

# 전자제어시스템 개발을 위한 SIL, HILS 환경 개발 Development of SIL, HILS Environment for Electronic Control System

윤영환·이규원

Y. H. Yoon and K. W. Lee

## 1. 서론

제품을 개발하기 위해서는 개발자의 철학과 창의성이 필요하며, 이러한 기술은 지적 재산을 통해 보호받게 된다. 또한 제품을 개발하여 상품화하기 까지 많은 해석 및 시험평가가 요구된다.

컴퓨터 성능의 발달로 컴퓨터 시뮬레이션의 활용도가 높아지고, 복잡한 시스템을 실제 시스템처럼 모사가 가능하다. 이러한 CAE, CAT 기술의 활용은 비용절감 및 개발 기간의 단축이라는 점에서 매우 중요하며, 현재 많은 제품개발에 활용되고 있다.

시뮬레이션 기법은 순수한 컴퓨터 시뮬레이션인 SIL(Software In-The Loop), 다이나모 장비와 같이 유압 또는 전기 액추에이터로 운동을 발생시켜 실제 시스템을 모사하는 운동 재현 시뮬레이션, 실제 물리 시스템과 같이 실시간으로 시스템 거동을 파악할 수 있는 실시간 시뮬레이션인 HILS (Hardware In-The Loop Simulation)로 구분할 수 있다.<sup>1)</sup>

시스템이 전자제어화 되면서 설계할 때 고려해야 될 설계변수와 튜닝 변수는 많아지며, 이에 제품개발에 필요한 시간과 투자비용이 급격하게 증가하게 된다. 이런 이유로 개발 기간 단축 및 비용 절감을 위해 M&S(Modeling & Simulation) 적용이 필요하다. M&S 기법은 HILS에 대비하여 SIL 이라고도 하며 개발 대상이 되는 Plant에 대한 수학적 모델링을 통해 개발 초기단계에서 다양한 요구사항 및 설계사양을 사전에 검증함으로써 시제품제작에 따른 비용 및 시간을 줄일 수 있다.

SIL, HILS 기법은 최근 다양한 분야에서 사용되고 있으며, 시스템 및 부품개발 기간의 단축, 실제 Plant에 적용하기 전 단계에서 제어시스템의 성능 및 안정성 연구, 제품개발 과정에서의 실패방지를 통한 시간 및 비용 절감, 기 제작된 제품 활용으로 인한 제품개선과 비용절감 등의 효과가 있다.

HILS기법은 순수한 시뮬레이션 기법, 즉 SIL이 갖는 부정확성을 개선하기 위해 시스템 하드웨어와

Plant 동력학 모델을 신호처리부와 결합시켜 시험함으로써 실제 시스템에서 예측하기 어려운 문제점을 사전에 파악이 가능하며, 실제 장착시험(Field test)의 복잡성이나 위험성 등을 보완하기 위해 도입되었기 때문에 전자제어시스템을 개발하는데 필수 불가결한 기술이다.

최근, 자동차분야에서는 운전조건 및 노면의 상태에 따라 성능 및 내구 평가를 HILS 개념을 도입하여 종합적인 설계 및 시험기법이 도입되어 활용되고 있다.

본고에서는 자동차용 전자제어장치를 개발하기 위해 다양한 시험평가를 위한 시험기에 대해 고찰해 보고자 한다.

## 2. 전자제어 제동장치에서의 SIL 적용 사례

전자제어 제동장치에서 가장 기본이 되는 하드웨어는 그림 1의 HECU(Hydraulic Electronic Control Unit)이며, HECU에서 유압 부분을 HU(Hydraulic Unit)라고 한다.

