

CODOG 함정 추진체계 시뮬레이터 개발

장재희¹ · 신승우² · 김민곤² · 오진석^{1*}

Development of CODOG Propulsion System Simulator

Jae-hee Jang¹ · Seung-woo Shin² · Min-gon Kim² · Jin-seok Oh^{1*}

^{1*}Division of Marine Engineering, Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

²Division of Naval R&D Center, Hanwha Systems, Gumi 244, Korea

요 약

대잠, 대함, 보급 등, 함정에 요구되는 임무가 다양해지면서 함정의 추진체계 또한 임무를 효과적으로 수행하기 위해 ECS(Engineering Control System)를 필요로 한다. ECS는 추진체계를 모니터링하고 제어함으로써 함정이 임무를 수행할 수 있도록 한다. 최근 ECS 국산화 개발이 진행되면서 ECS에 대한 시험 검증을 위한 시스템이 요구되었고, CODOG 기반의 함정 추진체계 시뮬레이터를 개발하였다. CODOG 기반의 함정 추진체계 시뮬레이터는 가스터빈 모델, 디젤엔진 모델, 감속기어 모델, 가변추진기 모델로 나누어 제어 명령에 대한 피드백을 모의한다. 실험 결과, ECS 추진 모드에 따른 가스터빈, 디젤엔진 및 축의 속도, 토크, 출력 등을 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

Duties required for naval ship such as anti-submarine, anti-ship, and supply, etc are diversified, so the ECS (Engineering Control System) is required for executing the mission effectively. The ECS monitors and controls the propulsion system in order that naval ship can perform the mission. As the in-country development of ECS is progressed, a test system for ECS is needed, and a naval ship propulsion system simulator based on CODOG was developed on this study. The naval ship propulsion system simulator based on CODOG which is divided into gas turbine model, diesel engine model, reduction gear model and controllable pitch propeller model, simulates to feedback of control commands of ECS. As a result of the experiment, it is able to confirm speed, torque and power, etc. of the gas turbine, diesel engine and shaft according to ECS propulsion mode.

키워드 : 추진 시스템 시뮬레이터, 가스터빈-디젤엔진 추진시스템, 함정 추진 제어 감시 시스템, 가스터빈 모델, 디젤엔진 모델

Key word : Propulsion system simulator, CODOG(COMBINED Diesel OR Gas-turbine), ECS(Engineering Control System), Gas turbine model, Diesel engine model.

Received 22 June 2017, Revised 05 July 2017, Accepted 09 July 2017

* Corresponding Author Jin-Seok Oh (E-mail: ojs@kmou.ac.kr, Tel: +82-51-410-4283)

Division of Marine Engineering, Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

Open Access <https://doi.org/10.6109/jkiice.2017.21.9.1808>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

군사과학 기술이 발전하면서 함정에 요구되는 임무가 다양해지고 있으며 임무를 효과적으로 수행하기 위해서 함 운용 목적에 부합하는 추진체계 및 제어시스템을 필요로 한다. ECS(Engineering Control System)는 가스터빈이나 디젤엔진 등 주 원동기와 주변기기의 제어 및 모니터링을 통해 추진체계 전반이 임무 수행능력을 충족하고 효율적인 운용이 가능하도록 하는 시스템이다. 기존 ECS 개발업체로는 SEASTEMA, L-3mapps 등으로 외국업체가 주를 이루고 있으며, 최근 ECS 개발의 국산화가 추진되면서 ECS의 개발 과정에서 안정성과 신뢰도 확보가 요구되고 있다.

제어기 개발 과정에서 검증하는 방법으로는 모델 단위로 기능을 검증하는 MILS(Model-In-the-Loop Simulation), 소프트웨어 단위로 시뮬레이션을 통해 제어 시스템의 성능을 평가하는 SILS(Software-In-the-Loop Simulation), 실제 제어기의 하드웨어와 연동하여 실제 로직과 동작을 실시간으로 테스트하는 HILS(Hardware-In-the-Loop Simulation) 등이 있다. HILS는 제어기 테스트 환경을 시뮬레이션으로 쉽게 구현이 가능하고 개발 과정에서부터 활용할 수 있다는 장점이 있어 이미 자동차, 해양, 항공 분야의 제어기 개발에 적용되고 있다[1].

Genoa 대학과 ABB Marin(현재 SEASTEMA)사에서 추진체계 HILS 개발에 대한 연구가 진행된 사례가 있으며[2-3], 본 연구에서는 ECS 개발 과정에서 개발 및 검증에 활용이 가능하도록 CODOG 기반의 함정 추진 시뮬레이터를 연구하였다.

