

# 수소 연료전지의 통합관리를 위한 지능형 BoP의 개념 설계

박선, 정병주\*, 차병래, 김종원

광주과학기술원, 지스핀\*

sunpark@gist.ac.kr, \*jayeon9@gspin.co.kr, brcha@smartx.kr, jongwon@smartx.kr

## Concept Design of Intelligent BoP for Integrated Management of Hydrogen Fuel Cells

Sun Park, Byung-joo Chung\*, ByungRea Cha, JongWon Kim

GIST, \*GSPIN

### 요약

수소는 에너지 밀도가 높고 환경오염물질 배출이 없는 친환경 연료로 기존에너지원의 대체로 중요성이 높아지고 있다. 특히 부산물로 생산되는 물, 열 등은 스마트 팜 등 다른 영역에 활용할 수 있어서 전기 생산 이외에 부가가치가 높은 편이다. 수소 연료전지는 수소와 산소를 반응시켜서 전기와 열을 생산하는 장치로 연료전지 스택과 주변에 있는 동력시스템 패키지를 구성하는 보조장치인 BoP(Balance of Plant)로 구성된다. BoP는 전력을 효율적으로 생산할 수 있도록 열관리, 물관리, 공기공급관리 등을 한다. 본 논문은 수소 연료전지의 효율적인 관리를 위한 지능형 BoP의 개념을 설계하였다.

### I. 서론

기후변화, 자원의 고갈 등 에너지 및 환경문제를 해결하기 위한 대안으로 친환경성 및 에너지 효율이 높은 수소 산업의 중요성이 높아지고 있다. 국내는 2019년 1월 수소경제 활성화 로드맵을 발표하여 2030년까지 수소차 누적생산량 85만대, 수소충전소 660개설치 등 수소차 및 연료전지 분야 경쟁력을 강화하고 있다. 특히 2020년에는 수소법 제정, 수소경제위원회 출범, 수소경제전담기관 지정 등으로 수소경제 이행체계를 구축하였다 [1].

수소 연료전지는 물의 전기분해와 반대되는 원리로 물을 전기분해 할 때는 외부의 전기를 통해 물을 수소와 산소로 분해하는 반면에 연료전지는 수소와 산소를 전기 화학적으로 반응시켜 전기를 생산한다. 연료전지는 이온의 전도를 담당하는 전해질의 종류 또는 작동온도에 따라 고분자 전해질 연료전지 (Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell, PEMFC), 직접메탄올 연료전지 (Direct Methanol Fuel Cell, DMFC), 인산형 연료전지 (Phosphoric Acid Fuel Cell, PAFC), 용융 탄산염 연료전지(Molten Carbonate Fuel Cell, MCFC), 고체산화물형 연료전지 (Solid Oxide Fuel Cell, SOFC), 알칼리 연료전지(Alkaline Fuel Cell, AFC) 등으로 구분된다 [2].

전기를 생산하는 발전부인 스택은 배터리와 동일하게 두개의 극과 극 사이에 전해질막으로 구성되어 있다. 두개의 극 중 수소가 들어오는 극을 '연료극'이라 하며, 산소가 들어오는 극을 '공기극'이라 한다. 여기에서 연료극은 음극(-)에 해당하며 '공기극'은 양극(+)에 해당한다. 여기 이 양쪽 극에는 촉매역할을 하는 '백금'이 위치한다. BOP(Balance of Plant)는 동력원 주변에 동력시스템 패키지를 구성하는 보조 장치로 연료전지의 코어 설비인 스택(stack) 이외의 주변에 있는 동력시스템 패키지를 구성하는 보조 장치(열관리시스템, 물관리시스템, 공기공급장치 등)이다. BoP는 eBOP(전력변환기 등), mBOP(펌프, 컴프레서 등)로 구성된다 [3].

수소 연료전지 시스템 BoP 분야의 연구동향은 다음과 같다. 신 등의 저

자는 수소전기차용 공기압 축기기의 열유동 해석에 대하여 연구하였다. 이들은 무급유 방식으로 공기를 공급하기 위해서 공기압축기에 공기포일 베어링을 설치하였다. 김 등의 저자들은 수소전기차용 EPDM 고무의 수소환경에서 작동에 대한 연구를 하였다. 채 등의 저자는 PEMFC 연료전지의 막 가습기기의 개발되고 있는 원통 다관형 물질 교환기의 중공사막 튜브 달발의 수소 전달 특성을 연구하였다. 원 등의 저자는 가정용 연료전지 시스템에 공기를 공급하는 블로워 시스템을 대상으로 모델 기반 고장 검출 기법을 연구하였다. 김 이외의 저자는 MCFC를 컴팩트하게 설계하기 위해 이젝터를 사용하여 재순환하는 시스템을 연구하였다. 최등의 저자는 고온 영역의 SOFC에서 개발된 적층 단열재의 다양한 조건의 실험을 진행하였다. 변 등의 저자는 고온 수전해 연료전지에 고온 스템을 공급하기 위한 인터페이스 장치에 대하여 연구하였다. 최 등의 저자는 고온에서 열전도도의 급격한 하락을 방지하는 SOFC의 고온용 적층 단열재를 연구하였다 [4].

본 논문은 수소 연료전지의 효율적인 관리를 위한 지능형 BoP를 제안한다. 제안하는 지능형 BoP는 수소 연료전지의 각 모듈에 대한 모니터링 데이터를 클라우드 기반의 빅데이터 처리 및 인공지능 분석을 통하여 도출한 최적화된 BoP(Balance of Plant) 펌웨어를 자동으로 업데이트함으로써 수소연료전지 효율적인 에너지 생산관리 및 서비스를 지원할 수 있도록 설계하였다.]

