

2024년도
에너지기술개발사업
연구개발과제기획보고서

**AC/DC Hybrid 배전망
운영 성능평가 기술개발**

무단 전재 및 재배포 금지

한국에너지기술평가원의 허락 없이 본 문서를 온라인 사이트 등에 무단 게재, 전재하거나 유포할 수 없습니다.

제3자의 기획보고서 및 관련자료의 재 활용 시 따를 수 있는 책임소재는 한국에너지기술평가원에 없음을 알려드립니다.

목 차

I . 동향분석	1
1. 개 요	
2. 산업·기술동향	
3. 특허동향	
4. 표준화동향	
5. 정부R&D 지원현황	
6. 시사점	
II . 기획대상연구개발과제 도출	20
1. 연구개발과제기획방향	
2. 개발위험 관리방안	
3. 기획연구개발과제 RFP	

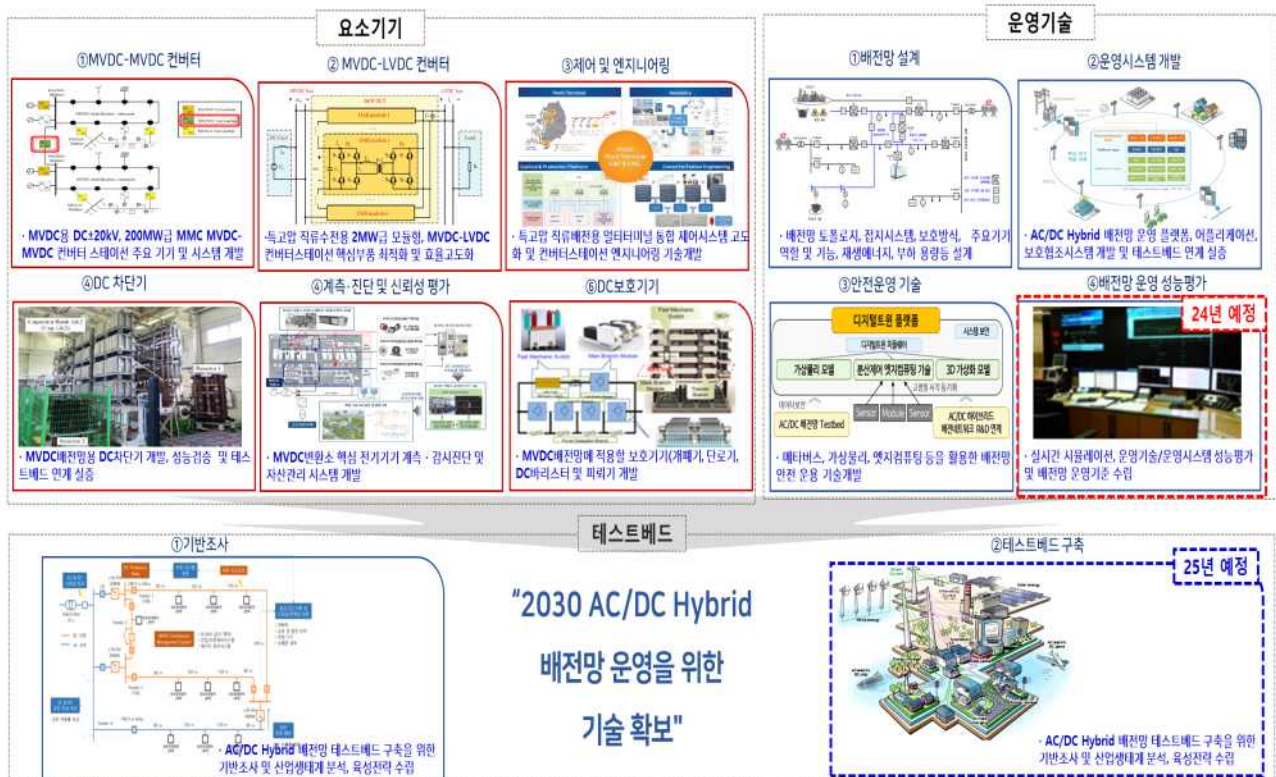
사업 개요 : 차세대 AC/DC Hybrid 배전 네트워크 기술개발

□ 사업 개요

사업목적	AC/DC Hybrid 배전망 운영을 위한 직류배전망 기술개발·실증 지원을 통하여 배전 연계 전력수요 대응 및 안정적 전력공급 환경 구축							
사업기간	'22~'28 (7년)			주요정책		제9차 전력수급기본계획		
예산(억원)	'22년	'23년	'24년	'25년	'26년	'27년	'28년	합계
예타기준	250.8	344.2	378.3	456.3	375.3	61.9	38.1	1,904.9

* 예타기준 총사업비 : 2,665억원 (정부 1905억원, 민간 760억원)

□ 연구 내용



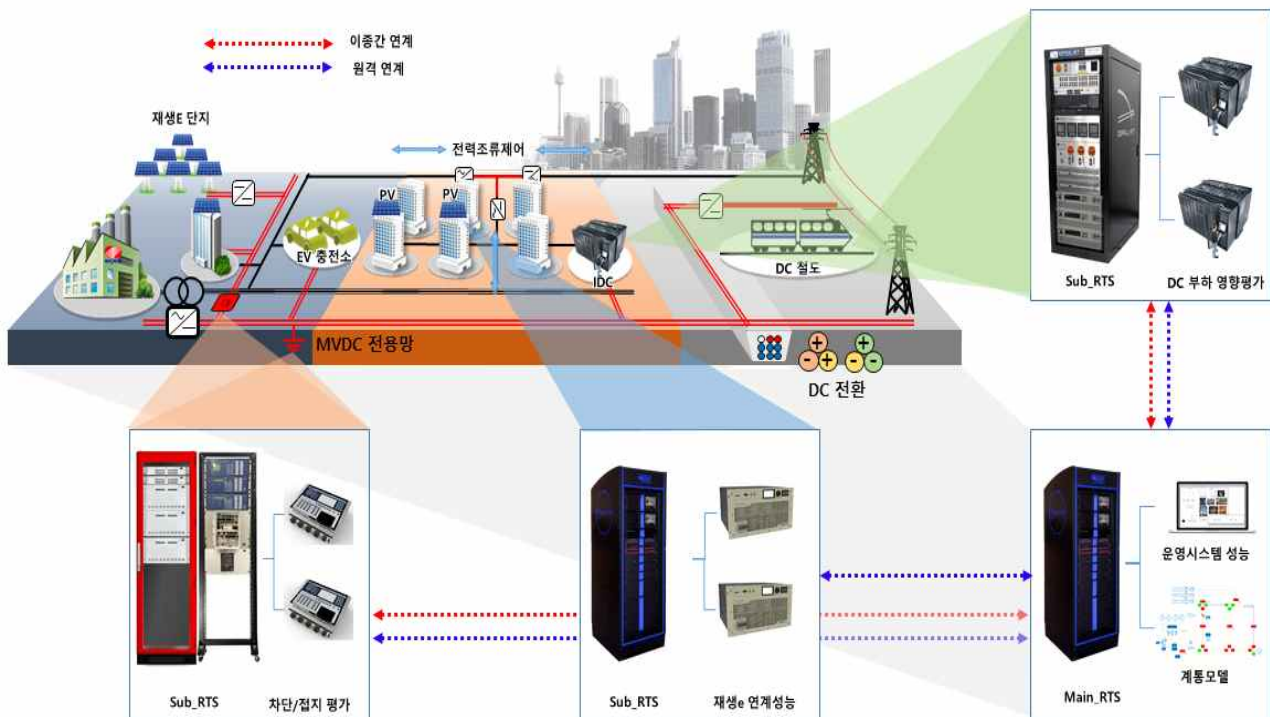
<차세대 AC/DC Hybrid 배전 네트워크 기술개발 사업 연구개발 구성도>

