

6kW마이크로가스열병합발전시스템 건물적용실증연구

서중근

울산대학교 생명화학공학과, 경동도시가스

Demonstration of 6kW Micro Cogeneration System in Building

J.G. Seo Chemical Engineering University of Ulsan, Kyung Dong City Gas

Abstract - 최근 국제유가의 급등으로 인하여 에너지절약을 위한 방안으로 에너지절약기기의 기술개발과 에너지절약시설에 대한 투자가 급증하고 있다. 이중 한 분야가 열병합발전시스템으로 기존시스템에 비해서 에너지절감과 환경오염방지에 기여하는 시스템이다. 최근에 실증연구과제로 설치한 6kW마이크로가스열병합시스템의 설계 설치하여 1,032시간 운전한 결과를 소개하고자 한다.

었다. 운전시간은 주로 건물열부하가 가장 많은 주간 시간대인 오전 07시부터 오후 07시까지 운전하고 있다. 하절기 열부하가 없는 경우를 제외하고는 연중 운전하고 있으며, 설치이후 현재까지 1,032시간의 운전실적을 바탕으로 운전에 따른 발전기기 특성과 설치 후 운전효율 및 원단위에 대해 분석하였다.

1. 서 언

2. 본 론

최근 국제유가의 급등으로 인하여 에너지절약을 방안과 에너지절약기술개발과 투자가 급증하고 있다. 이에 대응하는 분야가 소형열병합시스템으로서 기존에는 발전소에서 전기를 수전 받고, 열은 보일러나 기타 열원을 이용하던 방식인데 비하여 소형열병합발전시스템은 열 및 전기를 소비하는 대상 처인 아파트나 건물 공장 등에서 직접 설치하여 발전하여 전기를 생산하고 여기서 나오는 폐열은 공정이나 난방에 이용하는 방식이다. 이러한 열병합방식의 장점은 발전하는 과정에서 발생하는 배열을 이용함으로써 기존대비 약 30~40%의 효율을 향상시킬 수 가 있어 에너지절약은 물론 환경오염방지도 크게기여할수 있다. 이러한 장점으로 에너지절약시설중에서도 최근에 아파트를 중심으로 도입되고 있는 소형열병합시스템은 국내에 '05년9월말 현재 128MW가 설치 운전되고 있다. 아파트나 건물에 설치 적용되는 열병합시스템용량은 대부분 300kW급으로 설치되고 있다. 따라서, 소규모의 단위건물에 적용 할 수 있는 용량이 마이크로코젠으로(50kW이하) 많은 수요처에 보급 확대가 필요하나 아직까지 경제성확보 및 설치운전 실적이 많지 않기 때문에 도입에 어려움을 겪고 있다. 따라서, 본 연구에서는 기존건물에 열 부하 및 전기부하를 분석하고 이를 바탕으로 열추중부하방식의 6kW용량의 마이크로코젠을 선정하고 한전전기와 병열로 운전하는 시스템을 설계하였다. 설계 자료를 바탕으로 1층 기계실에 6kW마이크로코젠을 설치하고 기존에 사용 중인 급탕 및 온수보일러와 연계하여 배열을 회수하는 설비를 구축하였다. 연료로는 도시가스(LNG)를 사용하고 가동 시에 발생하는 전기는 건물 내 비교적 안정한 부하인 사무실 내 전등 및 전열부하에 이용하였다. 그리고, 발전에 따라 발생하는 배열회수 온수(50~70℃)는 기존의 급탕저장조에 저장하였다가 건물 내 온수와 급탕용으로 사용하는 시스템으로 구성하였다. 설치 시에 가장 어려웠던 한전과 병열문제인데 국내에서는 열병합을 설치하여 한전과 병열로 운전할 경우 반드시 한전과 한전병열에 관한 협의를 하도록 하고 있다. 하지만, 한전병열로 인한 설치비가 많이 소요되어 경제성이 없어지게 된다. 따라서, 본 연구에서는 2차측 배전반에서 삼상가운데 R상에 CT(Current Transformation)를 2개를 설치하여 한전정전시 마이크로코젠이 정지되도록 시스템을 구축하였다. 이렇게 함으로써 정전시 역전류 인한 안전사고 발생을 방지하도록 하

