

분산형 발전방식과 연료전지



4

글 ■ 임희천 / 한전 전력연구원 신기술센터, 부장
e-mail ■ fclim@kepri.re.kr

이 글에서는 분산형 전원으로 연료전지 발전기술이 가지고 있는 특성에 대하여 간략히 설명하고자 하며, 보다 기술적인 내용은 이미 언급된 연료전지 기술 특집을(기계저널 4월호 참고) 참고하기를 바란다.

화석연료를 주요한 연료로 사용하고 있는 발전 분야에서의 주요한 현안은 자원의 고갈 및 화석 연료 사용으로 인한 지구환경 문제 등으로 이를 해결하기 위한 방안으로 고효율 저공해 새로운 발전 방식에 대한 관심이 크게 대두되고 있다. 또한 전 세계적인 에너지 시장 자유화는 에너지 수급 안정성에 대한 강화 방안이 필요하게 된다. 이러한 배경에 따라 선진국에서는 발전분야 전원 설비 구성이 중앙 집중식 대형 발전 시스템에서 효율적인 에너지이용이라는 면에서 소형 분산형 전원형태로 진행되고 있다. 분산형 전원은 기존의 디젤엔진 및 가스터빈 등 외연기관과 태양광, 풍력과 같은 재생에너지원 그리고 연료전지 및 마이크로 가스터빈 등 새로운 형태의 발전방식을 포함하고 있는데 전력계통과 연계되거나 독립적인 방법으로 사용될 수 있다. 이러한 분산전원은 에너지의 종합적이고 계통적인 이용을 통하여 에너지 이용 효율을 높일 수 있어 앞으로 보급이 더욱 활성화될 전망이다. 연료전지는 이러한 분산형 전원의 대표적인 기술로서 이 글에서는 분산형 전원으로 연료전지 발전기술이 가지고 있는 특성에 대하여 간략히 설명하고자 하며 보다 기술적인 내용은 이미 언급된 연료전지 기술 특집을(기계저널 4월호 참고) 참고하기를 바란다.

분산형 발전방식이란 최종 수요지 또는 수요지 근처에 설치되어 있는 소형 발전설비(30 MW 이 내)로 기존의 전력계통에 연결되거나 독립적으로 운용되어 수요자요구에 맞는 경제적 운전을 하는 발전장치로 설명되고 있다. 분산형 전력 공급 형태는 초기 소규모의 지역 공급 시스템이 대규모 발전 시스템에 의한 공급체제로 변환되었고, 이들 대형시스템이 얻을 수 있었던 이익들이 전력 계통 신뢰도, 청정 천연가스 연료 활용, 대기오염 규제 및 무 정전 전원장치와 같은 소형 시스템의 가치 증대로 분산형 전원으로 다시 전환되고 있는 것이다.

분산형 발전 방식은 기술, 설비 형태, 이용형태 및 기술 발전 유무에 따라 여러가지 형태로 나눌 수 있다. 실제로 분산형 전원은 공급자 혹은 에너지 수요자 측에서 이전부터 왕복 동 내연기관, 소형 가스터빈 등을 비상용 전원 혹은 열병합 전원 등으로 활용되어 왔다. 최근에는 기술 진보에 따라 새로운 분산 전원으로 연료전지(fuel cell), 마이크로 터빈(micro gas turbine) 등 신 발전 방식과 태양광 발전, 풍력발전 등 대체에너지 전원

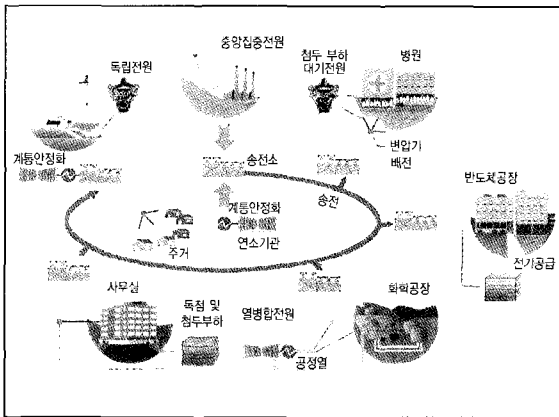
표 1 분산형 전원의 분류

분류기준	분산형 전원 형태
발전기술	기존기술 : 왕복동 내연기관, 가스 터빈, 가스엔진, 디젤엔진, 소수력 신기술 : 마이크로 가스터빈, 연료전지, 태양광, 풍력, 전력 저장 (2차전지, Fly-wheel, 초전도)
이용형태	발전전용, 열병합발전, 저장 및 발전
계통연계운전	연계 운전형, 단독 운전형