1. 개 요

□ 개 념

○ 배전망 운영 성능평가 기술

- AC/DC Hybrid 배전망 운영기술의 안정성, 신뢰성 및 효율성의 성능을 검증하기 위한 성능 평가 기술



< AC/DC 하이브리드 배전망 운영 성능평가의 개념도 >

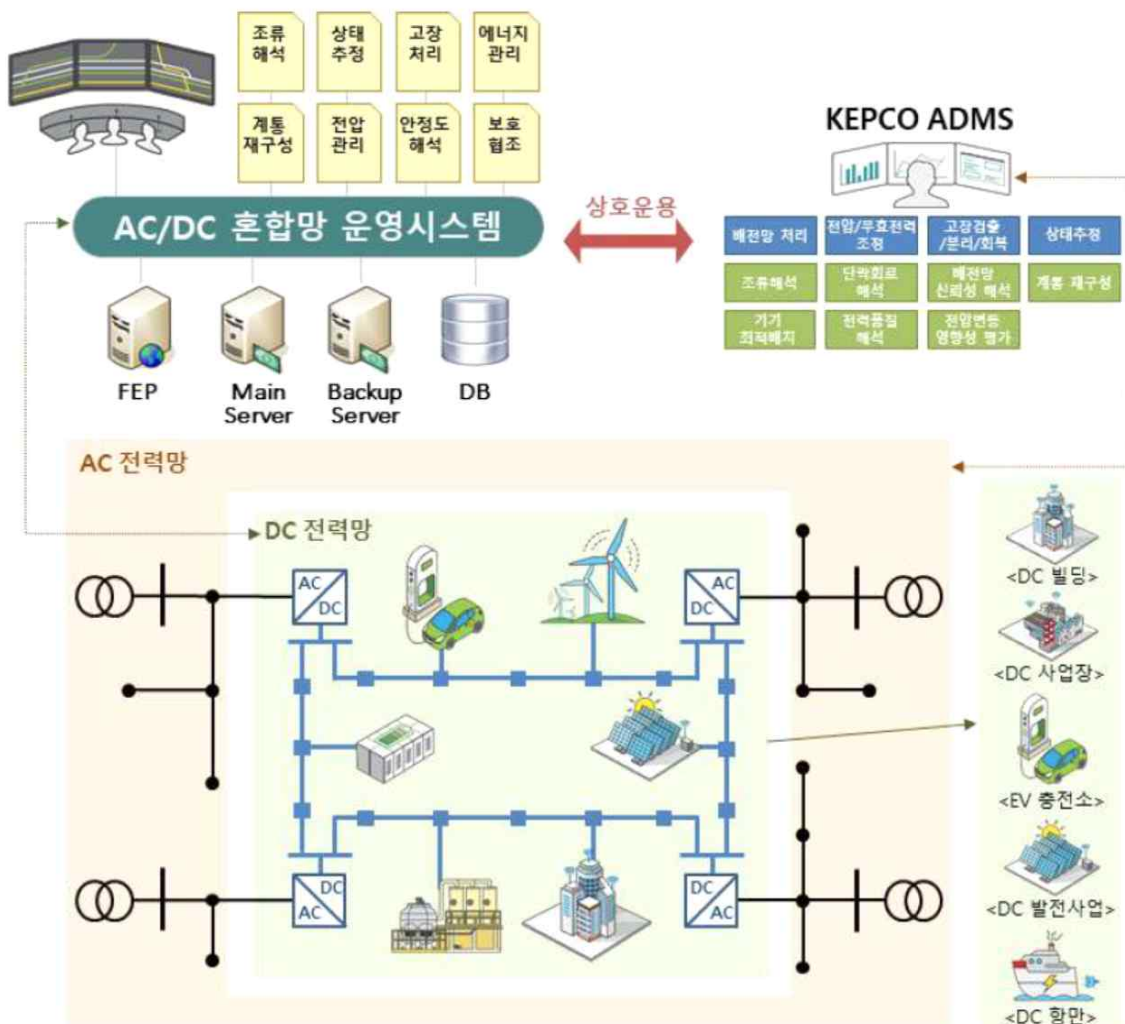
○ MVDC를 활용한 AC/DC Hybrid 배전

- MVDC(Medium Voltage Direct Current)는 (특)고압 직류배전을 의미하며 일반적으로 저압직류(LVDC-Low Voltage Direct Current)와 초고압직류(HVDC-High Voltage Direct Current) 사이의 범위인 1.5kV ~ 100kV에서 배전망에 전력을 공급하는 시스템임
- 대규모 전기차 충전소, 산업단지, 항만, DC기반 발전단지 등 DC를

활용하는 다양한 응용분야에 적용 가능한 시스템임

○ AC/DC Hybrid 배전망 운영시스템

- MVDC 배전망을 대상으로 필요한 전력망 운영과 관련된 다수의 핵심 기능을 탑재해서 높은 신뢰도를 가지고 안정적 전력망 운영이 가능함
- MVDC 배전망과 주변 AC 배전망의 상호 작용을 고려하여 운영하며 궁극적으로 AC/DC 하이브리드 배전망의 운영이 가능함



<AC/DC Hybrid 배전망 개념도 및 운영시스템 관계도>

□ 주요이슈

- 직류기반 설비의 효율적 활용을 위한 AC/DC Hybrid 배전망의 출현
 - 기후변화에 대응하기 위해 재생에너지 활용이 필수로 요구되며 기존 AC 전력망에서의 재생에너지 운용 효율에 대한 고찰 필요성이 제기됨
 - AC 전력망이 표준 모델로 채택된 후 DC 전원 중심인 재생에너지 발전원의 경우 필수적으로 전력변환장치를 수반함, 이에 전력망 표준과 발전 및 부하의 종류에 따라 여러 단계의 변환 과정이 요구되어 변환손실 증가
 - 다중의 전력변환과정을 줄이기 위해 AC 전원 및 부하의 경우는 AC 전력망에, DC 전원 및 부하는 DC 전력망에 연계하는 방식이 제안됨
- 직류기반 배전망 운영시스템 검증을 통한 직류 산업 발달
 - DC 전원/부하가 DC 전력망에 연계되면 내장형 정류기의 필요성이 사라지며 전자제품 및 장비의 단순화와 생산비용 감소의 효과 기대
 - 기존 AC 전력망에서 대규모 재생에너지원에 대응하기 위한 설비 과투자 회피와 DC 요소기기와 전력망 운영기술 두 측면의 발전을 안정적으로 추진
- 실시간 시뮬레이터 기반 성능평가 기술은 항공·우주, 자동차, 전력 등 다양한 산업 분야에서 활용 중임
 - 로켓 또는 항공기 비행 제어, 자동차 자율주행 등 첨단 산업 분야에서 사전 시험 및 성능 최적화를 위하여 활용 중이며 이를 통해 개발기간 및 비용을 획기적으로 절감할 수 있음
- AC/DC Hybrid 배전망은 기존 배전망에 MVDC를 병행하여 운영하는 망으로 국내·외에 도입 사례가 없음
 - 전력공급의 역할을 하는 배전망은 안정성과 신뢰성이 검증된 기술이 도입되어야 하며 운영 및 설비의 성능평가는 AC/DC Hybrid 배전망의 도입 시기 및 비용을 절감하기 위하여 필수적인 기술임
- AC/DC Hybrid 배전망 운용을 위한 보호협조 체계 연구 필요
 - Hybrid 배전망 운영 전략에 따른 운용시스템과 보호협조 시스템의 통합 운용성 검증을 위한 시뮬레이션 및 성능 검증을 위한 시험기술 개발 필요

2. 기술 · 산업 동향

□ 기술·산업 해외 동향

○ 국외 기술 동향

- (미국) EPRI는 직류 부하 급증에 대비해서 마이크로그리드 구성방식으로 교류와 직류를 동시 선정하였으며, 다양한 전압 크기의 직류망 연계가 가능한 지능형 다기능 변압기 시제품 제작
- (독일) 전력회사 E.on은 Aachen 대학과 공동으로 약 6.2MW 규모의 $\pm 5\text{kV}$ 2.3km길이의 DC 배전망 구축을 2018년 3월부터 시작했으며, 전력용 반도체 응용 변압기, 고효율 전력변환기, DC 케이블 등의 기술을 개발
- (일본) 저압 직류배전과 관련해서 다양한 연구를 수행했으며, 통신회사 NTT에서는 400V DC배전을 위한 플러그와 소켓 등을 개발하여 실증시험을 마친 상태이며 2개의 스마트시티 실증 프로젝트 추진
- (영국) 다수의 배전망 운영자가 저탄소 에너지 전원을 수용하기 위한 목적으로 전력망을 MVDC로 전환하고 했으며, 이에 따라 Bangor 변전소와 Llanfair PG 변전소 사이의 기존 선로를 MVDC로 전환하는 프로젝트 진행
- 대규모 송배전 시스템 성능 검증을 위한 PHILS 활용 사례
 - AC/DC 설비 용량 산정, 운영 제어, 안정도, 보호 기능 실시간 검증
 - 전력전자 기반 설비(HVDC/MVDC, ESS, STATCOM 등) 의 Replica 제어기 연동 시험을 통한 실계통 조건 성능 검증
 - 인버터 기반 분산자원의 계통 고장, 부하변동, Ride-through 등의 계통 지원 기능에 대한 성능 검증 용이



