

고온초전도 전력기기의 연구개발 동향



조전욱
한국전기연구원
초전도응용연구그룹 기술팀장

1. 서론

초전도기술은 의료, 환경, 물리, 전기, 전자 등 현대 사회의 전반에 걸쳐 그 응용이 기대되고 있으며, 더 이상 초전도란 단어도 전문가들만의 용어가 아닌 일반인들도 인식하고 있는 우리생활에 가까이 다가오고 있는 기술이다. 초전도기술의 많은 응용분야 중 전력분야에서의 응용은 전기적인 손실의 획기적인 저감과 고효율 및 환경 친화적인 장점을 갖고 있어 다른 분야보다 실용화에 대한 기대가 매우 크다. 특히 초전도 전력기기의 상용화를 위해서는 초전도도체 뿐만 아니라 냉각시스템의 안정성과 경제성이 확보되어야 하기 때문에 고온초전도 도체를 이용한 전력기기의 상용 가능성은 매우 높으며, 세계 각국에서 고온초전도를 이용한 전력기기 개발에 박차를 가하고 있다.

본 글에서는 과학기술부의 21세기 프론티어 연구개발사업인 “차세대 초전도응용 기술개발 사업”으로 진행 중인 초전도케이블, 초전도한류기, 초전도변압기, 초전도 모터 등 고온초전도 전력기기의 국내·외 개발 동향에 대하여 살펴보고자 한다.

2. 본론

초전도 관련 산업은 재료, 전기·전자, 기계 등 여러 분야의 기술이 집적되어야 성공을 거둘 수 있는 분야이다. 초전도 기술의 선두에 서 있는 미국, 일본 등은 이미 정부 주도하에 초전도 관련 기기들의 대부분을 포함하는 종합적인 연구개발 프로그램들을 진행하고 있으며, 미국의 SPI(Superconductivity Partnership with Industries) 프로그램과 일본의 Super-ACE(Superconductive AC Equipment) 프로그램, Sunshine 프로그램이 대표적인 예이다. 이 프로그램들은 에너지 효율 증대를 통한 이윤추구와 더불어 계속 확대될 초전도 시장을 선점하기 위한 목적으로, 정부, 관련 연구기관 및 개발된 기술을 사용하게 될 기업체들이 유기적으로 조화를 이루며 진행되고 있다.

2.1 고온초전도 전력케이블 개발 동향

고온초전도 도체를 이용한 전력케이블을 개발하고 있는 연구기관 및 국가는 미국에 상당히 편중되어 있다. 그러나 한국을 포함한 아시아권의 연구개발도 미국 못지않은 활발한 연구개발을 진행 중에 있다. 이 글에서는 미국, 일본, 한국을 중심으로 한 초전도 전력케이블의 개발동향을 간략하게 설명하도록 한다. 그림 1은 전 세계에서 진행 중에 있는 고온초전도 전력케이

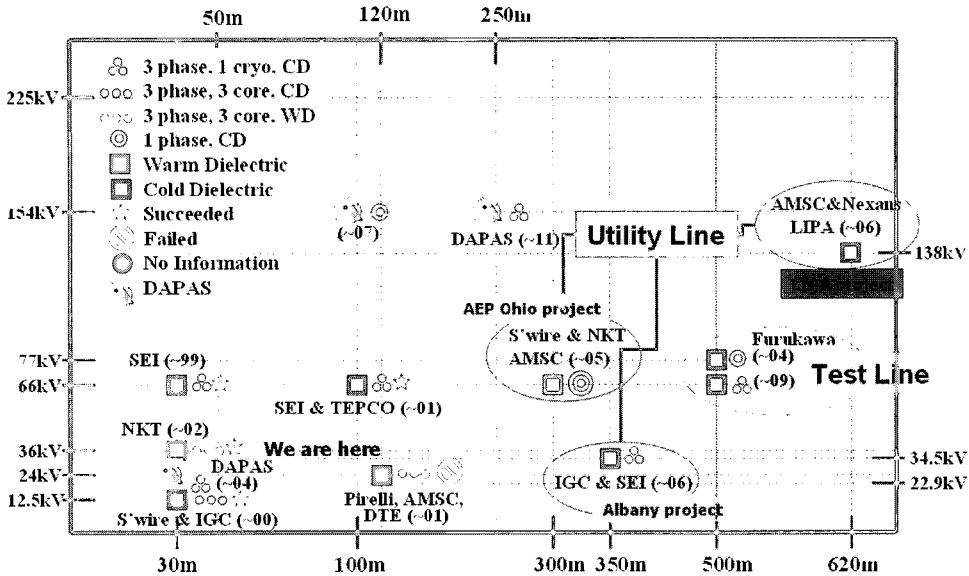
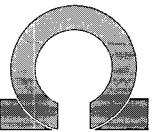


그림 1. 고온초전도 전력케이블 개발현황.

를 개발현황을 요약한 것이다.

