

2026년도
에너지기술개발사업
연구개발과제기획보고서

에너지수요관리핵심기술개발사업
- 수요관리기반 -

목 차

I . 동향분석	1
1. 개 요	
2. 산업·기술동향	
3. 특허동향	
4. 표준화동향	
5. 정부R&D 지원현황	
6. 시사점	
II . 기획대상연구개발과제 도출	25
1. 연구개발과제기획방향	
2. 개발위험 관리방안	
3. 기획연구개발과제 RFP 및 기술개요서	

DC 그리드 연계 및 표준 모듈러 기반 용량가변형 부스터 전기차 충전 시스템 기술 개발 및 실증

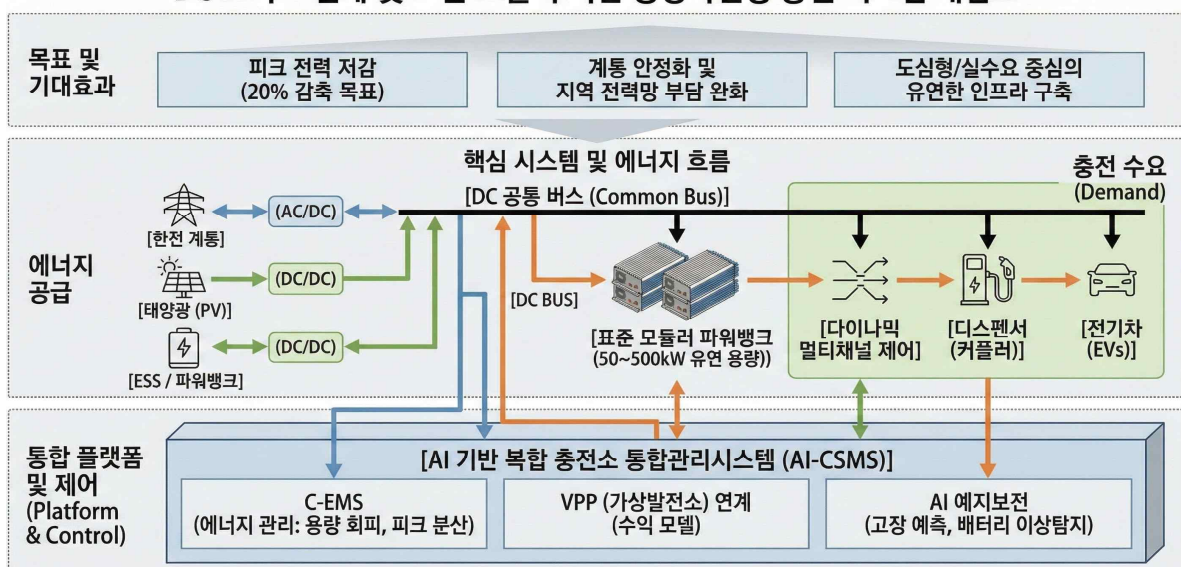
I. 동향분석

1. 개요

□ 개념

- 50kW에서 500kW까지 확장이 가능한 표준 모듈러 기반 용량가변형 충전 시스템을 개발하여 기존 대비 피크 전력 20% 감축 및 AI 기반 고장 예지보전 기술과 통합관리시스템을 구축하여 재생에너지와 연계된 현장 실증을 통해 관련 표준 정립 및 실증을 통한 제도개선(안) 마련 및 사업화 추진
 - (표준 모듈러 및 하드웨어) 50~500kW급 유연한 용량 확장과 다이나믹 멀티채널 제어가 가능한 표준형 전력변환 모듈 및 냉각 시스템 개발
 - (공통 DC 버스 및 통합 플랫폼) 분산자원(PV, ESS)연계를 위한 직류 배전망기술과 피크분산을 위한 AI기반 통합관리시스템(AI-CSMS) 구축
 - (현장 실증 및 성능 검증) PV+ESS연계 복합충전소 실증을 통한 피크 전력 20% 감축 효과와 상호운영성 검증을 통한 제도 개선(안) 발굴

DC 그리드 연계 및 표준 모듈러 기반 용량가변형 충전 시스템 개념도



□ 주요이슈

- (기술성) 전기차 초급속 충전 인프라는 단순한 충전 설비를 넘어 전력망, 재생에너지, 저장장치, 운영 시스템이 복합적으로 연계되는 고난도 에너지 시스템으로 전환되고 있으며, 기존 충전 인프라 구조로는 급변하는 수요와 정책·환경 요구에 효과적으로 대응하기 어려운 상황임
 - 초급속 충전 수요 집중으로 인한 전력 피크 증가는 계통 불안정 및 설비 증설 부담 등 심각한 사회적·경제적 비용을 초래하고 있으며 기존 고정형 방식은 이러한 전력 부하와 비용 문제를 해결하기에 구조적인 한계가 있어 새로운 대응 기술이 필요한 시점
 - 기존 AC 기반 충전 인프라는 다단 전력변환으로 인한 에너지 손실이 크고, 재생에너지 및 ESS 연계 시 시스템 복잡도가 높아 효율적인 제어가 어려우며, 이러한 구조적 제약은 에너지 흐름의 유연성을 저해하고 통합 운영의 한계를 야기하는 주요 원인이 되고 있음
 - 초급속 충전소 구축을 위해서는 최대 수요 기준으로 전력 설비를 설계해야 하므로, 실제 평균 이용률 대비 과도한 계통 증설 투자가 요구되며, 이는 충전소 사업자의 초기 투자 부담을 가중시키고, 도심·항만·물류 거점 등 전력 여유가 부족한 지역에서 충전 인프라 확산을 제한하는 주요 요인으로 작용
 - 기존 충전 시스템은 고정 출력 구조를 기반으로 설계되어 충전 수요 변화에 따라 유연하게 대응하기 어려운 단점이 존재, 다수 차량이 동시에 충전되는 경우 충전 대기시간 증가, 출력 불균형 등의 문제가 발생하며, 설비 활용률 저하로 이어지는 비효율적인 운영 문제가 지속적으로 발생함
 - 충전소 규모가 대형화되고 ESS, PV, 다수 충전기가 복합적으로 연계되면서 운영 및 관리의 복잡성이 급격히 증가하고 있어, 기존의 단순 모니터링 중심 운영 방식으로는 고장 예방, 에너지 최적화, 안정적인 서비스 제공에 한계로 인해 지능형·자동화된 운영 기술 도입 필요
 - 부스터 및 용량 가변형 충전 방식은 기존 충전기 안전·인증 제도에서 충분히 고려되지 않은 기술 영역으로, 제도적 불확실성이 기술 확산의

장에 요소로 작용하고 있어, 해당 기술 실증을 기반으로 한 안전성 검증 및 표준·인증 체계 정립이 시급한 과제로 요구됨

- 국내외적으로 탄소중립과 친환경 교통체계 구축 요구가 강화됨에 따라, 충전 인프라 또한 재생에너지 활용과 온실가스 저감에 기여하기 위해 친환경 충전 인프라로의 전환을 위한 기술적 대응이 필요함
- (정책성) 전기차 초급속 충전 인프라는 대규모 전력 수요로 인해 높은 초기 투자비와 운영비 부담이 발생하는 대표적인 에너지 설비로, 기존의 단일 모듈 대용량 충전 방식은 계통 증설 비용 증가와 낮은 설비 활용률이라는 구조적 한계가 존재함. 따라서 이를 극복하기 위한 중·대용량 모듈러 기반 설계와 에너지 관리 최적화를 통해 충전소 구축·운영 전반의 비용 효율성을 개선하고, 충전 인프라의 장기적인 사업성을 확보
- 초급속 충전소 구축 시 가장 큰 비용 요소는 변압기 증설, 수전 설비 확대 등 전력 계통 연계 비용으로 ESS 기반 피크 분산과 DC BUS 중심의 전력 운영을 통해 최대 수전 용량을 최소화함으로써, 불필요한 계통 증설을 회피하고 초기 투자비 절감이 가능하여, 도심 및 항만 등 공간·전력 제약 지역에서도 경제적인 충전소 구축이 가능함
- 충전 수요 증가를 고려한 일괄 대형 설비구축은 초기 투자부담과 자산 활용도 저하를 초래하는 반면 본 기술은 표준 모듈러 파워뱅크 구조를 적용하여 충전 수요에 따라 단계적으로 설비를 확장하여, 초기 투자 부담을 분산하고 장기적인 자본 효율성을 향상시켜, 재무 리스크 완화에 기여
- AI 기반 에너지 관리 시스템을 통해 충전소의 전력 사용을 실시간으로 최적화함으로써, 전력 피크를 저감하고 전력 요금 체계에 능동적인 대응 및 장기적 관점에서 태양광 및 ESS를 활용하여 전력 구매 비용을 절감하고, 예지보전 기술을 통해 불필요한 점검 및 고장 대응 비용 절감
- 초급속 충전 서비스 제공을 통해 충전 회전율을 높이고, 사용자 편의성을 향상시켜 충전소 매출 증대 및 VPP 연계, 수요반응 참여 등 에너지 시장과의 연계를 통해 충전소를 단순 소비 설비가 아닌 수익 창출형 에너지 자산으로 전환할 수 있는 기반 마련

