



# 2013 한국자동차공학회 부문종합 학술대회

기간 \_ 2013. 5. 1(수) ~ 5. 4(토)

장소 \_ 라마다프라자 제주호텔 (제주시)



- 파워트레인 부문
- 연료 및 환경 부문
- 새시 및 차량동역학 부문
- 전기·전자·ITS 부문
- 차체 및 안전 부문
- 생산 및 재료 부문
- 전기 동력 자동차 부문
- 자동차부품 제조 및 스포츠 부문

- 철도차량 연구회
- 이륜차 연구회
- 군용차량 연구회

- 표준화 위원회

- 최근 자동차분야 NVH 기술개발 동향 워크숍 (교육 워크숍)
- 친환경 자동차의 국제표준 및 국내대응 현황 워크숍 (표준화 워크숍)



사단법인 한국자동차공학회  
The Korean Society of Automotive Engineers

**885 차선유지 보조 시스템을 위한 표면부착형 영구자석 전동기 특성**

정경태\*(한양대학교), 김유식(현대자동차), 홍정표(한양대학교), 이근호(국민대학교)

**889 타이어 설계인자에 따른 EPS 조향 성능 영향도 분석 시뮬레이터 개발**

정승환\*(한양대학교), 김정민(안동대학교), 김종민(자동차부품연구원),  
배철용(자동차부품연구원), 권성진(자동차부품연구원), 이봉현(자동차부품연구원)

**895 타이어 복원 모멘트 및 조향 시스템 모델링을 통한 조타 토크 예측**

조광희\*(서울대학교), 김성한(서울대학교), 신민철(서울대학교), 송 준(서울대학교),  
주종남(서울대학교)

**902 EPS 필터 설계 방법 연구**

최보종\*(안동대학교), 장봉준(안동대학교)

**907 자동화 수동 변속기 (AMT)의 공압식 클러치 액추에이터의 설계 검증**

최세빈\*(인팩), 박지형(인팩), 최수길(인팩), 이한구(인팩)

**911 동역학 해석을 통한 자동화 수동 변속기 (AMT) 기어 액추에이터의 설계 검증**

최수길\*(인팩), 조태영(인팩), 이한구(인팩), 최세빈(인팩)

**916 희토류 자석 저감을 위한 영구자석 동기전동기 구조에 관한 연구**

최윤철\*(대성전기), 김태현(대성전기), 방기창(대성전기), 김경원(대성전기)

**920 운전자 조향을 고려한 차선 유지 지원 알고리즘 개발**

황윤형\*(자동차부품연구원), 이혁기(자동차부품연구원), 신성근(자동차부품연구원)

# 차선유지 보조 시스템을 위한 표면부착형 영구자석 전동기 특성

정 경 태<sup>1)</sup> · 김 유 식<sup>2)</sup> · 홍 정 표<sup>1)</sup> · 이 근 호<sup>3)</sup>

한양대학교 자동차공학과<sup>1)</sup> · 현대자동차 구동계개발팀<sup>2)</sup> · 국민대학교 자동차공학 전문대학원<sup>3)</sup>

## Characteristics of Surfaced Permanent-Magnet Synchronous Motor for Lane keeping Support System

Kyungtae Jung<sup>1)</sup> · Yusik Kim<sup>2)</sup> · Jungpyo Hong<sup>1)</sup> · Geunho Lee<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Department of Automotive Engineering, Hanyang University, 17 Haengdang-dong, Seongdong-gu, SEOUL 133-791, KOREA

<sup>2)</sup> Hyundai Kia Motors Namyang Institute, Jangdeok-dong, Hwaseong-si, Gyeonggi-do, SEOUL 445-706, KOREA

<sup>3)</sup> Graduate school of Automotive Engineering, Kookmin University, 861-1 Jeongneung-dong, Seongbuk-gu, Seoul 136-702, KOREA

**Abstract** : As a development of technology, LKAS which uses an EPS motor came to use in recent. Automotive control systems are complex systems involving given much weight on the system, the complexity of multidisciplinary knowledge. According to the glowing number automotive control system is rapidly increasing. of advanced electrical components like LKAS, the complexity is rapidly increasing. By simulation effect of motor torque assist through electric power steering revealed effective, and motor model are proved reasonable through comparison with real motor experimental datum.

