

---

# 새로운 스위칭 평면을 갖는 슬라이딩 모드 속도 제어기

김세일\*, 최종경\*\*, 박승엽\*\*

## Sliding Mode Speed Controller for the BLDC Motor having New Switching Surface

Sei-Il Kim, Jung-Keyng Choi, Seung-Yub Park

### 요 약

본 논문에서는 슬라이딩 모드 제어기의 채터링 현상을 제거하기 위한 개선된 방법을 제안한다. 기존 방법은 스위칭함수의 미분을 특정 상수 또는 스위칭함수의 비례항으로 수렴하도록 하여 과도상태의 채터링을 제거하였으나, 제안된 방법은 스위칭함수의 미분이 스위칭함수의 비례-적분 항에 수렴하도록 하여 과도상태 및 정상상태에서의 채터링 현상을 제거한다. 제안된 방법과 기존 방법을 비교 검토하기 위해 브러시리스 직류 전동기 속도제어기에 대하여 모의실험을 통해 그 유용성을 확인한다.

### Abstract

In this paper, an improved method is proposed to eliminate the chattering for Sliding Mode Controller. The differential-calculus of a switching function is converged to a particular constant or the proportional term so that the chattering in transient state is eliminated in the conventional method. However, by using the improved method, it is converged to its proportional-integral term so that the chattering is eliminated in transient state and steady state both. The computer simulation for brushless DC motor speed controller is used to compare the improved method with the conventional method and to verify the useful effect of the method in this paper.

---

\* 국방품질관리소, 체계사업실 연구원

\*\* 창원대학교 전자공학과 교수

접수일자 : 2000년 8월 8일

## I. 서 론

가변구조제어(Variable Structure Control) 이론은 크기가 제한된 외란이나 한정된 내부 파라메타의 모델링 오차 및 비선형성에 대해서 강인한 제어 특성과 빠른 응답특성을 가지고 있어 브러시리스 직류 전동기뿐만 아니라 직류 전동기, 유도 전동기 등에 대한 적용이 활발히 연구되어 왔다<sup>[1]-[5]</sup>.

가변구조 제어이론을 전동기의 제어기로 구현하기 위해서는 상태공간상에 먼저 상태벡터의 궤적이 슬라이딩 평면을 따라 원점에 수렴케 하는 슬라이딩 모드가 발생하도록 하기 위한 안정한 스위칭 평면을 설계한다. 이때 설계된 스위칭 평면으로 초기에 상태벡터가 도달하기 위한 도달기간(Reaching Phase)이 발생하게 된다. 도달기간을 지나 시스템의 상태가 설계된 스위칭 평면에 도달하면 피이드백 루프의 구조에 의해 스위칭 평면을 따라 시스템의 상태벡터가 슬라이딩 하도록 적응된다. 그렇기 때문에 시스템의 응답은 스위칭 평면의 기울기에 의존하게 되며 시스템의 파라메터 변화나 외부에서 유입되는 외란에 대해 둔감한 특성을 얻을 수 있다<sup>[6]</sup>. 그러나, 이러한 특성은 무한대의 스위칭을 요구하지만 실제 시스템에서는 시간 지연이 존재하기 때문에 무한대의 스위칭을 구현할 수 없으므로 채터링(Chattering)이 발생하게 된다. 이러한 채터링 현상은 시스템을 불안정하게 할 수도 있고 부가적인 이상 소음의 발생과 기계적인 마모현상 등을 유발하여 기구물의 수명을 단축할 수 있으므로 채터링을 감소 또는 제거할 필요가 있다.

이러한 채터링 현상을 줄이기 위한 노력으로, 작은 제어이득을 적용하는 방법은 이득의 크기가 너무 작아 강인성과 적응성이 보장되지 못하며, 외란의 크기가 제어신호 보다 크게 되면 슬라이딩 모드에서 이탈현상을 유발할 수 있다<sup>[7]</sup>.

그리고, 적응 채터링 감소방법은 예측기법을 사용하여야 하므로 실제로 적응성이 요구되는 전동기 구동에서는 수 개의 샘플링 정보로 예측을 수행해야 하므로 구현하기가 어렵다<sup>[8]</sup>.

또한, 히스테리시스 함수를 이용한 수정된 가변구조제어기는 과도상태에서 채터링을 어느 정도

줄일 수 있으나 정상상태에서는 채터링이 과도하게 발생한다<sup>[9]</sup>.