< Southern California Edison, 실시간 디지털 시뮬레이션 시스템 >

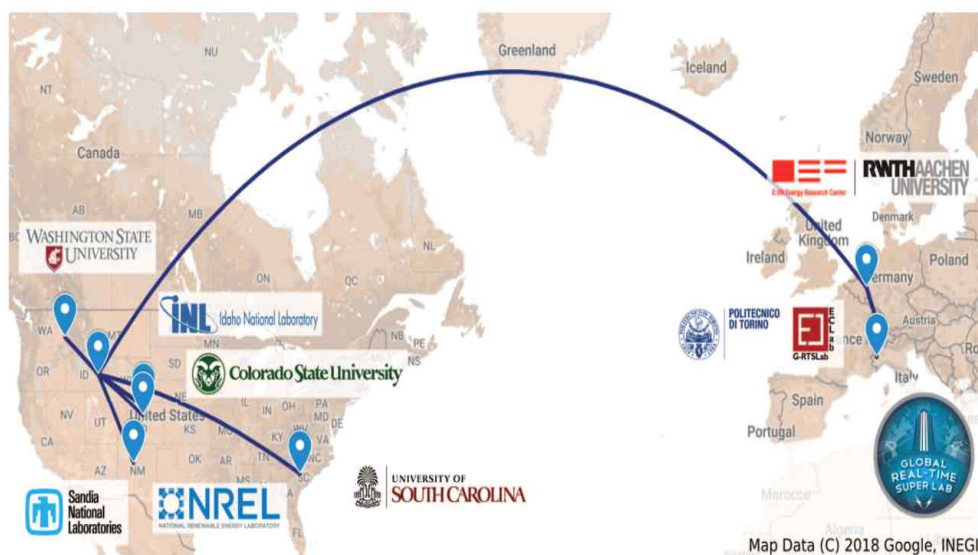
< 대규모 송배전 시스템 성능 검증을 위한 PHILS 사용 현황 >

PHILS	보유기관
· CAPS(Center for Advanced Power Systems) RTDS 14 Rack	Florida State University
· typhoon HIL	Fraunhofer, Digital Grid Lab
· HELICS(Hierarchical Engine for Large-scale Infrastructure* - Co-Simulation), 50,000 노드, 100,000 통신 포인트 사용 · Megawatt-scale PHILS**	NREL
· 대규모 PHILS	해외 전력 회사 · Southern California Edison(미국) · China Southern Grid(중국) · Transpower(뉴질랜드)

* Open-source co-simulation framework을 사용한 이중 시뮬레이터 연동, National Laboratory(Argonne, Idaho, Lawrence Livermore, OAK RIDGE, Pacific, NREL) 공동 연구 진행

** 1.08-MVA grid simulator, Energy Systems Integration Facility, 7-MVA grid simulator, National Wind Technology Center

- 원격/이중 시뮬레이터 간 연계를 통한 전력망 시뮬레이션 구축 사례
 - 독일, 이탈리아, 미국의 8개 연구기관들은 2017년 각 기관들의 HILS 시스템을 연계하여 동작하는 대규모 전력망 시뮬레이션 시스템 “Global Real-Time Superlab” 프로젝트를 수행함
 - 8개의 Sector로 분리된 대규모 전력망은 각 연구기관들의 서로 다른 시뮬레이터로 모델링되고 온라인 통신을 통해 연계됨
 - 이중 시뮬레이터가 연계되는 가상전력 인터페이스 모델에 관한 연구와 통신에 의해 발생하는 Time delay에 대한 보상 기법에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있음



< Global RT Superlab의 시뮬레이터 상호 연계도 및 참여기관 >

○ 국외 산업 동향

- 직류 기반 신재생에너지와 직류 부하 증가에 따라 HVDC, LVDC 기술 개발에 이어서 MVDC 관련 시장규모의 지속적인 성장이 예상됨

< 국가별 AC/DC 하이브리드 배전망 시장 규모 및 동향 >

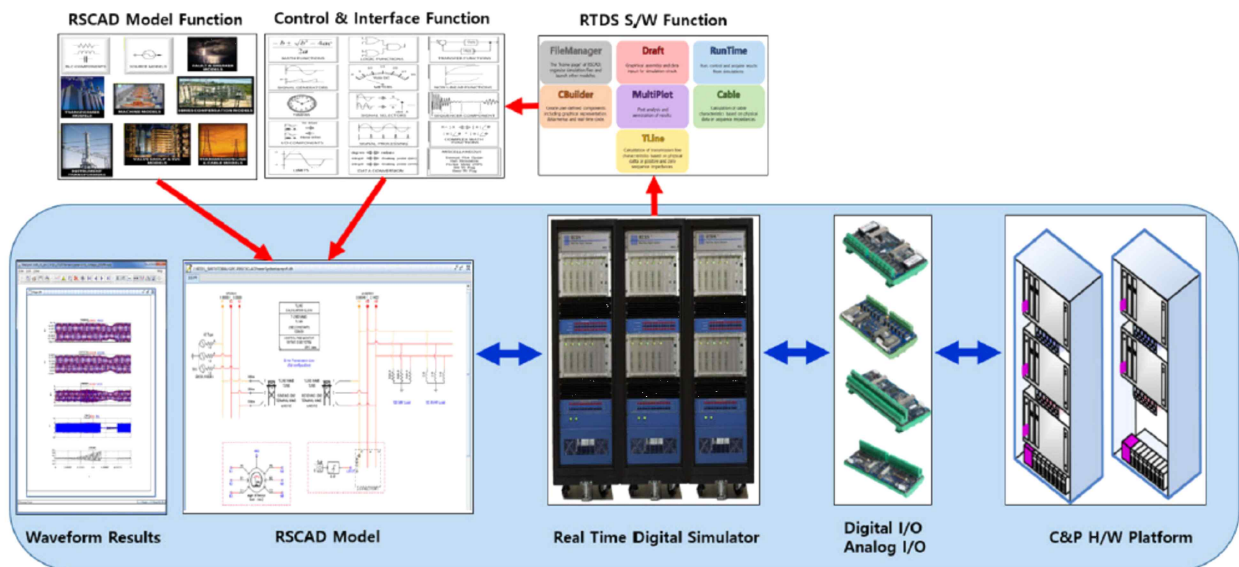
구분	주요 특징	시장규모 (비율)		CACR (2019~2025)
		2019	2025	
미국	- 스마트그리드 관련 건물 DC 배전 기술 및 효율 가치 검증 - 미국-중국 공동 R&D 플랫폼 구축, 통신 및 제어를 통한 DC 건물 에너지 효율 개선 연구 수행	733.5 (3.1%)	93.4 (4.9%)	4.1%
유럽	- IEEE EPPI(European Public Policy Initiative)에서는 DC전력공급 효율 향상을 위한 대안 마련을 제안 - IEE PES(Power % Energy Society)는 안정적이고 효율적인 DC 전력을 가정과 기업에 사용할 수 있는 'DC Home'전략 실행	830.6 (2.8%)	1,037.7 (4.5%)	3.8%
중국	- 시장수요 충족을 위해 마이크로그리드와 같은 전력전자 기술, DC배전 네트워크 기술 등의 개발에 집중 - China Southern Power Grid는 대학과 연계, DC배전망의 이점에 대한 연구 수행	813.4 (6.5%)	1,247.1 (8.1%)	7.4%
일본	- 동일본 대지진 후 데이터센터 및 클라우드의 중요도 향상으로 재생 에너지와 전력저장장치를 결합한 직류 배전시스템에 관심 - Mitsubishi Electric은 1.5kV 이하의(MV/LV DC) 배전 시스템인 '스마트 MVDC 배전네트워크 시스템' 출시	590.1 (3.2%)	752.7 (4.9%)	4.1%
아시아 국가	DC 부하 및 인프라 수요 증가, 재생에너지원과 수요위치의 불일치에 대한 현안 해결에 집중	604.6 (5.5%)	880.9 (7.2%)	6.5%

- Navigant Research 자료에 의하면, MVDC 전세계 시장규모는 2018년 6억 달러규모에서 2025년 약 10억 달러로 성장할 것으로 추정
- 북미(미국, 캐나다) 대부분의 전력전송 정책은 DC와 AC, 중전압과 고전압 모두에 적용되며 장거리 HVDC의 가격 대비 효율과 신재생에너지의 통합, 그리드의 상호연결을 위한 MVDC의 시장의 성장이 기대되고 있음
 - 노후화된 전력망 현대화를 위한 정부주도의 초기투자 추진 중
 - * '07년 에너지 독립·안보법(EISA), '09년 경기부양법(ARRA)에 법적 근거를 마련
 - 용자 지원, 실증사업, 표준화·인증, 인력양성 등 4개분야에 45억불 투자, '16년까지 민관 공동으로 801억불 규모의 투자를 유도하고 있음

□ 기술·산업 국내 동향

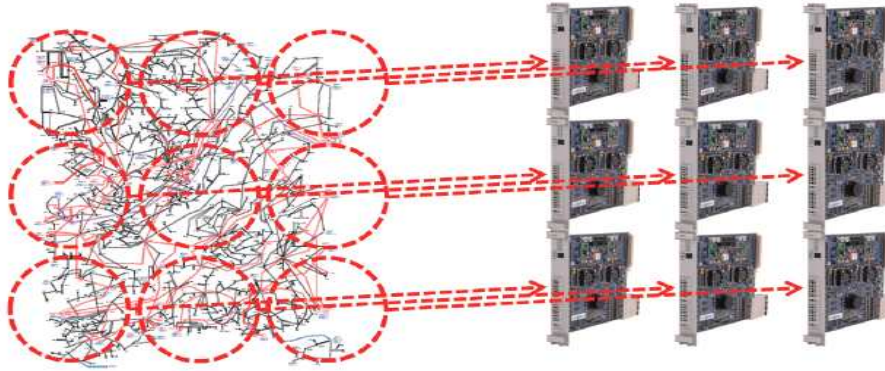
○ 국내 기술 동향

- 실시간 시뮬레이터 기반 성능평가 기술은 항공·우주, 자동차 등 다양한 산업 분야에서 사전평가를 위한 장치로 활용 중임
- 전력산업 분야에서는 2002년부터 한국전력공사는 실시간 시뮬레이터를 도입하여 전국 계통을 모의하여 상정 고장, 안정도, 혼잡 등 계통영향 분석 수행중
 - * 북당진-고덕 HVDC 2단계(21년), 동해안HVDC 1, 2단계(21년, 22년)의 도입이 예정됨에 따라 2020년부터 HVDC의 성능검증 및 제어기 최적 운전을 위하여 HVDC 레플리카 제어기와 실시간 시뮬레이터를 연계한 성능평가 및 최적화 연구를 수행 중임
- MVDC 레벨의 성능평가 기술은 초기 단계로 본 사업의 'AC/DC 하이브리드 배전망 설계 및 해석 기술개발' 과제 내에서 IED, 일부 컨버터 제어기의 실시간 시뮬레이터를 연계한 모의를 제한적으로 수행하고 있음



