

“고유가 뚫어라” 모토 시리즈 ⑥ ‘MGT 발전’ 보급 앞당긴다

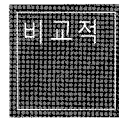
| 전기저널 편집실 |

해외/

기술혁신 가속 열효율 향상-가격 저하
미·일 등 기업들 기술개발-상업화 주도

국내/

전력연구원-가스공사 과제수행 성공적
‘30·60kW급 발전’ 실용화 막바지 박차



소용량의 분산형 전원인 마이크로 가스터빈 (MGT) 열병합 발전시스템(Co-Generation)이 전세계적으로 고유가시대를 맞아 각광을 받고 있다.

가스터빈은 이미 발전용과 항공용 제트엔진으로 널리 사용되어 오고 있다. 최신 화력발전소(ACC: 개량형 콤파운드 사이클 발전)에서는 용량 약 24만kW가 사용되며, 제트엔진이나 소형발전용에서도 출력이 수천에서 수만kW에 상당하는 가스터빈이 사용되는데 비해 이것은

초소형으로 돼 있어 '마이크로'라고 부른다. 가스터빈은 원래 디젤엔진이나 가솔린 엔진 등의 발전장치에 비하면 소형 경량이면서 NOx(질소산화물)의 배출이 적다. 이는 대단히 큰 장점이다. 그러나 1,000kW 미만의 소용량 영역에서는 열효율과 제품 코스트 등에서 경쟁력이 없어 지금까지 별로 이용되지 않았다. 그러나 최근의 기술혁신으로 열효율의 향상과 가격저하 등이 이뤄져 중전의 발전장치에 대신할 수 있는 진보된 기술로 일약 주목을 받게 됐다.

MGT 발전시스템은 용량 200MW 미만의 소형 열병합 발전시스템을 지칭한다.

열효율 개선돼 분산형으로 21세기 주요 전력의 공급모델로 부상하고 있다.

대규모 발전소 건설은 공사기간이 긴데다 과도한 자금이 소요된다. 송전손실과 에너지의 이용효율을 고려한 대형발전소는 전력수급의 안정적인고 장기적인 확보대안이다.

반면에 25~300KW급 MGT 열병합 발전시스템은 날씨와 계절의 영향을 받지 않고 설치 및 유지보수도 간단하다.

따라서 선진 회사들 간에 기술혁신을 앞세워 미래시장 선점을 위한 치열한 경쟁이 전개되고 있다.

우리나라도 후발주자로서 기술개발과 실용화를 배가해 고유가 극복 대안으로 이를 적극 채택할 때다.

MGT 열병합 발전시스템의 보급이 활성화되면 국가적 차원의 동하절기 가스수요편차(TDR)를 줄이고 하절기 전력난 해소에도 도움이 크다. 여름철 첨두부하 절감으로 인한 신규 대형 발전소 건설투자 절감과 관련 입지 선정문제 해결, 나아가 전력공급 안정화와 폐열이용을 통한 국가적 차원의 유효 에너지도 대폭 향상시킬 수 있다.

우리나라도 이의 기술개발과 실용화를 배가해 고유가 극복 대안으로 이를 적극 채택할 때다. 전력-에너지계는 국책사업으로 산-학-연-관이 합심이 돼 이의 확대보급이 고유가 극복에 큰 힘이 되기를 강력히 바라고 있다.

이에 본지는 분산형 마이크로 가스터빈(MGT) 발전시스템의 국내외 기술개발-실용화 현황을 알아보고

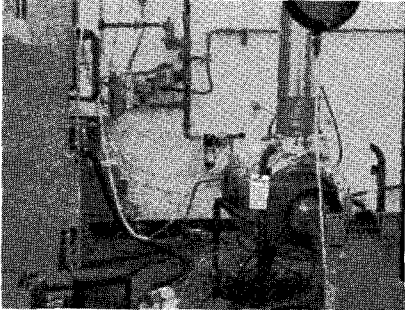
나아가 전력연구원과 한국가스공사가 2002년부터 공동으로 추진하고 있는 제3차 MGT 계통연계 발전기술개발 과제도 짚어 본다.

