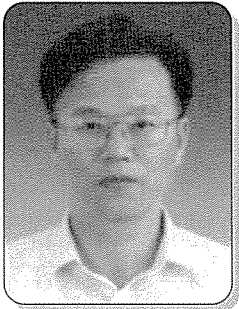


가스열병합발전시스템 설치사례 소개



(주)케너텍 에너지사업본부
 이사 김봉춘
 Tel : (02)783-2040

1. 기술 개발 동기

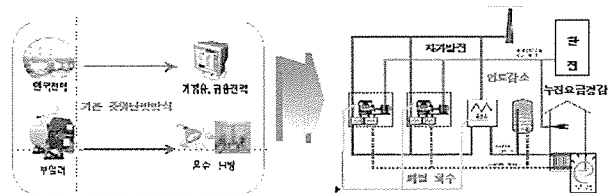
현재 우리나라 공동주택의 에너지 공급 시스템은 몇 개소의 지역난방 열병합 발전소와 쓰레기 소각의 과정에서 생겨난 폐열을 이용한 지역 난방 공급 체계와 전력을 생산하여 한전에 판매하는 시스템으로 운영하는 한정된 지역을 제외하고는, 폐열을 이용한 소규모 지역난방 시스템을 도입 적용한 곳이 없다. 또한 업무 및 상업용 대형빌딩의 열 공급도 주로 개별 보일러를 설치하여 난방을 하고 한전에서 전기를 구매하여 냉·난방을 하는 방식을 채택하고 있다. 대규모 집단에너지 공급시설로부터 열 공급이 어려운 지역에 있는 기존 및 신설되는 대형빌딩, 공동주택에 소형 가스엔진 및 가스터빈을 이용한 열병합 발전 시설을 설치하여 자가 생산되는 전력은 자체 소비전력으로 사용하고 엔진에서 배출되는 배열은 회수하여 증기와 온수를 생산, 냉·난방으로 사용함으로써 하절기는 첨두 전력부하를 줄여 주는데 기여함과 에너지 이용 효율을 극대화시키고 보급 확대함으로써 새로운 에너지를 창출할 수 있는 체계로 국가적인 자원의 낭비를 방지하는 효과를 가져올 뿐만 아니라, 소형 열병합발전 기술 개발로 인한 경제적 파급 효과가 클 것으로 판단된다.

기술개발 동기는 발상의 전환을 통하여 기존의 열병합 발전 시스템을 공동 주택이나, 대형 건물에 적용, 전기를 자가 생산하여 기저 부하로 사용하고, 그

폐열을 회수하여 난방과 온수 공급에 이용하는 최적화된 시스템을 구축하기 위한 설계 및 시공 기술을 시스템화 한 것이다.

공동 주택 등에 설치하는 열병합 발전 시스템은 발전 후 발생하는 폐열을 공동 주택의 냉·난방 및 온수 사용에 최적화 되도록 고효율 소형 열병합 발전기로 선정하고, 시간별 계절별로 공동주택이 필요로 하는 전기의 기저부하로 운전하고, 부족되는 전기는 한국 전력의 전기를 연계 운전하여 보충하는 전기 공급 시스템과 폐열을 재활용하는 고효율 열교환 장치로 냉·난방에 활용하는 시스템으로 공동 주택의 규모에 맞게 소형 열병합 발전 시스템으로 구성되어 최적화된 에너지 공급 시스템이다.

LNG연료를 사용함으로써 기타의 연료를 사용하는 방식보다는 환경친화적이며, 폐열을 재활용하게 되어 경제적인 이점을 가지게 되며, 또 국가적으로 늘어나는 전력을 보충하여 예비전력 확보로 발전소 건설에 소요되는 막대한 비용을 줄일 수 있고 국가 재원을 효과적으로 활용할 수 있다.



