

# 모터 전류 형상 제어 기술을 적용한 차량용 전동 시트

## Automobile Power Seat Using Motor Current Profile Control Technology

정 명 진\*★

Myung-Jin Chung\*★

### Abstract

Seat of automobile is required to support the comfort to driver and passenger during the driving. The control method of the seat position is changed from manual type to power type, which means using the motor to increase the comfort of the driver. By using the motor, several problems, such as vibration, noise, and over-current, appeared. These problems can be reduced through the control of seat motor. In this study, a control technology of four control variables, which determine profile of the input voltage applying to the seat motor, is proposed to generate the current profile having soft-start and soft-stop. The current flowing through the coil by input voltage is described by mathematical modeling of power seat. It is confirmed that optimized current profile having soft-start and soft-stop can be generated from simulation using the mathematical model.

### 요 약

시트는 운전 중에 운전자와 승차자의 편의를 제공하도록 요구된다. 최근 수동으로 동작하는 시트가 모터를 이용하여 자동으로 동작하는 전동 시트로 변화되고 있다. 시트에 모터를 적용함에 따라 과전류에 의해 발생하는 반전충격음, 진동 및 소음과 같은 문제가 발생하고 있다. 시트 모터의 제어를 통해 문제를 해결하려는 연구가 시도 되고 있다. 본 연구에서는 전동 시트에 사용되는 DC 모터에 흐르는 전류가 소프트 스타트와 소프트 스톱 형태를 갖도록 입력 전압의 형상을 결정하는 4개의 제어변수를 제어하는 기술 제안하였다. 전동 시트의 모델링을 통해 입력 전압에 대한 코일에 흐르는 전류의 관계식을 유도하고, 제어변수에 따른 시뮬레이션을 통해 소프트 스타트와 소프트 스톱 형태를 갖는 최적의 전류 형상의 구현이 가능함을 확인하였다.

*Key words : Automobile power seat, Motor current profile, Control, Soft-start, Soft-stop*

\* Dept. of Mechatronics Engineering, Korea Polytechnic University

★ Corresponding author

E-mail : mjchung@kpu.ac.kr, Tel : +82-31-8041-0461

※ Acknowledgment

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(NRF-2018R1D1A1B07041829).

Manuscript received Mar. 11, 2019; revised Mar. 13, 2019; accepted Mar. 18, 2019.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서론

운전 중에 운전자와 승차자의 편안함을 제공할 수 있는 자동차 시트에 대한 요구가 증가 되고 있다[1]. Lahiry와 Kovener에 의해 제안된 바와 같이 운전자의 편리성을 제공하기 위해 시트의 위치 조절 방식이 기존의 수동방식에서 모터를 사용하는 자동방식으로 변화되고 있다[2-3]. 모터를 사용하여 시트의 위치를 조절하는 시트를 전동 시트(power seat)라 칭하며, 시트의 위치를 조절할 수 있는 자유도에 따라 2방향(2-way) 혹은 4방향(4-way) 전동 시트로 구분된다. 전동 시트에 사용되는 모터는

운전자의 체중을 운전자가 원하는 방향 및 위치로 이동시키기 위해 기동토크가 크고 입력전류에 대해 출력효율이 높으며, 가격이 저렴한 DC 모터가 사용되는데, 모터를 제어할 때 과도한 전류흐름으로 인한 큰 반전충격음, ON/OFF 시 스위치 소음, 시트 진동과 같은 문제가 발생되고 있다. 이와 같은 문제를 규명하기 위해 Cho는 전동 시트에 사용된 슬라이드 모터에서 발생하는 소음을 시각화 하였으며[4], Han은 전동 시트의 DC 모터에서 발생하는 진동과 소음을 자동으로 측정할 수 있는 방법을 제안하였으며[5], Seo는 전동 시트의 전진이나 후진 시에 배터리 전압의 변화에 따라 발생하는 진동과 소음을 평가하는[6] 등 다양한 연구가 진행되고 있다[7-9]. 이들 연구는 대부분 전동 시트에 사용된 DC 모터에 의해 발생하는 진동과 소음을 측정하고 분석하기 위한 방법을 제안하고 있다. 반면, Chung은 사면 전압을 사용하는 방법을 제안하여 모터 기동 시에 과도한 전류의 흐름을 일부 감소시키는 효과를 확인하였다[10-11].