표 2 소형 분산형 전원의 특징

구분	특징
건설입지 및 도입조건	- 건설 입지난 해소 - 건설 공기 단축 - 비교적 간단한 유지 보수 관리
전력공급	- Peak Shaving 등 전력 수급 변동에 능동적 대응대형 - 발전설비 가동율 개선 효과 - 계통 고립지역 및 재해 등 긴급시 전력 공급
기술 특징 (에너지절약 및 환경 특성)	- 우수한 종합 에너지효율(열병합 등 배열이용 가능) - 송전손실 및 설비비 저감 - 고효율 발전 및 저공해 설비를 통한 환경 설비비 저감
경제효과	- 불확실한 에너지수요 전망에 대한 자본 투자 전략 - 대형 설비(플랜트, 송전망)투자 곤란 회피 - 연료의 다양화를 통한 가치 창출 - 전력시장, 에너지 시장 자유화 대응

문제 등에 따라 입지확보가 어려워 설비의 신설 및 증설이 어려워지고 있다. 이러한 문제에 대응하는 방법으로 건설기간이 짧고, 투자비도 적으며 전력수요에 능동적으로 대응할 수 있는 방안이 바로 분산형 전원을 적용하는 것이다. 특히 전 세계적인 전력 산업분야에서 규제 완화 및 전력시장 자유화 등 전력산업 구조 조정은 저공해 고효율 소형 분산 전원을 이용하는 새로운 발전 사업자의 등장을 가져오고 있어 분산전원의 도입은 더욱더 활성화되고 있다.



분산형 전원의 적용범위

이 활발히 보급되고 있다. 또한 분산 전원은 계통과 연계 여부에 따라 연계형, 단독 운전형 등으로 구분되기도 하고 이용형태에 따라 발전 전용, 열병합용, 예비전원 전용 등으로 구분하기도 한다. 표 1은 분산형 전원의 종류를 다양한 형태로 나타내고 있다.

이러한 분산전원의 필요성은 지금까지 전원개발은 대규모 발전설비를 통하여 경제성을 높이는 방법이었으나 최근 대규모 전원개발은 지구환경

화되고 있다.

분산형 발전 방식의 도입은 우선 건설입지 용이성과 이로 인한 투자비 감소 등을 통하여 대형 발전 방식이 가지고 있는 문제점을 해결할 수 있다는 점이다. 또한 침두 전력 공급을 통하여 전력수요에 능동적으로 대응할 수 있고 더불어 대형 발전 설비 가동율도 개선시키는 역할을 할 수 있다. 또한 열병합 및 고효율 발전을 통하여 에너지 절약효과 및 천연가스 등 청정에너지의 이용 및 고효율 운전에 의한 이산화가스 저감을 통한 환경문제에 대응할 수 있다. 이외에도 전력산업 자유화 경향에 따른 불확실한 에너지 수요 전망에 대비할 수 있는 자본 투자의 방법으로 그리고 전력시장 및 에너지 시장의 자유화에 대한 대비책으로 활용이 가능하다. 한편 전력 공급자 및 수요자의 관점에서 본다면 분산형 전원의 역할은 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 열병합 발전(combined heat and electricity)
- 예비 발전 설비(standby power)
- 침두 부하 절감(power shaving)
- 전력 공급망 신뢰성 향상(grid support)
- 독립 전원 공급(stand alone, grid isolated)

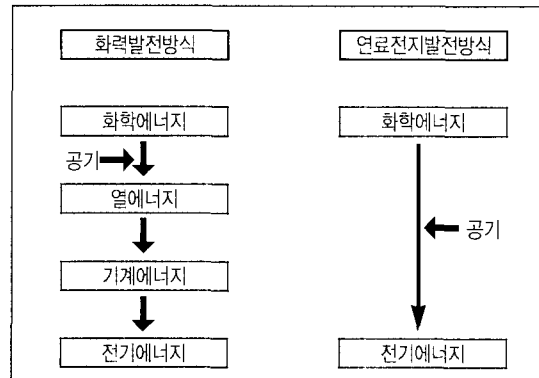
분산형 연료전지 발전기술

개요

연료전지 발전방식은 고효율 저공해 발전방식으로 분산형 소형 전원 및 신 발전 방식으로 그 가능성이 가장 큰 발전방식으로 제시되고 있다. 연료전지 발전의 원리는 물의 전기분해의 반대되는 반응, 즉 수소와 산소를 반응시켜 전기와 물을 발생시키는 발전장치로서 수소는 천연가스, 석탄으로부터 개질하여 얻고, 산소는 공기로부터 얻을 수 있다. 이러한 발전방식은 전기화학 반응에 의한 직접 발전방식이기 때문에, 종래 발전방식에 비하여 에너지 변환효율이 높다는 것이 특징이다. 특히 용량이 적거나, 부분부하에서도 높은 효율을 나타내며 배열을 이용하는 경우에는 80% 이상으로 효율을 높일 수 있다. 또한 연료전지 발전은 다양한 연료의 이용이 가능한데, 특히 고온 연료전지인 경우 석탄 정제가스등을 이용할 수 있는 특징이 있다. 연료전지의 용도는 주로 발전용이나 일정한 지역 혹은 건물 내에 열과 전기를 동시에 공급할 수 있는 열병합발전과 낙도 전원, 전기자동차 등 그 용도가 다양하다.

