

초전도 전력기술의 타당성 및 평가

현 옥 배

한전 전력연구원 전력계통연구실

전력시스템의 효율 향상은 전력기기의 성능 향상과 더불어 운용기술의 발전에 기인한다. 구리를 도체로 하는 현재의 전력기기는 그 개발이 거의 완성단계에 있어 개선의 여지가 별로 없는 것으로 알려지고 있다. 한편, 컴퓨터, 통신 등의 발달에 맞추어 전력시스템 운용기술은 크게 향상되고 있다. 국내 대학, 연구소, 기업의 연구개발 노력도 주로 운용기술의 개발에 집중되어 있다.

이렇게 운용기술 개발과 병행하여 다른 중요한 부분인 전력기기에 있어 새로운 패러다임을 제시하는 것이 초전도 기술이다. 구리 등의 상전도 도체와는 달리 초전도체는 일정 상태에서 저항이 0 (zero)이다. 이 결과 구리보다 수십배나 큰 고전류밀도 통전이 저항제로 (혹은 거의 제로)로 가능하다. 이에 따라 에너지를 절약하고 전력기기를 소형화할 수 있게 되었다. 더하여, 저온 운용 및 저임피던스로 전력시스템의 안정 및 신뢰성을 크게 향상시킨다. 그리고 고자장 코일(자석)이 만들어져 MRI 등에서 상용화되어 있으며, 자기분리 등 대규모 산업응용이 기대되고 있다. 또한 완전반자성에 의한 자기부상은 플라이휠 에너지저장장치(SFES), 자기부상 열차 등을 통하여 우리주변에 다가서고 있다.

현재 액체 헬륨(비등점 4 K = -269 °C)을 냉매로 쓰는 저온초전도체 기기는 고자장 자석, MRI에서처럼 상용화되어 있다. 그러나 높은 운용경비 등의 문제로 전력기기에는 상용화되어있지 않다. 1987년 고온초전도체의 발견 이후 값이 싼 액체질소(비등점 77 K = -196 °C)를 냉매로 하는 초전도 기기 개발이 시작되었다. 현재 고온초전도 전력기기에 대한 세계 연구개발 동향을 보면, ABB가 630 kVA 변압기를 연구소 전원으로 실계통 시험을 (1997), GA의 20 kV급 한류기는 Southern Cal. Edison 계통에서 현장시험을 (1999), 일본 통산성 프로젝트

Super-GM이 70 MVA급 발전기를 일본 관서(Osaka 지역) 전력에서 시험을 마쳤다 (1999). 또한, 미국 Detroit Edison사는 고온초전도 케이블 (24 kV, 100 MVA)을 변전소내에 금년중 설치하고 현장시험을 시작한다. 이렇게 세계는 고온초전도 전력기기의 prototype 제작, 현장 시험 등 기술적 검토를 끝낸 상태에서 현재는 상용화급을 개발하고 있으며, cost down을 위한 기술개발을 진행하고 있다.

초전도 전력기기는 냉각설비라는 부가적인 장치 등으로 인하여 소형기기 보다는 일정 이상의 중대형기기에서 경쟁력을 갖는다. 예로서, 고온초전도 변압기는 30 MVA급부터 (국내 154 kV 변압기 평균용량은 약 60 MVA) 경제적으로 이득이 있다. 초전도 케이블은 0.5 GVA 이상, 한류기는 배전급, 특히 송전급에서 경쟁력이 있다. 이러한 경쟁력 하한선은 선재개발 등의 기술 진보와 더불어 낮아지는 경향이 있다. 또한, 초전도 전력기기는 기존 기술로 대체하기 힘든 분야부터 적용될 것이다. 한류기가 그렇고, 관로 증설 문제로 케이블이, 에너지 저장에서 SFES가 그렇다.

이렇게 다양한 전력기기를 활용하기에는 해결되어야 할 주변기술도 적지 않은 바, 우선 운용상에 신뢰성이 확보되어 있어야 한다. 신뢰성에 가장 민감한 주변 기술로서 냉각기술이 있다. 고온초전도 전력기기 동작 온도인 40 K ~ 80 K 사이에서 전력기기의 수명인 20년 이상 고장 없이 운전하는 것이 관건이다. 현재 독일 등은 냉동기에서 3년 이상의 무보수 운전기술을 증명하였으나, 이를 국산화하고 범용기술로 변환시키는 과제가 남아있다. 현실적으로는 대개의 전력기기도 2 ~ 3년여의 주기로 정비 기회가 있으므로 냉동기를 3년 이상 무보수 운전할 수 있는 기술개발이 필요하다 하겠다.

국내의 초전도 전력기기 연구개발도 어느 정도의 기반을 갖춘 것이 사실이다. 그럼에도 아직 전력기술이 얼마나 현 국내 사업에 기여할 수 있는지에 대한 구체적인 조사는 빈약하다. 동 기기의 연구개발에 대규모 투자가 필요하다고 할 때, 또한 21세기 프론티어 사업 등으로 초전도 기술에 대규모 투자가 이루어질 것으로 보이는 시점에서, 이에 맞추어 국내 산업의 구조, 시장규모 및 대체기기와의 비교 등 타당성 조사와 평가는 물론 개발기술의 기업화 방안, 기업의 참여 정도 등에 대한 조사는 반드시 선행되어야 할 것이다.

이를 위하여 2000년 12월 8일 전력연구원 주최로 초전도 전력기술의 타당성 및 평가를 주제로 하여 논의의 장이 있었다. 초청 강연으로 미국 Argonne National Laboratory의 Dr. John Hull이 "Current Status of HTS Technology in USA"에 대해 발표하였다. 그리고 초전도 전력기술의 동향과 기술개발 전략(전력연구원 김정부, 전력계통연구실장)을 비롯하여, 서울지역에서 초전도 케이블의 타당성 조사(전기연구원 성기철 팀장)에 이어 국내 전력계통보호의 문제점과 초전도 한류기의 필요성(대화기술단 이강완 소장)이 발표되었다. 이어서 초전도 플라이휠 에너지저장장치의 타당성(전력연구원의 성태현 박사), 초전도 선재개발과 기업화 방안(기계연구원 유재무 박사), 그리고 KSTAR의 자석계통 연구 소개 및 초전도 전력기기의 경제성에 대한 자체 분석 제시(삼성종합기술원 김기만 박사)가 있었다. 본 기사는 이러한 발표를 바탕으로 한 것인바, 동 분야에의 연구조사가 미흡한 것이 사실이나, 이 문제에 대한 논의의 시작이라는 면에서 큰 의의가 있다 하겠다.

저자이력



현옥배 (玄鉦培)

1953년 2월 11일생, 1976년 연세대 물리학과 졸업, 1987년 Iowa State Univ. 대학원 물리학과 졸업(이학 박사), 현재 한전 전력연구원 전력계통연구실