시변이득을 이용한 채터링 감소방법은 정상상태에서의 채터링은 제거할 수 있으나 과도상태에서의 고주파 채터링은 발생하게 된다<sup>[10][11]</sup>.

데드 존 함수를 이용한 채터링 감소방법은 정상상태에서의 채터링은 제거할 수 있으나 과도상태에서의 채터링은 어느 정도 발생하게 된다<sup>[12]</sup>.

또한, 상기의 논문과는 다른 측면에서 접근한 논문으로, 상태공간상에서 스위칭함수의 동특성을 특정 값으로 수렴하도록 하는 슬라이딩 모드제어방법은 제어입력에 포함된 불연속 항이 스위칭라인에 도달 시에만 동작하므로 과도상태의 응답 특성이 상당히 개선되었으나, 정상상태의 채터링 발생은 개선하지 못하였다<sup>[13][14]</sup>.

본 논문에서는 참고문헌[13]과 [14]에서 제시한 슬라이딩 모드 제어알고리즘의 단점을 개선한 스위칭함수를 전동기의 속도제어를 위해 제안한다. 제안된 방법은 스위칭함수의 미분이 특정 상수로 수렴하는 기존 방법<sup>[13][14]</sup> 대신 스위칭 함수의 비례항과 적분항으로 수렴하도록 하는 제어방법으로 기존 가변구조제어기의 적응성을 보장하면서 과도상태 및 정상상태의 채터링을 제거한 특성을 갖는다.

그리고, 제안된 알고리즘의 유용성을 확인하기 위해 브러시리스 직류전동기의 속도시스템에 대하여 모의실험을 통하여 기존의 방법<sup>[13][14]</sup>과 비교 검토하였다.

## II. 채터링을 제거한 슬라이딩 모드 속도제어기

본 장에서는 먼저 기존에 제시<sup>[13][14]</sup>된 슬라이딩 모드 제어이론에 대하여 논의하고 이를 개선한 새로운 제어방법을 제안한다.

먼저 1차 시스템으로 표현되는 슬라이딩 모드 속도제어기의 스위칭함수 S를 다음과 같이 정의한다.

$$S = ce(t), \quad e(t) = w(t) - w_{ref}, \quad c > 0 \quad \dots\dots (1)$$

여기서 c는 양의 실수, e는 속도오차, w(t)는 속도, w<sub>ref</sub>는 기준속도이다. 그리고, 스위칭라인은 S=0에 의해 주어진다<sup>[6]</sup>.

1. 기존의 방법

참고문헌[13]에서 식(1)과 같이 스위칭함수의 미분을 정의한다.

$$\dot{S} = -P \operatorname{sgn}(S), \quad P > 0 \dots\dots\dots (2)$$

여기서 P는 양의 실수이다.

이 제어의 목적은 스위칭함수의 미분이 상수 P로 수렴하게 하는 방법으로 P는 정상상태까지 도달하는 시간을 조절하는 요소로 P가 클수록 도달 시간이 짧아지고, 반대로 작아지면 도달 시간이 길게 된다. 식(2)를 만족하는 가변구조 제어기는 과도상태에서의 채터링은 제거되나 정상상태에서의 채터링은 여전히 과도하게 발생된다<sup>[13]</sup>.

이를 개선하기 위해 참고문헌[14]에서는 다음과 같은 스위칭함수를 제안한다.

$$\dot{S} = -q \operatorname{sgn}(S) - P|S| \operatorname{sgn}(S), \quad P > 0, q > 0 \dots\dots\dots (3)$$

여기서, 첫째항의 q는 충분히 커야 정상상태에 도달하게 되며, 만약 충분히 크지 못한다면 정상상태 오차를 수반하게 된다. 그리고, 둘째 항에서  $-P|S|\operatorname{sgn}(S)$ 는 식(2)에서의 P와 같은 역할을 하여 이 값이 클수록 정상상태 도달시간이 짧아지게 되고 반대로 작으면 도달시간이 길게된다.

식(2)와 식(3)에 의한 가변구조제어는 기존 가변구조 제어기가 갖는 과도상태의 특성을 개선하여 과도상태에서는 채터링이 제거됨을 알 수 있다. 그러나, 정상상태에서의 채터링은 여전히 과도한 상태로 남게 된다.