<그림 1> 기존 중앙 난방 시스템과 소형 열병합발전 시스템의 비교

가. 기술의 범위

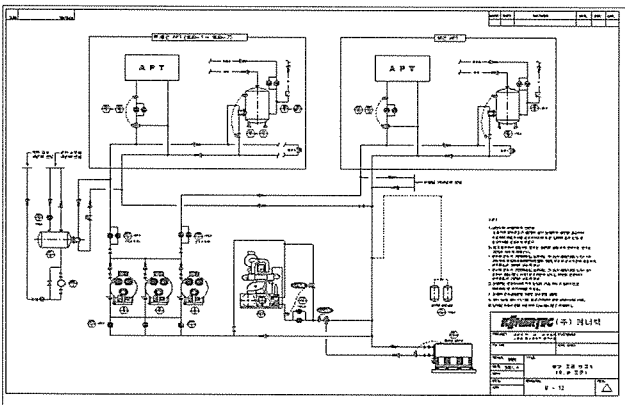
일반적으로 국내에서 고압/고온을 필요로 하는 플랜트 설비의 지원 설비 또는 쓰레기 소각장 등에서 열병합 발전기가 설치되어 있다. 이러한 시설에 설치된 발전기는 용량이 거대할 뿐만 아니라, 발전된 전기도 한전에 공급되는 체계로 별도의 전원 공급원이 시설로 그 규모가 거대하고 건설비용 또한 막대하다. 따라서 기존의 잘 알려진 열병합발전 시스템을 일반

적인 공동 주택 단지에 곧 바로 적용하기가 어려운 실정이다.

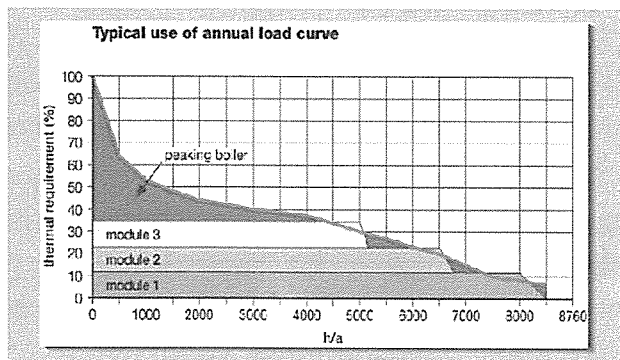
(주)케너텍에서는 도시 가스를 사용하는 소규모 고효율 열병합 발전기와 한국 전력에서 공급되는 전기로 계통연계 운전하는 시스템과 폐열을 회수하는 고효율 열 교환기를 이용한 난방 시스템으로 한국의 공동 주택 체계에 맞게, 운전과 유지관리가 편리한 경제적인 시스템으로 독자 개발하였으며, 2001년 설치하여 그 운영 분석을 토대로 실효성을 입증하였다.

나. 기술의 구성원리

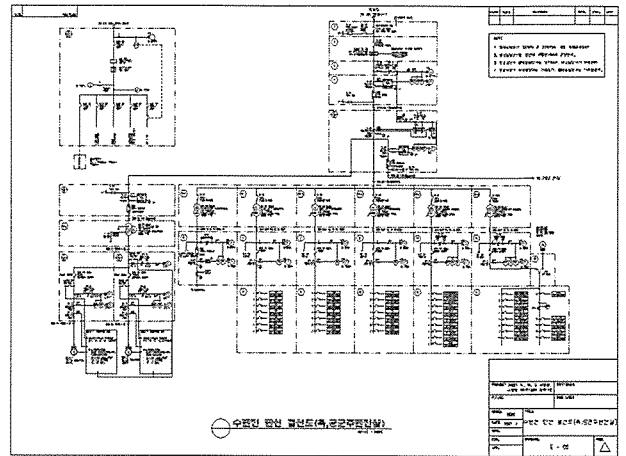
본 기술의 열병합 발전시스템은 4개의 중요 체계를 가지고 있다. 1) LNG 연료로 엔진 및 터빈을 구동하여 전기를 발생하는 발전 시스템, 2) 고온의 배기가스 회수장치인 폐열보일러, 엔진 냉각수에 의한 온수 열교환기, 부족되는 열 공급용 보조 보일러 시스템, 3) 온수 및 냉수 저장 탱크와 수송설비 시스템, 4) 자가 발생전력과 한전전력 계통 연계 운전 시스템으로 구성되어 있다. 열 공급 프로세스 시스템 구성도는 <그림 2>에서 보여준다. <그림 4>은 상용 전력과의 계통 연계 제도이다.



