

한국전자기술연구원 전력제어시스템연구센터 소개

한국전자기술연구원(KETI)은 1991년 중소·중견기업 기술혁신과 신기술개발을 통한 신산업창출을 위해 설립된 국내 대표적인 전문생산기술연구기관으로서, 유망신산업 발굴과 육성을 위해 전자IT분야 첨단핵심기술들을 선제적으로 개발하고, 기술이전을 통해 산업계에 널리 확산시켜 기업의 기술혁신은 물론 사업화까지 지원하는 공공연구기관이다. KETI는 연구기획 단계부터 상용화 단계에 이르기까지 시장 수요에 부응하는 기술개발에 역량을 집중하여 매년 100여 건의 기술이전 및 사업화를 이루고 있으며, 다수의 연구 개발 실적, 중소기업과 벤처기업 지원 사업 실적, 지적 재산권 실적 등의 성과를 내고 있다. KETI 본원은 경기도 성남에 위치하고 있고, 미래 산업의 핵심기술인 전력전자기술에 대한 선제적 역할을 위하여 2022년 5월 전력제어시스템연구센터(경기도 부천시 부천테크노파크 소재)를 신설하였다. 본고에서는 전력제어시스템연구센터의 연구 분야, 주요 연구실적 및 비전을 소개하고자 한다.

박준성
한국전자기술연구원 전력제어시스템연구센터
전기기기제어연구팀 팀장
parkjs@keti.re.kr



김진홍
한국전자기술연구원 전력제어시스템연구센터
전력변환연구팀 팀장
kimjinhong@keti.re.kr



최준혁
한국전자기술연구원 전력제어시스템연구센터
센터장
cjh@keti.re.kr



전자 분야 대·중소 78개 기업이 출연해 설립된 국내 유일 민간 태생 전자기술 분야 공공 연구기관



그림 1 한국전자기술연구원 주요 연혁

1. 전력제어시스템연구센터

전력제어시스템연구센터는 WBG 응용 초고밀도·고효율 전력변환(인버터/컨버터) 솔루션, 미래 모빌리티 전기추진용 전력변환 기술, 신재생에너지 및 ESS용 전력변환 기술, 실시간 다중연산 기반 고성능 모터제어 기술, 스마트 전력 제어 기반 계통 안정화 기술 등을 중심으로 산업 전반에 걸친 전력변환 기술에 대하여 연구개발(R&D)을 진행하고 있으며, 연구개발 성과를 기반으로 중소·중견기업에 기술 교육, 기술 사업화, 시험 평가 등을 지원하고 있다.

전력제어시스템연구센터는 선도적인 연구개발 과제 수행을 통해 최근 10년간 국내 출원 87건, 국내 등록 62건, 해외 출원 20건, 해외 등록 16건 등의 지식재산권 실적을 달성하였다. 또한 전력변환 기술력을 바탕으로 관련 기술에 대한 다수의 지식재산권 확보를 실현하였으며, 이를 통하여 중소·중견기업 기술 사업화를 지원하고 있다. 최근 10년 동안 연구센터는 20건 이상의 기술이전 및 기업수탁과제를 수행하였다. 아울러 센터에서는 다수의 연구성과를 토대로 국내 전력전자 기술에 대한 산학연간의 기술적 교류를 확대하고 선도적 역할을 수행하기 위하여 국내외 학술지에 논문을 지속적으로 투고하고 있다. 최근 10년간 200편 이상의 논문이 게재되었으며, 이 중 21편은 SCI(E)급에 해당한다.

전력제어시스템연구센터는 2개의 연구팀으로 구성되어있으며, 총 25명의 연구진이 근무하고 있다. 전력변환연구팀은 고속 반도체 스위칭 기술을 바탕으로 전력변환 및 제어 기술 기반의 고효율/고밀도/고신뢰 컨버터시스템에 대하여 연구개발을 수행하고 있으며, 전기기기제어연구팀은 지능형 전기기기 제어 기술을 중심으로 지능형 고효율 인버터시스템 및 계통 부품에 대한 연구개발을 수행하고 있다. 전력변환시스템 개발을



