DC 리액터형 고온초전도한류기를 위한 전력변환기의 dual-mode 운전특성

전우용, 이승제*, 안민철, 이안수, 윤용수**, 윤경용, 고태국
연세대학교 초전도응용연구실, * (주)프리컴시스템, ** 안산공과대학

The Operation Characteristics of Dual-mode Power Converter for DC Reactor Type Superconducting Fault Current Limiter

Woo Yong Jeon, Seungje Lee*, Min Cheol Ahn, An Su Lee, Yong Soo Yoon**,
Kyoung Yong Yoon, and Tae Kuk Ko
Dept. of Electrical and Electric Eng. Yonsei University,
* Freecomsystem Co. Ltd, ** Ansan College of Technology

justwyking@yonsei.ac.kr

Abstract - The dc reactor type high-Tc superconducting fault current limiter(SFCL) is composed of three parts, a power converter, a magnetic core reactor(MCR) and a dc reactor. This study concerned with the power converter of the DC reactor type high-Tc SFCL. The rectifying devices which power converter of 6.6kV/200A SFCL consists of have to endure high voltage. We propose the dual mode power converter to reduce the voltage which each rectifying device endures. In the single phase the experiment and simulation of dual mode power converter and the simulation of power converter with one bridge rectifier are performed. The current of each system with different power converter has a same tendency and the voltage which rectifying device of dual mode power converter endures is reduced in half by comparison with that of power converter with one bridge rectifier. We found dual mode power converter can be applied to SFCL.

1. 서 론

전력수요가 증가함에 따라 전력계통의 용량이 커져 사고전류가 더욱 커지게 되었다. 전력계통의 사고로 인한 과전류는 고가의 전력기기에 손상을 입힌다. 초전도한류기는 정상시 임피던스가 존재하지 않아 전력손실이 없고, 사고시 임피던스에 의해 전류 증가가 억제되어 전력기기의 보호와 비용을 감소시키는 장점을 지니고 있어 상용화를 목표로 국내외에서 많은 연구가 이루어지고 있다. 한류기는 유도형 한류기와 저항형 한류기로 분류할 수 있다. 특히 유도형 한류기중에서 DC 리액터형 한류기는 사고시 초전도체의 퀜치가 발생하지 않은 상태에서 DC 리액터 코일 인덕턴스에 의해 전류가 서서히 증가하여 전류 증가를 억제하며 초전도체에 직류전류만 흐르기 때문에 교류손실이 없는 등의 장점을 가지고 있다.

DC 리액터형 한류기는 전력변환기, 자기철심리액터, 초전도 마그넷으로 구성된다. 여기에서 전력변환기는 교류에 약한 초전도 마그넷에 교류를 직류로 변환하기 위하여 브리지 정류회로로 구성된다. 6.6kV/200A급 한류기의 전력변환기에서 정류소자가 감당해야 하는 전압은 약 10kV이다. 각 정류소자에 정확한 전압분배가 이루어지지 않을 경우 정류소자의 손상과 한류기의 오작동이 생길 수 있다. 이것을 방지하기 위해서 각각의 정류소자가 감당해야 하는 전압을 줄일 필요가 있다.

본 연구에서는 6.6kV/200A급 한류기 적용을 위해 브리지 정류회로를 두 개를 사용한 dual mode 전력변환기와 이를 연결하는 자기철심리액터를 두 개 사용하여 단상에서의 실험과 시뮬레이션을 하였고 하나의 브리지 정류회로로 구성된 전력변환기와 비교하였다.

