

병원건물 분산에너지시스템 도입에 따른 경제성분석

홍원표*, 김병수**
한밭대학교* 한밭대학교**

The Basic Study on Economic Evaluation of Distributed Energy System Installed in Hospital

Won-Pyo Hong*, Hyoung-Soo Kim*
Hanbat National University*

Abstract - This paper gives a basic Energy performance data of micro gas turbine and Renewable Energy(BIPV and Solar Collector System) installed in Hospital Building. The efficiency of solar collector and BIPV system was 30%, 10% individually, and lower than micro gas turbines. Micro gas turbines are small gas turbines that burn gaseous and liquid fuels to produce a high-energy exhaust gas and to generate the electrical power. Recently the size range for micro gas turbines is from 30 to 500kW and power-only generation or in combined heat and power(CHP) systems. If micro gas turbine was operated only for electric energy, the efficiency was about 30%, but for combined heat and power, the efficiency was about 90%. Finally, installed in large hospital, Micro gas turbine system was operated to CHP mode, was high-efficiency system than Solar collector and BIPV system.

지하 1층부터 지상 1층은 병원의 운영을 위한 행정서비스 공간과 외래 환자들의 치료를 위한 진료소로 구성되어 있다. 지상 2층부터 지상 10층은 수술실, 병동부로 환자와 보호자 의료진이 24시간 운영이 되는 공간으로 크게 구분되어 있다.

2.1.2 기상데이터분석

본 연구에서는 대형교병원의 에너지 사용량을 예측하기 위해서 2007년도의 에너지 사용량을 시뮬레이션으로 재현하기 위해 2007년도 대전 기상데이터를 시뮬레이션을 위한 포맷(TMY)로 제작하였다. 대전지역 기상자료의 주요 제원은 습구온도, 건구온도, 대기압, 운량, 풍향, 상대습도, 확산일사량, 직달일사량, 풍속 등 9개 항목이며 시간별 표준 기상자료를 근거로 월별 통계 처리하였다.

2.1.3 대형병원의 에너지 사용량조사

대형병원 신재생에너지 적용성 검토를 위해 본 연구에서는 2007년도 에너지 사용량을 조사하였다. 에너지 사용량은 크게 냉난방에너지, 조명에너지, 기기에너지로 크게 구분하여 조사하였다.

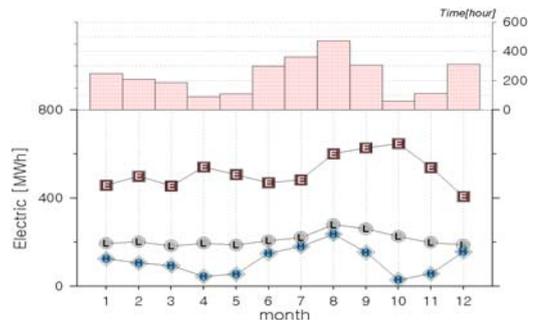


그림 1. 대형병원 조명, 기기, 공조용 전기사용량

2.1.4 시뮬레이션 해석모델

1) TRNSYS의 개요

건물 상세해석 프로그램인 TRNSYS(Transient Systems Simulation)는 The University of Wisconsin-Madison College of Engineering's Solar Energy Lab(SEL)의 Klein, Beckman 등이 태양에너지 응용시스템에 대한 비정상 시뮬레이션(Transient Systems)을 위해 1975년 개발한 프로그램이다. 그 후 해석의 범위를 태양에너지 뿐 아니라 건물에서의 다양한 에너지 이용 시스템을 포함시키는 등 여러 차례 수정과 증보를 거치면서 전 세계적으로 널리 애용되는 건물에너지 시스템 시뮬레이션 프로그램이다[4].

