

연료전지 자동차 구동시스템 개념 설계

이봉도[°], 이원용, 신동열
한국에너지기술연구소 연료전지연구팀

Basic Design of Fuel Cell Powered Vehicles

Bong-do Lee, Won-Yong Lee, Dong-Ryul Shin
Korea Institute of Energy Research

Abstract - Fuel cell systems offer high energy efficiencies for transportation application. In addition, they can use alcohols and alternative fuels as the fuel, while producing little or no noxious emissions. Fuel cell-powered vehicles should be competitive in performance characteristics and in capital and maintenance costs with internal combustion engine vehicles. The objective of the present study is to design a fuel cell-powered passenger car to analyze technical feasibility.

1. 서 론

에너지 절약과 환경 공해 문제 그리고 최근에 부각되고 있는 지구 온난화 문제 등을 해결하기 위해서는 기존 동력 기관인 내연기관의 기술 개선만으로는 한계가 있다. 이러한 이유 때문에 새로운 개념의 동력기관에 대한 기대가 커지고 있다. 따라서 고효율, 저공해 동력장치인 연료전지가 기존의 내연기관의 대체 동력기관으로 주목을 받고 있다. 특히 최근의 환경 공해는 주로 석유 연료의 사용에 의해서 발생되고 있는데, 국내의 공해 발생량 중 차량에서 발생되는 공해량이 전체 공해 발생량의 약 1/2을 차지하고 있어 공해 절감을 위해서는 차량에 의한 공해 발생률 줄이는 것이 매우 시급하고 중요하다.^[1]

본 연구는 연료전지 승용차를 개발하기 위한 기본 설계 기술을 확립하기 위한 것으로써, 연료전지 자동차의 사양과 설계 조건, 연료전지 자동차 시스템 구성을 위한 연료전지 스택, 연료개질기, 축전지 및 전동기 등의 특성을 분석하였다. 이를 바탕으로 승용차용 연료전지 동력 시스템의 개념 설계를 수행하였다.

2. 본 론

2.1 설계 조건

자동차의 구조 설계상 요구되는 용적과 무게의 한도를 벗어나지 않기 위하여 연료전지 동력시스템은 반드시 높은 용적과 질량 밀도를 가져야 한다. 현재 개발중인 고분자 전해질 연료전지의 동력 밀도는 약 100~145W/kg 정도이며, 개발 가능한 고분자전해질 연료전지의 질량 동력 밀도는 350W/kg에서 최고 800W/kg 까지도 예상되고 있다. 주어진 기준 승용차에서 최대로 허용 가능한 동력기관의 무게를 350kg으로 고려할 경우에는 기술 개선에 의하여 주어진 범위에서 운전 동력을 얻을 수 있다. 질량 동력 밀도와 더불어 체적 동력 밀도도 중요한데, 승용차의 경우에는 최대 350 l 이하가 요구된다. 현재 개발중인 고분자전해질 연료전지는 용적 동력 밀도가 150~250W/l로 실제 자동차에서 요구되는 부피를 어느 정도 만족하고 있다. 실제 기존 자동차의 구조적 디자인에 부합되기 위해서는 동력 밀도가 각각 130W/l과 130W/kg 이상이 되어야 하는데 이는 현재 개발중인 기술에 의하여 도달될 수 있는 값이다.^[2]

연료전지 승용차에서 가장 중요한 요구 사항은 계속 변하는 부하 상태에 필요한 동력을 공급하는 기능이다. 운전 계획에 따라 심하게 변하는 가속도와 속력에 대해 수초 정도의 지연 시간만을 요구한다. 보통 소형 승용차를 위해 요구되는 최대출력은 45kW 정도로, 이 조건에서 연료전지의 최대 출력을 설정하여야 한다. 일반적으로 소형 승용차에서 70km/h의 경제 속도로 운전할 때 평균 출력은 약 30HP이다. 또한 부하 속도 변화에 따른 추종 능력과 축전지 축전 능력을 고려하면 승용차용 연료전지가 부담해야 할 출력 용량은 약 30kW를 요구한다. 따라서 축전지는 약 15kW의 용량을 필요로 한다.

자동차용으로 연료전지가 사용되기 위해서는 동력 밀도 및 동적 성능 이외에도 비용, 시동특성, 공회

전/대기상태, 내진성 및 내 가속성, 수명, 안정성, 작동 온도 등의 제반 요구조건을 만족하는 자동차를 설계하여야 한다.

