

가스엔진 구동 건물에너지 통합 공급시스템 개발을 위한 기술동향 사례연구

Integrated Building Energy Supply System : An Overview of Technical Trends for Gas Engine Driven Combined Heat and Power System

박병용(Beungyong Park), 정용대(Yongdae Jeong), 신현철(Hyunchul Shin), 조진균(Jinkyun Cho)[†]
한국건설생활환경시험연구원, 에너지환경사업본부

Construction & Energy Business Division, Korea Conformity Laboratories, Jincheon, 27872, Korea

(Received August 29, 2017; revision received September 25, 2017; Accepted: September 27, 2017)

Abstract Power consumption in Southeast Asia is steadily increasing due to industrialization and the effects of hot and humid climates. However, there are not enough energy generation facilities and infrastructures to meet the growing demand because it is difficult to secure the construction and operation costs of the transmission and distribution systems.

This study aims to develop a gas engine driven heat pump system that supplies heating, cooling and electric power to buildings. This system, besides its normal function to produce heat, has the capacity to generate electricity on a household level. This paper investigates similar cases overseas before developing the system. Through the investigation of commercialized similar systems, the level of technology and market trend of development system were identified. Features and specifications of commercial and industrial systems will be used for system development.

Key words Building energy supply system(건물에너지 통합 공급 시스템), Gas engine(가스엔진), Gas heat pump(가스히트펌프), Combined heat and power system(열병합발전시스템)

[†] Corresponding author, E-mail: jinkyun.cho@kcl.re.kr

1. 서 론

글로벌 기후변화에 대한 대응으로 2015년 UN 파리협정에서는 “혁신미션(Mission Innovation)” 선언을 통한 청정에너지 기술혁신을 가속화하고 에너지의 안정적 공급과 경제성장 도모를 결의하였다. IEA(International Energy Agency) 보고에 따르면 에너지 소비 부분의 이산화탄소 배출량은 세계 온실가스 배출량의 약 60%이며, 배출량 증가가 개도국의 에너지 소비 증가에서 비롯되고, 향후의 인구증가와 경제 성장을 감안하면 개도국의 온실가스 배출 증가는 지속될 것으로 전망하였다.⁽¹⁾ 개도국의 경우 화력발전에 의한 발전량이 주요 전력공급처이며, 산업화와 기후변화의 영향으로 전력소비량은 지속적으로 증가하고 있지만 경제발전에 비해 전력공급 인프라의 건설비 및 운영의 한계가 있어 충분한 에너지 발전시설을 확보하지 못하고 있다. 특히, 동남아시아를 중심으로 도서지역이 많은 말레이시아, 인도네시아, 태국 등의 국가에서 주요 문제로 대두되고 있다. 부실한 송전설비 및 부족한 전력 인프라로 인해 발생하고 있는 동남아시아 지역의 전력수급 문제를 완화하고 수요 지역에서 중앙집중형 시설 활용의 한계점을 극복하는 대안이 필요하다. 이에, 지역적 특성과 전력공급 인프라의 한계성을 극복하고 안정적 전력 및 에너지 공급을 위한 고효율 에너지 기기 시장의 성장이 예상된다. 이에 국내 기업의 동남아 시장 진출을 위한 독립형 에너지 공급시스템의 시장현황 및 냉난방 에너지 공급시스템의 기술개발 현황에 대한 연구조사 자료가 요구 될 것으로 판단된다. 본 기술 논문은 수출형 건물에너지 통합 공급시스템 개발을 위해 가스엔진 구동 발전 및 냉·난방 시스템에 대한 기술현황을 조사하였다.

2. 독립형 에너지 공급 시스템의 적용성

2.1 독립형 발전 시스템의 시장규모

전력공급 시스템은 발전소에서 생산된 전기를 사용자에게 공급하는 기존의 단일방향 전력 서비스에서 사용자가 직접 전기를 생산하고 공급자 역할까지 하는 새로운 방식으로 변화하고 있다. 마이크로그리드(Micro-grid)는 소비자가 생산하는 전기에너지를 활용 에너지 네트워크를 통한 양방향 전력 서비스를 실현하는 구조이다. 마이크로그리드는 태양광, 에너지 저장장치(ESS), 가스발전 등 독립적인 발전이 가능한 시스템이 에너지 소비 고객층과 커뮤니티 단위의 그리드(전력망)로 연결된 것으로 설명 할 수 있다. 현재 주거용 건물에 사용되어지는 10 kW 미만의 용량부터, 상업용으로 사용되는 50~100 kW 용량까지 다양한 규모로 대학교, 병원, 상업 및 산업 시설, 군사기지, 데이터 센터 등에 보급되고 있다. 또한, 시장조사 분석 자료에 따르면 2012년부터 2018년까지 시장의 규모가 5배 확대 될 것으로 전망하고 있다.⁽²⁾ Fig. 1은 해당 동향분석 자료의 연도별 마이크로그리드 설치용량 및 시장규모를 나타낸다. 최근에는 인구밀도가 낮고, 국가전력망의 접근성이 어려운 동남아시아, 아프리카, 남미지역이 새로운 적용 대상으로 관심을 받고 있으며, 2020년 마이크로그리드 시장규모는 약 200억 달러, 4,000 MW로 연평균 30%씩 성장 할 것으로 보고되고 있다.⁽²⁾

