

# RT-Lab을 이용한 Motor구동시스템의 HILS 구현 및 제어특성 분석

오형록\* \*\*, 정유석\*, 이인찬\*\*  
 명지대학교 전기공학과\*, (주)신호시스템\*\*

## HILS Implementation and Control Characteristics Analysis for Motor Drive System by using RT-Lab

Hyoung-Lok Oh\* \*\*, Yu-Seok Jeong\*, In-Chan Lee\*\*  
 Department of Electrical Engineering, Myongji University\*, Shinho Systems Co., Ltd.\*\*

### ABSTRACT

본 논문에서는 동기전동기의 제어기 Model, 모터 Model, 실제 모터를 시뮬레이션 및 구동하기 위해서 RT-Lab을 이용하여 HILS를 구현하였다. 제어기 Model과 모터 Model은 MATLAB/Simulink를 이용하여 구현하였다. 모터 Model과 실제 모터의 동작을 통해 제어기의 성능을 검증하였다. Motor Model은 실제모터와 선택적으로 동작시켜 실제모터와 유사하게 만들 수 있음을 확인하였다. 모든 Model 및 PWM의 동작 주기는 20kHz로 동작하며, 이를 검증하기 위해 400[W] 표면부착형 동기모터 다이내모 장치와 3상 모터 드라이버를 제작하여 성능을 확인하였다.

### 1. 서론

최근 들어 기술의 빠른 발달과 함께 유행도 함께 변하고 있어 제품의 개발 주기가 빨라지고 있다. 또한 기업에서는 원가절감을 위해서 예산 및 인력 감축으로 개발 엔지니어들의 신기술 개발은 어려워지고 있다, 이런 이유로 시뮬레이션을 이용하여 제품을 시험함으로써 제품의 제작 전 모든 기능을 확인하고 발생 가능한 오류를 미리 차단하고 감소시킴으로써 단시간 안에 신뢰성이 높은 제품개발이 가능하다. HILS(Hardware In the Loop Simulation)는 항공기나 자동차같이 시험환경이 열악하고, 시험 비용이 고가인 산업영역에서 제품을 개발하는데 사용되었지만 최근에는 각종 전기, 전자제품의 영역으로 확대되고 있다. HILS는 제품 개발 시 내부 제어로부터 부하까지 모두 모델로 제작하여 Simulation부터 진행되기 때문에 시험하기 어려운 영역 까지 Simulation할 수 있으며 제품 제작 후 부하 모델을 이용하여 정밀한 시험이 가능하다. 또한 제품 개발 후 제품과 같은 Simulation Model이 남아있어 향후 제품 Upgrade 또는 비슷한 제품 개발 시 이 Model을 이용하여 제품 개발 시간을 단축시킬 수 있으며 다른 플랜트 모델과 연동하여 시험이 가능하다.

본 논문에서는 RT-Lab을 이용하여 MATLAB/Simulink 기반으로 모터제어로직 및 모터모델을 구현하여 Simulation 하고 실제로 제작된 드라이버를 이용하여 SPMSM(Surface Permanent Magnet Synchronous Motor)을 제어함으로써 Motor 구동시스템 HILS를 구축하고 제어기와 모터의 제어특성을 시험을 통하여 검증하고자 한다.

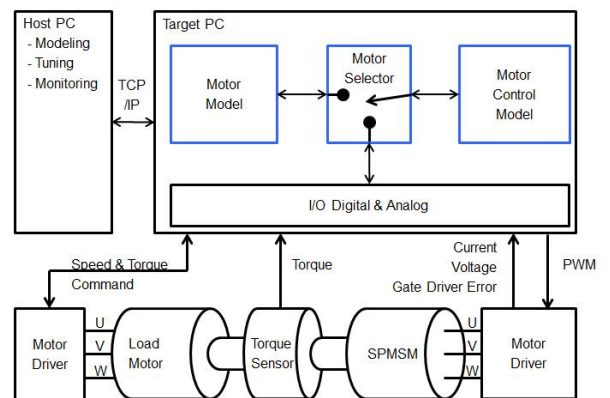


그림 1 Motor 구동을 위한 HILS Block Diagram  
 Fig. 1 HILS Block Diagram for Motor Operation

