

새롭게 발표되는 신규 초전도 전력기기 프로젝트와 제2세대 초전도 선의 명암

박민원
창원대학교

1. 서론

2006년 미국 SuperPower Inc.사는 Albany 초전도 전력케이블 프로젝트에 설치될 제2세대 초전도 선을 이용한 30m 초전도 전력케이블의 제작을 위해 9.7km의 제2세대 초전도 선을 일본 스미토모전공(이하, SEI)사에 출하한 적이 있다. 당시 본 소식은 세계적인 뉴스였으며, 금방이라도 제2세대 초전도 선의 판매가 급격하게 확대될 것 같은 기대감을 가지게 하였다. 그때로부터 지금 정확하게 1년6개월이라는 시간이 지난 상태이다. 그런데, 아쉽게도 현재까지 그 이상의 제2세대 초전도 선이 동시에 한 프로젝트에 출하하는 뉴스는 접하기 힘든 상태이다. 그렇다고 해서 제2세대 초전도 선을 사용한 프로젝트가 줄어든 것은 절대 아니다. 오히려 일본의 신규 NEDO 프로젝트를 포함해서 제2세대 초전도 선을 이용한 프로그램이 속속 발표되고 있다. 이중 미국의 post-SPI 프로그램인 SPE(Superconductivity Power Equipments) 프로젝트를 중심으로 활발하게 제2세대 초전도 선을 이용한 연구개발 및 실계통 투입 프로그램이 보고되고 있다.

2. 새롭게 발표되는 신규 초전도 전력기기 프로젝트

2007년 6월 27일 미국 DOE는 새로운 5개의 초전도 전력기기 전력계통 투입 대형 프로젝트(SPE 프로그램)를 발표하였다. 미국의 HTS 기술개발과 응용 그리고 전력계통의 현대화를 촉진할 목적으로 프로젝트비용 공동부담 형식으로 DOE에서 총액 51.8MUS\$를 지출하는 것으로 나타나 있다. 이중 2건은 전력케이블의 신뢰성과 효율성을 향상할 목적으

로 추진되고 다른 3건은 한류기의 개발을 목적으로 하고 있다. 짧게는 2년에서 길게는 5년간, 국립연구소의 연구관리와 참여기업의 투자를 합쳐 총 103.6MUS\$가 투입되는 거대한 연구개발이 시작되었다. 또한 유럽에서는 암스테르담 내 6km 떨어진 두 변전소를 초전도 전력케이블로 묶고 이는 2010년 또는 2011년에 설치 운전될 예정에 있으며, 일본 동경전력도 수백 m급의 초전도 전력케이블을 동경시내에 투입할 예정에 있다.

가. 뉴올리언주 초전도 전력케이블 프로젝트
뉴올리언주 중심부의 전력부하문제를 해결할 목적으로 13.8kV급 초전도 전력케이블이 두 개소의 변전소를 연결하게 된다. Southwire사의 주관으로 유럽의 NKT사가 공동으로 참여하고 공동출자회사인 ULTERA사가 핵심역할을 담당할 것으로 생각되며 국립연구소로서는 ORNL의 Demko 팀이 참여하는 것으로 되어 있다. 연구개발비는 DOE로부터 13.3MUS\$를 지원받게 된다. 현재, 본 프로젝트의 알려진 초전도 전력케이블의 길이는 약 1.7km이고 사용될 초전도 선의 총량은 약 250km에 달할 것으로 예상되고 있는데, 엄청난 양이 아닐 수 없다. 제1세대 초전도 선 보다는 가격대비 성능을 만족한다는 전제로 제2세대 초전도 선이 사용될 것이 확실한 상태인데, 이는 제2세대 초전도 선 제작회사에 최대의 기회가 될 것이고, 본 프로젝트에 투입되는 초전도 선 회사는 막대한 무형의 신뢰도를 확보하게 될 것이다. 이는 물론 프로젝트의 성공을 전제로 한 것이다.

