

파. 노즐

위치에너지를 운동에너지로 변환하는 장치

하. 버킷

운동에너지를 회전력 Torque로 변환하는 장치

참고문헌

1. ASME Performance Test Code 6 Steam

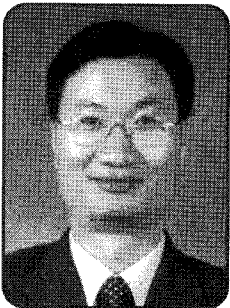
Turbine, 1998

2. Heat Exchange Institute, Inc. Standards for Steam Surface Condensers, 1995, Nine Edition

3. Evaluating and Improving Steam Turbine Performance, K.C,COTTON, 1993

4. 화력 및 복합발전설비 성능시험지침서, 전력연구원, 2007

국내·외 가정용 열병합발전시스템 동향 및 발전방향



한국에너지기술연구원
건물에너지연구센터
책임연구원/공학박사 박병식
Tel : (042)860-3323

한국에너지기술연구원
건물에너지연구센터
선임연구원/공학박사 최재준
Tel : (042)860-3326

1. 서론

최근의 유가파동과 더불어 불안정한 에너지 비용은 전세계인들로 하여금 신재생에너지에 대한 관심을 증폭시켰다. 그러나, 신재생에너지의 태생적인 한계로 말미암은 에너지 용량의 한계 때문에 기존 에너지 시스템의 고효율화에 관심을 더욱 더 기울이고, 발전시켜야 할 필요성을 절실히 느끼고 있다. 열병합발전은 천연가스, 바이오가스, 오일 등의 주요 연료를 유용한 에너지(전기, 난방열, 급탕)로 변화시키는데 가장 효율적인 방법으로 최근의 에너지 위기 시기에 가장 주목해야 하는 기술로 인정을 받고 있다. 이를 광범위하게 사용할 경우 경제, 환경적으로 다양하고도 긍정적인 효과를 볼 수 있으며 자원의 합리적인 이용 및 에너지의 안정적인 공급에 도움이 된다.

열병합발전은 대형공장 및 지역난방용으로서만 사용되는 것이 아니라 소규모 공장, 공공기관 및 가정도 이 기술을 공유할 수 있으며, 관련된 이익을 얻을 수 있다. 전기와 열에너지를 동시에 얻는 것이 가능하며 이를 어디에서는 편리하게 사용할 수 있다. 그리고 열병합발전 시스템은 기본 부하에서 운영할 수 있으며, 1년에 약 4,000시간 이상을 사용할 수 있다.

국내에서의 열병합발전은 100MW 이상의 중대형 열병합발전이 먼저 도입되었으며, 국내 아파트단지를 중심으로 수백kW의 소형 열병합발전시스템이 누진제가 적용되는 국내 가정용 전기가격을 타겟으로 하여 급속히 도입된 전력이 있으며, 현재는 세계적인 유가 상승과 더불어 증가되는 가스값을 감당해 내지 못하여, 또한 증가되는 가스비와는 달리 전기료는 많이 증가하지 않

으면서 열병합발전시스템으로 감당할 수 있는 전기 판매로 인한 수익성이 급격하게 감소하면서 수백kW급 정도의 소형 열병합발전시스템의 보급은 둔화되고 있는 추세이다.

최근 국내외적으로 초소형 가정용 열병합발전시스템에 대한 연구개발 활동이 활발히 이루어지고 있으며, 기술적으로 완숙한 왕복동식 가스엔진을 이용한 열병합발전시스템은 이미 전세계에 많은 대수가 보급되고 있다. 가정용 열병합발전시스템은 가정에 기 설치되어 있는 온수·난방용 보일러를 대신하여 설치되는 제품으로서 가정에 공급되는 1차 에너지인 도시가스, 목재 에너지 등을 이용하여 열에너지만 생산하는 것이 아니라 전기 에너지도 동시에 생산하는 방식으로서 에너지 효율 증가에 이바지 할 수 있는 방식이다.

