

1kW급 가스엔진 열병합발전시스템 성능특성에 관한 연구

최 재 준, 박 병 식, 정 대 현, 임 용 훈, 최 영 호, 송 대 섭

한국에너지기술연구원

The Operation Characteristics of Domestic 1kW Gas Fueled Internal Combustion Engine Cogeneration System

Jaejoon Choi, Byungsik Park, Daeheon Jung, Yonghoon Im, Youngho Choi, Daesup Song

Korea Institute of Energy Research

ABSTRACT: The unpredicted worldwide oil price makes the energy efficiency technology be more importance than any other period. The small cogeneration system is one of the most representative technology among the energy efficiency technologies, and recently, the household cogeneration system has been the center object of attention because of the loss of power transmission and the reasonable energy consumption relative to the household (condensing) boiler producing heat only. A tiny, 1kW of electrical output, gas fueled internal combustion engine cogeneration system was investigated. The electrical efficiency and thermal efficiency of the system were measured. With the emission characteristics, the cogeneration system was analyzed. It was showed the gas engine cogeneration system produced the lowest NOx level compared any other cogeneration system due to the three-way catalyst.

Key words: Cogeneration system(열병합발전 시스템), 가스엔진(Internal Combustion Engine using Gas Fuel), 시스템 성능평가(System Evaluation)

1. 서 론

2008년 발생한 전세계적인 원유 가격의 폭등으로 인한 불안 뿐 만 아니라 높아져가고 있는 온실가스 배출에 대한 인식 때문에 상용화하기에 가격적으로나 시기적으로 미흡한 신재생에너지보다 적은 투자액으로 확실하고 빠른 효과를 얻을 수 있는 에너지효율향상 기술이 주목을 받고 있으며, 이러한 에너지효율향상기술 중·소형 열병합발전시스템의 유용성에는 많은 사람들이 공감, 동의하고 있으며 이러한 기대 속에서 소형열병합발전시스템의 개발과 도입이 전세계적으로 확산되고 있는 추세이다. 소형 열병합발전시스템은 기존의 화력발전과 열전용 보일러에서 이원화하여 생산하던 전기·열에너지 공급을 일원화하여

생산해 내는 시스템으로서 전체적으로 30% 정도의 에너지를 절약할 수 있는 현실적으로 가장 뛰어난 에너지효율기기 중 하나이다.

열병합발전시스템 보급·확산의 기초를 타고 가정 부문에서도 가정의 난방과 급탕을 담당하는 가정용 보일러를 열병합발전시스템으로 대체하려는 노력이 선진국을 중심으로 하여 일어나고 있다. 일본의 Honda에서는 전기출력 1kW의 가스엔진 열병합발전시스템인 'EcoWill' 제품을 출시하여 도시가스 회사를 중심으로 판매하고 있으며, 미국과 유럽 등지에서는 'Freewatt'라는 제품명으로 수출하여 가정용 열병합발전시스템의 보급에 앞장서고 있다. 해외에서 판매할 시에는 1kW 가스엔진 열병합발전시스템의 본체 외에 추가로 장착하는 보조보일러는 판매처에서 그 나라

