

가스터빈-연료전지 혼합형 고효율 발전시스템

이진근* · 양수석* · 손정락** · 송락현*** · 조형희****

High Efficiency Gas Turbine-Fuel Cell Hybrid Power Generation System

Jin-Kun Lee*, Soo-Seok Yang*, Jeong-L Sohn**, Rak-Hyun Song***, Hyung-Hee Cho****

Key words: Hybrid System(혼합 시스템), Micro gas turbine(초소형 터빈), Fuel cell(연료전지)

ABSTRACT

A combined cycle, "HYBRID", is emerging as a new power generation technology that is particularly suitable for the distributed power generation system with high energy efficiency and low pollutant emission. Currently micro gas turbines and fuel cells are attracting a lot of attention to meet the future needs in the distributed power generation market. This hybrid system may have every advantages of both systems because a gas turbine is synergistically combined with a fuel cell into a unique combined cycle. The hybrid system is believed to become a leading runner in the distributed power generation market. This paper introduces a current plan associated with the development of the hybrid system which consists of a micro gas turbine and a solid-oxide fuel cell(SOFC).

1. 서 론

19세기 말 Thomas Edison에 의해서 세워진 미국 뉴욕의 Pearl Street Station은 인류 최초의 전기 발전소로서 6대의 석탄 보일러를 이용한 왕복동 엔진으로부터 33kW의 직류(DC) 전력을 생산하여 주변의 건물에 송전하는 분산 발전 시스템이었다. 그 후 20세기 중기 터빈의 실용화와 함께 발전소의 규모도 점차적으로 커져 1970년대에 와서는 대형 원자력 발전소에 이르기까지 대형화에 의한 중앙 집중형 발전 시스템으로 발달되어 왔다. 그러나 1973년 불어닥친 세계적인 석유파동은 소수 기업 독점에 의한 전력시장의 구조가 에너지 위기 상황에서의 효과적인 대처 능력에 의문을 가

지는 계기가 되었다. 이러한 이유 때문에 미국은 석유 파동이후 대형 전력 업체로 이루어진 당시의 전력시장을 완전히 개방시켜 전력 시장의 자유 경쟁 시대를 열었다. 그 결과 수많은 독립적인 전력 회사들이 설립되어 양질의 전력을 경쟁력 있는 가격으로 공급할 수 있는 효과적인 발전 설비의 개발에 많은 관심을 가지게 되었는데 이것이 복합발전 혹은 열병합 발전 설비의 실용화를 앞당길 수 있는 계기가 되었다. 이와 같은 새로운 개념의 발전 설비들로 인하여 발전소의 형태는 기존의 중앙 집중형(Centralized)으로부터 전력 수요가 있는 곳을 중심으로 한 분산형(Distributed)으로 급격히 변화되게 되었다. 특히 복합발전소는 가스터빈 보급의 일반화와 천연가스 보급의 활성화로 인하여 주거 지역 등 심각한 공해 규제가 필요한 지역에 널리 설치되고 있으며, 그 중에서도 가스터빈을 기반으로 하는 복합발전소는 기존의 화력 혹은 원자력 발전소들의 환경 오염과 관련된 문제를 해결하기 위한 유일한 대안으로 인정받고 있다. 또한 열병합 발전의 경우도 가스터빈을

