

수소 직분사 엔진의 공기과잉률에 따른 MBT 특성 분석

구 준 모¹⁾·김 정 기²⁾·김 기 연¹⁾·김 정 호³⁾·이 승 현³⁾·김 호 준¹⁾·민 경 덕³⁾·이 정 우^{*1)}

충남대학교 자율운항시스템공학과¹⁾ · 충남대학교 선박해양공학과²⁾ · 서울대학교 기계공학과³⁾

Analysis of MBT Characteristics according to Excessive Air Ratios in a Hydrogen Direct Injection Engine

Junmo Koo¹⁾ · Junggi Kim²⁾ · Kiyeon Kim¹⁾ · Jeongho Kim³⁾ · Seunghyun Lee³⁾ · Hyojoon Kim¹⁾ · Kyoungdoug Min³⁾

· Jeongwoo Lee^{*1)}

Department of Autonomous Vehicle System Engineering, Chungnam National University¹⁾

Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, Chungnam National University²⁾

Department of Mechanical Engineering, Seoul National University³⁾

Key words : Compression Work (압축 일), Expansion Work (팽창 일), Hydrogen (수소), Excessive air ratio (공기과잉률), MBT (최대 제동 토크), Spark Timing (점화 시기)

교신저자, E-mail: jwoo@cnu.ac.kr

기후 위기 대응을 위한 환경 규제는 더 이상 선택이 아닌 생존과 성장의 필수 전략이다. 이에 따라 유럽 연합은 탄소국경조정제도(CBAM), 국내에서는 기후공시의무화 등의 정책을 시행하고 있다. 자동차 분야에서도 탄소중립 목표 달성을 위해 수소 내연기관이 친환경 동력원으로 주목받고 있다. 수소의 최소 점화 에너지는 0.02mJ로 수월하게 연소가 가능하다. 넓은 가연범위로 인한 공기과잉률(Excessive Air Ratio)은 압축 일(Compression Work)과 팽창 일(Expansion Work)에 영향을 주고 결과적으로 MBT에도 영향을 미친다. 이는 엔진의 성능과 직접적인 연관이 있으므로 관련된 실험을 수행했다.

실험은 400cc 단기통 수소 직분사 엔진에서 수행되었으며 1500rpm에서 연료 분사 시기는 120 BTDC 동일 조건에서 공기과잉률 조건 별로 점화 시기에 따른 영향을 확인했다. 공기과잉률이 감소하면 연소속도가 증가하므로 MBT 시 MFB 50 지점은 점점 진각하는 경향이 나타났다. 공기과잉률이 높을수록 연소에 참여하지 않는 공기의 양이 많아져 연소 온도를 낮추고 결국 팽창 일이 감소해 생성되는 일이 줄어들 수 있다. 압축 일과 팽창 일의 합을 생성되는 일이라 봤을 때 실제 실험에서 희박하게 연소할수록 생성되는 일은 감소했다. 공기과잉률 3.0과 1.5의 유사한 MFB 50 지점에서 압축 일은 최대 5.54% 증가, 팽창 일은 최대 54.35% 증가했다. 공기과잉률을 기준으로 팽창 일은 MFB 50에 영향을 거의 받지 않았다. 반면 압축 일은 희박해짐에 따라 MFB 50이 진각될수록 감소했다. 결론적으로 공기과잉률이 높아질수록 MBT 시점은 당겨졌다고 볼 수 있다.

실험 결과를 통해 공기과잉률과 점화 시기에 따른 MBT 특성을 확인할 수 있었다. 이번 실험이 수소 연료 엔진의 성능 개선과 탄소중립 목표 달성에 이바지할 수 있기를 기대한다.

본 연구는 2025년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원(P0023684, 산업혁신인재성장지원사업)과 한국산업기술평가관리원(NO. 20018473, 무탄소 수소연료 기반 직접분사식 수소엔진 원천기술 개발), 한국연구재단 우수신진연구(NO. 2710082861, 탄소중립 연료 기반 선박의 선상 연료 생산/개질 및 xH₂/수소 융합연소 엔진 통합 시스템의 에너지 효율 분석 연구), 한국연구재단 미래유망융합기술 파이오니어(도전형)(NO. 2710085240, 플라스마 활용 촉매 및 고효율 H₂/CO₂ 저장 기술 기반 on-board 개질기 및 H₂/e-fuel 혼소 엔진 통합 시스템 개발)의 지원을 받아 진행된 연구이며 이에 감사의 뜻을 표합니다.