연료전지의 특징

연료전지가 가지고 있는 가장 큰 특징은 위 그림에서도 알 수 있는 것과 같이 직접 발전방식이기 때문에 에너지 변환효율이 아주 높다는 점이다. 이론적으로 연료전지 발전방식은 80% 이상 높은 전기에너지 변환효율을 기대할 수 있지만 실제로는 저항 성분으로 인하여 50% 정도의 전기적 효율을 얻을 수 있다. 그러나 발전시 배출되는 배열을 이용하여 증기를 생산하고, 공정 열, 난방, 냉방 등에 활용하거나 복합 발전용 열원으로 이용하는 경우에는 더욱더 높은 열효율을 얻을 수가 있다. 두 번째로 연료전지가 갖는 특성은 환경 친화적인 발전방식이라는 점이다. 연료전지 발전은 기존의 열기관과는 다르게 연소과



연료전지와 기존화력발전 방식과의 차이

정을 거치고 있지 않아 공해물질의 배출이 적다. 특히 연료전지 발전방식에서는 일반적으로 열기관에 의한 발전시 고온 연소시 발생하는 NOx는 연료전지의 동작온도가 낮아 발생량이 적고, SOx도 연료로부터 근원적으로 제거하여 공급하기 때문에 발생량이 없어 아주 깨끗한 발전방식으로 알려지고 있다. 또한 연료전지 설비는 직접 발전방식으로 주요설비가 엔진 등과 같은 회전 기기로 되어 있지 않아 소음 및 진동 등의 공해요인도 줄일 수 있으며 기존의 화력발전 방식과 같이 온배수에 의한 영향을 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다. 이외에도 연료전지 발전은 통상의 발전기가 최대출력 발생시 최대 효율을 얻을 수 있는데 반하여 부분 부하시에도 전압의 상승에 따른 내부저항 손실이 적어 높은 열효율을 얻을 수 있으며 부하 상승시 부하 추종성이 좋다는 전기적 특성을 함께 가지고 있다. 이상의 연료전지 특성을 요약하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

- ① 발전효율이 높고 폐열을 이용할 수 있다.
- ② 저공해, 저소음 발전방식이다.
- ③ 부분부하에서도 효율이 높다.
- ④ 소형에서도 효율이 높다
- ⑤ 모듈화할 수 있어 쉽게 이설 및 증설이 가능하다.

연료전지는 전해질의 종류 및 동작온도에 따라



표 3 연료전지의 종류

구 분	고체고분자 전해질	인산형	용융탄산염형	고체전해질형
전 해 질	Nafion	인산	용융탄산염	안정화지르코니아
이온종류	H ⁺	H ⁺	CO ₃ ⁻²	O ⁻²
동작온도	50~80°C	160~220°C	600~700°C	~1000°C
연 료	NG, 메탄올, H ₂	NG, 메탄올, LPG	NG, 석탄가스	석탄가스 등
적 용	자동차, 가정용	현지설치	대형화력, 분산형	대형, 분산, 소형
효율(전기)	45~60	35~45	45~50	50~60

분류하게 되는데 연료전지 발전 플랜트로서 적용 가능성이 있는 형식으로는 인산형(PAFC), 용융탄산염형(MCFC) 그리고 고체산화물형(SOFC) 및 고체 고분자 전해질형 연료전지 등이 있다. 인산형 연료전지는 전해질로 농인산을 사용하며 동작온도는 190°C 정도이다. 전극은 탄소와 Tefron으로 되어 있는 다공성 구조 위에 촉매로서 백금을 이용한다. 연료로는 천연가스나 납사 등을 개질한 수소를 사용하며 발전효율은 35~40% 정도이고 연료중의 불순물로 CO 및 H₂S 등의 피독현상이 문제점으로 지적되고 있다. 이러한 인산형 연료전지는 다른 어떤 연료전지보다도 기술개발에 앞서 있으며, 현재 전력사업용 실용규모 플랜트 외에도 건물 열 병합이나 분산형 전원으로 전력회사 및 가스회사 등에 도입이 되고 있어 실용화를 눈앞에 두고 있다.