- (경제성) 전기차 보급 확대와 함께 충전 인프라의 안정적 확충은 국가 에너지 정책의 핵심 과제로 부상하고 있으며, 동시에 재생에너지 확대와 전력망 안정화를 고려한 지능형 충전 인프라 구축이 요구되고 있는 상황에서 본 기술은 전기차, 재생에너지, 분산에너지, 탄소중립 정책을 유기적으로 연계할 수 있는 충전 인프라 기술로서 필요성과 파급효과가 큼
- 정부의 전기차 보급 확대 정책에 따라 초고속 충전 인프라의 수요가 급증하고 있으나, 기존 충전 방식은 전력망 부담과 공간 제약으로 확산에 한계가 있음. 본 기술은 고출력·가변형 충전 구조를 통해 수요 기반으로 도심 및 거점 중심의 충전 인프라 확충을 가능하게 하여 전기차 이용 편의성을 제고
- 태양광과 ESS를 충전 인프라에 직접 연계함으로써 재생에너지 활용도를 높이고, 분산에너지 자원의 효율적 운영을 통해 중앙집중형 전력 공급 구조에서 벗어나 분산형 에너지 체계로 전환하려는 국가 에너지 정책 방향과 부합
- 전기차 충전 수요 집중으로 인한 전력망 과부하 문제는 향후 더욱 심화될 것으로 예상됨. 피크 분산 및 지능형 제어를 통해 충전소 단위에서 전력망 부담을 완화함으로써, 전력 계통 안정화 및 사회적 전력 인프라 투자 비용 절감에 기여
- 재생에너지 기반 충전 및 에너지 효율 향상을 통해 충전 과정에서의 탄소 배출을 저감하고, 전기차 기반 친환경 교통체계를 구축하여, 2050 탄소중립 목표 및 2030 국가 온실가스 감축 목표(NDC) 달성에 기여
- 가변형·부스터 충전 방식은 기존 충전기 안전·인증 제도의 한계를 넘어서는 새로운 기술 영역으로, 본 기술은 관련 표준 및 인증 기준 마련을 위한 실증 근거를 제공함. 이를 통해 국내 충전 인프라 기술의 제도적 수용성을 확대하고, 향후 글로벌 표준 선점 기반 마련

2. 산업·기술 동향

□ 해외 동향

- 글로벌 시장은 단순히 충전기를 보급하는 단계를 넘어, 'PV+ ESS+ 충전기(Charger)'를 하나의 최적화된 시스템으로 통합하여 운영하는 삼중 모드(Tri-modal) 시스템으로 전환 운영 중
 - 미국 (상업용 VPP 및 부하 관리): 미국은 캘리포니아를 중심으로 주거용 및 상업용 ESS 설치가 급증, 특히 Stem사와 같은 기업들은 상업용 가상발전소(VPP) 선두주자로서, AI 소프트웨어를 활용해 충전소의 PV 발전량과 ESS 저장량을 실시간 분석하여 피크 수요를 관리하고 시장 보상을 받는 비즈니스 모델을 운영 중
 - 유럽 (에너지 자립 및 그리드 지원): 아일랜드와 네덜란드에서는 주거지 및 사업장에 설치된 Solar PV + Smart Charger의 실증이 진행 중으로, 최근 아일랜드의 한 사례에서는 67%의 태양광 에너지를 자가 소비하여 전력 비용을 50% 절감하고, 여름철에는 완전한 그리드 독립(Grid Independence)을 달성한 사례 등
 - 일본 (ESS 기반 계통 안정화): 일본은 스마트 미터 보급을 완료하고, 전력망 안정화를 위해 세계에서 가장 앞선 수준의 배터리 기반 ESS 구축을 완료, 이를 통해 분산 전원을 전력망(Grid)에 유연하게 연동하는 제어 기술 연구에 집중
- 직류 배전망(LVDC)은 전력 변환 단계와 손실을 줄일 수 있어 복합 충전소의 핵심 기술로 주목받고 있으며, 이에 따른 국제 표준화 및 규정 마련이 시급한 과제로 다뤄지고 있습니다.
 - 전압 표준화 및 규정: 유럽 연합(EU)은 LVDC 전압 범위를 75V에서 1,500V 사이로 규정하고 있으며, 최근에는 AC/DC 상호운용성을 위한 그리드 코드(Grid Code)를 표준화하여 운영 중
 - 수직적①/수평적② 통합 연구: ① 메인 AC 그리드와 저압 DC 충전 시스템 간의 연결 지점을 정의하고, 양방향 전력 흐름(V2G 등) 시 발생하는 전력 품질(고조파, 전압 변동) 이슈를 해결하기 위한 기준을 마련, ② 동일 전압 레벨 내에서 태양광, ESS 등 분산 에너지 자산 간 직류링크(DC link)를 통한 직접적인 전력 교환(DC Link)으로 에너지 효율을 극대화하는 망 구조 연구가 진행 중

- 그리드 코드 준수: 충전소가 전력망 장애를 일으키지 않도록 유지하는 '그리드 코드 준수(Grid Code Compliance)'가 필수가 되고 있으며, 미준수 시 발생할 수 있는 안전 위험과 에너지 낭비를 방지하기 위한 인증 프로세스가 강화
- 해외 주요국은 전기차 배터리의 양방향 전력 전송 기능을 활용하여 전력망의 변동성을 완화하고, 재생에너지 비중을 높이는 핵심 수단으로 V2G 등 전기차를 활용한 계통 유연자원화 기술 개발 중
 - 양방향 전력 변환 및 제어 기술: 전기차의 직류(DC) 전력을 전력망의 교류(AC)로 변환하거나, DC 그리드에 직접 공급하기 위한 고효율 인버터 및 양방향 온보드 충전기(OBC) 기술 개발이 가속화
 - V2X(Vehicle-to-Everything) 통합 플랫폼: V2G뿐만 아니라 건물(V2B), 가정(V2H) 등과 에너지를 주고받는 통합 관리 소프트웨어가 개발되어, 전력망 부하가 높은 시점에 전기차 에너지를 우선적으로 사용하도록 제어
 - 배터리 열화 최소화 알고리즘: V2G 운용 시 우려되는 배터리 수명 단축을 방지하기 위해, 배터리 상태(SoH)를 실시간 모니터링하며 최적의 방전 깊이와 속도를 조절하는 지능형 알고리즘 연구 진행
 - ISO 15118-20 표준: 전기차와 충전기 간의 양방향 통신 및 보안을 정의하는 국제 표준으로, V2G의 상호운용성을 보장하는 핵심 기준
 - 유연성 시장(Flexibility Market) 참여: 유럽 국가들은 전기차 집합체(Aggregator)가 전력 도매 시장이나 보조 서비스 시장에 참여하여 주파수 조정 및 예비력 제공에 따른 수익을 창출할 수 있도록 제도 정비
- 전기차기반 수요자원화 기술개발 및 서비스
 - 아일랜드 및 이탈리아 (Enel X): 글로벌 에너지 솔루션 기업인 Enel X는 산업용 고객을 대상으로 '서비스형 수요반응(DRaaS)'을 제공하며 통합 관제 센터(NOC)를 통해 전 세계의 유연성 자원을 실시간 모니터링하고 시장에 최적화된 입찰을 수행
 - 영국 (Smart Grid): 런던 등 주요 도시에서 스마트미터와 지능형 전력망을

원격 조정하여 정전 시 자동으로 전력망을 복구하는 '자가 치료 전력망' 시스템을 운영

- 스마트 충전 (EV 인프라): 영국 등은 모든 신규 충전기에 대해 '스마트 충전 규정'을 도입하여 전력 수요가 낮은 시간대에 저렴한 요금으로 충전하도록 유도하거나, 전력망 상황에 따라 충전 속도를 자동 조절하는 시스템을 운영

□ 국내 동향

- 국내에서는 주로 고속도로 및 대형 상용차용 MCS(Megawatt Charging System) 연구가 진행되었으나, 도심 내 승용차 수요의 변동성에 대응하는 LVDC 기반 용량 가변 확장형 기술은 아직 초기 단계임
- 초고속 충전 기술 상용화: 현대차그룹의 'E-pit'과 같은 350kW급 고출력 충전소가 주요 고속도로 휴게소 등에 설치되어, 800V 시스템 차량을 18분 만에 80%까지 충전하는 인프라를 구축
- 기존 AC계통에서 분산자원 통합: 태양광(PV), ESS를 연계한 충전 네트워크 연구가 진행되고 있음
- 표준화 선도: 2018년 DC 콤보(CCS1)를 표준으로 선정한 이후, 최근에는 대형 상용차를 위한 메가와트 충전 시스템(MCS) 및 이기종 간 상호운용성을 보장하는 표준 모듈러 인터페이스 개발에 집중



<E-pit 설치 및 서비스 예>

- 2025년과 2026년을 기점으로 국내 DC 그리드 연계형 초급속 복합 충전 시스템 기술은 정부의 강력한 인프라 확충 정책과 맞물려 실질적인 에너지 유연성 자원으로 전환
 - 초급속 충전소 확충: 정부는 2025년까지 전국에 약 12,000곳 이상의 DC 급속 충전소 구축을 목표로 하고 있으며, 설치 예산을 전년 대비 43% 증액된 6,187억 원 규모로 편성
 - 지역별 보급 현황: 2025년 12월 기준 전국 누적 충전기는 약 46만 기를 넘어섰으며, 경기도(29.5%)와 서울(14.6%) 등 수도권을 중심으로 급격히 확장되고 있음
 - 실시간 전력시장 연계: 2025년부터 도입되는 실시간 전력시장 및 양방향 입찰제에 대응하여, 충전소를 가상발전소(VPP) 자원으로 활용하여 피크 전력을 관리하고 수익을 창출하는 모델이 시범적 운영 중
 - 유지보수 및 안전 기준 강화: 충전기 고장 수리 의무를 강화하고, AI 기반의 고장 예지보전 기술 및 실시간 데이터 공유 시스템 구축이 의무화되는 추세
 - 분산에너지 활성화: 분산에너지 활성화 특별법 시행에 따라 지역 단위의 전력 자립을 돕는 유연성 자원(Flexible Resource)으로서의 충전소에 연구가 진행 중