2.1.1. 미국의 초전도 전력케이블 개발동향

미국에서는 Southwire Co.와 ORNL(Oak Ridge National Lab.)이 공동으로 2000년 2월부터 Carrollton의 공장 내에 12.5 kV, 1.25 kA, 3상으로 30m 시스템을 설치하여 공장 내의 전력공급용으로 2002년까지 성공적인 운전을 하였으며, Pirelli 그룹은 2002년 Frisbie

표 1. 미국 DOE SPI 프로그램에서 진행 중인 3대 초전도 전력케이블 프로젝트 요약.

| Install | Long Island Power Authority | Bixby Substation, Ohio | Albany, New York |
|----------|-----------------------------|------------------------|------------------|
| Period | 2002-2006 | 2003-2005 | 2003-2006 |
| Nation | France&USA | Denmark&USA | Japan&USA |
| Length | 620 m | 300 m | 350 m |
| Volt/Cur | 138 kV / 2.5 kA | 13.2 kV / 2.5 kA | 34.5 kV / 2.5 kA |
| FUND | Gov. | 15 M\$ | 4.33 M\$ |
| | Ind. | 15 M\$ | 4.32 M\$ |
| | Total | 30 M\$ | 8.65 M\$ |

변전소에 WD(warm Dielectric) 방식의 초전도케이블로서 24 kV급 120 m을 포설하였으나 케이블 cryostat의 진공문제로 포기하였다. 현재는 실계통 적용을 목표로한 3대 초전도 전력케이블 프로젝트가 진행 중에 있으며, 모두 미국 DOE의 지원을 받은 SPI 프로그램의 일환으로 진행 중에 있다. 이 프로젝트들은 LIPA Project, AEP Ohio Project, 및 Albany Project로서 이에 대한 요약 설명은 표 1과 같이 설명할 수 있다.

2.1.2 일본의 Super-ACE 초전도 전력케이블 연구개발 동향

일본 스미토모전공과 동경전력이 공동으로 개발한 100 m급 초전도 전력케이블 실증시험이 끝나고, 스미토모전공은 미국 Albany Project로 진출하였다. 이후, 일본 내에서는 Super-ACE Project를 중심으로 후루카와 전공에서 500 m급 단상 초전도 전력케이블을 개발 중에 있다. 그림 2는 CRIEPI에서 Test 중에 있는 500 m급 세계최장 초전도 전력케이블의 개념도이다.

모든 초전도 전력케이블 프로젝트의 목표가 동일하겠지만, Super-ACE의 초전도 전력케이블 프로젝트는 AC loss를 최소화시키는 것을 가장 큰 목표로 잡고 있다. 2009년까지의 목표는 통전전류 5 kA에 1 W/m

의 값을 그리고, 2004년까지는 3 kA에 1 W/m의 값을 목표로 잡고 있으며, 현재 2004년까지의 목표는 달성된 것으로 보고되고 있다.

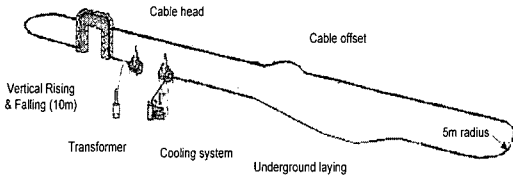


그림 2. 후루카와 전공에서 CRIEPI에서 Test 중인 500m급 초전도 전력케이블 개념도.

2.1.3 국내에서의 개발 동향

우리나라에서는 과학기술부의 21세기 프론티어 연구개발사업인 차세대 초전도 응용기술 개발사업의 세부과제로 22.9 kV, 50 MVA, 3상, 30 m 초전도케이블 시스템 개발을 한국전기연구원의 주관과 LG전선(주), 한국기계연구원이 공동연구로 2004년 6월까지 개발하였으며, 현재 154 kV의 송전급 초전도 전력케이블 개발을 진행하고 있다. 그림 3은 국내에서 개발된 22.9 kV, 50 MVA, 3상 30 m 초전도케이블 시스템, 케이블코아 및 냉각시스템 사진이다.

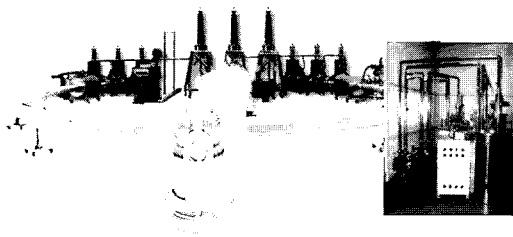


그림 3. 국내에서 개발된 고온초전도 케이블.

2.1.4 기타

중국은 InnoST와 InnoPower 공동으로 2004년 5월부터 운남전력의 Pujj 변전소에 35 kV, 30 m급 상온절연형의 초전도케이블의 운전을 시작하였다.

미국은 DOE가 주관하고 있는 SPI 프로그램, 일본은 NEDO가 주관하고 있는 Super-ACE 프로그램, 중

국은 과기부가 주관하는 863 프로그램을 통해서 국가적으로 초전도 전력케이블의 연구개발에 총력을 기울이고 있다. 또한, 미국 SPI 초전도 전력케이블 프로그램에는 프랑스의 Nexans사, 덴마크의 NKT사, 일본의 스미토모 전공이 공동으로 참여하고 있듯이 국제 공동연구개발이 활발하게 진행되고 있다.

