

신규아파트 열병합발전 도입에 따른 경제성분석 방법

기우봉*, 김광호*
강원대학교

A Study on the Method of the Feasibility Analysis for the Application of C0-Generation System in a New Apartment Complex

Woo-Bong Kee, Kwang-Ho Kim

Abstract - Exhaustion of fossil fuel resources and high oil price, and furthermore environmental crisis due to emission of carbon dioxide from fossil fuel are serious problems in these days. In order to overcome these problems it is necessary to find and utilize the every energy saving measures and to make maximum utilization of renewable energy resources. The objective of this paper is to develop an instrument to verify the feasibility of Co-Generation System application in an Apartment Complex.

1. 서 론

화석연료의 고갈과 유가의 폭등 그리고 화석연료의 대량사용으로 인한 온실가스의 과도한 배출로 기후변화가 가속화하고 있는 것이 현실이다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 공해를 유발하지 않는 신재생에너지의 적극적인 개발과 이용 그리고 에너지절약방안의 모색일 것이다. 에너지절약에서 가장 손쉬운 방안은 에너지의 대량소비처에서 절약방안을 강구하는 것일 것이다. 이러한 면에서 오래전부터 대량의 전기에너지와 열에너지를 소비하는 대규모 산업생산시설과 호텔, 백화점, 병원, 사무용 빌딩 등 대규모 상업용 시설에서는 열병합발전을 도입함으로써 에너지 절약에 큰 성과를 얻을 수 있었다. 그런데 또 다른 규모의 전기에너지와 열에너지를 소비하는 아파트단지에서는 아직도 열병합발전의 도입이 답보상태에 있다. 이는 아파트에서는 계절과 시간대별로 전기와 열에너지 소비의 편차가 심하여 과연 열병합발전의 타당성이 있는지에 대한 확신이 서지않기 때문인 것으로 보여진다. 본 연구에서는 아파트에서의 열병합발전도입의 타당성을 일반적인 검토방법을 찾아보고 이러한 일반적인 분석자료를 이용하여 새롭게 계획하는 아파트에서 열병합발전도입의 타당성을 손쉽게 판단할 수 있는 방법을 찾아보고자 한다.

2. 자료조사와 조사자료의 분석 및 정리

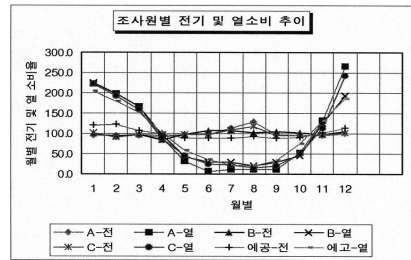
연구를 위하여 아파트의 전기와 열에너지의 소비행태에 대한 자료를 조사해본 결과 2002년도에 에너지관리공단에서 발간한 '건물용도별 전력 원단위 조사연구' [1] 보고서 수록된 자료가 유일한 것이었다. 자료가 단편적일뿐만 아니라 현실과도 차이가 커서 이용에 문제가 있음을 발견하고 서울 인근의 비교적 대규모의 아파트단지 세 곳을 방문하여 자료를 수집하였다. 부족한 점도 있지만 이 자료를 이용하여 분석하기로 하였다. <표 1>에는 수집한 'A' 'B' 'C'아파트단지의 전기와 열에너지의 월별 소비량을 집계하였으며, <표2>에서는 본 연구에 참고가 될 수 있는 각 아파트단지의 각종 제원에 대한 자료를 집계하였다. <그림 1>에서는 각 아파트단지의 전기와 열에너지의 월별 소비추세를 나타내었다.

