

HVDC케이블용 친환경 열가소성 절연재료 기술

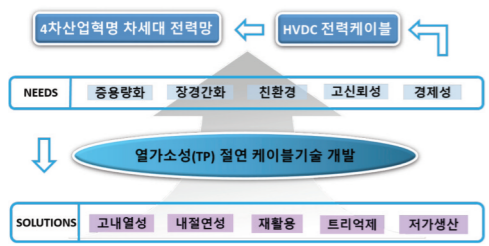
절연재료연구센터 | 한세원

○ 본 기술은 차세대 직류송전에 필요한 케이블용 친환경 절연재료를 개발하는 과제로 재활용이 가능하고 고성능과 경제성을 갖는 열가소성(TP, Thermoplastic) 절연재료를 개발하여 적용하는 기술. 1단계 MVDC(30kV급) 이후 2단계 HVDC(250kV급) 케이블의 주절연층 및 반도체층을 TP 절연재료로 개발하는 것이 목표. TP절연재료는 향후 케이블 외에 변압기, 모터, 차단기 등의 다양한 전자 전기전력용 절연분야에 활용이 가능함.

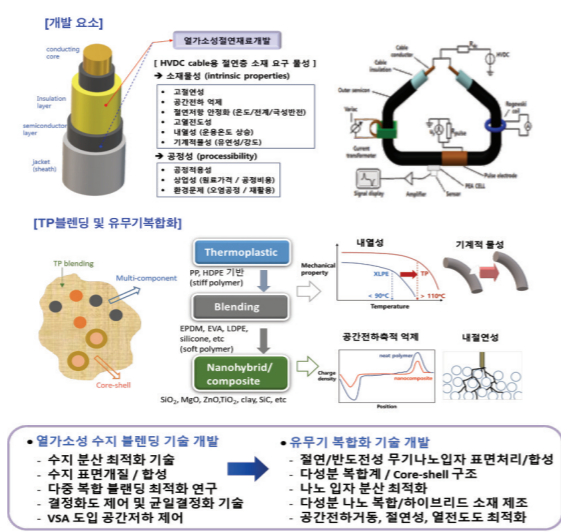
기술개념 및 구성

기술개념

▶ 본 기술은 재활용이 가능하고 성능과 경제성을 갖는 친환경 열가소성(TP, Thermoplastic) 절연재료를 개발하여 적용하는 기술로 1단계 MVDC(30kV급) 이후 2단계 HVDC(250kV급) 케이블의 주절연층 및 반도체층을 친환경 TP절연재료로 개발하는 것임



기술의 구성도



1. 기술 개요

기술개발의 필요성

- ▶ 4차산업혁명을 이르기 위한 전력분야의 핵심기술인 차세대 HVDC 전력망을 연결하는 절연케이블은 중용량, 고신뢰성, 고효율, 경제성 외에도 친환경적 가치가 요구됨
- ▶ 기존 사용하는 열경화성(TS) 케이블의 경우 재활용이 불가능하고 케이블 사용온도가 낮아 중용량이 요구되는 차세대 HVDC 케이블용 절연재료로서의 한계를 가지고 있고 페플라스틱으로 남아 환경적 차원에서 문제점을 가지고 있음
- ▶ 재활용이 가능한 열가소성(TP) 소재는 열경화성(TS) 소재보다 케이블 사용온도를 100C 이상 높일 수 있고, 최근 블렌딩 및 유무기복합화 기술의 발달로 성능개선과 더불어 제조공정에서 경제성을 확보할 수 있어 차세대 HVDC용 절연재료로 개발하는 경쟁이 치열함

2. 기술 내용

기술의 특징

- ▶ TP블렌딩 및 유무기 복합화 기술을 적용하면 케이블 사용 동작온도를 최대 1100C까지 높일 수 있어 송전 중용량 및 컴팩트화 설계가 가능함.
- ▶ TP절연재료의 제조방식은 공정상 오염성 부산물이 생성되지않아 HVDC 송전에서 중요한 공간전하억제에 유리한 구조를 가지며 절연강도 내구성을 개선할 수 있음.
- ▶ TP절연재료는 단시간 공정으로 제조되어 CO2가스를 감축할 수 있고 재활용이 가능한 열가소성이므로 친환경적 기술임.

