

# 가솔린 엔진의 최적화

## 현대자동차의 모델기반 캘리브레이션

고성능, 연비 및 emission 규제 등 시장의 요구가 점점 더 까다로워짐에 따라, 현대 자동차 (Hyundai Motor Company, HMC) 역시 엔진 및 시스템 개발의 효율성을 높여야 하는 과제에 직면해 있습니다. 이에 따라 캘리브레이션 해야 할 엔진의 종류, 운전영역, 매개변수 등은 크게 증가하였으나, 캘리브레이션 엔지니어들은 여전히 기존 시험방법을 이용하여 개발 사이클과 원가를 줄인다는 목표를 달성하려고 하고 있습니다. 다음에서는 현대자동차가 어떻게 모델기반 프로세스를 업무에 적용하였으며, 어떠한 성과를 얻었는지를 소개하고자 합니다.

### 현대 자동차

현대 자동차(The Hyundai Motor Company, HMC) 연구개발 센터는 엔진의 전체 작동범위를 효율적으로 캘리브레이션하는 새로운 모델 기반 캘리브레이션 프로세스를 도입했습

니다. 이 새로운 캘리브레이션 프로세스는 이타스 ASCMO 및 이타스 INCA-FLOW가 지원하는 진보된 모델링 및 자동화 방법을 기반으로 합니다. 현대 자동차는 이를 통해 가솔린 엔진의 기존 캘리브레이션 프로세

스 75 %의 시간을 단축했고, 동시에 품질도 향상시킬 수 있었습니다.

### 프로젝트 시나리오

프로젝트의 대상은 자연흡기식 V6 3.0리터 GDI 엔진이었습니다. dual

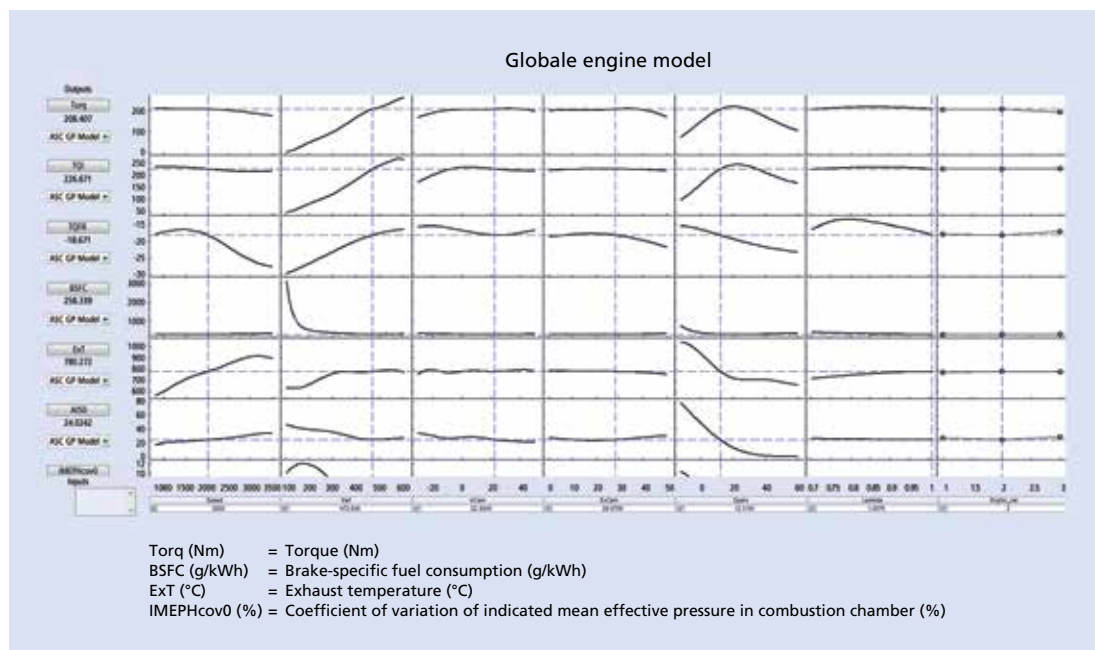


그림 1. 입출력 변수 간의 상관 관계를 보여주는 그래프. 이타스 ASCMO 모델은 전체 파라미터 간의 상관관계를 쉽고 정확하게 파악할 수 있도록 해줍니다.