그림 2 한국전자기술연구원 기업협력플랫폼



그림 3 WBG기반 전력변환구동 산업계 기술교육



a 환경챔버 일체형 다이내모미터(1kW/15kW/50kW, 8,000rpm)

b 고속형 EV모터 시험용 다이내모미터(250kW, 17,000rpm)

그림 4 부하시험설비

위하여 부품선정에서부터 설계(회로, PCB, 기구, 자성부품, 방열, 시스템 등), 해석(회로, 토폴로지, 제어알고리즘, 열유동 등), S/W(레지스터, 제어로직, 제이시퀀스, 통신 등), 성능/신뢰성 시험까지 일련의 과정에 대하여 연구개발을 진행하고 있으며, 보유하고 있는 다양한 핵심 전력변환 기술을 기반으로 기술 지원, 기술 교육, 기술이전 및 시험지원 등의 서비스를 제공한다.

2. 주요 수행 연구

전력변환시스템은 전 산업분야에 다양한 형태로 적용되고 있으며, 최근 신재생에너지 및 전기차 보급 확대, 4차 산업혁명 진입에 따른 부하 대응 전력변환시스템의 요구에 따라 적용 영역이 급속도로 확대되고 있다. 본 연구센터는 현재까지 산업의 요구에 발맞춰 다양한 응용분야 적용을 위해 전력변환시스템에 대한 핵심기술들을 연구 중이며, 그간 주요 연구실적을 소개하고자 한다.

2.1 전기차 구동용 인버터

전기차의 성능 및 상품성 개선을 위한 전기구동시스템 고효율 밀도화(경량화) 추세이며, 이를 통하여 주행거리 향상, 사용자 기동공간 확대 등 동력성능 측면만이 아닌 사용자 편의성까지 증대시키기 위한 노력이 이어지고 있다. 본 연구센터는 이와 같은 기술적 흐름과 함께 다양한 사양의 전기차용 고효율 고밀도 인버터시스템 기술개발을 진행하고 있다.

• 전기차 구동용 인버터 주요 개발 실적

- 300V/80kW급 EV용 인버터 개발
(효율 98%, 부피 9L, 수냉식)
- 300V/100kW급 EV용 인버터 개발
(효율 98.5%, 부피 7L, 수냉식)
- 300V/100kW급 EV용 모터 일체형 인버터 개발
(효율 98.5%, 부피 6.7L, 수냉식, 모터일체형)
- 300V/40kW급 HEV용 양면냉각 인버터 개발
- 48V/15kW급 초소형 EV용 인버터 개발
(효율 97.2%, 부피 5L, 자연냉각)
- 800V/300kW급 전기버스용 SiC 인버터 개발
(인버터 부피 기존 대비 30% 저감)

