

열병합발전시스템
기술개발 현황

(* (주)효성 중공업연구소 기전팀장)

1. 서론

지속적인 인류 문명의 발전을 위하여 필연적으로 수반되는 에너지의 다량 소비 및 환경 오염에 대한 획기적인 해결책을 마련하기가 어려워진 상황에서 인류가 선택할 수 있는 유일한 대안은 환경 친화적인 문명을 만들어 나가는 것이다. 우리 나라는 '97년 현재 에너지원의 97%를 수입에 의존하고 있으며, 연간 수입액도 200억\$, 에너지 탄성치는 1.4에 육박하여 단위 GNP생산에 소비되는 에너지량이 선진국의 약 3배에 이르는 에너지 다소비 국가에 해당한다. 또한 우리 나라의 총 에너지 수요는 2001년까지는 연평균 6.6%, 그후 2010년까지 연평균 3.4%씩, 그후 2020년까지는 2.1% 증가하여 2020년에 348.2백만 TOE로 1995년의 약 2.3배 수준으로 증가할 것으로 예상되어 해외의존도가 매우 높은 우리 나라로서는 에너지 절약기기를 포함한 에너지 관련 기술개발과 보급은 지속적인 경제 발전과 현재의 외환위기 타개를 위한 긴급한 과제이다.

또한 범세계적으로는 '97년 12월 기후변화협약 제3차 당사국총회(일명 교토 회의)에서 90년을 기준으로 미국 7%, 일본 6%, 유럽연합(EU) 8%를 포함하여 선진국은 평균 5.2%의 온실가스 배출 감축 목표를 골자로 하는 "교토 의정서"를 채택하므로써 환경 친화적인 문명의 건설을 위한 구체적인 합의에 이르고 있다. 특히 선진국들은 이산화탄소(CO₂)의 순배출량 방식 및 배출권 거래제도를 허용하는 안을 채택함으로써 경제적인 규제수단의 하나로 온난화 가스 배출삭감 압력을 행사할 준비를 완료한 상태이다.

이와 같은 상황 타개를 위한 대안 중에서 최저의 비용으로 전체 온실 가스 중에서 기여도 50%에 이르는 이산화탄소를 대폭적으로 저감시킬 수 있다는 열병합 시스템의 특성 때문에 선진국을 중심으로 열병합 시스템관련 기술의 개발 및 도입을 위한 노력을 지속하고 있다. 본 고에서는 열병합 시스템과 관련한 기술개발의 필요성, 국내외 기술개발 동향 및 기술 수준 비교 등에 대하여 간단히 기술해 보고자 한다.

2. 기술개발의 필요성

2.1 열병합발전 시스템의 에너지 절약성

열병합 발전 시스템의 에너지 절약성은 실제로 원동기의 효율, 배열의 이용방법, 전력수요와 열 수요의 밸런스 등에 따라 변하지만 열병합 발전 시스템의 종래의 발전 시스템 대비 뛰어난 에너지 절약성은 이미 잘알려져 있다.

그림 1에 나타나 있는 바와 같이 열병합 발전 시스템의 발전 효율을 30%, 배열회수 효율을 투입에너지에 대하여 45%라고 하는 경우, 일반 전력사업자의 화력발전효율을 3%의 송전손실을 추가로 고려하여 36%라 하고, 보일러 효율을 90%라고 하는 경우 투입 일차에너지를 기준으로 할 때 25%의 에너지 절약효과를 거둘 수 있다. 이런 경향은 열병합 발전시스템의 배열을 효과적으로 이용할 수만 있다면 역전되지 않는다.

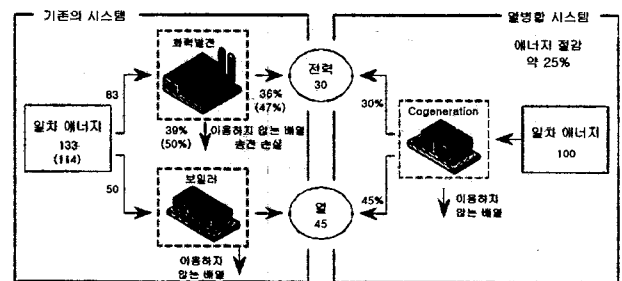


그림 1. 기존의 시스템과 열병합발전시스템의 효율 비교

2.2 열병합 발전 시스템의 CO₂ 삭감 효과

최근 화제가 되고 있는 CO₂ 배출원 단위에 대하여는 일반 전력사업자로부터 공급되는 전력은 화력뿐만 아니라 수력이나 원자력에 상당부분 의존하고 있기 때문에 전 전원의 평균값으로 CO₂ 배출원 단위를 정의하여야 한다는 주장과 연료의 채취·정제 및 플랜트의 건설 시에 투입되는 에너지까지를 포함하는 LCA(Life Cycle Assessment)적인 CO₂ 배출

원 단위를 고려하여야 한다는 등 관점이나 입장에 따라 주장이 다르다. 전기사업자 대 비전기사업자의 발전시스템에 대한 CO₂ 배출 비교를 하는 경우만으로 제한하는 경우에는 전 전원을 기준으로 하는 것이 타당하다. 그러나 최근에 에너지 시스템도 하나의 나라 또는 지역에서 여러 개의 나라 또는 광범위한 지역으로 국제적인 에너지 인프라가 구축되게 되면서 CO₂삭감에 대하여도 공동으로 노력하여야 하는 시대가 도래하고 있다. 따라서 LCA적인 관점에서 CO₂ 원단위를 산출하고 그 결과를 근거로 각종 시스템을 비교하는 것이 바람직하다는 의견이 설득력을 얻어가고 있는 실정이다.