가정용 초소형 열병합발전시스템은 현재 유럽과 일본을 중심으로 개발, 보급되고 있다. 일본의 경우 Honda사에서 이미 초소형 가스엔진 열병합발전시스템인 Ecowill(북미시장 제품 명칭: FreeWatt)을 개발하여 자국 내에 엄청난 물량을 상업적으로 보급하였으며, 이를 바탕으로 미국 및 유럽에 현지법인을 설립하는 등 대외시장 확보에 주력하고 있는 중이다. 또한, 유럽을 중심으로 하고 있는 가정용 스팀엔진 열병합발전시스템의 개발은 가스엔진, 가스터빈에 의존하던 열병합발전 시장을 획기적으로 바꾸어 놓는 기술로서, 향후 무한한 가능성을 가지고 있다. 초소형열병합발전시스템의 베이스엔진의 하나인 스팀엔진은 내연기관 또는 터빈 시스템과 같이 작동유체가 내부에 있지 않고, 외부에서 열만 전달하여 기관을 구동시키는 형태인 외연기관으로서 기존의 화석연료는 물론 바이오매스 등 열원 선택이 자유로워 현존하는 저공해, 고효율 연소 기법을 모두 적용할 수 있으며, 지열·태양열 등 신에너지와 각종의 폐열 또한 열원으로 이용가능하며, 폭발 행정이 존재하지 않기 때문에 소음이 적어 차세대 저공해 엔진 시스템으로서의 각광을 받고 있다. 특히 소음 부분에서 왕복동 엔진을 이용한 열병합발전시스템이 소음 때문에 가정 내부에 설치되지 못하는 것에 대비하여 스팀엔진을 이용한 열병합발전시스템은 소음수준 45dB를 달성하여 가정 내에 설치될 수 있기 때문에 가정용 열병합발전 시장에서 유리한 위치를 차지하고 있다고 생각할 수 있다. 그러나, 아직은 스팀엔진 자체의 연구가 미흡하기 때문에 전기효율이 낮아 왕복동식 내연기관 열병합발전시스템에 비하여 전기적 자유도가 적은 것은 향후

많은 개선을 요하는 난제임에 틀림이 없다. 유럽에서는 가정용 열병합발전시스템으로 초소형열병합발전시스템이 주목받으면서 영국의 Microgen사, 뉴질랜드의 WhisperGen사 등에서 저소음·친환경적인 초소형 스팀엔진 열병합발전시스템을 유럽시장을 대상으로 대량생산 체계를 구축하여 가격을 낮추어 보급하고자 막바지 준비중이다.

최근에 국내외적으로 초소형 가정용 열병합발전시스템에 대한 연구개발 활동이 활발히 이루어지고 있으며 유럽의 경우 여러 나라가 연합하여 프로토콜 개발 등 상용화 보급을 위한 제도마련에 주력하고 있다. 주요 대상 엔진은 가스엔진, 스팀엔진, Rankine Cycle Engine 및 연료전지로서 일본, 유럽 등지에서 활발하게 연구되어 현재는 일부품목의 경우 상업적 보급이 이루어지고 있는 단계이다. 한 유명한 평가기관의 자료에 의하면, 2030년까지 독일 전체 아파트의 약 35%에 대해 천연가스를 이용한 초소형열병합발전을 적용할 수 있을 것으로 본다.

일본 및 유럽의 몇몇 회사에서는 이미 Rankine 사이클을 이용한 가정용 열병합발전시스템 모델에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며 이에 대한 동향분석 및 기술적 특징을 평가 분석할 필요가 있다. 현재까지는 가장 가격적으로 저가의 모델로 알려지고 있으나 전기효율을 높이는 문제가 남아 있으며 앞으로 가능성이 상당할 것으로 기대된다.