< HVDC 레플리카 제어기-실시간 시뮬레이터 연계 성능평가 구성도 >

- 한전 전력연구원 실시간 계통해석 센터(Advanced KEPCO Enhanced Power system Simulator center, AKEPS) 운영
 - * RTDS 34 랙, 발전기 500기, 변전소 2,000개 수용 세계 최대 규모
- 전력전자 기반 설비의 Replica 제어기 연동 시험을 통한 실계통 실시간 성능 검증
 - * 외산/국산 HVDC, STATCOM 등의 설치전 PHILS를 통한 DPT(Dynamic Performance Test) 시행



< PHILS을 통한 대규모 AC/DC 하이브리드 시스템 시뮬레이션 >

- 출연연구소 및 일부 대학에서 PHILS 보유중이나 소규모 시스템으로 주로 연구 과제 수행에 필요한 소규모 시스템 보유

* KERI, 고려대, 연세대, 명지대, 전남대, 공주대, 한국에너지공과대학

- 중전기 제조사 및 일부 기업체에서 PHILS 활용중이나 개발 시스템 성능 검증에 필요한 소규모 시스템으로 활용 중

* 효성 중공업, LS 일렉트릭, HD현대 일렉트릭이 활용하고 있음

- 보호협조 체계에 대한 국내 연구개발은 MVDC 관련 국책과제를 통해 진행되고 있으나 주로 시뮬레이션 기반의 보호협조 운용 방안에 대한 연구임
- AC/DC 하이브리드 배전계통에 대한 운영시스템과 보호협조시스템 간의 상호 운영 관점에서의 시뮬레이션 및 성능 검증에 대한 연구는 없는 상태임

○ 국내 산업 동향

- 직류 기반 신재생에너지와 직류 부하 증가에 따라 HVDC, LVDC 기술 개발에 이어서 MVDC 관련 시장규모의 지속적인 성장이 예상됨
- Navigant Research 자료에 의하면, MVDC 전세계 시장규모는 2018년 6억 달러규모에서 2025년 약 10억 달러로 성장할 것으로 추정
- 국내 송전 및 HVDC 사업에 따른 관련 시뮬레이션, 성능평가 기술을 개발하여 사업에 적용하고 있으며, LVDC 사업화를 위한 운영 및 성능 평가에 대한 기술개발 및 실증연구는 진행되었음
- 원격/이중 시뮬레이터 간 연계를 통한 전력망 시뮬레이션간 통합운용에 대한 국내 연구는 기능이 같은 이중 시뮬레이터의 근거리 연계에 대한 연구는 있으나, 원격/이중 통합운용에 대한 연구는 없는 상태임

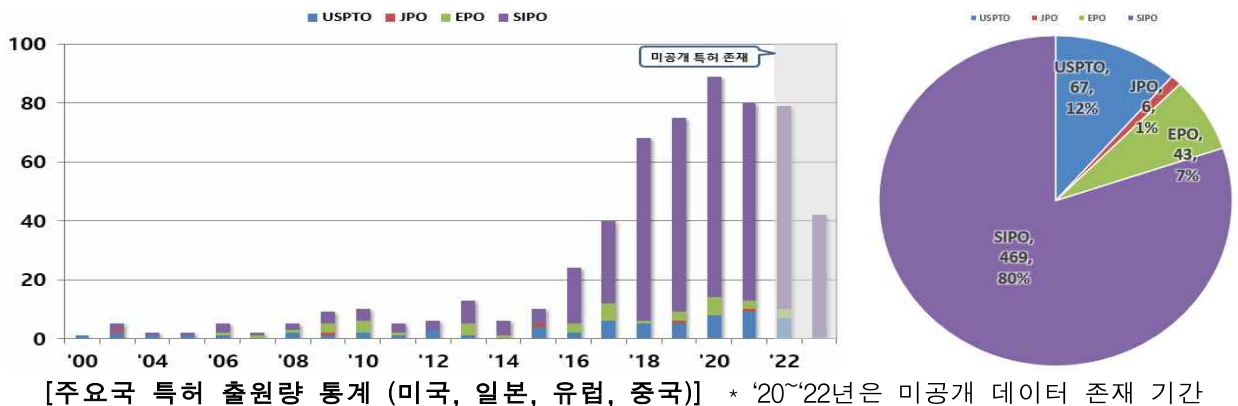
3. 특허 동향

□ 분석 개요

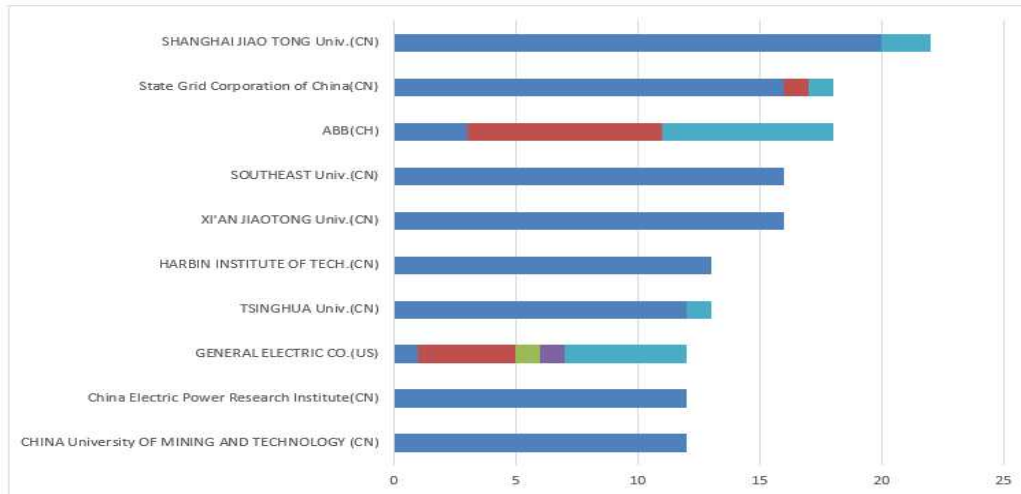
- 특허동향은 MVDC(Medium-Voltage Direct Current) 기술을 분석 대상으로 하였으며, 본 분석을 통해 국가별 연도별 동향 및 기술 분야별 성장 단계 등을 파악하고자 함

□ 해외 동향

- 해외 MVDC(Medium-Voltage Direct Current) 기술을 분석 대상으로 하였으며, 국가별 연도별 동향 및 기술 분야별로 정리함
 - 2010년 중반 이후 지속적인 증가 추세가 나타나고 있어, 해당 시장이 빠른 속도로 성장하고 있다고 파악되며, 최근 중국이 큰 폭으로 증가하는 것으로 조사되며, 주요국 전체 흐름에 중국이 큰 영향을 주고 있음



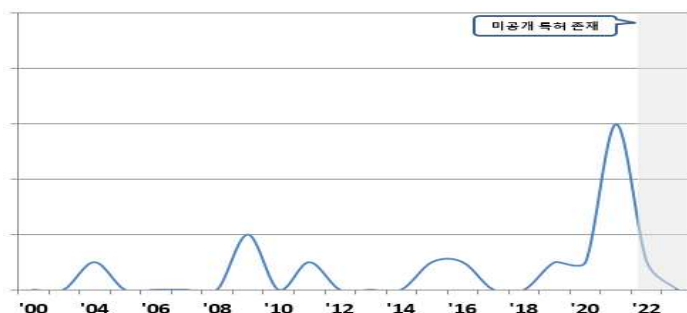
- MVDC 기술 출원인(국가별 상위 10)을 살펴본 결과, SHANGHAI JIAO TONG Univ.(CN)와 State Grid Corporation of China(CN)사가 각각 1위 및 2위에 기록, 3위 이하 출원인들과 비교하여 비교적 높은 특허 활동을 보이는 것으로 나타남
- 특허출원 건수가 가장 많은 SHANGHAI JIAO TONG Univ.(CN)사의 국가별 출원을 살펴보면, 자국인 중국에서 20건, 미국에서 2건을 출원한 것으로 나타남
- State Grid Corporation of China(CN)사 역시, 중국에서 16건, 미국 및 유럽에서 각각 1건으로 중국 출원을 집중하고 있는 것으로 파악됨
- 중국 국적 출원인의 경우, 자국 내 출원에 집중하고 있어, 자국 시장을 기점으로 기술력 및 시장을 주도하는 것으로 분석됨



