

내연기관 차량의 전기에너지 변화에 따른 연비 영향성 분석

고다솜, 김태훈, 정진범
자동차부품연구원

Analysis of influence of fuel consumption on change of electric energy of internal combustion engine

Da-Som Ko, Tae-Hoon Kim, Jin-Beom Jeong
Korea Automotive Technology Institute

ABSTRACT

자동차 산업은 친환경 규제 대응과 함께 운전자의 안전성, 편의성 등 운전자의 가치 증대에 초점을 맞추어 IT기술이 융합된 전장기술의 필요성이 증가하고 있으며, 기술 개발이 활발히 진행되고 있다. 이는 하이브리드 자동차나 전기자동차에 사용되는 인버터, 컨버터, 충전기 등의 전력변환장치뿐만 아니라 기존의 내연기관 자동차의 전자 사시(electronic chassis), 지능형 자동차, 48V 전력시스템 등 다양한 부문의 전장품 개발을 포함한다. 전장품의 증가는 필수적으로 전력부하의 증가를 의미한다. 이러한 전기에너지 소모량 증가에 따른 대안으로 태양광 자동차 같은 친환경 에너지를 보조 전원으로 활용하는 자동차들이 개발되기도 한다. 하지만 이러한 차량 전기에너지의 감소 또는 증가가 연비에 미치는 영향을 판단할 수 있는 관련 연구를 찾기 어려울 뿐만 아니라 현장의 차량 설계자들은 실제 차량을 구현하기 전까지 전기 에너지 변화에 따른 연비 영향성을 판단하기 어려운 실정이다. 이에 따라, 본 논문에서는 내연기관 차량의 전기에너지 변화에 따른 연비 영향성을 분석하여 보다 효율적인 에너지 사용 방안에 대해 고찰한다. 상용 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 전기에너지 사용별 연비에 미치는 영향을 분석한다.

1. 서론

자동차에 표시되는 연비는 엔진 제어, 관련 부품의 기술 개발 유도 및 에너지 관리의 지표로서 활용되고 있고, 소비자에게는 차량 구매를 결정하는 중요 요소 중 하나이다. 최근 자동차업계는 환경 친화적인 자동차에서 자율주행, 스마트카 등 다양한 연구 테마로 관심이 넘어간 듯하지만, 대부분의 나라에서 환경오염에 대응하기 위해 시행하고 있는 정책과 규제는 시간이 지남에 따라 오히려 과거보다 더 엄격해졌다고 할 수 있다. 이에 따라, 높은 연비는 선택이 아니라 필수 사항이 되었으며 각 자동차업체들은 자동차의 연료 소모량을 줄이기 위해 부품들의 성능 향상, 주행전력 개선, 제어로직 변경 그리고 전체적인 자동차 동력원의 변경(EV, HEV 등)까지 이뤄내고 있다^[1].

본 연구에서는 이러한 연비 개선에 대한 정보 제공을 위해 전자 사시(electronic chassis), 지능형 자동차, 48V 전력시스템 등 기술 개발이 활발히 진행되고 있는 전장품 증가에 초점을 맞추었다^[2]. 현재는 차량 전기에너지의 증감이 연비에 미치는 영향을 분석한 연구 사례가 부족할 뿐만 아니라 실제 차량을

구현하기 전까지 전기에너지 변화에 따른 연비 영향성을 분석하기 어렵다. 이에 따라 본 논문에서는 내연기관 차량의 전기에너지 변화에 따른 연비 영향성을 분석하였다. 이때 실차를 이용한 전기에너지 사용량에 따른 연비를 분석하는 것은 현실적인 한계가 있기 때문에 상용 시뮬레이션 툴을 활용하여 전기에너지량별 연비에 미치는 영향을 정량적으로 분석하였다.

2. 시뮬레이션을 활용한 전기에너지 변화에 따른 연비 영향성 분석

2.1 시뮬레이션 환경 구성 및 조건

차량의 소모되는 전기에너지 변화에 따른 연비 영향성을 분석하기 위해 상용시뮬레이션 툴인 ANL(Argonne National Laboratory)사의 Autonomie를 사용하였다. Autonomie는 Matlab/Simulink를 기반으로 내연기관 차량, 하이브리드, 전기자동차, 연료전지 자동차 등과 같이 다양한 차량 파워트레인 모델을 제공하고 있으며, 그림 1과 같이 외부 환경, 운전자, 차체 모듈, 전력 구동계, 배터리, 보조기기 등 각 부품들의 사양을 설정하여 원하는 차량을 구성할 수 있다^[3]. 본 연구에서 적용한 차량모델은 4기통의 2,000cc 내연기관 엔진을 사용하고 있으며, 차량 무게는 1,600kg, 중형급 차량으로 선정하였다. 전기소비량에 따른 연비를 확인하기 위해 소비 부하량을 변수로, 동일한 상태의 차량을 공통 변인으로 하는 모델을 구성하여 시뮬레이션을 수행하였다. 이때 소비 부하량은 일정한 상수값으로 소비된다고 가정하였으며, 그림 1의 하위 블록에 있는 accelec에서 변경가능하다. 소비 부하량은 기준에 되는 0W를 기준으로 100W, 200W, 500W, 1000W, 2000W 순으로 변경하였다.