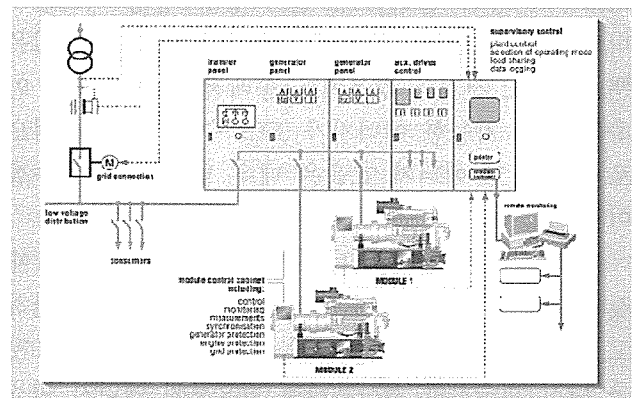
<그림 2> 열공급 프로세스 시스템 구성도



<그림 3> Typical Use of Annual Load Curve



<그림 4> 상용전력과의 계통연계도



<그림 5> System Design for a Cogeneration Plant with Two Modules

(주)케너텍에서 한국형으로 발전시킨 소형 열병합 발전 시스템은 대규모 열병합 발전소에서 채택되고 있는 고온, 고압으로 구동되는 증기터빈 발전방식과는 달리, 천연가스를 직접 가스엔진 및 가스터빈 내에서 연소시켜 구동력을 얻어 발전되는 방식으로 에너지 효율을 90% 이상 향상시킨 고효율 발전 시스템이다. 가스엔진에서 연소된 배출가스 및 엔진 냉각수에서 회수된 폐열은 폐열보일러 및 고효율 열교환기를 통해 회수되어 난방 및 냉방에 최대한 이용되고, 97% 이상의 고효율 기기와 고효율 기술을 접목한 최적화 시스템이다.

열병합 발전기에 의해 생산된 전기는 각 세대에 기존의 배전선을 통하여 직접 공급하고, 운전 모드에 의해 부족한 10~30%의 전기는 기존의 한전 전기로 수용 가능케 하는 계통 연계 시스템으로 (주)케너텍

에서 그 동안 경험을 통해 얻은 최적화 시스템으로 구성하였다.

2. 기존 기술의 문제점

지역 난방이 공급되지 못하는 기존의 공동 주택 난방 체계는 중앙 난방 공급 시스템 또는 가구별 개별 보일러 설치로 에너지를 단지 난방 공급용 생산에만 사용되고 있다. 특히, 기존의 공동 주택 중앙 난방 시스템은 간헐적인 보일러 운전으로 열효율은 현저히 낮은 실정이며, 또한 LNG를 이용한 개별 가스 보일러는 보일러실 확보, 가스안전, 낮은 열효율, 유지보수비 등이 불리하며, 단지 중앙 난방 시스템에 비해 배관이 짧아 열 손실에서 약간의 이익이 있을 뿐이다. 또, 전기의 경우에도 송배전 손실 등으로 인하여 이용 가능한 에너지가 35% 수준으로 국가적으로 볼 때 그 에너지 효율은 매우 낮음과 낭비 손실이 많다.

본 열병합 발전 시스템을 공동 주택에 적용할 때 갖게 되는 이점은 먼저 필요로 하는 전기를 생산하고, 고온으로 버려지는 폐열을 열 교환기로 50~60%를 다시 회수하여 재사용하게 됨으로써 에너지 이용률이 85~90% 정도가 가능하다. 또한 지속적인 열병합 발전 운전으로 인한 열공급이 간헐적 열공급 운영보다는 열효율이 증가된다.

기존 공동 주택 난방 시스템과 소형 열병합 발전 시스템의 비교는 <표 1>과 같다.

