에너지공학, 제24권 제2호(2015)
Journal of Energy Engineering, Vol. 24, No. 2, pp.45~50(2015)
http://dx.doi.org/10.5855/ENERGY.2015.24.2.045

LCC분석 기법을 활용한 신재생에너지 최적 설계 방안 연구

송호열 · 김정욱†
상명대학교 에너지그리드학과
(2015년 4월 17일 접수, 2015년 6월 15일 수정, 2015년 6월 17일 채택)

A Study of renewable energy optimal design using the LCC analysis

Ho-Yeol Song, Jeong-Uk Kim†
Department of Energy-Grid, Sang-Myung Univ
(Received 17 April 2015, Revised 15 June 2015, Accepted 17 June 2015)

요 약

온실가스 배출량이 세계 6위인 우리나라는 건물의 운영과 유지 및 관리에 소비되는 에너지로 인한 온실가스 배출량을 줄이고자 공공건축물을 대상으로 신재생에너지 시스템을 통하여 에너지를 생산하도록 하는 공공의무화 제도(RPS)를 시행하고 있다. 이에 본 연구에서는 선행되었던 기존 연구의 동향을 분석하여 에너지원별로 적정 조합 및 적용 비율을 도출하였고, 동적 에너지 프로그램을 이용하여 에너지소비량을 시뮬레이션 하였으며, 산출된 결과를 토대로 초기투자비, 에너지비, 보수교체비, 유지관리비를 산출하였다. 분석결과 지열 100% 조합이 총 비용 2,105,974,344원으로 총 생애주기 비용이 가장 적은 것으로 나타났다.

주요어 : 공공의무화제도, 신재생에너지, 공공건물, 동적 시뮬레이션, LCC(Life cycle cost), TRNSYS

Abstract - In Korea ranking sixth out of The world's greenhouse gas emissions, all Korean public buildings have to implement obligatorily renewable energy systems for energy production to reduce the greenhouse gas emissions from the energy consumed in operation, maintenance and management of buildings. The optimum combination and application rates for each energy source emerge from analyzing the trend of previous studies and the energy consumption is simulated by using a dynamic energy simulation program and the initial investment costs, the energy costs, the maintenance costs , the replacement costs emerge based on the calculated result. The result show that the total life cycle cost of 100% gerthermal is the lowest with ₩ 2,105,974,344 on the analysis results.

Key words : Public obligation system, Public buildings, New renewable energy, Dynamic simulation, LCC, TRNSYS

†To whom corresponding should be addressed.
Sangmyung University, 20, Hongimun 2-Gil,
Jongro-Gu, Seoul, 110-743 Korea
Tel : +82-2-2287-5327 E-mail : jukim@smu.ac.kr

1. 서 론

온실가스 배출량이 세계 6위인 우리나라는 건물의 운영과 유지 및 관리에 소비되는 건물에너지로 인한 온실가스 배출량을 줄이고자 1,000㎡ 이상의 공공건축물을 신축, 증축, 개축하는 경우, 건물의 예상에너지 사용량(2015년 기준)의 15% 이상을 신재생에너지 시스템을 통하여 에너지를 생산하도록 하는 공공의무화 제도(RPS)를 시행하고 있다. 이에 본 연구에서는 신재생에너지의 건물 적용을 위한 최적화 연구를 선행하였던 기존 연구의 동향을 분석하여 적정 조합 및 적용 비율을 도출하였으며, 에너지 측면과 경제성 측면을 고려하여 최적의 신재생에너지 구성을 구하고자 하는데 연구의 목적이 있다.

2. 이론적 고찰

공공건축물에 대한 신재생에너지 법령 시행에 따른 Table 1의 개정내용에 따르면 공공기관 신재생에너지 설치 의무화 제도는 2004년 3월부터 시행되어 공공기관이 신축하는 연면적 3,000㎡이상의 건축물에 대하여 총 건축공사비의 5%이상을 신재생에너지 설비에 투자하도록 하였다. 또한 2011년 4월부터 관련규정변경 및 강화로 총 공사비의 5% 기준에서 해당 건축물의 총 예상 에너지 사용량의 10%이상을 신재생에너지설비에 투자하도록 변경되었으며, 2012년 1월부터는 연면적 3,000㎡ 이상의 건축물에 대해서도 설치의무화 제도를 이행하도록 포함되었다. 2013년 1월부터 의무화 비율이 점점 강화되어 2015년 현재에는 15%로 강화되었다.

3. 시뮬레이션

3-1. 시뮬레이션 개요

LCC분석을 위한 에너지비용을 산출하기 위해 동특성 에너지 시뮬레이션을 수행하였다.

