



건물용 연료전지 시스템용 연료처리장치와 연료승압 블로워 연계 특성에 관한 연구

†김재동 · 장세진* · 김진욱 · 김봉규 · 한신호* · 박달영

한국가스공사 가스연구원, *산업기술대학교 화학공학과
(2017년 7월 3일 접수, 2017년 9월 25일 수정, 2017년 9월 26일 채택)

A Study on Connection of Fuel Processor and NG blower for Small Commercial Fuel Cell System

†Jaedong Kim · Sejin Jang* · Bonggyu Kim · Jinwook Kim · Sienho Han* · Dalryung Park

New Energy Technology Center, KOGAS Research Institute, Korea Gas Corporation,
Gyeonggi-do 15328, Korea

*Graduate School of Knowledge-based Technology and Energy, Korea Polytechnic
University, 237, Sangidaehak-ro, Siheung-si, Gyeonggi-do, Korea

(Received July 3, 2017; Revised September 25, 2017; Accepted September 26, 2017)

요약

건물용 연료전지 시스템은 공기와 수소의 전기화학반응을 통하여 전기와 열을 생산하는 신재생에너지 시스템이다. 국내의 건물용 연료전지 시스템은 매년 수백기가 판매될 정도로 진행이 되고 있으며, 건물용 연료전지 시스템내에 많은 부품이 국내제품이 아닌 외국 제품에 의존하고 있다. 건물용 연료전지시스템의 중요부품인 연료처리장치를 한국가스공사에서 개발하여 현재 장기내구성 평가를 진행하고 있으며, 국내외에서 개발된 연료승압 블로워를 평가하고, 한국가스공사의 연료처리장치와 BOP와 연계하여 평가를 진행하였다. 한국가스공사에서 개발된 연료처리장치는 76%이상의 효율과 3,000시간 운영에도 일정한 성능을 유지하는 것을 확인할 수 있었고, 국내에서 개발된 연료승압 블로워는 후단압력 및 온도에 따른 소비전력의 평가시 국외의 연료승압 블로워와 대등한 특성을 나타내었으며, 연료처리장치와 BOP가 연계된 연료처리장치 모듈평가시에도 우수한 성능을 나타내었다.

Abstract - The small commercial fuel cell is a new energy system that produces electricity and heat through electrochemical reaction between air and hydrogen. In Korea, hundreds of domestic small commercial fuel cell systems have been installed and operated every years and many parts in fuel cell systems depend on overseas products. KOGAS(Korea Gas Corporation) has developed the fuel processor which is an important part of fuel cell system and has evaluated the long-term durability. And KOGAS has evaluated domestic and overseas NG blower and fuel processor connected to NG blower. The fuel processor developed by KOGAS have maintained an efficiency of 76% and constant performance over 3,000 hours. The NG blower developed in Korea showed similar characteristics as overseas NG blower in the evaluation of power consumption according to rear pressure and outside temperature. The fuel processor module , fuel processor connected to BOP showed excellent performance.

Key words : fuel cell system, NG blower, fuel processor, fuel processor module

†Corresponding author:nature@kogas.or.kr

Copyright © 2017 by The Korean Institute of Gas

I. 서론

현재 지구 온난화로 인하여 환경문제를 해결하고자 파리에서 총 195개국이 참여하여 기후변화협약에 서명하였고 이를 계기로 평균기는 상승폭을 2도보다 낮은 수준으로 유지하는 것을 목표로 하고 있다. 이와 같은 범지구적인 환경문제의 해결과 국내에 심각하게 대두되고 있는 미세먼지 감축을 위해, 국내에서는 노후화된 석탄화력발전 및 원자력 발전을 감축해나가고 신재생에너지에 투자를 확대하는 정책을 추진하고 있다.

연료전지는 신재생에너지중에서 태양광, 풍력등에 비하여 설치 면적이 작고, 가동율이 높으며, 설치면적당 가장 높은 에너지를 낼 수 있는 열병합 시스템이다. [1-3].

가정용 연료전지의 경우, 2006년부터 2011년까지 한국가스공사가 주관기관으로 '가정용 모니터링 사업'을 수행하여 1kW급 연료전지시스템이 210대 설치/운영하였고, 이를 바탕으로 가정용 연료전지 시스템과 건물용 연료전지 시스템이 보급되고 있다.[4, 5]

두산퓨얼셀과 에스퓨얼셀 주도하에 가정용 연료전지 시스템은 1,000기 이상 보급되었고, 건물용 연료전지 시스템은 매년 수백기가 보급되고 있다. 그러나 연료전지 시스템의 주요부품인 스택, 연료처리장치, 인버터의 주요부품은 국산화가 되었지만, 천연가스 블로워, 물펌프, 열교환기 등의 시스템에 적용하고 있는 BOP(Balance of Plant, 보조기기)는 주로 외국산이 사용되고 국산화가 시급한 실정이다.