II. 추진체계 시뮬레이터 구성

2.1. CODOG 추진체계

함정 추진 시뮬레이터는 ECS 개발 과정에서 테스트 환경을 제공하기 위한 목적으로 ECS가 대상으로 하는 추진 체계의 영향을 받는다. 추진체계는 GOGAG(COMBINED Gas turbine And Gas turbine), CODOG(COMBINED Diesel engine Or Gas turbine) 등의 기계식 추진체계에서부터 CODLOG(COMBINED Diesel eLectric Or Gas turbine), CODLAD(COMBINED Diesel eLectric

And Diesel engine) 등 원동기로 추진전동기를 함께 사용하는 복합식 추진체계의 단계까지 와 있다. 그 중 CODOG 추진체계는 KDX, FFX 등에 적용되어 신뢰성과 기능이 입증된 추진체계이다. 다음 그림은 CODOG 추진체계의 구성을 나타낸다.

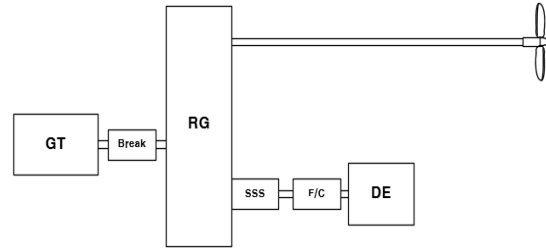


Fig. 1 Schematic diagram of CODOG system

그림 1과 같이 CODOG 체계는 COMBINED Diesel Or Gas turbine 으로 가스터빈과 디젤엔진, 감속기어, 축계와 가변추진기로 구성되어 있으며, 저속구간에서 디젤 엔진으로 추진하고 고속구간에서는 가스터빈을 원동기로 추진한다.

2.2. 모델 구성

CODOG 추진체계는 각 장비간 물리적 영향을 주고받거나 제어기 사이에 신호를 주고받게 되는데 함정 추진체계 시뮬레이터 또한 이를 모의하기 위해 하부 모델은 장비별로 분할한다. 본 연구에서는 4기 2축의 CODOG 추진체계를 모의하기 위해 제 1 가스터빈 모델, 제 2 가스터빈 모델, 제 1 디젤엔진 모델, 제 2 디젤엔진 모델, 제 1 감속기어 모델, 제 2 감속기어 모델, 제 1 가변추진기 모델, 제 2 가변추진기 모델로 나누었다. CODOG 추진체계는 두 축이 완전히 분리되어 시뮬레이터 하위 모델을 구성하는 장비와 신호가 좌현과 우현이 동일하게 구성된다.

2.3. 하드웨어 구성

시뮬레이터의 목적에 따라 요구되는 사양이 달라진다. 본 연구에서 추진체계 시뮬레이터는 ECS와 하드웨어로 연결하고 실시간 시뮬레이션이 가능하도록 구성해야 하기 때문에 RT(Real-Time) OS를 지원하는 HILS로 구성한다. 그림 2는 CODOG 추진체계 시뮬레이터의 하드웨어 구성을 나타내고 있다[4].

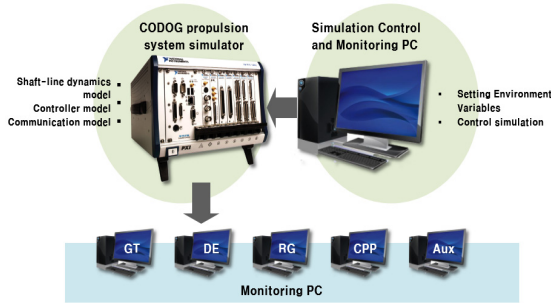


Fig. 2 Configuration of simulator

CODOG 추진체계 시뮬레이터는 National Instrument의 PXI를 사용한다. 시뮬레이터 프로그램은 PXI에서 실행되며, SCM(Simulation Control and Monitoring) PC를 통해 PXI에서 실행되고 있는 시뮬레이터 프로그램을 모니터링 및 제어한다. 그리고 연동장비 시뮬레이터를 통해 시뮬레이션 결과를 장비별로 확인할 수 있다. 다음 표 1은 시뮬레이터의 사양을 나타내고 있다.