2.2 독립형 발전 시스템 도입의 타당성 분석

IEA의 보고서에 따르면 2012년 기준 전 세계적으로 총 발전량의 8.8% 수준인 1,880 TWh의 전력이 송배전 도중에 손실되는 것으로 보고하고 있다. 송배전 간 발생하는 손실은 그리드의 효율, 송전거리 및 기타 요소들의 영향을 받게 되며, 개발도상국 중 낮은 인구밀도 및 노후된 인프라를 갖춘 일부 국가를 중심으로 큰 손실률을 보는 것으로 나타났다. Fig. 2는 총 세계 각 지역의 송배전 손실률을 나타낸다.⁽³⁾

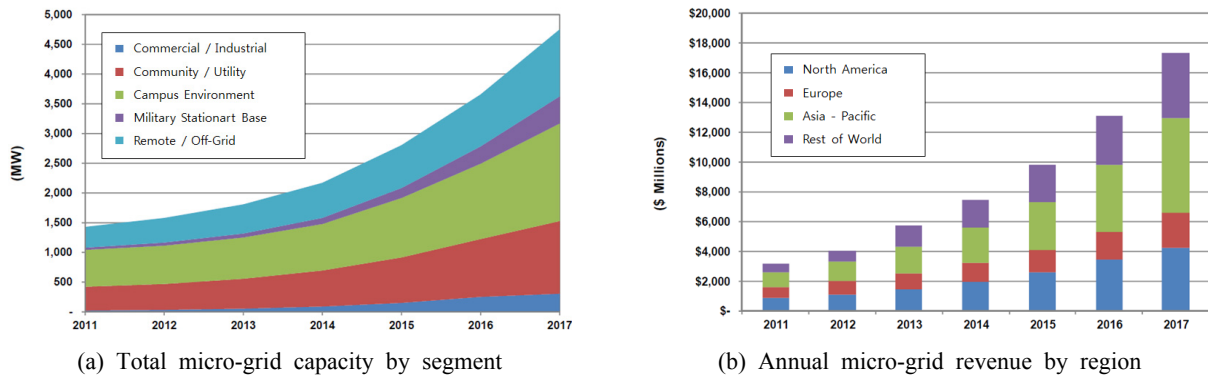


Fig. 1 Micro-grid world markets : 2011~2017(Source : Pike Research).

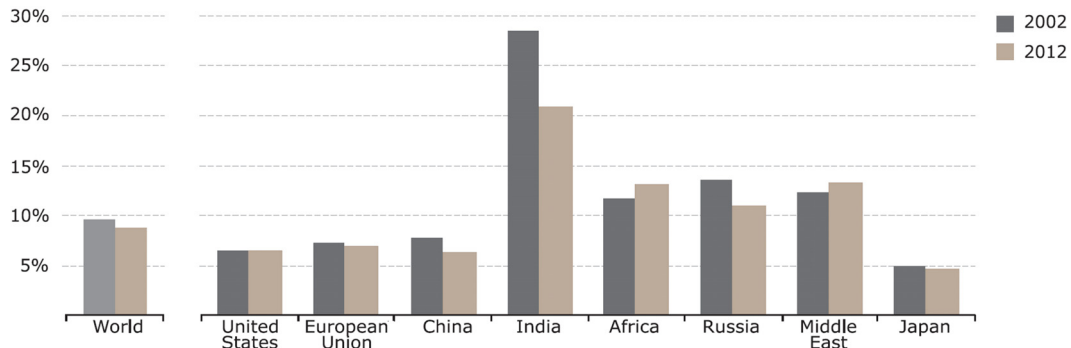
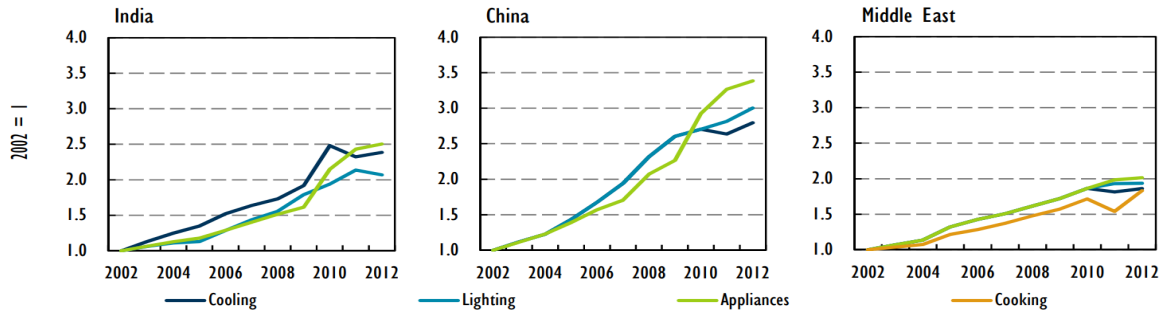


Fig. 2 Transmission and distribution loss factor in world(Source : IEA, WEO 2014).



Note : The share of electricity use in cooking in India and China is minimal compared to other end-uses, primarily because large portions of the populations still rely on traditional biomass for cooking.

