

디젤 하이브리드 전기 자동차의 연료경제성 및 배출가스에 관한 시뮬레이션

한성빈[†] · 장용훈 · 서범주* · 정연중**

인덕대학 기계자동차과, *University of California at Davis 기계항공 공학과, **대구미래대학 자동차과
(2009년 3월 9일 접수, 2009년 5월 12일 수정, 2009년 5월 12일 채택)

Simulation for the Fuel Economy and the Emission of Diesel Hybrid Electric Vehicle

Sung Bin Han[†], Yong Hoon Chang, Buhmjoo Suh*, Yon Jong Chung**

Department of of Mechanical & Automotive Engineering, Induk Institute of Technology

*Department of Mechanical & Aeronautical Engineering, University of California Davis

**Department of Automotive Engineering, Daegu Mirae College

(Received 9 March 2009, Revised 12 May 2009, Accepted 12 May 2009)

요 약

환경친화적인 자동차 제조 방법에는 몇 가지 방법이 있다. 하이브리드 전기자동차는 가장 현실적인 방법일 것이다. 하이브리드 전기자동차는 내연기관과 전기장치의 두 가지 동력을 사용한다. 하이브리드 전기자동차는 연료소비와 배기가스 저감을 위해서 개발되었다. 저자들은 하이브리드 전기자동차의 주요 동력원으로 디젤 기관을 선택했다. 테스트는 도심버스주행모드와 고속도로주행모드가 사용되었다. 본 연구는 직렬하이브리드 전기자동차, 병렬하이브리드 전기자동차, 플러그인 직렬 전기자동차와 플러그인 병렬 전기자동차에 따른 중형디젤 하이브리드 자동차의 연료경제성과 배기가스의 시뮬레이션의 결과를 제시하고 있다.

주요어 : 직렬하이브리드 전기자동차, 병렬하이브리드 전기자동차, 플러그인 직렬하이브리드 전기자동차, 플러그인 병렬하이브리드 전기자동차

Abstract — There are several types of environment friendly vehicle being developed by auto manufactures. HEV (Hybrid Electric Vehicle) is most applicable one among them in actuality. HEV has two power sources, one is an internal combustion engine, the other one is an electric device. The HEV is developed for reducing fuel consumption and emissions. We selected the diesel engine as a main power source of HEV. The tests were carried out under different driving cycles which was CBDBUS (Central Business Driving Bus Schedule) and HWFET (Highway Fuel Economy Test). This research presents a simulation for the fuel economy and the emission of heavy diesel hybrid vehicle according to the SHEV (Serial Hybrid Electric Vehicle), PHEV (Parallel Hybrid Electric Vehicle), Plug-in SHEV and plug-in PHEV.

Key words : Series Hybrid Electric Vehicle, Parallel Hybrid Electric Vehicle, Plug-in Series Hybrid Electric Vehicle, Plug-in Parallel Hybrid Electric Vehicle

1. 서 론

[†]To whom correspondence should be addressed
Department of of Mechanical & Automotive Engineering,
Induk Institute of Technology, San 76 Wolgye-dong, Nowon-gu, Seoul 139-749, Korea
E-mail : sungbinhan@induk.ac.kr

급변하게 발전하는 산업화 속에서 늘어나는 석유에너지의 소비량 증가로 말미암아 환경오염은 점점 심각해지고 있다. 심각한 환경오염에 대한 인식의 확산 등으로 세

계 각국에서는 자동차에 대한 연비 개선 및 배출가스 저감 요구가 날로 커져 가고 있다. 이러한 요구를 충족시키기 위해서 우리나라를 비롯하여 선진 각국은 친환경자동차, 대체에너지, 하이브리드 자동차에 대한 연구와 더불어 상용화에 많은 노력을 기울이고 있다^(1,2).

하이브리드 전기자동차는 두 가지 이상의 동력원을 사용하는 자동차로서 대개 동력원으로는 기존의 내연기관과 전기모터가 혼합되어 사용되고 있다^(3,4). 특히 기존의 내연기관 중 디젤기관은 가솔린기관에 비해서 압축비를 높게 설계를 할 수 있으므로 열효율이 높으므로 연료경제성이 뛰어나며 이산화탄소배출량이 적은 장점을 가지고 있다. 그러므로 디젤기관을 사용한 하이브리드 전기자동차에 대한 관심이 높아지고 있으며, 다양한 차량 구성요소와 구동방식을 정확히 분석할 수 있는 시뮬레이션을 통하여 해석을 한다면 보다 경제적인 분석이 가능할 것으로 생각된다⁽⁵⁻⁷⁾.

