

고분자 전해질 연료전지 스쿠터 모니터링 시스템 개발

김대홍, 김준영, 박규남, 박권필, 정희범, 송명현
순천대학교

Development of Monitoring System for Proton Exchange Membrane Fuel Cell Driven Scooter

Dae-hong Kim, Jun-young Kim, Kyu-nam Park, Kwon-pil Park, Hoi-bum Chung, Myung-hyun Song
Sunchon National University

Abstract - A 1.2KW Proton Exchange Membrane Fuel Cell(PEMFC) stack(Nexa Power Module) is installed to motor driven general scooter. The 24V, 650W BLDC motor is used for actuator and 2nd battery(24V, 4Ah) is used for stable starting of this motor. The operating information of Nexa Power Module is transmitted by RS-232 serial communication to notebook PC, and that data is analysed and displayed by the LabVIEW monitoring system.

1. 서 론

시장분석 보고서에 의하면, 유럽시장은 2륜 스쿠터를 연간 2백만대 생산하고 있으며, 아시아는 소형 내연기관의 배출물이 심각한 환경문제를 야기하고 있다고 한다.

Palcan Fuel Cells는 소형 교통수단에 대한 요구를 충족시키기 위해 자사의 2kw 연료전지 시스템을 이용해 특수하게 설계된 연료전지 스쿠터를 개발했다. Palcan 고유의 연료전지는 금속 수소화물 수소저장 기술을 이용해 스쿠터의 동력원으로 사용한다[1].

삼성 엔지니어링(주)은 과학기술부 수소 에너지 개발 사업단의 지원을 받아 한국과학기술연구원과 연구해 수소 저장기술을 개발, 이를 스쿠터에 적용해 시험 운전한 결과 Gliter의 수소 연료로 140km를 주행하는데 성공했다고 2004년 11월에 발표했다. 삼성 엔지니어링은 기존의 Ni-Cd 전지에 비해 연료 주입시간(5분)이 짧고 주행거리도 3배 이상 확대됐다고 했다. 그러나 이 기술의 재료로 사용되는 붕사는 전 세계적으로 매장량이 3억 톤에 불과하고 생산지도 티베트 등에 한정돼 있는 데다 현재 수소 연료로 사용되는 NaBH₄의 연간 생산량은 1만 톤에 그쳐 kg당 가격이 5만원으로 석유에 비해 5배 정도 비싼 편이다. 이에 따라 연료로 사용된 후 남은 붕사를 재생하는 기술개발을 통해 가격을 낮춰 경제성을 확보하는 것이 문제로 남아 있다.

혼다는 2004년 수소를 직접 공급하는 방식을 세계에서 처음으로 채용한 배기량 125CC의 스쿠터를 개발하였다. 차체 중앙부에 연료전지 시스템을 탑재하여 같은 배기량의 통상 스쿠터와 거의 같은 사이즈로 만들었다. 연료전지 시스템의 소형화와 경량화 향상거리 연장이 향후 과제라 하였다.

2003년 7월, 야마하 모터는 50CC 스쿠터를 개발했다. 동 모델은 수소대신 메탄올을 사용하는 연료전지를 사용한 것이었다. 연료전지 시스템은 금속 분리기와 두 개의 35MPa 고압 수소탱크, 보조전지인 리튬이온 등으로 구성되었다. 차체의 크기를 줄이기 위해 초박형 DC모터와 컨트롤러, 트랜스미션이

뒷바퀴 축 부분에 조밀하게 모여 있다. 바퀴의 축 부분은 스쿠터 자체의 뒷부분과 통합되어 있다[2].

