

소형/고효율 고분자전해질 연료공급모듈용 Air Blower 개발에 관한 연구

최준혁, 정인성, 김주한, 서정무, 허진, 성하경  
전자부품연구원 지능메카트로닉스연구센터

Study on Air Blower for Air Management System

J.H. Choi, I.S. Jung, J.H. Kim, J.M. Seo, J. Hur, H.G. Sung  
Korea Electronics Technology Institute(KETI)

**Abstract** - Air Management System is composed by Pump, Fan, Compressor and Blower. In general their performances depend on the capability of the motor, power converter device and controller. Especially, it should be noticed upon designing Air Management System using for Fuel Cell System, that Pump, Fan, Compressor and Blower satisfy the condition of the high performance, high efficiency, high density and reasonable price considering the safety and Economic Efficiency. In order for this, it should be studied that which kind of Motor is the most suited for Air Management System for Fuel Cell, such as Induction Motor, Brushless DC Motor, and Switched Reluctance Motor which is widely using in industry.

This paper presents the designing and manufacturing of Outer Rotor Type BLDC Motor and Driver for Air Blower of Air Management System. Experimental results from a laboratory prototype are presented to validate the feasibility of the proposed Air Blower Motor and Driver.

1. 서 론

최근 태양광, 풍력, 수력, 지열, 조력, 연료전지 등의 신 재생에너지원에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이 중 수소와 산소의 화학적 반응에 의해 전기를 발생하는 연료전지 (Fuel Cell)는 기존의 화학에너지로부터 전기에너지를 얻기 위해 필요한 다단계의 변환과정을 거치지 않고 화학에너지로부터 직접 전기에너지를 얻을 수 있는 특성에 의해 기존의 발전방식에서 발생하는 손실을 제거할 수가 있다는 장점과 화학반응과정에서 발생하는 폐열을 이용하여 열병합발전 (Combined Heat Power: CHP)을 부수적으로 할 수 있어 80%이상의 고효율 출력을 발생하는 시스템으로 인식이 되고 있다. 그림 1에서 보듯이 연료전지 발전시스템은 크게 연료전지 Stack 부분과 연료전지에 수소 및 산소를 공급하는 연료공급모듈(Air Management System) 및 연료전지에서 발생된 저전압의 DC전압을 수요자가 필요한 형태의 다양한 크기와 주파수를 갖는 DC 및 AC전원으로 변환시키는 전력변환장치 시스템 (Power Conditioning System: PCS)으로 구성이 된다.

이 중에서 산소 및 수소를 연료전지에 공급하는 Air Management System은 주로 Pump, Fan, Compressor 및 Blower등으로 구성이 되고 연료전지의 출력특성을 일차적으로 결정하는 역할을 하는 중요한 부분으로 고성능 Air Management System의 개발은 전체 연료전지 시스템을 위해서는 우선적으로 선행 되어야만 하는 중요성을 지닌다. 특히 연료전지 시스템의 고효율성과 경제성이 현재 연료전지 상용화를 위해서 반드시 해결해야 하는 문제점으로 대두되고 있는 가운데 Pump, Fan, Compressor 및 Blower는

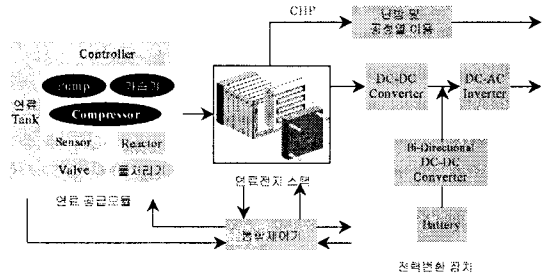


그림 1. 연료전지 발전시스템 구성도

전력을 적게 소비하고, 출력을 많이 발생하도록, 즉 소형 고출력화의 저가특성을 갖도록 설계 및 제작되어야만 한다. 본 연구에서는 고효율 Air Management System을 위한 연료전지 Stack과 연계된 Air Management System의 Air Blower용 외전형 BLDC모터 및 드라이브를 설계/제작하여 타당성을 검증하였다.

