

# 건물용 열병합발전 시스템 성능시험 방법에 대한 표준화 연구

오석호<sup>1\*</sup>, 김효엽<sup>2</sup>, 박원식<sup>2</sup>, 김성민<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 한국에너지기기산업진흥회, seokho\_oh@naver.com

<sup>2</sup> 한국에너지기기산업진흥회

## Standardization Study on Performance Test Method of Combined Heat and Power System for Buildings

Seokho Oh<sup>1\*</sup>, Hyoyeop Kim<sup>1</sup>, Wonsik Park<sup>1</sup> and Sungmin Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Korea Energy Appliances Industry Association

(2017-4-24 접수; 2017-6-12 수정; 2017-6-13 채택)

### 요 약

전기와 열을 자급자족 할 수 있어 큰 호응을 받고 있는 초소형 열병합발전 시스템은 폐열을 회수하는 동시에 발전을 통해 전기를 생산하는 소형 분산 에너지 생성 시스템으로 가정용과 건물용으로 구분할 수 있으며 이들의 구분은 전기출력이 3 kW 이하 일 때 가정용, 3 kW 초과 일 때 건물용으로 구분한다. 현재 건물용 열병합발전 시스템은 학교, 병원, 백화점 등에서 설치되어 있으며 국내 설치된 대부분 제품은 일본에서 수입되고 있고, 최근에는 국내기업에서 제품을 개발하여 판매하고 있는 상황이다. 이와 관련된 성능시험 방법에 대한 표준은 유럽의 EN 50465와 일본의 JIS B 8122가 대표적이며 국내 표준은 없는 실정이다. 따라서 본 연구는 건물용 열병합발전 시스템에 대한 국내의 표준화 현황과 활동에 대해서 조사하고, 우리나라에 적합한 성능시험 방법을 제안한다.

**키워드:** 건물용 열병합발전기, 에너지 효율, 성능시험 방법, 표준화

\* Correspondence to: Seokho Oh, Tel.: +82-31-480-2981 E-mail: seokho\_oh@naver.com  
본 연구는 산업통상자원부 에너지수요관리핵심기술사업의 연구결과로 수행되었음.

---

## ABSTRACT

---

Micro combined heat and power, which allows direct supply of electricity and heat and thus draws great attention, is a small scale distributed energy generation system capable of recovering waste heat and generating electricity at the same time. Combined heat and power was imported from Japan. Recently, a Korean company has developed for buildings has been installed in schools, hospitals, department stores, etc., most of which used in Korea and sold combined heat and power. Representative standards for performance test methods related thereto are European Standard EN 50465 and Japanese Standard JIS B 8122, but no national standard exists. The present study shows the domestic and foreign standardization status and activity on combined heat and power for buildings, and suggests the performance test method suitable for Korea.

**Key words: combined heat and power system for building, energy efficiency, performance test method, standardization**

---

## 1. 서론

### 1.1 개요

전 세계적으로 에너지를 효율적으로 이용하기 위해 수많은 정책뿐만 아니라 다양한 제품들이 출시되고 있는 상황에서 일본과 유럽을 중심으로 청정연료인 천연가스를 연료로 초소형 열병합발전기에 대한 많은 관심을 가지고 있다. 이 기술은 하나의 에너지 원으로부터 전력과 열을 동시에 발생시키는 종합에너지 시스템으로 발전에 수반하여 발생하는 배열 또는 폐열을 회수 이용하여 1차 에너지에서 연속적으로 2종류 이상의 2차 에너지를 발생시키는 시스템으로 많은 연구가 진행되었다[1].

가스 열병합발전 시스템은 청정연료인 천연가스를 이용하므로 환경 친화적이고 또한 폐열 회수 이용이 용이하여 산업체뿐만 아니라 주거용 건축물 등

의 전력 및 열 에너지원으로 주목받고 있으며, 자체 발전시설을 이용하여 일차적으로 전력을 생산한 후 배출되는 폐열을 이용하므로 기존의 에너지공급방식보다 30%~40%의 에너지 절약효과를 거둘 수 있는 고효율 에너지 이용기술이다[2].

초소형 열병합발전 시스템이란 발전용량이 수 kW 이내인 열병합발전 시스템을 일컫는다. 국가별로 초소형 열병합발전 시스템 용량 기준에 대한 다소간의 차이가 있으며, 수 kW급 열병합발전 시스템으로 구분하는 경우도 있으나, 주로 1 kW~수십 kW급 열병합발전 시스템을 초소형 열병합발전 시스템으로 구분하는 것이 일반적이다. 국내 표준에서는 초소형 열병합발전 시스템을 가정용과 건물용으로 구분하였으며, 가정용은 발전용량 기준 3 kW 이하, 건물용은 3 kW 초과 용량으로 구분하였다. 유럽에서는 EN 50465(European product standard for combined heating power systems using gas fuel)에 따라 50 kW급 이하를 초소형 열병합

발전 시스템으로 구분하고 있다[3]. 초소형 열병합발전 시스템은 근래 주목을 받기 시작하고 있는 열병합발전 기술 분야로서 향후 보급 잠재력이 큰 미래 에너지시장으로 각광받고 있다.

