차가 설정 속도 보다 조금 빠른 상태에서 속도가 크게 증가하면, Q축 전류를 크게 감소시킨다. 속도가 천천히 증가하면, Q축 전류를 조금 감소시킨다. 속도가 감소하면 Q축 전류를 이전 값으로 고정한다.
- 3) 이륜차가 설정 속도일 때 속도가 증가하면 Q축 전류를 작게 감소시킨다. 하지만 속도가 감소하면 Q축 전류를 작게 증가시킨다.
- 4) 이륜차가 설정 속도 보다 조금 느린 상태에서 속도가 증가하면, Q축 전류는 이전 값으로 유지하며, 속도가

가 천천히 감소하면 Q축 전류를 조금 증가 시킨다. 하지만 빨리 감소 하면 Q축 전류를 크게 증가 시킨다. 5) 이륜차가 설정 속도 보다 매우 느린 상태에서 속도가 증가하면, Q축 전류는 작게 증가 시킨다. 하지만 감속이 발생하면, Q축 전류를 크게 증가 시킨다.

표 1. 이륜차 속도설정 퍼지 제어규칙 표

Table 1. The fuzzy rule table of motorcycle speed

		$e(n)$				
		NB	NS	ZE	PS	PB
$ce(n)$	NB	NB	NB	NS	ZE	PS
	NS	NB	NS	NS	ZE	PS
	ZE	NS	NS	ZE	PS	PB
	PS	NS	ZE	PS	PS	PB
	PB	NS	ZE	PB	PB	PB

2.2.4 추론

규칙과 함의가 있고 관측된 사실 A^* , B^* 가 있을 때 추론 방법에 따라서 아래와 같은 결론 C^* 를 얻을 수 있다.

규칙 IF x is A and y is B THEN z is C

사실 x is A^* , y is B^*

추론결과 : z is C^*

추론과정 :

$$C^* = A^* \circ B^* \circ R^k \quad k = 1, 2, 3, \dots, r$$

여기서 R은 퍼지 추론의 합성 규칙이다.

2.2.5 비퍼지화

퍼지 추론한 결과를 제어기에 입력하기 위해서는 물리적인 양으로 변환해야 한다. 본 논문에서는 비퍼지화 방법으로 식(4)와 같이 무게 중심 법을 사용하였다. 무게 중심법은 퍼지량을 물리적인 값으로 계산하는 가장 전형적인 방법이다. 즉 중첩되어 있는 면적이 있을 경우에 중첩되는 부분을 고려하여 계산 한다 [6].

$$\Delta i_q(n) = \frac{\sum_{i=1}^n w_i i_q(n)}{\sum_{i=1}^n w_i} \tag{4}$$

w_i : 가중치

$i_q(n)$: 제어 규칙의 결과 값

3. 시스템 구성

그림 4는 전기 이륜차의 속도제어기 블록도이다. 홀센서 신호와 엔코더 신호를 이용하여 모터의 회전 속도 및 D, Q축 제어를 위한 위상각을 만들고, 이것을 이용하여 U, V, W 3상 신호를 제어 하므로 써 매입형 영구 자석 동기 전동기를 기동하면, 전기 이륜차를 구동할 수 있다 [5].

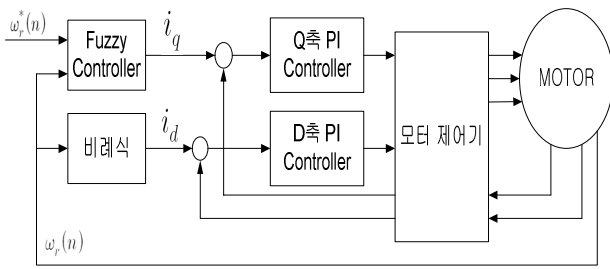


그림 4. 전기 이륜차 제어 블록도

Fig. 4. A control block diagram of electric motorcycle

제어 시스템은 퍼지 제어기 및 비례식을 이용한 속도 제어기, D축 및 Q축 전류 제어를 위한 PI 전류 제어기, 모터 구동을 위한 모터 제어기로 구성된다. 전기 이륜차의 속도 제어를 위하여 현재 속도와 설정 속도의 오차와 그 오차의 변화량을 퍼지 제어기 입력으로 사용하고, 퍼지 제어기의 출력을 Q축 제어 변수로 사용하였다.

매입형 영구 자석 동기 전동기의 구동을 위한 D축 전류는 모터 설계 값을 이용하여 Q축에 비례한 선형적인 값을 사용하였다. 또한 최고 속도 제한 및 전류 손실을 방지하기 위하여 D축 전류의 최대값을 제한하였다.