□ 사업수행에 필요한 요소기술·제반기술

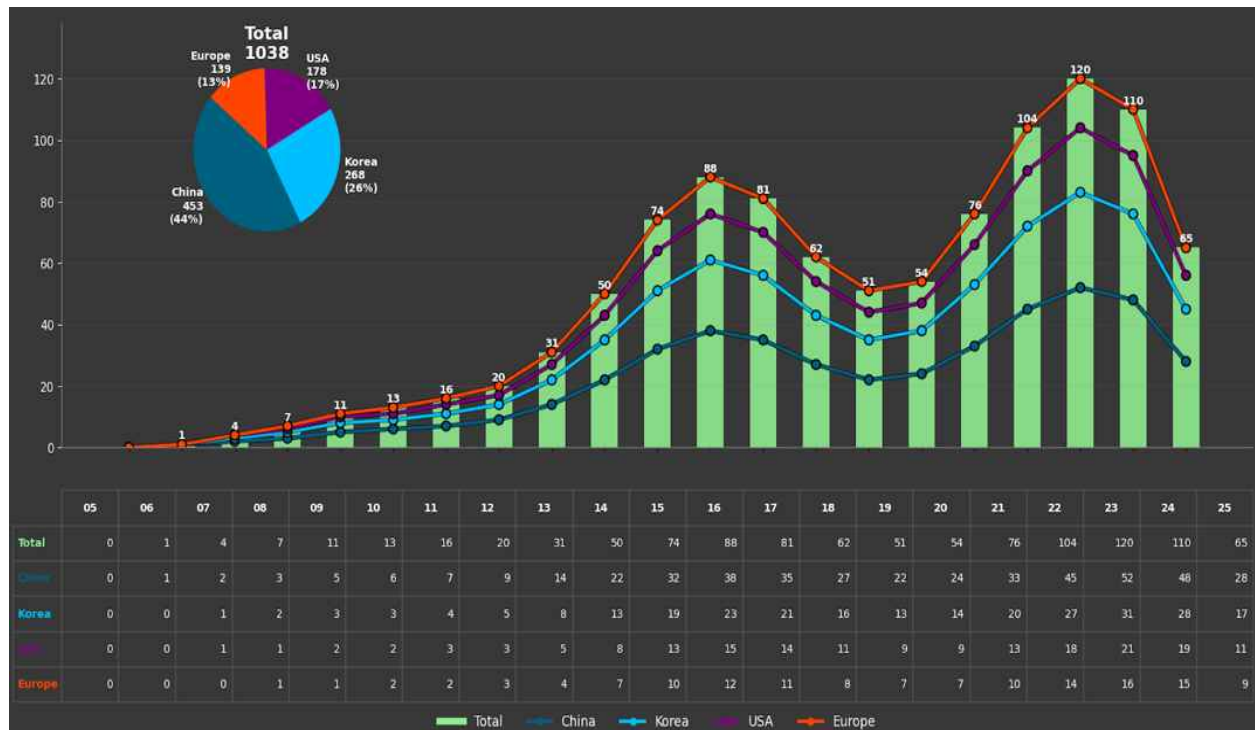
- 핵심 하드웨어(HW) 요소기술
 - 표준 모듈러 기반 전력변환 장치: 100kW 단위 등 표준화된 파워 모듈을 병렬로 연결하여 50kW에서 500kW까지 유연하게 용량을 확장하는 기술
 - 공통 직류 버스(Common DC Bus) 설계: 태양광(PV), 에너지저장장치(ESS), 충전기를 하나의 직류망으로 통합하여 에너지 변환 손실을 최소화하는 아키텍처 기술
 - 부스터 충전 및 분산형 커플러: 전력망의 부족한 용량을 ESS가 보조하여 순간적인 고출력을 지원하고, 단일 파워뱅크에서 여러 디스펜서로 전력을 분배하는 기술

- 고밀도 열관리 냉각 시스템: 초급속 충전 시 발생하는 막대한 열을 제어하기 위한 수냉식 또는 고효율 방열 설계 기술
- 소프트웨어(SW) 및 지능형 제어 기술
 - 다이나믹 멀티채널 부하 분산 제어: 차량별 요구 전력량에 따라 실시간으로 전력을 최적으로 배분하고 채널을 가변적으로 제어하는 알고리즘
 - AI 기반 고장 예지보전 및 자율 운영: 배터리 데이터 및 충전기 상태 정보를 분석하여 이상징후를 사전에 탐지하고 시스템 수명 예측 모델
 - 수요연계형 복합 충전소 통합관리시스템(C-EMS): PV-ESS-그리드 간의 에너지 흐름을 관리하여 피크 전력을 저감하고 운영 비용을 최적화 하는 플랫폼 기술
- 제반기술 및 인프라
 - 기능 안전성 및 상호운용성 검증 기술: 이기종 차량 및 모듈 간의 충전 프로토콜(ISO 15118 등) 호환성을 테스트하고 시스템의 전기적 안전성을 평가하는 기술
 - 국제 표준(IEC 61851-23 Ed 2.0) 대응 기술: 최신 국제 표준 규격에 맞춘 부스터 충전 방식의 안전 기준 및 계량 신뢰성 확보 기술
 - 실증 사이트 운영 및 인적 인프라: 실제 필드(2개소 이상)에서 데이터를 수집·분석하여 도출된 결과를 바탕으로 제도 개선 및 사업화 추진

3. 특허 동향

- 해당 기술에 대한 특허 동향을 분석하여 중복연구를 방지하고 연구개발 과제 수행의 타당성에 대한 객관적인 특허정보를 제공하는 것을 목적으로 하고 있으며, 검색 키워드는 한글 키워드 “전기자동차 초급속 충전 시스템, 전기차 충전기용 전력변환 모듈, 용량가변형 충전 기술, LVDC 전기차 충전 기술, 액침냉각형 전기차 충전 전력변환 모듈” 영문 키워드 “Ultra-Fast Charging System for EV, Power Conversion Module for EV Chargers, Variable-Capacity EV charging Technology, LVDC

(Low Voltage DC) EV Charging Technology, Immersion-Cooled Power Conversion Module for EV Charging”를 사용.



<국내외 특허 출원 동향>

- 해당 기술분야에서는 초고속/가변 충전 시스템 구조, 고효율 전력변환 모듈, 스마트 그리드 연계 등의 핵심 기술에 대해 집중적으로 개발이 진행되고 있고, 전세계적으로 미국, 중국, 유럽, 한국이 기술개발을 주도하고 있으며, 최근에는 중국이 배터리 및 충전 인프라 분야에서 빠른 성장을 보이고 있음.

□ 해외 동향

- 해외에서는 고전압 시스템, AI 기반 제어 및 액침냉각 등 미래 초고속 충전 인프라를 선점하기 위한 원천 기술에 대한 개발이 진행되고 있으며, 다음의 특허가 검색됨.

번호	특허 번호	특허 명칭	핵심 기술 내용	출원인/권리자
1	US10391870B2	Modular power electronics system for charging an electrically operated vehicle	모듈형 전력 전자 시스템을 이용한 EV 충전 시스템으로서, 다수의 표준화된 정류기 모듈을 결합하여 고출력 및 용량 확장 유연성을 제공하며, 시스템 신뢰성을 향상시킴.	DR. ING. H.C. F. PORSCHE AKTIENGESELLSCHAFT
2	US20230011000A1	Direct current fast charging systems with grid tied energy storage systems	ESS(에너지 저장 장치)와 전력망이 연계된 멀티 유닛 DC 급속 충전 시스템으로서, 전력망 부하를 줄이고 충전소 내에서 에너지를 효율적으로 관리하는 DC 배전 버스구조를 제시함.	ChargePoint, Inc.
3	CN102280903B	V2G intelligent charging and discharging system	전기차와 전력망 간의 양방향 에너지 상호작용 및 교환(V2G)을 실현하는 지능형 시스템으로서, 백그라운드 관리 시스템이 그리드 명령에 따라 충방전을 제어하여 피크 부하 관리에 기여함.	STATE GRID CORP OF CHINA SGCC
4	CN110051185A	All-DC Microgrid Integrated Charging System	태양광 발전(PV), 에너지 저장 장치(BESS), EV 충전기를 All-DC 마이크로그리드로 통합한 시스템으로서 변환 손실을 줄이고 V2G 기능을 지원하며, 표준화된 설계를 적용함.	CATL, Nebula Electronics 등
5	EP4033632B1	Vehicle-to-Vehicle (V2V) power transfer system and method	V2V(차량 대 차량) 전력 전송기술을 포함하는 광범위한 V2G 혁신시스템으로서, 전력 흐름 제어 및 집계 서버를 통해 전력망의 요구에 동적으로 응답하는 기술임.	Nuwe Holding Corp.

□ 국내 동향

- 국내 특허는 초급속 충전기의 모듈화를 통해 용량 가변성을 확보하고, 충전기 핵심 부품인 파워 모듈의 효율과 신뢰성을 높여 국산화하려는 노력이 진행되고 있으며 다음의 특허가 검색됨.