우리나라 공동 주택의 주류를 이루고 있는 기존 공동 주택의 난방 설비와 (주)케너텍이 추진코자 하는 한국형 고효율 열병합 발전 시스템의 기술적인 차이점은 다음 <표 2>, <표 3>, <표 4> 와 같다.

<표 1> 기존 공동 주택 난방 시스템과 소형 열병합 시스템의 비교

구 분	중앙 난방	개별 난방	열병합발전난방
초기투자비	많음	적음	많음
관리비	많음	자율	적음
전력공급	한전누진 요금제	한전누진 요금제	한전+자가발전 (전력비 절감)
난방공급	1일 3~4회 간헐난방	자율 난방	24시간 연속난방 가능
사용자 편리성	불편	편리	아주 편리
연료 요금	높음	높음	낮음
향후에너지 요금인상	높음	높음	낮음
환경 영향	-	-	쾌적함
정책 영향	-	-	적극육성

<표 2> 소형 열병합발전과 기존 중앙 난방 설비와의 차이 비교

난방 방식	한국형 열병합 발전 시스템	중앙 난방식	차 이 점
운전 모드	연속 운전	간헐 운전	예열 부하 감소
열 공급원	저온수 (80~90℃)	증기 및 중온수 (100℃~120℃)	방열 손실 감소
전기 공급원	계통연계 병렬운전 방식 (자가발전+한전)	한전 수전 방식	자가발전 및 폐열 회수
사용 장비	열병합 발전기 + 보조 보일러	열전용 보일러	열원장비 40% 감소

<표 3> 소형 열병합발전과 기존 지역 난방 설비와의 차이 비교

난방 방식	한국형 열병합 발전 시스템	중앙 난방식	차 이 점
운전 모드	연속 운전	연속 운전	
열 공급원	저온수 (80~90℃)	중온수 (100~120℃)	방열 손실 감소
전기 공급원	계통연계 병렬 운전 방식 (자가발전+한전)	한전 수전 방식	지역난방의 발전전기는 한전에 매전
열 수송거리	짧다	길다	이송 손실 감소
전기 송전	짧다	길다	송배전손실 감소
사용 장비	열병합 발전기 + 보조 보일러	발전기 + 열전용 보일러	

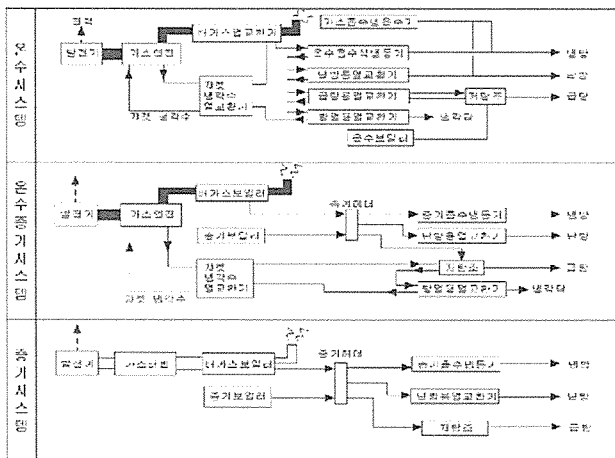
<표 4> 소형 열병합발전과 기존 개별 난방 설비와의 차이 비교

난방 방식	한국형 열병합 발전 시스템	중앙 난방식	차 이 점
운전 모드	연속 운전	선택 운전	
전기 공급원	병렬 운전 방식 (자가발전+한전)	한전 수전 방식	발전 폐열 회수 및 누진요금 혜택
보일러 효율	97%	80%	연료 사용량 감소
사용 장비	열병합 발전기 + 보조 보일러	개별 보일러	

3. 설계기준

공동 주택 및 대형 빌딩에 사용할 비교적 작은 규모의 가스 열병합 발전 시스템의 설계상의 유의점에 대하여 기술한다.