전류 제어기는 속도 제어기의 출력 값과 실제 측정된 전류 값의 오차를 입력 받아 매입형 영구자석 동기 전동기를 구동할 수 있는 전류를 제어한다. 전류제어를 위하여 D축 및 Q축에 각각의 PI controller를 사용하였다. 전류제어기의 P계수 및 I계수는 모터의 설계 값과 실험을 통해 구하였다.

모터 제어기는 모터 구동을 위하여 D, Q축 전류를 회전 좌표계 상의 전류로 변환하고, 이를 3상 제어용 전압으로 변환하였다. 이 전압을 벡터 제어 PWM 생성 방법 중 Offset을 이용한 3차 고조파 주입 방법을 이용하여 3상의 PWM 파형으로 변환하였다 [7].

그림 5는 실제 전기 이륜차의 사진이다.



그림 5. 전기 이륜차 사진

Fig. 5. The picture of electric motorcycle
매입형 영구자석 동기 전동기 구동 시 모터 설계상

의 기준 속도인 w_{base} 를 중심으로 그 이하에서는 최대 토크 제어를 수행 하며, 기준 속도 이상에서는 최고 속도를 제어하기 위한 약자속 제어를 수행 한다.

그림 6은 매입형 영구자석 동기 전동기의 속도에 따른 제어 영역을 구분한 것이다. 영구 자석 동기 전동기에서 계자 자속은 영구자석으로부터 발생되기 때문에 직접 제어를 할 수 없다. 따라서 D축의 고정자 전류를 반대 방향으로 흘려서 영구자석의 계자 자속방향과 반대 방향으로 자속을 발생시킨다. 그러면 공극의 유효 자속 크기가 줄어들어, 기준 속도 이상으로 제어를 할 수 있다.

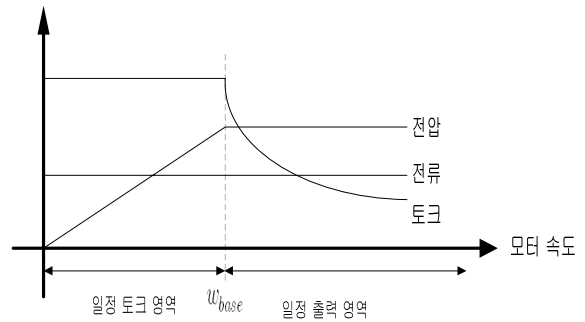


그림 6. IPMSM Motor의 동작 영역

Fig. 6. Operating area of IPMSM motor

그림 7은 모터의 속도에 대한 D축 전류를 나타낸 것이다. 기준 속도 이하에서는 최대 토크 발생을 위하여 D축 전류를 주입하며, 기준 속도 이상에서는 최고 속도 제어를 위하여 D축 전류를 속도에 비례하여 공급한다.

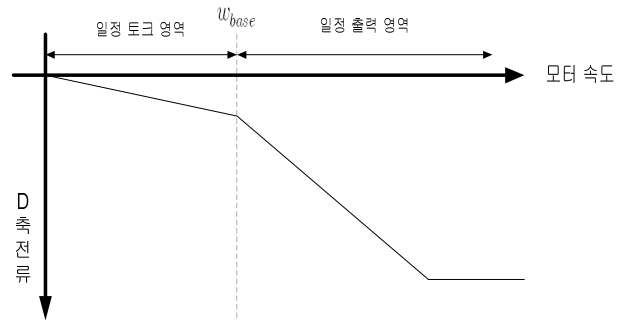


그림 7. 모터 속도에 따른 D축 전류

Fig. 7. D axis current by the motor speed

또한 모터의 최고 속도 이상에서는 전류 소모를 줄이기 위하여 D축 전류를 제한하였다. 영구자석의 계자 자속을 감소시키기 위해서 D축 전류는 항상 음의 방향으로 제어를 한다. 표 2는 전기 이륜차에 사용된 매입형 영구자석 동기 전동기(IPMSM)의 모터 규격이다.