나. LIPA 2 초전도 전력케이블 프로젝트
에너지청으로부터 9MUS\$를 지원받게 되는 LIPA 2 초전도 전력케이블 프로젝트는

제2세대 초전도 선을 사용한다고 확실하게 명시하고 있다. 연구개발 목표로서는 단상 Prototype 케이블에 필요한 핵심요소기술 개발로 되어 있으며, 현재 진행 중에 있는 LIPA 프로젝트의 케이블에 제1세대 초전도 선 전력케이블을 제2세대 초전도 선으로 교체하고 평가하는 프로젝트로 받아들일 수 있다. 참여기관으로는 AMSC사를 주관으로 Nexans사, Air Liquide사 등이 참가하며 전력회사로서 LIPA사가 참여한다. 제2세대 초전도 선을 이용한다고 명시한 프로젝트로서 관심을 끌고 있는데, 현재의 LIPA 프로젝트가 600m 길이이기 때문에 Joint없는 선으로 케이블을 제작한다고 할 때, 최소한 약 1km에 가까운 단일 길이를 가지고, 적어도 백 가닥의 제2세대 초전도 선이 거의 동일한 임계 전류특성을 가져야 한다. 현재까지의 AMSC사의 연구결과로서는 연구개발을 아주 급하게 서둘러야 본 목표를 달성할 것 같은 느낌을 지을 수가 없다.

다. Southern California Edison 제2세대 초전도 선 한류기 프로젝트

AMSC사는 한류기 프로젝트도 신규로 참여하게 되었다. 전압은 115kV로서 비교적 높은 전압으로서 SIEMENS사와의 오랜 공동연구기간을 기초로 의욕적인 출발을 한 것으로 판단할 수 있다. 제2세대 초전도 선을 이용한 팬케익코일 초전도 한류시스템이 기본 구성이다. DOE의 출연금은 12.7MUS\$에 달하고 제2세대 초전도 선을 사용한 초전도 한류기로 명시되어 있어 AMSC사가 주관하는 SPE 프로젝트는 모두 제2세대 초전도 선을 사용하는 것으로 결정되었다. 전력회사로 Southern California Edison가 참가하고 전력계통을 오픈하여 실질적인 적용운전을 직접적으로 실시할 예정이다. Nexans사, 휴스턴대학, 국립연구소로는 LANL, 공동연구기관으로 SIEMENS AG가 참여하게 되었다.

라. 포화리액터형 한류기

Zenergy Power plc사의 자회사인 SC Power Systems사의 주관으로 138kV 포화리액터형 한류기 프로젝트가 실시된다. 한류기의 제작 및 Southern California Edison 전력계통에 실질적으로 시험운전을 실시할 예정인 프로젝트로서 그 결과가 상당히 주목된

다. 개발팀으로서는 상당히 많은 팀이 참여하고 있는데 Southern California Edison(전력회사), LANL(국립연구소), Air Products & Chemicals Inc., Cryo-Industries of America Inc., Gonsolidated Edison Company, California Edison In., Delta Star Inc., 그리고 독일의 Trithor GmbH사가 참여하게 되었다. 여기서 주목할 점은 SC Power Systems사와 동일하게 Zenergy Power plc사의 독일내 자회사인 Trithor GmbH사가 참여한다는 것이다. Trithor GmbH사는 제1세대 초전도 선을 주력으로 제작 판매하는 회사로서 주로 유럽에 초전도 선을 공급해왔는데, 본 프로젝트를 통해서 미국시장 진출을 본격화한 것으로 판단할 수 있다. 제2세대 초전도 선의 생산능력에 대해서는 그렇게 자세히 알려져 있지 못하기 때문에 본 프로젝트에서 제2세대 초전도 선이 Trithor사로부터 공급된다는 것은 기대하기 힘들 수 있다.

마. 138kV SuperPower Inc. 한류기 프로젝트

DOE로부터 5.8MUS\$의 지원을 받아 American Electric Power(AEP)사의 전력계통에 직접 투입될 예정에 있는 본 한류기 프로젝트는 SPI 프로젝트에서 진행되고 있었던 SuperPower Inc.사의 한류기 프로젝트를 계속해서 진행하는 형식으로 결정되었다. 전력회사인 AEP사와 함께 일본의 스미토모전공, 닛산이 함께 참여한다. BOC Group Inc.사와 국립연구소로서 ORNL도 공동연구를 실시하는 것으로 나타나 있다. 본 프로젝트는 예전부터 제2세대 초전도 선을 사용하게 되어 있고 SuperPower Inc.사가 유일하게 참여하는 SPE 프로그램이 되었다.