<표 1> 조사원별 월별 전기 및 열에너지 소비행태 조사표

월	'A'		'B'		'C'	
	(MWh)	(Gcal)	(MWh)	(Gcal)	(MWh)	(Gcal)
1	286.04	2,800.7	420.95	2,002.9	453.67	2,759.2
2	289.35	2,500.9	384.25	1,766.4	402.75	2,398.5
3	285.65	2,094.2	409.80	1,477.5	437.61	1,984.0
4	273.60	1,136.2	353.42	884.1	420.78	1,106.6
5	292.35	393.8	405.34	393.0	431.69	557.5
6	293.02	98.8	440.92	270.9	437.68	315.7
7	344.69	153.3	445.74	255.4	487.64	296.2
8	389.48	129.9	431.39	174.6	527.12	200.9
9	297.88	147.7	436.76	256.3	420.95	248.5
10	290.07	658.8	431.27	411.1	420.61	623.2
11	286.66	1,656.9	411.91	1,123.2	431.43	1,415.8
12	301.77	3,360.9	434.56	1,720.0	457.55	3,022.2

<표 2> 조사자료의 종합 집계표

항목	조사원	'A'	'B'	'C'	예관공
세대수		997	1,550	2,064	-
연건평(평)		33,533	54,006	45,646	-
세대당 평균평수		33.6	34.8	22.1	-
세대당 월평균소비전력량(kWh)		303	269	215	-
피크전력(kW)		1,200	1,728	1,680	-
연 평균전력(kW)		414	571	608	-
전력소비계수(kWh/m²-yr)		32.8	28.0	35.3	14~21
열소비계수(Mcal/m²-yr)		136.5	60.1	98.9	247
비상발전기용량(kW)		525	600	600	-



<그림 1> 조사원별 월별 전기 및 열소비 곡선

3. 아파트단지 열병합발전도입의 경제성분석

3.1 경제성분석의 방법과 전제조건

경제성분석의 방법으로는 우선 재래방법인 한전에서 전기를 수전했을 경우에 아파트평수별로 월 전력요금을 산출하여 평수별 평균단가를 구하였으며 이를 열병합발전도입의 경우의 발전단가와 비교하여 그 경제적인 우열을 판단해 보기로 하였다. 평수별로 전력요금의 평균단가를 구하는 것은 한전의 아파트에 대한 요금체계가 극심한 누진제를 적용하고 있어서 가구당 요금단가가 달라지기 때문이다. 가구당 전기사용량은 차이가 있겠지만 여기서는 조사한 자료에서 산출한 아파트의 전력소비계수(m² 당 연간 전력소비량)를 이용하여 평행별 월 전기소비량을 산출하기로 하였다. 열병합발전의 단가는 고정비단가와 가변비단가를 각각 구하여 합계하였다. 고정비단가는 발전설비의 kW당 고정비를 산출하여 발전기의 이용률을 감안한 연간 발전량으로 나누어주어 고정비단가를 구하고, 가변비단가는 kWh당 소비가스비용에서 회수사용된 열량에 대한 편익을 뺀 금액으로 하였다. 회수열량에 대한 편익은 열효율 90%의 가스보일러에 투입되는 가스요금을 적용하였다. 이상의 조건을 집계하여 <표 3>에 표시하였다. 금리는 정부지원의 저리융자금리[6]보다 1% 높은 4.5%로 가정하였다.

<표 3> 경제성분석을 위한 가정

요금		설비가격			유지보수
전기	가스	발전기	열회수설비	가스보일러	
가정용 열병합	90만 원	10만 원	10만 원/kw	50,680원	10년 4.5%
저압요금	소매가	/kW [2]	[2]	/Mcal [3]	
가스엔진발전기				가스보일러	
용량	효율	열회수율	이용율	효율	용량
평균전력 /이용율	33.6% [4][5]	49% [4][5]	70%	90%	회수열 10Mcal/Nm³

3.2 경제성분석을 위한 시산

3.2.1 한전수전시의 전력요금의 산정

아파트의 전기소비량은 전력소비계수를 이용하여 평형별로 산출 하였으며 전력소비계수는 아파트단지의 특성에 따라서 달라질 수 있음으로 <표 2>의 실사한 아파트의 전력소비계수인 32.8, 28.0, 35.3과 에너지관리공단자료인 21.0을 참조하여 20~40kWh/m²-yr를 다섯 단계로 나누어서 산출하였다. 이렇게 분석된 자료를 추후 열병합발전도입의 검토 시에 폭넓게 적용할 수 있게 하기 위해서이다. 이렇게 산출된 평형별 월 전력소비량을 <표 4>에 집계하였으며, 평형별 평균요금단가를 <표 5>에 집계하였다. 이 <표 5>에는 다음 산출한 열병합발전단가도 병기하였다.

