

# 일체화된 삼상자속구속형 고온초전도 전류제한기의 켄치특성에 관한 연구

두승규, 두호익, 박충렬, 최병환, 김민주, 김용진, 한병성  
전북대학교 전기공학과

## A Study on Quench Characteristics of HTSC Element in Integrated Three-phase Flux-lock Type Superconducting Fault Current Limiter

Seung-Gyu Doo, Ho-Ik Du, Chung-Ryul Prak, Byoung-Hawn Choi, Min-ju Kim, Yong-Jin Kim and Byoung-Sung Han  
Chonbuk National Univ.

**Abstract :** We investigated the quench characteristics in integrated three-phase flux-lock type superconducting fault current limiter (SFCL), which consisted of three-phase flux-lock reactor wound on one iron core with the same turn's ratio between coil 1 and coil 2 for each single phase. To study the quench characteristics of the SFCL, the experiments was performed on various fault type such as the single line-to-ground fault, the double line-to-ground fault, the triple line-to-ground fault. From the experimental results, the generated point of element resistances was different on various fault type

**Key Words :** integrated three-phase flux-lock type SFCL, fault type, generated point of element resistances

### 1. 서 론

최근 전력수요의 증가에 따른 설비 증설로 인해, 전력 계통에서의 사고시 사고전류가 꾸준히 증가하고 있다. 차단기는 기존 사고전류의 해결책으로 가장 널리 사용되고 있으나 사고전류를 차단하기까지 계통에는 정상전류의 수십배에 해당하는 전류가 흐르기 때문에 계통의 안정성이 떨어지고 전력기기의 수명이 단축되는 문제점이 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방안으로 최근 고온 초전도 전류제한기(SFCL)에 대한 연구가 대두되고 있다.[1~3]

본 논문에서는 전류제한기의 여러 형태 중 자속구속형 전류제한기를 우리가 사용하는 삼상 전력시스템에 적용하기 위해 일체화된 삼상자속구속형 전류제한기를 설계, 제작하였다.[4] 또한, 실험을 통해 1선, 2선, 3선 지락 사고시 초전도 소자의 켄치 특성을 살펴보았다.

### 2. 본 론

#### 2.1 일체화된 삼상자속구속형 고온초전도 전류제한기의 실험회로 및 동작원리

일체화된 삼상자속구속형 전류제한기의 실험회로는 그림 1에 나타내었다. SW<sub>1</sub>을 통해 삼상전원(400V<sub>rms</sub>)을 공급해주고, SW<sub>2</sub>를 닫아 지락사고를 모의하였다. 고온초전도 소자는 켄치 특성 분석을 위해 각 상에 3개의 소자를 병렬연결 하였다.

일체화된 삼상자속구속형 전류제한기는 하나의 철심을 매개로 세 개의 코일을 감은 형태로써, 사고 발생전에는 1, 2차 코일에서 발생하는 자속이 서로 상쇄되어 철심 내부에 자속은 나타나지 않지만, 임의의 상에서 사고가 발생할 경우 사고전류로 인한 고온초전도 소자의 켄치로 코일의 쇄교자속이 시간에 따라 변화가 생기게 되어 사고

전류가 제한된다.

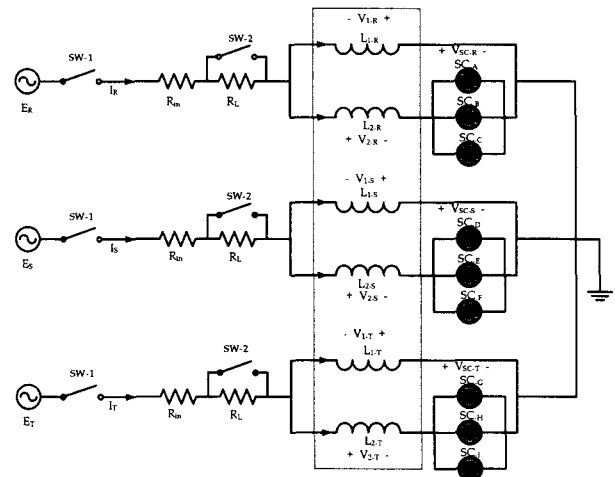


그림 1. 일체화된 삼상자속구속형 전류제한기의 회로도

### 3. 결과 및 고찰

그림 2는 일체화된 삼상자속구속형 전류제한기의 감극 결선한 경우 R상 기준 0°일 때, 1선 지락 사고시 R상의 초전도 소자에 흐르는 전류와 발생된 저항 곡선을 나타낸다. 초전도 소자의 임계전류 특성의 차이로 사고 발생 직후에 임계특성이 더 우수한 소자 A로 상대적으로 많은 전류가 흐르기 때문에 3주기 이후 소자 A의 저항은 54 옴 소자 B, C의 저항 36 옴, 32 옴에 비해 급격히 증가되는 것을 확인할 수 있다.

그림 3은 R상 기준 0°일 때, R, S상 2선 지락 사고시 일체화된 삼상자속구속형 전류제한기를 감극 결선한 경우 R, S상에서 각각의 초전도 소자에 흐르는 전류와 소자에서 발생된 저항을 나타낸다. 그림 3에서 1선 지락에서와 같이 소자의 임계특성의 차이로 각 상에서 소자에 발생된

저항의 크기가 다르게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 각 상의 켄치 발생 시점은 R상 61.2 msec, S상 60.2 msec 으로 다른 것을 확인할 수 있다. 이는 사고발생 시점이 R 상은 0° 사고이지만 S상은 240° 사고이므로 S상에 보다 빠른 켄치가 발생하였다.

