

신재생에너지설비 건물설치 의무화 및 인증제를 고려한 용량설계 방안

이경호*, 이동원**, 권혁민***, 이창준****

*한국에너지기술연구원(khlee@kier.re.kr), **한국에너지기술연구원(dwlee@kier.re.kr),
한국지역난방공사(kwonhm@kdhc.co.kr), *한국지역난방공사(jun@kdhc.co.kr)

Conceptual Design Strategy of Renewable Energy Application for Building Certification and Mandatory System

Lee, Kyoung-Ho*, Lee, Dong-Won**, Kwon, Hyeok-Min***, Lee, Chang-Jun****

*Korea Institute of Energy Research, KIER(khlee@kier.re.kr),
**Korea Institute of Energy Research, KIER(dwlee@kier.re.kr),
***Korea District Heating Corporation(kwonhm@kdhc.co.kr),
****Korea District Heating Corporation(jun@kdhc.co.kr)

Abstract

This paper describes a design strategy at conceptual design stage using RETScreen software tool for building application of renewable energy resources. Currently, government and public buildings are required to adopt renewable energy systems with a minimum requirement for the amount of renewable energy supply. Meanwhile, there is a certificate program for private office buildings to enhance propagation of renewable energy systems. When considering application of renewable energy systems to a building, it is worthwhile developing a method to determine optimal design sizes of renewable energy systems. In the paper, a design strategy is introduced with a couple of case studies to determine optimal capacities of each renewable energy system in a building and suggest to use the method to evaluate the system for the building certificate program and the mandatory renewable target program. Objective functions considered in the study are initial system cost and reduction of CO₂ emissions from the system. In the optimization study, it is assumed that solar thermal collectors are installed to satisfy solar fraction of 60%. Other renewable energy systems such as ground-source heat pump, solar PV and non-renewable systems such as electric chiller and gas-fired boiler are sized using an optimal sizing method with RETScreen suggested the authors previously.

Keywords : 재생에너지(Renewable energy), 건물(Buildings), 개념설계(Conceptual design), RETScreen(RETScreen)

기 호 설 명

SF	: 태양열 부하 분담율 [%]
α	: 신재생에너지공급의무비율[%]
β	: 신재생에너지공급률[%]

1. 서 론

건물에서 신재생에너지 설비의 적용 및 보급확산을 위하여 2011년 4월부터 공공기관 신재생에너지설비 의무화제도에 대한 개정이 이루어졌으며, 민간 건물을 대상으로 신재생에너지이용 건축물인증제도가 시행되고 있다¹⁾. 연면적 3,000㎡이상 공공기관 건축물의 경우 기존에 건축비의 5% 이상을 신재생에너지설비로 설치하여야 하는 기준으로부터 예상에너지사용량의 10%이상인 되도록 기준이 변경되었다. 한편, 2011년 9월에 있었던 녹색성장이행점검회의²⁾에서는 공공건축물에 대한 신재생설치의무화 기준을 더욱 강화하여 대상건축물을 연면적 1,000㎡이상으로 확대하여야 한다는 내용을 포함하고 있다.

건물에 주로 적용되는 신재생에너지설비는 태양광, 태양열, 지열히트펌프 등이며, 건물에 적용하여야 할 의무기준이 매년 상향조정될 전망이어서 단일 신재생에너지설비가 아닌 복합적인 신재생에너지설비를 설치하여야 할 필요성이 더욱 커지고 있는 실정이다. 또한, 이러한 신재생에너지 설비를 건물에 적용하는데 있어서는 설계의 초기단계 즉 개념설계 단계에서부터 에너지사용 및 생산을 고려하여야 하는 것이 바람직하다³⁾. 그렇지만, 개념설계단계에서 최적의 설계를 위한 지원프로그램⁴⁻⁷⁾은 국내에서 개발 중이거나 신재생전력원에 국한한 기능을 갖는 등 아직까지는 공개적으로 이용가능한 툴을 찾기 어려운 실정이다. 신재생에너지설비를 평가하기 위한 목적으로 전세계적으로 널리 사용되어지는 프로그램 중의 하나는 RETScreen⁸⁾

이라는 툴이 있으며, 최근 Lee 등⁹⁾은 이 툴을 이용하여 다양한 신재생에너지설비를 건물에 복합적으로 적용하는 경우에 최적용량 설계를 위한 방법을 제안하였으며, 본 논문에서는 이 방법을 활용하여 국내 신재생설비의무화제도와 신재생에너지이용 건축물 인증제도를 위하여 개념설계단계에 적용하기 위한 방안을 위한 기초적인 분석결과를 보고하고자 한다.