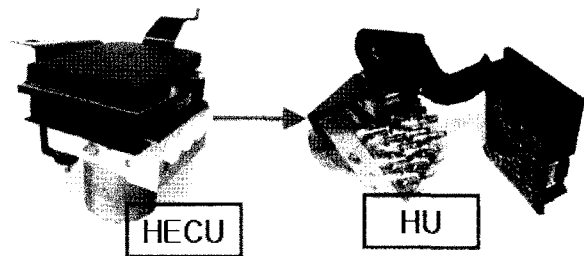


그림 1 Bosch사의 ESP(Electronic Stability Program) HECU

HU를 구성하는 각 단품의 해석을 통한 부품 개발을 위해서는 작동 유체의 정의, 기능 분석을 통한 단품 해석 모델 개발 및 모델 검증을 통해 설계하게 된다. 그림 2는 NO(Normal Open) valve의 모델링 및 검증 사례로 검증된 모델을 통해 오리피스, 스프링, 개도량 등 각 설계사양을 해석을 통해 검증하여 시제품 제작 전에 다양한 설계사양을 검토할 수 있다.

으며, Simulink의 S-Function을 통해 SIL 환경을 구축할 수 있다.<sup>3, 4)</sup>

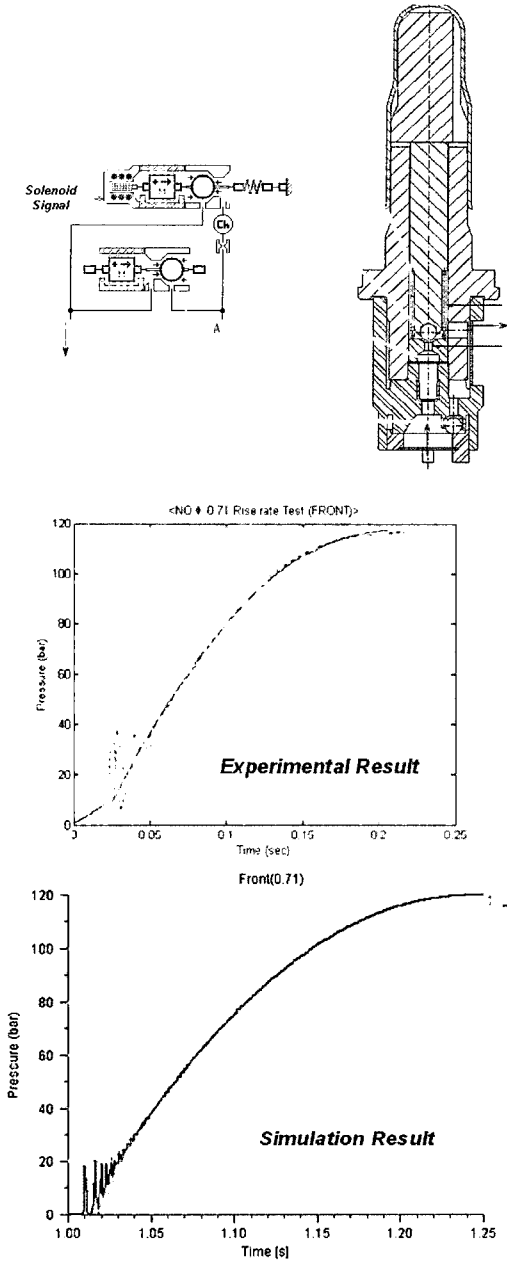


그림 2 NO Valve의 모델링 및 검증 사례

그림 3은 HU의 모델링 및 검증 사례로 검증된 모델을 통해 밸브 설계 사양에 따른 압력 Rise rate, Dump rate 검토, 계단 증압 시험, 압력 해제 시험, 계단 감압 시험 등, 다양한 HU설계사양에 대해 해석 모델을 통해 설계 검증할 수 있다.

그림 4는 전자제어 제동장치인 ESP에 대한 SIL 모델 사례이다. SIL 모델 개발은 각 분야에 적용이 용이한 설계 Tool을 사용함으로써, 모델 개발 기간 및 시행착오를 줄일 수 있으며, 개발자간 모델 공유 및 비교평가에 용이하게 활용할 수 있다.