## 1.2 연구의 필요성

최근 전 세계는 폭설과 이상한파 라는 심각한 기상이변 현상을 겪고 있다. 이와 함께 국내 전력 사용량도 크게 증가하면서 전력사용량이 동절기에도 피크현상을 보였다. 여름철 전기냉방에 이어 겨울철 전기난방까지 난방으로 인한 가스수요와 냉방으로 인한 전력수요로 에너지원별 수급 불안정이 초래되고 있다. 또한 향후 에너지 수요 전망 역시 천연가스 등 청정에너지의 수요와 전력수요는 크게 증가될 전망이다 이로 인한 계절별 가스와 전력의 수급불균형은 보다 심화될 전망이다. 따라서 에너지수급의 안정에 기여하고 에너지이용 효율 극대화 방안의 하나로 인정받고 있고, 천연가스 저장시설 비용 감소, 환경개선효과 등 사회적 시설투자를 감소시킬 수 있는 초소형 가스 열병합발전 시스템의 역할과 기대효과는 매우 크므로 보급이 절실한 상황이다.

국내 소형 가스 열병합발전 설비의 도입은 정부의 에너지 이용합리화 정책에 힘입어 80년대 들어 도입되기 시작하였으며, 최근에 설치되고 있는 가스 열병합발전 설비의 용량 추세를 보면 500 kW급 미만의 작은 용량의 보급이 늘어나고 있고, 2000년 이후 아파트를 중심으로 보급이 확대되고 있는 추세이다. 국내 설치된 대부분 제품은 일본에서 수입되어 사용되고 있으며 최근에는 국내 기업에서 개발하여 판매가 되고 있는 실정이다[4].

이런 제품들을 사용자가 안전하고 편리하게 사용하기 위해서 안전과 성능 측면에서 제품을 엄격하게 평가할 수 있는 시험표준이 필요하다. 국내에는 평가할 수 있는 표준이 현재 없는 상태이며, 일본은

JIS B 8122, 유럽은 EN 50465에서 제품의 안전 및 성능에 대하여 평가할 수 있는 표준을 제정한 상태이다. 따라서 우리나라도 이와 같은 표준을 제정함으로써 사용자의 안전 및 제품 경쟁력을 강화시킬 수 있을 것으로 본다.

## 2. 국가표준(KS, JIS, EN, ANSI)

### 2.1 국내 표준

국내에서는 2010년부터 히트펌프 및 열병합발전 시스템에 관심을 가지면서 이와 관련된 표준을 제정 및 개정작업이 이루어지고 있는 상황이다.

국내에서의 빌딩에너지관리 표준화 추진은 아직 초기 단계라 할 수 있다. 현재 이 분야에 대한 표준화 논의는 국토해양부 및 에너지관리공단의 표준화 과제 추진을 위해 만들어진 'BEMS KS 표준(안) 작성 기술위원회'와 더불어 TTA PG214(디지털 홈 프로젝트그룹) 산하의 WG2142(스마트그리드 실무작업반) 및 스마트그리드 표준화포럼의 'BEMS PT'를 통해 일부 작업이 이뤄져 일부 결과물에 대해서는 TTA 단체표준으로 제정되어 있는 상태이다.

한국에너지관리공단에서는 가스히트펌프를 고효율에너지기자재 품목으로 지정하고 있으며, 인증기술기준에 따르면 "천연가스를 연료로 사용하는 가스 엔진에 의해서 증기 압축 냉동 사이클의 압축기를 구동하는 히트 펌프식 냉·난방 기기(이하 "가스히트펌프"라 한다.)이며, 정격 냉방 능력이 23 kW 이상인 것"으로 적용하고 있다. 또한 한국가스안전공사에서는 고압/ KGS AA112 (고압가스용 가스히트펌프 제조의 시설·기술·검사 기준)에 대한 코드를 2008년에 제정하고, 14번의 개정 작업을 통해 현재까지 유지하고 있는 상황이다.

표 1. 국내 표준현황

표준번호	표준명
KS B 6410	가정용 공기열원 열펌프 보일러
KS B 8051	가스 히트펌프 - 냉·난방기기 일반요구사항
KS B 8052	가스 히트펌프 - 비덕트형 냉·난방기기 정격성능 및 운전성능 시험
KS B 8053	가스 히트펌프 - 덕트형 냉·난방기기 정격성능 및 운전성능 시험
KS B 8291-1	지열 열펌프 시스템 - 지중 열전도를 측정 시험방법 - 제1부 : 수직밀폐형과 에너지 파일형
KS B 8292	물-물 지열원 열펌프 유닛
KS B 8294	물-공기 지열원 멀티형 열펌프 유닛
KS B 8911	가정용 열병합 발전기의 왕복형 내연 가스기관 - 출력 및 가스 소비율 시험방법
KS B 8912	내연 가스엔진을 이용한 가정용 열병합 발전기 - 성능 시험방법

## 2.2 국외 표준

세계적으로 초소형 열병합발전 시스템 시장이 주도하고 있는 국가는 일본과 독일이다. 그중 일본의 경우 국가표준인 JIS(Japanese Industrial Standards)와 단체표준인 JRA(Japan Refrigeration and Air Conditioning Industry Association standard)표준으로 구분할 수 있다.

