

소형 열병합 발전의 계통회피비용 산정

김용하*, 나인규**, 연준희***, 우성민*, 김미예*, 임현성*, 손승기*
 인천대학교*, 도시철도건설본부**, 인천공항공사***

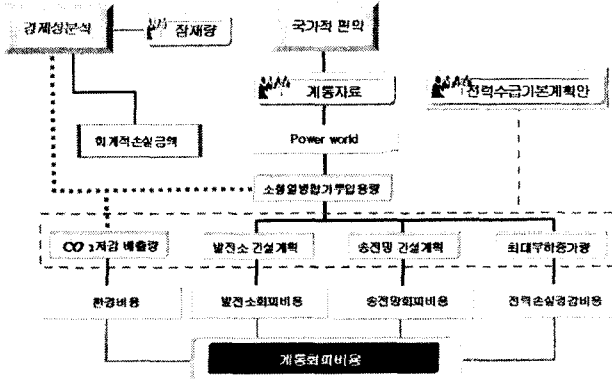
Avoided cost calculation of Small co-generation

Yong-ha Kim*, In-gyu Na**, Jun-hee Yeon***, Sung-min Woo*, Mi-ye Kim*, Hyun-sung Lim*, Seung-kee Son*
 Incheon Univ.*, S.C.H**, Incheon Airport Corp.***

Abstract - This paper calculates potential area conversing small co-generation generating capacity. Accordingly, power system considering small co-generation analyzes avoided cost compared with the electric supply & demand.

1. 서 론

최근 교도 의정서 및 배출권 거래제도를 허용하는 안이 통과 등 여러 문제가 부각되고 있는 시점에서 분산형전원인 소형열병합발전시스템의 도입이 현실적인 대안으로 인식되고 있다. 이에 따라 2차전력수급기본계획에서는 2017년까지 소형열병합발전을 약 260만[MW]보급할 계획이다. 따라서 본 논문은 우리나라의 소형열병합발전으로 전환 가능한 잠재수요량을 파악하였다. 이때 경제성 분석을 통하여 소형열병합발전으로 전환 가능한 용량을 도출하였다. 상기의 과정으로 국가적으로 일체 되는 발전소건설 회피비용, 송전망건설 회피비용, CO₂ 저감비용 그리고 손실경감비용 등을 모두 고려하여 총체적인 계통회피비용을 산정하였다.



〈그림 1〉 소형열병합발전의 계통회피비용 결정의 개념도

2. 소형열병합발전으로 전환 가능한 잠재량

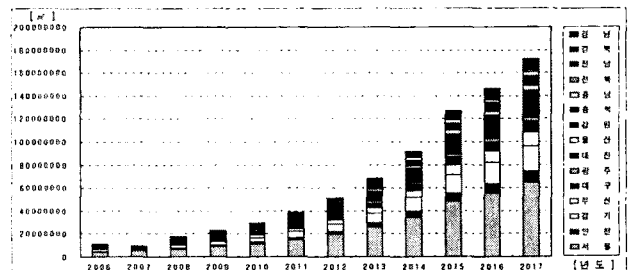
2.1 잠재량조사

소형열병합발전으로 전환 가능한 잠재량은 제2차전력수급기본계획에서 제시한 연도별 발전용량을 중앙난방식 공동주택 건축연면적으로 환산하여 기존 공동주택 조사 건축연면적과 비교해 실현가능한 잠재량을 확인하고 이를 소형열병합발전으로 전환 가능한 공동주택 건축연면적 잠재량으로 산정하였고, 또한 국내 건축연면적 2000[m²] 이상 대형건물의 건축연면적에서 기존 소형열병합발전이 설치 운영되고 있는 대형건물, 기존 지역냉난방이 공급되고 있는 대형건물, 가스공급업자가 공급하고 있는 대형건물의 건축연면적을 제외한 잔여 건축연면적을 소형열병합발전으로 전환 가능한 대형건물 건축연면적 잠재량으로 산정하였다.

