

지역 에너지 사업의 사회적 경제성 분석

신 동준, 이 창호
한국전기연구원

Social Economic Value of Community Energy Service

Dong-Joon Shin, Chang-Ho Rhee
Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract - 전력산업 구조개편 이후 여러 가지 형태의 새로운 전력시장 참여자가 나타났다. 지역 에너지 사업(CES : Community Energy Service) 사업도 이러한 새로운 시장참여자의 하나로 소비자에게 전기뿐만 아니라 열과 냉,난방 서비스를 동시에 제공하는 역할을 수행한다.

대부분 분산전원 기술을 이용하는 지역 에너지 사업은 기존 발전 사업자들이 경험하는 환경문제나 대규모 투자에 따른 위험을 피할 수 있는 새로운 전력사업 형태로 각광받고 있다. 또한 송전망의 부담을 주지 않고 소비지에 인접하여 전력을 공급할 수 있기 때문에 송전망 투자도 절감할 수 있는 장점을 보인다.

본 연구는 지역 에너지 사업의 편익을 알아보기 위하여 부하 모델링을 통하여 지역 에너지 사업의 운영 경제성을 평가하였다. 특히 연료인 천연가스 요금과 전기부하의 변화에 따른 경제성 변화를 평가하여 민감도를 분석하였다.

1. 서 론

열병합발전(Co-generation 또는 Combined Heat and Power System)이란 하나의 열원(연료)으로 두 가지 에너지(열과 전기)를 동시에 생산하여 사용하는 에너지 시스템이다. 이러한 열병합 시스템은 천연가스(LNG), 액화석유가스(LPG) 등 가스연료와 경유(Diesel oil), 중유(B-C유) 및 저유황중유(Iswr) 등 액체연료를 이용하여 엔진이나 터빈 등을 구동시켜 전력을 생산하고, 기관에서 발생하는 배열을 회수하여 난방, 냉방 및 증기를 활용한다. 기존 일반발전소의 전력생산 효율이 40% 정도인 데 비해서 열병합발전시스템은 배열을 회수하여 냉방과 난방, 급탕 및 증기를 생산하여 활용함으로써 80% 이상의 에너지 효율을 얻을 수 있다.

본 논문에서는 우리나라의 대표적 집단 주거 형태인 아파트 단지에 열병합 설비를 이용한 지역 에너지 사업을 도입하였을 경우를 가정하여 지역 에너지 사업의 경제성을 평가하였다.

사례연구 대상은 2000세대의 아파트 단지를 가정하였다. 원동기는 소규모 지역 에너지 사업일 경우 가장 높은 경제성을 보이는 천연가스를 이용하는 가스 엔진을 이용한 경우를 설정하여 연간 부하 형태를 모의하여 지역 에너지 사업의 운영을 평가하였다.

2. 본 론

지난 2003년까지 우리나라의 지역 에너지 사업 보급은 총 32개소에 60기의 발전기가 설치되어 99,800kW의 설비용량을 보이고 있다. 이러한 설비는 총 발전용량의 0.2%로 아직까지 보급용량은 미미한 현실이다. 하지만 다음과 같은 지역 에너지 사업의 장점으로 인하여 보급이 확대되고 있다. 지역 에너지 사업의 장점 및 기대효

과를 정리하면 다음과 같다.

- 연간 냉/난방비 절감
- 편리한 에너지 이용 : 별도의 열원에서 24시간 공급
- 초기 투자비 절감
- 개별 건물의 공간활용 극대화
- 건물 냉/난방 부분에 대한 아웃소싱 가능
- 부대 운영비용 감소
- 국가 에너지 절약 : 효율적 에너지 활용
- 하절기 전력 피크부하 감소
- 자연 친화 환경보전에 기여 : 온실가스 배출 감소

지금까지 수행된 지역 에너지 사업 관련 연구를 정리하면 다음과 같다. 에너지경제연구원은 지역 에너지 사업 유형을 6가지로 분류한 후, 사업유형별 지역 에너지 사업의 타당성과 합리적 요금 구조 및 수준을 제안하였다. Marchand, Proost and Wilberz는 1기간 선형계획 모형을 활용하여 벨기에 지역난방사업에 있어서 열병합발전 도입의 경제성을 분석하였다. 동 연구는 지역난방사업에서 공급비용을 최소화할 수 있는 열병합설비 능력과 가동량을 결정하였다.

