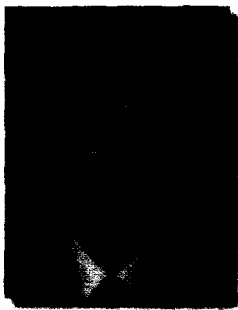


마이크로 가스터빈 발전기의 개념과 열병합

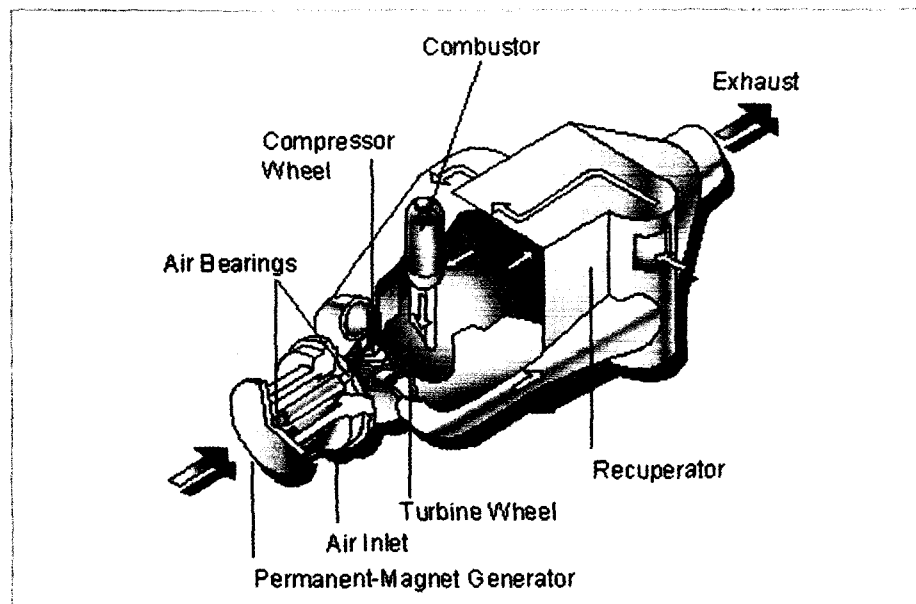


장 필 은

한국하니웰㈜
 공장제어사업부 마케팅팀
 (pileun.jang@honeywell.com)

마이크로 가스터빈은 1960년대에 미국 Allison사에서 교통수단에 사용 가능한 소형 가스터빈을 개발하면서 소형화 기술개발이 본격적으로 추진되었다. Allison사에서 개발한 마이크로 가스터빈엔진은 처음에 그레이하운드사(社) 버스 엔진으로 쓰였는데 2단흡기 예열 방식으로 260~315℃까지 배기가스를 냉각하는 재생시스템으로 제작되었으며 별도의 냉각시스템 없이 디젤엔진의 절반 정도의 부품으로 500,000마일 이