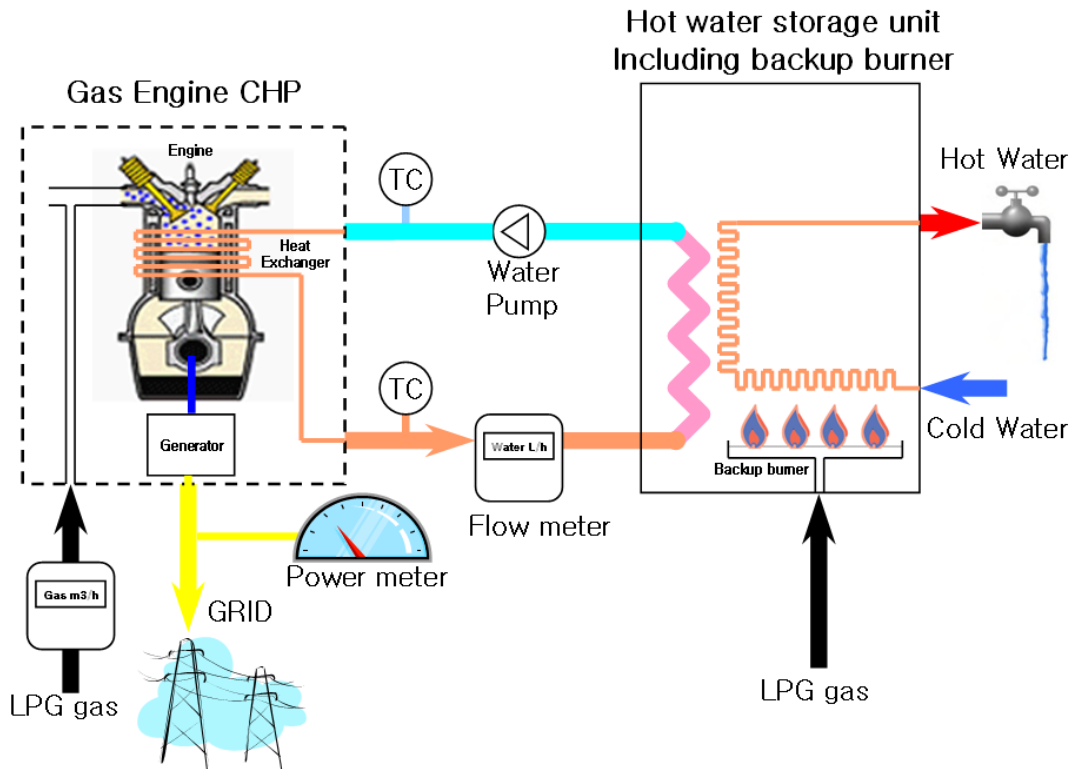


Fig. 1 Schematic Diagram for System Evaluation of 1kW Gas Engine CHP

의 실정에 맞도록 조정하여 판매하는 것으로 나타나 있다. 영국의 Microgen과 뉴질랜드의 WhisperTech에서는 전기출력 1kW급의 스텔링 엔진 열병합발전시스템을 출시하여 상용화 진행 중에 있다. 본 연구에서는 현 시점에서 가장 대표적, 대중적 가정용 열병합발전시스템인 1kW급 가스엔진 열병합발전시스템의 실험세트를 구성하고, 전기 특성과 열성능을 측정하여 1kW급 가스엔진 열병합발전시스템의 운전특성과 효율특성을 조사해 보았다.

2 실험방법

Fig. 1은 1kW급 가스엔진 열병합발전시스템의 성능특성 실험을 위한 장치의 개략도를 보여주고 있다. 가스엔진 열병합발전시스템이 100V 3선식 전기 방식을 사용하고 있으며, 출력 또한 100V 3선식으로 발생하기 때문에, 실험실에서 특수한 변압기(transformer)를 사용하여 220V에서 200V로 감압한 다음 중간 탭을 사용하여 100V 3선식 전기를 제작하였다. 연료는 LPG(Liquid Propane Gas)를 사용하였으며, 전력 소비는 전구

를 이용한 부하를 직접 제작하여 사용하였다. 실험에 사용된 1kW급 가스엔진 열병합발전시스템은 발전 뿐 만 아니라 열에너지를 필연적으로 발생시키게 되는데, 본 제품은 1kW급 가스엔진에서 발생하는 열에 추가하여 보조보일러가 존재하여 필요한 열이 부족할 경우 보조보일러가 작동하여 열에너지를 추가적으로 공급하도록 되어 있다. 이에, 본 실험에서는 보조보일러와 1kW급 가스엔진 열병합발전시스템을 동시에 가동하는 특성을 파악하기 보다는 열병합발전시스템 자체 특성만 파악하기 위하여 보조보일러와 가스엔진 열병합발전시스템 사이에 유량계와 온도계를 장착하여 보조보일러를 제외한 1kW급 가스엔진 열병합발전시스템의 특성만을 파악하도록 노력하였다. 가스엔진을 통하여 발생된 열은 보조보일러에서 최소한의 온수를 만드는 데에 사용되었으며, 보조보일러에 공급되는 가스량과 냉수, 온수의 양, 온도는 모니터링하지 않았다.

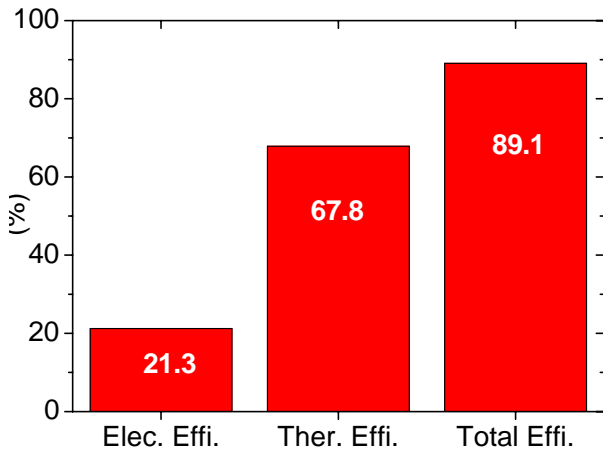


Fig. 2 Electrical and Thermal Efficiency of the 1kW Gas Engine Cogeneration System

