

# EHPS 제어 알고리즘 개발을 위한 HILS 시스템 The HILS system to develop EHPS control algorithm

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

\*G. H. Jo<sup>1</sup>, S. H. Kim<sup>1</sup>, K. I. Lee<sup>1</sup>, M. C. Shin<sup>1</sup>, W. Y. Jee<sup>1</sup>, #C. N. Chu(cnchu@snu.ac.kr)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>서울대학교 기계 항공 공학부

Key words : EHPS, Steering angle, Steering rate, Vehicle speed

## 1. 서론

EHPS(Electric Hydraulic Power Steering)는 엔진과 연결된 오일 펌프에서 생성된 고압의 오일을 순환시켜 조타력을 보조하는 HPS(Hydraulic Power Steering)와는 달리, 모터를 오일 펌프에 부착·구동하여 조타력을 보조하는 장치이다.<sup>1)</sup> EHPS 는 엔진과 직접 연결되어 상시 구동되는 HPS 와는 달리, 필요시 모터를 작동하여 오일 펌프를 구동하기 때문에 차량의 연비를 향상시키고 배기가스를 저감시키는 장점을 가지고 있다. 그러나 모터 관성, 유체에 의한 보조 조타 토크 시간지연 및 특정 상황에서 발생할 수 있는 운전 조작에 의한 조타감 저하와 같은 문제점은 EHPS 가 해결해야 할 과제이다.<sup>2)3)</sup>

본 연구의 목적은 EHPS 개발에 있어서 핵심 기술인 제어 알고리즘을 개발하고 차량 주행 조건이나 운전자의 운전조작에 맞게 제어 알고리즘을 최적화시켜 운전자에게 알맞은 보조 조타력을 제공하는 것이다. 또한 상황에 따른 적절한 모터 RPM 작동으로 운전자에게 좋은 조타감을 제공하고 에너지 소비를 최소화시켜 연비를 개선하는 것이다.

## 2. EHPS HILS 시스템

### 2.1 EHPS HILS 시스템 제어방법

본 연구에서 사용된 스티어링 휠 모터는 모터내부에 장착된 인코더 피드백 신호를 이용, PID 제어를 통해 속도 제어되며, 저항 토크 모터는 하위 제어기인 모터드라이버와 Open-Loop 상에서 제어된다. Open-Loop 의 단점은 상위제어기인 모터 제어기와 모터 드라이버

사이에 아날로그 피드백 신호를 이용한 PID 제어를 통해 보완하며, 이를 통해 보다 정확한 저항 토크 추종성이 보장된다. 이 시스템에서 프로그램이 실시간 제어기로 배포되면 호스트 컴퓨터와 MPU 를 제외한 HILS 시스템은 동기화되어 실시간으로 제어되며, 이 때 입력변수는 차속, 조향각속도, 조향각이다.

### 2.2 EHPS HILS 시스템을 통한 3D 맵 도출 방법

지정된 차속과 조향각속도에서 MPU 속도를 최저속도인 1000RPM 으로 유지한 후, HILS 시스템을 이용하여 시뮬레이션 테스트를 진행한다. 이 때, 조향각가속도는 스티어링 휠 모터가 가능한 최대의 각가속도(1000deg/s<sup>2</sup>)로 입력한다. 또한 스티어링 모터가 지정된 각속도로 도달하는 동안 저항 토크 모터는 조향각에 동기화 되어 조향각에 따른 저항 토크를 기어 박스에 가한다. 이 때 저항 토크 값은 차속 10km/h, 20km/h, 30km/h 조건에서의 실차 측정 값을 이용하고 다른 조건에서는 시스템 모델링을 통한 유추를 통해 산출한 값을 이용 한다.<sup>3)</sup>

실험을 진행하는 동안 조향각에 대한 조향

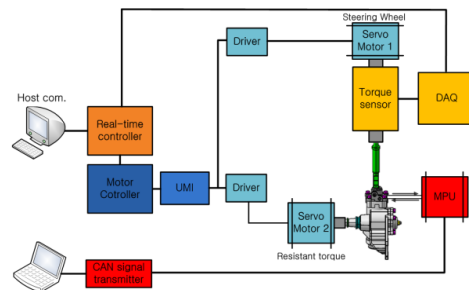


Fig. 1 EHPS HILS system

토크값을 관찰하고, 조향 토크가 조향각에 따라 선형적으로 증가하지 않는 Catch-up 현상이 발생할 경우, 지정된 차속과 조향각속도, MPU RPM 을 기록·저장한 후, 차속과 조향각속도를 달리하여 실험을 반복한다. 이를 반복 시행하여 MPU RPM 3D 맵을 도출한다.