해외개발-실용화 활발

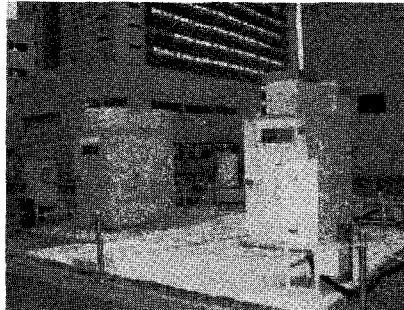
미국의 Capstone사가 1998년에 28kW급 마이크로 터빈을 이용한 분산 발전시스템을 세계 최초로 상용화했다. 미국이 새 시장을 연 이래 5년만인 2002년에 60kW급을 상용화 했고, 현재 출력 200kW급 전기효율 32~35%의 차세대 마이크로 가스터빈까지 개발 중이며 올해 상용화 단계까지 왔다. Capstone사는 현재까지 2,400대의 마이크로 터빈을 전 세계에 공급했고 총 운전시간 313만 4,325시간을 달성했다. 그

전력연의 60kW급 마이크로 가스터빈의 주요 성능스펙

구 분	Capstone사 C60 모델
전기출력	60 kW
효 율	26~28%
Fuel Flow	811,000BTU/HR(HHV)
배기구 온도	580 F
가스터빈 회전수	96,000RPM
출력전압	정격삼상 400~480V
설치중량	758kg
크기(MM)	760 X 1900 X 1600
소 음	70dB at 10m
NOx 배출농도	천연가스: <9ppm (15% O2)



Capstone 60kW급 마이크로 가스터빈 코어 성능시험평가 (미국LA)



30kW급 MGT계통연계 운전(연료: KEROSENE, PROPANE) 동경전력 기술개발원(일본 요코하마)

외에도 Bowman, Elliot, Turbec 등 회사들도 MGT 제품을 개발, 본격적으로 시장에 진입한 상황이다.]

일본은 환경친화적 계통연계 및 독립운전이 가능한 분산형 전원개발을 위해 총 200대 이상의 마이크로 가스터빈을 설치, 실증실험 및 운전 중이다.

전력회사, 가스회사 및 독립 전력사업자(IPP)가 경쟁적으로 기술개발 및 사업화를 추진 중이다. 특히 동경전력은 1999년부터 마이크로 가스터빈 운전특성 평가연구를 수행 중이며 분산형 전원공급 자회사로 이듬해 2000년 마이에너지를 설립, 본격적인 온 사이트(On-site) 자가 발전사업을 개시했다.

일본의 MGT는 출력 30kW의 규모로 21세기의 분산형 온 사이트 전원으로서 1999년부터 본격 등장한 이래, 현재 보급 단계에 있다. 정부의 각종 규제완화에 의해 더욱 힘을 얻고 있다. MGT 보급의 큰 벽으로

여겨졌던 전원설비에 관한 규제가 크게 완화됐다. 2001년 4월 일본의 경제·산업성은 MGT의 설치에 있어서 난관이 된 보일러 터빈 주입기술자의 상주 의무를 철폐하는 등의 규제 완화를 단행했다.

2002년에는 상용 전원과의 계통연계 요건이 간소화 됐고, 소방법에서 건축물과의 이격거리 규제 등도 완화됐다. 이로 인해 가격도 내려 MGT의 보급이 더욱 가속화 됐다.

이에 힘입어 일본 니이가타 원동기는 2년 전 출력 300kW의 초저공해형 재생 사이클 마이크로 가스터빈 발전기 'RGT3R'을 개발한 바 있다. 이 MGT 발전기는 니이가타 원동기가 방재용으로 개발한 가스터빈 기술을 기초로 배기가스의 열에너지를 회수하는 재생 열교환기와 초저공해형 연소기를 탑재하고 있다.

이 발전기의 효율은 32.5%로 300kW급에서는 당시 세계 최고 수준이며, 질소산화물(NOx)의 배출량

역시 20ppm으로 액체 연료에서는 세계에서 가장 깨끗한 배기를 실현했다.

최신기술 속속 도입

현재 미국을 중심으로 여러 회사가 마이크로 가스터빈을 개발하고 있다. MGT의 열효율과 내구성은 트레이드오프 관계에 있다. 이들 중 어느 쪽에 중점을 둘 것인가, 또 나아가 신기술과 성숙한 기술 중 어느 쪽을 택할 것인가 등의 차이에 따라 각각 다른 특징을 갖게 된다. 하지만 다 디젤엔진 등의 소형발전장치에 대항할 수 있는 성능, 가격 등을 목표로 하고 있다는 공통점이 있다.

MGT에는 특징이라 할 만한 몇 가지 기술이 채용되고 있다. 이 중 중요한 것은 세 가지로 요약된다.

우선 신기술의 대표적인 예가「공기베어링」응용기술. 이것은 로터가 회전할 때 스스로의 회전력에 의해 로터와 베어링과의 사이에 공기 막을 형성하여 로터를 부상시키는 기술이다. 이를 활용하면 종전의 유윤활방식의 베어링에 필요하던 윤활유 계통을 생략할 수 있다. 이 때문에 장치가 심플해지고 오일의 보급·교환 등의 정기적인 메인テナンス가 불필요하다는 메리트가 있다.