시뮬레이션 대상 건물은 서울시에 위치한 공공시설물로 가로 77.8m, 세로 29.8m, 지하1층, 지상 6층, 연면적 12,800㎡ 규모의 사무실 용도로 사용되고 있는 건물이며, 건물 모델링은 Google Sketchup 프로그램을 이용하여 3D로 모델링 하였다.

Fig 1(a)와 Fig 1(b)는 시뮬레이션 대상 건물 전경과 건물 모델링 프로그램을 이용하여 3D 모델링한 그림이며, 대상 건물의 구체적인 개요는 Table 2와 같다.

또한, 대상 건물의 주요 열원설비와 열원공급시스템은 EHP를 이용한 냉난방방식과 전기온수기를 이용한 급탕방식이다.

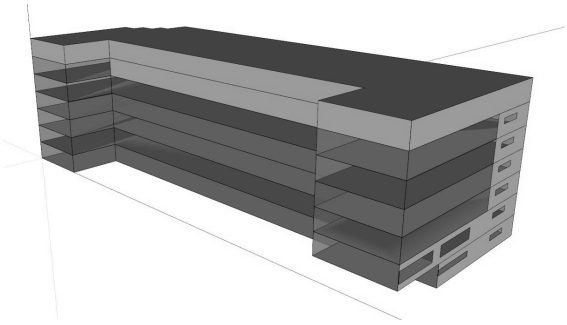
Table 1. Renewable energy supply obligations ratio (Related to Article 15 Paragraph 1 No. 1)

해당연도	2011 ~ 2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020 이후
공급의무 비율(%)	10	11	12	15	18	21	24	27	30

Table 2. Overview of Subject Buildings

Area(m^2)	Land area	5,120,00
	Building area	2,063.79
	Total floor area	12,800.91
Location	Seoul, Korea (N37.5, E127)	
Structure	Reinforced concrete	
Floor height (mm)	3,240	
Ceiling height (mm)	2,700	
Total floor	7 F	
Base floor area (m2)	Office	

(a) Front view



(b) 3D modeling

Fig. 1. Subject Buildings for Simulation.

3-2. 시뮬레이션 조건 및 방법

해석 도구로는 동적 에너지 해석을 목적으로 모듈화되어 개발된 TRNSYS(Transient System Simulation) 프로그램을 이용하였으며, 기상 조건은 TRNSYS에서 제공되는 서울 지역 기상 데이터인 KR-Seoul-471080.tm2를 입력하였고, 입력한 재료의 물성치 및 벽체 구성은 설계 도서와 설계 기준을 참고하여 실제 건물의 설계 조건에 맞게 구성하였다. 시뮬레이션을 위한 대상 건물의 벽체 구성은 Table 3과 같다.

또한, 정확한 해석을 위해 Table 4과 같이 건물의 에너지 소비에 큰 영향을 미치는 실내발열 중 재실부하는 현열 65W/P, 잠열 55W/P, 조명부하는 10W/㎡, 기기부하는 5W/㎡를 입력하였으며, 환기횟수와 침기횟수는 각각 0.3회와 0.5회를 입력하였다.

3-3. 예상에너지 사용량

신재생에너지 공급의무 비율의 산정기준 및 방법에 따라 신재생에너지 공급의무 비율과 예상 에너지사용량을 산정하였다.

신재생에너지 공급의무 비율은 연간 사용이 예측되는 총에너지량 중 의무적으로 신재생에너지를 이용하여 생산한 에너지를 공급해야하는 비율을 말하며, 예상 에너지사용량은 건축물에서 연간 사용이 예측되는 총에너지의 양을 보정한 값으로 식(1)과 식(2)로 계산할 수 있다.

본 연구에서는 2015년 공급의무 비율 기준인 15%를 신재생에너지 공급의무 비율로 산정하였으며 다음과 같이 식(2)를 이용하여 대상 건물의 예상에너지 사용량을 산출하였다. 산출 결과 대상 건물의 예상에너지 사용량은 7,802,441 kWk/yr 로 나타났다.