본 연구에서는 전동 시트에서 과전류에 의해 발생하는 반전충격음, 진동 및 소음을 최소화하기 위해 전동 시트에 사용되는 DC 모터에 흐르는 전류 형상을 효과적으로 제어하는 방법을 제안하였다. 전동 시트에 사용되는 모터 중에서 시트 전체를 전후로 이동하는 과정에 진동 및 소음의 영향이 크게 발생하는 슬라이드 모터에 대해 제안 방법을 적용하였다. 전동 시트의 모델링을 통해 입력 전압에 대한 코일에 흐르는 전류의 관계식을 수립하고, DC 모터에 인가되는 전압의 형상을 결정하는 4개의 제어변수를 전동 시트의 물성 값의 변화에 따른 시뮬레이션을 통해 설정함으로써 소프트 스타트(soft-start)와 소프트 스톱(soft-stop) 형태를 갖는 최적의 전류 형상을 구현하였다.

## II. 전동 시트 구성

전동 시트는 쿠션, 기구 프레임, DC 모터와 드라이브를 갖는 구동부로 구성된다. 그림 1은 4방향 전동 시트에 사용된 모터의 배치도를 나타낸다. 4방향 전동 시트에는 시트 등받이를 뒤로 젖히기 위한 젖힘(recline) 모터, 시트 베이스를 수평에서 기울이기 위한 기울기(tilt) 모터, 시트 전체를 전후로 밀기 위한 슬라이드(slide) 모터 및 상하로 이동하

기 위한 높이(height) 모터가 사용된다.

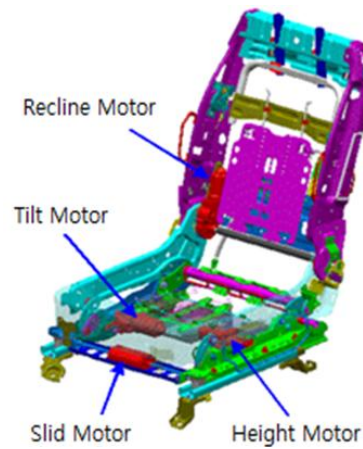


Fig. 1. Configuration of motor using in the power seat.

그림 1. 전동 시트에 사용되는 모터의 배치도

## III. 전류 형상 제어 기술

그림 2는 전동 시트에서 모터에 흐르는 전류 형상을 비교한 결과를 나타낸다. 전동 시트에서 구형의 ON/OFF 전압이 모터에 작용하는 경우에 굵은 흑색선과 같이 과도한 전류가 순간적으로 모터에 흐르게 되어 큰 반전충격음, 진동 및 소음 등이 발생되어 운전자가 불편함을 느끼게 된다. 반면, 모터의 기동과 정지 시에 모터에 인가되는 전압의 형상을 제어하여 모터에 흐르는 전류가 소프트 스타트와 소프트 스톱 형태를 갖는 가는 적색선과 같이 되도록 하면 과전류에 의해 발생하는 반전충격음, 진동 및 소음 등을 최소화 할 수 있다.

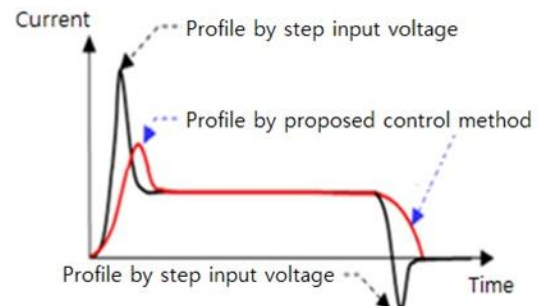


Fig. 2. Comparison of the motor current profile in the power seat.

