

6.6kV/200A급 유도형 초전도한류기용 DC 리액터의 제작 및 특성 실험

Fabrication and Characteristic Test of the DC Reactor for 6.6kV/200A Inductive Superconducting Fault Current Limiter

안민철*, 이승제**, 강형구*, 배덕권*, 김현석***, 고태국#

Min Cheol Ahn, Seungje Lee, Hyoungku Kang, Duck Kweon Bae, Hyun Seok Kim, Tae Kuk Ko

Abstract: Inductive superconducting fault current limiter(SFCL) with DC reactor rated on 6.6kV_{rms}/200A_{rms} has been developed in Yonsei University. The development of the DC reactor is the key technology in this type SFCL. This paper deals with the fabrication and characteristic test of the DC reactor. For the development of this magnet, the winding machine for high-T_c superconducting solenoid was manufactured. Using this machine, a large-scale HTS solenoid using Bi-2223 tape was fabricated successfully. This coil has 5 layers which are connected in series each other. The inductance of the DC reactor coil is 84mH. The cooling system was the sub-cooled nitrogen whose temperature is about 65K. The characteristic test of the coil was performed. The full quench current of this coil is about 490A.

Key Words: DC reactor, HTS solenoid, SFCL, sub-cooled nitrogen

1. 서 론

전력계통에서의 사고전류를 제한하는 초전도한류기는 초전도기기의 상용화의 가능성이 높아 그 연구가 활발히 진행 중이다. 초전도한류기는 초전도체의 저항 변화(초전도/상전도 전이)를 이용하여 사고전류를 제한하는 저항형 한류기와 초전도마그네틱의 인덕턴스를 이용하는 유도형 한류기로 크게 구분된다. 그 중 DC 리액터형 한류기는 사고가 발생한 후 차단기가 동작하기 전에 사고전류를 서서히 증가시키기 때문에 전력계통안정도 향상에 큰 효과가 있을 것으로 기대된다. 현재 국내에서의 유도형 고온초전도한류기 연구는 과학기술부 21C 프론티어 사업의 하나인 차세대초전도응용기술개발 사업의 일환으로 연세대학교에서 연구를 진행 중이다. 이미 2002년 6월에 1.2kV_{rms}/80A_{rms}급 한류기를 제작하여 단락시험을 통하여 우수한 전류제한을 확인한 바 있다[1]. 현재는 2004년 7월까지

6.6kV_{rms}/200A_{rms}급 한류기의 실용화 모델을 제작하는 것을 목표로 하고 있으며, 2003년 6월에 6.6kV/200A급 한류기의 단락시험 모델을 제작하여 단락시험에 성공한 상태이다.

DC 리액터형 고온초전도한류기는 크게 전력계통과 한류기를 연결하는 자기철심리액터와 교류전원을 직류로 변화하는 삼상 전력변환기 그리고 DC 리액터의 부분으로 구성된다. 이 중 DC 리액터는 사고전류를 제한하는 역할을 하며 이는 고온초전도마그네틱을 사용한다. 결국 DC 리액터형 고온초전도한류기의 제작에 있어서 고온초전도마그네틱의 제작은 핵심적인 부분이다. 본 논문에서는 6.6kV/200A급 DC 리액터형 한류기용 DC 리액터의 제작과 특성실험에 관하여 알아본다.

2. 한류기용 DC 리액터

2.1. 6.6kV/200A급 한류기용 DC 리액터의 요구 사항

삼상 DC 리액터형 한류기의 구성 및 결선도를 그림 1에서 보여주고 있다. DC 리액터형 한류기의 동작은 정상 시와 사고 시의 두 가지 경우로 나누어서 고려되어야 한다. 6.6kV/200A 계통에 한류기를 투입한 경우를 가정하면 정상 시 계통의 선전류는 최대치 283A이며 이것이 정류되어 DC 리액터에는 정상 시에 항상 283A의 직류 전류가 흐르게 된다. 단락사고 시에는 부하의 임피던스가 사라지게 되면서 선전류가 급격하게 증가한다. DC 리액터형 한류기는 이러한 사