Fig. 3 Growth in residential electricity consumption by end-use in India, China and the Middle East(Source : IEA, ENERGY EFFICIENCY Market Report, 2015).

최근에는 손실을 줄이기 위한 방안으로 분산형 전력공급 및 유동적인 전력생산을 위한 다양한 방법을 수행중이다. 하지만 높은 경제성장과 인구증가 및 각종 전력사용량이 높은 기기사용 등의 증가로 인해 급증하는 전력수요를 공급이 따라잡지 못하는 상황이다. Fig. 3은 인도, 중국, 중동 지역 주거용 건물에서의 전력소비 증가율을 나타낸다. 가전제품의 보급률이 높은 OECD 국가와 비교하여 개발도상국에서는 매년 큰 폭으로 가전제품의 보급률 및 가정용 에너지 소비량이 증가하는 것으로 확인되었다. 2002년 이후 가전제품의 에너지 소비량은 인도에서 250%, 중국에서 338%, 중동에서 200% 증가하는 것으로 나타났다.⁽⁴⁾

도서지역이 많고 전력인프라가 부족한 동남아시아 지역에서도 위와 같은 전력부족 문제가 국가적인 문제로 부상하고 있다. 대표적으로 인도네시아는 말레이군도에 위치한 17,509개의 섬으로 이루어져 있고, 이 중 6,000개의 섬에 사람이 거주하고 있다. 인도네시아는 세계 5위의 석탄 생산국, 12위의 천연가스 생산국 그리고 22위의 석유생산국으로 풍부한 에너지를 보유하고 있지만 전기보급률은 72.9%(2011년 기준)로 ASEAN국가 중 7위에 해당되며 ASEAN 평균인 77.6%보다 낮은 수치를 기록하고 있다.^(5, 6)

동남아시아 지역의 급증하는 전력수요를 충족시키지 못하는 국가를 대상으로 실시하고 있는 전력기자재 수출은 브랜드 인지도가 높은 일본, 미국, 유럽, 중국 등의 기업들이 우위를 점하고 있는 실정이다. 국내에서도 동남아 지역의 전력시장이 확장함에 따라 시장진출을 위해 다양한 해외산업을 추진하고 있다. 한국발전공사에서는 중동, 동남아시아, 아프리카, 중남미 등을 포함하여 22개국에서 사업을 수행하고 있으며, 발전사업 외에도 개도국의 전력망 개선을 위한 송·배전사업과 안정적인 에너지 공급을 위한 자원개발사업 등을 추진하고 있다.⁽⁷⁾

Table 1 Electricity generation by fuel in Southeast asia(TWh)

	1990	2013	2020	2040	Share		CAAGR*
					2013	2040	2013-2040
Fossil fuels	120	648	925	1699	82%	77%	3.6%
Coil	28	225	482	1097	32%	50%	5.6%
Gas	26	349	406	578	44%	26%	1.9%
Oil	66	45	36	24	6%	1%	-2.2%
Nuclear	-	-	-	32	-	1%	N/A
Re-newables	34	141	180	481	18%	22%	4.7%
Hydro	27	110	119	255	14%	12%	3.2%
Geothermal	7	19	27	58	2%	3%	4.2%
Bioenergy	1	10	22	75	1%	3%	7.7%
Other**	-	2	12	93	0%	4%	16.0%
Total	154	789	1104	2212	100%	100%	3.9%

*Compound average annual growth rate, ** Includes wind and solar PV.

Table 1은 2013년 기준 동남아시아 지역의 에너지원별 발전량과 2040년까지의 에너지원별 발전량 추이를 나타낸다.⁽⁸⁾ 재생에너지 도입을 통한 발전량 확보를 계획 하고 있지만 2040년 가스를 이용한 전체발전량은 약 25%를 유지 할 것으로 예상된다.

3. 에너지 통합 공급시스템 기술동향

3.1 국내 선행연구 조사

가스엔진을 원동기로 이용하여 발전기와 냉동사이클을 구동시키는 에너지 통합 공급시스템의 개발을 목적으로, 관련 시스템의 선행된 국내연구를 조사하여 시스템 개발을 위한 기술트리를 검토하였다. 가스엔진 구동 히트펌프의 기능은 기존 냉방과 난방이외 발전기능을 부착하여 기기에 필요한 기본전력을 공급하거나, 기기외부에 전력을 공급하는 기능도 있다. 이에, 국내에 발표된 논문 및 관련특허에 대한 선행 연구를 조사하였다. 1997년부터 2017년 사이의 20년간 국내에 게재된 관련 키워드 별 논문을 조사하였으며, 가스히트펌프(GHP, Gas heat pump) 시스템, 전기히트펌프(EHP, Electric heat pump) 시스템, 건물에서 이용하는 소형 열병합발전(CHP, Combined heat and power) 시스템을 범주로 하여 조사하였다. 조사된 논문은 GHP 시스템(49편), EHP 시스템(17편), 소형 CHP 시스템(25편)으로 구분되며, 해당 논문은 기술분야와 연구방법에 따라 분류하였다. 기술분야 분류에서는 요소기술, 제어기술, 성능예측, 경제성, 자료조사로 구분하였으며, GHP 시스템의 요소기술 관련 논문을 세분화하여 구동부, 제어부, 폐열회수, 운전특성, 냉매로 다시 구분하였다. 연구방법에 따른 구분에서는 설계, 해석, 실험, 실증논문으로 구분하여 정리하였다. Fig. 4의 GHP 관련 선행연구는 시스템의 효율증진을 목적으로 한 요소기술 개발 관련 논문이 51%로 가장 많았으며, 그 뒤로 경제성 분석논문이 22%, 제어기술 관련 논문이 16%로 나타났다. 요소기술 관련 선행된 연구의 세부내용은 엔진 및 구동계 등의 제어방법 변화 및 작동조건 변화에 따른 성능분석 관련 논문이 가장 많았으며, 부하의 특성과 같은 특정 외부조건에서의 운전특성 변화에 따른 성능분석을 수행한 연구들이 그 뒤를 이었다. 연구 방법에 따른 GHP 시스템의 구성은 Fig. 5와 같다. EHP 시스템 및 CHP 시스템의 연구방법과 비교하여, 개발된 시스템을 이용하여 실험을 수행하는 논문(37%)과 해석을 이용하는 논문(53%)으로 분석되었다.