Table. 1 I/O of shaft-line dynamics model

	Module	Description
Controller	PXIe-8115	Win7 64bit embedded
Software	LabVIEW Real time Test Suite	-
Serial I/O	8431/8	8ch
Digital I/O	6221	AI : 16, AO : 2, D-I/O : 24

III. CODOG 시뮬레이터 프로그램

함정 추진시스템 시뮬레이터의 목적은 ECS의 검증으로, ECS의 제어시퀀스에 의한 결과로 도출되는 출력에 대해 시뮬레이터에서는 추진시스템의 제어결과를 피드백 하게 된다. ECS에서는 각 장비에 명령을 내리고 각 장비에서 피드백되는 입력으로 전체 추진시스템의 상태를 모니터링하고 제어하게 된다. 따라서 추진체계 시뮬레이터는 먼저 하위 단위로 각 장비를 모델링하고 각 장비에서 피드백 되는 시뮬레이션 결과를 유지하면서 보다 상위 단위인 최종 추진시스템 단위의 출력을 시뮬레이션 할 수 있도록 해야 한다. 효과적인 시뮬레이션 모델 구성이 다음 그림 3에 제안된다[5].

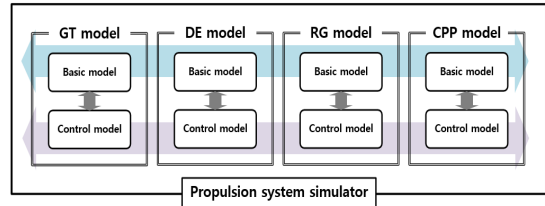


Fig. 3 Configuration of simulation model

CODOG 추진체계는 가스터빈과 디젤엔진, 감속기어, 축계 및 가변추진기, 그 외 보조기기로 구성되어 있으며 시뮬레이터에서는 가스터빈과 디젤엔진, 감속기어, 가변추진기를 장비모델로 만든다. 장비 모델은 하부에 기본 모델과 제어 모델을 둔다. 기본 모델은 추진체계의 동특성 해석모델을 의미하며, 제어 모델은 각 장비의 제어기를 모의하는 모델을 의미한다. ECS로부터 명령이 시뮬레이터에 입력되면 각 장비 모델 내에서는 기본 모델과 제어 모델 간 입출력을 주고받게 되고, 장비 간에서는 기본모델 간 입출력을 갖거나 제어 모델 간 입출력을 갖는다. 특히 기본 모델간 입출력을 주고받는 것은 동특성 시뮬레이션의 결과가 축을 따라 영향을 미치는 것을 의미한다.

3.1. 장비별 모델

3.1.1. 가스터빈 모델

(1) 기본 모델

가스터빈은 가스 제너레이터 (Gas generator, GG), 보조기어박스(Accessory gear box, AGB), 파워 터빈 (Power turbine, PT), 그 외 보조기기 등으로 구성된다. 가스터빈의 가스 제너레이터와 파워 터빈은 물리적으로는 분리되어 있으며, 압축된 공기의 흐름으로 동력을 전달한다. 기본모델은 ECS의 출력 명령에 따라 가스터빈 각 단의 속도, 토크, 동력 등을 모의하여 피드백하게 된다. 다음 그림 4는 가스터빈 모델을 나타낸다.

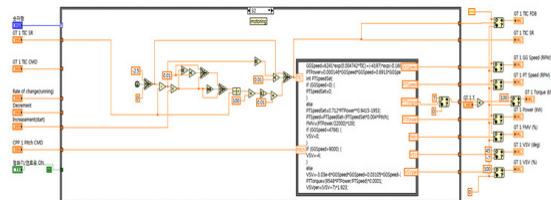


Fig. 4 Basic model of gas turbine

의 명령을 받는다. 또한 시동 및 정지 명령에 따른 제어 시퀀스, 비상정지, 테스트 모드 등이 있다. 제어모델은 각 모드에 따라 ECS와 실제 디젤엔진 간의 I/O 신호에 맞춰 도출되었다. 다음 표 3에는 대표적인 디젤엔진 제어모델 로직이 나타나 있다.

Table. 3 Items of DE control model

Items	Control
Start	Sequence
Cold Start	Sequence
Stop	Sequence
Emergency Stop	Sequence

3.1.3. 감속기어 모델

(1) 기본모델

감속기어는 가스터빈 또는 디젤엔진의 동력을 변환하여 적정 속도와 토크가 축에 전달되도록 하는 역할을 한다. 또한 가스터빈 측에는 가스터빈 브레이크가 있고, 디젤엔진 측에는 유체 커플링을 두어 동력의 전달을 제어하며, SSS(Syncro-Self-Shifting) 클러치를 통한 가스터빈-디젤엔진 전환 또는 디젤엔진-가스터빈 전환을 제어하게 된다[9].

SSS 클러치는 가스터빈 측과 디젤엔진 측의 출력에 따라 기계적으로 연결 및 분리된다. SSS 클러치의 상태는 다음과 같다.