마이크로가스열병합시스템은 하나의 에너지원을 이용하여 전기와 열을 생산하고 전기는 전동이나 전열에 사용하고 여기서 나오는 배열은 회수하여 난방이나 급탕에 사용함으로써 기존방식보다 에너지효율이 높은 고효율시스템이다. 마이크로가스열병합시스템에 있어서 최근 가장 도입에 어려운 점은 초기설치시의 과대한 투자비와 기술적인 문제로 경제성이 좋지 않다는 점이다. 따라서 이러한 문제점을 실증시험을 거쳐서 데이터를 취득 분석하고자 한다.

2.1 마이크로가스열병합시스템의 구성

마이크로열병합시스템은 그림1, 그림2와 같이 동력을 발생하는 가스엔진과 발전을 하는 발전기와 이를 제어하는 제어설비로 구성되어 있다. 가스엔진은 1,800RPM엔진을 사용하고 발전기는 DC발전기로 발전된 전기를 자체에 부착된 인버터에서 교류로 전환하여 보내어 준다. 열 회수 시스템은 가스엔진에서 배출되는 배가스를 열교환기로 분당 38.7L/min의 순환수로 60℃에서 65℃로 회수하여 열사용처로 보내어진다. 시스템의 효율은 전기발전 효율이26.5%, 열 회수효율이 59.6%로 종합효율은 86%의 고효율가스열병합시스템으로 구성되어 있다.

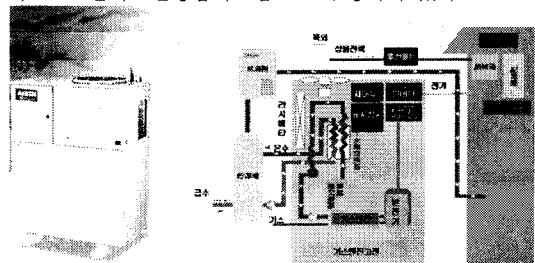


그림1. 6kW 코젠 그림 2. 마이크로가스열병합구성도

6kW마이크로가스열병합시스템은 엔진과 발전기 및 제어시스템이 일체형이 패키지 형태로 제작된 시스템으로 일본의 아이신 제품을 수입하여 설치하였다. 일본과 국내의 도시가스성분 및 열량의 차이가 있어서 운전 및 성능에 영향에 대한 우려를 하였으나 운전에는 큰 영향이 없었다.

표 1 마이크로가스엔진 사양

Model		GECC60A1N	
Item	Unit		
Rated Output	kW	6	
Output Phase and Wires	-	Single-Phase	
Out Voltage	V	200	
Potput Amperage	A	30	
Power Factor	-	95%minimum	
Operation	-	system interconnection	
Control System	-	DC Conversion-Inverter Interconnection	
Exhaust Heat Recovery Rate	kW	13.5	
Fuel Gas Type	-	City Gas(13A)	
Fuel Gas Consumption Rate	Nr/h	1.96	
Control Power(input)	V	Single Phase200(60Hz)	
Operating Amperage(60Hz)	A	1.16(fan off) 1.77(fan on)	
Cosumption Wattage (60Hz)	W	229(fan off) 335(fan on)	
Type	-	Water Cooled Vertical 4 cycle, 3 cylinder OHV	
Cylinder Displacement	-	952	
Rated Speed	min ⁻¹	1,800	
NOx System	cc	lean Burn System	
Type	min ⁻¹	Permanent-Magnet Type	
Phases and Poles	-	3-Phase, 16pole	
External Dimensions	mm	1100(W)x660(D)xH(1.5)	
Weight	kg	465	
Outer Panel Paint Color	-	Warm Gray	
Operating Sound(*1)	dB(A)	56	
Overall Efficiency	%	86	
Generating Efficiency	%	26.5	
Exhaust Heat Recovery Efficiency	%	59.5	