그림 2. 전동 시트에서 모터에 흐르는 전류 형상 비교

소프트 스타트와 소프트 스톱 형태의 전류 형상은 그림 3과 같이 DC 모터에 인가되는 전압의 형

상을 결정하는 4개의 제어변수인 상승전압( $V_i$ ), 상승시간( $T_i$ ), 하락전압( $V_d$ ) 및 하락시간( $T_d$ )을 조정함으로써 구현할 수 있다. 전동 시트에서 모터 용량, 시트 질량 및 가이드 레일의 마찰력 등의 물성 값에 따라 4개의 제어변수 값을 조정하여 최적의 전류 형상을 구현한다.

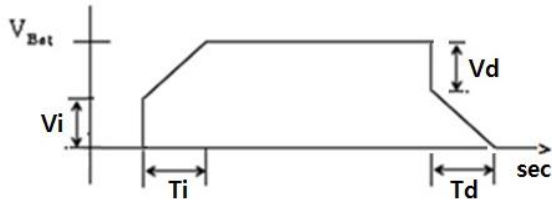


Fig. 3. Control variables of voltage applying to motor for generation of soft-start and soft-stop current profile.  
그림 3. 소프트 스타트와 소프트 스톱 형태의 전류 형상 생성을 위해 모터에 인가되는 전압의 제어변수

4개의 제어변수를 조정하여 DC 모터에 인가되는 전압의 형상을 제어하는 기능을 구비한 모터 드라이버의 제어 블록선도는 그림 4와 같다. 스위치 동작에 의해 신호가 마이컴으로 입력되고, 입력된 신호에 의해 마이컴에서 생성되는 게이트 신호에 의해 소프트 스타트와 소프트 스톱 형태의 전류 형상을 구현할 수 있다.

#### IV. 시뮬레이션 및 고찰

전압에 의해 모터 코일에 흐르는 전류의 형상은 모터의 사양 및 시트의 구조에 따라 다르게 생성되므로 사용하는 전동 시트에 최적의 전압 형상을 선정하여야 하며, 시뮬레이션을 통해 4개의 제어변수 값을 설정할 수 있다.

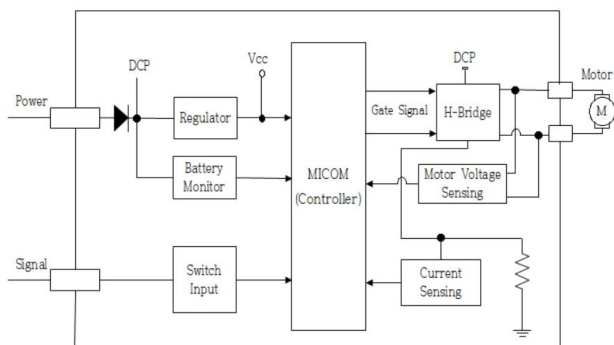


Fig. 4. Control block diagram of DC motor driver.  
그림 4. DC 모터 드라이버의 제어 블록선도

전동 시트에 사용되는 DC 모터와 시트(시트 질량 및 가이드 레일의 마찰력)를 단순화하여 그림 5와 같이 개요도로 나타낼 수 있다.

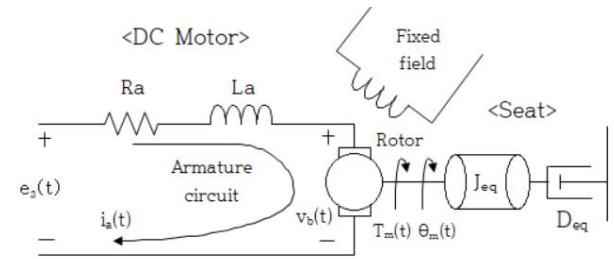


Fig. 5. Schematic diagram of DC motor and seat.  
그림 5. DC 모터 및 시트의 개요도

DC 모터는 자석을 고정자계로 전압이 인가되는 코일을 저항( $R_a$ ), 인덕턴스( $L_a$ ), 역기전력( $v_b(t)$ ) 성분으로 표현하며, 모터의 회전축에 연결되는 시트를 등가 관성질량( $J_{eq}$ )과 등가 감쇠기( $D_{eq}$ ) 성분으로 표현할 수 있다. 그림 5에서 전압( $e_a(t)$ )에 의해 코일에 흐르는 전류( $i_a(t)$ )의 관계는 식(1)과 같이 표현할 수 있다[12].

$$I_a(s) = \frac{J_{eq}s + D_{eq}}{L_a J_{eq} s^2 + (L_a D_{eq} + R_a J_{eq})s + K_t K_b} E_a(s) \quad (1)$$

여기서,  $K_t$ 는 토크상수,  $K_b$ 는 역기전력 상수를 나타낸다.

