

초전도 전력기술 개발 현황 및 전망



이성우
한국전력공사 개발전략실 계통기술팀 차장

1. 개 황

1911년 네덜란드의 카멜링 온네스 교수에 의해 발견된 초전도 현상은 어떤 물질이 특정조건(온도, 전계, 자속)에서 저항이 사라지고 완전 반자성 특성을 보이는 것을 말한다. 초전도체는 일반도체와 달리 전류를 흘려보낼 때 손실이 없어 많은 양의 전류를 보

낼 수 있다. 또한 자기부상열차 등에 활용할 수 있는 등 미래를 바꿀 신기술 중 하나로 꼽히고 있다.

전 세계적으로 초전도 특성을 활용하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 하지만, 초전도 기술개발에는 상대적으로 비용이 많이 소요되고 극저온 냉각(약 영하 200℃)이 필요하여 주로 R&D, 의료용, 군



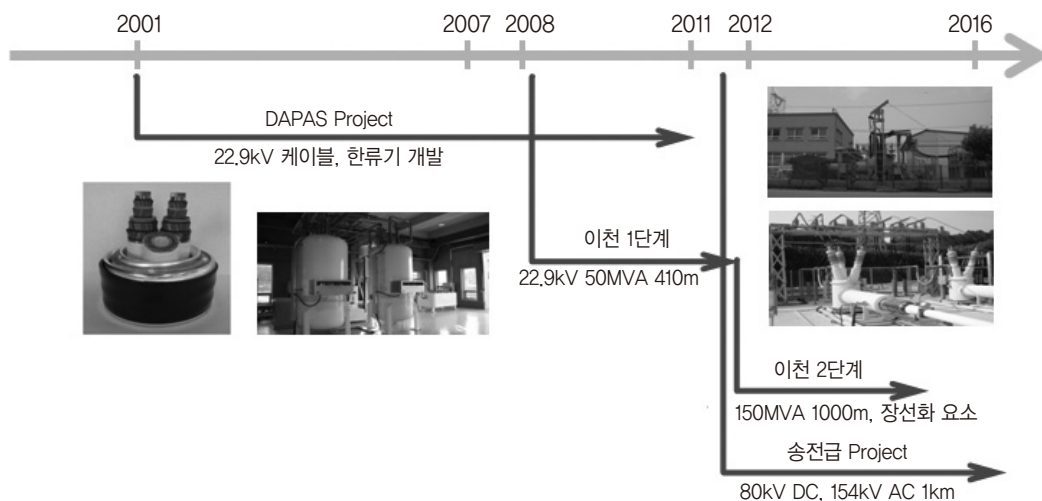
[그림 1] 초전도 현상 발견

사용으로만 연구되어 왔다. 전력분야에서는 1980년대 말 2세대 초전도 선재의 등장과 함께 본격적으로 초전도 기술을 활용하기 위한 연구가 미국, 유럽, 일본 등을 중심으로 활발하게 진행되어 왔으나 아직까지는 경제성, 신뢰성 확보 등 많은 추가 연구개발이 필요한 실정이다. 한전은 전력분야에서 초전도 기술의 활용이 친환경, 고효율, 대용량 전력전송이 필요한 계통현안을 해결할 수 있는 유력한 방안중 하나로 인식하고 DAPAS 프로젝트, 이천 프로젝트, 송전급 프로젝트를 주도하여 성공적으로 완수하였고 일부는 진행 중에 있다.

2. 현황

가. DAPAS 프로젝트 – 초전도 전력기술 개발 시작

우리나라 초전도 전력기술은 2001년부터 2011년까지 진행된 DAPAS(Development of Advance Power system by Applied Superconductivity technologies Program; 차세대 초전도 응용기술개발 사업) 프로젝트부터 본격적인 개발이 시작되었다고 할 수 있다. DAPAS 프로젝트의 주요 목표는 고온 초전도 선재를 이용한 초전도 전력기기 개발이었으며 프로젝트를 통해 초전도 선재, 초전도 케이블, 초전도 한류기, 초전도 모터, 초전도 변압기를 개발하였다. 고온 초전도 선재는 독창적인 제조방법인 EDDC(Evaporation using Drum in DUAL Chamber) 법과 RCE(Reactive Co-Evaporation)장치를 이용하여 빠르고, 고성능의 선재를 제조할 수 있게 되어 경제성을 극대화 할 수 있게 되었다. 초전도 케이블은 22.9kV, 50MVA의 용량을 가졌으며 이를 활용하면 기존 케이블 대비 5배 이상의 전력을 보낼 수 있다. 또한 22.9kV, 150MVA 초전도 케이블의 핵심 기술을 이용한 모델 개발과 154kV, 1GVA 초전도



[그림 2] 국내 초전도 기술 개발 현황 및 계획



[그림 3] DAPAS 프로젝트 개발 기술

케이블의 설계 및 제작 기술을 개발하였다. 초전도 한류기는 22.9kV 정격전류 600A를 개발하였으며, 154kV 4kA급 핵심부품을 개발하였다. 또한 기존 모터보다 1/3의 체적과 무게를 가지고도 효율이 2% 가량 증대된 고효율 5MW 초전도 모터의 핵심부품 제작기술을 개발하였으며, 초전도 변압기 분야에서는 AC loss를 기존 대비 약 30% 수준으로 절감할 수 있는 대용량 병렬도체, CTCC(Continuous Transposed Coated Conductor) 제작기술을 개발하는 성과를 이루었다.