한편 인산형 연료전지보다 높은 발전효율을 얻을 수 있는 용융탄산염 연료전지는(이하 MCFC : Molten Carbonate Fuel Cell) 분산배치 형태 혹은 화학발전소 대체용 전원으로 더욱 유망하다. 즉 MCFC 발전시스템은 앞으로도 계속적으로 이용가능한 석탄을 자원으로 하는 석탄가스를 이용할 수 있으며, 또한 작동 온도가 고온이기 때문에 발전효율이 높고 배열을 이용하여 복합발전으로 사용할 수 있다는 점에서 무공해의 대규모 상용 발전 플랜트로서 보급될 가능성이 크다

고체전해질 연료전지는 ZrO₂ 등의 고체산화물

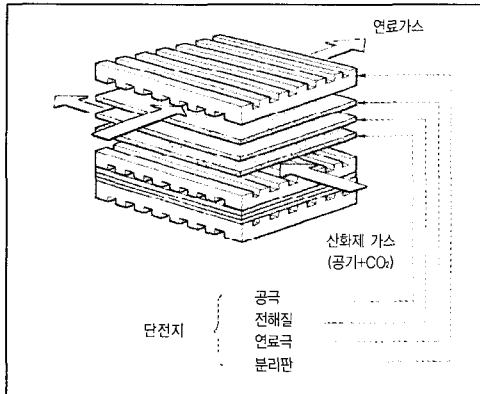
을 전해질로 이용하기 때문에 액체 전해질로 인하여 생기는 제반 문제점을 해결할 수 있으며 용융탄산염 연료전지가 가지고 있는 모든 장점을 다 가지고 있는 반면에 용융탄산염에서는 반드시

필요한 가스 리사이클 시스템을 필요로 하지 않는다는 또 다른 장점도 가지고 있다. 동작온도는 1,000°C로서 높은 열효율을 가지고 있으나, 높은 온도에서 견딜 수 있는 고온재료의 개발 혹은 저온에서 동작되는 형태의 개발이 필수적이고 열 사이클에 취약한 세라믹을 보완할 수 있는 재료 개발 및 전극면적 대면적화가 주요한 과제이다. 현재 미국에서는 원통형의 스택이 개발되고 있으나 일본 유럽 등지에서는 평판형의 개발이 주를 이루고 있다.

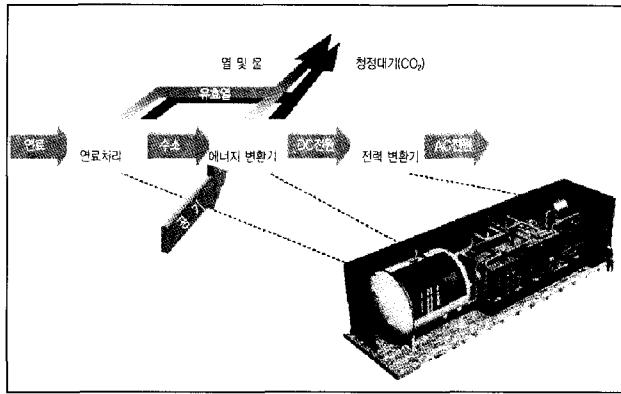
고체 고분자 전해질 연료전지는 전해질이 고분자라는 고체로 되어 있고 PEFC 또는 PEM로 불리기도 한다. 이 연료전지는 1950년대 후반 미국의 General Electric사에서 개발하여 1kW급 연료전지를 제미니 우주선에 탑재하여 운전한 것으로 현재에는 이러한 우주선외에 무공해 자동차 동력원으로 개발이 활발하게 진행되고 있으며, 분산형 전원으로 가정용 및 독립 전원용으로 개발이 진행되고 있다. 기본적으로 이 연료전지 역시 전해질과 전극으로 구성되고 있는데 전해질 재료로는 ion 교환기와 sulfonic acid 기를 갖고 있는 이온교환 수지를 이용한다. 표 3은 전해질의 종류와 동작온도에 따라 분류한 연료전지의 종류를 보여주고 있다.

연료전지 발전시스템 구성

연료전지 발전시스템은 전기를 생산하는 연료전지 본체(fuel cell power section) 연료인 천연가



연료전지 스택의 일반적 형태



연료전지발전 시스템 구성

스, 메탄올, 석탄, 석유 등을 수소가 많은 연료로 변환시키는 개질장치(reformer) 등을 포함하는 연료 처리계(fuel processor), 발전된 직류전기를 교류전기로 변환시키는 전력 변환장치(power conditioner)가 주요한 구성요소이며 이외에도 제어장치(control system) 및 배열이용 시스템(heat recovery system) 등이 추가된다. 연료전지 단위전지(cell)는 기본적으로 전해질이 함유된 전해질판, 연료극, 공전극, 그리고 이들을 분리하는 분리판 등의 단위전지로서 구성된다. 단위전지는 그 전압이 아주 낮아 이를 여러 장 쌓아 필요로 하는 만큼 전압을 상승시켜야만 전기를 사용할 수 있다. 이를 위하여 단위전지를 수백장 직렬, 혹은 병렬로 연결하여 연료전지 스택을 구성한다.