2. 신재생에너지설비 관련제도 개요

2.1 신재생에너지설치 의무화제도¹⁾

신재생에너지 설치의무화제도는 공공기관이 신축, 증축 및 개축하는 연면적 3,000㎡이상의 건축물에 대하여 예상에너지사용량의 10%이상을 신재생에너지설비 설치에 투자하도록 하는 의무화제도이다. 신재생에너지공급의무비율의 계산은 예상에너지사용량에 대한 신재생에너지생산량으로 계산한다. 신재생에너지생산량은 신재생에너지를 이용하여 공급되는 에너지를 의미하며, 신재생에너지설비를 이용하여 연간 생산하는 에너지의 양을 에너지원별로 보정한 값이다. 원별 단위에너지생산량과 보정계수는 표1과 같다. 예상에너지사용량은 건축연면적과 단위에너지

표 1. 신재생에너지원별 생산량 기준값

신·재생에너지원		단위 에너지생산량		원별 보정계수
태양광	고정식	1,358	kWh/kW · yr	6.17
	추적식	1,765		5.35
태양열	평판형	596	kWh/m ² · yr	1.98
	단일진공관형	745	kWh/m ² · yr	1.82
	이중진공관형	745	kWh/m ² · yr	1.61
지열(수직밀폐형)		2,045	kWh/kW · yr	0.72

지사용량, 용도별보정계수 및 지역계수로부터 계산할 수 있으며, 용도별로는 의료시설에 대한 단위에너지사용량인 643.52kWh/m²·yr가 적용되도록 되어있다.

2.2 신재생에너지 건축물 인증제도¹⁾

신재생에너지 건축물인증제이란 연면적 1,000m² 이상인 건축물을 소유한 자가 총에너지사용량의 일정비율 이상을 신재생에너지 설비로 이용할 경우, 신재생에너지공급률에 따라 건축물인증등급을 받을 수 있는 제도이며, 대상에너지설비는 태양광, 태양열, 지열, 연료전지 등이고, 신재생에너지공급률에 따른 인증등급을 표2에 나타내었다.

표 2. 신재생에너지공급률과 건축물 인증등급

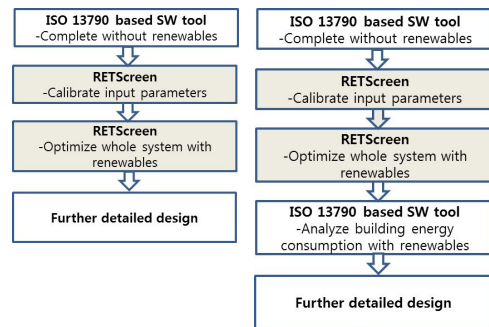
신·재생에너지 공급률, β (%)	인증 등급
1등급	20% 초과
2등급	20% 이하 15% 초과
3등급	15% 이하 10% 초과
4등급	10% 이하 5% 초과
5등급	5% 이하 3% 초과

신재생에너지공급률은 건축물의 총에너지사용량 중 신재생에너지 생산량이 차지하는 비율로 정의되며, 신재생에너지생산량은 신재생에너지설비를 통하여 연간 생산되는 에너지량, 총에너지사용량은 에너지소요량에 신재생에너지생산량을 합한 에너지량이다. 또한 에너지소요량은 해당 건축물에 설치된 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기시스템에서 연간 소요되는 에너지량으로 정의된다. 신재생에너지생산량은 생산량 산정기준에 따라 계산되고, 에너지소요량은 ISO 13790 등 국제규격에 따라 평가하도록 제작된 프로그램에 의하여 산출될 수 있다.

