

건물의 연료전지 열병합시스템 기술(2)

홍원표 (한밭대학교 건축심바공학과 교수)

1. 서론

2. 연료전지의 원리 및 특징

3. 건물용 연료전지의 장점 및 구성

※ 본 내용은 1월호에 게재되었음

4. 국내외 연료전지 기술개발동향

4.1 국내연구현황

우리나라는 2006년부터 3년간 900억 원의 예산을 투자하여 “연료전지자동차”와 “가정용연료전지시스템” 모니터링 사업을 진행 중에 있으며, 2008년 「녹색성장 실현을 위한 그린에너지 산업 발전전략」에서는 2020년까지 가정용 수소연료전지 10만대 보급을 목표로 하고 있다. 주로 수송용 및 건물·상업용에 적용되고 있는 고분자 전해질 연료전지(PEMFC)는 수송용은 현대·기아자동차, 건물용은 GS퓨얼셀, 퓨얼셀파워, 효성이 연료전지시스템플라이 체인을 구축하고 있다. 건물용 연료전지는 지난 2006년부터 진행되고 있는 모니터링 사업을 통해 핵심부품인 스택, 연료처리장치(개질기), 전력변환기 순으로 단계별 국산화를 실현하고 있다. LNG를 개질할 때 부취제로 들어간 황 성분을 제거해주는 탈황반응, 700

[°C] 이상의 고온에서 수증기와 메탄을 반응시켜 수소로 전환하는 수증기 개질반응 등 총 4가지의 반응기로 이뤄져있는 연료처리장치는 한국가스공사, GS퓨얼셀, 퓨얼셀파워 등이 지난 10여 년 동안 국산화 개발을 수행해 왔다.

천연가스용 연료처리장치 개발과제를 통해 1[kW]급 원통형 연료처리장치를 개발한 가스공사는 모니터링 사업 내 연료전지시스템에 적용해 현재 실증운전 중이다. GS퓨얼셀은 1.5/3[kW]급 가정용 연료전지시스템 실증연구 과제로 자체개발한 연료처리장치를 탑재해 실증평가를 완료했다. 셀 스택의 경우 지난 2004년 퓨얼셀파워가 MEA 국산화에 성공해 이후 자사의 스택에 적용하고 있다. 또한 지난해부터 현대자동차와 함께 국책 기술개발 과제로 기존 불소계보다 부식저항성이 우수한 탄화수소계 MEA를 개발 중이다. 한국에너지기술연구원에서 개발한 1[kW]급 건물용 연료전지시스템의 연료처리장치 및 스택의 경우 모든 구성품 설계 및 제작 기술을 국내에서 확보해 100[%]의 국산화를 이뤘다. 그러나 공기 블로워, 냉각펌프, 가습기 등의 BOP(Balance of Plant: 주변장치)는 아직 50[%] 수준으로 이에 대한 기술개발이 좀 더 요구된다[1]. 현재 연료용 연료전지 수명과 가격 목표는 40,000시간 이상, \$700/[kW]이하이다. 일본의 경우는 수명 2015년까지 수명 90,000시간 가격목표는 50만엔/[kW]을 목표로 국가적인 프

기술해설

프로젝트를 진행하고 있다. 아래 요약은 연료전지의 설치 계획을 요약한 것이다. 그림 13은 가정용으로 보급 중인 1(kW) PEMFC 실증실험 중인 현장을 나타낸 것이다(6).