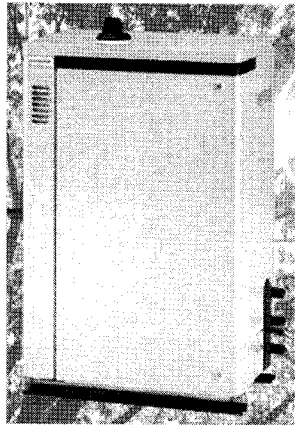
2. 가정용 초소형 열병합발전시스템

2-1. 왕복동식 내연기관 열병합발전시스템

초소형열병합발전시스템은 가솔린 및 디젤 자동차와 같은 유사한 원리로 작동되는 내연기관을 기본으로 한다. 엔진은 히팅오일, 천연가스 또는 바이오가스와 같은 액체 또는 가스상태의 연료로 작동되고 현재까지 연구된 기간으로 보나, 깊이로 보았을 때에 가장 완성도가 높기 때문에 연료전지를 제외한 여타 기관보다 전기효율이 가장 높기 때문에 전기효율이 중요하게 생각되는 곳에서 주로 1kW에서 50kW까지는 터빈보다 전기적 효율이 높은 내연기관이 유용하다. 그러나 여기에서 생산되는 열에너지는 일반적으로 더 낮은 온도에 있기 때문에 (보통 약 60 ~ 80 °C) 건물에 이용하는 것이 적합하다.

오토 초소형열병합발전 시스템의 경우 적어도 100

년 동안 축적해온 고도의 기술력을 바탕으로 개발되었다. 상대적으로 높은 전기적 성능계수(약 25%)와 더불어 전체 성능계수도 90%를 상회한다. 이론공연비 연소 방식에 삼원촉매(three-way catalyst)를 장착하여 효과적으로 제어할 경우 CO와 NOx 등의 유해 배기 가스 또한 다른 방식의 원동기를 사용하는 열병합발전



[그림 1] Honda사의 가스엔진 열병합발전시스템 Ecowill

시스템보다 적게 방출될 수 있으므로 결과적으로만 보았을 때에는 어떠한 방식의 열병합발전시스템보다 뛰어나다. 반면에 왕복동식 내연기관의 원초적 특징인 순간 점화에 의한 간헐연소방식 때문에 발생하는 높은 정도의 소음을 방지, 제어하는 데에 아직까지는 부피, 가격적인 한계가 발생하기 때문에 연료전지나 스택엔진을 이용한 열병합발전시스템처럼 가정 내에 설치되지 못하고, 가구 외부의 창고나 지하실에 설치될 수 밖에 없어 앞으로 가정용 열병합발전시스템으로서 성공하려면 소음, 진동 문제를 해결해야 할 것으로 보인다.

일본 Honda사에서 개발한 가스엔진 열병합발전시스템인 Ecowill은 현재 전세계적으로 가장 많이 보급되어 있는 가정용 열병합발전시스템으로서 20%가 넘는 높은 전기효율, 빠른 가동성, 부하 대응성의 용이함 등의 장점을 가지고 가정용 열병합발전 시장의 선두자리에 서서 시장을 개척해 나갔다. 그러나, 가정 내에서

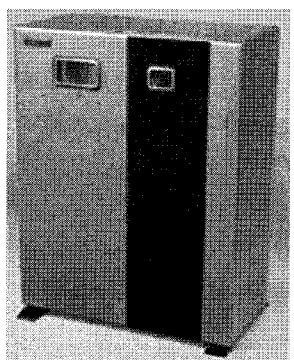
사용하기에는 부담스러운 소음과 진동 특성 때문에 옥외에 사용하여야 하기 때문에 인구밀집지역, 공동주택 지역에서는 사용하기 어려워 우리나라에서는 적용하기가 힘들다.

독일의 Vaillant사에서 전기출력 3.0kW와 4.7kW의 출력을 가지는 왕복동식 가스엔진을 이용한 열병합발전시스템을 개발하여 현재 상용화중이다. Ecopower라고 불리는 본 제품은 열출력 4~13.8kW, 종합효율 90% 이상의 효율을 가지고 판매되고 있다. 전기효율 약 25%, 소음은 56dB 이하이고, 약 400kg의 무게를 가지고 있다. Ecopower는 가정의 지하실에 설치되어 전기와 열에너지를 담당하도록 설계되어 있다.

