

# 변압기 권선비의 변화에 따른 3상 DC 리액터형태 한류기의 단락실험

論 文

51B-6-1

## Short Circuit Tests of the Three-Phase DC Reactor Type Fault Current Limiter in Changing of Turns Ratio of Transformers

李應魯\*·李丞濟\*·李燦周\*·高太國\*\*·玄鉦培\*\*\*

(Eung Ro Lee · Seung-je Lee · Chanjoo Lee · Tae Kuk Ko · Ok-Bae Hyun)

**Abstract** - This paper deals with the short circuit tests of the three-phase DC reactor type fault current limiter (FCL) in changing of turns ratio of transformers. The experiment of this paper is a preliminary step to develop the FCL's faculties for an application to high voltage transmission line. So, superconducting coil was made of Nb-Ti, low temperature superconductor, and the ratings of the power system of experimental circuit are 400V/7A class. A three-phase DC reactor type FCL consists of three transformers, six diodes, one superconducting coil and one cryostat. The important point of experimental analysis is transient period, the operating lagging time of circuit breaker. As the results of the experiment, the values are referred to the limitation rate about 77% and 90% when the turns ratio of transformer was 1:1 and 2:1 respectively.

**Key Words** : Three-phase DC reactor type fault current limiter, short-circuit test, Superconducting coil

### 1. 서 론

고온초전도체의 발견은 기존의 전력계통이나 전력 기기의 개념을 새롭게 조명하는 계기를 만들었다. 이에 따라 세계 각국의 중전기 업체들은 모터, 발전기, 전력 송전케이블, 변압기, SMES 등 여러 분야에서 고온초전도체의 상용화를 위해 연구에 박차를 가하고 있다. 특히, 고온초전도한류기는 전력 계통의 송전단이나 배전단에 설치되어 사고로 인한 과전류를 감소시키는 설비로서 초전도 전력 기기 중 가장 상용화가 빠를 것으로 예상된다. 한류기의 장점은 전력계통의 용량증가로 인한 기존의 차단기의 성능을 향상시킬 때 발생하는 추가 비용을 줄일 수 있고 한류기 이하에 설치되어 있는 고가의 전력 기기를 효과적으로 보호할 수 있다는 점이다 [1-2].

현재 상용화를 위해 연구되고 있는 한류기는 크게 저항형, 유도형, 하이브리드형으로 나뉜다. 또, 유도형 한류기는 그 동작특성에 따라 자기차폐형, 포화리액터형, DC 리액터형태로 구분된다. 대부분의 한류기는 정상상태에서는 임피던스를 발생시키지 않다가, 사고상태가 되면 초전도체의 상전이를 통해 발생하는 임피던스를 이용하여 사고전류를 제한하는 형태이다. 그러나, 상전이가 많아질수록 초전도체의 성능은 점차적

으로 저하하게 되는 단점이 있다. 다른 형태의 한류기와는 달리 DC 리액터형태 한류기는 상전이를 발생하지 않고 초전도 코일의 인덕턴스를 이용하여 사고전류를 제한하는 구조로 되어 있기 때문에 초전도체의 성능저하를 줄일 수 있는 장점이 있다. 그러나, 제한된 초전도선재의 임계전류값으로 인해 DC 리액터형태 한류기의 상용화는 여러 기술적 어려움이 있다 [3].

이번 논문에서는 고온초전도체를 사용한 한류기를 상용화 하기 위한 사전단계로서 저온초전도체를 이용한 3상형 DC 리액터형태 한류기를 제작하여 실험하였고, 변압기의 권선비의 변화에 따른 한류기의 전류제한률을 알아보았다. 또한, 초전도코일의 인덕턴스 변화에 따른 사고전류제한률을 시뮬레이션을 통해 살펴보았다.