- 용융탄산염형 : 대형 발전소, 대형건물 및 아파트의 분산전원용으로 이용
 - 2009년까지 250(kW)급을 모듈화하여 [MW]급 시스템을 개발할 수 있는 여건조성을 하여 실제 [MW]급 시스템제작 및 운영은 발전회사에서 추진하도록 함.
- 고체산화물형 : 효율이 가장 우수한 연료전지로, 최근에 소·중·대형으로 모든 분야에 이용 가능한 것으로 알려져 있으나 다른 연료전지에 비해 기술이 뒤쳐짐.
 - 1(kW)급을 개발(전력연구원)중이며, 2006년부터 5(kW)급을 기술개발하여 가정용으로 실용화 모색 및 용량확대를 통하여 대형발전용으로 연구추진
- 고분자전해질형 : 가정용, 이동용, 자동차용 등으로 이용하며, 최근에 가장 진보된 기술로 가정용으로 기술을 개발하여 보급
 - 1~3(kW)급 모니터링사업 및 보급을 통하여 상용화를 위한 저가격화실현 및 부품의 국산화율을 증대시켜 관련 산업 육성
 - 80(kW) 및 200(kW)급 승용차, 버스의 모니터링사업 및 보급을 통하여 상용화를 위한 저가격화 실현 및 부품의 국산화율을 높여 관련 산업 육성
- 서울의 신재생에너지 20[%] 보급을 통한 에너지 청정도 향상 및 에너지 자급기반 조성 일환으로 서울형 청정에너지 수소 집중 보급할 예정으로 2030년 700(MW)를 목표로 하고 있다. 또한 1(kW) 가정용 보급 사업으로 2008년 30기, 2009년 40기 설치하고 2030년까지 10만호(100(MW))를 목표로 하는 야심찬 계획을 가지

고 있다.

- 집단용 1,000~2,000세대 이상 공동주택, 연면적 5만(m²) 대형빌딩, 자원회수시설, 대규모 개발사업 등에 2030년까지 600(MW)(노원 2.4(MW) 등 5.2(MW), 마곡 10(MW) 등)를 설치할 계획이다.
- 폐열·여열·연료전지열병합발전 활용 집단에너지 200만호 공급하고 2천세대 이상 구역단에너지전지 열병합 발전시스템 500(MW)로 확충

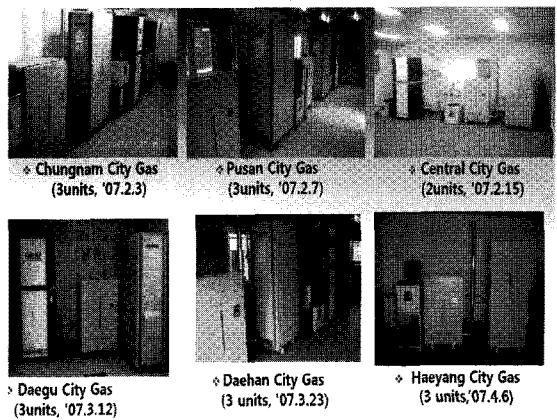


그림 13. PEMFC 건물용 실증실험

4.2 국외연구현황

4.2.1 독일

독일정부의 재정지원으로 수행된 Solar Wasserstoff-Bayern(SWB) 프로젝트는 태양-수소에너지를 이용하기 위하여 태양전지, 수전해에 의한 수소제조, 저장, 수소이용(연료전지, 보일러, 액체수소, 연료전지, 촉매연소) 등의 시스템기술 연구와 기기개발을 수행하였다. 이 사업의 예산규모는 Phase 1과 2(1986~1999)를 합쳐 145백만DM(약 6천만\$)가 소요되어 실증실험을 마친 단계이다. SWB 프로젝트의 시스템 구성을 살펴보면 다음과 같다.

- 태양전지 : Mono-Si, poly-Si, A-Si형

- 수전해시스템 : 2기의 알칼리 시스템(32 bar의 고압형과 1(bar)의 저압형으로 각 100[kWe]급) 및 1기의 고분자 시스템(1.5(bar)의 배출압력을 지니는 100[kWe]급)
- 촉매를 이용한 난방기 : 10[kWt]급의 보일러 1기 및 10[kWt]급의 흡수식 냉방기 1기
- 연료전지 : 정지형 인산형 시스템 (40[kWe]/15[kWt]), 이동가능 알칼리 시스템(6.5[kWe]), 이동가능 고분자 시스템 (10[kWe])
- 자동화된 액체수소 충전기기
- 금속수소화물 수소 저장시스템 (2×13[m³])

독일의 Phoebus project에서는 그림 14에서와 같이 30(kW)급 태양광 발전과 26(kW)급의 수전해 조 및 5(kW)급의 연료전지가 결합된 stand-alone power system을 갖추고 있음.

