

메탄-디젤 혼소엔진에서 파일럿 분사전략에 따른

연소 및 온실가스 배출 특성

정민욱¹⁾, 안성률²⁾, 윤승희³⁾, 김민석³⁾, 송지현³⁾, 박성욱^{*1)}

한양대학교 기계공학부¹⁾, 한양대학교 융합기계공학과²⁾, HD한국조선해양 선박연료전지시스템연구실³⁾

Combustion and Greenhouse Gas Emissions Characteristics

According to Pilot Injection Strategies in Methane-Diesel Dual-Fuel Engines

Minuk Jeong¹⁾ · SeongRyur An²⁾ · Seunghee Youn³⁾ · Minseok Kim³⁾ · Jihyeon Song³⁾ · Sungwook Park^{*1)}

School of Mechanical Engineering, Hanyang University¹⁾

Department of Mechanical Convergence Engineering, Graduate School, Hanyang University²⁾,

Marine Fuel Cell System Research Department, HD Korea Shipbuilding & Offshore Engineering³⁾

Key words : Methane slip(메탄 슬립), Pilot injection strategy(파일럿 분사 전략), Dual fuel engine(혼소 엔진), Alternative fuel(대체연료), GHG Mitigation(온실가스 저감), Nitrogen Oxides(질소산화물)

교신저자, E-mail: parks@hanyang.ac.kr

최근 해운 분야의 온실가스 배출 저감을 위해 국제해사기구(IMO)는 기존 목표보다 상향된 2050년 탄소중립 달성이라는 전략을 발표하였고, 유럽연합(EU)은 유럽 탄소배출권 거래제도(EU ETS)를 도입하는 등 해운 분야의 온실가스 규제가 강화되고 있다.

이에 따라 암모니아와 수소 같은 무탄소 연료가 본격적으로 도입되기 전까지 중·단기적인 온실가스 감축 수단으로 LNG 연료 추진 선박에 대한 관심이 높아지고 있다. 그러나 LNG의 주성분인 메탄이 연소되지 않고 그대로 배출되는 메탄 슬립(methane slip) 현상이 문제로 지적된다. LNG 추진 선박에서 배출되는 미연소 메탄은 GWP100 기준으로 이산화탄소보다 약 25배 높은 온실효과를 가지므로, 메탄 슬립 저감은 LNG 추진 선박의 핵심 과제라 할 수 있다.

파일럿 분사 전략은 연소 특성뿐만 아니라 배기 배출물에도 중요한 영향을 미치며, 이를 개선하면 메탄 슬립을 줄일 수 있다. 따라서 본 연구의 목적은 파일럿 분사와 관련된 주요 인자가 메탄-디젤 혼소 엔진의 성능 및 배기 배출 특성에 미치는 영향을 분석하는 것이다. 이를 위해 파일럿 분사 시점, 분사 지속 시간, 분사 압력, 다단 분사 전략을 변화시키며 연소 및 배기 데이터를 분석하였다.

연구 결과, 파일럿 분사 시점이 앞당겨질수록 IMEP가 증가했으나 BTDC 16°를 초과하면 더 이상 증가하지 않았고, 말단 가스 자발화(end-gas auto-ignition)에 의한 열방출 특성이 나타났다. 분사 지속 시간이 길어질수록 IMEP는 선형적으로 증가했으며, 분사 압력이 1,000 bar 이상으로 상승하면 파일럿 연료 공급과 분무 도달거리가 증가하여 자발화가 발생하였다.

배기 배출 특성에서는 파일럿 분사 시점이 진각되고 분사 지속 시간이 길어지며 분사 압력이 증가할수록 미연소 메탄 배출은 감소했으나, NOx 배출은 증가하였다. 다단 분사 전략 중에서는 사전 파일럿 분사 전략이 가장 우수한 성능을 보였으며, 가장 짧은 연소 지속 시간, 가장 높은 IMEP, 가장 낮은 IMEP COV, 그리고 미연소 메탄의 현저한 감소를 달성하여 온실가스 배출을 최소화하였다. 비록 연소 온도와 압력이 높아져 NOx 배출이 증가했지만, 이는 유사한 온실가스 수준을 가진 다른 조건에 비해 상대적으로 낮은 수준을 유지하였다.

후 기(Acknowledgement)

본 연구는 HD한국조선해양의 지원을 받아 수행되었으며, 이에 감사드립니다.