일본의 경우, 연료전지 실용화 기술개발을 위해 5개 시스템 제작업체와 25개 보조기기 제작업체가 참여한 "소형 건물용 연료전지 시스템의 주변기기 기술개발" 과제를 정부주도하에 과제를 수행하였다. 주체는 일본 경제산업성과 신에너지재단이 주도하였고. 개발대상은 펌프/블로워류, 유량계/압력

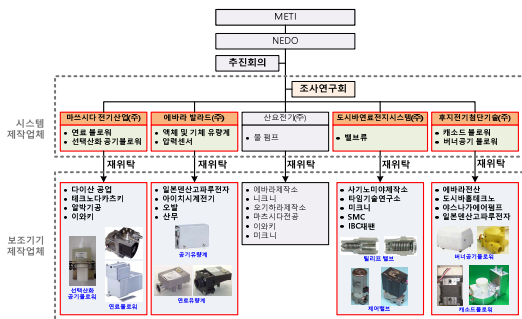


Fig. 1. The project of BOP development in Japan.

계, 전자밸브, 센서류이었고, 정부예산은 25억엔이다. 본 과제를 성공적으로 수행하여, 일본의 건물용 연료전지 시스템은 보조기기등 핵심부품의 국산화율이 95%이상이며, 이에 따라 연료전지 시스템의 가격저감이 가능하게 되어 현재 일본의 15만대 이상 연료전지 시스템이 보급되었다. Fig 1. 은 일본의 보조기기 개발에 대한 전체적인 조직을 나타내었으며, 시스템 제작사와 각 분야의 BOP 제작업체와 협력하여 연료승압 블로워, 공기 블로워, 밸브류 등을 각각 개발하였다. [6]

이에 국내 시스템 제작사와 국내 BOP 제작업체가 협력하여 건물용 연료전지 시스템에 적합한 BOP를 개발하는 과제를 진행중으로, 그중에서 한국가스공사에서 개발중인 건물용 연료전지용 연료처리장치와 연료승압 블로워의 결과를 중심으로 제시하고자 한다.

II. 연료처리장치 및 연료승압 블로워

Fig. 2는 건물용 고분자전해질 연료전지(PEMFC, Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell) 시스템의 구성도로, 연료전지 시스템은 천연가스를 수소로 전환하는 연료처리장치, 수소와 공기의 반응으로 DC 전기를 생산하는 스택, DC 전기를 AC 전기로 전환하는 전력변환시스템, 천연가스, 물, 공기 등을 공급하는 블로워, 펌프류, 센서류 등의 BOP로 구분할 수 있다.

연료처리장치는 천연가스와 물이 반응하여 수소를 만드는 장치로, 고분자 연료전지에 적용되는 연료처리장치는 탈황기, 개질기, 고온 수성전이반응기(HTS), 저온수성전이반응기(LTS), 선택적산화반응기(Prox)로 구성이 된다. 탈황기는 누설을 확인하기 위해 천연가스에 함유되어있는 THT (Tetrahydrothiophene), TBM(Thet-butylmercaptan)을 제거하는 장치이고, 개질기는 천연가스와 물과 반응하여 수소를 생산하는 흡열반응 부분으로 반응온도가 700℃ 정도로 높고, 고온수성전이반응기는 개질기에서 생

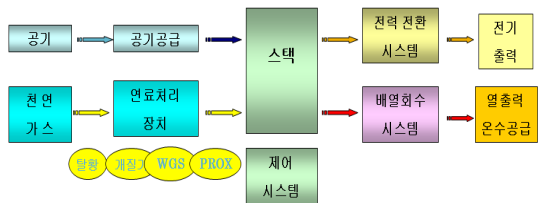


Fig. 2. Schematic Diagram of Stationary PEMFC system.

성된 개질가스와 물과 반응하여 CO의 농도를 낮추는 과정으로 약 400℃ 정도이고, 저온수성전이반응기는 약 200℃이다. 고온 PEMFC의 경우 저온 수성반응기에서 발생한 CO농도가 0.5% 이하의 개질가스로 적용이 가능하지만, 저온 PEMFC의 경우 CO 농도가 10ppm이하여야 하기 때문에 선택적 산화반응기에서 CO와 산소가 반응하여 CO 농도를 낮추어야 한다. 아래의 식은 각각의 반응의 반응식을 나타냈다. [7,8]

- 개질기 반응식
 $CH_4 + H_2O \rightarrow 3H_2 + CO$
- 수성전이반응 반응식
 $CO + H_2O \rightarrow H_2 + CO_2$
- 선택적 산화반응 반응식
 $CO + 1/2O_2 \rightarrow CO_2$

연료처리장치에는 위의 반응식과 같이 천연가스, 물, 공기등이 공급되어야 하기 때문에, 연료처리장치의 온도를 올리는 버너에는 연료승압 블로워와 공기블로워가 연계되어야 되고, 개질기에는 연료승압 블로워와 물펌프가 연계되어야 하고, 선택적 산화반응기에는 공기블로워가 연계되어야 한다. Fig. 3은 각 블로워와 물펌프가 연계된 개략도 이다.