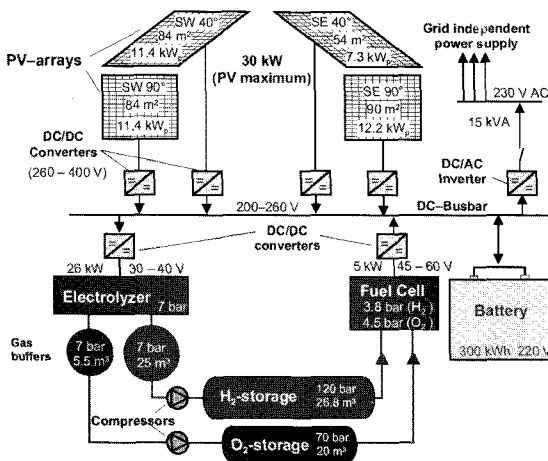


그림 14. 독일 Solar Wasserstoff-Bayern(SWB) 프로젝트 개요

4.2.2 미국

미국은 DOE 프로그램 등에 의해 하와이와 미시건, 그리고 애리조나 등에서 신재생에너지와 연료전지를 연계한 수소연료전지 공원 프로그램이 진행되고 있다. 그림 15는 미시건 사우스필드에 설치된 DTE

hydrogen park의 개념도로서 20여 가구에 전력을 공급할 수 있고 연료전지 승용차에 수소를 공급할 수 있는 태양광 이용 수소제조 및 연료전지 발전 시스템이 구축되고 있다. DTE에너지공원은 전체 적인 에너지 발생량을 500(kWh/day) 규모로 설정하고 다음과 같은 개별 시스템으로 구성된다.

- On-site용 재생에너지 시스템
- 170[kW]급 수전해조
- 5,000[psi]이상의 수소압축저장용기
- 25~75[kW]급의 연료전지 시스템
- 수소 스테이션

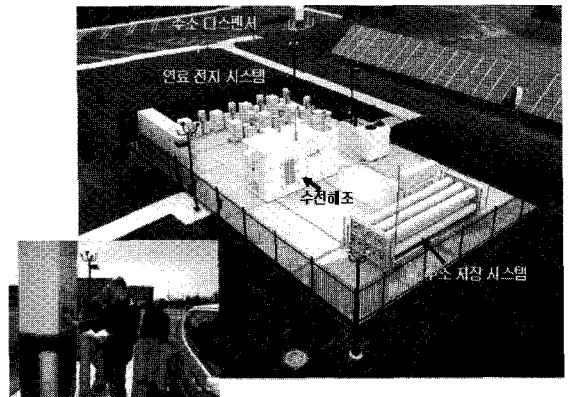


그림 15. 미국 DTE 수소 공원(사우스필드, 미시건)

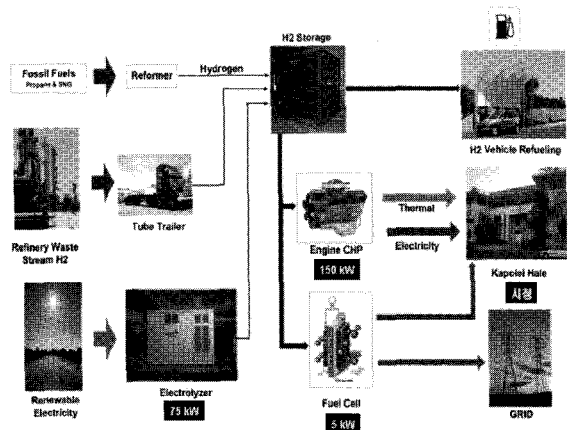


그림 16. 하와이 호놀룰루의 수소 공원

그림 16은 하와이 호놀룰루에 구축되고 있는 수소 공원 개념도로서 태양광, 풍력, 지열을 이용한 에너지 자립을 목표로 재생에너지원 수소제조 수전해장치와 연료전지가 연계된 시스템의 구축과 연구가 수행되고 있으며 구체적인 추진 목적은 다음과 같다.