2. Dual mode 전력변환기 필요성 및 특성

DC 리액터형 한류기의 자기철심리액터로 공급되는 전원은 교류전원이며 이것은 브리지형태의 정류회로로 구성된 전력변환기로 공급되어 직류의 형태로 변환되어 DC 리액터로 전달된다. 정상시에는 DC 리액터 코일에 임피던스가 거의 존재하지 않아 한류기 전체 시스템에서의 전압강하는 거의 없다. 하지만 사고시 전류가 증가하면 초전도코일에서 임피던스 생기게 되고, 자기철심리액터의 1차측에 상당히 높은 전압강하가 발생하게 된다. 6.6kV/200A급 한류기의 브리지형태 정류회로 하나로 구성되는 전력변환기에서 각 정류소자가 감당해야 하는 전압이 교류전압의 최대치와 같으며, 약 10kV이다. 그러므로 전압분배를 위해서 정류소자의 직렬연결과 정류소자에서 저항의 병렬연결은 필수적이다. 하지만 정확한 전압분배를 위한 저항으로 인해 정상상태에서 손실

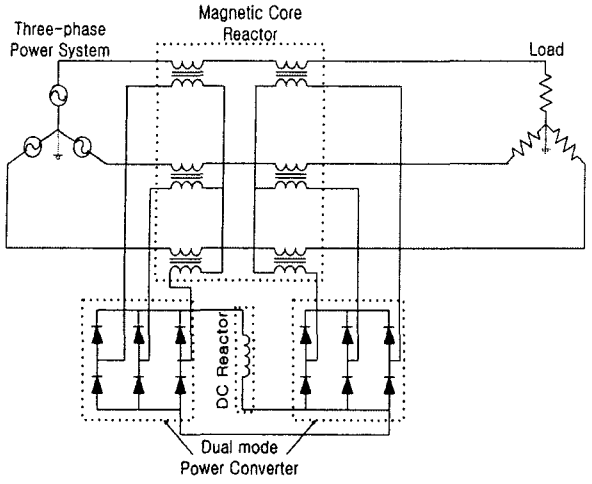


Fig. 1. Schematic drawing of three phase DC reactor type SFCL with dual mode power converter

이 발생하게 된다.

Dual mode 전력변환기는 그림 1에서 보이는 것과 같이 브리지 정류회로를 두 개 사용하며 각 정류회로는 같은 권선비를 가지는 자기철심리액터를 통해 연결되어있다. 그러므로 사고시 자기철심리액터 1차측에서 발생하는 상당히 높은 전압강하는 각각의 자기철심리액터에서 분배가 일어나게 되어 각 정류소자가 감당해야하는 전압은 줄어들게 되며 전압분배를 위한 저항의 연결이 필요가 없어 정상시 손실을 줄일 수 있다.

3. 실험 및 시뮬레이션

3.1 단상 dual mode 전력변환기 사양

그림 2는 단상 dual mode 전력변환기 실험 및 시뮬레이션을 위한 개략도이다. 본 연구에서는 각 브리지정류회로와 연결된 자기철심리액터의 1차측에서 전압강하와 DC 리액터 코일로 흐르는 전류와 부하전류를 측정하였으며, 이를 한 개의 브리지정류회로를 사용한 시뮬레이션 결과와 비교하였다.

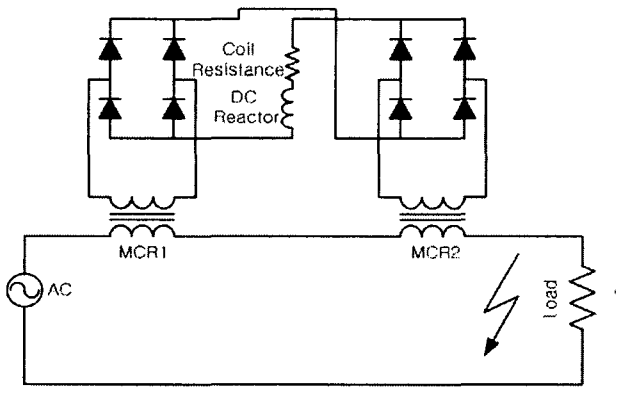


Fig. 2. Schematic drawing of single phase DC reactor type SFCL with dual mode power converter

