

## 턴수 변화에 따른 초전도 전류제한기의 회복특성 분석

한태희, 조용선, 박형민, 남궁현, 이나영, 최효상, 임성훈\*, 정동철\*\*, 황중선\*\*\*, 최명호\*\*\*\*, 한병성\*\*\*\*\*  
 조선대학교, 송실대학교\*, 우석대학교\*\*, 남도대학\*\*\*, 보건대학\*\*\*\*, 전북대학교\*\*\*\*\*

### Recovery Characteristics of SFCL According to the Turn's Variation

Tae-Hee Han, Yong-Sun Cho, Hyoung-Min Park, Guong-Hyun Nam, Na-Young Lee, Hyo-Sang Choi,  
 Sung-Hun Lim\*, Dong-Chul Chung\*\*, Jong-Sun Hwang\*\*\*, Myoung-Ho Choi\*\*\*\*, Byoung-Sung Han\*\*\*\*\*  
 Chosun Univ., Soongsil Univ.\*, Woosuk Univ\*\*, Namdo College\*\*\*, Kwangju Health College\*\*\*\*, Chonbuk Univ.\*\*\*\*\*

**Abstract :** The flux-lock type superconducting fault current limiter (SFCL) has the attractive characteristics that can adjust the current limiting level by the turns' ratio between two coils. Since the recovery characteristics of a superconducting element in the flux-lock type SFCL were dependent on the turns' ratio between two coils, the analysis for the recovery characteristics of this type SFCL together with the current limiting characteristic is necessary to apply it to power system. When the applied voltage and load impedance were same, the recovery time of the superconducting element was 0.32sec in case that the turn's ratio between the primary and secondary windings was 63:21. In the meantime, when the turn's ratio of secondary winding increased to 3 times, the recovery time became longer to 0.58sec.

**Key Words :** Fault current limiter, quench, superconducting, recovery.

### 1. 서론

매년 국내의 전력계통은 전력수요의 증가로 사고전류가 증가되고 있다. 이러한 사고전류는 차단기의 차단내력을 초과하고 있으며 그 수는 더욱 증가할 것으로 예상된다. 사고전류의 대책으로 여러 가지 장치들이 고안되고 있다. 그 중 초전도 전류제한기는 사고전류를 대폭 감소시켜 차단기 용량을 증대시키는 효과가 있어 국내외적으로 활발하게 연구하고 있다.[1-4] 초전도 전류제한기 중 자속 구속형 전류제한기는 저항형 전류제한기에 변압기를 연결한 구조이다. 사고전류가 발생할 경우 자속구속형 전류제한기는 1차코일과 2차 코일에 전류를 양분하는 구조로 되어 있어 초전도 소자의 파손을 줄일 수 있는 장점이 있다.

본 논문은 자속구속형 전류제한기를 이용하여 2차측 코일의 권선수를 변화하였을 때 사고전류를 발생시켜 퀠치 특성을 측정하였고, 사고 전류를 제거한 후 정상상태로 회복되는 특성을 비교 분석하였다.

### 2. 실험

실험에 사용한 한류소자는 meander형태로 YBCO 박막이다. 그림 1은 자속구속형 전류제한기의 회로도이다. 소자의 전체길이는 540mm, 2mm의 스트립 폭을 사용하였다. 저항형 한류소자의 임계전류는 1mv/cm를 기준으로 하였을 때 19.3A였고, 임계온도 87K였다. 전원전압( $V_0$ )은  $120/\sqrt{3} V_{rms}$ 이며, 회로를 보호하기위하여 1Ω의 기준저항( $R_{in}$ )과 50Ω의 부하저항( $R_L$ )을 연결하였다. 1차측 권선은 63턴이며, 2차측을 21턴, 42턴, 63턴으로 변화하면서 측정하였다. 이때의 인덕턴스는 각각 2.93mH, 18.1mH, 48.4mH였다. 퀠치특성 실험은 자속구속형 전류제한기를 감극형으로 결선하고 스위치  $SW_1$ 을 닫아 전원전압을 공

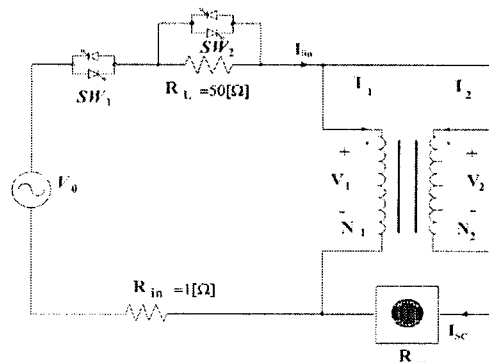


그림 1. 자속구속형 전류제한기의 등가회로도.

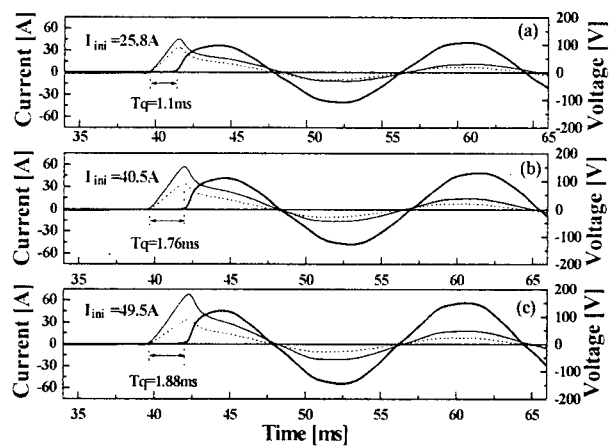


그림 2. 권선수 변화에 따른 자속구속형 전류제한기의 퀠치특성

(a) 21턴 (b) 42턴 (c) 63턴

급하고 스위치 SW<sub>2</sub>를 닫아 단락사고를 발생시켜 소자 전류와 소자 전압을 측정하였다. 회복특성 실험은 스위치 SW<sub>1</sub>과 SW<sub>2</sub>를 동시에 OFF한 상태에서 측정하였다. SCR 스위치는 OFF상태에서 미소하게 흐르는 전류를 이용하여 초전도 소자의 전류와 전압을 측정하였다.