- 재생에너지원으로부터 수전해시스템에 의한 수소 생산, 수소 저장 및 분배 시스템, 연료전지에 의한 계통전원 및 빌딩과의 연계 및 수소자동차의 시범운전 등으로 구성되는 수소공원의 조성 및 시범운전
- 에너지 매체로서의 수소의 역할을 보여주는 시범 단지
- 계통전원 및 빌딩과의 연계운전
- 관계법률 및 표준화
- 수소 인프라를 위한 문제점들 규명
- 수소 인프라 구축을 위한 경제성 평가

4.2.3 일본

일본은 도시가스에 비해 상대적으로 전기료가 비싸 일찍부터 가스엔진등소규모발전시스템에 대한 수요가 있어 왔다. 일본 정부에서는 건물용 연료전지시스템을 자동차용 연료전지와 더불어 신성장동력의 핵심기술로 선정하여 기술개발과 보급에 많은 지원을 하고 있다. 신에너지재단(NEF)은 일본 통산성의 하부조직이며 일본연료전지산업에 대한조사와 실증 프로젝트를 수립하는 역할을 수행해 왔으며 2000년도부터 연료전지 상용화 유인책 표준성능테스트 방법 획득 안전코드 및 표준 항목개발 규제완화를 위한 필요조건 등의 목적으로 도쿄와 오사카에 밀레니움 플라자를 개관하여 다양한 시스템을 운전 평가하였다. 또한 이 프로젝트를 확대하여 2002년에 12곳 2003년에는 가정용1[kW], 상업용 5[kW] 용량의 31기의 건물용고분자연료전지 실증시스템을 설치 평가하였다.

일본은 건물용 연료전지 상용화를 위한 표 4의 로드맵표를 통해 정부의 적극적 보급지원과 함께 실용화기술 개발 및 차세대기술개발을 위한투자기진행 중이다. 대규모 실증과 더불어 열화원인분석 등 기초기술에 대한 지속적인 연구개발을 함께 진행하고 연료전지스택 등 요소부품의 양산기술개발을 진행 중에 있다. 또한 시스템 가격인하를 위하여 2005년부터 3년간 펌프 밸브 센서류 등의 보조기기 국산화·공용화 개발을 진행하여 공용화 부품단가를 70[%] 낮추는 등 높은 성과를 이루었으며 이를 토대로 2008년 2부부터는 저전압대용 인버터 저가 열교환기 장수명수처리장치 개발과제를 추진하고 있다. 2005년부터 2008년까지 진행된 대규모 모니터링사업을 통해서 는 누적 3천기 이상의 연료전지시스템이 일본전역에 설치·운전되었으며 2009년부터 대규모 보급 사업을 통하여 연료전지시스템의 가격저감 및 상용화전략을 추진할 계획이다. 향후 2010년까지 총 용량 2.1(GW), 2020년까지 10(GW)를 보급한다는 야심찬 계획을 가지고 추진 중이다. 최근 파나소닉에서는 2015년 건물용 연료전지매출 1천억 엔을 목표로 연산 1만대 이상의 공장을 건설할 계획을 발표하였다. 미국과 일본 및 EU 등 수소·연료전지 선진국은 수소경제의 대두에 대비하여 자동차 및 가정용 연료 전지 개발, 수소에너지 인프라 구축 등에 주력하고 있는바, 자세한 내용은 표 5와 같다[7].

표 4. 일본의 건물용 연료전지

| | 2007년 | 2008년 | 2010년 | 2015년 | 2020-2030 |
|-----------|-----------------|------------|---------------|--------------|---------------|
| 발전효율 | 36[%] | 37[%] | 37[%] | 37[%] | 40[%] |
| 내구성 | 2만시간 | 4만시간 | 4만시간 | 4만~9만시간 | 9만시간 |
| 작동온도 | 70(°C) | 70(°C) | 70(°C) | 70~90(°C) | 90(°C) |
| 시스템 가격 | 약470 만엔/(kW) | 250만엔/(kW) | 70~120만엔/(kW) | 50~70만엔/(kW) | 40 만엔/(kW) |
| | | 회사별 1천대/년 | 회사별 1만대/년 | 회사별 10만대/년 | |

표 5. 주요국의 수소·연료전지 개발동향

| 내 용 | |
|-----|--|
| 미국 | 향후 5년간 Hydrogen Fuel Initiative와 FreedomCAR프로젝트에 총 17억 달러 투자 |
| 일본 | 2020년까지 연료전지자동차 500만대, 가정용 연료전지 570만대(1,000만(kW)) 등 보급 추진 |
| EU | 범유럽 차원에서 2002~2006년간 연료전지와 수소에너지에 21억 달러를 투입하였으며 프랑스, 독일 등 개별국가 차원의 지원도 병행 |
| 캐나다 | 연료전지 상업화 로드맵(2003년)에 따른 정부 차원의 육성 Ballard社등 세계적 기업보유 및 연료전지 클러스터 육성 |