3. 건물적용 신재생에너지 용량설계 방안

건물 녹색인증을 위한 신재생에너지를 건

물에 적용하는 경우에 적정 용량설계를 위한 절차적 방안을 그림 1에 순서도 형식의 개요도로 나타내었다. (a)는 공공기관 의무화제도를 위한 설계흐름을 나타내었고, (b)에는 건축물 인증제도를 위한 것이다. (a)에서는 신재생의무화 대상건물에 대하여 ISO 13790기반의 공개된 툴인 ECO2¹⁰⁾나 CE3¹¹⁾프로그램을 이용하여 건물 및 설비정보를 입력하여 에너지부하를 구하고 RETScreen에 필요한 입력과라메터를 이 부하값으로부터 구하는 단계를 거치고, RETScreen을 이용하여 최적 신재생설비공급률 10%이상을 만족하는 최적



(a) (b)

그림 1. 설계방안에 대한 개념도

의 용량을 결정하는 단계를 거친다. (b)에서도 RETScreen 입력데이터를 결정하기 위한 과정을 거치고 목표로 하는 인증등급을 위한 신재생에너지공급률을 만족하는 최적용량을 결정한 후에 한 후에 다시 ECO2나 CE3프로그램에 신재생설비 설계용량을 반영하여 에너지요구량 등을 분석하는 단계를 거친다. RETScreen을 이용한 최적설계를 위하여 필요한 대상건물의 입력과라메터로는 단위면적당 난방 및 냉방부하, 단위면적당 조명/환기를 위한 전력부하, 급탕부하 산정을 위한 건물 재실자 수 등이다. 최적용량설계 결정을 위한 최적화 목적함수로는 태양열, 태양

광, 지열히트펌프 등 신재생설비 및 터보냉동기와 보일러설비에 대한 초기설치비용과 연간 이산화탄소배출 절감량을 최대화하기 위한 목적함수도 고려하였다. 물론, 수명기간에 걸친 비용과 수익의 현가환산합을 목적함수로 둘 수도 있다. 최적화를 위한 제약조건으로는 1)신재생에너지공급률 만족, 2)태양광, 태양열 설치면적의 합이 가용 설치면적 이내, 3)에너지용도별 수요공급 에너지평형 등이 만족하여야 할 조건이다.

4. 검토대상 건물 및 적용 검토

4.1 검토대상건물 및 신재생에너지설비

본 논문에서 검토대상으로 한 건물은 단위면적당 급탕, 조명 및 환기부하¹²⁾를 가정하고 5층 규모의 연면적 10,000m² 건물이며, 터보냉동기와 가스보일러를 적용한 경우의 에너지소요량이 업무용건물에 대한 값으로서 371.66kWh/m²-yr¹⁾을 만족하도록 단위면적당 냉난방부하를 설정하였다. 일사량 등 기상데이터는 서울지역으로 하였다.

적용대상으로 한 신재생에너지설비는 그림 2에 나타낸 바와 같이, 온수용으로 태양열시스템, 냉난방 및 온수용으로 지열히트펌프, 발전용으로 태양광시스템으로 하였고, 터보

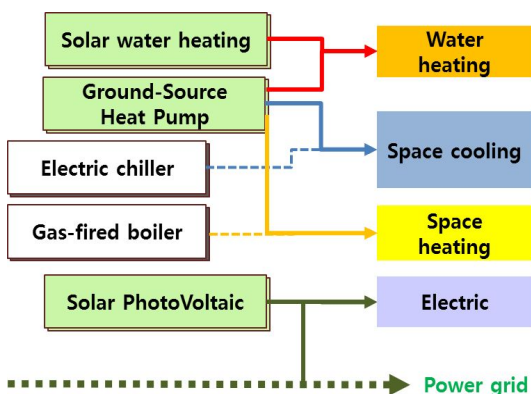


그림 2. 에너지공급시스템 개념도

표 3. SF=60% 태양열집열기 면적 설계조건하에서 신재생에너지설비 설치의무화제도를 위한 최소 설치비용을 위한 용량설계 결과

항목	α(%)		
	10	20	30
태양열집열기 (m ²)	312	312	312
태양광 발전 PV (kWp)	0	0	30
지열원 히트펌프, GSHP (kWt)	149	586	854
전기식 냉동기 (kWt)	705	268	0
가스 보일러 (kWt)	735	385	171
J*, 초기비용 (백만원)	721	1,171	1,659
CO2 배출저감 (tonCO2/yr)	62	117	139
건축비에 대한 신재생에너지 설비 비용비율 (%)	5.4	10.8	16.3