본 연구는 향후 지역 에너지 사업의 적용 가능성이 높은 아파트에 대한 지역 에너지 사업의 경제성을 분석하였다. 이를 위하여 대규모 아파트 단지의 부하를 모델링하였으며 이 모델에 천연가스 엔진과 열전보일러를 사용한 열병합 설비가 적용되었을 경우의 경제성을 분석하였다. 또한 지역 에너지 사업의 경제성에 크게 영향을 미치는 천연가스 요금 및 전력부하의 변동에 따른 경제성 민감도를 분석하여 향후 아파트 단지의 지역 에너지 사업 경제성 분석의 모델을 제시하였다.

2.1 대규모 아파트 부하의 특성

소형 열병합발전 시스템(CGS ; Co-Generation System)을 이용한 지역 에너지 사업은 효율, 신뢰성 등에서 기술의 비약적인 발전이 있었고, 발전기, 시스템 등의 제어 기술의 확립과 함께 대형아파트단지를 중심으로 보급이 확대되고 있다.

지역 에너지 사업은 대규모의 아파트의 경우

- 안정된 전력부하, 열부하가 있고
- 전력부하와 열부하의 시간별 패턴이 유사하며
- 열전비(열부하/전기부하)가 높다

는 적용조건으로 대규모 아파트단지에 적합하다. 하지만 국내 소형열병합발전 시장은 설치 및 운용에 따른 경제성을 확보하고도 보급이 미진한 실정이다. 국내의 경우 발전단가가 저렴한 원자력발전이 차지하는 비중이 큰 관계로 다른 나라에 비해 가스요금대비 전기요금에 저렴하고, 시스템 구성기기에 대한 요소기술 수준의 미달과 국내시장의 활성화 미흡으로 가스발전기 국산화가 미진하여 초기 투자비에 대한 부담 증가와 이로 인한 보수유지

비의 증대로 시장수요를 따르지 못하고 있다. 대규모 아파트가 소형열병합발전사업에 깊은 관심을 갖는 이유는 아파트의 경우 전기요금에 누진제로 계산되어 중대형 아파트는 kWh당 전기요금단가가 비교적 비싸기 때문에 상대적으로 경제성을 얻기 때문이다.

그러나 아파트단지의 경우 주간에 전기 및 열부하가 있기 때문에 축열조나 열전보일러를 이용할 경우 열을 효과적으로 사용할 수 있다. 또한 아파트단지의 열부하, 전기부하의 규모에 적당한 발전용량을 선정하여 운전하면서 부족분을 한국전력의 전기와 계통연계 운전에 의해 조달할 경우 발전기는 정격부하로 균일하게 고효율 운전을 할 수 있으며 한전으로부터의 수전량이 대폭 줄어들게 되어 수전단가를 상당히 저렴한 수준으로 낮출 수 있어 여러 가지로 경제적이다.

이와 같은 경제적 잇점에 의해 평균 30평 규모의 아파트 단지에 적용하면 4~5년의 비교적 조기에 투자비를 상환할 수 있다. 이러한 아파트 부하의 특성으로 볼 때 1,000세대이상의 비교적 대규모 아파트단지가 많은 국내의 경우 보급 시장이 크다고 볼 수 있다.

2.2 가스 엔진 열병합 설비의 특징

가스 엔진 열병합 설비(Gas Engine Co-generation)에 사용되는 가스엔진은 왕복운동 기관이므로 진동이 상대적으로 크며, 대부분 수냉각 방식이어서 터빈방식에 비해 중량이 늘어나는 단점이 있다. 그러나 가스엔진은 중 소형 동력원으로서 종류도 다양하고 취급하기 용이하여 열병합발전 시스템용 동력발생기로 이용하기 적합하다. 또한 천연가스를 연료로 한 가스엔진은 유지, 보수가 쉬운 장점이 있다.

그 밖의 주요 특징은 ① 중형 동력발생기로서 높은 효율을 갖는다. ② 회전수 제어가 쉽고, 부분 부하시에도 효율이 좋다. ③ 입력의 50% 전후에 배열회수가 가능하여 종합 효율을 향상시킬 수 있다. ④ 실용기로서 4사이클 엔진의 운영 실적이 많아 신뢰도가 높다. ⑤ 천연가스를 연료로 사용하는 경우는 엔진내부를 정결하게 유지할 수 있고, 윤활유 소모나 열화가 적어 엔진수명이 길고 정비도 용이하다. 등을 들 수 있다.