- ① Engage : SSS 클러치가 ECS로부터 Active 명령을 받았으며 가스터빈과 연결된 상태
- ② Ratcheting : SSS 클러치가 ECS로부터 Active 명령을 받았으나 가스터빈과 연결되지 않은 준비 상태
- ③ Locked out : SSS 클러치가 ECS로부터 Locked out 명령을 받아 분리된 상태

(2) 제어모델

감속기어는 SSS 클러치, 터닝기어, Locking device, 가스터빈 브레이크, 유체커플링, Lube oil system, Attached lube oil pump, electric-driven lube oil pump, dehumidifier 등으로 구성되며 제어 모델에서는 각 장비의 시동 정지를 포함한 제어에 대한 피드백을 생성한다. 제어모델은 각 모드에 따라 ECS와 실제 감속기어 간의 I/O 신호에 맞춰 도출되었다. 다음 표 4에는 대표적인

제어모델 로직이 나타나 있다.

Table. 4 Items of RG control model

Items	Control
Electric Drive Lubricant Pump	On/Off

3.1.4. 가변추진기 모델

(1) 기본 모델

축과 가변추진기는 가스터빈과 디젤엔진으로부터 감속기어를 통해 전달된 동력으로 최종적으로 함정을 움직이게 된다. 가변추진기는 ECS로부터 피치 명령을 받으며 피치에 따라 축 속도 및 토크가 변화한다.

(2) 제어 모델

가변추진기는 Hub and blade assembly, Oil distribution box, CPP(Controllable Pitch Propeller) main pump, CPP standby pump 등으로 구성된다. 제어 모델은 ECS의 명령에 따라 하부 장비에 대한 자동-로컬 변환 및 시동 정지 등을 구현한다. 제어모델은 각 모드에 따라 ECS와 실제 가변추진기 간의 I/O 신호에 맞춰 도출되었다. 다음 표 5에는 대표적인 제어모델 로직이 나타나 있다.

Table. 5 Items of CPP control model

Items	Control
Standby Pump	On/Off

3.2. 모델 통합

각 장비 모델은 ECS로부터 신호를 받아 제어 모델에서는 장비의 시동/정지 및 보조기기의 제어, 기본 모델에서는 출력, 속도, 토크 등을 도출한다. 추진체계를 구성하는 장비는 물리적으로 연결되어 있으므로 장비의 제어 모델 간 또는 기본 모델 간 영향을 주고받게 된다. 다음 그림 8은 기본 모델에서 주요 물리 값의 흐름을 나타내고 있다[10-13].

CODOG 추진체계는 가스터빈과 디젤엔진을 주 원동기로 사용하고 있으며, ECS로부터 출력 명령 또는 속도 명령을 받아 결과를 도출한다. 가스터빈과 디젤엔진에서 나온 출력은 감속기어에서 전달 또는 감속비에 따라 변환이 이루어지며 최종 축 속도와 축 토크

는 가변추진기의 피치에 의한 토크의 영향도 함께 받는다.

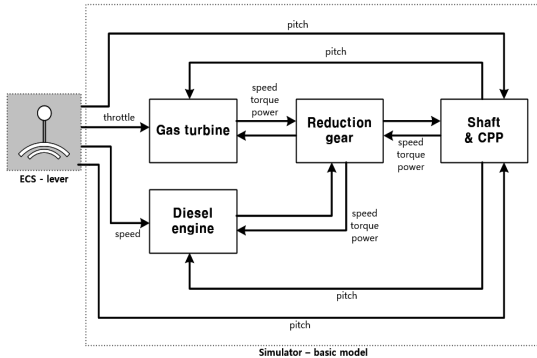


Fig. 8 Schematic diagram of shaft-line dynamics model

제어 모델에서는 시동 시 장비 간 시동 조건을 충족하는 지 확인하게 된다. 다음은 그림 9는 CODOG 체계 시뮬레이터의 SCM(Simulation Control and Monitoring) System 화면을 나타낸다.

IV. 시뮬레이션

4.1. 추진체계 운용

가스터빈 추진 모드와 디젤엔진 추진 모드가 있으며 ECS는 모드와 사용자가 조작하는 레버에 따라 설정된 명령을 시뮬레이터로 보낸다. 가스터빈 추진 모드에서는 레버에 따른 TIC(Throttle Input Command)(%) 명령과 Pitch(%) 명령을 시뮬레이터로 보내고, 디젤엔진 추진 모드에서는 레버에 따른 디젤엔진 속도(rpm) 명령과 Pitch(%) 명령을 시뮬레이터로 보낸다. 시뮬레이터는 ECS로부터 받은 명령에 따라 계산된 출력, 속도, 토크 등의 값을 보내게 된다.