본 연구에서는 도심주행이 빈번하면서 배출가스 농도가 비교적 높은 중형디젤자동차(7000 kg급)를 하이브리드 전기자동차로 개발하는데 있어서 직렬 하이브리드(SHEV), 병렬 하이브리드(PHEV), 플러그인 직렬 하이브리드(Plug-in SHEV), 플러그인 병렬 하이브리드(Plug-in PHEV) 시스템별로 연료경제성 향상 및 배출가스 저감 효과를 시뮬레이션을 통하여 평가함으로써 중형디젤 하이브리드 자동차 개발을 위한 기초 정보를 제공하고자 한다.

2. 디젤 하이브리드 전기자동차 모델링

본 논문에서 비교 해석 수단으로 사용한 것은 NREL(National Renewable Energy laboratory)에서 개발한 ADVISOR 기반으로 사용하였다. 기준이 되는 하이브리드 시스템 설계 대상 중형 디젤자동차는 총 중량 7000 kg 정도로서 미국의 중형 디젤자동차인 UCD_Van(스텝

밴)을 기준으로 설계하였으며, 이에 해당하는 한국의 중형 디젤자동차는 마을버스, 청소차량, 택배차량, 우편배달차량 등 과 비교할 수 있다. 이들 중형 디젤자동차의 비교평가를 위하여 자동차의 주행성능은 연비측정모드에서 사용되는 미국 EPA의 FTP(Federal Test Procedure) 주행모드를 기준으로 주행성능을 충족하는 사양을 기준으로 하이브리드 시스템을 설계를 하였으며, 연료경제성 및 배출가스 분석은 중형 디젤자동차가 배출가스를 가장 많이 발생시키는 도심노선을 운행하는 경우를 고려하여 CBDBUS(도심버스주행모드, Central Business Driving Schedule Bus)를 사용하여 분석하였으며, HWFET 고속도로주행모드, Highway Fuel Economy Test)를 추가하여 주행모드의 변화에 따른 중형 디젤하이브리드 전기자동차의 연료경제성 및 배출가스 특성을 시뮬레이션을 통하여 평가하고자 하였다.

2-1. 디젤하이브리드 전기자동차의 시스템 구성

ADVISOR로 시뮬레이션하기 위한 중형디젤자동차의 하이브리드 전기자동차를 구성하는 시스템별 주요 구성 부품은 Table 1과 같다.

본 시뮬레이션에서 사용한 기본엔진은 Volkswagens TDI Engine을 기본 모델로 사용하였는데 이 엔진에 대한 상세한 데이터는 ORNL (Oak Ridge National Laboratory)과 NREL(National renewable Energy Laboratory)에서 제공한 냉간 운전 및 온간 운전에서 배출가스, 연료 소비 및 출력관련 데이터를 사용하였다.

본 시뮬레이션에서 사용한 기본 배터리는 EV Battery Systems의 Ovonic, 28Ah NiMH를 사용하였는데 무게는 3.6kg, 정격전압 6V, 정격에너지 175Wh, 순간최대파워 1.6kW 이다. 본 시뮬레이션에서 사용한 기본 변속기는 병렬 하이브리드 전기자동차의 경우는 고부하용 ZF5 HP590을 사용하였고, 토크컨버터는 Allison's B400를 사용하였다. 직렬 하이브리드 전기자동차의 경우는 전달

Table 1. Summary of component specifications.

Item	Conventional Diesel	Series HEV	Parallel HEV	Plug-in Series HEV	Plug-in Parallel HEV
Base Engine	Volkswagen TDI	⇔	⇔	⇔	⇔
Energy Storage	N/A	NiMH 335V	⇔	⇔	⇔
Generator	N/A	ETA95	N/A	ETA95	N/A
Motor	N/A	AC induction	⇔	⇔	⇔
Transmission	ZF5HP590	1-speed Gearbox	ZF5HP590	1-speed Gearbox	ZF5HP590

효율 96%인 1단 기어박스를 사용하였다.