그러나 COP3(기후변화협약 3차 당사국 총회)의 의정서의 내용을 준수하여야 하는 현재의 상황에서 선진국들은 자국내에서의 CO₂ 배출 삭감을 최우선으로 고려할 수밖에 없는 입장이다. 따라서 화석 연료계 발전시스템은 동일 종류로 분류하고, 이들 각 시스템간의 CO₂배출삭감효과에 대하여 비교검토를 수행하여 환경부하가 적은 발전시스템을 우선적으로 도입할 수 있도록 인센티브를 주고 있다. 이를 감안하여 그림 1에 상당하는 CO₂배출량을 대규모 집중형 화력발전소에 대하여는 석탄, 석유 및 LNG화력 가중 평균치를 적용하고, LNG에 대하여는 열 회수를 하기 때문에 고위발열량을 적용하여 그림 2와 같이 나타내었다. 그림 2에서 알 수 있는 바와 같이 열병합 발전 시스템을 도입하는 경우 기존의 시스템에 비하여 약 30%의 CO₂삭감 효과를 거둘 수 있는 것으로 산출되고 있다.

여기서 그림 2내의 괄호 내에 나타나 있는 집중형과 열병합 발전 시스템을 모두 천연가스 기준으로 비교하더라도 열병합시스템이 약 12%의 에너지 절약효과가 있고, CO₂ 삭감 효과도 마찬가지로 약 12% 정도를 거둘 수 있다.

또한 세계에너지협의회(WEC : World Energy Council)의 보고에 의하면 석탄 연료를 사용하고 배압 증기터빈을 채용하여 8MW정도의 전기 출력을 얻는 기존 석탄화력 발전소를 석탄을 연료로 사용하는 열병합으로 대체하여도 NO_x, SO_x 및 CO₂를 약 21% 감소할 수 있고, NO_x 저감장치로 수분사 방식을 채택하고 전기출력이 4MW정도인 가스터빈 발전설비를 가스터빈 열병합으로 대체하는 경우에는 NO_x는 40%, CO₂, SO₂는 36%정도를 감소시킬 수 있으며, 가스복합 발전소를 열병합으로 대체하는 경우에는 NO_x는 36%, CO₂

및 SO₂는 18%정도 감소시킬 수 있는 것으로 추정하였다. 즉 WEC 보고에 의하면 열병합의 도입에 따른 공해물질의 삭감량은 적용되는 기술 및 연료 등에 따라서 차이가 있을 수 있으나 대체적으로 NO_x는 20~40% 이하로 CO₂의 경우 18~36%정도로 낮출 수 있어서 지구규모의 환경 문제 해결의 바람직한 수단 중의 하나임을 확인할 수 있다

2.3 CO₂ 삭감 수단별 비용

경제성의 유무는 투입 비용대 효과로 판단하게 되므로 CO₂ 삭감을 위하여 채택될 가능성이 높은 수단들의 비용대 효과를 그림으로 나타내면 다음의 그림 3과 같다. 그림 3에서 종축에는 CO₂ 삭감 1톤당 비용을 횡축에는 CO₂ 삭감량 즉 삭감효과를 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 가장 비용이 적게 드는 수단은 가정의 조명이고 그 다음이 공업 및 행정 부문의 단열이다. 비용에 대하여 삭감효과가 큰 수단은 열병합 발전 시스템이고, 특히 산업, 병원, 호텔 및 수영장에 열병합 발전 시스템을 도입하는 경우 삭감효과가 큼을 알 수 있다. 풍력의 경우는 그림에 나타나 있는 바와 같이 CO₂ 삭감 효과 및 비용이 상대적으로 큼을 알 수 있다.

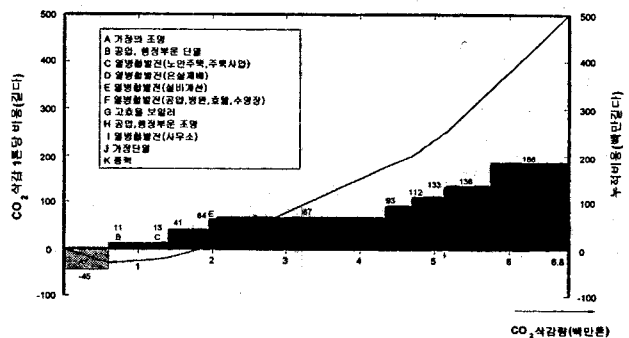


그림 3. CO₂ 삭감수단별 비용대 효과 (출처:네덜란드 환경행동계획)

