

마이크로터빈이 포함된 빌딩마이크로그리드시스템의 병원건물의 에너지성능평가

(Energy Performance Evaluation of Building Micro-grid System Including Micro-turbine in Hospital Buildings)

김병수* · 홍원표*(한밭대학교)

(Byoung-Soo Kim · Won-Pyo Hong)

Abstract

Distributed generation(DG) of combined cooling, heat, and power(CCHP)has been gaining momentum in recent year as efficient, secure alternative for meeting increasing energy demands. This paper presents the energy performance of microturbine CCHP system equipped with an absorption chiller by modelling it in hospital building. The orders of study were as following. 1)The list and schedule of energy consumption equipment in hospital were examined such as heating and cooling machine, light etc. 2) Annual report of energy usage and monitoring data were examined as heating, cooling, DHW, lighting, etc. 3) The weather data in 2007 was used for simulation and was arranged by meteorological office data in Daejeon. 4) Reference simulation model was built by comparison of real energy consumption and simulation result by TRNSYS and ESP-r. The energy consumption pattern of building were analyzed by simulation model and energy reduction rate were calculated over the cogeneration. As a result of this study, power generation efficiency of turbine was about 30% after installing micro gas turbine and lighting energy as well as total electricity consumption can be reduced by 40%. If electricity energy and waste heat in turbine are used, 56% of heating energy and 67% of cooling energy can be reduced respectively, and total system efficiency can be increased up to 70%.

Key Words: 소형가스터빈(Micro gas turbine), 대형병원(Hospital), (Climatic design), 기상데이터(Weather Data), 난방에너지(Heating & Cooling Energy), 신재생에너지(Renewable Energy), 에너지절약(Energy conservation) TRNSYS, ESP-r. .

1. 서론

우리는 화석연료로 에너지를 만들어 창출하여 이룩된 디지털 컨버전스의 시대에 살고 있다. 지구역사상 이렇게 편리하고 풍요로운 문명을 공유하는 시대는 없는 것 같다. 그러나 산업혁명 이래 더 많은 물질적 풍요와 편리를 지고의 가치로 추구해온 문명적 기조는 이제 기후변화라는 엄청난 난제에 부딪혔다. 각국의 경제성장 전략은 에너지 소비, 특히 화석연료의 소비와 긴밀히 연동되어, 주요 온실기체인 이산화탄소를 배출함으로써 기후변화의 원인이 되고 있다. 우리나라의 에너지 소비는 국제적으로 에너지다소비국가이다. 1차 에너지소비 세계 10위, 석유소비 세계 7위, 전력소비 세계 11위로 그 결과 CO2 배출이 세계 10위에 이른다. 1인당 1차 에너지에 있어서는 이미 영국과 일본 수준을 넘어섰으며 1인당 전력소비는 독일과 영국 수준을 넘어선 상태이다. 우리나라의 국가에너지 총 사용량에 대한 건물에 대한 에너지 비중은 28%를 상회하고 있으며 서울시의 경우 58% 건물에너지 부분이 차지하고 있다. 한국에서는 에너지부문에서 대부분의 온실가스가 배출된다. 에너지부문의 온실가스 배출은 1990년에 총 온실가스 배출의 79.8%였으나 2004년 현재 83.0%로 오히려 비중이 늘어난 상태이다. 건물에서 배출하는 이산화탄소 비중은 평균적으로 50%를 상회한다[1]. 전 세계적으로 저탄소 녹색성장의 일환으로 건물의 에너지효율의 향상 및 신재생에너지를 포함한 빌딩 에너지시스템의 새로운 구축인 빌딩마이크로그리드에 관심이 집중되어 있다. 이러한 중요성에 비추어 볼 때 그동안 우리나라는 건물에너지에 대한 에너지소비 및 효율정책은 개