연료승압 블로워는 연료처리장치, 열교환기, 스택의 내부 압력을 극복하고 천연가스를 공급하여야 하기 때문에 최소 수십 kPa 정도의 후단 압력에 대한 유량의 안정성이 요구되어지고 있다.

연료전지 시스템의 저유량, 고압의 유체를 이송시키는 방식은 용적형 방식의 다이어프램방식, 플런지방식, 벨로우즈방식이 적용될 수 있으며, 다이어프램방식 블로워는 압축 챔버내의 체적의 수축.팽창을 반복하여 흡입구를 통해 유체를 흡입하고 토출구로 밀어주는데, 다른 방식에 비하여 가격이 저렴

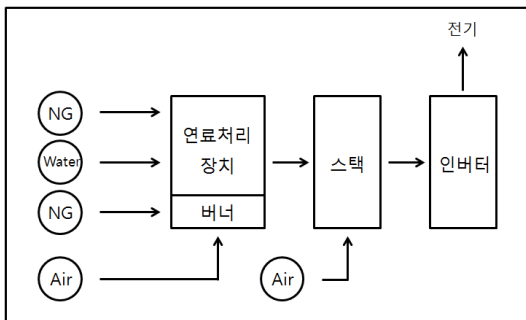


Fig. 3. Schematic diagram of blowers in the stationary PEMFC system.

하고 유량의 안정적인 공급에 적합하여 연료전지 시스템의 천연가스를 공급하는데 일반적으로 사용되고 있다.[9]

III. 국내외 연료승압 블로워 비교평가

3.1 블로워 성능평가장치 구축

국내의 연료승압 블로워를 비교평가하기 위하여, 연료승압 블로워의 평가기준을 확립하여 기준에 적합한 연료승압 블로워 평가장치를 구축하였다. 연료승압 블로워의 성능 평가장치를 구축하기 위한 조건은 다음과 같다.

- ① 연료승압 블로워의 유량측정
- ② 연료승압 블로워의 소비전력 측정
- ③ 연료승압 블로워의 온도측정
- ④ 연료승압 블로워 제어
- ⑤ 압력변화
- ⑥ 온도변화
- ⑦ 데이터 display 및 저장

연료승압 블로워에서 토출된 가스의 유량은 MFM (Mass Flow Meter)을 통하여 계측이 되고, 연료승압 블로워의 소비전력은 전력계를 연결하여 소비전력을 측정하였다. 또한 연료승압 블로워의 온도를 측정하기위하여 연료승압 블로워의 인입구 및 출구의 온도를 측정하였으며, 연료승압 블로워의 표면의 온도를 측정할 수 있도록 하였다. 그리고 연료승압 블로워를 제어하기위하여, 커맨드 전압을 조절할 수 있도록 제어장치를 부착하였다.

연료승압 블로워의 평가조건을 제어하여 연료처리장치의 내부압력 조건 및 연료전지 시스템 내부 온도에 따른 평가를 하고자 추가장치를 부착하였



Fig. 4. NG Blower performance evaluation apparatus.

다. 연료처리장치의 내부압력조건의 경우, 내부압력이 큰 경우, 연료승압 블로워가 내부압력을 극복하고 천연가스를 공급해야 되기 때문에 연료승압 블로워의 조건에 중요한 요인이 된다고 할 수 있다. 5kW 연료전지용 연료처리장치의 내부압력이 70kPa일 경우에도 천연가스가 25L 공급되어야 되므로, 연료승압블로워의 후단에 비례제어밸브를 장착하여 제어 장치로 제어하도록 하였다.

이와 같은 방법을 이용하여 연료승압 블로워의 성능평가장치를 구축하였고, Fig. 4.는 연료승압 블로워의 성능평가장치 사진으로, 연료승압블로워 소비전력 평가부분, 분위기 온도제어용 건조기, 후단 압력 제어 부분, 소프트웨어 등으로 구성되어 있다.

3.2 국내의 연료승압 블로워 비교평가

국내의 연료승압 블로워의 온도에 따른 영향을 평가하기 위해, 건조기 내부에 연료승압 블로워를 위치시키고 내부 온도를 변화시켜, 블로워를 작동시켰다. Fig. 5.은 연료승압 블로워가 건조기 내부에 위치한 사진이다.

한국가스공사에서 국내외의 연료승압 블로워를 성능평가장치에 장착하여 평가를 진행하였다. 연료승압 블로워를 연료전지 시스템에 적용되었을 때와 유사하게 실험하기 위하여 되는 후단의 압력을 0 ~ 70kPa를 변화시키고, 0V에서 2.5V까지 또는 1V에서 5V까지 일정 간격으로 인가하여 블로워의 토출유량 및 성능을 평가하였다. Fig. 6은 작동 온도 30℃에서 압력변화 및 인가전압에 따라 발생한 유량 및 소비전력의 결과이다.

