

## MATLAB/Simulink를 이용한 컬럼형 전동조향장치(EPS)의 토크제어 시뮬레이션

방두열\*(전북대 대학원), 이성철(전북대 공업기술연구소), 장봉춘(안동대 기계공학부)

### Torque Control Simulation of the Column Type EPS System using MATLAB/Simulink

Du-Yeol Pang(Graduate school, Chonbuk Univ.), Seong-Cheol Lee(RCIT, Chonbuk Univ.),  
and Bong-Chun Jang(Andong Univ.)

#### ABSTRACT

As a development of technology, electric power steering system which uses an electric motor came to use in recent and it can solve the problems with hydraulic power steering system. In this paper, vehicle model and electric power steering system are combined to fulfill full vehicle model. By simulation effect of motor torque assist through electric power steering revealed effective, and full vehicle model are proved reasonable through comparison with real car experimental datum.

**Key Words** : EPS(Electric power steering, 전동식 조향장치), Current assist map(전류보조 맵), Steering angle(조향각), Vehicle model(차량모델), MATLAB/Simulink simulation(시뮬레이션)

#### 1. 서론

1950년대 중반 미국의 Delphi사에서 유압식 조향장치를 개발한 이래 근 50년 동안 유압은 조향장치의 동력 보조수단으로 사용되어 왔으나, 근래에는 유압식 조향장치의 단점을 보완할 수 있는 전동식 조향장치가 새로이 대두되었다[1]. 전동식 조향장치는 동력이 필요할 때만 자동차의 배터리를 에너지원으로 하여 모터를 구동함으로써 동력을 공급하는 방식으로 에너지 측면에서 유리하며 설치 및 장치가 용이하고 환경친화적이며, 엔진에 독립적인 시스템으로 구성이 가능하다.

본 논문에서는 Fig.1과 같은 조향장치의 컬럼에 장착된 모터를 이용하여 동력을 보조하는 컬럼형 전동식 조향장치(column-type EPS)와 차량모델을 결합한 전 차량 모델에 대한 시뮬레이션을 이용하여 동력 보조의 유무에 따른 결과를 비교하였으며, 중형 승용차의 실험데이터와 시뮬레이션 결과를 비교하고 모터의 동력보조로 핸들 토크가 충분히 감소되고 있음을 연구하였다.

#### 2. 모델링 방정식

차량의 모델링은  $x$ ,  $y$ , yaw, roll에 대한 방정식, 각 휠에서의 spin에 대한 방정식 및 전륜의 조향각을 포함한 9자유도 차량모델을 설정하였으며 조향장치 모델을 결합하여 전 차량모델을 설정하였다. 조향장치 모델링은 식(1)~식(4), 차량의 모델링은 식(5)~식(9)와 같다. 차량의 타이어모델은 Systems Technology Inc.에서 개발한 물리적 모델에 근거한 반 경험적 STI 타이어 모델을 사용하였다.[2]

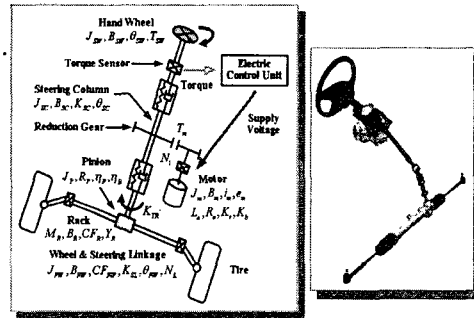


Fig.1 Typical configuration of column drive EPS

#### Steering Wheel

$$J_{SH} \ddot{\theta}_{SW} + B_{SH} \dot{\theta}_{SW} + K_{SC} (\theta_{SW} - \theta_{SC}) = T_{SW}, \quad (1)$$

#### Steering Column

$$J_{SC} \ddot{\theta}_{SC} + B_{SC} \dot{\theta}_{SC} + K_{SC} (\theta_{SC} - \theta_{SW}) = T_m - T_p, \quad (2)$$

#### Steering Rack

$$M_R \ddot{Y}_R + B_R \dot{Y}_R + C_{FR} \text{sgn}(\dot{Y}_R) = \eta_f \frac{T_p}{R_p} - 2\eta_B \frac{T_{KL}}{N_L}, \quad (3)$$

#### Road Wheel

$$J_{FW} \ddot{\theta}_{FW} + B_{FW} \dot{\theta}_{FW} + C_{FW} \text{sgn}(\dot{\theta}_{FW}) = T_{KL} + N_L, \quad (4)$$

#### Longitudinal Motion

$$m_{tot} (\dot{U} - rV) - m_e e \dot{\phi} = \Sigma F_x, \quad (5)$$

#### Lateral Motion

$$m_{tot} (\dot{V} + rU) + m_e e \ddot{\phi} = \Sigma F_y, \quad (6)$$

#### Yaw Motion

$$I_r \dot{r} = \Sigma M_z, \quad (7)$$

#### Roll Motion

$$I_{xx} \ddot{\phi} + m_e e (\dot{V} + rU) + I_{zz} \dot{r} = m_e g e \phi - K_\phi \phi - B_\phi \dot{\phi} \quad (8)$$

### Four Road Wheel's Spin

$$I_{\omega} \dot{\omega}_i = -F_{z_i} R_i + T_{i_k} \quad (9)$$

### 3. 시뮬레이션 및 결과

MATLAB/Simulink S/W로 차량과 조향장치를 결합한 전 차량모델을 시뮬레이션하였으며, 조향장치 컬럼에서 동력보조는 핸들의 토크, 가속도, 각속도 및 차속에 근거한 기본보상, 댐핑보상, 관성보상, 마찰보상을 전류보조 맵(current assist map)으로 설정하여 모터전류를 제어하고 토크 보조를 실현하였다. Fig. 2는 차속에 따른 기본보상의 전류보조 맵이다.

