

2-2 / HVDC 초전도케이블 핵심기술

초전도케이블팀 조전욱

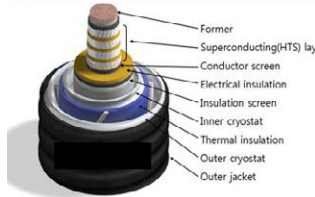
본 기술은 HVDC용 초전도 케이블 시스템의 핵심기술로서

- 대전류 직류 초전도케이블 코어 설계 및 평가 기술
- 초전도케이블 시스템의 장거리화 핵심기술인 냉매 분리형 중간 접속함(Stop Joint Box) 기술
- 고체절연방식을 적용한 HVDC 초전도케이블용 고효율 단말(Termination) 기술

기술개념 및 기술규격

■ 기술의 구성도

초전도 케이블 코어 설계 기술

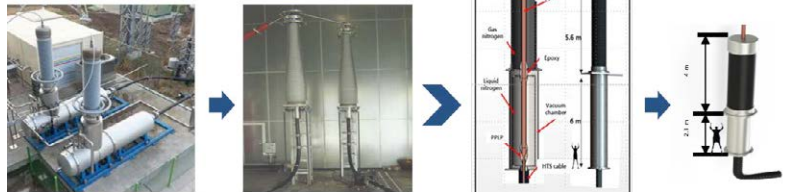


기존 기술	대용량 DC 초전도 케이블
통전층	
- AC 3750A급	- DC 10kA 이상
- 2층 구조	- 4층 이상 구조
- 교류손실 관점의 설계	- 전류 분류 관점의 설계
- 30%이상의 전류 마진	- Ic 대비 마진 최소화 추구
	- 안정도 관점의 설계 필요
절연층	
- 154kV급	- 250kV급
- 교류 절연 설계 관점	- 직류 절연 설계
	- 극 반전등에 대한 고려 필요

냉매분리 중간접속 기술



고체절연 단말 기술



가스절연방식 단말 (제주에 설치된 DC 80kV 단말)

EB-G Type 개발

기존 방식 (Gas 절연 방식)

고체절연방식

1. 기술 개요

■ 기술개발의 필요성

- 신규 송·변전 시설 구축 및 노후 시설 교체 문제
 - 신규 송전탑 건설을 위해 천문학적 비용, 환경규제, 민원 문제 등 현실적 문제 해결 필요
 - 태양광, 풍력 등 신재생에너지 확산으로 인해 송전시스템 개편 불가피
- 기 확보한 세계 최고 수준의 AC 초전도 케이블 기술을 바탕으로, 향후 에너지 전송 기술의 혁신을 주도할 세계 최고의 HVDC 초전도케이블 기술력 확보

전기저항 '0'의 초전도 기술로 가능한 에너지 전송 기술의 창조적 혁신

CREATIVE INNOVATION

교류에서 직류로

고전압에서 대전류로

수동에서 능동으로

고집에서 연계로

한국에서 세계로

CREATIVE ECONOMY

기술 추적 → 기술 선도

융합형 고도기술 개발

초전도 기술 기반의 미래 신기술 창조

새로운 전력 전송 및 이용 기술의 확보를 통한 국가 경제의 연속적 성장률 담보

고도 기술력 확보를 통한 세계 전력망 연계 사업 분야의 Green Ocean 선점

■ 기술개념 및 기술규격

■ 기술 개념

- 본 기술은 초전도 직류 케이블 시스템의 핵심 기술인 '초전도 케이블코어', '냉매 분리형 중간접속함', '고체절연 극저온 단말' 및 '평가기술' 개발임.

2. 기술 내용

■ 기술의 특징

■ 기술의 특징점

- 액체질소 함침형 지(紙)절연 구조에 대한 극저온 직류 절연 설계 기술
- 10 kA급의 초전도 케이블 코어 설계 및 이를 위한 전자자장 열해석 기술
- 250kV급 HVDC 케이블용 단말의 극저온 고전압 고체 절연방식 적용을 통한 콤팩트화 가능
- 250kV급 stop joint box의 극저온 고전압 직류 절연 설계 기술
- 초전도 케이블 접속부의 열설계 및 열발생 최소화 기술

■ 기술의 상세 규격

- 250kV/10kA급 Stop Joint Box (SJB) 및 성능평가 기술
- 250kV급 DC 초전도 케이블용 고체절연 단말 및 성능평가 기술