연료승압 블로워에 인가전압을 상승시키에 따라 유량이 증가하였고, 후단의 압력이 증가함에 따라서 유량이 감소함을 보이고 있다. 또한 후단의 압력이 증가함에 따라서 소비전력이 급격히 상승함을 알 수 있다.



Fig. 5. NG Blower operation in chamber.

연료승압 블로워의 평가온도는 시스템 내부의 온도를 고려하여 30℃부터 70℃도까지 측정을 하였 고, 내부압력이 10kPa과 30kPa일 경우 관련 성능을

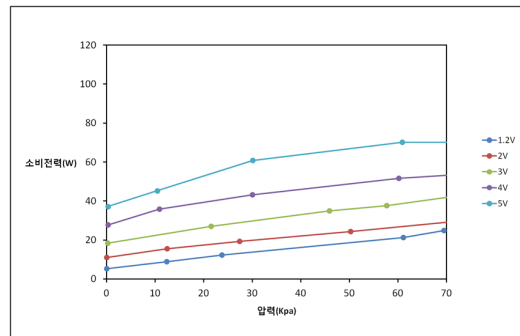
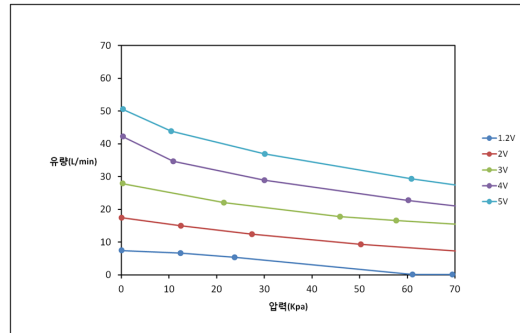


Fig. 6. Performance of NG blower.

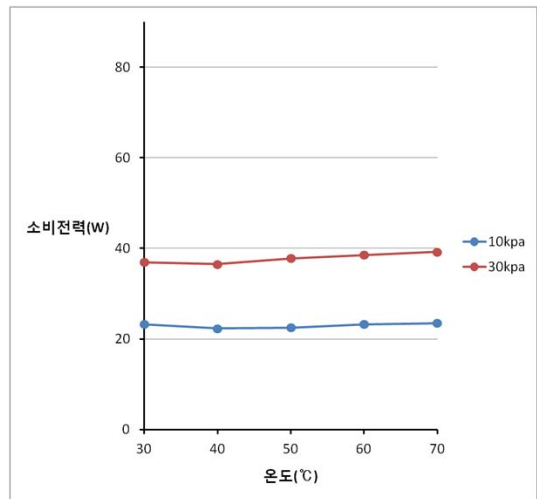


Fig. 7. Performance of NG blower with operation temperature.

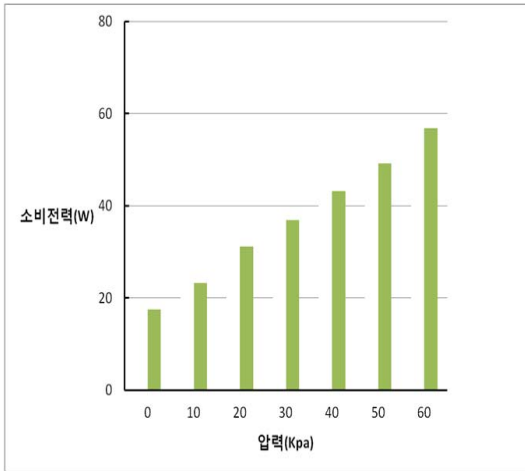


Fig. 8. Performance of NG blower with rear pressure.

Fig. 7에 나타내었다. 연료승압 블로워의 주위온도에 따른 소비전력은 거의 일정한 값을 나타내고 있어, 시스템 내부의 온도가 70도 정도까지 상승하여도 크게 문제가 없다고 판단된다. 그러나 시스템의 온도가 80도 이상 상승하게 되면, 연료승압 블로워의 문제보다 시스템 내부의 전장부분에 문제가 발생하여 시스템이 비정상지 할 수도 있다.

연료전지 시스템내에서 연료승압 블로워의 토출 압력을 이용하여 천연가스를 공급하는데 연료처리 장치의 내부압력 및 스택의 내부압력을 극복하고 천연가스를 공급하여야 하기 때문에, 내부압력에 따라 소비전력을 평가하였다. Fig. 8.은 후단압력에 따른 소비전력의 특성 결과로 연료전지 시스템 5kW를 최고출력으로 가정하였을 때, 천연가스 유량을 25LPM으로 고정하였고, 연료승압 블로워의 후단압력에 따른 소비전력을 나타내었다. 아래의 결과로 알 수 있듯이, 연료처리장치의 내부압력이 20kPa인 경우, 소비전력이 30W인데 반하여, 연료처리장치의 압력이 60kPa로 증가하면, 소비전력이 57W로 2배이상 상승하게 되어 연료전지 시스템의 효율을 떨어뜨리게 된다. 현재 한국가스공사에서 개발중인 5kW 연료처리장치의 내부압력이 10~20kPa이기 때문에 연료전지 시스템의 효율증가에 효과적이라고 판단할 수 있다.