번호	특허 번호	특허 명칭	핵심 기술 내용	출원인/권리자
1	KR101539572	외부 전력 계통 연계형 태양광, ESS 및 전기차 충전 융복합 증강현실 시스템	태양광 발전 및 ESS(에너지저장장치)와 연계하여 DC 그리드기반의 전력 효율을 높이고, EV 충전 인프라 운영 및 관리를 위한 복합 시스템을 구축함.	한국전력공사
2	KR102144703	전기차 충전용 전력 변환 장치	고전압/고전류 환경에서 효율을 높이기 위해, 전기차 충전 모듈의 회로 및 구동 방식을 최적화하여 전력 변환 효율 및 신뢰성을 향상시킴.	현대자동차 주식회사
3	KR102434600	급속 충전 시스템용 액침 냉각 전력 변환 모듈	초급속 충전 시 발생하는 발열 문제를 해결하기 위해, 파워 모듈을 액체 유전체에 담가 냉각하는 액침냉각기술을 적용하여 고밀도화 및 안전성을 확보함.	(주)엘지에너지 솔루션
4	KR102562479	용량가변형 직류 초급속 충전 스테이션 및 그 제어 방법	다수의 충전 모듈(Power Module)을 병렬 연결하고, 충전 용량 요구에 따라 모듈을 가변적으로 운전하여 전력 효율을 최적화하고 초급속 충전을 구현함.	(주)SK E&S
5	KR102422079	마이크로그리드 연계형 전기차 충전 시스템	태양광 발전, ESS 등과 결합된 마이크로그리드와 연계하여 전력을 공급하고, DC 그리드를 활용하여 충전 효율성을 높이는 구조를 가짐.	(주)데스틴파워

4. 표준화 동향

□ 해외 동향

- IEC TC 69 (Electric vehicles and electric industrial trucks): 전기차 충전 시스템의 전도성 충전 일반 요구사항(IEC 61851-1)과 직류 충전(IEC 61851-23)에 관한 국제표준을 주도하고 있으며, 특히 최신 개정판인 Edition 2.0 (2023)에서는 고출력 충전 및 계통 유연성 확보를 위한 '부스터 충전' 관련 요구사항이 강화됨
- IEC 61851-23 Ed 2.0: 본 사업의 핵심인 부스터 충전 방식과 고출력 충전을 위한 열관리 시스템(냉각 기술) 요구사항이 포함된 최신 표준으로, 400kW급 이상의 초급속 충전 기술을 지원함

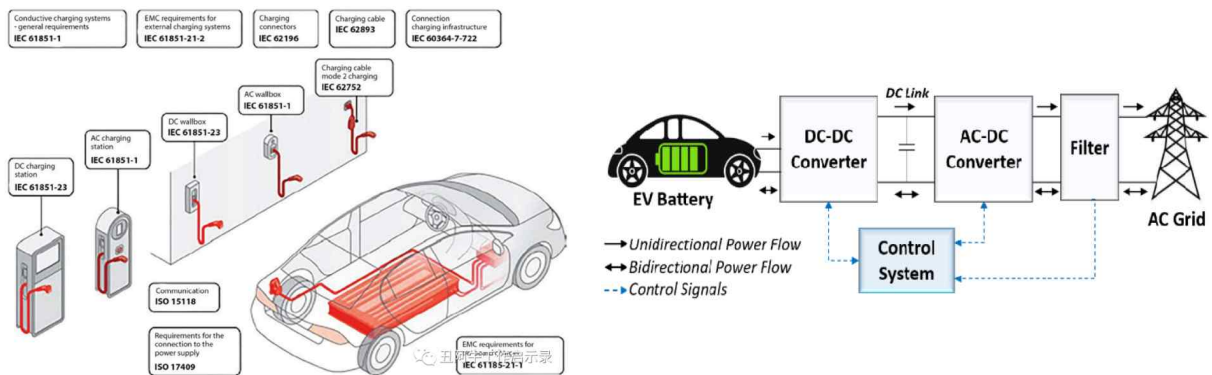
- 분산형 아키텍처: 전력 변환부와 충전 포트를 분리하고 용량을 유연하게 할당하는 모듈러 구조에 대한 기술적 논의 중으로 2022~2023년에는 배터리 스왑(IEC 62840-3) 및 로밍 서비스(IEC 63119-2) 표준을 발표
- 중국 GB/T 및 ChaoJi-1 표준: 세계 최대 시장을 바탕으로 초고출력 및 파워모듈의 유연한 확장을 위한 국가 표준을 추진 중임
 - ChaoJi-1 (GB/T 20234.4-2023): 최대 1.2MW 초고출력 충전 표준을 2023년 승인하였으며, 전용 DC 제어 회로 및 고출력 안전 제어 기술을 포함함.
 - 파워모듈 전력 범위: 다양한 충전 요구를 충족하기 위해 7kW에서 최대 960kW까지 대응 가능한 유연한 전력 범위와 고급 통신 프로토콜을 규정함.
- ISO/IEC 15118 (V2G 통신): 차량과 충전기 간의 양방향 통신 및 스마트 충전(Smart Charging)을 위한 핵심 표준으로, 전력망 상황에 따른 충전 제어 기술을 정의
 - ISO/IEC 15118-2/20: 메인 프로토콜 표준으로, 최신 버전인 -20에서는 무선 충전, 양방향 에너지 전송(BPT), 다중 유닛 충전 제어 등 본 과제와 연계된 고도화된 기능들이 대거 추가됨
 - 보안 프로토콜: TLS(Transport Layer Security) 통신과 디지털 인증서를 기반으로 하여 해킹 방지 및 안전한 데이터 교환을 보장
- OCPP (Open Charge Point Protocol): 충전기와 통합관리시스템(CSMS) 간의 글로벌 통신 표준으로, 최신 2.0.1 버전은 스마트 충전 및 에너지 관리 기능을 대폭 강화
 - 에너지 흐름 최적화: OCPP 2.0.1에서 강화된 에너지 관리 기능을 통해 PV(태양광), ESS, 충전기 간의 에너지 흐름을 효율적으로 제어하며, 이를 VPP(가상발전소) 및 예비력 시장 연계를 위한 통신 기반으로 활용
 - 피크 전력 감축: 표준 프로토콜을 기반으로 외부 에너지 가격 신호나

계통의 요구사항을 수신하여, 실증 목표인 피크 전력 20% 감축 제어

○ IEC 중심 국제 공적 표준화 동향 (전기차 충전·DC 전력 연계)

- IEC 61851 시리즈

- 전기차 충전 시스템의 기능·안전·성능 요구사항을 규정하는 핵심 국제표준
- IEC 61851-23 (Ed.2.0:2023)에서 DC 급속충전기의 전력변환, 보호 기능(절연 검사 강화), 통신 연계(ISO 15118-2 등)를 규정하며, 방향 전력 흐름(V2G) 요구사항은 검토 중
- 고출력·초급속 충전 확산에 따라 정격 기준, 안전 인증, 기능 안전성 (FS) 강화 방향으로 개정 논의 지속



< IEC 61851-23 기반 DC 급속충전 시스템 구성 개념도 >

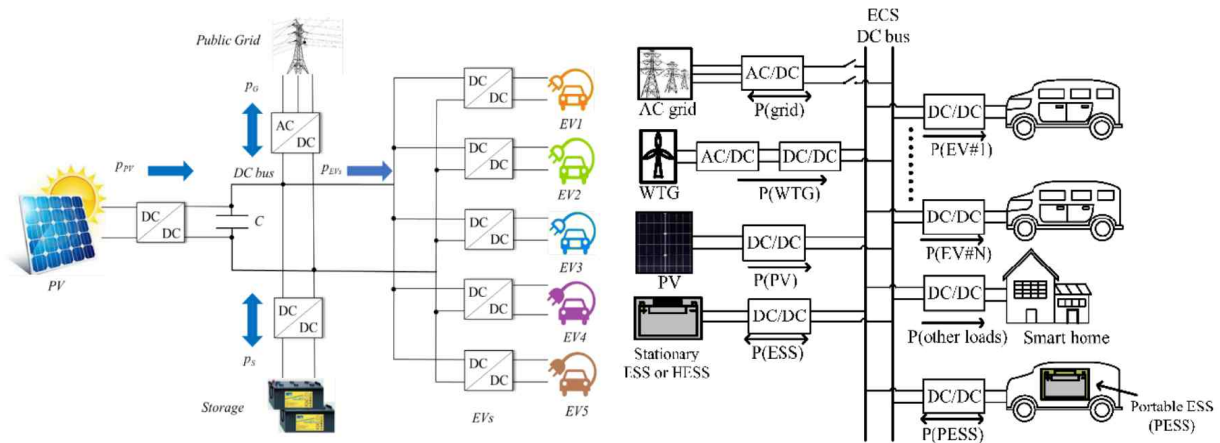
- IEC TC69 (Electric road vehicles and electric industrial trucks)
 - 전기차 충전 인프라 전반을 담당하는 국제 기술위원회
 - 고출력 충전(HPC), 분산형 전원 연계, 안전·상호운용성을 핵심 이슈로 논의
 - DC 버스 기반 충전 구조 및 차세대 충전소 모델을 고려한 표준 확장 가능성 확대

○ DC 그리드·분산자원 연계 표준화 동향 (IEC·IEEE 연계)

- IEC 61936 / IEC 60364 계열

- 직류(DC) 배전 시스템의 설계·설치·안전 요구사항을 규정
- 태양광(PV), ESS, 충전기 등 다중 분산자원 연계형 DC 인프라의 제도적 기반 제공

- 충전 인프라를 단일 부하가 아닌 에너지 허브(Energy Hub)로 정의하는 방향으로 해석 확대



< DC 마이크로그리드 기반 EV 충전소 개념도(PV · ESS · 충전기 연계) >

- IEEE 2030 시리즈
 - 스마트그리드·마이크로그리드·DER 연계 프레임워크 제공
 - EV 충전 인프라를 유연성 자원(Flexible Resource)으로 활용하는 구조를 명시
 - DC 기반 충전 인프라의 VPP·수요반응 연계 가능성을 기술적으로 뒷받침
- 초고속·대용량 충전 관련 사실상 표준화 동향 (CharIN 중심)
 - CharIN (Charging Interface Initiative)
 - Combined Charging System(CCS) 기반 글로벌 산업 컨소시엄
 - 500kW급 초고속 충전, 액체냉각 커넥터, 고전류 안전 설계 중심 기술 권고안 제시
 - 모듈러 파워 유닛 기반 출력 확장형 충전 아키텍처를 산업 표준 관행으로 확산 중