### 2. 구조 및 동작원리

#### 2.1 구조

DC 리액터형태 한류기의 구조를 대략적으로 살펴보면 계통과 한류기를 연결해 주는 변압기, 초전도 코일로 보낼 직류를 정류하는 다이오드, 사고 전류가 발생했을 때 그 전류를 제한하여 주는 초전도 코일과 초전도상태 유지를 위한 크라이오스태트로 이루어져 있다. DC 리액터형태를 3상의 계통에 설치하기 위해서는 단상형을 각각의 선로에 설치하는 방법과 하나의 3상형을 각각의 선로에 연결하는 방법이 있다. 단상 DC 리액터형태의 한류기는 기본적으로 다이오드 4개, DC전

\* 正 會 員 : 延世大學校 電氣電子工學科

\*\* 正 會 員 : 延世大學校 電氣電子工學科 教授 · 工博

\*\*\* 正 會 員 : 韓國電力研究院 責任研究員 · 理博

接受日字 : 2001年 7月 27日

最終完了 : 2002年 4月 19日

표 1 단상형과 3상형의 요소수량  
Table 1 The number of elements of single-phase & three-phase FCL in three-phase power system.

Type	Single-phase FCL	Three-phase FCL
Transformer	0	3
Diode	12	6
Superconducting coil	3	1
DC source	3	0
Cryostat	3	1

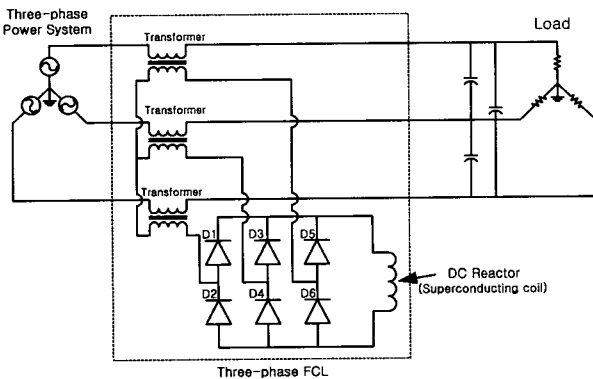


그림 1 3상 DC 리액터형태 한류기의 개략도  
Fig. 1 Schematic drawing of three-phase DC reactor type FCL

원 1개, 초전도코일 1개, 크라이오스태트 1개의 요소들로 구성된다. 이 단상형이 3상 계통의 각각의 선로에 설치되게 되면 요소 수량은 표 1의 개수가 필요하게 된다. 그러나, 그림 1의 3상 DC 리액터형태의 한류기는 단상형보다 요소의 수량을 줄일 수 있다. 표 I의 단상형과 3상형 DC 리액터형태 한류기의 요소 수량을 비교한 것이다. 삼상형은 단상형과 달리 변압기를 사용하게 되어 정상상태에서 변압기에 의한 전압강하가 발생하게 된다. 그러나, 변압기를 제외한 모든 요소의 수량에서 3상형의 요소가 단상형보다 적은 수량을 가지게 된다. 무엇보다도 요소의 제조비용 중 가장 큰 부분을 차지하는 초전도코일의 개수를 3개에서 1개로 줄일 수 있고, DC 전원의 필요성도 없어지게 되어 비용, 설치면적 면에서도 유리한 위치를 차지할 수 있다. DC 전원은 초전도코일에 흐르는 전류의 리플이 클 때 이를 보상해주는 것으로 삼상형의 경우 리플이 작아 필요성이 작아진다. 따라서, DC 리액터형태 한류기의 3상 계통에 대한 상용화를 위해서 그림 1의 구조는 많은 이점을 가지고 있다 [4-7].

## 2.2 동작원리

3상 DC 리액터형태 한류기의 기본적인 동작원리는 일반적인 브리지회로와 동일하다. 즉, 교류 전류를 정류하여 초전도 코일에 직류 전류를 흐르게 하는 것이다.