2.2 초전도 한류기 개발 동향

초전도 한류기는 전기 회로에 사고 발생시 대단히 빠르게 임피던스를 발생시켜 고장전류를 제한한다. 여러 종류의 고온초전도체가 한류기용 도체로 활용되고 있는데, 도체의 종류에 따라 다양한 종류의 초전도 한류기가 제안 및 개발되고 있다.

1986년 고온 초전도체가 발견되면서 새로운 소자의 비선형적인 전압-전류 특성을 적용한 한류기의 개발 가능성이 대두되었으며, 이 시점부터 액체질소를 냉매로 사용하는 고온초전도 한류기 개발이 본격적으로 시작되었다. 현재는 그림 4와 세계 우수 전력기기 메이커에서도 경쟁적으로 초전도 한류기 개발에 뛰어들고 있으며 국내에서도 초전도 한류기 개발을 위한 연구가 활발히 진행되고 있어, 향후 10년 내에 전력계통에 실 적용 가능한 한류기 개발이 이루어지리라 예상하고 있다.

2.2.1 유도형 한류기 개발 동향

유도형 고온초전도 한류기는 다양한 형태의 모델이 개발되고 있으며, 그 중 대표적인 것으로 자기차폐형 한류기와 DC reactor형 한류기를 들 수 있다. 자기차폐형 한류기는 가장 구조가 간단하며 기술적 접근이 쉬워 고온초전도 응용기술의 초기부터 꾸준히 연구되어 오고 있다. 대표적인 개발 사례로는 1997년 스위스의 ABB사에서 10.5 kV급(1.2 MVA)을 개발하여 자체 보유중인 수력발전소와 연계하여 그 성능을 테스트하여 상용화 가능성을 입증한 것이 있다. 그림 5는 이 한류기의 사진이다.

DC reactor형 한류기는 사고시에도 초전도체에 Quench가 발생하지 않을 수 있고, 초전도체에 직류전류만 흐르기 때문에 교류손실이 없는 등의 장점을 갖는다. 뿐만 아니라, 송배전급의 실계통에 직접 투입할 수 있는 대용량급 한류기의 개발가능성이 높아서 현재 세계적으로 많은 연구가 진행되고 있다. 미국의 General Atomics사와 LANL은 에너지성(DOE)의 지

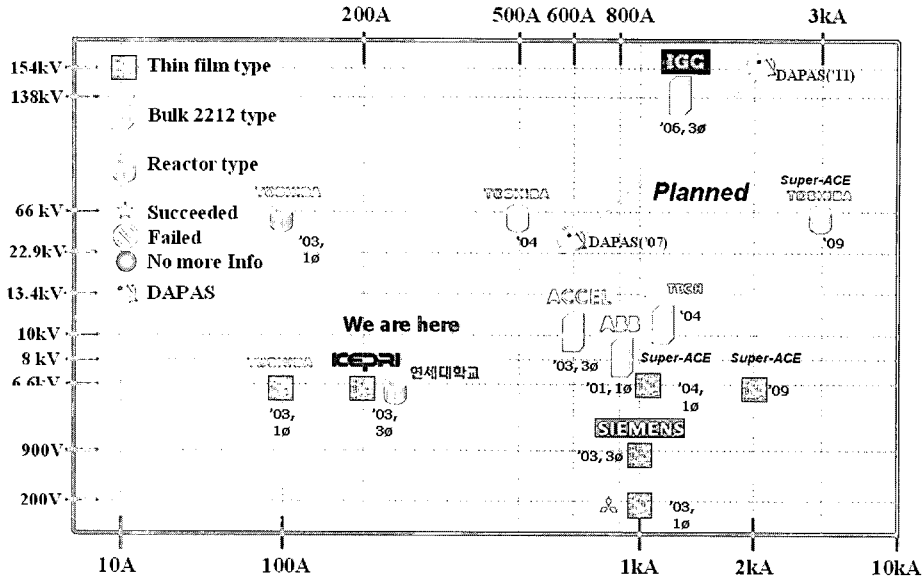


그림 4. 고온초전도 한류기의 개발 현황.

원 하에 SPI 프로그램의 일환으로 한류기를 개발하였으며, 1993년부터 1999년까지 1단계 연구가 끝난 상태이다. 그 결과로 1999년 3상 12.5 kV / 1200 A급 한류기를 제작하여 단상에서의 Field Test를 성공적으로 마친 바 있다. 현재 3상 전체 시스템의 시험을 준비 중이다. 특히 이 한류기는 임계전류가 2 kA 이상의 대형 고온초전도 솔레노이드 마그넷을 DC Reactor로 이용하고 있으며 냉각시스템은 전도냉각 방식으로 운전 온도는 40 K이다. 그림 6은 미국에서 개발된 12.5 kV급 한류기의 모습이다.