선되지 못하고 있는 형편이었다. 따라서 본 연구는 빌딩마이크로그리드의 본격적인 도입에 대비하여 열병합시스템의 도입이 유력한 대형 병원건물을 대상으로 하였다. 병원건물의 에너지 소비패턴을 분석한 후 열과 전력을 동시 사용하는 에너지시스템으로 유력한 마이크로터빈(Microturbine generation system :MTG)을 적용할 경우 기존 시스템 대비 난방에너지 절감량 및 전기에너지 절감량과 경제성분석을 통해 대형병원의 에너지 소비량을 절감하기 위한 기초자료를 제시하였다 [2-4]. 이를 위하여 본 연구는 크게 현장방문을 통한 현장실측 및 조사와 시뮬레이션 분석으로 구성되어 있으며 세부적인 내용은 1)대형병원을 방문하여 건물에서 에너지를 소비하는 열원장비, 조명, 전산 및 기타기기의 목록과 사용스케줄을 조사하였다. 2)건축물의 도면과 현장방문을 통해 공간의 사용변경, 증감축의 변화 등을 조사하였다. 3) 에너지 사용연보 및 사용량 측정데이터를 난방용, 냉방용, 급탕용, 조명용, 기타 기기용으로 분류 가능한 데이터를 조사하였다. 4)건물에서 조사된 에너지 사용 년도의 기상데이터를 기상청의 자료를 이용하여 시뮬레이션 포맷에 맞게 정리하였다. 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, 마이크로 가스터빈을 적용한 열병합발전 시스템의 적용에 따른 에너지 절감량과 경제성을 분석하였다.

2. 대형병원의 에너지성능분석

2.1 대형병원의 개요

대형부속병원은 지상 10층, 지하2층, 651병상 규모의 종합 병원건물로서 병동동, 영안실, 경비실의 3개 동으로 구성되어 있다. 병동동의 연면적은 41,098㎡(12,432평)으로 되어 있으며 지하2층은 전기실, 공조실, 의료용 장비 및 가스등을 보관하는 전기실 및 보관소로 활용되고 있으며 지하 1층부터 지상 1층은 병원의 운영을 위한 행정서비스 공간과 외래환자들의 치료를 위한 진료소로 구성되어 있다. 지상 2층부터 지상 10층은 수술실, 병동부로 환자과 보호자 의료진이 24시간 운영이 되는 공간으로 크게 구분되어 있다. 자세한 내용을 표 1에 나타내었다.

2.2. 기상데이터분석

본 연구에서는 대형교병원의 에너지 사용량을 예측하기 위해서 2007년도의 에너지 사용량을 시뮬레이션으로 재현하기 위해 2007년도 대전기상데이터를 시뮬레이션을 위한 포맷(TMY)로 제작하였다. 대전지역 기상자료의 주요 제원은 습구 온도, 건구온도, 대기압, 운량, 풍향, 상대습도, 확산일사량, 직달일사량, 풍속 등 9개 항목이며 시간별 표준 기상자료를 근거로 월별 통계 처리한 결과는 표 2에 나타내었다.

표 1. 대형병원의 개요

구분	면적		용도	비고	
	층별	㎡			평
병원동	지하2	4,884	1,477	기계/전기실,서비스부,소각로,	
	지하1	5,920	1,791	재활의학,응급센터,진단방사선,	
	1	5,539	1,675	외래진료,인공투석,임상/해부병리,	
	2	5,304	1,604	수술부,분만신생아,중환자	
	3	4,700	1,421	병동부	
	4	2,342	708	병동부	
	5	2,067	625	병동부	
	6	2,067	625	병동부	
	7	2,067	625	병동부	
	8	2,067	625	병동부	
	9	2,067	625	병동부	
	10	2,067	625	병동부	
	옥탑1	379	114	기계실	
	옥탑2	178	54	기계실	
소계	41,098	12,432			