JIS의 대표적인 표준으로는 JIS B 8122가 있다. 이 표준은 2001년에 제정되어 2009년에 최종 개정된 표준으로 디젤엔진 및 가스엔진의 열병합발전 유닛의 성능시험방법에 대하여 규정하고 있으며, 0%, 50%, 75%, 100%의 전력부하를 규정하고 있다[5].

JRA의 대표적인 표준으로는 JRA 4058이 있으며, 이 표준은 2007년 일본냉동공조협회에 의하여 제정되었다. 2015년에는 최종 개정되어 발전기능 부차 가스히트펌프 냉난방기의 기계적, 전기적 안전에 대한 규정, 저장탱크의 성능 규정, 일체형의 적용범위의 확대 등에 관하여 정하고 있다.

다른 표준으로는 JRA 4067(가스히트펌프 냉난방기)이 있으며, 이 표준은 2015년에 제정되었으며 실내의 쾌적한 공기 조화를 목적으로 가스엔진을 이용하는 히트펌프 냉난방기로서 정격 냉방 표준 능력이 85kW에 대해 규정하고 있다. 일본과 관련된 표

준은 표 2와 같다.

유럽은 가스히트펌프 표준화 위원회 CEN/TC 299(가스 흡수식 기기, 가스를 연소하는 엔진 히트펌프 및 가정용 세척 및 건조기기)에서 2개의 워킹 그룹에서 작업을 진행하고 있다(WG2 - 가스를 연소하는 흡수식 기기, WG3 - 가스를 연소하는 엔진 히트펌프). 이 위원회에서는 건설, 안전, 에너지의 합리적 사용, 표시 및 시험에 대한 요구사항에 대하여 표준화 작업을 하고 있으며, 이 위원회에서는 CEN/TC 48(가정용 가스온수히터), CEN/TC 180(가정용 및 비 가정용 가스를 연소하는 히터 그리고 비 가정용 가스를 연소하는 복사난방), CEN/TC 109(가스를 연료로 하는 중앙난방 보일러), CEN/CLC/JWG FCGA(연료전지 기기)과 연계하여 작업하고 있다.

2014년부터 작업을 진행한 EN 16905(가스를 연소하는 흡열 엔진 히트펌프) 시리즈 표준은 파트 1(용어와 정의), 파트3(시험 환경), 파트4(시험 방법), 파트5(계절별 성능 지수)로 나누어서 작업이 진행되고 있으며 2017년 올해 발간되었다.

가정 및 상업용에서 사용되는 가스 중앙난방 보일러에 대하여 작업을 하고 있는 CEN/TC 109에서는 EN 13203-4 표준을 2016년에 제정하였으며, 이 표준은 온수와 전기를 생산하는 가스 열병합 발

표 2. 일본의 표준현황

표준번호	표준명	비고
JIS B 8122	열병합발전유닛의 성능시험방법	시험절차
JIS B 8615-1	비덕트 에어컨디션과 히트펌프-성능등급시험	시험절차
JIS B 8615-2	덕트 에어컨디션과 히트펌프 - 성능 등급 시험	시험절차
JIS B 8627	가스엔진을 구동하는 히트펌프 에어컨디션	시험절차
JRA 4048	패캐지 에어컨디션의 연간전기소비량 계산	계산방법
JRA 4049	멀티 분리형 에어컨디션의 연간전기소비량 계산	계산방법
JRA 4050	CO2 냉매를 이용한 히트펌프 급탕기-시험 및 성능요건	시험절차 및 계산방법
JRA 4058	발전기능부착가스히트펌프냉난방기	제품요구 사항
JRA 4067	가스히트펌프 냉난방기	시험절차
JRA 4069	가스히트펌프 하이브리드 형 및 가스히트펌프 질러 - 정격 성능시험방법 및 표시	시험절차 및 계산방법

전기(가스소비량 70kW이하, 전기출력 50kW 미만, 축열조 용량 500L 미만)에 대한 에너지소비 평가에 대한 표준이다[6].

유럽의 표준화위원회(CEN)와 유럽의 전기기술 표준화위원회(CENELEC)의 합동 작업그룹인 CEN/

CLC/JWG FCGA(가스연료전지 기기)에서 2015년 제정된 EN 50465 표준은 가스소비량 70kW이하, 물을 이용하는 연료전지 및 내연기관, 스텔링 엔진을 이용하는 시스템을 규정하고 있다. EN과 관련된 표준은 표 3과 같다.