연료 처리계는 연료전지에서 필요로 하는 연료 가스를 공급하는 장치로서 사용되는 연료 특성에 따라 다르게 개발되고 있다. 천연가스를 이용하는 경우 천연가스를 수증기로 개질하여 수소와 일산화탄소를 얻고 이들 연료가스에 의하여 발전한다. 석탄을 연료로 사용하는 경우에는 석탄을 가스화하여 일산화탄소 및 수소를 발생시키는 석탄가스화장치와 이러한 석탄가스 내의 불순물인 황화합물, 할로겐 화합물을 제거하기 위한 석탄

가스 정제시스템을 필요로 한다.

전력 변환장치는 직류로 발생되는 전기를 교류로 변환시키는 장치로서, 인버터 전류를 변환시키는 방법에는 자력식과 타력식이 있는데 연료전지 인버터에서는 자력식을 많이 사용하는 것으로 알려지고 있다.

분산형 전원으로 연료전지 역할

분산형 발전방식으로 연료전지 역할은 고품질의 열 및 전기를 요구하는 수요자 요구에 부응할 수 있는 발전 방식으로, 그리고 전력사업자의 입장에서는 송배전 설비의 사용을 절약하며 발전사업자의 경우에도 적은 투자비로 짧은 건설기간에 지구 환경문제에 대응하는 발전 설비로 그 역할이 더욱 더 증가되고 있다. 현재 전력산업이 수직형 중앙규제 형태에서 시장 주도의 발전 방식으로 전환하여감에 따라 분산형 전원으로 연료전지 역할도 전력산업 구조 주체들인 발전회사, 송전 및 배전 회사에 맞게 발전되어 나아갈 수 있을 것으로 생각된다. 이와 같은 새로운 전력산업 구조 하에서 연료전지 역할을 표 4에 그리고 발전 분야에 있어서의 연료전지 적용 분야를 표 5에 나타내고 있다.



연료전지 국내외 개발현황

연료전지는 1834년 영국 David Grove경이 그 원리를 확립하여 개발이 시작되었다. 본격적인 실용화는 미국이 제미니 우주선 및 아폴로 우주선 등의 전원으로 개발하면서부터이다. 미국은 이들 연료전지 개발 경험을 근간으로 하여 본격적으로 전력 및 가스사업용 상용전원으로서 개발을 시작하였다. 린산형 연료전지의 경우 미국 IFC사에서 전력 사업용으로 11MW급 설비를 개발하여 일본 東京電力 고이 화력 발전소에서 운전시험을 완료하였으나, 전력사업용보다 열 병합용 현지 설치형이 실용화되고 있다. 가장 앞선 기술

을 가지고 있는 회사는 미국의 IFC사로 200kW급 PC-25를 개발, 미국, 일본, 유럽 및 국내에 300여기를 공급하여 운전 실증시험이 진행되고 있다. 일본 역시 인산형 연료전지의 경우 개발보다 보급을 우선하는 정책을 진행하고 있는데 '92년부터 2002년도까지 연료전지 운용은 총 24대로 누적 운전시간으로 40,000시간 이상이 총 다섯 대 그리고 20,000시간 이상이 14대로 설비 신뢰성을 확인시켰다. 현재 운전 중인 설비로는 현지 설치형인 경우에는 100kW급에서 200kW급까지 23기로 4,300kW가 설치되어 운전 중인 것으로 알려져 있다.

표 4 새로운 전력산업 구조하에서의 연료전지의 역할

구분	역할	필요성	형식, 규모
발전회사	- 고효율 전원공급 - 대형발전설비	- 낮은 전력 예비율 확보용 - 침투 부하용 전원 - 저비용 고효율 대형 전원	- MCFC, SOFC - MW ~ 100 MW
송전회사	- 전원송전 - 발전사업자, 소비자연결	- 신뢰성 확보(계통부하보조) - 침투부하 공급 - 송배전 설비비 저감	- PAFC, MCFC, SOFC - PEMFC - 1 ~ 50MW
배전회사	- 소비자에 전원공급	- 열 및 전기 공급 - 무 정전 전원 공급 장치 - 에너지 비용 저감 - 저 코스트 전기	- PAFC, MCFC, SOFC - PEMFC - 200 ~ 2MW,
소비자	- 최종 수요자 (상업 및 업무용)	- 난방 및 냉방 수요 - 고품질, 신뢰성 요구 - 독립 부하용	- PAFC, MCFC, SOFC, - PEMFC - 2 ~ 200kW

표 5 전력산업 발전 분야 연료전지 적용

구분	내용
높은 전기적 효율(55~60%) ○ MCFC, SOFC 단독 시스템 ○ IGMCFC, IGSOFC	○ 가스터빈 복합 발전 기술과 기술 및 가격경쟁력 확보 ○ 화력발전 기술중 가장 좋은 열효율 확보
모듈화 설비 ○ 250kW ~ 5MW 설비 ○ 50MW 이상 복합 발전	○ 분산형 전원, 노후화력 대체용 전원 ○ 도심 지역 설치 ○ 대형 중앙 집중형 전원으로 보급
연료의 다양성 ○ 천연가스, 석탄가스, 메탄올, 바이오가스	○ 잠재적 가체량이 풍부한 석탄을 활용하는 발전 설비로 적용