DC 모터의 회전 각속도( $\omega(t)$ )와 회전각도( $\theta(t)$ )는 식(1)을 이용하여 식(2) 및 식(3)과 같이 유도할 수 있다.

$$\Omega(s) = \frac{K_t}{J_{eq}s + D_{eq}} I_a(s) \quad (2)$$

$$\theta(s) = \frac{1}{s} \Omega(s) \quad (3)$$

Table 1. Electrical and mechanical constant of power seat.  
표 1. 전동 시트의 전기적 및 기계적 상수

Parameters	Value	Unit
Equivalent moment of inertia ( $J_{eq}$ )	1.0	$\text{kg} \cdot \text{m}^2$
Equivalent damping coefficient ( $D_{eq}$ )	5.0	$\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}/\text{rad}$
Coil inductance ( $L_a$ )	0.01	H
Coil resistance ( $R_a$ )	0.7	$\Omega$
Torque constant ( $K_t$ )	3.0	$\text{N} \cdot \text{m}/\text{A}$
Back emf constant ( $K_b$ )	3.0	$\text{V} \cdot \text{s}/\text{rad}$

표 1은 그림 5의 전동 시트에 사용된 DC 모터와 시트로부터 추출된 전기적 및 기계적 상수를 나타낸다.

MATLAB(Simulink)를 사용하여 그림 6과 같이 전동 시트(DC 모터와 시트)를 표현하고, 표 1에 서술한 전기적 및 기계적 상수를 사용하여 4개의 제어변수를 갖는 입력 전압의 형상에 따른 출력 전류의 형상, 모터의 회전 각속도 및 회전 각도를 확인할 수 있다.

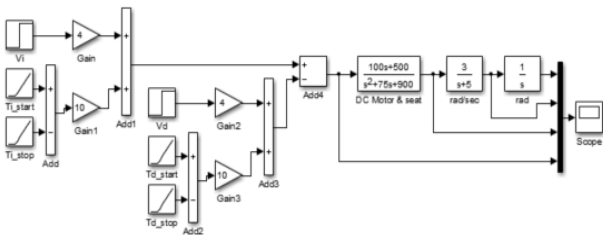
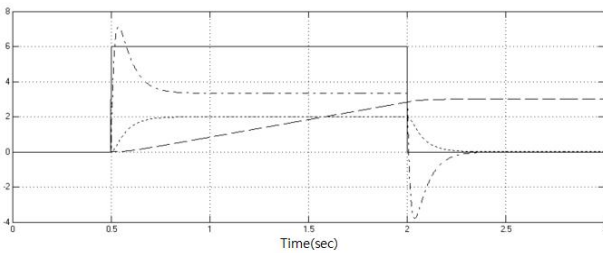
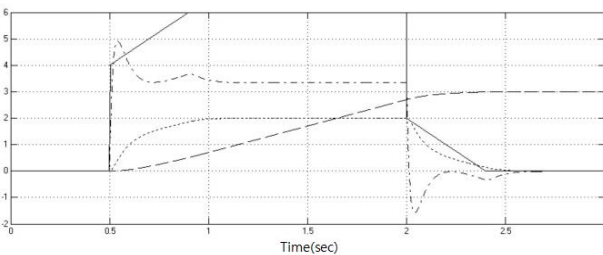


Fig. 6. Block diagram of power seat for simulation.  
그림 6. 시뮬레이션을 위한 전동 시트의 블록선도