### 2. Motor 제어기 및 HILS 구성

#### 2.1 Motor 구동시스템 HILS 구성

본 논문에서 구축한 HILS는 MATLAB/Simulink기반 모델 베이스로 구성되어 있으며 크게 모터제어기 모델, 모터모델, 및 외부 H/W 인터페이스 부분으로 나뉜다. 모터 모델은 Simulink의 SimPowerSystems Toolkit을 이용하여 모델링 하였으며 실제로 Continuous System인 모터모델을 표현하기 위해서 RT-Lab의 RT-Event, ARTEMIS Toolkit을 이용하여 모델링 하였다.

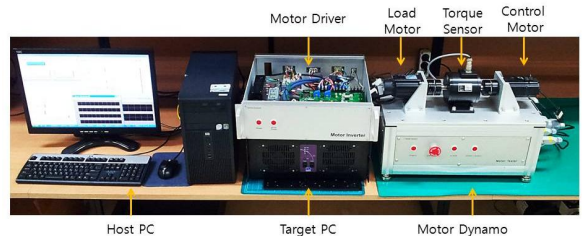


그림 2 Motor 구동 System HILS  
 Fig. 2 HILS for Motor Drive System

#### 2.2 Motor 제어기 및 Motor 모델

본 논문에 사용된 모터는 영구자석 동기기로써 d-q 변환을 이용하여 벡터제어기로 구성되어 있으며 SVPWM을 이용하여 시스템을 구현하였다.

모의 실험시 사용할 Motor Model은 Simulink의 SimPowerSystems의 영구자석 동기기 모델을 사용 하였으며 Motor Driver는 RTE-Drive의 Power Electronics/2-Level TSB를 사용하여 3Phase Driver로 설정하여 구현 하였다.

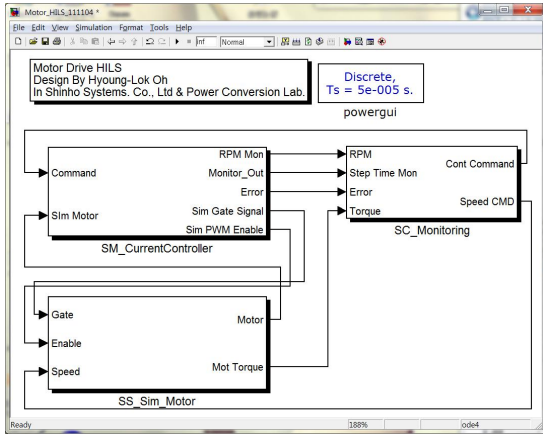


그림 3 모터 구동 시스템 모델  
Fig. 3 Motor Drive System Model

### 3.1 Motor Simulation

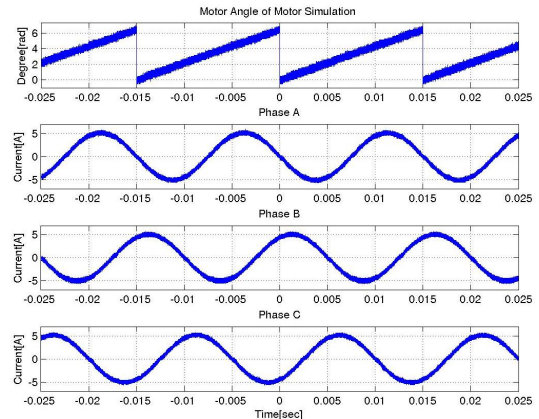


그림 6 모터 모의 시험 결과 : 모터각 및 상전류  
Fig. 6 Motor Drive Simulation Result ( Angle & Phase Current)