<MVDC 기술 분야 주요 출원인 (국가별 상위 Top 10)>

□ 국내 동향

- 국내 MVDC(Medium-Voltage Direct Current) 기술을 분석 대상으로 하였으며, 주요 관련 기관과 기술 분야별로 정리함
- MVDC 관련 특허 건수가 증가 추세를 보이는 해외 동향과 달리, 국내에서의 특허활동은 저조한 단계임
- 2010년 후반까지 간헐적인 특허 활동이 나타났고, 2020년부터 최근까지 특허 출원 건수가 증가 추세이며 MVDC 관련은 직류송배전 특허의 극히 일부를 차지, 전반적으로 MVDC 관련 기술의 특허 장벽은 낮은 수준으로 판단됨



<국내 특허출원 통계>

No.	출원인	'04	'09	'11	'15	'16	'19	'20	'21	'22
1	가나이엔지㈜							1	2	
2	한국전력공사		1				1			
3	한국기술교육대학교								1	
4	에스엠소프트								1	
5	디엔									1
6	SUPERGRID INSTITUTE					1				
7	일진전기								1	
8	한국에너지기술연구원				1					
9	SONY	1								
10	GENERAL ELECTRIC CO.		1							

- 국내 주요 출원인은 가나이엔지, 한국전력공사, 한국기술교육대학교, 에스엠소프트 등이 순위를 차지하고 있음
- 최근 중국이 2015년 이후 유관된 다양한 기술 분야의 특허를 적극적으로 출원하고 있어, 기술이 종속될 우려가 높아, 해당 기술을 적용할 수 있는 다양한 분야에 대한 연구개발 및 특허 출원에 지속적으로 박차를 가해야 할 것임

4. 표준화 동향

□ 분석 개요

- 표준화 동향은 MVDC(Medium-Voltage Direct Current) 및 DC 기술을 분석 대상으로 하였으며, 본 사업 대상 기술은 태동기에 해당하여 구체적인 표준화 사례는 미흡한 실정임

□ 해외 동향

- IEC와 IEEE는 HVDC 중심이며, 일부 MVDC 논의 (2016-2022)
 - (IEEE) 권고안 1건(2018년 선박용 MVDC 사례에 대한 권고), MVDC 논의 3회(2016, 2022), MVDC 공진형 컨버터 (2016, IEEE PES 위원회), 신재생 에너지 시스템과 MVDC 통합을 위한 전력변환기술 논의(2022)
 - (IEC) ‘요소기기’, ‘운영기술’, ‘배전망 운영’에 관련된 표준 다수(총 32건)를 발간하였으며, 분야로는 AC, AC/DC, HVDC로 한정, MVDC는 해당 없음
 - * 발간 문서는 ‘구성요소, 장치, 회로, 운영, 공급 안정, 분석’ 등을 포함(변환기, 정류기, 인버터, 파워필터, 스위치, 파워컨트롤러, 리액터 등) TC 115 HVDC와 SyC LVDC의 경우 총 19건 발간 및 13건 개발중
 - * * 발간중 국제표준(ISO) 1, 기술 사양(TS) 8, 기술보고서(TR) 10, 개발중 시스템참조문서(SPD) 3, 기술보고서(TR) 3, 기술 사양(TS) 7
 - (IEC) 100kV급 이상의 DC 전압을 위한 송전시스템에 대한 설계, 기술 충족조건, 건설 및 시운전, 신뢰성, 가용성, 운전 및 유지보수 내용을 담은 표준 수립이 2007년 IEC TC 115 설립과 함께 표준을 마련함

<HVDC 국제 표준화 동향>

IEC TC/SC	TC8	TC14	TC17 SC17A/C	TC20	TC38	TC95	TC99 TC115	TC22 SC22F
Horizontal Issues	○						○	
System Issues	○			○	○	○	○	○
Sub-System Issues			○					
Product Issues		○	○	○	○	○		

TC8: System aspects of electrical energy supply

TC14: Power transformers

TC17: High-voltage switchgear and controlgear; SC17A: Switching devices SC17C: Assemblies

TC20: Electric cables

TC38: Instrument Transformers

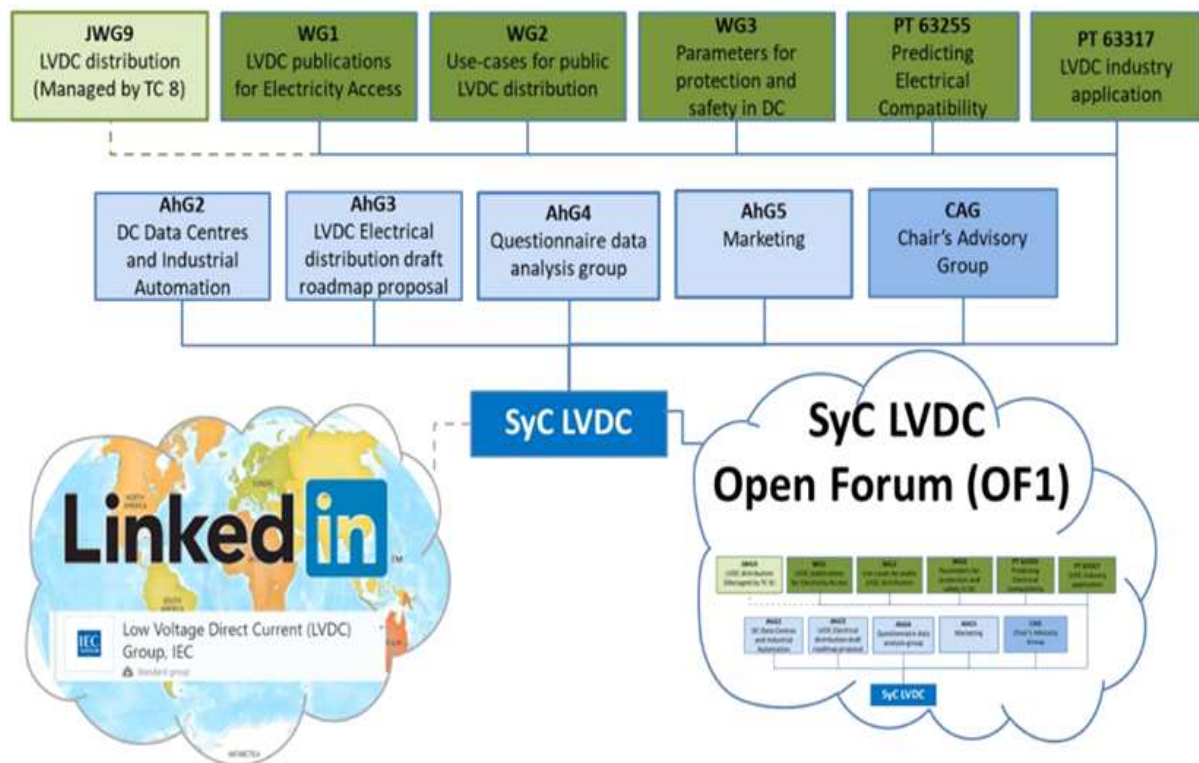
TC95: Measuring relays and protection equipment

TC99: Insulation co-ordination and system engineering of high voltage electrical power installations above 1.0 kV AC and 1.5 kV DC

TC115: High Voltage Direct Current (HVDC) transmission for DC voltages above 100 kV

TC22: Power electronics for electrical transmission and distribution systems; SC22F: Power electronics for electrical transmission and distribution system

- 유럽은 표준로드맵에 DC와 LVDC를 포함시킴
 - ‘유럽 전력 시장 자유화’와 ‘유럽 에너지 시장 자유화’, 송전 및 배전 네트워크에서 ‘요소기기’ 및 ‘운영기술’ 분야를 CENELEC & DKE, DC와 LVDC를 송전 및 배전 네트워크 구축을 위한 표준 로드맵에 포함,
 - * 요소기기분야는 인버터, 변압기, UPS, 1차 케이블/도체, 계측, 조명, 운영, 안전 등, 성능시험분야는 난방, 냉방, 환기, 배연(이상 HVAC), 무효 전력 보상, 화재 방지 시스템, 통신 및 정보 시스템, 자동화(SCADA), 계측, 관리 시스템 등
- LVDC는 별도의 시스템 위원회(SyC LVDC)를 만들어 하향식으로 활발히 표준화 진행 중



- AC/DC 복합형 배전시스템 표준은 IEC SC8B 소위원회의 WG5 (Direct Current and Hybrid Distribution Systems)에서 진행 중
 - AC/DC 복합형 배전시스템 관련 현재까지 제정 완료된 표준은 없으며, 제정 중인 표준으로써 IEC TS 63354 (Guideline for the Planning and Design of Decentralized DC Distribution Systems)가 있음
- 전력 유틸리티의 자동화용 정보모델 표준 사용
 - IEC 61850 표준 기반 Half/Full 디지털 변전소 자동화 구축 확산