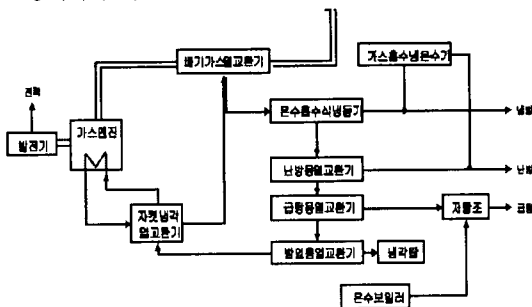


그림 1. 가스엔진 열병합 설비의 구성

가스엔진 열병합의 경우, 배열회수 시스템은 온수, 온수 및 증기, 그리고 증기 이용형식으로 구분할 수 있으나 여기서서는 온수시스템을 소개하면 그림 1과 같다. 온수시스템은 저온수를 배기가스 열교환기에 통과시켜 고온수로 전환하여 냉방, 난방, 급탕용 열원으로 활용한 후, 방열용 열교환기를 통해 최종 처리하는 가장 일반적인 방식이다.

3. 사례 연구

본 논문의 사례연구는 2000세대의 아파트 단지를 대상으로 수행하였다. 표 1에 사례연구 수행을 위한 기본 설정을 정리하였다.

표 1. 경제성 평가를 위한 기본 설정

세대수	동시부하율	부하증가율	천연가스가격
2000세대	0.85	연 5%	30.76 ₩/kwh
할인율	발전설비용량 7%	열전보일러용량 3500kw	평가기간 15년
발전효율	배열효율	열전보일러 효율	
30%	50%	95%	

표 2 CES 초기 시설비

	단가[천원/kw]	비용[천원]
엔진및발전기	840	840,000
기타 설비	69	69,000
공사비	670	670,000
총설비비[천원]		1,579,000

표 2에는 지역 에너지 사업 수행을 위한 발전설비 및 열전보일러를 포함한 부대설비, 그리고 공사비를 정리하였다.

열과 전기를 함께 공급하는 지역 에너지 사업의 특성에 따라 아파트 부하의 전기부하와 열부하를 모델링 하였다. 그림 2와 3은 각각 한 가구의 연간 전기부하 및 열부하를 나타내고 있다.

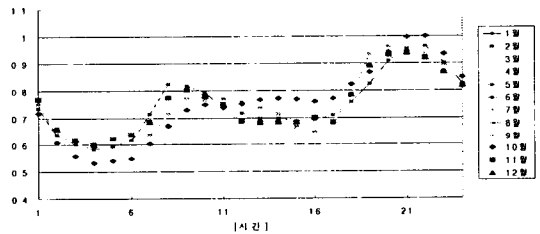


그림 2. 연간 전기부하 형태

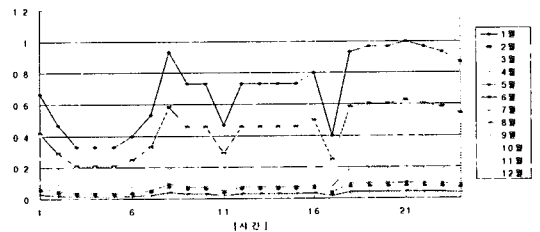


그림 3. 연간 열부하 형태

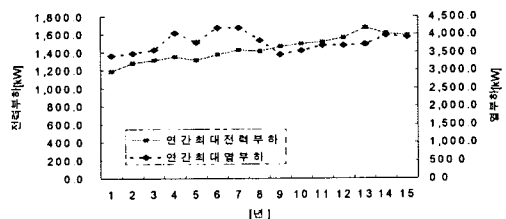


그림 4. 평가기간동안의 최대 전기 및 열부하

그림 4는 15년간의 평가기간에 대한 연간 최대 열부하 및 전기부하를 보이고 있다. 차년도 열 및 전기부하는 전년도의 부하를 바탕으로 정규분포를 이용한 변화를 모의하였다.

위와 같은 기본 설정을 바탕으로 15년간의 운전기간을 대상으로 지역 에너지 사업의 경제성을 분석하였다. 열병합 설비의 유지보수 비용은 매년 초기 설비비의 30%를 계상하였다. 이는 해외 사례에 비하여 매우 높은 수치이지만 우리나라의 가스엔진 열병합 설비가 대부분 수입제품이며 이로 인한 유지보수의 어려움이 발생한다는 점을 고려하여 설정하였다.

3.1 사례연구 결과

표 3에 사례연구 기간동안의 지역 에너지 사업 운영비용을 정리하였으며 표 4에 모델과 비교하기 위하여 지역 에너지 사업 미 실시시의 아파트 단지 전력 및 천연가스 구매비용 계산 결과를 도시하였다.