2-2. 디젤하이브리드 전기자동차의 시뮬레이션 조건

시뮬레이션 조건으로 기존의 직렬 하이브리드 시스템과 병렬 하이브리드 시스템은 배터리 SOC (충전상태, State of Charge)를 70±1%범위에서 유지하도록 하였다. 엔진의 용량별 시뮬레이션을 계산할 때에는 배터리의 용량을 40 kW조건에서 시뮬레이션을 수행하였으며, 최적의 엔진용량이 결정된 다음에는 각각 최적의 엔진 용량에서 배터리 용량 변화에 대한 시뮬레이션을 수행하였다.

플러그인 하이브리드 시스템에서는 단순 직렬 하이브리드 시스템과 병렬 하이브리드 시스템에서 계산된 엔진 용량 및 배터리 용량을 기초로 하여 시뮬레이션을 수행하였다. 플러그인 하이브리드 시스템은 기본 주행모드에서 일반 중형디젤자동차의 평균 주행거리를 총 주행거리를 기준으로 50km로 설정하였다. 배터리 용량을 50%정도 증가시키고 주행 시뮬레이션을 시작할 때에 SOC (배터리 충전율) 100%에서 시작하여 우선적으로 배터리의 전기에너지를 사용하며, SOC가 30%까지 감소하면 엔진이 작동하여 SOC 30±1%범위에서 조절되도록 하였다.

3. 시뮬레이션 결과 및 분석

Fig. 1은 기존의 중형 디젤엔진의 각 주행모드에 대한 기본 연료경제성을 파악하기 위하여 엔진 용량 변화에 따른 연료소비율을 평가하였다. 그림에서 보는 바와 같이 고속도로 주행모드(HWFET)에서 평균 연료경제성이 5.2 km/l로 가장 높게 나오고 있으며, 가속정지가 많고 저속운전인 도심버스주행모드(CBDBUS)에서 2.7km/l로 가장 연료소비율이 나쁜 것으로 나타나고 있다. 이것은 도심버스 주행모드는 고속도로 주행모드와 비교하여 92%나 연료소비율이 나쁜 것으로 나타난다. 이것으로 보아 중형 디젤자동차는 엔진 고유의 연료소비율과 함께 주행모드에 따라 연비에 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 본 중형 디젤자동차에서 주행모드별로 연료경제성을 고려한, 가장 적절한 엔진의 크기는 150-250 kW급에서 가장 높은 연료경제성을 나타내고 있으며, 주행성능을 고려하면 FTP 모드 기준으로 230 kW이상에서 주행성능을 만족한다. 이상과 같은 결과로 보아 중형디젤자동차에서 연료경제성을 높이기 위한 가장 효과 있는 하이브리드화의 기준 주행모드는 도심버스주행모드(CBDBUS)인 것으로 판단된다.

Fig. 2는 기존의 중형디젤엔진의 각 주행모드에 대한 배출가스 성능을 파악하기 위하여 엔진 용량 변화에 따른 종합 배출가스량을 평가한 선도이다. 종합 배출가스량이란 디젤엔진의 배출가스 중 HC, CO, NOx, PM의

4가지 성분을 단위 거리 당 산술 합(g/km)으로 나타낸 것으로서 개략적인 배출가스농도의 경향을 파악하기에 편리하다. 그림에서 보는 바와 같이 가속 및 감속이 적고, 고속운전영역이 많은 고속도로 주행모드(HWFET)에서 종합배출가스가 6.8 g/km로 가장 적게 배출되고 있으며, 가속 및 감속이 많고 저속운전영역이 많은 도심버스 주행모드(CBDBUS)에서 종합배출가스가 33 g/km이 배출된다. 이것은 고속도로 주행모드와 비교하여 3.85배나

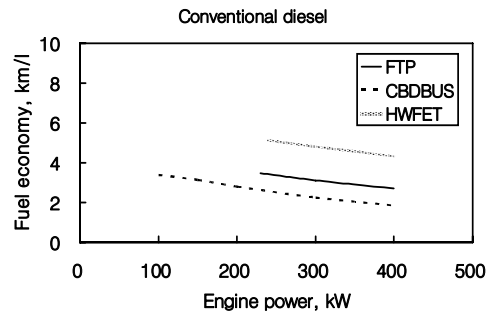


Fig. 1. Comparison of fuel economy and engine power for different driving modes.