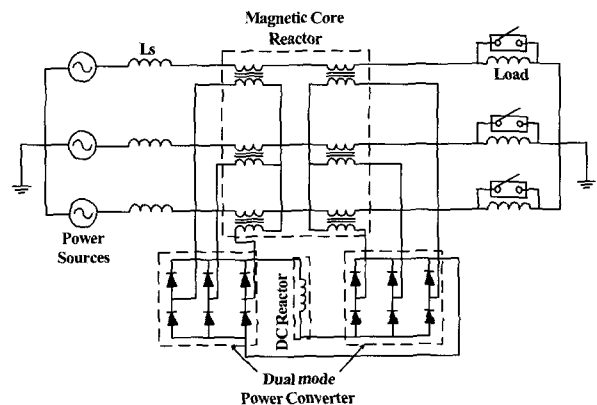


그림 1. 삼상 DC 리액터형 고온초전도 한류기 회로
Fig. 1. Circuit of 3Φ DC reactor type SFCL

* 학생회원 : 연세대 대학원 전기전자공학과 박사과정

** 학생회원 : 프리컴시스템(주) 부설연구소

*** 학생회원 : 연세대 대학원 전기전자공학과 석사과정

정 회원 : 연세대 공대 전기전자공학과 교수

원고접수 : 2003년 8월 7일

심사완료 : 1900년 9월 17일

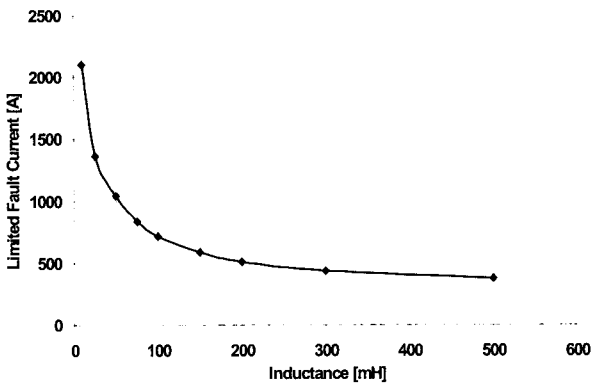


그림 2. DC 리액터의 인덕턴스에 따른 제한 사고전류
Fig. 2. Limited Fault Current with respect to the inductance of the DC reactor

고전류가 DC 리액터의 인덕턴스에 의하여 제한되는 원리를 가지고 있으며, 따라서 DC 리액터의 인덕턴스가 커질수록 사고 전류는 줄어들어 전류제한 효과가 커지게 된다. 하지만 인덕턴스는 선재의 사용량과 직접적으로 관계있으며 이는 제작비용을 의미하기 때문에 적절한 인덕턴스를 결정할 필요가 있다.

그림 2는 6.6kV/200A급 DC 리액터형 한류기에서 DC 리액터의 인덕턴스에 따른 제한 사고전류를 나타낸다. 여기서 나타낸 제한 사고전류는 사고 후 1/2 주기까지의 값이다. 사고 감지 회로를 사용하여 사고 후 1/2주기 내에 전력변환소자를 턴오프 시켜주면 사고 후 1/2까지만 사고전류가 증가하고 이후로는 감소되기 때문이다. DC 리액터의 인덕턴스는 한류기가 설치될 계통의 기존 차단기의 차단용량을 고려하여 결정되어야 한다. 하지만, 여기서는 차단기 용량과 무관하게 인덕턴스와 제한 사고전류와의 관계만을 고려하여 적정 인덕턴스를 결정하였다. 그림 2의 그래프를 기초로 하여 결정된 최적의 인덕턴스는 75~100mH이다.

결국 6.6kV/200A 한류기용 DC 리액터는 정상운전시 항상 283A가 통전되기 때문에 이러한 전류를 저항없이 통전할 수 있도록 임계전류는 300A 이상이 요구되며, 필요 인덕턴스는 75~100mH이다. 그리고, 삼상 6.6kV급 한류기의 DC 리액터에는 사고시 8.9kV의 전압이 가해지게 되므로, 고압에서의 전기 절연 역시 충분히 고려되어야 하는 요소이다.