전력계통에 정상적 전원이 인가될 경우 초전도 코일에는

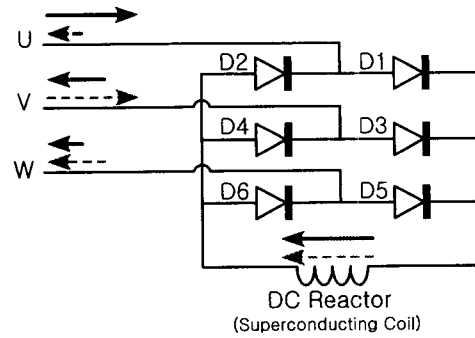


그림 2 브리지회로내의 전류흐름  
Fig. 2 Current flow in the bridge circuit

일정한 직류가 흐르게 된다. 그림 2는 브리지회로 내에서 전류의 흐름을 보여주고 있다. 이 그림에서 화살표의 크기와 방향은 전류의 크기와 방향을 도식화한 것이다. 브리지회로로 들어오는 전류들은 각각 고유의 3상 교류전류 위상차를 가지지만 초전도 코일을 통과하는 전류는 항상 일정함을 보여주고 있다. 다시 말해서,  $di/dt$ 가 0이므로 코일에 의한 전압강하는 거의 없는 것이다. 따라서, 회로 내에서의 전력 손실은 선재에 의한 손실, 변압기에 의한 손실, 다이오드에 의한 손실이다. 이 중 선재에 의한 손실은 구리선을 사용한 리액터와 비교할 때 초전도 선재를 사용하므로 손실이 없고 리액터의 크기도 작아지게 된다.

전력계통에 단락사고가 발생할 경우 각각의 다이오드에 걸리던 전압은 정상 상태에 비해서 수십 배 증가하게 되고, 사고전류가 초전도 코일을 통해서 흐르게 된다. 여기서 사고전류는 코일을 통과하게 되고 브리지회로를 통과하던 전류의 양은 증가하게 된다. 그러나, 코일의 인덕턴스로 인해 사고전류는 급격히 증가하지 못하고 서서히 증가하게 된다. 따라서, 사고가 발생하여도 초기에는 계통에 큰 영향을 미치지 못한다. 결과적으로 사고 전류가 완전히 증가하지 않은 상태에서 차단기가 동작하여 전원으로부터 회로를 차단할 경우 계통을 완벽하게 보호하게 되는 것이다.

## 3. 설계 및 제작

한류기 설치의 목적은 사고전류가 계통의 안전을 보장하는 임계값 이상을 넘지 않도록 하는 것이다. 계통에서 사고가 발생하면 차단기는 사고를 감지하고 차단기를 동작시킬 때까지 3~5사이클의 시간적 딜레이가 발생한다. 그 결과, 사고 후 3~5사이클 동안은 계통에 큰 사고 전류가 흐르게 되고, 이 사고 전류는 계통에 연결되어 있는 설비나 사람의 안전에 위협을 줄 수도 있다. 결국, 설계시 주목해야 할 점은 한류기는 사고 후 차단기가 동작하기까지의 기간인 5사이클동안 작동하도록 하는 것이다. 이와 같은 이유로 한류기를 어떤 계통에 설치할 목적으로 제작을 하기 위해서는 사전에 그 계통에서 요구하는 한류기의 용량에 따라서 각 요소들의 용량, 절연내력 등의 신뢰도에 대한 평가가 필요하다.

단락 실험을 하게 되면 계통의 90% 이상 전압이 한류기에 걸리게 된다. 좀 더 자세히 말하면 이 전압은 다이오드, 변압

표 2 실험용 한류기의 요소들의 사양  
Table 2 Specifications of elements for experimental FCL

Element	Value
Source	400V/7A
Load	30Ω
Diode in bridge circuit	800V/200A
Transformer	7.5kVA
Fault switch	440V/65A
Superconducting coil	25kJ

표 3 초전도코일의 사양  
Table 3 Specifications of superconducting coil

Element	Value
Inner diameter	∅160
Outer diameter	∅210
Height	180mm
Inductance	1.25H
Superconductor	Nb-Ti
Critical current	250A