Fig. 9는 국내와 국외 연료승압 블로워의 압력에 따른 소비전력을 비교평가한 그림으로, 국내에서 개발한 연료승압 블로워가 국외 상용품과 비교하여 대등한 특성을 나타내는 것을 알 수 있다.

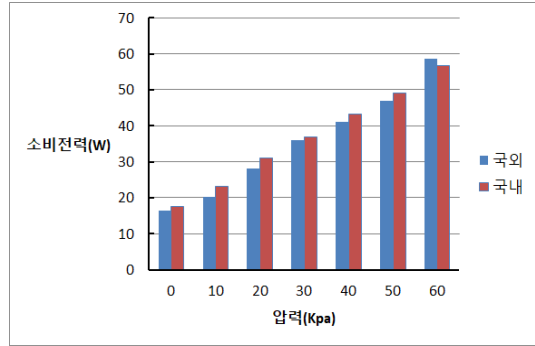


Fig. 9. Power consumption of domestic and overseas NG blower.

IV. 연료처리장치 제작 및 평가

4.1 연료처리장치 설계/제작

한국가스공사는 5kW 연료처리장치를 개발하여 왔으며, 다양한 버전의 연료처리장치를 설계/제작 하였고 성능실험 후 개선사항을 다음 버전의 연료처리장치 설계에 반영하였다. 이 같은 설계 개선을 통하여 초기의 연료처리장치 보다 더욱 안정되고 향상된 성능을 구현할 수 있었고, 중요한 개선 사항은 다음과 같다.

- ① 촉매양 개선
- ② 천연가스, 물, 공기 유로 개선
- ③ 각 반응부의 온도분포 개선
- ④ 열교환 개선
- ⑤ 혼합존 개선
- ⑥ 버너개선
- ⑦ 제작 공정 개선

고효율 및 내구성을 보유하고 있는 건물용 연료전지용 연료처리장치를 설계/제작하기 위해서는 각 촉매층의 온도를 유지하는 것이 중요하다. 천연가스와 물이 처음 반응하여 수소를 생산하는 개질부분은 흡열반응부로서 온도 분포는 600℃~700℃이고, CO와 물의 반응으로 CO2를 생산하는 고온 수성전이반응 부분(HTS)와 저온 수성전이반응 부분(LTS)은 약한 발열반응으로 각각의 온도는 400℃와 200℃이고, CO와 공기와 반응하여 CO2를 생산하는 선택적산화반응(PROX)은 발열반응으로 온도는 120℃이다.

고온 고분자 연료전지 시스템의 연료처리장치는 개질기-HTS-LTS로 구성되어 있고, 저온 고분자 연료전지의 경우 개질기-HTS-LTS -PROX로 구성되어

있다. 개질부분의 온도가 낮을 경우, 수소로 전환되는 전환율이 감소하여 최종 개질가스에 메탄의 양이 많게 되고, 고온 수성전이 반응과 저온수성전이 반응의 온도가 낮을 경우, CO의 농도가 증가하게 된다. 그리고 선택적 산화반응의 온도가 낮을 경우 CO의 농도가 증가하게 된다. 반대로 개질부분의 온도가 높을 경우 수소로 전환되는 전환율은 증가할 수 있으나, 개질부분에 과열의 공급으로 전체적인 효율의 감소가 될 수 있어 적당한 온도의 유지가 중요하다.

4.2 연료처리장치 평가

연료전지용 연료처리장치를 위에 언급한 중요 개선사항과 온도분포를 고려하여 설계와 제작을 완료하였고, Fig 10과 같이 개질기-HTS-LTS가 일체형으로 설계된 원통형 방식의 연료처리장치를 제작하고 평가를 진행하였다.

Fig. 11은 초기 연료처리장치와 개선된 연료처리장치의 시간에 따른 온도분포의 결과이다.

초기의 연료처리장치와 개선된 연료처리장치의 온도 분포를 비교해 보면, 초기 모델의 온도분포는 시간에 따라 변화하나, 개선된 연료처리장치의 온

도분포는 시간에 따라 일정함을 알 수 있다. 이에 따라 초기 연료처리장치 모델의 개질가스 성분은 시간에 따라 운전부하에 따라 불안정한 모습을 나타내고, 개선된 연료처리장치의 개질가스 성분은 안정하게 유지되고 있고 또한 CO 농도 또한 매우 적게 나타나고 있다. 즉 초기의 연료처리장치는 내부의 가스유로 설계가 최적화 상태가 아니어서 온도 변화에 따라 압력변동 및 개질가스 성분의 변동이 발생하였다.

