

# HIL 기반 LNGC PMS 시뮬레이터의 성능 검증

이광국\* · 박재문\*\*

\*경남대학교 조선해양IT공학과

\*\* (주)오에스랩

## HIL based LNGC PMS Simulator's Performance Verification

Kwangkook Lee\* · Jaemun Park\*\*

\*Dep't of Naval Architecture & Ocean IT Engineering, Kyungnam University

\*\*Institute of Technology & Research, OSLAB Co., Ltd

E-mail : kklee@kyungnam.ac.kr

### 요 약

전력 관리 시스템인 PMS는 선박 통합 제어 시스템에서 중요한 역할을 한다. 본 연구에서는 액화 천연가스선의 PMS를 검증하기 위해서 실시간 HIL 시뮬레이션을 구현한다. 시뮬레이터는 터빈 발전기 디젤발전기, 차단기, 주요 3상 부하로 구성되고, 이들 모델은 MATLAB/Simulink로 구현한다. 더불어 FPGA 기반 제어 콘솔과 메인 스위치보드를 구축하여 선박에 탑재 되어 있는 LNGC PMS 제어 환경을 모사 한다. PMS 기능 검증을 위해 LNGC 내 주요 전력소모원 대비 두 가지 전력 분배 모드를 테스트 케이스로 수행한다. 그 결과 본 연구에서 제안한 시스템은 PMS 시뮬레이터로써 시운전 테스트뿐만 아니라 오류 주입 검증용으로 사용될 것이다.

### ABSTRACT

A power management system (PMS) has been an important part in a ship integrated control system. To evaluate a PMS for a liquefied natural gas carrier (LNGC), this research proposes a real-time hardware-in-the-loop simulation (HILS), which is composed of major component models such as turbine generator, diesel generator, governor, circuit breaker, and 3-phase loads on MATLAB/Simulink. In addition, FPGA based control console and main switchboard (MSBD) are constructed in order to develop an efficient control and a similar real environment in an LNGC PMS. A comparative study on the performance evaluation of PMS functions is conducted using two test cases for sharing electric power to consumers in an LNGC. The result shows that the proposed system has a high verification capability for the operating function and failure insertion evaluation as a PMS simulator.

### Keyword

HIL (Hardware-in-the-loop), PMS (Power Management System), LNGC (Liquefied Natural Gas Carrier), FPGA (Field Programmable Gate Array)

### 1. 서 론

선박 및 해양플랜트에 탑재되어 운용되는 제어 시스템의 신뢰성 향상을 위해 조선소는 시스템 통합과정에서 HIL(Hardware-in-the-loop) 시뮬레이션을 수행한다. HILS(Hardware In-the-Loop Simulation)는 복잡한 실시간 임베디드 시스템을 개발 또는 테스트하기 위한 시뮬레이션 기법으로 HIL 시뮬레이션 또는 HIL 테스트도 같은 의미로 쓴다. 선박 및 해양구조 선주의 요구가 다양하게

변화하고, 통합시스템의 복잡도가 증가할수록 소프트웨어의 오류 발생 빈도는 증가하고 HILS에 대한 요구사항이 늘어나고 있지만, 국내 관련 기업 및 연구소 단체에서 수행할 수 있는 HILS 기술력이 확보되지 않아 가격이 높은 해외 타 기관에 의뢰하고 있는 실정이다[1].

소프트웨어 신뢰성 문제를 개선하기 위해 DNV-ISDS(Integrated Software Dependent System) Notation[2]과 같이 외국선급에서는 선박 또는 해양프로젝트에 적용되는 소프트웨어 기

반 시스템 개발 및 각 시스템 통합 과정에 있어 검증 프로세스 및 가이드라인을 제시한다. 본 연구에서는 LNGC(Liquefied Natural Gas Carrier) 용 PMS 시뮬레이터를 모델링 및 시뮬레이션하여 테스트 베드를 구축하고 PMS의 성능 검증을 위해 HIL 테스트를 수행하고자 한다.

### II. 선박 PMS 시뮬레이터

LNGC에서의 전력 주요 장비는 전력공급원과 전력 소모원으로 나누어 전력 공급원은 터빈 발전기 2기, 디젤 발전기 1기로 구성하였고, 전력소모원은 6,600V 고압부와 440V 저압부로 나누어 선추진기 1기, 압축기 2기, 화물창 펌프 8기, 평형수 펌프 3기, 일반부하 4기로 구성하였다. MATLAB/Simulink를 활용하여 해당 주요기기들의 모델링 및 시뮬레이션을 수행하였다. HIL 시뮬레이터의 검증을 위한 하드웨어 환경은 (주)KTE사의 PMS-2500이 탑재되어 있는 Main Switchboard(MSBD)와 National Instrument사의 PXIe-8135, DAQ(Data Aquisition) 및 FPGA(Field Programmable Gate Array) 기반 시뮬레이터로 그림 1과 같이 구성하였다.