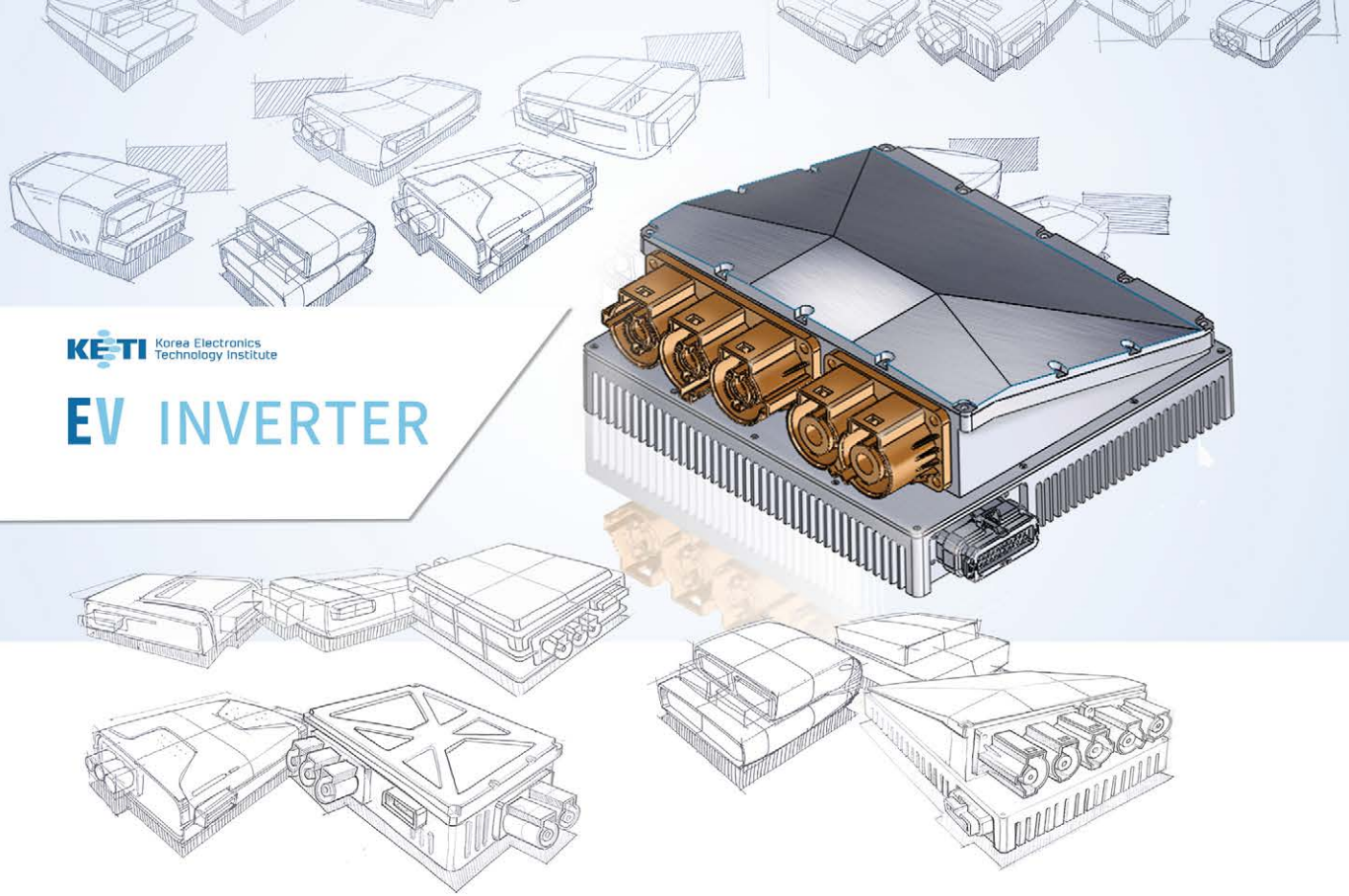


그림 5 전기차 구동용 인버터 개발 시작품

2.2 차량용 인버터

차량에 대한 연비 규제 등의 강화로 기존 기계부품에 대한 전장화가 급속도로 진행되고 있으며, 기존 전장부품에 대해서도 고효율화가 요구되고 있다. 본 연구센터는 이와 같은 전장화 및 고효율화 흐름에 맞춰 차량의 다양한 분야에 능동적으로 연구를 수행하고 있다.

EV INVERTER



• 차량용 인버터 주요 개발 실적

- 12V/60W급 에코페달용 BLDC 인버터 개발
(답력모드/진동모드 구현, 토크리플 저감 제어)
- 12V/80W급 배터리 쿨링팬 BLDC 인버터 개발
(BLDC 센서드/센서리스 제어)
- 12V/250W급 엔진벨브 구동용 BLDC인버터 개발
(BLDC 센서드 제어)
- 12V/300W급 워터펌프용 BLDC 인버터 개발
(펌프일체형 설계, 125°C/1000hr 내구)
- 12V/600W급 쿨링팬 구동용 인버터 개발
(BLDC 센서리스 제어, 효율 2% 향상)



그림 6 차량용 인버터 개발 시작품

- 300V/1.2kW급 FCEV용 쿨링팬 인버터 개발
(BLDC 센서드/센서리스 제어)

2.3 PAV/UAM 구동용 인버터

도로 혼잡을 막을 대안이자 경제적·사회적 잠재력을 지닌 PAV(Personal Air Vehicle)/UAM(Urban Air Mobility)는 타 이동수단 대비 이동 시간의 단축이 기대되어 주목을 받는 차세대 모빌리티 중 하나로 세계 각국의 기업이 PAV/UAM 연구개발에 투자를 확대하여 기술이 빠르게 고도화 되고 있다. 특히 전기에너지를 동력원으로 하여 소음·공해를 저감하는 추세에 따라 전기를 주동력으로 사용하는 PAV/UAM가 주류로 연구되고 있다. 국내에서도 이와 같은 기술적 흐름에 따라 PAV/UAM에 대한 연구가 항공우주연구원, 현대자동차 등을 중심으로 활발히 진행되고 있다. 본 연구센터는 PAV/UAM의 핵심 요소부품인 전기추진시스템용 인버터에 대하여 소형화, 고속화, 고신뢰성, 출력밀도 향상을 중점적으로 연구를 진행하고 있다.