4.2. 결과

시뮬레이션 결과는 PCL(Power Control Lever)에 따른 시뮬레이터 출력 값으로 나타내었다. PCL는 ECS의 사용자 설정하며, 가스터빈의 경우 - 5~10까지, 디젤엔진의 경우 - 5~6까지 사용한다. 사용자가 설정한 PCL 값과 추진 모드에 따라 ECS는 가스터빈에 TIC, 디젤엔진에 목표 속도, 추진전동기에 Pitch 명령을 보낸다. 시

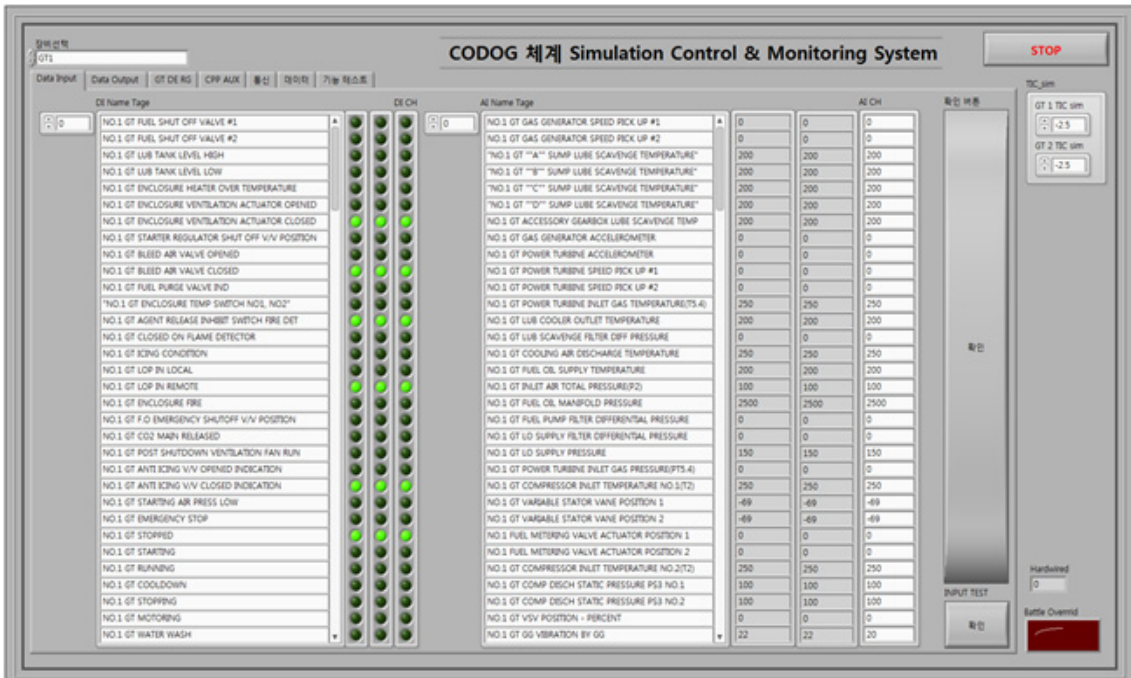


Fig. 9 Mimic of Simulator Control and Monitoring PC

물레이터에서는 TIC 명령, 목표 속도 명령 또는 Pitch 명령을 받아 제어결과에 해당되는 속도, 토크, 출력을 ECS로 피드백한다.

4.2.1. 가스터빈 모드

① FMV

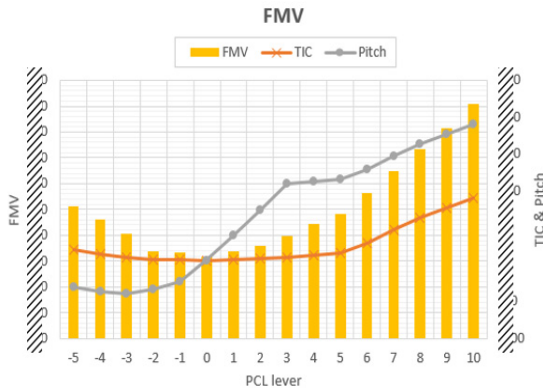


Fig. 10 FMV of GT according to change of PCL

그림 10은 FMV(Fuel Metering Valve) 추세를 나타내고 있다. FMV는 PCL의 절댓값이 커질수록 TIC 및 Pitch 값이 커지므로 출력과 FMV가 증가하는 것을 확인할 수 있다.