3. 국내의 기술개발 동향

3.1 국외 기술개발 동향

미국의 경우 1978년 카터 정부 하에서 공익사업 규제법(PURPA: the Public Utility Regulatory Policies)을 입법화하여 열병합 설비 및 대체에너지 설비의 도입 활성화를 위한 제도적으로 뒷받침하므로써 기술개발을 자연스럽게 유도하여 GRI등 관련 연구기관을 중심으로 연구가 활발히 진행되고 있고, 일본의 경우에는 정부가 중심이 되어 "Energy Best Mix", "환경조화형 에너지구상" 및 "에너지의 합리적 사용"등의 에너지 자원 빈곤 국에 걸맞은 새로운 개념을 에너지 정책에 도입하여 ACT 90, Moon Light 계획 및 New Sunshine계획 등을 통하여 80년대 중반부터 하드웨어 관련 기술개발은 물론 계통연계기술요건 가이드라인 등을 포함하는 제도 및 정책연구를 꾸준히 진행시켜서 현재는 소형 열

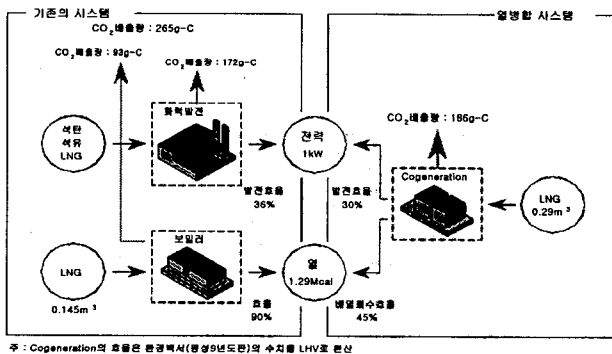


그림 2. 기존 시스템과 열병합발전 시스템의 CO₂ 삭감효과 비교



병합시스템에 관한 한 세계에서 가장 모범적인 국가라 할 수 있다.

열병합 설비의 도입에 있어 100여년의 전통을 가진 유럽에서도 1993년에 COGEN-Europe을 설립하여 소형 열병합발전시스템의 보급 활성화에 더욱 적극적으로 나서고 있다. 유럽연합의 SAVE programme의 지원을 받고 있는 COGEN Europe의 역할은 유럽에서의 열병합발전의 장애요인 파악과 이를 정책/제도적으로 장애요인을 타개하기 위한 조정작업, 회원국가간의 정보 및 경험 교환, 유럽에서의 열병합의 절전 잠재량의 정량화, 국가적인 차원의 열병합발전 장려기관의 설립촉진, 국제적인 활동 및 협조, 학술대회개최, 출판활동 등을 통하여 열병합발전 관련 기술개발 및 도입 촉진을 위하여 활동하고 있다.

가스터빈의 경우에 고효율화의 실현을 위하여 가장 주목되고 있는 터빈입구온도(TIT) 고온화는 15~20°C/년의 속도를 진행하고 있다. 근래에 관련 소재산업의 발달로 TIT는 1350°C정도가 실용화되고 있고, 가까운 장래에 1500°C의 실현이 가능할 것으로 예상되고 있다. 이들 대형 가스터빈에서 개발된 기술을 소형 가스터빈에 적용되면서 NUOVO PIGNONE사의 PGT 10, SOLAR사의 MARS, RUSTON사의 TORNADO 등의 소형 모델(1.5~15MW)도 발전단 효율이 30%이상을 달성하는 등 비약적인 발전을 거듭하고 있다. 특히 일본의 경우 소형 가스터빈의 고효율화를 위하여 300kW급 세라믹 가스터빈 개발과제의 경우 TIT가 1350°C, 발전단 효율 42%를 목표로 1988년부터 개발되어 왔는데 1994년에 1200°C, 33%를 달성하였고, 1996년부터 TIT가 1350°C의 달성을 위하여 계속 연구되고 있다. 저공해화와 관련하여서는 증기 또는 수분사, 배연 후처리와 같은 기술에서 탈피하여 제 3세대 기술에 해당하는 연소방법 개선을 통한 DLN(dry low-NOx combustion)기술이 GE, ABB 및 Siemens사 등에서 개발되어 35~40MW출력의 대형 발전용에 적용되다가 최근에는 SOLAR사의 Centaur, Mars, NUOVO PIGNONE사의 PGT 2, PGT 5, PGT 10 및 MAN-GHH사의 THM-1304D등 2~10MW급의 소형 발전용에도 적용되어 현재 NOx 배출량을 50mg/Nm³ 이하로 줄이는 수준에 이르고 있다. 그러나 항공기용을 개조한 가스터빈의 경우 아직도 대부분 증기 또는 수분사 방식을 채용하고 있으나 1995년부터 GE사의 LM6000, LM16000, LM2500 모델에는 DLN 방식이 채용되고 있다. 또한 근래에 네덜란드에서는 두 기종의 소형 가스터빈(Opra, Heron)의 개발을 진행하여 효율 및 비용의 측면에서 상당한 성과를 거두고 있다고 보고되고 있다. 즉 450kW급인 Opra의 경우 발전단 효율이 27%, 설비비가 1800NLG/kW로 기존의 500kW급 가스터빈의 발전단 효율 20~25%, 설비비 4000NLG/kW에, 1400kW급인 Heron의 경우 발전단 효율이 42%, 설비비가 2100NLG/kW로 기존의 1000kW급 가스터빈의 25% 및 2500NLG/kW에 비하여 상당한 경쟁력을 가질 수 있다는 결과를 얻고 있다. 최근 소형시스템의 다양화와 관련하여서는 가스터빈으로 대응이 곤란한 것으로 분류되고 있었던 600kW급 이하의 모델이 호텔 및 산업체를 대상으로 상업화가 활발히 진행되고 있으며, 특히 군사용 및 자동차용