대만의 Asia Pacific Fuel Cell Technologies 사는 2007년에 연료전지 스쿠터를 상업용으로 생산하겠다고 밝힌바 있다. 2007년 1월부터 3월까지 3개월간 연료전지 스쿠터 40대를 이용해 대만 국내에서 실증주행시험을 실시한다고 하였다. 이 회사는 연료전지스쿠터 시스템 개발에 약 1천만 달러를 투자하고 현재 5세대 모델개발에 치중하고 있다고 한다. APFCT사의 연료전지 스쿠터는 수소흡장합금용기를 탑재하고 있으며 이 용기는 일본제강소가 공급하고 있다. 이 회사의 연료전지 스쿠터는 안전성이 높고 주행 코스트가 휘발유 스쿠터의 절반 정도라고 한다[3].

현재까지 기술의 문제점을 정리하면 다음과 같다.

연료전지시스템의 소형화 경량화 - 차량의 효율(연비)을 높이고 디자인을 위해서는 연료전지의 무게 감소와 소형화가 필요하다. 특히 소형 수송용 장비에는 연료전지뿐 만 아니라 다른 부품들도 소형화가 이뤄져야 하는데 아직 연구개발이 부족한 상태다.

수소 저장 및 공급방법 - 안전한 수소의 저장방법과 1회 충전량이 충분한 수소저장 및 공급방법은 상용화에 있어 제일 먼저 넘어야 할 장애물이다. 여러 수소 저장방법이 스쿠터에 적용되었는데 아직 미비한 상태로 700-800bar 압축 수소저장방법이 개발되면 이를 소형 수송 장비에 적용하면 제일 적합할 것으로 보인다.

가격 및 내구성 - 현재 가격보다 1/10 이하로 가격이 감소해야 한다. 대량생산되면 자연히 가격이 감소하는 효과가 있겠지만 조기 상용화를 위해서는 재료 및 기술개발에 의한 저가 생산이 시급하다. 정치형에 비해 수송용 연료전지는 수명이 짧다. 승용차용 PEMFC 수명목표가 5,000시간인데 우리나라는 현재 약 2,000시간 정도의 기술 수준이다.

연료전지제어기 및 모니터링장치 - 현재 본격적으로 연료전지 제어기 연구가 시작되었으나 실용적인 결과는 발표되지 않고 있으며 모니터링시스템도 아직 발표되지 않았다[4-5].

따라서 본 연구에서는 압축수소를 이용하여 1.2 kw PEMFC 구동 소형 스쿠터의 시작품을 제작하고 최고속도 40 km/h, 40 km 주행, 0 -40 km/h 10초 도달을 목표로 한 스쿠터의 모니터링 시스템을 개발하였다.

2. 본 론

1.2 Kw 출력인 스택을 이용하고 650W 전동 스쿠터를 개조해서 연료전지 스쿠터를 제작하였다. 배터리 구동 전동스쿠터에 쓰였던 차체, 모터 컨트롤러, 모터중폭기, 경보기, 방향지시기, 전조등은 그대로 사용하였으며 제작에 사용한 연료전지 스택의 규격은 표1과 같다[6].

Table 1. Characteristic data of the fuel cell stack

출력	제품 정격출력	1200W
	제품 작동전압범위	22V에서 50V
	제품 정격출력에서 전압	26V
	냉시동 조건에서 정격출력까지 이르는 시간	2분
방출	(1m에서 방출되는) 최고소음	72dBA
	물	870 ml/hr
물리 적	치수(L * W * H)	56 * 25 * 33cm
	전체질량	13Kg
수 명	최저 작동시간	1500 시간
	최저 수명주기	500 회
	최저 저장시간(비작동시)	2 년
	최저 수용 농도	99.99% H ₂ (Vol)
연료	흡입구에서의 허용압력 범위	70-1720 kPA(g)
	최대 허용 불순물양	0.01%(vol)
	최대 화합된 CO와 CO ₂ 양	2 ppm(vol)
	최대 전체 CH ₄ 양	1 ppm(vol)
	최대 산소양	500 ppm(vol)
	정격출력에서 최대 연료소모양	18.5 SLPM 이하
출력 조건	최대 허용전류파장(120 Hz)	24.7% RMS 35%
DC 전력공 급장치 작동환경	입력 전압허용범위	18V ~ 30V
	시동시 최고 산출전력	60 W
	허용가능한 대기, 냉각공기, 공기산화제 온도	3t ~ 40t

연료전지는 시동 후 50분간 테스트를 하였으며 그 결과를 그림1에 나타냈다. 연료전지 스쿠터의 테스트에서 스택 전압은 27V-38V, 전류는 5A-45A, 온도는 27-60℃, 출력은 250-1250W사이 값을 보였다. 온도의 경우에는 연료전지 스택 보호케이스를 벗기고 시험하였다.