2. 제안된 방법

본 절에서는 앞 절에서 논의된 기존 방법의 장점을 포함하고 단점인 정상상태에서의 과도한 채터링을 개선하여 제어가 진행되는 전 기간동안 채터링이 제거된 슬라이딩모드 제어기를 제안한다. 기존 방법은 스위칭함수의 미분이 특정 상수와 불연속 항에 수렴하도록 제어 목적을 설정함으로써 불연속 항에 따른 과도한 채터링이 발생하였다. 그

러므로, 이를 개선하기 위해 다음과 같은 형태의 스위칭 함수를 제안한다.

$$\dot{S} = -P S - I \int S dt, \quad P > 0, I > 0 \dots\dots\dots (3)$$

여기서 P, I 는 양의 실수이다.

식(4)에서 첫째항의 P는 정상상태로의 도달시간을 조절하는 역할을 하며 이 값이 작으면 정상상태 도달시간이 길어지게 되고, 반대로 크면 도달시간이 짧게 되어 기존 방법인 식(2)나 식(3)의 도달시간 조절기능과 같은 역할을 하게된다. 그리고 둘째 항은 적분기이다. 다시 말해서, 식(4)의 제어목적은 스위칭함수의 미분이 고전제어 이론인 비례-적분동작을 추종하도록 하는 것으로 이는 비례-적분제어기와 유사한 특성을 갖게되어 이를 만족하는 제어입력 형태는 연속입력 형태가 된다. 이는 가변구조제어기의 단점인 과도상태 및 정상상태에서의 과도한 채터링 현상을 제거하게 된다. 그러나 가변구조제어기의 장점인 속응성과 강인성 두 가지 특성 중 속응성은 만족하나 강인성은 보장하지 못하게 된다.

III. 모의실험 및 검토

본 장에서는 2장에서 제안된 제어알고리즘의 유용성을 확인하기 위해 1차 시스템인 전동기 속도 제어기에 적용하여 모의실험을 수행하였다. 제어대상은 브러시리스 직류전동기로 속도제어를 위한 속도오차 상태방정식은 다음과 같다<sup>[12]</sup>.

$$\dot{e}(t) = a_{22}e(t) + a_{23}U(t) + f(t) \dots\dots\dots (5)$$

$$e(t) = x(t) - x_{ref} \dots\dots\dots (6)$$

여기서,  $x(t) (\in R^1)$ 은 속도상태변수  $x_{ref}$ 는 기준 속도,  $U(t)$ 는 제어입력,  $f(t)$ 는 미지의 외란,  $a_{22} = -\frac{B}{J}$  와  $a_{23} = \frac{K_T}{J}$  은 계통의 파라미터이고, 세부 값들은 표 1과 같다.

표 1. 브러시리스 직류 전동기 파라메타  
Table 1. Value of BLDCM parameters

구 분	기호	값	비 고
Rotor Moment of Inertia	J	0.00004998	N-m-sec <sup>2</sup>
Voltage Constant	K <sub>e</sub>	0.2148592	V-sec/rad
Torque Constant	KT	0.21462	N-m/A
DC Winding Resistance Line to Line	R	1.5	Ω
Electrical Time Constant	τ <sub>e</sub>	0.0061	sec
Friction Coefficient	B	0.00006239	N-m-sec
Rated Voltage	V	75	V
Rated Current	I	4	A
Inductance Line to Line	L	0.0061	H
constant disturbance	f	0.005	

식(4)로 제안된 알고리즘의 유용성을 확인하기 위해, 식(1)의 양변을 미분하고 식(4)에 대입하여 식(7)을 구한다.

$$\dot{S} = ce(t) = -P S - I \int S dt, P, I > 0 \dots\dots\dots (7)$$

식(8)은 식(7)에 식(5)를 대입한 것으로, 이를 정리하면 식(9)와 같은 제어입력  $U(t)_{s44}$ 를 구할 수 있다.

$$ca_{22}e(t) + ca_{23}U(t)_{s44} + cf(t) = -PS - I \int S dt \dots\dots\dots (8)$$

$$U(t)_{s44} = -\frac{a_{22}}{a_{23}}e(t) - \frac{f(t)}{a_{23}} - \frac{P}{ca_{23}}S - \frac{I}{ca_{23}} \int S dt \dots\dots\dots (9)$$

