

특집

SILS 기반 LNG 선박용 Power Generator 시뮬레이션 구현에 대한 연구

박재문, 서성국, 이인성, 도희찬 (OSLAB)

1. 서론

선박용 장비 기술은 선박의 아날로그 항해 장비가 디지털 항해 장비로 변하면서 과거 경험적 지식을 기반으로 운항하던 패러다임이 현재 자동화 시스템을 기반으로 운항하는 패러다임으로 바뀌게 되었다. 선박의 항해 장비는 통합 운용의 개념이 도입되면서 통합항해시스템이 선박에 탑재하고 있으며, 엔진 운용에 기반한 추진시스템은 통합 제어 시스템을 중심으로 추진제어, 전력제어, 기타 제어 시스템 등이 선진 외국사를 중심으로 통합되어 대형 솔루션으로 공급되고 있다.

특히, 선박 통합자동화시스템(IAS : Integrated Automation System)은 선박 규모 및 수요의 증가와 함께 급격한 기술발전이 진행되어 왔으나, 선박 규모의 증가와는 반대로 승무원 수는 감소하는 추세이며, 선박 운용은 더욱 복잡해지고 있는 추세이다. 더불어 선박운항의 경제성 및 안전성 향상, 효율화 추구에 따라 선박을 안전하고 경제적으로 운항하기 위한 선박의 각종 시스템에 관련된 데이터들이 효율적으로 통합 관리되는 것이 필요하며, 이러한 요구에 부합하기 위해 선박 자동화 시스템의 통합화 노력은 끊임없이 이어져오고 있다.

선박 자동화 및 선박용 장비 운용 시 장비의 신뢰성을 향상시키고 선박 운용 시 발생 가능한 문제점을 사전에 제거하기 위해 SILS(Software In The Loop Simulation)/HILS(Hardware In The Loop Simulation) 기반 기술을 적용함으로써 디지털 선박용 장비를 효율적으로 개발 및 운용/관리할 수 있다.

본 연구에서는 LNG 선박에 적용되는 Power Generator (Diesel Generator, Turbine Generator)를 MATLAB/SIMULNK 기반의 전기추진선박용 전력 제어 시스템 모델링을 수행하고 선박의 가상 부하(Ship Lumped Load)에 따라 전력의 사용 현황 및 Power Generator의 동작 상태를 모니터링 할 수 있는 MATLAB 기반 제어 인터페이스를 구현하였다.

1.1 SILS(Software In The Loop Simulation)/ HILS(Hardware In The Loop Simulation) 기반 선박 및 플랜트 장비 적용 기술

SILS는 제어 시스템이 적용되는 장치(하드웨어 부품, 자동차, 항공기, 선박, 해양플랜트 등)를 가상의 모델로 구현하고

개발된 제어시스템을 테스트 플랫폼에 연동시켜 실시간 시뮬레이션을 통한 제어 시스템의 유효성, 안전성 및 성능을 평가하는 기법으로 선박용 장비 테스트 시 실제 플랜트를 활용한 시험평가는 여러 제한들이 있으나, HILS를 사용하면 극한 상황이나 시험관에게 위험한 상황 및 고장 모드 등에서의 시험 및 검증이 가능하다. 또한 비용과 시간이 많이 드는 시제품 제작없이 SILS는 플랜트의 개발과 동시에 진행이 가능하며, HILS는 임베디드 제어시스템을 사용하는 어떤 분야에도 적용이 가능하여 높은 확장성을 가지고 있다.

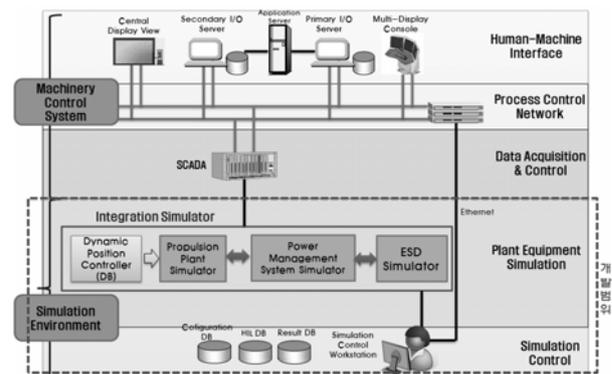


Fig. 1 SILS Simulation Structure of Ship Management System

SILS/HILS 기반 장비 시뮬레이션 기술은 1980년대 후반부터 미국과 독일 등 선진국에서 자동차, 항공 및 국방 등의 산업에 도입하기 시작하였으며, 최근에는 전 세계 생산회사 및 연구소들을 중심으로 연구가 활발히 진행되고 있다.