- 공통 정보 모델, 통신 기반, 지능형 전력망 구축의 필수 요소
- FACTS, 분산전원 및 DC 계통에도 표준화 제정 중

<IEC SC8B 소위원회 구성>

구분	이름	내용
Working Group	WG3	Microgrid monitoring, control and energy management systems
	WG4	Virtual Power Plants
	WG5	Direct current and hybrid distribution systems
	WG6	Demand side resources utilization
Project Team	MT1	Maintenance of IEC 60038, IEC 60059 and IEC 60196
Joint Working Groups	JWG1	General Planning, Design, Operation and Control of Microgrids linked to TC 120
	JWG1	Terminology Managed by TC 8
	JWG44	Prosumer's Low Voltage Installation Managed by TC 64
Advisory Groups	AG2	Roadmap for Decentralized Electrical Energy Systems

- 결론적으로 MVDC 표준의 경우 사업자 단체에 해당하는 CIGRE에서 표준 기초 작업을 위한 워킹그룹이 있으나 현재까지 개발된 표준은 없음
 - MVDC를 담당하기 위한 TC 또는 SyC도 없는 상태이며, 가장 연관성이 높은 위원회는 IEC TC22 SC22F임
- MVDC는 인프라의 규모, 다양한 요소기술과 그 기술의 융합이 필요한 분야임을 고려한 표준 개발 권고
 - 시스템의 구성 요소에 초점을 맞추는 기존의 상향식 접근방법보다는 전체 시스템 아키텍처부터 시작하는 하향식 접근방법이 적절
 - 표준화 권고 목표는 장기적으로는 MVDC를 위한 별도의 System Committee (SyC MVDC) 구성을 제안하고, 단기적으로는 제시한 유관 TC 및 SC를 통해 표준화 활동을 할 것을 권장함

□ 국내 동향

- 한국산업표준에는 직류분야의 86건이 있음
 - 대부분 IEC 부합화 표준, 일부 KS 개발, 소형장치, 저압 직류, 고압 직류 분야 IEC 표준을 부합화, 자체 KS는 1건
- 단체표준에는 직류분야의 12건이 있음
 - 직접적인 MVDC 또는 AC/DC Hybrid의 표준은 부재
 - * 대한전기협회 6, 한국전기산업진흥회 3, 한국스마트그리드협회/한국표준협회/한국자동차공학회 각 1건으로 보호계전기, 전력변환기, 신호변환 및 제어기기, 공정 계측 제어 등
- MVDC 배전시스템은 현재 개발 기술이 미비한 상태이며, 표준화 및 개방형 전력망 아키텍처 구축 단계에 있음
- MVDC 시스템 국제 표준과 부합하는 국내 표준 규격

<MVDC 시스템 국제 표준과 부합하는 국내 표준>

국제 표준	국내 표준
IEC 60947	KS C IEC60947
IEC 60146-1-1	KS C IEC60146-1-1
IEC TR 60146-1-2	KS C IECTR60146-1-2
IEC 60146-2	KS C IEC60146-2
IEC62477-2	KS C KSCIEC62477-2
IEC TS 61936-2	KS C IECTS61936-2
IEC 62477-2	KS C KSCIEC62477-2
IEC 62128-1	KS C IEC62128-1
IEC 61000-4-30	KS C IEC61000-4-30
IEC 61992	KS C IEC61992

- 현재 MVDC 기술 개발 및 표준화는 초기 단계로 국내에서 제정되지 않은 관련 국제 표준 분석 및 표준화 활동을 통해 국가 경쟁력 향상 필요함
- 3kV 이하 직류 개폐 장치와 관련된 규격으로 한국산업표준이 있으며, IEC 61992 및 IEC 60947를 부합화하였음
- 그 외, 본 과제의 정격에 해당하는 규격은 없음

5. 정부R&D 지원현황

□ 투자 동향

○ 전세계적으로 재생에너지에 대한 투자가 확대되고 있고 계통 접속 및 안정에 대한 관심사 및 필요성이 증대하는 추세이나, 기술적 대안으로 대두되는 DC 인프라에 대한 정부투자는 미흡한 실정

- 정부 에너지 R&D는 연평균 8,000억원 수준으로 지속 투자되어 세계 5위권 규모로 성장하였으나, 에너지 전환 정책의 성공적 목표달성을 위해서는 재생에너지 및 전력분야에 대한 R&D 투자규모 확대가 요구됨

* 국가별 투자규모(억불): 미국(325)>>일본(150)>프랑스(79)>독일(61)>한국(41)

- 에너지 R&D 중에서도 전력 R&D 분야에 해당하는 DC 송배전의 연평균 정부 R&D 투자는 에너지 R&D 투자의 3%(230억원) 수준으로 매우 미흡한 실정임

* (정부R&D투자) HVDC:139.2억원, MVDC: 22.7억원, LVDC: 68.1억원

○ MVDC 관련 사업 수준에서 추진된 기존의 대규모 연구는 없으나, 22년 예타사업을 통해서 MVDC 연구가 진행되고 있음(요소기기 및 운영 기술 내 세부 과제 9개 과제가 수행되고 있음)

- 본 과제와 연관된 과제 외에는 산업부의 전기연구원 운영비지원사업, 에너지인력양성사업 및 스마트그리드사업, 교육부/과기부의 개인기초연구/중견연구자사업 내에서 일부 MVDC 관련 연구가 2009년부터 최근까지 진행*

* 지식경제부의 '그린에너지 전략로드맵(2011)'의 스마트 그리드 분야에 전략품목으로 DC 시스템이 포함되면서, DC 배전망 설계 및 운영기술, DC 배전기기 제작기술, 실증기술, 법규 및 표준시험 등 추진

- 대부분의 직류 송배전 분야의 과제는 HVDC 또는 LVDC 관련 영역으로 MVDC와 관련된 직접적인 과제는 소수임

* HVDC 분야는 2017년부터 정부 사업을 추진 중이며, 2018년부터 국내 기업의 파생기술로 수출 진행 중

○ 최근 5년간 MVDC 분야에서 추진된 정부과제는 총 28개(335.2억원)로 과제 단위에서도 유사연구가 활발하지 않은 것으로 분석됨

- 과제수 기준으로 LVDC(105개), HVDC(69개), MVDC(28개) 순서로 나타남

□ 기술개발 현황

- 최근 들어 신재생 에너지에 대한 관심과 함께 MMC 기반의 전압형 HVDC 기술이 등장함에 따라 국내에서도 일부 핵심 설비의 기술 개발에 대한 정부 R&D 투자 시작
- 한국전력은 DC배전 기술개발의 종합계획을 수립 및 '23년 MVDC급 상용화 목표 제시 (2016.6.24.)
 - (1단계) 광주·전남지역 망월, 반암 등 5곳의 교류(AC) 13.2kV의 특고압을 DC 750V 저압으로 전환('16년 하반기 완료), 진도 서거차도직류 독립섬 실증사업도 실시('18년 7월 준공)
 - (2단계) '18년부터 '20년까지 스마트DC 홈 빌리지 개발과 20kV급 MVDC 기술개발 (LVDC $\leq$ 1.5kV, MVDC $\leq$ 35kV, HVDC $>$ 35kV)
 - (3단계) 특고압 DC 전력 공급을 상업화하여, 도심지 대용량 빌딩에 대해 DC 20kV로 전력을 공급할 계획이며, IDC 및 EV충전 빌딩 등 DC 전력 공급 기반의 비즈니스 모델 구축(2021-2023)
- 'MVDC 배전망 해석모델 개발 및 최적 공급전압 연구' ('17.9~'20.02, 33.6억)과제를 통하여 배전망에 MVDC 도입 시 타당성 및 적정 시스템 구성 사양 결정 연구 진행 중
- MVDC와 같은 전력분야의 대규모 시스템은 운전 실적이 없으면 실제 적용이 불가능하므로 연구개발을 통한 실증 및 트랙 레코드 확보를 위한 정부의 지원이 필요
 - * 산업부 Multi-Terminal 직류 송·배전 시스템 개발사업, 전력피크 대응을 위한 ESS 실증 연구사업 등의 실증연구 사례 참고
 - 정부 차원의 실증시험 설비 및 인력 투자가 선행되고, 이를 통해 트랙레코드 확보를 위한 실증, 제품 시험/인증 기술 및 인프라 구축이 동시에 이루어져야 함
 - * 기술개발과 실증이 분리 추진될 경우, 신뢰성과 가격 등의 이슈로 기술개발의 결과물이 실증연구에 적용되지 않을 수 있으므로, 한 개의 사업 내에서 명확한 결과물의 성과요구 조건 관리를 통해 실증까지 연결될 필요가 있음
 - 상대적으로 MVDC 산업은 초기산업이며, 글로벌 선진사와 역량의 차이가 크지 않으므로, 정부 지원을 통한 국산화 기술 개발로 글로벌 경쟁력을 확보할 수 있는 적절한 시기임