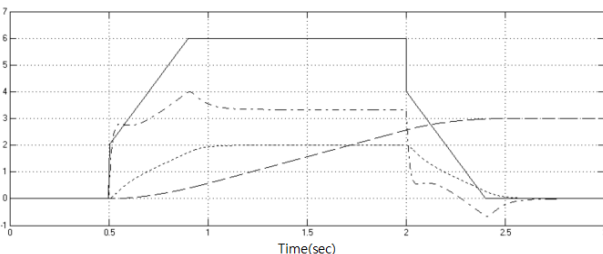
그림 7은 표 1의 물성 값을 갖는 전동 시트의 DC 모터에 인가되는 입력 전압의 제어변수 값에 따른 코일에 흐르는 전류의 형상, 모터의 회전 각속도 및 회전 각도에 대한 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 여기서, 최대 입력 전압은 6V로 고정하였으며, 실선은 입력 전압이며 일점쇄선은 코일에 흐르는 전류, 짧은 점선은 모터의 회전 각속도, 긴 점선은 모터의 회전 각도를 나타낸다. 그림 7(a)에서 전류가 기동시에 30msec 동안 7.0A까지 급격하게 상승하고, 정지시에 30msec 동안 -3.9A까지 급격하게 하락함을 알 수 있다. 반면 그림 7(b)과 그림 7(c)은 5.0A와 2.9A로 각각 기동 전류가 낮아지며, 정지 전류도 각각 -1.5A와 -0.7A로 낮아짐을 확인할 수 있다. 시뮬레이션을 통해 기동 시에 전류 변화는 기존방식(7.0A)에서 제안방식(2.9A)을 적용하여 58.6%가 감소됨을 알 수 있으며, 정지 시에 -3.9A에서 -0.7A로 82.1%가 감소됨을 알 수 있다.



(a)



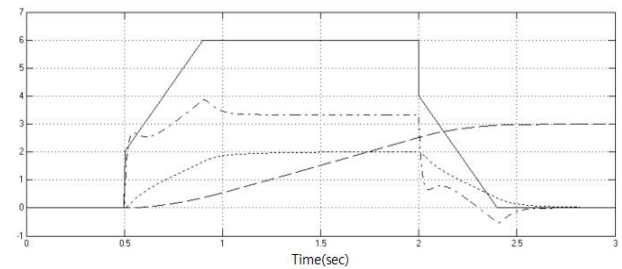
(b)



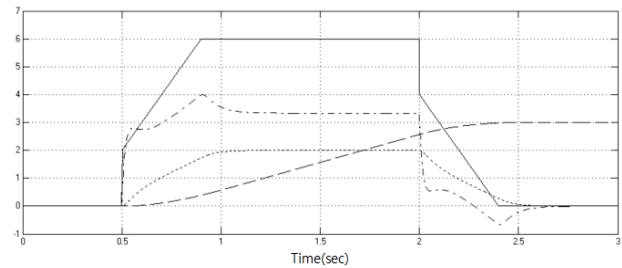
(c)

Fig. 7. Simulation result of current profile according to control variable of input voltage.

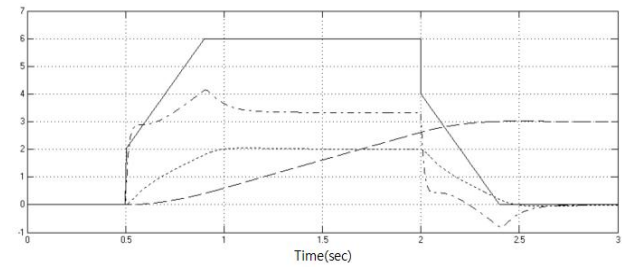
그림 7. 입력 전압의 제어변수 값에 따른 전류 형상 시뮬레이션 결과; (a)  $V_i=6, T_i=0, V_d=6$  및  $T_d=0$ ,  
(b)  $V_i=4, T_i=0.4, V_d=4$  및  $T_d=0.4$ ,  
(c)  $V_i=2, T_i=0.4, V_d=2$  및  $T_d=0.4$



(a)



(b)



(c)

Fig. 8. Simulation result of current profile according to equivalent moment of inertia.