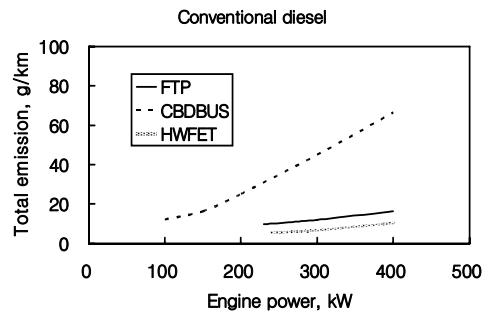


Fig. 2. Comparison of total emission and engine power for different driving modes.

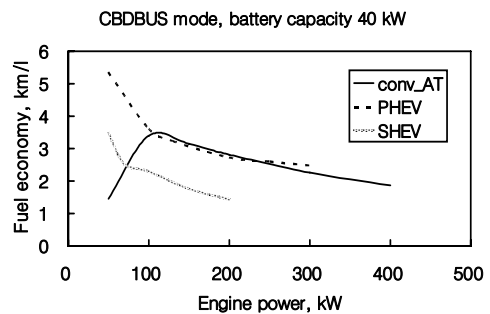


Fig. 3. Comparison of fuel economy and engine power for different hybrid electric vehicle systems.

많이 배출되는 것으로 나타나고 있다. 이상과 같은 결과로 보아 중형디젤자동차에서 배출가스를 줄이기 위한 가장 효과 있는 하이브리드화의 기준 주행모드는 도심버스 주행모드(CBDBUS)인 것으로 판단된다.

이상과 같은 기존의 중형벤(7000 kg)급 디젤 자동차는 주행모드에 따라 연료경제성 및 배출가스의 배출량이 큰 영향을 받으므로 도심버스주행모드(CBDBUS)로 운행되는 마을버스, 청소차량, 우편차량, 택배차량 등 단거리 도심주행이 많은 차량을 대상으로 하이브리드 시스템을 개발하는 것이 유리할 것으로 판단된다.

Fig. 3은 도심버스주행모드(CBDBUS)에서 기존 엔진 시스템과, 병렬 하이브리드 시스템, 직렬 하이브리드 시스템 간 연료경제성을 비교한 그림이다. 그림에서 나타나는 것과 같이 하이브리드 시스템은 기본적으로 엔진의 용량이 작아질수록 연료경제성이 좋아지는 것으로 나타나지만 엔진을 지나치게 작게 설계하는 경우 주행성능을 만족하지 못하므로, 주행성능을 고려하여 엔진의 용량을 작게 설정하는 것이 유리하다. 그러나 기존의 엔진 시스템은 엔진의 용량이 작아지면 연료경제성이 향상되다가 어느 한계를 넘어서면 오히려 연료경제성이 나빠지는 영역이 나타나게 된다. 본 시뮬레이션에서 모델로 결정한 중형디젤 자동차의 경우 100 kW 용량의 엔진이 연료경제성에서는 가장 우수한 것으로 나타나지만, 주행성능을 고려해서 엔진의 용량을 결정해야 한다. 연료경제성 관점에서 보면 직렬하이브리드 시스템보다는 병렬 하이브리드 시스템이 주행 중 부하변화에 따른 모터동력과 엔진동력의 효과적인 조합에 의하여 더욱 효율적인 에너지 배분을 하게 되고 그 결과로 병렬 하이브리드 시스템의 연료경제성이 우수한 것으로 나타난다. 엔진 용량 100kW 이상에서는 직렬 하이브리드 보다 기존의 엔진시스템이 오히려 연료경제성이 좋은 것으로 나타난다. 그렇지만 기존 엔진시스템에서 FTP모드를 만족하는 주행성능이 나오기 위해서는 최소한 230kW 이상의 엔진을 사용해야 하므로 기존 엔진시스템 자동차의 연료경제성이 우수하지는 않다. 이와 같은 결과로 보아, 직렬 하이브리드 시스템의 연료경제성을 높이기 위해서 엔진의 용량을 더욱 줄이는 것이 연료경제성의 관건이 되고 있으며, 직렬 하이브리드 시스템에서 엔진용량을 작게 설계하면 주행 중에 배터리의 방전으로 자동차가 정지하거나 배터리 충전을 위해서 서행운전을 해야 하므로 주행성능을 유지하면서 엔진 용량을 줄이기 위해서는 고성능의 엔진과 차량의 경량화가 필수인 것으로 나타난다.