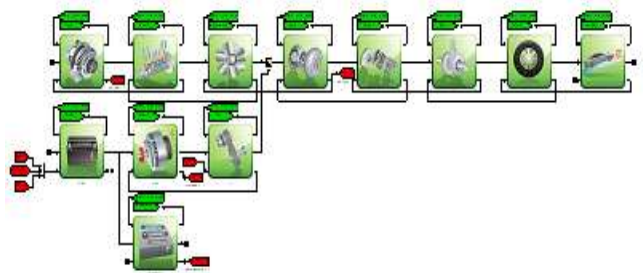


그림 1 Autonomie 모델을 활용한 시뮬레이션 구성
Fig. 1 Configuration of the simulation using Autonomie

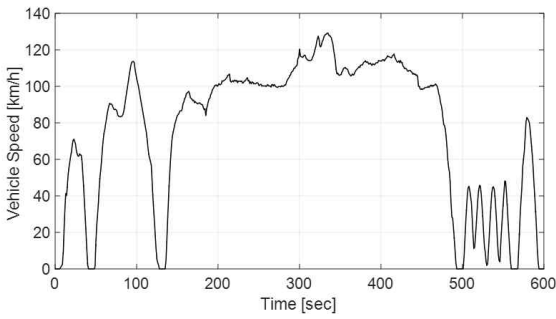


그림 2 US06 주행 사이클
Fig. 2 Velocity profiles of US06 driving cycles

표 1 연비 영향성 결과
Table 1 Fuel efficiency impact results

부하소비량(W)	0	100	200	500	1000	2000
주행거리(km)	12.89					
연비(km/ℓ)	13.28	13.23	13.17	12.99	12.83	12.71

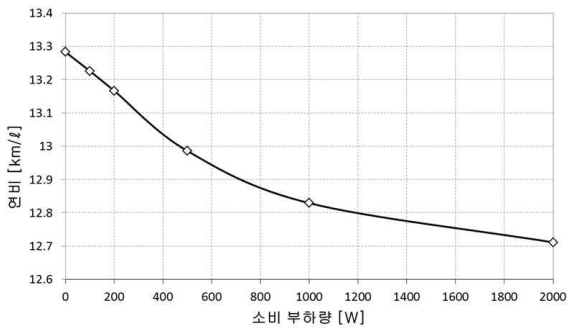


그림 3 전기에너지 변화에 따른 연비 영향성
Fig. 3 The effect of fuel efficiency on the amount of electric energy consumed by the vehicle

시뮬레이션을 수행하기 위해 그림 2와 같이 US06의 드라이빙 사이클을 사용하여 연비 영향성을 분석하였다. US06은 급가속과 급정거를 포함하며 고속(90-120km/h)으로 주행하는 상황으로 평균속도가 비교적 빠르며 요구 주행 최대 및 평균 파워가 다른 인증 사이클(NEDC, UDDS, HWFET)에 비하여 크다^[4]. 전체 주행 시간은 약 10분 가량이며, 주행거리는 12.89km, 평균 속도는 75km/h 수준이다.

2.2 시뮬레이션 결과 및 분석

표 1은 소비 부하량 변화에 따른 연비변화를 정리한 표이다. 소비 부하량 변화에 상관없이 주행거리는 12.89km로 동일하지만, 동일한 거리를 주행하더라도 소모되는 연료는 차이를 보였다. 즉 소비 부하량이 커질수록 알터네이터에서 발전해야 하는 전기에너지량은 증가하며, 그만큼 알터네이터를 추가 구동하기 위한 연료량이 더 소모되기 때문이다. 보다 정량적으로 알아보기 위해 0W 소비 부하량을 기준으로 연비 향상률을 백분율로 계산해 보면 100W 부하를 소비할 경우 약 0.38%의 연비가 저하되며 2000W 부하를 소비할 경우 약 4.29%의 연비가 저하된

다. 그림 3은 부하소비량 변화에 따른 연비를 보다 직관적으로 알아볼 수 있게 그래프로 나타낸 것이다. 부하 소비량이 증가할수록 연비가 저하되는 것을 확인할 수 있으며, 부하 소비량이 높은 영역에서는 연비 저하 기울기가 줄어들을 알 수 있다. 즉, 부하 소비량이 500W 이하로 낮을 경우에는 100W 전기소모량을 감소시킨다면 약 0.4%의 연비향상 효과를 기대할 수 있지만 부하 소비량이 2000W 가량 높아진 상황에서 100W의 전기 소모량을 감소시킨다면 연비향상 효과는 약 0.2% 가량으로 감소한다. 이러한 차이는 엔진 및 알터네이터의 효율에 기인한 현상으로 예상된다.

3. 결론

본 연구에서는 내연기관 차량의 소비 부하량이 연비에 미치는 영향성을 알아보고자 하였으며, 상용 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 모델을 구성하고 동일한 주행 패턴을 적용하여 결과를 분석하였다. 소비 부하량을 변수로 하여 동일한 주행거리 적용한 결과, 차량이 소비하는 전기에너지량이 증가할수록 연비가 줄어드는 것을 확인하였으며, 부하량이 클수록 그 차이가 줄어드는 경향을 확인하였다. 이러한 경향을 바탕으로 향후 차급 별 엔진 효율 특성 및 주행특성에 따른 연비 영향성을 비교·분석한다면 차량 설계자들에게 보다 신뢰성 있는 정보를 전달할 수 있을 것으로 기대한다.

이 논문은 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구결과입니다.
(No.20171210200830)

참고 문헌

- [1] B. Gu, H. Lee, S. Cha, "Steering Consuming Energy and Fuel Efficiency Analysis Depending on Steering System Model", KSAE, Vol. 24, No. 4, pp. 401-407, 2016.
- [2] Y. Jo, "자동차용 전장품 신기술 동향 특집을 내면서", KIPE MAGAZINE, 19(4), 30-30, 2014, 08.
- [3] Aymeric Rousseau, Phil Sharer, Shane Halbach, "Using Modeling and Simulation to Support Future Medium and Heavy Duty Regulation", EVS-2, 2010.
- [4] J. Kim, "Comparative Analysis of Maximum Driving Range of Electric Vehicle and Internal Combustion Engine Vehicle", KSAE, Vol. 21, No. 3, pp.105-112, 2013.