각 단품모델의 검증을 통해 HU 모델 개발은 AMESim, 차량모델은 CarSim을 이용하여 개발하였

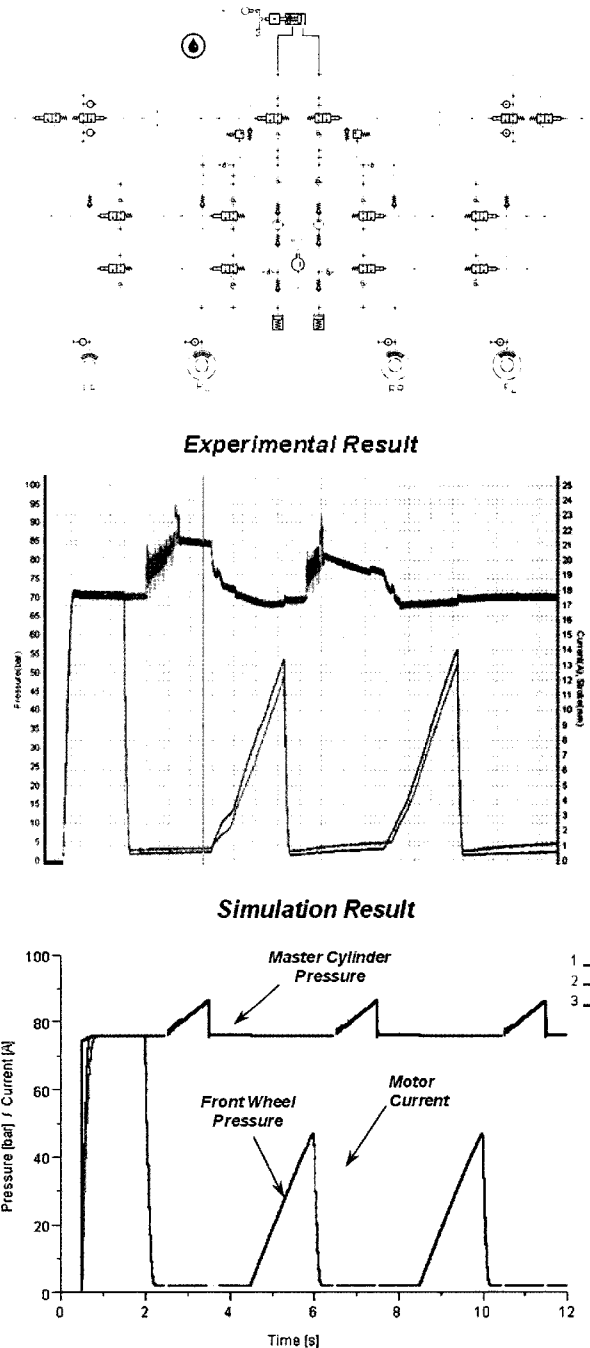


그림 3 HU 모델링 및 검증 사례

### 3. 전자제어 제동장치에서의 시험기 적용 사례

그림 1의 HECU의 개발은 각 구성부품의 개발 및 시험을 통해 이루어진다. HU의 솔레노이드 개발을 위한 시험은 크게 솔 밸브 유압시험과 펌프 및 체크 밸브의 유압시험으로 구분된다.