식(9)의 제어입력  $U(t)_{s44}$ 는 식(4)의 스위칭함수의 미분방정식을 만족하는 입력으로 전동기에 인가하면 속응성을 만족하면서 과도 및 정상상태의 채터링을 제거한 특성을 갖게된다. 식(9)에서 미지수 P와 I를 결정하기 위해 식(1), 식(4) 및 식(7)로부터 속도오차 미분 상태방정식은 식(10)과 같이 정리된다.

$$\dot{e}(t) = -Pe(t) - I \int e(t) dt \dots\dots\dots (10)$$

식(10)은 스위칭함수의 미분 S가 스위칭함수의 비례-적분을 추종하도록 하면 결과적으로 비례-적분 제어기의 특성을 갖게 됨을 보인다. 그러므로 식(4)로 제안된 스위칭함수는 가변구조제어기의 스위칭함수 도입에 따른 속응성을 유지하면서 비례-적분 제어기와 같은 채터링이 없는 특성을 갖게된다.

식(10)의 안정성을 보장하기 위해, 식(10)을 라플라스 변환한 후 극점배치 방법에 의해 P와 I를 복소평면의 좌반면에 위치시킨다.

$$se(s) - e(0) = -Pe(s) - \frac{I}{s}e(s) \dots\dots\dots (11)$$

$$\therefore e(s) = \frac{se(0)}{s^2 + Ps + I}$$

여기서  $e(0)$ 는 속도오차 초기치이다.

P와 I는 식(11)의 특성방정식의 근을 양의 실수  $\lambda_1, \lambda_2$ 로 가정하고 식(11)과 비교하는 극점 배치방법에 의해 식(12)와 같이 구할 수 있다.

$$\lambda_1 + \lambda_2 = P, \lambda_1\lambda_2 = I, \text{ 여기서 } \lambda_1, \lambda_2 > 0 \dots (12)$$

식(12)의 조건에 따라 P와 I를 적절히 설정하면 식(4)로 제안된 스위칭평면을 갖는 슬라이딩 모드 제어기의 안정성을 보장할 수 있다.

다음 그림 1~9는 앞에서 논의된 3가지 방법에 대한 모의실험 결과이다. 모의실험 수행 시 속도명령은 200 rad/sec, 샘플링시간은 1msec로 설정하였으며, 모의실험 수행시의 제어입력 형태는 표 2와 같고 세부 파라메터 값은 표 3과 같다.

그리고 컴퓨터로 미분방정식의 해를 구하기 위한 수치해석 방법은 Runge-Kunta 방법을 사용하였다.

앞에서 논의된 3가지 제어방법에 있어서 사용되는 파라메터들은 서로 상이하어 비교 기준이 없으므로 정상상태 도달시간을 기준으로 하여 파라메터들을 설정하였다.

그림 1~3은 참고문헌[13]의 제어방법인 식(2)의 스위칭평면을 적용한 결과이다. 그림1에서 과도상태에서의 채터링현상은 제거되었으나 정상상태 진동폭이 약 16rad/sec로 8%정도 크기의 채터링이 발생함을 알 수 있다. 이는 스위칭함수에 포함된 불연속항이 정상상태 도달시 주도적인 역할을 수

표 2. 스위칭함수에 따른 제어입력

Table 2. Control inputs by switching surface

구분	스위칭함수	제어입력 형태
기존	식(2) $\dot{S} = -P \operatorname{sgn}(S)$	$U(t)_{s12} = -\frac{a_{22}}{a_{23}} e(t) - \frac{f}{a_{23}} - \frac{P}{ca_{23}} \operatorname{sgn}(S)$
	식(3) $\dot{S} = -q \operatorname{sgn}(S) - P S  \operatorname{sgn}(S)$	$U(t)_{s13} = -\frac{a_{22}}{a_{23}} e(t) - \frac{f}{a_{23}} - \frac{q}{ca_{23}} \operatorname{sgn}(S) - \frac{P S }{ca_{23}} \operatorname{sgn}(S)$
제안	식(4) $\dot{S} = -P S - I \int S dt$	$U(t)_{s14} = -\frac{a_{22}}{a_{23}} e(t) - \frac{f}{a_{23}} - \frac{P}{ca_{23}} S - \frac{I}{ca_{23}} \int S dt$

행한 결과이다.

