

전류제한 기능 스마트 초전도케이블

초전도연구센터 | 조전욱

- 본 기술은 기존 초전도 전력 케이블의 기본 구조를 취하면서, 초전도 선의 치>수정>퀀치(quench)에 의해 발생하는 특성을 이용하여 저항성 및 유도성 임피던스를 발생시켜 계통의 고장전류를 저감하는 기술.
- 대용량저손실 송전과 고장전류 제한 기능을 갖는 기능성 초전도 케이블로 고장전류 문제에 대한 계통안정도 향상에 활용됨.

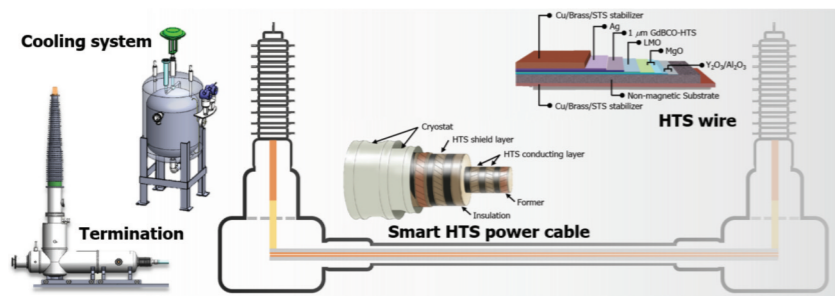
기술개념 및 구성

기술개념

▶ 본 기술은 기존 초전도 전력 케이블의 기본 구조를 유지하면서, 케이블의 통전층 및 실드층에 사용되는 재료의 물성 조절과 코일 구조 적용을 통해 계통의 고장 발생시 고장전류를 제한하는 저항성 및 유도성 임피던스를 발생시키는 기술.

기술의 구성도

▶ 전류제한 기능을 갖는 스마트 초전도 케이블은 케이블 코어 설계 기술, 도체에 사용되는 선재 설계 기술 그리고 냉각 및 단말 기술로 구성되어 있으며, 한국전연구원에서는 케이블 코어 설계 및 초전도 선재 설계 기술에 대해 연구개발.



[스마트 초전도 케이블의 구성]

1. 기술 개요

기술개발의 필요성

- ▶ 전력계통의 변화는 전력수요의 증가에 의해 야기되고, 계통의 확장과 부하의 집중, 계통의 루프화 그리고 신재생 에너지를 포함하는 분산전원의 증가 등의 모습으로 나타나며, 현재 전력 계통이 당면한 주요 문제는 대용량화와 고장전류 증가임.
- ▶ 케이블의 대용량화 및 복수회선 신/중설은 경과지 확보라는 문제를 야기하게 되고, 고장전류의 증가는 차단기 용량의 증가라는 실질적인 문제와 계통의 안정도 및 공급신뢰도를 저하시키는 문제를 야기하고 있음.
- ▶ 문제점 해결 방안으로 초고압 송전, 초전도 케이블 도입, 154 kV 연계선로 개방, 모선분리, 한류 리액터 설치, 대용량 차단기 교체, HVDC 계통 연계 그리고 초전도 한류기 도입 등이 모색되고 있음.
- ▶ 대용량 전력 전송과 고장전류 제한이라는 두 가지 키워드에 대한 효과적인 해결책은 초전도 케이블과 초전도 한류기가 될 수 있으며, 전력계통의 변화에 따라 대용량 전력 전송과 고장전류 제한이라는 두 가지 목적을 동시에 달성 할 수 있는 스마트 초전도 케이블 기술이 필요함.

2. 기술 내용

기술의 특징

- ▶ 기술의 특징점
 - 향후 전력수급에 대한 예측 결과를 살펴보면, 2029년 전체설비용량은 136 GW, 최대전력수요는 111 GW까지 증가할 것으로 예상되고 있고, 이에 따른 계통의 확장 및 부하의 고밀도화는 더욱 가속화 될 것으로 예상됨.

- 이는 고장전류의 증가와 이에 수반되는 차단기 용량 증대를 가져오게 되며, 기존 계통은 모선 분리, 선로 개방 등의 방법을 통해 고장전류 증가에 대응하고 있으나, 이는 다시 계통 안정도 및 운영의 유연성을 저하를 초래하게 됨.
- 또한, 미래 국가 전력망의 안정적 성장을 위한 다양한 신재생에너지원의 보급에 따른 계통 운영이 필수적이며, 이에 따라 대용량 전력 전송과 동시에 효과적으로 고장전류 증가에 대응할 수 있는 기술 및 계통 운영 방안의 확보가 필요함.
- 국내 초전도 케이블 기술은 이미 세계 최고수준에 도달했지만, 초전도 케이블 관련 세계 시장에서의 제품 경쟁력 확보가 뒷받침 되어야하기 때문에 기존의 초전도 케이블과는 차별화된 성능의 초전도 케이블 기술이 필요하며, 변화하는 전력 계통의 특성을 고려한 맞춤형 초전도 전력 케이블의 개발이 요구됨.
- 스마트 초전도 케이블 기술은 대용량 송전과 고장전류 제한 기능을 겸비한 신개념 전력기기로서 기존 전력계통의 문제점을 해결할 수 있는 최적의 기술 solution이며, 신개념의 전력 계통 맞춤형 초전도 케이블 기술임.
- ▶ 기술의 상세 규격
 - 154 kV/600 MVA 스마트 초전도 케이블
 - 고장전류 제한을 위한 임피던스 1 Ω/km