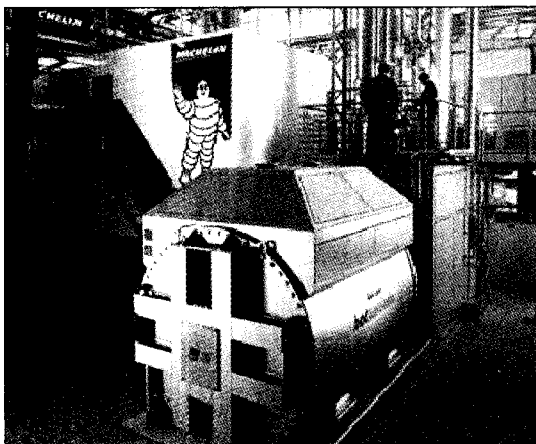
용융탄산염형의 경우 미국에서부터 석탄의 새로운 이용기술의 하나로 개발을 시작하고 있는데, 미국 FCE (Fuel Cell Energy : 구 ERC)의 경우 산타 클라라시에 2MW급 MCFC 발전 Plant를 '96년부터 '97년까지 7,000여 시간의 운전을 마쳤고, 1998년부터는 상용형 250kW 급 시스템을 LA LADFWP 사무실과 Alabama 벤즈사 공장 등에서 실증운전을 진행하고 있으며 MW급 실증시험이 준비되고 있다. 미국 FCE사의 경우 이미 12MW 정도의 주문을 받

아 공장 건설을 서두르고 있으며 연산 50MW 규모의 공장 건설을 진행하고 있다. 일본의 경우, New Sunshine 계획에 따라 100kW급 실증시험을 완료하고, 이어 1997년까지 MW급 실증설비를 중부전력의 가와고에 발전소에서 진행하였다. 이 실험에서는 IHI, Hitachi 사에서 각기 외부 개질형 250kW급 스택 2기씩을 공급하여 '99년 중순부터 시운전을 시작하여 9월 최고 출력에 도달하였고 총 4,000여 시간 운전후 운전시험을 종료하였다. 이후 고효율 시스템 개발을 목적으로 700kW급 열 합 시스템에 대한 기술 개발 계획을 진행하고 있으며 현재 300kW급 시스템 운전시험을 실시하였고 조만간 도요다 자동차 공장에도 설치 운전 시험을 준비 중에 있다. 이외에도 미쓰비시 사에서는 내부 개질형 200kW급 MCFC 시스템을 개발하여 5,000여 시간 운전시험을 실시하였고 미국 FCE 사로부터 300kW 시스템을 기린 맥주 공장에 설치 운전시험을 진행하고 있다. 유럽의 경우에는 이태리에서 스페인과 함께 미국 기술을 기반으로 100kW 규모의 실증시험을 실시하였으며 500kW급 시스템 개발을 진행하여 2004년부터 운전을 계획하고 있다. 특히 독일 MTU에서는 미국 FEC 스택을 이용하여 독자적인 설계를 통하여 280kW 규모

의 열병합 발전 시스템을 설계하여 RWE Essen FC Pavillion 등에서 실증시험을 진행하고 있으며 시험 후 본격적인 보급을 도모하고 있다.

고체산화물 연료전지의 경우 원통형과 평판형이 개발되고 있는데, 미국 SW(Siemens-W.H)사에서 개발한 원통형 100kW급 EDM/ELSAM 시스템이 네덜란드에 설치되어 10,000시간의 운전을 기록하고 있으며 이러한 형태로 25kW급을 일본 동경전력 및 오사카가스 그리고 캐나다 Ontario Hydro 사에서도 실증시험을 진행하였다. SW의 연료전지는 수명을 7년을 예상하고 있으며 소규모 단위전지 시험에서 이미 이를 달성하고 있다. 같은 종류시스템으로 미국 캘리포니아 대학의 National Fuel Cell Research Center에서는 250kW 시스템을 설치하여 운전시험을 시작하고 있으며 이 시스템은 배열을 이용하여 가스터빈과 발전기를 구동하는데 사용하는 복합발전시스템으로 개발되고 있다. 또한 프랑스 독일 등가 함께 1MW급 시스템을 Marbach에서 Demonstration을 준비하고 있으나 마이크로 가스 터빈 문제로 지연되고 있다. 아직 개발 단계에 있는 평판형 경우 독일이 가장 앞서 나아가고 있는데, Siemens에서 20kW급 시스템을 개발 실증시험을 진행하여 왔으나 현재 W.H와의 합병으로 더 이상의 진행은 보이고 있지 않다. 일본은 NEDO 주관으로 평판형 스택을 개발하고 있으며, 1kW급에서 5kW급을 개발하고 있으며 25kW급 개발을 진행 중이다. 반면 유럽에서는 독일 외에 네덜란드, 덴마크 등에서 수kW 규모의 스택을 제작 실증시험을 실시하고 있으며 특히 스위스 Sulzer-Helix에서는 가정용 소형 열병합 발전시스템을 개발하여 900여기를 운전시험 예정이다.