그림 8. 등가 관성질량 값에 따른 전류 형상 시뮬레이션 결과; (a)  $J_{eq}=0.8$ , (b)  $J_{eq}=1.0$ , (c)  $J_{eq}=1.2$

전동 시트의 전기적 상수를 고정하고 기계적 상수인 등가 관성질량과 등가 감쇠계수가 변경되는 경우에 대한 시뮬레이션 결과를 각각 그림 8과 그림 9에 나타낸다. 시뮬레이션에서 입력 전압의 제어변수는  $V_i=2$ ,  $T_i=0.4$ ,  $V_d=2$  및  $T_d=0.4$ 로 고정하였다. 그림 8에서 등가 관성질량이 기준값( $J_{eq}=1.0$ )에서  $\pm 20\%$ ( $J_{eq}=0.8, 1.2$ ) 변동됨에 따라 전류 형상의 변화가 거의 나타나지 않음을 확인하였다. 시뮬레이션을 통해 입력 전압의 제어변수가 설정된 후에 전동 시트의 등가 관성질량의 변화(운전자에 따른 체중 변화 등)에 의한 전류 형상에 대한 영향을 무시할 수 있음을 알 수 있다.

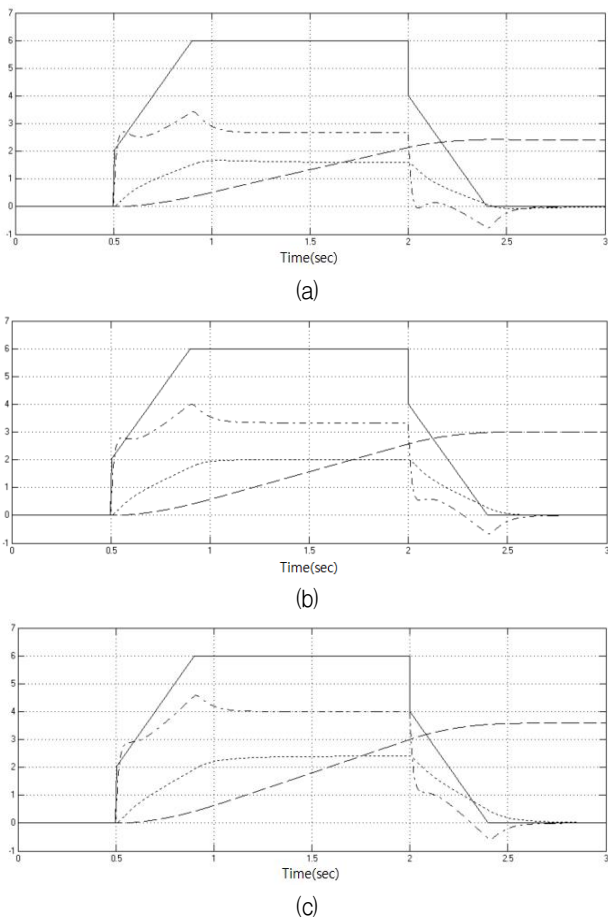


Fig. 9. Simulation result of current profile according to equivalent damping coefficient.

그림 9. 등가 감쇠계수 값에 따른 전류 형상 시뮬레이션 결과; (a)  $Deq=4$ , (b)  $Deq=5$ , (c)  $Deq=6$

그림 9에서 등가 감쇠계수가 기준값( $Deq=5$ )에서  $\pm 20\%$ ( $Deq=4, 6$ ) 변동됨에 따라 전류 형상의 변화가 거의 나타나지 않음을 확인하였다. 시뮬레이션을 통해 입력 전압의 제어변수가 설정된 후에 전동

시트의 등가 감쇠계수의 변화(시트 가이드 레일의 마찰계수 변화 등)에 의한 전류 형상에 대한 영향을 무시할 수 있음을 알 수 있다.