표 3. 유럽의 표준현황

표준번호	표준명
EN 16905-1	가스연소 흡열식 엔진 히트펌프 제1부: 용어 정의
EN 16905-3	가스연소 흡열식 엔진 히트펌프 제3부: 테스트 조건
EN 16905-4	가스연소 흡열식 엔진 히트펌프 제4부: 테스트 방법
EN 16905-5	가스연소 흡열식 엔진 히트펌프 제5부: 난방 및 냉방 모드의 계절 성능 계산
EN 12309-1	70 kW를 초과하지 않는 난방 및 냉방용 가스연소 흡착장치 제1부: 용어와 정의
EN 12309-2	70 kW를 초과하지 않는 난방 및 냉방용 가스연소 흡착장치 제2부: 안전
EN 12309-3	70 kW를 초과하지 않는 난방 및 냉방용 가스연소 흡착장치 제3부: 시험조건
EN 12309-4	70 kW를 초과하지 않는 난방 및 냉방용 가스연소 흡착장치 제4부: 시험방법
EN 12309-5	70 kW를 초과하지 않는 난방 및 냉방용 가스연소 흡착장치 제5부: 일반요구사항
EN 12309-6	70 kW를 초과하지 않는 난방 및 냉방용 가스연소 흡착장치 제6부: 계절별 성능계산
EN 12309-7	70 kW를 초과하지 않는 난방 및 냉방용 가스연소 흡착장치 제7부: 하이브리드 기기의 특정조항
EN 14511-1	에어컨, 액체 냉각 패키지 및 공간 가열 및 전기 압축기로 냉각하는 히트펌프 제1부: 용어와 정의
EN 14511-2	에어컨, 액체 냉각 패키지 및 공간 가열 및 전기 압축기로 냉각하는 히트펌프 제2부: 시험조건
EN 14511-3	에어컨, 액체 냉각 패키지 및 공간 가열 및 전기 압축기로 냉각하는 히트펌프 제3부: 시험방법
EN 14511-4	에어컨, 액체 냉각 패키지 및 공간 가열 및 전기 압축기로 냉각하는 히트펌프 제4부: 일반요구사항
EN 14825	에어컨, 액체 냉각 패키지 및 공간 가열 및 전기 압축기로 냉각하는 히트펌프 - 부분 부하조건에서의 시험 및 평가
EN 13203-4	온수를 생산하는 가스연소 가전제품 - 제4부: 온수 및 전기를 생산하는 열병합발전기(mCHP)의 에너지 소비 평가
EN 50465	가스 기기 - 70 kW미만의 열병합발전기

북미는 미국단체인 ASHRAE(American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers), AHRI(Air Conditioning, Heating and Refrigeration Institute)와 캐나다 단체인 CSA(Canadian Standards Association)에서 표준을 담당하고 있다.

ASHRAE의 TC 1.10(Cogeneration systems)은 열병합 발전 시스템 및 열병합 발전 시스템의 기본 구성 요소, 열병합 발전주기 및 난방 및 냉방 시스템에 사용되는 열 추출 방법에 대하여 규정하고 있다. 이 위원회에서는 HVAC System and Equipment: Combines Heat and Power System 이라는 안내서(Handbook)를 매년 발간하여 배포하고 있으며, 2016년 안내서 7장에는 열병합발전시스템의 내용을 추가하면서 EN지침 2004/8/EC의 내용을 첨부하기도 하였다.

현재까지 ASHRAE 및 AHRI에서는 열병합발전 시스템에 대한 표준을 제정하고 있지 않지만 그와 유사한 표준은 표 4와 같다.

### 2.3 국제 표준(ISO)

ISO/TC86(Refrigeration and air - conditioning)은 1957년에 설립되어 19개의 P-멤버 국가가 활동

하고 있다. 현재는 5개의 SC로 구성되어 있으며 우리나라가 참여하고 있는 SC 6(Testing and rating of air-conditioners and heat pumps)는 공기열원 히트펌프의 성능시험방법에 대한 국제표준화 작업을 진행하고 있다. 이와 관련된 표준은 표 5와 같다.

ISO/TC 205(Building environment design)은 1992년에 설립되어 27개의 P-멤버 국가가 활동하고 있다. 이 위원회에서는 빌딩 내부에서의 환경 및 에너지 소비·효율에 대한 절차, 설계 방법 및 구조 등에 관한 표준화를 추진하고 있으며, 현재는 9개의 WG으로 구성되어 있으며 초소형 열병합발전시스템과 관련된 WG 9(Heating and cooling systems)에서는 2014년에 제정한 ISO 13612-1(건물내의 난방 및 냉방시스템의 설계 및 치수), ISO 13612-2(건물내의 난방 및 냉방시스템의 에너지 계산)이 있으며, 현재는 건물의 난방 및 냉방 시스템의 일반요구사항 및 에너지 성능에 대한 표준을 작업하고 있다.

또한 빌딩에너지관리시스템 표준과 가장 관련성이 큰 표준은 ISO 16484 BACS(Building Automation and Control and Building Management System) 시리즈로, 크게 7개의 표준으로 구성되어 있으며 그 구성은 표 6과 같다.