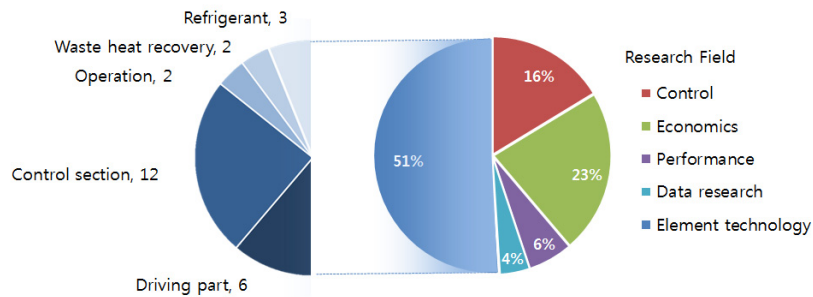


Fig. 4 Previous studies related to gas heat pumps system by research fields.

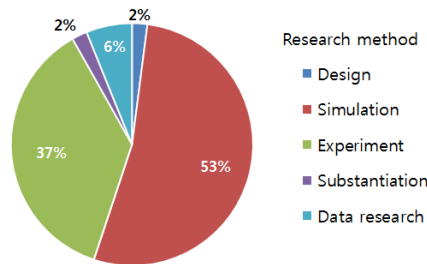


Fig. 5 Previous studies related to gas heat pumps system by Research methods.

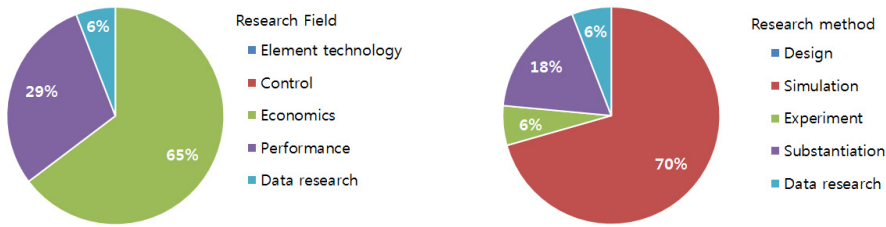


Fig. 6 Analysis of previous studies related to electronic heat pump system.

선행의 GHP 시스템 관련 연구를 살펴보면 기존 상용화 시스템의 효율을 증진시키기 위한 요소기술 및 제어 기술의 개발을 목적으로 하는 논문들이 주를 이루었으며, 실험, 평가를 통해 특정 건물을 대상으로 한 시스템의 성능특성을 분석하거나 실증실험을 위해 시뮬레이션을 이용한 수치해석을 수행하는 연구가 진행되었다.

Fig. 6의 EHP 시스템 관련 선행연구는 타 냉난방 시스템과의 비교검토를 통해 에너지 소비량을 비교하여 경제성을 분석하는 논문이 65%로 과반수 이상을 차지하였으며, 실제 건물에서 사용되고 있는 EHP 시스템의 특성을 반영하여 실증 시스템이 설치된 건물단위의 에너지 소비패턴 분석을 통해 에너지 절약을 시도하는 논문들이 있었다. 관련 논문의 연구방법에서는 타 논문의 연구방법과 마찬가지로 시뮬레이션을 이용한 수치 해석 연구가 가장 많았으며, 보급률이 높은 시스템의 특성을 반영하여 실증설비를 이용하여 연구를 진행한 논문이 그 뒤를 이었다. EHP 시스템을 키워드로 이용하는 논문의 주제를 분석해보면 EHP 시스템을 직접 연구하는 논문보다는 신재생에너지 시스템 및 에너지절약을 위한 타 개발시스템의 에너지 절감 및 효율증진을 위해 EHP 시스템을 비교 군으로 선정하여 비교하는 논문이 더 많은 것으로 나타났다.

소형 CHP 시스템의 선행연구 분석 통계 결과는 Fig. 7과 같다. 건물 단위의 CHP 시스템은 일반적으로 건물의 에너지 공급을 위한 소형 CHP 시스템과 세대단위의 micro-CHP 시스템으로 구분되며, 소형 CHP 시스템 관련 논문은 2000년대 중반 이후 등장하였다. 소형 CHP 시스템의 선행연구는 연구개발 단계에서 수행되는 설계 조건 별 시스템의 성능 및 경제성분석과 요소기술에 따른 성능분석 관련 논문이 주가 되며 실험 보다는 시뮬레이션 등을 이용한 수치해석이나 기초 조사연구가 수행되었다.