< CharIN 기반 초고속·메가와트급 충전 기술 개념 >

- 표준 특징
 - 충전기 단위 정격이 아닌 전력 모듈 병렬 확장 구조를 전제로 설계
 - 향후 DC 공통 버스 기반 충전소 아키텍처와의 결합 가능성 높음
- 2025년 EV 충전 표준은 DC 그리드 연계(스마트 그리드 통합)와 모듈러 고속 충전 상호운용성 강화에 초점
- ISO 15118 (Plug & Charge 표준화): 플러그 앤 차지(PnC)가 표준으로 자리 잡음
 - ISO 15118 준수 충전기(OCPP 1.6J/2.0.1 지원)가 DC 그리드 부스터 시스템에 필수, 안전한 인증서 교환으로 V2G·수요반응 연계 지원
- 고속/초고속 충전 표준 (CCS·CHAdemo·Tesla): DC 충전기 시장에서 Combined Charging System(CCS) 중심 모듈러 확장(40kW~600kW+)
 - 2025 EU AFIR 규정: TEN-T 도로망 60km마다 150kW+ 고속 충전소(총 400kW→2027 600kW) 의무화
- 스마트 그리드·VPP 연계 표준: IEEE 기반 스마트 그리드 통합·수요반응(DR)이 주요 트렌드
 - EV 충전기를 Flexible Resource로 활용, DC 그리드 부하 분산·에너지 가격 신호 연동
 - AI 기반 동적 부하 관리: 실시간 수요·예약 우선순위로 모듈러 부스터 출력 가변 제어

□ 국내 동향

- 국가표준(KS) 부합화: 국제전기기술위원회(IEC)의 최신 표준을 기반으로 KS R IEC 61851 시리즈를 제·개정하여 국내 초급속 충전 시스템의 기술적 규격과 기술기준에 대하여 현행화하고 있음
- 직류(DC) 충전 표준: 1500V 이하 직류 전원 전압에서 전력을 공급하는 직류 충전소 표준(KS C IEC 61851-23) 등을 통해 고출력 인프라의 기준을 제시하며, 500kW급 이상의 전기차 충전소에 대한 제도 마련중
- 350kW 이상의 초급속 충전 시 발생하는 막대한 열을 관리하기 위해, 기존 공랭식(Air-cooled)을 넘어선 수냉식(Liquid-cooled) 기술 등 부스터 충전방식을 포함한 충전기 커플러 등 해당 기술에 대한 표준 논의
 - 수냉식 시스템 규격화: 지속적인 고전류(350~500A 이상) 운영을 위해 냉각액을 사용하는 액체 냉각 방식이 IEC 62196, UL 2251 등의 글로벌 표준 내에서 안전 기준(절연, 접촉 온도 제한 등)으로 정의
 - 열관리 및 안전성 표준: 충전 중 커넥터와 케이블의 온도가 일정 수준을 넘지 않도록 하는 온도 모니터링 및 자동 출력 제어(Derating) 기술이 필수 요구사항으로 포함
 - 소재 및 환경 표준: 냉각액의 유전체 특성(Dielectric properties)과 부식 방지, 환경 친화적 냉매 사용에 대한 기준이 강화되고 있으며, 냉각 모듈의 소형화 및 모듈화를 통해 다양한 충전소 설계 기준 등
 - 내구성 및 수명 예측: 가혹한 실외 환경에서도 안정적으로 작동할 수 있도록 수분/먼지 보호(IP 등급) 및 수명 예측 모델링에 대한 신뢰성 검증 표준이 논의 중
- KS(국가표준) 동향
 - EV 충전 인터페이스(커플러·커넥터) 중심으로 KS 정합화가 진행
 - KS R IEC 62196-3를 통해 DC 및 AC/DC 복합 커플러의 치수 적합성 요구사항을 국가표준으로 도입·운영
 - 동 KS는 KS R IEC 61851-1, KS R IEC 61851-23 기반 충전 회로에서 사용됨을 적용범위로 명시

- 최근에도 표준 체계가 유지·확인(최종개정확인일 표기)되며, 충전 인프라의 상호운용성 핵심축을 ‘인터페이스 표준’으로 고정하는 흐름
- 국가 차원의 ‘커플러 표준 도입’은 상호운용성 확보를 위한 대표 사례로 정착
- 국가기술표준원은 IEC 커플러 표준을 국가표준(KS)으로 도입해 국내외 차종 충전 커플러 상호운용성 확보 취지를 공식적으로 제시
- 직류 충전장치 관련 ‘기술기준’이 병행 관리되는 구조
- KS R IEC 62196-3 정보에 ‘전기차 충전시스템 제23부: 직류 충전 장치’ 기술기준이 연계 표기되어, KS(표준)-기술기준(안전/규제) 간 결합 구조가 확인됨

○ 단체표준(SPS) 동향

- 충전기 ‘계량·시험’ 등 운영 신뢰성 영역으로 단체표준이 확장
- 한국스마트그리드협회(KSGA) 단체표준으로 “전기자동차 충전기 계량-충전기 계량오차 측정 시험 요구사항”이 등록
- 적용범위에서 KS R IEC 61851-1 또는 KS R IEC 61851-23 기반 충전기, 인터페이스는 KS R IEC 62196-1을 대상으로 명시
- 국내 단체표준은 KS(기반규격) 위에서 ‘시험·검증·운영’ 세부요구를 보장하는 방향
- 충전 인터페이스 부속품(핀·접촉튜브 등) 호환성 요구를 단체표준으로 다루는 사례 존재
- KS R IEC 62196-1, KS R IEC 61851-1 기반 회로에서 사용되는 기본 인터페이스 부속품의 치수/호환성 요구를 다루는 단체표준 예고·등록 사례 확인

○ TTA(정보통신/ICT 단체표준) 동향

- ‘스마트 홈/빌딩’ 관점에서 EV 스마트충전·에너지관리 표준이 축적
- TTA 표준현황에 “스마트 홈/빌딩 에너지 관리 시스템을 위한 주문 기반 전기차 완속 충전 요구사항”이 등재
- 관련 표준 페이지에서 이동형 전기차 충전기 일반 요구사항 등도 확인되어, ICT 관점에서 충전 운영 시나리오·관리 요구를 다루는 흐름이 존재

- 또한 “충전 주문” 개념이 전력 수요관리/운영 안정화/경제성과 연계됨을 표준 항목에서 드러냄

5. 정부R&D 지원현황

□ 투자 동향

- 2025년 충전 인프라 예산: 총 6,187억 원 규모로 전년 대비 43% 대폭 증가로 급속충전기: 3,757억 원 투입 (약 4.4만기 목표), 스마트제어 완속충전기: 2,430억 원 투입 (약 9.1만기 목표, 화재 예방 기능 포함)
 - 2026년 전략 변화: 충전기 보급 예산은 효율화를 위해 일부 조정(약 1,325억 원 편성)되는 대신, 전기차 구매 보조금을 9,360억 원으로 확대하여 수요 견인에 집중
- 정부의 '전기차 충전 인프라 확충 및 안전 강화 방안'에 따른 핵심 전략은 거점별 맞춤형 보급을 추진하고 있으며, 주거지·직장 및 고속도로·이동 거점 유형별로 필요한 충전인프라를 보급/추진중 임
- 에너지 슈퍼스테이션 전환: 기존 주유소와 LPG 충전소에 태양광(PV), ESS, 전기차 충전기를 결합하여 분산 에너지를 직접 생산·공급하는 모델로 전환을 유도
- 규제 개선 및 표준화: 신축 공동주택의 충전기 의무 설치 비율을 2025년 10%로 상향하고, 메가와트급 충전(MCS) 등 차세대 기술의 국내 표준 정립을 추진 중

□ 기술개발 현황

- 대한민국의 전기차 충전 인프라는 양적 측면에서 세계 최고 수준의 보급률을 달성하며 이미 성숙 단계에 진입, 차량 대비 충전기 비율은 1.7로 주요 국가 대비 매우 높은 수준이며, 특히 급속 충전기는 2024년 기준 약 47,000기에 달해 전년 대비 큰 폭의 증가세를 기록 중
- 기술적 측면에서도 단순한 충전 설비 보급을 넘어, Plug and Charge(PnC), Vehicle to Grid(V2G), 스마트 제어 기반 완속 충전기 등 충전 기술의

질적 고도화 단계로 전환되고 있으며, 국제 표준인 OCPP(Open Charge Point Protocol)를 기반으로 충전 사업자 간 호환성을 확보하고 있음. 또한, 환경부 주도로 한국형 차량-충전기 통신 프로토콜(K-VAS)의 국제표준화가 추진되는 등 제도적·기술적 기반 역시 점진적으로 강화되고 있음

- 아울러 태양광 및 ESS를 충전 인프라에 연계하는 ‘에너지 슈퍼스테이션’ 개념이 도입되면서, 충전소를 단순한 전력 소비 시설이 아닌 분산 에너지 자원으로 활용하기 위한 초기 단계의 실증 및 사업이 추진 중
- 충전 인프라의 양적 확산에 비해, 충전기 상태 모니터링, 고장 예측, 예방 정비 등 운영 및 품질 관리 체계는 충분히 고도화되지 못한 상황으로 사용자 체감 신뢰도와 만족도가 낮은 수준에 머물러 있음. 이로 인해 충전 서비스 품질의 지역·사업자 간 편차가 확대되고 있으며, 충전 인프라 전반에 대한 신뢰성 저하로 이어지고 있음
- 시장 구조 측면에서는 충전 요금 동결 정책과 보조금 중심의 지원 체계로 인해, 민간 사업자가 기술 혁신을 통해 추가적인 수익을 창출할 수 있는 구조가 미흡하여, 이에 따라 고도화된 충전 기술 및 에너지 연계 기술에 대한 자발적인 투자 유인이 제한되고 있음
- 한편 충전기 커넥터 및 기본 통신 규격은 점차 통일되고 있으나, 부스터 충전과 같은 가변형·유연형 충전 시스템을 수용할 수 있는 안전인증 제도는 여전히 최대정격 기준에 머물러 있어, 새로운 충전 기술의 상용화 및 확산을 제약하는 제도적 한계가 존재함
- 본 기술개발의 성과가 실질적인 시장 확산과 사업화로 이어지기 위해서는 연구개발과 표준·제도 개선이 유기적으로 연계되는 체계 구축이 필수적이며, 특히 본 사업에서 제안하는 부스터 충전 방식에 대한 안전인증 개선(안)은 R&D 결과가 실제 인증 제도 반영이 필요함
- 단순한 충전 기능 검증을 넘어, 태양광 및 ESS와 연계된 충전소 단위의 에너지 흐름을 AI 기반 에너지 관리 시스템(C-EMS)으로 제어함으로써, 피크 전력 감축이 목표 달성 및 기술의 효과성과 경제성 확보가 필요