바. 6km급 암스테르담 초전도 전력케이블 프로젝트

가장 큰 뉴스를 불러온 신규 초전도 전력기기 프로젝트로서는 암스테르담 6km 초전도 전력케이블 설치 프로젝트이다. 2개의 변전소를 연결하는 3회선 중 1회선을 50kV급 초전도 전력케이블로 연결하는 프로젝트로서 NKT사(자회사인 ULTERA사 추진) 주관으로 3상동축 Triaxial HTS cable이 설치될 예정에 있다. Praxiar에 의한 Pulse Tube 냉동

기가 채용될 것이고, 2010년~2011년에 운전개시를 예정하고 있다. 공적인 프로젝트가 아닌, 상용의 Needs에 의해 시작되는 프로젝트라고 한다. 미국을 시초로 시작된 On-grid 초전도 전력케이블 프로젝트가 유럽까지 확산되었고, 규모면에 있어서도 수km를 초과하는 관계로 새롭게 시작되는 초전도 전력케이블 프로젝트는 설계통에 연계하는 것이 당연시 되고 있는 상황인데, 아직까지 본 암스테르담 6km 프로젝트도 제1세대 초전도 선을 사용할 것인지, 제2세대 초전도 선을 사용할 것인지에 대해 결정된 것이 없는 상황이다. ULTERA사는 초전도 선 회사와 어떤 비즈니스적 관계를 가지지 않고 초전도 선의 가격대비 성능에 따라 초전도 선을 결정해 왔다. 그래서 더욱 본 프로젝트에서 선택되는 초전도 선의 종류가 어쩔 수 없이 풍부한 시사점을 내포하게 된다고 볼 수 있다.

3. 제1세대 초전도 선, 제2세대 초전도선, 선택의 혼돈

제2세대 초전도 선이 생각보다 쉽게 가격이 내려가지 못하고 제1세대 초전도 선을 훨씬 능가하는 성능을 당장 보이지 못함으로 인해 초전도 전력기기 개발자들의 선택적 혼돈은 2008년 초반에도 지속되고 있다.

2000년대 초반 2002년과 2003년에 많은 초전도 선 관련자들은 제1세대 초전도 선과 제2세대 초전도 선의 Crossover 시점을 2007년으로 많이들 예상하곤 했다. 그때 본인도 그 중 한 명이었음은 부정하기 힘들다고 할 수 있다. 그래도 늦어도 2008년이면 모든 Crossover의 진행이 종료될 것으로 믿었고, 2009년 이후의 초전도 전력기기는 대부분 제2세대 초전도 선을 사용할 것으로 확신하였었다. 그런데, 현실을 보면 현재의 진행상황이 그렇게 간단하게 언급할 수 있을 것 같지가 못하다. 2008년 상반기 현재, 고온 초전도 선을 제조 판매하는 업체(제2세대 선의 경우는 초전도층을 입힌 선을 판매한 실적이 있는 업체)는 전세계적으로 6개사에 이르는데 이 중, 4개사(EHTS사, InnoST사, SEI사, Trithor사)가 제1세대 초전도 선을 주력상품으로 지속적으로 개발 판매하고 있으며, 2008년도 상반기 현재까지는 가