나. 이천 프로젝트 - 초전도 전력기술 실계통 실증

DAPAS 프로젝트를 통해 개발된 초전도 전력기기 중 22.9kV 초전도 케이블과 초전도 한류기의 실계통 실증을 통한 상용화 모델 및 운영기술 개발을 위해 이천 프로젝트(GENI Project; Green superconducting Electric power Network at Icheon substation Project)를 2008년부터 2단계로 나누어 5년간 진행하고 있다.

□ 1단계 - 실계통 최초 운전

이천 프로젝트 1단계는 2008년 11월부터 2011년



[그림 4] 이천 프로젝트 1단계

10월까지 3년에 걸쳐 수행되었으며 22.9kV, 50MVA, 3상 일괄 형태인 초전도 케이블 410m와 22.9kV, 3상, 630A인 초전도 한류기를 154kV 이천 변전소에 설치하였다.

초전도 케이블은 No.5 주변압기 2차 측에 설치되었으며 현장 적용성을 시험하기 위해 offset과 중간 접속함을 배치하였다. 주 보호는 전류차동 계전방식을 적용하였고 후비보호는 과전류 계전방식과 초전도 케이블 Thermal protection을 적용하였다. 한편, 초전도 현상 유지를 위한 냉각시스템도 설치되었으며 냉매로는 액체질소(LN2)를 사용하여 약 69K의 온도로 운전하였다. 초전도 한류기는 22.9kV 장평 배전선로에 설치하였으며 일반저항과 초전도 선재가 같이 구성된 하이브리드 방식이다. 이천 프로젝트 1단계를 통해 설치된 초전도 케이블과 초전도 한류기는 2011년 8월부터 운전을 시작하였으며 양호한 운전성적을 나타내었다.

□ 2단계 - 대용량, 상용화 핵심기술 개발

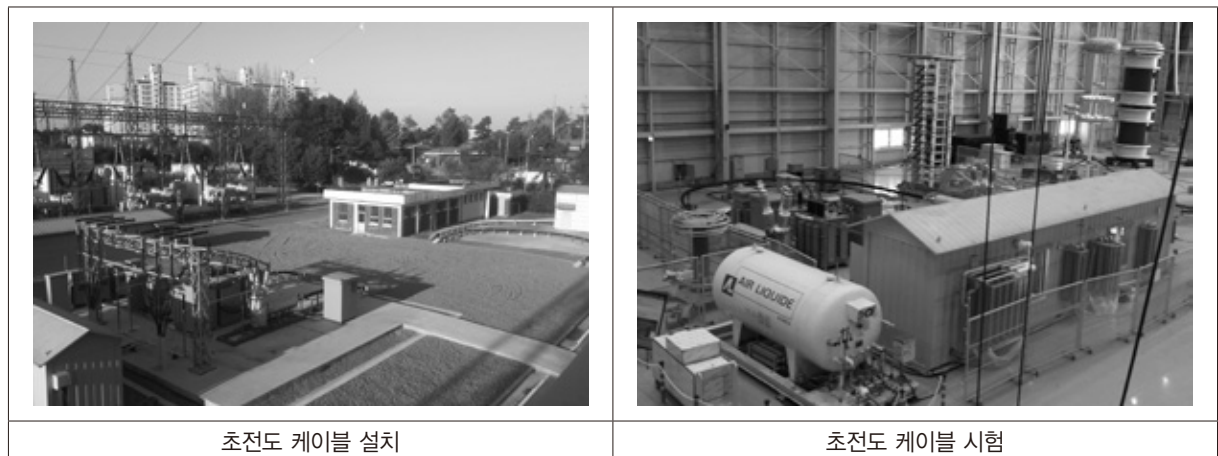
이천 프로젝트 1단계에서 실계통에 설치한 22.9kV 초전도 케이블 및 초전도 한류기 기술을 발

전시키기 위한 이천 프로젝트 2단계를 2011년 11월부터 2013년 10월까지 2년간 진행하고 있다. 2단계에서는 초전도 케이블의 대용량화와 상용화 핵심기술 개발 및 초전도 한류기의 성능개선을 목표로 하고 있다.