2) 시뮬레이션 해석모델의 입력조건

병원 건물의 냉·난방 설정온도는 동절기의 경우 22~24℃, 하절기에는 24℃~26℃로 운영되고 있다. 설정습도 역시 동·하절기로 구분되어 40%~55%로 운전되고 있으나, 일반병동의 경우에는 습도제어가 이루어지지 않는 것으로 나타났다. ICU(Intensive Care Unit), 신생아실, 인공투석실 등의 특수병실은 동·하절기 구분 없이 연중 실내온도 24℃ 상대습도 50%를 유지하고 있다. 냉난방 공조기기의 운전 스케줄은 아래의 그림과 같다. 동절기

1. 서 론

1.1 연구의 목적

본 연구는 대형병원의 에너지 소비패턴을 분석한 후 에너지 사용에 대한 문제점 및 개선안을 도출하고 신재생에너지 및 마이크로가스터빈을 적용할 경우 기존 시스템 대비 냉난방에너지 절감량 및 전기에너지 절감량을 분석함으로써 대형병원의 에너지 소비량을 절감하기 위한 효과적인 시스템의 선정을 위한 기초자료를 제시하는데 연구의 목적이 있다.

1.2 연구의 방법

본 연구는 크게 현장방문을 통한 현장실측 및 조사와 시뮬레이션 분석으로 구성되어 있으며 세부적인 내용은 다음과 같다. 1)대형병원을 방문하여 건물에서 에너지를 소비하는 열원장비, 조명, 전산 및 기타기기의 목록과 사용스케줄을 조사한다. 2)건축물의 도면과 현장방문을 통해 공간의 사용변경, 증감축의 변화 등을 조사한다. 3) 에너지 사용연보 및 사용량 측정데이터를 난방용, 냉방용, 급탕용, 조명용, 기타 기기용으로 분류 가능한 데이터를 조사한다. 4)건물에서 조사된 에너지 사용 년도의 기상데이터를 기상청의 자료를 이용하여 시뮬레이션 포맷에 맞게 정리한다. 5) 동적열해석 프로그램인 TRNSYS를 이용하여 실제 건물의 에너지 사용량과 시뮬레이션 값을 비교분석 한 후 시뮬레이션 해석모델을 도출하였다. 6) 시뮬레이션 해석모델을 통해 건물의 에너지 소비패턴을 분석하고, 태양열, 태양광 및 마이크로 가스터빈을 적용한 열병합발전 시스템의 적용에 대한 에너지 절감량을 분석하였다.

2. 본 론

2.1 대형병원의 에너지성능분석

2.1.1 대형병원의 개요

대형부속병원은 지상 10층, 지하2층, 651병상 규모의 종합병원건물로서 병원동, 영안실, 경비실의 3개 동으로 구성되어 있다. 병원동의 연면적은 41,098㎡(12,432평)으로 되어 있으며 지하2층은 전기실, 공조실, 의류용 장비 및 가스등을 보관하는 전기실 및 보관소로 활용되고 있으며

난방 시스템의 경우 하루중 8시간 이상 운전하고 있으며 하절기 냉동기의 운전 스케줄은 12시간 운전하고 있는 것으로 조사되었다. 석되었다며 선행연구의 결과를 참고할 때 추후 진행될 건물의 에너지 성능분석에 사용가능한 시뮬레이션 해석모델로 사료된다(그림 2).

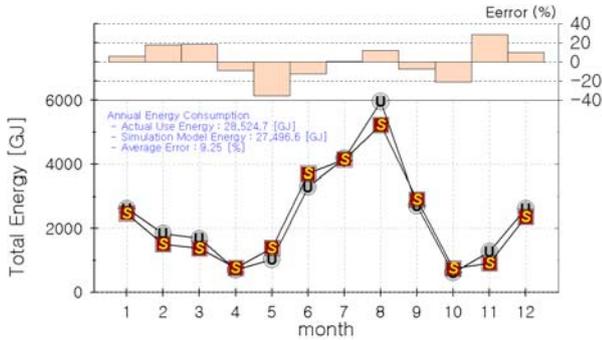


그림 2 대형병원의 난방 에너지 소비량 분석

4) 시뮬레이션 해석모델의 검증

동적열해석 프로그램인 TRNSYS를 이용하여 대형병원의 에너지 시뮬레이션 분석결과와 실제사용량과 시뮬레이션에 의한 값을 비교한 결과 약 9%의 오차가 있는 것으로 분석되었다