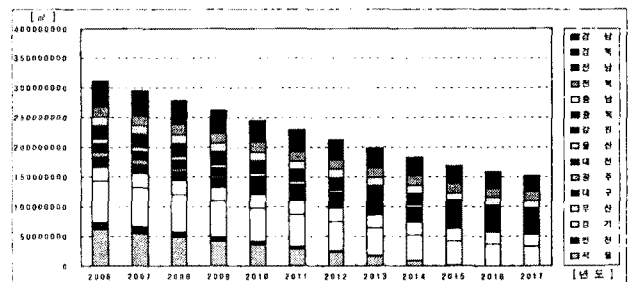
2.2 소형열병합발전으로 전환 가능한 잠재 수요량 개념도

소형열병합발전으로 전환 가능한 건축연면적 잠재 수요량 = ① - ② - ③ - ④ - ⑤ + ⑥

- ① 기존지역 2000[m²] 이상 대형건물의 전체 건축연면적.
- ② 기존의 2000[m²] 이상 대형건물에 소형열병합발전이 설치 운영되고 있는 건축연면적.
- ③ 기존의 2000[m²] 이상 대형건물에 지역냉난방이 공급되고 있는 건축연면적.
- ④ 기존의 2000[m²] 이상 대형건물에 가스공급사업자가 공급하고 있는 건축연면적.
- ⑤ 추계분석에 의하여 가스공급사업자가 공급하게 될 2000[m²] 이상 대형건물의 건축연면적의추정치.
- ⑥ 전력수급기본계획에서 제시한 중앙난방식 공동주택 건축연면적 잠재 수요량.



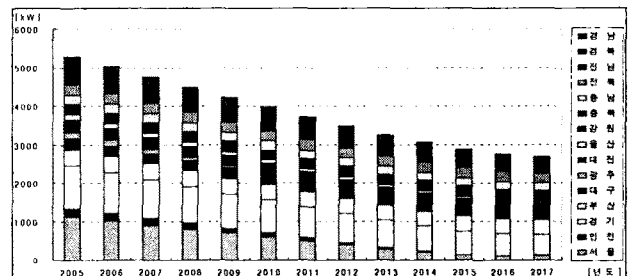
〈그림 2〉 연도별 지역별 공동주택 소형열병합발전 전환가능 잠재량



〈그림 3〉 연도별 지역별 대형건물 소형열병합발전 전환가능 잠재량

3. 소형열병합발전의 투입용량 산정

국내 잠재량 중에서 대형건물과 공동주택은 면적별로 구분하였고, 각각의 지역별, 건물용도별, 면적별 건축연면적을 각각에 대한 건물수로 나누어 지역별, 건물용도별, 면적별로 표준면적을 도출하였다. 또한, 목표연도의 지역별 건물용도별, 면적별 소형열병합발전 전환가능 잠재량을 각각의 지역별 건물용도별 면적별 표준면적으로 나누어 목표연도의 전환가능 건물수를 도출하였다. 이때 지역별 건물용도별 면적별 표준면적을 경제성분석을 통하여 소형열병합의 투입용량을 그림 4와 같이 도출하였다.



〈그림 4〉 연도별 지역별 소형열병합발전의 투입용량

4. 소형열병합발전으로 전환 가능한 잠재량에 대한 국가적 편익

소형열병합발전으로 전환 가능한 건축연면적 잠재량을 설비용량[MW]으로 환산하여 소형열병합발전의 CO₂ 배출 저감량을 산정하였고, 또한 전력수급기본계획의 계통자료와 건설계획을 Power World Package에 적용하여 전력수급기본계획의 발전량과 소형열병합발전으로 전환 가능한 잠재용량[MW]을 지역별로 투입하고, 이로 인해 얻어지는 가치를 회피비용으로 환산하여 국가적 편익을 도출하였다.

4.1 전력계통 회피비용

전력계통 회피비용은 2차전력수급기본계획과 송전망 확충계획을 기준으로 산정하였고, 아래의 절차로 Power World Package를 사용하여 Simulation을 수행함으로써 계산하였다.

- 단계1 : 당해연도의 결정
- 단계2 : 해당연도의 최대부하의 증가량을 각 모선의 부하당당 비율에 비례하여 분배
- 단계3 : (2차전력수급기본계획의 전원투입량-도출된 소형열병합발전의 잠재량) 크기의 기존 전원을 계획위치에 투입(잠재량<수급계획량)
- 단계4 : 도출된 소형열병합발전의 잠재량을 부하집중 모선에 분배하여 투입
- 단계5 : 한국전력공사의 송전망 확충계획에 근거하여 선로확충계획 중 선로를 신증설하지 않아도 계통운용상의 문제가 발생하지 않는 선로를 구한다.
- 단계6 : 단계 5 에 해당 하는 선로의 건설비용을 구하여 이를 송전망건설 회피비용 결정.
- 단계7 : 도출된 소형열병합발전의 잠재량만큼 건설하지 않아도 되는 기존 발전소의 건설비용을 산정
- 단계8 : 도출된 소형열병합발전의 잠재량의 설치비용 산정
- 단계9 : 단계7-단계8의 비용을 발전소 건설의 회피비용으로 결정
- 단계10 : 2차전력수급기본계획의 발전소 건설안과 한국전력공사의 송전망 확충계획안으로 Power Flow를 수행하여 계통의 송전손실계산
- 단계11 : 도출된 소형열병합발전의 잠재량을 투입시킨 계통 상태에 대하여 Power Flow를 수행하여 계통의 송전손실계산
- 단계12 : 단계 10-단계 11 의 손실계감에 해당하는 발전량의 LNG연료비 비용을 송전손실비용으로 산정.