Fig. 4는 도심버스주행모드(CBDBUS)에서 기존의 디젤엔진 시스템, 직렬 하이브리드 시스템, 병렬 하이브리드 시스템간의 전체 배출가스를 비교하였다. 여기에서 전체 배출가스란 디젤엔진의 배출가스 주성분인 HC, CO,

NOx, PM을 전체 산술 합을 취하여 배출 가스량을 비교하였다. 이 그림에서 나타나는 것과 같이 각각의 시스템에서 전체적으로는 엔진 용량의 크기가 작아질수록 배출 가스의 양이 줄어드는 것으로 나타나고 있으며, 기존의 엔진시스템 구동 자동차의 경우에는 엔진의 용량이 130 kW이하가 되면 연료소비량이 증가하면서 전체 배출가스가 오히려 증가하는 것으로 나타난다. 기존 엔진시스템에서 엔진용량을 100 kW로 조정하면 하이브리드 자동차와 거의 동등한 배출가스 성능을 나타내지만, 실제로 주행성능을 고려하여 엔진용량은 230 kW로 결정하였으므로, 하이브리드 시스템과 비교하여 많은 배출가스를 발생시키고 있다. 그러나 하이브리드 시스템에서는 FTP주행모드를 만족하는 엔진 용량의 크기가 직렬 하이브리드 시스템에서는 90 kW, 병렬하이브리드 시스템에서는 150 kW로 줄일 수 있으므로 기존의 엔진시스템 보다 배출가스량을 크게 줄일 수 있다.

Fig. 5는 도심버스 주행모드(CBDBUS)에서 직렬 하이브리드 전기자동차, 병렬 하이브리드 전기자동차, 플러그인 직렬 하이브리드 전기자동차, 플러그인 병렬 하이브리드 전기자동차의 각각 시스템 별로 연료경제성을 분석

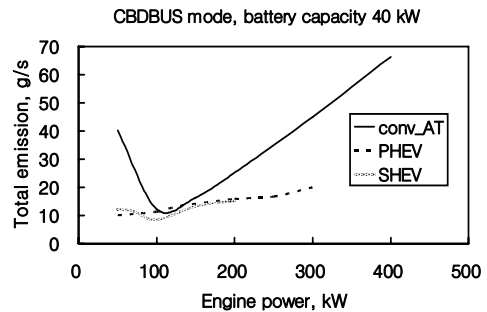


Fig. 4. Comparison of total emission and engine power for different hybrid electric vehicle systems

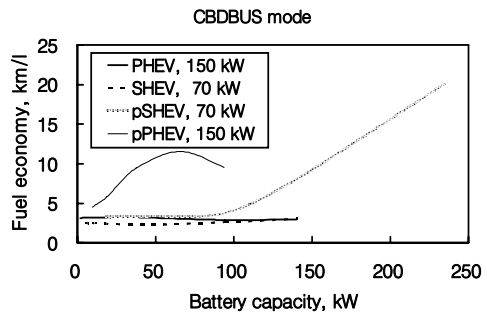


Fig. 5. Comparison of fuel economy and battery energy for different hybrid electric vehicle systems

하였다. 그림에서 도심버스 주행모드(CBDBUS)에서 직렬 하이브리드시스템과 병렬 하이브리드 시스템은 연료경제성 면에서 19.2% 개선된다. 플러그인 하이브리드 시스템의 경우에는 배터리에 저장된 전기에너지를 먼저 이용하므로, 화석연료의 소비는 크게 개선되는데, 플러그인 하이브리드 시스템은 도심버스 주행모드(CBDBUS)를 17사이클 반복하여 주행거리가 50km를 주행할 때의 해석결과이다. 특히 플러그인 병렬 하이브리드 전기자동차의 경우에는 최적의 배터리 용량이 65 kW에서 직렬 하이브리드 시스템보다 76.9% 개칭되며, 배터리 용량이 너무 증가하여도 오히려 배터리 무게 때문에 연료경제성이 나빠진다. 그러나 플러그인 직렬 하이브리드 전기자동차는 배터리 용량이 커질수록 충전된 전기에너지를 사용하고, 화석연료의 사용량이 줄어드는 것을 보여주고 있으며, 배터리 용량이 65 kW일때 연료경제성이 215.4% 개선된다. (Fig. 5에서, 연료경제성(km/l)은 PHEV, SHEV, Plug-in SHEV 와 Plug-in PHEV에서 3.1, 2.6, 4.6, 8.2 km/l을 나타내서 개선율(%)는 19.2, 0, 76.9, 215.4%를 각각 나타내고 있다.)