표 2. 대전지역 시간별 표준기상자료 월별 통계처리 결과

월	건구온도(℃)					습구 온도(℃)	상대 습도(%)	풍속(m/s)	일일 일사량(Wh/㎡)	18℃기준	
	월 평균	월 최대	월 평균	최소 온도	최저 온도					난방 도입	냉방 도입
	1	-1.6	3.1	-5.8	9.4					-12.2	-3.9
2	0.3	4.3	-3.6	11.1	-10.0	-1.7	66.7	4.8	8383	493	0
3	5.4	10.9	0.2	17.8	-7.2	2.3	62.0	4.5	12723	395	0
4	12.0	18.6	5.9	25.0	1.1	7.6	59.1	5.9	15556	183	0
5	17.2	23.3	11.5	31.1	5.6	12.9	64.7	4.4	18308	50	21
6	21.5	26.5	17.1	31.1	13.9	17.8	73.1	4.3	16163	2	106
7	25.1	28.6	22.0	33.9	16.7	21.5	74.9	5.9	12792	0	217
8	25.8	30.8	21.4	35.0	16.7	21.8	73.0	4.9	16198	0	241
9	20.3	25.1	16.0	28.9	8.9	17.8	80.5	4.2	11491	6	72
10	14.2	20.6	8.3	25.6	0.0	10.2	63.8	3.3	10954	121	1
11	6.4	10.5	2.4	20.6	-3.9	4.3	73.4	4.2	7319	357	0
12	0.7	5.3	-3.4	10.6	-10.6	-1.4	64.1	4.0	6427	538	0
평균	12.3	17.3	7.7	35.0	-12.2	9.1	67.8	4.5	11958	2763	659

2.3 대형병원의 에너지 사용량조사

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

2.4 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 과도현상 시뮬레이션(Transient Systems)을 위해 1975년 개발한 프로그램이다[4].

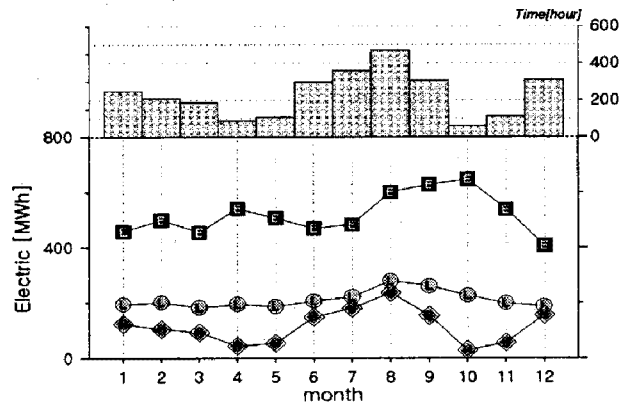


그림 1. 대형병원 조명, 기기, 공조용 전기사용량
Fig 1. The Electric Use Energy of Lighting, Equipments and HVAC

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.

표 3. 시뮬레이션 해석모델의 내부발열
Table 3. The Internal Gain of Simulation Model

구분	항목	인체		기기	조명
병동부 (14751㎡)	1인기준 발열량	현열 (W/인)	잠열 (W/인)	140W pc × 100대	19W/㎡
		50	30		
	제실인원	1인/15㎡			
원무과 및 행정영역 (26346㎡)	1인기준 발열량	현열 (W/인)	잠열 (W/인)	140W pc × 100대	19W/㎡
		입력값	75		
	제실인원	1인/20㎡			

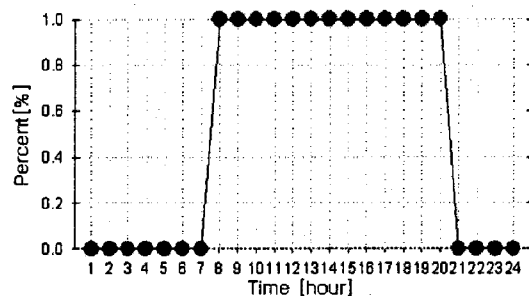


그림 2. 냉난방 스케줄

냉난방 공조기기의 운전 스케줄은 아래의 그림과 같다. 동절기 난방 시스템의 경우 하루중 8시간 이상 운전하고 있으며 하절기 냉동기의 운전 스케줄은 12시간 운전하고 있는 것으로 조사되었다.

4) 시뮬레이션 해석모델의 검증

동적열해석 프로그램인 TRNSYS를 이용하여 대형병원의 에너지 시뮬레이션 분석결과 실제사용량과 시뮬레이션에 의한 값을 비교한 결과 약 9%의 오차가 있는 것으로 분석되었으며 선행연구의 결과를 참고할 때 추후 진행될 건물의 에너지 성능분석에 사용가능한 시뮬레이션 해석모델로 사료된다.