- 1) 열병합 발전 시스템은 전력을 생산하며 발생하는 열 에너지가 유효하게 사용 될 때에 에너지 절약으로 경제성이 우수하다. 따라서, 발전 후 폐열량은 난방 및 온수의 기저 부하로 충분한 유효 열량이 되도록 용량을 결정한다.
- 2) 열병합 발전 시스템은 구성된 기기별로 에너지 효율도 중요하나, 열 에너지를 최대한 회수 할 수 있는 열 교환 시스템과 기존의 한전 전기와 병렬로 사용할 수 있도록 계통을 연계하여야 한다.
- 3) 기본적인 시스템 플로우는 필요 열량과 송출 거리에 따라서 다음 <그림 6>의 세가지 방식 중에서 선정한다.



<그림 6> 열병합 발전 시스템 플로우 다이어그램

- 4) 하절기에는 열병합 발전기에서 생성된 열 만으로 급탕 및 온수 공급이 가능 하도록 한다.
- 5) 열 공급 계통에 자동제어 장치를 설치하여, 외기 온도 등으로 인한 열손실 보상을 최적의 운전 조건을 유지할 수 있도록 난방 자동 제어 시스템을 포함한다.

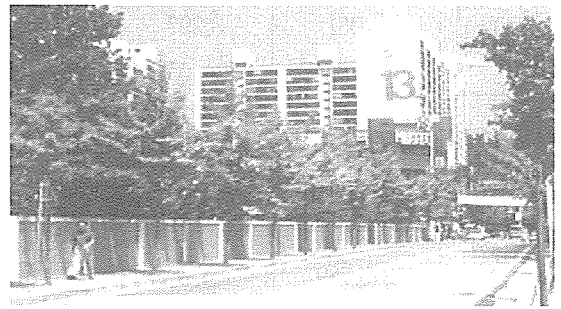
4. 국내 소규모 집단에너지사업(CES) 도입사례

가. 주요 CES 도입사례

① 대전 신동아 아파트

<개 요>

- 소재지 : 대전광역시 동구 용전동 1번지
- 세대수 : 13동 914세대 (기계실2)
- 아파트 준공일 : 1990년 (11년)
- 공사기간 : 2000년 10월 ~ 2001년 3월



<그림 7> 신동아 아파트 전경

<배 경>

- 10년 된 아파트로서 보일러 및 부대설비가 노후화 되어 진행.
- 에너지 원단위 및 난방 관리비가 높은 상태임
- 2000년 9월 사용연료의 법적 기준에 의해 청정 연료로 대체필요

<특 징>

- 자가발전된 전력 단독운전으로 공동전력 공급 (2001년 3월)
- 한전 전력 계통연계 병렬운전 시운전 (2002년 11월)

〈주요설비〉

<표 5> 주요설비 목록

항 목	규 격	수 량	비 고
열병합 발전 설비	279 kW급	1식	
고효율 보일러	5.5 / 3.5 Gcal/h	2대	
열 교환기	판형 (온수-온수)	1식	
축열조	1식		
전기/자동화 설비		1식	
기타 부대설비		1식	

〈년간 비용 절감 효과〉

<표 6> 신동아 아파트 연간비용 절감 효과

항 목	난방연료 LNG (천 m3)	한전전기 (MWh)	합 계
기존방식	1,548 1,626 TOE	4,314 1,079 TOE	2,705 TOE
열병합방식	1,031 1,083 TOE	3,297 824 TOE	1,907 TOE
에너지절감량	517 543 TOE	1,107 255 TOE	798 TOE
절감율(%)	33%	23%	
절감 금액 (천원)	216,739	114,261	331,000

주) TOE: Ton of Equivalent Oil (석유 환산 단위)

〈투자비 회수〉

단순 투자비 회수 기간 : 3.1 년

② 대전 계룡대 군인 아파트

〈개 요〉

- 소재지 : 충청남도 논산시 두마면 남선리
- 세대수 : 41동 1,560세대/수영장 1 (기계실 9)
- 아파트 준공일 : 1986년 (15년)
- 공사기간 : 2001년 7월 ~ 2001년 12월



<그림 8> 계룡대 군인 아파트 전경

〈배 경〉

- 15년 된 아파트로서 보일러 및 부대설비가 노후화 되어 진행
- 연료를 난방유로 사용함으로 난방비 부담이 큼
- 공공기관 아파트로 국내 최고의 고효율 에너지 시스템 시현