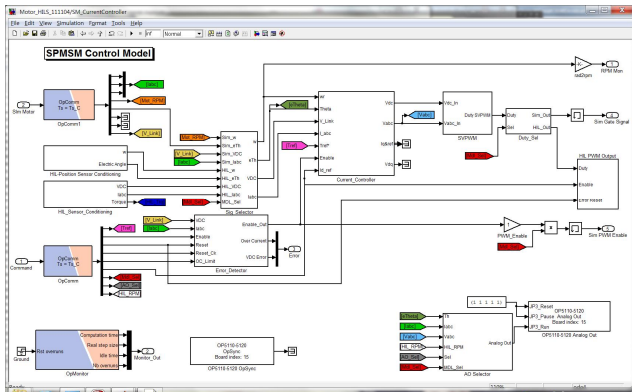


그림 4 모터 제어기 모델  
Fig. 4 Controller Model of Motor

### 3.2 Motor HILS 결과

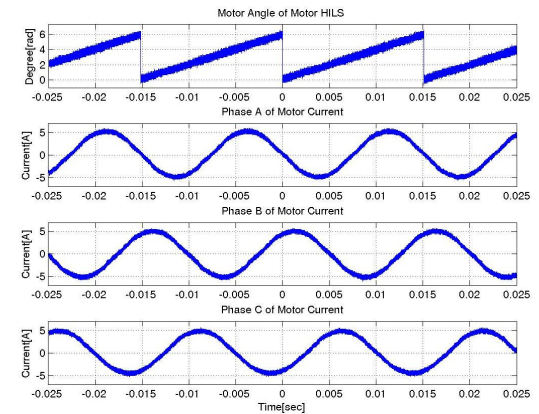


그림 7 모터 시험 결과 : 모터각 및 상전류  
Fig. 7 Motor HILS Result ( Angle & Phase Current)

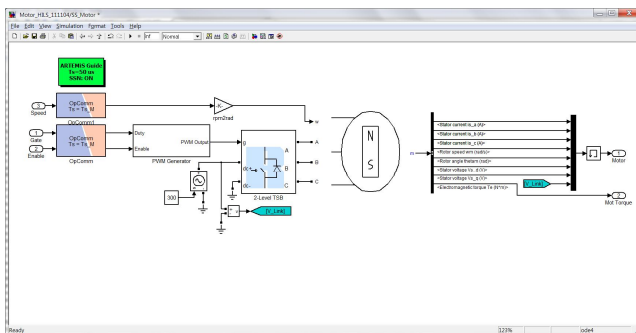


그림 5 모터 드라이버 및 모터모델  
Fig. 5 Driver & Model of Motor

## 3. 시험결과

Motor 시험은 1000RPM, 5A로 시험하였으며 Target PC에서 Motor Angle 및 상전류의 시뮬레이션 결과 및 계측 결과를 Analog Output Port( $\pm 15V$ )로 출력하여 Digital Oscilloscope를 이용하여 계측하였다.

시험 결과 시뮬레이션 결과와 실제 모터를 시험한 결과가 상당히 유사함을 확인할 수 있다.

## 4. 결론

본 논문에서는 MATLAB/Simulink 기반으로 별도의 코딩없이 모델을 설계하고 RT-Lab을 이용하여 실시간으로 모터제어 모의 실험과 HILS를 이용한 실제모터의 제어를 하였다. 실험을 통하여 모의 실험결과와 실제 모터시험결과가 상당히 유사함을 알 수 있었으며, 모터 모델과 실제 모터를 선택적으로 시험할 수 있도록 구성하여 모터 모델을 실제모터와 최대한 유사하게 만들 수 있다. 모터제어기 개발 시 실제 모터가 필요 없이 제어기를 개발하거나 모터 개발 시 실제 모터제어기 없이 모델을 이용하여 개발할 수 있음을 확인 하였다.

향후 모터나 인버터 개발 시 상당시간을 단축할 수 있을 것으로 기대된다.

## 참고 문헌

- [1] 김상훈 "DC 및 AC 모터제어".
- [2] 이학주, 권성철, 양승권, 오성엽, 성세진 "Matlab/Simulink 기반 유도전동기 벡터제어 시스템의 실시간 시뮬레이션" 전력전자학술대회 논문집, pp.19~22, 2004.
- [3] R.Krisnan "Permanent Magnet Synchronous and Brushless DC Motor Drives" ISBN-10: 0824753844, 2009.