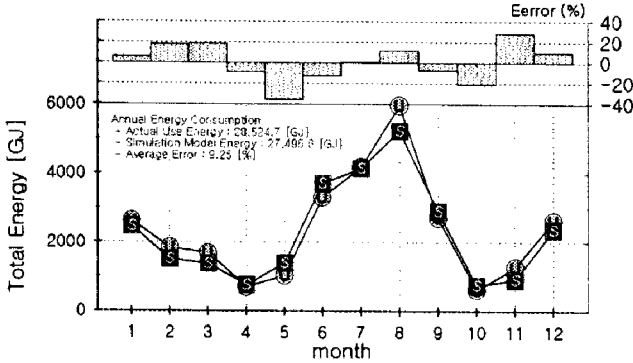


그림 3 대형병원의 냉난방 에너지 소비량 분석

3. 신재생에너지 적용성 분석

3.1 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 위생기구당 필요 급탕량은 설비 설계집을 참고하고 동시사용률 25%를 적용하여 시간당 예상급탕량(ℓ/h)을 산출하였다. 급탕 축열조의 용량은 시간당예상급탕량을 4시간 지속시킬 수 있도록 하였으며 그 결과 50,000리터로 하였다. 자세한 급탕량 산정결과를 아래의 표 6에 나타내었다.

표 4 시간당 기구수에 의한 급탕사용량
Table 4. Hot Water Usage of Units per Hourly

기구종류	기구당사용량(ℓ)/h	기구수(개)	사용량(ℓ)
세면기	55	461	25355
양식욕조	75	2	150
접시세정기	300	25	7800
부엌싱크	75	6	450
샤워	280	52	14560
정소용싱크	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(m^2)

I_{rad} : 지역의 일사량(kWh/ m^2)

η_c : 집열기의 효율

위의 식에서 온수의 시수온도는 15℃, 온수온도를 60℃로 설정하였으며, 대전지역의 연평균일사량은 11.96kWh/ m^2 , 집열기효율을 30%로 적용한 결과 이론집열면적은 732 m^2 로 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 630 m^2 로 계산되었다. 아래의 그림은 태양열 시스템을 설치할 수 있는 부분을 나타내고 있다.

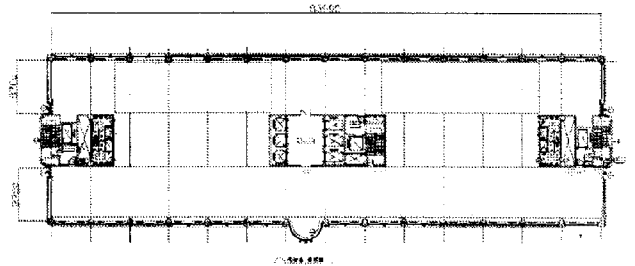


그림 4 태양열 설치가능 면적

표 5 시뮬레이션에 적용된 태양열 집열기의 물리적 특성

타입	평판형	
외형사이즈(mm)	1,200×2,400×77	
집열판 소재	내연강판(0.6mm)	
유로 수(개)	35개(다이아몬드형, 17×4.5mm)	
헤더관경(mm)	25	
무게(kg)	설치 전	40
	설치 후	43.8
	열매체량	3.8
집열면 처리	니켈도금 후 블랙크롬에 의한 선택적 흡수막	
흡수율	$\alpha=0.95(\pm 0.02)$	
방사율	$\epsilon=0.12(\pm 0.12)$	
구조시험압력	45kg/cm ²	
누수시험압력	40kg/cm ²	
케이스	마린그라이드 알루미늄(0.7mm)	
투과체	소재	저철분 강화유리
	투과율	최대 0.04%
		최소 94%
보온단열성능	소재	희색 폴리우레탄 매트
	두께	뒷면55mm(밀도:10kg/cm ³) 측면13mm(밀도:23kg/cm ³)
단열성능	0.059W/H · °C @ 23°C	

집열기의 순환수량은 집열기 1 m^2 당 0.9 $\ell/m^2 \cdot \min$ 이므로 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 6. 태양열 시스템의 설계결과

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

3.2 태양광발전 시스템

태양광발전 시스템은 태양열 시스템과 달리 건물의 외장재 대용으로 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. 시뮬레이션에 적용된 단결정 PV모듈의 물리적 특성은 [5]을 참고하였다.