2.2 권선방식의 결정

6.6kV/200A급 한류기용 DC 리액터의 제작을 위하여 권선방식을 결정할 필요가 있다. 여기서는 고온초전도마그넷의 일반적인 권선방식인 더블 팬케이크 방식과 솔레노이드 방식의 마그넷을 임계전류와 고압 절연의 측면에서 비교하였다.

일반적으로 Bi-2223 선재는 선재의 표면에 수직으로 가해지는 자장에 의하여 심한 임계전류의 감소를 보인다. 따라서 이러한 선재를 사용한 고온초전도마그넷은 마그넷의 가장 위, 아래 부분에서 선재 표면에 수직인 자장의 크기가 가장 크며 마그넷의 임계전류는 이 부분에서 주로 결정된다. 팬케이크 마그넷은 권선의 특성상 동일한 직경의 보빈에 동일한 길이의 선재를 권선한 경우, 위·아래 플랜지 부분이 상대적으로 넓게 위치하며, 이 부분에서의 자기장에 의해 임계전류가 급격하게 감소하게 된다. 따라서, 마그넷을 제작하였을 때 높은 임계전류를 갖기가 상대적으로 어렵다. 만일 팬케이크 방식으로 수백 Amperes의 임계전

류를 가진 고온초전도 마그넷을 제작한다면, 많은 팬케이크들을 병렬로 연결하던지, 선재를 적층하면서 권선하여야 한다. 팬케이크간의 병렬연결은 많은 접합부분을 만들게 되므로 간단하지 않으며, 적층된 선재의 권선은 제작상 쉽지 않다. 한편, 단층 솔레노이드 권선은 마그넷의 플랜지 부분이 선재의 두께길이만큼으로 매우 좁기 때문에 그 부분에서의 자장에 의한 임계전류의 감소는 훨씬 적다. 따라서, 솔레노이드 마그넷이 상대적으로 높은 임계전류를 갖게 만들기 쉽다. 게다가 임계전류 향상을 위해서 선재를 병렬연결하는 경우에도, 선재를 원하는 개수만큼 적층하면서 권선하기 용이하다는 장점을 갖는다. 결국, 같은 양의 선재를 사용하여 DC 리액터용 마그넷을 제작한다면 높은 임계전류를 갖게 하기 위하여 솔레노이드 권선이 더 유리하다고 사료된다.

한류기와 같은 전력기기에 사용될 마그넷의 중요한 또다른 요구사항은 고전압에서의 절연이다. 더블팬케이크 마그넷은 층간 절연에 매우 유의해야 한다. 반면, 솔레노이드 마그넷은 단층으로 권선하고 각 층마다 보빈을 별도로 만들어 사용하는 방식을 통하여 층간 절연을 할 수 있으며 선재가 감길 부분에 홈(groove)을 만들어 권선하므로 인해 턴간 절연이 용이해질 수 있다. 결과적으로 임계전류와 절연을 고려하여 볼 때, 6.6kV/200A급 유도형 한류기에 사용되는 HTS magnet의 권선방식은 솔레노이드가 더 적합하다고 판단된다[2].

3. DC 리액터의 제작

3.1. 대형 고온초전도 솔레노이드용 권선기 개발

현재 사용되는 고온초전도선재는 테잎의 형상을 하고 있으며, 내부에는 비스무스(Bi)나 이트륨(Y)과 같은 세라믹 물질이 포함되어 있다. 이러한 선재의 특성을 생각하면 일정한 장력의 권선이 매우 중요하며, 솔레노이드 권선의 경우 권선 피치(pitch)의 정확도 또한 매우 우수하여야 한다. 본 연구에서는 고온초전도 선재를 이용한 솔레노이드 마그넷을 제작하기 위하여 전용의 권선기를 설계, 제작하였다. 다양한 크기의 보빈을 권선할 수 있도록 설계되었으며, 현재는 최대 800mm 지름의 보빈까지 가능하다. 보빈의 회전에는 서보 모터가 사용되었으며 선재의 이동부에는 마이크로 스테핑 모터가 사용되었다. 이동의 오차는 1회전당 ±0.01mm 이내이다. 장력은 파우더 브레이크