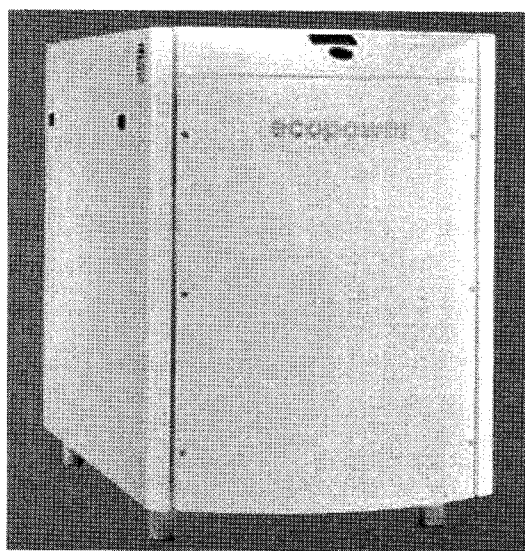
2-2. 스택엔진 열병합발전시스템

스택엔진은 외연기관으로서 연료전지보다 낮은 가격·합리적인 구성, 왕복동식 내연기관에 비하여 작은 소음·진동의 장점을 가지고 가정용 열병합발전시스템 시장에 일대 변혁을 이끌어왔다. 외연기관인 장점은 스택엔진의 연료가 연료전지·왕복동식 내연기관에서는 거의 반드시 사용되어야 하는 도시가스 연료에서 벗어나서 다양한 연료의 사용이 가능하여 또다시 열병합발전시장의 변혁을 리드하고 있다. 특히, 속성성장 나무를 이용한 우드칩·우드펠릿을 이용한 보일러·열병합발전시스템이 주목을 받고 있는 만큼, 우드칩·우드펠릿을 이용한 열병합발전시스템의 원동기에는 연료를 다양하게 사용할 수 있는 스택엔진이 이론적으로도 주목을 받을 수 밖에 없는 실정이다.

1kW급 스택엔진은 베타 타입의 프리피스톤 형식으로 개발되는 것이 요즈음의 전세계적인 추세이다. 프리피스톤 형식의 스택엔진은 일반적인 스택엔진의 가장 큰 기술적인 난제인 작동유체의 누수가 원천적으로 잘 일어나지 않으며, 리니어모터를 이용할 경우 전기생산이 용이하게 되기 때문에 작은 사이즈의 엔진에서 많이 사용하고 있다.



[그림 3] 일본 Rinnai의 1kW 스택엔진 열병합발전시스템



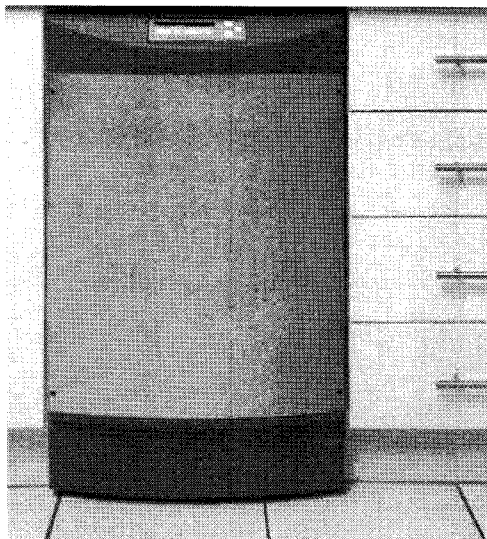
[그림 2] Vaillant사의 가스엔진 열병합발전시스템 Ecopower

네덜란드의 Enatec에서는 전기출력 1kW의 프리피스톤 형식의 스택엔진 발전세트를 개발하여 이를 세

계 각국의 보일러 회사에서 보조일러와 함께 패키징하여 열병합발전시스템으로 제작하여 상용화중에 있다. Rinnai(일본), Bosch Thermotechnik(독일), Merloni Thermo Sanitari(이탈리아), Infinia Corporation(미국)은 Enatec의 스텔링엔진을 채택하여 이를 열병합발전시스템으로 제작한 회사들이다.

