

# Simulink를 이용한 조향시스템 상세모델링 Detailed Modeling of Steering System Using Simulink

\*조광희<sup>1</sup>, #김성한<sup>1</sup>, 신민철<sup>1</sup>, 주종남<sup>1</sup>

\*G. H. Jo<sup>1</sup>, #S. H. Kim(mowgli00@snu.ac.kr)<sup>1</sup>, M. C. Shin<sup>1</sup>, C. N. Chu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>서울대학교 기계항공공학부

Key words : Steering system, Simulink model, Component test, Design parameter

## 1. 서론

조향시스템은 조향 컬럼, 유니버설 조인트, 랙&피니언 기어로 이루어져 있으며, 이는 운전자와 직결되어 조향감에 직접적으로 영향을 미치는 자동차의 핵심부품이다.<sup>1,2)</sup> 따라서 조향시스템의 각 기구부의 하드웨어 특성 및 마찰 특성에 대한 분석은 조향감 개선에 있어서 선행되어야 한다. 이를 위해서는 설계 변수를 고려한 각 기구부에 대한 상세한 모델링이 필요하며 각 인자들의 대한 분석이 필요하다.

본 연구의 목적은 조향시스템 기구부를 상세모델링하는 것이다. 이는 단순 등가 모델이 아닌 설계 변수를 고려한 모델링으로서 조향감 특성에 영향을 크게 미치는 마찰 특성을 포함하고 있으며 이를 통해 각 인자들의 대한 분석을 수행할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 MATLAB/Simulink 프로그램을 이용하여 조향시스템을 모델링하였으며, 단품 시험을 통해 이를 검증하였다.

## 2. 조향 시스템 모델링

조향시스템 모델링은 조향 컬럼, 유니버설 조인트, 랙&피니언 기어 각 기구부에 대하여 진행하였으며 이를 통합하여 (1) ~ (4) 와 같은 수식을 통해 조향시스템 전체 모델링을 수행하였다.

Fig 2 은 수식을 바탕으로 모델링한 전체 조향시스템에 대한 simulink 모델이다. 이는 조향 컬럼, 유니버설 조인트, 랙&피니언 기어 각 기구부 모델링을 바탕으로 통합하여 진행하였다. 전체 조향시스템 모델링을 보면 각 기구부에 대한 모델링이 이루어졌고 이들 개별 모델링은 서로 유기적으로 연결되어 전체 조향시스템 모델링을 구성한다. 각 기구부의 서브 시스템 블록 안에는 개별 기구부의

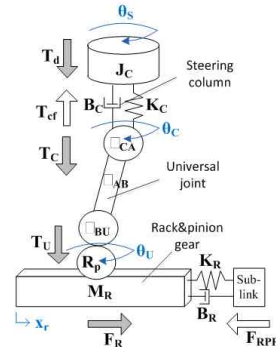


Fig. 1 Mechanism of steering system

$$J_C \ddot{\theta}_c + B_C (\dot{\theta}_c - \dot{\theta}_s) + K_C (\theta_c - \theta_s) = T_d - T_{CF}, \quad T_c = K_C (\theta_s - \theta_c) \quad (1)$$

$$T_U = \frac{\sin^2 \theta_b + \cos^2 \phi_{BU} \cos^2 \theta_b}{\cos \phi_{BU}} \times \frac{\sin^2 \theta_c + \cos^2 \phi_{CA} \cos^2 \theta_c}{\cos \phi_{CA}} T_c \quad (2)$$

$$x_U = R_p \times \tan^{-1} \left( \frac{\tan \left( \tan^{-1} \left( \frac{\tan \theta_c}{\cos \phi_{CA}} \right) + \phi_{AB} \right)}{\cos \phi_{BU}} \right) \quad (3)$$

$$M_R \ddot{x}_R + B_R (\dot{x}_R - \dot{x}_U) + K_R (x_R - x_U) = \frac{T_U}{R_p} - F_{RPF}, \quad F_R = K_R (x_U - x_R) \quad (4)$$