표 3. 시뮬레이션 수행시 파라미터 값

Fig 3. Value of controller parameters in simulation

구분	c	q	P	I	
기존방법	식(2)	10	-	5000	-
	식(3)	10	2000	6	-
제안된 방법	식(4)	10	-	12	0.3

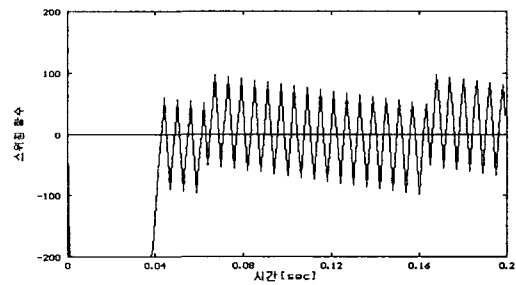


그림 2. 식(2)의 방법에 의한 스위칭함수  
Fig 2. Switching function by equation(2)

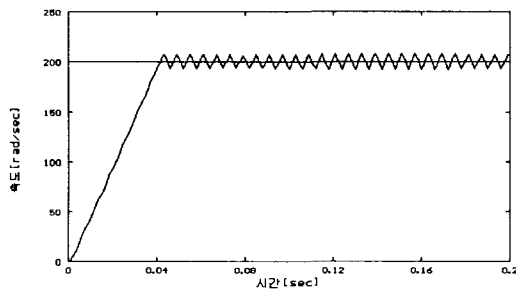


그림 1. 식(2)에 의한 속도제어 특성  
Fig 1. Speed control characteristics by equation(2)

그림 2는 스위칭함수 값을 표시한 것으로 원점 근방에서 과도하게 채터링이 발생하고 있음을 알 수 있다.

그림 3은 전류특성을 표시한 것으로 전류의 스위칭이 과도하게 발생함을 알 수 있다.

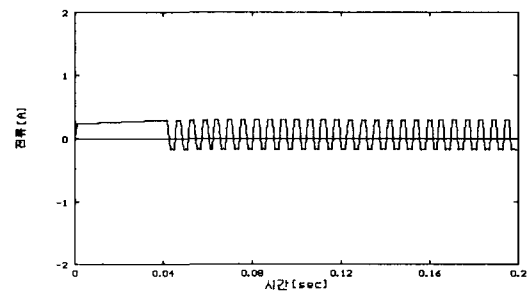


그림 3. 식(2)의 방법에 의한 전류특성  
Fig. 3 Current characteristics by equation(2)

그림 4-6은 참고문헌[14]의 제어방법인 식(3)의 스위칭평면을 적용한 결과이다. 그림 4에서 과도상태에서의 채터링현상은 제거되었으나 정상상태 진동폭이 약 7rad/sec로 3.5%정도 크기의 채터링이 발생함을 알 수 있다. 그림 1과 비교 시 정상상태의 채터링 크기는 약 56%정도 감소하였다.

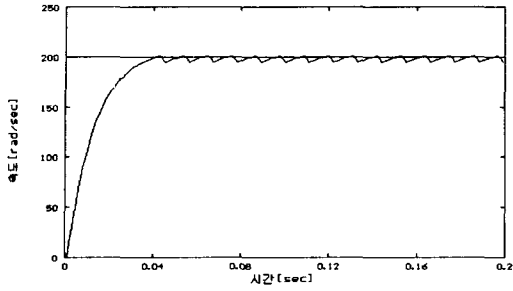


그림 4. 식(3)방법에 의한 속도제어 특성  
Fig 4. Speed control characteristics by equation(3)

그림 5는 스위칭함수 값을 표시한 것으로 원점 근방에서 과도하게 채터링을 하고 있음을 알 수 있으며, 그림 2와 비교 시 채터링 크기가 다소 감소됨을 알 수 있다.

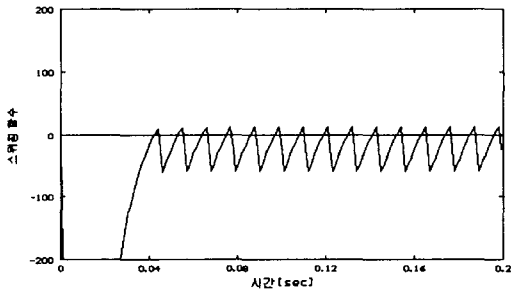


그림 5. 식(3)의 방법에 의한 스위칭함수  
Fig 5. Switching function by equation(3)

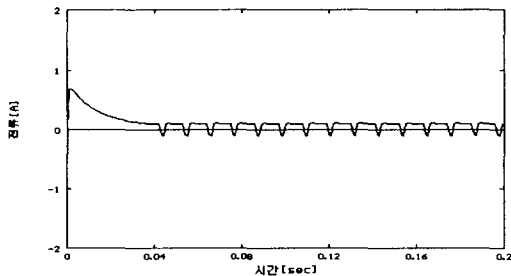


그림 6. 식(3)의 방법에 의한 전류특성  
Fig 6. Current characteristics by equation(3)

그림 6은 전류특성을 표시한 것으로 전류의 스위칭이 과도하나 그림 3과 비교시 진동폭 및 주파수는 다소 감소됨을 알 수 있다.