<표 4> 평형별 전력소비계수별 월 전력사용량(kWh)

전력소비계수 평형(명)	20	25	30	35	40
25	138	172	207	241	275
30	165	207	248	289	331
35	193	241	289	337	386
40	220	275	331	386	441
45	248	310	372	434	496
50	275	344	413	482	551
55	303	379	455	530	606

<표 5> 평형별 전력소비계수별 전기요금단가(원/kWh)

소비계수 평형	20	25	30	35	40
25	87.95	95.91	107.30	118.96	127.71
30	94.43	107.30	121.06	130.89	154.25
35	99.72	118.96	130.89	156.12	172.52
40	111.88	127.71	154.25	172.52	206.40
45	121.06	145.38	168.27	202.74	229.67
50	127.71	158.75	191.93	224.14	288.52
55	142.15	170.43	212.97	270.77	328.73
열병합발전 단가 ; 108.75원/kWh (3.2.2에서 간출)					

3.2.2 열병합발전 시의 원가산정

열병합발전단가는 3.1항에서 정한 방법에 따라서 산출하여 <표 6>에 요약집계하였다. 열병합발전의 단가는 발전설비의 이용률에 따라서 달라지기 때문에 발전설비의 이용률에 따른 단가를 <표 7>에 표시하였다.

<표 6> 열병합발전 단가 산출 요약

항목 및 산출식	계산결과
(1) 열병합발전 kW 당 투자비	
A. 열병합발전시스템(가스엔진발전기 + 열회수설비)	1,000,000
B. 고계되는 투자비(비상발전기 + 가스보일러감소분)	380,695
C. 실 투자비(Net Investment)	681,236
(2) 년간 kW 당 고정비	143,330
(3) 년간 발전량(kWh/kW)=(8760h/y) x (이용률)	표 7 참조
(4) 고정비단가(원/kW)= (2)/(3)	표 7 참조
(5) 조 가변비(Gross Variable Cost) = 연료비	148.08
(6) kWh 당 회수열에 의한 회수금액	62.70
(7) 순 가변비단가(Net Variable Cost)=(5)-(6)	85.38
(8) 열병합 순 발전단가(Net Unit cost)=(4)+(7)-원/kWh	표 7 참조

<표 7> 발전기 이용률과 년간 발전량 및 발전단가

발전기이용률	kW 당 년간 발전량(kWh)	순 고정비 단가(원/kWh)	순 발전단가(원/kWh)
60	5,256	27.27	112.65
65	5,694	25.17	110.55
70	6,132	23.37	108.75
75	6,570	21.82	107.20
80	7,008	20.45	105.83