### II. 본론

본 논문에서는 수소의 안전한 활용 지원, 최적의 성장형 BoP 지원, 사용자의 효율적인 에너지 관리, 최적화된 BoP의 자동 업그레이드 및 빅데이터 기반의 수소 활용 정책 수립을 지원하는 수소 연료전지 통합관리 Cloud 지능(AI)형 BoP의 개념을 제안한다. 제안하는 지능형 BoP는 다음 그림1과 스마트 연료전지와 BoP 빅데이터/AI 분석 시스템으로 구성된다.

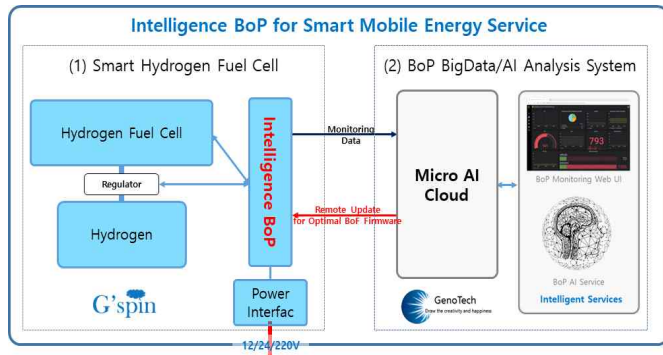


그림 1) 수소 연료전지 통합관리 Cloud 지능(AI)형 BoP의 개념도

그림2의 지능형 EBoP는 사용 수명을 늘리기 위한 제어 알고리즘이 필요하며, 클라우드에 데이터를 전송하여 클라우드의 인공지능으로 최적 알고리즘을 도출하여 Firmware에 자동 적용할 수 있도록 한다. 사용 장치에 따라서 시동 시 전류가 많이 소요되고, 수소 연료전지의 전력 용량을 초과하는 문제가 발생할 수 있으므로 전자회로부 구성 시에 Ultra Capacitor를 포함하는 회로의 개발이 필요하다. 전류를 모니터링하여 Ultra Capacitor에 저장된 전류를 적절히 사용하는 알고리즘을 개발하고 프로그래밍에 적용해야한다. 스마트가전의 스마트 소켓 기능을 활용하여 연료전지 시스템에 접속된 기기들에 적합한 배전 관리를 스케줄링하는 전력 인터페이스 개발이 필요하다.

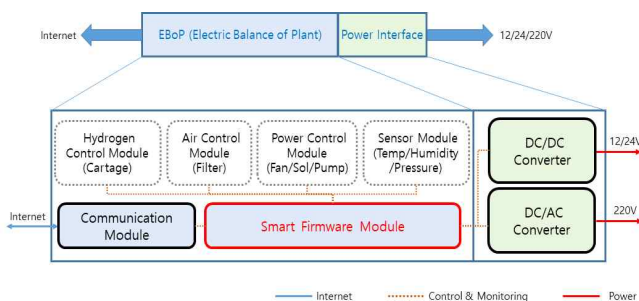


그림 2) 지능형 EBoP (Electric Balance of Plant)

다음 그림3은 빅데이터 저장 모듈, BoP 빅데이터 시각화 모듈 및 BigData/AI BoP 데이터 분석 모듈을 지원하는 BoP 빅데이터/AI 분석 시스템의 개념도를 보여준다. 제안 시스템은 모니터링된 Intelligence Fuel Cell의 정보를 Micro BigData/AI Cloud에서 수집하여 분석 및 시각화를 진행한다. 빅데이터 저장 모듈은 기술적으로 Hadoop 기반의 빅데이터 시스템을 구축하여 Hue, Impala, HIVE, HDFS 등을 사용하여 구축한다. BoP 빅데이터 시각화 모듈은 Intelligence Fuel Cell에서 모니터링된 정보를 전송하여 빅데이터 저장 모듈에 저장된 BoP 빅데이터를 사용하여 실시간으로 시각화할 수 있도록 한다. BigData/AI BoP 데이터 분석 모듈은 Intelligence Fuel Cell에서 전송하여 저장된 빅데이터를 학습하여 만들어진 모델을 활용하여서 최적의 조건의 Intelligence Fuel Cell 상태를 유지할 수 있도록 한다.



그림 3) BoP 빅데이터/AI 분석 시스템

### III. 결론

본 논문에서는 수소 연료전지 통합관리 Cloud 지능(AI)형 BoP의 개념을 제안하였다. 제안된 개념에서는 수소의 안전한 활용 지원, 최적의 성장형 BoP 지원, 사용자의 효율적인 에너지 관리, 최적화된 BoP의 자동 업데이트 및 빅데이터 기반의 수소 활용 정책 수립을 지원할 수 있도록 개념을 설계하였다.

### ACKNOWLEDGMENT

This research was supported by the National Research Council of Science & Technology(NST) grant by the Korea government (MSIT) (No. CCL-20-28-GIST).

### 참 고 문 헌

- [1] 소소경제 본격화, <http://www.h2news.kr/mobile/article.html?no=8693>, 2021
- [2] 여국현, 신재생에너지 수소연료전지의 기술개발 동향, Konetic Report, 2014-42호, 2016.
- [3] 강병길, 김정빈, 김한상, MBOP를 포함한 자동차용 연료전지 시스템의 모델 변수 변화에 따른 정미 출력 민감도 분석, 한국자동차공학회 추계학술대회 및 전시회, pp.1189-1189, 2018.
- [4] 이영덕, 김재엽, 유동진, 주현철, 김한상, 국내 연료전지 분야 연구동향 분석: 전국, 전해질, 분리판, 스택, 시스템, BOP, 진단분석 분야, Trans of the Korean Hydrogen and New Energy Society, Vol. 31, No. 6, pp.530~545, 2020.