경쟁기술과 차별성

- ▶ 국내외 유사·경쟁 기술 현황

전류제한 기능 스마트 초전도케이블

국내	기술명	154 kV/600 MVA 초전도 케이블
	기술 내용	대용량 송전을 위한 초전도 케이블 (단일 목적 기기)
국외	기술명	154 kV 초전도 한류기
	기술 내용	고장전류 제한을 위한 초전도 한류기 (단일 목적 기기)
국외	기술명	초전도 케이블 및 초전도 한류기
	기술 내용	대용량 송전을 위한 초전도 케이블 (단일 목적 기기) / 고장전류 제한을 위한 초전도 한류기 (단일 목적 기기)

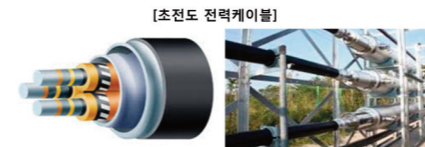
경쟁 기술 대비 우수성

경쟁기술	본 기술의 우수성
초전도 케이블 및 초전도 한류기	<ul style="list-style-type: none"> • 경쟁 기술인 초전도 케이블 및 초전도 한류기는 대용량 송전 및 고장전류 제한이라는 단일 목적을 위한 기기임. • 고장전류 제한을 위한 많은 상용 기술들이 있지만, 미래 전력 수요 증가에 따른 제반사항(설비 부지, 경과지, 비용, 효과 등)을 고려하였을 때, 효과적인 솔루션임.

3. 기술의 시장성

기술 응용분야 및 제품

- 초전도 전력케이블

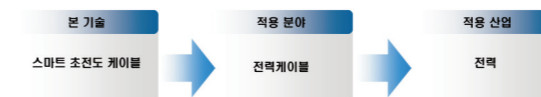


시장이슈

- 에너지 절감을 실현할 새로운 전력 전송 기술로 주목받고 있는 초전도 케이블 시장을 선점하기 위해 각국의 경쟁이 치열한 실정임
- 특히 정부 지원에 힘입은 독일이 최근 상용화에 성공하였고, 미국도 상용화 프로젝트 수행에 들어가는 등 관련 기술 보유국들이 시장 선점에 속도를 내는 중임
- 현재 우리나라를 포함해 미국, 독일, 프랑스, UAE, 호주 등 12개국에서 20여개의 초전도 케이블 개발 사업이 진행 중임

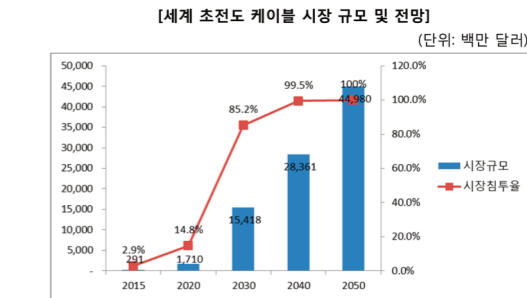
Supply chain

- 본 기술은 스마트 초전도 케이블 기술을 활용한 기술로, Δ전력케이블 등에 적용이 가능함



수요전망

- 세계 초전도 케이블 시장은 2015년 기준 2.9억 달러의 시장규모에서 2020년 17.1억 달러의 시장이 형성될 것으로 전망됨
- 한국초전도산업협회 자료에 따르면, 초전도 케이블 시장의 시장 침투율 (신규 케이블 설치 시 초전도 케이블 적용률)은 2015년 2.9%에서, 2030년에는 85.2%로 급격히 증가할 것으로 예측됨



자료: 한국초전도산업협회, 2016

4. 주요 연구성과

특허 출원 및 등록 현황

구분	특허명	국가	번호	년도
등록	저항성 스마트 초전도 케이블 성능예측 프로그램 (저작권 등록)	한국	C-2018-000299	2018
출원	고장전류 제한형 스마트 초전도 케이블 권선 구조체와 그의 제작방법 및 초전도 케이블 권선 구조체 기반 한류기 검용 전력전송장치	한국	10-2018-0082775	2018
		PCT/국제출원	PCT/KR2018/015024	2018

기술의 완성도

- ▶ TRL 4 수준의 기술완성도 단계 (개발완료시 5단계)
- ▶ 개발 기술 범위 : 스마트 초전도 케이블 기술
 - 스마트 케이블용 초전도 선재 설계 기술
 - 스마트 케이블의 케이블 코어 설계 기술
 - 스마트 케이블의 구조 설계 기술
 - 스마트 케이블의 성능 예측 시뮬레이션 기술
- ▶ 기술개발 완료 시기
 - 2010년 4월 : 스마트 초전도 케이블 설계 및 시제품 평가 완료

5. 기대 효과

기술 도입 효과

- ▶ 경제적인 효과
 - 기존 초전도 케이블과 차별화된 성능의 초전도 케이블 및 전력 계통의 특성을 고려한 맞춤형 초전도 케이블의 개발로 세계 시장에서의 제품 경쟁력 확보와 신 시장 창출에 기여함.
 - 스마트 초전도 케이블 개발을 통한 기술이전 등의 전력기기 및 전력계통 관련 산업분야의 기술 혁신 및 고용을 촉진하고 새로운 일자리 창출에 기여함.
 - 고장전류 제한 기능을 갖는 초전도 전력케이블이 적용된 전력시스템에 대한 효율을 운용방안 제시

기술·산업적 파급 효과

- ▶ 기술적 파급 효과
 - 초전도 케이블과 한류기를 결합한 신개념의 기능성 초전도 전력 케이블 개발로 초전도 케이블 자체 경쟁력 및 초전도 응용 관련 기술 경쟁력 강화
 - 기존의 전력기기와 특성이 다른 새로운 전력기기의 계통 적용에 대한 계통 운영 기술 및 제반 기술의 발전에 기여
 - 미래 전력계통 위한 대용량, 고효율, 친환경 송배전 기반을 구축 및 대용량 허브 변전소, 송전인프라 최소화 등에 기여