

연료전지 자동차의 에너지 소비, 공해 방출물 및 가격 분석



1. 서론

자동차 산업에서는 유해 방출물을 비롯하여서 이산화탄소를 더욱 저감할 수 있는 청정 및 고효율 자동차의 개발에 더욱 박차를 가하고 있다. 지역뿐만 아니라 세계의 환경 전망을 위한 여러 가지 시스템, 생산품의 전체 사이클과 전체 에너지 운반에 따른 정확한 방법을 선택하고 분석하는 방법은 여러 가지가 있다.

여러 가지의 선택 사항들 중에서 환경적 측면뿐만 아니라 비용문제도 고려하여야 한다. 이를 위한 제품은 기술적인 면뿐만 아니라 실용적 가격도 소비자의 요구를 만족시켜야 한다.

목적에 따라서 서로 다른 해결책이 선택되어진다. 공해 방출물의 측면에서는 다양한 후처리 시스템이 결합된 개량 오토 및 디젤 엔진이 최선의 해결책이 되고 있다. 무공해가 필요한 경우에는 전기 자동차를 선택하여야 한다.

장기 지속성과 연료 공급을 확실하게 하기 위해서는 알코올 연료와 수소 같은 신재생 연료를 사용하여야 한다.

1) 연료전지 자동차(fuel cell vehicle)

연료전지(fuel cell)는 사용 연료에 따라서 무공해 자동차(zero emission vehicle(ZEV)) 또는 거의 무공해 자동차에 가까우므로 수송 분야에서 발생하는 환경 문제에 대한 장기적 해결 방안으로 여겨지고 있다. 연료전지 자동차의 주행 거리와 연료 공급 주기도 기존의 자동차와 비교가 가능한 수준에 도달하였다.

연료전지는 화학 에너지를 전기 에너지로 전환시키는 고효율 발전장치이다. 그러나 연료전지 시스템은 복잡한 주변 시스템으로 구성되어 있으므로 연료전지 전체 시스템의 효과적 성능을 얻기 위해서는 이들 시스템을 최적화 시켜야 한다. 수송 분야에서는 고분자 연료전지(polymer electrolyte membrane fuel cell(PEMFC))가 가장 적당한 것으로 여겨지고 있는데, 이는 고에너지 밀도, 낮은 작동 온도 및 간단하고 안전한 구조로 이루어져 있기 때문이다.

2) 연료

고분자 연료전지에서는 전기화학적 반응을 위

한 연료로 수소를 사용한다. 연료전지 자동차에서 사용하는 수소는 여러 가지 방법으로 공급할 수 있다.

- 탄산수소의 off-board 증기 개질(steam reforming)
- 증유, 석탄, 유기 폐기물 또는 바이오 매스(biomass)의 가스화
- 물의 전기 분해(electrolysis)

수소를 위에서 언급한 어느 한 방법으로 제조하는 경우에는 충전소에서 수소를 공급하기 위한 시설이 설치되어야 한다. 만약 수소를 메탄올이나 기타 탄화수소 연료로부터 개질하는 소형, 중앙 집중식 장치를 이용하여 제조하는 경우에는 이와 같은 시설이 불필요하게 된다. 천연가스 공급 시설이 설치된 경우에는 이 천연가스를 연료로 사용할 수 있다. 메탄올도 수소를 제조하기 위한 또 다른 연료 중의 하나이다. 이러한 목적을 위한 소형 메탄올 개질기(methanol reformer)를 Haldor Topsøe A/S가 개발되었다 [1]. 자동차 내에서 메탄올 또는 기타 탄화수소 연료를 이용하여서 수소를 제조할 수 있다.

구에서는 연료전지의 최고 동력을 75kW로 하고 최고 출력이 41kW인 배터리를 추가로 사용하는 것으로 가정하였다. 배터리는 출력 버퍼(power buffer), 가속시 추가 동력의 공급을 비롯하여 재생 제동력(regenerative braking)에 의한 에너지 충전 역할을 하게 된다. 배터리는 비동력(specific power)이 0.33kW/kg인 고효율로 최적화 시킨 Ni-금속 화합물 배터리(nickel-metal hydride battery)로 설정하였다. 주변 부품들의 중량을 비롯하여, 압축 수소와 메탄올을 사용하는 연료전지 자동차와 장착된 개질기의 총중량을 [표 1]에 나타내었다. 중량은 현재 사용 가능한 부품의 성능을 기준으로 한다.

[표 1] 자동차의 여러 가지 부품들의 중량

	연료전지 (수소)	연료전지 (메탄올)	가솔린 내연기관
엔진 및 변속장치 제외 차량	1130	1130	1130
모터/엔진	65	65	250
변속장치	25	25	70
연료전지	262	262	-
개질기	-	75	-
연료저장용기	50	20	-
배터리	123	123	-
출력전자	30	30	-
압축기 시스템	25	25	-
총중량	1710	1755	1450

2. 시뮬레이션

연료전지 자동차의 연료 소비와 운전 조건을 결정하기 위하여 시뮬레이션 모델을 사용하였다. 모델은 자동차 역학, 전기 동력부의 효율과 손실, 연료전지와 배터리의 효율과 역학적 운전 특성을 고려하였다.

시뮬레이션은 Volvo 850의 5인승 패밀러 자동차에 적용하였다. 연료전지가 장착된 이 자동차의 연료 소비를 93kW 오토 엔진의 경우와 서로 비교하였다. 동일한 최고 동력을 가지도록 하기 위하여, 전기 모터에 입력되는 동력은 모터의 효율이 80%인 경우에 116kW가 되어야 한다. 본 연

3. 결 과

연료 소비는 그림 1과 같이 FTP75 사이클로 시뮬레이션을 실시하였다. 여러 가지 자동차의 에너지 소비량을 계산하여 [그림 2]에 나타내었다.

수소를 사용하는 연료전지 자동차의 에너지 소비는 내연기관을 사용하는 자동차에 비하여 65%만 소비하지만, 메탄올 개질기를 사용하는 내연전지 자동차는 내연기관 자동차에 비하여 수% 정도 만 더 낮다. 본 연구에서 얻은 연료전지와 내연기관의 차이는 문헌에 보고된 것보다 매우 적게 나타났다. 이러한 이유들 중의 하나는 본 연