2. 본 론

2.1 연료공급모듈용 블로워모터의 설계 [1-2]

본 연구에서는 소형/고효율 연료공급모듈용 블로워모터로 외전형 BLDC 타입으로 선정하여 표 1과 같은 사양으로 개발을 하였다.

[표 1] 개발한 외전형 BLDC모터의 사양

항 목	Spec.	단 위
정격 전압	24	VDC
정격 출력	40	W
정격 토크	0.7	kgfcm
정격 회전속도	5,500	rpm
슬롯수	9	slots
극수	12	poles

FEM을 이용하여 설계를 수행하여, 아래 그림 2,3,4와 같은 결과를 얻었으며, 회전자 요크의 경우 실제 마그네트를 polar 착자시에는 포화 될 염려가 없음을 확인하였다. 또한, 모터 회전속도가 6,000rpm일 경우 선간역기전력의 크기가 22Vpk로 해석되어 24V일 경우 무부하 회전수가 6,500rpm임을 예측하였다.

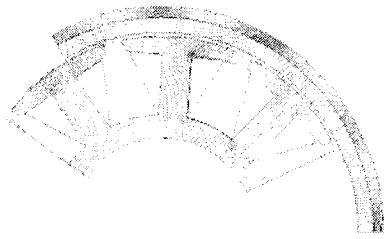


그림 2. 자속선도

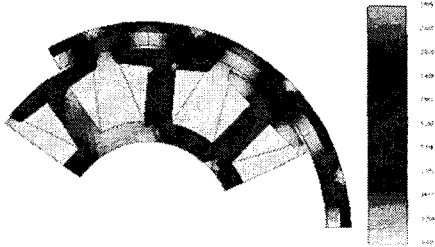


그림 3. 자속밀도 분포도

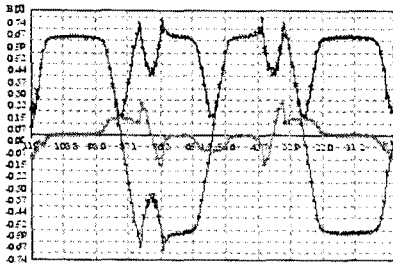


그림 4. 공극 자속 밀도 분포도

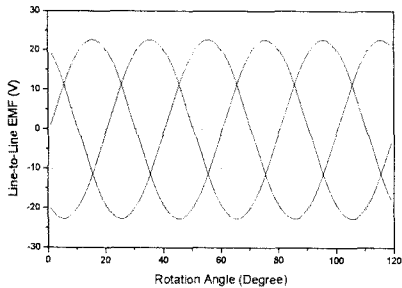


그림 5. 선간 역기전력(6,000rpm)

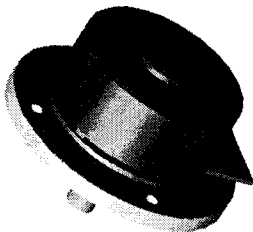


그림 6. 설계된 외전형 BLDC 모터 설계 모형도

## 2.2 블로워모터 드라이버의 설계[3-6]

3상 외전형 BLDC모터의 구조를 살펴보면 회전자 위치를 검출하기 위한 홀센서는 120° 간격으로 부착을 하고 그 신호를 로직회로의 입력으로 받아들인다. 그리고 그 신호에 동기 맞추어서 드라이버 회로에 있는 6개의 스위칭 소자에 입력신호로 주어 모터의 A, B, C(U, V, W)상에 전류를 흘림으로써 모터를 회전시키게 된다. 로직회로에서는 3개의 홀센서 신호를 받아서 6개의 구동 신호를 주는 역할을 하게 되는데 제어 신호(정·역회전, 속도)에 따른 구동로직을 가지게 된다.

개발된 3상 외전형 BLDC모터의 구동부의 사양을 아래에 나타내었다.