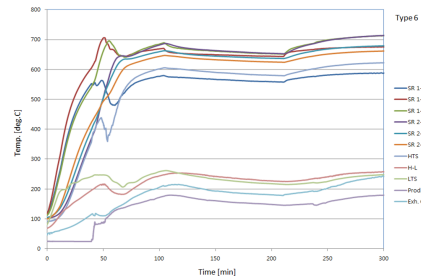
Table 1. Performance and efficiency of improves fuel processor

name	symbol	fraction xi (dry)
	[-]	[mol %]
methane	CH4	0.8
hydrogen	H2	78.6
carbon monoxide	CO	0.13
carbon dioxide	CO2	20.5

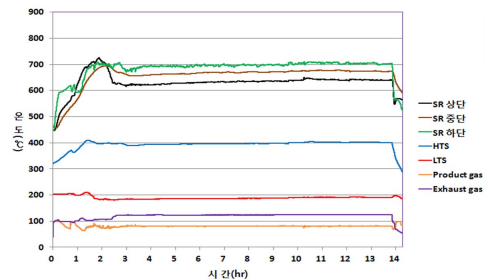
Internal Pressure of Reformer : 10kPa
Thermal Efficiency(LHV) : 76%



Fig. 10. Picture of improved fuel processor.



(a) Temperature distribution of Initial fuel processor



(b) Temperature distribution of improved fuel processor

Fig. 11. Comparison of temperature distribution of fuel processor.

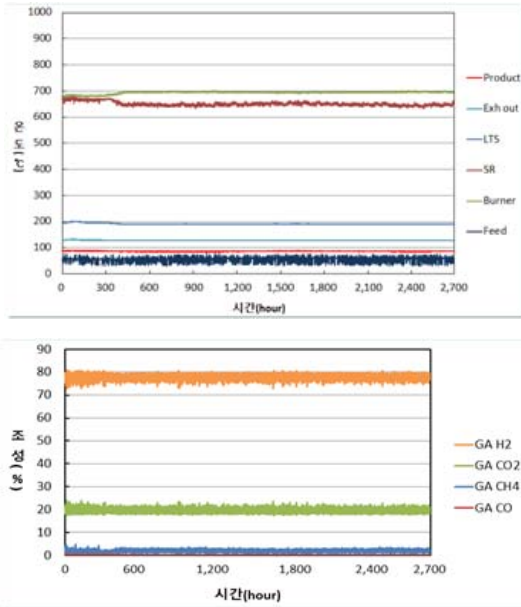


Fig. 12. Performance of improved fuel processor.

개선된 연료처리장치의 성능 및 효율은 다음과 같다.

건물용 5kW 연료전지 시스템의 장기내구성을 위해서는 연료처리장치의 내구성이 가장 중요하고, 이를 위해 개선된 연료처리장치를 장기간 운전하여 내구성을 확인하였다. Fig. 12는 개선된 연료처리장치를 성능평가장치에 연결하여 운영한 결과로 3,000 시간 이상 운영하였고, 3,000시간 이후에도 온도 및 개질가스 조성이 일정하게 유지되어 연료처리장치가 내구성을 보유하고 있는 것을 나타내고 있다.

V. 연료처리장치와 연료승압블로워 연계

5.1 연료처리장치 모듈평가장치 구축

한국가스공사에서 개발된 5kW 연료처리장치를 연료전지 시스템과 유사한 환경에서 평가하기 위하여 연료처리장치 모듈 평가장치를 구축하였고 Fig. 13은 연료처리장치 모듈 평가장치의 사진이다.

첫 번째 사진은 연료처리장치 모듈 평가장치와 연료처리장치 그리고 가스분석기의 사진이고, 하단 왼쪽의 사진은 연료처리장치 모듈에 적용되어 있는 연료승압 블로워 2기, 물펌프 1기, 공기블로워 1기의 소비전력을 분석하는 모듈이고, 하단의 오른쪽 사진은 본 평가장치에 적용된 연료승압 블로워의 사진이다. Fig. 13에 나타난 것처럼, 연료처리장치



Fig. 13. Fuel Processor module performance evaluation apparatus.

와 BOP가 연계된 연료처리장치 모듈에서 연료처리장치의 성능평가 및 각 BOP의 평가를 동시에 수행할 수 있어, 연료처리장치와 연계 BOP의 연계 평가를 효과적으로 수행할 수 있는 장치이다. 그리고 일반적인 연료처리장치 평가장치는 천연가스, 공기, 물등을 가압을 통하여 공급하여, 내부압력에 대한 고려를 할 수 없으나 본 평가장치는 연료처리장치 내부압력에 따른 실험도 수행할 수 있어, 시스템에 유사한 조건으로 평가를 진행할 수 있는 장점이 있다.

5.2 연료처리장치 모듈 평가

연료처리장치가 수소를 생산하기 위해서는 Fig. 3과 같이 연료승압 블로워와 공기블로워가 연료처리장치의 버너에 연계되어 연료처리장치에 열을 공급하여야 하고, 연료승압 블로워와 물펌프가 연료처리장치 개질부분에 연계되어 천연가스와 물의 반응으로 수소를 생산하여야 한다. 연료처리장치 모듈의 부하 및 S/C 비(steam/carbon ratio)에 따라서 평가를 진행하였다. Fig. 14는 연료처리장치를 4kW, 4.5kW, 5kW 부하로 운전하였을 때 각 BOP의 소비전력 결과이다.