으로 개발된 초소형 가스터빈(50kW~250kW급)을 이용한 열병합 시스템에 대하여도 상품화와 관련한 연구가 활발히 진행되고 있다.

가스엔진의 경우에는 고효율화를 위하여 희박연소 방식 및 압축비의 상승과 관련한 연구가 활발히 진행되고 있다. 최근에는 Cooper, MAN, Waukeshia, Jenbach등에서 5MW 규모에까지 희박연소 방식을 채용하고 있는 데, 대형의 경우에는 38%, 소형의 경우에도 35%정도의 고효율화를 실현하고 있다. 그리고 최근에 Otto Cycle의 고효율화 한계를 극복하기 위하여 열병합용으로 Miller Cycle에 대한 연구가 시도되고 있는 데, 동경가스에서 발전단 효율이 37.5%인 330kW급 엔진을 개발하여 상품화 단계에 이르렀다고 보고되고 있다. 또한 일본의 가스 3사와 MITSUIS사가 세계 최초로 개발한 GIDE (Gas Injection Diesel Engine)의 경우 고효율형에서는 발전단 출력이 5090kW, 효율은 45%, 고출력형에서는 발전단 출력이 6500kW, 효율은 43%의 성과를 거두고 있는 등 고효율화와 관련한 다양한 연구가 진행되어 상당한 수준의 결과를 얻고 있다. 그림 4에 MITSUI 42M형 GIDE의 시스템 개략도와 열밸런스를 나타내었다. 그림에 나타나 있는 바와 같이 보기용 전력에 해당하는 3%를 포함한 발전단 효율은 45%이고, 배열 중에서 증기로 회수되는 양은 16.1%, 온수로 회수되는 양은 6.2%로 종합열효율은 66.3%이다. 또 일본의 경우에 가스터빈과 마찬가지로 200kW급 세라믹 가스엔진 개발하여 실증 운전한 결과 발전단 효율이 44.6%에 이른다고 보고되어 있다. 저공해와 관련하여서는 연소방식에 따라서 삼원촉매방식(three-way catalytic reduction), SCR(Selective Catalytic Reduction)을 채용하고 있으며 NOx의 배출량을 100~200ppm (0% O₂)으로 맞추는 수준에 이르러 있다. 가스엔진 열병합의 경우에도 GHP의 개발이 진행되면서 50kW 미만의 초소형 시스템이 개발되어 상품화되고 있다.