선박 및 플랜트분야의 SILS/HILS 기반 기술 적용으로는 Marine Cybernetics(노르웨이)에서 2002년부터 선박 및 해양 플랜트에 관련한 다양한 SILS/HILS 솔루션에 대한 서비스를 제공하고 있다. 현대의 선박과 해양플랜트 장치는 동적위치 (Dynamic Positioning), 전력생산 및 분배, 드릴링 동작 제어 등에 관한 진보된 장비를 장착하고 있으며, 이러한 시스템의 소프트웨어 오류는 막대한 비용 발생 및 생산시기 연장 등이 발생할 수 있다.

따라서, Marine Cybernetics는 SILS/HILS 기술을 조선 및 해양플랜트에 적용하여 오류 및 약점을 검출 및 제거하고, 선박용 장비 테스트 및 적용에 소요되는 막대한 비용을 줄이기 위해 제어 시스템 테스트 및 검증을 수행하고 있다.

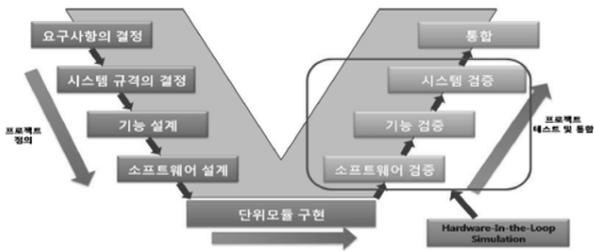


Fig. 2 V Model Method for SILS/HILS

2. 본론

본 연구에서 구현한 LNG 선박용 Power Generator - DG, TG는 전기추진선박의 PMS에 생산된 전력을 공급하는 시스템이다. 선박에 설치된 PMS는 Power Generator에서 공급된 전력을 선박의 각 부하로 전력을 배분 및 관리하고 감시하는 시스템으로 아래 그림과 같은 선박용 전력 시스템을 제어하고 관리하는데 필수적이다. 선박에서 사용되는 전력 시스템의 주요 부품으로는 발전기, 엔진, 전동기, 변압기, 차단기, 기타 부하 등으로 구성되어있다.

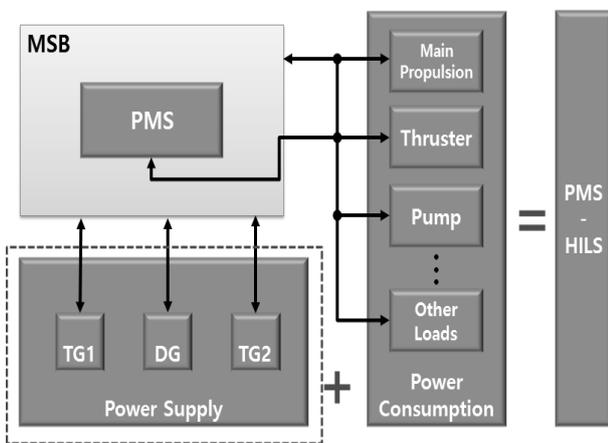


Fig. 3 Block Diagram of Power Supply System for LNG Ship

Power Generator의 기본적인 역할은 PMS에서 전달되는 제어 신호를 기반으로 Generator의 auto start/stop, 부하량에 따른 발전기의 start/stop 제어, Load Sharing 제어를 포함한 Generator 출력 제어 등을 포함하고 있다. Load Sharing 제어는 Generator 단일 용량을 초과하는 전체 부하를 공유하기 위해 병렬 연결된 Generator 들을 구동하는 Generator Governor 및 Generator 계자전압을 제어하는 것이다. Load

Sharing 은 Generator의 속도와 전압 droop 특성을 통해 조절하는데, 유효전력의 부하 분담은 Generator의 속도로 제어하고, 무효전력의 부하 분담은 전압 여자 제어를 통해 제어한다. 이를 이용하여 각 상황에 따른 Generator Load Sharing 제어를 수행하는 모델링을 구현한다.

2.1 LNG 선박용 전기추진선박 Power Generator 구성

본 연구에서 구현하고자하는 LNG 선박의 Power Generator는 Diesel Generator와 Turbine Generator 이다. 모델링에 사용된 Diesel Generator와 Turbine Generator의 사양은 아래 표에 나타내었다.

Table 1 Specifications Generator Modeling

구분	Diesel and Turbine Generator
Max Power	3,45 MW
Voltage	6,600V
Frequency	60Hz

Diesel Generator는 아래의 그림과 같이 Diesel Engine and Governor, Synchronous Machine, System Switch 등의 부품으로 구성되며, Diesel Generator의 각 부품은 MATLAB/SIMULINK를 이용하여 모델링 하였다.