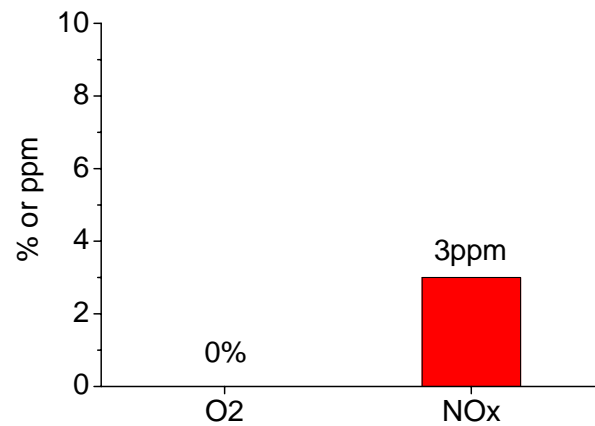


Fig. 4 Oxygen and NOx Emission Level at 1kW Load Condition

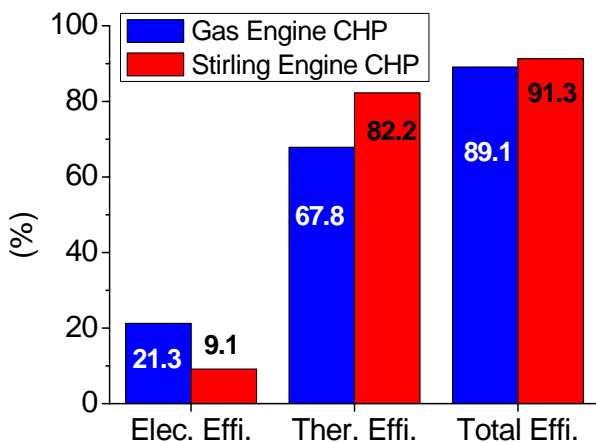


Fig. 3 Efficiency Comparison to Stirling Engine CHP

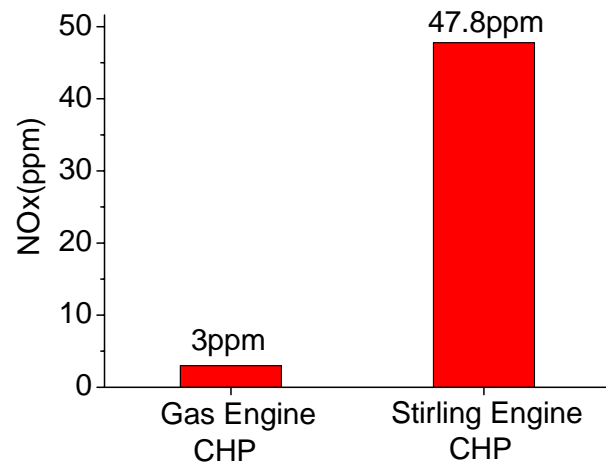


Fig. 5 NOx emission Comparison to Stirling Engine CHP

3 실험결과

3.1 1kW 부하시 성능특성

Fig. 2는 1kW급 가스엔진 열병합발전시스템의 효율 그래프를 나타내고 있다. 가스엔진 열병합발전시스템의 전기효율은 21.3%, 열효율은 67.8%, 종합효율은 89.1%로서 동급의 스티어링엔진 열병합발전시스템²⁾과 비교시 전기효율 면에서 월등한 효율을 나타내고 있었다. 이것은 Fig. 3을 보면 알 수 있는데, 전기효율은 가스엔진 열병합발전시스템 측이 21.3%, 스티어링엔진 열병합발전

시스템이 9.1%로서 가스엔진 측이 훨씬 높고, 열효율은 스티어링엔진 열병합발전시스템측이 높으며, 종합효율도 스티어링엔진 열병합발전시스템측이 약간 더 높은 것을 알 수 있다.