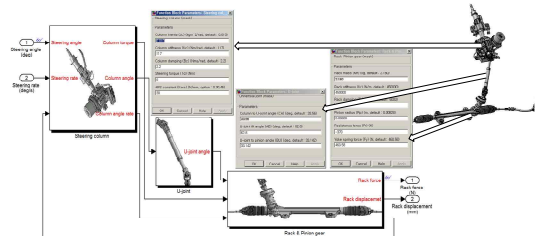


Fig. 2 Simulink model of steering system

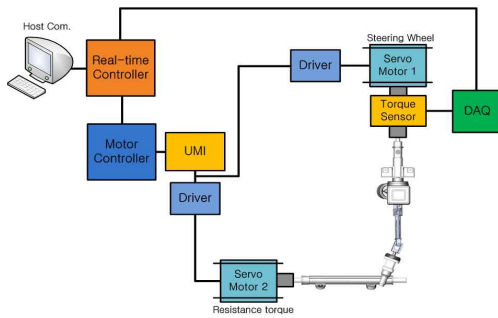


Fig. 3 Component test system

세부 모델이 구현되어 있다.

시뮬레이션을 위해서는 전체 조향시스템 모델에 각각의 설계 변수와 조향각, 조향 토크 등을 입력한다. 이러한 입력값은 조향시스템을 거쳐 랙 힘과 랙 변위값으로 출력된다. 전체적으로 입력은 조향 컬럼에서 이루어지고 출력은 랙&피니언 기어에서 나오지만, 각 기구부의 전달 특성도 개별적으로 모델에서 추출하여 실시간으로 확인할 수 있다.

### 3. 단품 시험을 통한 모델링 검증

본 연구에서 진행한 조향시스템 모델링은 단품 시험을 통하여 검증하였다. 단품 시험에 대한 개념도는 Fig. 3 와 같으며 시험 조건은 Table 1 과 같다.

조향시스템 양 끝단에 있는 모터를 통해 저항 토크, 조향 각속도, 조향각을 스텝으로 동시에 입력한다. 저항 모터에 의해 저항 토크가 입력되며 조향

Table 1 Conditions of component test

Item	Value
Resistance torque (N)	370
Steering rate (deg/s)	60, 120, 240, 360
Steering angle (deg)	400

모터에 의해 조향 각속도, 조향각이 입력된다. 이를 바탕으로 측정된 조향 토크값과 시뮬레이션을 통해 도출한 토크값을 비교하면 Fig. 4 와 같다. Fig. 4 에서 확인할 수 있듯이 시뮬레이션값과 측정값이 일치하는 것을 알 수 있다.

### 4. 결론

본 연구에서는 조향시스템 각 기구부에 대한 모델링을 바탕으로 전체 조향시스템에 대한 모델링을 수행하였다. 본 조향시스템 모델링은 각 기구부의 설계 변수 및 마찰 특성을 반영하여 상세한 모델링을 통해 수행하였기 때문에 정확한 해석이 가능하다. 또한, 단품시험을 통하여 검증하여 본 조향시스템 모델링의 신뢰성을 높였다.

본 조향시스템 상세모델링은 추후 각 설계 변수의 마찰 민감도 분석뿐만 아니라 하드웨어 반응성 민감도 분석에 용이하게 이용될 수 있다.

### 후기

본 연구는 현대자동차 산학과제 ‘MDPS 상세모델링 및 스티어링필 설계변수 민감도 연구’의 일환으로 수행 되었음.

### 참고문헌

1. Shimizu, Y., Kawai, T., "Development of Electric Power Steering," SAE, 105-119, 1991
2. Kozaki, Y., Hirose, G., Sekiya, S., Miyaura, Y., "Electric Power Steering," Motion and Control, 6, 9-15, 1999

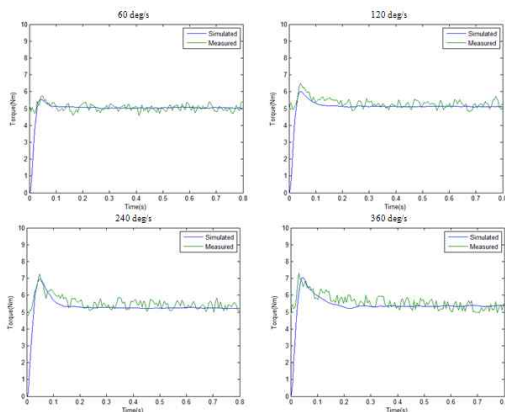


Fig. 4 Verification of modeling