표 3. 평가기간의 CES 운영비용

	전력구매금액 [천원]	발전기천연가스 구매금액 [천원]	열전보일러 천연가스구매금액 [천원]
1	15,281.7	781,705.1	28,116.1
2	15,431.9	780,604.1	29,173.3
3	16,019.6	779,172.2	30,226.2
4	16,785.9	780,080.1	31,600.2
5	17,170.5	775,683.6	32,110.2
6	17,293.6	770,982.5	32,941.9
7	18,122.0	769,099.0	32,213.3
8	19,001.6	769,558.3	31,990.0
9	19,151.9	766,601.0	32,706.6
10	19,632.5	766,547.6	31,803.9
11	20,943.6	765,493.4	31,677.3
12	21,021.6	763,990.0	30,511.4
13	21,765.7	761,905.7	30,454.4
14	23,492.9	758,454.2	31,854.7
15	23,688.8	758,432.5	32,741.1

표 4. CES 미설치시 운영비용

	비교전력구매 금액[천원]	비교천연가스구매금액[천원]
1	1,558,134.7	198,238.1
2	1,556,943.0	198,552.2
3	1,558,060.8	198,797.5
4	1,564,412.6	198,981.7
5	1,558,686.2	199,324.9
6	1,550,492.3	199,068.7
7	1,551,918.4	198,677.1
8	1,557,738.4	199,056.9
9	1,553,633.4	199,792.7
10	1,556,883.6	198,651.1
11	1,562,263.2	199,309.5
12	1,559,818.3	198,771.4
13	1,560,395.8	198,744.3
14	1,564,665.8	198,299.8
15	1,565,415.7	199,372.3

표 3과 4에서 볼 수 있듯이 지역 에너지 사업을 아파트 단지에 도입할 경우 전기구매요금에서 큰 차이를 보임을 알 수 있다. 이러한 차이는 지역 에너지 사업 도입시의 편익으로 나타나며 이를 표 5에 정리하였다.

표 5. CES운영시 편익 및 환산편익

	CES 연간운영비용 [백만원]	기존설비 연간운영비용 [백만원]	편익 [백만원]	환산편익 [백만원]
1	1,298.8	1,756.4	457.6	457.6
2	1,298.9	1,755.5	456.6	426.7
3	1,299.1	1,756.9	457.7	399.8
4	1,302.2	1,763.4	461.2	376.5
5	1,298.7	1,758.0	459.3	350.4
6	1,294.9	1,749.6	454.6	324.2
7	1,293.1	1,750.6	457.5	304.8
8	1,294.2	1,756.8	462.5	288.1
9	1,292.2	1,753.4	461.3	268.5
10	1,291.7	1,755.5	463.9	252.3
11	1,291.8	1,761.6	469.8	238.8
12	1,289.2	1,758.6	469.4	223.0
13	1,287.8	1,759.1	471.3	209.3
14	1,287.5	1,763.0	475.5	197.3
15	1,288.6	1,764.8	476.2	184.7

할인율을 고려한 표 5의 환산편익을 바탕으로 NPV 평가결과를 그림 5에 나타내었다. 기본모델과 천연가스 요금이 10% 감소하였을 경우 운영 4년차부터, 전기부하가 10% 증가하였을 경우 운영 3년차부터 이익이 발생함을 알 수 있다.

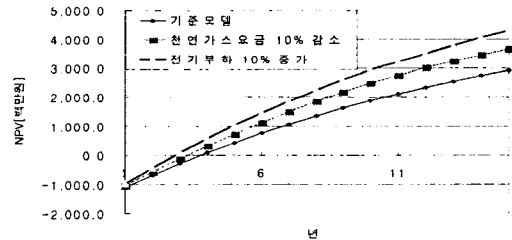


그림 5 천연가스 요금 및 전기부하 변화에 따른 NPV 변화

4. 결 론

본 논문은 지역 에너지 사업을 대규모 아파트 단지에 도입하였을 경우의 경제성과 민감도를 분석하였다. 주택용 전기요금 누진제로 인하여 전력구매요금에서 큰 편익이 발생하였고 이는 대규모 아파트 단지 지역 에너지 사업의 경제성을 보장해 주는 큰 요인임을 알 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] M. Marchand, S. Proost and E. Wilberz, A Model of District "Heating Using a CHP Plant", Energy Economics, pp. 247-257, 1983.
- [2] 한국 에너지 경제 연구원, "한국지역난방공사의 전기판매사업 진출 최적방안에 관한 연구", 2004
- [3] 김창수, 이창호, "수도권 지역난방연계 열병합발전소의 기반기금 지원과 개선방안", 대한전기학회, pp. 97-103, 2004
- [4] 권영환, 김창수, 진병문, 김진오, "지역난방용 열병합시스템의 최적운전패턴과 적정 열요금 구조", 에너지공학회지, 5 권 2호, 1996