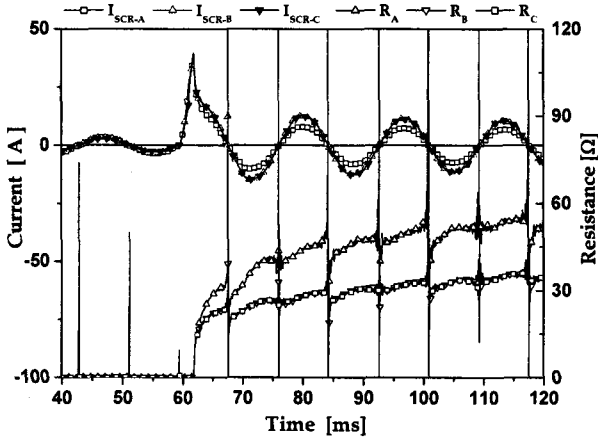


그림 2. 감극 결선한 경우 R상 1선 지락 사고시 소자에 흐르는 전류와 소자 발생 저항 파형.(R상 기준 0° 사고시)

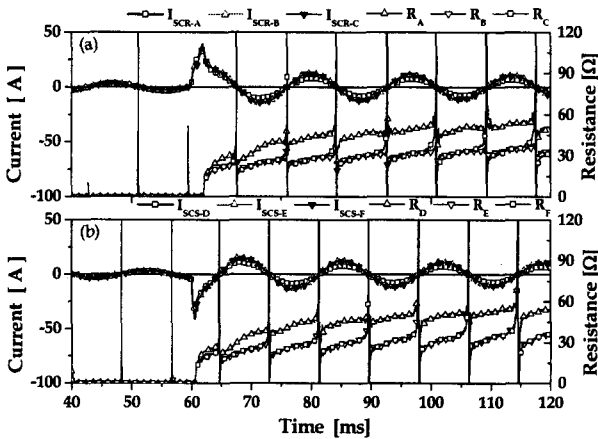


그림 3. 감극 결선한 경우 R, S상 2선 지락 사고시 소자에 흐르는 전류와 소자 발생 저항 파형.(R상 기준 0° 사고시) (a) R상 (b) S상

그림 4는 R상 기준 0°일 때, R, S, T상 3선 지락 사고시 일체화된 삼상자속구속형 전류제한기를 감극 결선한 경우 R, S, T상에서 각각의 초전도 소자에 흐르는 전류와 소자에서 발생된 저항을 나타내고 있다. 각 상의 켄치 발생 시점은 R상 61.1 msec, S상 59.5 msec, T상 59.8 msec 로 확인할 수 있다. R상 기준에서 S상은 -120°사고이며 T상은 120° 사고로 같은 사고 시점이지만, T상 소자들의 켄치 보다 S상 소자들의 켄치가 빠르게 발생하는 것을 확인할 수 있다. 이는 S상은 사고전류가 음의 피크로 증가하는 시점이고, T상은 사고전류가 양의 피크에서 감소하는 시점에서 사고가 발생하였기 때문이다.

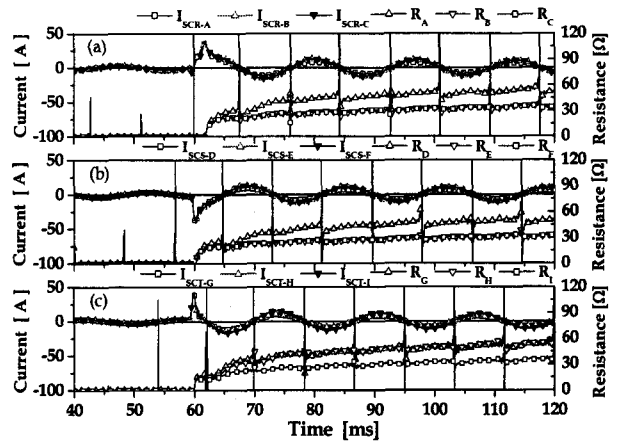


그림 4. 감극 결선한 경우 R, S, T상 3선 지락 사고시 소자에 흐르는 전류와 소자 발생 저항 파형.(R상 기준 0° 사고시) (a) R상 (b) S상 (c) T상

#### 4. 결론

본 논문에서는 일체화된 삼상자속구속형 고온초전도 전류제한기의 켄치특성을 분석하였다. 실험 결과로부터 소자의 임계특성 차이로 인해 발생된 저항의 크기가 다르게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 또한 켄치발생 시점은 사고 시점에서 각 상의 사고각과 사고전류의 진행 방향에 의해 결정되는 것을 확인할 수 있었다.

#### 참고 문헌

- [1] L. Salasoo, A. F. Imece, R. W. Delmerico, and R. D. Wyatt, "Comparison of superconducting fault limiter concepts in electric utility applications". IEEE Trans. on Appl. Supercond. Vol. 5, No. 2, pp.1079, 1995
- [2] 박형민, 최효상, 조용선, 임성훈, 박충렬, 한병성, "사고각에 따른 자속구속형 전류제한기의 전류제한특성". 한국 전기전자 재료학회 논문지. 제 18권, 8호, p747. 2005
- [3] 박충렬, 임성훈, 박형민, 최효상, 한병성, "자속구속형 전류제한기의 초기 사고전류 제한시점 변화". 한국 전기전자 재료학회 논문지. 제 18권, 3호, p269. 2005
- [4] S.H. Lim, H.S. Choi, B.S. Han 'Quench characteristics of current limiting elements in flux-lock type superconducting fault current limiter" IEEE Trans. on Appl. Supercond., Vol. 16, No 2, pp. 670-673, June 2006