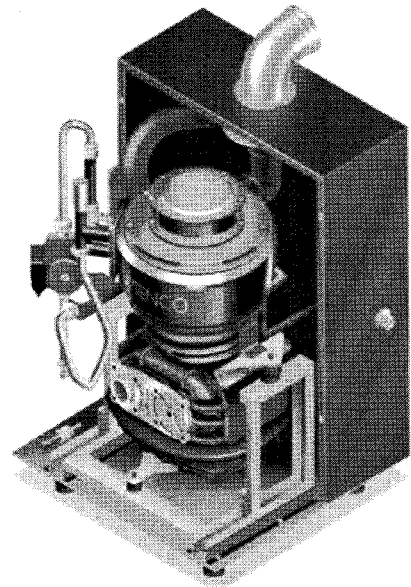
영국의 Microgen Engine Cooperation(MEC)에서는 전기출력 1.1kW, 열출력 5kW의 스텔링엔진을 개발하였고, 네덜란드의 보일러 업체인 Remeha, 영국의 보일러 업체인 Baxi 등의 회사에 스텔링엔진을 제공하여 스텔링엔진 열병합발전시스템의 공급에 가장 앞장서고 있다.

뉴질랜드의 WhisperTech에서는 50Hz, 계통연계형인 교류형 뿐 만 아니라 직류형 스텔링엔진 열병합발전시스템을 제작하여 상용화에 박차를 가하고 있다. 교류형은 가정에서 계통연계를 하여 가정내 전기와 열에너지를 담당할 수 있으며, 직류형은 역시 가정 내의 직류전기를 사용하는 제품의 전원공급, 요트·트럭에서의 발전 및 정수 등에 필요한 열의 사용을 위하여 제작되고 있다. 현재 버전업을 거듭하여 MKIV까지 제작되어 전기효율과 유해배기가스 배출 등의 성능을 개선해 나가고 있으며, 뉴질랜드, 유럽을 비롯한 세계 각국에서 필드 테스트와 함께 스텔링엔진 열병합발전시스템의 성공적인 판매, 보급을 위하여 노력하고 있다.



[그림 4] 뉴질랜드의 Whispergen 스텔링엔진 열병합발전시스템

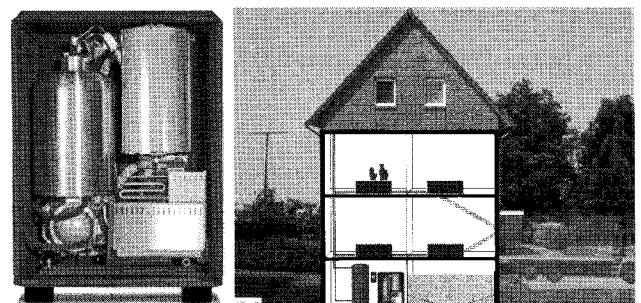
영국의 Disenco에서는 전기출력 3kW, 열출력 15kW, 보조보일러를 이용한 최대 열출력 30kW의 스텔링엔진 열병합발전시스템을 개발하고 상용화할 준비를 하고 있다. 전기는 계통연계를 하여 전력망에 공급할



[그림 5] 영국 Disenco의 3kW급 스텔링엔진 열병합발전시스템

수 있도록 설계되어 있으며, 종합효율 90% 이상, 저소음을 장점으로 내세우고 있다.

스텔링엔진의 외연기관 특성상 연료의 제약을 받지 않기 때문에 다양한 연료의 사용이 가능하여 이에 큰 장점이 존재한다. 이는 목재펠릿, 우드칩을 이용한 연소기, 보일러가 강점을 갖는 최근의 추세와 맞물려서 목재펠릿을 이용한 스텔링엔진 열병합발전시스템이 개발되며, 가정에 보급을 목표로 상용화되기에 이르른다. 독일의 Sunmachine 회사는 목재펠릿을 이용하여 전기출력 1~9kW의 열병합발전시스템을 만들어서 상용화를 준비하고 있다. 여기에 사용되는 스텔링엔진은 연소기와 열교환기의 형태를 달리하여 태양열 에너지, 바이오에너지 등에도 사용되어 열병합발전시스템의 원동기로서의 스텔링엔진의 효용성을 높여주고 있다.