다음은「인버터」기술을 활용하여 감속기를 생략하는 것이다. 일반 소



15kW급 Landfill Gas 마이크로터빈 계통연계발전 Site(미국 캘리포니아 Lopez Canyon)

양쪽 힘으로 발전해 열효율을 높이고 있다. 재생사이클에서는 연소기에 들어가기 전의 공기를 배기가스와 열을 교환하여 예열함으로써 연소기에 투입하는 연료의 양을 저감시키는 방법으로 열효율을 높이고 있다. 따라서 종래의 100kW 이하의 가스터빈에서는 열효율이 15%(LHV 기준) 정도밖에 되지 않던 것이 재생사이클을 채용함으로써 25~30% 정도로 감절 가까이 개선됐다.

형 가스터빈발전은 발전기를 주파수에 맞춘 특정 회전수로 하기 위해 발전기와 가스터빈 간에 감속기를 설치하고 있다. 이에 반해 마이크로 가스터빈은 일부의 예를 제외하고는 1분간에 수만 회전하는 가스터빈의 회전을 직접 발전기에 전달하는 방식을 채용하고 있다. 발전기는 고주파의 교류전력을 발생시키는데 이것을 일단 직류화 하고 인버터를 사용하여 50Hz 또는 60Hz의 교류로 변환시키기 때문에 회전수에 제한을 받지 않고도 운전이 가능하다. 이렇게 함으로써 설비의 구조가 심플해져 더욱 소형화할 수가 있다.

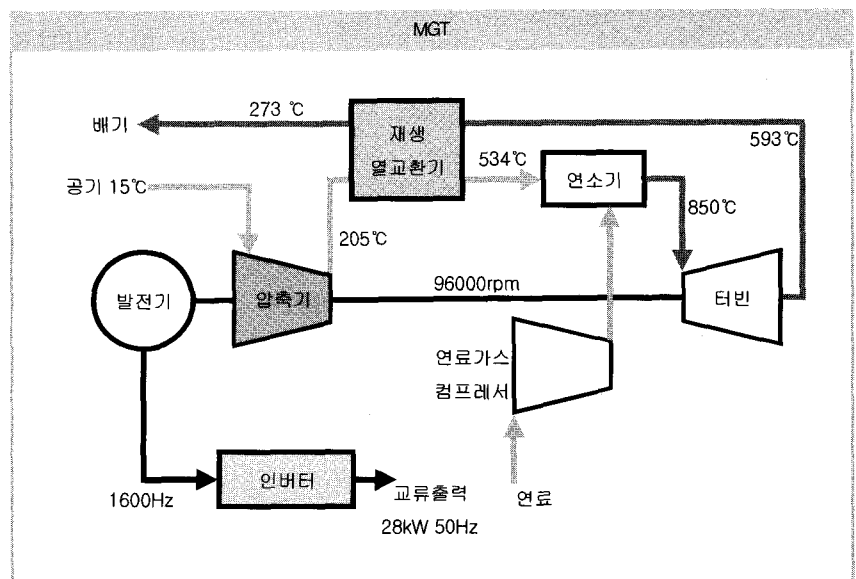
마지막으로 최대의 특징으로「재생사이클」이라는 시스템을 채용하여 열효율의 향상을 기하고 있는 점이다. 가스터빈의 배기가스는 통상

500℃ 이상의 고온이므로 그대로 방출하면 열손실이 대단히 커진다. 가스터빈을 사용한 콤바인드 사이클 발전에서는 이 배기가스의 열로 증기를 만들어 가스터빈과 증기터빈의

국내 연구개발 막바지

국내에서도 소형 계통연계형 마이크로 가스터빈(MGT) 발전설비의 연구개발이 막바지에 와 있다.

전력연구원 발전연구실 발전성능





그룹은 전력산업연구개발사업으로 수행중인 '분산형 MGT 계통연계 발전기술' 과 관련 국내 처음으로 '30·60kW급 계통연계형 MGT 발전설비'의 실용화를 성공적으로 마무리 중에 있다.

이와 관련 전력연구원은 최근 한국가스공사 정선연수원에서 전력연구원 김종영 발전연구실장과 전력기반조성사업실 양완섭 간사를 비롯 연구과제 담당자들이 참석한 가운데 '분산형 마이크로 가스터빈 열병합 발전기술' 제3차 착수회의를 가진 바 있다.

세미나 형식으로 이틀간 열린 마지막 착수회의에서는 향후 국내 적용을 고려한 '분산형 마이크로 가스터빈 열병합 발전시스템의 고효율화

및 계통연계 운전기술' 등의 연구과제 검토 및 토론이 심도있게 진행됐다.