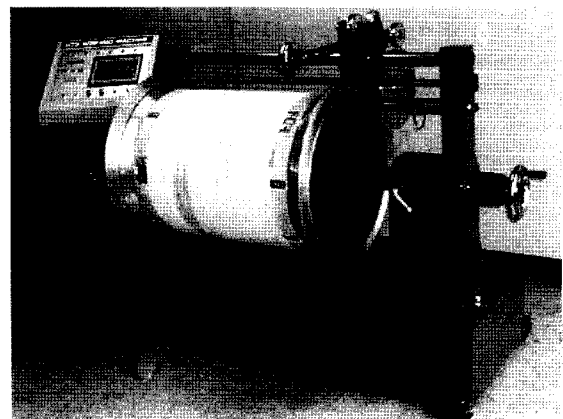


그림 3. 고온초전도 솔레노이드용 권선기
Fig. 3. Winding machine for HTS solenoid

(powder brake)의 전압에 의하여 조절된다. 권선이 진행되면 선재가 감긴 부분의 지름이 줄어들게 되므로, 일정한 장력으로 권선하기 위해서는 브레이크의 전압은 점차적으로 줄어들어야 한다[3]. 이 권선기에서는 이러한 브레이크의 전압이 자동으로 변화되면서, 권선되는 동안 항상 일정한 장력을 유지하게 된다.

3.2. DC 리액터용 극저온 보빈 제작

본 연구에서 사용된 DC 리액터는 5개의 보빈으로 이루어져 있으며 제원은 표 1과 같다. 보빈들의 크기는 모두 다르며, 각각의 보빈에는 초전도선재를 권선하기 위한 홈(groove)이 가공되어 있다. 홈의 가공은 다수의 선재가 동일한 곳에 포개지며 적층되게 하기 위한 것이다. 홈의 폭은 4.5mm이고, 깊이는 5mm이다. 홈간의 거리는 1.85mm이다. 홈의 보빈의 재질은 G10-FRP이며, 무게는 약 50kg 정도이다. G10-FRP 재질의 대형 보빈에 깊이 5mm의 홈을 일정하게 가공하는 제작상의 문제에 의하여 홈간의 거리는 턴간 절연의 요구거리보다 길게 과설계 되었다.

보빈에는 선재를 권선할 때 고정할 수 있는 구리 단자가 위, 아래 양쪽에 각각 45°마다 7개씩 설치되어 있으며, 전류의 터미널 단자가 한 개씩 있다. 그림 4는 보빈의 모습이며 오른쪽 상부의 확대부분이 구리 터미널 단자와 권선 홈의 확대사진이다.

3.3 DC reactor 권선

3.1절에서 소개된 전용의 권선기를 이용하여 권선작업을 수행하였다. 5개의 보빈을 각각 권선하였으며, 권선된 5개의 마그넷은 서로 직렬로 연결하였다. 2.1절에서 밝힌 바와 같이 DC 리액터 임계전류는 300A 이상이 되어야 하므로 초전도선재 4개를 적층하였다. 사용된 선재는 미국 AMSC社에서 제작한 고강도 Bi-2223 테일 선재(HTS high strength wire)이

표 1. DC 리액터용 보빈의 제원

Table 1. Specifications of the bobbins for DC reactor

no.	I.D.(mm)	O.D.(mm)	height(mm)	turns
1	600	624	800	93
2	640	664	800	88
3	680	704	800	83
4	720	744	800	78
5	760	784	800	73