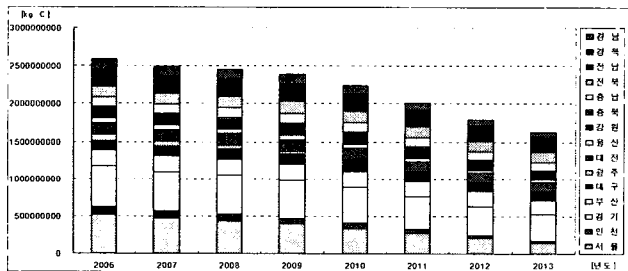
4.2 국가적 편익 결과

4.2.1 환경비용

소형열병합발전으로 전환 가능한 잠재량의 연도별 지역별 소형열병합발전기 투입용량을 산출하였다. CO₂배출량은 표 1과 같은 방법으로 도출하였고, 단위전력량당 CO₂배출량은 전력수급기본계획의 자료를 적용하였으며 단위연료량당 CO₂배출량은 IPCC 탄소배출 계수, 연료별 평균 연소율, 석유 환산기준에 의해 도출하였다. 그림 5는 CO₂ 배출 저감량을 나타낸다.

<표 1> 연간 CO₂ 배출저감량의 계산

CO ₂ 배출량	연간 기준설비 시스템	Kg C	(단위전력량당 CO ₂ 배출량×수전전력량) +(단위연료량당 CO ₂ 배출량×총연료사용량)
	연간 신설열병합 발전시스템	Kg-C	(단위전력량당 CO ₂ 배출량×수전전력량) +(단위연료량당 CO ₂ 배출량×총연료사용량)
	연간 CO ₂ 배출저감량	Kg-C	연간기준설비시스템 CO ₂ 배출량 -연간신설열병합발전시스템 CO ₂ 배출량



<그림 5> 연도별 지역별 CO₂ 전체 저감량

2005년도 세계은행과 세계에너지가스배출권거래회(IETA)에 의해 배출권 가격인 1당 5.22달러로 산정하였다. 달러환산은 1[\$]당 1004.5[원]을 적용하였다. 환경비용은 그림 4의 연도별 연도별 지역별 CO₂ 전체 저감량에서 CO₂배출량 배출권 거래비용을 적용하여 환경비용을 산정하였다.

<표 2> 연도별 CO₂ 저감환경비용[원]

연도	소형열병합 투입용량[MW]	환경비용[원]
2006	5,025	13,597,198,398
2007	4,757	13,086,779,564
2008	4,492	12,869,562,009
2009	4,235	12,543,124,665
2010	3,968	11,783,228,128
2011	3,712	10,549,687,025
2012	3,478	9,400,030,793
2013	3,244	8,567,769,907

4.2.2 송전망건설 회피비용

송전망 건설 회피비용은 한국전력공사에서 수립한 장기송전망 확충계획에 수록된 실제가격을 적용하여 계산하도록 하였다. 이때 765kV 선로는 중요 기간망이므로 송전망 건설의 회피비용 산정 시 제외하는 것으로 하였다. 건설회피 가능한 송전망은 당해연도에 대하여 소형열병합발전기를 투입시키고 투입된 소형열병합발전기의 용량에 해당하는 대형 기존 발전기는 건설하지 않으면서 선로를 제거하여도 조류계산을 통하여 계통의 운용에 문제가 되지 않는 선로를 찾는 결과이다. 이때 회피비용은 송전선 건설에 필요한 변전소까지 포함한 모든 비용으로 하였다.