5. 새로운 건물용 연료전지 적용기술-제로에너지시스템을 향하여

선진국을 중심으로 제로에너지 건물을 구축하기 위한 야심찬 계획을 추진하고 있다. 영국이 거주건물에 2016년부터 제로에너지의 의무화를 선언함으로써 시작되고 있다. 미국은 2020년부터 거주 및 비거주 건물 공히 제로에너지 시스템 구축을 의무화 예정이다. 한국은 2025년부터 거주 및 비거주 공히 제로에너지 건물의 의무화를 계획하고 있다. 이러한 관점에서 빌딩의 다양한 신재생에너지 원을 도입하는 하이브리드에너지시스템의 개발연구가 필요하며 이를 효과적으로 제어 운용하는 기술 및 최적 에너지 시스템 구축 기술이 절실하다. 제로에너지시스템의 도입이 의무화되는 시점은 전력변환기술의 발달과 DC 부하의 창출로 건물로부터 DC 공급시스템이 중요한 역할을 할 것으로 예상되며 이에 대한 연구와 개발도 매우 중요하다고 판단된다. 따라서 본 절에서는 현재 연구되고 있는 빌딩하이브리드에너지 시스템 특성을 소개하고 그 적용가능성에 대하여 기술하고자 한다.

5.1 PV 기반 FC하이브리드에너지시스템

태양광, 풍력(건물통합형 소규모 풍력)과 같은 신재생에너지원은 수요처의 전력 요구와 관계없이 자연 상황에 따라서 전력을 생산함으로써 수요와 공급의 에너지 불균형에 따른 이용효율의 저하가 있으며 신재생에너지의 지속적인 도입을 위하여 장기적으로 이와 같은 문제 해결의 중요성이 매우 크다. 그 대표적인 것이 DC-bus기반 풍력-수소하이브리드에너지시스템(8)과 PV-수소하이브리드에너지시스템(9-10)이다. 이의 불리도를 그림 17과 그림 18에 각각 나타내었다. 이 시스템의 전력제어는 PV-수소와 WT-수소하이브리드시스템과 같으며 단지 DC-bus에서 WT발전전력이 추가되어 PV와 보완성을 가질 수 있는 장점이 있다. 현시점에서는 WT 때문에 설치장소의 제한성을 가지는 단점이 있으나 현재 도심지 및 건물 통합형 소규모 수직형 풍력발전시스템도 활발히 개발되고 있으며 실용화 되어 운전되고 있다(7). 이 시스템은 도서 및 해안가과 일사량의 바람의 질이 좋은 지역에서 통합하여 연료전지-수전해장치 및 일정 전력제어를 위한 UC bank로 구성된 시스템이다. 도심지 건축물을 중심으로 태양광시스템은 일체형 PV 시스템과 같이 현재 건물의 에너지 문제를 해결하기 위하여 매우 중요한 국가적 과제이고 제로에너지빌딩 확보차원에서 광범위하게 설치될 전망이다. 또한 연료전지시스템도 그린빌딩 구축을 위하여 그 장점 때문에 매우 중요한 신재생에너지시스템으로 평가되고 있으며 소규모의 주택용에서 중규모의 건물용과 지역형이 설치 운전되는 추세이다. 신재생에너지의 공급과 수요의 불균형을 해결하기 위해 백업 전원용 전력 시스템이 필요하며 현재까지는 주로 이차전지와 SCB 등 저장장치가 사용되어 왔으나 고효율 연료전지의 개발과 더불어 대용량 에너지 저장에 유리한 수소를 잉여전력으로부터 물에서 수소를 얻는 복합 수전해시스템기술이 이상적인 시스템으로 고려되고 있