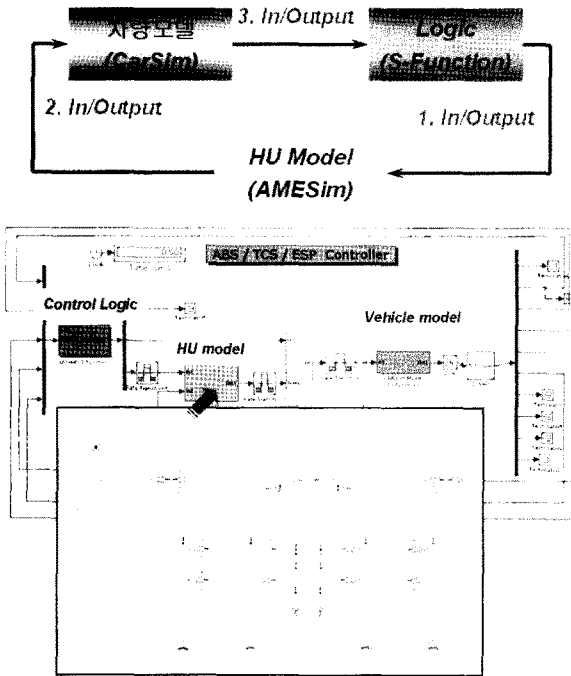


그림 4 ESP SIL 모델 개발 사례

솔 밸브 유압시험은 누설 시험, Rise rate 시험, 계단 증압 시험, 압력 해제 시험, Dump rate 시험, 계단 감압 시험, 작동응답(current) 시험, 작동응답(delay) 시험, PWM 시험이 있다. 펌프 및 체크밸브 유압시험은 유체 누설 시험 및 유체 개발 시험이 있다. 다양한 시험을 위해 그림 5와 같은 전용 시험기를 개발하여 Jig 교체 방식으로 Inlet/Outlet valve 제어로 다양한 조건에서 Sample test가 가능하다. PWM frequency, Duty 조정으로 솔 밸브를 제어할 수 있고 시험 방법으로 단독 시험 및 통합 자동 시험, 시험별 합/부 판단기준을 사전에 입력하여 자동 판단이 가능하다. 이러한 전용 시험기는 다양한 Sample에 대한 시험 준비 및 다양한 성능시험을 빠른 시간 내에 수행할 수 있다.

#### 4. 전자제어 제동장치에서의 HILS 적용 사례

그림 6과 같은 HILS Simulator는 전자제어장치와 각종 센서를 실차에 장착하지 않고 성능을 예측할 수 있는 해석 도구로서 시제 차량을 만들기 전에 실험실에서 시험하여 실차에서 발생할 수 있는 시행착오를 최소화하고 제어로직 분석, 계인 튜닝 및 시스템 Integration에 유용하게 활용할 수 있다.

HILS Simulator는 실제 전자제어장치(ECU: Electronic Controlled Unit)를 사용하기 때문에 ECU가 Fail safe mode가 되지 않게 각종 센서 등의

Emulation, CAN통신과 같은 Network 등, ECU가 실제 차량조건으로 인식하게 하는 것이 중요하며 신뢰성 있는 Plant 모델 개발이 Key point이다.<sup>2)</sup>

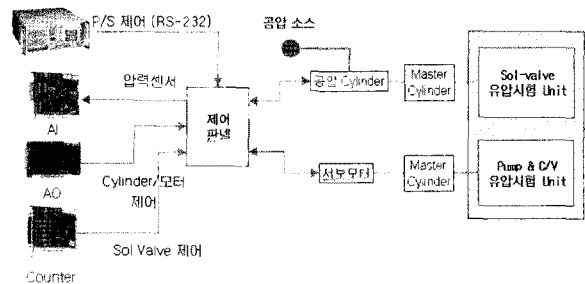
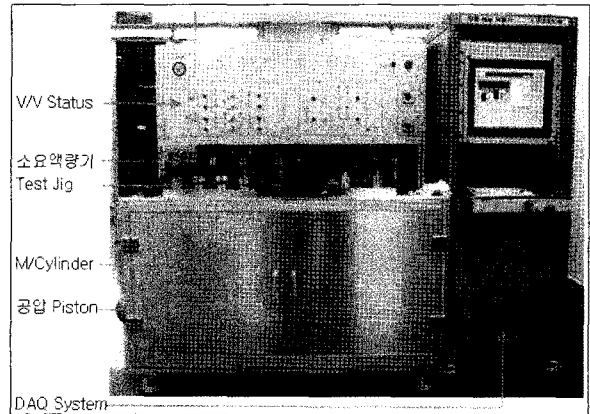


그림 5 ESP 솔레노이드 시험기 및 구성도

HILS Simulator는 ECU 개발 및 시험 평가를 위해 개발된 시험기로, ECU 성능 및 검증 시험, CarSim 차량 모델 및 사용자 편의를 고려한 LabView 기반 GUI, Software를 통한 Sensor 신호의 완벽한 구현이 가능하다.

실제 차량 시험에서는 돌발적으로 발생하는 위험한 상황의 재현과 반복 시험이 어렵기 때문에 실시간 시뮬레이터로 주행시험 환경을 구축하여 지속적인 반복 시험을 실험실에서 수행할 수 있기 때문에 시스템의 성능 및 내구시험용으로 많이 활용되고 있다. 그림 7은 HILS base내구 시험기 구성도로 4개의 HECU를 향한 항습 챔버에 구성하고 공압 액추에이터를 이용하여 운전자 입력을 구현하였다.