PEMFC 스쿠터에 사용한 구동용 전동기는 DC 24V용 650W BLDC 전동기를 사용하였으며 스쿠터와 연료전지 규격을 표2에 보였다.

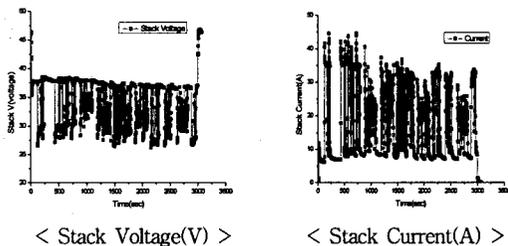


Figure 1. Fuel Cell Stack test data

Table 2. Feature of the PEMFC scooter

Vehicle	Dimensions, L/W/H	1320/660/1140mm
	Weight	170kg
	Max. weight	150kg
Performance	Average cruising speed	20km/h
	Maximum speed	30km
	Start-up/Shut-off time	10-30/45sec
	Emission	Pure H ₂ O
	Noise	72dB at 1m
	Safety	No accident
Drive	Dimensions, L/W/H	560/250/330mm
Drive motor	Type	650w DC Brushless Motor
	Maximum power	650w
	Maximum torque	2050rpm
Fuel cell	Type	PEMFC
	Rate power/voltage	1.2kW/0.6V/cell
Hydrogen storage device	Type	High pressure gaseous hydrogen cylinders (>99.99%)
	Dimensions, diameter/height	140/400mm
	Hydrogen storage capacity/pressure	3.4L/130bar

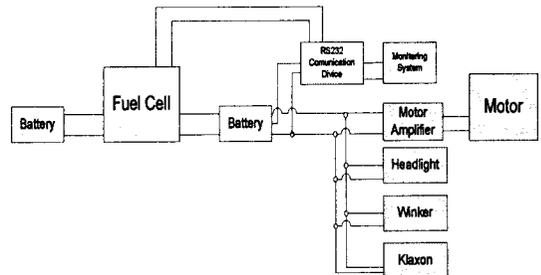


Figure 2. Constitution circuit diagram of the Fuel Cell scooter

그림 2에 연료전지 스쿠터의 회로 구성도를 보였다. 첫 번째 배터리는 다른 연료전지 시스템과 마찬가지로 스택을 Start하기 위한 전원을 공급하기 위한 것이며 두 번째 배터리는 고분자 전해질 연료전지 특유의 전압변화를 전동 모터에 맞춰주기 위하여 설치하였다. 즉, 스택 전류 변화에 따라 전압이 44V에서 22V까지 변하므로 스쿠터 전용 모터 전압에 맞추어 주며 연료전지 초기 기동시 전동기 기동전류를 공급해준다.

그림 3은 LabVIEW로 구성된 스쿠터 모니터링 시스템의 블록다이어그램이다[7] 직렬통신을 통하여 전송 받은 데이터는 패킷으로 전송되는데 패킷의 구성은 'CO'로 시작하여 'CO'로 끝나게 되어 있어 패킷의 데이터수를 확인하여 통신오류 여부를 확인하고, 문자열을 2진수로 변환하고 IEEE 754 부동소수 변환에 의하여 데이터를 변환하고 모니터링 화면에 뿌려주게 된다.

그림 4는 LabVIEW로 구성된 스쿠터 모니터링 시스템