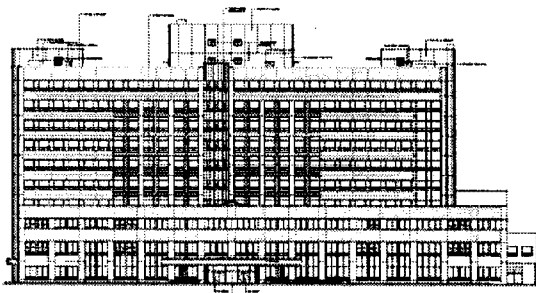


그림 5 태양광모듈의 설치가능 면적

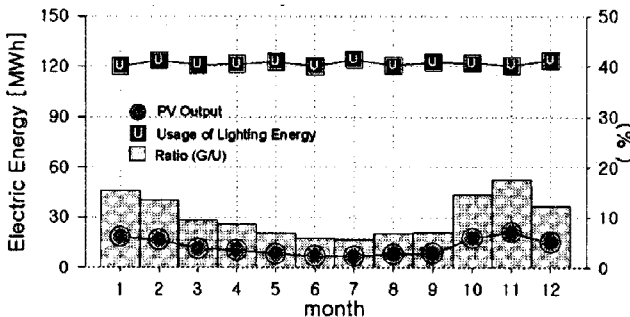


그림 6 월별 조명사용량과 발전량

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

3.3 마이크로터빈

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 0.5MW이하의 소형 가스터빈이 적용되고 있으며 이러한 이유로 시스템이 소형화되고 있는 경향이다. 본 연구에서도 난방에너지와 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 선정하였으며 터빈의 부분별 설계값은 아래의 표 7과 같다.

표 7. 마이크로가스터빈의 구성요소

부속기기 내용	압축기		연소기		터빈		발전기
	입구	출구	입구	출구	입구	출구	
압력(bar)	1	15	15	15	15	1	-
온도(°C)	25	423	423	1100	1100	504	-
유량(kg/h)	7300	6845	6845	6968	6968	7108	-
압축비		15	-	-	-	-	-
엔탈피(kJ/h)	50	425	425	1260	1260	395	-
저위발열량(kJ/h)	-	-	-	47600	-	-	-
연료사용량(kg/h)	-	-	-	123	123	-	-
기기효율(η)		0.88		-		0.9	0.85

0.5MW급의 마이크로 가스터빈을 설치한 후의 운전방식은 터빈에 의한 발전과 터빈에서 발생하는 배열을 난방 및 난방 에너지원으로 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 전기에너지 사용량(10168.42MWh)의 43.6%이상을 생산하고 있는 것으로 분석되었다. 또한 터빈에서 발생하는 배열을 난방 및 난방 에너지원으로 활용 할 경우 난방에너지 및 난방에너지 절감효율은 각각 56%, 67%로 나타났으며 열병합 발전 시스템의 효율은 70%로 상승하는 것으로 나타났다.

