

# 자속구속형 고온초전도 전류제한기의 켄치특성

임성훈\*, 한태희", 박형민"", 조용선"", 이나영"", 황종선"", 최효상"", 한병성"  
송실대학교 전기공학부\*, 전북대학교 전자정보공학부", 조선대학교 전기공학과"",  
남도대학 컴퓨터응용전기과""

## Quench characteristic of flux-lock type HTSC FCL

Lim Sung-Hun\*, Tae-Hee Han", Hyoung-Min Park"", Yong-Sun Cho"", Na-Young Lee"", Jong-Sun Hwang"",  
Hyo-Sang Choi"", Byoung-Sung Han"

Dept. of Electrical Engineering, Soongsil Uni.\*

Division of Electronics and Information Engineering, Chonbuk National Uni."

Electrical Engineering Dept. Chosun Uni.""

Department of Electrical Engineering, Namdo Provincial College""

### Abstract

The quench characteristics of flux-lock type high-Tc superconducting fault current limiters(SFCL) was investigated.  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ (YBCO) thin film was used as the current limiting elements of the flux-lock type SFCL. The quench characteristics of current limiting elements consisting of the flux-lock type SFCL was more improved than that of the resistive type SFCL.

**Key Words :** quench characteristics, flux-lock type SFCL, current limiting elements

## 1. 서 론

실계통 적용을 위한 고온초전도 전류제한기 개발을 위해서는 단위 고온초전도소자의 직병렬 연결을 통한 용량증대가 필수적이며 재료적인 제약을 극복하기 위해 단위소자가 갖는 통전용량과 한류저항을 증가시키기 위한 방안이 요구되고 있다.

자속구속형 고온초전도 전류제한기는 단위소자가 갖는 통전용량을 증가시킬 수 있을 뿐 아니라 사고초기에 제한되는 전류크기를 구성하고 있는 코일의 인덕턴스를 조절하여 설정할 수 있으며 자체 인가코일을 이용하여 별도의 전원없이 한류동작시에만 자계가 시편에 가해지는 특징이 있다.

본 논문에서는 고온초전도 박막을 이용한 자속구속형 고온초전도 전류제한기의 전류제한 특성을 분석하였으며 사고시 고온초전도 박막의 켄치특성

을 고온초전도 박막 단독으로 동작하는 경우, 즉 저항형으로 동작시의 켄치특성과 비교분석하였다.

고온초전도 박막의 안정된 범위에서 동작되도록 설계할 경우 저항형으로 동작시보다 향상된 켄치특성을 얻을 수 있었다.

## 2. 본 론

### 2.1 자속구속형 고온초전도 전류제한기의

#### 구조 및 동작원리

자속구속형 고온초전도 전류제한기의 구성은 그림 1에 보인바와 같이 철심코어를 매개로 코일 1, 2는 병렬로 쇠교자속의 증감 여부에 따라 가극성 또는 감극성으로 연결되고 코일 2에 고온초전도 소자가 연결된다.

$N_1, N_2$  를 각 코일 1, 2의 턴수라 하고 각 코일에 유기되는 전압을  $V_1, V_2$  라 하면 각 코일의 전압은 식 (1)과 (2)와 같이 표현된다.

$$V_1 = N_1 \frac{d\Phi}{dt} \quad (1)$$

$$V_2 = \pm N_2 \frac{d\Phi}{dt} \quad (2)$$

사고전의 고온초전도소자의 양단전압은 0이 되므로 코일 1과 2의 양단전압은 같게 되어 다음식이 성립된다.

$$(N_1 \pm N_2) \frac{d\Phi}{dt} = 0 \quad (3)$$

여기서  $N_1 \pm N_2 \neq 0$ 이 성립하면  $\frac{d\Phi}{dt} = 0$ 이 성립되며 각 코일에 쇄교하는 자속은 시간적으로 변하지 않게 되므로 각 코일에 유기되는 전압은 식 (4)과 같이 제로가 된다.

$$V_1 = V_2 = 0 \quad (4)$$

사고가 발생되어 임계전류를 넘는 전류가 고온초전도소자에 흐르게 되면 발생된 고온초전도 저항으로 인해 쇄교자속에 시간변화가 생겨 각 코일에 전압이 유기되고 이로 인해 사고전류는 제한된다.

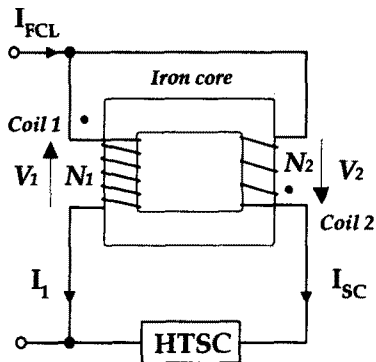


그림 1. 자속구속형 고온초전도 전류 제한기의 구조

### 3. 실험결과 및 고찰

자속구속형 고온초전도 전류제한기를 구성하는 고온초전도 소자는 금 코팅된  $YBa_2Cu_3O_7$ 박막을

이용하였으며 photolithography기술을 이용하여 폭 2mm, 전체길이 420mm인 14개의 스트립을 갖는 meander형태로 제작하였다. 철심코어를 매개로 누설인덕턴스를 최소화하기 위해 코일 1과 2를 동일 레그에 감극방향으로 직충하여 자속구속형 리액터를 제작하였다.