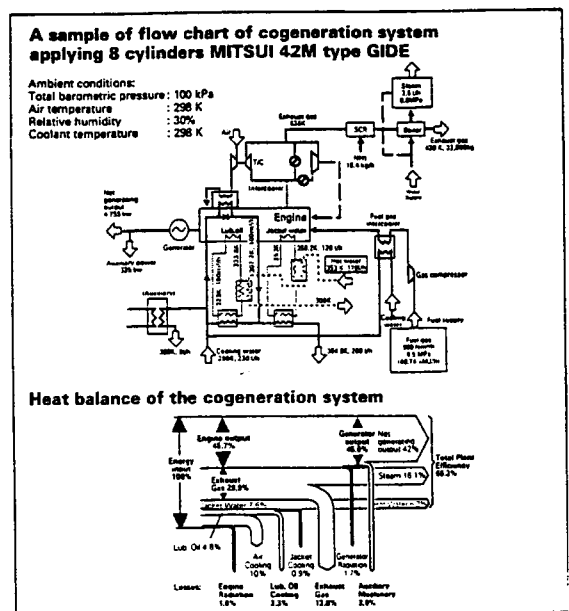


그림 4. MITSUI 42M형 GIDE의 시스템 개략도와 열밸런스

미래의 열병합 시스템으로 주목받고 있는 연료전지의 경우 적용 용도가 다양하다는 특성 때문에 열병합 분야에서 연구가 가장 활발히 진행되고 있다. 연료전지는 전해질의 종류에 따라서 SPFC(Solid Polymer Fuel Cell), PAFC(Phosphoric Fuel Cell), MCFC (Molten Carbonate Fuel Cell) 및 SOFC (Solid Oxide Fuel Cell)로 분류되며 연료전지를 열병합용으로 사용하는 경우 형식은 수요처의 열수요, 온도 레벨 및 열전비 등에 따라서 차이가 있으나 PAFC, MCFC 및 SOFC가 유망하다는 인식 하에 선진국을 중심으로 기술개발에 박차를 가하고 있다. PAFC의 경우 미국에서 1960년대 후반 TARGET 프로그램의 일환으로 주거용 및 상업용으로 개발되기 시작하여 90년대 초반 IFC에서 200kW급을 개발하면서 실용화에 박차를 가하여 1997년까지 IFC의 자회사인 ONSI사를 통하여 144기가 판매되었고 1995년부터는 2 MW시스템의 실증연구가 진행되고 있고, 일본의 경우에는 1981년부터 시작된 Moonlight 계획의 일환으로 도서 지방용 PAFC 및 상업용 열병합 PAFC의 개발 및 실증운전을 병행하고 있다. 일본의 경우 1997년 현재 86여대, 30MW의 PAFC가 운전 중에 있으나 '97년 6월 현재 누적 운전시간이 30,000시간 이상인 모델은 5대 모두 ONSI사가 공급한 모델이고, 도시바 전기가 제작한 50kW급 및 100kW급의 경우에 29,000시간 정도의 운전 실적을 거두었다고 보고되고 있다. 그러나 MCFC의 경우는 실증운전 단계에 있고, SOFC의 경우에는 시험운전 단계에 있다. 열병합에 적합하다고 판단되고 있는 연료전지의 일반적인 사양 및 기술개발 현황을 간단하게 요약하여 정리하면 다음의 표 1과 같다.

표 1. 열병합용 연료전지의 일반적인 사양 및 기술개발 현황

구분	PAFC	MCFC	SOFC
작동 온도 °C	200	650	800~1000
배열 온도 °C	80~150	500~600	800~850
발전 효율 %	40~45	50~55	50~55
종합효율 %	80~85	80~90	80~90
기술개발 현황	실증운전, 200kW급 상품화 완료, 신뢰성 확보 기술 개발중	실증운전 중, 기술 개발 진행중	시험운전 수행 중, 재료에 관한 연구 중
상품화 시기	1995	2000	2010

이와 같은 선진국에서의 지속적인 기술개발의 결과로 열병합 시스템의 고효율화 및 저공해화는 그림 5 및 6에 나타나 있는 바와 같이 비약적인 성과를 거둘 것으로 예상되고 있다. 그림에서 연료전지는 효율 및 저공해화의 측면에서 유리한 것으로 나타나 있어 설비비 저감을 통한 경제성 및 신뢰성만 확보되면 미래의 열병합 시스템으로 유망함을 알 수 있다. 그러나 용량에 따라서 다소의 차이는 있으나 상품화되어 판매되고 있는 PC25의 경우 설비비가 3000\$/kW로 가스엔진 열병합 시스템의 500\$~1300\$/kW이나 가스터빈 열병합 시스템의 600~1300\$/kW 보다 훨씬 비싸서 정책적인 지원이 없이는 상품화에 상당한 어려움이 예상되고 있다.