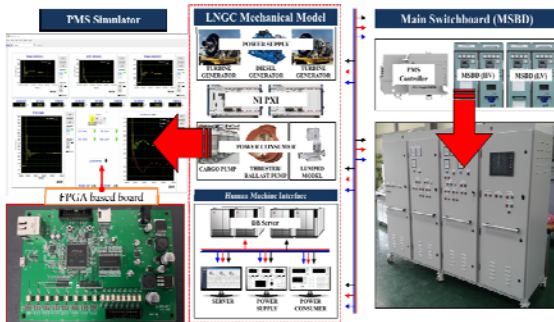


그림 1. PMS Simulator Configuration

### III. 실험 및 고찰

실시간 통합 모듈 검증을 위해 NI Veristand에서 동일한 모델을 로딩하여 순차적으로 테스트를 진행하였다. 전력 공급원에 인접해 있는 차단기를 수동 또는 원격으로 On/Off 함에 따라 PMS가 제대로 거동하는지 확인하였고 전체 전력량의 변화를 관찰하여 검증하였다.

또한 표 1에서 볼 수 있듯이 디젤 발전기를 자동모드로 두고 임의의 부하를 초과하였을 때 디젤 발전기가 구동하여 부하 분할을 하는지에 대한 테스트를 수행하였다. 전체 전력량 9,000kW를 지령값으로 균등부하분배(symmetrical load sharing) 및 비균등부하분배(asymmetrical load sharing) 모드를 각각 수행하였고, 이에 대한 결과로 발전기가 병렬 구동될 때 부하 분배되는 상태가 3% 불감대(dead band) 내에 들어와 테스트를 만족함을 알 수 있었다.

표 1. Results of Load Sharing

Item	Conditions	Results
Symmetric load sharing	- Power Consumer: 9,000kW	- Power Consumer: 9070kW
	- TG1: 3,000kW	- TG1: 3010kW
	- TG2: 3,000kW	- TG2: 3010kW
	- DG: 3,000kW	- DG: 3050kW
	- Dead band: ±3% of rated power	- Satisfied
Asymmetric load sharing	- Power Consumer: 9,000kW	- Power Consumer: 9040kW
	- TG1: 2,700kW(90%)	- TG1: 2,770kW
	- TG2: 3,000kW	- TG2: 2,990kW
	- DG: 3,300kW	- DG: 3,280kW
	- Dead band: ±3% of rated power	- Satisfied

### IV. 결론

본 연구에서는 LNGC용 PMS의 성능 검증을 수행하기 위하여 PMS의 전력 공급원과 소모원으로 대표되는 주요기기의 모델링 및 시뮬레이션을 수행하였다. 해당 장비의 모델을 통해 각각의 시뮬레이션 결과를 분석하였고, 통합 시뮬레이터의 시뮬레이션 결과를 모니터링 함으로써 PMS 테스트 환경을 구축하였다.

이렇게 구성된 PMS 시뮬레이터를 통해 기본적인 HIL 테스트를 수행하였고, 균등부하분배 및 비균등부하분배 시 테스트 결과가 만족함을 확인하였다. 아울러 트립 테스트(preferential trip test), 과부하 테스트(overload test)를 추가적으로 수행하여 HIL 시뮬레이터를 안정화 시킬 수 있는 것으로 사료된다.

아울러 본 연구에서 구축된 PMS 시뮬레이터는 조선소의 건조 단계에서 관련된 PMS 소프트웨어를 검증하고, 오류를 최소화함으로써 시운전 기간을 단축시켜 건조비용을 절감할 수 있을 것이다.

### 후 기

본 연구는 중소기업청산학협력 기술개발사업 및 경남대 LINC사업단 산학공동기술개발 사업의 지원을 받아 수행하였고, 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

- [1] Lee, K., Park, J.S, Jang, S, Doh, H, Kim, S., 2014. Requirement analysis and architecture establishment for PMS FMEA simulator based on SILS, *Proceedings of the Annual Autumn Conference, SNAK, Changwon, 6-7 November, 2014*, pp.264-265
- [2] DNV, 2012, Offshore standard DNV-OS-D203: Integrated software dependent systems (ISDS)