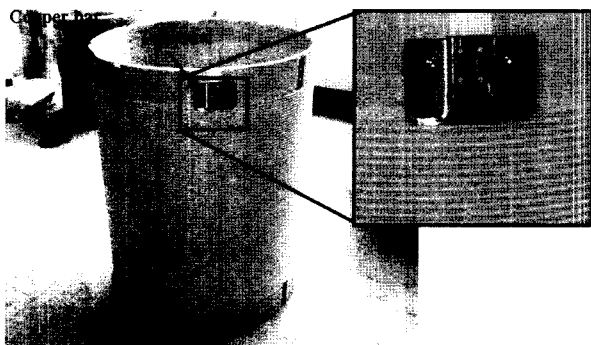


그림 4. DC 리액터용 극저온 보빈
Fig. 4. Cryogenic bobbin for DC reactor

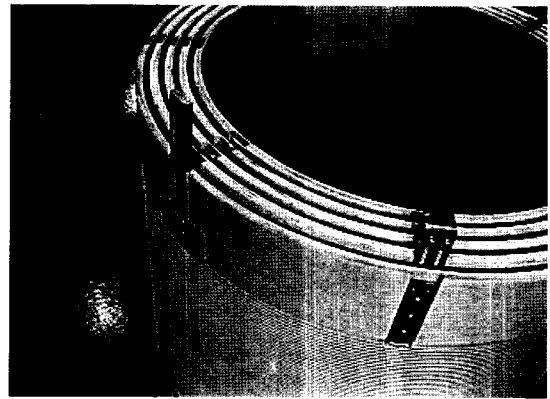


그림 5. 5개 보빈들의 조립
Fig. 5. Assembly of five bobbins

표 2. DC 리액터의 제원

Tale 2. Specifications of the DC reactor

Item	Value
I. D.	600 mm
O. D.	784 mm
Height	800 mm
Layer	5 ea
Turns	415
Winding length	900 m
Inductance	84 mH

며, 선재의 임계전류는 115A이다. 적층된 선재끼리의 직렬연결은 전이(transpose)하여 교류손실을 줄이고 전류분배율을 향상시켜주는 것이 일반적이다. 하지만, 본 연구에 사용된 유도형 한류기의 DC 리액터 마그넷은 정상시 직류전류만이 마그넷에 흐르며, 사고시 전류의 분배는 인덕턴스의 영향으로 적층된 선재 중 안쪽에 권선된 쪽으로 많이 흐르게 된다. 따라서, 전이하지 않고 초전도선재의 안쪽에 구리선재를 권선하여 사고시에는 전류를 분담하는 방법을 사용하였다. 각 보빈에 권선된 선재의 길이는 180m이다. 5개의 보빈이 각기 지름이 다르기 때문에 표 1과 같이 보빈마다 권선된 턴수가 차이가 난다. 권선 순서는 안쪽부터 구리 2층, 고온초전도선재 4층으로 권선하였다. 적층 방법은 안쪽부터 한 층씩 권선하고, 절연층 없이 다음층의 선재를 권선하여 overlap 하였다. 사용된 초전도선재의 총량은 3.6km이다. 5개의 보빈을 각각 권선한 이후, 전류 터미널 구리 단자끼리 직렬로 연결하였다. 5개의 보빈은 각각 8mm의 간격으로 위치되어 있다. 연결은 구리 블록을 이용하였는데 이 부분에서 구리의 저항이 상대적으로 초전도체보다 훨씬 크기 때문에 구리 블록에 초전도선재를 납땜하였다. 그림 5는 5개의 마그넷을 조립하여 위치시킨 모습이다. 제작된 DC 리액터의 인덕턴스는 84mH이다. 이는 2.1절에서 요구되는 인덕턴스의 범위에 적합한 값이다. 표 2는 DC 리액터의 제원이다.

3.4 냉각시스템 제작

DC 리액터의 극저온 냉각방식으로는 과냉질소(sub-cooled nitrogen)냉각 방식이 사용되었다. 과냉질소 냉각은 액체질소 냉각보다 동작온도가 10K이상 낮기 때문에 마그넷의 임계전류를 향상시킬 수 있으며, 과냉상태의 질소는 액체질소보다 동일한 열 발생에 의하여 기포(bubble)가 발생하지 않기 때문에