HILS base 내구시험 환경이 필요한 이유는 차량의 전자제어 부품 장착이 증대하고 있으며, 전자제어 장치의 내구 수명 검증의 필요성과 실차 주행 환경을 고려한 내구시험 수행 요구가 증대되고 있기 때문이다. 또한 다양한 노면 조건 및 운전자 조건, 차량 주행 속도조건에 따른 내구 수명 보증 요구를 만족하기 위해서는 HILS base 내구시험기가 필요하다.



그림 6 EPS/ESP용 HILS Simulator

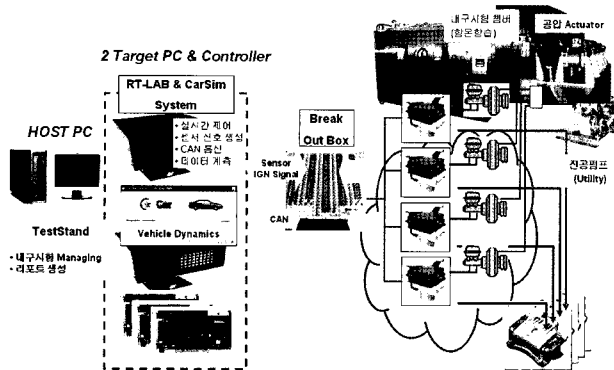


그림 7 ESP용 HILS base 내구 시험기 구성도

종래의 내구 시험은 다이나모 장비 등을 이용하여 단순 부하에 의한 내구시험을 수행하였으나 시스템이 전자화 되면서 다이나모 장비 등에 의한 Open loop 시험 보다는 ECU가 동작하면서 시스템 내구성능을 평가하는 Closed loop 환경에서의 내구시험이 요구되고 있다. 실제로 다이나모 장비 등을 이용한 내구시험에서는 문제가 없어 양산을 하였으나 실제 Field에서 문제가 종종 발생하여 완성차 메이커에서는 점점 HILS base의 내구 시험을 요구하고 있으며, 부품 메이커에서도 HILS base 내구시험에 대한 기술개발이 필요하다.

HILS base 내구시험기 구성은 크게, 가상 차량 모델, 실시간 시뮬레이터, 내구시험 환경, 내구 시험 사양, 내구시험 자동 수행 프로그램으로 구성된다. 시험기 특징으로는 Wheel speed sensor emulation board를 사용한 차속 모사, ECU 성능 시험, TestStand 기반 시험 자동화, BOB(Break Out Box)를 이용한 Fail safety 시험을 수행할 수 있다.

그림 8, 9는 ESP/EPB HILS base 내구 시험기 및 구성도이다. EPB(Electronic Parking Brake)의 경우 ESP와 연계한 시험이 필요하다.

ESP/EPB HILS base 내구 시험기는 기본 Function 시험, EPB, ESP 단독 및 협조 제어 시험, Fail Scenario를 통한 시험, BOB 통한 Hardware fail 시험, Plant의 검증된 수학적 Model을 활용한 성능 시험, Hardware 변경에 따른 영향 평가, Chamber를 이용한 내 환경 시험을 수행할 수 있다.

HILS 환경 구축을 위해서는 실시간으로 시뮬레이션 가능한 신뢰성 있는 차량 모델이 중요하다. CarSim과 같은 차량 동역학 소프트웨어에서는 차량 모델의 신뢰성 확보를 위해 SPMD(Suspension Parameter Measuring Device)장비의 K&C (Kinematics and Compliance) 시험 데이터를 이용할 수 있으며, 필요하면 대상이 되는 Plant에 대한 시험 및 차량 시험을 통한 모델 검증이 필요하다.<sup>5)</sup>

