

초전도 한류기의 기술동향

최효상 (조선대학교 전기공학과 교수)

조용선 · 정병익 (조선대학교)

1 서론

국내의 전력계통은 송전선로가 짧은 대신 수요증가에 따른 지속적인 설비 증설로 인해 사고 시 고장전류가 높아지는 문제를 안고 있다. 이러한 문제 때문에 한국전력공사는 사고 시의 과도전류에 대비해 차단기를 설치하고 있지만 설비가 늘어나면서 차단용량이 고장전류의 크기에 못 미치는 차단기가 증가하는 추세다. 이에 따라 기존 차단기의 용량을 높이거나 새 제품으로 교체하는 방안을 생각해 볼 수 있지만 이는 기술적·경제적으로 상당한 부담을 준다. 또 다른 대안으로 모션분리 방식을 채택, 154[kV] 계통에 적용하고 있지만 이마저도 인접계통에 대한 과부하, 전압 변동심화, 전력계통 안정도 저하 등의 부작용을 낳고 있으며, 345[kV] 계통의 경우는 부분적으로 모션분리를 시행하면서 공심 리액터를 설치하고 있는 실정이다. 초전도 한류기는 이 같은 문제를 해결할 수 있는 보호기기로, 새로운 개념의 고장전류 제한방안을 제시하는 기술로 평가받고 있다. 이 초전도 한류기는 수 [msec]이내의 짧은 시간에 고장전류를 제한함으로써 기존 보호기기와 연계하여 계통 운영의 신뢰도를 높이고 유연한 운영을 가능하게 한다.

2. 초전도 한류기의 개발 현황

2.1 초전도 한류기의 개요

초전도 한류기는 전력계통 내의 사고 발생시 고장전류를 사고초기부터 제한하는 성능을 가진 고장전류 제한기로서 다양한 형태로 개발되어 왔다. 낙뢰나 지락, 단락과 같은 사고로 인해 선로에 과도전류가 흐르게 되면 0.1[msec] 이내에 감지하여 수[msec] 이내에 사고전류를 제한하여 정전 사태와 같은 대형 사고를 방지하고, 계통에 연계된 주변 전력기기로의 사고파급을 감소시킬 수 있다.

2.2 초전도 한류기의 원리 및 특징

초전도 한류기에 사용되는 초전도 소자는 임계온도(섭씨-196도)이하에서는 정상 전류가 흐를 때 초전도 상태를 유지하면서 아무런 손실 없이 동작하게 된다. 하지만 초전도 소자의 임계전류 값 이상의 큰 사고 전류가 흐르게 되면 초전도 성질을 잃게(퀵치) 되어 임피던스가 발생하게 된다. 이 때 급속히 증가하는 임피던스에 의해 사고전류를 제한하는 것이다.

초전도 한류기가 갖는 차별화된 특성을 살펴보면 다음과 같다.

- 정상운전 시에는 임피던스가 없이 동작하여 선

로에 아무런 손실을 주지 않는다. 하지만 사고 시에는 일정 크기의 임피던스가 발생하여 사고 전류를 제한해 준다.

- 사고발생 후 임계전류 값 이상의 사고 전류가 흐르게 되면 초전도 소자가 켄치되고, 사고발생 1/4주기 이내에 사고전류를 제한하게 된다. 이것은 계통내의 주변기기에 미치는 영향을 최소화하여 피해의 파급을 최소화 할 수 있다.
- 사고전류 제한 역할을 끝낸 후 0.5초 이내에 다시 초전도 상태로 회복하는 성질이 있다.
- 전체적인 원리 및 구조가 간단하고 기존 기기의 교체 없이도 적용이 가능하다.

2.3 국내 기술 동향

국내의 초전도 한류기 개발은 선진국보다 늦게 시작되었지만, 짧은 시간 내에 큰 성과를 거두었다. 2001년 과학기술부 '21세기 프론티어연구개발사업' 중 하나인 '차세대초전도응용기술개발사업'으로 다양한 종류의 초전도 한류기가 개발되었고, 현재도 대용량을 목표로 개발 중이다. 다음은 사례별로 개발 성과를 살펴보도록 하겠다.

(1) 전력연구원/LS산전

전력연구원과 LS산전은 교육과학기술부 21세기 프론티어연구개발사업의 1단계 과제로 6.6[kV]/200[A]급 3상 저항형 초전도한류기를 개발하였고, 단락시험을 통해 사고전류를 1[msec] 이내로 고속 한류함을 입증하였다. 이와 같은 결과를 바탕으로 2 단계 과제의 성과인 22.9[kV]/630[A]급 하이브리드 초전도한류기를 개발하였다. 이것은 초전도 소자와 상전도 소자를 결합함으로써 고가의 초전도 소자 사용량을 획기적으로 줄임으로써 경제성을 확보했다. 이 하이브리드 초전도한류기는 한국이 원천기술을 갖고 있으며, 경제성에서 세계 어느 모델보다도 탁월하

므로 세계적으로 조기 상용화가 가능할 것으로 보인다. 현재는 대용량 22.9[kV]/3[kA]급 한류기의 개발을 목표로 연구 중에 있다.