최근에 선진국에서는 수요처의 전체 에너지 수요에 대하여 보조 기기를 포함한 모든 에너지 시스템을 대상으로 최적

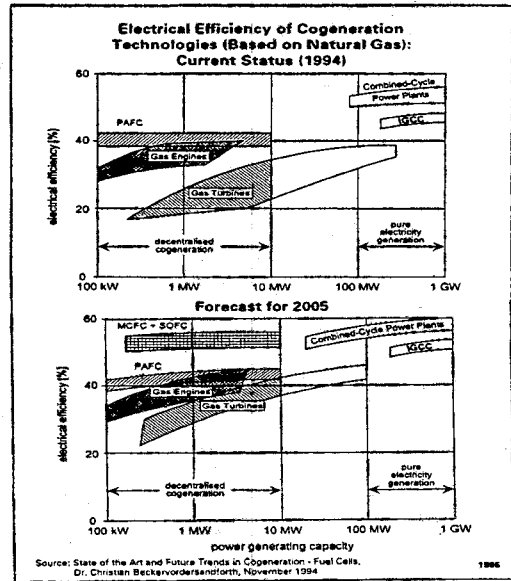


그림 5. 효율 변화 추이

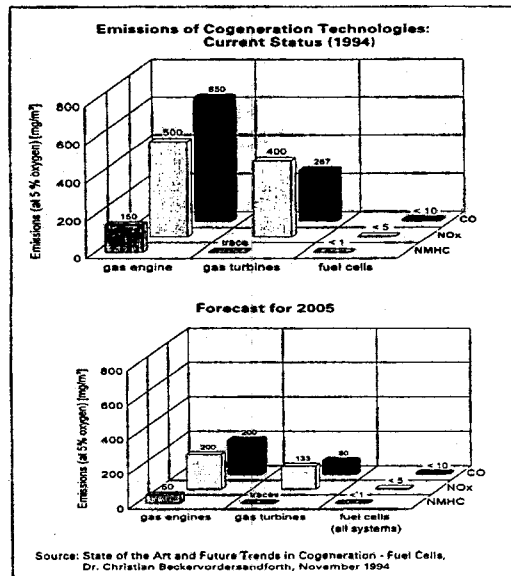


그림 6. 저공해화 추이

운전모드 해석을 통한 최적 운전계획에 대한 연구가 활발히 연구되고 있다. 이는 흡수식 냉온수기, GHP 및 열저장 기술이 발달하면서 더욱 중요시 되고 있다. 즉 열병합 시스템의 경제성을 확보하기 위하여는 필연적으로 가동률을 높여야 하기 때문에 수요처에 도입되는 보조 에너지 시스템과의 유기적인 제어를 통하여 열병합 시스템을 가능하면 기동·정지 없이 계속 운전되도록 사전에 합리적인 운전방안의 수립이 필요하다. 네덜란드에서 이와 같은 새로운 개념을 에너지 시스템의 운전에 도입하여 실증운전을 한 결과 다음의 표 2와 같은 결과를 얻었다고 보고되어 있다. 표에 나타나 있는 바와 같이 보조 에너지 시스템과의 최적 연계 운전을 통하여 부하 변동의 거의 없는 상태에서 연속운전을 하므로 열

병합 시스템의 열수요 부담율을 84%로 높였을 뿐만 아니라 기동·정지 회수를 획기적으로 줄임으로써 열병합 시스템의 내구 수명의 연장 및 유지 보수비의 절감 효과를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

표 2. 열병합 시스템의 운전방안의 비교

구 분	기존의 운전 방안	최적 운전 방안
열병합시스템을 통한 열수요 대응 (%)	76	84
기동·정지 회수 (회)	15	0
열병합 시스템의 부하 변화 회수 (회)	76	3

이 외에도 시스템의 초 소형화, 다양화 및 최적화, 저가화 및 열전비 제어와 관련한 연구가 활발히 진행되고 있고, 다양한 수요처에서의 실증운전을 통하여 습득한 노하우를 바탕으로 수요처의 특성 및 주변기기를 고려한 시스템의 최적 계획 및 타당성 검토, 정책 지원과 같은 소프트웨어의 개발에서도 상당한 성과를 거두고 있다. 특히 흡수식 냉온수기, GHP, 태양열 이용 열공급 시스템 및 열저장 시스템의 등장으로 이와 연계되는 열병합 시스템을 포함하는 복합에너지 시스템에 대한 실증연구가 다양한 수요처에서 진행되고 있거나 계획 중에 있다.

3.2 국내의 기술개발 현황

우리 나라에서 열병합과 관련한 기술개발은 과학기술처가 지원한 '89년의 "20kW급 LPG 엔진 열병합시스템 개발" 및 '90년의 "고효율 가스터빈개발"과제 등이 산발적으로 수행되다가 '93년에 통상 산업부의 지원으로 수행된 "소형열병합 시스템 개발 및 보급 방안의 기획"과제를 수행하면서 기술개발의 틀을 마련하였다고 할 수 있다. 열병합 시스템용 가스터빈의 경우 과학기술처와 통상 산업부의 지원으로 1.2MW급 시제품을 삼성항공에서 생산하여 신뢰성 시험 정도의 성과를 거두었고, 현재 통상 산업부의 지원으로 고효율화 및 신뢰성 향상 등 상용화 기술을 개발 중에 있으나 상품화 시기를 예측할 수 있을 정도의 성과를 얻었다고 보고된 바는 없다. 가스엔진의 경우에는 쌍용중공업에서 200kW 가스엔진 시제품 생산을 완료하였고, 대우중공업에서 디젤엔진을 개조하여 100kW급 엔진을 개발하였다고 보고된 바 있으나 시장