* 한국항공우주연구원 터보기계연구그룹

** 서울대학교 기계항공공학부

*** 한국에너지기술연구원 신연료전지연구팀

**** 연세대학교 기계공학과

기반으로 하는 것이 대부분이며, 전기와 열을 동시에 공급함으로써 전체적인 에너지 이용률을 극대화시킬 수 있다는 장점 때문에 각광을 받고 있다. 이러한 변화는 가까운 장래에 기존의 발전 설비 시장과는 전혀 다른 형태의 시장을 형성할 것으로 예상하고 있다. 이러한 변화의 원동력은 인간의 작업 구조를 과거의 집합적인 형태로부터 개별적인 형태로 바꾸고 있는 정보통신 및 컴퓨터 산업이며 과거의 산업보다 더욱 기술 의존적 산업으로서 보다 신뢰성 있고 안정적인 전력 공급이 필수적으로 요구된다. 이와 같은 산업 구조의 변화는 1970~80년대 원자력 등의 대형 중앙집중식 시스템으로부터 복합발전, 열병합 중심의 중소형 분산 발전 시스템으로의 변화를 더욱 가속화 시켜 보다 작은 형태의 초소형 분산 발전 시스템과 관련된 새로운 시장을 형성할 것으로 기대되며 최근의 Economist지는 초소형 발전설비의 보편화는 각종 산업환경을 마치 무선 전화기가 인간의 생활환경을 변화시킨 것만큼이나 혁신적으로 변화시킬 것으로 예측하고 있다.⁽¹⁾ 이러한 추세로 보아 분산발전 시스템 시장은 가까운 장래에 급속히 성장할 것이며 이에 적합한 새로운 개념의 차세대 동력원의 등장도 요구된다. 차세대 동력원의 요구 조건은 ① 기존의 동력원에 비하여 열효율이 높아 경제성이 우수하여야 하며, ② 현재 인류가 당면하고 있는 최대 현안인 환경문제에 적합한 환경 친화적이어야 한다는 것이다. 공해 배출물이 적어야 한다는 것은 특별히 전력의 수요처에 가깝거나 바로 수요처에 위치(on-site)하여야 하는 소형 시스템에서 그 요구조건이 더욱 강화될 것으로 예상된다.

소형 분산 발전 시스템의 동력원으로는 왕복동 엔진, 스텔링 엔진, 마이크로 터빈, 연료 전지, 풍력 터빈 및 태양열 집전 등 여러 가지가 사용이 가능하다. 이러한 동력원은 연소 동력원과 비연소 동력원으로 구분할 수가 있는데 이와 관련된 성능 및 경제적 특성은 Table 1과 같이 정리할 수 있다. 이와 같은 몇 가지 가능성 있는 후보들 중에서 환경친화성과 함께 경제적으로 구현 가능한 축적된 기술 등을 종합적으로 고려할 때 마이크로터빈과 연료전지가 우선적인 적용 대상이며 특히 두 가지 동력원을 결합한 하이브리드(hybrid) 시스템을 구성하였을 경우 경제성 및 환경 친화성 측면에서의 활용 가능성이 높게 평가되고 있다.⁽²⁾ 하이브리드 시스템을 구성하는 구체적 방법에는 다양한 방법들을 생각할 수 있으나, 기본적으로 두 가지 기기가 서로의 단점을 보완하고, 장점을 구현 가능하도록 구성하

Table 1 Small distributed power generation systems

Combustion-Based Micropower Systems			
Power System	Reciprocate engine	Micro turbine	Stirling engine
Power (kW)	5-10,000	30-2,000	0.3-2.5
Efficiency (%)	20-45	27-30	15-30
Current Installation Cost (\$/kW)	600-1,000	600-1,100	1,500
Expected Installation Cost with Mass Production (\$/kW)	<500	200-400	200-300
Non-Combustion-Based Micropower Systems			
Power System	Fuel Cell	Solar Cell	Wind Turbine
Power (kW)	< 1-10,000	< 1-1,000	< 1-3,000
Efficiency (%)	35-50	-	-
Current Installation Cost (\$/kW)	2,000-3,500	5,000-10,000	900-1,000
Expected installation Cost with Mass Production (\$/kW)	100-300	1,000-2,000	500

여 시너지(synergy) 효과를 얻는 것이 목표이며 가스 터빈/연료전지 혼합형 발전 시스템은 기본적으로 연료 전지와 가스터빈의 기반기술을 바탕으로 이들을 결합하여 시너지 효과를 극대화시킴으로써 시너지 효과에 의하여 기존의 발전 시스템보다 획기적인 성능의 개선을 구현할 수 있는 새로운 개념의 발전 시스템이다.