가스엔진을 이용한 단일 시스템으로 냉방, 난방, 발전성능 및 엔진과 압축기 연동설계, 신재생에너지 연계 기술에 대한 234건의 특허분석을 실시하였다. 엔진설계, 삼중 열병합, 최적설계, 소음진동, 배열회수, 통합 제어 등의 관련 특허가 조사되었고 Fig. 8은 개발 기업별 기술개발 현황을 나타낸다. 1.0 kW급 가정용 CHP 특허가 105건으로 H사가 보유하고 있으며, CHP 시스템의 배열회수, 통합제어 기술에 대한 특허등록 수는 Y사, L사 순으로 나타났다.

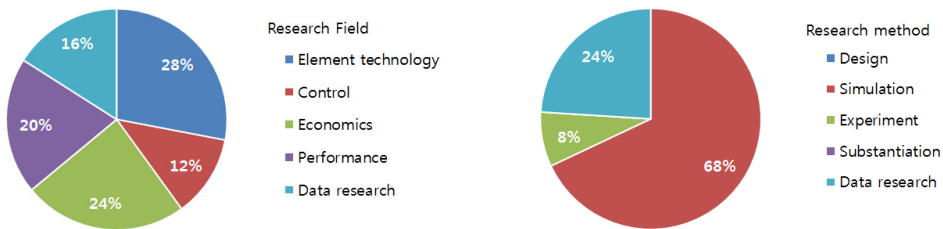


Fig. 7 Previous studies related to CHP(combined heat and power) system.

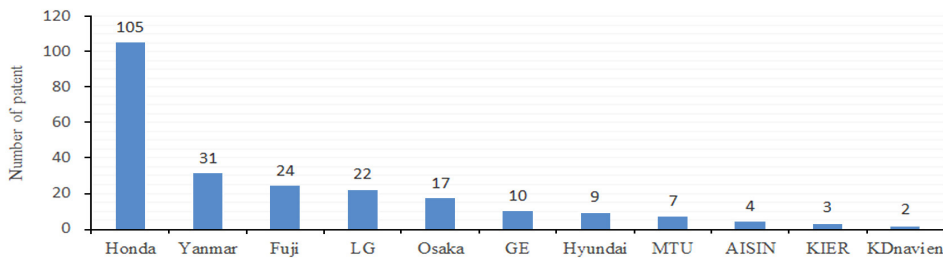


Fig. 8 Number of gas engine system's patent by vendors.

3.2 국내외 가스엔진이용 냉·난방 시스템 현황

GHP 시스템의 종류는 빌딩용 멀티, W멀티, 냉·난방 동시운전, 패키지, 가정용, 하이파워 멀티시스템 등으로 구성된다.⁽⁹⁾ Table 2에는 GHP 시스템의 특성에 따른 능력별 구성을 나타낸다.⁽⁸⁾ 빌딩멀티시스템은 최대 24대의 실내기의 개별제어 및 집중제어가 가능하다. W멀티 시스템은 실외기를 둘 또는 셋 조합으로 적정 용량 분배 운전이 가능하며, 큰 부하 차이에도 효율적으로 대응 가능하며, 점검 시에도 수동 백업 운전 등이 가능하다.

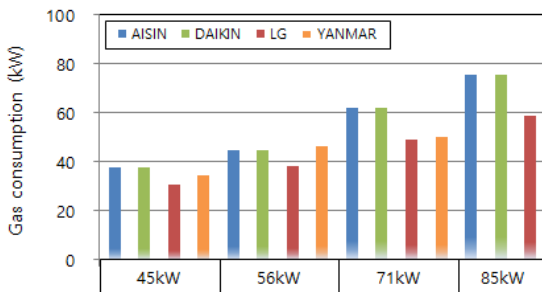
냉·난방 동시운전 시스템은 1대의 실외기를 운전하면서 냉난방 동시운전이 가능하며, 단일건물에서 냉·난방 동시 발생하는 용도인 호텔 등에 효율적이다. GHP 시스템의 구성은 가정용 이외 냉·난방 용량범위는 45~84 kW이다.⁽¹¹⁻¹⁵⁾ 시장 점유율이 높은 주요 제조사의 공개 자료를 바탕으로 가스엔진 구동에 따른 냉·난방 운전모드의 가스소비량을 조사하였다. 또한, 시스템의 구성에 따라 발전기능 탑재 유무에 따른 가스 소모량, 소비전력 조사결과를 분류하였다. Fig. 9는 발전기능이 없는 GHP 시스템의 냉방, 난방 모드에 따른 용량별 가스소비량을 나타낸다. 가스소비량은 JIS B 8627(가스히트펌프 냉난방기)에 의해 측정된 시험치 이다. 냉방, 난방 모두 국내 L사가 높은 연료효율을 나타내었다. Fig. 10은 발전기능이 없는 GHP 시스템의 냉방, 난방 모드에 따른 용량별 전기소비량을 나타낸다. 전기소비량은 엔진초기 운전시작 및 대기전력을 포함한 소비량이며 A사와 D사의 경우 0.6~0.7 kW(정격냉방 45 kW 경우의 1% 에너지)로 분포되었으나 L사의 경우 1.9 kW(정격냉방 45 kW 경우의 4% 에너지)가 소비되는 것으로 나타났다.