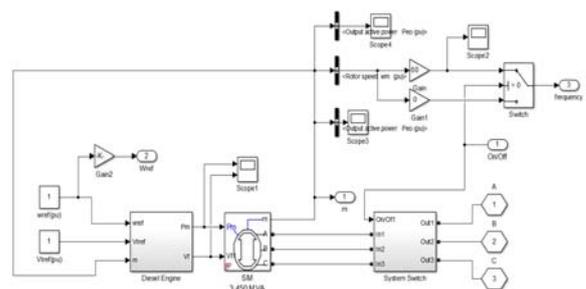


Fig. 4 Diesel Generator Modeling based MATLAB/SIMULINK

Diesel Engine 및 Governor는 MATLAB/SIMULINK에서 제공하는 기본 모델을 사용하였으며, 모델에 적용되는 파라미터 값은 LNG 선박에 사용되는 Generator 사양을 적용하고, 세부 출력 파라미터 값을 수정하여 구현하였다. Generator에 인가되는 계자전압은 아래 그림과 같은 Excitation System 모델을 이용하여 구성하였으며, Synchronous Machine에서 피드백

되는 Mechanical 데이터 중 Synchronous Machine의 3상 전압을 축 변환하여 도출된 q axis 전압과 d axis 전압을 이용하여 Diesel Engine에서 생산되는 계자전압을 Synchronous Machine에 인가하였다.

Diesel Engine에서 생산된 전력은 Synchronous Machine에 전달되고, System Switch를 통하여 LNG 선박에 설치된 각 부하단으로 전력을 공급한다.

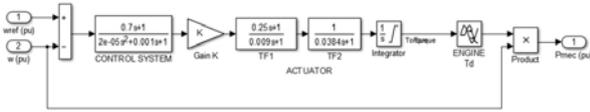


Fig. 5 Diesel Engine and Governor Modeling

MATLAB/SIMULINK 모델링을 위한 LNG 선박용 Diesel Generator의 Parameter 설정값은 다음과 같다.

Table 3 Diesel Engine and Governor Parameters

구분	Diesel Engine and Governor Parameters
Regulator Gain	10
Regulator Time Constants(s)	T ₁ : 0.001 T ₂ : 0.02 T ₃ : 0.7
Actuator Time Constants(s)	T ₄ : 0.25 T ₅ : 0.009 T ₆ : 0.0385
Torque Limits	T _{min} : 0 T _{max} : 1.2
Engine Time Delay Td(s)	0.024
Initial value of mechanical power Pm0	0

Diesel Generator의 Governor 제어 전달함수 F_g는 $K(1+T_3s)/(1+T_1s+T_1T_2s^2)$ 와 같이 나타낼 수 있으며, Regulator Gain K와 Regulator 시간 상수를 변화 시키면서 Generator 출력을 조정하였다. Generator의 Actuator 전달함수인 Fa는 $(1+T_4s)/[(s(1+T_5s)(1+T_6s)]$ 와 같이 나타낼 수 있으며, SIMULINK에서 주어진 모델의 상수값을 사용하였다. 또한 Generator의 신뢰성을 높이기 위해 Engine의 시간 지연과 출력 파워 초기값을 0으로 설정하였으며, 최대 토크 범위는 120% 까지 출력 가능하도록 설정하였다.

동기에서 발생하는 계자전압을 도출하는 모델은 아래 Fig. 6과 같이 구성할 수 있으며, d-q축의 정자좌표계 전압을 인가 받아 계산할 수 있다.

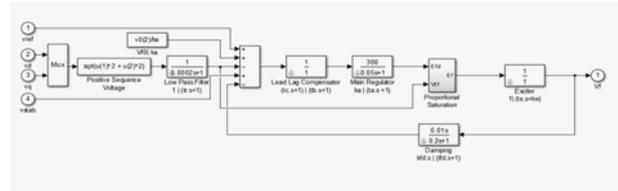


Fig. 6 Excitation System Model

Table 4 Excitation System Parameters

구분	Excitation System
Low-pass filter Time constant T _f (s)	0.0002
Regulator gain and time constant	K _a : 300 T _a : 0.05
Exciter	K _e : 1 T _e : 0
Transient gain reduction	T _b : 0 T _c : 0
Damping filter gain and time constant	K _f : 0.01 T _f : 0.2
Regulator output limits and gain	E _{fmin} : -11.5 E _{fmax} : 11.5 K _p : 0
Initial values of terminal voltage and field voltage	V _t : 1.0 V _{f0} : 1.28

상기 Excitation System Model은 SIMULINK에서 제공하는 모델을 사용하였으며, Table 4의 Excitation System Parameters를 구성 모델에 적합하게 변수를 수정하였다. 계자전압 지령값에 따른 V_d, V_q 전압을 Low-pass filter를 통해 필터링하고 Regulator 전달함수를 통해 도출된 값과 필터링된 V_{dq} 전압을 이용하여 시스템에 인가되는 계자전압 V_f를 계산하였다.