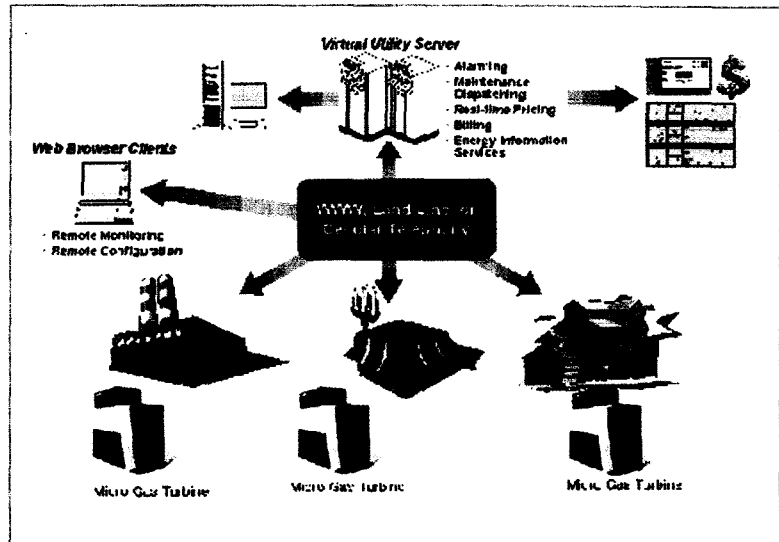
상 정비 없이 운행이 가능하여 도심의 교통수단으로 각광을 받았고 1976년에는 터보발전기를 개발하여 레이더 기지에 전력을 공급하였다. 마이크로 가공기술이 발달함에 따라 센서, 밸브, 펌프 등 다양한 MEMS(Micro-Electro-Mechanical System) 기기가 개발되었고, 이 기술을 응용하여 마이크로 가스터빈, 로켓 및 제트 등과 같은 마이크로 동력발생 및 추진기관의 제작이 가능하게 되었다. 마이크로 가스터빈은 현재 항공용, 발전용



[그림 1] 마이크로가스터빈의 구조



및 산업용으로 사용되고 있는데, 작은 전력 및 열에너지의 생산에서부터 여러 대의 조합에 의한 대용량의 동력기관을 대체할 수 있다. 아울러, 시스템의 소형화 및 집적화 기술은 마이크로 가스터빈을 분산 배치시키고, 네트워킹 기술을 도입하여 각각의 시스템을 마치 하나의 컴퓨터처럼 네트워킹에 의한 연계 제어를 가능하도록 하는 수준에까지 이르렀다. 본고에서는 이러한 최신의 마이크로 가스터빈을 응용한 발전기의 개념과 열병합 적용에 대해 간단히 소개하고자 한다.



[그림1] 마이크로 가스터빈 발전기의 네트워킹

마이크로 가스터빈의 구조 및 동작 원리

가스터빈은 연료를 내부에서 발화하는 내연기관(Internal Combustion Engine)의 일종이며, 공기를 고압으로 압축하고 연료를 분사하여 혼합기(Mixture)를 만들어 내고, 이를 연소시킴으로써 혼합된 가스를 급격히 팽창시키고, 이 고온의 팽창가스로부터 터빈을 회전시키기 위한 동력을 만들어낸다.

그림1은 마이크로 가스터빈 구조의 한 예를 나타낸다. Air Inlet을 통하여 필터링된 공기는 압축기(Compressor)를 통하여 압축된다. 공기를 압축하는 이유는 같은 부피에서 보다 많은 연소가스를

만들어 냄으로써 엔진의 부피를 줄이고 높은 열효율을 낼 수 있기 때문이다. 재생기(Recuperator)는 방출되는 폐열을 회수하여 인입된 압축공기를 가열시킴으로써 효율을 크게 증가시킬 수 있다. 이렇게 예열된 압축공기는 연소기(Combustor)에서 연료와 혼합되고 연소되어 고압 고열의 연소가스가 발생되고, 터빈(Turbine)을 회전시킨다. 터빈의 회전력은 발전기의 회전자에 연결되어 필요한 전력을 생산하게 된다. 그러나, 터빈이 직접적으로 고온에 노출되어 있으므로, 열처리가 제품의 설계, 수명 및 성능을 판별하는 중요한 기술적 요소라 할 수 있다. 아울러, 마이크로 가스터빈의 전체적인 시스템은 브레이튼사이클에 기초하여 열역학적 고려에 의해 결정되

지만 각 요소는 마이크로 유체역학, 열전달, 구조역학, 재료 및 전기의 특성이 종합적으로 고려되어야 제작이 가능하다.