Table 3. Wall Composition of Subject Building

Wall	Thickness [mm]	U [W/㎡·℃]
Roof	420	0.202
Outside Wall	75	0.436
Floor	270	0.188
Window	24	1.800

Table 4. Air Conditioning Conditions for Subject Building

Indoor design conditions	Heating : 18℃(RH : 50%) Cooling : 26℃(RH : 50%)	
Internal load	People(sensible) : 65(W/P) People(latent) : 55(W/P) Lighting : 10(W/㎡) Equipment : 5(W/㎡)	
Person	Office	0.2 P/㎡
	Meeting room	0.1 P/㎡
	Auditorium	0.1 P/㎡
Ventilation	0.5 Volume/h	
Infiltration	0.3 Volume/h	

$$\text{신·재생에너지 공급의무 비율} = \frac{\text{신·재생에너지 생산량}}{\text{예상에너지사용량}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{예상에너지사용량} = \text{건축연면적} \times \text{단위에너지사용량} \times \text{용도별보정계수} \times \text{지역계수} \quad (2)$$

3-4. 신재생에너지 공급의무 비율

신재생에너지 생산량은 신재생에너지 공급의무 비율을 만족하는 예상에너지 사용량의 15%인 1,170,366 kWh/yr로 산출되었으며, 산출된 신재생에너지 생산량을 기준으로 Case1 ~ Case5와 같이 신재생에너지 조합을 구성하였다.

4. LCC 분석

4-1. LCC 분석 개요

경제성 분석은 초기투자비와 유지관리비의 2가지 항목으로 분류할 수 있다. 초기투자비에는 장비비, 건축공사비, 설치공사비, 수전설비비, 지원금 등이 고려될 수 있으며, 기기와 설비는 수명이 한정되어 있으므로 수명이 고려된다. 유지관리비에는 계약전력, 에너지사용료, 공간사용료, 인건비, 장비 보험료, 수선비 등이 고려될 수 있다.

본 연구에서의 각 항목별 고려사항은 Table 5와 같이 정리하였다.

4-2. LCC 분석 결과

4-2-1. 초기투자비

초기투자비는 초기에 투자하는 비용으로 장비비, 공사비, 인건비 등으로 나눌 수 있으며

본 연구에서는 신재생에너지 원별 기준단가를 적용하여 초기투자비를 산출하였다.

초기투자비는 지열 80%, 태양열 20%인 조합인 Case4가 가장 적은 것으로 나타났다.

4-2-2. 에너지비

동특성 시뮬레이션 해석을 통해 산출한 연간 에너지소비량에 전기사용단가를 적용하여 에너지비용을 산출하였으며, 산출된 결과는 Table 9와 같다.

4-2-3. 보수교체비 및 유지관리비

Table 10과 Table 11은 보수교체비와 유지관리비를 나타낸 표로 보수교체비는 제조업체조사 내용에 따라 태양광설비와 태양열설비는 20년을 적용하여 산출하였고, 지열설비는 40년을 적용하여 산출하였다.

Table 5. Renewable energy requirement (Unit : KRW)

Renewable energy Demand (kWh/yr)	Case1 (Geothermal 100%)	Case2 (Photovoltaic 100%)	Case3 (Geothermal 50% + Photovoltaic 50%)	Case4 (Geothermal 80% + Solar heat 20%)	Case5 (Photovoltaic 80% + Solar heat 20%)
Photovoltaic (kW)	-	1,170,370	585,185	-	936,296
Solar heat (m^2)	-	-	-	234,074	234,074
Geothermal (kW)	1,170,370	-	585,185	936,296	-

Table 6. Renewable energy capacity (Unit : KRW)

Renewable energy capacity	Case1 (Geothermal 100%)	Case2 (Photovoltaic 100%)	Case3 (Geothermal 50% + Photovoltaic 50%)	Case4 (Geothermal 80% + Solar heat 20%)	Case5 (Photovoltaic 80% + Solar heat 20%)
Photovoltaic (kW)	-	208	104	-	167
Solar heat (m^2)	-	-	-	201	201
Geothermal (kW)	818	-	409	654	-

Table 7. LCC Details

구분	Details	
Equipment expense & installation expense estimation criteria	Renewable energy sources by standard unit price	
Energy expense estimation criteria	Basic charge	6,160(KRW/kW)
	Winter season(11-2)	92.3(KRW/kW)
	Sunmer season(8-8)	105.7(KRW/kW)
	others(3-5, 9-10)	65.2(KRW/kW)
Interest rates	3.73%(2006~2014 ave.)	
Inflation rates	2.37%(2006~2014 ave.)	
Discount rates	1.35%(2006~2014 ave.)	
Subvention	Unsupported	
Maintenance expense estimation criteria	3% of initial investment cost	
Repair & replacement cycle	Photovoltaic	20 years
	Solar heat	2 years
	Geothermal	40 years
Analysis period	40 decades	

Table 8. Initial investment cost (Unit : KRW)

Division	Initial investment cost
Case1	1,030,680,000
Case2	1,034,176,000
Case3	1,032,428,000
Case4	1,027,454,000
Case5	1,033,738,000

Table 9. Energy cost (Unit : KRW)

Division	Energy cost
Case1	14,151,719
Case2	-
Case3	7,034,368
Case4	11,292,444
Case5	-

유지관리비는 설비공학편람 등을 참고하여 초기투자비의 3%를 적용하여 산출하였으며, 산출된 결과는 다음과 같다.