2.2 마이크로가스열병합시스템의 설계 및 설치

본 연구에서 적용되는 마이크로코젠은 일본 아이신에서 제작한 6kW엔진으로 수냉식 Vertical 4-Cycle, 3-Cylinder OHV type 952cc 엔진을 장착하였으며, 발전기는 영구자석식 발전기가 장착되어 있다. 세부사양은 표1은 마이크로가스열병합시스템 사양을 나타내고 있다. 마이크로가스열병합시스템은 외부설치형이나 본 연구에서는 건물내부 건물1층 기계실에 설치하였다. 우선 마이크로가스엔진열병합시스템 용량산정을 위하여 건물의 전기 및 열 부하를 분석하였으며, 열 사용량을 기준으로 열 추종부하로 운전되도록 용량을 선정하였다. 전기는 건물전체 평균 주간부하가 약 50kW이며, 그림2와 같이 마이크로가스열병합을 설치하였고, 그 중에서 1층사무실과, 경비실, 상환실에 사용되는 전열 및 전등부하에 적합하도록 설계하였다. 소형열병합시스템은 단독운전보다는 한전과 병열을 함으로서 효율적인 운전이 가능하므로 전기실내 분전반2차측에서 한전과 연결하여 전원을 공급하고, 사용처의 부하가 6kW보다 많은 경우에는 한전에서 증가부하를 담당하도록 하였다. 반대로 부하가 6kW이하가 될 경우에는 부하에 맞추도록 가스엔진열병합이 부하를 제어하는 방식으로 운전되며 부하조정은 가스엔진의 제어설비에서 이루어지도록 되어 있다. 마이크로가스엔진열병합은 실외기 설치형식이나 실내에 설치하므로 인하여 배출가스를 실외로 배출되도록 연도를 설치하였다. 겨울철에 발생하는 연도의 응축수 문제로 보온과 부식에 강한 재질을 사용하였다. 가스열병합시스템이 발전하는 전기를 한전과의 연계하는 병열에 있어서 국내에서는 아직 명확한 가이드라인이 없고, 일본의 경우에는 10kW 이하 용량은 별도의 한전과 협의 없이 설치가 가능하도록 하고 있다. 그러나, 국내에서는 한전과의 병열시의 협의하도록 하고 있고 명확한 가이드라인이 설정되어

있지 않아서 설계 및 설치에 많은 어려움이 있었다. 본 실증연구에서는 한전과의 병열방식으로 그림3은 다이어그램에서와 같이 마이크로코젠의 한전병열 및 제어시스템에 있어 한전과의 안전 확보를 위하여 2차측 삼상중 R상에 CT2개를 설치하였다. 한전이 정전일 경우 CT가 정전을 검출하고 검출된 신호를 마이크로코젠의 제어시스템에서 감지하여 인터록이 작동하여 가스열병합시스템이 정지되도록 구성되어 있다. 정상운전 시 6kW를 발전하여 이중에 0.4kW는 엔진자체의 제어 및 시스템전원으로 사용하고 5.6kW를 부하측에서 사용한다.

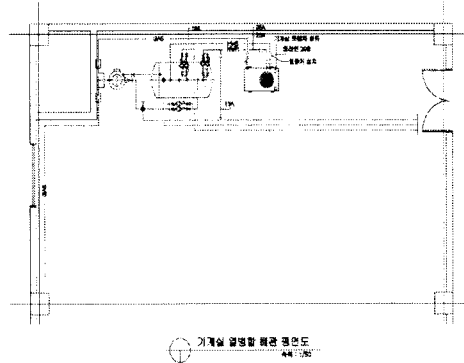
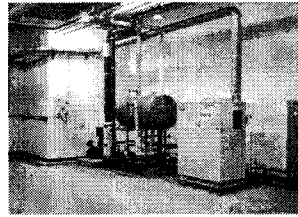