시뮬레이션에 사용된 Synchronous Machine은 MATLAB/SIMULINK 모델을 사용하여 구성하였으며 Parameter 설정은 다음과 같다. LNG 선박에 사용되는 Generator 사양과 동일하게 3.45MW, 6,600V, 60Hz로 Synchronous Machine Parameters를 설정하였으며, Reactances, Time constants, Stator Resistance 등의 Synchronous Machine 변수는 SIMULINK 모델 기본 설정을 사용하고, d-axis 조건은 Short-circuit, q-axis 조건은 Open-circuit으로 적용하였다.

Synchronous Machine의 Generator type은 PV 모델을 적요하여 Active Power generation을 목표 모델인 3.45MW에 맞추어 설정하였다.

Table 5 Synchronous Machine Parameters

구분	Synchronous Machine Parameters
Nominal power, Line to line Voltage, Frequency	P_n : 3.45MW V_{rms} : 6,600V Frequency : 60
Reactances	X_d : 1.56 X_d' : 0.296 X_d'' : 0.177 X_q : 1.06 X_q' : 0.177 X_q'' : 0.052
Time constants	$T_{d'}$: 3.7 $T_{d''}$: 0.05 $T_{q0''}$: 0.05
Stator resistance	0.0032
Inertia coefficient	H : 1.07 F : 0.2
Initial conditions	d_w : 0 th : 0 i_a, i_b, i_c : 0 ph_a, ph_b, ph_c : 0 V_f : 0

Turbine Generator는 아래의 Fig. 7과 같이 Turbine Engine and Governor, Synchronous Machine, System Switch 등의 부품으로 구성되며, Turbine Generator의 각 부품은 MATLAB/SIMULINK를 이용하여 모델링 하였다.

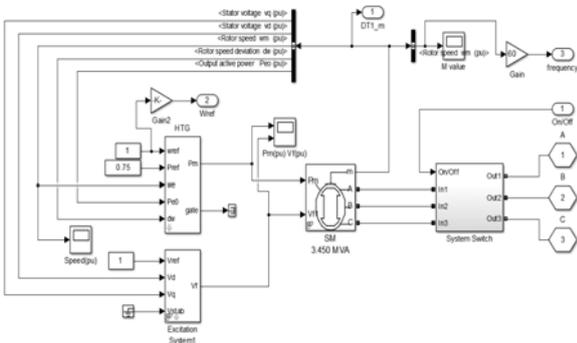


Fig. 7 Turbine Generator Modeling based MATLAB/SIMULINK

Turbine Engine 및 Governor는 MATLAB/SIMULINK에서

제공하는 기본 모델을 사용하였으며, Diesel Generator와 같은 방법으로 모델에 적용되는 Parameters 값은 LNG 선박에 사용되는 Generator 사양을 적용하고, 세부 출력 Parameters 값을 수정하여 구현하였다.

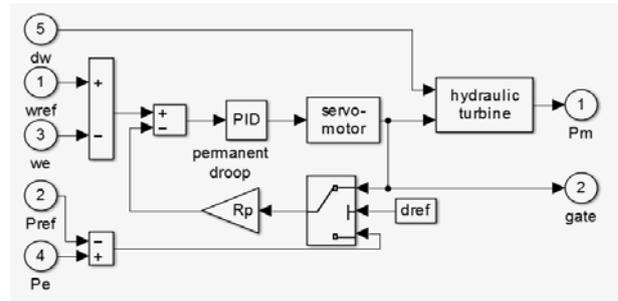


Fig. 8 Turbine Engine and Governor Modeling

MATLAB/SIMULINK 모델링을 위한 LNG 선박용 Turbine Generator의 Parameter 설정은 다음과 같다. 시뮬레이션으로 구현된 Turbine Engine and Governor 모델링은 PID 제어기 Governor를 이용하여 구성하였으며, Synchronous Machine 속도, 속도 지령값, 실제 Synchronous Machine 출력, 속도 편차를 입력받아 PID Governor, servo motor, hydraulic turbine을 통해 기계동력 Pm을 출력하고, 출력된 기계동력은 Synchronous Machine에 전달되어 모델링된 Switch를 통해 부하단으로 인가된다.

Table 6 Diesel Engine and Governor Parameters

구분	Turbine Engine and Governor Parameters	
Servo-motor	K_a : 100 T_a : 0.07	
Gate opening limits	g_{min} : 0.01 g_{max} : 0.98	V_{gmin} : -0.1 V_{gmax} : 0.1
Permanent droop and regulator	R_p : 0.05 T_d : 0.01	K_p : 1.163 K_i : 0.105 K_d : 0
Hydraulic turbine	beta : 0 T_w : 2.67	
Droop reference	0	
Initial mechanical power	0.751606	

Diesel Engine and Governor의 설정값은 Table 6에서 나타낸것과 같다. servo motor Gain은 100으로 설정하고, Gate opening limit 값을 $\pm 10\%$, Permanent droop 변수와

Governor regulator 값을 $R_p = 0.05$, $T_d = 0.01$, $K_p = 1.163$, $K_i = 0.105$, $K_d = 0$ 로 설정하여 실제 모델과 유사한 출력을 도출하기 위해 둔감한 제어 모델로 설정하고, LNG 선박의 초기 안정화 시간이 5초 이내에 Generator 출력이 안정화 되도록 Parameters를 설정하였다.

