

딥러닝을 이용한 가솔린 엔진에서의

노킹 발생 시점 판정 모델 개발

박 지 환^{*1)} · 조 석 원¹⁾ · 송 치 현¹⁾ · 이 상 열²⁾ · 김 민 재³⁾ · 민 경 덕¹⁾

서울대학교¹⁾, 호서대학교²⁾, 명지대학교³⁾

Development of a Knock Onset Determination Model

in SI Engine by Deep Learning

Jihwan Park^{*1)} · Seokwon Cho¹⁾ · Chiheon Song¹⁾ · Sangyul Lee²⁾ · Minjae Kim³⁾ · Kyoungdoug Min¹⁾

Seoul National University¹⁾, Hoseo University²⁾, Myongji University³⁾

Key words : Knocking(노킹), Knock Onset(노킹 발생 시점), Neural Network(인공 신경망), Ignition Delay(점화 지연 시간), Spark-Ignited Engine(가솔린 엔진)

* Kyoungdoug Min, E-mail: kadmin@snu.ac.kr

최근 강화되고 있는 연비 규제에 의해 자동차 산업에 있어 가솔린 엔진의 효율 증대의 중요성이 커지고 있다. 이에 따라, 가솔린 엔진의 효율을 높이기 위한 일환으로 내부 유동 강화, 냉간 최적화, 배기 재순환(EGR) 등 여러 방법이 제시되었다. 일반적으로 각 운전조건에서 MBT(maximum brake torque)를 확보하는 것이 효율 증대에 있어 가장 바람직하나, 저속 고부하 조건과 같은 노킹 발생 조건(knock-prone condition)에서는 MBT 확보보다 엔진 손상을 방지하기 위한 점화시기 지각이 우선시된다. 이는 엔진 효율 향상의 주요한 장애물이라 할 수 있다.

점화 지연 시간의 계산은 노킹 발생 시기의 정확한 판단을 가능하게 하며, 이는 미래형 초고효율 엔진 개발에 필수적인 요소라 할 수 있다. 또한 빠른 계산 속도를 위해서는 OD(zero-dimensional) 점화 지연 모델의 도입이 필요하다. 실린더 내부의 상태를 빠르고 정확하게 예측하기 위해서는 실린더 압력 센서를 이용하는 방법이 가장 섬세하고 신뢰성 있음이 잘 알려져 있다. 앞서 말한 모델을 수립하기 위해서는 실린더 내 압력으로부터 자발화가 일어나는 시점까지의 내부 조건에 대한 정확한 추정을 필요로 하기 때문에, 노킹 발생 시기(knock onset)를 정확하게 판정하는 것이 무엇보다 중요하다.

많은 선행연구에서 노킹 발생 시기의 정확한 판단을 위한 방법론을 제시한 바 있으나, 이러한 방법론들은 미약 노킹 조건 및 과급 영역을 포함한 다양한 조건에서 그 시점의 추정이 정확하지 않음을 보였다. 이에 본 연구에서는 기존 방식들의 단점을 극복하기 위해 노킹 발생 시점 결정에 딥러닝(인공 신경망) 학습 방식을 도입하였다.

본 연구에서는 가솔린 단기통 엔진 실험을 기반으로 하여 학습을 진행하였다. 실험 데이터는 다양한 부하, 엔진 속도, 점화시기에서 수행하였으며, 이로부터 인공지능의 정확성을 광범위한 영역에서 확보할 수 있었다. 각 사이클에서의 실린더내 압력 취득값을 입력 변수, 해당 사이클의 노킹 발생 시점(knock onset)을 출력 변수로 결정하여 학습을 진행하였다. 학습의 최적화를 위해 Hidden layer, learning rate 및 학습 횟수를 조율하였다. 그 결과, 인공지능을 이용한 노킹발생시점의 결정에서 그 정확도를 판단할 수 있는 RMSE가 줄어듦을 확인하였다. 특히, 혼합기가 농후한 조건($\lambda=0.9$)에서 압력 신호 진동에 의한 노킹 발생 시점 결정 오류를 개선할 수 있는 여지가 있음을 확인하였다.