그림 2 기계실 설치 및 Layout

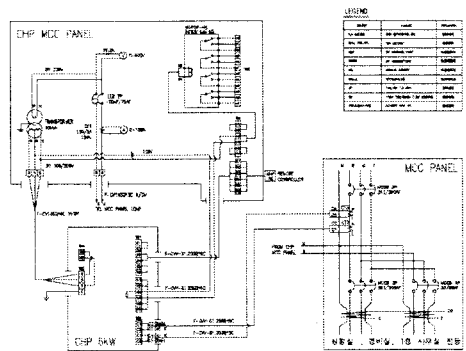


그림 3 마이크로코젠 한전병열 및 제어결선도

2.3 마이크로가스열병합시스템 운전결과

2.3.1 전력공급시스템 및 데이터측정

6kW Micro Cogeneration에서 발생되는 전기 및 배열회수량 측정은 그림4와 같이 구성하였다. 전기는 엔진과 연결되어 있는 발전기에서 발생하며, 마이크로코젠에서 생산된 6kW전력 중 코젠에서 0.4kW소모하고 나머지 5.6kW만 수요처에 공급한다. 또한 아이신 코젠의 특성은 한전의 계통의 감지를 위하여

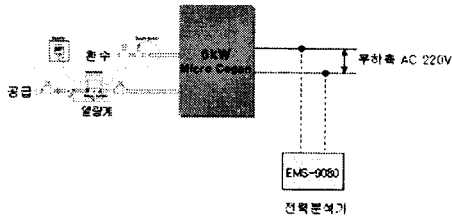


그림 4 전력 및 회수열량 측정시스템 구성도

전 중에는 부하 중 각 상별로 최소한 0.25kW씩 0.5kW가 공급 되도록 되어있다. 그 이유는 한전의 계통은 전원의 공급을 하여 CT의 최소값이 가능하도록 하기 위함이다. 전력측정은 휴대용고주파 전력에너지분석기(EMS-9080)를 이용하여 측정하였으며 측정항목으로는 주파수(Hz), 전압(V), 전류(A)를 측정하여 발전되는 전력의 품질을 측정하였다. 측정결과 그림5와 같이 아주 품질이 우수한 결과를 보여주었다.

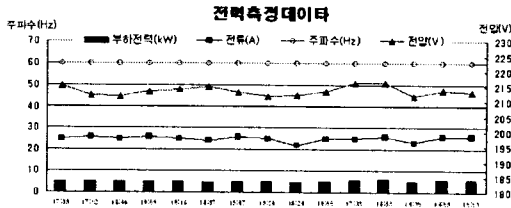


그림 5. 전력데이터 분석

2.3.2 배열회수 및 효율측정

Micro Co-Gen 성능 시험 시 배열을 회수하여 회수되는 열을 난방 용 또는 급탕용으로 사용하는 열 공급이 가능하기 때문에 이에 대한 성능을 분석하여 발생된 에너지량에 대한 결과를 직수 온도와 온수 온도, 수량으로 나타내었다. 직수 온도, 온수 온도는 마이크로 코젠의 2차측 급수 및 환수온도를 계속하고 온수 급수 환수라인에 설치된 열량계의 온도계를 사용하였다. 배열되는 열량은 적산열량계를 설치하여 적산되는 열량을 기록 측정하였다. 그림6은 각각 측정된 전기와 배열회수데이터를 분석한 결과 가스열병합시스템의 효율은 86%이 있으나 실제운전 측정치는 평균 76%정도로 이는 운전이 있어서 급수되는 급수온도가 높은 온도로 공급됨으로서 방열팬이 작동하거나 열교환기에서의 열교환량이 적게되어 전체적인 효율이 낮아진

다는 결과를 보여 주었다.

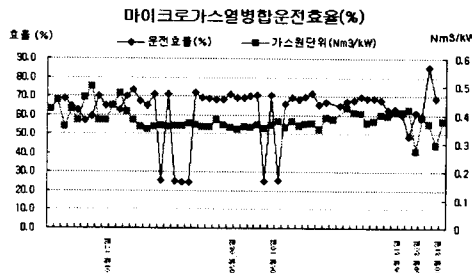


그림 6. 계절별 운전효율 및 단위유

따라서, 효율을 높이기 위해서는 가능한 한 급수의 온도를 낮게 공급하는 것이 유리하다. 최적조건에서 측정된 효율이 85%

로 양호한 효율을 보여주었다.