Table 10. Replacement cost (Unit : KRW)

Division	Replacement cost
Case1	607,578,144
Case2	1,403,662,960
Case3	1,004,278,465
Case4	761,854,488
Case5	1,403,068,472

Table 11. Maintenance cost (Unit : KRW)

Division	Maintenance cost
Case1	30,920,400
Case2	31,025,280
Case3	30,972,840
Case4	30,823,620
Case5	31,012,140

4-2-4. 총 생애주기 비용

앞에서 분석한 Case1 ~ Case5의 초기투자비, 에너지비, 보수교체비, 유지관리비를 합하여 건물의 총 생

Table 12. Life cycle cost. (Unit : KRW)

Division	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5
Initial investment cost	1,030,680,000	1,034,176,000	1,032,428,000	1,027,454,000	1,033,738,000
Energy cost	436,795,800	0	217,117,348	348,543,820	0
Replacement cost	30,920,400	31,025,280	30,972,840	30,823,620	31,012,140
Maintenance cost	607,578,144	1,403,662,960	1,004,278,465	761,854,488	1,403,068,472
Life cycle cost	2,105,974,344	2,468,864,240	2,284,795,553	2,168,675,928	2,467,818,612

애비용(LCC)을 구할 수 있다.

Table 12는 총 생애비용(LCC)을 분석결과로 결과로 Case1 ~ Case5의 생애주기비용은 각각 2,105,974,344원, 2,468,864,240원, 2,284,795,553원, 2,168,675,928원, 2,467,818,612원으로 지열 100% 조합인 Case1의 생애비용이 가장 적은 것으로 나타났다.

5. 결 론

사무소 용도로 사용되는 공공건물에 신재생에너지 비율에 따른 최적 설계 방안을 비교하고자 동특성 시뮬레이션 해석 프로그램인 TRNSYS17을 이용하여 시뮬레이션 하였고, 시뮬레이션 결과와 관련 자료를 토대로 경제성을 비교하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 초기투자비 산출결과 지열 100% 조합인 Case1이 1,030,680,000원으로 가장 적은 것으로 나타났다.

(2) 에너지비 산출결과 지열 50%, 태양광 50% 조합인 Case3이 348,543,820원으로 가장 적은 것으로 나타났다.

(3) 보수교체비 산출결과 지열 80%, 태양열 20% 조합인 Case4가 30,823,620원으로 가장 적은 것으로 나타났다.

(4) 유지관리비 산출결과 지열 100% 조합인 Case1이 607,578,144원으로 가장 적은 것으로 나타났다.

(5) 초기투자비, 에너지비, 보수교체비, 유지관리비를 더한 총 생애주기비용 산출결과 지열 100% 조합인 Case1이 2,105,974,344원으로 가장 적은 것으로 나타났다.

References

1. Jang, Y, J., Economic Analysis of Facilities of New and Renewable Energy Applied to Public Building, Kyonggi University, Ph.D. thesis, pp. 66-72, (2013)
2. Kim, J. L., Installation examples of Ground Source Heat Pump System, Journal of KSGEE, Vol. 4, No. 3, pp. 23-24 (2008)
3. KEMCO, New energy and renewable energy development, use and dissemination statute book promotion, pp. 90 (2014)
4. Jung, J. L.,. Evaluation of alternatives for building service system in high-rise building based on life cycle cost analysis, Yonsei University, Ph.D. thesis, pp. 70-71 (2002)
5. MOLIT, Life Cycle Cost Analysis and Evaluation Tips, (2008)
6. MOTIE, Notice No. 2012-7, Based on Article 11 regarding the support of renewable energy facilities.
7. Yang, H. J., Economic Feasibility Analysis Model for the Public Building considering Renewable Energy Installation in Planning Phase, University of Seoul, 석사학위논문, pp. MS thesis, pp. 78 (2014)
8. Lee, Y. H., al 4, Analysis of Effects of Building Energy Consumption Characteristics on the Optimization Ratio for New and Renewable Energy Systems, Journal of the Korea Soler Energy Society, Vol. 34, No. 5,, pp. 117-126 (2014)
9. Hong, J. H., al 3, A Study on the Application Ratio by the New and Renewable Energy Systems Fit for Public Medical Facilities, Journal of the Korea Soler Energy Society Vol. 34, No 2, 32-43 (2014)
10. http://cyber.kepco.co.kr/cyber