## V. 결론

본 연구에서 제안한 DC 모터에 흐르는 전류가 소프트 스타트와 소프트 스톱 형태를 갖도록 입력 전압의 형상을 결정하는 4개의 제어변수를 제어하는 기술은 전동 시트에서 과전류에 의해 발생하는 반전충격음, 진동 및 소음을 최소화 하는데 사용할 수 있다. 전동 시트의 수학적 모델링을 통해 입력 전압에 대한 코일에 흐르는 전류의 관계식을 수립하고, MATLAB 시뮬레이션을 통해 DC 모터에 인가되는 입력 전압의 제어변수 값의 변화에 따라 코일에 흐르는 전류 형상을 조정함으로써 모터 동작시에 발생하는 전류의 급격한 변화를 감소시킬 수 있음을 확인하였으며, 입력 전압의 제어변수 설정 후에 운전자의 체중 변화나 시트 가이드 레일의 마찰계수 변화에 따른 전동 시트의 성능에 대한 영향은 무시할 수 있음을 확인하였다. 본 연구를 통해 DC 모터에 인가되는 입력 전압의 제어변수 값의 조정을 통해 소프트 스타트와 소프트 스톱 형태를 갖는 최적의 전류 형상을 구현할 수 있음을 확인하였다.

향후 연구는 제안기술을 적용한 전동 시트를 제작하고 성능검증을 통해 본 연구에서 제안한 기술의 유용성을 검증할 계획이다.

## References

- [1] M. J. Chung, "Development of actuator system for automobile massage seat," in *Proc. of the 29th Institute of Control, Robotics and Systems Annual Conference*, pp. 273-274, 2014.
- [2] A. Lahiry, S. Chanana, and S. Kwnwar, "Automation in automobiles: power seat," in *Proc. of the 2nd International Conference on Machine Vision*, pp. 158-160, 2009. DOI: 10.1109/ICMV.2009.58
- [3] R. W. Kovener, "Power seat with memory," *International Journal of Vehicle Design*, vol. 2,

no. 1, pp. 111–117, 1981.

[4] Y. T. Cho and J. S. Bolton, “Visualization of automotive power seat slide motor noise,” in *Proc. of the National Conference on Noise Control Engineering*, pp. 181–188, 2014.

[5] H. S. Han, B. W. Jeong, G. H. Kim, and D. H. Song, “Automatic measurement of noise and vibration for power seat DC motor in the vehicle,” in *Proc. of the Spring Conference on The Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, pp. 1142–1147, 2002.

[6] K. S. Seo, D. S. Choi, and K. S. Kim, “Evaluation of vibration and sound quality according to battery voltage change while moving a power seat in an automobile forward or backward,” *Journal of Central South University*, vol. 21, no. 10, pp. 3844–3849, 2014.

[7] P. Scheibner, A. Zeitler, A. Wendemuth, “Sound Quality Evaluation of Power Seat Adjusters,” in *Proc. of the International Conference on Acoustics*, pp. 1547–1549, 2009.

[8] S. Y. Kim, “Evaluation of noise and vibration characteristic related to slide mechanism at power seat of vehicle,” *Master thesis*, Kongju University, 2016.

[9] Y. Shi, I. T. Lee, A. M. Afsar, J. I. Song, “Development and performance analysis of an automotive power seat for disabled persons,” *International journal of automotive technology*, vol. 10, no. 4, pp. 481–488, 2009.  
DOI: 10.1007/s12239-009-0055-8

[10] M. J. Chung, “Control Method of Automobile Power Seat Considering the Driver Sensibility,” in *Proc. of The KSME 2015 Annual Meeting*, pp. 3563–3565, 2015.

[11] S. Y. Hwang, M. J. Chung, “Development of Automobile Power Seat Motor Controller Having Soft-Start and Soft-Stop Function,” *Int. Journal of Electronics Communication and Computer Engineering*, vol. 7, no. 4, pp. 225–229, 2015.

[12] Norman S. Nise, *Control Systems Engineering*, 6th ed, John Wiley & Sons, Inc. 2011.

## BIOGRAPHY

### Myung-Jin Chung (Member)



1989 : BS degree in Mechanical Engineering, Hanyang University.  
1991 : MS degree in Production Engineering, KAIST.  
2002 : PhD degree in Mechanical Engineering, KAIST.

1997~2004 : Research Engineer, Hyundai Electronics.

2004~current : Professor, Dept. of Mechatronics Engineering, Korea Polytechnic University.