2.3.3 마이크로코젠 배기가스성분측정

가스열병합보급과 함께 열병합시스템에 대한 환경규제로 제작 및 효율향상에 많은 연구가 이루어지고 있는데 국내배출기준인 NOx와 기타 배출물질에 대해 측정을 해보았다. 측정된 결과는 부하에 따라 배기가스농도측정치는 표2와 같다. NOx의 경우는 부하가 높을수록 증가하는 것으로 나타나는데 이는 Thermal NOx의 발생으로 증가하는 것으로 판단된다.

표2. 부하에 따른 배기가스농도측정 결과

구분	3.6kW	5.2kW	6kW	비고
배가스온도(°C)	76.9	68.5	84.2	
O2(%)	0.68	0.62	0.61	13%보정
CO(ppm)	690.85	495.50	418.32	
CO2(%)	6.7	7.4	9.7	
SO2(ppm)	6.78	8.68	4.27	
NO2(ppm)	10.10	16.56	25.59	>50ppm
Nox(ppm)	9.49	16.12	29.92	

2.3.4 진동 및 소음

소음은 제작사의 56dB이하로 제시하고 있다. 소음기준에 만족하도록 엔클로저를 하거나 소음기를 부착하여 소음을 줄였다. 따라서, 소음기준이하에서 정숙한 저소음 운전이 가능하도록 설계되었다. 진동에 대한 방지책으로 마이크로가스열병합시스템을 설치 시에는 방진패드를 설치하여 진동에 대한 영향을 최소화하고 있다. 본 실증에서는 소음 측정결과 기준이하 상당히 낮은 소음을 나타내었다. 향후 설치 시 주거용 및 사무실용으로 아주 적합한 것으로 평가된다.

2.3.5 운전실적 및 운전형태

설치 후 현재까지 전력 5,600kWh를 생산하여 사용하였고 운전시간은 1,032시간을 나타내고 있다. 6kW마이크로가스열병합시스템으로 국내에서 유일한 용량으로 운전되고 있다. 운전 중 고장이나 기계적인 결함 없이 양호한 운전을 수행하고 있다. 하절기에는 아침 09시에서 10시까지 1시간, 봄여름에는 09시부터 12시까지 3시간, 9월부터 5월까지 일 8시간운전을 마이크로가스열병합에 부착되어 있는 Remote Control에서 연간, 주간 단위의 운전스케줄을 입력하여 운전이 수행되도록 하여 운전하고 있다.

3. 결 론

국내 소형열병합시스템보급이 활성화되고 있는 시점에서 마이크로가스열병합시스템 보급활성화를 위해서 설치한 6kW가스엔진 실증연구를 함으로서 향후 보급활성화에서 나타날 문제점을 미리 예측하고자 하였다. 이러한 팩타들을 분석하고 설계에 반영함으로써 설계상의 에러 및 설치 후 관리부분에서 최적의 설계가 되도록 하는데 있다. 현재 초기 운전데이터를 토대로 일일 운전시간 증대 방안과 전체효율 및 경제성을 높이는 연구를 계속 수행할 예정이며 원격으로 데이터 수집이 가능하도록 구축하여 실시간 열, 전기부하 데이터를 축적하고 분석하여 도입을 검토하는 개소에 제공할 예정이다. 이러한 자료의 구축이 향후 신축건물이나 기존건물에 도입하거나 마이크로가스열병합시스템을 제작과 연료전지 등의 적용하는데 있어서 유용한 자료로 활용이 될 수 있으리라 본다.

[참 고 문 헌]

- [1] 에너지관리공단, "마이크로가스열병합발전시범사업", 성능 측정 및 종합보고서, 138p, 2004