일본의 경우 동경전력회사(TEPCO)와 도시바(Toshiba)가 현재 DC Reactor형 고온초전도 한류기를

개발 중이며 2000년에 단상 6.6 kV급 초전도한류기의 실험을 완료하였다. 현재는 Super-ACE 프로젝트로 2004년까지 66 kV / 750 A급 3상 초전도한류기를 개발 중이다. 일본에서 개발되고 있는 DC Reactor형 한류기의 특징은 3상의 경우 각 상에 초전도 코일 각각 설치하여 3개를 설치하는 것이 아니라, 3상 변압기를 이용하여 DC Reactor 초전도 코일을 한 개만 사용하는 것이다. 그림 7은 도시바와 동경전력이 개발하는 고온초전도 한류기용 DC Reactor이며 65K의 과냉각 질소온도에서 운전되며, 역시 솔레노이드 코일이 사용되었다.

국내에서의 유도형 고온초전도 한류기 개발은 차

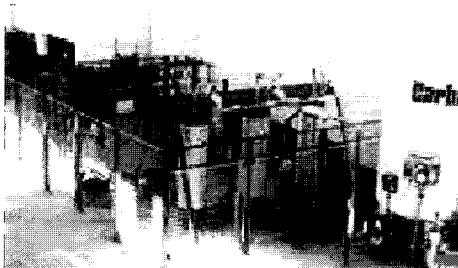


그림 5. 스위스 ABB에서 개발한 10.5 kV급 자기차폐형 고온초전도 한류기.



그림 6. 미국 GA와 LANL에서 개발한 12.5 kV / 2 kA급의 DC reactor형 고온초전도 한류기.

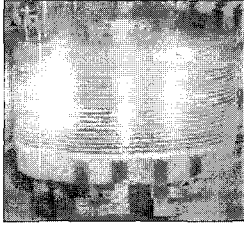


그림 7. 도시바와 동경전력에서 개발 중인 66 kV DC reactor형 고온초전도 한류기용 DC reactor.

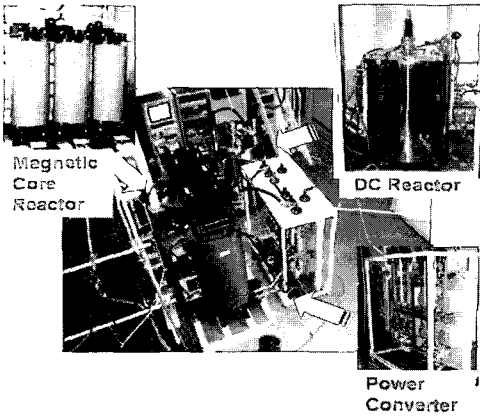


그림 8. 6.6 kV / 200 A DC reactor 한류기.

세대 초전도응용기술 개발사업의 일환으로 진행 중이며, 1단계 2004년 7월까지 6.6 kV / 200 A급 한류기 개발, 2단계 2007년까지 22.9kV / 630A급, 마지막 3단계 2011년까지는 154 kV / 2kA급 유도형 고온초전도 한류기 개발이 목표이다. 그림 8은 2004년 국내에서 개발된 6.6 kV / 200 A급 유도형 한류기의 사진이다.

2.2.2 저항형 한류기 개발 동향

저항형 한류기는 사고감지- 스위치 - 한류소자가 모두 초전도체내에서 이루어진다.

초전도 한류기를 회로 내에 삽입. 최대 부하전류를 I 라 하면, 한류기는 2I 또는 3I 의 임계전류를 갖게 설계되어, 단락사고 시 고장전류가 초전도체를 흐르게 되면 초전도상태에서 저항성 상태로 상태변이가 일어나고 회로저항 R이 나타나게 되어 고장전류를 원하는 만큼 한류하게 된다. 저항상태의 초전도체는 크리거 코일로서도 사용가능하여, 고장 전류를 저항이나

표 2. 저항형 초전도 한류기 개발 현황.

| 개발자 | 국가 | 실적 | 재료 |
|---------------|-------------|---|-----------------------------|
| Siemens | Germany | 100 kVA('97) 1 MVA('00) | YBCO film |
| ACCEL | Germany | 13.6 MVA('02) | BSCCO2212 bulk YBCO bulk |
| Schneider | France | 400 kVA('00) 17 MVA('02) | YBCO bulk |
| Alcatel | France | 400 kVA('01) | BSCCO2212 bulk YBCO film |
| EA Technology | UK | 800 kVA('99) | YBCO bulk |
| ABB | Switzerland | 1.6 MVA('00) 6.4 MVA('01) | BSCCO2212 bulk |
| LGIS KEPCO | Korea | 1.3 MVA('03) 15 MVA('06) 300 MVA('10) | YBCO film |

인덕터를 통해 흐르게 할 수 있다.