Diesel Generator, Turbine Generator 그리고 Synchronous Machine 모델링에 사용된 동기기의 등가회로는 실제 시스템인 3상 좌표에서 구조해석이 간단하고 수식계산에 용이한 d-q 좌표로 변환하여 적용하였다.

동기기를 3상 좌표에서 d-q 좌표로 변환한 등가회로는 아래의 그림과 같다. 동기기 모델의 V_{abc} 3상 전압 방정식은 해석하는데 많은 시간과 노력이 필요하고 시뮬레이션 구성이 어려우므로, 적용이 간단하고 시뮬레이션 해석이 용이한 d-q 좌표 등가회로로 변환하여 시스템 해석에 적용하였다.

Power Generator 모델링을 수행하기 위해 적용한 수식은 Table. 7.에 나타내었다. 수식에서 아래첨자 d는 d-axis, q는 q-axis, fd 는 d축 계자, kq1은 q축 댐퍼1, kq2는 q축 댐퍼2, V는 전압, I는 전류, ω 는 쇠교자속, R은 저항, L은 인덕턴스를 나타낸다.

Table 7 Formulas used in Modeling

$V_d = R_a i_d + \frac{d}{dt} \phi_d - \omega_R \phi_q$	$\phi_d = L_d i_d + L_{md} (i_{fd} + i'_{kd})$
$V_q = R_s i_q + \frac{d}{dt} \phi_q + \omega_R \phi_d$	$\phi_q = L_q i_q + L_{mq} i'_{kq}$
$V'_{fd} = R'_{fd} i'_{fd} + \frac{d}{dt} \phi'_{fd}$	$\phi'_{fd} = L'_{fd} i'_{fd} + L_{md} (i_d + i'_{kd})$
$V'_{kd} = R'_{kd} i'_{kd} + \frac{d}{dt} \phi'_{kd}$	$\phi'_{kd} = L'_{kd} i'_{kd} + L_{md} (i_d + i'_{fd})$
$V'_{kq1} = R'_{kq1} i'_{kq1} + \frac{d}{dt} \phi'_{kq1}$	$\phi'_{kq1} = L'_{kq1} i'_{kq1} + L_{mq} i_q$
$V'_{kq2} = R'_{kq2} i'_{kq2} + \frac{d}{dt} \phi'_{kq2}$	$\phi'_{kq2} = L'_{kq2} i'_{kq2} + L_{mq} i_q$

Table 7에서 V_d, V_q 는 동기기의 d-q 좌표 상에서 Fig. 9의 등가회로를 이용하여 도출한 d-q 축의 전압이다. R_a 는 등가 회전자 저항, R_s 는 고정자 저항, i_d 는 d축 전류, ω_d 는 d축 쇠교자속, ω_q 는 q축 쇠교자속, ω_r 은 회전자 각속도를 나타낸다. ϕ_d, ϕ_q 는 각 축의 쇠교자속을 의미하며, L_d, L_q 는 d-q축의 인덕턴스, L_{md}, L_{mq} 는 각 축의 상호 인덕턴스, i'_{fd}, i'_{kd} 는 고정자 및 회전자 전압 변화를 나타낸다. $V'_{fd}, V'_{kd}, \phi'_{fd}, \phi'_{kd}$ 는 각각 고정자와 회전자 축에서의 전압 및 쇠교자속 변화를 나타낸다. $V'_{kq1}, V'_{kq2}, \phi'_{kq1}, \phi'_{kq2}$ 는 q축 댐퍼 1, 2에 대한 전압압과 쇠교자속 변화를 나타낸다. 상기에서 사용된 변환 수식은 MATLAB/SIMULINK 기반의 시뮬레이션 검토를 위해 사용되었으며, 실제 MATLAB/ SIMULINK 모델은 SIMULINK에서 제공하는 모델을 이용하여 구성하였다.