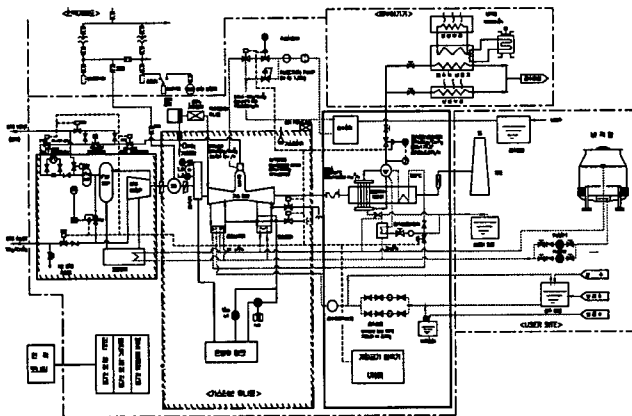


그림 7. 1000kW급 가스터빈열병합 시스템 개략도

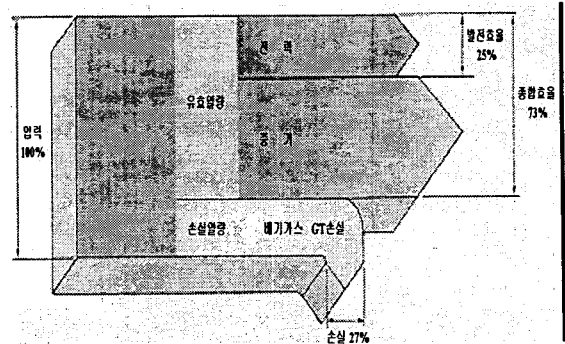


그림 8. 가스터빈열병합 시스템 열밸런스

여건의 미흡으로 용량의 다양화 등 상품화 개발은 미흡한 상태라고 할 수 있다. 열병합용 동기발전기의 경우는 1MW급을 효성중공업, 200kW급은 이천전기에서 시제품 생산을 완료하여 상용 발전기로 일부 공급하는 수준에 있다. 또한 수관식, 연관식 및 플레이트식 등 폐열회수 기기의 경우 정부의 지원으로 효성중공업에서 개발을 완료하였다. 또한 시스템의 경우에는 효성중공업에서 한국가스공사 연구개발원과 공동으로 1,000kW급 가스터빈패키지 열병합 시스템을 개발하여 시운전을 완료하고, 한국가스공사의 사옥에 설치하여 상업운전 중에 있다. 개발된 시스템의 시스템의 개략도 및 열밸런스를 다음의 그림 7과 8에 나타내었다. 그림에 나타나 있는 바와 같이 개발된 시스템은 발전단 효율 25%, 종합열 효율 73%를 달성하였다.

가스엔진열병합 시스템의 경우 한국에너지 기술연구소에서 과학기술처의 연구비 지원으로 20kW급 LPG엔진 열병합 시스템을 개발한 바 있고, 삼성중공업에서 자체비용으로 30kW급, 300kW급 가스엔진 열병합 시스템을 개발한 바 있으나 실증운전이 진행되고 있다고 보고된 바는 없다. 금성산전이 한국가스공사와 공동으로 200kW급 가스엔진 열병합 시스템을 개발하여 한국가스공사의 인천 가스관에 설치하여 시운전 중에 있다. 또한 대우중공업에서 디젤엔진을 개조하여 100kW급 가스엔진 열병합 시스템을 개발하여 축산 폐기물에서 생성되는 바이오 가스를 연료로 실증 운전 중에 있다고 보고된 바 있으나 운전 실적이 보고된 것은 한국가스공사 사옥에 설치되어 운전되고 있는 1MW 가스터빈 열병합 시스템뿐이다. 근래에 선진국에서 소형열병합 시스템의 도입이 급증하면서 연구를 활발히 하고 있는 시스템 용량의 최적화 및 최적운전 방안의 도출과 관련하여는 효성중공업, 홍익대 및 원광대 등에서 연구를 진행한 바 있으며, 그 성과인 해석용 도구를 활용하여 열병합 시스템의 도입 타당성 검토에 일부 활용되고 있다. 그림 9에 효성중공업에서 열병합 시스템의 도입 타당성 검토시 대상으로 하는 전체 에너지 시스템의 에너지 밸런스를 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 수요처의 모든 에너지 수요, 즉 전기, 냉열 및 온열을 대상으로 열병합 시스템, 보조 보일러, 터보 냉동기, 가스 직화식 냉동기 및 냉온수기, 증기 또는 온수 흡수식 냉동기, 한전 라인 등을 네트워크로 구성하여 연계운전 해석을 수행하여 최적운전 방안을 도출하게 된다.

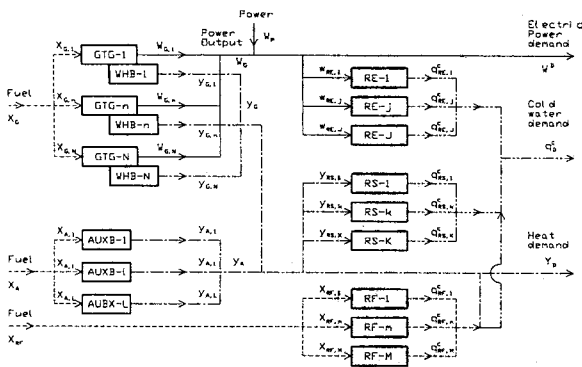


그림 9. 전체 에너지 시스템의 에너지 밸런스

그리고 열병합 시스템 관리 및 제어 S/W의 개발, 계통연계 방안과 관련한 연구가 완료되었으나 열병합 설비의 시스템화, 도입 및 운영 실적 등을 통하여 축적이 가능한 최적인 계획을 포함하는 엔지니어링 기술, 정책지원 및 에너지요금체계의 정비, 관련 법규의 정비 등 열병합 시스템 도입 토양 구축과 관련한 소프트웨어 기술의 개발은 선진국에 비하여 상당히 취약한 상태이다.

연료전지의 경우에는 대체에너지 개발사업 및 선도기술사업에서 중점지원 사업으로 선정하여 지원하면서 시작되었다. 시스템의 경우 한국전력이 Fuji사의 50kW, 한국가스공사 및 현대 중공업에서 ONSI사의 200kW급 PAFC의 특성 평가 및 운영기술을 습득하기 위한 운전 연구를 진행 중에 있고, LG 정유, 에너지 기술연구소 및 대학교에서 요소기술을 개발하는 정도에 머물러 있어 상품화와는 상당한 거리가 있는 수준에 있다.