- MVDC 영역에서 대규모 국가연구개발 사업으로 추진된 사업은 없으며, 민간에서도 HVDC와 LVDC 외 MVDC는 아직 초기 단계 수준임
- 전력공급 외에도 핵심기기 제작, 운영시스템 개발, 기기설치, 시스템 유지/보수 등 다양한 부문에서 여러 주체의 참여와 협력이 필요하므로 정부의 역할과 지원이 필요함

<연구개발성과 창출을 위해 필요 사항>

핵심기술	구성기술
MVDC 인증 체계 개발	국내외 표준화 협력 체계 구축
	국내외 표준화 동향 분석
MVDC 표준 개발	MVDC 보호기기 표준
	MVDC 절연 표준
	MVDC 전압 및 전류 측정 표준
	MVDC/LVDC 양방향 전력변환 표준
	MVDC 핵심기기 감시 및 진단 표준
	운영 및 관리 표준
	통신 표준
MVDC 시험 절차 및 방법	MVDC 핵심기기 인증·시험 방법 및 절차 수립
	MVDC 운영 및 관리 인증·시험 방법 및 절차 수립
	MVDC 통신 인증·시험 방법 및 절차 수립
핵심 기기 인증·시험 인프라 구축	핵심 기기별 시험 절차상 필요한 인프라 조사
	핵심기기 인증·시험을 위한 장비 확보
	HILS 기반 핵심기기 인증 인프라 구축
운영 및 관리 인증·시험 인프라 구축	MVDC 시스템 운영 및 관리 인증 절차상 필요한 인프라 조사
	MVDC 시스템 운영 및 관리 인증 장비 확보
	HILS 기반 MVDC 시스템 운영 및 관리 인증 인프라 구축
통신 인증·시험 인프라 구축	통신 인증·시험 절차상 필요한 인프라 조사
	통신 인증·시험을 위한 장비 확보
	HILS 기반 통신 인증 인프라 구축

6. 시사점

- (경제적) 효율적인 배전망 구축을 조기 견인하고 해외 시장과의 격차를 줄이는 AC/DC Hybrid 배전망 운영 기술의 성능을 검증하기 위한 연구가 필요함
 - 배전망의 포화로 인한 망보강 비용 및 손실이 지속적으로 증가될 것으로 예상되며 이를 해결하기 위한 MVDC 배전망의 도입이 필요한 상황임
 - 국내는 MVDC에 대한 연구가 초기단계로 아직 시장이 본격화되지 않아 정책적 대비가 필요하며 관련기기 및 운영시스템의 상용화를 앞당기고 해외 기업과의 격차를 줄일 수 있는 방안 마련이 필요함
 - 과제를 통해 개발되는 AC/DC Hybrid 배전망 운영기술/운영시스템의 성능평가와 개선점 도출을 위해 통합시뮬레이션 인프라를 활용한 성능평가 기술개발이 필요한 시점임
 - 신규 도입 설비 및 기술을 평가할 수 있는 범용 인프라의 구축은 기업 입장에서는 개발 실패에 따른 매몰 비용을 최소화하고, 국가적 차원에서는 중복 투자로 인한 비효율을 개선할 수 있을 것으로 기대함
- (기술적) 관련 분야 핵심역량 집중 및 종합적 연구개발 추진을 위해 배전망 운영에 관한 전주기적 연구개발이 추진되어야 함
 - 국내·외 MVDC, AC/DC 하이브리드 배전망에 관한 연구가 아직 본격화되지 않았으므로 다양한 MVDC 어플리케이션 개발을 통해 관련 핵심 기술을 선점할 수 있도록 역량 집중이 필요함
 - 해외사례와 비추어 도전적 목표 설정 및 달성을 위해서는 MVDC 관련 설비, 운영시스템, 실시간 시뮬레이터를 보유한 다수의 산·학·연이 참여하여 연구 협력 체계를 구축함으로써 원격/이중 시뮬레이션의 통합운용을 위한 기술의 확보가 필요함
 - 향후, MVDC의 도입, 멀티터미널 형태의 망구성, 인버터기반의 분산전원, AES(Autonomous Energy Systems)과 같은 분산자율제어 자원의 증가에 따른 배전망의 환경변화에 맞는 대규모 배전망 상세해석 기술이 개발되어야 함

- 다양한 배전망 운영시스템의 도입 환경에서의 상호운용성에 대한 평가 환경과 기술 부재의 문제를 해결하기 위한 성능 평가 기술 확보를 통해 향후 안정적, 비용적 테스트베드 운영 효과가 기대됨
- MVDC 배전망 운영상의 문제를 종합적으로 해결하기 위한 연구개발 사업은 존재하지 않으므로 기기-망운영-테스트베드 전과정에 걸친 전주기적인 연구개발을 추진할 수 있도록 정부의 지속적 지원이 뒷받침 되어야 함

II.

기획대상연구개발과제 도출

1. 연구개발과제기획 방향

☐ 연구개발과제기획 기본방향

- 운영시스템의 성능검증에 필수적으로 필요한 시뮬레이션 기술을 확대 개발하여 효율적이고 안정적인 시뮬레이션 기술 기반 마련
- 구축되는 테스트베드에 연계될 운영기술/운영시스템의 성능 검증 및 평가기술을 개발
- 향후, AC/DC Hybrid 적용 분야 확대에 따라 개발되는 관련 운영기술/시스템 성능 검증 및 평가기술 개발

☐ 신규 예산 지원 계획안

(단위 : 억원)

구 분	원천기술	혁신제품형	계
지정공모	○		1

□ 기획대상 연구개발과제 현황

연구개발과제(품목)명		연계 수요 (도출근거)
기획대상주제명	기획대상 연구개발과제(품목)명	
AC/DC Hybrid 배전망 운영 성능평가 기술개발	AC/DC Hybrid 배전망 운영 성능평가 기술개발	○ 정부정책 - (2050 탄소중립 추진전략) AC/DC혼용 송배전 전력망 구축('20.12, 산업부) - (탄소중립 녹색성장 추진전략) 가. 구체적·효율적 방식으로 온실가스를 감축하는 책임감 있는 탄소중립, ①원전·신재생e등 무탄소 전원을 최대한 활용하여 온실가스 감축, 계통망, ESS 보완을 통해 온실가스 감축 실행 가능성 제고('22.10, 부처합동) - (새정부 국정과제) 21. 미래형 전력망 구축 - (새정부 에너지 정책 방향) 합리적 에너지 믹스를 뒷받침 하는 미래형 전력망 구축('22.7, 부처합동) - (제3차 에너지기본계획) 재생에너지 발전비중 확대 및 재생에너지계통수용률 제고 등 에너지전환 목표 달성 지원('19.6, 산업부) - (제4차에너지 에너지기술개발계획) 1.에너지전환을 뒷받침할 R&D투자 강화, ④분산형에너지확산, 계통운영 안정성 확보를 위한 MVDC 시스템 개발('19.12 부처합동) ○ 기타(로드맵 등) - (2050 탄소중립 에너지기술 로드맵) 에너지자립형 배전망 시스템 기술 - (2050 탄소중립 에너지기술 로드맵) AC/DC 하이브리드 전력계통 구축 및 운영기술 ○ 기술수요조사명 - 차세대 AC/DC Hybrid 배전 네트워크 기술 개발 사업(반영)

□ 사업화 연계성과 발생 가능성

연구개발과제(품목)명		지식재산권				표준 ²⁾	인증 ³⁾
		등록특허		소프트웨어	기타 ¹⁾		
기획대상 주제명	기획대상 연구개발과제 (품목)명	해 외	국 내				
AC/DC Hybrid 배전망 운영 성능평가 기술	AC/DC Hybrid 배전망 운영 성능평가 기술	△	○	○	×	○	×

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)

2. 개발위험 관리방안

□ 기술개발 위험요인

- 배전망 운영시스템등을 개발하여 적용한 사례는 있지만, 상호연계 성능을 검증하는 시스템으로 개발한 연구실적은 거의 전무함
 - 요소기기에서부터 운영시스템에 이르는 MVDC 전주기에 관련된 새로운 기술을 개발하는 것으로 MVDC 생태계 조성에 필요한 기술임
- 운영시스템 검증 기술은 향후 개발 예정된 실증사이트를 포함한 테스트 구축에 필수적으로 선결되어야 하는 기술임
 - 실시간 시뮬레이션 기술개발을 통해 실증사이트 및 테스트베드 구축시 AC/DC Hybrid 운영의 새로운 기술이 적용되면서 발생할 수 있는 문제점을 사전에 검토함으로써 비용과 위험요인을 해결할 수 있음
- 물리적 실증사이트에서 검토할 수 없는 불안정적이고 위험한 여러 가지 상황이 발생할 우려가 있음
 - 시뮬레이션 기반으로 모사하여 검증할 수 있는 환경을 구축함으로써 이어지는 다양한 위험요인을 해소할 수 있고 이는 다른 연구개발에도 파급효과가 큰 기술임