표 4. SF=60% 태양열집열기 면적 설계조건하에서 신재생에너지설비 설치의무화제도를 위한 이산화탄소배출량저감 최대화를 위한 용량설계 결과

항목	α(%)		
	10	20	30
태양열집열기 (m ²)	312	312	312
태양광 발전 PV (kWp)	0	7	83
지열원 히트펌프, GSHP (kWt)	149	547	547
전기식 냉동기 (kWt)	705	307	307
가스 보일러 (kWt)	735	416	416
초기비용 (백만원)	721	1,179	1,730
J*, CO2 배출저감 (tonCO2/yr)	62	117	154
건축비에 대한 신재생에너지 설비 비용비율 (%)	5.4	10.8	16.3

냉동기와 가스보일러를 냉난방용 열원기기로 사용할 수 있는 것으로 하였다. 태양열집열기와 태양광패널은 남향으로 경사각 30°로 설정하였으며, 태양열집열기 설치면적은 적정 태양열의존율인 60%가 되도록 면적을 312m²로 고정하고 태양광(PV)모듈과 지열히트펌프(GSHP), 냉동기 및 보일러 용량을 결정하는 방식을 취하였다. 터보냉동기의 COP와 가스보일러의 효율은 각각 4.0과 0.85로 가정하였으며, 설비별 설치비용 산정을 위하여 설치단가¹⁾를 적용하였고, 터보냉동기와 가스보일러에 대해서는 각각 200천원/kWt, 50천원/kWt¹³⁾를 적용하였다.

4.2 공공기관 설치의무화제도 검토

공공기관 업무용 건물에 대한 신재생에너지 설비 설치의무화제도를 위한 용량설계에 RETScreen을 이용한 설계기법을 적용하기 위하여 신재생에너지공급의무비율¹⁾(α)은 10% 이상이어야 하므로, 공급률에 따른 최소의 초기비용과 최대의 이산화탄소절감효과를 만족하기 위한 설비별 설계용량값을 구하여 표 3과 표 4에 각각 나타내었다. 재생에너지설비 설치비용비(RE cost fraction)는 표준건축비에 대한 신재생설비설치비용의 비로서 기준개정 이전에는 5% 이상이 의무화 조건이었다. 한편, 대상건물에 가능한 신재생에너지공급률 최대값은 44.5%로 계산되었다. 설계된 용량은 기존 건축비용의 5%보다 다소 높은 5.4% 수준의 설치비용으로 10% 신재생공급의무비율 이상을 만족할 수 있을 것으로 나타났으며, 이산화탄소 배출량 저감을 위한 설계에서는 터보냉동기와 가스 보일러의 비중이 비교적 크게 설계되는 경향을 보여주었다.

4.3 신재생에너지건축물인증제도 적용검토

업무용 건물에 대한 신재생에너지 건축물 인증제도를 위한 용량설계에 RETScreen을 이용한 설계기법을 적용하기 위하여 등급별¹⁾로 만족하여야 할 신재생에너지공급률(β)에 따라 최소의 초기비용과 최대의 이산화탄소절감을 만족하는 설비별 설계용량값을 구하여 각각 표 5와 표 6에 나타내었다. 건축물 인증제도에서의 신재생에너지공급률과 공공기관 의무화제도에서의 신재생에너지공급의무비율에 대한 정의¹⁾는 서로 다르다는 것에 유의하여야 한다. 가능한 낮은 신재생에너지공급률은 6.1%로 계산되었고, 1등급을 만족하기 위한 공급률 25%를 위해서 초기비용 최소화 설계를 위하여 건축비의 약 5.9%, 그리고 이산화탄소배출저감 최대화 설계로 건축비의 15.4%정도 초기설치비용이 예상되었다.