다. 수소 연료전지와 신재생에너지원 복합 시스템은 태양광 및 풍력시스템으로써 전력수요 이상의 전력을 생산하는 경우에 여분의 전력을 이용하여 수소를 제조하여 저장해 두었다가 태양광 및 풍력의 출력이 전력수요보다 작은 경우에 연료전지를 이용하여 전력을 생산 하도록 하는 전력 생산 및 공급 시스템이다. 즉 수전해장치와 연료전지는 일종의 에너지의 저장시스템으로서, 태양광 및 풍력의 잉여전력을 수전해장치를 이용하여 물을 전기분해하여 수소형태로 저장해 두었다가 밤이나 풍력 에너지를 얻을 수 없는 경우에 저장해둔 수소를 이용하여 연료전지에 공급하여 전기를 발생하게 된다. 수소제조 및 발전장치를 위해서는 연료전지와 수전해장치가 일체형으로 구성되어 하나의 셀에서 전기분해와 발전을 수행할 수 있는 일체형 재생연료전지(URFC: Unitized Regenerative Fuel Cell)와 연료전지와 수전해장치가 구분되어 별도의 장치로 구성된 일반적인 재생형연료전지 시스템을 고려할 수 있다. 수소를 이용한 에너지 저장 및 발전은 작게는 재생형연료전지 시스템으로 국한시켜 고려할 수 있으나 크게는 신재생에너지와 기존의 발전 설비와 연계된 복합발전시스템으로서 수소 에너지공원과 새로운 비즈니스 모델인 이용한 마이크로그리드발전 시스템까지 확대시킬 수 있는 개념으로 앞으로 전개될 수소 에너지 사회에 핵심이 될 수 있는 기술이다.

연료전지 발전시스템은 기존의 에너지 변환 방식에 비하여 고출력, 무공해, 무소음의 열병합 발전시스템으로서 연료로 수소를 사용하여 전기 화학적 반응에 의하여 전기를 생산하는 방법이므로 특히 환경 친화적이라는 측면에서 그 중요성이 커지고 있다. 또한 수소 에너지 이용기술인 연료전지 시스템은 앞으로 예상되는 급격한 전력 및 에너지 소비 증가에 따른 에너지 고갈과 점점 더 심각해지는 환경 문제를 해결할 수 있는 최선의 대안으로서 부각되고 있는 상황이다. 특히 대부분의 에너지를 국외로부터 수입하는 우리나

라의 경우 연료전지와 같이 에너지 이용 효율이 높은 에너지원의 보급 및 확대가 중요하다고 할 수 있다. 연료전지 시스템을 위해서는 연료로 사용하는 수소의 경제적, 환경 친화적 공급기술이 동반되어야 한다. 단기적인 관점에서는 탄화수소 화합물의 개질반응에 의한 수소 생산이 경제성 측면에서 쉽게 접근할 수 있는 방법이다. 하지만 궁극적으로 화석연료를 배제한 수소 경제 사회를 대비하여 풍력, 태양광, 지열과 같은 신재생에너지원과 연계된 수전해 방법이 수소를 생산하는 가장 효과적인 공정으로' 예측된다. 신재생 에너지원은 지리적 편중성 혹은 기후 의존성 등으로 인하여 안정된 전력생산이 불가능하며 이러한 단점을 보완하기 위해서는 잉여 전력을 이용한 수전해장치로 인하여 전기를 수소 형태로 저장해 둬으로써 연료전지를 이용하여 안정된 전력공급을 가능케 할 수 있다. 본 연구의 제로에너지 타운 및 제로에너지빌딩에 연료전지와 수전해시스템 이용 에너지 저장 및 발전시스템을 구축하기 위하여 우선적으로 선진국에서 신재생에너지와 수소연료전지시스템의 통합에너지 구축을 위해 활발히 시범사업과 연구가 병행하여 진행되고 있다.

