

### 열병합발전시스템의 효율

이 송근\*, 최준영\*, 장길수\*\*, 목형수\*\*\*, 손성용<sup>§</sup>, 손광명<sup>§§</sup>, 윤용대<sup>§§§</sup>, 홍준희<sup>§</sup>  
 \*전주대학교, \*\*고려대학교, \*\*\*건국대학교, <sup>§</sup>경원대학교, <sup>§§</sup>동의대학교, <sup>§§§</sup>서울대학교

### The CHP system efficiency

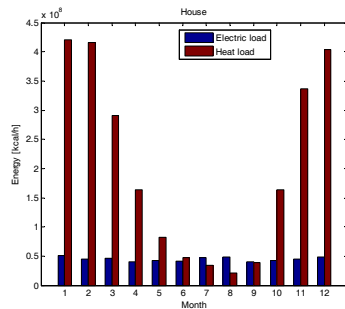
Song-Keun Lee\*, Jun-Young Choi\*, Gil-Soo Jang\*\*, Hyung-Soo Mok\*\*\*, Sung-Yong Son<sup>§</sup>,  
 Yong-Tae Yoon<sup>§§§</sup>, Kwang M. Son<sup>§§</sup>, Junhee Hong<sup>§</sup>  
 \*Jeon-Ju Univ., \*\*Korea Univ., \*\*\*Kun-Kuk Univ., <sup>§</sup>Kyung-Won Univ., <sup>§§</sup>Dong-Eui Univ., <sup>§§§</sup>Seoul Univ.

**Abstract** - 열병합발전시스템의 경제성은 배열을 회수하여 사용함으로써 전기를 생산함과 동시에 열을 사용하여 에너지의 효율을 높이는 데 있다. 그렇지만 열과 전기의 사용이 동시에 이루어지지 않을 경우에는 열병합발전시스템의 장점이 사라지게 된다. 이 논문에서는 열병합발전시스템의 효율을 계산하는 방법을 제시하여 열병합발전시스템을 도입하는 단계에서 좀 더 체계적인 방법으로 분석할 수 있는 방법을 제시하였다.

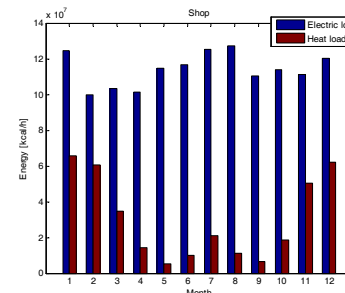
열병합발전시스템의 효율적인 분석을 위하여 전기에너지의 사용량은 열에너지와의 같이 kcal/h의 단위를 환산하여 표시하였다.

### 1. 서론

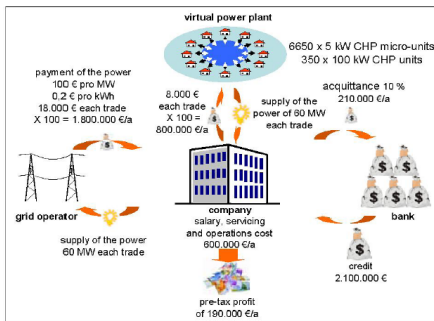
환경문제와 에너지의 효율적인 활용을 위하여 열병합발전시스템이 많은 주목을 받고 있다. 열병합발전시스템은 전력과 열을 동시에 발전하고 배열을 회수하여 에너지의 효율을 높이는 것이다. 화력발전소의 효율이 40%정도이나 열병합발전을 하는 경우 발전효율은 25~40% 배열을 회수하면 에너지의 효율은 75~85%까지 향상된다[1]. 또한, 열병합발전시스템은 분산전원을 계통에 투입하는 것으로 전원이 부하단에 직접 투입되는 효과가 발생하여 송전손실을 감소하는 효과도 발생한다. 1994년 미국에서 열병합발전으로 발전한 전력량은 42GW(gigawatts)로 총 미국 전력사용량의 6%에 해당되며 열병합발전으로 발생한 전력중에서 85%가 섬유, 종이, 화학과 석유산업에 집중되어 있다[2]. 최근 들어서는 그림1과 같이 소형열병합발전시스템을 각 가정에 설치하고 가상의 전력계통을 구성하여 경제성을 판단한 연구도 진행되었다[3].



<그림 2> 공동주택의 에너지 사용량



<그림 3> 상업지역의 에너지 사용량



<그림 1> Virtual Power Plant

열병합발전시스템의 경제성은 배열을 사용할 수 있어서 전기를 생산함과 동시에 열을 사용하여 에너지의 효율을 높이는 데 있다. 하지만 열의 사용이 원만하지 못한 경우에는 열병합발전시스템의 장점이 사라지게 된다. 본 논문에서는 연 평균 에너지 사용을 기준으로 계산한 열병합발전의 효율과 시간대별 열병합발전의 효율을 계산하였다.