2.2 신재생에너지 적용성 분석

2.2.1 태양열 시스템

1) 급탕량 산정

대형병원의 경우 일반 사무소 건물과 달리 불특정다수인이 출입하는 비율이 높을 뿐만 아니라 재실시간이 비교적 짧은 특징이 있는 건물이기 때문에 재실자의 수를 이용한 급탕량 산정보다는 위생기구수와 동시사용률을 적용하여 급탕량을 계산하였다. 위생 기구수는 도면을 이용하여 산출하였으며 위생 기구당 필요 급탕량은 설비 설계집을 참고하고 동시사용률 25%를 적용하여 시간당 예상급탕량(ℓ/h)을 산출하였다. 급탕축열조의 용량은 시간당예상급탕량을 4시간 지속시킬 수 있도록 하였으며 그 결과 50,000리터로 하였다. 자세한 급탕량 산정결과를 아래의 표 1에 나타내었다.

표 1 시간당 기구수에 의한 급탕사용량

기구종류	기구당사용량(ℓ)/h	기구수(개)	사용량(ℓ)
세면기	55	461	25355
양식욕조	75	2	150
접시세정기	300	26	7800
부엌싱크	75	6	450
샤워	280	52	14560
청소용싱크	75	23	1725
Total			50040

2) 집열기 설치면적 산출

태양열 급탕시스템의 집열판 면적은 지역의 일사량과 태양열 시스템의 효율에 의해 좌우되며 계산공식은 다음과 같다.

$$Q_{hot} = G \cdot C \cdot \nabla t = A_{co} \times I_{rad} \times \eta_c$$

G : 급탕량(kg/h)

C : 온수의 비열(kJ/kg · K)

A_{co} : 이론 집열면적(m²)

I_{rad} : 지역의 일사량(kWh/m²)

η_c : 집열기의 효율

위의 식에서 온수의 시수온도는 15℃, 온수온도를 60℃로 설정하였으

며, 대전지역의 연평균일사량은 11.96kWh/m², 집열기효율을 30%로 적용한 결과 이론집열면적은 732m²로 계산되었다. 그러나 태양열 시스템의 경우 시스템 자체의 하중과 집열효율을 위해서 건축물에 적용할 수 있는 부위는 극히 제한적이다. 본 연구에서는 아래의 그림과 같이 집열기의 설치부위는 지붕으로 하고 설치각도는 45°로 적용한 결과 설치가능한 집열면적은 630m²로 계산되었다. 아래의 그림은 태양열 시스템을 설치할 수 있는 부분을 나타내고 있다.

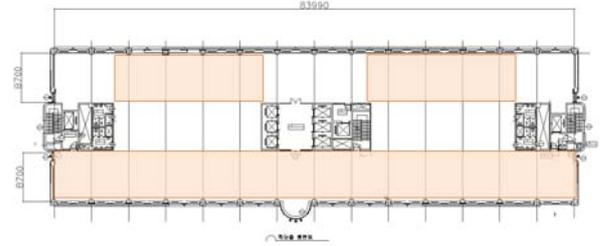


그림 3 태양열 설치가능 면적

집열기의 순환수량은 집열기 1m²당 0.9ℓ/m²·min이므로 이것을 시간으로 환산하면 34000L/h이다. 태양의존률은 아래의 식에 의해서 50%를 충족할 수 있으며, 축열탱크를 80ton으로 증가시킬 경우 충족할 수 있는 급탕부하가 1,792,133MJ/yr로 증가하고 태양의존율도 52%로 상승하였다.

$$\text{태양의존률} = \frac{\text{필요급탕부하}}{\text{태양열급탕부하}} \times 100(\%)$$

표 2. 태양열 시스템의 설계결과

구분	집열기면적(m ²)		순환수량(kg/h)	설치각도(°)	집열효율(%)	태양의존률(%)
	이론	실제				
값	732	630	34000	45	30	52