2. 개발 현황

연료전지는 이론적으로는 매우 높은 효율을 가질 수 있으나, 실제로는 50 %를 넘기 힘들다. 현재 가장 열효율이 높은 발전방식은 또 다른 형태의 복합 시스템인 가스터빈/증기터빈 혼합형 발전 시스템으로 60 %에 가까운 열효율이 가능하다. 또한 연료전지는 아직 대형화가 힘들다. 따라서 현실적인 대안은 소형시스템을 위주로 기술 개발을 하면서 더욱 고효율화를 위하여 실증된 기술력인 가스터빈 기술을 접목하는 것이다. 미국에서는 이미 에너지성(DOE)주관으로 Vision 21 프로젝트의 일환으로서 대형 가스터빈 발전 방식과 함께 가스 터빈/연료전지 혼합형 발전 시스템이 중소 규모의 발전 설비 적용을 목표로 장기적 과제로 착수되었다.⁽³⁾

가스터빈/연료전지 복합발전 시스템은 두 기기의 장점을 극대화시켜 고효율화를 이룬다. 즉, 가스터빈은

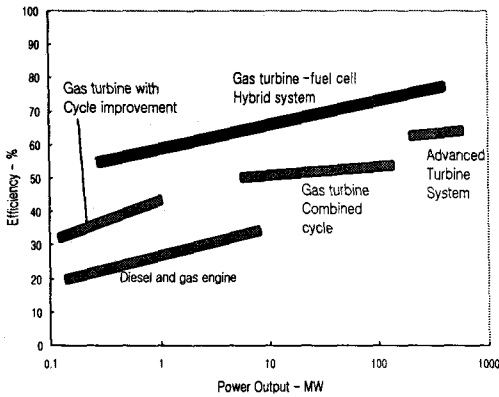


Fig. 1 Power generation efficiencies

중대형에서는 효율이 어느 정도 높은 수준에 이르렀지만 소형에서는 아직도 효율이 상대적으로 낮으며, 연료전지의 최대 약점은 제작비용이 높다는 것인데 이는 가스터빈과 용량을 나눔으로서 어느 정도 해결 가능하다. Fig. 1은 가스터빈/연료전지 혼합형 발전 시스템의 예상 효율을 다른 열기관의 효율과 비교한 것이다. 본 시스템은 1 MW 미만의 규모에서도 기존의 대형 발전용 시스템과 대등한 효율을 보이며, 대형의 경우 그 효율은 여타 다른 기관들에 비하여 월등히 높을 것으로 예상된다. 미국에서는 지난 1995년경부터 이러한 장점을 살리고자 연구 개발이 진행되었으며, 시스템 구성, 요소 기술 및 연구 진행 상황들과 관련하여 결과물들이 발표되고 있다. 이와 같이 최근의 소형 혼합형 발전 시스템의 개발을 세계적으로 주도하는 국가는 역시 미국으로 볼 수 있으나, 이외에도 분산발전 시스템의 필연적인 도래를 예상하여 여러 국가에서도 기술 개발을 서두르고 있다. 일 예로서 일본에서도 최근 독자적인

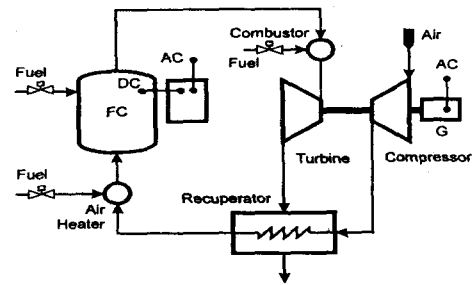
Table 2 Awards for fuel cell and gas turbine systems

FC manufacturer	GT manufacturer	FC type
Siemens-Westinghouse	Rolls-Royce Allison	Tubular SOFC
Siemens-Westinghouse	Caterpillar/Solar Turbines	Tubular SOFC
Energy Research	Rolls-Royce Allison	MCFC
M-C Power	Rolls-Royce Allison	MCFC
McDermott/SOFCO	Norther Research & Engineering(NREC)	Planar SOFC

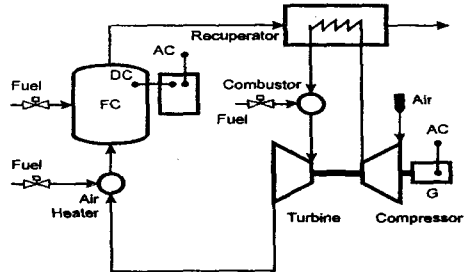
혼합형 발전 시스템의 개발에 착수하여 설계 기초 연구 결과들을 도출하고 있다. Table 2는 미국의 DOE 주관 하에 타당성 분석 연구가 진행되고 있는 5가지 가스터빈/연료전지 복합발전 시스템들을 보여주고 있다.⁽⁴⁾ 여기서 연료전지로는 주로 고온용에 해당하는 SOFC와 MCFC가 주요 대상을 알 수 있다.