<표 3> 송전망 건설 회피비용[원]

연도	송전망 회피비용	연도	송전망 회피비용
2006	1,119,165,000,000	2010	1,116,059,000,000
2007	1,056,005,000,000	2011	738,256,000,000
2008	1,040,621,000,000	2012	478,140,000,000
2009	1,025,401,000,000	2013	490,465,000,000

4.2.3 전력손실경감비용

발전기 중에서 한계가격이 가장 비싼 발전기는 LNG를 사용하는 발전기이다. 즉, 손실의 경우는 최대부하 시 가장 크며 이때 운용되는 주된 발전기가 LNG발전기이다. 그러므로 본 연구에서는 손실이 감소함으로써 LNG 복합화력의 가동율이 감소할 수 있으므로 본 연구에서는 다음 식 1로 손실감소에 의한 경감비용을 산정하도록 하였다. 식 1에 연료비 원가를 적용하여 연간 손실저감비용을 도출하였다.

$$\text{송전손실회피비용} = \text{연간 저감 손실량[kWh]} \times \text{LNG연료비 단가[원/kWh]} \quad (1)$$

<표 4> 손실저감비용의 계산[원]

연도	전력수급기본 계획시손실 [MW]	소형열병합발전기 투입시 손실[MW]	최대부하시 저감 손실량 [MW]	부하율 [%]	연간 저감 손실량 [MWh]	손실저감 비용
	①	②	③ = ① - ②	④	⑤ = ③ × 8760 × ④	⑥ = ⑤ × LNG 연료비 단가
2006	977.32	775.81	201.51	78	1,376,877	73,070,894,000
2007	1501.98	903.15	598.83	77.8	4,081,194	216,588,972,000
2008	1756.35	712.31	1044.04	77.6	7,097,133	376,644,867,000
2009	456.36	284.43	171.93	77.5	1,167,233	61,945,043,000
2010	527.57	340.97	186.6	77.4	1,265,193	67,143,781,000
2011	349.98	258.93	91.05	77.2	615,746	32,677,622,000
2012	263.83	220.46	43.37	77.2	293,299	15,565,387,000
2013	277.74	216.75	60.99	77.1	411,924	21,860,808,000

4.2.4 발전소건설 회피비용

발전소건설 회피비용은 1차전력수급기본계획자료를 이용하였다. 소형열병합발전기 투입용량의 지역분배는 계산된 지역별 잠재량에 근거하였고, 소형열병합발전의 잠재량이 발전소 건설계획의 양보다 크게 나타난 2006년도~2008년도까지는 전력수급기본계획상의 건설계획발전소로 선 대체하고, 부족한 양은 과거에 건설된 발전소로 대체하였으며, 소형열병합의 잠재량이 발전소 건설계획의 양보다 작게 나타난 2009년도~2013년도까지는 전력수급기본계획상의 건설계획 발전소로 대체하였다.

<표 5> 기존발전소 건설 회피의 시나리오 및 회피비용 산정

연도	소형 열병합 투입용량[MW]	발전소회피비용[백만원]
2006	5,025	6,255,375
2007	4,757	5,749,480
2008	4,492	5,245,355
2009	4,235	4,952,500
2010	3,968	4,716,000
2011	3,712	4,495,500
2012	3,478	4,124,500
2013	3,244	3,904,000

5. 결 론

소형열병합발전으로 전환가능한 잠재량을 모두 계통에 투입할 경우, 이로 인한 이득인 환경비용, 송전망 회피비용, 발전소건설 회피비용, 전력손실경감비용 등으로 적게는 약4조4천만원에서 7조4천만원의 이득을 얻을 수 있다. 그러나 잠재량 모두가 전환하기에는 사업자의 경제적인 측면이 있으므로 단순투자회수기간을 5년을 초과하는 건물의 소형열병합발전의 경우 이를 모두 회계적 손실금으로 하여도 약 1조 6천만원에서 6천만원의 이득이 발생한다. 따라서 소형열병합발전으로 전환가능한 잠재량을 조기에 더욱더 많이 투입할수록 국가적으로 이득은 많아지게 된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 심상열 외, "에너지산업 구조개편에 따른 열병합 발전이 경제성 평가", 에너지경제연구원, 2002
- [2] 박화춘 외, "구역형 집단에너지 도입 타당성 분석", 한국에너지기술연구원, 2004
- [3] 박화춘 외, "소형열병합발전 국내외 기술개발 동향 및 추진방향", 한국에너지기술연구원, 2004
- [4] 윤종해, "열병합발전시스템의 에너지 사용패턴분석 및 계통연계 가이드 라인 정립에 관한 연구", 인천대학교, 2005
- [5] 선우영 외, "지역난방방식의 에너지절감 및 환경 개선효과 분석", 한국지역난방공사, 2001
- [6] 노동성, "건물 열병합발전 보급방안 연구", 에너지경제연구원, 1993
- [7] "제2차 전력수급기본계획", 산업자원부, 2004