국내에서 연료전지발전은 1985년에는 한전 전력연구원에서 소규모 인산형 연료전지 발전시스템을 구성하여 국내에서는 최초로 연료전지에 의한 발전운전에 성공함으로써 본격적인 연구개발이 시작되었다. 이어 1987년부터 정부사업으로



독일 MTU 250 kW MCFC 발전시스템(Hot Module)



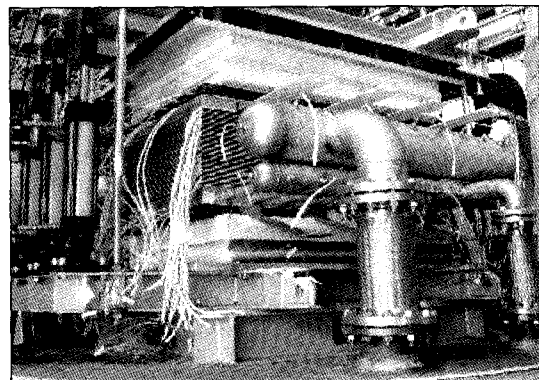
전지본체 및 주변기기 개발을 시작하여 에너지 기술연구소에 의하여 1992년 1kW급 공랭식 연료 전지 본체개발과 범 국가사업으로 1994년 호남정유에서 40kW급 스택에 대한 실증시험을 실시하였다. 이어 선도가설 개발과제로 고성능 대형 인산형 연료전지 단위전지 개발이 추진되어, LG Caltex 정유에서는 3,000cm²급 단위전지를 이용한 50kW급 스택을 개발 2001년 일본 도입 평판형 개질기와 연결 종합시스템으로 구성하여 운전시험을 진행하고 있다. 시스템 운용기술에 있어서는 한전에서 1993년 일본 Fuji 사에서 제작한 50kW급 시스템을 도입하여 각종 운전시험을 실시하였다. 그러나 국내기술을 가지고 상업화할 수 있는 기반이 마련되지 않아 더 이상의 기술 개발은 진행되지 않고 있다. 한편 한국 가스공사에서 IFC 200kW급 시스템을 도입 약 25,000시간 운전한 후 해체 종료하였고 현대중공업에서도 미국 IFC사로부터 200kW급 설비를 2기를 도입 1997년 및 1999년 연구소 및 울산 다이아몬드 호텔 구내에 설치 운영 중에 있다.

용융탄산염연료전지의 경우에는 1989년부터 기본기술에 대한 연구가 진행되어 오던 중 전력사업에 대한 높은 적용 가능성으로 1993년 정부의 선도 기술개발사업의 하나로 확정되어 1997년부터 100kW급 외부개질형 시스템의 개발을 추진하고 있다. 이 사업은 한전이 주관기관, 삼성중공업을 참여기업으로 하여 KIST, 대학들과 공동으로 개발을 진행하고 있다. 1996년 7월 전극면적 1,000cm²의 단위전지를 20층 적층한 스택으로 2kW 및 25kW급을 개발 운전시험에 성공하였다. 이를 바탕으로 100kW급의 외부 개질형 MCFC 시스템 개발을 진행하고 있는데, 현재 전체 시스템 및 스택 설계가 완성되어 2003년부터 본격적인 건설에 착수할 예정이다. 이 사업은 한전이 주관기관으로 산 학 연 공동으로 100kW급 시스템을 개발 2004년 가을부터 중부발전 보령 화력발전소 구내에 설치 운전시험 평가를 진행할 예정이다.

이에 앞서 전력연구원에서는 6,000cm²급 단위전지를 40대 적층한 25kW급 스택을 제작하여 2003년 8월부터 운전시험을 시작하여 100kW급 개발 전 필요한 운전 데이터를 수집하고 있다.

고체산화물 연료전지의 경우에도 정부의 선도 기술개발 사업으로 평판형 연료전지 개발을 진행하여, 1997년 말 100cm²급 단위전지를 10대 적층한 100W급 소형 스택을 제작하여 운전시험을 실시하였으나 이후 기업의 참여가 없어 수kW 규모 연료전지 스택 개발이 지연되고 있다. 한전의 경우 학술재단의 지원으로 저온형 200W급 소형 스택 개발을 진행하고 있으며 25cm²급 단위전지를 개발 운전시험을 진행하고 있고 이를 4장 이용하여 한개의 Frame으로 구성한 적층전지를 제작 운전시험을 진행하고 있다. 한편 정부는 가정용 연료전지로서 고체산화물 연료전지의 가능성에 착안 2003년부터 저온형 SOFC를 이용한 kW급 고체산화물 연료전지 기술 개발에 착수하였다. 본 사업은 전력연구원이 주관기관이 되어 가정에서 필요한 열과 전기를 공급해 줄 수 있는 kW급 저온형 연료전지 기술 개발을 진행할 예정이다.