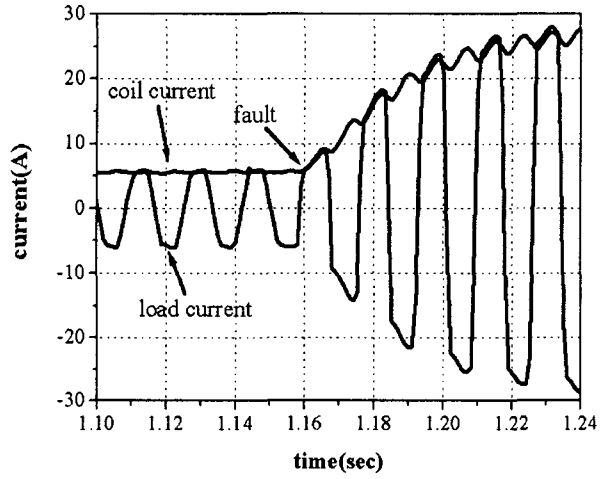
Table 1. Specification of dual-mode power converter

항 목		값
자기철심리액터	권선비	1:1
DC 리액터	코일인덕턴스 (H)	0.15
	코일저항 (Ω)	2.5
부 하	저항 (Ω)	19
전 원	실효치 (V)	110

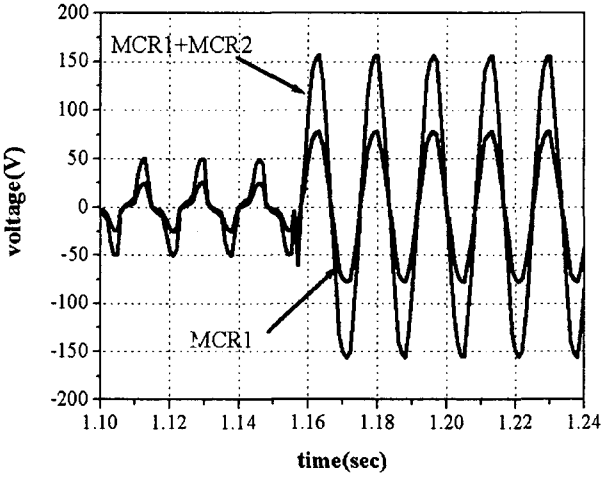
실험과 시뮬레이션에서 1:1 권선비의 자기철심리액터와 인덕턴스 0.15H, 코일저항은 2.5Ω인 DC 리액터코일을 사용하였고, DC 리액터는 구리권선을 한 일반코일을 사용하였다. 전원은 실효치 110V 인 교류전원을 공급하였으며 19Ω인 부하저항을 사용하였다.

3.2 결과 및 고찰

그림 3은 dual mode 전력변환기를 사용한 DC 리액터를 단상에서 실효치 110V인 교류전원을 사용한 실험결과이다. 그림 3.(a)는 부하와 코