특성	TS	TP(PP)	공정	
			기본공정	TP 공정
Operating temp.	Upto 90°C	Upto 110 °C	Time	Temp(°C)
Insulation	11 h	130~300	Time	Temp(°C)
Degassing	48~24h	80	5 h	200
Jacketing	8 h	200		
		91 h (~4일)		5 h

[생산시간 : 수 Days→수 Times 감소]

- ▶ 기술의 상세 구역
- 1단계 MVDC(30kV급) 케이블용 TP소재기술(주절연/반도체층)
- 2단계 HVDC(250kV급) 케이블용 TP소재기술(주절연/반도체층)
- 공간전하억제 및 절연내구형 다성분 유무기 나노복합화 기술
- TP결정화도 및 균일분산 제어가 가능한 블렌딩 기술

경쟁기술과 차별성

▶ 국내외 유사·경쟁 기술 현황

Type	OF cable	MI cable	XLPE cable	TP cable
Insulation	MI/Paper+Ally/benzene or Mineral Oil	Kraft paper+Polybutene	XLPE+Organic or Inorganic Filler	TP(Thermoplastic) PP/Organic or Inorganic Filler
Max. Operating Temperature	85°C	55°C	90°C	115°C
Problem	Pressure Oil Feeding System	Low OT	Space Discharge Accumulation	Space Discharge Accumulation
Limit Transmission Distance	Until 50km-Pressure Oil	Limitless	Long Distance for HVDC	Very long Distance for HVDC

▶ Prysmian 주도의 TP Cable 기술정보 : HVAC→HVDC, TS→TP

▶ 2015년 600kV급 HVDC용 TP Cable 개발(PP소재), 기술진입 장벽이 높은만큼 부가성 큼

▶ 국내기술 : 초기전압단계, HVDC/ALL 나노복합형 TP/능동형반도체층/TP접속제기술 없음

▶ 핵심기술 : PP blending/Nano composite/Unknown

경쟁 기술 대비 우수성

경쟁기술	본 기술의 우수성
-PP블렌딩 -PP유무기 복합화기술	• 열가소성 소재 2-3원제의 다중 블렌딩 방식을 적용하여 기계적 연신율, 내열성 및 전기적 절연내구성 성능을 향상 • 다중 블렌딩된 TP에 무기입자를 균일하게 분산시켜 안정하게 복합하는 나노-마이크로 무기입자의 계면처리 방식을 개발하여 절연내구성 및 공간전하의 축적을 억제하는 기술 • 반도체층의 전도성과 평탄성의 제어가 가능한 능동형 카본제를 TP절연층과 복합화하는 기술

3. 기술의 시장성

기술 응용분야 및 제품

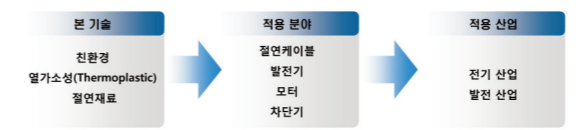


시장이슈

- HVDC는 현재 약 160개, 150GW 이상 용량의 프로젝트가 건설되어 운영 중이며 초기에는 유럽지역이 주를 이루었으며, 이후 북미와 아시아 지역으로 시장이 확장되었고 장거리 송전 이외 고장전류 제한, 육자-도시지역 간의 전력공급, 해협의 횡단, 대규모 신재생 계통연계 등의 용도로 건설되고 있으며 국가간 계통 연계를 위한 사업 또한 활발하게 추진되고 있음
- 아시아 시장이 급속성장을 하면서 전체 HVDC 프로젝트의 40% 이상을 차지하고 있으며 이 중 중국시장이 급성장 하여 전 세계 약 25%를 차지하고 있고 향후 중국과 인도를 중심으로 한 아시아 시장이 전 세계 시장의 49.5%를 차지하며, HVDC 송전 시장을 주도할 것으로 전망됨
- 저탄소 녹색 성장을 위한 대규모의 전력망을 구축하는 국가 간 연계사업 및 해상풍력 등 신재생 계통연계를 위한 HVDC 수요 급증이 예상됨