### 2. 본론

#### 2.1 부하종류

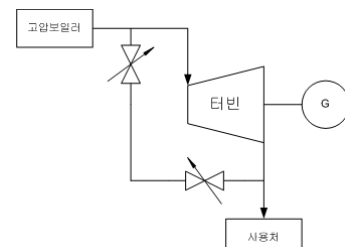
본 연구에서는 집단에너지 사업에 참여하고 있는 A업체로부터 전기와 열에너지 데이터를 받아 분석을 하였다. A집단에너지 사업자내에 참여하고 있는 그룹으로는 공동주택, 상업지역, 공공청사를 부하집단으로 분석을 하였다. 분석결과 공동주택의 경우 열에너지의 사용량이 전기에너지의 사용량을 넘었지만 다른 부하집단은 전기에너지의 사용량이 열에너지의 사용량을 넘었다. (그림2, 그림3 참조)

부하는 1년의 데이터를 분석하였으며, 월단위로 정리를 하였다. 전기에너지와 열에너지 모두 평일, 공휴일과 주말을 모두 같이 취급하였다. 1달간 사용한 에너지의 양을 시간별로 합산하여 시간대별로 평균을 취하였다.

각 원동기에서 발전하는 열과 전기에너지의 특성치는 표1과 같다[1]. A집단에너지 사업자내의 부하중에서 공동주택은 열에너지의 사용량이 많은 관계로 가스터빈을 원동기로 가정하였다.

<표 1> 원동기별 특성치 비교표

원동기	발전효율(%)	열효율(%)	종합효율(%)
디젤엔진	35~45 (40.0)	35~55 (45.0)	80~90 (85)
가스엔진	30~35 (32.5)	45~60 (52.5)	80~90 (85)
가스터빈	20~35 (27.5)	45~70 (57.5)	80~90 (85)



<그림 3> 랭킨사이클의 일부

본 논문에서는 원동기의 발전효율과 열효율을 표1의 범위의 값에서

평균값(표1에서 ()안의 값)을 사용하였다. 그러므로 가스터빈을 사용할 경우 100kcal의 에너지를 사용하면 27.5kcal의 전기에너지를 얻을 수 있고 57.5kcal의 열에너지를 얻을 수 있다는 것을 의미한다.

열에너지의 사용이 추가로 필요한 경우에는 그림3의 랭킹사이클에서 터빈을 통과하지 않고 밸브를 통하여 직접 사용처로 열에너지를 보낼 수 있는 시스템으로 만들었다. 또한, 이 경우의 에너지의 효율은 100%로 가정을 하였다.

## 2.2 분석 방법

그림 3에 나타나 있듯이 상업지구는 전기에너지의 사용량이 열에너지의 사용량보다 많은 것을 알 수 있다. 표1의 어떠한 원동기도 발전효율에 비하여 열에너지의 효율이 좋기 때문에 항상 전기에너지를 생산하는 것보다 열에너지를 많이 생산하는 것을 알 수 있다. 그러므로 상업지역이나 공공청사와 학교는 열병합발전설비를 설치하였을 경우 특별한 이득을 얻을 수 없는 것을 알 수 있다.

그림 2에서 공공주택의 경우 열에너지의 사용량이 전기에너지의 사용량보다 4.48배 많이 사용하고 있는 것을 볼 수 있다.

<표 2> 공동주택 총 에너지 사용량 [kcal/h]

전기에너지	5.396e+08
열에너지	24.175e+08

그러므로 공동주택의 경우 어떤 원동기를 사용하더라도 열에너지 부하가 많기 때문에 열병합발전을 사용하면 효율이 좋은 것으로 나타난다. 그러나 이 효율을 계산하는 방법으로 연간 평균 에너지를 사용량을 이용하는 방법과 제안하는 분산적으로 에너지의 효율을 계산하는 방법을 다음 절에서 비교 분석하였다. 열병합발전시스템은 전력부하추종운전방식을 채택하였고 독립운전시스템으로 가정하였다.

### 2.2.1 통계적 방법

통계적인 데이터를 1년의 에너지를 전체를 대상으로 에너지의 사용량을 계산하면 다음 표3과 같다.

<표 3> 공동주택 총 에너지 사용량 [kcal/h]

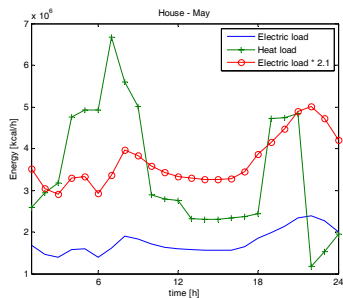
	사용에너지	필요한 에너지
전기에너지	5.396e+08	19.622e+08
전기에너지에 의한 열에너지	11.282e+08	
열에너지	12.893e+08	12.893e+08
총 에너지	29.571e+08	32.515e+08

그러므로 공동주택의 1년 데이터를 이용하면 총 효율은 90.95%에 달하는 것으로 나타난다.