**Key words** : Lane Keeping Support System(차선유지 보조장치), Steering Torque(조향토크), C-EPS(컬럼타입 전동조향장치), SPM motor(표면부착형 영구자석 전동기)

### Nomenclature

$J_h$	: steering column moment of inertia
$B_h$	: steering column viscous damping
$K_h$	: steering column stiffness
$M_r$	: mass of the rack
$B_r$	: viscous damping of the rack
$r$	: steering column pinion radius
$K_x$	: tire spring rate
$J_m$	: motor moment of inertia

지능형 차량은 기존 기계공학 중심의 자동차 기술에 전자·통신·제어 등의 다양한 기술을 바탕으로 하는 능동 안전도 차량기술로서 운전자의 주행 안전성과 편의성을 극대화시킨 첨단 안전차량을 일컫는다. 이러한 지능형 차량의 기능중 LKAS(Lane Keeping Assistance System)은 차량이 차선을 유지할수 있도록 보조해주는 시스템으로서 차선 이탈 경보나 능동 조향을 통해 운전자의 안전을 도모하거나 조향휠에 보조 토크를 제공해주어 보다 쾌적한 운전 환경을 조성하는데 목적이 있다.

이러한 지능형 차량의 구현에 의해서 사고가 발생하였을 때 상해를 최소화 하려는 수동안전 개념의 현재 차량에서 능동적으로 차량자세를 분석하여 운전자의 운전조작을 적절하게 보조할 수 있는 능동안전 개념의 차량이 구현도 될수있다. 능동안전 차량기술의 진보에 따라 다양한 형태의 첨단 안전

### 1. 서 론

LKAS의 동력으로는 환경친화적이고 효율적인 EPS(Electric Power Steering) 사용되고 있다. EPS는 전동기를 이용하여 운전자의 조향력을 보조해주는 역할을 하며, 영구자석 동기전동기가 많이 사용되고 있다. 영구자석형 동기전동기는 효율 및 에너지 밀도를 높일수 있어, 공간의 제약이 크고 고성능을 요구하는 차량 분야에 적용시키기 용이하다.

본 논문에서는 특성이 다른 두 전동기를 LKAS 시뮬레이터를 이용하여 응답성을 분석하였다. 전동기 단품 실험을 구성하여, 응답성에 영향을 주는 인자를 검증하였다.

## 2.1 EPS 기계시스템 모델링

$$J_h \ddot{\theta}_h + B_h \dot{\theta}_h + K_h (\theta_h - \theta_p) = T_h \quad (1)$$

$$J_h \ddot{\theta}_h + B_h \dot{\theta}_h + K_h (\theta_h - \theta_p) = T_h \quad (1)$$

$$J_p \ddot{\theta}_p + B_p \dot{\theta}_p + T_p = K_h (\theta_h - \theta_p) + T_l N \quad (2)$$

$$M_r \ddot{x} + B_r \dot{x} + F_t = \frac{T_p}{r} \quad (3)$$

$$J_m \ddot{\theta}_m + B_m \dot{\theta}_m + T_l = T_e \quad (4)$$

대입하면

$$(J_p + r^2 M_r + N^2 J_m) \ddot{\theta}_p + (B_p + r^2 B_r + N^2 B_m) \dot{\theta}_p = K_h (\theta_h - \theta_p) + T_e - r F_t$$