3. 관련 요소 기술

이미 기초기술 확보 단계에 접어들고 있는 선진국들의 연구 및 개발 결과를 바탕으로 하여 볼 때 가스터빈/연료전지 혼합형 발전 시스템은 구성상 대체로 Fig. 2와 같이 두 가지 종류로 구분할 수 있다. (a)는 연료전지를 상부 시스템(topping system)으로 하고 가스터빈을 하부시스템(bottoming system)으로 하는 것으로 연료전지가 고온(800~1000 °C)에서 작동하고, (b)는 가스터빈이 상부시스템인 경우로 연료전지가 비교적 중·저온(400 °C 수준)에서 작동한다. 특히 (a)의 경우에는 가스터빈에서 압력이 상승된 공기가 연료전지에 공급되어 연료전지의 효율을 향상시키는 효과를 가져온다. 이와 같이 작동 조건이 다른 관계로 가압시스템 (a)과 상압시스템 (b)에 이용되는 연료전지의 종류는



(a) Pressurized system



(b) Atmospheric pressure system

Fig. 2 GT/FC hybrid system composition

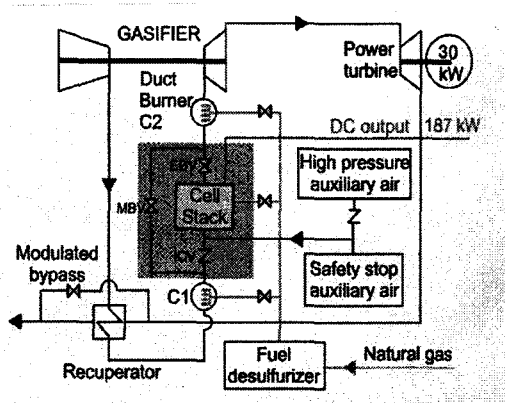


Fig. 3 GT-SOFC hybrid system (Siemens-Westinghouse)

달라지게 된다. 대체로 연료전지의 작동조건을 고려하여 (a)와 같은 고온이 요구되는 구성에는 고체산화물형 연료전지(SOFC)의 사용이, (b)와 같은 저온 조건을 위해서는 용융탄산염 연료전지(MCFC)의 사용이 일차적으로 고려되고 있다. 현재 이러한 기초연구, 개발의 결과들이 국제적 연구발표회 등을 통하여 발표되고 있는데, 이 중 특히 Siemens-Westinghouse 전력회사의 튜브형 SOFC기술을 이용한 시스템이 상용화에 가장 근접한 것으로 판단된다.⁽⁵⁾ Siemens-Westinghouse 전력회사의 튜브형 SOFC 시스템은 수년 내에 상용화가 가능할 것으로 예상되고 있으며, 현재 시험 단계에 있는 250 kW급 시스템의 구성은 Fig. 3과 같다. 이 시스템은 현재 가장 실용화에 근접한 것으로서 국내 연구 개발을 위해서도 벤치마킹 작업에 유용하게 활용 가능하며 가스터빈의 고온 작동 특성을 활용하기 위해서 연료전지는 비교적 고온에서 작동하는 SOFC를 채택하고 있다. 가스터빈과 마찬가지로 연료전지에도 천연가스가 바로 공급되며, 연료전지 내에서 개질(reforming)과정을 거쳐 수소와 일산화탄소의 형태로 셀 내부의 연료로 공급된다. 연료전지내 공기와 연료의 반응은 상압이 아닌 고압(3~4기압)에서 이루어지며, 가압공기는 압축기(가스터빈 구성부)에서 공급된다. 연료전지에서는 직류 전력이 생산되며, 컨버터를 통해 교류로 전환된다. 연료전지 작동 온도는 약 1000 °C이며, 반응을 끝낸 가스는 터빈으로 보내져서 동력을 발생시키고, 발생된 동력으로 압축기를 구동하고 여분은 교류 전력을 발생한다. 이와 같이 두 기기의 단순 결합(combination)이 아닌, 서로 구성부를 나누는 복합(hybrid)에 의하여 고효율화를 달성한다. 현재 시스템은 시작품으로서 완전한