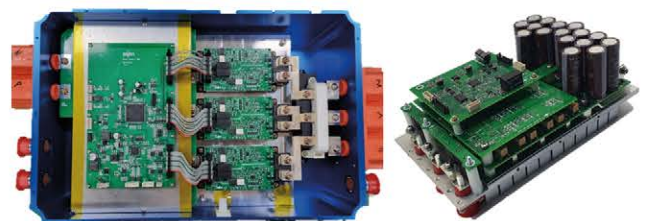


그림 7 PAV/UAM 구동용 인버터 개발 시작품

- PAV/UAM 구동용 인버터 주요 개발 실적
 - 600V/150kW급 UAM 구동용 SiC 인버터 개발
(효율 98%, 비출력 15kVA/kg, IP67)
 - 360V/37kW급 PAV 구동용 SiC 인버터 개발
(출력밀도 12.5kW/L, 무게 2.5kg, 자연냉각)

2.4 가전/산업용 인버터

부하에 능동적으로 대응이 가능한 인버터 시스템은 고효율, 저소음 실현이 가능하여 다양한 산업에 적용이 확대되고 있다. 본 연구센터는 산업에서 요구하는 사양에 부응하여 다양한 전동기 타입과 제어방식을 적용하여 능동적으로 연구를 수행하고 있다.

- 가전/산업용 인버터 주요 개발 실적
 - 4kW급 냉난방순환 펌프용 인버터 개발
(최대6kW, 13A_{max}, 센서리스 정현파 제어)
 - 11kW급 건물급수 펌프용 인버터 개발
(최대16.5kW, 36A_{max}, 센서리스 정현파 제어)
 - 15kW급 맨홀펌프용 인버터 개발
(수중펌프 부피 30% 저감, 최저전전수위 300mm)
 - 2kW급 에어컨 압축기용 인버터 개발
(압축기 진동저감 제어, 센서리스 정현파 제어)
 - 7kW급 에어컨 압축기용 인버터 개발
(압축기 진동저감 제어, 센서리스 정현파 제어)
 - 4kW급 자기감속기일체형 모터 구동 인버터 개발
(효율 98%, 자기감속기일체형 모터 제어로직)
 - 6600V, MW급 모터 구동용 양방향 인버터 개발
(에너지절감 20%이상 저감, 회생형, MW급)

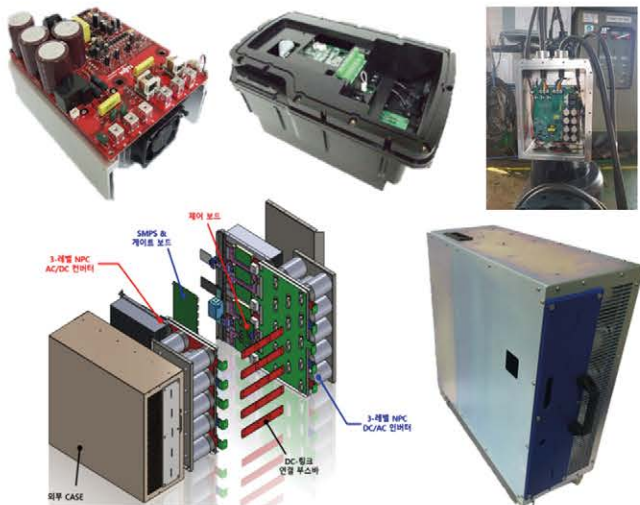


그림 8 가전 및 산업용 인버터 시작품



그림 9 신재생에너지용 전력변환시스템 시작품

2.5 신재생에너지용 전력변환시스템

전 세계적으로 에너지 절감, CO2 규제 등의 이슈가 커지고 있으며 친환경 에너지로의 전환을 위하여 신재생 에너지의 보급이 확대되는 추세이다. 신재생에너지의 핵심기술인 전력변환 시스템에 대한 고효율화, 고신뢰성화, 소형화를 요구하는 방향으로 수요시장이 전개 되고 있으며, 본 연구센터는 다양한 신재생에너지원에 대한 고효율 고밀도 전력변환시스템을 개발 중이다.