② VSV

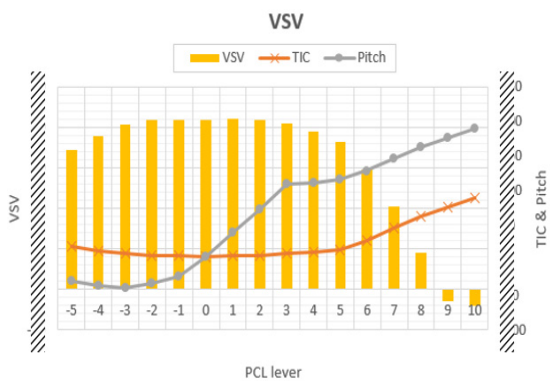


Fig. 11 VSV of GT according to change of PCL

그림 11은 VSV(Variable State Vane) 추세를 나타내고 있다. VSV는 Gas Generator 단에 위치하여 터빈의 속도를 조절한다.

③ GG Speed, PT Speed

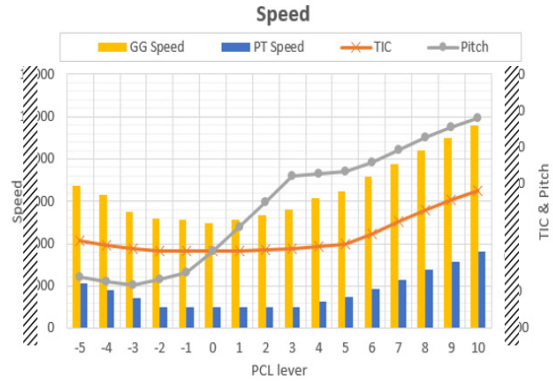


Fig. 12 GG and PT Speed of GT according to change of PCL

그림 12는 가스터빈의 Gas generator 단의 속도와 Power turbine 단의 속도 추세를 나타내고 있다. 가스터빈은 GG 단과 PT 단이 물리적으로 분리되어 있지만 출력은 GG 단에서 PT 단으로 전달된다. PT 단은 감속기어와 이어지는 축과 직접 연결된다.

④ Power

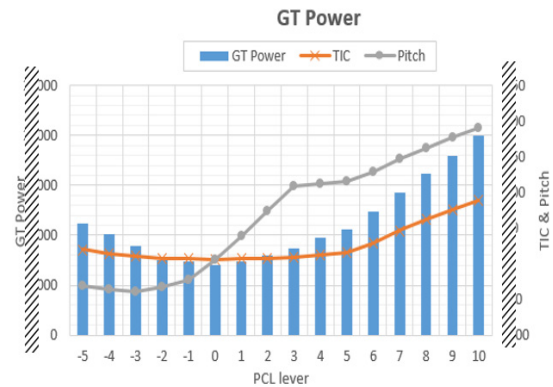


Fig. 13 Power of GT according to change of PCL

그림 13은 가스터빈의 출력을 나타내고 있다. FMV와 유사한 추세를 보인다.

⑤ Shaft Speed (GT)

그림 14는 가스터빈 모드에서 축 속력을 나타낸다. PT 단의 속력이 감속기어의 감속비에 따라 적절한 토크와 속도로 변환된다.

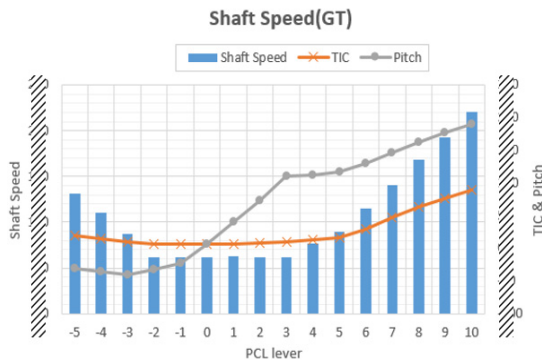


Fig. 14 Shaft Speed of GT according to change of PCL

⑥ Shaft Torque (GT)

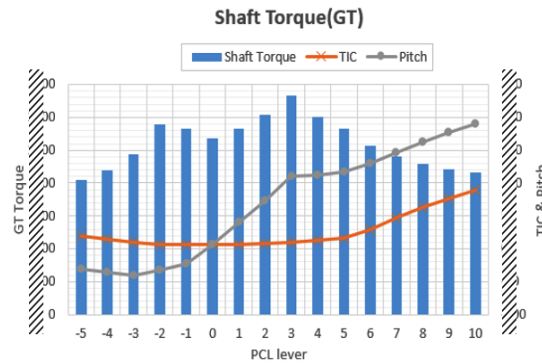


Fig. 15 Shaft Torque of GT according to change of PCL

그림 15는 가스터빈 모드에서 축의 토크를 나타내고 있다.