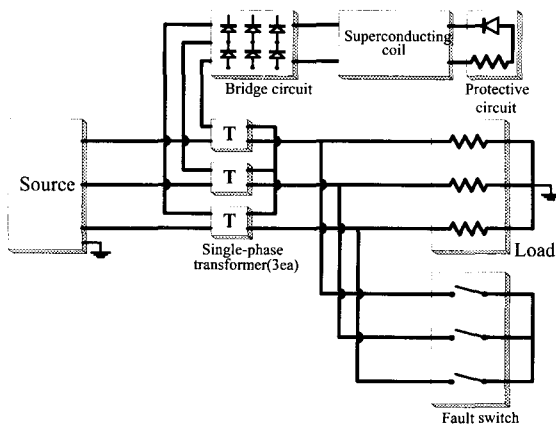


그림 3 실험용 한류기의 결선도  
Fig. 3 Experimental setup of FCL

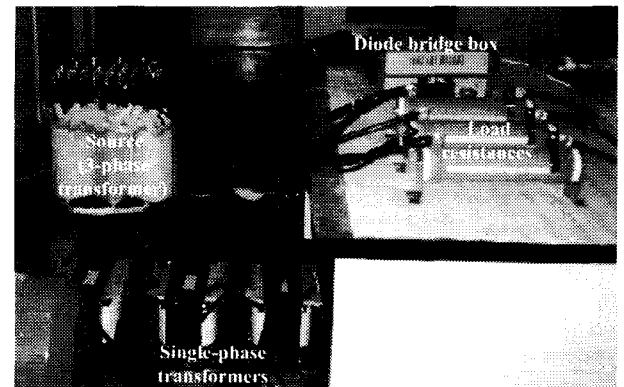


그림 4 단락실험 중인 한류기  
Fig. 4 A photograph of FCL at a short-circuit test

기, 초전도코일에 걸리게 되는 것이다. 이런 이유로 이번 실험용 3상 DC 리액터형태 한류기는 설계시 컴퓨터 시뮬레이션에 의해 요소들의 사양이 결정되었다. 표 2는 이번 실험용 3상 DC 리액터형태 한류기의 요소 사양이다.

특히, 초전도코일은 임계전류가 무엇보다도 중요한 고려사항이 된다. 이번 실험에서는 임계전류값이 250A, 인덕턴스가 1.25H, 용량이 25kJ인 저온 초전도코일을 사용하였고 한류기는 사고후에도 임계전류값인 250A를 넘지 않도록 설계되었다. 초전도코일의 사양은 표3과 같다.

단락실험은 사고스위치를 ON하여 단락사고를 낸 후 5사이클이 지나게 되면 다시 사고스위치를 OFF하는 시퀀스로 수행된다. 사고가 나면 한류기의 초전도코일에는 전류가 증가하게 된다. 5사이클동안 전류가 증가하다가 다시 사고상태를 제거하면 계통에는 정상전류가 흐르게 되지만 한류기내에는 아직 사고 전류가 존재하게 된다. 초전도코일에 충전된 사고 전류가 한류기내에 계속해서 흐르는 것이다. 이는 초전도코일의 저항이 0이기 때문에 사고전류가 남아있게 되는 것이다.

따라서, 실험의 안전을 위해서 그림 3에서처럼 사고상태가 끝나게 된 후 초전도코일에 남아있는 사고전류를 제거하기 위해 초전도코일에 보호회로를 장착하였다. 그림 3은 3상 DC 리액터형태 한류기의 요소들의 결선도이다.

#### 4. 실험결과 및 고찰

한류기 단락실험의 목적은 한류기가 전력계통의 안정도 향상에 기여하는 정도를 알아보기 위해서이다. 전력계통의 안정도 해석은 정상상태 해석과 과도상태 해석 두 가지로 나뉜다. 한류기는 사고 발생에서 차단기가 동작을 완료할 때까지의 시간인 사고 후 5사이클이 주 동작시간이다. 따라서, 이번 논문에서는 과도상태의 단락특성을 중점적으로 살펴보았다. 그림 4는 단락실험 중인 한류기의 모습이다. 실험은 변압기의 권선비를 각각 1:1과 2:1로 하여 수행되었다.

##### 4.1 변압기의 권선비가 1:1일 경우의 3상 단락사고

변압기의 권선비가 1:1인 경우 변압기의 2차측 즉, 한류기에는 계통의 피크치 전류와 같은 크기의 전류가 흐르게 된다.

그림 5는 계통에 사고가 난 후 각각의 선전류를 보여주는 데 DC 리액터형태 한류기 하나만으로 각각의 사고전류를 모두 제한함을 볼 수 있다. 그림을 보면 저항형 등의 한류기와는 달리 사고전류가 점차적으로 증가하는 것을 알 수 있다. 저항형의 한류기는 초전도체가 상전이를 이용하여 사고전류를 제한하는 것이다. 따라서, 한류기에 의한 임피던스 발생에 약간의 시간적 딜레이가 생기게 된다. 그러나, DC 리액터형태 한류기는 그런 시간적 지연없이 사고 후 바로 자동적인 임피던스를 발생하게 된다. 이는 DC 리액터형태 한류기는 상