실험조건은 전원전압 50 V<sub>rms</sub>에서 0도사고를 5주기동안 유지시켰으며 선로저항은 제한기가 설치되지 않은 경우 사고전류계산을 용이하게 하기 위해 1Ω으로 설정하였다.

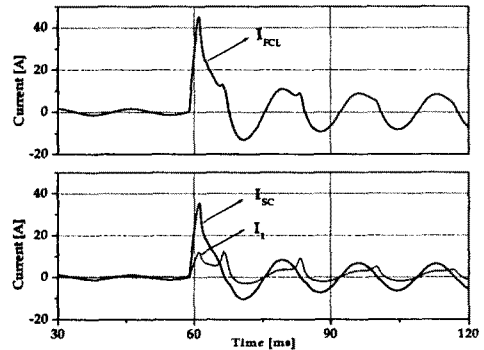


그림 2. 선로전류를 포함한 각 코일의 전류파형

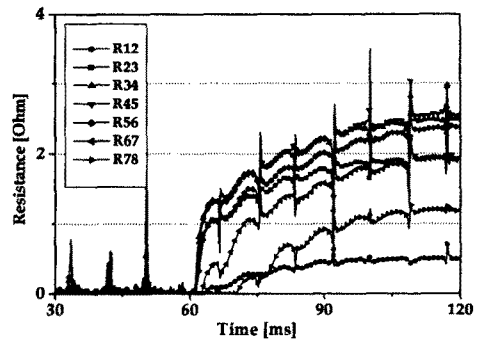


그림 3. 자속구속형 고온초전도 전류제한기의 사고전후 고온초전도소자의 각 스트립의 저항 발생곡선

그림 2는 자속구속형 고온초전도 전류제한기의 사고발생시 선로전류를 포함한 각 코일에 흐르는 전류파형을 보여주고 있다. 코일 2에 흐르는 전류

는 사고발생 후 고온초전도 소자의 임계전류값을 넘어 최대값에 도달된 후 그 크기가 감소되는 것을 볼 수 있다. 코일 1에 흐르는 전류 또한 코일 2에 흐르는 전류가 감소되는 시점부터 감소되는 것을 볼 수 있으며 사고 첫 주기에서 코일 2에 흐르는 전류보다 뒤진 위상으로 인해 두 번째 피크가 발생하는 것을 볼 수 있으며 이후 고온초전도 소자의 저항이 증가됨에 따라 나타나지 않게 되는 것을 관찰할 수 있다.

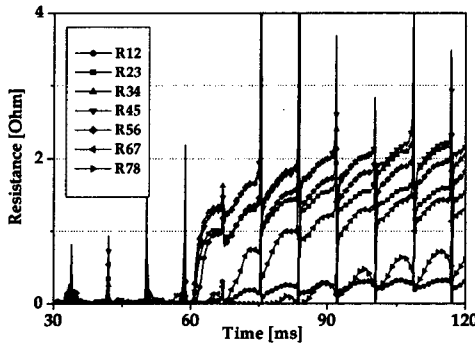


그림 4. 저항형 고온초전도 전류제한기의 사고전후 고온초전도 소자의 각 스트립의 저항발생 곡선

그림 3은 자속구속형으로 동작시 고온초전도소자의 각 스트립에서의 저항발생을 보여 주고 있으며 사고 발생후 약 10ms가 지난 뒤 완전퀠치가 이루어지는 것을 볼 수 있다. 반면에 저항형으로 동작시 고온초전도 소자의 완전퀠치가 이루어지는 시간은 약 25ms가 걸리는 것을 그림 4로부터 비교할 수 있으며 이는 자속구속형 고온초전도 전류제한기가 기존의 저항형 전류제한기보다 고온초전도 소자의 퀠치시간을 단축시킬 수 있음을 보여주는 결과이며 향후 이에 대한 연구를 진행하고자 한다.

#### 4. 결 론

자속구속형 고온초전도 전류제한기의 동작원리와 특성을 분석하였으며 고온초전도 소자로서 YBCO 고온초전도 박막을 이용하여 전류제한특성 실험을 수행하였다. 사고시 고온초전도 박막의 퀠치특성을 고온초전도 박막 단독으로 동작하는 경우, 즉 저항

형으로 동작시의 퀠치특성과 비교분석하였다.

고온초전도 박막의 안정된 범위에서 동작되도록 설계할 경우 저항형으로 동작시보다 향상된 퀠치 특성을 얻을 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

- [1] V. D. Pham, Y. Laumoud, T. Verhaege, A. Fevrier, M. Collet, M. Bekhaled, "Towards The Superconducting Fault Current Limiter", *IEEE Trans. on Appl. Supercond.*, Vol. 6, pp. 801-808 April 1991.
- [2] Yu Jiang, Shi Dongyuan, Duan Xianzhong, Tang Yuejin, Cheng Shijie, "Comparison of superconducting fault current limiter in power system", *IEEE Power Engineering Society Summer Meeting*, Vol. 1, pp.43-47, 2001.
- [3] Lin Ye, LiangZhen Lin, Klaus-Peter Juengst, "Application Studies of superconducting Fault Current Limiters in Electric Power Systems", *IEEE Trans. on Appl. Supercond.*, Vol. 12, No. 1, pp.900-903, Mar., 2002.
- [4] X. Grandos, T. Puig, J. Teva, E. Mendoza and X. Obradors, "Quench Behavior of the Switching Elements of a Hybrid HTS Current Limiter", *IEEE Trans. on Appl. Supercond.*, Vol. 11, No. 1, pp.2406-2409, Mar. 2001.