2.2.2 태양광발전 시스템

태양광발전 시스템은 태양열 시스템과 달리 건물의 외장재 대응으로 사용할 수 있는 모듈이 개발되면서 건물일체형 태양광시스템(BIPV)의 설계 및 시공 사례가 점점 증가하고 있다. 태양광발전 모듈은 크게 결정체와 비결정체로 구분할 수 있으며 결정체가 비결정체보다 발전효율이 20%이상 높지만 비결정체는 창호나 필름의 형태로 건축물에 다양하게 적용할 수 있는 장점을 가지고 있다. 본 연구에서는 창호를 제외한 남측면 외벽에 태양광발전모듈을 적용하였으며 분석결과는 다음과 같다.

그러나 음영에 의한 발전효율이 민감하게 변하는 단점을 가지고 있기 때문에 인접건물이나 수목 그리고 자체 돌출부에 의해 형성된 음영에 의해 발전량이 크게 변하는 단점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 음영을 고려한 건물의 외피의 도달일사량 분석이 선행되어야 한다.

병원건물에 설치 가능한 유리창을 제외한 남측면 벽으로 설치가능 면적은 963m²이며, 0.6m×0.9m 모듈을 사용할 경우 1784장을 남측면 외벽에 설치할 수 있다.

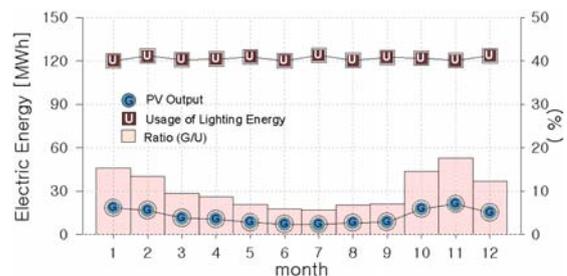


그림 4 월별 조명사용량과 발전량

시뮬레이션 결과 960m²의 태양광 모듈을 설치시 생산되는 에너지는 연간 150,479kWh이며 대형병원의 총 조명부하의 6%에 해당된다.

2.2.3 마이크로 가스터빈

대형병원의 에너지 절약을 위해 본 연구에서는 0.5MW이하의 마이크로 가스터빈을 적용하였다. 가스터빈은 크게 공기압축기(compressor), 연소실(Combustion), 터빈(Turbine)으로 구성되어 있으며 열과 전기를 동시에 생산할 수 있어 에너지 이용률이 다른 시스템에 비해 높기 때문에 국내외적으로 적용사례가 증가하고 있다. 건물에 사용되는 가스터빈은 0.5MW 이하의 소형가스터빈이 적용되고 있으며 이러한 이유로 시스템이 소형화되고 있는 경향이다. 본 연구에서도 냉난방에너지와 전기에너지를 동시에 절감할 수 있는 방안으로 마이크로가스터빈을 적용하였다. 마이크로 가스터빈의 크기는 년중 일정하게 전기를 소비하는 부분인 조명에너지를 대체할 수 있는 크기로 용량으로 0.5MW급 소형가스터빈을 선정하였다. 0.5MW급의 마이크로 가스터빈을 설치한 후의 운전방식은 터빈에 의한 발전과 터빈에서 발생하는 배열을 냉방 및 난방에너지원으로 활용하는 열병합발전(CHP)시스템으로 운전하였다. 열병합발전 시스템의 에너지성능분석을 시뮬레이션 한 결과 터빈에 사용된 연간 에너지는 51,339.64GJ이며 생산되는 전기는 15,726GJ로 약 30%의 발전성능이 있는 것으로 나타났다. 발전된 전기량은 연간 4368.38MWh이며 전체 전기 에너지 사용량(10168.42MWh)의 43%이상을 생산하고 있는 것으로 분석되었다. 또한 터빈에서 발생하는 배열을 난방 및 냉방에너지원으로 활용 할 경우 난방에너지 및 냉방에너지 절감효율은 각각 56%, 67%로 나타났으며 열병합 발전 시스템의 효율은 70%로 상승하는 것으로 나타났다.