표 5. SF=60% 태양열집열기 면적 설계조건하에서 신재생에너지 건축물인증제도를 위한 최소 설치비용을 위한 용량설계 결과

항목	β (%)		
	6.1	15	25
태양열집열기 (m ²)	312	312	312
태양광 발전 PV (kWp)	0	0	0
지열원 히트펌프, GSHP (kWt)	0	87	187
전기식 냉동기 (kWt)	854	767	667
가스 보일러 (kWt)	854	784	704
J*, 초기비용 (백만원)	567	657	760
CO2 배출저감 (tonCO2/yr)	27	49	68
건축비에 대한 신재생에너지 설비 비용비율 (%)	3.6	4.6	5.9

표 6. SF=60% 태양열집열기 면적 설계조건하에서 신재생에너지 건축물인증제도를 위한 이산화탄소배출량저감 최대화를 위한 용량설계 결과

항목	β (%)		
	6.1	15	25
태양열집열기 (m ²)	312	312	312
태양광 발전 PV (kWp)	0	141	141
지열원 히트펌프, GSHP (kWt)	0	44	147
전기식 냉동기 (kWt)	854	809	707
가스 보일러 (kWt)	854	818	736
초기비용 (백만원)	567	1,627	1,733
J*, CO2 배출저감 (tonCO2/yr)	27	107	129
건축비에 대한 신재생에너지 설비 비용비율 (%)	3.6	14.1	15.4

5. 결 론

본 논문에서는 건물에 신재생에너지를 적용하기 위한 용량을 결정하는데 있어서 공공기관 신재생에너지설비 설치의무화제도와 건축물인증제도에 따라 각각 설치비용과 이산화탄소절감을 목적으로 태양열, 태양광, 지열히트펌프 등으로 구성되는 건물적용 신재생에너지설비에 대한 개념설계단계에서 최적용량을 산정하여 전체적인 설계에 반영될 수 있도록 하는 절차적 방안을 제시하였다. 본 논문에서 제시한 방법은 RETScreen과

ISO 13790의 성능평가기준을 기반으로 제작된 소프트웨어 툴을 함께 이용하는 방안을 제시하였으며, RETScreen을 이용하여 각각의 제도에 적용할 수 있는 설계용량을 제시할 수 있을 것이다. 향후연구로는 ISO 13790에 준하여 만들어진 건물에너지성능평가프로그램과의 에너지사용량 등 비교 등을 통하여 제시한 설계방안에 대한 평가가 이루어져야 할 것이다.

후 기

본 연구는 한국지역난방공사의 지원으로 수행되었음.

참 고 문 헌

1. 에너지관리공단 신재생에너지센터, 신재생에너지 공공기관 설치의무화 및 건축물 인증 설명회 자료, 2011.3.29-4.5.
2. 녹색성장이행점검회의 보도자료, 공공건축에너지효율 향상 이행점검 결과 및 향후대책, 2011.9.7.
3. 김준태, 진은미, 태양에너지시스템의 건축적 적용에 대한 건축전문인 의식조사연구, 대한건축학회 논문집-계획계, 제27권 제8호, 2011년 8월, pp.295-304.
4. 정관석, 한영식, 김재민, 박시삼, 저탄소 복합에너지 시스템 평가 툴: GS REMA, 대한설비공학회 2011 하계학술발표대회 논문집, pp.70-76.
5. 김태형, 신재생에너지 융복합 엔지니어링, 대한설비공학회 설비저널, 제40권 제9호, 2011년 9월호, pp.46-60.
6. 김수덕, 신재생에너지의 경제성평가, 에너지포커스, 제2권 제5호, 2005년 7월호.
7. 김규태, 안영상, 유일근, 선형계획법을 통한 신재생에너지 경제성분석 방법과 사례, 공학기술논문지, 제2권 제4호, 2009, pp.289-297.
8. RETScreen International, Natural Resource Canada, 홈페이지주소 <http://www.etscreen.net>.
9. Lee, K.-H. et al, Preliminary optimal sizing of renewable energy resources for buildings, Proceedings of AFORE-1, November 16-19, 2011, Busan, Korea.
10. ECO2, 한국에너지관리공단, <http://www.kemco.or.kr/building>.
11. CE3, <http://www.kihoo.co.kr>.
12. 박철용, 2011, 건축물에 적용된 신재생에너지 생산량 평가방법 분석, 건설기술 쌍용, 59, 2011년 여름호, pp.16-23.
13. Harvey, L.D.D, A handbook on low-energy buildings and district-energy systems, Earthscan, 2006.