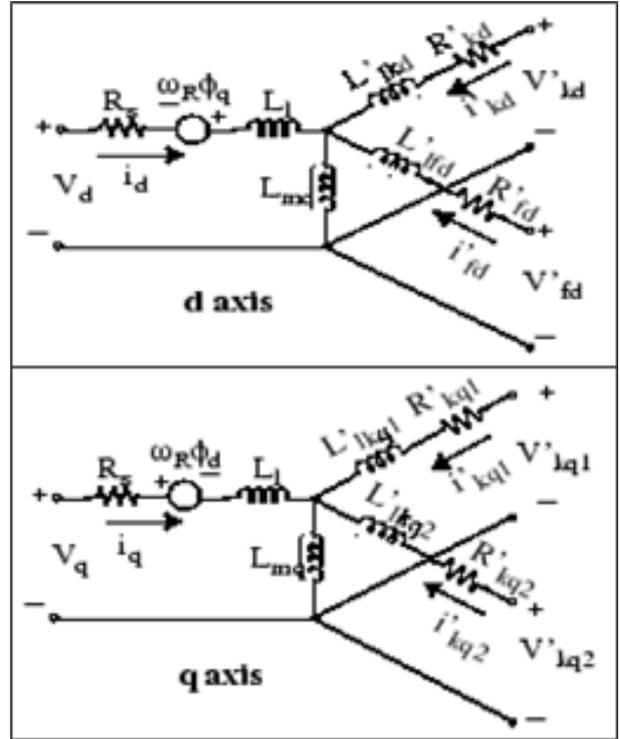


Fig. 9 Equivalent Circuit of d-q axis

2.2 LNG 선박 기준 Power Generator 시스템 구성

본 연구에서 목표로하는 LNG 선박은 140k급 선박으로 3,45MW 급 Diesel Generator 1기, 3,45MW 급 Turbine Generator 2기가 탑재되어 있다. Generator는 아래의 개략도와 같이 구성되어 있으며, Circuit Break를 통해 MSBD (Main Switch Board) 및 PMS에 생산된 전력, 데이터, 제어신호를 전달한다.

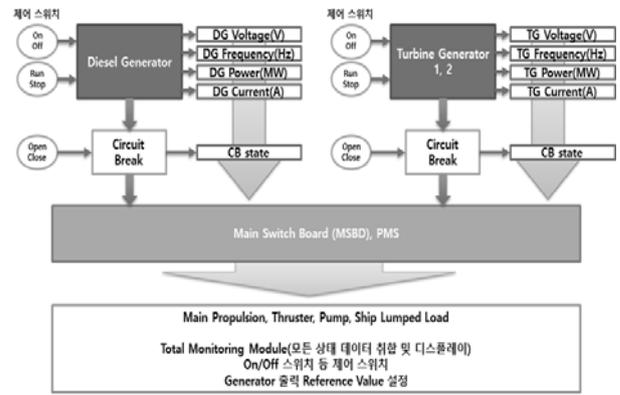


Fig. 10 Diesel Generator, Turbine Generator, Generator and PMS of LNG Ship

3. 구성 시스템 시뮬레이션

3.1 시뮬레이션 모델 및 조건

MATLAB/SIMULINK를 기반으로 구현된 모듈, Diesel Generator, Turbine Generator, Circuit Breaker, Ship Lumped Load를 이용하여 구성된 Power Generator 모델링은 아래의 그림과 같다.

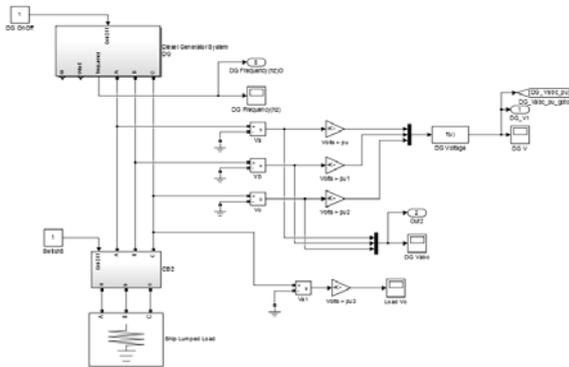


Fig. 11 Diesel Generator Simulation Model

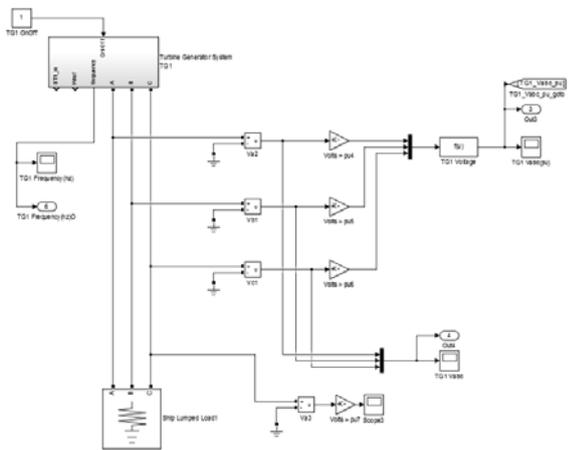


Fig. 12 Turbine Generator Simulation Model

Table 8 Simulation Test Condition

구분	Configuration Parameters
Simulation Time	0 ~ inf
Solver options	Type : Fixed step Solver : ode1 (Euler) sample time : 0.0001
Periodic sample time constraint	Unconstrained

Power Generator 모델의 MATLAB/SIMULINK 기반 시뮬레이션 조건은 실시간 시스템과 유사한 조건을 인가하기 위하여 SIMULINK의 Configuration Parameters에서 시뮬레이션 조건을 설정하였다.

