

# 고분자 전해질막 연료전지의 무인항공기 탑재화 연구

김진철\* · 김성욱\*\* · 김동민\*\* · 김태규†

## Study on Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell for UAV Applications

Jincheol Kim\* · Sung Uk Kim\*\* · Dong Min Kim\*\* · Taegyu Kim\*†

### ABSTRACT

The optimization and integration of a fuel cell were performed to improve the performance and reliability of the fuel cell in this paper. To improve the performance of the PEMFC, current and voltage of the fuel cell were measured using an electrical load, and the results was compared and analyzed with the data of a commercial fuel cell. Based on the above results, a controller for a fuel cell UAV applications was designed, and the fuel cell control algorithm was developed to optimize the performance of the fuel cell UAV.

### 초 록

본 논문에서는 연료전지의 성능향상 및 신뢰성 확보를 위한 연료전지 최적화 및 탑재화 연구를 수행하였다. 고분자 전해질막 연료전지의 성능 향상을 위한 실험은 연료전지에 부하를 걸어 발생하는 전류와 전압을 측정하여, 상용 연료전지 데이터와 비교 분석하였다. 이를 바탕으로 무인항공기 연료전지 탑재상태에서의 최적화를 위한 제어기를 제작하고, 제어 알고리즘 구성을 통해 연료전지를 탑재한 무인항공기의 최적의 성능유지를 위한 연구를 수행하였다.

Key Words: Fuel Cell(연료전지), PEMFC(고분자 전해질막 연료전지), Optimization(최적화)

### 1. 서 론

연료전지는 화학적 에너지를 전기적 에너지로 직접 변환시키는 에너지 전환 장치로써, 1839년 영국의 물리학자 William Grove 에 의해 처음 소개되었다. 하지만 당시에는 인프라가 잘 구축

이 되어 있는 화석연료로 인해 크게 주목받지 못했다.

하지만 최근 중동지역의 정치적 문제에 따른 유가 불안정과 화석 연료 고갈의 위기로 그리고 화석연료가 지구온난화의 직접적인 원인으로 꼽히는 등의 문제로 인하여 친환경적인 대체 에너지에 대한 관심이 다시 급증하게 되었다.

이러한 이유로 연료전지가 다시금 관심을 받기 시작하게 되었는데, 연료전지는 수소를 연료

\* 조선대학교 항공우주공학과

\*\* 한국항공우주연구원 차세대항행팀

† 교신저자, E-mail: taegyu@chosun.ac.kr

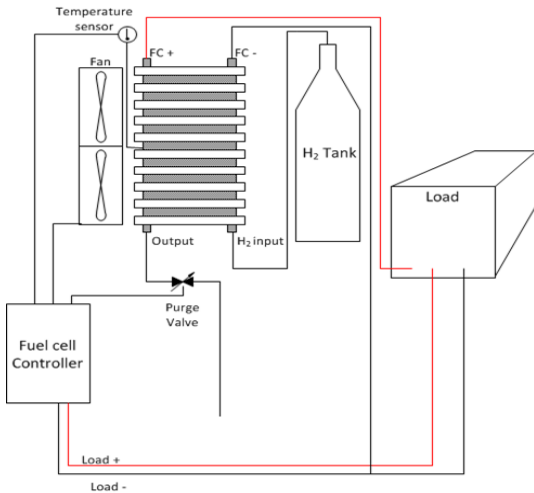


Fig. 1 Schematic of the PEMFC test system

로 사용하기 때문에 결과물로 물을 생성하여 친환경적이고 에너지 전환 시 중간 과정을 거치지 않기 때문에 기존의 에너지 전환 시스템에 비해 높은 에너지 효율을 가지게 된다. 또한 수소는 우주질량의 75%를 차지할 정도로 풍부하기 때문에 최근에 활발한 연구가 진행 중이다.

최근 다양한 연료전지의 연구 개발이 이뤄지고 있는데, 특히 고분자 전해질 연료전지 (PEMFC, Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell) 시스템은 다른 연료전지 시스템과 비교하여 비교적 저온(100°C 이하)에서 작동하며 구조적으로 단순하고 내구성이 우수하다. 또한, 연료전지 시동에 걸리는 시간이 짧고 부하에 대한 반응이 빠르다[1].

이러한 특성으로 말미암아 고분자 전해질 연료전지는 다양한 분야에서 연구되고 있는데, 특히 자동차, 선박, 항공분야에서 주목받고 있다. 특히 항공분야에서는 무인항공기의 주 동력원으로 최근 연구가 활발히 진행 중이며[2], 국내에서는 KARI와 조선대학교 등에서 무인항공기 연료전지 탑재와 관련한 연구를 수행한 바 있다[3, 4].