- Operating Voltage : 24VDC
- Continuous Current : 3A
- Motor Drive Frequency : 20kHz
- 속도제어전압 : 0-4VDC

본 연구에서는 3상 BLDC 모터의 구동을 위해서 전용 IC를 사용하였다. 최근에는 BLDC모터의 수요가 증가되면서 많은 전용 IC가 출시되고 있는데 목적 및 가격에 맞는 칩을 선택하여 사용하면 이상적이다. 본 연구에서는 구동로직을 발생시켜주는 컨트롤칩으로 Allegro사의 A3938을 사용하였고, 스위칭 소자는 IR사의 IRRF024N을 사용하였다. 본 소자들은 50V까지 이용할 수 있도록 설계되었으며, 전압의 스파크 등을 고려할 때 24V급까지 안전하게 이용할 수 있다. 또한 전류를 최대 14 [A]까지 흘릴 수 있기 때문에 본 개발에서 목표로 하는 정격 전류치 및 기동/과부하시의 전류에서도 안정한 작동을 할 수 있다. A3938은 외부의 PWM을 이용하여 속도제어가 가능하며, 상위제어기에서 아날로그전압을 입력받아 PWM발생기에서 삼각파와 비교하여 출력된 PWM 신호를 A3938에 입력시켜 속도를 제어할 수 있게 하였다. 또한 과전류 방지회로부도 내장되어 있어 간단한 외부회로를 이용하여 과전류 방지기능을 구현하였다.

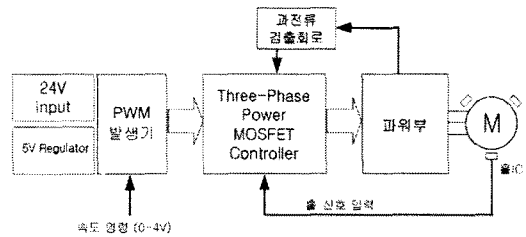


그림 7. 드라이버 구성도

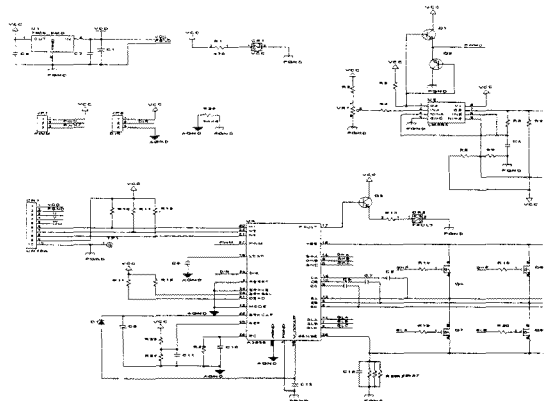


그림 8. 회로도

그림 9는 모터 한상의 전류를 측정한 파형으로 120도 통전이 잘 이루어짐을 알 수 있다. 나머지 두 상의 전류를 측정하여 3상 구형과 구동이 잘 이루어짐을 확인하였다.

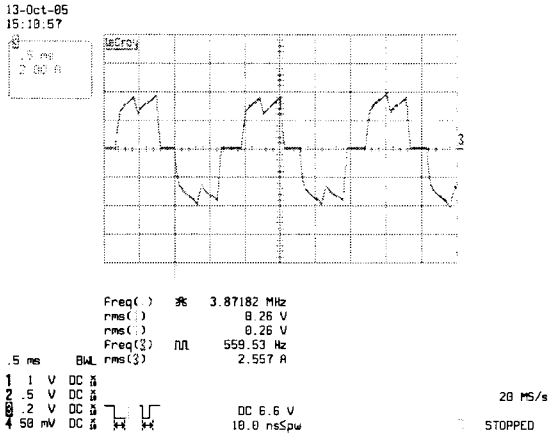


그림 9. 모터의 상전류 측정 파형

그림 10은 개발된 외전형 BLDC 모터의 역기전력을 측정한 파형이다. 설계치와 비교적 잘 일치함을 알 수 있다.