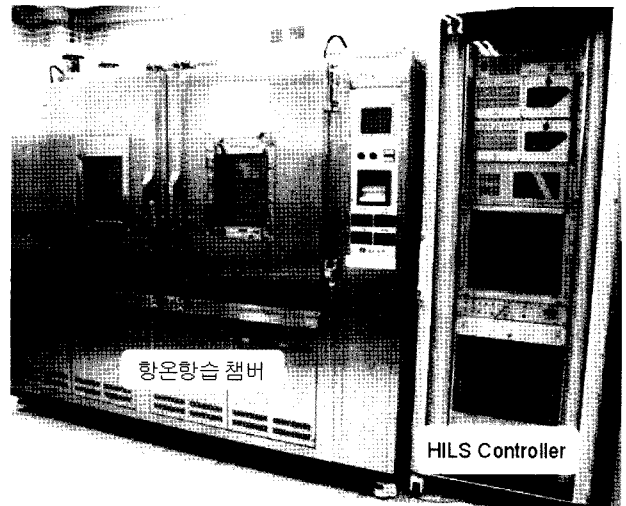


그림 8 ESP/EPB HILS base 내구 시험기

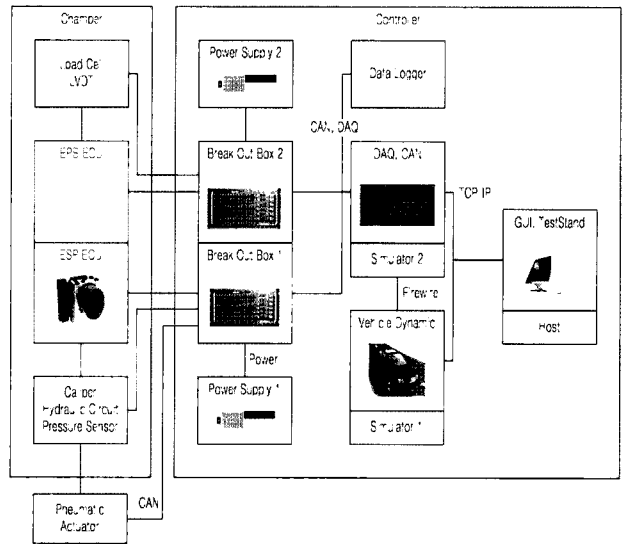


그림 9 ESP/EPB HILS base 내구 시험기 구성도

#### 4. 결 론

시스템이 전자화 되면서 전자제어시스템 개발에 필요한 SIL, HILS에 대한 기술 및 성능 시험 장치 및 HILS Base 내구 시험기에 대한 소개와 필요성에 대해 고찰하였다.

전자제어시스템 개발 단계에서 SIL, HILS 기술은 단기간에 제품의 신뢰성을 확보할 수 있으며, 시스템 Integration에 의해 점점 복잡화되고 정밀화 되는 통합전자제어시스템 개발에 있어서 매우 중요하다. HILS를 구현하기 위해서는 무엇보다도 신뢰성 있는 Plant 모델의 개발이 중요하다.

이제 SIL, HILS기술은 기반 기술이며 HILS base 내구시험은 전자제어시스템개발 과정에서 표준안으로 적용되고 있다.

#### 참고문헌

- 1) 황성호, "HILS의 필요성 및 연구동향", 제어자동화시스템공학회지, 제5권, 제5호, 1999.
- 2) 윤영환, 장주섭, "X-by-Wire System의 개발현황", 자동차공학회지, 제26권, 제1호, 2004.
- 3) LMS Imagine.Lab 홈페이지, www.lmsintl.com/ imagine
- 4) Mechanical Simulation Corporation 홈페이지, www.carsim.com

- 5) (주)신호시스템 홈페이지, www.shinho-systems.co.kr

#### [저자 소개]

윤영환(책임저자)



E-mail : yhyoon@shinho-systems.co.kr

Tel : 031-608-0434

1967년 9월 17일생

1991년 부산대학교 기계공학과 학사, 석사 졸업, 1990~1999년 만도기계 선임연구원, 2002년 경희대학교 박사 졸업, 1999~(주)

신호시스템 상무이사, SIL Consulting, HIL Simulator 및 시스템 개발에 종사, 유공압시스템학회 편집위원, 자동차공학회 등의 회원, 공학박사

#### [저자 소개]

이규원



E-mail : kwlee@shinho-systems.co.kr

Tel : 031-608-0434

1974년 4월 19일생

2003년 경희대학교 기계공학과 석사 졸업, 2002~2007년 두산인프라코어 주임연구원, 2007~현재 (주)신호시스템 과장, HIL

Simulator 및 유압시스템 개발업무에 종사