하지만 여전히 개선해야 할 점이 있는데 비행 환경에 따라 온도, 습도의 변화가 심하기 때문에 연료전지 성능 및 안정성이 크게 떨어지게 된다.

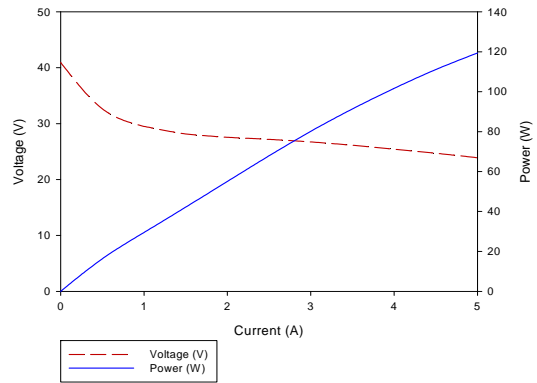


Fig. 2 Operation Characteristics of the PEMFC

또한, 연료전지 스택(Stack) 내부에 가습을 위한 장치가 따로 존재하지 않기 때문에 연료전지가 한번 구동이 시작되면 스택 내부의 습도 조절을 위한 스택의 열관리가 매우 중요하게 된다[5, 6].

본 논문에서는 고분자 전해질 연료전지의 온도와 가습을 통해 연료전지의 성능 최적화를 이뤄내기 위한 연구를 수행하였다.

## 2. 실 험

### 2.1 실험장치의 구성

연료전지를 테스트하기 위한 시스템 구성은 Fig. 1과 같다. 연료전지는 200W급 PEMFC를 사용하였고, 이를 제어하기 위한 컨트롤러를 설치하였다. 수소의 경우 고압 수소저장용기에서 레귤레이터를 통해 일정한 압력(0.45-0.55 bar)으로 직접 공급하였다. 상용 프로그램인 LabView를 통해서 연료전지 내부의 데이터를 획득하였고, 이를 바탕으로 하여 연료전지 제어기의 제어 알고리즘을 구성해 연료전지 스택의 냉각을 위한 팬과 연료전지 내부의 공기를 배출을 위한 퍼지 밸브를 제어하였다. 연료전지 스택을 동력공급 및 분석 장치를 연결하여 연료전지에 부하를 주고 그 결과 값을 받아 분석하였다.

### 2.2 연료전지 성능 확인

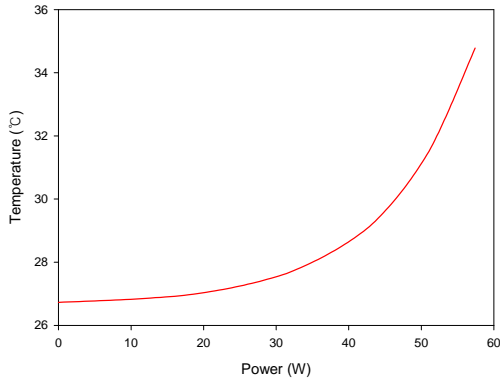


Fig. 3 Temperature change of the PEMFC integrated into UAV as the power increased

상용 연료전지 시스템의 구동 조건은 상온, 상압 조건에서 고 순도 무 가습 수소( $\geq 99.995\%$ )를 0.45-0.55 bar의 압력으로 연료전지에 공급하였다. 제어기의 경우 해당 제조사의 제어기를 사용하여 연료전지를 구동하여 수치를 얻었다.

### 2.3 제어 알고리즘 구성

연료전지의 냉각특성에 따른 효과를 확인하기 위해서 제어를 위해 AVR을 이용한 마이크로프로세서를 통해서 제어를 하였다. 제작한 제어기를 통해서 냉각팬의 속도를 조절하여 연료전지의 열관리를 하였고, 퍼지밸브를 통해서 스택 내부의 습도 관리를 하였다. 냉각팬과 퍼지밸브는 제어기의 PWM 신호를 통해 제어를 하였으며 퍼지밸브의 경우 10s의 간격으로 100ms동안 밸브가 개방되도록 설정하였다.

## 3 결과 및 토론

연료전지를 무인항공기 탑재용 모듈에 탑재한 상태에서의 데이터는 Fig. 2와 같다. 또한, 부하에 따른 연료전지 내부의 온도변화는 Fig. 3와 같으며 그래프에서 확인할 수 있듯이, 연료전지에 출력이 높아짐에 따라 내부 온도가 급격하게 상승함을 확인하였다.