과제의 MGT 시스템은 유휴계통이 있는 배어링을 종래 사용해 왔던 것을 공기배어링으로 변경해 발전소의 유지보수비를 대폭 줄이기로 했다. 또 환경친화적 저공해 연소기 및 재생 사이클의 채택으로 효율도 극대화시킨다는 구상이다. 이에 따라 30·60kW급 계통연계형 열병합 발전시스템은 차세대 신규 전원으로 각광을 받을 것으로 보인다.

전력연구원은 이번 과제에서 분산 발전기술의 특성을 분석하고 다양한 성능평가를 통해 국내 적용성 평가에 활용할 예정이다. 전력회사로서 계통연계 기술기준 수립을 위한 설

비로도 사용한다는 복안이다.

또한 향후 온 사이트 비즈니스 신규원전에 대비 MGT 열병합발전시스템 타당성 및 계통운영 기술개발을 통해 최적화 운용기술과 경제성을 갖추기로 했다. 이를 통해 이의 보급 활성화 기반을 다지기로 했다.

향후 배열이용 흡수식 냉온수기 개발로 건물 등에 설치 시 전력 및 열원 불균형 문제를 해결할 수 있는 최적의 열병합 발전시스템의 실용화가 멀지 않았다.

향후 추진과제

현재 전력연구원의 발전연구실 발전기계그룹에서는 2002년 전력산업

*3차 착수회의 주요 발표내용

- (1) 30·60kW급 마이크로 가스터빈 성능평가 및 운전특성 기술(전력연 임상규 부장) : 다양한 운전조건별 기본성능 및 환경성능 시험을 통해 발전성능 및 효율을 계산하고 도심지 적용성을 위한 NOx, CO의 발생량 실시간 측정 평가
- (2) 마이크로 가스터빈 계통연계 기술기준 개발(전력연 윤기갑 과장) : 계통 보호협조를 고려한 수전점에서의 연계특성 분석 및 운전중 전력품질시험 중요항목인 고조파, 플리커, 전압변동을 평가.
- (3) 소형 열병합 발전 기술개발 동향 분석 (가스공사 손화승 부장) : 국내의 소형 열병합 시장에 적용 가능한 분산발전시스템 검토 및 최적의 열병합시스템 구축을 위한 여건 분석.
- (4) 흡수식 배열 회수 장치 실험평가(가스공사 최경식 연구원) : 마이크로 가스터빈 폐열을 이용한 13RT급 흡수식 냉·온수 발생기 성능평가.
- (5) 국내 확대적용을 대비한 전략계획 수립 및 후속사업 기획(전력연 허광범 과장).
- (6) 종합 토의 및 강평(전력연 조형래 발전성능그룹장)

연구개발사업으로 “분산형 Micro Gas Turbine(MGT) 계통연계 발전 기술개발 과제”를 수행함으로써 성능평가기술 및 계통연계 최적운전기술을 개발 중에 있으며 참여기업인 한국가스공사 연구개발원에서는 폐열을 이용한 온수발생기 및 흡수식 냉동기를 개발 중에 있다. 특히, 마이크로 터빈의 최적운전을 위한 성능평가 시스템 개발을 통해 신뢰성 확보에 역점을 두고 있다.

기본성능(정격·부분부하효율, 기동정지특성)을 비롯 환경성능(연소 가스배출, 소음특성), 운전 조작성 평가(원격조작 및 계측), Co-generation 성능평가, 내구성 평가

(DSS+300,600시간 연속운전), 전기특성 평가(고조파, 전파장해)를 하고 있다.

또 Over Current Relay, Under Voltage Relay, Under Frequency Relay 등 본체 내장 보호계전기 기능평가와 단독운전 성능평가, 마이크로 가스터빈 계통연계 운전시험 수행 등도 해오고 있다.

이를 통해 향후 국내에 적합한 계통연계 및 단독운전이 용이하고 원격감시/제어를 기반으로 한 고효율 MGT 발전시스템을 국산화 개발할 계획이다.

주요 적용처로는 호텔, 병원, 백화점, 사무용 빌딩 등 고효율 에너지

건물과 소도서/벽지 적용을 통한 공익 발전사업 및 Landfill Gas를 이용한 폐자원 재활용 발전시범 사업에 적극 활용한다는 계획이다.

전력연구원 외에도 이의 실용화도 한창인데 삼성테크원은 1.2MW급을 개발 중이며, 한국기계연구원도 75KW급의 상용화에 매진하고 있다.

한편 국내 개발이 더디다 보니 현재 수입품 위주로 대략 MGT 발전설비 100여기가 비상발전용 터빈으로 국내서 운영되고 있는 실정이다.