초전도 저항형 한류기의 가장 큰 특징은 구조가 간단하며, 유도형에 비해 무게 및 비용 면에서 유리하지만 한류작용 시 열점(hot Spot) 발생 문제, 초전도체 제작 기술이 뒷받침돼야 하는 문제가 있으나, 이는 향후 기술적으로 해결 가능하리라 생각된다. 표 2는 저항형

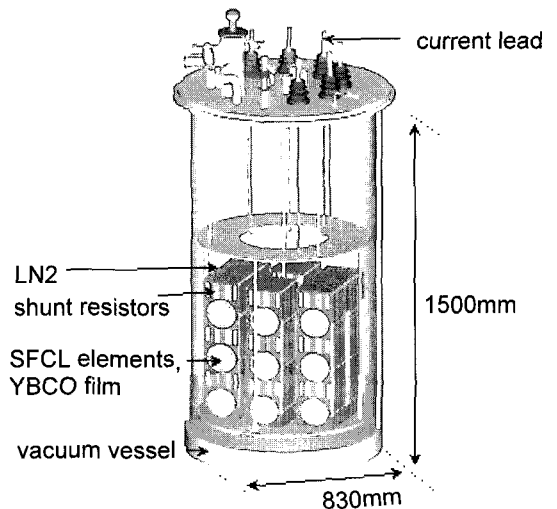


그림 9. 3.8 kV / 200 A 단상 한류기 모듈 회로도 및 조립된 모습.

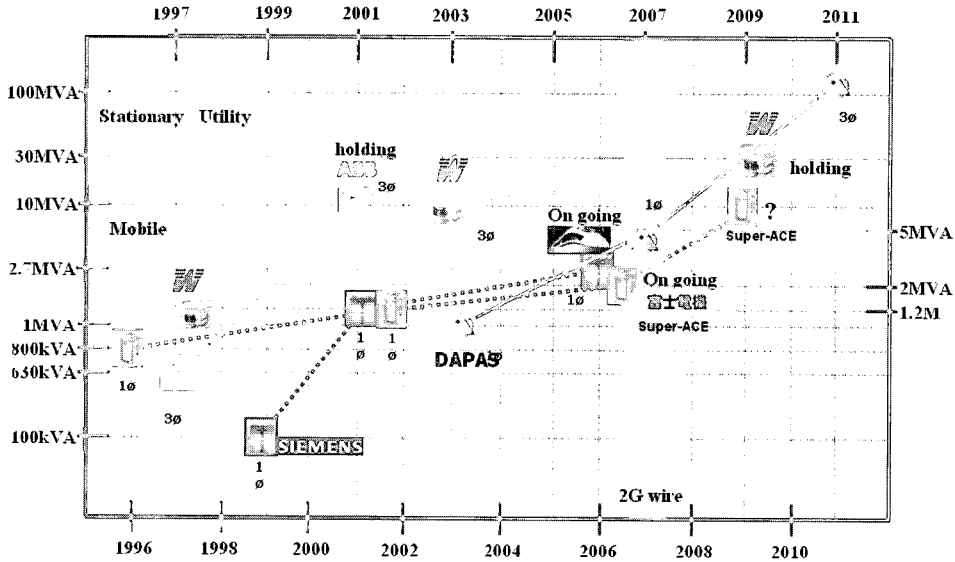


그림 10. 고온초전도 변압기의 개발 현황.

한류기 개발 현황을 요약한 것이다. 그림 9는 현재 국내에서 개발된 200 A급 저장형 한류기의 모습이다.

2.3 고온초전도 변압기 개발동향

2.3.1 외국의 개발 동향

그림 10은 고온초전도 변압기의 개발 동향을 요약한 것이다. 미국은 SPI 프로젝트의 일환으로 수행되고 있으며 세 개의 업체와 두 개의 연구소가 팀을 이루어 연구를 수행하고 있다.

Waukesha Electric Systems가 주관하며 IGC (Intermagetics General Corporation)는 고온초전도 도체를 공급하고 있으며, ORNL(Oak Ridge National Lab)과 Rensselaer Polytechnic Institute 등의 연구소 등이 참여하고 있으며, 개발된 초전도 변압기를 설치·사용하게 될 업체로서 Rochester Gas & Electric Corporation이 참여하고 있다. 이와 같은 팀 구성을 통해서 연구의 결과가 실제 산업에 그대로 연결되도록 하고 있음을 알 수 있다. 또한 미국의 에너지성(DOE)과 Waukesha에서 수행한 경제성 평가 결과에 의하면 30 MVA급 이상의 고온초전도 변압기는 경제성이 있다고 결론이 남으로써 그동안 MVA급 변압기를 제작해서 고온초전도 변압기의 제작 가능성을 확인했으므로 현재는 상업운전이 가능한 대용량화에

주력하고 있다.

그림 11은 미국 Waukesha에서 개발한 1 MVA 고온초전도 변압기이다. 단상 13.8 kV / 6.9 kV의 정격전압을 가지며, 동작온도는 20-30 K이다. 최종 목표는 30 MVA, 138 kV급 초전도변압기를 개발하는 것이다. 2 단계에서는 용량을 증가시켜 26.4 kV / 4.16 kV, 5/10 MVA 급을 개발하고 있다.