Table 3. Core technologies in GT-SOFC hybrid system development

Section	Core technology
System integration	System on/off design performance analysis Components manufacturing/ composition Fuel/ power-generation system control System operation and performance test
System component	Recuperator design/ manufacturing Duct burner design/ manufacturing/ test
Gas turbine	Compressor/Burner design /manufacturing Axis system design /manufacturing Generation, lubrication system composition
Gas turbine component	High efficiency compressor, turbine design Air bearing, high speed power generator
SOFC (4 kW)	Stack design, manufacturing, and operation High operating temperature maintenance
SOFC (25 kW)	Reformer design/ manufacturing Power-generation design/ manufacturing Components matching/ control
Large area SOFC	Large area SOFC manufacturing Electrode, electrolyte material & coating Connecting material, gas sealing Electrode methane pyrolysis protection

최적화가 이루어지지 않은 상태이나, 추후 연구 개발에 의하여 250 kW급에서 58 %의 효율을 예상한다. 이어 용량을 키워가면서 효율증가가 지속적으로 가능할 것으로 보이는데, 수 MW 수준에서 70 % 내외의 효율이 가능할 것으로 예상된다. Table 3에는 하이브리드 시스템 개발에 요구되는 핵심 및 기반 기술들이 나타나 있다. 하이브리드 동력원에 사용될 마이크로 터빈의 출력 규모는 일반적으로 수십 kW급이며, 이 정도 출력 규모에서의 기술적 경쟁력을 확보하기 위해서는 열효율 상승과 관련된 터빈 입구 온도를 높이기 위한 세라믹 부품 개발 기술, 열효율 향상을 위한 재생 열교환기(Recuperator) 개발 기술, 환경 친화성을 높이기 위한 희박 연소 기술, 그리고 비운할 구동을 위한 공기 배어링 기술 등의 핵심 기술이 확보되어야 한다. 고체산화물 연료전지 관련 기술로는 세라믹 소재 기술, 내열성 금속 기술, 스택 설계 및 제조 기술, 연료전처리 기술, 전력 변환 및 발전 시스템 기술 등의 핵심 및 기반 기술이 요구된다.

4. 개발대상 제품의 성능해석

개발하고자 하는 가스터빈-연료전지 하이브리드 동력 시스템에 대한 개념적인 기초설계 사양을 도출하기 위한 해석을 다음과 같이 수행하였다. 현재 미국을 중심으로 SOFC를 이용한 가압시스템이 우선적으로 상용화에 근접해 있으며, 여타 개발 국가들에서도 유사한 개발 경향을 띄고 있다. 본 연구에서 일차적으로 설계의 대상으로 삼은 마이크로터빈(MGT)/ 고체산화물연료전지(SOFC) 하이브리드 시스템은 연료전지 스택이 가스터빈의 상부에 놓이는 가압형이며 MGT는 재생 사이클을 기본으로 하고 연소기 앞에 연료전지 스택을 설치하며 MGT와 SOFC에는 모두 천연가스가 연료가 공급된다고 가정하였다. 연료전지에서는 이 연료를 실제 화학반응 물질(대체로 수소)로 바꾸는 개질(reform) 절차가 필요하며, 본 시스템 도입된 SOFC는 내부 개질형을 채택하는 것으로 가정하였다. 특히 내부 개질 과정은 연료전지의 온도 조절을 위한 냉각 작용도 동시에 수행한다. 또한 개질에 필요한 수증기를 내부적으로 공급하기 위해 anode 수증기를 포함한 배기가스의 일부를 재순환(recycling) 시키는 방법을 채택하고 있다. 이와 같은 형태의 SOFC는 Siemens-Westinghouse 사가 개발한 연료전지 스택과 그 형태를 같이 하며 현재 타 그룹에서 개발중인 연료전지 스택의 원형이 되고 있다. 압축기에서 가압된 공기는 터빈의 배기가스와 열교환 후에 연료전지의 cathode로 들어가 anode를 흐르는 개질된 연료와 전기화학반응을 하며 전기를 발생시킨다. 한편 연료는 연료 압축기에서 가압된 후 개질기(reformer)로 유입되며, 이 때 가압된 연료는 전기화학반응이 끝난 anode 배기가스를 개질기 안으로 유입시키는 역할을 수행하게 된다. 전기화학반응 후 남은 가연가스성분(일산화탄소 등)은 연료전지 스택 뒤에 놓인 연소기에서 완전히 연소된 후 터빈에서 일을 수행하여 발전을 하게 된다.