### 3. 결과 및 검토

그림 2는 자속구속형 전류제한기의 강극 결선시 권선수에 따른 켄치특성을 나타내고 있다. 그림 2(a)는 21턴으로 초기 제한되는 전류( $I_{lim}$ )가 25.8A로 나타나고 있다. 턴수가 42턴, 63턴으로 증가할수록 초기 제한전류는 40.5A, 49.5A로 각각 증가하고 있다. 켄치시간도 같은 결과를 나타내고 있다. 권선수 변화에 따라 초기 제한전류( $I_{lim}$ )이나 켄치시간 차이가 있는 것은 1차 코일전류( $I_1$ )에 의해 선로 전류( $I_{FCL}$ )가 증가하거나 감소하여 인덕턴스 값이 변하기 때문으로 사료된다.

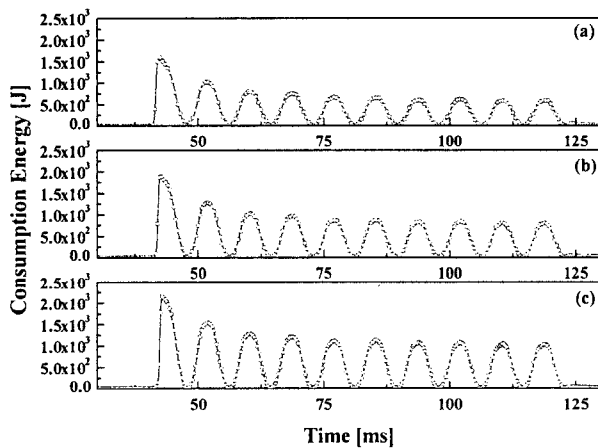


그림 3. 권선수 변화에 따른 자속구속형 전류제한기의 소비에너지 특성  
(a) 21턴 (b) 42턴 (c) 63턴

그림 3은 권선에 따른 초전도 소자의 소비에너지를 나타내고 있다. 그림 3(a)는 21턴이며 소비에너지는 33[kJ]의 에너지를 나타내고 있다. 권선을 2배로 증가한 42턴인 경우 초전도 소자가 갖는 에너지는 42[kJ]로 증가되고 있다. 3배로 증가한 경우 소비에너지는 52[kJ]를 나타내고 있다. 초전도 소자가 부담하는 소비에너지는 권선수에 따라 증가하고 있음을 알 수 있다.

그림 4는 권선수 변화에 따른 자속구속형 전류제한기의 회복특성을 나타내고 있다. 권선수가 증가할수록 회복되는 시간은 권선수에 비례하고 있고 권선이 21턴, 42턴, 63턴인 경우 각각 0.32초, 0.43초, 0.58초로 회복되었다. 이것은 그림 3에서와 같이 초전도 소자가 갖고 있는 소비에너지에 비례하여 정상상태로 회복되는 시간과 같은 결과를 나타내고 있다.

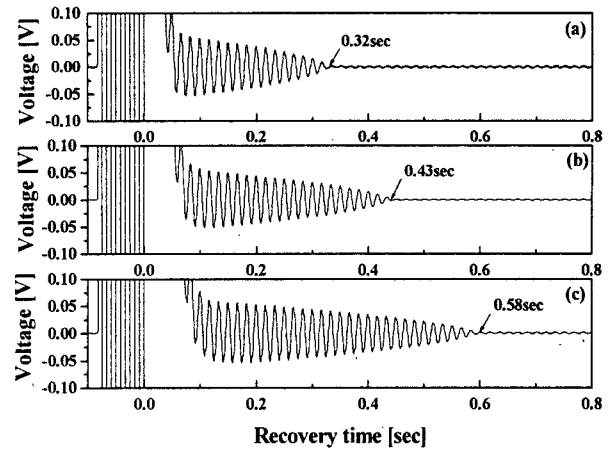


그림 4. 권선수 변화에 따른 자속구속형 전류제한기의 회복특성.  
(a) 21턴 (b) 42턴 (c) 63턴

### 4. 결론

자속구속형 전류제한기의 2차측 권선수를 변화하여 사고전류를 발생하여 켄치특성과 사고 후 정상상태로 회복되는 특성을 측정하였다. 권선수가 증가할수록 초기제한 전류와 켄치시간은 증가하고 있다. 초전도 소자가 부담하는 소비에너지는 권선수에 비례하여 증가하고 있다. 회복되는 시간은 초전도 소자의 소비에너지에 비례하고 있다.

### 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, p. 1079, 1995.
- [2] H. S. Choi, H. R. Kim, O. B. Hyun, "Operating properties of superconducting fault current limiters based on YBCO thin films" Cryogenics, Vol. 41, pp 163-167, 2001.
- [3] S. H. Lim, H. G. Kang, H. S. Choi, S. R. Lee, B. S. Han, "Current Limiting Characteristics of Flux-Lock Type High-Tc Superconducting Fault Current Limiter With Control Circuit for Magnetic Field" IEEE Trans. on Appl. Supercond., Vol. 13, No. 2, p. 2056, 2003.
- [4] T. Matusmura, T. Uchii, Y. Yokomizu, "Development of Flux-Lock-Type Fault Current Limiter with High-Tc Superconducting Element", IEEE Trans. on Appl. Supercond., Vol. 7, No. 2, pp1001-1004, 1997.