격 경쟁력 면에서 충분히 제2세대 초전도 선을 압도하고 있는 것이 사실이다. 특히, 제2세대 초전도 선을 제작 판매하고 있는 AMSC사 및 SuperPower Inc.사는 현재 대량 생산 설비를 갖추고 본격적인 대규모 판촉활동을 벌이고 있거나, 아직까지 SuperPower Inc.사가 수백m급 이상의 초전도 선을 생산할 수 있는 능력을 가지고 있지만, AMSC사는 약속한 결과(2007년말까지 500m급 선의 제작)를 만족시키지 못하고 있다. 새롭게 몇 개월의 추가 연구개발기간이 필요하다는 언급이 있는 상태이고, 그 결과에 주목할 필요가 있을 것 같다. 이와 같이 초전도 선 판매회사는 아직까지 초전도 전력기기 개발자에게 긍정적 의미에서의 선택의 폭을 좁혀 주지 못하고 있다. 제2세대 초전도 선이 향후 초전도 선의 주력제품이 될 것이다라는 것에는 아무런 의심이 없지만, 속속 발표되고 진행되는 신규 초전도 전력기기 프로젝트들에게는 아직까지는 확신이라는 단어를 쉽게 가지지 못하게 하는 것만은 분명한 사실인 것 같다.

4. 결 론

초전도 선을 이용하여 초전도 전력기기를 제작하는 과정은 전 과학분야를 포함하는 최고 수준의 기술력이 필요할 수밖에 없다. 이에 초전도 선은 가장 중요한 핵심 부품이고 그 성능에 따라 초전도 전력기기의 성능이 직접적으로 좌지우지 될 수밖에 없다. 이만큼 초전도 선의 중요성은 아무리 강조하여도 지나침이 없다고 할 수 있다.

지난 2007년 9월 EUCAS 학회에서 후지쿠라사가 304.8A/cm, 368m의 기록을 발표하고, SuperPower Inc.사는 2007년 11월 ISS 학회에서 173A/cm, 595m를 발표하는 등 기록경신에 대한 경쟁적 발표를 지속적으로 하고 있지만, 몇 가지 여기서 주목하지 않을 수 없는 내용이 있다. 첫째 발표되는 선은 당장 구입 수도 없고 현실화 되지도 못하고 있다. 발표된 제2세대 초전도 선의 성능을 상용화 하기 위해서는 짧게는 최소 1년6개월 길게는 2년 이상의 기간이 소요될 수밖에 없다. 또한, 일본에서 발표되는 결과는 연구개발단계에서의 발표이며, 정부자금으로 투입된 장비로는 상용판매가 금지되어 있는 관계로 상용화를 위

해서는 관련 회사들이 자체적으로 장비를 투입하여 정규생산설비를 갖추어야 하는 문제점을 안고 있어 최소 2년 이상을 기다려야 하는 상황이다.

그러나, 위기는 곧 기회, 현재 이와 같은 상황은 우리에게 결정적인 기회로 작용할 수 있다. 우리는 미국, 일본의 15년 가까운 초전도 선 연구개발 결과를 불과 4~5년에 따라잡은 경험을 가지고 있으며, 제2세대 초전도 선만을 위한 회사가 이미 본격적으로 출범되어 있는 상황이다. 또한 전혀 새롭고 독창적인 방식(EDDC)으로 아주 짧은 기간에 수십m 이상의 길이에서 수백A이상의 임계전류 결과를 기록하고 있다. 적어도 제2세대 초전도 선의 상용화에 있어서는 미국에 이은 세계 2번째가 될 것으로 조심스럽게 예측 가능하다. 문제는 무엇보다도 소비자인 초전도 전력기기 개발자들에게 성능 및 가격 면에서 확실한 신뢰를 주어야 하는데, 그러기 위해서는 수년전에 발표한 가격대비 성능 데이터를 빨리 현실화시켜 주었으면 하는 필자의 조그마한 바람을 결론에 남기고 싶고, 제2세대 초전도 선이 양두구육(羊頭狗肉)의 결과를 낳지 않기를 진심으로 바란다.

저자이력



박민원 (朴敏遠)

1970년 2월 12일생, 1995년 창원대학교 졸업(공학사), 1997년 창원대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사), 2000년 일본오사카대학 대학원 전기공학과 졸업(공학석사), 2002년 동대학원 졸업(공학박사), 2001년 10월 한국전기연구원 내 차세대초전도응용기술개발사업단 기술팀장, 2004년 9월 창원대학교 메카트로닉스공학부 전기공학전공 전임강사, 2006년 9월부터 동대학 조교수, 2004년 및 2007년 미국 DOE Superconductivity Peer Review 평가위원