- 아울러 연구개발 초기 단계부터 공기업 및 대형 수요기업의 참여를 유도하여, 개발 기술이 실제 구매와 시장 창출로 직결될 수 있는 ‘수요 연계형 R&D’ 구조를 강화 필요. 이를 통해 기술 개발 이후 발생할 수 있는 사업화 불확실성을 최소화
- 전기차 화재에 대한 사회적 우려를 해소하기 위해, 배터리 이상 징후 탐지 정확도를 제고하고, 고출력 충전 환경에서도 안정적인 운용이 가능한 냉각 기술 및 시스템 수명 예측 모델링 등 안전성·내구성 검증 기술 확보 필요함

〈 전기차 초급속 충전 인프라 관련 연구개발 과제 〉

연구 사업명	연구기간	연구개발 과제명
에너지수요관리 핵심기술개발	2024.04~ 2028.03	인공지능 기반 고효율 MCS/초급속 충전 시스템 개발 및 실증
산업기술혁신사업	2018.10~ 2022.03	초고속 충전을 위한 400kW급 전기자동차 충전시스템 개발
기초미래 선도형 사업(과기부)	2024.01~ 2025.12	MW급 전기차 충전기 통신 및 동적 예약 제어 원천기술 개발
에너지수요관리핵심 기술개발	2025.04~ 2028.12	효율관리제도 연계 전기차 충전기 대기전력 관리와 디지털 유지보수 기술 개발 및 통합 플랫폼 기반 실증
산업혁신기반 구축과제	2024.01~ 2028.12	글로벌 시장진출을 위한 전기차 충전인프라 검증 및 실증형 시험인증 기반구축

6. 시사점

□ (기술성) '양적 보급'에서 '수요 중심 미래 친환경 충전소 고도화'로 전환

- (전력망 부하의 능동적 관리) 초급속 충전 수요가 집중될 때 발생하는 배전망 과부하 문제를 단순한 설비 증설이 아닌, 자립형 PV+ESS 기반 AI 기반 에너지 관리(C-EMS)와 용량증설회피 기술로 자립화 유도
- (충전사업자의 시스템 유연성 극대화) 하드웨어 측면에서 50kW~500kW까지 확장이 가능한 표준 모듈러 구조를 채택함으로써, 설치 장소의 전력 여유량과 수요 변화에 따라 유연하게 대응할 수 있는 기술적 기반을 마련

- (신뢰성 기반의 스마트 운영) AI를 활용한 예지보전 및 배터리 이상징후 탐지 기술은 전기차 화재 등 안전 이슈에 선제적으로 대응하여 인프라의 운영 신뢰도 제고

□ (정책성) 규제 샌드박스를 넘어서는 '제도적 선문화'

- 인증 제도 혁신 가속화: 현행 최대정격 중심의 안전인증 체계가 가진 한계를 지적하고, 부스터 충전 방식을 수용할 수 있는 신규 인증 기준(안)을 직접 도출함으로써 법제도와 기술의 간극을 좁히는 정책적 근거를 마련
- 국가 표준의 글로벌 동조화: 국제 표준(IEC 61851-23 ed2.0)을 반영한 국내 표준 정립은 국내 기업들이 글로벌 시장 진출 시 겪게 될 기술 장벽을 사전에 해소하는 효과

□ (경제·사회성) '충전소'의 '에너지 자원화'

- 수익 모델의 다변화: 단순 충전 수수료에 의존하던 기존 사업 모델에서 탈피하여, VPP(가상발전소) 및 예비력 시장 연계를 통해 충전 인프라가 수익을 창출하는 '분산 에너지 자원'으로 거듭날 수 있음을 시사
- 에너지 효율 및 탄소 감축 기여: 피크 전력의 20% 감축 목표와 재생 에너지(PV) 연계는 국가적 탄소중립 이행을 위한 실질적인 수단으로서 충전 인프라의 가치를 재정의

1. 연구개발과제기획 방향

□ 연구개발과제기획 기본방향

- 전기차, 전동설비, 모빌리티 수요 증가에 대응하기 위해 AC 중심의 기존 인프라 한계를 보완하고 DC 그리드 연계되는 고효율 충전체계를 구축하여 변환 손실을 최소화하고 전력품질, 공급 안정성 강화
- 충전 수요의 변화, 부하 변동에 따라 충전 용량을 유연하게 조절할 수 있는 모듈러 확장 구조의 용량가변형 시스템을 개발하고, 표준화된 인터페이스를 적용해 다양한 부품 제조사 호환성 확보로 유지관리와 용량 확장 편리 도모
- 분산에너지 활성화 및 탄소중립 정책 이행을 위한 에너지 유연자원화 기술 확보
 - 정부의 '분산에너지 활성화 특별법' 및 '2030 NDC 달성' 목표에 발맞춰, 단순 전력 소비 시설인 충전소를 태양광(PV) 및 에너지저장장치(ESS)와 연계된 “에너지 생산·소비 거점”으로 전환.
 - 전력 계통의 부담을 줄이는 피크 저감(20% 목표) 및 VPP(가상발전소) 연계형 모델을 기획하여 국가 전력망 안정화에 기여.
- 표준 모듈러 기반의 DC 그리드 연계형 초급속 충전 플랫폼 구축
 - 기존의 고정형·AC 기반 충전 인프라의 한계를 극복하기 위해, 50kW 단위 표준 모듈을 조합하여 최대 500kW까지 확장이 가능한 가변형 하드웨어 아키텍처를 적용.
 - 공통 DC 버스(Common DC Bus) 기술을 도입하여 PV-ESS-전기차 간 전력 변환 손실을 최소화하고, AI 기반의 전력 분배 및 고장 예지보전 기술을 통합하여 시스템 운영 효율과 안전성을 동시에 확보하는 방향으로 기획.

- 규제 해소와 글로벌 표준 선점을 위한 실증 연계형 R&D 추진
 - 현행 안전인증 제도가 수용하지 못하는 부스터(Booster) 충전 방식 및 가변형 출력 제어 기술에 대해, 실증 데이터를 바탕으로 “KC 인증 기준 및 설비 규정 개선(안)”을 도출하는 제도 연계형 과제로 기획.
 - 국제 표준(IEC 61851-23 Ed 2.0)에 부합하는 설계 및 테스트를 통해 국내 충전 산업의 기술 경쟁력을 확보하고 글로벌 시장 진출 기반 마련.

□ 신규 예산 지원 계획안

(단위 : 억원)

구 분	원천기술	혁신제품형	계
지정공모	-	-	-
품목지정	-	90	90
자유공모		-	-
계	-	90	90

□ 기획대상연구개발과제 현황

연구개발과제(품목)명		연계 수요 (도출근거)
기획대상주제명	기획대상 연구개발과제(품목)명	
DC 그리드연계 및 표준 모듈러 기반 용량가변형 초급속 충전 시스템 기술 개발 및 실증	DC 그리드 연계 및 표준 모듈러 기반 용량가변형 부스터 전기차 충전 시스템 기술 개발 및 실증	○ 정부정책 - 탄소중립·녹색성장 기본계획 (2023.04) - 2030 국가 온실가스 감축목표 (NDC) - 새정부 국정과제: '에너지 고속도로 구축' 및 AI 기반 에너지 시스템 구축, 전력망 거버넌스 제도 혁신 과제 ○ 산업기술 R&BD 전략 - 에너지 AI 기획 확대 분야: 차세대 그리드 기술 및 분산 전원 연계 기술 ○ 기타(로드맵 등) - 기술적 수요: 초급속 충전 수요 증가에 따른 지역 전력망의 부담을 완화하기 위한 분산 전원(ESS 등)을 활용한 능동형 분산제어 기술 개발 - 경제적 수요: 전력 도매가 및 충전 운영 비용을 절감하고, VPP(통합발전소)나 예비력 시장 연계를 통해 분산형 충전 사업의 새로운 수익 모델을 창출 - 정책 이행 수요: 분산에너지 활성화 정책 이행을 위한 유연성 자원(Flexible Resource) 기반 조성 및 규제 샌드박스 등 제도 마련을 위한 실증 수요

□ 사업화 연계성과 발생 가능성

연구개발과제(품목)명		지식재산권				표준 ²⁾	인증 ³⁾
		등록특허		소프트웨어	기타 ¹⁾		
기획대상 주제명	기획대상 연구개발과제 (품목)명	해외	국내				
DC 그리드연계 및 표준 모듈러 기반 용량가변형 초급속 충전 시스템 기술 개발 및 실증	DC 그리드 연계 및 표준 모듈러 기반 용량가변형 부스터 전기차 충전 시스템 기술 개발 및 실증	△	○	○	×	○	△

* 동 기획과제 수행을 통해 발생할 수 있는 사업화 연계성과(지재권, 표준·인증)를 예측하여 발생가능성을 ○(높음) / △(보통) / ×(낮음) 중 선택하여 제시