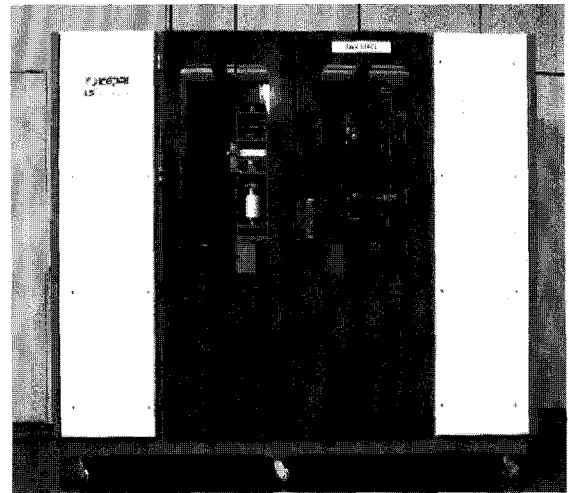
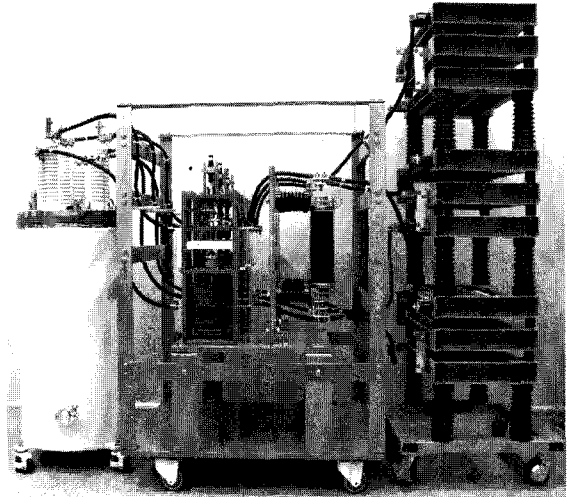


그림 1. 3상 22.9[kV]/630[A]급 선로변경식 하이브리드 초전도 한류기

(2) 연세대학교/현대 중공업

연세대학교는 21세기 프론티어 사업의 1단계 과제로 2004년 6.6[kV]/200[A]급 3상 정류형 초전도 한류기를 개발 완료하였다. 2007년도엔 연세대학교

기술개발

와 현대중공업(주)이 2단계 연구로서 13.2(kV)/630(A)급 무유도 권선형 한류기를 연구하여 개발 성공하였다.

(3) 조선대학교

조선대학교는 저항형 모델의 다변화를 통하여 10(kVA)급 매트릭스형, 10(kVA)급 자속구속형, 변압기형 등의 초전도 한류기 모델을 고안하였다. 구조의 변화에 따른 사고전류 제한특성에 차이를 확인하는 특성 실험을 현재도 진행 중이다.

2.4 국외 기술 동향

(1) 미국

미국은 에너지성(DOE)의 지원을 받아 2007년부터 AMSC-Siemens팀이 115(kV)급의 3상 초전도 한류기 개발 및 실계통 시험 연구를 추진하는 등 3개 팀이 프로젝트를 진행 중이며, 현재 7.5(kV)/300(A)(2.25(MVA))급 한류기의 제작시험을 완료한 상태이다.

SuperPower condortium은 138(kV)급 3상 초전도 한류기 개발 및 실증시험을 수행하는 과제에 착수하였고, 2008년에 단상을 2010년에 3상을 제작하고 시험 후 완성하여 American Electric Power의 Tidd 변전소에 설치 시험할 예정이다.

(2) 일본

일본은 한 때 66(kV)급 정류형 한류기를 개발했지만 현재는 중단했고, 저항형으로 방향을 선회, 6.6(kV)급을 개발했으며, 배전급 한류기 개발을 진행하고 있다. 6.6(kV)급의 개발이 끝나면 66(kV)급의 개발에 착수할 계획에 있다.