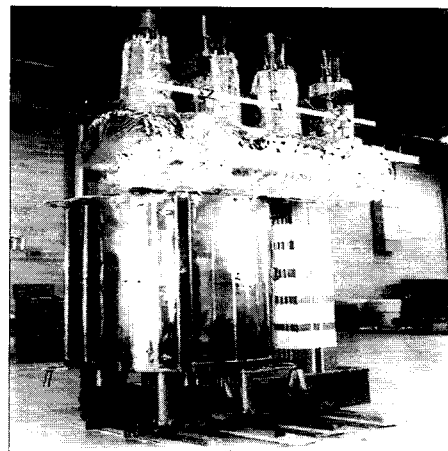


그림 11. Waukesha에서 개발한 1 MVA 고온초전도변압기.

일본의 경우, 1996년 Kyushu대학, Fuji 전기, Sumitomo, KEPCO(Kyushu Electric Power Co.) 등이 참여하여 500 kVA, 단상, 6.6 kV / 3.3 kV 고온초전도 변압기를 세계 최초로 개발하였다(그림 12). 고온 초전도 선재를 액체 질소 온도인 77K로 냉각함으로써 현재의 고온초전도 선재로서도 경제성이 있는 고온초전도 변압기 제작이 가능하다는 것을 확인하였다. 일본의 대학, 변압기 제작사, 고온초전도 도체 제작사 및 전력회사가 공동으로 참여해서 고온초전도 변압기를 개발했고 이와 같은 개발방식이 이후 일본뿐만 아니라 외국의 고온초전도 변압기 개발 모델이 되었다.

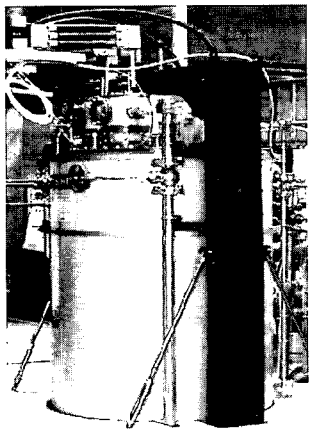


그림 12. 일본 Kyushu대에서 개발한 1 MVA급 단상 고온초전도 변압기.

2000년에는 일본 Kyushu대학, Fuji, KEPCO 등 500 kVA 고온초전도 변압기를 개발한 연구진이 두 번째로 22.9 kV / 6.9 kV, 1 MVA 고온초전도 변압기를 개발하였다. 이 변압기는 Kyushu전력의 실제 선로에서 실부하 시험을 거쳤고 과전압시험, 돌입전류 시험 등을 통해서 고온초전도 변압기의 안정성을 확인하였다. 또한 전력용 변압기와는 별도로, 철도차량용 초전도 변압기에 대한 연구가 Railway Technical Research Institute 중심으로 진행 중이다. 현재 이에 대한 설계를 마친 상태이며, 4 MVA, 25 kV급 제작을 목표로 하고 있다.

유럽에서는 1997년, ABB, EDF, ASC가 공동으로

630 kVA, 3상, 18.7 kV / 420 V 급 변압기를 개발하여 스위스의 Geneva에 위치한 변전소에서 1년 동안 실부하 시험을 완료하였다. 그림 13에 나와 있는 이 변압기는 실부하 시험을 완료한 최초의 변압기로서 시험 기간 동안 신뢰성 있게 동작하였으며, 이를 통해서 고온초전도 변압기의 신뢰성과 안정성을 확인하였다. 이와는 별도로 독일의 Siemens 사는 100 kVA, 5.5 kV / 1.1 kV 급 초전도 변압기를 개발하였다. 이전에 개발된 고온초전도 변압기가 모두 전력용 변압기인 데에 비해서 이 변압기는 독일의 고속전철인 ICE에 탑재를 목표로 개발된 고속전철용 변압기이다. 현재는 1 MVA, 25 kV급 초전도 변압기를 개발하여 시험 중이다. 다른 초전도 변압기와 다른 점은 변압기 철심까지 모두 냉각하는 구조로 되어 있으며, 일반적으로 5% 내외인 내부임피던스가 25% 정도로 상당히 높다는 점이다.



그림 13. 스위스 ABB 사의 630 kVA 3상 고온초전도 변압기.

2.3.2 국내의 개발 동향

국내의 고온초전도 변압기 연구는 1998년부터 연구를 시작하여 실험실 규모의 고온초전도 변압기를 제작하였고, 각종 요소기술 및 기본 특성을 확인하였다. 저온초전도 변압기 연구는 1992년 서울대학교에서 5 kVA, 220/110 V 단상 저온초전도 변압기 개발에 성공하였고, 최대 8 kVA 용량의 부하에 전력을 공급할 수 있었다. 1993년도에는 한국전기연구원에서 5 kVA급 단상 저온초전도 변압기를 개발하였으며, 1998년에 기초전력공학공동연구소에서는 3상 100 kVA, 440 V / 220 V 변압기를 개발하였다.