1) 실용신안, 디자인, 상표 등 기타 지식재산권

2) 국제표준, 국가표준, 단체표준의 제·개정(표준화연계형 과제는 보통 이상으로 제시 必)

3) 법적임의 인증(KS인증, 고효율에너지기자재인증, 신제품인증(NEP), 신기술인증(NET), 녹색인증, 제로에너지건축물인증, 소프트웨어품질(GS)인증 등)

기술분류			에너지절감 분야			
산업기술분류 (1순위)	국가과학기술 표준분류(1순위)		구분 ¹⁾	업종 ²⁾	에너지절감 설비군	에너지원
	연구분야	적용분야				
600915 수요 유연화 기술	EF0409 전력전자기술	-	수송	자가용	승용/승합차	전력

* 연구개발계획서 작성시 해당 기술분류에 50% 이상 가중치 부여

** 에너지절감 분야는 개발된 기술의 적용가능성이 가장 높고 에너지 감축효과가 가장 클것으로 예상되는 업종의 에너지절감 설비군, 절감 에너지원을 기재

2. 개발위험 관리방안

□ 기술개발 위험요인

○ 표준 모듈러 간 상호운용성 확보 및 인터페이스 불일치 위험

- (위험요인) 다양한 제조사의 전력변환 모듈(Power Module)과 제어 시스템 간의 “전기적·통신적 인터페이스(Protocol)”가 표준화되지 않을

경우, 목표로 하는 '유연한 용량 확장(50~500kW)' 및 '유지보수 호환성' 달성이 불가능해질 위험 존재.

- (극복방안) 개발 초기 단계에서 컨소시엄 내 공통 인터페이스 규격(안)을 확정하고, 모듈 단위의 HILS(Hardware In the Loop Simulation) 검증을 통해 상호운용성을 사전에 확보. 또한, 오픈 소스 기반의 통신 프로토콜을 적용하여 이기종 장비 간 호환성 테스트를 수행.
- 500kW급 초급속 충전 시 발생하는 고밀도 발열 및 냉각 시스템 제어 난이도
 - (위험요인) 500kW급 부스터 충전 시 발생하는 막대한 열로 인해 전력 변환 효율이 저하되거나, 케이블 및 커넥터의 과열로 인한 충전 중단 및 화재 사고 발생 가능성이 높음. 특히 액침 냉각 또는 수냉식 시스템의 누수나 펌프 고장은 치명적인 시스템 실패로 직결됨.
 - (극복방안) 전력 모듈 및 케이블에 대한 열유동 해석(CFD) 시뮬레이션을 통해 최적의 냉각 유로를 설계하고, 주요 발열 부위에 이중화된 온도 센서를 배치. 냉각 성능 저하 시 출력을 자동으로 제한하는 Derating 알고리즘을 고도화하여 시스템 보호 기능을 강화.
- 다이내믹 멀티채널 부하 분산 제어의 복잡성 및 응답 지연
 - (위험요인) 다수의 차량이 동시에 충전할 때, 충전기(Dispenser) 간 전력을 실시간으로 재배분하는 과정에서, 스위칭 지연(Latency)이나 전압 변동(Ripple)이 발생하면 차량의 BMS(Battery Management System)가 이를 오류로 인식하여 충전을 차단할 수 있음.
 - (극복방안) 고속 스위칭 소자(SiC 등) 적용 및 실시간 제어(Real-time Control) 알고리즘을 최적화하여 부하 변동에 대한 과도 응답 특성을 개선. 차량 모사 장치(Grid Simulator & EV Simulator)를 활용하여 다양한 시나리오(동시 충전, 급격한 부하 변동 등)에서의 제어 로직 안정성을 반복 검증.
- AI 기반 고장 예지보전 및 이상징후 탐지 모델의 데이터 신뢰성 부족
 - (위험요인) 전기차 배터리 화재 예방을 위한 AI 모델 개발 시, 실제

“화재 전조 증상(Thermal Runaway Precursor)”에 대한 학습 데이터가 부족하여 탐지 정확도가 낮거나 오경보(False Alarm)가 빈번하게 발생할 수 있음.

- (극복방안) ISO 15118-12(충전 상태 정보) 표준 데이터를 기반으로 실증 사이트에서 수집된 정상/비정상 데이터를 지속적으로 학습(MLOps) 체계 구축. 데이터 부족분은 디지털 트윈 기반의 가상 데이터 생성(Data Augmentation) 기술을 통해 보완하고, 배터리 제조사와의 기술 협력을 통해 화재 패턴 알고리즘의 신뢰성 확보.
- DC 그리드 내 분산전원(PV, ESS) 연계 시 보호협조 및 전력품질 저하
 - (위험요인) 태양광(PV) 발전량의 변동성과 급속 충전 부하의 급격한 변화가 공통 DC 버스(Common DC Bus) 상에서 충돌할 경우, DC 전압 불안정 및 보호 기기(차단기 등)의 오동작을 유발할 수 있음.
 - (극복방안) DC 배전망에 특화된 “지능형 전력 관리 시스템(EMS)”을 통해 에너지 흐름을 예측 제어하고, 고속 DC 차단기 및 능동형 필터를 적용하여 전력 품질을 안정적으로 유지. 실증 단계에서 계통 연계 규정(Grid Code) 준수 여부를 엄격히 평가.

□ 사업화 애로사항

- 현행 최대정격 기준 안전인증제도가 부스터 충전 방식을 수용하기 미흡하여, 국제 표준(IEC 61851-23)을 반영한 제도 개선(안) 도출이 병행되어야 함
- DC 그리드연계 및 표준 모듈러 기반 용량가변형 초급속 충전 시스템 구축·실증을 위해 “전기용품 및 생활용품 안전관리법, 전기사업법” 등에 따른 인·허가 및 규제샌드박스 사전 검토 후 정부 승인 필요

< 규제신속확인 결과 반영 >

과제명	DC 그리드 연계 및 표준 모듈러 기반 용량가변형 부스터 전기차 충전 시스템 기술 개발 및 실증
(허가·인증 등이 필요한 경우) 그 허가·인증 등을 받기 위해 필요한 조건 및 절차	
○ 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」에서 해당 제품은 안전관리대상으로, 출고/통관 전에 안전확인신고 등이 필요함. - 전기차충전기(정격출력 200 kVA 이하인 것에 한정) - 리튬이차전지시스템(정격용량 300 kWh 이하인 것에 한정) ※ 해당 제품별 적용 안전기준은 「전기용품 및 생활용품 안전관리 운용요령」 별표25 (안전관리 대상 전기용품 안전기준 현황) 에서 확인 가능 ○ 동 사항(초급속 충전시스템)은 「전기사업법」 제61조, 제63조 및 「전기안전관리법」 제8조, 제9조, 제11조에 따라 사업용·자가용 공사계획인가·신고, 사용전·정기검사 대상이며, - 「전기안전관리법」 제18조(검사·점검의 방법·절차 등)에 따른 검사·점검의 방법·절차 등에 관한 고시 및 「전기사업법」 제67조(기술기준)에 따른 전기설비기술기준 등 준수 필요	
(법령 상 금지하고 있는 경우) 금지 내용 및 사유	
○ 해당사항 없음	
기타 확인요청 사항 등에 대한 참고 내용	
○ ‘차량 운행 정보 또는 배터리 상태 정보’의 내용을 구체적으로 기재하지 아니하고 있음. 본건 서비스는 배터리 충전 수요에 효율적으로 대응하는 것을 목적으로 하고 있는데, 차량 자체에 대한 정보가 아닌 특정 개인(차주)을 알아볼 수 있는 식별정보(성명, 고유식별번호, 차량번호 등)와 결합되는지 여부가 명확하지 아니함. 다만, 본건 서비스가 특정 개인(차주)의 식별정보를 필요로 하는 경우라면, 개인정보에 해당하여 이를 ‘수집 및 분석(연구)’ 등 처리하려면 개인정보 보호법 제15조, 제18조, 제28조의2 등 제반 규정을 준수하여야 할 것으로 보임	

□ 사회환경 위험요인

- 고출력 충전 설비의 안전성 우려 및 사회적 수용성(NIMBY) 문제
 - (위험요인) 최근 잇따른 전기차 화재 사고로 인한 '전기차 포비아' 확산으로, 주거지 및 도심 인근에 고전압(500kW급) 충전 설비와 에너지 저장장치(ESS)가 설치되는 것에 대한 주민 불안감 및 반대 여론(NIMBY) 발생 가능성 존재.
 - (방지방안) 본 과제에서 개발하는 “AI 기반 고장 예지보전 및 이상 징후 탐지 모델(ISO 15118-12)”을 통해 배터리 및 충전기 상태를 실시간으로 모니터링하여 화재를 사전에 차단하는 안전 기술을 강조.
 - 또한, 국제 표준(IEC 61851-23 Ed 2.0)에 부합하는 고밀도 열관리

및 수냉식 냉각 시스템을 적용하여 시스템 발열을 원천적으로 제어하고, 실증 단계에서 기능 안전성(Functional Safety) 검증을 철저히 수행하여 대국민 신뢰도 확보.

○ 전력망 과부하로 인한 지역 계통 불안정 초래 가능성

- (위험요인) 500kW급 초급속 충전기가 다수 설치되어 동시 충전이 이루어질 경우, 순간적인 전력 피크 발생으로 인근 지역 배전망의 전압 강하 또는 정전 등 계통 불안정을 유발하여 지역 사회에 피해를 줄 위험이 있음.
- (방지방안) 본 기술의 핵심인 PV(태양광)+ESS 연계형 분산 전원 시스템과 공통 DC 버스 기술을 활용하여 전력 피크를 자체적으로 흡수하고 계통 충격을 완화.
- 실증 목표인 피크 전력 20% 감축을 달성함으로써, 단순 전력 소비 시설이 아닌 지역 전력망 안정화에 기여하는 '유연성 자원(Flexible Resource)'으로서의 사회적 순기능을 부각.