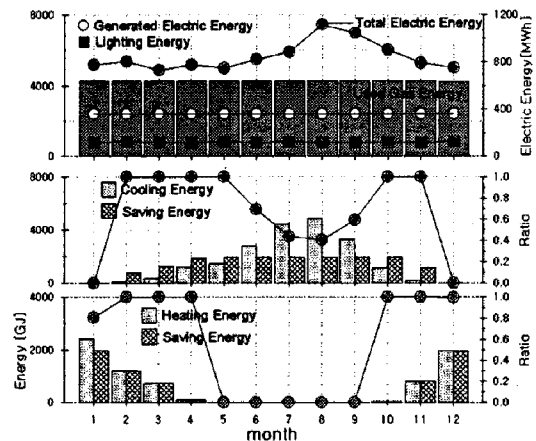


그림 7. 0.5MW급 마이크로 가스터빈의 에너지 성능 분석

3.3 마이크로 가스터빈의 경제성분석

본 연구에서의 경제성 평가는 원단위 데이터베이스의 활용, 수명주기에 따른 각 미용발생 부분에서의 단위면적당 년 간 비용(원/년·m²) 계산결과가 산출됨 등을 고려하여 연간등가법(annual worth method)을 사용하였다. 연간등가법은 각 시스템 대안의 수명주기에 따라 발생하는 모든 투자비용과 각 대안에 의해 얻어지는 절감액 또는 편익이 매년 균일하게 발생한다고 가정할 경우, 이와 대등한 연간 비용으로 환산하는 방법으로 어떤 시점의 비용과 수입을 매년 균일하게 분할하여 등가 환산함으로써 경제적인 대안을 선정하는 방법이다. 해마다 동일하게 발생하는 비용에 의해 발생하는 돈의 양은 특정 분석기간과 할인율에 대한 등가지불현가계수(UPV : uniform present value factor)를 연간 비용에 곱함으로써 기준시점에서의 현재 가치로 할인할 수 있다. 대형병원에 적용한 마이크로 가스터빈에 대한 경제성 분석을 위해 현재 냉난방시스템에서 소비되는 연간 전기 및 가스에너지 소비금액을 산출하였다. 산출된 연간 에너지 소비량을 마이크로 가스터빈에 의해 절감되는 전기 및 가스량을 현재가로 환산하여 연간 에너지 절감비용을 산출하였다. 아래의 표 6은 대형병원에 적용되는 시스템의 용량과 설치 비용 또한 모델 해석을 통한 에너지 절감량 및 절감비용을 나타내었다. 그림 7은 에너지 연간 절감비용 나타낸 것이다.

표 6. 해석을 위한 파라메타 및 에너지 절감량

시스템 용량	초기 투자비	연간절감 비용	에너지 절감량(kW)	단위비용당 에너지절감효과
500kW	12.5억원	1.75억원	5,576,435	45 kW/만원

그림 8은 투자회수기간을 분석한 것이다. 초기투자비를 단순 투자회수 기간 계산할 때 약 7.14년으로 나타났고, 현재등가법으로는 약 9년으로 분석되었다. 시스템의 내구연한은 20년으로 적용하여 분석하였다.

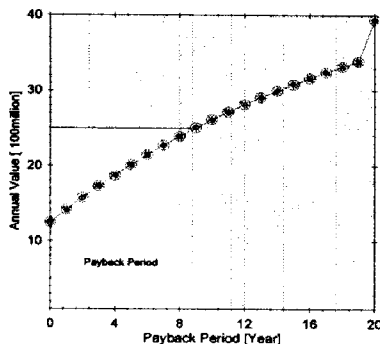


그림 8. 열병합발전시스템 투자회수기간 분석

4. 시뮬레이션 검토

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.

(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 성능 분석을 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 난방에너지의 56%, 냉방에너지의 67%를 절감할 수 있는 것으로 분석되었다.

5. 결론

0.5MW급 마이크로 가스터빈을 설치한 후 에너지 성능 분석을 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 난방에너지의 56%, 냉방에너지의 67%를 절감할 수 있는 것으로 분석되었으며 현재 등가법에 의한 시스템 투자회수 기간이 약 9년으로 분석되었다.

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

참고문헌

- [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 for a Combined Cycle Trigeneration 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 Nishida, "An analysis of the DER Adoption Climate in Japan Using Optimization Result for Prototype Building with U.S. Comparisons", LBL., 2006.6.
- [4] Solar Energy Lab., "A Transient System Simulation Program(TRNSYS)," University of Wisconsin at Madison, March 2000.
- [5] 홍원표, "Multi-agent 기반 분산에너지시스템 기초운 영연구 (2차년도)," 2009년 지경부 보고서(기초연).2009.6.