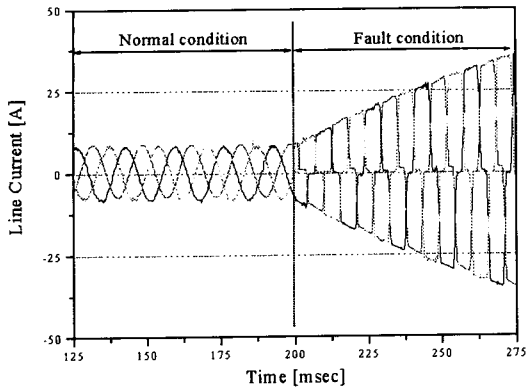


그림 5 변압기의 권선비가 1:1일 때 선전류  
Fig. 5 Line current with 1:1 turns ratio

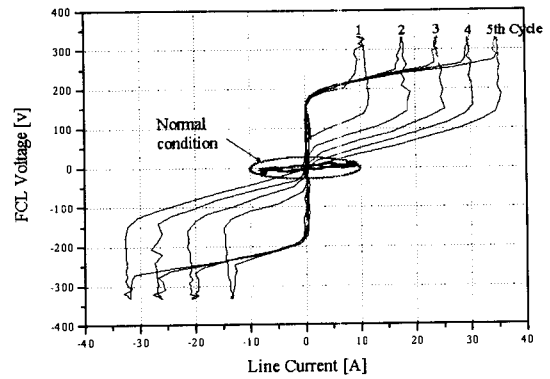


그림 7 변압기의 권선비가 1:1일 때 한류기의 임피던스  
Fig. 7 Impedance with 1:1 turns ratio

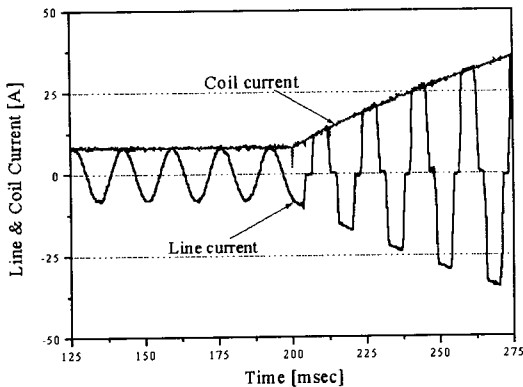


그림 6 변압기의 권선비가 1:1일 때 선전류와 코일전류  
Fig. 6 Line current and coil current with 1:1 turns ratio

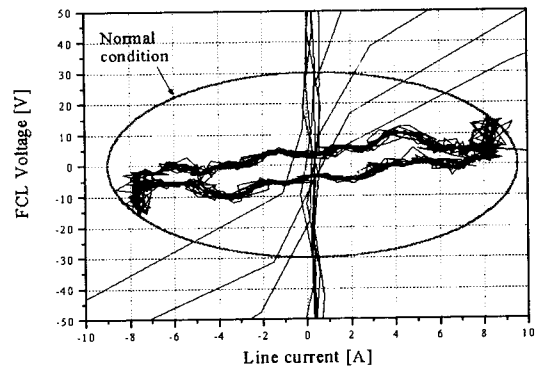


그림 8 권선비가 1:1일 때 정상상태에서의 임피던스  
Fig. 8 Impedance with 1:1 turns ratio in normal condition

전이를 이용하여 전류를 제한하는 원리가 아니라, 초전도코일의 인덕턴스를 이용하는 것이기 때문이다.

그림 6은 한류기의 초전도코일에 흐르는 전류와 계통에 흐르는 선전류를 보여준다. 초전도코일에 흐르는 전류는 선전류의 피크를 따라 흐름을 볼 수 있다. 또, 초전도코일에 흐르는 전류는 정상상태, 사고상태에 관계없이 항상 DC임을 보여준다. 단지 그 크기만이 변하는 것이다. 이것은 정상상태에서 0이었던  $di/dt$ 가 사고가 난 후 발생하는 것이다. 따라서, 발생한  $di/dt$ 는 결국 초전도코일에 의한 전압강하를 발생시키게 되는 것이다. 그림을 보면 정상상태에서는 8.1Apeak가 계통에 흐르다가 사고 후 5사이클이 지나면 36Apeak까지 전류가 증가함을 알 수 있다. 이는 한류기가 없을 때 생기는 사고전류 157Apeak의 약 77%가 한류기에 의해 제한된 것이다.