Fig. 6은 도심버스 주행모드(CBDBUS)에서 각각의 하이브리드 시스템을 사용하는 자동차의 종합 배출가스를 나타내고 있다. 그림에서 직렬하이브리드 시스템이 병렬 하이브리드 시스템보다 연료경제성이 19% 나뉘어도 불구하고 배출가스가 18.7% 저감되는 것을 알 수 있으며, 이것은 직렬 하이브리드 엔진은 최적의 조건에서 운전되며, 병렬 하이브리드 엔진은 부하의 변동에 따라 최적의 운전을 하지 못하고 부하변동을 고려한 운전을 하므로 이와 같은 결과가 나온 것으로 판단된다. 플러그인 하이브리드 시스템은 초기에 배터리에 충전된 전기에너지를 사용하므로 화석연료를 적게 사용하며, 이와 같은 결과로 인하여 플러그인 직렬 하이브리드 시스템은 병렬 하이브리드 시스템과 비교하여 배출가스가 46% 저감되며, 만약 배터리 용량이 증가하면 배출가스량은 지속적으로 감소될 것이다. 플러그인 병렬하이브리드 시스템은 배터리 용량이 증가한다고 배출가스가 지속적으로 감소하는 것은 아니며, 배터리 용량이 65 kw일때 최대 56.8% 저감되는 것으로 나타난다. (Fig. 6에서, 종합배출량(g/km)은 PHEV, SHEV, Plug-in SHEV 와 Plug-in PHEV에서 13.9, 11.3, 7.5, 6 g/km를 나타내서 개선율(%)는 0.0, 16.7, 46.0, 56.8%를 각각 나타내고 있다.)

Table 2는 중형 디젤자동차를 하이브리드 전기자동차로 설계하는데 있어서, FTP 모드 주행을 만족하는 각 시스템 구성제원의 결과이다.

Fig. 7, Fig 8과 Table 3은 각각의 하이브리드 전기자동차 시스템으로 ADVISOR를 이용한 시뮬레이션을 통

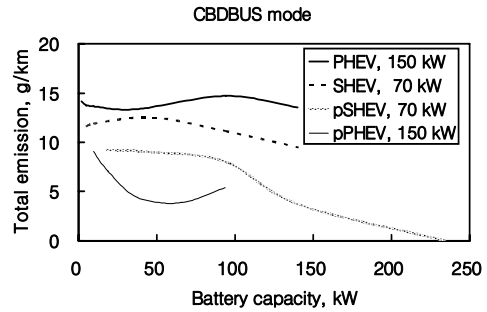


Fig. 6. Comparison of total emission and battery capacity for different hybrid electric vehicle systems.

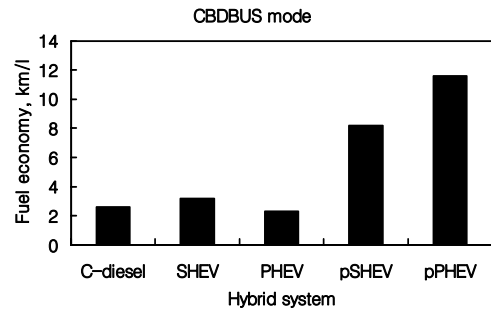


Fig. 7. Comparison of fuel economy and different hybrid electric systems.

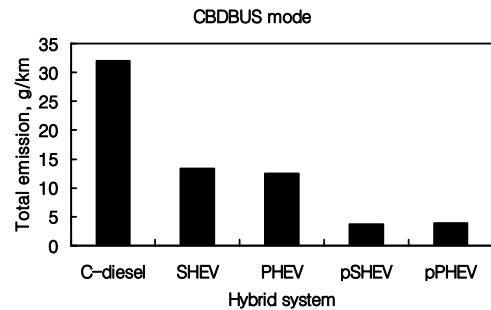


Fig. 8. Comparison of total economy and different hybrid electric systems.

하여 도심버스주행모드(CBDBUS)에서 연료경제성과 배출가스특성을 해석한 결과이다.