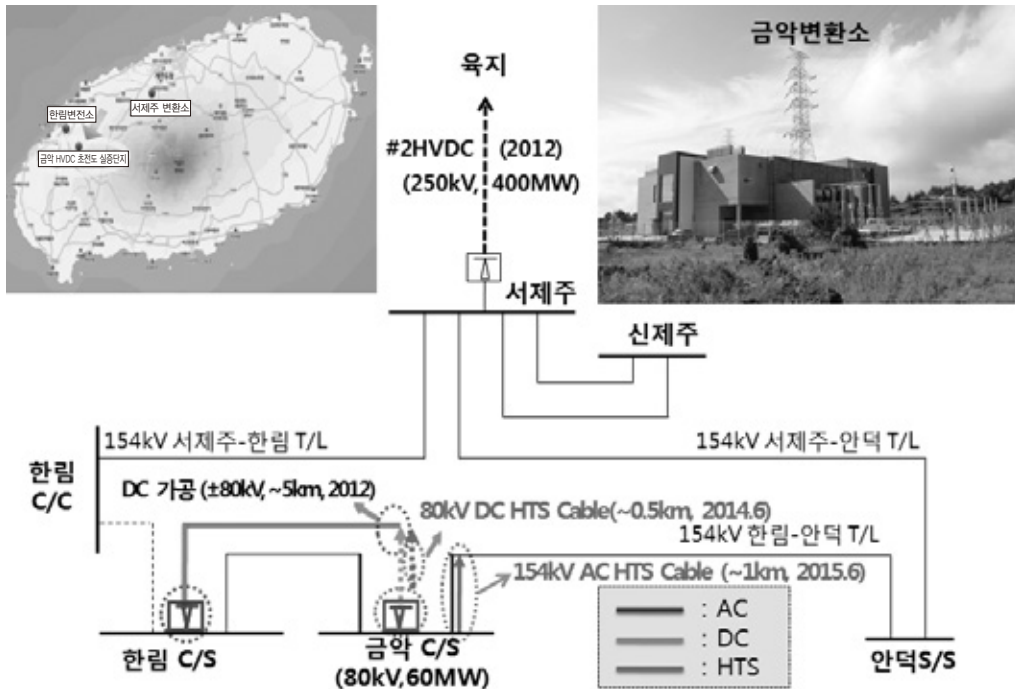
현재 이천 프로젝트 1단계에서 실증한 22.9kV 초전도 케이블의 용량을 50MVA에서 150MVA로 3배 증가시키고 상용화에 필요한 Stop Joing, EB-G, 수직전력구 통과를 위한 고저차 극복 기술을 개발하고 있다. 앞으로 22.9kV 초전도 한류기의 동작시간을 반주기 후에서 반주기 전으로 개선시킬 예정이다.

다. 송전급 프로젝트 - 초전도 전력기술 발전

이천 프로젝트의 성공적 완수 및 양호한 사업진행을 바탕으로 송전급 전압의 초전도 케이블 및 초전도 한류기를 실계통에 적용하기 위한 프로젝트가 2011년 7월부터 2016년 6월까지 5년간 진행되고 있다. 송전급 프로젝트는 DC 80kV 초전도 케이블, AC 154kV 초전도 케이블 및 초전도 한류기를 실계통에 설치하고 운영기술을 개발하는 것이 주목표이다. 또한 초전도 케이블용 극저온 냉각시스템의 국산화와



[그림 5] 이천 프로젝트 2단계 진행



[그림 6] 제주 초전도 실증단지 계통도

국산 초전도 선재의 적용성 평가도 병행 추진하고 있다. 송전급 프로젝트에서 DC 80kV 및 AC 154kV 초전도케이블은 제주 금악 실증단지에 설치될 예정이며 154kV 초전도 한류기는 설치 장소를 검토하고 있다.

DC 80kV 초전도 케이블은 2014년 6월까지 약 500m가 설치될 예정이며 AC 154kV 초전도 케이블 1km 및 초전도 한류기는 2015년 6월에 설치될 예정이다. 현재까지 진행상황은 DC 80kV 초전도 케이블 개발 및 시험이 완료되었으며 AC 154kV 초전도 케이블 및 초전도 한류기는 설계가 완료되어 개발시험을 위한 시작품을 제작 중이다. 또한, 국산 초전도 케이블 냉각기의 시작품이 제작되었으며 성능향상을 위한 작업이 진행 중이다.

3. 향후 계획

초전도 전력기술은 대용량, 친환경, 고효율 특성으로 전력계통이 가지고 있는 현안 해결 방안의 하나로 인식되고 있다. 그러나 본격적인 실계통 적용을 위해서는 경제성, 신뢰성 확보 등 보다 많은 연구개발이 필요한 것 또한 사실이다. 이를 위해 정부와 한전은 초전도 전력기술 개발을 주도해 왔으며 앞으로도 지속할 계획이다. 우선 진행 중인 송전급 프로젝트에 역량을 집중해 성공적으로 완수할 예정이며 이를 통해 당대 세계 최고의 초전도 전력기술을 실증할 것이다. 또한 경제성 제고를 위해 초전도 선재, 냉각기 등의 국산화와 효율향상을 추진할 계획이다. 