그림 7은 한류기에 의해 발생하는 임피던스를 보여준다. 이상적인 한류기는 정상상태에서는 임피던스가 0이다가 사고상태가 되면 급격하게 큰 임피던스를 발생한다. 그림 7에서 알 수 있듯이 사고가 난 후 5사이클동안 그림과 같은 기울기가 가지는 V-I곡선을 보이고 있다. 기울기가 급격한 부분은 그림 6에서 선전류와 코일전류가 만나는 부분, 즉 리액터에 의해 전류가 실질적으로 기울기가 완만한 부분은 그림 6에서 선전류와 코일전류가 만나지 않는 부분으로써 다이오드에 의해 스위칭되면서 전류가 교번하는 부분이다.

그림 8은 DC 리액터형태 한류기의 정상상태의 임피던스를 자세히 보여준다. 정상상태에서 나타나는 임피던스는 거의 변압기에 의한 것이다. 이것은 주로 변압기의 동손과 누설자속에 의해서 발생하는 손실로 추정되며 약 1.25Ω의 임피던스를 발생하고 있음을 볼 수 있다.

#### 4.2 변압기의 권선비가 2:1일 경우의 3상 단락사고

그림 9는 변압기의 권선비를 2:1로 하였을 경우 초전도코일과 선전류를 보여 주고 있다. 그림 9는 그림6과는 달리 코일전류가 선전류의 피크치를 따라 흐르지 않고 있다. 이는 권선비가 2:1이므로 변압기의 2차측인 한류기에 선전류의 피크치의 2배의 크기를 가지는 코일전류가 흐르는 것이다. 또한, 5사이클후의 선전류는 15Apeak로 사고전류 157Apeak의 약90%를 제한하고 있다. 이처럼 권선비가 1:1인 경우보다 전류제한능이 커진 이유는 초전도코일의 인덕턴스가 권선비에 의해 4배로 증가된 효과를 보이기 때문이다. 이는 변압기의 1차측에서 본 등가 임피던스가 4배로 증가함을 의미한다. 또한, 코일전류의 최대값은 권선비 1:1의 경우와 비슷하게 됨을 볼 수 있다.

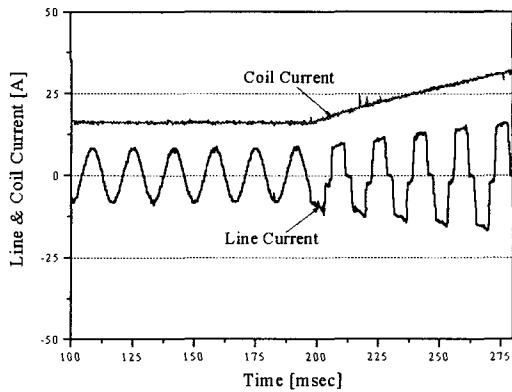


그림 9 변압기의 권선비가 2:1일 때 선전류와 코일전류  
Fig. 9 Line current and coil current with 2:1 turns ratio

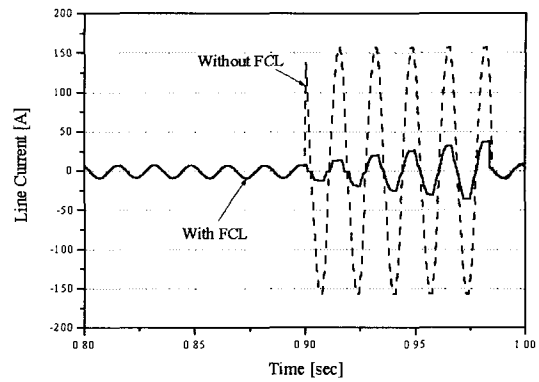


그림 11 권선비가 1:1인 한류기가 있는 경우와 한류기가 없는 경우의 선전류  
Fig. 11 Line current both with FCL having 1:1 transformers and without FCL