본 해석에서는 개념설계의 일환으로 앞서 언급한 시스템에 대한 설계해석을 수행하여 전체 출력의 용량설정에 따른 성능특성을 살펴보았다. 계산에 사용된 전체 시스템의 설계변수들은 Table 4와 같다. 마이크로터빈은 경제성과 제작성 등을 고려하여 압축기, 터빈 등의 주요 터보 기기 구성부들은 대체로 반경식(radial flow type)이 사용된다. 이 경우 축류식(axial flow type)을 채용하는 중대형 엔진에 비하여 구성부 효율이 낮고 이는 전체적인 엔진의 열성능이 낮은 한 원인이 된다.

Table 4 Design parameters for various power outputs

Parameters	50 kW	100 kW	200 kW
Compressor	1 stage radial type		
Isentropic efficiency, %	73	76	79
Recuperator	Fin-plate type		
Effectiveness	0.87		
Combustor	Can type		
Fuel	Natural Gas (CH ₄)		
LHV, kJ/kg	50,169		
Combustion Efficiency	99		
Turbine	1 stage radial type		
Inlet temperature, °C	1,000		
Isentropic efficiency, %	74	79	84
<i>Pressure loss</i>			
Inlet, %	2		
Combustor, %	6		
Recuperator(air), %	3		
Recuperator(fuel), %	4		
Exhaust, %	2		
<i>Other losses</i>			
Mechanical loss factor	0.98		
Generator loss factor	0.95		

따라서 소형 마이크로터빈에서 시스템의 출력을 작게 설계할 경우 압축기나 터빈의 성능이 더욱 낮아질 것이다. 그럼에도 불구하고 반경식 부품들은 부품수가 적고 제작이 용이하여 소형 마이크로터빈의 경우에는 많은 장점이 있다.

본 해석에서는 설계출력 감소에 따라 각 터보기기의 단일 효율을 감소시킴으로서 그 소형화에 따른 성능저하를 고려하였다. 연료전지 출력은 단위 연료전지 셀을 직렬이나 병렬로 연결하게 조절하는 것이 일반적이다. 이 때 많은 단위 셀의 연결은 내부적인 저항을 증가시켜 셀 자체의 전압손실을 가져오지만 본 연구에서는 이에 대한 영향은 고려하지 않았다. 본 계산에서 연료전지의 전류밀도는 500 mA/cm²로 하였으며 연료이용률은 85%, 수증기/탄소비는 3.0으로 하였다.

Fig. 4에서 보는 바와 같이 시스템의 출력을 크게 설계할수록 전체 발전 효율이 높아짐을 알 수 있다. 이는 저 출력으로 설계할 경우 앞서 언급한 바와 같이 MGT 소형화에 따른 구성부의 성능저하 때문이다. MGT/SOFC 하이브리드 시스템의 경우 Fig. 5에서와 같이 MGT의 출력이 전체출력의 약 15~20%를 차지함을 알 수 있으며 저출력 시스템의 경우 앞서 언급한 바와 같이 구성부 성능저하에 의한 MGT의 비출력 저하로 차지하는 출력의 비중이 낮아짐을 알 수 있다.