마이크로 가스터빈 발전기의 특징

1) Compact Structure

기존의 내연기관의 경우, 기어(Gear), 기어박스(Gear Box), 기동 모터(Starter Motor) 등이 필요하며, 여러 부분으로 나누어진 구조로 인해 손실이 증가하고 효율은 감소되었다. 그러나, 마이크로 가스터빈은 압축기, 터빈 및 발전기 회전자 등 모든 부분이 서로 단일 회전축상에 연결되어 있으므로 기어가 필요 없고, 별도의 기동

모터가 불필요하므로 효율이 증가된다. 또한, 최신의 에어베어링(Air Bearing)기술을 도입하여 기기의 수명을 연장시키고, 윤활유가 필요없으며, 공랭식이기 때문에 액체 냉각시스템이 필요 없기 때문에 저렴한 유지 및 보수가 용이하도록 최적 설계되고 있다.

2) Microprocessor and Networking Integration

마이크로 기술은 기계적인 설계에 뿐만아니라, 기계의 동작을 자동적으로 제어하는 마이크로 프로세서를 내장시킴으로써 컴퓨터와 동일한 기능을 수행할 수 있는 첨단 기술의 병합을 유도하고 있다. 내장된 마이크로 프로세서는 Peak Load를 감지하여 자동으로 터빈을 기동시키고, 기기의 동작상태와 유지보수에 대한 정보를 운영자에게 전송하여 항상 기기의 최적 관리를 지원할 수 있다. 또한, 네트워킹을 지원하여 병렬로 연결된 여러 대의 기기간 정보를 교환함으로써 Master/Slave 방식의 연계운전이 가능해지고, 인터넷이나 무선통신을 통한 원거리 자동 제어까지 가능하다. 이러한 모든 기술의 집약이 마이크로 가스터빈 발전기 동체에 집적되어, 단순한 발전을 위한 기기로서의 수준을 벗어나 컴퓨터로서의 기능까지 포함할 수 있게 된 것이다. 또한, 유

틸리티 서버에 집적된 정보를 분석하여 한전 전력 수급과 단독 운전에 따른 실시간 경제성을 분석하여 시뮬레이션이 가능하도록 개발되고 있다. 그림2는 이러한 최신 네트워킹 및 컴퓨터 프로세싱 기술을 활용한 한 예를 보여준다.

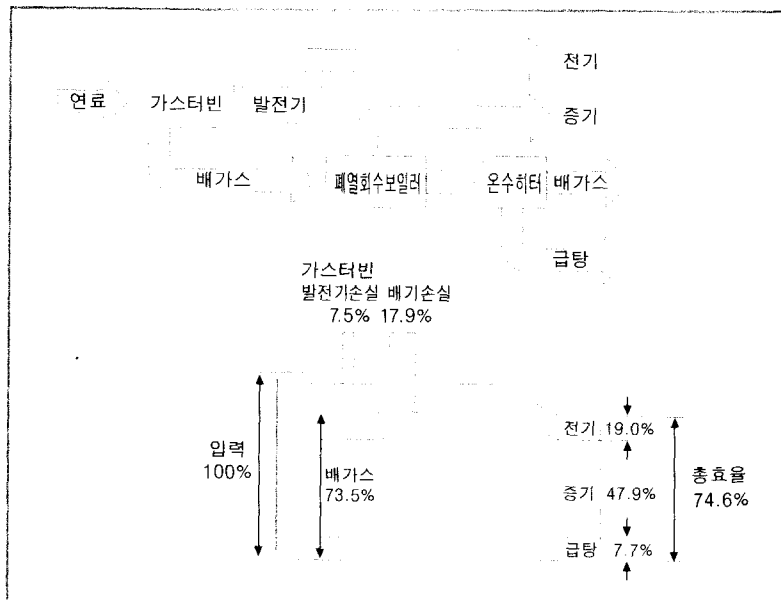
3) Multi Fuel System

최근 개발되고 있는 마이크로 가스터빈 발전기는 경유, 등유, 석유 뿐만 아니라 LNG(액화천연가스)를 선택적으로 사용할 수 있다. 특히, 천연가스를 사용함으로써 대기오염의 주요 원인 중의 하나인 NOx의 발생량을 현저히 감소시킬 수 있으며, 초고속회전체이므로

소음의 발생이 거의 없다.