4. 결 론

대형병원에 신재생에너지 및 마이크로 가스터빈을 적용한 후 에너지 절감효과를 분석한 결과는 다음과 같다.

(1) 태양열 집열기를 병원의 옥상에 설치할 경우 병원에서 소비되는 급탕에너지의 약 50%를 절감할 수 있는 것으로 분석되었다.

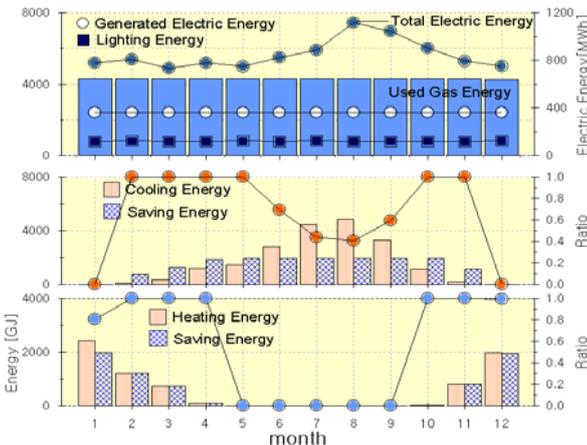


그림 5. 0.5MW급 마이크로 가스터빈의 에너지 성능분석

(2) 건물일체형 태양광발전시스템을 남측면 외벽에 적용한 결과 발전량은 전체 조명에너지의 6%이하로 발전성능을 갖고 있는 것으로 분석되었다.

(3) 0.5MW급 마이크로 가스터빈을 설치한 후 에너지 성능분석을 한 결과 터빈에서의 발전효율은 30%이며, 전기는 건물에서 사용되는 조명에너지 뿐만 아니라 전체 전기에너지의 40%를 절감할 수 있는 것으로 분석되었다. 또한 터빈에서 발전되는 전기량과 배열을 냉난방에너지원으로 이용할 경우 전체 시스템효율은 70%로 상승할 뿐만 아니라 난방

에너지의 56%, 냉방에너지의 67%를 절감할 수 있는 것으로 분석되었다.

(4) 마이크로 가스터빈의 경우 태양광이나 태양열시스템에 비해 설치면적이 비교적 작을 뿐만 아니라 열과전기를 동시에 생산할 수 있는 장점 때문에 건물에서 에너지 활용도가 높을 것으로 판단된다. 본 연구에서는 마이크로 가스터빈을 일정한 속도로 일정한 전기가 발전되도록 입력한 후 계산된 결과이며, 추후 연구에서는 건물의 전기 및 열에너지 소비량의 변동에 따른 변속운전을 할 경우 에너지 절감율을 분석하고, 분석된 시스템의 설치단가와 에너지 절감율을 고려한 경제성 분석을 실시할 예정이다.

[Acknowledgment]

The authors would like to gratefully acknowledge the financial support of KESRI (Korea Electrical Engineering & Science Research Institute) under project R-2007-1-015-02

[참 고 문 헌]

- [1] Lucas Lira, "Hybrid heating and cooling system optimisation with TRNSYS", Department of Mechanical Engineering, University of Strathclyde Engineering. 2008.
- [2] Olympia Zogou, Dipl.-Ing, "Transient Simulation fo a Combined Cycle Trigenation System Fuelled by Natural Gas", University of Thessaly School for Engineering Department of Mechanical Engineering Lab. of Thermodynamic & Thermal Engines, 2007.7
- [3] NanShou, Chris Marnay, Ryan Firestone, Weijun Gao, and Masaru Nishda, " An analysis of the DER Adoption Climate in Japan Using Optimization Result for Prototype Building with U.S. Comparisons", LBL., 2006.6.