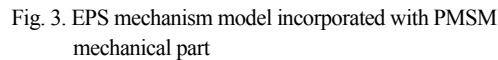
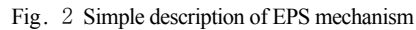
$$J_{ep} \ddot{\theta}_p + B_{ep} \dot{\theta}_p = K_h (\theta_h - \theta_p) + T_e - r F_t$$

$$F_t = B_r \dot{x} + K_r x \quad (5)$$

최종적으로 식 (6)으로 정리할수 있다.

$$(J_p + r^2 M_r + N^2 J_m) \ddot{\theta}_p + (B_p + r^2 (B_r + B_x) + N^2 B_m) \dot{\theta}_p +$$

$$=K_h(\theta_h-\theta_p)+T_e-rF_t$$



## 2.2 EPS 전동기 모델링

SPM 동기전동기 d-q 전압방정식은 다음과 같다.

$$v_{dq}^s = r_s i_{dq}^s + L_s \frac{d}{dt} i_{dq}^s + j\omega_r \phi_m e^{j\theta_r} \quad (7)$$

식 7을 이용하여 모델링하면 Fig 4. 와 같다.

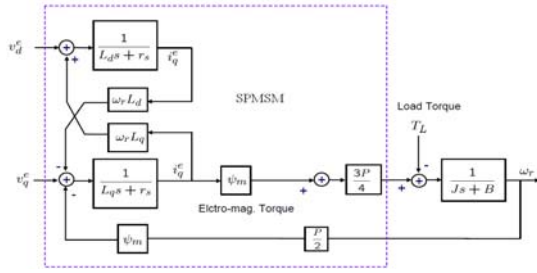


Fig. 4 Block Diagram of SPM motor

제어기 구성은 PI 제어기를 모델링 하였고, 제어계인은 Zelo-pole cancellation으로 인덕턴스와 저항을 이용하여 산정하였다(Cutoff frequency 3000rad/s).

### 2.3 LKAS 시스템 시뮬레이션

Table 1 Simulation Parameter of Motor

	Motor A	Motor B
Back EMF constant [V/rad/s]	0.0526	0.0559
Phase Inductance [mH]	0.098	0.136
Phase resistance [mΩ]	6.1	15.4

Table 2 Simulation Parameter of LKAS system

Symbol	Value [units]	Symbol	Value [units]
$J_h$	0.04kg·m <sup>2</sup>	$r$	0.007m
$B_h$	0.072N·m/(rad/s)	$K_x$	43000N·m/m
$K_h$	115N·m/rad	$J_m$	0.0004 kg·m <sup>2</sup>
$M_r$	32kg	$N$	20.5
$B_r$	3820N/(m/s)		

Table 1 과 Table 2를 구성된 시뮬레이션 조건이다. LKAS에는 운전자의 입력토크는 없다는 가정하에 동일한 전류를 Fig. 5와 같이 입력하였다.

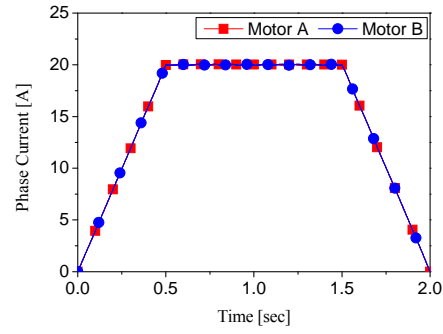


Fig. 5 Input Current

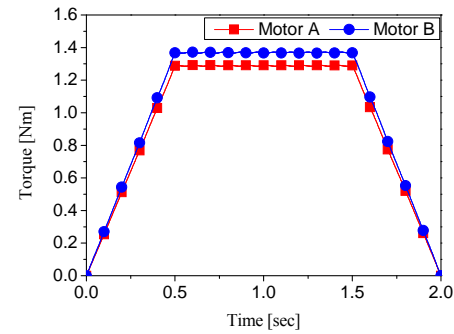


Fig. 6 Simulation result(Torque)