표 2. 매입형 영구자석 동기 전동기(IPMSM) 규격

Table 2. Specification of a IPMSM

Parameter	Value
Pole / Slot	24 / 36

Base Speed [rpm]	190
Maximum Torque [Nm]	138
Max. Power	2.8
Rated Power	1.5
Air-gap length [mm]	0.7
Phase resistance [mΩ]	26.8

4. 실험결과

제안된 제어 알고리즘을 이용한 퍼지 제어기의 성능을 검증하기 위해 실험을 수행 하였다. 마이크로 프로세서의 연산량을 줄이기 위해 MATLAB으로 퍼지 룰을 계산하고 이를 LOOK-UP Table을 이용하여 제어를 수행 하였다. 그림 8은 전기 이륜차에 부하를 제거한 상태에서 설정 속도로 구동 하였을 때, 설정속도와 현재 속도와의 관계를 나타낸 것이며, 표 3은 그림 8에 대한 응답 특성을 나타낸 것이다. 저속에서는 설정 된 속도를 잘 추종하였으나, 고속에서는 정착시간이 다소 증가하였지만, 정상상태오차가 줄어들고 있음을 알 수 있다.

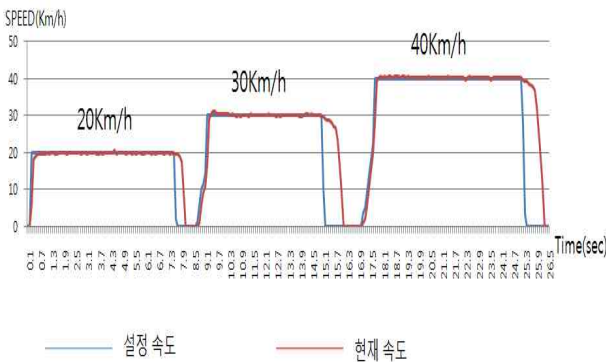


그림 8. 무부하 시 속도 응답
Fig. 8. Speed response under no load

표 3. 무부하 시 속도 응답 실험 결과
Table 3. Result of speed response under no load

설정속도(Km/h)	20	30	40
오버슈트크기(km/h)	20.0	30.9	40.5
오버슈트 측정 시간(sec)	0~2	8~ 11	16.5~ 19
오버슈트 퍼센트(%)	0	3	1
상승시간(sec)	0.6	0.5	0.7
정착시간(sec)	1.10	2.30	3.40
정상상태오차(%)	4.8	3.2	2.4
정상 상태 측정 시간(sec)	2~7	11~ 14	19~ 25

그림 9와 표 4 및 표 5는 실제 도로 주행 시 전기 이륜차의 동작 특성을 나타낸 것으로, 그림 9의 ①은 평지 주행 시 ②는 오르막 길 주행 시이다. 또한 표 4는 평지 주행 시의 결과를 나타낸 것이며 표 5는 오르

막 길 주행 시의 결과를 나타낸 것이다. 그림 9와 같이 이륜차는 평지 주행 후 오르막을 주행하는 것으로 경로를 설정 하였다. 이륜차를 저속으로 설정한 경우 정지 상태에서 출발 시 초기 오버슈트가 다소 크게 발생 하였으나, 오르막 주행 시 언더슈트는 작게 발생 하였다. 전기 이륜차의 속도를 고속으로 설정한 경우 정지 상태에서 출발 시 오버슈트는 감소되었고, 오르막 주행 시 언더슈트도 작게 발생 하였다. 따라서 부하변동에도 설정된 속도를 잘 추종하고 있음을 확인 할 수 있다.

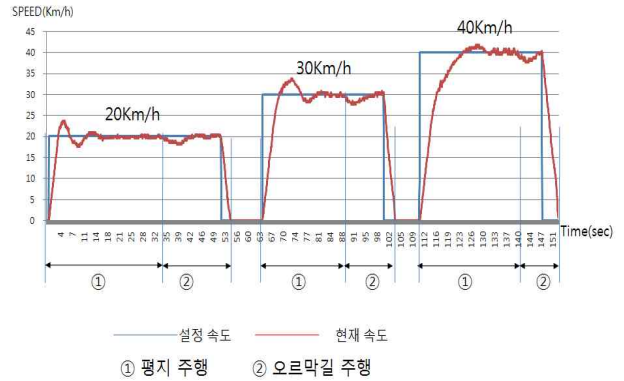


그림 9. 부하 시 속도 응답

Fig. 9. Speed Reference under the load

표 4. 평지 주행 시 속도 응답 실험 결과
Table 4. Result of speed response under the flat road

설정속도(Km/h)	20	30	40
오버슈트크기(km/h)	23.8	34	42
오버슈트 측정 시간(sec)	0 ~ 14	63~ 80	112 ~ 133
오버슈트 퍼센트(%)	19	13	5
상승시간(sec)	6	8	17
정착시간(sec)	15	18	24
정상상태오차(%)	5	5	4
정상상태 오차 측정 시간(sec)	20 ~ 30	80 ~ 88	130 ~ 140