### 3. EHPS HILS 시스템을 통한 3D 맵 도출

연구대상 차량 및 실험 조건은 Table 1 과 같고 EHPS HILS 시스템을 통해 3D 맵을 도출하였다. MPU RPM 의 급격한 증가 및 감소 현상을 방지하기 위해 0deg/s 에서의 MPU RPM 을 90deg/s 와 같은 RPM 으로 입력하고, 고속 주행 안정성 확보 및 속도 감응형 유압 보조를 적용하기 위해 차속 170km/h, 조향각속도 0deg/s 일 때, 1000RPM 이 나오도록 차속 90km/h 이상부터 유압 보조를 선형적으로 감소시켰다. MPU RPM 의 급격한 증가 및 감소는 모터 수명을 단축시켜 내구성 문제를 야기할 수 있을 뿐 아니라, 소음·진동·오버슈트 문제를 야기할 수 있으므로 모터의 급격한 RPM 변화를 일으킬 수 있는 지점을 블렌드 모션을 적용하여 부드럽게 처리하였다.

이를 통해 도출한 MPU RPM 3D 맵은 Fig. 2 와 같다.

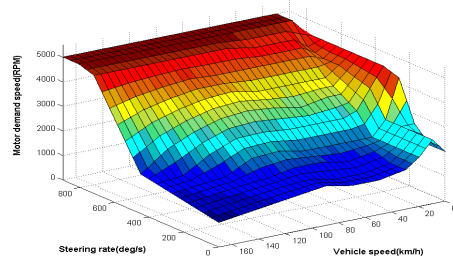


Fig. 2 MPU RPM 3D map

### 4. 결론

EHPS HILS 시스템을 통해 도출한 MPU RPM 3D 맵(Fig. 2)을 통해 확인해보면, 차속 0km/h 일 때 정지 상태이기 때문에 저항 토크가 크며 그에 따라 다른 조건 대비 유압 보조량이 크다. 또한 전체적으로 조향각속도가 커짐에 따라 유압 보조량이 커지는 경향을 볼 수 있다.

차속 조건을 기준으로 비교해보면 저속에서 고속으로 갈수록 유압 보조량이 선형적으로 감소하며 이는 저속에서 가벼운 조타감을 제공하고 고속으로 갈수록 무거운 조타감을 제공하는 속도감응 알고리즘을 적용한 결과다.

810 deg/s 이상 조향각속도 조건에서는 최대 유압 보조를 한다. 이는 운전자의 갑작스런 조타시 가벼운 조타를 가능하게 하기 위함이다.

### 후기

본 연구는 현대자동차 산학과제 ‘상용차용 EHPS 제어 알고리즘 개발’ 의 일환으로 수행되었습니다.

### 참고문헌

1. Kokotovic, V., V., Grabowski, J., Amin, V., Lee, J., "Electro Hydraulic Power Steering System," Society of automotive engineering, 1999
2. Qiu, H., Zhang, Q., Reid, J., F., "Fuzzy control of electro hydraulic steering systems for agricultural vehicles," Transactions of the ASAE, **44(6)**, 1397-1402, 2001
3. Rosth, M., "Hydraulic Power Steering Design in Road Vehicles" Linkoping, 2007

Table 1 Condition of EHPS HILS system test

Variable	Test Condition
Target vehicle	Commercial vehicle(seat capacity : 15)
Vehicle condition	GVW
Rotation direction	RH full turn
Vehicle speed (km/h)	0, 10, 30, 50, 70, 90
Steering rate (deg/s)	90, 180, 270, ..., 900
MPU capacity(Watt)	890
MPU speed (RPM)	1000, 1200, 1400, ..., 5000