Fig. 4는 1kW급 가스엔진 열병합발전시스템에서 발생하는 산소 농도와 NOx 배출 정도를 나타낸 그래프이다. 배기가스 중 산소는 측정되지 않았으며, NOx 는 3ppm(at 13% O₂ condition) 수준임을 관찰할 수 있었다. 배기가스 결과에서 유추해 보면, 본 1kW급 가스엔진은 희박연소(Lean burn) 엔진이 아닌 이론공연비연소(Rich burn) 엔진을 사용하며, 삼원촉매(Three-way catalyst)를 사용하여 질소산화물 배출을 억제하는 기기임을 알 수 있다. 추가적으로, 일반적으로

가스엔진 열병합발전시스템에서의 전기출력 주파수를 60Hz로 조정하기 위하여 엔진 회전수를 1800RPM(Rotation per Minute)이나 3600RPM으로 고정하는 데에 반하여, 본 기기에서는 엔진의 회전수를 고정하지 않고, 전력변환장치를 통하여 AC-DC-AC converter를 이용하여 60Hz의 전기를 발생시키는 것으로 확인되었다. Fig. 5는 1kW급 가스엔진 열병합발전시스템에서 배출되는 NOx 양과 1kW급 스팀엔진 열병합발전시스템에서 배출되는 NOx 양을 비교한 그래프이다. 가스엔진 열병합발전시스템에서는 산소농도 13%에서 3ppm의 NOx가 배출되었고, 스팀엔진 열병합발전시스템에서는 스팀엔진 단독 모드일 때에 101ppm(@ 13% O₂), 스팀엔진과 보조보일러 동시운전 모드일 때에 47.8ppm(@ 13% O₂)의 NOx 배출량을 나타내었다. 이 결과로 미루어 볼 때에 가스엔진 열병합발전시스템의 배기제어를 잘 할 경우 배출가스를 획기적으로 감소시킬 수 있다는 결론에 이르게 된다.

가스엔진 열병합발전시스템의 부하는 전구를 이용하여 조정을 하였으나, 엔진에서 생산되는 부하를 조절할 수는 없었다. 실험 장치 특성상 가스엔진 열병합발전시스템에서 계통연계 지점 사이에서 부하를 사용해야 하기 때문에, 부하측과 계통연계측에서의 전력 특성을 동시에 측정하였는데, 부하가 1kW 이상이 부과될 경우에는 계통으로부터 수전을 받아서 1kW 이상의 부하를 담당하는 것을 보았으며, 부하가 1kW 미만일 경우에는 계통쪽으로 전력이 나가지 않는 것을 확인할 수 있었다. 즉, 부하가 1kW가 되지 않을 경우에는 보조보일러 측에서 생산된 전기에너지를 열에너지의 형태로 바꾸어서 소비하여 계통쪽에 전기에너지를 전달하는 것을 방지하는 것을 확인할 수 있었다.

1kW급 가스엔진 열병합발전시스템을 제외한 기기의 전원을 모두 차단하고, 외부 소음을 차단한 후 시스템의 1m 전후에서 측정한 1kW급 가스엔진 열병합발전시스템의 소음 정도는 50dB 정도로서 가정 내에 설치하고 운영하기에는 무리가 있는 소음 정도라고 판단할 수 있었다. 또한, 시스템을 고정시키지 않고 시험할 경우에 가스엔진의 진동에 의하여 시스템이 조금씩 움직일 정도의 진동이 발생하여 시스템을 확실하게 고정시키고 운전을 하여야 함을 알 수 있었다.

4 결 론

1. 1kW급 가스엔진 열병합발전시스템의 실험장치를 구성하고 성능시험을 수행하였다.
2. 1kW급 가스엔진 열병합발전시스템 실험은 보조보일러를 제외한 열병합발전시스템의 특성만 측정하기 위하여 보조보일러로 연결되기 전에서 유량계와 온도계를 설치하여 효율을 측정하였다.
3. 가스엔진 열병합발전시스템의 전기출력 1kW에서의 전기효율은 21.3%, 열효율은 67.8%, 종합효율은 89.1%로 측정되었다.
4. 가스엔진 열병합발전시스템의 전기출력 1kW에서의 산소배출량은 0%, NOx배출량은 3ppm(at O₂ 13%)로 측정되었다.
5. 가스엔진 열병합발전시스템의 소음 정도는 50dB 정도로 측정되었으며, 이는 본 열병합발전시스템이 국내 가정 내에 설치하기에는 어려움이 있는 정도라는 사실을 알려준다.

후 기

본 연구는 한국에너지기술연구원의 기관고유사업으로 지원받아 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 이영수, 이기우, “스터링 엔진의 연료 다양화에 관한 연구”, 한국에너지기술연구원, (1994)
2. 최재준, 박병식, 정대현, 임용훈, 최영호, 송대섭, “가정용 스팀엔진 열병합발전시스템 성능특성에 관한 연구”, 한국에너지공학회 2009년도 춘계 학술발표회 논문집, (2009)
3. 박화춘, 최재준, “300kW급 소형 엔진 열병합발전시스템의 평가기술 개발 및 실증시험”, 대한설비공학회 2007년도 동계학술발표대회 논문집
4. <http://www.honda.com>
5. <http://www.freewatt.com>