(a) load current and coil current



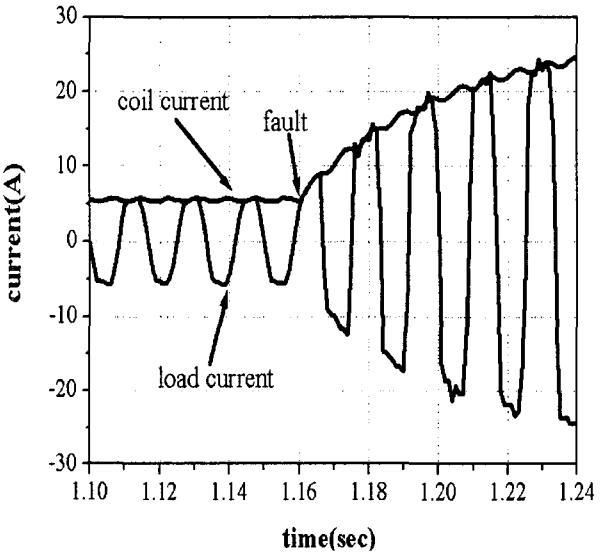
(b) voltage drop of MCR

Fig. 3. Test result of dual mode power converter

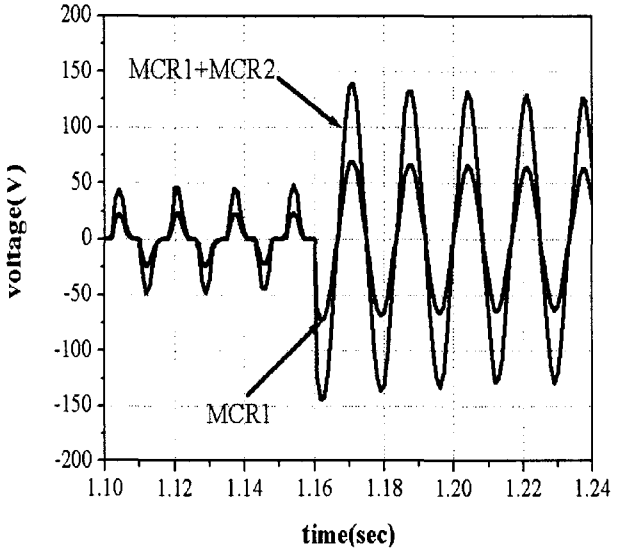
일에 흐르는 전류를 측정한 것이고, 그림 3.(b)는 자기철심리액터 전체에서의 전압강하와 각 자기철심리액터에서의 전압강하를 측정한 것이다. 사고시점은 1.16초이고 사고 후 그림 3.(a)에서 보이는 것과 같이 DC 리액터 코일의 인덕턴스에 의해 사고전류가 급격히 증가하지 못하고 서서히 증가하는 것을 볼 수 있다. 또한 그림 3.(b)에서 각각의 자기철심리액터에서의 전압강하는 서로 같은 값을 가지며 그 합은 전체 자기철심리액터에서의 전압강하와 같음을 알 수 있다.

그림 4는 단상 dual mode 전력변환기의 실험과 같은 조건으로 시뮬레이션을 한 결과이며 이는 실험 결과와 일치하였다. Dual mode 전력변환기를 사용하는 DC 리액터와 브리지 정류회로를 하나만 가지고 있는 전력변환기를 사용하는 DC 리액터를 비교하기 위해 같은 조건에서 시뮬레이션 해 본 결과 그림 5와 같았다. 그림 4와 그림 5를 비교해 볼 때 코일과 부하에 흐르는 전류가 서로 같음을 볼 수 있다. 또한 그림 5에서 자기철심리액터에서의 전압강하는 그림 4의 두 개의 자기철심리액터에서의 전압강하와 같다.

Dual mode 전력변환기를 사용한 DC 리액터형 한류기는 브리지 정류회로 하나를 사용한 전력변환기가 있는 한류기와 같이 사고시 DC 리액터 코일의 인덕턴스에 의해 전류 증가가 제한되어 한류기로서 사고 전류를 제한하는데 이상이 없음을 알 수 있다. 또한 그림 3과 그림 4에서 전체 자기철심리액터에서의 전압강하는 그림 5의 자기철심리액터의 전압강하와 같고 각 자기철심리액터에서 전압 분배가 각각 1/2씩 분배되어 정류소자가 감당해야하는 전압이 감소할 수 있음을 확인할 수 있다.