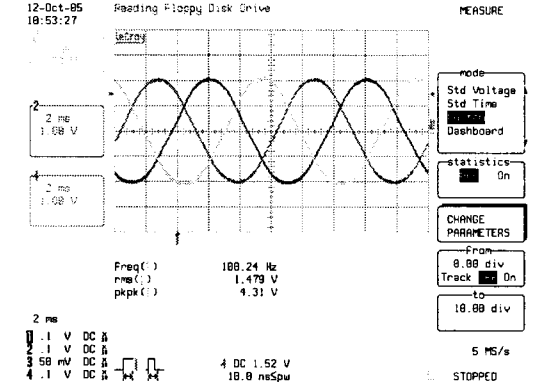


그림 10. 개발된 모터의 역기전압

본 연구개발을 통하여 개발된 소형 BLDC 모터의 성능평가는 일본 SUGAWARA사의 Torque Meter를 사용하여 모터의 N-T-I 측정 결과를 그림 10에 나타내었다.

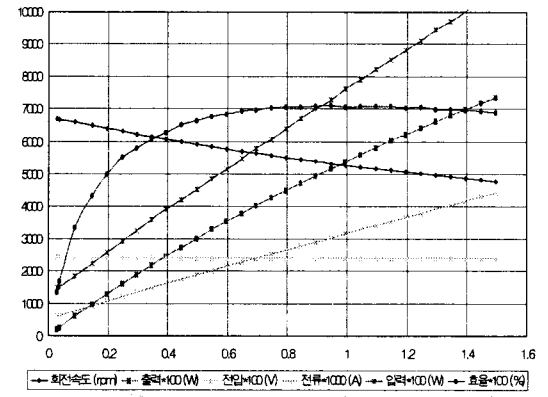


그림 11. N-T-I 측정결과

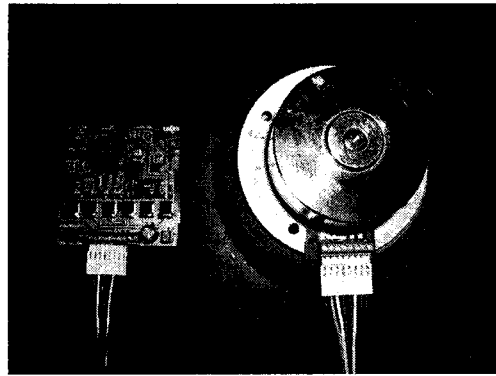


그림 12. 개발된 모터 및 드라이브

### 3. 결 론

Blower 설계 시 주로 고려되는 설계변수는 출력, 입력전압 및 출력전류, 최대 속도, 속도 가변속 범위, 최대 출력토크 및 Torque Ripple 등이다. 이러한 설계변수들이 연료전지 Air Management System용 Blower를 설계 할 때도 기본적으로 고려되어야만 하지만 이들 설계변수들 역시 연료전지의 화학적 동특성과 운전조건에 의해 종속되기 때문에 이를 고려한 정량적인 설계변수 선정에 대한 많은 자료조사와 연구가 필요할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 고효율 Air Management System을 위한 연료전지 Stack과 연계된 Air Management System의 Air Blower용 외전형 BLDC모터 및 드라이브를 설계/제작하여 실험을 통해 타당성을 검증하였다. 향후 외전형 모터의 최적화 연구 및 정현파 구동방식 드라이브의 개발을 통해 저소음 연구를 지속적으로 수행할 예정이다.

### 감사의 글

본 연구는 산업자원부에서 지원하는 에너지·자원기술개발 사업에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

### [참 고 문 헌]

- [1] J. Hur and et al, "Comparison of Irreversible Demagnetization Characteristics by Rotor structure in Permanent Magnet type Brushless DC Motors," (Under the review for publication of *IEEE Trans. on Magnetics*)
- [2] J. Hur and et al, "Analysis of Irreversible Magnet Demagnetization in Line-Start Motors based on Finite Element Method", *IEEE Trans. on Magnetic*. Vol. 39, No. 3, pp. 1488-1491, May 2003
- [3] T.J.E. Miller, and Hendershot, Design of Brushless Permanent-Magnet Motors, Magna Physics publishing and Clarendon Press, Oxford, 1994
- [4] Richard Valentine, Motor Control Electronics Handbook, McGraw-Hill Companies, Inc., 1998
- [5] "Three-Phase Power MOSFET Controller : A3938." Allegro, 26301.104B, 2002
- [6] R. Krishnan, "Electric Motor Drives." Prentice Hall, Inc. 2001