표 4. 북미 표준현황

표준번호	표준명
AHRI 210/240	공기 조화 및 공기열원 히트펌프 단일 장치
AHRI 340/360	상업용 및 산업용 공기조화 및 히트펌프 장치
AHRI 350	실내용 비 덕트형 공기조화 장치의 소음 등급
ASHRAE 37	일체식 공기 조화와 히트펌프 장치의 등급 시험 방식
ASHRAE 40	냉방용 열로 작동되는 단일 공기조화 장치의 등급 시험 방식
ASHRAE 116	에너지컨디셔너와 히트펌프의 연간효율 등급 시험방법
ASHRAE 118.2	주거용 온수히터의 시험방법
ASHRAE 124	난방 및 온수기기 등급 시험방법
ASHRAE 137	난방 또는 발열저항체를 갖는 온수기기 등급 시험방법



표 5. ISO TC86 표준현황

표준번호	표준명
ISO 5151	Non-ducted air conditioners and heat pumps - Testing and rating for performance
ISO 13253	Ducted air-conditioners and air-to-air heat pumps - Testing and rating for performance
ISO 13256-1	Water-source heat pumps - Testing and rating for performance - Part 1: Water-to-air and brine-to-air heat pumps
ISO 13256-2	Water-source heat pumps - Testing and rating for performance - Part 2: Water-to-water and brine-to-water heat pumps
ISO 13261-1	Sound power rating of air-conditioning and air-source heat pump equipment - Part 1: Non-ducted outdoor equipment
ISO 13261-2	Sound power rating of air-conditioning and air-source heat pump equipment - Part 2: Non-ducted indoor equipment
ISO 15042	Multiple split-system air-conditioners and air-to-air heat pumps - Testing and rating for performance
ISO 16345	Water-cooling towers - Testing and rating of thermal performance
ISO 16358-1	Air-cooled air conditioners and air-to-air heat pumps - Testing and calculating methods for seasonal performance factors - Part 1: Cooling seasonal performance factor
ISO 16358-2	Air-cooled air conditioners and air-to-air heat pumps - Testing and calculating methods for seasonal performance factors - Part 2: Heating seasonal performance factor
ISO 16358-3	Air-cooled air conditioners and air-to-air heat pumps - Testing and calculating methods for seasonal performance factors - Part 3: Annual performance factor
ISO/TS 16491	Guidelines for the evaluation of uncertainty of measurement in air conditioner and heat pump cooling and heating capacity tests
ISO 16494	Heat recovery ventilators and energy recovery ventilators - Method of test for performance

표 6. ISO TC205 표준현황

표준번호	표준명
ISO 16484-1	Project specification and implementation
ISO 16484-2	Hardware
ISO 16484-3	Functions
ISO 16484-4	Control applications
ISO 16484-5	Data communication protocol
ISO 16484-6	Data communication conformance testing
ISO 16484-7	Contribution of BACS to energy performance of buildings

ISO TC163(Thermal performance and energy use in the built environment)은 1975년에 설립되어 28개의 P-멤버 국가가 활동하고 있다. 이 위원회에서는 건축물에 대한 재료, 구성요소 및 시

스템의 에너지 성능에 관한 시험 및 계산 방법에 대한 표준화를 추진하고 있다. 최근에는 ISO/TC 163 (Thermal performance and energy use in the built environment)과 ISO/TC 205(Building environment design)의 합동 작업그룹인 ISO/TC 163/WG 04 “Joint ISO/TC 163 - ISO/TC 205 WG: Energy Performance of building using holistic approach”에서는 제품 표준에서 전반적인 에너지 사용을 표준작업 범위로 잡고 있으며 현재 개발된 표준으로는 2012년에 제정한 ISO/TR 16344 (건물의 에너지 성능에 대한 공통적인 용어와 정의) 표준과 2013년에 제정한 ISO 16346(건물의 에너지 성능에 대한 전반적인 에너지 성능평가)표준이 있다.

### 3. 성능시험에 대한 KS표준개발

#### 3.1 일반 사항

시험조건은 KS B 8101, 3절(시험조건)에서 규정하는 가스연소기기 시험조건을 따르며 유닛을 시험할 때 별도의 특별한 규정이 없을 경우, 사용하는 장비의 불확도는 표 7에 따른다. 이 시험은 액화 석유가스 또는 도시가스를 연료로 사용하여 표시가스 소비량이 70 kW 이하, 전기출력 3 kW 초과 20 kW 이하인 열병합발전 시스템으로 적용한다.

#### 3.2 시동 시험

시동시험은 다음에 따라서 실시하고 유닛이 안전하고 확실하게 시동하는 것을 확인한다.

유닛의 사용연료에 따라 KS B 8101에서 규정하는 시험가스의 조건은 액화석유가스인 경우 P-2, 도시가스용인 경우 R-2로 한다. 이 시험은 부하 운전 시험 및 연속 운전 시험에 앞서 실시한다. 전기 부하는 부가하지 않는 상태로 하며 이때 유닛의 부속 시동장치, 냉각수 및 윤활유는 각 내연기관에서 요구하는 온도를 유지한다. 이 시험은 유닛의 통상 사용 상태로 실시하며, 수동 시동의 경우는 제조자가 지칭하는 방법으로 시동한다. 정지상태에서 유닛이 동작할 때까지의 시간을 확인한다.

#### 3.3 가스소비량 시험

유닛의 사용연료에 따라 KS B 8101에서 규정하는 시험가스의 조건은 액화석유가스인 경우 P-2, 도시가스용인 경우 R-2로 한다. 유닛을 측정장치에 연결하고 시험은 유닛의 작동이 안정된 상태에서 KS B 8101 7절(가스소비량 시험)에 따른다. 표시

가스 소비량에 대한 측정 가스소비량의 정밀도는  $\pm 5\%$  이내이어야 한다.