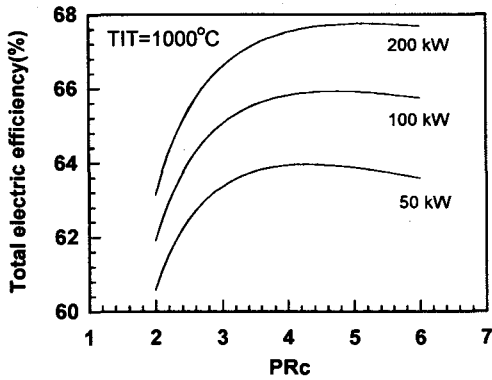


Fig. 4 Hybrid system efficiency according to MGT pressure ratio

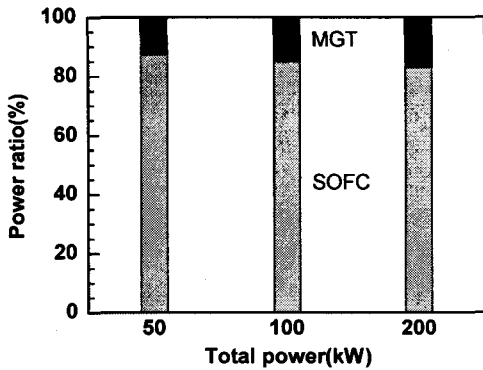


Fig. 5 MGT / SOFC power distribution of Hybrid system

해석 결과를 고찰하면 대체로 60 % 이상의 발전효율을 얻을 수 있으며, 200kW 수준에서는 60 % 후반대의 효율이 가능한 것으로 예상된다. 가스터빈 압력비는 대체로 3~4 정도로 설계되어야 할 것으로 보인다. 앞에서 서술한 바와 같이 시제품이 작동단계에 있는 것은 Siemens-Westinghouse Power사의 시제품(SW로 표기)이 유일하다. 알려진 바로는 SW를 사용하여 Edison Technology Solutions(ETS)가 중심이 되어 개발한 연료전지-가스터빈 하이브리드 동력 시스템은 약 57%의 발전효율을 내는 것으로 파악되고 있다.⁽⁶⁾ 이 제품의 총 출력은 약 220 kW이며, 가스터빈의 출력 비중은 약 15% 정도이고, 가스터빈 압력비는 2.9이다.

본 해석의 결과가 ETS사 제품보다 높은 발전효율이 나오게 된 이유는 하이브리드 시스템 구성에 있어서의 연료전지와 연소기의 배치가 ETS사의 경우와는 다르고, 터빈입구온도도 1,000°C로서 ETS사의 제품보다

150 °C이상 높기 때문이다. 터빈입구온도를 1,000 °C로 둔 이유는 대체로 이 온도가 터빈 냉각 없이도 설계될 수 있는 최고 온도 범위로 인식되기 때문이다. 그러나 미국 에너지성에서 주도하고 있는 연료전지-가스터빈 하이브리드 동력시스템 개발사업의 경우 단기적(2005년)으로는 1 MW급 출력에서 효율 60 %, 중기적(2010년)으로는 20 MW급 출력에서 효율 70 %, 그리고 궁극적(2015년)으로는 효율 80 %를 목표로 하고 있기 때문에 200kW급 제품에서 발전효율의 목표를 60 %정도로 설정하는 데는 큰 무리가 없으리라 판단된다.⁽⁷⁾ 다만, 실제 개발이 착수되는 시점에서, 다시 구성부 제작 가능성 및 경제성 등을 따져서 보다 현실적인 설계 파라미터들을 설정할 것이고, 실제적인 목표 사양이 정해질 것이다. 결국 최종 목표사양은 구성부, 특히 연료전지의 제작성과 고온에서 작동하는 터빈의 효과적 설계에 달려 있다고 보인다. 이외에도 설계 시 중요한 설계변수로 시스템 작동온도(연료전지, 터빈입구온도), 전류밀도 등을 들 수 있으며 이들 설계변수에 대한 검토 등도 함께 이루어져야 한다.

5. 기대효과

5.1. 기술적 측면

- 고체산화물 연료전지 실용화 및 국산화 기술개발에 기여
- 가스 터빈-고체 산화물 연료 전지-증기 터빈을 연계한 복합 발전 시스템 개발을 위한 기반 기술 확보
- 중공업, 화학공업 및 소재산업 발전에 기여
- 국가 핵심 기술인 에너지 기술의 자립에 기여
- 고온형 연료전지 발전시스템의 종합설계 및 제작을 위한 기반기술 확보
- 발전 부문 에너지 대량 절약 및 에너지원의 다양화
- 기존 발전 시스템의 문제점인 고위험도의 중앙집중식 전력 생산 시스템에서, 저 위험도의 분산 전원형 전력 생산 시스템으로의 전환 효과
- 연료 전지 기술의 개발로 저공해 발전 시스템의 보급 활성화 기대
- 첨단 신발전 기술의 자립으로, 선진국과의 기술 교류에서 우위 확보