4.2.2. 디젤엔진 모드

① Shaft Power (DE)

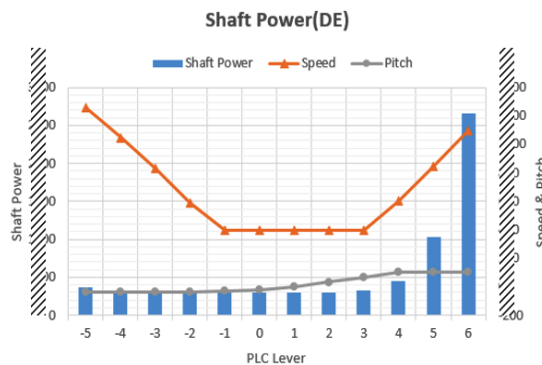


Fig. 16 Shaft Power of DE according to change of PCL

그림 16은 디젤엔진 추진 모드에서 축에 걸리는 출력을 나타낸다. PCL이 음수 일 때보다 양수에서 출력의 변화가 크게 나타나는데, 이는 피치의 변화가 PCL 양수에서 크기 때문에 디젤엔진의 출력이 피치의 영향을 많이 받음을 확인할 수 있다.

② Shaft Speed (DE)

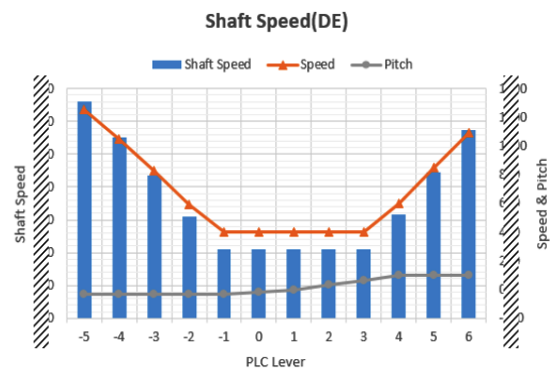


Fig. 17 Shaft Speed of DE according to change of PCL

그림 17은 디젤엔진 추진모드에서 축 속도를 나타낸다. 디젤엔진에서 출력된 속도는 감속기어를 거쳐 감속 비로 적절한 토크와 속도로 변환된다.

③ Shaft Torque (DE)

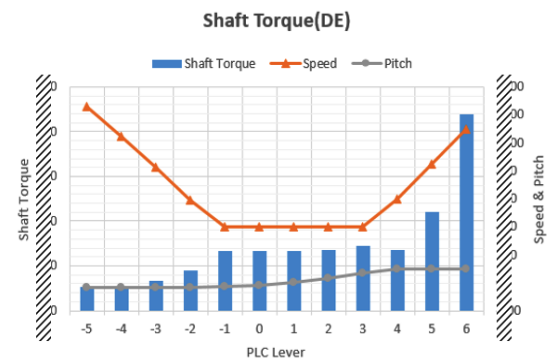


Fig. 18 Shaft Torque of DE according to change of PCL

그림 18은 디젤엔진 추진모드에서 축의 토크를 나타낸다. 피치의 변화가 축 토크에 영향을 미치는 것을 확인할 수 있다.

V. 결 론

CODOG 기반 함정 추진체계 시뮬레이터는 가스터빈과 디젤엔진을 주 추진기관으로 사용하는 추진체계에 대해서 모델링하고 ECS의 제어 명령에 따른 추진체계의 동작을 확인하였다. 시뮬레이터는 가스터빈, 디젤엔진, 감속기어, 가변추진기 모델로 구성되며 각 모델은 출력의 전달과 관련된 기본 모델, 제어를 모사하는 제어 모델로 나뉜다. 가스터빈 추진 모드와 디젤엔진 추진 모드에서 PCL에 따른 가스터빈의 FMV, VSV, 속도, 출력, 토크 및 디젤엔진의 속도, 출력, 토크 등을 확인하였다. ECS 개발과정에서 ECS의 추진체계 제어 기능 검토, 새로운 제어 시퀀스 제안 등으로 활용이 가능할 것으로 보인다.

ACKNOWLEDGMENTS

This research was conducted through '14 core SW project(contract number:UC140001DD, development of control and monitoring SW of the next generation ship propulsion system) and Hanwha Systems's industry-university R&D "CODOG/CODLOG propulsion and propulsion-auxiliary system simulator development".