표 7. 시험장비의 불확도

구분		불확도
대기압		$\pm 0.5$ kPa
가스압력		$\pm 0.2$ kPa
물량		$\pm 1$ %
가스 소비량		$\pm 1$ %
시간	1시간 미만	$\pm 0.2$ s
	1시간 이상	$\pm 0.1$ %
소비 전력		$\pm 2$ %
온도	주위 온도	$\pm 1$ K
	물 온도	$\pm 2$ K
	배출가스 온도	$\pm 5$ K
	가스 온도	$\pm 0.5$ K
표면 온도		$\pm 5$ K
가스 발열량		$\pm 1$ %
전류		$\pm 1$ %
전압		$\pm 1$ %
전기출력		$\pm 2$ %

#### 3.4 소비전력 시험

유닛의 사용연료에 따라 KS B 8101에서 규정하는 시험가스의 조건은 액화석유가스인 경우 P-2, 도시가스용인 경우 R-2로 한다. 유닛을 측정장치에 연결하고 시험은 유닛의 작동이 안정된 상태에서 KS C IEC 60335-2-102에 따라 소비 전력 시험을 한다.

#### 3.5 전기성능 시험

##### a) 전기 출력시험

전기출력은 송전단 전기출력으로 3회 측정하여 그 평균값으로 구하며 다음 식(1)을 따라 계산한다.

$$P_e = P_{out} - P_{aux} \quad (1)$$



이때,

$p_e$  : 유닛의 전기출력(kW)

$p_{out}$  : 발전단 전기출력(kW)

$p_{aux}$  : 유닛의 운전에 사용된 전력(kW)

b) 전기효율 시험

전기효율은 다음 식(2)을 따라 계산한다.

$$\eta_e = 3.6 \times \frac{p_e}{(H_f \times F_f)} \times 100 \quad (2)$$

이때,

$p_e$  : 유닛의 전기출력(kW)

$H_f$  : 연료의 총 발열량(MJ/Kg)

$F_f$  : 가스 소비량(kg/h)

$\eta_e$  : 유닛의 전기효율(%)

3.6 열 성능 시험

a) 열 출력시험

유닛의 사용연료에 따라 KS B 8101에서 규정하는 시험가스 조건 P-2 또는 R-2로 한다. 표시 가스 소비량의 사용상태로 하고, 급수 조건은  $(10 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ 로 하고, 온수 공급 온도를  $(60 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ 로 조절(다만, 유닛 설계상 이 온도에 도달하지 않는 경우는 제조자가 표시하는 최고 온수 온도 조건으로 한다.)하며, 온수 환수온도는 온수 공급 온도와의 차이가  $(20 \pm 1) \text{ K}$ 가 되도록 조절한다. 다만, 유닛 제어 시스템의 설계가 20 K의 온도차를 유지하여 정확하게 작동하지 않는 경우, 제조자가 명시한 온도차에 따른다. 측정된 값들은 다음 식(3)을 따라 3회 측정하고, 그 평균값으로 열출력을 계산한다.

$$Q_H = m \times C_V \times \Delta T \quad (3)$$

이때,

$Q_H$  : 열출력(kW)

$m$  : 물 유량(Kg/h)

$C_V$  : 물 비열,  $1.162 \times 10^{-3} (\text{kWh/kg}^\circ\text{C})$

$\Delta T$  : 공급온도와 환수온도의 차( $^\circ\text{C}$ )

b) 열 효율시험

유닛의 열효율 계산은 다음 식(4)을 따라 계산한다.

$$\eta_h = 3.6 \frac{Q_h}{(H_f \times F_f)} \times 100 \quad (4)$$

이때,

$\eta_h$  : 열효율(%)

$H_f$  : 연료의 총 발열량(MJ/kg)

$F_f$  : 연료 소비량(kg/h)

3.7 종합효율 시험

종합효율은 전기효율과 열효율의 합으로 다음 식(5)을 따라 계산한다.

$$\eta_{total} = \eta_e + \eta_h \quad (5)$$

3.8 부하운전 및 연속운전 시험

a) 부하운전 시험

유닛의 사용연료에 따라 KS B 8101에서 규정하는 시험가스 조건 P-2 또는 R-2로 한다. 유닛을 측정장치에 연결하고 시험은 유닛이 안정상태에서 표 8에 나타내는 전기부하와 시험시간이상으로 3회 측정하여 유닛의 부하에 따라 사용된 시간에 따른 가스 소비량의 적산값의 평균값으로 구한다. 유닛의 부하는 0 %, 50 %, 100 % 순으로 측정한다.

표 8. 전기부하 및 시험시간

전기부하(%)	시험시간(분)
0	10
50	10
100	30

## b) 연속운전 시험

유닛의 사용연료에 따라 KS B 8101에서 규정하는 시험가스 조건 P-2 또는 R-2로 한다. 시험은 유닛이 거의 안정상태로 1시간 연속 운전하고, 측정은 시험 시작 및 60분마다 1회, 총 3회 실시한다.