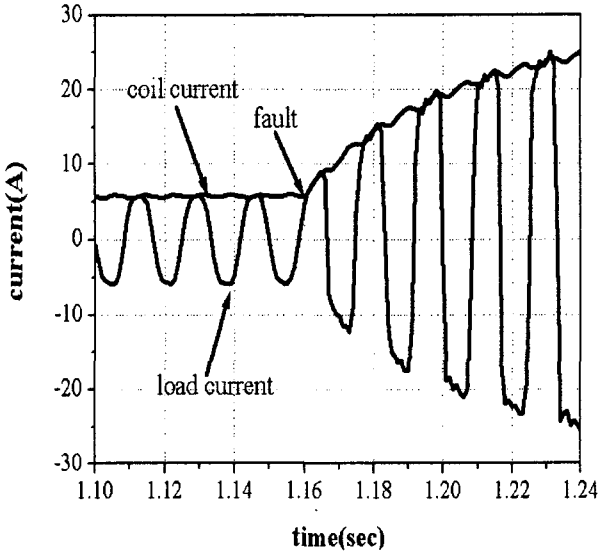


(a) load current and coil current

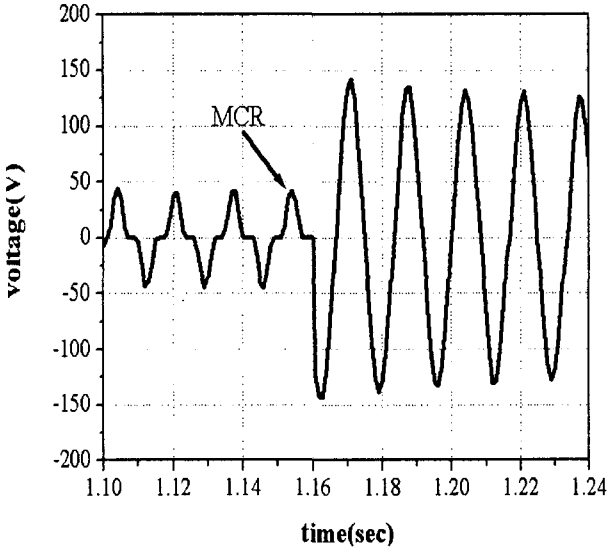


(b) voltage drop of MCR

Fig. 4. Simulation of dual mode power converter



(a) load current and coil current



(b) voltage drop of MCR

Fig. 5. Simulation of power converter with one bridge rectifier

4. 결 론

6.6kV/200A급 한류기에 Dual mode 전력변환기의 실현가능성을 타진하기 위해 단상에서 Dual mode 전력변환기의 실험과 시뮬레이션을 수행하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

Dual mode 전력변환기를 가지는 DC 리액터형 한류기도 사고시 임피던스에 의한 전류증가가 제한되며 이는 하나의 브리지 정류회로로 구성된 전력변환기를 가지는 DC 리액터형 한류기와 같았다. 또한 각 자기철심리액터 1차측의 전압강하는 전체 자기철심리액터에서 전압강하의 1/2였다. 이에 따라 Dual mode 전력변환기를 6.6kV/200A급 한류기에 사용할 수 있으며, 각 정류소자가 감당해야 하는 전압이 감소할 수 있음을 확인하였다.

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업인 차세대초전도응용기술개발 사업단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

[1] M.Yamaguchi, "Performance of DC Reactor Type Fault Current Limiter Using High Temperature Superconducting Coil", IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol 9, No. 2, pp. 940-944, 1999,

[2] 임대준, 배덕권, 김호민, 이찬주, 윤경용, 윤용수, 고태국, "DC 리액터형 고온초전도한류기의 전력계통 연계를 위한 자기철심리액터의 설계", 한국 초전도·저온공학회 학술대회논문집, pp. 322-325, 2002

[3] 이응로, "전력용 스위칭 소자를 이용한 3상 DC 리액터형 초전도한류기의 단락특성연구", 연세대학교 대학원 전기전자공학과 석사논문, pp. 5-15, 2001

[4] 최석진, "고온 초전도 선재를 이용한 변형된 브리지 타입 한류기의 동작특성에 관한 연구", 연세대학교 대학원 전기전자공학과 석사논문, pp. 4-14, 2000

[5] Daniel W.Hart, "Introduction to Power Electronics", PRENTICE HALL, pp. 104-113