Fig. 11은 발전기능이 있는 GHP 시스템의 냉방, 난방 모드에 따른 용량별 가스소비량을 나타낸다. 조사범위에서 발전기능이 있는 국내 제조사는 없는 것으로 나타났다. 발전기능이 있더라도 발전전력을 사용하여 GHP 운전하느냐, 전력망의 전기에너지를 소비하여 운전하느냐에 따라 결과는 상이 하였다. 발전전력을 이용하여 운전여부에 따라 4~5%정도 가스소비량에 차이가 나타났다. Fig. 12에는 발전기능이 있는 GHP의 냉방, 난방 모드에 따른 용량별 전기소비량을 나타낸다. 냉난방 모드에 따라 발전기능이 없는 제품은 0.65~1.73 kW의 전기에너지 소비가 나타났으며, 발전전력을 이용한 제품은 0.03~0.30 kW의 전기소비를 나타냈다.

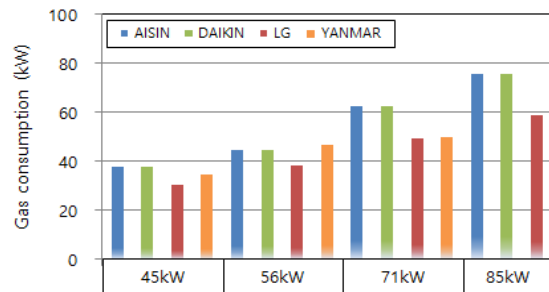
Fig. 13(a)는 메이커별 발전기 없는 모델의 용량에 따른 냉난방 성적계수(Coefficient of Performance, 'COP'를 나타내며, (b)는 발전기 설치 모델군의 용량에 따른 냉난방 COP를 나타낸다.

Table 2 Types of GHP product(factory line-up)

Line Up	kW	8.0	14	18	22.4	28	35.5	45	50	56	67	71	84	90	101	112	142
	HP	3	5	7.5	8	10	13	16	18	20	24	25	30	32	36	40	50
Multi-Type					○	○	○	○		○	○	○	○				
W Multi									○	○		○	○	○	○	○	○
Simultaneous Cooling/Heating							○	○		○	○						
Package-Type			○			○				○			○				
Room-Type		○															
High-power Multi-system							○	○	○	○		○	○	○	○	○	○

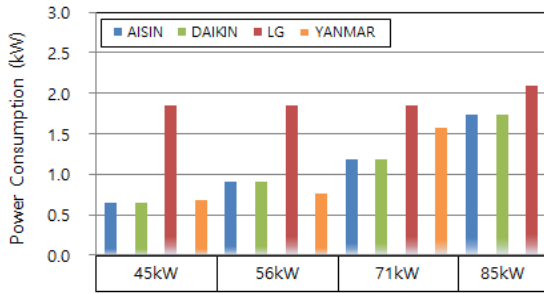


(a) Gas consumption in cooling mode

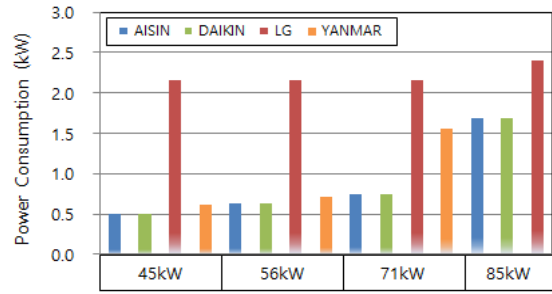


(b) Gas consumption in heating mode

Fig. 9. Gas consumption of GHP with no power generation function.

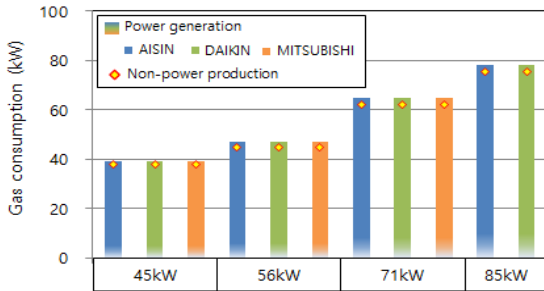


(a) Electric power consumption in cooling mode

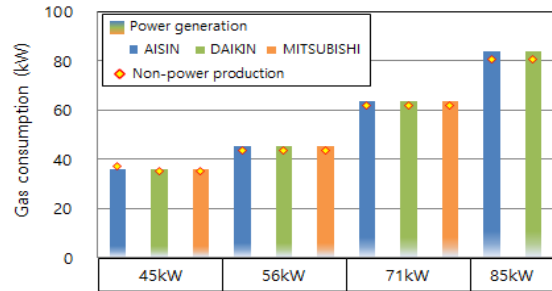


(b) Electric power consumption in heating mode

Fig. 10 Electric power consumption of GHP with no power generation function.