1999년 서울대학교와, 순천향대학교이 3kVA,



220V/110V, 단상 고온초전도변압기를 최초로 개발하였다. 이어서 2000년에는 10 kVA, 440 V / 220V, 단상 초전도변압기, 2001년에는 10 kVA, 440 V / 220 V, 3상 변압기를 개발하여 고온초전도변압기 요소기술을 확보하였다(그림 14). 이를 바탕으로 현재는 21C 프론티어 사업의 일환으로 한국산업기술대학교, 효성중공업, CVE, 순천향대학교, 서울대학교 등이 공동으로 2004년 1 MVA, 22.9 kV / 6.6 kV 고온초전도변압기 개발을 진행 하였다(그림 15).

고온초전도 변압기에서 해결되어야 할 가장 중요한 과제는 역시 선재의 전류 밀도 향상이다. 그리고 선재의 가격도 현재로서는 상용화가 어려울 정도로 비싼 면이 있지만 일단 실용화에 성공하여 대량 생산이 가능하게 되면 이 점도 해결될 것으로 전망된다.

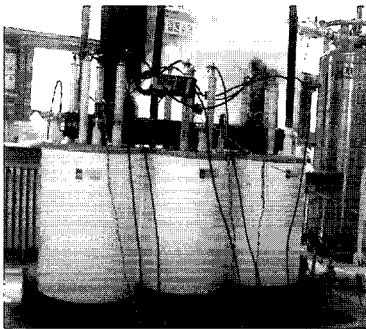


그림 14. 국내에서 개발된 10 kVA, 440 V / 220 V, 3상 고온초전도 변압기.

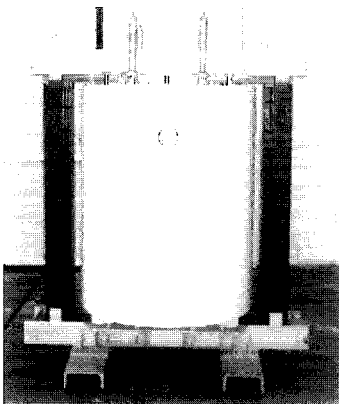


그림 15. 21C 프론티어 사업으로 개발된 1 MVA급 고온초전도 변압기.

이와 같은 선재 개발의 어려움 때문에 고온 초전도 변압기를 개발한 예는 그리 많지 않다. 그러나 국내에서는 87년부터 10년간 주로 고온 초전도 재료 개발에 연구가 집중되었고, 이 분야의 연구 수준은 외국과의 격차가 없는 상황이다.

2.4 고온초전도 모터의 개발 동향

2.4.1 국외 기술현황

미국은 이 분야에서 가장 활발한 연구를 진행 중이며, 세계 최고의 기술을 보유하고 있다. 1990년대 중반에 Bi계열의 고온초전도선재를 이용하여 소형의 직류 모터를 제작 시연하는 것으로 시작하여, 1996년에는 Bi-2223 도체를 이용한 200마력급의 동기모터(Synchronous Motor)를 개발하였다. 그 후 AMSC(American Superconductor Corporation)와 같은 초전도 전문 기업이 주도하여 1000마력, 5000마력의 고온초전도모터를 개발에 성공하였다. 더 나아가 2002년 2월에 미해군의 ONR(Office of Navy Research)로부터 선박에 장착할 230 rpm, 5 MW의 고온초전도모터를 8백만 달러에 공급하는 계약을 체결하여, 2003년에 영국 ALSTOM사와 같이 성능평가를 마치고 미해군에 납품한 상태이다. 또한 같은 시기에 미해군으로부터 차세대 해군 군함에 장착할 36.5 MW의 고온초전도모터를 개발하기 위한 7천만 달러의 계약을 체결하여 1차 설계를 마친 상태이다

그리고, 구조적으로 동일한 초전도발전기 개발은 GE를 주축으로 DOE의 지원을 받아 100 MVA급 기준발전기의 회전자 대체용으로 개발이 진행 중이며, 모델기로서 15 MVA급은 성공적인 시험을 마쳤다. 미

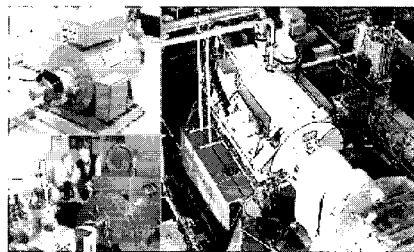


그림 17. 5000마력 산업용 모터(좌상, AMSC), 400 kW 고온초전도 모터(좌하, SIMENS) ALSTOM Power Conversion에서 시험 중인 5 MW 고온초전도 모터(우, AMSC).