○ 고전압 변환 과정의 전자파 및 소음 환경 이슈

- (위험요인) 대용량 전력변환장치(AC/DC, DC/DC) 가동 시 발생하는 고주파 스위칭 노이즈 및 전자파가 인근 거주민의 생활 환경에 부정적 영향을 미칠 수 있다는 우려 제기 가능성.
- (방지방안) 표준 모듈러 설계 단계에서부터 EMI(전자파 간섭) 차폐 기술과 저소음 냉각 팬/펌프 제어 알고리즘을 적용. 설치 환경에 따른 엄격한 환경 규제 기준을 준수하고, 도심형 충전소에 적합한 친환경·저소음 설비 구축을 통해 민원 발생 요인 사전 제거.

□ 기술영향 검토

○ 국민생활 편익 증진: 충전 스트레스 해소 및 친환경 이동권 보장

- 500kW급 초급속 충전 기술을 통해 기존 대비 충전 시간을 획기적으로 단축하여 전기차 이용자의 가장 큰 불편 사항인 '충전 대기 시간' 문제를 해소하고, 전기차 보급 확산에 기여.
- 도심 내 부족한 전력 인프라 환경에서도 ESS와 연계된 독립적 충전소

구축이 가능해져, 충전 사각지대를 해소하고 국민의 친환경 이동권을 보장.

○ 관련 산업 발전: 글로벌 표준 선도 및 에너지 신산업 창출

- 표준 모듈러 기술 확보를 통해 그동안 과편화되었던 충전기 부품시장의 호환성을 높여 국내 충전기 제조기업의 가격 경쟁력과 유지보수 효율성을 제고.
- 충전소를 단순 소비처가 아닌 '에너지 자원'으로 활용하는 VPP(가상 발전소) 및 DR(수요반응) 시장과 연계하여, 에너지 데이터 기반의 새로운 서비스 산업 생태계 활성화.

○ 문화·윤리적 영향 및 잠재적 부작용에 대한 대응

- (데이터 프라이버시) AI 기반 사용자 맞춤형 충전 및 결제 서비스 (PnC) 도입 과정에서 개인의 이동 경로, 충전 패턴 등 민감한 데이터가 수집되므로, 이에 대한 데이터 비식별화 처리 및 철저한 보안 프로토콜 (ISO 15118-20 TLS 등) 적용이 필수적임.
- (디지털 격차) 충전소의 무인화·자동화 가속화로 인해 디지털 기기 사용에 익숙하지 않은 고령층 등의 이용 불편이 예상되므로, 직관적인 UI/UX 설계와 음성 안내 지원 등 사용자 접근성(Accessibility)을 고려한 기술 개발 병행 필요.

3. 기획연구개발과제 RFP / 기술개요서

[품목지정공모 (기술개요서)]

품목명 : DC 그리드 연계 및 표준 모듈러 기반 용량가변형 부스터 전기차
충전 시스템 기술 개발 및 실증 34

'26년도 에너지기술개발사업 신규연구개발과제 품목개요서 (품목지정)

관리번호	2026-수요관리-수요관리기반-품목-05		산업 기술 분류	중분류 I	중분류 II
과제유형	☐ 원천기술	☒ 혁신제품 ☒ 실증형		에너지효율향상	-
해당여부	☐ 통합형 ☐ 안전관리형 ☒ 표준연계 ☐ 경쟁형 R&D ☐ 국가핵심기술 ☐ 국제공동 ☐ 공기업협력 ☐ 혁신도전형 ☒ 규제샌드박스 연계형				
품목명	DC 그리드연계 및 표준 모듈러 기반 용량가변형 부스터 전기차 충전 시스템 기술 개발 및 실증 (TRL : [시작] 5단계 ~ [종료] 8단계)				
1. 개념 및 개발내용					
☐ 개념 ○ PV(태양광) 및 ESS(에너지저장장치) 연계 DC 버스 활용 고효율 직류 배전망용 전력 변환 및 분산 제어 기술 개발과 표준 모듈러를 기반으로 50kW에서 최대 500kW까지 유연한 용량 확장과 출력 제어를 통한 피크 전력 감축형 전기차 부스터 충전소 운영 기술 개발 * 핵심목표 : 50~500kW 용량가변형 충전기 실증기반 기존 대비 피크 전력 20% 감축					
☐ 개발내용 ○ 표준 모듈러 기반 고효율 급속 충전 시스템 및 제어 기술 개발 - 전력변환장치, 커플러 등 표준형 모듈러 개발을 통한 분산형 용량 확장 HW 개발 - 분산형 충전기의 다이나믹 멀티채널 제어 및 고밀도 열관리 냉각 시스템 개발 - 국제표준(IEC 61851-23 ed2.0) 기반 부스터 충전 방식 및 기능안전성 기술 개발 - 국내 표준모듈러 및 시스템간 전력/통신 인터페이스 표준화 규격(안) 개발 ○ 공통 DC버스 기반 분산형 충전기 통합 플랫폼 기술 개발 - PV, ESS 등 분산자원의 충전기 연계를 위한 공통 직류 버스(DC BUS) 운영 기술 개발 - 분산자원을 통합한 수요연계형 통합 전력 공급형 충전소 통합관리시스템 개발 - 배전설비 용량증설회피 및 전력피크 수요 분산을 위한 에너지관리 기술 개발 - AI기반 고장 예지보전, 자율 운영 및 배터리 데이터 이상징후 탐지 모델 개발 ○ 표준형 모듈러 기반 용량가변형 충전 인프라의 실증 및 상호운용성 검증 - PV+ESS 연계형 500kW 충전소 2개소 이상 현장실증을 통한 충전시스템 성능 검증 - 통합 전력 공급형 충전소용 PV, (B)ESS, 전력변환장치, 커플러, 냉각장치 등 표준 모듈러 3종 이상 개발 및 표준화 통한 상호운영성 검증 ○ 분산자원 연계형 차세대 통합 전력 공급형 인프라의 제도 개선 및 검증 - PV-ESS 등 분산자원이 연계된 복합 충전 인프라의 국내 표준을 정립하고 관련 제도 개선(안) 제안					

- 국제표준(IEC 61851-23 ed2.0)을 반영한, 현행 최대정격 기준에서 부스터 충전 방식을 수용할 수 있는 안전인증제도 개선(안) 개발
- 초급속 충전 시스템의 기능 안정성을 확보하고, 검증하기 위한 평가 시스템 개발
- 탄소감축 경로를 포함한 환경·경제적 성과 발굴 방법론 제시 및 검증

연구개발계획서 제출시 다음 항목의 정량적 목표치 및 상용화 수준 제시 필수

- (공통) 피크 전력 감축률(%), 운영비용 절감율(%)

* 통합 전력 공급형 충전소(1개소 당) 최소 요구 용량 : 충전기(50~500kW)+PV(50kW)+ESS(50kW/150kWh) 이상

* 목적지형, 경유지형 등 충전이용방식 및 패턴이 다른 충전소로 유형을 나누어서 제안 우선

- (표준) 표준모듈러 3종이상, 국내 표준 규격(안) (건), 제도 개선(안) (건)

* 표준 규격(안) 2건, 제도 개선(안) 1건 (수요자원 연계 포함) 이상 필수

- (기술) 사업참여자가 자유롭게 기획하여 복합 충전시스템의 전력변환 효율, 냉각 성능, AI 예지보전 정확도

□ 개발위험 극복방안

- 실증사이트(2곳 이상)에서의 운영 신뢰성 및 상호운용성 검증 방안 필수 포함
- 냉각 효율 극대화 및 시스템 안정성/수명 증대를 위한 내구성 검증용 수명 예측 모델링 개발 내용 포함
- 초급속 충전 시스템 인증기준 개정 예정에 따른 국제표준 기반 초급속 충전시스템 개발 필수
- 초급속 충전 시스템 실증을 위한 시험인증 기관과의 협력 및 인증체계 제도 연계 방안 제시
※ 국제표준 기반 기능 안전성 평가성과 등을 활용한 초급속 충전 시스템 평가 연계 방안 확보 필수
- 설비 구축과 운영 실증을 위한 규제샌드박스/인·허가 사항 사업계획서에 반영 필수
- 연구개발계획서에 사업 성과관리 및 성과확산 방안 제시 필수

2. 지원 필요성

□ 지원 필요성

- (정책적) '탄소중립·녹색성장 기본계획' 및 '새정부 국정과제'에 따른 재생에너지 중심 전력망 안정화 및 분산에너지 활성화 정책 이행을 위한 기술 R&D 지원 필요
- (기술적) 대용량 분산 전원(ESS 등)을 활용하여 계통 연계를 최소화하고, 초급속 충전 수요 증가에 따른 지역 전력망 부담을 완화하는 능동형 분산 제어 기술 개발이 시급함
- (시장적) 파워뱅크 및 태양광 발전을 활용한 전력 도매가 및 운영 비용 절감, VPP/예비력 시장 연계를 통한 분산형 충전 사업의 새로운 수익 모델 창출 기술 확보 필요
- (사회적) 전기차 인프라 구축의 시급성 및 재생에너지 확대에 대응하기 위한 유연성 자원(Flexible Resource) 기반 조성 필요

□ 활용분야

- 전기차 인프라 구축의 시급성 및 재생에너지 확대에 대응하기 위한 유연성 자원(Flexible Resource) 기반 조성 필요

3. 지원기간/예산/추진체계	
○ 기간 : 33개월 이내 ○ 정부지원연구개발비 : '26년 18억원 내외(총 정부출연금 90억원 이내) ○ 주관연구개발기관 : 중소·중견기업 ○ 기술료 징수여부 : 징수 ○ 기타사항 : 수요기업은 연구개발기관으로 참여 필수	