### 2.2.2 분산적 방법

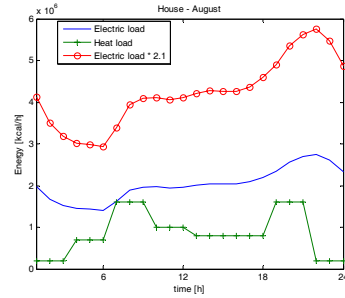
공동주택의 효율을 계산하는 것을 각 달에대하여 각 시간대별로 계산을 하였다. 1월의 경우 열에너지의 사용량이 전기에너지의 사용량의 2.1배를 넘게되어 2.2.1에서 계산 것과 같은 방식으로 계산되어진다.

공동주택의 5월은 그림4와 같이 열에너지의 사용량이 전기에너지의 사용량의 2.1배를 넘는 경우가 3시부터 9시까지와 19시와 20시밖에 없고 22시, 23시와 24시는 전기의 사용량이 열에너지의 사용량을 넘어서고 있음을 보여준다. 가스터빈의 경우 전기에너지를 만들 때 생기는 열에너지가 전기에너지의 2.1배가 되어 열부하가 전기에너지를 만들 때 생기는 에너지의 양보다 적으면 잉여 열에너지는 버리는 형태가 된다. 만약, 보조 열저장장치가 있을 경우 잉여 열에너지를 보관하였다가 열에너지를 사용할 수 있겠지만 여기서는 열저장장치가 없는 것으로 가정하고 효율을 계산하였다.



<그림 4> 공동주택의 5월 사용에너지량

그림 5는 공동주택의 8월의 에너지 사용량을 보여준다. 여기서는 전기에너지의 사용량이 모든 시간에서 열에너지의 사용량을 상회하고 있음을 알 수 있다. 이와 같은 방법으로 계산된 효율은 표4에 나타나있다.



<그림 5> 공동주택의 8월 사용에너지량

<표 4> 월별 에너지 효율

	총발전에너지	총사용에너지	효율(%)
1월	4.985 e+08	4.7094e+08	94.47
2월	4.8648e+08	4.6173e+08	94.91
3월	3.6266e+08	3.3724e+08	92.99
4월	2.2679e+08	2.0454e+08	90.19
5월	1.66e+08	1.2430e+08	74.88
6월	1.5086e+08	0.8822e+08	58.48
7월	1.7098e+08	0.8092e+08	47.33
8월	1.7633e+08	0.6919e+08	39.24
9월	1.4863e+08	0.8020e+08	53.96
10월	2.2973e+08	2.0619e+08	89.75
11월	4.0573e+08	3.8140e+08	94.00
12월	4.7904e+08	4.5229e+08	94.41
총계			84.45

## 3. 결 론

열병합발전시스템을 적용하여 에너지의 효율을 계산하는 방법으로 연간 평균에너지를 이용하여 계산하는 방법이 많이 사용되나 분산적으로 효율을 계산한 것에 비하여 효율이 5.5%정도 더 나은 것을 보여주고 있다. 월별로 계산된 효율을 살펴보면 최저 39%의 효율이 있음을 알 수 있다. 이는 열에너지를 많이 사용이 적은 경우에는 열병합발전시스템이 효율적이지 않다는 것을 보여준다.

이 연구에서는 많은 것을 가정하였기 때문에 정확한 분석을 위해서는 많은 데이터를 수집하는 것과 정확한 데이터를 수집하는 것이 필요하다고 본다. 이와 같은 작업이 있는 후에는 정확한 열병합발전시스템의 효율을 계산할 수 있으므로 열병합발전시스템의 도입단계에서 열병합발전시스템의 경제성을 보다 정확하게 판단할 수 있을 것으로 기대된다.

### 감사의 글

이 논문은 "산업자원부 전력IT기술개발사업(R-2005-1-396-001)"의 지원으로 연구되었으며 이에 감사드립니다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 손학식, "열병합발전시스템", 기타리출판, 2005
- [2] Tina M. Kaarsberg, Joseph M. Roop, "Combined heat and power: How much carbon and energy can manufacturers save?", IEEE AES systems magazine, 7-11, 1999
- [3] Christian Schulz, Gerold Roder, Michael Kurrat, "Virtual power plants with combined heat and power micro-units", Future power and systems 2005 international conference on, 16-18, 2005
- [4] S.Ashok, Rangan Banerjee, "Optimal operation of industrial cogeneration for load management", IEEE trans. on power system, Vol. 18, 931-937, 2003