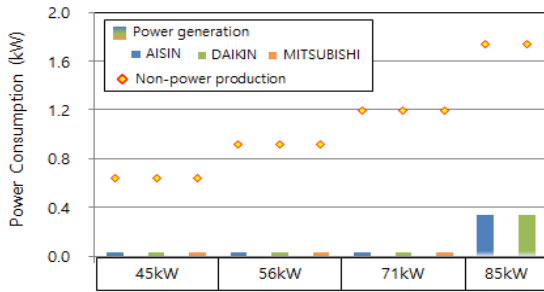


(a) Gas consumption in cooling mode

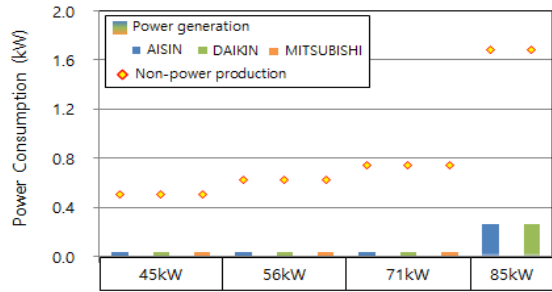


(b) Gas consumption in heating mode

Fig. 11 Gas consumption of GHP with power generation function.

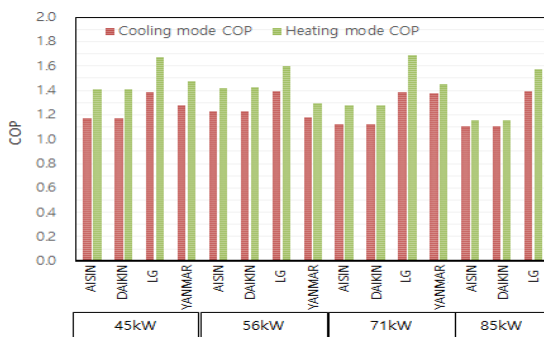


(a) Gas consumption in cooling mode

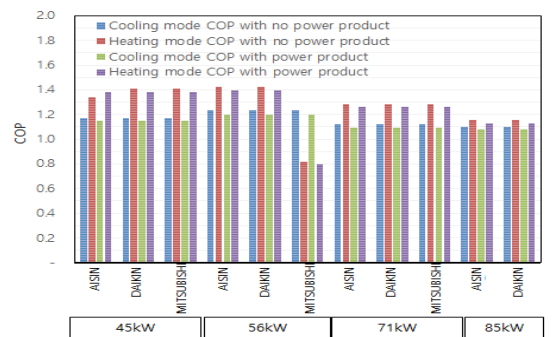


(b) Gas consumption in heating mode

Fig. 12 Electric power consumption of GHP with power generation function.



(a) COP with no generator installed model



(b) COP with generator installed model

Fig. 13 COP of GHP with generator installed conditions.

전 시스템 용량에서 냉방모드 보다 난방모드의 COP가 높으며, 발전기가 없는 모델은 L사의 냉난방 최대 COP 1.6~1.7로 나타났다. 발전기가 설치된 제품은 발전생산 전력을 사용한 기능이 COP가 높게 나타났다. 그러나, M사의 56 kW용량의 제품은 발전전력을 사용하지 않은 운전이 COP가 높게 나타났다. 기능적 측면에서의 조사결과 냉난방을 위한 GHP 시제품이 판매되고 있으며, 가스엔진 및 발전기를 통한 전기를 생산 하는 제품군도 발전을 통한 전기공급의 목적이 아닌 자가운전을 위한 최소전기 생산을 목적으로 발전기가 설치되어 있다.

4. 에너지 통합 공급시스템의 개발 방향

현재까지의 기술의 국내논문, 해외특허, 국내 외 시제품의 사양 검토를 통하여 가스엔진 이용 에너지 통합 공급시스템은 다음과 같은 개발 목표설정이 필요하다. ①가스엔진을 원동기로 발전기와 냉동사이클 압축기를 구동하여 건물에 냉난방 및 전력을 공급하고, ②엔진의 배열을 회수하여 온수를 공급기능을 구현한다. Fig. 14는 개발에 필요한 에너지 통합 공급시스템의 개념도를 나타낸다.

전기생산기능을 확보하는 것을 큰 핵심기술로 선정하고 수출형으로 개발하기 위하여 엔진의 파워증대 및 냉·난방 및 전력량의 부하 매칭에 따라 엔진의 효율을 분배하는 하드웨어, 발전기, 히트펌프 제어기술, 엔진열 회수를 위한 폐열회수기술 등이 요구될 것으로 판단된다. 현 기술수준 이상의 제품 개발을 위하여 냉난방 COP 1.7 이상, 발전량 50 kW 이상의 고효율 제품의 개발 목표의 설정이 필요 할 것으로 판단된다.

5. 결 론

본 기술논문에서는 건물의 전력수급 문제 및 냉·난방의 효율적인 공급을 위하여 수출형 가스엔진 구동 에너지 통합공급 시스템의 개발범위 및 목표설정을 위하여 기술현황을 조사하였다. 독립형 발전시스템의 동남아 국가의 타당성 분석 결과, 경제발전에 따른 전력난 문제 및 군도국의 지리적 특징에 따른 독립발전 시설의 필요성을 확인하였다.