3.2 시뮬레이션 결과

Diesel Generator 시뮬레이션에서 가상을 선박 로드를 인가한 후 Power Generator의 3.45MW 정격 출력에 대하여 전력 Reference 값과 실제 출력을 시뮬레이션하고 비교하였다. Fig. 13, Fig. 14에서 Generator 출력 그래프는 위에서부터 Generator Power 지령값, 실제 Generator Power, Generator Frequency, Generator 전류, Generator 전압을 나타낸다.

Fig. 13, Diesel Generator에 가상의 선박 로드를 인가한 후 Power 지령값에 따른 Generator 동작 결과를 출력 그래프로 나타내었다. 출력 그래프에서 LNG선박의 Power Generator 안정화 조건인 초기 5초 이내에 출력이 안정되는 것을 확인할 수 있으며, Generator의 출력 지령값 3.45MW, 실제 출력 3.45MW, Frequency 60Hz, Field Current 524A, 상전압 6,600V로 MATLAB/SIMULINK를 이용하여 구현한 Diesel Generator Model이 정상적으로 동작하는 것을 확인할 수 있다.

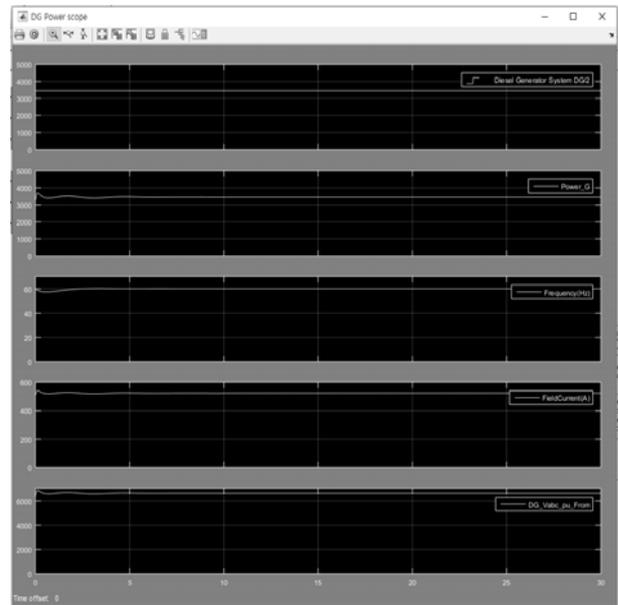


Fig. 13 Diesel Generator Simulation Result

Fig. 14 Turbine Generator 출력 그래프에서도 Diesel Generator와 같이 가상을 선박 로드를 인가한 후 Power Generator의 3.45MW 정격 출력에 대하여 전력 Reference 값과 실제 출력을 시뮬레이션과 비교하였다.

이래의 출력 그래프에서 초기 5초 이내에 출력이 안정되는 것을 확인할 수 있으며, Generator의 출력 지령값 3.45MW, 실제 출력 3.45MW, Frequency 60Hz, Field Current 524A, 상전압 6,600V로 MATLAB/SIMULINK를 이용하여 구현한 Diesel Generator Model이 정상적으로 동작하는 것을 확인할 수 있다.

시뮬레이션으로 도출된 결과는 가상의 선박 로드와 적용 목표 선박의 Generator 사양을 기준으로 시뮬레이션을 수행 하였으므로 일부 조건에 국한되어 있다. 본 연구를 지속적으로 진행함에 있어 선박 운영 시 다양한 조건을 반영하고, 더 신뢰성 있는 개발 모델 적용을 위해 선박에 사용되는 실제 장비와 연동 가능한 SILS 및 HILS 시스템 구현이 요구된다.