그림 7~9는 본 논문에서 식(4)로 제안한 제어방법을 적용한 결과이다. 그림 7에서, 기존 방법들과 달리 과도상태 및 정상상태의 채터링이 제거되었음을 알 수 있다. 이는 스위칭함수의 미분이 스위칭함수의 비례-적분항으로 수렴하도록 제어한 결과로 불연속항을 포함하지 않았기 때문이다.

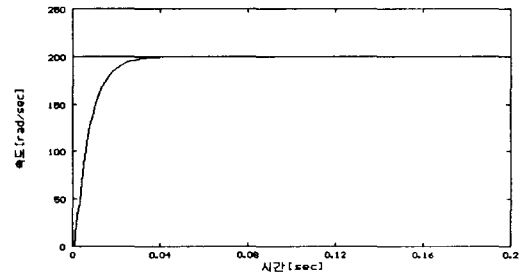


그림 7. 식(4)로 제안된 방법의 속도제어 특성  
Fig 7. Speed control characteristics by equation(4)

그림 8은 스위칭함수 값을 표시한 것으로 원점으로 채터링 발생없이 수렴함을 알 수 있다.

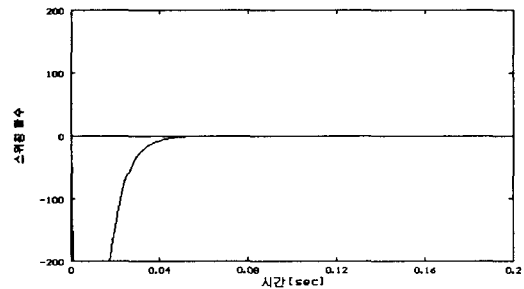


그림 8. 식(4)로 제안된 방법의 스위칭함수  
Fig 8. Switching function by equation(4)

그림 9는 전류특성을 표시한 것으로 전류의 스위칭이 발생하지 않음을 알 수 있다.

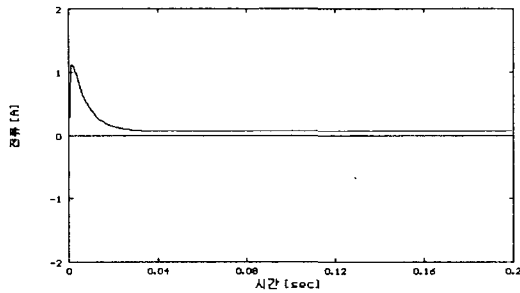


그림 9. 식(4)로 제안된 방법의 전류특성  
Fig 9. Current characteristics by equation(4)

#### IV. 결 론

본 논문에서는 스위칭함수의 미분을 특정 상수로 수렴하도록 제어하는 기존 가변구조 제어방법에 대하여 논의하고 이의 단점을 개선한 새로운 스위칭함수를 브러시리스 직류전동기의 속도제어를 위해 제안하였다.

기존 방법은 스위칭함수의 미분이 특정상수 또는 스위칭함수의 비례항으로 수렴하도록 하는 방법으로 정상상태 속도응답 특성에서 속도 진동 폭이 각각 8%, 3.5% 크기로 발생하고 스위칭 함수 특성 및 전류특성에서도 과도한 채터링 현상이 발생함을 알 수 있었다. 그러나 제안된 방법은 스위칭함수의 미분을 스위칭함수의 비례-적분 항으로 수렴하도록 제어하는 방법으로 속도응답특성, 스위칭함수 특성, 전류특성 등에서 채터링 현상이 발생하지 않음을 모의실험을 통하여 확인할 수 있었다. 이러한 채터링 제거현상은 제안된 스위칭함수에 의해 기존 가변구조제어의 제어입력에 포함된 불연속항이 제거되어 연속 제어입력의 형태로 변환되었기 때문이다.