(3) 독일

독일은 초전도한류기 개발에서 기술개발 단계가 가장 앞서 있다. CURL10 project로 2003년말에 10(kV)/800 [A]급 3상 저항형 초전도한류기를 개발하였다. 이 한류기를 RWE 계통의 변전소에 모선 연계용으로 설치하였고, 2004년 4월부터 2005년 3월까지 1년간 실계통에 설치 및 시험을 성공적으로 완수했다. 10(kV)급 개발 및 실계통 설치 시험을 바탕으로 하여 110(kV)/1.8(kA)급 단상 한류기 개발을 수행했다. 또한 NSC, RWE 및 Essen 등은 EC의 Life environmental programme에 의한 지원을 바탕으로 INES110 project를 2007년 4월 시작으로 2009년 110(kV)급 3상 초전도 한류기를 완성할 예정이다.

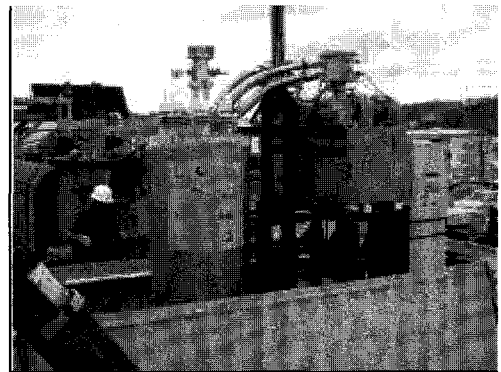
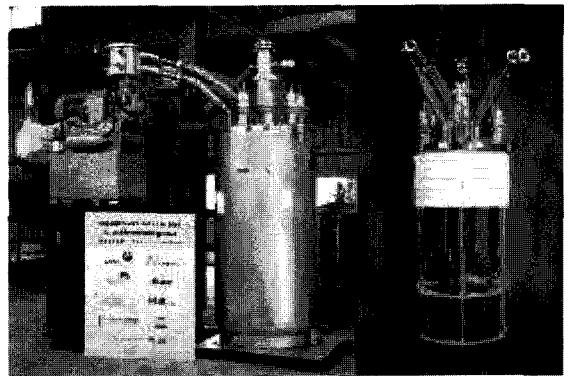


그림 2. CURL10의 초전도한류기(10(kV)급) (왼쪽)와 변전소 설치(오른쪽)

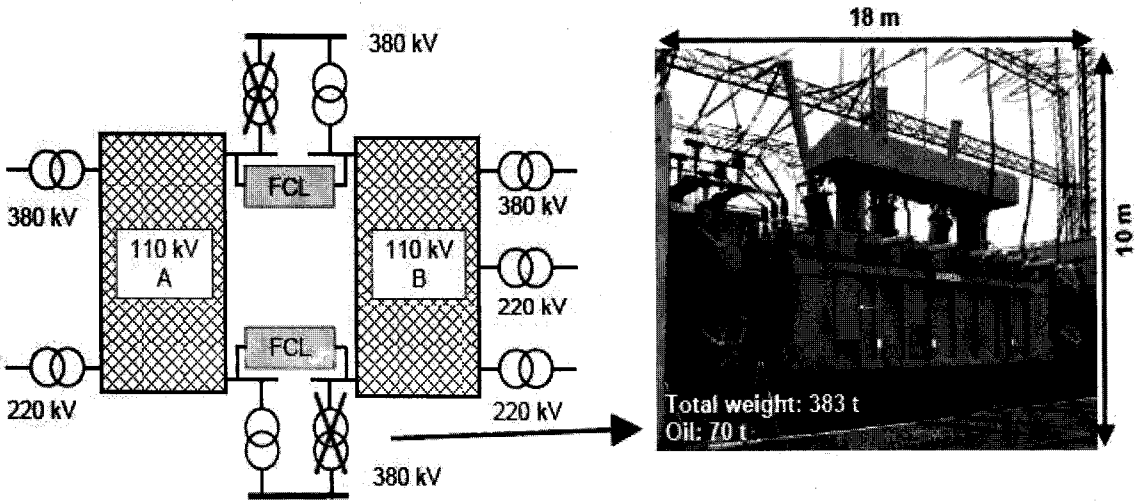


그림 3. 110(kV)급 한류기 RWE 계통에 모선연계용으로 설치 예정

(4) 중국

초전도 한류기 개발에 있어서 중국도 앞선 기술을 가지고 있다. 10.5(kV)급 정류형 한류기를 개발하였으며 2005년부터 호남성 발전소에 설치 및 시험 운용 중이다. 실계통에서 3상 단락시험까지 수행한 상태이다. 2007년에 Innopower 사가 SCPower 사와 제휴하여 35(kV)/1.5(kA)급 포화철심 리액터형 초전도한류기를 제작하고 운남성 변전소에 설치하였다.