소형 열병합 발전의 적용

마이크로 가스터빈은 고온의 배가스를 회수하여 온수 또는 증기를 생산하거나, 2중 효율 흡수식 냉동기의 열원으로 사용 가능하므로 소형 열병합의 적용성이 가장 부각되고 있다. 우리나라의 경우, 대부분의 연료를 수입에 의존하여 이를 전기 또는 열에너지로 변환하여 사용하고 있으며, 그 소비량은 계속 증가하는 추세이다. 그러나, 주종을 이루고 있는 액체연료의 경우 세계 총 부존량이 향후 30~40년 정도의 사용량 밖에 안



[그림 3] 증기회수시스템

폐열 보일러에서 회수된 증기를 증기흡수식 냉동기와 난방용 온수 히터의 열원으로 사용하는 시스템으로 전술한 증기회수 시스템을 공조용으로 사용하는 것이다. 전형적인 증기이용 냉난방 시스템의 시스템도와 열수지도의 일례를 나타내면 그림4과 같다.

3) 배가스 직접이용 냉난방 시스템

마이크로 가스터빈의 배가스를 배가스 직접 흡수식 냉온수기의 열원으로 사용하는 것으로 그림5에 전형적인 배가스 직접이용 냉난방 시스템도 및 열수지도를 나타내었다. 냉방 출력을 위해서는 Cop=1.16 정도의 흡수식 냉온수기의 채용이 고려되는 경우가 많다.

향후 전망

마이크로 가스터빈을 이용한 열병합 시스템은 하나의 에너지원으로 부터 전력과 열을 동시에 발생시키는 종합에너지 시스템으로 발전에 수반되어 발생하는 열을 회수하여 이용하므로 에너지의 종합 열이용효율을 높이는 것이 가능해지고, 설치 면적이 작아 공간 활용율을 높일 수 있기 때문에 중소기업의 산업체, 인텔리전트 빌딩, 스포츠센터나 백화점 등 민생용 건물 등의 전력 및 열원으로서 주목 받고 있다. 즉, 열병합 시스템은 산업체나 건축물등에서 필요한 열, 전기에너지를 보일러 가동 및 한전 수전에 의존하지 않고 자체 발전시설을 이용하여 일차적으로 전력을 생산한 후 배출되는 열을 회수하여 이용하므로 기존의 발전방식보다 30~40%의 에너지 절약

효과를 거둘 수 있고, 천연가스를 이용한 대체에너지 활용, 각종 대기 및 소음 공해의 감소 등에 기여할 수 있는 고효율의 에너지 이용 기술이라 할 수 있다.

특히 최근 지식 집약적 산업의 확대 및 고도정보화 사회로의 진전 등에 따라 에너지원으로 전력이 점유하는 비율이 점차 높아지고 있다. 또한, 전력의 의존도가 높아지면서 전력 공급의 신뢰성 확보가 중요하게 되었다. 이미 일본에서는 이러한 마이크로 가스터빈을 활용한 열병합 시스템이 활성화되어 있다. 향후 국내에서도 각종 환경규제 강화, 한전 민영화에 따른 전기요금의 합리화, 지속적인 대체에너지원 개발 등에 의해 마이크로 가스터빈을 이용한 자가 분산형 열병합의 도입은 적극적으로 활성화될 것으로 전망된다.

참고문헌

1. Distributed Generation through Parallon75 System, Ravinder Singh, Honeywell, 1999
2. 열병합 발전시스템 기술입문, 공학박사 오시덕/권용호 공저, 효성중공업, 1997
3. 소형 열병합발전시스템, 한국냉동공조기술협회, 1994
4. IEEE Industry Application Magazine, 1998