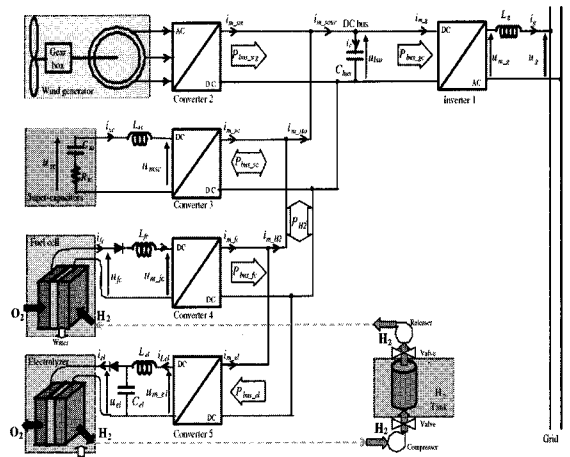


그림 17. dc-bus 기반 WT-수소하이브리드에너지시스템 계통도

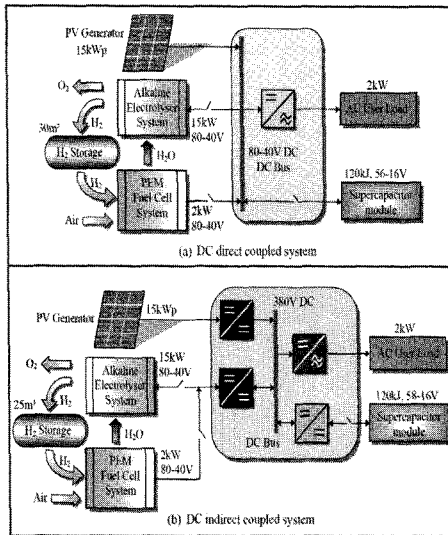


그림 18. dc-bus 기반 PV-수소 하이브리드에너지시스템 계통도

MAS기반 제어 및 관리시스템을 구성하면 아주 신뢰성 있는 시스템을 구성할 수 있다(11-12). 이 시스템은 현재 교류시스템에 적합하게 적용될 과도기적 모델이라 판단되며 특히 컨버터시스템 매우 복잡하게 구성되기 때문에 이 시스템 제어에 큰 어려움이 있다.

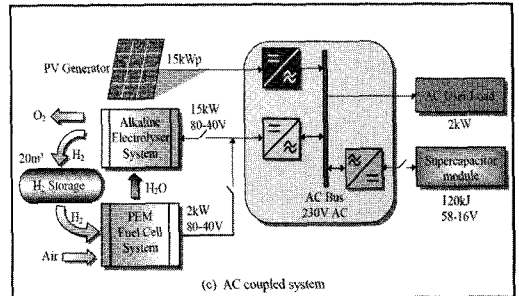


그림 19. AC coupled system of PV-hydrogen hybrid system

5.2 FC기반 AC-bus 하이브리드에너지 시스템

PV-FC 하이브리드 시스템의 각각의 마이크로소오스와 SCB는 최종적으로 인버터에 의하여 AC bus에 접속되어 운전된다. 그림 19는 전체적인 블럭도를 나타낸 것이며 이 구성에 핵심요소는 인버터이다. 이 인버터는 출력전압과 주파수를 안정하게 유지하도록 하고 남은 잉여전력을 수전해장치를 가동하는 전력을 반대로 보내(backward, AC/DC 컨버터) 수소를 생산하고 이를 수소저장장치에 저장하는 시스템이다. 이 방식은 다른 AC 전원이나 부하는 AC bus에 컨버터 없이 직접 연결된다. 이 시스템은 아주 용이하게 에너지 수요에 대응하여 마이크로소오스 및 시스템을 확장할 수 있다. 이 시스템은 아주 많은 장점을 가지고 있다. 즉 확장성, 기존 전력회사 계통과의 경쟁의 용이성, 코스트의 저감 및 간단한 설계 및 설치를 위한 모듈화 용이성 등이다. 특히 시스템 컴포넌트의 크기 및 전 시스템 제어와의 상호관계가 없기 때문에 확장성에서 유리하다. 그러나 이는 새로운 제어 및 관리 시스템의 분산성을 요구하며 이를 위하여 분산형

6. 결 론

현대 건축물·시설물은 경제성장과 질 높은 거주(작업)환경의 요구에 따라 고층화, 대형화 그리고 기능이 다양화하고 있으며 이에 대부분의 건물의 에너지를 운영하는 건축설비의 기능과 역할이 고급화, 체계화, 자동화, 지능화되고, 더나가 지구환경의 위기를 인식함에 따라 그린화로 적극 추진되고 있다. 이를 충족시키기 위하여 빌딩설비·자동화, 정보통신, 영상시스템, 사무자동화가 통합된 서비스를 요구하는 지능형빌딩(Smart building)의 보편화를 넘어 범지구적 환경문제에 기인한 그린빌딩(green building)과 zero energy house 시대라 요약할 수 있다. 이제는 에너지를 “저 탄소 생산하고” “저 손실 전송해야 하며” “고 효율 활용” 할 수 있는 기술과 사회 구조로 들어서고 있다. 지난 20년은 IT로 급성장한 시대였다면 향후 20년은 에너지와 그린(green)이라는 기술로 새로운 세상을 열 것으로 판단된다. 건물의 제로에너지시스템을 향한 기술로 연료전지의 기술개발 실용화