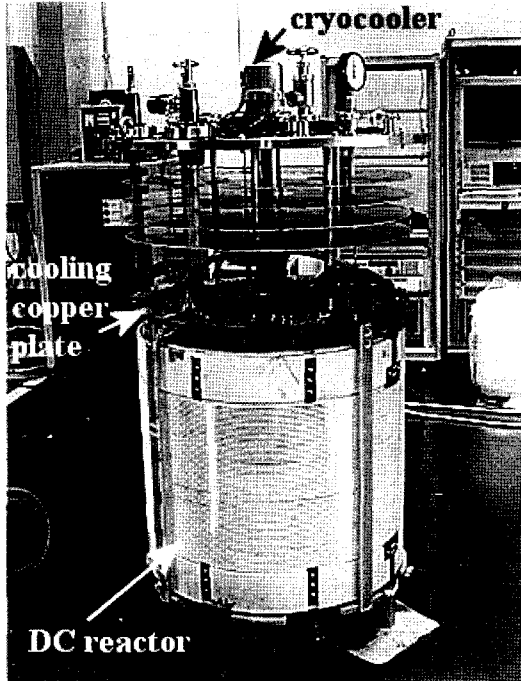


그림 6. 제작된 과냉질소 냉각시스템
Fig. 6. Manufactured cryogenic system for sub-cooled nitrogen cooling

전기적인 절연에 있어서도 매우 유리하다. 또한 액체를 사용하기 때문에 단락사고시 DC 리액터로 흐르는 임계전류 이상의 순간적인 전류에 의한 열 발생을 대류를 통하여 효과적으로 제거하기에 용이하다. DC 리액터의 동작온전 조건은 65K, 1기압이다.

사용된 마그넷의 내경이 지름 600mm이기 때문에 내부의 공간에 불필요한 질소의 양이 너무 많아서 액체질소를 과냉시키는데 시간이 오래 걸리게 된다. 따라서, 마그넷 내부에 속이 비어있는 dummy 보빈을 만들어 액체질소의 양을 줄였다. 액체질소를 과냉시키는 역할을 하기 위해 1단 G-M 냉동기를 설치하였으며, 사용된 냉동기의 용량은 80K-120W이다. 과냉질소 냉각을 위하여 구리 판(plate)이 냉동기와 연결된 채 보빈의 위에 위치하며, 최내각 보빈과 dummy 보빈 사이에 구리 바(bar)들이 또한 연결되어있다. 냉동기 헤드(coldhead), 구리 판, 구리 바 등의 전도냉각에 의하여 액체질소는 냉각되고 과냉질소 상태를 유지할 수 있게 된다. 그림 6은 DC 리액터를 포함한 냉각 시스템의 모습이다.

4. DC 리액터의 전압-전류 특성 실험

제작된 DC 리액터의 전압-전류 특성을 알아보기 위한 실험을 수행하였다. 실험 방법은 MPS(Magnet Power Supply)를 DC 리액터에 연결하여 일정한 전류상승율(ramping rate)을 유지하면서 전류를 높였다. 이때 흐르는 전류는 셉트 저항을 통하여 측정하였고, DC 리액터 양단의 전압은 극저온냉동용기(cryostat) 외부의 전류도입부분(bushing)에서 nano-voltmeter를 이용하여 측정하였다. 측정된 전압, 전류 값은 GPIB 통신을 통하여 실시간으로 PXI-DAQ 장치로 보내지며, 이를 즉시 I-V 특성곡선으로 표시한다. 특성실험은 일반 액체질소(saturated

LN₂)와 과냉질소(sub-cooled nitrogen) 상에서 각각 수행되었으며, 두 경우 모두 MPS의 전류상승율은 0.5 A/s 로 실험하였다.

그림 7은 포화 액체질소와 과냉질소에서의 DC 리액터의 전압-전류 특성을 나타내는 그래프이다. 포화 액체질소의 운전온도가 약 77K이고, 과냉 액체질소의 운전온도는 약 65K 이었다. 과냉질소 운전을 하게 되면 운전온도가 낮아짐에 따라 DC 리액터의 전압-전류 특성이 현격하게 증가함을 알 수 있다. 초전도 선재 short sample에 대한 임계전류의 정의는 1 μV/cm 등 일반적으로 많이 사용하는 criterion이 정해져 있지만, 본 시스템과 같이 초전도체를 포함한 전체 양단의 전압에 대한 voltage criterion의 정의는 응용되는 분야에 따라 다양하게 정의될 수 있다. 예를 들어, 그림 7의 결과에서 임계전류에 비해 현저히 적은 전류인 수십 A의 전류가 흐르는 경우에도 전압 탭의 전압은 선형적으로 증가하고 있다. 이러한 선형적인 경향은 전류도입 부분이나 보빈과 보빈 사이의 구리단자 부분 등의 상전도체에 의한 것이다. 그러므로 초전도 선재 샘플의 임계전류 판단법으로는 시스템 내부의 초전도체의 전체 상전이(full quench)를 판단할 수 없다.