〈특 징〉

- 계통연계 병렬운전으로 세대 및 공동전력 공급

〈주요설비〉

<표 7> 주요설비 목록

항 목	규 격	수 량	비 고
열병합 발전 설비	325 kW급	1식	
	220 kW급	1식	
고효율 보일러	3.0 Gcal/h	3대	
	2.5 Ton/hr	2개	
열 교환기	Bleed in Type	1식	
축열조		1식	
전기/자동화 설비		1식	
기타 부대설비		1식	

〈년간 비용 절감 효과〉

<표 8> 계층대 군인 아파트 연간 비용 절감 효과

항 목	난방연료 LNG (천 m3)	한전전기 (MWh)	합 계
기존방식	2,733	5,908 1,477 TOE	4,210 TOE
열병합방식	2,182	2,239 560 TOE	2,742 TOE
에너지절감량	551	3,669 917 TOE	1,468 TOE
절감율(%)	20%	62%	
절감 금액 (천원)	580,535	429,156	1,009,691

주) TOE: Ton of Equivalent Oil (석유 환산 단위)

〈투자 회수〉

단순 투자비 회수 기간 : 4.1년

나. 에너지 절약 및 경제 효과

(주)케너텍에서 소형 열병합발전 사업을 추진하는 '소형 열병합 발전 에너지 절감 시스템'은 2000년 이후 준공하여, 운영하고 있는 2개소 공동 주택을 통하여 그 효능을 입증 받았으며, 그 결실로 2002년 11월 말 현재 마산 중리현대APT, 평택 삼성APT, 인천 만수주공4단지APT가 준공 완료 되었다.

일반적으로 효율적인 측면에서 엔진은 축 동력의 형태로 나오는 유용한 에너지는 전체의 35% 안팎에 지나지 않는다. 나머지 대부분의 에너지는 열의 형태로 방출된다. 방출되는 에너지는 배기가스의 형태로 20%, 자켓 냉각수를 통해 30% 그리고 나머지 15%는 엔진 표면으로부터 대기로 방열된다. 고효율 열병합 발전 시스템에 적용된 엔진은 가스의 직접 연소를 구동력을 얻도록 고효율 엔진을 선정하고, 엔진 연소 후 미활용 되는 모든 폐기 열을 열교환기를 통해 90% 이상 회수하는 에너지를 최대한 활용하는 설비이다.

LNG의 사용량은 기존의 난방 시스템에 비해 늘어

나지만, 열병합 발전을 통해 얻은 전력으로 25~40%의 절감 효과를 얻을 수 있으므로, 에너지 절감율을 25% 이상의 절감 효과를 볼 수 있다.

5. 결론

앞서의 여러 가지 경제적 이점으로 신규 공동 주택의 에너지 시스템으로 고효율 열병합 발전 시스템 채용은 국가가 에너지 절약 차원에서 권장해야 할 가치가 있으며, 소비자에게 경제적 부담을 덜게 할 뿐만 아니라, 현재와 같이 전기 소비량이 지속적으로 늘어가고 있는 추세에서 전기 부족을 해결할 수 있는 방안이 될 것이다.

또한 소형 고효율 열병합 발전 시스템은 송전 설비가 필요치 않을 뿐만 아니라, 운전 또한 간편하기 때문에 전체 유지 관리비는 새로운 발전소를 건립하는 것에 비하여 경제적일 수 밖에 없다. 대도시의 아파트 등에 열병합 발전 시스템을 난방 시스템으로 교체할 경우, 규모에 따라서는 대형 발전소를 건설하는 효과를 가져올 수 있다.

가스 열병합 발전설비는 에너지 이용 합리화법 및 대기 환경 보존 차원에서 유용한 설비이므로 계절간 불균형한 가스 수요격차 해소 및 전력 수급 안정에 기여할 것이다.

그러므로 사용자의 초기 투자비 경감을 위한 경제적 지원 정책과 한전 계통연계 및 인허가 절차 간소화, 열병합 발전용 천연가스에 대한 특소세 재세금 면제 지원 등으로 보급 확대되어야겠다.