기술해설

는 장래 국가 에너지 산업에 매우 핵심이라 판단된다. 현재 연료전지 실용화에 필요한 것은 고출력 밀도화, 가격저감, 내구성향상 등의 기술로 전세계적으로 이에 대한 연구개발이 국가적인 총력 체제로 진행하고 있다. 우리는 현재 국가에서 진행중인 핵심기술개발과 저코스트화가 진행됨에 따라 연료전지를 활용한 빌딩의 다양한 에너지시스템 구축기술 개발에 전략적 접근이 요구된다. 이는 다른 에너지시스템과 전혀 다른 수소시대의 에너지원으로 핵심적인 분야이기도 하기 때문이다. 따라서 연료전지와 태양광발전시스템을 기반으로 전개될 빌딩 DC 공급시스템, 그린빌리지 및 그린타운에너지시스템도 전기엔지니어가 관심을 가지고 적극 개발에 적극 동참하는 것이 무엇보다도 중요하다고 할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 이원용, "소형연료전지시스템 건물적용기술", 한국설비기술협회지(설비/공조, 냉동, 위생) 2005. 5월.
- [2] 황정택, "건물용연료전지 열병합시스템", NEWS & INFORMATION FOR CHEMICAL ENGINEERS, Vol. 27, No. 1, 2009.
- [3] 최세환, "연료전지발전시스템에서의 전력전자기술", 電力電子學會誌, 第8卷, 第4號, 2003年8月.
- [4] W. Kramer, et al., "Advanced Power Electronic Interfaces for Distributed Energy Systems -Part 1: Systems and Topologies", Technical Report NREL/TP-581-42672, March 2008.
- [5] Jin Woo Jung, "MODELING AND CONTROL OF FUEL CELL BASED DISTRIBUTED GENERATION SYSTEMS", Ph. D. Dissertation, The Ohio State University 2005.
- [6] 윤영기, "건물통합 연료전지", Journal of the KARSE, wp 27 권, 제 10호, pp. 74-79, 2010.

- [7] Won Pyo Hong, "Multi-agent system based control and management technology for a small scale building microgrid", Final report(지식경제부), (2009T100201253), 2010.8월.
- [8] Tao Zhou, Bruno Francois, "Modeling and control design of hydrogen production process for an active hydrogen/wind hybrid power system", International journal of hydrogen energy 3 4, pp.21-30, 2009.
- [9] M. H. Nehrir, "Modeling and Control of Fuel Cells" John Wiley & Sons, 2009.
- [10] Abou El-Maaty Metwally Metwally Aly Abd El-Aal, "Modelling and Simulation of a Photovoltaic Fuel Cell Hybrid System", Ph.D Dissertation, Electrical Engineering, University of Kassel in Germany, April 15, 2005.
- [11] O.C. Onar, M. Uzunoglu, M.S. Alam, "Modeling, control and simulation of an autonomous wind turbine/photovoltaic/fuel cell/ultra-capacitor hybrid power system," Journal of Power Sources 185, pp. 1273 -1283, 2008.
- [12] F.Katiraei, et al., "Microgrids Management", IEEE Power & Energy Magazine, May/June 2008.

◇ 저 자 소 개 ◇



홍원표(洪元杓)

1956년 5월 15일생. 1978년 숭실대 전기공학과 졸업. 1989년 서울대학교 대학교 전기공학과 졸업(박사). 1979~1993년 한전전력연구원 선임연구원. 2007~2008년 UBC 방문교수. 현재 한밭대학교 건축설비공학과 교수. 본 학회 이사 및 편수위원. 대한설비공학회 에너지전문위원. 주요 연구분야는 펄드버스제어 네트워크 적용. Green Building과 에너지 및 Smart space 구축기술임.