4. 결 론

- 1) 기존의 디젤기관을 사용하는 중형밴(7000Kg급)을 하이브리드 전기 자동차로 개발하는데 있어서 직렬 하

Table 2. Summary of component specifications.

CBDBUS mode		Con-Diesel	SHEV	PHEV	Plug-in SHEV	Plug-in PHEV
UCD_Van	Simulated Mass	6512 kg	6787 kg	7312 kg	7327 kg	8082 kg
Engine	TDI	230 kW	75 kW	150 kW	75 kW	150 kW
Energy Storage	NiMH 335V	N/A	40 kWh	40 kWh	65 kWh	65 kWh
Generator	ETA95	N/A	75 kW	N/A	75 kw	N/A
Motor	AC induction	N/A	200 kW	97 kW	200 kW	97 kW

Table 3. Simulation result.

CBDBUS mode		Con-Diesel	SHEV	PHEV	Plug-in SHEV	Plug-in PHEV
UCD_Van	Simulated Mass	6512 kg	6787 kg	7312 kg	7327 kg	8082 kg
Fuel Economy	Km/l	2.6	2.3	3.2	8.2	11.6
			-11%	23%	215%	346%
Total Emission	g/km	32	12.5	13.4	3.7	3.9
			-60%	-58%	-88%	-87%

이브리드, 병렬 하이브리드, 플러그인 직렬 하이브리드, 플러그인 병렬 하이브리드 시스템별로 주행모드에 대한 연료경제성과 배출가스 발생량을 분석한 결과 중형디젤자동차를 하이브리드전기자동차로 설계할 때 도심주행모드를 대상으로 하는 것이 연료경제성과 배출가스 저감에 효과적이다.

- 2) 중형디젤자동차를 직렬 하이브리드전기자동차로 설계하면, 도심주행모드에서 연료경제성은 11% 정도 나빠지지만, 종합배출가스는 60%가 감소한다. 중형디젤자동차를 병렬 하이브리드전기자동차로 설계하면, 도심주행모드에서 연료경제성은 23% 개선되며, 종합배출가스는 58%가 감소한다.
- 3) 중형디젤자동차를 플러그인 직렬 하이브리드전기자동차로 설계하면, 배터리 용량을 65kWh로 하면 도심주행모드에서 연료경제성은 215% 개선되며, 종합배출가스는 88%가 감소한다. 중형디젤자동차를 플러그인 병렬 하이브리드전기자동차로 설계하면, 배터리 용량을 65kWh로 하면 도심주행모드에서 연료경제성은 346% 개선되며, 종합배출가스는 87% 감소한다.

참고문헌

1. S. Park, J. Park and H. Lim, "Experimental Investigation

for Fuel Efficiency and Performance of Diesel Hybrid Electric Vehicle," Proceedings of the KSAE 2006 Fall Conference, pp.1603-1610, 2006.

2. M. Yasuhiro, K. Hideo, I. Hiroki. and O. Takayuki, "Development of New Generation Hybrid System," SAE Paper, No.2004-01-0643, 2004.
3. S. B. Inman, D. C. Haworth and M. E. Gindy, "Integration of WAVE and ADVISOR Simulations for Optimization of a Hybrid Electric Sport Utility Vehicle," SAE Paper No. 2002-01-2856, 2002.
4. B. Klebak, S. Inman and R. Nose, "Design and Development of the 2002 Penn State University Parallel Hybrid Electric Explorer, the Wattmuncher," SAE Paper, No. 2003-01-1258, 2003.
5. S. J. An, K. I. Lee and T. J. Kim, "Performance Analysis According to the Combination of Energy Storage System for Fuel Cell Hybrid Vehicle," Int. J. Automotive Technology, Vol.9, No.1, pp.111-118, 2008.
6. H. S. Ahn, N. S. Lee, C. W. Moon and G. M. Jeong, "Fuel Economy Improvement for Fuel Cell Hybrid Electric Vehicles Using Fuzzy Logic-based Power Distribution Control," Int. J. Automotive Technology, Vol.8, No.5, pp.651-658, 2007.
7. J. Yang, K. Yeom, C. Bae and H. Kim, "Simulation for the Fuel Economy of Parallel Diesel Hybrid Vehicle," Proceedings of the KSAE 2006 Spring Conference, pp.370-375, 2007.