부하가 증가됨에 따라 스택에서는 많은 수소량을

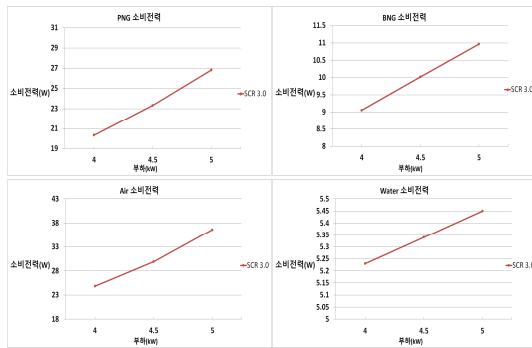


Fig. 14. Power consumption of BOP with load of fuel cell System.

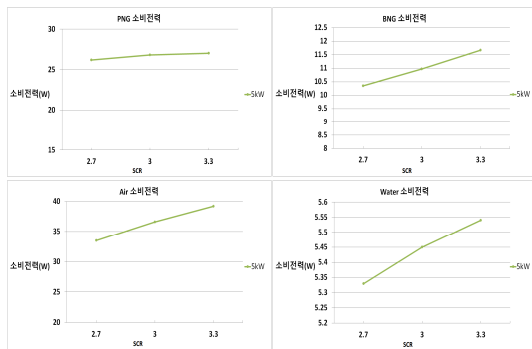
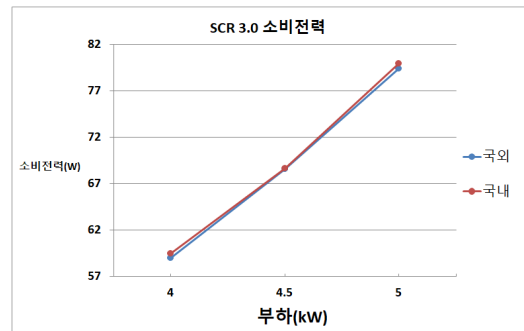


Fig. 15. Power consumption of BOP with S/C ratios.

요구하고 이에 따라 연료처리장치에서 많은 수소를 생산하여야 한다.

그래서 연료처리장치에 연계되어 있는 PNG (Process Natural Gas) 블로워와 물 펌프는 부하에 따라 공급량이 증가하여야 하고 이에 따라 소비전력이 증가하게 된다. 또한 부하증가에 따라 PNG와 물의 공급량이 늘어나고 천연가스와 물의 흡열반응에 더 많은 열을 공급하여야 하기 때문에 버너에 공급되는 BNG(Buner Natural Gas)와 Air의 양도 증가하게 되고, 이에 따라 BNG와 Air의 소비전력이 증가하게 된다. 5kW 부하일 경우, 공기의 유량이 100LPM 정도로 크기 때문에 소비전력도 38W정도로 크고, 물의 유량은 55CCM 정도로 작기 때문에 5.5W의 가장 낮은 소비전력을 나타낸다.

연료처리장치에서 천연가스와 물이 반응하여 수소를 생성하는데, 천연가스와 물의 비율 S/C 비로 표현한다. 각 연료처리장치에서 수소를 생산하기 위한 최적의 S/C 비가 존재하고 S/C 비에 따른 특



(a) Power consumption of total BOP with load



(b) Power consumption of total BOP with S/C ratio

Fig. 16. Power consumption of total BOP.

성을 평가하여야 한다.

Fig. 15는 5kW의 조건에서 연료처리장치의 S/C 비를 2.7, 3.0, 3.3으로 변화시켰을 때 각 BOP의 소비전력 결과이다. S/C 비를 2.7에서 3.3까지 변화시켰을 때, 공급되는 PNG의 양은 일정하고 물의 양을 증가시켰기 때문에 PNG 블로워의 소비전력은 일정하고, 물펌프의 소비전력이 증가하는 것을 알 수 있다. 그러나 물의 양이 증가함에 따라 이를 기화시키고 반응시키기 위한 열이 추가로 요구되기 때문에, S/C 증가에 따라 BNG와 Air의 양이 소폭으로 증가하여 소비전력도 증가함을 확인할 수 있다. S/C 비의 적게 하는 것이 소비전력 측면에서 유리하나, S/C 비를 적게 하면 개질촉매의 카본침착이 발생할 우려가 있기 때문에 각 연료처리장치마다 적당한 S/C 비를 제어하는 것이 중요하다.