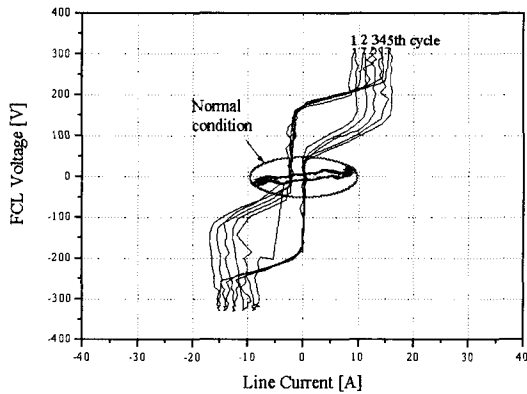


그림 10 변압기의 권선비가 2:1일 때 한류기의 임피던스  
Fig. 10 Impedance with 2:1 turns ratio

그림 10은 권선비가 2:1인 경우의 한류기 임피던스를 보여주고 있다. 그림 7과 비교 해 볼 때 사고 후 발생하는 임피던스의 지속시간이 권선비 1:1의 경우에 비해 훨씬 길어짐을 알 수 있다. 그림 7과 그림 10의 5번째 사이클의 V-I 곡선을 비교해보면 기울기의 차이를 쉽게 확인할 수 있다. 즉, 그림 7은 기울기가 점점 완만해지는 추세를 보여주고 있으나 그림 10은 V-I 곡선이 큰 변화 없이 임피던스를 유지하고 있음을 보여준다. 그러나, 정상상태에서 한류기의 임피던스는 약 2.5Ω으로 1:1인 경우에 비해 증가하였는데 이는 변압기 2차측의 전류증가로 인해 변압기손이 증가한 것으로 추정된다.

### 5. 시뮬레이션 및 고찰

시뮬레이션은 실험과라미터들을 동일하게 적용하였고 단락 조건은 사고지점에서 부하저항을 동시에 0으로 만들어 사고를 표현하였다.

그림 11은 한류기가 없는 경우의 선전류와 권선비가 1:1인 경우의 선전류를 보여주고 있다. 이는 DC 리액터형태 한류기의 전류제한특성을 명확하게 보여준다. 그림 12는 각각의 변압기 권선비에 따른 사고 전류제한률을 코일 인덕턴스에 따라 시뮬레이션한 것이다. 전류제한률은 다음과 같이 정의하였다.

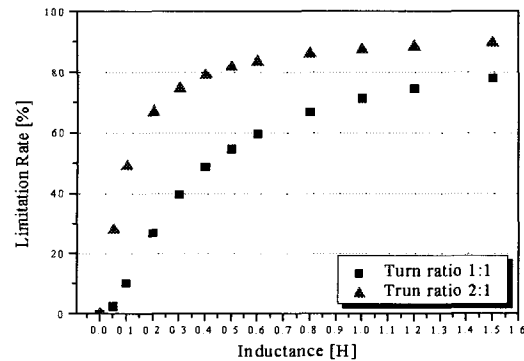


그림 12 인덕턴스에 따른 전류제한률  
Fig. 12 Limitation rate with respect to coil inductance

$$LR = \frac{I_{WOF} - I_{WF}}{I_{WOF}} \times 100(\%) \quad (1)$$

LR : Limitation rate.

$I_{WOF}$  : Peak of line current without FCL in fault.

$I_{WF}$  : Peak of line current with FCL in fault.

그림 12를 보면 권선비가 2:1인 경우가 1:1인 경우보다 훨씬 큰 전류제한률을 가진다. 다시 말하면, 같은 전류제한률인 경우 권선비가 2:1인 경우가 1:1인 경우보다 요구되는 코일 인덕턴스가 훨씬 작아짐을 말한다. 그러나, 권선비를 크게 하면 초전도코일에 흐르는 전류도 커져 초전도코일의 임계전류값을 넘을 우려가 있다. 그림 12의 결과는 초전도코일의 설계시 계통의 안전이 보장되는 한계전류, 초전도코일의 임계전류와 더불어 초전도코일의 설계에 유용한 자료로 사용될 수 있을 것이다.