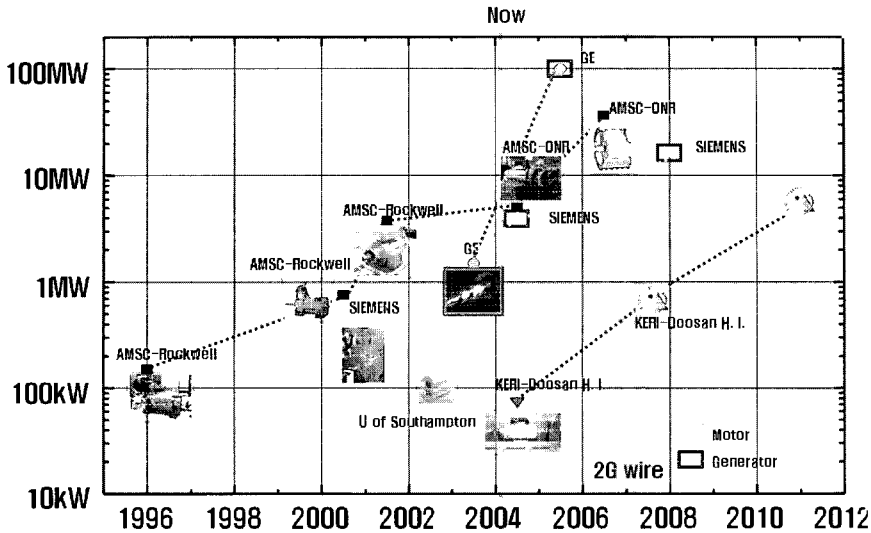


그림 16. 고온초전도 모터 개발 현황.

국의 NASA와 DOD의 지원으로 조지아 공대 (Georgia Institute of Technology) 등이 2003년부터 항공기용 고온초전도 모터 개발을 검토 중이며, 2004년 말에 개념설계가 완료될 예정이다.

유럽에서는 SIEMENS가 독일 정부의 BMBF (Ministry for Education and Research, 교육연구부)로부터 지원을 받아 2001년 400 kW 고온초전도 모터를 성공적으로 개발하였고, 현재는 독립된 전력시스템인 선박 내에서 사용할 4 MW 초전도 동기 발전기 개발을 진행 중이다. 4 MW급 개발을 거쳐 2008년 최종적으로 16 MW급 개발을 목표로 하고 있다.

영국의 Southampton 대학에서 기존 동기발전기의 고정자를 사용하고 회전자만 초전도화한 100 kVA급 3000 rpm 동기발전기 설제를 마치고 현재 단품을 제작하고 있는 중이다.

2.4.2 국내 기술현황

우리나라에서는 한국전기연구원이 두산중공업(주)과 공동으로 과학기술부의 21세기 프론티어연구 개발사업의 일환으로 수행중인 “차세대초전도응용기술개발사업”의 지원을 받아 100마력, 1800 rpm 고온초전도 모터를 개발하였으며 그림 18은 개발된 고온초전도 모터 사진이다.

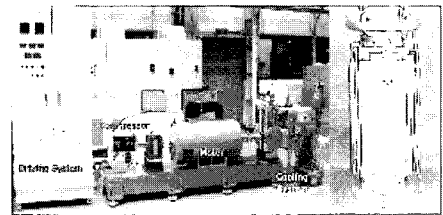
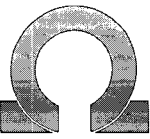


그림 18. 국내에서 개발한 100마력 고온초전도 모터(좌)와 초전도 계자권선(우)

3. 결론

이상으로 21세기 프론티어 연구개발사업인 “차세대 초전도응용 기술개발 사업”으로 진행 중인 고온초전도 전력기기를 중심으로의 개발 동향을 검토한 결과 현재 세계 각국에서는 초전도 전력기기의 개발뿐만 아니라 조기 상용화를 위하여 장기 평가시험 등 신뢰성 확보에 많은 시간과 노력을 기울이고 있다. 이와 같이 초전도 전력기기는 더 이상 미래기술이 아닌 실용 기술로서 사회의 발전에 따라 예상되는 기술적 문제, 환경, 사회 문제 등을 해결할 수 있는 기술이다.

상기에서 설명한 초전도케이블, 한류기, 초전도변



압기, 초전도 모터 등의 기기 이외에 SMES, 플라이휠, 발전기 등 여러 초전도기기 개발이 세계 각국에서 이루어지고 있어 여러 분야에서의 초전도기기의 실용화가 이루어 질 것이다.

참고 문헌

- [1] 조전욱, 성기철, “고온초전도 전력케이블의 기술동향”, 전기학회지, 제47권, 6호, 24~28, 1998.
- [2] Superconductivity Communications, Vol. 11, No. 1, Feb, 2002.
- [3] LANL, http://www.lanl.gov/orgs/mst/stc/power_FCL.shtml
- [4] 박권배, et al., “자기장이 인가된 YBCO 박막형 한류기의 퀵치 특성”, 한국초전도 저온공학회 2002년도 학술대회 논문집, p. 365, 2002.
- [5] B. W. McConnel, “Transformers-a successful application of high temperature superconductors,” IEEE Trans. on Applied Superconductivity, Vol. 10, No. 1, p. 716, March 2000.

· 저 · 자 · 약 · 력 ·

성명 : 조전욱

◆ 학력

- 1983년 한양대 전기공학과 공학사
- 1985년 한양대 대학원 전기공학과 공학석사
- 2001년 연세대 대학원 전기전자공학과 공학박사

◆ 경력

- 1984년 - 1990년 LG전선(주) 기술연구소 주임연구원
- 1990년 - 현재 한국전기연구원 초전도응용연구그룹 기술팀장