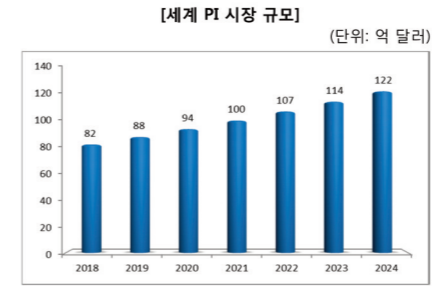
Supply chain

• 본 기술은 친환경 열가소성(TP, Thermoplastic) 절연재료로서 절연케이블, 변압기, 모터, 차단기에 적용되어 전기, 발전 산업분야에서 활용됨



수요전망

• HVDV 세계시장은 2018년 82억 달러에서 2024년까지 연평균 6.9% 성장해서 122억 달러에 이를 것으로 예상됨



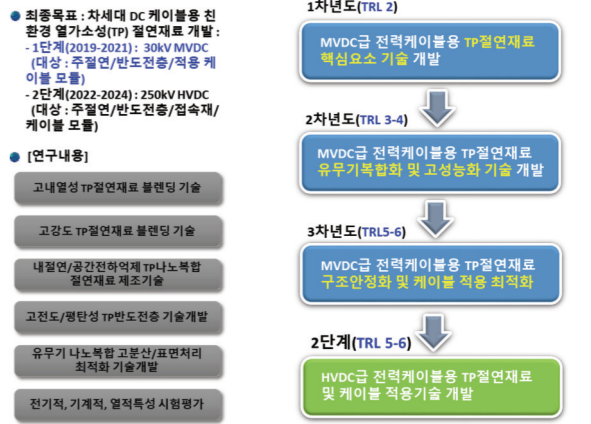
자료: MarketsandMarkets, HVDC Transmission Market by Component, 2019

4. 주요 연구성과

특허 출원 및 등록 현황

구분	특허명	국가	번호	년도
출원	폴리디메틸실록산-폴리아미드이미드계 공중합체 이용한 나노하이브리드소재	한국	10-170493	2017
출원	올리고머로 표면개질된 실리카 나노입자 및 유무기 나노하이브리드	한국	10-1604444	2016
출원	즐게기법을 이용한 에폭시-실리카 나노입자 하이브리드 수지	한국	10-1530998	2015

기술의 완성도



5. 기대 효과

기술 도입 효과

- ▶ 경제적 효과
 - 선진국에 의존하던 열가소성 케이블 절연기술의 국산화로 관련제품 수입 대체 및 친환경 절연케이블 기술 글로벌 경쟁력 확보
- ▶ 환경적 효과
 - 친환경 고성능 열가소성 절연물이 개발되면 현재까지 주로 사용되어온 열경화성 절연물(에폭시류, XLPE)을 대체하여 애저류, 부식류, 변압기 물드절연, 케이블, 구조물 등 각종 전력기기용 절연시장에 확대적용 가능.
 - 새로운 열가소성 TP유무기복합 절연필름을 개발하면 가볍고 효율이 높은 고성능 슈퍼캐패시터용 제품으로 적용.
 - 열가소성 TP절연재료 유무기복합화를 통해 내열성, 가공성, 화학적 안정성, 전기절연성을 확보할 수 있어 반도체, 의료, 전자, 신재생 산업분야의 친환경 절연소재로 활용 기대.

기술·산업적 파급 효과

- ▶ 기술적 파급 효과
 - 선진기술 의존도가 높은 친환경 열가소성 절연재료 핵심 제조기술을 확보함으로써 차세대 HVDC케이블 절연 기술을 선도.
 - 관련 기술 국내 기업체와의 협업 및 기술이전으로 친환경 열가소성 절연 기술 분야의 국제 경쟁력을 향상 및 전기 절연 산업의 고도화에 기여.
 - 친환경 TP절연재료가 필요한 전자, 통신, 신재생 소재, 부품에 유무기 복합화기술을 응용하여 세계적 경쟁력을 갖는 다양한 신시장 및 신산업 창출에 기여.