블로워 성능평가장치에서 연료승압 블로워를 단순 평가할 경우, 국내 연료승압 블로워가 국외 연료승압블로워와 대등한 수준의 성능을 나타내어, 연료처리장치와 연계하였을때의 연계성도 평가하였다. 연료처리장치와의 연계성을 평가하기 위해 KOGAS의 연료처리장치를 중심으로 국외의 연료승압 블로워와 국내의 연료승압 블로워를 비교평가를 진행하였다.

Fig. 16은 S/C 비가 3.0인 조건에서 부하에 따른 전체의 소비전력과 5kW 조건에서 S/C에 따른 소비전력을 나타낸 그림으로, 국내 연료승압 블로워와 국외 연료승압 블로워의 특성을 나타내었다.

S/C비에 따른 소비전력의 경우, S/C 비가 2.7에서 3.3으로 변화시, 연료처리장치 모듈의 총 소비전력이 9W 정도 변화하는 데 반하여, 부하에 따른 소비전력의 경우 4kW에서 5kW 부하증가시 총 소비전력이 두배인 20W 정도 상승하는 것을 확인 할 수 있다. 또한 부하변동 및 S/C 비의 변화 조건에서 국외상용 연료승압 블로워와 국내에서 개발된 연료승압 블로워가 거의 유사한 성능을 나타내고 있음을 확인 할 수 있다.

VI. 결론

“PEM 연료전지용 다목적 부품 공용화 기술개발” 국가과제를 통하여 5kW 건물용 연료전지 시스템의 부품의 국산화, 표준화, 공용화를 추진하고 있다.

국내에서 개발한 연료승압 블로워를 다양한 조건에서 평가를 진행하여, 후단압력의 상승에 따라 소비전력이 증가하고, 70℃까지 작동온도에 관계없이 일정한 성능을 나타낸 것을 확인하였다. 그리고 국외의 상용 연료승압 블로워의 성능과 유사한 성능을 나타냄을 확인할 수 있었다.

한국가스공사에서 5kW 건물용 연료전지 시스템에 적용되는 원통형 연료처리장치를 개발하였고, 효율은 76%이상, 내부압력은 10kPa 정도로 우수한 성능을 나타내었다. 또한 건물용 연료전지 시스템에서 연료처리장치의 내구성이 중요한 부분을 차지하는데 한국가스공사의 연료처리장치는 3,000시간 이상동안 일정한 성능을 나타냄을 확인할 수 있었다.

한국가스공사의 연료처리장치를 중심으로 국내의 연료승압 블로워와 국외의 연료승압블로워의 연계 평가를 진행하였다. 부하가 4kW에서 5kW로 변동시, 연료처리장치에 공급되는 천연가스와 물의 양 및 버너에 공급되는 천연가스와 공기양이 증가하여 이에 따라 소비전력이 상승하였다. 또한 S/C 비의 변동시, 연료처리장치에 물공급량의 증가로 인한 기화열 및 반응열의 증가로 버너에 연계된 연료승압 블로워와 공기블로워의 소비전력이 증가하였다. 그리고 KOGAS 연료처리장치와 국내의 연료승압 블로워의 연계평가결과 거의 대등한 성능을 확인할 수 있었다.

건물용 연료전지 시스템의 연료처리장치와 연료

승압 블로워의 성능 및 내구성은 연료전지 시스템에서 중요한 부분을 차지하고 있고, 본 연구결과가 국내의 연료처리장치 및 연료승압 블로워의 국산화 및 연료전지 시스템 활성화를 촉진시킬 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2017년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 “PEM 연료전지용 다목적 부품공용화 기술개발” 과제를 통하여 수행한 연구 과제입니다.

REFERENCES

- [1] Cottrell, C. A., Grasman, S. E., Thomas, M., Martin, K. B., Sheffield, J. W., "Strategies for stationary and portable fuel cell markets", *Inter. J. of Hydrogen Energy*, **36**, 7969-7975, (2011)
- [2] Wang, Y., Chen, K. S., Mishler, J., Cho, S. C., Adroher, X. C., "A review of polymer electrolyte membrane fuel cells: Technology, applications, and needs on fundamental research", *Applied Energy*, **88**, 981-1007, (2011)
- [3] Mahlia, T. M. I., Chan, P. L., "Life cycle cost analysis of fuel cell based cogeneration system for residential application in Malaysia", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **15**, 416-426, (2011)
- [4] 지식경제부“가정용 연료전지 모니터링사업 보고서”, (2011)
- [5] 김재동, “가정용 연료전지 시스템 개발동향 및 전망” 가스안전, 289, 04-13, (2015)
- [6] 산업통상자원부“PEM 연료전지용 다목적 부품 공용화 기술개발”, (2015)
- [7] James Larminie, Andrew Dicks, "Fuel Cell System Explained, Wiley, (2003)
- [8] Wolf Vielstich, Arnold Lamm, Hubert A. Gasteiger, "Handbook of Fuel Cells", Wiley, (2003)
- [9] Jang, C. M. and Lim, S. J., "Performance analysis of diaphragm blower for fuel cell", *Proceeding of SAREK Conference*, 1006-1011, (2010)