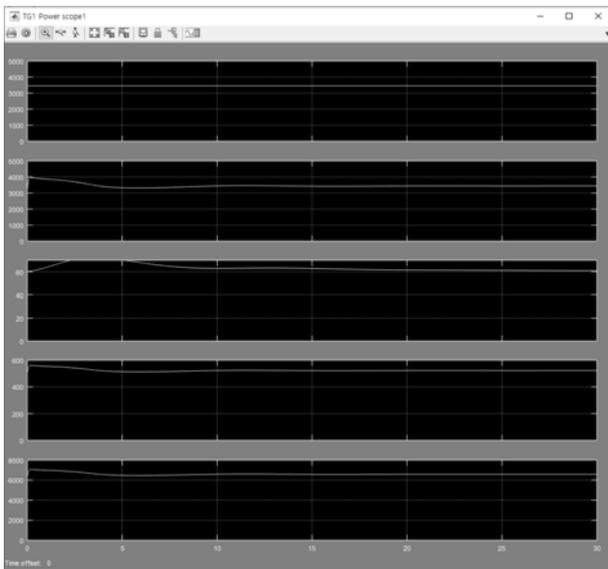


Fig. 14 Turbine Generator Simulation Result

4. 결론

본 연구에서는 SW융합기술고도화 기술개발사업 선박통합 제어시스템 성능 검증 및 운용 시뮬레이션을 위한 클라우드 기반 솔루션 개발 연구의 일환으로 수행되었으며, MATLAB/SIMULINK 시뮬레이션 기반, 전기추진선박 LNG 선박용 Power Generator의 주요 부품들인 동기발전기, Diesel Generator 시스템, Turbine Generator 시스템, 변압기, 차단기, Ship Lumped Load 3 상 부하들 등 LNG 선박에서 사용하고있는 장비의 개별 모델링을 수행하였고, 모델링 된 주요 부품을 기반으로 연구의 적용 대상 및 주 목적이 되는 LNG 선박용 Power Generator 모델링하고 MATLAB 기반으로 전기추진선박용 Generator 의 제어 인터페이스를 구현하였다.

개발된 전기추진선박 기반 LNG 선박용 Power Generator 는 MATLAB 기반 특성해석 시퀀스에 따라 시뮬레이션을 수행 하였고, 각 시퀀스의 예상 시뮬레이션 결과와 특성해석 결과 의 비교 검토를 통해 전기추진선박용 Power Generator 모델 링의 신뢰성을 검증하였다. 향후 본 논문에서 개발된 전기추진선박용 Power Generator 의 Functional Test 연구와 실제 선박용 하드웨어와의 연계 통신부분에 대해 연구하여, LNG 선박용 PMS(Power Management System) HILS(Hardware-In-the-Loop)로 연계 확장 가능할 것으로 기대한다. 또한, 본 연구로 개발된 선박용 SILS/HILS 시스템의 국산화 개발을 통해 외국 선진사의 통합제어 감시시스템의 국산화 연구에 도움이 될 것으로 기대된다.

참고 문헌

- Damir Radan [Integrated Control of Marine Electrical Power Systems] (2008).
- Ivar-André Flakstad Ihle [Coordinated Control of Marine Craft].
- Le Luo [The Control and Modeling of Diesel Generator Set in Electric Propulsion Ship] (2011).
- Ouroua A., Domaschk L., Beno J.H., [Electric Ship Power System Integration Analyses Through Modeling and Simulation], IEEE Electric Ship Technologies Symposium , pp.70-74, (2005).
- R.E.Hebner, [Electric Ship Power System-Research at the University of Texas at Austin], IEEE Electric Ship Technologies Symposium, pp.34-38, (2005).
- Tang, G.Q. [Smart grid management & visualization: Smart Power Management System] Emerging Technologies for a Smarter World (CEWT) pp.1-6 (2011).
- 김영민 [Power Management System Modeling and Characteristics Analysis for Electric Propulsion Ship] (2013).
- 박종원, 성소영, 임용곤, 윤창호, 김승근, [디지털 선박의 통합 연동 시스템 구현], 한국정보통신학회, 한국정보통신학회논문지 16(6), 1158-1166, (2012).
- 이상곤 [전기추진선박용 구동시스템의 운전조건별 전력 및 동력특성 분석] 동아대학교, 석사학위논문, (2010).
- 전 원, [선박용 전기추진시스템 모델링 및 운전특성 분석], 동아대학교 석사학위논문, (2009).
- 홍지태, 강규홍, 배정철 [전기추진선박 연구 및 시험인증평가 인프라 구축]대한조선학회지, 제 49 권 제 2 호, 60-65, (2012).



박재문

- 1978년생
- 2007년 창원대학교 전자공학과 석사 졸업
- 현 재 : 오에스랩 기술개발팀 팀장
- 관심분야 : 임베디드 시스템, 로보틱스
- 연 락 처 : 055-247-1120
- E - mail : jmpark@oslab.co.kr



이인성

- 1981년생
- 2007년 경남대학교 정보통신공학과 졸업
- 현 재 : 오에스랩 신제품기획팀 책임
- 관심분야 : IOT 기반 기술, RF 통신 프로토콜
- 연 락 처 : 055-247-1120
- E - mail : handcool@oslab.co.kr



서성국

- 1984년생
- 2010년 경남대학교 정보통신공학과 졸업
- 현 재 : 오에스랩 기술개발팀 선임
- 관심분야 : 모바일 프로그래밍, W응용프로그램
- 연 락 처 : 055-247-1120
- E - mail : ssk1915@oslab.co.kr



도희찬

- 1971년생
- 2007년 University of Texas at Arlington 졸업
- 현 재 : 오에스랩 대표이사
- 관심분야 : 조선해양 ICT
- 연 락 처 : 055-247-1120
- E - mail : hcdoh@oslab.co.kr

2015년도 전회장 및 원로회원 간담회

일 자: 2015년 11월 23일(월) 오후 11시 30분

장 소: 학회 회의실

참 석: 신중계 회장 외 9명