· 250kV/10kA급 DC 초전도 케이블용 코어 설계 기술

◆ 경쟁기술과 차별성

■ 국내외 유사 · 경쟁기술 현황

세부 항목		21C 프론티어	전력산업원천	LIPA (미)	본 연구개발
일반 사항	기간	2001~2011	2011~2015	2007~2012	2012~2017
	제작사	LS Cable	—	Nexans	국내기업
케이블 코어	용량	50MVA/1GVA	250 MW	574MVA	2.5 GW (세계 최고)
	정격전압	22.9kV/154 kV	80 kV	138kV	250 kV
	정격전류	1,260Arms/3,750 Arms	3,150A	2,400Arms	10,000 A (세계 최고)
	코어설계 층수	2층	1층~2층	2층	3~6층 (원천기술 확보)
	길이	100m	500m	600m	~ 100m
	절연방식	저온절연	←	←	저온절연방식
	선재	제조사	미국 AMSC	←	←
성능		90A	←	←	100A 이상
단말	절연내력	154 kV	80 kV	138kV	250 kV (세계 최고)
	저온부절연방식	기체절연	고체절연 검토		고체절연
	전류통전부	3,750 Arms급	←	2,400Arms급	10,000 A (세계 최고, 최초)
접속함	NJB*	미개발	개발 중	개발 중	SJB 개발로 확보 가능
	SJB**	미개발	미개발	미개발	시제품 (세계 최초)

* NJB : Normal Joint Box
** SJB Stop Joint Box

3. 기술의 시장성

◆ 기술 적용 가능 분야

■ 기술이 적용되는 사업분야 및 제품(시스템)

· HVDC 케이블



◆ 시장 현황 및 규모

■ 관련기술 시장현황 및 특성

- 초전도 케이블을 활용할 경우, 송전손실을 획기적으로 줄일 수 있어, 송전선로 건설문제를 해결할 수 있는 대안으로 여겨짐
- 국내에서는 2022년까지 북당진~고덕, 서남해 지역에 3개의 HVDC 프로젝트를 계획하고 있으며, 향후 전국적으로 확대할 전망이다
- 현재는 미국, 유럽과 같은 선진국이 세계시장을 주도하고 있으나, 중국, 브라질 등 아시아와 중남미 개발도상국의 시장규모가 빠르게 증가할 것으로 예상됨
- 세계 HVDC 송전 시장규모는 2016년 66억 4,000만 달러 규모에서 8.7%의 성장률로 성장하여 2022년에는 107억 7,000만 달러 규모에 달할 것으로 전망됨

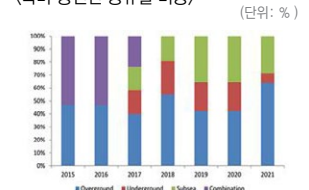
■ 국내외 시장 규모

(세계 HVDC 송전 시장)



자료: MarketsandMarkets, HVDC Transmission market, 2016

(북미 송전선 종류별 비중)



자료: Visiongain, HVDC Transmission market, 2015

4. 주요 연구 성과

◆ 특허 출원 및 등록 현황

구분	특허명	국가	번호	년도
등록	Terminal device for superconducting cable	PCT	KR2015/012945	2015
출원	하이브리드형 전류리드가 구비된 초전도 케이블용 단말장치	한국	10-2013-0125808	2013
출원	초전도 직류 케이블용 조인트 박스의 절연구조	한국	10-2014-0140111	2014
출원	상기 외 6편 특허 출원	한국		2012~2015

◆ 기술의 완성도

- TRL 6 수준의 기술완성도 단계 : 실제 적용 환경에서의 Full Scale 시제품 개발
- 개발 기술 범위: 250kV급 고체절연 단말 및 냉매분리접속함 개발 및 평가
 - 250kV급 고체절연 단말 제작 및 평가
 - 250kV급 냉매 분리 접속 기술 개발
 - 단말 및 접속함 일체형 평가 기술 개발
- 기술개발 완료 시기
 - 2017년 6월 : 멀티 코어 기반 저전력 SoC, 저전력 블루투스 연동 및 피팅 알고리즘

5. 기대 효과

◆ 산업 · 경제적 효과

- 우리나라는 AC 154kV급 초전도케이블 실증운전 등 세계 최고 수준의 초전도 케이블 기술을 보유 및 실계통적용 진행 등 세계시장 선점 가능성 매우 높음
- 해외 대규모 직류 송전 사업 진출을 위한 세계 최고의 초전도 직류 송전 기술 확보
- 국내 보유 기술을 확고히 하고 기술수준을 Up-grade 함으로써 경쟁국가에 대한 시장 진입 장벽을 구축하여 세계 시장 선도

◆ 산업 · 경제적 효과

- 대용량 직류 초전도 케이블 제품 개발 및 상용화 추진 가능
- SJB 및 Termination은 대용량 장거리 초전도케이블의 핵심 필수 기술로서 관련기업의 제품개발에 활용가능성이 매우 높음
- HVDC 극저온 절연기술과 절연 데이터의 확보를 통한 DC 절연 설계 활용
- 미래 전력망 변화에 대응하기 위한 대용량, 친환경 전력 전송 수단으로 활용