표 5. 오르막길 주행 시 속도 응답 실험 결과
Table 5. Result of speed response under the ramp road

설정속도(Km/h)	20	30	40
언더슈트크기(km/h)	18.1	28	38
언더슈트 측정 시간(sec)	35 ~ 45	88 ~ 96	140 ~ 145
언더슈트 퍼센트(%)	10	8	6
정착시간(sec)	5	2	3
하강시간(sec)	9	7	5
정상상태오차(%)	5	3	5
정상 상태 측정 시간(sec)	45 ~ 49	96 ~ 98	145 ~ 147

5. 결론

제안된 제어 알고리즘을 이용하여 퍼지 제어를 구성하였으며, 전기 이륜차의 속도를 제어 하였다. 도로 상태에 따른 부하 변동 시 제안된 알고리즘을 적용한 퍼지 제어기는 설정 속도를 잘 추종 하였으며, 오르막길 주행 시 제어기의 언더슈트 특성, 정차 시간 등이 우수 하였다. 오르막길을 운행할 경우, 저속에서는 도로 상태에 따른 영향으로 정상 상태 오차가 비교적 크게 발생하였으나, 고속에서는 상대적으로 작게 발생 하였다. 출발 시 오버슈트가 발생 하는 것은 소비자의 요구 사항에 따라 스톱 응답성을 맞추기 위한 것이다. 또한 전기 이륜차의 모터 용량이 적기 때문에 가속력을 확보하기 위하여 다소의 오버슈트를 허용하였다. 실험을 통해 제안된 제어 알고리즘을 이용한 퍼지 제어기는 비선형성이 강한 전기 이륜차의 속도제어를 수행 하였으며, 평지 및 오르막길 주행 시 속도 제어가 잘 수행 됨을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] Donghoon Ban, Yountae Kim, Sungshin Kim, Bohyeon Wang, "Anti-pinch Algorithm for sunroof system Using Fuzzy Logic," *2005 International symposium on Advanced Intelligent system*, Vol. 6, No. 5, pp. 130-137, 2005.
- [2] 정진우, 김태형, "영구자석 동기전동기의 퍼지 속도 제어기 설계," *전기학회 논문지* 제59권 제10호, pp. 1797-1802, 2010.
- [3] 유재성, 황선모, 원충연, 김상훈, "퍼지제어를 이용한 엘리베이터용 영구자석형 동기전동기 벡터 제어," *전력전자학회논문지*, 제10권, 제6호, pp.534-542, 2005.
- [4] 손동혁, 최다운, 김명수, 김병국, 조운현, "홀센서를 이용한 100kw PMSM 벡터제어," *2010대한전기학회 제41회 하계학술대회*, pp. 884-885, 2010
- [5] 김상훈, *DC 및 AC 모터 제어*, 북두출판사, 제 10-902호, 1993.
- [6] 설재훈, 임영도, "퍼지신경망을 이용한 직류서보 모터의 위치 제어에 관한 연구," *한국 퍼지 및 지능 시스템학회 논문지*, Vol. 7, No. 5, pp. 51-59, 1997.
- [7] 윤덕용, 공간전압 벡터 PWM기법을 이용한 영구자석형 동기전동기의 속도제어, 단국대학교 대학원 박사 논문, pp. 8-12, 1995.

저 자 소 개



반동훈(Ban Dong Hoon)

2005년 : 부산대학교 전기공학과(공학석사)
 2006년~현재 : 동아대학원 전자공학과 박사과정
 2001년~현재 : S&TMotiv(주) 기술연
 구소 선임연구원 근무 중

관심분야 : 퍼지이론, 모터제어, 벡터제어
 Phone : 051-509-2149
 Fax : 051-509-2596
 E-mail : dhban@sntmotiv.com



박종오(Park Jong Oh)

1998년 : 동아대학교 전자공학과(공학석사)
 2003년 : 동아대학교 전자공학과(공학박사)
 2008년~현재 : 동아대학교 전자공학과
 조교수

관심분야 : 위성자세제어 및 구동기, 퍼지이론 및 응용,
 전자회로설계
 Phone : 051-200-6963
 Fax : 051-200-7712
 E-mail : jopark@dau.ac.kr



임영도(Lim Young Do)

1987년 : 동아대학교 전자공학과(공학박사)
 1988년~현재 : 동아대학교 전자공학과
 교수

관심분야 : 지능제어시스템, 전력전자, 고주파 유도가열
 Phone : 051-200-7709
 Fax : 051-200-7712
 E-mail : ydlim@dau.ac.kr