그림 4. 중국 호남성의 Gaoxi 변전소에 설치된 10.5(kV)급 정류형 한류기

3. 기대효과 및 활용방안

초전도 한류기의 가장 큰 영향은 송·배전 계통의 사고전류 문제에 대한 해결책을 제시한다는 것이다. 정상시 손실없이 동작하고 사고시 임피던스를 투입하여 사고전류를 제한하는 것이므로 큰 고장전류를 원천적으로 막을 수 있을 것이다. 이것은 각종 주변기기에 큰 고장 전류가 작용하지 않음으로 인해 열화 및 수명을 연장시킬 것이다. 또한, 대규모 정전상태를 예방하고 전력계통의 신뢰성 및 안정성 향상과 용량 초과로 인한 차단기와 같은 전력기기의 막대한 교체비용(7,000억원/년)을 절감할 수 있다.

선점한 기술을 바탕으로 상용화에 성공한다면 세계적으로 경쟁력을 확보하여 경제적인 이익을 가져올게 될 것이다. 세계최초로 22.9(kV)/3(kA) 초전도 한류기의 실용화를 추진함으로써 2020년 연간 2.7조원의 경제적 효과를 가져 올 것으로 본다.

이러한 초전도 한류기는 전력수용지역에 연관된 변전소나 대용량 전력계통의 안정성을 필요로 하는 고속철도, 원자력 선박, 잠수함 등에도 활용할 수 있다. 또한 기존 차단기에 고속도 고장전류 감지기술 및 고

속도 조작기술을 접목할 수도 있다.

4. 결 론

현재 필요에 의한 한류기의 개발이 진행되고 있는 상황에서 선진국의 경우 송전급 개발 단계에 있고 국내는 배전급 한류기의 개발 완료 상태이다. 특히 하이브리드 한류기 개발로 초전도체의 사용을 최소화하여 경제성을 향상 시켰다. 전 세계적으로 초전도 한류기의 수요가 발생하는 상황에서 실증 시험을 통한 안정성과 신뢰성을 확보된다면 세계시장에서 확고히 자리매김할 수 있을 것이다. 현재 개발된 22.9[kV]/630[A]의 장기운전을 수행하여 성능 평가를 거쳐 장기 신뢰성을 확보하고 최종 목표인 22.9[kV] 대용량 및 154[kV]/4[kA]급 개발을 목표로 꾸준한 연구를 수행해 나가야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 심정욱, 현옥배, 박권배, 임성우, 김해림, 이방욱, 오일성, "전력용 반도체 소자를 적용한 하이브리드 초전도 한류기 동작 신뢰도 향상", 한국초전도·저온공학회 논문지, v.9, no.3, pp.57-61, 2007.
- [2] 심정욱, 김해림, 박권배, 강종성, 이방욱, 오일성, 현옥배, "YBCO 박막을 이용한 3상 6.6(kV) 저항형 초전도 한류기 제작 및 시험", 한국초전도·저온공학회 논문지, v.6, no.3, pp.50-55, 2004.
- [3] 현옥배, "하이브리드 초전도 한류기 개발과 활용 전망" 한국초전도·저온공학회지 초전도와 저온공학, v.9, no.2, pp.14-18, 2007.
- [4] 현옥배, "6.6(kV) 저항형 초전도 한류기 개발", 한국초전도·저온공학회지 초전도와 저온공학 v.6, no.2, pp.21-25, 2004.
- [5] 한국전력공사, 전력기술동향 통권 49호, 2008.9.
- [6] 초전도응용기술개발사업단, <http://www.cast.re.kr>.
- [7] 초전도 전력기기의 실계통 적용 기술개발 기획보고서, 지식경제부.
- [8] NICE, 제 22권 제 2호, 2004.
- [9] 한국과학기술정보연구원, <http://www.kisti.re.kr>
- [10] 과학기술종합정보시스템, www.ndsl.kr

◇ 저 자 소 개 ◇



최효상(崔孝祥)

1966년 2월 21일생. 1989년 전북대학교 전기공학과 졸업. 1994년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2000년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 2003년~한전 전력연구원 선임연구원. 현재 조선대 전기공학과 교수.

Tel : (062)230-7025

Fax : (062)230-7020

E-mail : hyosang@chosun.ac.kr



조용선(趙鎔善)

1980년 1월 15일생. 2005년 조선대학교 전기공학과 졸업. 2007년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2007년~현재 동 대학원 박사과정.

Tel : (062)230-7054

Fax : (062)230-7020

E-mail : cys5144@hanmail.net



정병익(鄭柄益)

1981년 8월 25일생. 2007년 조선대 전기공학과 졸업. 2007년~현재 동 대학원 전기공학과 석사과정.

Tel : (062)230-7054

Fax : (062)230-7020

E-mail : chuzang3@naver.com