고체 고분자 전해질형 연료전지 경우에도 소형 스택 개발을 위한 연구가 진행되고 있다. 고체 고분자 연료전지 경우 현대자동차에서 차량용으로



25kW급 MCFC Short 스택 설치 모습(한전 전력연구원)

미국 IFC 사와 공동으로 75kW급을 개발 운전시험을 진행하고 있으며 동시에 자체 기술로 25kW급 스택을 개발 운전시험을 병행하고 있다. 정치형 시스템의 경우 가정용 10kW급 설비 실용화 기술 개발을 완료하였고 이어 벤처기업인 CETI에서 자체 개발 3kW급 설비에 대한 보급을 꾀하고 있다.

3. 분산형 전원 기술의 시장 및 과제

향후 소규모 전원 설비를 포함하고 있는 분산형 전원기술의 개발 및 보급이 가속화 됨에 따라 연료전지의 보급 및 실용화도 활발할 것으로 전망된다. 현재 실용화 보급단계에 접어들고 있는 PEFC도 생산비가 높기 때문에 대량 생산을 통한 저비용 화와 배열이용율을 높이는 방안이 필요하다. 특히 분산 발전용으로 높은 배열을 얻을 수 있는 고온 연료전지(MCFC, SOFC)는 복합 발전에 의한 고효율화가 기대되고 있다. 기술적 과제를 살펴보면 분산전원의 고효율화와 함께 발전시 나오는 폐열의 활용이 아주 중요하다. 난방, 급탕, 공정 열, 건조 및 냉방 등 열 수요에 적합한 배열 이용기기의 개발과 이들을 적절히 조합하여 시스템화하는 작업이 중요하다. 또한 전력 수요의 변동에 능동적으로 대응할 수 있도록 축전, 축열, 운전제어 계통연계의 기술 개발 등도 아주 중요하다.

특히 분산전원으로 사용되는 연료전지 계통연계는 수용가 근처 배전선 연계가 고려되고 있으나 배전선 계통에 다수의 분산전원이 연계될 경우에는 주파수 변조 전압변동 단독운전 등 문제점이 우려되고 있다. 따라서 이와 같은 계통 문제점을 해결하는 것과 운전관리 안전 보수관리 기술 등의 확보가 요구되고 있다. 이외에도 분산

형 전원의 운용 면에서도 새로운 고려점이 필요하다. 분산전원은 소유자가 전력회사 이외에는 불특정 다수로 전원의 운용 목적이 틀리기 때문에 분산전원이 추구하는 부하율향상이나 공해요인저감을 위하여 대규모 중앙 집중형 전원과의 협조 운용이 아주 중요한 요소가 된다. 이와 같은 협조 운용은 전력시장 자유화에 따라 계절별 전기요금 등으로 간접적인 협조를 구하거나 직접적인 부하 평준화 요청 등에 따라 가능하기는 하나 앞으로 구체적인 방법 등에 대한 고려가 필요하다.

4. 결론

전력산업 분야에 있어서도 효율향상 및 원가절감이라는 원칙에 따라 경쟁을 통한 효율성 향상 및 새로운 기술 개발을 통한 전력산업 구조개편이 진행되고 있다. 이러한 경향에 따라 발전분야 전원설비는 중앙 집중형 전원에서 분산형 전원으로 보급이 빠르게 진행되고 있다. 이러한 분산형 전원 중 기술개발이 가장 활발한 것이 마이크로 가스터빈, 연료전지 및 대체에너지 전원의 보급이 유망시되고 있다. 이들 분산형 전원의 보급은 전력 신뢰성 확보, 송배전 설비비 저감, 에너지의 합리적 이용 및 공해 저감 등의 효과를 거둘 수 있어 전력회사로부터 수요자까지 다양한 형태로 보급 확산이 예상된다. 그러나 분산 전원의 실용화를 위하여 저비용화 및 고효율화, 배열 이용기기 개발 등 기술적 과제와 함께 전력 망에 연계되어 안정적인 운전이 가능하도록 계통연계 기술, 운용기술 등의 확보가 필요하다. 또한 분산형 발전 방식은 기존의 발전 설비 및 새로이 개발되는 소형 발전 설비들과 경쟁하여 경제성이 있도록 모든 기술 개발 노력을 기울여야 할 것으로 생각된다.