저자

### 조유신

현대자동차,  
가솔린엔진성능시험팀  
책임연구원

### 장원석

이타스코리아,  
Field Application  
Engineer

### 유원근

이타스코리아  
Field Application  
Engineer

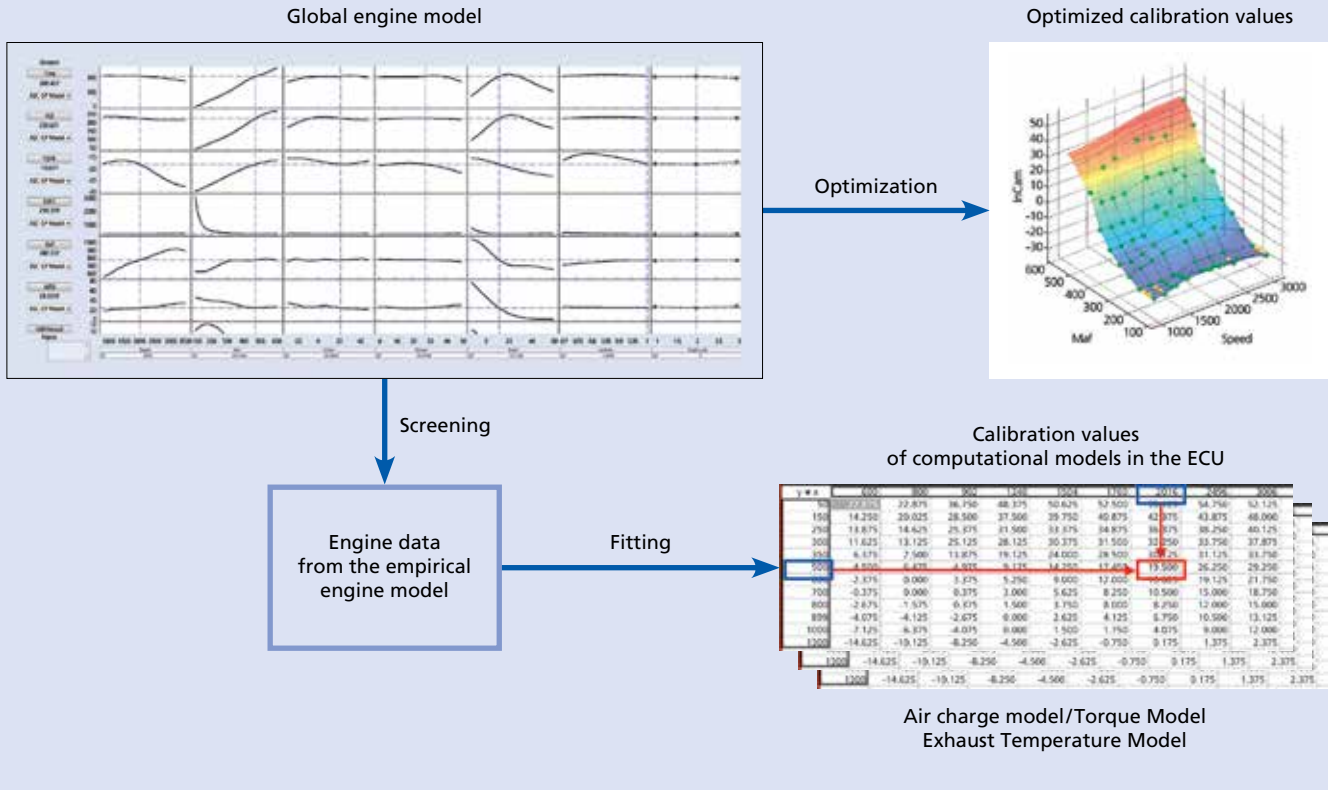


그림2. 최적화와 각 캘리브레이션 맵에 대한 커브 피팅

CWVT와 3 단계로 작동 가능한 VIS 밸브가 장착되어 있으며, 콘티넨탈 EMS를 탑재한 사양입니다. 기존 캘리브레이션 방식의 측정 지점수와 측정시간 대비하여 글로벌 DoE 모델베이스 캘리브레이션 방법을 적용했을 때 시험 효율성이 얼마나 향상되는지 비교해 보는 것을 주된 목표로 삼았습니다. 흡입 공기 충전, 토크 및 배기 온도 모델 등이 캘리브레이션되었습니다. 또한 이를 위해 흡기 및 배기 캠 샤프트 타이밍, 분사 타이밍 및 점화 시점 등이 최적화되었습니다.

**새로운 캘리브레이션 프로세스**

현대자동차는 캘리브레이션 프로세스를 재설계하면서 두 가지 새로운 방법, 즉 실험계획법(DoE, Design of Experiments) 및 엔진 동력계에서의 완전 자동화된 측정을 수행했습니다. 이에 따라 ASCMO가 생성한 높은 정확도의 모델이 머신러닝

기법과 실제 측정데이터를 사용하여 만들어졌습니다. 실험계획과 모델들은 이타스 ASCMO 툴을 통해 생성되었습니다. DoE 테스트포인트 측정 계획은 INCA-FLOW 툴을 기반으로 새로 개발된 측정 제어 시스템을 사용하여 동력계 테스트 셀에서 자동화되었습니다.

**엔진모델 기반 캘리브레이션**

엔진 테스트베드에서 측정된 데이터로 생성된 모델은 전체 파라미터 간의 상관관계를 쉽고 정확하게 파악할 수 있도록 해줍니다. (그림1). 또한 이 모델을 기반으로 연료소비와 전부하 토크가 최적화되었고(그림2), 동시에 노킹 limit 및 배기온도 limit 이 확인되었습니다.

일반적으로 air charge, 토크, 배기 온도 모델을 캘리브레이션하려면 많은 양의 데이터가 필요합니다. 기존

의 표준 캘리브레이션 프로세스와는 달리 이 데이터는 엔진 동력계에서 힘들어 측정되지는 않았지만 ASCMO에 의해 경험적 엔진 모델('screening')에서 만들어졌습니다. ASCMO 생성 모델은 validation 측정값 대비 air charge 모델의 경우 5% 미만, 토크 모델의 경우 5% (또는 최대 5 Nm)미만, 배기온도 모델은 15 ° C 미만의 오류를 보였습니다.

**결론 및 요약**

현대자동차는 글로벌 모델 기반 프로세스 구축을 통해 엔진 캘리브레이션의 효율성을 대폭 향상시켰습니다. 시간으로 따졌을 때 기존방법 대비 시험시간을 75%까지 줄일 수 있었을 뿐 아니라 시험대상 엔진의 캘리브레이션 결과가 목표치를 만족함을 알 수 있었습니다.