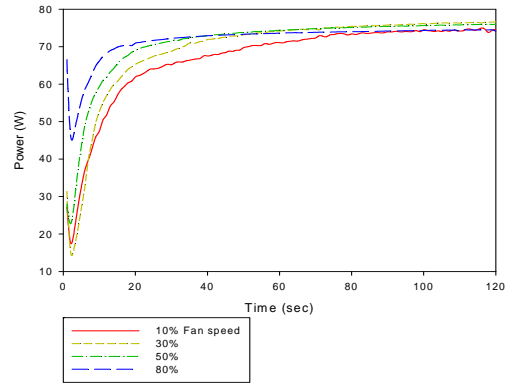


Fig. 4 Output power of the PEMFC at the different fan speeds

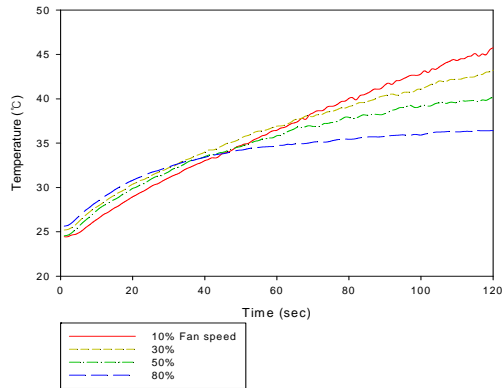


Fig. 5 Temperature change of the PEMFC at the different fan speeds

3A 부하조건에서의 연료전지의 냉각을 위한 팬 스피드에 따른 출력응답속도를 확인하였다. Fig. 4는 3A에서의 Fan Speed 에 따른 연료전지의 출력 비교 그래프이다.

12V 0.6A 출력의 냉각팬을 PWM신호 제어를 통하여 냉각팬의 속도를 달리하며 연료전지의 출력 응답시간과 연료전지 내부 온도의 변화를 측정하였다. 냉각팬의 속도가 증가함에 따라 최대출력에 도달하는 시간이 단축됨을 확인할 수 있다. 또한, Fig. 5에서 보는 것과 같이 연료전지 내부 온도의 감소가 뚜렷하게 나타남을 확인하였다.



Fig. 6 Flight test platform for the fuel cell (KARI)

#### 4. 결 론

연료전지의 성능을 평가하기 위한 시스템을 구성하여 기본 연료전지의 출력 및 특성을 파악하였다. 또한 제작된 제어기를 통해 3A 부하조건에서의 냉각 조건에 따른 연료전지의 구동 특성을 파악하였다.

측정된 연료전지의 데이터를 바탕으로 하여 연료전지 냉각팬 및 퍼지밸브를 제어하기 위한 제어알고리즘을 구성하고 이를 구동할 제어기를 제작하였다. 제작된 제어기를 연료전지와 함께 무인항공기에 탑재하기 위해 제작된 모듈에 장착하였다. 본 연구에서는 연료전지 제어를 위해서 냉각팬만을 제어 하였다.

차후에는 연료전지의 습도조절을 위해 퍼지밸브의 제어 등 다양한 조건의 변화를 통한 연구

를 진행 하고 이를 바탕으로 Fig. 6 과 같은 무인항공기에 연료전지 모듈을 제작하여 탑재하여 실제 비행실험을 진행할 계획이다.

#### 참 고 문 헌

1. 권세진, 김태규, “연료전지 무인기”, KSAS 매거진, 제 3권, 제2호, 2009, pp.65-72
2. 김근배, 연료전지항공기 기술동향, 항공우주산업기술동향, 7권, 2호, 2009, pp. 95-105
3. 김태규, 심현철, 권세진, “무인기 동력원을 위한 연료전지 시스템의 설계 및 성능시험”, 한국군사과학기술학회 2007년도 종합학술대회, 2007
4. 김태규, 심현철, 권세진, “무인기용 연료전지 추진시스템의 동력관리”, 한국추진공학회 2007년도 추계학술대회, 2007, pp. 13-16
5. 박대일, 김성욱, 김동민, 김태규, “연료전지 무인기 탑재용 수소발생기의 성능평가,” 항공우주학회지, 제 39권, 제7호, 2011, pp:627-633
6. James Larminie, Andrew Dicks, Fuel Cell Systems Explained, 2nd edition, John Wiley and Sons, 2003.