2.2 승용차용 연료전지 구동 장치 개념 설계

연료전지는 축전지와 연계하여 자동차의 모든 종류의 운전 모드에 관계없이 부하 부담을 최적으로 수행할 수 있도록 설계하여야 한다. 연료전지의 활성 면적과 셀 수가 실제 주행시 축전지의 용량과 충전 상태에 미치는 효과를 분석하여 연료전지의 제원을 결정한다^[3]. 분석된 연료전지 및 전기자동차의 기술 수준을 바탕으로 승용차를 위한 연료전지 동력시스템의 설계 목표를 정리한 것이 <표 1>이다. 제 1 안은 이미 기술이 확립된 연료전지 자동차의 수준에 의한 설계 요구조건이며, 제 2 안은 97년 정도에 도달이 가능한 고분자전해질 연료전지 기술 수준에 의해 수소를 연료로 한 연료전지 시스템에 대한 목표값이며, 제 3 안은 기술 개발에 의해 3년내에 도달이 가능한 개질기/스택, 종합화 기술 등을 바탕으로 연료전지/축전지 하이브리드 시스템으로 설정한 설계 제안이다.

<표 1> 연료전지 동력원 설계 제안

조건	1 안	2 안	3 안
연료전지 종류	PEMFC	PEMFC	PEMFC
연료전지 정격용량	20 kW급	30 kW급	정격 30kW
연료 종류	압축수소 (14,000scf)	액체 수소	천연가스, 메탄올
운행거리	350 km	400-500 km	2안 기준
정격 속도	70 km	100 KPH	2안 기준
최고속도	100 KPH	130 KPH	2안 기준
탑승인원	2 명	2 명	4 명

2.2.1 연료 전지 설계

앞의 승용차 설계 요구조건의 부하 성능과 연료전지 기술 수준을 고려하여 승용차용 연료전자는 30 kW급을 기준으로 설계하였다. 연료전지를 설계하기 위하여 2가지 특성을 이용하였다. 하나는 연료전지의 성능을 나타내는 전류-전압 특성을 이용하였으며, 검증을 위하여 연료전지의 동력밀도를 이용하였다. [그림 1]은 활성면적과 단위셀 높이를 바탕으로 하여 구한 동력밀도를 나타낸 것으로 현재의 기술 수준을 바탕으로 도달 가능한 목표를 설정하였다.^{[4][5]} 현재 개발중인 연료전지의 평균 성능을 기본으로 하여 현재의 최고수준(선택 1) 및 목표값(선택 2)을 기준으로 연료전지 동력장치를 설계한 결과값을 정리한 것

이 <표 2>이다.

<표 2> 승용차용 연료전지 설계 기준

연료전지	기본	선택 1	선택 2
종류	PEMFC	PEMFC	PEMFC
활성면적(cm ²)	780	780	530
최대전류밀도(mA/cm ²)	450	800	800
셀 전압(Volt)	0.67	0.65	0.67
셀 수	128	74	105
정격출력(kW)	30	30	30
크기(mm)	2×500× 300×300	650× 300×300	550×250 ×250
무게(kg)	220	65	40

2.2.2 승용차 설계 제원

이상의 분석 결과에 의한 고분자 연료전지 승용차의 설계 제원은 <표 3>과 같다. <표 1>의 연료전지 설계 제안의 제 3 안에 의한 승용차의 전체적인 개념 설계도는 [그림 2]와 같다.

<표 3> 전체적인 승용차용 연료전지 시스템의 제원

연료전지	종류	PEMFC
	활성면적(cm ²)	530
	최대전류밀도(mA/cm ²)	800
	셀 전압(Volt)	0.67
	셀 수	105
	정격출력(kW)	30
	크기(mm)	550×250×250
전동기	무게(kg)	40
	종류	직류전동기
	크기(mm)	23 l (L360×D300)
개질기	무게(kg)	75
	종류	메탄올수증기개질기
	크기(mm)	21 l (L340×D280)
축전지	무게(kg)	60
	종류	Non-sintered Ni-Cd
	전지셀수	60
	용량(Ah)	200
	에너지(kWh)	16
	크기(mm)	184W×600L×248H
	무게(kg)	160