4. 결 론

본 고에서는 열병합 시스템 관련 기술 개발의 필요성, 국내의 기술개발 동향 등에 대하여 간단히 기술하여 보았다. 앞에서 서술한 바와 같이 극히 제한적인 분야를 제외하고는 대부분의 분야에서의 선진국과의 기술 격차는 상당함을 알 수 있었다. 특히 열병합 시스템의 핵심 구성 기기인 가스터빈 및 연료전지의 경우에는 선진국과의 기술 격차가 커서 정부의 집중적인 기술개발 투자에도 불구하고 상품화 시기를 예측할 수 없을 정도의 수준에 있다. 그러나 가스엔진 및 시스템 기술의 경우 열병합 도입 토양이 구축되고, 실증운전과 관련한 지원이 뒷받침된다면 가까운 미래에 기술 격차를 어느 정도 줄일 수 있을 것으로 예상된다. 또한 개발된 기술이 상품화 기술로 연결되기 위하여는 개발된 단위 기술을 유기적으로 통합하여 시스템화하고, 시스템화된 기술의 신뢰성 확보를 위한 기술개발에 지속적인 지원이 필요하고, 개발된 기술의 상품화 및 실용화를 위하여 개발된 단위 기술의 확대적용을 통한 표준화 및 시리즈화를 통하여 수요자의 요구에 유연하게 대응이 가능하여야 할 것이다. 따라서 제한된 개발비로 최대의 효과를 거두기 위하여는 구성 기기별로 대표적인 단위 기술에 대하여 집중적으로 개발비를 지원하고, 표준화 및 시리즈화 등의 실용화 기술 개발은 세계·금융지

원, 관련 제도 및 법규의 정비, 인 허가 절차의 간략화, 에너지 요금의 체계화, 경제성 검토 기술을 포함하는 엔지니어링 기술의 제고 등을 포함하는 도입 토양의 구축과 관련한 S/W 기술 개발 및 발굴을 통하여 시장을 활성화시킨 후 시장기능에 맡기는 것이 바람직하다고 여겨진다. 그러나 지금까지의 기술개발 과정을 살펴보면 시스템 도입 토양의 구축과 관련한 S/W적인 기술보다는 구성 기기를 위주로 하는 단위 기술개발만 완료되면 시스템 기술은 시장기능에 맡기면 된다는 일률적인 기술개발 정책을 추진하여 개발된 단위 기술이 상품화 또는 실용화되지 못하고 사장되어 왔다. 따라서 기술개발 계획의 기획 및 모니터링, 핵심 기반기술의 통합·확산 및 지원 등을 통하여 효과적으로 기술개발이 진행될 수 있도록 합리적인 기술개발 인프라 구축에 힘써야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] 오시덕, 권용호, 열병합시스템 기술 입문, 이진문화사, 1997
- [2] 柏木 孝夫, 秋澤 淳, "CO₂ 排出制約下におけるコージェネレーションの役割"省エネルギー, Vol. 50 No.6, pp. 73~77, 1998
- [3] WEC REPORT, "Technology and Environmental Aspects of Advanced Co-Generation," 1995
- [4] Masaski MOTOKAWA, "R&D Efforts for Cogeneration Technologies with High Efficiency,"
- [5] 방효선, 오시덕, 김재인, "국가 에너지절약을 위한 소형 열병합발전 시스템의 기술개발 및 실용화 보급전략," 전기학회지 제47권 7호, pp.21~26, 1998
- [6] Walter G. Scott, "Micro-Turbine Generators for Distribution Systems," IEEE Industry Magazine, May/June, pp. 57~62, 1998
- [7] 本間琢也, "燃料電池の開発状況と課題"電氣評論, pp. 38~43, 1997. 11
- [8] 池田紳一, 伊東洋三, "常用化を迎えた燃料電池"電氣學會論文誌 B, 116卷 8号, pp. 905~908, 平成 8年
- [9] 노중석, "인산형 연료전지 발전시스템," 화학공업과 기술, 제16권 제5호, pp. 402~406, 1998
- [10] 임태훈, 임희천, 홍성안, "용융탄산염 연료전지 기술개발 현황과 전망," 화학공업과 기술, 제16권 제5호, pp. 407~419, 1998
- [11] 오시덕, 국내외 가스터빈 열병합 시스템의 기술개발 현황과 보급전망, 에너지자원기술개발지원센터, 1995
- [12] 오시덕, "은실가스 대체기술로서의 열병합발전" 에너지관리, 12월호, pp.92~97, 1998

저 자 소 개



오시덕(吳始德)

1959년 5월 3일생. 1982년 중앙대 기계공학과 졸업. 1985년 2월 동 대학원 기계공학과 졸업(석사). 1990년 2월 동 대학원 기계공학과 졸업(공학). 1985년 효성중공업(주) 입사. 현재 (주)효성 중공업연구소 기전팀장. 중앙대 기계공학과 겸임교수. 에너지 시스템의 성능 해석 및 평가, 소형 열병합 시스템, 폐열회수 기기, CNG 충전시스템, 풍력 발전 시스템의 개발 및 경제성 검토, 에너지 절약 기술 개발에 중사