REFERENCES

- [1] J. T. Hwang, S. Y. Hong, H. W. Kwon, K. K. Lee and J. H. Song, 2017, "Dual Fuel Generator Modeling and Simulation for Development of PMS HILS," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 21, no. 3, pp. 613-619, Mar. 2017.
- [2] M. Altosole, M. Figari and M. Viviani, "Simulation of the Dynamic Behaviour of a CODLAG Propulsion Plant," *Wharship 2010 Advanced Technologies in Naval Design and Construction*, vol. 10, no.10, pp.109-115, June 2010.
- [3] M. Martelli and M. Figari "Real-Time model-based design for CODLAG propulsion control strategies," *Ocean Engineering*, vol.141, no.1, pp.265-276, June 2017.
- [4] K. Marouani, H. Guendouz, B Tabbache, F. Khoucha, and A. Kheloui, (2013, June). Experimental Investigation of an Emulator 'Hardware In the Loop' for Electric Naval Propulsion System. *Control & Automation (MED), 2013 21st Mediterranean Conference on. IEEE [Online]*, 10(1), pp. 125-130. Available : <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6608709/>.
- [5] K. K. Yum, "Simulation of a Hybrid Marine Propulsion System in Waves," *CIMAC CONGRESS*, vol.202, no.1, pp.3-16, June. 2016.
- [6] E. Gohary, M. Mohamed, and R. Nader, "Thermodynamic analysis of alternative marine fuels for marine gas turbine power plants," *Journal of Marine Science and Application*, vol.15, no.1, pp.95-103, Feb. 2016.
- [7] F.J.E. Aguilila, R. Rodriguez Quintero, E. Carvajal Trujillo, and M. T. Garcia, "Analysis of regulation methods of a combined heat and power plant based on gas turbines," *Energy*, vol. 72, no.1, pp. 574-589, Aug. 2014.
- [8] G. Kokkulunk, A. Parlak and H. H. Erdem, "Determination of performance degradation of a marine diesel engine by using curve based approach," *Applied Thermal Engineering* vol.108, no.1, pp.1136-1146, Sep. 2016.
- [9] J. Desong, (2008, December). The Study on Dynamic Parameters of CODOG in the Mode Switching Process, *Mechatronic and Embedded Systems and Applications, 2008. MESA 2008. IEEE/ASME International Conference on. IEEE [Online]*, 9(5), pp. 500-504, Available : <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4735647/>.
- [10] M. Altosole and M. Figari, "Effective Simple Methods for Numerical Modelling of Marine Engines in Ship Propulsion Control Systems Design," *Journal of Naval Architecture and Marine Engineering*, vol. 228, no.4, pp.373-397, Dec. 2011.
- [11] M. Viviani, F.C.N.I. Spa and G. Dubiioso, "Marine Propulsion System Dynamics During Ship Manoeuvres," *International conference on high-performance marine vehicles*, vol.18, no.19, pp.81-93, Jan. 2008.
- [12] G. Benvenuto, S. Brizzolara and M. Figari, "Simulation of the Propulsion System Behaviour During Ship Standard Manoeuvres," *Practical Design of Sips(Shanngai)*, vol.1, no.1, pp.657-663, Sep. 2011.
- [13] M. Altosole, G. Benvenuto, and M. Martelli "Advances in automation design for fast vessels propulsion," *Proceedings of the 9th symposium on high speed marine vehicles*, vol.1, no.1, pp. 1-6, May 2011.



장재희(Jae-Hee Jang)

2013년 금오공과대학교 기계공학부(공학사)
2015년 한국해양대학교 기관공학과(공학석사)
2016년~현재 한국해양대학교 기관공학과 (박사과정)
※ 관심분야 : Energy System Design, Mechatronics



신승우(Seung-Woo Shin)

1991년 해군사관학교 이학사
2008년 한성대학교 경영학 석사
1995년 ~ 2014년 해군 기관장교
2014년 ~ 2017년 합정 추진체계의 제어감시 SW 개발
2017년 ~ 현재 합정 통합기관제어체계(ECS) 개발
※ 관심분야 : 합정 통합기관제어체계, 합정 자동화 체계



김민곤(Min-Gon Kim)

1987년 부산대학교 전자공학 학사
2013년 금오공과대학교 전자/전기공학 석사
1995년 ~ 2012년 합정 전투체계개발
2009년~ 현재 합정전투체계수출 (기술담당)
2013년 ~ 현재 합정통합기관제어체계(ECS) 개발
※ 관심분야 : 합정 통합기관제어체계, 에너지 시스템, 무인선박, 전투체계



오진석(Jin-seok Oh)

1983년 영국 Zidiac 선박회사 엔지니어
1989년 국방과학연구소 연구원
1996년 한국해양대학교(공학박사)
2009년 일본큐슈대학교(공학박사)
2009년 ~ 현재 한국해양대학교 산학연 ETRS센터 소장
1996년 ~ 현재 한국해양대학교 기관공학부 교수
※ 관심분야 : Ocean Plant, Energy System Design, Mechatronics