## 3.9 배출가스 시험

## a) CO 농도

유닛의 사용연료에 따라 KS B 8101에서 규정하는 시험가스 조건 P-2 또는 R-2로 한다. 유닛의 작동상태를 표시 가스소비량이 되도록 하고, 온수 공급 온도를  $(60 \pm 2)^\circ\text{C}$ 로 조절(다만, 유닛 설계상 이 온도에 도달하지 않는 경우는 제조자가 표시하는 최고 온수 온도 조건으로 한다.)하며, 온수 환수온도는 온수 공급 온도와의 차이가  $(20 \pm 1) \text{K}$ 가 되도록 조절한다. 다만, 유닛 제어 시스템의 설계가 20 K의 온도차를 유지하여 정확하게 작동하지 않는 경우, 제조자가 명시한 온도차에 따른다. 연소 배출 가스의 채취 및 채취 위치는 유닛의 배기구로부터 500 mm 이내의 위치에서 시료 가스를 600 mL 이상 채취하여, 실온과 거의 같은 온도가 되기를 기다려 CO를 측정한다. 이 경우, 채취한 연소 가스 속의  $\text{CO}_2$ 농도는 원칙적으로 액화 석유 가스용 유닛에 대해서는 1.5 % 이상, 도시가스용 유닛에 대해서는 1.2 % 이상으로 하며 다음 식 (6)에 따라 산출한다.

$$CO = CO_a \times \frac{O_{2t}}{O_{2t} - O_{2a}} \quad (6)$$

다만, 시험가스의 성분이 확인되어 있는 경우는 건조 연소가스 중의 CO 농도 및  $\text{CO}_2$  농도를 측정하고 다음 식(7)에 따라 산출해도 된다.

$$CO = CO_a \times \frac{CO_{2\max}}{CO_{2a} - CO_{2t}} \quad (7)$$

이때,

$CO$  : 이론 건조연소가스중 CO농도(%)

$CO_a$  : 건조 연소가스 중 CO 측정값(%)

$O_{2t}$  : 급기구 분위기 중의  $\text{O}_2$ 농도 측정값(신성한 공기일 경우 21%)

$O_{2a}$  : 건조 연소가스 중  $\text{O}_2$  측정값(%)

$CO_{2\max}$  : 이론 건조 연소가스의  $\text{CO}_2$ (%)

$CO_{2a}$  : 건조 연소가스 중  $\text{CO}_2$  측정값(%)

$CO_{2t}$  : 급기구 분위기 중  $\text{CO}_2$  농도 측정값(%)

## b) NOx 농도

시험 가스는 도시가스의 경우 R-2, LP가스의 경우 P-2로 한다. 실내 온도는  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ , 습도는  $(10 \pm 5) \text{g/kg}$ 로 한다. 유닛의 작동상태를 표시 가스소비량이 되도록 하고, 온수 공급 온도를  $(60 \pm 2)^\circ\text{C}$ 로 조절(다만, 유닛 설계상 이 온도에 도달하지 않는 경우는 제조자가 표시하는 최고 온수 온도 조건으로 한다.)하며, 온수 환수온도는 온수 공급 온도와의 차이가  $(20 \pm 1) \text{K}$ 가 되도록 조절한다. 다만, 유닛 제어 시스템의 설계가 20 K의 온도차를 유지하여 정확하게 작동하지 않는 경우, 제조자가 명시한 온도차에 따른다. 연소 배출 가스의 채취 및 채취 위치는 유닛의 배기구로부터 500 mm 이내의 위치에서 시료 가스를 600 mL 이상 채취하여, 실온과 거의 같은 온도가 되기를 기다려  $\text{NO}_x$ 를 측정하고  $\text{NO}_{x,o}$  식(8)에 따라 산출한다.

$$NO_{x,o} = NO_{x,m} + \frac{(0.02NO_{x,m} - 0.34) \times (h_m - 10)}{1 - 0.02(h_m - 10)} + 0.85(20 - T_m) \quad (8)$$

이때,

$NO_{x,m}$  : (50 ~ 300)mg/kWh의 범위에서  $h_m$  및  $T_m$ 의 조건에서 측정된  $\text{NO}_x$  측정값(mg/kWh)

$h_m$  :  $(10 \pm 5) \text{h/kg}$ 의 범위 내에서 측정하는 동안의 습도(g/kg)

$T_m$  :  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 의 범위 내에서 측정하는 동안의 온도( $^\circ\text{C}$ )

$NO_{x,o}$  : 기준 조건으로 보정한  $\text{NO}_x$  측정값(mg/kWh)

### 3.10 안전장치 시험

#### a) 일반사항

이 시험은 실제 동작 또는 모의 신호에 의해 해당 보호 장치가 작동하는 것을 확인하고 보호 장치의 설정값을 기록한다. 다만, 이 시험은 보호 장치의 작동원인을 재현하고 실시하는 것이 바람직하지만, 위험을 수반하여 시험이 어려운 항목에 대해서는 유닛에 이상 상태에 해당하는 설정값을 검출기에 주는 방법으로 수행할 수 있다.

#### b) 냉각수 온도 상승 안전장치 시험

가스엔진의 냉각에 냉각수를 사용하는 것에 한하여 실시하며, 제조자가 표시한 온도 이상에서 안전장치가 작동하는지 확인한다.