향후 연구과제는 제안된 알고리즘을 브러시리스 직류전동기의 속도제어 시스템에 적용하여 실험적으로 입증하는 것이다.

#### 참고문헌

[1] H.Hashimoto, T.Nakayama, "Practical Variable Structure Approach for Brushless Servo Motor

Control - Practical Implementation of DSP", *PESC '88 Record*, pp.207-213, Apr. 1988

[2] P.K. Namdam and P.C. Sen, "Sliding mode speed control of a self-controlled synchronous motor based on state estimation and digital differentiation", *IPEC*, pp.291-295, 1989

[3] A. Glumineau, M. Hamy, C. Lanier, C. H. Moog, "Robust control of a brushless servo motor via sliding mode techniques", *INT. J. Control*, vol.58. no.5, pp.979-990, 1993.

[4] B.K.Bode, "Sliding Mode Control of Induction Motor", *Conf. Record of IEEE-IAS Ann. Meeting*, pp.479-486, 1985.

[5] F.J. Chang, H. J. Liao et al, "Position control of DC Motors via variable structure system control: A chattering alleviation approach", *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, Vol.37, No.6, pp.425-459, 1990

[6] Vadim Utkin, Jingxin Shi, "Integral Sliding Mode in Systems Operating under Uncertainty Conditions", *Proceedings of the 35th Conference On Decision and Control Kobe, Japan*, pp.4591-4596, 1996

[7] Itkis, U, "Control systems of Variable Structure", Wiley, New York, 1976

[8] Chang, F.J., S.H.Twu, and S. Chang, "Adaptive chattering alleviation of variable structure systems control", *IEE Proceeding D*, 137, 31-39

[9] KUO-KAI SHYU, YAO-WEN TSAI and CHEE-FAI YUNG, "A Modified Variable Structure Controller", *Automatica*, Vol. 28, No.6, pp1209-1213, 1992

[10] 최중경, 박승엽, 김종선, 김세일, "Trapezoidal 형 브러시리스 전동기의 속도 제어를 위한 시변 이득을 갖는 견실한 슬라이딩 모드 제어기의 설계", 한국자동제어학술회의, vol.2, pp.848-853, 1994.

[11] 김세일, "슬라이딩 모드 제어 이론을 적용한 Trapezoidal형 브러시리스 직류전동기의 견실한 위치 제어기의 설계", 창원대학교 석사학

위논문, 1995.

- [12] 김세일, 최중경, 박승엽 “데드 존 스위칭 영역을 갖는 정현파형 브러시리스 직류전동기의 가변구조 속도제어기 설계”, 한국해양정보통신학회, 제3권 3호, pp.639-650, 1999.
- [13] RUSSEL G. MORGAN AND UMIT OZGUNER “A Decentralized Variable Structure Control Algorithm for Robotic Manipulator”, *IEEE J. ROBOT. AND AUTOMAT.*, VOL. RA-1, NO.1, 1985.
- [14] 이주장, 황동환 “가변구조제어 시스템에 있어서 위상면상에의 도달시간 감소”, 전기학회 논문지 38권 1호, pp.51-59, 1989.



김 세 일(Sei-il Kim)

1990년 2월 아주대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1995년 8월 창원대학교 산업대학원 전기전자제어공학과 졸업(공학석사)

1997년 ~ 현재 창원대학교 대학원 전기전자제어공학과 박사과정

1990년 3월 ~ 현재 국방품질관리소 연구원

\*관심연구분야 : 서보기제어, 가변구조제어, 적응제어



최 중 경(Jung-Keyng Choi)

1986년 2월 고려대학교 전기공학과 졸업(공학사)

1988년 2월 고려대학교 전기공학과 졸업(공학석사)

1992년 2월 고려대학교 전기공학과 졸업(공학박사)

1992년 3월 ~ 현재 창원대학교 전자공학과 교수  
\*관심연구분야 : 서보기제어, 가변구조제어, 자동동조제어



박 승 엽(Seung-Yub Park)

1981년 2월 고려대학교 전기공학과 졸업(공학사)

1984년 2월 고려대학교 전기공학과 졸업(공학석사)

1988년 2월 고려대학교 전기공학과 졸업(공학박사)

1988년 3월 ~ 현재 창원대학교 전자공학과 교수  
\*관심연구분야 : 적응제어, 고장검출진단, 인공지능응용