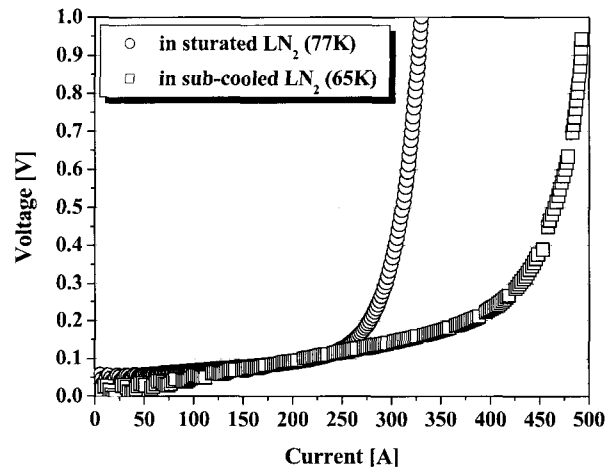


그림 7. 포화 액체질소와 과냉질소에서의 DC 리액터의 전압-전류 특성곡선
Fig. 7. I-V curve of the DC reactor in saturated LN₂ & sub-cooled LN₂

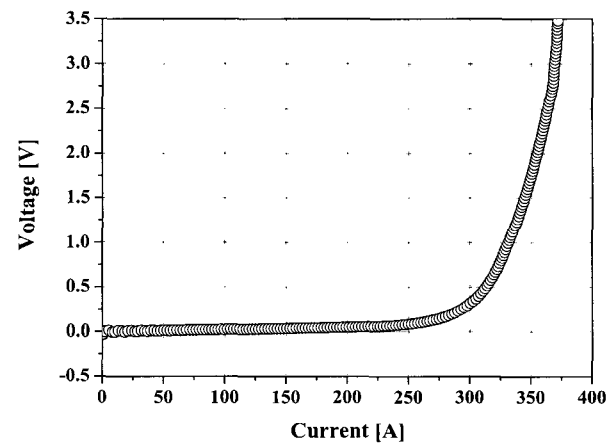


그림 8. 액체질소에서 DC 리액터의 전압-전류 특성곡선
Fig. 8. I-V curve of the DC reactor in saturated LN₂

따라서 본 논문에서는 전압-전류 특성 곡선에서 전압 값이 급격하게 증가하는 시점에서의 전류를 full quench 시점으로 생각한다. 그림 7의 과냉질소 결과에서 약 490A에서 전압이 급격하게 증가하며, 액체질소에서의 결과는 그림 8에서 나타내었는데 이 경우에는 375A에서 full quench 되었다.

본 마그넷이 6.6kV/200A급 유도형 환류기용 DC 리액터로 이용되는 관점에서는 임계전류의 값보다는 정상전류인 283A 통전시 DC 리액터 양단의 전압이 보다 중요한 결과이다. 즉, DC 리액터에 283A 통전시 77K에서는 0.185V가, 65K에서는 0.135V의 전압이 전체 시스템 양단에 발생한다. 이러한 결과는 유도형 환류기의 시스템 특성을 나타내는 중요한 결과이며 환류기 전체 시스템 운용에 필요한 자료가 된다.

5. 결 론

6.6kV/200A급 유도형 환류기 개발의 핵심 요소인 DC 리액터를 설계, 제작하고 특성실험을 수행하였다. 본 논문을 통하여 얻어진 결론들은 다음과 같다.