□ 사업화 애로사항

- 국내외적으로 도입이 확실시되는 DC 그리드 관련 기술이 실증 및 인증을 받을수 있는 환경이 구축되면 국내 기업의 DC 시장 진입이 원활해 질수 있음
- DC 차단기 등이 필수적임에도 불구하고 이를 시스템 레벨에서 안전성 평가 및 인증에 대한 기준이나 시험환경이 미비한 상황에 있으므로 관련된 기술을 검증하기 위한 환경 구축은 필수적임
- 직류배전 사업화에 있어서 AC계통과 DC계통 간의 상호운영에 있어서 안정성, 보호협조 등에 대한 보다 정확한 검증을 위해 실시간 시뮬레이션 등 평가 시스템 구축이 요구됨

□ 사회환경 위험요인

- 전통적으로 활용되는 AC는 시스템 운전의 경험이 많으나, DC 및 AC/DC Hybrid 운전 경험은 미비함
 - AC는 안정적으로 검증하는 기술 및 환경은 잘 갖추어져 있어 전력망 운영 당사자의 관련 기술에 대한 신뢰도가 높은 반면 DC 및 AC/DC Hybrid 운전의 신뢰성을 확보할 수 있는 방안마련은 필수임
- DC 기술의 도입으로 인해 인적 실수 등으로 인한 계통의 문제 발생시 DC 기술에 대한 안전성을 담보하기 어려움
 - 설비의 물리적인 특성으로 제어되는 기존의 AC 기술과는 달리 운영자의 필요에 의해 다양한 제어가 가능한 DC 기술은 신뢰성을 달성하지 못할 수 있어 이를 해결하기 위한 사전 검증이 필요함
- MVDC 시스템의 경우 사회의 주 생활영역에 가까운 지역에 적용될 수 있는 점에서 전기적 영향에 대한 주민수용성 확보에 어려움이 있음
 - DC 시스템은 기존에 검토된 AC 시스템의 전기환경과 다른 전기환경의 영향을 미칠 수 있으므로 시스템, 기기, 운영등의 다양한 상황에서의 영향성을 검토하여 국민수용성 확보가 필요함

□ 기술영향 검토

- DC 시스템의 확대 적용으로 인하여 기존의 비용효율적인 가공선로를 통한 전력망 공급에서 지중화를 통한 전력망 공급 요구의 확대가 예상되며, 이로 인한 전력망 건설 비용이 다소 증가할 수 있음
- AC 시스템을 활용하여 공급한 배전망 시스템이 DC 시스템으로 전환함에 따라 관련된 전력기기 보급 및 DC 기기 관리 등의 새로운 기술에 대한 수요가 예상됨
- AC/DC 하이브리드 전력망의 공급 확대로 인하여 향후 도래할 수 있는 전기차 충전 인프라 이슈를 해결하고, DC 제어 기술을 망 운영전략에 적극적으로 활용함으로써 안정적인 전력망 운영을 달성 할 수 있음

3. 기획연구개발과제 RFP / 기술개요서(연구개발과제기획이력서)

[지정공모 (RFP)]

연구개발과제명 : AC/DC Hybrid 배전망 운영 성능평가 기술개발 25

관리번호	2024-계통-MVDC-지정-1																												
과제유형	원천기술형(○)		혁신제품형()																										
			실증형()																										
연계/해당여부	표준화연계() 경쟁형과제() 공기업협력() 챌린지트랙() 초고난도과제() 복수형과제() 안전관리형과제()																												
과제명	AC/DC Hybrid 배전망 운영 성능평가 기술개발																												
1. 필요성	○(기술성) AC/DC Hybrid 배전망 운영기술 및 운영시스템 기술은 전 세계적으로 도입단계 기술로서 기술선점이 중요한 바, 성능, 안전성, 상호연계성 검증기술의 선제적 확보 필요 ○(경제성) AC/DC Hybrid 배전망 설비 및 운영시스템 상용화를 위해 조기에 성능검증 기술을 확보하여 차세대 미래형 배전망의 기술경제성 제고 필요 ○(정책성) 새정부 에너지정책방향 이행을 위해 성능검증을 거친 AC/DC Hybrid 배전망 운용기술을 확보하고, AC/DC Hybrid 배전망 기술을 통한 첨단 배전망 구축을 견인																												
2. 연구목표	○ 최종목표 : AC/DC Hybrid 배전망 운영 성능검증을 위한 기술개발 (TRL : [시작] 3단계 ~ [종료] 6단계) - (요소기술1)AC/DC Hybrid 배전망 영향평가를 위한 실시간 시뮬레이션 기술개발 · AC/DC Hybrid 배전망 계통영향평가 기술 개발 · AC/DC Hybrid 실시간 시뮬레이션 플랫폼 개발 · AC/DC Hybrid 배전망 모델 개발 및 테스트베드 사전 검증 기술 개발 · 실시간 시뮬레이션 플랫폼에 기반한 배전망 통합운용 시나리오 검증 · 실시간 해석용 원격/이중 시뮬레이터 통합운용 기반 기술 개발 - (요소기술2) AC/DC Hybrid 배전망 운영시스템 성능평가 기술개발 · 운영시스템의 성능평가 항목 및 절차 개발 · 운영시스템의 성능평가 및 상호운용성 시험 플랫폼 개발 · 운영기술 및 운영시스템 성능(상시/비상시운전, 복원력 등) 검증기술 개발 · AC/DC Hybrid 배전망 운영 기준의 적합성 평가 - (요소기술3) AC/DC Hybrid 배전망 운영시스템 연계 상호운용 성능평가 기술개발 · 운영시스템과 보호협조시스템간 통합 연동 성능시험 기술개발 · 운영시스템과 DC Local 그리드 연동 성능시험 기술개발 · 운영시스템 간 상호운용 성능평가 기술개발 · 상호운용 성능시험 기준(안) 및 접속설비 연계 기준(안) 수립 ○ 개발목표 <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th rowspan="2">핵심 기술/제품 성능지표</th> <th rowspan="2">단위</th> <th rowspan="2">달성목표 (3차년도)</th> <th rowspan="2">국내최고 수준</th> <th colspan="2">세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)</th> </tr> <tr> <th>현재</th> <th>과제종료시점</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>실시간 AC/DC Hybrid 배전망 시뮬레이터 성능^{주1)}</td> <td>개소</td> <td>배전용 표준변전소 1개소 규모 이상</td> <td>단일 기기</td> <td>10,000node (미국, NREL)</td> <td>11,000node</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>AC/DC Hybrid 배전망 운영 성능 평가 절차서^{주2)}</td> <td>건</td> <td>≥10건</td> <td>주3)</td> <td>주3)</td> <td>주3)</td> </tr> </tbody> </table> 주1) 실제 국내 배전망 특성을 반영한 모델 및 시나리오를 대상으로 AC/DC Hybrid 운영시스템의 실시간 모의가 가능해야 함 주2) 성능평가 절차서는 운영시스템, 통신, 표준모델, 운영기준 등의 기술 항목이 반드시 포함되어야 함 주3) 성능평가 절차서의 국내 및 세계최고 수준은 AC/DC Hybrid 배전망 운영시스템 부재로 기재하지 않음 * AC/DC 하이브리드 배전계통 모델은 적용 대상 및 구성 요소에 따라 다양하기 때문에 적정 node 수 산출하여 제한							핵심 기술/제품 성능지표	단위	달성목표 (3차년도)	국내최고 수준	세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)		현재	과제종료시점	1	실시간 AC/DC Hybrid 배전망 시뮬레이터 성능 ^{주1)}	개소	배전용 표준변전소 1개소 규모 이상	단일 기기	10,000node (미국, NREL)	11,000node	2	AC/DC Hybrid 배전망 운영 성능 평가 절차서 ^{주2)}	건	≥10건	주3)	주3)	주3)
	핵심 기술/제품 성능지표	단위	달성목표 (3차년도)	국내최고 수준	세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)																								
					현재	과제종료시점																							
1	실시간 AC/DC Hybrid 배전망 시뮬레이터 성능 ^{주1)}	개소	배전용 표준변전소 1개소 규모 이상	단일 기기	10,000node (미국, NREL)	11,000node																							
2	AC/DC Hybrid 배전망 운영 성능 평가 절차서 ^{주2)}	건	≥10건	주3)	주3)	주3)																							

3. 기타 지원 요건	
○ 개발위험 극복방안 : - 본 사업에서 개발되는 운영시스템의 성능검증을 위해 ‘AC/DC Hybrid 배전망 운영 시스템 기술개발’ 과제와의 연계 협력방안 필수제시 - 향후 테스트베드 구축을 위한 다양한 사례 검토 및 적정 케이스 필수 제시 ○ 안전관리 사항 : 해당없음 ○ 기타사항: - ‘이종 시뮬레이터 통합운영’의 이종은 3종 이상의 다른 시뮬레이터를 의미함	
4. 지원기간/추진체계	
○ 기간 : 36개월 이내 (1차년도 정부지원연구개발비: 55.28억원 내외, ○ 정부납부기술료 : 비징수 총 정부지원연구개발비 : 234.4억원 내외) ○ 주관연구개발기관 : 제한 없음	