### 6. 결 론

본 연구에서는 400V/7A급의 전력계통을 위한 저온초전도체를 이용한 3상 DC 리액터형태 한류기를 제작하여 단락실

험을 수행하였다. 이번 실험을 통해 3상형의 DC 리액터형태 한류기는 단상형과는 달리 하나의 초전도 코일로 사고전류 효과적으로 제한할 수 있음을 확인하였다. 그리고, 변압기의 권선비가 1:1인 경우는 약 77%, 2:1인 경우 약 90%의 사고전류가 제한됨을 알 수 있었다. 또한, 시뮬레이션을 통해 초전도코일의 인덕턴스에 따른 사고전류 제한특성도 알아보았다. 이는 한류기의 설계시 변압기 권선비에 대한 최적화를 통해 원하는 전류제한특성을 얻는데 중요한 파라미터로서의 역할을 할 수 있을 것으로 사료된다. 고온초전도체를 이용한 DC 리액터형태 한류기의 설계시에는 계통이 허용하는 한계전류, 고온초전도 코일의 임계전류값에 따라 변압기의 권선비를 조정함으로써 원하는 전류제한성능을 가질 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] T. Yazawa, E. Yoneda, J. Matsuzaki, M. Shimada, T. Kuriyama, S. Nomura, T. Ohkuma, Y. Sato, and Y. Takahashi, "Design and test results of 6.6kV High-TC superconducting fault current limiter" IEEE Trans on Applied Superconductivity, vol. 11, no. 1, pp. 2511-2514, March, 2001.
- [2] M. Sjöström and D. Politano, "Technical and economical impacts on a power system by introducing an HTS FCL", IEEE Trans on Applied Superconductivity, vol. 11, no. 1, pp. 2042-2045, March, 2001.
- [3] S. J. Lee, C. J. Lee, T. J. Kim, and T. K. Ko, "The conceptual design and estimate superconducting magnetic energy storage device for improvement of power system stability", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 제7권, pp. 19-21, 1999
- [4] T. Nomura, M. Yamaguchi, S. Fukui, K. Yokoyama, T. Satoh, and K. Usui, "Single DC reactor type fault current limiter for 6.6 kV power system", IEEE Trans on Applied Superconductivity, vol. 11, no. 1, pp. 2090-2093, March, 2001.
- [5] K. Yokoyama, T. Sato, T. Nomura, S. Fukui, and M. Yamaguchi, "Application of single DC reactor type fault current limiter as a power source", IEEE Trans on Applied Superconductivity, vol. 11, no. 1, pp. 2106-2109, March, 2001.
- [6] T. Satoh, M. Yamaguchi, S. Fukui, K. Morikoshi, K. Kaiho, T. Matsumura, H. Shimizu, and N. Murayama, "Three-phase fault current limiter with one DC S/N transition element", IEEE Trans on Applied Superconductivity, vol. 11, no. 1, pp. 2398-2401, March, 2001.
- [7] 일본 전기 학회 기술보고, "고장전류 억제용 한류기술의 현상과 전망", 제709호, 1991년 1월.

저 자 소 개



이 응 로 (李應魯)

1975년 12월 5일생, 2000년 건국대 공대 전기공학과 졸업, 2002년 연세대 대학원 전기전자공학과 졸업(공학석사)  
C.P:016-479-2489  
email:unglo@hanmail.net



이 찬 주 (李燦周)

1972년 2월 20일생, 1995년 연세대 공대 전기공학과 졸업, 1997년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학석사), 현재 동 대학원 전기전자공학과 박사과정  
C.P:019-322-2084, Fax:393-2834  
E-mail:coldzoo@yonsei.ac.kr



이 승 제 (李丞濟)

1974년 5월 30일생, 1997년 연세대 공대 전기공학과 졸업, 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학석사), 현재 동 대학원 전기전자공학과 박사과정  
C.P:017-221-7967, Fax:393-2834  
E-mail:munz74@hotmail.com



고 태 국 (高太國)

1955년 7월 4일생, 1981년 연세대학교 전기공학과 공학사, 1983년 Case Western Reserve University 공학석사, 1986년 동 대학원 공학박사, 1986~88년 미국 Ohio Cleveland State University 조교수, 현재 연세대학교 전기전자공학과 교수, 현재

한국초전도저온공학회 총무이사  
C.P:011-283-3377, Fax:393-2834  
email:tkk@yonsei.ac.kr



현 옥 배 (玄錡培)

1953년 2월 11일생, 1976년 연세대학교 물리학과 졸업(학사), 1987년 Iowa State Univ. Ph.D (고체물리학), 1987년~1991년 Ames Lab. postdoctoral fellow, 1991년~1992년 NIST 연구원, 1992년~1995년 ISTEC(일본) Fellow, 현재 전

력연구원 책임연구원  
Tel:042-865-5971  
email:hyun@cepri.re.kr