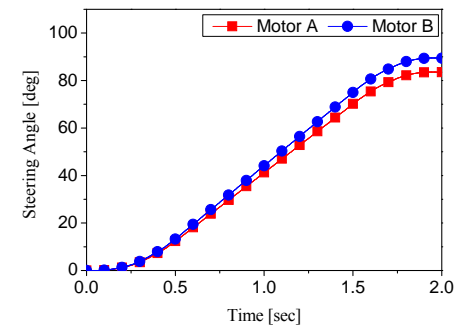


Fig. 7 Simulation result(Steering Angle)

시뮬레이션 결과 Fig.6, Fig 7과 같다. 동일 전류조건에서 Motor B가 Motor A 비교할때 토크가 6.2% 큰것을 확인할 수 있다. 조향각은 최종적으로 7.2% 차이가 났다.



## 2.4 모터 단품 부하시 속도응답 시험

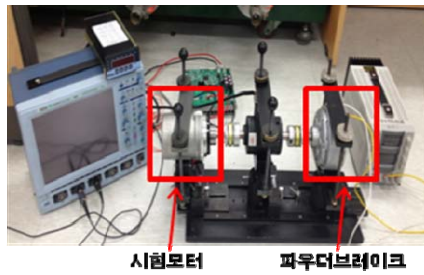


Fig. 8 Test Jig of a Motor

Fig. 8 은 모터 단품 부하시 속도응답 실험을 위한 구성을 나타내었다. 파우더브레이크에서는 일정 부하를 모터에 인가하고, 인버터로 모터에 전류를 스텝으로 인가하여, 과도상태의 전동기 속도를 측정하도록한다.

Fig. 9 는 시험 결과를 나타내었다.

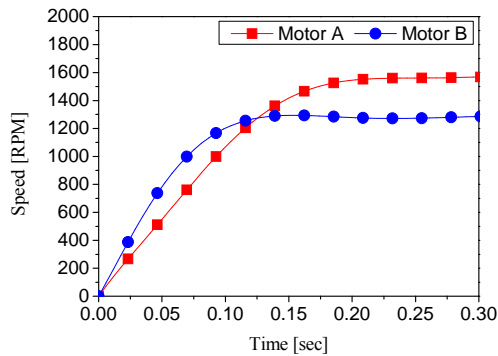


Fig. 9 Test Result

## 3. 결 론

LKAS 시뮬레이터를 구성을 하고, 특성이 다른 전동기 두대를 이용하여 응답성을 시뮬레이션 하였다. 응답성에 영향이 있는 파라미터를 검증하기 위하여 모터 단품 실험을 수행하였다.

- 1) LKAS 시뮬레이터를 이용하여 전동기 파라미터를 바꾸어가며 응답성의 경향을 파악할수 있다.
- 2) 시스템의 응답성에 지배적인 모터 파라미터는 역기전력 상수(토크상수) 이다.

## References

- 1) J. Y. Lee, S. H. Lee, G. H. Lee, J. P. Hong, J. Hur, "Determination of parameters considering Magnetic Nonlinearity in an Interior Permanent Magnet Synchronous Motor" IEEE Trans. Magn., vol. 42, no 4, pp.1303-1306, April 2006
- 2) J.R.Hendershot Jr and TJE Miller, "Design of Brushless Permanent-Magnet Motors", 1994
- 3) Wootaik Lee, Jung-Pyo Hong, "Object oriented modeling of an Interior Permanent Magnet Synchronous Motor Drives for Dynamic Simulation of Vehicular Propulsion", IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, paper No. SNO-b109x, 2006.
- 4) Jeongjong Lee, Soono Kwon, Byeonghwa Lee, Jungpyo Hong, "Cogging Torque analysis of the PMSM for EPS Considering magnetic anisotropy of Electrical Steel", The Korean Society of Automotive engineers, Annual Conference, 2330~2334, 2008