5.2. 경제·산업적 측면

- 발전 효율의 혁신적인 향상으로 에너지 절약 가능
- 발전소 부지 문제 해결 및 송전 비용 절감

- 기존 발전소에 대비 60 % 이상 CO₂ 발생량 감소로 온실가스 효과 저감
- SOX, NOX 등의 발생량이 거의 없음
- 발전시 소음이 거의 없어 소음 공해 문제 해소
- 낙도, 벽지 등 미전화 지역의 효율적인 전력 공급
- 피크 타임의 피크 전력 감소로 대형발전 비용 감소
- 화력 발전에 대비 40 % 이상의 에너지 절감 효과
- 무공해·고효율 전원 공급에 의한 국민 복지 향상
- 2000년대 국내 전력의 3 % 이내에서 저공해 대체발전으로 적용
- 국가 에너지원 다변화에 기여(천연가스 이용확대 등)
- 국제적인 초소형 분산발전 시장에서 경쟁력 확보

6. 결론

본 연구를 통하여 가스터빈/연료전지 혼합형 고효율 발전 시스템 개발의 타당성을 살펴보았다. 앞서 기술한 바와 같이 가스터빈/연료전지 혼합형 발전 시스템은 향후 세계적으로 전개될 디지털 산업 분야의 분산 발전 시장 진입에 가장 적합한 제품으로써 기존 시장의 대체형 제품이 아닌 신규 시장 창출형 제품에 해당된다. 이러한 이유 때문에 이 제품은 단기적 투자에 의한 수익성 측면에서 평가되기보다는 장기적으로 국가 전략적 차원이나 에너지 산업 구조의 고도화 측면에서 개발 전략이 수립되어야만 한다. 특히, 국내의 정치적 상황으로 보아 21세기 초반에는 남북교류의 활성화에 따른 경제적 교류에 의하여 많은 종류의 제조업 기지가 북한으로 옮겨질 것이고 이를 뒷받침할 수 있는 충분한 전력 공급이 필요하다. 이를 위해서는 건설기간만 10년여가 걸리는 대형 발전설비보다는 단기적으로 공급이 가능한 소형 분산형 발전 시스템을 통한 전력 공급 방안이 최상의 방법일 것으로 판단되는데 이를 위해서 가스터빈/연료전지 혼합형 발전 시스템은 매우 유용하게 활용될 수 있을 것으로 전망되며, 본 사업의 성공적인 수행완료 후에는 앞 절에서도 언급한 바와 같이 기술, 경제, 산업 및 환경보존 측면에서 무한한 기대 및 파급효과가 예상되고 있다.

이렇듯 공공기여도가 매우 큰 좋은 시스템임에도 불구하고 이를 개발하는데는 막대한 사업비의 투자가 요

구되며 해결되어야 할 기술적인 어려움으로 인하여 선진국에서도 조심스럽게 개발을 진행하고 있는 실정이다. 따라서 각 연구단체 및 기업들이 독자적으로 해결하기 힘든 앞서 언급했던 차세대의 신기술을 요하는 사업을 지금부터 정부에서 주도적이며 단계적으로 이끌어 나가면 현재 국제적으로 시장경쟁력이 있는 개인 휴대통신이나, 자동차, 전자산업의 뒤를 이어 미래 한국의 주요산업으로 충분히 성장해 나갈 수 있으리라고 판단된다.

후기

본 연구결과는 산업자원부의 지원으로 수행된 “가스터빈/연료전지 혼합형 고효율 발전시스템 개발을 위한 연구기획” 사업의 최종보고서 내용의 일부이며 관계자 여러분께 감사 드립니다.

참고문헌

- (1) “The dawn of micropower”, www.economist.com, April 3, 2000.
- (2) Dunn. S., 2000, “Micropower : The next electrical era”, Worldwatch paper151, Worldwatch Institute.
- (3) U.S.Department of Energy, http://www.fe.doe.gov/coal_power/vision21/vision21_sum.html
- (4) Layne. A., Williams. M., Samuelson. S. and Hoffman. P., 2000, “Hybrid Heat Engines: The Power Generation Systems of the Future”, ASME paper 2000-GT-0549.
- (5) Barker. T., 2000, “Technology Converge: Fuel Cell Meets Gas Turbine”, Turbomachinery International, September/October, pp. 19~21.
- (6) Biasi. V., 1999, “250-kW fuel cell-gas turbine hybrid to start operational testing next year”, Gas Turbine World, Vol. 29, No. 4.
- (7) Layne. A. and Holcome. N., 2000, “Fuel cell / gas turbine hybrid power systems for distributed generation”, Global Gas Turbine News, Vol. 40, No.2, pp. 4~7.