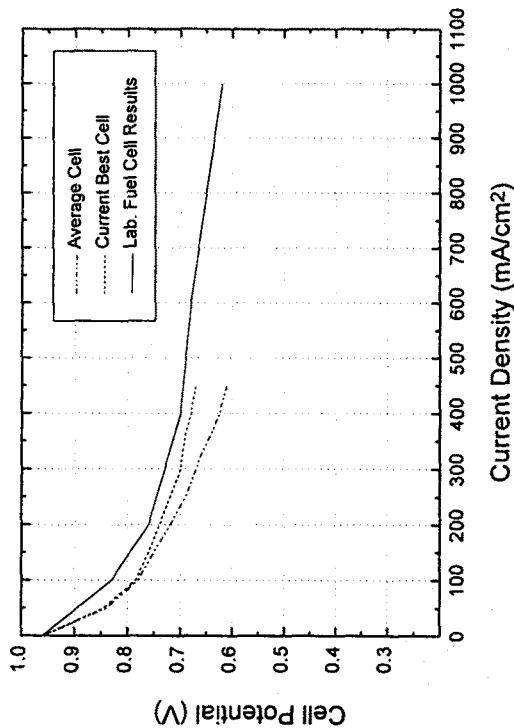
3. 결론

승용차에 연료전지를 동력원으로 이용할 경우에 연료 효율 향상 및 공해 저감의 측면에서 아주 우수한 효과를 얻을 수 있으며, 알콜과 가스 등의 대체연료를 사용함으로써 석유 대체 및 절약에 기여할 수 있다. 연료전지 자동차 및 전기자동차 기술의 분석을 통하여 유사 기술의 상호 보완 가능성을 확인할 수 있었으며, 또한 연료전지 자동차의 설계 요구 조건 분석 및 현재 수준에 의해 설계 가능한 차종을 선정할 수 있었다. 이를 바탕으로 본 연구에서는 연료전지 자동차 엔진 구성을 위한 주요 구성품인 연료전지 본체, 개질기, 연료 저장시스템, 축전지, 그리고 전동기 등에 대한 특성 분석 및 개념 설계를 수행하였다.

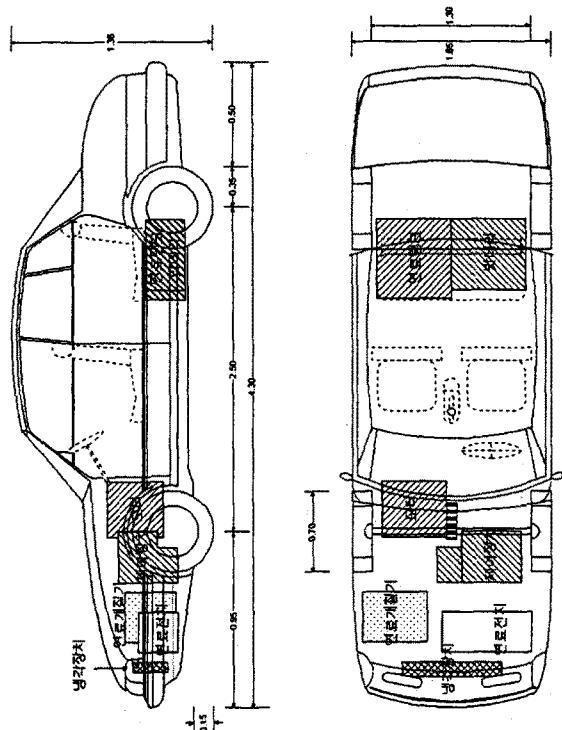
개념 설계를 통해 현재 개발중인 기술 수준에 의해 고분자전해질 연료전지 구동 승용차의 설계가 가능한 것을 알 수 있었다.

(참 고 문 현)

- [1] '94년 에너지 사용 실적 분석, 통산산업부 에너지 관리공단, 1995
- [2] P. Lehman, and F. Barbir, Design and performance of a proto-type fuel cell powered vehicle, Fuel Cell Seminar Program and Abstracts, courtesy associates, inc. pp 567, 1996
- [3] D. H. Swan, B.E. Dickinson, and M.P. Arikara, Proton Exchange Membrane fuel cell characterization for electric vehicle applications. Advancements in electric and hybrid electric vehicle technology, pp 19, Feb., 1994
- [4] E. Grecksch, A. Hammerschmidt, and T. Moser, PEM fuel cells development and commercialisation. Commercializing fuel cell vehicles list of attendees, intertech conferences, 1996
- [5] R. Pow, M. reindl, and W. Tillmetz, High power density PEM fuel cell stack development for automotive applications, Fuel Cell Seminar Program and Abstracts, courtesy associates, inc. pp 276, 1996



[그림 1] 고분자 전해질 연료전지 동력 밀도 분포



[그림 2] 연료전지 승용차 개념 설계도