#### c) 윤활유 압력 저하 안전장치 시험

윤활유를 사용하는 것에 한하여 실시하며 제조자가 표시한 압력 이하에서 안전장치가 작동하는지 확인한다.

#### d) 과속 안전장치 시험

가스엔진의 제조자가 정한 최대 안전속도를 초과하였을 때 안전장치가 작동하는지 확인한다.

#### e) 비상정지 안전장치 시험

유닛의 전원을 차단하였을 때 가스 통로를 차단하고, 다시 통전이 되었을 때에 자동으로 가스 통로가 열리지 아니하거나, 재점화되는 안전장치를 갖추었는지 확인한다.

### 3.11 전력계통 연계 시험

#### a) 동기투입 제어시험

동기 투입 제어 시의 전압 및 주파수의 조정이 원활하다는 것을 확인한다. 계통 투입 시 투입 위상각

이 제조자가 설정한 허용값 이내인 것을 확인한다. 병렬 회로 차단기 또는 개폐기의 투입 시간이 제조자가 설정한 시간 이내인 것을 확인한다.

#### b) 발전출력 제어시험

병렬 운전 시의 발전출력 및 출력 조정 작업의 안정성을 확인한다. 상용 전력계통과 연계 운전 시에 정격 전기출력에서 제조자가 표시한 최저 전력출력까지 발전출력을 변경하거나 그 반대 작업이 원활하며, 또한 어느 범위의 발전출력에 있어서도 안정된 운전을 할 수 있는 것을 확인한다. 발전출력 운전은 설정된 발전출력을 유지하고 안정된 운전을 할 수 있는 것을 확인한다. 수전전력 운전은 전력부하의 변화에 대응하여 발전출력이 원활하게 변화하여 수전전력이 설정된 전력으로 유지되는 것을 확인한다. 역 조류를 하지 않는 유닛은 전력부하를 변화시켜, 상용 전력 계통에 역 조류가 발생하지 않는 것을 확인한다.

#### c) 발전기 역률 제어시험

상용 전력계통과 연계 운전 시에 제조자가 표시한 최저 전력출력에서 정격 전기출력 범위에서 역률 제어 장치로 발전기의 역률이 설정된 역률에서 안정된 운전을 할 수 있는지 확인한다.

### 3.12 병렬 운전 시험

여러 대의 유닛을 전기적으로 접속된 시스템으로 운전이 확인된 후 각 유닛 정격 전기출력을 유닛 제조자가 표시한 자립 운전부하 범위에서 부하를 변화시켜 각각의 발전출력의 분담 및 그 안정성을 확인한다. 각각의 유닛을 정격 전기출력의 75%에서 병렬 운전하고 정격 주파수 및 정격 전압으로 조정한다. 조정 후 부하만을 변화시켜 각 유닛의 정격 전기출력에 의한 비례부하와 각기의 출력과의 차이를

확인 기록한다. 부하를 변화시키는 단계의 예는 75 % → 50 % → 20 % → 50 % → 75 % → 100 % → 75 % 와 같다.

#### 4. 결론

현재 세계적으로 건물용 열병합발전 시스템을 주도하고 있는 국가는 일본과 독일이며, 공교롭게 이 두개의 국가에서 제정한 표준이 이 시스템의 대표적인 표준(EN 50465, JIS B 8122)으로 알려져 있다. 이 표준들은 전기 출력 범위에 대해서 제한하고 있지 않지만, 가스 엔진을 사용하는 열병합시스템으로 적용하고 있다.

이에 반해 우리나라 국가표준인 KS에서는 현재까지 가정용 열병합발전 시스템에 대한 표준을 개발하였지만, 건물용 열병합발전 시스템에 대한 표준이 없는 상태이며, 제조업체에서는 국외표준을 이용하여 연구개발을 진행하고 있는 실정이다. 따라서 본 논문은 우리나라의 실정에 맞는 건물용 열병합발전기에 대한 가스소비량 시험, 소비전력 시험, 전기 성능 시험, 열 성능 시험, 종합 효율 시험 등과 같은 성능시험방법에 대하여 제안하여 제조업체의 기술 기준을 새롭게 정립하고 사용자의 안전을 지키는 것에 목적이 있다.

#### 감사의 글

본 연구는 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행한 연구과제(No. 20162010104240)입니다.

#### 참고문헌

- [1] F. Salgado and P. Pedero, "Short-term operation planning on cogeneration system: A survey," "Electric power system research," Vol. 78, pp. 835-848, 2008.
- [2] 한국에너지공단 "열병합발전 기술 가이드북," pp. 20-23, 2003.
- [3] EN 50465:2015 "European product standard for combined heating power systems using gas fuel," 2015.
- [4] 최정희 "공동주택의 열병합발전 시스템 운전패턴에 따른 경제성분석에 관한 연구," 경북대학교대학원 석사학위 논문, pp.4-6, 2007.
- [5] JIS B 8122:2009 "Test methods for measuring performance of cogeneration unit"
- [6] EN 13203-4:2016 "Gas-fired domestic appliances producing hot water - Part 4: Assessment of energy consumption of as combined heat and power appliances (mCHP) producing hot water and electricity"