- (1) 6.6kV/200A급 유도형 환류기용 DC 리액터에 이용되기 위한 고온초전도마그넷은 283A의 전류가 안정적으로 흐를 수 있어야 하며, 최적의 인덕턴스는 75~100mH 이다.
- (2) 임계전류와 고압에서의 전기절연을 고려하여 볼 때, 환류기용 DC 리액터에 적합한 권선방식은 더블 팬케이크 보다는 솔레노이드가 유리하다.
- (3) 대형 솔레노이드 권선을 위하여 전용의 권선기를 설계·제작하였으며, G10-FRP 극저온 보빈들을 제작하였다.
- (4) 5개의 보빈에 각각 권선하여 직렬로 연결하는데, 전이를 하지 않고 보조적으로 고온초전도선재 내부에 구리 테이프를 권선하였다.
- (5) 과냉질소 냉각을 사용하였으며, 운전온도는 65K 이었다.
- (6) 제작된 DC 리액터의 인덕턴스는 84mH이며, 65K에서 full quench 전류는 약 490A 이다.
- (7) 제작된 DC 리액터용 마그넷을 실제 초전도 응용 기기에 적용하기 위하여 장시간 운전, 과전류 통전, 누설자장 등의 추가적인 특성실험이 필요하며, 특히 초전도선재 부분에만 전압탭을 설치하여 초전도체 부분에서만 정확한 특성을 파악하는 연구가 요구된다.

감사의 글

본 연구는 21세기프론티어 연구개발사업인 차세대 초전도응용기술개발 사업단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- [1] Hyoungku Kang, Min Cheol Ahn, Yong Ku Kim, Duck Kweon Bae, Yong Soo Yoon, Tae Kuk Ko, Jung Ho Kim, Jinho Joo, "Design, fabrication and testing of superconducting dc reactor for 1.2 kV/80 A

inductive fault current limiter", IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol. 13, Issue 2, pp. 2008-2011, 2003

- [2] 김민철, 안민철, 이승제, 김영식, 김진기, 고태국, "유도형 고온초전도환류기의 DC 리액터 설계를 위한 솔레노이드 특성실험", KIASC conference 2003 논문집, pp. 213-215, 2003
- [3] Min Cheol Ahn, Min Chul Kim, Duck Kweon Bae, Seungje Lee, Yong Soo Yoon, Sang Jin Lee, Tae Kuk Ko, "Characteristics of critical current of high-Tc superconducting magnets wound with various tensions", IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol. 13, Issue 2, pp. 2080-2083, 2003

저 자 소 개



안민철(安敏哲)

1976년 9월 20일생, 1999년 연세대 공대 전기공학과 졸업, 2001년 동 대학원 전기·컴퓨터공학과 졸업(공학석사), 현재 동 대학원 전기전자공학과 박사과정



이승제(李承濟)

1974년 5월 30일생, 1997년 연세대 공대 전기공학과 졸업, 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학석사), 2003년 동 대학원 전기전자공학과 졸업(공학박사), 현재 프리컴시스템(주) 연구원



강형구(姜亨求)

1973년 8월 4일생, 1997년 성균관대 공대 전기공학과 졸업, 1999년 동 대학원 전기전자컴퓨터공학과 졸업(공학석사), 현재 동 대학원 전기전자공학과 박사과정



배덕권(裵德權)

1971년 8월 16일생, 1998년 광운대 공대 전기공학과 졸업, 2000년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학석사), 현재 연세대학교 전기전자공학과 박사과정



김현석(金峴石)

1978년 4월 30일생, 2003년 위덕대 공대 전기공학과 졸업, 현재 연세대 대학원 전기전자공학과 석사과정



고태국(高太國)

1955년 7월 4일생, 1981년 연세대 전기공학과 졸업, 1983년 Case Western Reserve Univ. Dept. of EEAP 석사 졸업(M.Sc), 1986년 Case Western Reserve Univ. Dept. of EEAP 박사 졸업(Ph. D), 1986~1988년 Ohio Cleveland State Univ. 전기공학과 조교수, 현재 연세대학교 전기전자공학과 교수, 한국초전도·저온공학회 부회장