- (1) 가스엔진 구동 관련 선행연구 및 특허 검토에 따르면 효율개선을 위한 논문이 51%로 가장 많았으며, GHP의 경우 EHP와 비교 검토하여 성능을 검증한 시뮬레이션 논문의 수가 많았다. 가스이용 단일 시스템은 총 234건의 특허분석 결과 1 kW급 micro CHP 기술의 특허가 가장 많이 발표 되었다.
- (2) GHP의 시장제품의 검토 결과 냉난방 용량에 따라 8~142 kW의 제품이 생산되고 있으며, 45~85 kW의 제품이 건물용도별 부하대응에 따라 실내기와 실외기를 최적화할 수 있는 많은 제품 구성을 가지고 있었다.
- (3) 수출형 가스엔진 구동 에너지 통합공급 시스템 개발의 목표는 냉방·난방 및 전력을 생산하여 공급할 수 있는 새로운 기능의 엔진과 히트펌프의 전력·열 분배 및 제어기술(엔진회전수, 히트펌프 압축기 제어 등), 엔진열 회수를 위한 폐열 회수 기술 등이 필요할 것으로 판단된다.

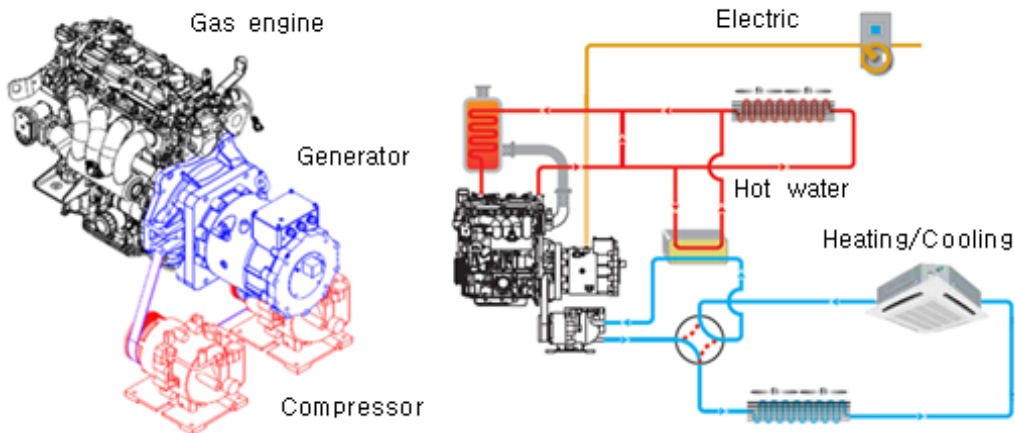


Fig. 14 Concept of development system.

추후에는 micro CHP 시제품들의 용량 및 발전효율, 엔진효율 등의 검토 상세 특히 분석을 통한 기존과의 차별성 있는 기술제안, 제어기술 제안등이 필요할 것으로 판단되며, 이에 따라 에너지 통합 공급시스템의 발전효율, 엔진효율의 성능 목표설정 및 기능검토가 요구된다.

후 기

본 연구는 2016년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 20162010104240).

References

1. International Energy Agency, 2016, CO₂ Emissions from Fuel Combustion. (https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsfromFuelCombustion_Highlights_2016.pdf, 2017. 08. 17).
2. Pike Research, 2012, Microgrids, Distributed Energy Systems for Campus, Military, Remote, Community, and Commercial & Industrial Power Applications : Market Analysis and Forecasts, Research Report.
3. International Energy Agency, 2014, World Energy Outlook 2014.
4. International Energy Agency, 2015, Energy Efficiency Market Report 2015.
5. Korea Export-Import Bank, 2014, Current status and outlook of Indonesian power industry.
6. Korea International Trade Association., 2014, Indonesia Energy Storage System(ESS) Market Report.
7. Choi, J. H. and Moon, S. C., 2015, Indonesia Low Pressure Micro Grid System Trend and Export Strategy, Monthly Electrical Journal, Vol. 461, pp. 18-25.
8. International Energy Agency, 2015, Southeast Asia Energy Outlook 2015, World Energy Outlook Special Report.
9. Kim, J. R. and Park, T. Y., 2009, The Society of Air-Conditioning And Refrigerating Engineers of Korea, Magazine of the SAREK, Vol. 38, No. 8, pp. 51-57.
10. The Society of Heating, Air-Conditioning and Sanitary Engineers of Japan, 2007, A New Technologies for Building Energy Systems in Building(ISBN : 978-4-87418-040-2).
11. ASIIN, 2017, Gas heat pump air conditioner Comprehensive Catalog(<http://www.aisin.co.jp/ghp/>).
12. DAIKIN, 2017, Gas heat pump air conditioner Comprehensive Catalog(<http://www.daikin.co.jp/aircon/>).
13. Mitsubishi, 2017, Gas heat pump air conditioner Comprehensive Catalog High efficiency internal and external (<http://www.mhi-air.co.jp/>).
14. YANMAR, 2017, GHP Comprehensive Catalog(<https://www.yanmar.com/jp/energy/>).
15. LG Electronics, 2017, LG Electronics B2B Products(<http://www.lge.co.kr/kr/business/>).