[그림 6] Sunmachine의 목재펠릿 열병합발전시스템

3. 국내의 초소형열병합발전시스템 개발 방향

국내의 경우 주로 연료전지를 대상으로 R&D 활동이 활발히 이루어지고 있으며 2009년부터 '초소형 가정

용 1kW급 스텔링엔진 열병합발전시스템 개발' 과제가 총괄주관인 경동나비엔과 기계연구원, 에너지기술연구원, 가스안전공사, 국민대학교, 한양대학교, DSK 엔지니어링에서 추진되었고, 수행중에 있다. 본 개발 과제는 1kW급beta-type 프리피스톤 스텔링엔진을 이용한 가정용 열병합발전시스템을 개발하는 목표로서 스텔링엔진 조사부터 시작하여 스텔링엔진 개발, 스텔링엔진 열병합발전시스템 개발, 평가기술 개발, 안전기준 제정 및 시뮬레이션까지 수행함으로써 가정용 열병합발전시스템을 국내 실정을 고려하여 개발하고 보급하는데까지 초점을 맞추어 나아갈 것으로 기대된다. 그러나, 연료전지·가스엔진 열병합발전시스템보다 낮은 전기효율, 현재까지 유럽에서 상용화되고 있는 제품들처럼 판매가격에 대한 개선이 이루어지지 않을 경우 연료전지 열병합발전시스템처럼 국가 보조금의 지원 없이는 보급이 힘들 것이라는 전망 또한 공존하고 있는 상태이다.

현재 우리나라에서 연구·개발되고 있는 가정용 열병

합발전시스템으로는 연료전지 열병합발전시스템과 스텔링엔진 열병합발전시스템이 있으며, 연료전지 열병합발전시스템은 전기효율, 소음·진동 면에서 장점이 있으며, 스텔링엔진 열병합발전시스템은 연료전지 열병합발전시스템보다 저렴한 가격경쟁력의 장점이 있다. 가정용 열병합발전 시장의 연구를 여기에서 그치지 않고, 가스엔진 열병합발전시스템과 같은 고효율·저비용 시스템에 대한 연구도 필요하며, 이를 보급하기 위한 정책 또한 절실하게 필요한 시기이다. 원동기에 따른 열병합발전시스템의 특성을 잘 파악하여 홍보하며, 소비자의 취사 선택에 따라 제품 상용화에 힘을 가하되, 가정용 열병합발전시스템 자체가 국가 에너지를 효율적으로 이용하기 위한 에너지 효율 제품이라는 것을 생각하여 신재생 에너지원에 적용되는 설치 보조금·장려금 정책, 발전차액 제도 등을 적극 활용하여 국가 에너지 수급에 도움을 주며, 나아가서 세계 시장에 수출과 더불어 세계 경제에 이바지하여야 할 것이다.

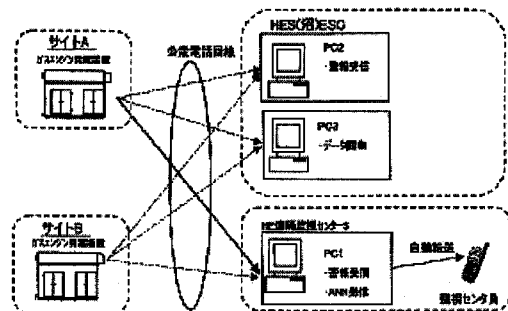
GE Jenbacher社의 가스엔진 원격감시시스템과 HES 원격감시체제

* 본 자료는 일본 열병합발전센터 자료에서 발췌·번역한 것임

1. 머리말

弊社가 설치 보수관리하고 있는 GE Jenbacher社 가스엔진은 현재 171대가 되고 일본 전국에서 가동되고 있다.

그중 대부분의 Gas Engine Cogeneration Plant에는 전용 원격감시시스템이 탑재되어 있어 운전상태 감시, Data 수집, 이상 발생을 감시하고 있다. 또한 당사는 가스엔진 이외에 가스터빈, 디젤엔진Plant를 설치 관리하고 있다. 본고에서는 가스엔진에 관한 원격감시시스템 (HERMES)와 당사의 원격감시체제를 소개한다.



【図 01】
 ・「サイトA」、「サイトB」と監視監視サイトが全国に約100件ありです。
 ・監視は、「PC1」と「PC2」の2箇所にて監視されず、【PC1が受信です。】
 ・各サイトと各PCの間は、通常の公衆電話回線のため、1回線1回線のみで、（同時に監視監視との通信は不可です。）

그림-1 HERMES 시스템 개요