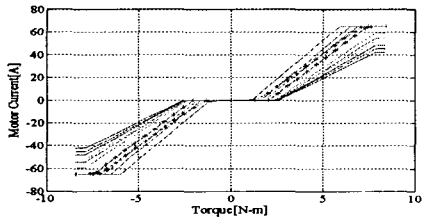


Fig. 2 Base current assist map according to the vehicle speed

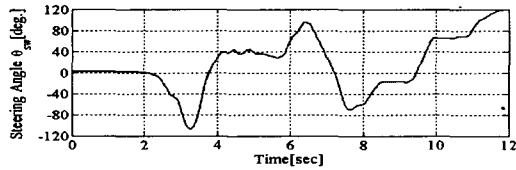


Fig. 3 Steering wheel angle input

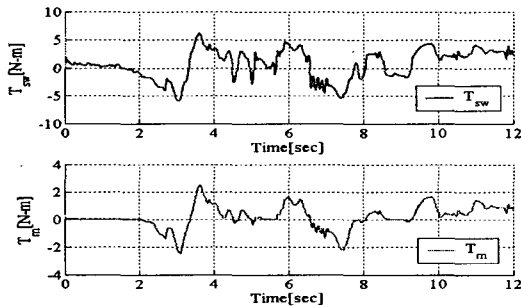


Fig. 4 Steering wheel torque with motor assist torque

핸들 조향각을 시간에 따라 Fig.3과 같은 형상으로 차량모델에 입력한 경우, 모터토크 보조의 유무에 따른 핸들토크의 비교치가 Fig.4, Fig.5와 같다.

Fig. 4에서와 같이 모터토크를 보조한 경우, 핸들에서의 토크는 6N-m 미만의 값을 보이고 있는 반면, Fig. 5에서와 같이 모터토크를 보조하지 않은 경우, 최대 피크 값이 40N-m 이상의 큰 값을 보이고 있어 모터토크 보조의 효과가 잘 나타나고 있다. Fig. 5의 모터토크는 모터에 발생하는 역기전력에 의해서 유발되는 토크이다.

Fig.6은 Fig.3과 같은 핸들 조향각을 차량에 입력한 경우에 차량의 응답특성을 실차 실험데이터와 시뮬레이션결과를 비교한 데이터이다. 차량의 종방향, 횡

방향 속도, 가속도 및 yaw rate, roll rate는 실험데이터와 시뮬레이션 결과가 잘 일치하고 있어 전 차량 모델링의 타당성이 검증되고 있다.

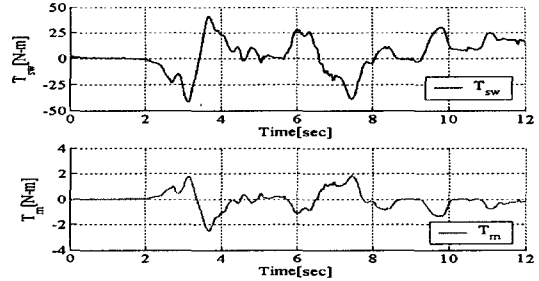


Fig. 5 Steering wheel torque and motor torque by back emf

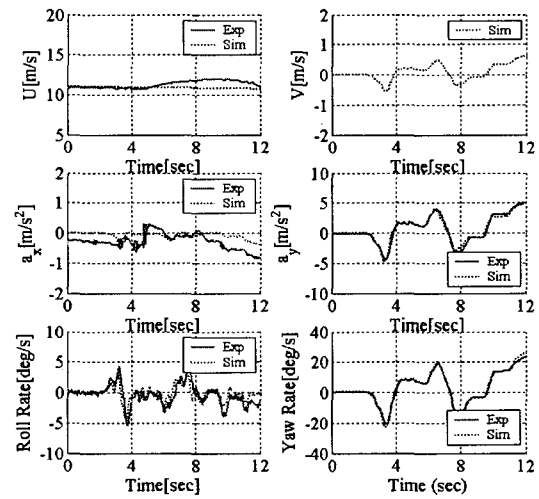


Fig. 6 Comparison between simulation and experimental result of full vehicle model

### 4. 결론

본 논문은 차량과 컬럼형 전동식조향장치를 결합한 전차량모델을 설정하였고, 전류보상맵에 의한 모터토크 보조로 조향장치의 토크 공급이 잘 실현되었으며, 실차의 실험데이터와 시뮬레이션 결과가 잘 일치하고 있어 전차량 모델링의 타당성이 검증되었다.

### 참고문헌

1. Y. Shimizu and T. Kawai, "Development of Electric Power Steering," SAE 910014, pp.105-119, 1991.
2. H.T. Szostak, R.W. Allen, and T.J. Rosenthal, "Analytical Modeling of Driver Response in Crash Avoidance Maneuvering Volume II: An Interactive Tire Model for Driver/Vehicle Simulation," DOT HS 807 271, Final Report, April, 1988.
3. B.C. Jang, S.C. Lee, "A Mathematical Model of Power Steering System," KSAE97370069, Vol.5 No.4, pp39-47, 1997.