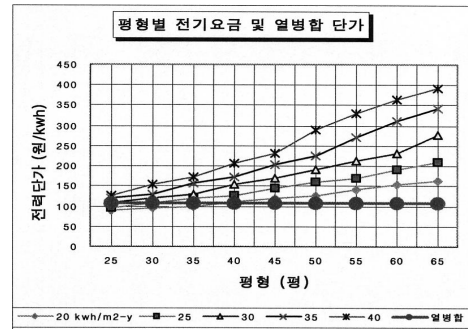
3.3 종합 경제성 분석

3.2.1 항에서 산출한 한전의 평형별 월 전기요금과 평형별 평균단가는 이상과 같이 정해지지만 열병합발전단가는 발전설비의 이용률에 따라 달라진다. 이용률을 높인다면 발전단가는 낮아져서 유리한 것 같지만 가정의 소비전력은 일정하지 않기 때문에 높은 부하 시에는 발전량이 부족하여서 한전의 전력을 수전하여야한다. 따라서 잦은 가스엔진발전기의 유지보수를 위한 정지시를 대비하기 위해서도 70% 정도의 이용률이 타당한 것으로 추정된다. 따라서 여기서는 이용률 70%에서의 발전단가인 108.75원/kWh를 기준으로 비교해 보기로 한다. <표 8>에 열병합발전도입에 의한 평형별 세대별 월 전기료 절감액을 나타내었다. <그림2>에서는 전력소비계수의 변화에 따른 한전 전기요금의 평균단가와 열병합

발전단가를 비교하는 도표를 나타내고 있다. 여기서도 30평 미만의 개별 아파트에서 열병합발전단가가 한전의 전력평균단가보다 약간 높은 것을 볼 수 있다. 대부분이 한전평균단가보다 낮은 것을 볼 수 있다.

<표 8> 평형별 세대별 월 전기료 절감액

소비계수 평형	20	25	30	35	40
25	-2,865	-2,211	-300	2,462	5,223
30	-2,368	-300	3,052	6,404	15,040
35	-1,741	2,462	6,404	15,987	24,594
40	690	5,223	15,040	24,594	43,040
45	3,052	11,351	22,135	40,782	59,961
50	5,223	17,217	34,371	55,627	99,045
55	10,121	23,365	47,374	85,918	133,322



<그림 2> 평형별 전기요금평균단가와 열병합발전단가 비교

4. 아파트 열병합발전의 경제성분석결과와 응용

4.1 아파트단지 전체요금 추정

아파트단지의 요금규모는 타당성검토 이전에 확인해야 한다. 이는 요금규모가 적으면 결보기에 경제성이 있더라도 소규모의 열병합발전은 의미가 없기 때문이다. 요금규모는 식 (1)에 의해서 산출할 수 있다. 식에서 B_y, B_{mi}, n_i 는 각각 단지전체의 년간요금, 평형별 월간요금, 평형별 세대수를 나타낸다.

$$B_y = \sum n_i \cdot B_{mi} \cdot 12 \quad (1)$$

4.2 열병합발전도입 타당성에 대한 예비 판단

<그림 2>에서 열병합발전의 유불리를 손쉽게 추정할 수 있다. 한전의 평균요금곡선이 열병합발전단가선보다 상부에 있으면 열병합발전의 경제성이 있는 것으로 판단된다. 정확한 범위는 <표 5>에서 알 수 있다. 즉 열병합발전단가가 한전의 평균 요금단가보다 높은 세대수가 적을 경우에는 열병합발전도입의 타당성이 있다고 간단히 판별할 수가 있다.

4.3 투자회수기간의 산정

<표 8>과 식 (2)를 이용하여 투자회수기간을 산출할 수 있다. 식에서 $n_{rec}, P_r, C_{np}, n_i, s_i$ 는 각각 투자회수년수, 발전기용량, kW당 순 투자비, 평형별 세대 당 절감액을 나타낸다.

$$n_{rec} = \frac{P_r \cdot C_{np}}{\sum n_i \cdot s_i} \cdot 12 \quad (2)$$

5. 결론

이상에서 몇 가지 표와 그림 그리고 두 가지의 식으로 아파트단지의 열병합발전도입의 개략적인 경제적 타당성을 간단히 가늠해 볼 수 있다.

[참고 문헌]

- [1] 에너지관리공단저자명, “건물용도별 전력원단위 조사연구”, 산자부
- [2] 박희준 “소형열병합발전 국내외기술개발동향 및 추진방향”, 소형열병합발전워크샵, 에너지관리공단, 2004. 7
- [3] 물가정보사, “종합 물가정보” 2006. 5
- [4] 増元茂喜, 西山佳久 “三菱電技報” Vol. 75 No. 9 2001. p. 14(580)
- [5] 손학식 “열병합발전시스템”, 도서출판 키다리, 2005.