- 신재생에너지용 전력변환시스템 주요 개발 실적
 - 3300V/7MW급 풍력발전용 전력변환시스템 개발
(3,300V, 1,530A, 액티브 디지털 게이트 드라이브)
 - 300kW급 연료전지용 전력변환시스템 개발
(THD 5%이하, 무효전력제어, 단독운전 방지)
 - 3kW급 GaN기반 태양광 인버터 개발
(부피 3.7L, Boost 효율 99.2%, 인버터효율 99%)
 - 3.5kW급 SiC기반 태양광 인버터 개발
(기존 대비 부피 25% 축소)
 - 20kW급 파력발전용 전력변환시스템 개발
(Active Phase Control기반 MTPP제어)

2.6 컨버터시스템

안정화된 직류 전압을 위한 컨버터 시스템은 최근 디지털 정보기기 및 전기차의 보급 확산으로 충전시간 단축 및 공간 활용도 향상을 위해 요구사항이 높아지고 있다. 이와 같은 높은 요구사항을 만족하기 위하여 본 연구센터에서는 WBG 전력반도체 저손실 구동기술, 회로토폴로지 분석 및 제어알고리즘, 신뢰성 향상 연구, 방열 해석을 통한 최적설계 연구 등을 진행하고 있다.

- 컨버터시스템 주요 개발 실적
 - 3kW급 통신중계기용 GaN 컨버터 개발
(기존대비 부피 1/30이하(100W/in³), 손실 50%저감)
 - 10kW급 배터리팩 시험기용 양방향 SiC 컨버터 개발
(부피 50%이상 저감, 양방향 전력변환)



그림 10 컨버터시스템 시작품

- 20kW급 동종·이종간 동시충전이 가능한 절연형 SiC 컨버터 개발 (넓은 출력전압 범위(8~100V))
- 5.6kW급 전기버스용 SiC기반 LDC 개발 (기존 대비 부피 50% 저감)
- 25kW급 EV급속충전기용 SiC 파워스택 (AC/DC + DC/DC) 개발 (기존 대비 전력밀도 2배 향상)



그림 11 WBG 구동기술 가이드북 출판(2021.12)

3. 전력제어시스템연구센터 비전

'90년대 이후 전력반도체의 본격적인 상용화로 인하여 전력변환시스템의 보급이 확대되었으며, 현재 다양한 산업의 핵심기술로 자리매김한 전력전자 기술은 전력반도체, 회로, 제어, 마이크로프로세서, 전력시스템, 전기기기 등의 기술들이 접목된 복합적인 응용기술이자 최적화 기술이다. 본 연구센터는 적용하고자 하는 시스템에 대한 이해를 바탕으로 전력변환시스템 개발을 추진하며, 시험 결과를 중요시하고 연구결과가 단위제품의 개발로 연결되는 실제적인 엔지니어링 프로세스를 지향하고 있다. 최근 친환경에너지, CO2절감에 대한 인식이 확산되고 있으며, 이에 대응하고자 전력변환시스템에 대한 높은 수준의 성능을 요구하고 있다. 이를 위하여 기존 단순한 시스템의 부품으로써의 기능이 아닌 보다 능동적인 역할과 사양을 요구받고 있다. 즉, 고성능 전력반도체의 수요가 증가하고 있으며, 신뢰성 높은 회로가 요구되고, 복잡한 토폴로지 및 제어 방법이 적용되고 있다. 본 연구센터에서는 이와 같은 시장의 요구에 대응하여 전력전자 기술을 기반으로 다양한 산업과 융합할 수 있는 선도적 연구개발을 통하여 시스템의 고효율, 고밀도, 고지능, 고신뢰성화에 기여하여 국가기술 선도 및 기술 경쟁력 향상을 지향하고자 한다. 